روش‌های تصفیه پساب‌های صنعتی

ایمان الیاسیان،دانشجوی دکترای عمران سازه

مقدمه

امروزه اکثر مهندسان محیط زیست می کوشند تا با ارائه راهکارهایی لزوم بازگرداندن مجدد پساب‌ها به چرخه فعالیت‌های صنعتی را روشن نمایند واین همان مسأله‌ای است که منجر به‌ایجاد یک صنعت عظیم به نام تصفیه پساب گردیده است. باید در هر حالت به این سوال پاسخ داده شود که چه مواد آلوده کننده ای در پساب و به چه مقدار باید حذف شود تا سلامت محیط حفظ گردد ، این عمل مستلزم بررسی شرایط و نیازهای محلی ، همراه با کاربرد اطلاعات علمی و قضاوت مهندسی بر اساس آخرین تجارب و رعایت شرایط و مقررات ایالتی و کشوری می باشد . تصفیه اصولی پساب از اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ میلادی آغاز شد . در نیمه دوم قرن نوزدهم با تکامل تئوری میکربی توسط koch و Pasteur عصر جدیدی در زمینه بهداشت آغاز گشت .قبل از این تاریخ ، اثر آلودگی در ایجاد بیماری‌ها ناشناخته بوده و از علم در حال تکامل میکروب شناسی نیز برای تصفیه کمتر استفاده می شد . در طول ۲۰ تا ۳۰ سال گذشته تعداد صنایعی که پساب‌های خود را در شبکه پساب خانگی تخلیه می کنند، به طور فزاینده ای ، افزایش یافته است . به خاطر اثرات سمی ناشی از وجود این پساب‌ها، مسئله اصلی ترکیب پساب صنعتی و پساب خانگی ، مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفته است . در بسیاری از جوامع ، پساب‌های صنعتی در تاسیسات جداگانه ای تصفیه شده و یا قبل از تخلیه در شبکه فاضلاب شهری به نحوی که اثرات زیان آور خود را از دست دهند ، تحت تصفیه مقدماتی قرار می گیرند .مطالعه خواص پساب به منظور تعیین مشخصه‌های فیزیکی ،شیمیایی ، پساب و غلظت اجزاء تشکیل دهنده پساب و بهترین روش کاهش غلظت مواد آلوده موجود در پساب ، صورت می پذیرد .

بیوراکتورها با استفاده از فرآیندهای بیولوژیکی می توانند در تصفیه پساب‌های صنعتی مورداستفاده قرار بگیرند.لجن فعال یکی از متداولترین روش‌های تصفیه بیولوژیکی پساب می باشد که ازاوایل قرن بیستم در اروپا و آمریکا به کار گرفته شده است وبه دلیل کارایی بالا در شرایط مختلف محیطی و قابلیت حذف طیف وسیعی از مواد آلاینده موجود در پساب‌ها ،کاربرد گسترده ای در عرصه تصفیه بیولوژیکی پساب دارد . نامگذاری این فرآیند به لجن فعال به دلیل وجود توده میکروارگانیسم‌های فعال که قابلیت تثبیت پساب درشرایط هوازی را دارا هستند ، می باشد. فیلترهای چکنده نیز از جمله سیستم‌های متداول تصفیه با بستر ثابت می باشند .نوع جریان درچنین سیستم‌هایی لوله ای می باشد . هر چند چنین جریانی با توجه به آنکه واکنش‌های بیولوژیکی اغلب از درجه مثبت بوده، سبب بالا رفتن راندمان می شود ولی از طرف دیگر جریان فوق در سیستم مشکلاتی را به وجود می آوردکه راندمان بالای آن را تحت الشعاع قرار می دهد. در میان مشکلات حاصل از بکارگیری سیستم تصفیه لجن فعال در تصفیه پساب‌های صنعتی، کم بودن مقاومت آن در مقابل آلاینده‌های آلی دیرتجزیه پذیر را می توان نام برد . در این موارد اصلاح شیمی فیزیکی سیستم از طریق اضافه کردن پودر کربن فعال به تانک هوادهی لجن فعال،مورد توجه بسیاری از محققین بوده است . این عمل باعث جذب سطحی بیشتر آلاینده‌ها و تسریع رشد بیولوژیکی و در نتیجه حذف آلاینده‌ها می شود. درحقیقت توأم نمودن تصفیه شیمی فیزیکی، بیولوژیکی به عنوان مکمل یکدیگر ، موجب بالا رفتن راندمان حذف آلاینده‌ها و حتی بهبود کیفیت ته نشینی لجن می شود. در حال حاضر تصفیه بی هوازی به عنوان یکی از ارزان ترین روش‌های تصفیه پساب مطرح است. از جمله مهم ترین یافته‌های تحقیقات در این زمینه بی هوازی در سه دهه گذشته که به عنوان کاراترین و فنی ترین و در عین حال ساده ترین راکتورها معرفی شده است ، راکتور UASB می باشد. اساس کار این نوع راکتورها بر تشکیل گرانول استوار است . گرانول سازی لجن، یک فرآیند بیولوژیکی است که پارامترهای متفاوت و متنوعی در آن دخالت دارند به همین دلیل نظرات مختلفی در این رابطه ارائه شده است. فرضیه شیمی فیزیکی و

فرضیه بیولوژیکی از جمله فرضیات مهم در توصیف چگونگی انجام فرآیند گرانولسازی می باشند. گرانول‌ها پس از تشکیل و و دانه بندی مناسب به عنوان سوبسترا استفاده می شوند . در شرایط مناسب گاز متان که محصول نهایی تصفیه بی هوازی می باشد،توسط باکتری‌های متان ساز تولید می شود. در فرآیندتصفیه بی هوازی سعی براین است که با استفاده از فرآیندهای زیستی مواد آلی را اکسید نموده وبخشی را به صورت دی اکسید کربن وبخش دیگر را به صورت مواد نامحلول و از طریق ته نشینی خارج نموده.درست است که‌این روش احتیاجی به هواددهی نداشته و حتی به عنوان محصول متان و هیدروژن دی سولفید نیز تولید می نماید اما کندی روش ، مشکلات کنترل و بازدهی کم در کنار تولید بوی نامطبوع باعث گردیده تا استفاده از روش‌های هوازی بیشتر گردد. ذکراین نکته لازم است که امروزه دانشمندان درصدد هستند تا با استفاده از همین خاصیت در تولید بیوگازهایی همچون متان در کشورهایی که از نظر ذخایر گازی غنی نیستند استفاده نمایند.از دیگر خصوصیات سیستم‌های بی هوازی می توان به تولید لجن کمتر وامکان عملکرد متناوب لجن با غلظت بیشتر نسبت به سیستم‌های هوازی اشاره کرد.بهره‌گیری صحیح از فناوری بی هوازی در تصفیه پساب‌های صنعتی ،در نتیجه توسعه و به کارگیری راکتورهای قوی بیولوژیکی حاصل می شود.یکی از راکتورهای نسبتاً جدید دراین نوع ،راکتور چندمحفظه بی هوازی می باشد.این راکتورنخستین بار در سال ۱۹۸۱ توسط مک کارتی و همکارانش در دانشگاه استنفورد مورد استفاده قرار گرفت و تا به امروز تحقیقات مختلفی بر روی توانایی‌های آنها در تصفیه پساب‌های متفاوت صورت گرفته است؛ اما همچنان موارد مجهول فراوانی برای بهبود عملکرد آنها وجود دارد. مهمترین مزیت ABR، توانایی آن در جداسازی فازهای اسیدوژنز(اسیدسازی) و متانوژنز (متان سازی) باشد. بااین عمل باکتری‌های اسیدوژنیک در فاز اول جمع شده و باکتری‌های متانوژنیک، فرآیند متان زایی را در فاز بعدی انجام می‌دهند.این راکتورها در مقایسه با راکتورهای دیگر دارای فضای مرده کمتر هستند.این مزیت سبب ساخت و تولید راکتورهای پیشرفته دیگری مانند راکتورهای بی‌هوازی چند مرحله‌ای، راکتورهای بی‌هوازی با بستر لجن طبقه‌بندی شده با جریان رو به بالاو صافی بی‌هوازی مرحله‌ای شده است. تمام سیستم‌هایی که در بالا نام برده شد، توانایی مناسبی در تصفیه پساب‌های صنعتی از خود نشان داده‌اند.

فصل اول- بررسی پساب‌ها و آلاینده‌های موجود در آن

تولید پسماند در هر جامعه هم بصورت مایع و هم بصورت جامد می‌باشد. بخش مایع آن، یعنی پساب، اساساً آب مصرفی جامعه بوده که به خاطر مصارف مختلف آلوده گشته است. پساب را می‌توان ترکیبی از مایع یا آب آلوده‌ای که از مناطق مسکونی، آموزشی و یا تاسیسات تجارتی و صنعتی تولید شده و احتمالاً آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و سیلابها دانست. در صورت نگه داری پساب خام، تجزیه مواد آلی درون آن باعث تولید گازهای بد بو می‌شود. پساب محتوی مواد سمی‌و همچنین مواد غذایی غیر آلی است که می‌تواند باعث تحریک رشد و نمو گیاهان آبزی گردد. در نتیجه، جمع‌آوری سریع و بدون اشکال پساب از منابع تولید و سپس تصفیه و دفع آن، نه تنها مطلوب بوده بلکه در جوامع صنعتی ضروری است.

۱-۱- آلاینده‌های پساب‌ها

مشخصات پساب‌های صنایع، از فرآیندتولید تاثیر به سزایی می‌پذیرد. در یک پساب صنعتی ممکن است صدها ویا هزاران نوع ترکیب شیمیایی وجود داشته باشند، مهمترین عوامل آلوده کننده‌ای که بر روی پساب‌ها تأثیر می‌گذارند در جدول ۱-۱ گنجانده شده‌اند. استانداردهای تصفیه ثانویه پساب، در ارتباط با دفع مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی، مواد جامد معلق و عوامل بیماری زا می‌باشند. بسیاری از استانداردهایی که اخیراً وضع شده‌اند، از سخت‌گیری بیشتری برخوردار بوده و در ارتباط با حذف مواد مضرغیر آلی و حذف بهتر مواد آلی می‌باشند. در صورت لزوم استفاده مجدد از پساب، استانداردها طبیعتاً شامل شرایطی برای دفع مواد آلی مقاوم (غیر قابل تصفیه)، فلزات سنگین و در مواردی مواد جامد غیر آلی و محلول، خواهند بود.

جدول ۱-۱ مهمترین آلوده کننده‌هایی که بر روی تصفیه پساب تاثیر می‌گذارند.

آلوده کننده‌ها	دلیل اهمیت
مواد جامد معلق	در صورت تخلیه پساب تصفیه نشده به محیط آبی ، مواد جامد معلق می‌توانند سبب تولید لجن وایجاد شرایط بی‌هوازی گردند.
مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی	این مواد که اساساً از پروتئین‌ها، هیدارتهای کربن و چربیها و مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی تشکیل شده‌اند بر حسب BOD (اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی) اندازه می‌گیرند. اگر این گونه مواد را بدون انجام تصفیه در محیط تخلیه نمایند، تثبیت بیولوژیکی آنها باعث‌ایجاد نقصان در منابع طبیعی اکسیژن و تولید شرایط گندیدگی می‌شود.
عوامل بیماری زا	بیماری‌های مسری می‌توانند از طریق موجودات بیماری زای درون پساب، منتقل شوند.
مواد غذایی غیر آلی	نیتروژن و فسفر، همراه با کربن از مواد غذایی غیر آلی بوده که برای رشد بیولوژیکی لازم می‌باشند اگر این گونه مواد به د رون محیط‌های آبی تخلیه شوند باعث رشد گیاهان آبزی نامطلوب شده و در صورت تخلیه فروان در زمین باعث‌ایجاد آلودگی در آبهای زیر زمینی شوند.
مواد آلی مقاوم	این مواد با روش‌های عادی تصفیه، تجزیه نمی‌شوند. مواد فعال سطحی، فنول‌ها و سموم دفع آفات نباتی ازاین جمله می‌باشند.
فلزات سنگین	فلزات سنگین معمولاً از طریق فعالیت‌های تجاری و صنعتی به پساب افزوده شده که باید آن‌ها را حذف نمود.
جامدات محلول غیر آلی	مواد غیر آلی مانند کلسیم، سدیم و سولفات در اثر مصرف آب به پساب افزوده شده و در صورت استفاده مجدد از پساب باید حذف شود.

۲-۱- مطالعه خواص پساب

شناخت طبیعت و ماهیت پساب برای طرح و بکارگیری تاسیسات جمع‌آوری، تصفیه و دفع پساب و نیز حفظ کیفیت محیط به طریق علمی، ضروری می‌باشد. مطالعه خواص پساب به منظور تعیین مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی، پساب و غلظت اجزاء تشکیل دهنده پساب و بهترین روش کاهش غلظت مواد آلوده موجود در پساب، صورت می‌پذیرد. روشهای

نمونه‌گیری از پساب، متدهای تجزیه و تحلیل نمونه‌ها و مطالب مورد استفاده برای ارائه نتایج حاصله دراین قسمت توضیح داده شده‌اند.

۱-۲-۱- ترکیب پساب

منظور از ترکیب، مقادیر حقیقی اجزاء فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موجود در پساب می‌باشند. دراین قسمت ارقام واطلاعات مربوط به اجزاء پساب جمع‌آوری می‌شود.این مبحث همچین شامل لزوم تعیین دقیق تر مشخصات پساب و میزان مواد معدنی موجود در اثر مصرف آب، خواهد بود.

۲-۲-۱- مشخصات فیزیکی پساب

مهمترین مشخصه فیزیکی پساب، کل مقدار مواد جامد بوده که شامل مواد شناور، مواد معلق، مواد کلوئیدی و مواد محلول می‌باشد. سایر مشخصات فیزیکی پساب شامل بو، دما و رنگ می‌باشد. دراین قسمت کل مقدار مواد جامد بررسی می‌شود.

۱-۲-۲-۱- کل مواد جامد

در تجزیه و تحلیل‌ها، مجموع مواد جامد درون پساب به آن دسته از موادی اطلاق می‌شود که پس از تبخیر پساب در دمای ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سانتی گراد، باقی بماند. موادی که دارای فشار بخار قابل توجهی دراین دما باشند، در طول تبخیر از بین رفته و به عنوان مواد جامد تلقی نخواهد شد. مجموع مواد جامدیا رسوبات باقی مانده حاصل از تبخیر را می‌توان با عبور حجم معینی از پساب از میان صافی، به دو گروه مواد جامد معلق و مواد جامد قابل صاف شدن طبقه‌بندی کرد. صافی‌ها را معمولاً بر اساس حداقل قطر مواد جامد معلق (یک میکرون) انتخاب می‌کنند. بخشی از مواد جامد معلق، شامل مواد قابل ته نشینی می‌باشند که در کف یک قیف مخروطی شکل (قیف‌ایمهوف)، طی ۶۰ دقیق ته نشین شوند. مقدار مواد جامد قابل ته نشینی می‌تواند مقیاسی تقریبی برای اندازه‌گیری میزان تولید لجنی باشد که طی عمل ته نشینی ازپساب جدا خواهد شد. بخش مواد جامد قابل صاف شدن شامل مواد جامد کلوئیدی و مواد جامد محلول می‌باشد. قسمت کلوئیدی این مواد شامل ذرات ریز با قطر تقریبی ۱ میلی میکرون تا ۱ میکرون است. مواد جامد محلول شامل یونها و مولکول‌های آلی و غیرآلی بوده که به صورت محلول حقیقی در آب موجودند. بخش مواد کلوئیدی را نمی‌توان توسط عمل ته نشینی جدا نمود. عموماً برای جدا نمودن‌این ذرات معلق استفاده از انعقاد یا اکسید اسیون بیولوژیکی، الزامی می‌باشد. هر گروه ازاین مواد را می‌توان بعداً بر اساس فراریت آنها در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد، طبقه‌بندی کرد. بخش مواد آلی دراین دما اکسید شده و به صورت گاز آزاد خواهد شد و بخش مواد غیر آلی به صورت خاکستر باقی می‌مانند. بنابراین، عبارات مواد جامد معلق فرار و مواد جامد معلق ثابت به ترتیب مربوط به مواد آلی و مواد غیر آلی (یا معدنی) درون پساب می‌شوند. در دمای ۶۰۰، تجزیه نمکهای غیر آلی فقط محدود به تجزیه کربنات منیزم شده که در دمای ۳۵۰ درجه به اکسید منیزیم و دی اکسید کربن تجزیه می‌شود. کربنات کلسیم، جزء عمده نمکهای غیر آلی، تا دمای ۸۲۵ درجه ثابت می‌ماند. تجزیه و تحلیل مواد فرار معمولاً برای سنجش ثبات بیولوژیکی لجن پساب بکار می‌رود.

۲-۲-۲-۱- پساب و ترکیبات آلی

در پساب با شدت و غلظت متوسط، حدود ۷۵ در صد از مواد جامد معلق و ۴۰ درصد از مواد جامد قابل صاف شدن، آلی می‌باشند.اینگونه مواد جامد از گیاهان و حیوانات و فعالیت‌های انسان در ارتباط با سنتز مواد آلی ناشی می‌شوند. ترکیبات آلی عموماً از ترکیب کربن، هیدورژن و اکسیژن و در برخی موارد نیتروژن، تشکیل می‌یابند. سایر عناصر مهم مانند گوگرد، فسفر و

آهن نیز ممکن است دراین ترکیبات موجود باشند. انواع اصلی مواد آلی موجود در پساب را پروتئین‌ها (۴۰ تا ۶۰ درصد)، هیدراتهای کربن (۲۵ تا ۵۰ درصد) و چربی‌ها و روغن‌ها (۱۰درصد) تشکیل می‌دهند. پروتئین‌ها از اجزای اصلی موجودات زنده حیوانی هستند، مقدار آنها در گیاهان بسیار کمتر است. کلیه مواد غذایی خام حیوانی و گیاهی حاوی پروتئین می‌باشند. مقادیر موجود از از درصد خیلی کم در میوه‌های آبدار مانند گوجه‌فرنگی و بافت‌های چربی گوشت تا درصد خیلی زیاد در لوبیا و گوشت بی چربی، متغیر هستند. پروتئین‌ها، دارای ساختمان شیمیایی پیچیده و نا پایدار بوده و به طرق گوناگون تجزیه می‌شوند. بعضی از آنها در آب محلول بوده و بعضی دیگر نامحلولند. ساخت شیمیایی پروتئین‌ها شمال ترکیب یا ارتباط تعداد بسیار زیادی از اسیدهای آمینه می‌باشند. وزن مولکولی پروتئینها بسیار زیاد بوده که دامنه آن از ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ میلیون متغیر است. کلیه پروتئین‌ها دارای کربن هستند که در ترکیبات آلی مشترک بوده، ضمناً دارای هیدروژن و اکسیژن نیز می‌باشد. بعلاوه به عنوان مشخصه بارزشان، اینگونه مواد داری مقدار نسبتاً زیاد و ثابتی از نیتروژن هستند (۱۶ درصد). در بسیاری از موارد گوگرد، فسفر و آهن نیز جزو این اجزا خواهند بود. اوره و پروتئین‌ها منابع اصلی نیتروژن درون پساب راتشکیل می‌دهند. اگر مقدار پروتئین‌ها زیاد باشد، پساب برای‌ایجاد بوهای زننده ناشی از تجزیه مواد پروتئینی مستعد می‌باشد. هیدارت‌های کربن در طبیعت به مقدار زیاد یافت می‌شوند. هیدارت‌های کربن شامل قند خوراکی، نشاسته، سلولز و بافت‌های چربی بوده که همگی در پساب موجود می‌باشند. هیدارت‌های کربن از کربن، هیدورژن و اکسیژن تشکیل شده‌اند. هیدرات‌های کربن معمول، دارای شش یا مضربی از شش اتم کربن در یک مولکول بوده و نسبت اتم‌های هیدوژن و اکسیژن آن همانند آب است. بعضی از هیدرات‌های کربن خصوصاً قندهای خوراکی در آب محلول می‌باشند و بعضی همانند نشاسته، نامحلولند. قندها میل به تجزیه دارند. آنزیمهای برخی از باکتری‌های و مخمرها باعث انجام تخمیر وایجاد الکل و دی اکسیدکربن در قندها می‌شوند. از سوی دیگر، نشاسته‌ها بسیار پایدار تر بوده ولی توسط فعالیت‌های میکروبی همانند اسیدهای معدنی رقیق به قند تبدیل می‌شوند. از نقطه نظر حجم و اندازه و مقاومت در مقابل تجزیه، سلولز مهمترین هیدرات کربنی است که در پساب یافت می‌شود. چربی‌ها و روغن‌ها سومین جزو اصلی مواد غذایی هستند، عبارت گریس که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرد، شامل چربی‌ها، روغن‌ها، موم‌ها و دیگر اجزا مربوطه در پساب می‌شود. چربی و روغن، ترکیبات (استرها) الکل یا گلیسیرول (گلیسیرین) با اسیدهای چرب هستند. گلیسیریدهای اسیدهای چرب را که در دمای متعارف مایع بوده، روغن، و آنهایی که جامد هستند، چربی می‌نامند. این دو دسته کاملاً مشابه هم بوده و از نظر شیمیائی دارای کربن، هیدوژن و اکسیژن در نسبت‌های متفاوت می‌باشند. نفت سفید و روغن چربکاری و روغن جاده سازی از نفت خام و قطران زغال سنگ مشتق شده و ضرورتاً دارای کربن و هیدوژن می‌باشند.این روغن‌ها اغلب از اماکنی مانند مغازه‌ها، گاراژها و خیابانها وارد شبکه پساب می‌شوند. اگر چه بخشی از روغنها همراه با مواد جامد به لجن افزوده می‌شنود، ولی اکثر آنها بر روی پساب شناور می‌باشند. به نسبت بیشتری از چربی‌ها، روغن‌ها، و صابونها، روغن‌های معدنی تمایل به پوشاندن سطوح را دارند اینگونه ذرات در اعمال بیولوژیکی تداخل نموده و باعث‌ایجاد مشکلاتی در نگهداری از سیستم می‌شوند.

۳-۱- برخی آلاینده‌ها (مواد فعال سطحی، فنول‌ها و ترکیات آلی کمیاب)

مواد فعال سطحی[1] مولکول‌های آلی بزرگی هستند که به مقدار کم در آب حل شده و باعث ایجاد کف در تصفیه‌خانه‌های پساب و آبهای سطحی می‌شوند.این‌گونه مواد میل به تجمع در محل تماس آب و هوا دارند، در طول هوادهی پساب،این ترکیبات بر روی سطح حباب‌های هوا گرد آمده و کف بسیار پایداری را ایجاد می‌کنند. قبل از سال ۱۹۶۵، نوعی از مواد فعال سحطی که در مواد پاک کننده مصنوعی بکار می‌رفت، (آلکیل-بنزن-سولفونیت) ABS نام داشت. که بخصوص بخاطر مقاومت

1- Surfactants

در برابر اعمال بیولوژیکی بسیار مشکل بر انگیز بود. بر اساس مصوبه سال ۱۹۶۵ ABS جای خود را به ماده دیگری بنام LAS [۲] داد که قابل تجزیه بیولوژیکی می‌باشد. چون مواد فعال سطحی اساساً از مواد پاک-کننده مصنوعی حاصل می‌شوند، مشکل‌ایجاد کف تا حد بسیار زیادی بر طرف شده است. اندازه‌گیری مقدار اینگونه مواد با سنجش میزان تغییر رنگ یا مایع استاندارد "آبی‌متیلین " انجام می‌شود. نام دیگر مواد فعال سطحی، ماده موثر بر روی آبی متیلن است.

فنول‌ها و دیگر مواد آلی کمیاب نیز از اجزاء مهم پساب هستند. فنول‌ها در مزه آب آشامیدنی، بخصوص هنگامی که آب تحت عمل کلر زنی قرار گرفته باشد، اشکلاتی‌ایجاد می‌کنند.این مواد در درجه اول بر اثر فعالیت‌های صنعتی تولید شده و از طریق تخلیه پسابی که دارای فضولات صنعتی است راه خود را به آبهای سطحی باز می‌کند. فنول‌ها می‌توانند، تا غلظت ۵۰۰ mg/L بطور بیولوژیکی اکسید شوند. ترکیبات آلی کمیاب مانند سموم دفع آفات، علف کش‌ها و دیگر مواد شیمیایی زراعتی، برای اکثر گونه‌های زیستی سمی‌بوده و می‌توانند یکی از آلوده‌کننده‌های مهم درون آبهای سطحی قلمداد شوند.این مواد از طریق آبهای سطحی زمین‌های زراعتی، زمینهای سست و پارکها می‌توانند وارد آبها شوند. این مواد شیمیایی می‌تواند باعث مرگ ماهی‌ها، آلوده کردن گوشت ماهی‌ها (ونتیجتاً) کاهش ارزش آن بعنوان یک منبع غذایی و آسیب رساندن به منابع آب مصرفی گردد. غلظت‌این مواد کمیاب توسط روش استخراج به کمک کربن-کلروفرم سنجیده شده که با عبور نمونه آب از یک ستون کربن فعال و سپس استخراج اجزا آلوده از کربن توسط کلروفرم، باعث جدا ساختن‌این اجزا از آب می‌شود. سپس می‌توان کلروفرم را تبخیر کرده و ذرات آلوده را وزن نمود. سموم دفع آفات با غلظت یک قسمت در میلیارد (PPb) و کمتر را می‌توان به دقت زیاد توسط چندین روش از جمله گاز کروماتوگرافی و جذب الکترونی یا Coulomrtric detectors تعیین کرد.

۱-۴- مشکلات پساب‌های صنعتی

در طول ۲۰ تا ۳۰ سال گذشته تعداد صنایعی که پساب‌های خود را در شبکه پساب خانگی تخلیه می‌کنند، به طور فزاینده‌ای، افزایش یافته است. به خاطر اثرات سمی‌ناشی از وجوداین پساب‌ها، مسئله اصلی ترکیب پساب صنعتی و پساب خانگی، مجدداً مورد ارزیابی قرار گرفته است. در بسیاری از جوامع، پساب‌های صنعتی در تأسیسات جداگانه‌ای تصفیه شده و یا قبل از تخلیه در شبکه پساب شهری به نحوی که اثرات زیان آور خود را از دست دهند، تحت تصفیه مقدماتی قرار می‌گیرند.

۱-۵- تصفیه پساب

پسابی که از شهرها و قصبات جمع‌آوری می‌شود، نهایتاً باید به آب‌های موجود و یا به زمین باز گردد. باید در هر حالت به‌این سوال پاسخ داده شود که چه مواد آلوده کننده‌ای در پساب و به چه مقدار باید حذف شود تا سلامت محیط حفظ گردد، این عمل مستلزم بررسی شرایط و نیازهای محلی، همراه با کاربرد اطلاعات علمی‌و قضاوت مهندسی بر اساس آخرین تجارب و رعایت شرایط و مقررات‌ایالتی و کشوری می‌باشد.

۱-۵-۱- تاریخچه

اگر چه از زمانهای قدیم به جمع‌آوری آبهای سطحی و زهکشی مبادرت ورزیده شده است، ولی جمع‌آوری پساب به اوایل قرن ۱۸ میلادی مربوط می‌شود. تصفیه اصولی پساب از اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ میلادی آغاز شد. در نیمه دوم قرن نوزدهم با تکامل تئوری میکروبی توسط koch و Pasteur عصر جدیدی در زمینه بهداشت آغاز گشت. قبل ازاین تاریخ، اثر آلودگی درایجاد بیماری‌ها ناشناخته بوده و از علم در حال تکامل میکروب‌شناسی نیز برای تصفیه کمتر استفاده می‌شد. در

۲- Linear - Alkyl - Sulfonate

اواخر قرن ۱۸، در آمریکا، بخاطر عدم وجود مشکل تخلیه پساب‌ها در آبها (مانند اروپا و به خاطر وجود زمین‌های وسیع و مناسب برای تخلیه) چندان اهمیتی به تصفیه پساب داده نمی‌شد. در اوایل قرن نوزدهم، توجه به امر بهداشت باعث شد تا نیاز به اتخاذ تصمیمات موثر در زمینه پساب بیشتر احساس شود. عدم توانایی در فراهم آوردن محوطه مساعد کافی برای تخلیه پساب تصفیه نشده در زمین، به ویژه در شهرهای بزرگ، باعث رو آوردن به روشهای متمرکزتری برای تصفیه شد.

۲-۵-۱- وضعیت فعلی

روش‌های مختلفی برای تصفیه پساب وجود دارد که همه‌این روش‌ها به سه شکل عمده فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم می‌شوند.

روش‌هایی از تصفیه که در آن کاربرد اعمال فیزیکی بیشتر بوده به عنوان روشهای فیزیکی تصفیه (unitoperation) و روشهایی که در آن حذف مواد آلوده توسط واکنشهای شیمیایی و بیولوژیکی صورت می‌گیرد، به عنوان روشهای شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه (unit processes) شناخته شده‌اند. در حال حاضراین دو روش با هم تلفیق شده و مراحل تصفیه مقدماتی، ثانویه و مرحله ثالث (تصفیه پیشرفته) را تشکیل می‌دهند. در تصفیه مقدماتی، روش‌های فیزیکی، مانند آشغال‌گیری و ته نشینی برای جدا نمودن مواد شناور و مواد جامد قابل ته‌نشینی که در پساب یافت می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تصفیه ثانویه، از روشهای بیولوژیکی و شیمیایی برای حذف اکثر مواد آلی بهره گرفته می‌شود و در مرحله سوم تصفیه، از روشهای تکمیلی فیزیکی و شیمیایی برای حذف سایر مواد تشکیل دهنده، مانند نیتروژن و فسفر که در مرحله ثانویه حذف نشده‌اند، استفاده می‌شود. درروشهای تصفیه پساب به کمک زمین روشهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه، ترکیب شده و پسابی با کیفیت مشابه تصفیه پیشرفته پساب به وجود می‌آید.

۶-۱- مراحل و اهداف تصفیه

در حال حاضر، اغلب روش‌هایی که برای تصفیه پساب مورد استفاده قرار می‌گیرند، ناشی از تحقیقات جامع و پی‌گیر می‌باشند. در نتیجه تغییرات فراوانی دراین امر صورت گرفته و روشهای جدیدی ابداع گشته و نیاز بیشتری به در برگرفتن شرایط استاندارد محیط درباره آبهای جاری احساس شده است. علاوه بر تکمیل روش‌های مناسب تصفیه، طرح‌ها و فنون جدید تصفیه نیز مورد مطالعه قرارگرفته‌اند. سیستم‌های تصفیه پساب به کمک زمین و روش‌هایی که مستلزم استفاده از گیاهان آبزی می‌باشند، ازاین جمله هستند. علاوه بر امر تصفیه، از گیاهان آبزی برای گرفتن انرژی خورشیدی و استفاده از مواد غذایی پساب بهره‌برداری می‌شود. توان‌ایجاد پروتئین‌های مفید حیوانی و گیاهی یکی دیگر از امتیازات احتمالی استفاده از چنین سیستم‌هایی است.ایده انگل زدایی، اگر چه جدید نمی‌باشد، مجدداً مورد بررسی قرار گرفته است.این‌ایده ۳۰ سال قبل در لوس آنجلس و اخیراً در پروتلند و در شرق ماساچوست بکار گرفته شده است. در عمل، تصفیه خانه‌های کوچک در داخل یک سیستم واقع شده و به نحوی طراحی شده‌اند، که اساساً به تصفیه پساب شهری می‌پردازند. پساب تصفیه خانه مجدداً در محل مورد استفاده قرار گرفته و یا در محیط تخلیه می‌گردد. مواد جامد بیولوژیکی حاصل از تصفیه را می‌توان طی مراحلی برای بارگیری مواد غذایی مورد استفاده قرار داده و یا به شبکه پساب خام بازگرداند. اخیراً بررسی‌هایی به منظور تعیین ارتباط، بین طرح سیستمهای جمع‌آوری و تصفیه پساب صورت گرفته است. هنگامی که پساب توسط شبکه جمع‌آوری انتقال یافت، تحت واکنش‌های بیولوژیکی و شیمیایی قرار می‌گیرد. ماهیت‌این واکنش‌ها به مقدار زیاد، به طرح سیستم جمع‌آوری بستگی دارد. پیش بینی می‌شود درآینده، هنگامی‌که اهمیت‌این واکنش‌ها در رابطه با تصفیه پساب بیشتر شناخته شد، طرح سیستم‌های جمع‌آوری پساب و تأسیسات تصفیه خانه بیش از گذشته با یکدیگر ارتباط داشته باشد.

فصل دوم: تصفیه بیولوژیکی

امروزه برای تصفیه پساب‌های صنعتی که باعث آلودگی می‌شوداستفاده از بیوراکتورها افزایش پیداکرده است. بیوراکتورها با استفاده از فرآیندهای بیولوژیکی می‌توانند در تصفیه پساب‌های صنعتی مورداستفاده قرار بگیرند.

هدف از تصفیه بیولوژیکی پساب‌های صنعتی، حذف مواد محلول و کلوئیدی غیرقابل ته نشینی و تثبیت مواد آلی میباشد. برای‌ایجاد یک چنین فرآیندطبیعی در یک زمان محدود و معقول، تعداد زیادی میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس در یک مخزن نسبتا کوچک (راکتور) لازم است. تقریباً هر نوع پسابی را می‌توان با طراحی مناسب و کنترل زیست محیطی به روش بیوتکنولوژی تصفیه نمود. در واقع سیستم‌های تصفیه بیولوژیکی برای بقا و ماند جرم زیاد و فعال باکتریایی در داخل سیستم طراحی می‌شوند. با آنالیز مناسب و کنترل عوامل محیطی، بسیاری از پساب‌ها قابل تصفیه بیولوژیکی می‌باشند. دراین فصل ضمن پرداختن به روش‌های تصفیه بیولوژیکی، انواع بیوراکتورهای تصفیه پساب‌های صنعتی از لحاظ فرآیند،راندمان ، هزینه اقتصادی و... مورد بررسی قرار گرفته شده است.عملیات تصفیه بیولوژیکی پساب صنعتی معمولاً در سه مرحله اجرا می‌شود :

- مرحله مقدماتی : که شامل فیلتراسیون و آشغال گیری و جداسازی مواد معلق و جامد در پساب می‌باشد.

- مرحله ثانویه : که اصلی ترین مرحله تصفیه می‌باشد که در حوضچه هوادهی به عنوان یک راکتور کلیه واکنشهای شیمیایی تجزیه مواد آلی با استفاده از باکتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- مرحله نهایی : که شامل زلال سازی، نیترات زدایی، ضد عفونی و گذراندن پساب از صافی برای ارسال نهایی به رودخانه و یا استفاده مجدد پساب تصفیه شده می‌باشد.

۱-۲- تقسیم بندی فرآیندهای تخمیری

هدف اصلی در بسیاری از فرآیندهای بیوتکنولوژی، کشت میکروارگانیسم‌ها در حجمی‌بزرگ به منظور به‌دست آوردن اجسام سلولی و یا متابولیت‌های مفید آنها یا پروتئین‌هاست. کشت میکروب‌ها در مقیاس چنین وسیعی را غالباً تحت عنوان تخمیرهای صنعتی می‌نامند.

صرفه نظر از نوع تخمیر، فرآیندهای تخمیری به طور کلی به مراحل زیر تقسیم می‌شود:

الف - فرآیندهای بالادستی

- انتخاب میکروارگانیسم صنعتی
- انتخاب محیط کشت باکتری
- تنظیم ترکیب محیط کشت برای مرحله توسعه مایه تلقیح و تخمیر
- سترون سازی محیط و لوازم کشت
- توسعه مایع تلقیح مناسب

ب- رشد میکروارگانیسم یا کشت سلول به منظور تولید محصول با توجه به شرایط تعیین شده قبلی

- کنترل فرآیند در حین تخمیر
- انتخاب زمان مناسب برای خاتمه تخمیر در شرایط غیر مداوم
- حفظ شرایط سترون
- فراهم آوردن مواد افزودنی در حین تخمیر

ج- فرآیند پایین دستی

- جداسازی محیط زیستی

- تخریب دیواره سلولی برای آزادسازی محصولات درون سلولی
- تغلیظ محصول
- خالص سازی محصول از بخش مایع با روش‌های گوناگون
- کنترل کمی‌و کیفی پساب
- تصفیه پساب

۲-۲- طبقه‌بندی روشهای تصفیه بیولوژیکی

تصفیه بیولوژیکی پساب‌های صنعتی متضمن شرایط، پیچیدگی‌ها و مراحل مختلفی است. لیکن در یک بیان ساده روشهای تصفیه بیولوژیکی را می‌توان بر اساس وابستگی میکروارگانیسم‌ها به اکسیژن طبقه‌بندی کرد :

- روش هوازی : که در آن تثبیت مواد زاید (تجزیه مواد آلی) به وسیله میکروارگانیسم‌های هوازی و باکتری‌های اختیاری (هوازی- بی‌هوازی) انجام می‌گیرد.

- روش بی‌هوازی : که در آن میکرو ارگانیسم‌های بی‌هوازی و اختیاری دخالت دارند.

- روش هوازی - بی‌هوازی : که در آن هر سه دسته میکروارگانیسم‌های هوازی و بی‌هوازی و دورزیستی فعالیت دارند.

روش‌های متداول و مدرن تصفیه پساب، معمولا در قالب فرآیندهای هوازی و بی‌هوازی جای می‌گیرند. در چند دهه گذشته، سیستم‌های مختلف هوازی و بی‌هوازی به منظور تصفیه پساب‌های صنعتی مورد ارزیابی قرار گرفته و مزایا ومعایب هر کدام سنجیده شده است. بروز بحران انرژی در جهان در اوایل دهه پنجاه شمسی باعث شد محققین به استفاده از سیستم‌های بی هوازی بیشتر توجه کنند، زیرا دراین سیستم‌ها بر خلاف روش هوازی که معمولا به انرژی زیادی جهت هواددهی و انتقال اکسیژن احتیاج دارند، انرژی کمتری مصرف گردیده و از طرفی متان تولید شده طی هضم بی‌هوازی می‌تواند به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی در فرآیندهای بی‌هوازی مقدار تصفیه پساب مقدار کمی‌از لجن تثبیت شده در مقایسه با فرآیندهای هوازی تولید میشود زیرا قسمت اعظم مواد آلی آن تبدیل به گاز متان می‌گردد. در واقع تولید لجن کمتر و امکان عملکرد متناوب لجن با غلظت بیشتر نسبت به سیستم‌های هوازی از خصوصیات مهم سیستم‌های هوازی است که در بسیاری از موارد تصفیه پساب‌های صنعتی با درجه آلودگی کم و دمای پایین، فرآیندهای بی‌هوازی به خوبی می‌توانند به کار گرفته شوند.

۱-۲-۲- تصفیه هوازی پساب

دراین روش عامل اصلی انجام فرآیندها، باکتری‌هایی است که به وسیله هوا تغذیه شده و فرآیندبا انجام عمل هواددهی همراه است.این فرآیندهابه دوشکل رشد تعلیقی و رشد اتصالی باکتری‌ها انجام می‌گیرد.

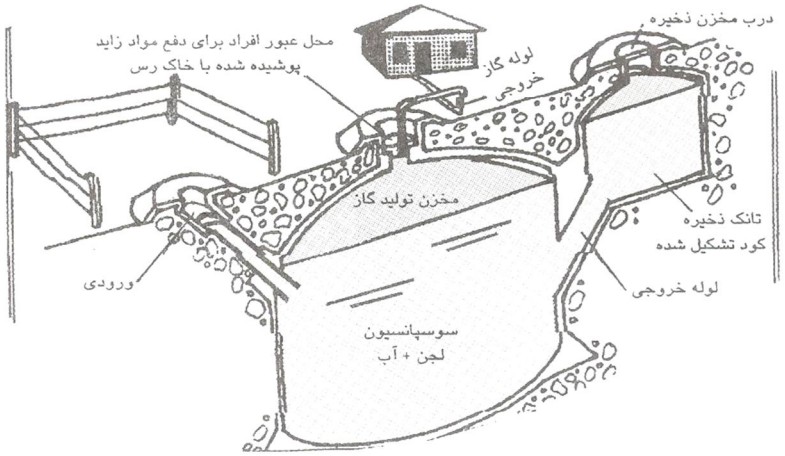
تصفیه به روش هوازی متعادل عبارت است از روش لجن فعال شده که عمدتاً در تصفیه پساب‌های شهرهای بزرگ و پساب‌های صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دراین روش دو کار اساسی صورت می‌گیرد :

۱- اکسیداسیون ترکیبات آلی کربن دار : که دراین مرحله از نخستین لحظات کار باکتری‌ها شروع شده و کربن موجود در ترکیبات ناپایدار آلی تبدیل به ترکیبات پایدار نظیر CO_2 شده و از حوزه عمل خارج می‌شود.

۲-اکسیداسیون ترکیبات آلی ازت دار : که درآن مواد آلی که دارای ازت می‌باشند، توسط باکتری‌ها به نیتراتها و نیتریتها تبدیل می‌گردند.

۲-۲-۲- تصفیه بی‌هوازی پساب

در فرآیندتصفیه بی‌هوازی سعی براین است که با استفاده از فرآیندهای زیستی مواد آلی را اکسید نموده وبخشی را به صورت دی اکسید کربن وبخش دیگر را به صورت مواد نامحلول و از طریق ته نشینی خارج نموده. درست است که‌این روش احتیاجی به هواددهی نداشته و حتی به عنوان محصول متان و هیدروژن دی سولفید نیز تولید می‌نماید اما کندی روش، مشکلات کنترل و بازدهی کم در کنار تولید بوی نامطبوع باعث گردیده تا استفاده از روش‌های هوازی بیشتر گردد. ذکراین نکته لازم است که امروزه دانشمندان درصدد هستند تا با استفاده از همین خاصیت در تولید بیو گازهایی همچون متان در کشورهایی که از نظر ذخایر گازی غنی نیستند استفاده نمایند. با توجه به اهمیت این موضوع، روش بی‌هوازی در فصل بعدی مورد بررسی قرار گرفته است. نمای کلی سیستم تولید بیو گازها در شکل ۲-۱ آورده شده است.



شکل ۲-۱ نمای کلی سیستم‌های تولید بیو گاز

معیار تقسم بندی به روش هوازی و بی‌هوازی وابستگی میکروارگانیسم‌ها به اکسیژن میباشد. در تقسیم بندی معمول روش‌های مختلفی برای تصفیه بیولوژیکی مطرح است. سه روش بسیار معمول عبارت اند از:

۱- روش لجن فعال شده

۲- حوضچه هوادهی و گودالها

۳- فیلترهای نشت کننده

۲-۳- فرآیندهای مختلف تصفیه پساب‌های صنعتی

۲-۳-۱- فرآیندهای هوازی

این قسمت شامل فرآیندلجن فعال، فیلترهای چکنده، سیستم‌های PACT، راکتورهای بیوفیلمی‌متحرک، راکتورهای بسته‌ای مرحله‌ای وسیستم بیوراکتورهای غشایی می‌باشد.

۲-۳-۱-۱- فرآیندهای لجن فعال

این فرآیند یکی از متداولترین روش‌های تصفیه بیولوژیکی پساب می‌باشد که ازاوایل قرن بیستم در اروپا و آمریکا به کار گرفته شده است وبه دلیل کارایی بالا در شرایط مختلف محیطی و قابلیت حذف طیف وسیعی از مواد آلاینده موجود در پساب‌ها کاربرد گسترده‌ای در عرصه تصفیه بیولوژیکی پساب دارد. نامگذاری‌این فرآیند به لجن فعال به دلیل وجود توده میکروارگانیسم‌های فعال که قابلیت تثبیت پساب درشرایط هوازی را دارا هستند، می‌باشد. به دلیل اهمیت موضوع ،در فصل سوم‌این فرآیند مورد بررسی قرار گرفته شده است. اصولاً هر عاملی که حالت سمی‌برای میکروارگانیسم‌ها داشته باشد یا به دلیلی عملکرد آنها را دچار توقف نماید عامل بازدارنده نام دارد.

مسمومیت باکتری‌ها ممکن است به دلیل یکی از عوامل زیر باشد:

۱- وجود مواد آلی نظیر فنول، فورفورال، هیدروکربن‌ها، سولفد هیدروژن و مواد آروماتیک

۱- ضرر ترکیبات سنگین

۲- غلظت خیلی زیاد مواد معدنی محلول.

بعضی از مواد نیز خاصیت تسریع کنندگی روی عملکرد لجن فعال دارند و بازدهی آن را بالا می‌برند. در نتیجه سرعت تصفیه پساب افزایش یافته و زمان ماند پساب در حوضچه هوادهی کاهش می‌یابد. به طور کلی مسائل ومشکلات موجود در خلال جداسازی جامدات لجن فعال در تصفیه خانه پساب عبارتست از:

۱- رشد پراکنده

۲- لخته‌های سرسوزنی

۳- بالکینگ غیر رشته‌ای

۴- بالکینگ رشته‌ای

۵- بالا آمدن لجن

۶- تولید کف

شایع‌ترین این مشکلات، بالکینگ لجن و عدم ته نشینی سریع لجن در حوضچه ثانویه می‌باشد که به دو نوع رشته‌ای و غیر رشته‌ای قابل تفکیک است. از جمله دیگر اشکالات‌این سیستم نیاز به دستگاه‌ها و انجام عمل پمپاژ جهت بازگشت لجن و کم بودن مقاومت سیستم در مقابل بارهای هیدرولیکی لحظه‌ای و... را نام برد. برای رفع این اشکالات که اکثراً به دلیل پراکندگی میکروارگانیسم‌ها در داخل محلول راکتور به وجود می آید اخیراً استفاده از سیستم‌های بستر ثابت مورد توجه قرار گرفته است.

۲-۱-۳-۲- فیلترهای چکنده

فیلترهای چکنده از جمله سیستم‌های متداول تصفیه با بستر ثابت می‌باشند. نوع جریان درچنین سیستم‌هایی لوله‌ای می‌باشد. هر چند چنین جریانی با توجه به آن‌که واکنش‌های بیولوژیکی اغلب از درجه مثبت بوده، سبب بالا رفتن راندمان می‌شود ولی از طرف دیگر جریان فوق در سیستم مسئله‌ای به وجود می‌آوردکه راندمان بالای آن را تحت الشعاع قرار می‌دهد. اشکال حاصل از نوع جریان لوله‌ای در سیستم تصفیه پساب، وجود گرادیان غلظت سوبسترا در طول سیستم می‌باشد، به گونه‌ای که در قسمت ورودی پساب به علت بالا بودن غلظت خوراک، رشد میکروب سریع و لایه‌های باکتری با ضخامت بیش تری تشکیل خواهد شد واین درحالی است که در قسمت خروجی به علت پائین بودن غلظت سوبسترا عملاً لایه باکتری رشدی

نخواهد داشت. بدین ترتیب در حالی که قسمت ورودی دچار انسداد و گرفتگی شده است قسمتی از سیستم خروجی بلا استفاده مانده است.

سیستم تانک هوادهی با بستر ثابت تلفیقی از دو سیستم با دو خصوصیت بارز(جریان کاملاً مخلوط)مشابه سیستم لجن فعال و بستر ثابت مشابه فیلترهای چکنده می‌باشد. وجوداین دو خاصیت به طور همزمان درسیستم مورد بحث سبب برتری آن نسبت به سایر سیستم‌های متداول می‌شود به نحوی که محاسن سیستم‌های متداول را دارد و بسیاری از معایب دراین سیستم تا حدودی اصلا ح شده است. دراین سیستم تغییرات در غلظت ورودی تأثیری بر سوبسترا خروجی در حالت یکنواخت نمی‌گذارد،این خصوصیت ناشی از متناسب بودن رشد میکروارگانیسم مربوطه با غلظت سوبسترای ورودی می‌باشد.

۳-۱-۳-۲- سیستم‌های PACT

در میان مشکلات حاصل از بکارگیری سیستم تصفیه لجن فعال در تصفیه پساب‌های صنعتی، کم بودن مقامت آن در مقابل آلاینده‌های آلی دیرتجزیه پذیر را می‌توان نام برد. دراین موارد اصلاح شیمی‌فیزیکی سیستم از طریق اضافه کردن پودر کربن فعال به تانک هوادهی لجن فعال، مورد توجه بسیاری از محققین بوده است.این عمل باعث جذب سطحی بیشتر آلاینده‌ها و تسریع رشد بیولوژیکی و در نتیجه حذف آلاینده‌ها می‌شود. درحقیقت توأم نمودن تصفیه شیمی‌فیزیکی، بیولوژیکی به عنوان مکمل یکدیگر، موجب بالا رفتن راندمان حذف آلاینده‌ها و حتی بهبود کیفیت ته نشینی لجن می‌شود. متأسفانه مشکلات عملیاتی، حاصل از به‌کارگیری سیستم فوق مانند گران بودن پودر کربن، جداسازی آن از لجن و احیا، مانع از بکارگیری این سیستم در تصفیه خانه‌های صنعتی‌ایران شده است. اخیراً اصلاح بیولوژیکی سیستم متداول لجن فعال، از طریق افزایش میکروارگانیسم‌های خاص به عنوان یک جایگزین مناسب و اقتصادی برای سیستم PACT می‌باشد.

۴-۱-۳-۲- راکتورهای بیوفیلمی‌متحرک

مشخصه اصلی‌این راکتور رشد بیوفیلم بر روی آکنه‌های کوچکی است که درمخزن هوادهی شناور می‌باشند. هوادهی دراین سیستم‌ها به صورت حباب درشت انجام می‌شود که علاه بر فراهم کردن مقدار اکسیژن لازم برای تجزیه بیولوژیکی و اکسیداسیون مواد آلی، اختلاط کافی را هم در راکتورایجاد می‌کند.این روش به نوعی تلفیقی از روش لجن فعال و فیلتر بیولوژیکی می‌باشد.ایده اصلی در طرح این فرآیند این است که عملیات تصفیه پیوسته راکتور بیوفیلمی‌بدون لخته سازی و امکان کانالیزه شدن جریان و تجمع لجن، با افت هیدرولیکی کم و سطح‌مقطع ویژه بالا برای رشد میکروارگانیسم‌ها باشد. اجزای حامل بیوفیلم از جنس پلاستیک با دانسیته کمی‌کمتر از آب و به شکل استوانه‌های کوچک هستند. میزان آکنه‌ها در داخل راکتور بستگی به شدت آلودگی پساب ورودی و پارامترهای طراحی مثل زمان هیدرولیکی داردکه‌این امر باعث انعطاف زیادی در طراحی سیستم می‌شود. امکان استفاده از آکنه‌ها با سطح ویژه بالا، راه‌اندازی نسبتاً سریعتر، با کنترل آسان، عدم نیاز به جریان برگشتی، تولید لجن با خاصیت ته نشینی بالا، مقاوم بودن سیستم به شوک‌های آلی وحرارتی، قابلیت خوب در حذف بار آبی و همچنین نیتریفیکاسیون از جمله مواردی هستند که تحقیق دراین زمینه را توجیه می‌کند.

۵-۱-۳-۲- راکتورهای بسته‌ای مرحله‌ای

این روش حالت اصلاح شده لجن فعال است. در راکتور بسته مرحله ای، پنج مرحله مجزا از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند. مراحل راکتور شامل:۱- فاز پرکردن ۲-فاز واکنش ۳- فاز ته‌نشینی ۴- فاز تخلیه ۵- فازاستراحت می‌باشد. در فاز پرکردن پساب وارد راکتور شده و در فاز واکنش پساب خام با توده بیولوژیکی تماس داده‌می‌شود و واکنش‌های لازم برای حذف آلاینده‌ها انجام می‌شود. در فاز ته نشینی در یک محیط کاملاً ایده‌آل توده بیولوژیکی و پساب تصفیه شده از هم جدا می‌شوند و در فاز تخلیه، پساب تصفیه شده از راکتور خارج می‌شود. و بنابر ضرورت در فاز استراحت بخشی از لجن اضافی دفع می‌شود.

از مزایای راکتورهای بسته مرحله‌ای می‌توان به هزینه احداث پائین، راهبری آسان، تحمل پذیری بالا، عدم نیاز به تانک ته نشینی ثانویه، عدم نیاز به سیستم برگشت لجن و... اشاره کرد. در تعریف‌این سیستم‌ها می‌توان گفت، آن چه را که لجن فعال در مکان انجام می‌دهد راکتور بسته مرحله‌ای در زمان قادر به انجام است.

۶-۱-۳-۲- سیستم بیوراکتورهای غشایی

سیستم‌های غشایی یک واحد مستغرق با فیلم ثابت به همراه سیستم هوادهی دیفیوزی است. محیط رشدباکتری‌ها در سیستم‌های غشایی از جنس پروپیلن یا پلاستیک از جنس پلی وینیل کلراید سخت به شکل ماتریکس بوده و داری سطح تماس بسیار بالا می‌باشدکه باکتری‌ها به آن چسبیده و سریع رشد نموده و تشکیل فیلم ثابت را می‌دهند. به علت نگهداری غلظت بالای بیومس توسط غشا در سیستم‌های MBR، زمان ماند جامدات مستقل از زمان ماند هیدرولیکی است. غشاها از مواد آلی و غیرآلی ساخته می‌شوند. غشاهای مورد استفاده درتصفیه پساب معمولاً از جنس آلی هستند. دلایل استفاده وسیع از سیستم‌های غشایی در تصفیه پساب‌ها را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد: ۱-کیفیت ۲- پایدار ی(انرژی، مواد شیمیایی و مواد لجن حاصل) ۳- استفاده مناسب از فضای راکتور ۴- اثرات زیست محیطی(بو و سر و صدا) ۵-قابلیت اطمینان۶- سطح‌هزینه‌ها. از مسائل مربوط به بهره برداری MBR می‌توان به مصرف انرژی و گرفتگی غشا اشاره نمود.

به طور خلاصه می‌توان پدیده گرفتگی در MBR را به دو گروه میکروگرفتگی(رسوب گذاری، گرفتگی بیولوژیکی، جذب سطحی/ گرفتگی توسط مواد آلی، انسداد منافذ) و ماکروگرفتگی(تشکیل کیک روی سطح غشا، ورود انواع آشغال و...) تقسیم بندی کرد.

۲-۳-۲- فرآیندهای بی هوازی

امروزه تصفیه بی‌هوازی به عنوان یکی از ارزان ترین روش‌های تصفیه پساب مطرح است. دراین بخش به بررسی مقدماتی بیوراکتورهای بی‌هوازی می‌پردازیم. در فصل چهارم فرآیندهای بی‌هوازی به تفصیل مورد بحث قرارگرفته‌اند. تنوع راکتورهای بی هوازی بسیار زیاد بوده و از جمله مهم ترین یافته‌های تحقیقات دراین زمینه، در سه دهه گذشته که به عنوان کاراترین و فنی ترین و در عین حال ساده ترین راکتورها معرفی شده است، راکتور UASB می‌باشد.

۱-۲-۳-۲- راکتورهای UASB

اساس کاراین نوع راکتورها بر تشکیل گرانول استوار است. گرانول سازی لجن، یک فرآیند بیولوژیکی است که پارامترهای متفاوت و متنوعی در آن دخالت دارند به همین دلیل نظرات مختلفی دراین رابطه ارائه شده است. فرضیه شیمی‌فیزیکی و فرضیه بیولوژیکی از جمله فرضیات مهم در توصیف چگونگی انجام فرآیند گرانولسازی می‌باشند. گرانول‌ها پس از تشکیل و و دانه بندی مناسب به عنوان سوبسترا استفاده می‌شوند. در شرایط مناسب گاز متان که محصول نهایی تصفیه بی‌هوازی می‌باشد، توسط باکتری‌های متان ساز تولید می‌شود. درچنین شرایطی هر عاملی که تولید گاز متان را مختل سازد به عنوان یک عامل مزاحم در روند تصفیه پساب محسوب می‌شود. یکی ازاین عوامل یون سولفات می‌باشد که به وفور در بسیاری از پساب‌های صنعتی یافت می‌شود. با وجود یون سولفات در پساب و نفوذ آن به داخل گرانول‌ها، باکتری‌های احیا کننده سولفات فعال گشته وبا باکتری‌های متان ساز برای گرفتن الکترون رقابت می‌کند. ثابت شده است که در رقابت بین‌این دو دسته باکتری، باکتری احیا کننده سولفات دارای ثابت سینتیکی پایینی بوده و می‌تواند الکترون را به طور مستقیم ازهیدروژن، استات و مشتقات استات (مثل پروپیونات و بوتیرات) جدا کند. علاوه براین احیا سولفات می‌تواند تولید سولفاید نماید که خود مانع فعالیت‌های باکتری‌های متان ساز می‌شود.

۲-۲-۳-۲- فیلتر بی‌هوازی

یک فرآیند بستر ثابت است و قادر به‌ایجاد غلظت بالایی از بیومس در داخل راکتور است. معهذا به علت سرعت پایین مانع دراین نوع فرآیند احتمال‌اینکه مشکلات اختلاط و مسدود شدن در چنین سیستم‌هایی پیش‌آید زیاد است.

۳-۲-۳-۲- راکتورهای بستر سیال

در راکتورهای بستر سیال به غلظت‌های بیومس بالاتری می‌توان دست یافت. زیرا ذرات جامد به کار برده شده در راکتور دارای سطح ویژه بزرگتری هستند. علاوه براین در حالت سیالیت می‌توان به شرایط اختلاط بهتری در فاز مایع رسید. در حقیقت‌این سیستم‌ها بهترین پایداری و راندمان را دارا هستند. غلظت بالای بیومس تشکیل شده روی ذرات جامد در بسترهای سیال باعث می‌گردد تا بتوان مواد آلی را در زمان کوتاه تری تجزیه نمود و بدین ترتیب بر مشکل سرعت رشد پایین باکتری‌های بی‌هوازی فائق آمد. انبساط بستر که محل تجمع بیومس تولیدی است کمک می‌کند تا مشکلاتی نظیر مسدود شدن بستر که در سیستم‌های بستر ثابت متداول است، کاهش یابد ودرجه اختلاط بالا باعث حذف مقاومت‌های انتقال جرم خارجی می‌گردد. هم چنین لایه میکروبی نیز که در اثر تنش بین ذرات جامد و مرگ و میر باکتری‌ها جدا می‌گردد و به شکل توده‌های میکروبی است خواص ته نشینی بهتری نسبت به باکتری‌های معلق منفرد دارد، لذا مشکلات مربوط به زلال سازی پساب خروجی نیز کاهش می‌یابد. پارامترهای مؤثر بر مرحله راه‌اندازی بیوفیلتر غیر هوازی عبارتند از دما، PH، کمیت و کیفیت لقاح، زمان ماند هیدرولیکی، جریان برگشتی و... .

۲-۴- حوضچه‌های هوادهی و گودالها

حوضچه‌های هوادهی یا در یاچه‌های کم عمق اساسا فرآیندهای لجن فعال شده با هوادهی گسترش یافته می‌باشند معمولاً با بازگشت لجن و احتمالاً با معلق سازی کامل لجن در شرایط بی‌هوازی همراه می‌باشد. این فرآیند به جای فرآیند لجن فعال شده مخصوصاً در جاهاییکه زمین ارزان و در دسترس باشد، استفاده می‌شود. حوضچه‌های هوادهی و دریاچه‌های هوادهی مکانیکی باید اکسیژن مورد نیاز حل شده در جریان خروجی را فراهم کنند. در یک مدل خاص از هوادهنده‌ها از روتورهایی با محورهای افقی تشکیل شده‌اند. انواع متفاوت از تجهیزات از معماری آهن گوشه[۳] بر روی روتور نصب می‌شود و همچنین موجب می‌شوند که آب به آرامی‌اطراف گودال جریان یابد. گودالها می‌توانند به صورت دوره‌ای در قسمت ورودی کار کنند. زمان اقامت چندین روز می‌باشد و عمق آب در حدود ۵ فوت می‌باشد. بنابراین زمین مورد نیاز در مقایسه با فرآیندهای تصفیه لجن فعال شده بزرگ می‌باشد. اقامت طولانی منجر به بازده پایین لجن می‌شود و همچنین رقت بیشتری از پساب ورودی را فراهم می‌کند، به طوری که بارهای شوک کمتر می‌شوند. اثر دیگر زمان اقامت بلند مدت اینست که دی نیتروفیکاسیون رخ می‌دهد. اگر چه خالص سازی آب از طریق آن پیشرفت می‌کند، آزاد سازی گاز منجر به‌ایجاد لجن رسوب نداده در بعضی از پساب‌ها می‌گردد. معمولاً نیتروفیکاسیون یا اکسیداسیون نیتریتها کامل می‌شود اما در دی نیتروفیکاسیون مشکلی وجود ندارد، به خاطراینکه امکان تغییر میزان اکسیژن ورودی از طریق تغییر دادن در میزان غوطه وری روتورها وجود دارد.

۲-۵- فیلترهای نشت کننده

دراین روش پساب ورودی توسط توزیع کننده‌های چرخان به درون بستری از سنگریزه یا محیط پلاستیکی پوشییده با لجن میکروبی پخش می‌شود و توسط جریان طبیعی هوادهی می‌شود. بنابراین واژه فیلتر دراینجا بی مسما می‌باشد. اکسیداسیون با تجزیه درون لجن رخ می‌دهد. مواد سلولی اضافی به طور مدوام توسط فرآیندهای هیدولیکی پاک می‌شوند یا به صورتی رشد می‌یابند که لایه‌ای ضخیم به وجود می‌آورند و شرایط بی‌هوازی را در نزدیکی سطح‌ایجاد می‌کنند که به طور

1- Angle Iron

تناوبی منجر به‌ایجاد بافت مرده می‌شود. فیلترهای استاندارد با ظرفیت‌های استاندارد مثلاً ۴ میلیون گالن در روز به ازای واحد سطح عمل می‌کنند. فیلترهای با ظرفیت بالا در ۱۰ تا ۴۰ میلیون گالن در روز به ازای واحد سطح عمل می‌کنند. فیلترهای با محیط پلاستیکی نیازمند ۳۱ تا ۶۳ میلیون گالن در روز به ازای واحد سطح فقط برای مرطوب کردن پر کن‌ها می‌باشند ودر ظرفیت‌های بسیار بالاتری کار می‌کنند. آنها بعضی اوقات فیلترهای ابر ظرفیت نامیده می‌شوند. کار قبلی از استفاده سنگ یا سرباره [۴] برای پرکردن فیلتر استفاده از مواد ارزان به حساب می‌آمد، اما دانسیته بالا بود. عمق کار لزوماً کم می‌باشد. معمولاً در گستره ۳ تا ۱۰ فوت قرار دارد. بنابراین زمان اوقات مایع و میزان خلوص پایین می‌باشد. خلوص بالاتر می‌تواند توسط بازگردانی آب بدست‌اید اما مساحت زمین و به دنبال آن هزینه افزایش خواهد یافت. بسترهای تجربی عمیق تر در برجهایی به ارتفاع ۷۰ فوت با گسترش محیط پلاستیکی فیلتر امکان ساخته شدن را دارند. محیط پلاستیکی در شکلهای مختلفی ساخته شده است، اما همه آنها میزان تخلخل بالای دارندو ساختار نسبتاً باز دارند تا از مسدود شدن توسط بافت مرده میکروبی جلوگیری به عمل آید. بخشی از BOD که حذف می‌شود، به جرم‌سلولی[۵] تبدیل می‌شود که همراه با جریان خروجی خارج می‌شود. برای رسیدن به جریان خروجی با کیفیت بالااین جامدات میکروبی باید حذف شوند. از زلال کننده‌های متداول برای‌این کار استفاده می‌شود و لجن بدست آمده دراین روش راحتتر از لجن بدست آمده از روش لجن فعال شده ته نشین می‌شود.

۶-۲- سایرروشهای‌تصفیه‌بیولوژیکی (دریاچه‌های بی‌هوازی یا استخرها، واحدهای تماس‌بی‌هوازی)

استخرهای بی‌هوازی واحدهای تثبیت پساب هستند که تفاوت قابل ملاحظه‌ای نسبت به استخرهای هوازی ندارند یا نسبت به استخرهای اکسیداسیون ندارند. مورد دومی‌کم عمق می‌باشد و در آن رشد خزه‌ای برای فتو سنتز انجام می‌گیرد تا شرایط واکنشهای هوازی را فراهم کند، اماته آن یا بخش زیرین آن احتمالاً شرایط بی‌هوازی وجود دارد. استخرهای بی‌هوازی عمیق می‌باشند و در مورد پساب‌های با غلظت بالا به کار می‌روند که فتوسنتز یا نفوذ هوا در آن موثر نمی‌باشد. یک استخر بی‌هوازی خروجی خالصی را تولید نمی‌کند، اما پساب‌ها را در سرعت فضایی بالاتری نسبت به سیستم‌های هوازی تخریب می‌کنند. واکنشهای اولیه تبدیل ترکیبات کمپلکس دارنده اکسیژن به اسیدهای فرار می‌باشند و واکنش بعدی تولید متان می‌باشد. معمولاً جامدات ته نشین می‌شوند و به طور تناوبی انتقال داده می‌شوند. مدت عملیات در کوتاهترین مدت ۳ روز و در بلند ترین مدت ۲۲۰ روز می‌باشد. فرآیند تماس بی‌هوازی قابل مقایسه با فرآیند لجن فعال شده باشد که دارنده واحد تماس، جدا کننده لجن و بازگردان می‌باشد. عملیات گاز زدایی برای حذف متان قبل از واحد جدا کننده لجن براب بهبود کارآیی سیستم استفاده می‌شود. از آنجایی که فرآیندهای بی‌هوازی در دماهای بالاتر بهتر عمل می‌کنند.این روش با پساب‌های گرم و پساب‌های تغلیظ شده‌ای که متان به‌اندازه کافی برای‌ایجاد گرما تولید می‌شود. بهتر سازگار می‌باشد. فرآیند تماس بی‌هوازی به طور گسترده‌ای کاربرد ندارد، اما روشهای طراحی منتشر شده‌اند.

فصل سوم : فرآیند لجن فعال

فرآیندروش لجن فعال شده[۶] یک روش بیولوژیکی هوازی برای تصفیه پساب‌های صنعتی می‌باشد و شامل زندگی میکروارگانیسم‌ها به همراه مواد آلی در یک محیط غنی از اکسیژن می‌باشد. میکروارگانیسم‌ها در فرآیندلجن فعال در یک محیط مایع و بطور کنترل شده نگهداری می‌شوند. همیشه متخصصین درصدد بوده‌اند تا بتوانند از باکتری‌ها نهایت استفاده را

1- Slag
2- Cell Mass
1- Activated sludge

برده و آنان را به صورت چرخه‌ای به کار ببرند که در سیستم لجن فعال‌این امر میسر گردیده است و امروزه غالبا ازاین سیستم استفاده می‌گردد. عبارت لجن فعال بیان کننده توده میکروبی است که می‌تواند عمل تصفیه را انجام دهد.

۱-۳- بررسی مکانیسم فرآیندهای لجن فعال شده

واکنش‌های شیمیایی که در طول تصفیه بیولوژیکی رخ می‌دهند، شامل بیو شیمی‌می‌باشد. علاوه براین واکنش‌ها نیازمند مواد مغذی برای میکروارگانیسم‌ها می‌باشند و با مرگ میکروارگانیسم‌ها توسط مواد سمی و یا شرایط فراهم کننده نابودی، واکنش‌ها متوقف می‌شوند. خالص سازی آب عمدتاً نتیجه اکسیداسیون ترکیبات آلی به همراه رشد مواد سلولی یا پروتوپلاسم[۷] می‌باشد. این پروتوپلاسم خودشان به طور جزیی تجزیه زیستی می‌شوند. بنابراین نابودی و تخریب آلاینده‌های رودخانه‌ها کامل نمی‌شود، مگر آنکه مواد سلولی حذف شوند.این حذف و انتقال به طور جزیی می‌تواند توسط آنچه که تنفس درونزا[۸] یا متابولیسم نامیده می‌شود، تکمیل شود. که در فرآیند متابولیسم نیازهای انرژی سلولهای زنده، از طریق اکسیداسیون پروتوپلاسم‌های دیگر تامین می‌شود. معمولاً به طور متداول گفته می‌شود که بعد ازاینکه میکروبها آلاینده‌ها را خوردند یکدیگر را می‌خورند،این فرآیند مواد مغذی را به درون آب رها می‌کند، که موجب تسریع فرآیند تولید مواد مغذی[۹] می‌شود. مواد سلولی به صورت لجن می‌باشند، واین لجن باید به روشهای دیگری حذف گردد. اما انتقال آن پر هزینه می‌باشد و هزینه‌های کلی باید در یک طراحی بهینه به کمتری حد برسد. واکنش کلی چه در شرایط هوازی و چه در شرایط بی‌هوازی به اکسیژن حل شده در آب بستگی دارد.

مکانیسم اصلی در فرآیندلجن فعال توسط واکنش‌های بیولوژیکی زیر نشان داده شده است:

انرژی + CO_2 + H_2O + میکروارگانیسمهای بیشتر ⟶ CO_2 + میکروارگانیسم‌ها + ماده آلی

همانگونه که در واکنش نشان داده شده است، مواد آلی (آلاینده‌ها) توسط میکروارگانیسم‌هایی حذف می‌شوند که در مراحل بعدی ته نشین شده و از سیستم خارج می‌گردند. اگر واکنش کامل شودو میکروبها حذف شوند، آب تصفیه می‌شود که با کاهش PH به خاطر تشکیل CO_2 همراه می‌باشد و گرما ی آزاد شده ناچیز می‌باشد.

عملیات حذف آلاینده‌ها توسطاین فرآیند، شامل مراحل زیر است :

۱-استفاده میکروارگانیسم‌ها از مواد آلی پیچیده، به عنوان ماده غذائی و در نتیجه تولید میکروارگانیسم‌های بیشتر (لجن فعال)

۲-تولید گاز CO_2 که در جو پراکنده می‌گردد.

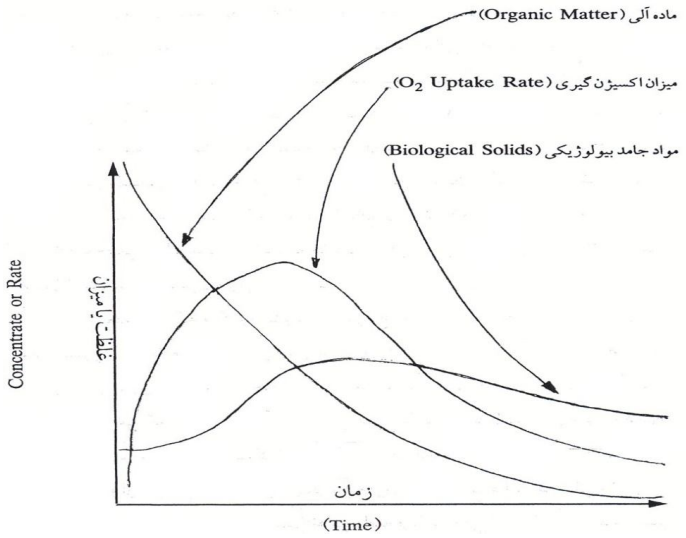
۳-تولید آب که به همراه جریان پساب تصفیه شده خارج می‌گردد.

۴-تولید انرژی که میکروارگانیسم‌ها برای ادامه زندگی خود به آن احتیاج داشته و آن را مصرف می‌کنند.

۵-حذف میکروارگانیسم‌های اضافی از فرآیند(به عبارت ساده مواد آلی موجود در پساب به میکروارگانیسم‌ها تبدیل شده وپس از ته نشینی خارج می‌گردند.)

2- Protoplasm
3- Endogenous Respiration
1- Eutrophication

فرآیندی که توسط آن میکروارگانیسم‌ها مواد آلی پیچیده را می‌شکنند فرآیندی مرکب است. مواد آلی موجود در پساب در حضور اکسیژن و مدت زمان کافی با میکروارگانیسم‌ها مخلوط شده و بدین ترتیب میکروب‌ها قادر خواهند بود که ساختمان پیچیده آن‌ها را شکسته و از آن‌ها به عنوان ماده غذایی استفاده نموده و تکثیر یابند. در ابتدا یک یا چند نوع میکروارگانیسم خاص به یک بخش از ماده آلی، که دارای ساختاری پیچیده است، حمله می‌کنند و میکروارگانیسم‌ها سایر بخش‌های آن ماده آلی را مورد هجوم قرار می‌دهند و پس از مدت زمان کافی و در حضور اکسیژن موردنیاز قادر خواهند بود آن ماده آلی را حذف کنند. گروهی از میکروارگانیسم‌ها قسمتی از مواد آلی را که از دیواره سلول آن‌ها قابل عبور است، هضم نموده و فرآورده فرعی دیگری را تولید می‌کنند.این فرآورده‌های فرعی به عنوان منبع غذایی برای دسته دیگری از میکروارگانیسم‌ها مورد استفاده قرار میگیرند واین فرآیندتجزیه مرکب تا زمانی ادامه می‌یابد که ماده آلی پیچیده به طور کامل شکسته و توسط جمعیت بیولوژیکی جذب گردد. میکروارگانیسم‌ها در حال مصرف کردن ماده آلی جهت رشد و تولید میکروارگانیسم‌های بیشتر، از اکسیژن محلول در پساب استفاده می‌کنند. نمودار واکنش‌های مقدماتی که بطور همزمان در فرآیند لجن‌فعال اتفاق می‌افتد در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.این نمودار نشان می‌دهد که ابتدا غلظت مواد آلی در پساب خیلی زیاد است، در حالیکه غلظت میکروارگانیسم‌ها بسیارپایین است و میزان استفاده از اکسیژن خیلی کند است. به محض‌این که میکروارگانیسم‌ها شروع به حمله و جذب مواد آلی می‌کنند از اکسیژن استفاده کرده وسلول‌های بیشتری تولید می‌نمایند و در نتیجه میزان اکسیژن گیری و غلظت مواد جامد بیولوژیکی در سیستم به سرعت افزایش پیدا می‌یابد. هنگامیکه غلظت ماده آلی کاهش می‌یابد از میزان غذای موجود برای میکروارگانیسم‌ها به سرعت کاسته شده واین فرآیندسبب گرسنگی و در نهایت مرگ میکروارگانیسم‌ها می‌شود. بنابراین چون غلظت ماده آلی کاهش می‌یابد، تعداد میکروارگانیسم‌ها در سیستم کاهش یافته و باعث می‌شود که مصرف اکسیژن سیر نزولی داشته‌باشد.



شکل ۳-۱ واکنش‌های همزمان که در سیستم ناپیوسته[۱۰] بیولوژیکی رخ می‌دهد.

۲-۳- دلایل نیاز توده میکروارگانسم به اکسیژن

توده میکروارگانیسم (لجن بیولوژیکی) به سه دلیل نیاز به اکسیژن دارد :

۱-تبدیل ماده آلی به انیدرید ، آب و انرژی باکتری‌ها

1- Batch

+ ماده آلی $Co_2 + H_2o$ $\xrightarrow[\text{آنزیم‌ها}]{}$ انرژی O_2

۲-تولید سلول‌های جدید

+ ماده آلی $Co_2 + H_2o$ $\xrightarrow[\text{آنزیم‌ها}]{}$ پروتوپلاسم (سلولهای جدید) $P + NH_3 + O_2$

۳-تجزیه سایر سلول‌ها

+پروتو پلاسم (سلول) $Co_2 + H_2o + (NH_3 + O_2$ $\xrightarrow[\text{باکتری‌ها}]{}$ انرژی $+ (No_3$ یا

کل اکسیژن استفاده شده در معادلات ۱و۲و۳، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی پساب یا BOD[11] نامیده می‌شود. سه واکنش ذکرشده به طورهمزمان و در درجات متفاوت در فرآیندلجن فعال رخ می‌دهد:

۱-در واکنش اول میکروارگانیسم‌ها ماده آلی را به عنوان منبع غذایی (به اضافه اکسیژن) مورد استفاده قرار می‌دهند تا فرآیندزندگی آن‌ها تأمین شود.

۲-در واکنش دوم میکروارگانیسم‌ها ماده آلی را به همراه مواد مغذی و اکسیژن مصرف نموده و سلول‌های جدیدی را تولید می‌کنند.

۳-در واکنش سوم، در صورت کاهش مواد آلی میکروارگانیسم‌ها ی زنده سلول‌های مرده را تجزیه نموده و از آن‌ها به عنوان ماده غذایی استفاده می‌کنند.

مهمترین عناصر تشکیل دهنده پروتوپلاسم، نیتروژن و فسفر می‌باشد. فرمول تجربی آن $C_{55}H_{77}O_{22}P$ می‌باشد. سایر عناصرتشکیل دهنده آن به میزان بسیار کم شامل سولفور، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، آهن و مولیبیدن می‌باشند. تعداد زیادی از پساب‌های پتروشیمی‌کمبود نیتروژن و فسفر دارند واین مواد مغذی باید متناسب با تجزیه سلولی کلی اضافه شوند.

نسبت وزنی تقریبی در حالت سنتز به صورت BOD/N/P=۱۰۰/۵/۱ می‌باشد. اگر تماس‌های هوازی به درازا بکشد، آنقدر که متابولیسم درون ژنی[12] دارای اهمیت شود، ، مقدار کمتری از مواد مغذی مورد نیاز باشد. ریز مغذی‌ها برای مثال پپیتون بابد اضافه شوند تا پیشرفت گونه‌های مطلوب باکتریایی را تسریع کنند. جریان خروجی پساب منبع خوبی از باکتریهای مناسب می‌باشد.

۳-۳- تشکیل لجن فعال

لجن فعال در سه مرحله به شرح زیر تشکیل می‌گردد:

۱-مرحله انتقال

۲-مرحله تبدیل

۳-مرحله لخته سازی

11- Biochemical Oxygen Demand
1- Endogenous

تمام‌این مراحل به صورت همزمان و مداوم در حوضچه هواددهی و تا حدودی در حوضچه ته نشینی رخ می‌دهد.

در مرحله انتقال، موادآلی محلول از دیواره سلولی جذب میکروارگانیسم گردیده و در آنجا شکسته می‌شوند و ذرات غیر محلول در دیواره سلول، جذب سطحی گردیده، نهایتاً شکسته شده وسپس از دیواره سلولی جذب می‌شوند.

جذب سطحی مواد نسبتاً سریع انجام میگیرد و معمولاً۱۵ تا ۳۰ دقیقه طول می‌کشد. انتقال مواد محلول از دیواره سلولی و فرآیندهای هضم و جذب به زمان طولانی تری نیازمند است. هنگامی‌که مواد جامد جذب سطح دیواره سلولی شد، میکروارگانیسم‌ها موادی ترشح می‌کنند که مواد جامد غیر محلول را به شکل محلول در می‌آورد واین مواد مشابه روش مواد آلی(آلاینده‌های محلول) به داخل سلول جذب می‌گردند.

مرحله تبدیل، دومین گام در تشکیل لجن فعال است و پس از آنکه میکروارگانیسم‌ها مواد آلی را در خود هضم نمودند، آغاز می‌شود. فرآیند تبدیل شامل سنتز و اکسایش است. سنتز به سادگی به تکثیر سلول‌های بیشتر اشاره‌می‌کند و اکسایش با تشکیل گاز دی‌اکسیدکربن، آب و انرژی ارتباط دارد.این دو واکنش فرآیندمتابولیک میکروارگانیسم را ایجاد می‌کند.

بهتر است در سیستم تصفیه پساب، توده میکروارگانیسم غلیظی وجود داشته باشد، به طوریکه وقتی تعدادی میکروارگانیسم‌ها آنچه را قبلا گرفته‌اند هضم می‌کنند، دیگران مواد آلی پساب را کاهش دهند. برای شکستن مواد آلی موجود در پساب، میکروارگانیسم به آنزیم‌های مخصوص نیاز دارند به طوریکه توده میکروارگانیسم بتواند آن‌ها را به میکروارگانیسم‌های بیشتر، دی‌اکسیدکربن وآب تبدیل نماید. به همین دلیل است که در یک سیستم تصفیه پساب باید میکروارگانیسم‌ها قبلاً به محیط عادت کرده باشند تا بتوانند آنزیم‌های لازم را ترشح‌کنند. در حین راه افتادن تصفیه خانه، میکروارگانیسم‌ها هم یاد می‌گیرند که آنزیم مورد نیاز، برای شکستن ماده آلی خاص موجود در پساب را بوجود بیاورند. میکروارگانیسم‌ها باید کاملاً با پساب خو بگیرند تا بتوانند نوع و میزان آنزیم مورد نیاز جهت مصرف پساب را تولید کنند.

سومین مرحله از تشکیل لجن فعال، مرحله لخته سازی است. در حالیکه میکروارگانیسم‌ها در حوضچه هواددهی مخلوط می‌شوند و با سایر میکروارگانیسم‌ها برخورد می‌کنند، ذرات بزرگ لخته را تشکیل می‌دهند.این موضوع عملی مطلوب است زیرا سلول‌های کوچک به خوبی ته نشین نمیشوند، در حالیکه وقتی به یکدیگر چسبیدند و ذره بزرگتری را تشکیل دادند به سهولت ته نشین خواهند شد.

۴-۳- تجهیزات تصفیه به روش لجن فعال

تصفیه به روش لجن فعال شامل تجهیزاتی است که به آن شامل موارد زیر می‌باشد :

- حوضچه متعادل سازی
- پمپهای انتقال پساب حوضچه متعادل سازی
- حوضچه هوادهی
- مخزن تقسیم کننده لجن
-زلال کننده
- مخزن لجن برگشتی
- مخزن کلر زنی

۳-۴-۱- متعادل سازی

بعد از آنکه در سیستم حذف و تصفیه پساب مرحله مقدماتی انجام گرفت، سرزیر جدا کننده با وجود روغن کمتر از ppm ۵۰ به‌این حوضچه وارد شده و برای مراحل بعدی تصفیه آماده می‌شود. در متعادل سازی موارد زیر انجام می‌گیرد :

۱- تنظیم PH

۲-اختلاط و یکسان سازی مواد

۳ – کاهش دما

۴- خارج کردن گازهای فرار

۳-۴-۲- حوضچه هوادهی

حوضچه هوادهی مهمترین قسمت تصفیه پساب است و به عنوان قلب واحد و یک راکتور عمل می‌کند. در حوضچه هوادهی مقدار زیادی باکتری وجود دارد که عمل تصفیه یعنی اکسیداسیون و تجزیه مواد آلی دراین مرحله انجام می‌گیرد و به همین دلیل است که می‌توان از آن به عنوان راکتور نام برد. حوضچه هوادهی شامل سه دستگاه هوادهی می‌باشد که وظیفه آنها به شرح زیر می‌باشد :

۱- دفع گازهای محلول در آب

۲ – تامین اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها

۳- اختلاط و هموژن کردن دائم محتویات حوضچه

باکتریهایی که در حوضچه هوادهی عمل اکسیداسیون و تجزیه مواد آلی را به عهده دارند، از نوع بی‌هوازی و تک سلولی بوده و از غذای محلول استفاده می‌کنند و عموماً از طریق تقسیم سلولی تولید مثل می‌نمایند.

۳-۴-۳- تغذیه باکتری‌ها

موادی که به عنوان تغذیه برای باکتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ازت و فسفر می‌باشند. از آنجاییکه این مواد در پساب‌های صنعتی کم می‌باشد، ازت و فسفر را به صورت محلول به ترتیب از اوره و دی فسفات آمونیم به سیستم اعمال می‌کند. بعد از آنکه عمل نیتروفیکاسیون و تجزیه مواد آلی به وسیله باکتری‌ها انجام شد. باید باکتری‌ها را از پساب جهت استفاده مجدد و برگشت به سیستم جدا نمود. به همین دلیل پساب به همراه باکتری‌های شناور در آن به وسیله دو پمپ به سمت مخزن تقسیم کننده لجن ارسال می‌گردد.

۳-۴-۴- مخزن تقسیم کننده لجن

با توجه به‌اینکه باکتری‌ها در صورت راکد بودن لجن در یک مکان سریع ته نشین می‌گرددند. بنابراین بدین صورت می‌توان با راکد کردن پساب دراین مخزن در یک زمان ماند معین باکتری‌ها را از پساب جدانمود. ولی برای‌اینکه عمل ته نشینی باکتری از پساب به نحو مطلوبی صورت پذیرد، ماده‌ای به نام پلی آلومینیوم کلراید به‌این مخزن تزریق می‌گردد. پلی آلومینیم کلراید باعث می‌گردد، باکتری‌ها به صورت لخته‌های درشت و سنگین درآمده و ته نشین گردند. برای‌اینکه پلی

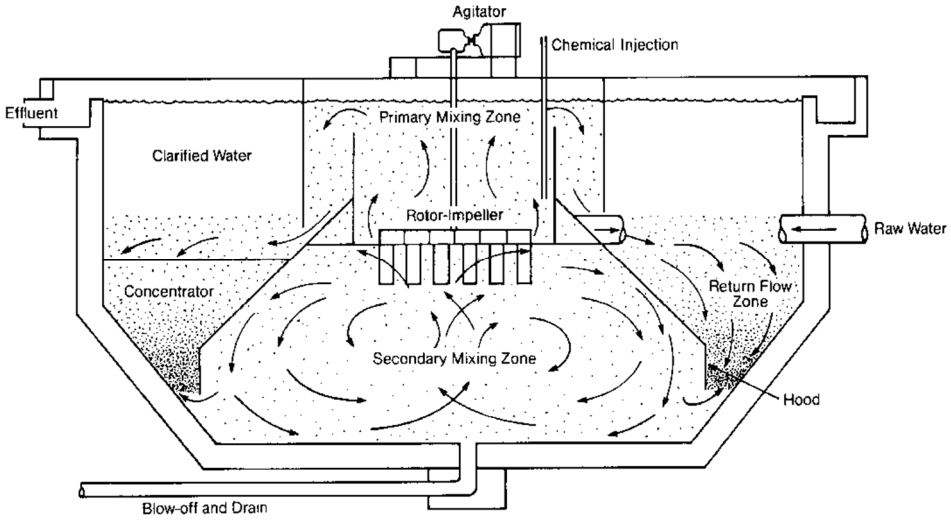
آلومینیوم یاپساب بهتر سازگار گردد و به صورت یکنواخت با پساب مخلوط گردد وهمچنین سطح تماس باکتری‌ها بااین مواد بیشتر گردد در سه قسمت‌این مخزن هوای سرویس به وسیله سه دیفیوزر اعمال شده و توزیع می‌گردد. با باز بودن هوای واحد به مخزن تقسیم کننده لجن، مطمئناً از راکد ماندن پساب و ته نشین شدن باکتری‌ها جلو گیری به عمل می‌اید، به همین منظوراین پساب به همراه باکتری‌های موجود در آن باید به مخزن دیگری جهت راکد ماندن وته شین شدن انتقال یابد.
کلاریفایرهایی که دردو طرف‌این مخزن ساخته شده‌اند برای همین منظور است که به‌این مخزن، مخزن تقسیم کننده لجن اطلاق می‌شود.

۵-۴-۳- زلال کننده (کلاریفایر)

آب پس از گذر از حوضچه‌ی هوادهی، وارد واحد زلال‌ساز می‌شود.این واحد از دو قسمت لخته‌سازی و ته‌نشینی تشکیل شده است. در قسمت لخته‌سازی با کمک تجهیزات مکانیکی مانند یک مخلوط کن[۱۳] و یاایجاد شرایط خاص، لخته‌ها شکل گرفته و در قسمت ته‌نشینی فرو می‌نشیند. در گذشته دو روند انعقاد (Coagulation) و لخته‌سازی (Flocculation) یک روند تلقی می‌شدند ولی امروزه پس از شناخت مکانیسم آن‌ها، هر یک مفهوم جداگانه‌ای پیدا نموده است. در حال حاظر نیز به سبب آن‌که در غالب طرح‌ها، دو روند لخته‌سازی ته‌نشینی (Sedimentation) در یک واحد ساختمانی انجام می‌گیرد به مجموعه‌ی دو روند، زلال‌سازی (Clarification) گویند. در عمل، مواد منعقد تشکیل شده در واحد اختلاط زلال‌ساز، بر اثر به‌هم‌زنی با پره‌های افقی یا قایم، به هم نزدیک شده و لخته‌های بزرگ قابل ته‌نشینی‌ایجاد می‌کند. رسوب دادن لخته‌های تشکیل شده در قسمت ته‌نشینی واحد زلال‌ساز انجام می‌گیرد. ته‌نشینی به عوامل متعددی مانند بار وارده، کیفیت آب، درجه حرارت آب، اندازه‌ی لخته‌ها و چگونگی جریان آب بستگی دارد. حدود ۹۰ تا ۹۸ درصد لخته‌های تشکیل شده باید دراین واحد ته‌نشین گردند. انواع مختلفی از از زلال‌سازها با موفقیت در نقاط مختلف‌ایران و جهان ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند که می‌توان آن‌ها را به دو دسته‌ی کلی زیر تقسیم‌بندی نمود:

- زلال‌ساز با بستر لجن (Sludge blanket) که دراین سیستم، آب حاوی لجن از قشری از لجن شناور می‌گذرد و لخته‌ها را در جریان بالارونده‌ی آب بر جای می‌گذارد. که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است.

-زلال‌ساز با تماس لجن (Solid Contact) که دراین سیستم، لجن غلیظ حاصل در روند تصفیه به جداسازی مواد معلق کمک می‌کند.



1- Mixer

شکل ۳-۲ زلال‌ساز با بستر لجن (Sludge blanket)

ازآنجایی که پاروها به آرامی‌در حرکت است زمان ماندگاری برای ته نشینی باکتری‌ها فراهم شده و با ته نشین شدن باکتری‌ها و جمع‌آوری آنها به وسیله پاروی کف روب تا پل دوار و هدایت آن به مرکز کلاریفایر، به وسیله خط جریانی به مخزن لجن برگشتی انتقال می‌یابد. همیشه باید توجه داشت که خروجی کلاریفایر باید به‌اندازه‌ای معین باز گردد تا کلاریفایر به سرعت تخلیه نگردد و عمل ته نشینی باکتری‌ها بهتر انجام پذیرد. لخته‌هایی از باکتری‌ها ممکن است به علت وزن کم خود در سطح کلاریفایر معلق بماند. که برای جمع‌آوری آنها از پاروهای سطح روب پل دوار استفاده می‌کنند. سرریز کلاریفایر باید همیشه زلال و غیر کدر و عاری از هرگونه مواد معلق از جمله باکتری باشد. اگر سرریز دارای مقداری باکتری باشد، از آنجاییکه سرریز برای پمپاژ نهایی آماده گشته و سپس ارسال می‌گردد، دراینصورت با فرار باکتری مواجه خواهیم شد و مطمئناًاین مورد باعث کاهش باکتری در حوضچه هوادهی و در نتیجه اختلال در عمل تصفیه بیولوژیکی خواهد شد.

۶-۴-۳- حوضچه لجن برگشتی

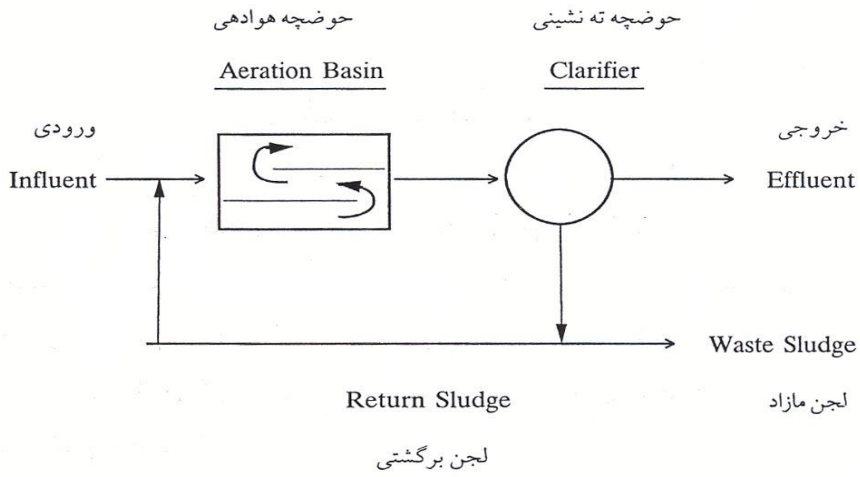
در حوضچه لجن برگشتی که بین حوضچه کلر زنی و مخزن تقسیم کننده لجن قرار گرفته، همانطور که از نام آن مشخص است لجنی که در زلال کننده‌ها ته نشین شده است جمع‌آوری می‌گردد. بعد از جمع‌آوری و تجمع باکتری در آن، لجن از قسمت پایین حوضچه خارج شده و به وسیله دو پمپ به سمت حوضچه هوادهی بازگشت داده می‌شود. در ضمن خاطر نشان می‌شود که به دلیل‌این که دراین قسمت جمعیت باکتری فروان بوده تجمع باکتری و ته نشینی آنها زیاد می‌باشد. جهت جلوگیری از ته نشینی و خلل در روند برگشت لجن به حوضچه هوادهی در سه قسمت ازاین حوضچه هوا تزریق می‌گردد که باعث اختلاط باکتری‌ها با پساب و انتقال بهتر آنها به سمت حوضچه هوادهی می‌شود.

۵-۳- شیوه‌های فرآیندتصفیه به روش لجن فعال

شیوه‌های متعددی برای تصفیه پساب‌های صنعتی به روش لجن فعال وجود دارد که بعضی از رایج ترین آن‌ها دراین بخش اشاره می‌شود.

۱-۵-۳- جریان قالبی (پیستونی)

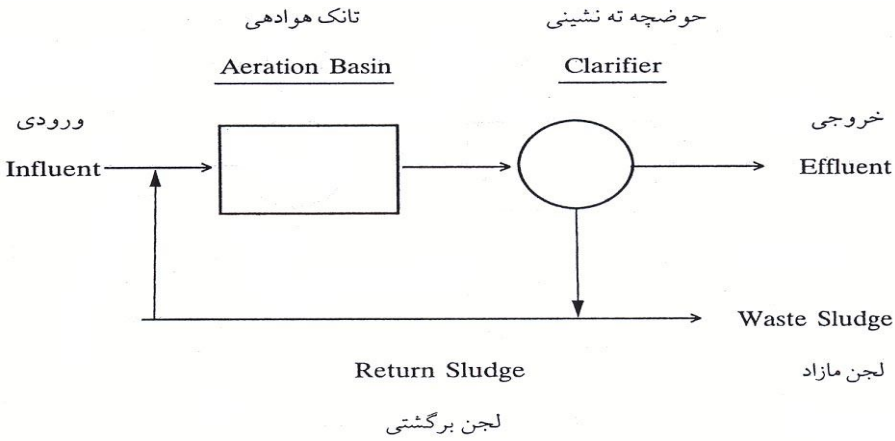
در روش جریان قالبی، جریان پساب در یک سری کانال، که در داخل حوضچه هوادهی ساخته شده است، می‌گذرد. نمودار ساده‌ای ازاین نوع فرآینددر شکل۳-۳ ارائه گردیده است. همانطوریکه مشخص است پساب از یک سری کانال به صورت لوله‌ای از حوضچه هوادهی عبور کرده وعملاً طول حوضچه را چند بار طی می‌کند. همچنان که پساب در مسیر خود داخل حوضچه جریان دارد، آلودگی آن نیز کاهش می‌یابد. موارد اصلاحی‌این روش، در زمان بهره برداری، شامل اضافه کردن میزان لجن برگشتی و یا میزان هوای تزریقی در نقاط انتهایی حوضچه هوادهی است. زیرا به دلیل افت مقدار BOD پساب در حال عبور از طول کانال، که همراه با مصرف اکسیژن است، از هوا (اکسیژن لازم) و میزان باکتری‌های مورد نیاز در طول مسیر کاسته می‌شود.



شکل۳-۳ نمودار روش جریان قالبی (پیستونی)فرآیندلجن فعال

۳-۵-۲- اختلاط کامل

مشخصه روش اختلاط کامل در فرآیندلجن فعال‌این است که پساب ورودی بلافاصله با اکسیژن و باکتری‌های درون حوضچه هواددهی مخلوط می‌شود. نموداراین روش در شکل۳-۴ نشان داده شده است.



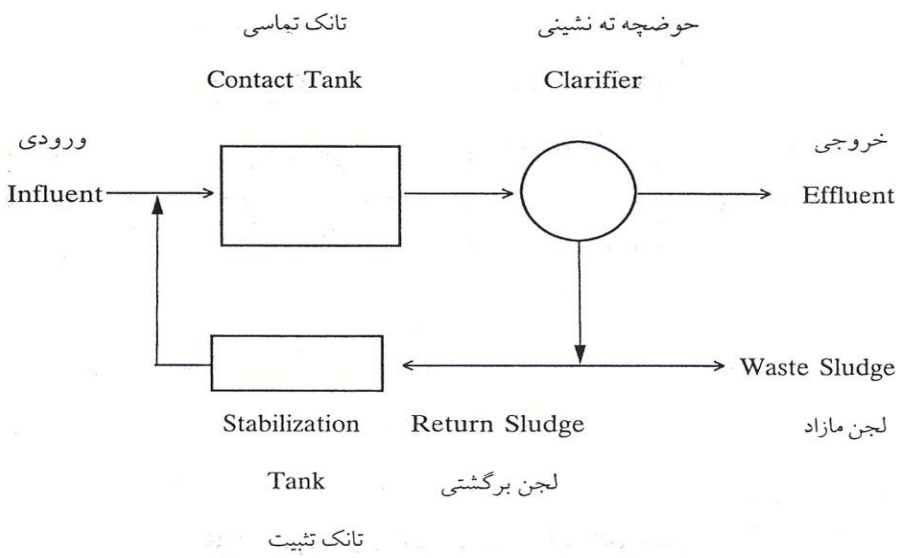
شکل ۳-۴ نمودار روش اختلاط کامل فرآیندلجن فعال

۳-۵-۳- تثبیت تماسی

یک روش رایج دیگر فرآیندلجن فعال تثبیت تماسی است. شکل ۳-۵ نموداراین روش را نشان می‌دهد. دراین روش، پساب خام به درون حوضچه تماس جریان می‌یابد، در آن جا هواددهی شده و با میکروارگانیسم‌ها مخلوط می‌گردد. میکرو ارگانیسم‌ها دراین حوضچه با هر دو نوع مواد آلی محلول و غیر محلول تماس می‌یابند. مواد آلی محلول، از دیواره سلولی میکروارگانیسم عبور می‌نمایند و مواد غیر محلول به جداره خارجی سلول می‌چسبند. در نتیجه توده میکروارگانیسم‌ها در حوضچه ته نشینی ثانویه ته نشین می‌شوند که قسمتی از آن زائد است و از سیستم خارج می‌شود و قسمت دیگر به تانک تثبیت باز می‌گردد.

میکروارگانیسم‌ها در حوضچه تثبیت هوادهی می‌شوند ولی پساب خام (یعنی غذا)در دسترس آن‌ها نیست و در نتیجه مواد آلی را که حوضچه تماس با آن خوگرفته بودند، هضم و تثبیت می‌کنند. وقتی میکرو ارگانیسم‌هااین مواد را هضم کردند وبه غذای اضافی نیازمند شدند به حوضچه تماس برگشت داده می‌شوند و چون غذای ذخیره شده در بدن خود را مصرف کرده‌اند،

خیلی سریع مواد آلی موجود در پساب را در خود جذب می‌کنند. به‌این دلیل زمان ماند به حداقل رسیده و حوضچه تماس می‌تواند کوچکتر از حوضچه هوادهی در سایر روش‌های لجن فعال باشد.



شکل۳-۵ نمودار روش تثبیت تماسی فرآیندلجن فعال

حجم مورد نیاز برای حوضچه تثبیت نیز کمتر از حوضچه هواددهی مرسوم است زیرااین حوضچه فقط لجن تغلیظ شده را از حوضچه ته نشینی ثانویه دریافت می‌دارد و پساب خام وارد آن نمی‌شود. نظر به حمل سریع مواد غیر محلول و مواد محلول در حوضچه تماس، دراین گونه تصفیه خانه‌ها اغلب پیش از حوضچه ته نشینی اولیه حوضچه تماس وجود ندارد.

۴-۵-۳- هوادهی گسترده

روش هوادهی گسترده اکثراً برای تصفیه پساب‌های صنعتی به کار می‌رود.این گونه پساب‌ها بدواً دارای موادآلی محلول هستند و میکروارگانیسم‌ها برای شکستن‌این مولکول‌های مرکب، نیاز به زمان ماند طولانی دارند. نمودار هوادهی گسترده شبیه نمودار روش اختلاط کامل است لیکن دراین روش با اعمال زمان ماند طولانی، در حوضچه هوادهی یکنواخت سازی نیز صورت می‌گیرد و بدین ترتیب سیستم از شوک‌های آلودگی (بار آلی) که به صورت موقتی و ناگهانی به آن وارد می‌گردد، در امان می‌ماند. مزیت دوم، تولید میزان لجن کمتر است زیرا تعدادی از میکروارگانیسم‌ها در حوضچه هواددهی هضم می‌شوند.این دو مزیت سبب می‌گرددکه راهبری‌این سیستم‌ها از سایر روش‌ها ساده تر باشد.

۶-۳- لجن فعال شده با اکسیژن خالص

واژه اکسیژن خالص به فرآیندهایی اختصاص دارد که از گازهایی با غلظت اکسیژن بیشتر از آنچه که هوا در بر دارد، استفاده می‌کنند. در کاربردهای کندتر غلظت فراتر از ٪۹۰ بوده است.

در فرآیندهای لجن فعال شده غلظت‌های بالای لجن فعال شده از دو نظر مطلوب می‌باشند ؛ اول آنها واکنش دهی سریع را تقویت می‌کنند، به خاطراین که تنفس باکتریایی[۱۴] مکانیسم اولیه از کاهش BOD می‌باشد. دوماً آنها اثرات بارهای شوک را کاهش می‌دهند، به خاطراینکه سمیت نه تنها با غلظت سم مرتبط می‌باشد، بلکه با نسبت سم میکرو ارگانیزم‌ها نیز ارتباط دارد. اما در فرآیندهای متداول غلظت یا توسط دشواری ته نشین کردن لجن با ضخامت بالا محدود می‌شود یا از طریق

1- Respiration

دشواری هوادهی به آن، به‌اندازه کافی تا از رشد باکتری‌های بی‌هوازی یا دوزیستی نامطلوب ومیکروارگانیسم‌های میله‌ای شکل[15] جلوگیری به عمل می‌آید. دو روش یافت شده‌اند که محدودیت‌های عملیات را بهبود می‌بخشند ؛استفاده از اکسیژن به جای هوا، حجم اکسیژن حل شده بیشتری راایجاد می‌کند، تااینکه خطرات کمتری از شرایط بی‌هوازی موضعی‌ایجاد گردد. همچنین لجنی که بدست آمده، سرعت ته نشینی بیشتری دارد. اگر چه بیشتر از غلظت طبیعی لجن می‌تواند بدست‌آید،این مورد هنوز یک عامل محدود کننده می‌باشد. شرکت صنعتی کیوریتا از هوای تحت فشار به منظور افزایش حلالیت اکسیژن استفاده کرده است. وقتیکه فشار اعمال می‌شود، گازهایی که از محلول خارج می‌شوند لجن را در سطح شناور می‌سازند. کیوریتا در یافته است که غلظت بسیار بالاتری از لجن می‌تواند دراین روش بدست‌اید، اما راکتور پرفشار هزینه‌هایی را نسبت به واحدهای اتمسفری در بر دارد.

فصل چهارم : فرآیندهای بی‌هوازی تصفیه پساب‌های صنعتی

یکی از مشکلاتی که همواره گریبانگیر روش‌های تصفیه هوازی پساب‌های صنعتی است، نارسایی اکسیژن به راکتور هوادهی می‌باشد. دراین پساب‌ها که میزان آلودگی (بار آلی)بسیار بالا است، اکسیژن زیادی مورد نیاز است که رساندن آن به میکروارگانیسم‌ها برای هضم هوازی، هزینه بالایی را در بر می‌گیرد. تصفیه بی‌هوازی‌این گونه پساب‌ها می‌تواند گزینه مؤثری در کاهش بار آلی پساب و احتمالاً افزایش راندمان واحدهای هوازی متعاقب باشد.

۴-۱- شرح فرآیند

سیستم‌های هضم بی‌هوازی از قدیمی‌ترین فرآیندهایی هستند که برای تصفیه برخی از پساب‌های صنعتی و هم چنین برای تثبیت لجن مورد استفاده قرار می‌گرفته است. همچنین اخیراً شواهدی مبنی براین که پساب‌های رقیق می‌توانند به روش بی‌هوازی تصفیه شوند بدست آمده است. در فرآیندهضم بی‌هوازی مخلوط مواد آلی و میکروارگانیسم‌ها تحت شرایط بی‌هوازی تبدیل به گاز متان و دی اکسید کربن می‌شوند.این نوع فرآیندهادر یک تانک سربسته انجام می‌شوند که خوراک می‌تواند به صورت پیوسته و یا منقطع وارد شود و برای مدت زمان‌های مختلف در تانک باقی بماند که در طی‌این عمل مواد آلی و پاتوژن‌ها در آن‌ها حذف و یا کاسته می‌شود و دیگر فساد پذیر نیستند.

۴-۲- عمل سنتز

میکروارگانیسم‌ها انرژی حاصله از تجزیه مواد آلی را جهت فعالیت و تکثیر (عمل سنتز) مورد استفاده قرارمی‌دهند. مقدار انرژی حاصل از یک مقدار معین آلی بستگی به منبع اکسیژن مورد استفاده برای متابولیسم دارد. حداکثر انرژی زمانی به دست می‌آید که از اکسیژن محلول برای اکسیداسیون استفاده می‌شود و حداقل انرژی در متابولیسم بی‌هوازی حاصل می‌شود. از آن جاییکه برای سنتز یک واحد جرم سلولی به طریق هوازی یا بی‌هوازی، مقدار انرژی یکسانی مورد نیاز می‌باشد و همچنین مقدار یکسانی از کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن، فسفر، سولفور، آهن و فلزات کمیاب برای ساخت جرم سلولی به کار می‌رود، بنابراین میکروارگانیسم‌های هوازی که انرژی زیادی از طریق اکسیداسیون به دست می‌آورند دارای رشد سریع بوده و در نتیجه قسمت اعظمی‌از مواد آلی پساب به سلول‌های جدید تبدیل می‌شوند.

۴-۳- میکروبیولوژی فرآیند

1- Filmentous

به نظر می‌رسد تجزیه مواد آلی در فرآیندتصفیه بی‌هوازی در سه مرحله انجام می‌شود؛ اولین مرحله مربوط به تجزیه مواد آلی سنگین درهاضم‌های بی‌هوازی به ترکیبات مناسب به عنوان منبع انرژی می‌باشد که به‌این مرحله هیدرولیز می‌گویند. دومین مرحله مربوط به تجزیه ترکیبات مرحله اول توسط باکتری‌ها می‌باشد که دراین مرحله، ترکیبات حاصل از مراحل اول به ترکیبات واسطه‌ای با جرم مولکولی کمتر تبدیل می‌شوند و به‌این مرحله اسیدزایی می‌گویند. وسومین مرحله در ارتباط با تبدیل باکتریایی ترکیبات واسطه‌ای به محصولات نهایی ساده‌تر که به طور عمده متان و دی اکسید کربن می‌باشند است، که به‌این مرحله، مرحله متان زایی می‌گویند. در یک فرآیند بی‌هوازی مجموعه‌ای از باکتری‌های بی‌هوازی وظیفه تثبیت پساب ولجن را بر عهده دارند. یک گروه از میکروارگانیسم‌ها مسئولیت هیدرولیز پلیمرهای آلی و چربی‌ها را به عهده دارند. دومین گروه باکتری‌های بی‌هوازی، تولیدات شکسته شده را تخمیر کرده، به اسیدهای آلی ساده تبدیل می‌کنند که متداول ترین‌این اسیدها، اسید استیک می‌باشد. به‌این گروه که ازباکتری‌های بی‌هوازی اختیاری و اجباری هستند، باکتری‌های اسیدزا می‌گویند. سومین گروه از باکتری‌ها، هیدروژن واسید استیک حاصل از گروه اسیدزا را به متان و دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌کنند.این گروه را باکتری‌های متان زا می‌نامند که باکتری‌های کاملاً بی‌هوازی هستند. باکتری‌های گروه متان‌زا به دلیل‌این که سرعت رشد بسیار کمی‌دارند کل فرآیندبی‌هوازی را متأثرساخته و به عنوان یک عامل محدود کننده در سرعت کل فرآیند عمل می‌کنند، به همین دلیل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. برای ابقای یک سیستم بی‌هوازی با راندمان خوب، باکتری‌های متان زا و غیر متان زا باید در حال تعادل دینامیکی باشند و برای برقراری چنین حالتی، پساب داخل راکتور باید فاقد اکسیژن محلول بوده و ترکیباتی مانند فلزات سنگین وسولفیدها که مانع رشد هستند وجود نداشته باشند.

۴-۴- مراحل مختلف تصفیه بیولوژیکی به روش بی‌هوازی

یک سیستم سه مرحله‌ای برای تبدیل مولکول‌های سنگین به گاز متان و دی اکسید کربن پیشنهاد شده است، که شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱- هیدرولیز پروتئین، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها، قند و آمینواسیدها

۲- اکسیداسیون بی هوازی اسیدهای چرب با زنجیر طولانی، الکل‌ها واسیدهای چرب فرار

۳- تبدیل استات هیدروژن به متان

۱-۴-۴- هیدرولیز

به دلیل‌این که باکتری‌ها فقط می‌توانند مواد آلی محلول را گرفته و مصرف کنند، جذب میکروبی بیوپلیمرها در قدم اول نیازمند شکسته شدن و یا هیدرولیز می‌باشند.این فرآیندتوسط آنزیم‌های خارج سلولی صورت می‌گیرد و همچنین ذرات بزرگتر که نسبت سطح به حجم آن‌هاکوچک می‌باشد در مقایسه با ذرات کوچکتر با سرعت کمتری هیدرولیز می‌شوند پس با اطمینان می‌توان گفت مواد نشاسته‌ای پروتئین‌ها و سلولز با سرعت‌هایس متفاوتی تجزیه می‌گردند و متان و دی اکسیدکربن در نتیجه تجزیه ترکیبات محلول تولید می‌شوند. بنابراین سرعت کاهش خالص ذرات و سرعت تجمع تر کیبات محلول می‌تواند برای تخمین سرعت تولید گاز استفاده شود. سیستم‌هایی که حاوی کربوهیدرات (بیشتر از ۱۰درصد کل محلول)باشند مانند قند و نشاسته، به راحتی هیدرولیز شده و به سرعت اسیدی می‌شوند. تبدیل سوبسترا(مواد آلی پساب)در چنین سیستمی‌به تشکیل گاز متان منجر خواهدشد و یک شوک ناگهانی در میزان باردهی می‌تواند منجر به افزایش در تولید اسید شود. تولید اسیدهای واسطه سبب کاهش در PH می‌شوند و در نتیجه باعث بازدارندگی بیشتر در تولید متان خواهندشد.

۲-۴-۴- تخمیر

باکتری‌های مخمر، مواد محلول تولید شده در مرحله هیدرولیز را جذب وپس از متابولیسم، آن‌هارا به صورت ترکیبات ساده آلی و معدنی دفع می‌کنند. به‌این فرآیندکه در آن اسیدهای آلی، الکل و مقدار کمی‌ترکیبات معدنی تولید می‌شود در اصطلاح مرحله اسید ساز می‌گویند. باکتری‌های بی‌هوازی می‌توانند قسمت اصلی انرژی مورد نیاز خود را از واکنش‌های اکسیداسیون و احیا که در آن الکترون‌ها از دهنده الکترون (ماده آلی واسطه و حاصل از شکستن قند) به پذیرنده الکترون (ماده آلی دیگر) در فرآیند تخمیر انتقال می‌یابد، به دست آورند. عموماً قندها متداول ترین سوبسترا برای تخمیرهای بی‌هوازی هستند اما برخی بی‌هوازی‌ها می‌توانند اسیدهای چرب، آمینواسیدها، پورین و یا پریمیدن‌ها را تا حد متوسط تخمیر کنند.

شرایط عملیاتی خاص زمان توقف هیدرولیکی (HRT)[۱۶] با زمان توقف جامدات (SRT)[۱۷] برابر می‌باشد.

SRT زمان متوسطی که جامدات در داخل راکتور باقی می‌مانند را نشان می‌دهد و از نظر ریاضی به صورت زیر بیان می‌شود :

$$SRT=MT/ME$$

MT: وزن کل جامدات بیولوژیکی داخل راکتور

ME: وزن کل جامدات بیولوژیکی که راکتور را ترک می‌کنند.

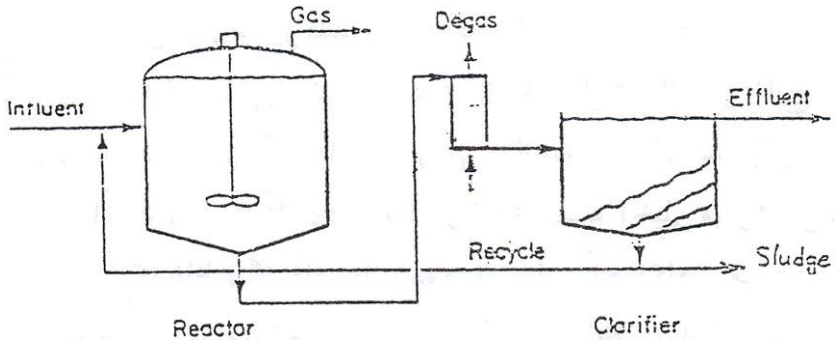
SRT به طور عکس با سرعت ویژه خالص میکروارگانیسم‌های داخل راکتور متناسب است و اساساً کارایی فرآیندبه SRT بستگی دارد. به‌این معنی که هر قدر زمان طولانی تری برای تعیین SRT لازم باشد، زمان طولانی‌تری نیز برای تثبیت پساب توسط میکروارگانیسم‌ها مورد نیاز می‌باشد. چون دراین راکتور SRT برابر HRT می‌باشد با کاهش HRT مقدار SRT نیز کاهش می‌یابد و HRT حدی زمانی به دست می‌آید که باکتری‌ها با سرعتی بیش از سرعت رشدشان از درون راکتور خارج شوند. قبلاً ذکر شد که باکتری‌های متان زا دارای رشد آهسته‌ای هستند. بنابراین‌این باکتری‌ها احتیاج به مقدار SRT زیاد (یعنی در این نوع راکتور HRT زیاد) دارند با مقادیر حدی ۳ تا ۵ روز در ۳۵ درجه سانتی گراد که برای کنترل خوب وتصفیه مورد اطمینان، زمان توقف معمولاً در محدوده ۱۰ الی ۳۰ روز در ۳۵ درجه می‌باشد. به‌این دلیل فرآیند بی‌هوازی سنتی از نظر اقتصادی برای تصفیه پساب‌ها، خصوصاً پساب‌هایی با BOD کمتر از 1000mg/l عملی نمی‌باشد، زیرا احتیاج به راکتور با حجم بزرگی دارد. بنابراین کاربرداین فرآیندبه پساب‌های آلی غلیظ همچون لجن پساب و پساب‌هایی که اغلی حاوی مقادیر زیادی از جامدات معلق می‌باشد محدود می‌شود.

۲-۴-۵- فرآیند بی‌هوازی تماسی

بیشتر منبع تولید متان در سیستم‌های بی‌هوازی اسید استیک می‌باشد و باکتری‌های متان زایی که‌این تبدیل را انجام می‌دهند رشد کمتری دارند ولی خوشبختانه آنها به راحتی به یکدیگر و به سطوح یا باکتریهای دیگر می‌چسبند. واین ویژگی باعث توسعه راکتورهای پیشرفته امروزی شده است. مهمترین پیشرفت در فرآیندهای بی‌هوازی مربوط به تفکیک SRT از HRT بود، که بااین تفکیک، راکتورهای با حجم کمتر و در نتیجه با بار بیشتر می‌توانستند برای تصفیه بکار برده شوند. یعنی پساب‌های صنعتی در HRTهای پایین می‌توانستند تصفیه شوند درحالیکه SRT لازم برای باکتری‌های متان زا نیز تأمین می‌شد. اولین پیشرفت در فرآیند بی‌هوازی که SRT را از HRT جدا می‌کرد فرآیند بی‌هوازی تماسی بود که به عنوان فرآیند

1- Hydraulic retention time
2- Solids retention time

لجن فعال بی‌هوازی نیز شناخته شده است.این فرآیند از یک راکتور و یک منبع ته نشینی که از نظر شکل و عملکرد شبیه فرآیند لجن فعال می‌باشد تشکیل شده است. بیشتر کارهای اولیه در مورداین فرآیند مربوط به Schroepfer و همکارانش در سال ۱۹۵۰ می‌باشد. دراین فرآیند مطابق شکل ۴-۲ پساب به راکتوری که محتوی غلظت زیاد مواد جامد بیولوژیکی است خوراک‌دهی می‌شود، شبیه فرآیند لجن فعال غلظت زیاد جامدات در راکتور با استفاده از مخزن ته نشینی و برگشت دادن لجن از آن به راکتور تأمین می‌شود. SRT توسط جامدات خروجی از منبع ته نشینی کنترل می‌شود بدین معنی که HRT می‌تواند تا جاییکه یکSRT، کافی باقی بماند کاهش داده شود. بااین روش ممکن است زمان ماند هیدرولیکی از ۲۰ روز یا بیشتر در فرآیند سنتی به کمتر از یک روز کاهش یابد.



شکل۴-۲ فرآیند بی‌هوازی تماسی

دو اختلاف اساسی بین فرآیند بی‌هوازی تماسی و فرآیند لجن فعال وجود دارد؛ اول‌اینکه سیستم بی‌هوازی احتیاجی به انرژی جهت هوادهی ندارد و صرفاً برای اختلاط مقدار کمی‌انرژی لازم دارد و دوم اینکه لجن اشباع‌شده از متان و دی اکسیدکربن در حال تعادل با گازی است که حدوداً دارای ۵۵٪ متان و ۴۵٪ دی‌اکسیدکربن است. زمانی که‌این لجن با اتمسفر بالای کلاریفایر تماس پیدا می‌کند یک حالت فوق اشباع وجود دارد واین گاز با گازی که از حالت فوق اشباع آزاد می‌شود تلفیق می‌گردد و موجب‌ایجاد تکه‌های لجن شناور و نیزجریان آشفته در کلاریفایر می‌شود،این عمل باعث کاهش خاصیت رسوب پذیری جامدات می‌گردد. برای رفع این نقص جریانی که از تخمیر کننده به طرف کلاریفایر حرکت می‌کند از میان یک گاز زدا عبور می‌کند این عمل باعث می‌شود که گازهای حل شده از لجن خارج شود.

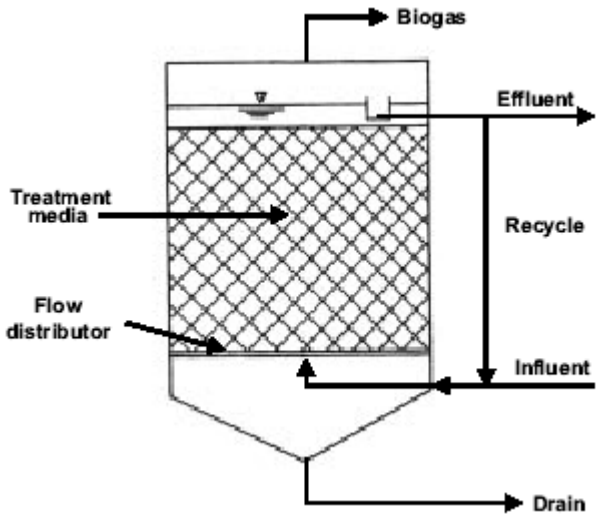
گاززدایی با خلاء در اغلب فرآیندهای تماسی بی‌هوازی به کار رفته است. با وجوداین کارهای تحقیقاتی در زلاند نو نشان داد که گاززدایی توسط هوا خیلی مؤثرتر می‌تواند عمل نماید اول‌اینکه غلظت گازهای حل شده در اثر تماس با هوا کاهش می‌یابد و دوم‌اینکه مقدار اندک اکسیژن که توسط مایع جذب می‌گردد، BOD را به‌اندازه کافی بالا می‌برد که از رشد و عمل باکتری‌های متان زا جلوگیری به عمل آید. انتخاب سرعت‌های مناسب هوادهی از فعالیت باکتری‌های متان زا به مدت حدود یک تا دو ساعت جلوگیری به عمل می‌آورد و زمانی که این باکتری‌های تخمیر کننده بازگشت داده می‌شوند مسئله تأثیر منفی اکسیژن بر روی فعالیت آنها منتفی می‌گردد. کارایی‌این راکتور به میزان رسوب پذیری میکروارگانیسم‌ها و جامدات معلق و نیز میزان اختلاط پساب و لجن بستگی دارد. اگر چه اختلاط خوب مورد نیاز است اما نباید طوری باشد که سبب تأثیر نامطلوب بر روی مشخصات رسوب پذیری شود. مطالعات آزمایشگاهی و پایلوت کاربرد موفقیت آمیزاین فرآیند در مورد تصفیه پساب‌های کشتارگاهی و مواد مرکباتی را نشان می‌دهد.علیرغم اقتصادی بودن‌این فرآیند در مقایسه با به فرآیند لجن فعال مشکلات گاززدایی و رسوب پذیری در کلاریفایر مانع از استفاده گسترده تر ازاین سیستم شده است.این فرآیند برای

پساب‌های غلیظ از مزیت خوبی برخوردار است، زیرا زمان ماند هیدرولیکی بالا باعث می‌شود که میکروارگانیسم غیرضروری نیز ته نشین شوند.

۳-۵-۴- فرآیند فیلتر بی‌هوازی با جریان بالا رو[۱۸]

مفهوم‌ایجاد رشد میکروبی بر روی حامل‌ها یا مواد آکنه درحوزه تصفیه پساب مطلب جدیدی نمی‌باشد حتی قبل از اینکه این روش در مورد فرآیندهای بی‌هوازی بکارگرفته شود در فیلترهای چکنده هوازی ازاین اصل استفاده می‌شده است. در سال ۱۹۶۸ MCCARTY و YOUNG اولین کسانی بودند که احتیاج به یک فرآیند تصفیه بی‌هوازی‌ایده آل که قادر به نگه داشتنSRT بالا و مستقلی از جریا ن پساب باشد را مورد توجه قرار دادند که در نهایت به توسعه فیلتر بی‌هوازی بالا رو منتهی شد.این سیستم مطابق شکل ۴-۳ از یک راکتور با جریان بالایی که شامل محیط سنگی یا پلاستیکی می‌باشد، تشکیل شده است که مواد جامد بیولوژیکی بر روی‌این واسطه‌ها و یا در فضای خالی آنها به دام می‌افتند واین باعث می‌شود که ذرات میکروبی بتوانند آزادانه همراه سیال خروجی خارج شوند. در ضمن محیط آکنه فیلتر در عین که حاوی ذرات جامد بیولوژیکی است می‌تواند مکانیسمی‌برای جداسازی جامدات و گاز تولید شده به وجود آورد.این فیلتر از آنجا که غلظت بیشتری از مواد جامد را به دام انداخته و نگه می‌دارد پیشرفت قابل توجهی را در تصفیه بی‌هوازی پساب ارائه نموده است. با نگه داشتن جامدات بیولوژیکیSRT بالا تأمین می‌شود و در نتیجه‌این فرآیند برای تصفیه بی‌هوازی پساب‌های رقیق از نظر اقتصادی مناسب می‌گردد. اولین کاربرداین راکتور در اندازه صنعتی در سال ۱۹۷۲ برای تصفیه نشاسته گندم بوده است.

در سال ۱۹۷۶، CHINAو DEWALL نشان دادند که با برگشت دادن نسبت زیاد جریان خروجی وایجاد جریان کاملاً مخلوط شونده بجای plug می‌توان از فیلتر برای تصفیه پساب‌های غلیظ با PH اسیدی استفاده کرد (بدون استفاده از محلولهای بافر گران قیمت) چرا که بازگشت دادن جریان خروجی که تا اندازه‌ای قلیایی می‌باشد باعث افزایشPH می‌گردد. سیستم به طور خاص برای پساب‌های رقیق محلول یا پساب‌هایی که می‌توان با برگشت دادن جریان خروجی آن را رقیق نمود مناسب می‌باشد و جامدات معلقی که به سختی هضم می‌شوند و به راحتی ته نشین می‌شوند مانع کارایی‌این راکتور می‌شود. عیب اصلی‌این سیستم مربوط به تجمع جامدات درآکنه می‌باشد و نیز در راکتورهای بزرگ یک سیستم توزیع ناکافی سبب کانالیزه شدن و جریانهای کوتاه خواهد شد. با وجود تحقیقات زیاد انجام شده در مورد این سیستم و مزایای بهتر آن برای خیلی از پساب‌ها، تعداد نسبتاً کمی‌ازاین سیستم دراشل‌های صنعتی و تجاری ساخته شده است.



18- The upflow anaerobic filter process

شکل ۴-۳ فرآیند فیلتر بی‌هوازی جریان بالارو

۴-۵-۴- راکتور با بستر ثابت جریان پایین

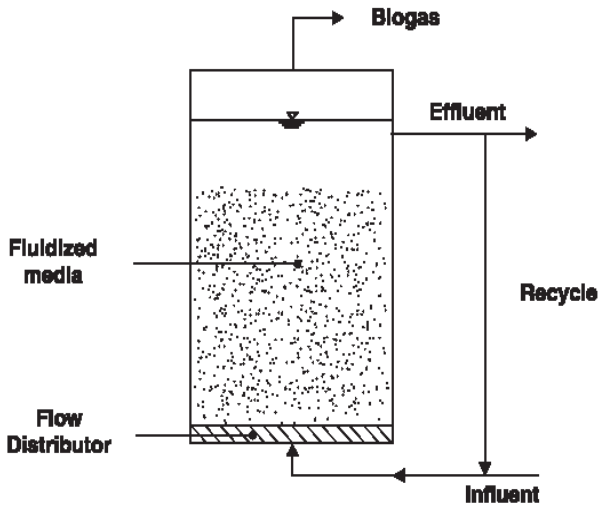
دراین راکتور برای حل مشکل پرشدن فضای داخلی آکنه، جهت جریان از بالا به پایین انتخاب می‌شود. بدین ترتیب مواد معلق حاصل شده از رشد باکتری‌ها همراه با جریان خروجی از راکتور خارج می‌شود و تشکیل جامدات معلق غیرقابل هضم را می‌دهند. در ضمن احتیاجی به یک سیستم توزیع مفصل نمی‌باشد چرا که پسابی که از قسمت فوقانی راکتور وارد می‌شود به سرعت توسط گازی که از آکنه عبور می‌نماید پخش می‌شود. نکته مهم دراین راکتور تشکیل و تثبیت لایه بیومس فعال بر روی سطوح آکنه می‌باشد. برای جلوگیری از تجمع مواد معلق غیرفعال، طراحی و ساخت آکنه‌ها بایستی به نحو صحیحی صورت گیرد. راکتور فوق به دلیل آرایش خاص خود و ورود پساب از قسمت بالای راکتور، توانایی تصفیه انواع متنوعی از پساب‌ها را دارا می‌با شد.

بار ورودی راکتور بوسیله مقدار بیومس فعالی که میتواند در داخل راکتور باقی بماند کنترل می‌شود.این نوع راکتور برای تصفیه جریانهای پساب بسیار رقیق، مناسبت نیست (جریانهایی که COD آنها کمتر از mg/l ۲۰۰۰ باشند). برای به دست آوردن یک بار ورودی معقول و بیشتر در مورد پساب‌های رقیق زمان اقامت هیدرولیکی به اجبار باید کوتاه باشد که‌این کوتاهی زمان از COD کم حاصل می‌شود از آنجا که کانال‌ها دارای ابعاد مینیمم هستند، احتمال تماس بین مواد آلی پساب و لایه، در اثرکم شدن زمان اقامت هیدرولیکی پساب در راکتور کاهش می‌یابد.این راکتور به جهت حل مشکل جریان لوله‌ای توسعه یافت.

۴-۵- ۵- فرآیند بستر گسترش یافته و بستر سیال شده[19]

این سیستم از یک راکتور جریان بالایی با بستر گسترش یافته تشکیل شده است که ذرات بستر نقش حامل برای رشد مقدار زیاد میکروارگانیسم‌های چسبنده را دارند. هدف اصلی‌این فرآیندایجاد سطح بزرگ با حامل نسبتاً کوچک در نتیجه پایداری بیشتر پساب می‌باشد. ذرات حامل می‌توانند سنگ‌های بسیار ریز یا آلومین باشند که براساس سرعت جریان مایع در نتیجه انبساط بستر راکتور، بستر سیال شده(۱۰- ۲۵٪ انبساط) یا بستر گسترش یافته(انبساط کم) نامیده می‌شوند. کارایی بهتر این راکتور به میزان زیادی بستگی به یکنواختی توزیع مایع دارد. پسابی برای راکتور مناسب است که محلول بوده یا حاوی حداقل مواد غیرمحلول که براحتی قابل تجزیه باشند، باشد. لازمه سرعت بالای جریان برای گسترش بستر برگشت دادن جریان خروجی در حجم زیاد می‌باشد واین بدان معنی است که پساب‌های غلیظ برای‌این راکتورها مناسب نمی‌باشند. عیب اصلی‌این سیستم احتیاج آن جریان به یک جریان رو به بالای زیاد مایع که به طور یکسان توزیع شده باشد، می‌باشد و نیز هزینه زیاد سرمایه گذاری سیستم توزیع جریان و پمپ‌ها است.

19- The anaerobic fluidized bed process



شکل ۴-۴ فرآیند بستر گسترش یافته و سیال

۶-۵-۴- فرآیند بی‌هوازی جریان بالا رو با پوشش لجنی(UASB)[۲۰]

یکی از فرآیندهای تازه و جالبUASB می‌باشد که در فصل دوم به آن اشاره شد.این فرآینددر اواخر سال ۱۹۷۰ در هلند توسعه یافت. اساساً طراحی‌این راکتور درجهت رفع مشکلات اساسی در فیلترهای بی‌هوازی بود، کلیداین طراحی عبارت بود از کشف‌این نکته که لجن بی‌هوازی به شرط آنکه شرایط فیزیکی و شیمیایی برای لخته سازی آن مهیا باشد به خودی خود دارای خواص لخته شدن و ته نشینی برتر می‌باشد و وقتی این شرایط برقرار باشد می‌توان به یک زمان ماند طولانی در بار زیاد رسید بنابراین کارایی راکتور بستگی به تشکیل چنین لجن فعال رسوب پذیری دارد. راکتورUASB از سه ناحیه مجزا تشکیل شده است:

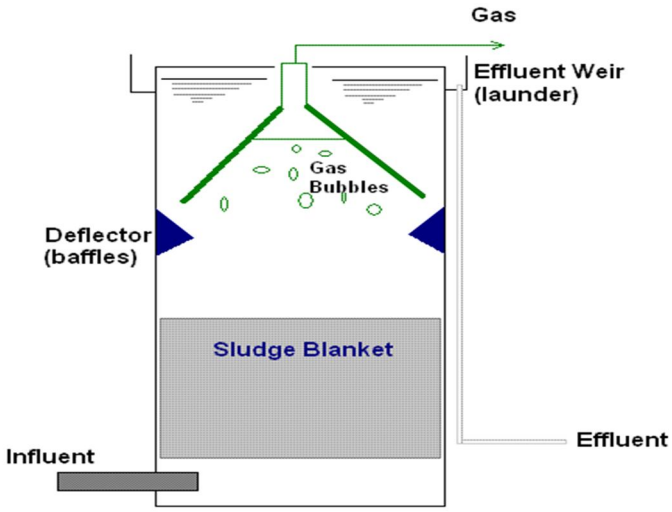
- ناحیه بستر لجن
- ناحیه پوشش لجنی
- ناحیه ته نشین سازی و جداسازی

پساب به طور یکنواخت در سطح مقطع راکتور توزیع شده وابتدا از ناحیه بستر لجن که از یک لجن متراکم با رسوب دهی بالا تشکیل شده عبور می‌کند. غلظت جامدات دراین قسمت معمولاً بیش از ۱۰۰-۱۵۰g/l می‌باشد، این غلظت زیاد جامدات در بستر اساساً به واسطه رشد یک لجن بسیار توسعه یافته گرانولی شکل که از موجودات ذره‌بینی فعال یا باکتری‌ها تشکیل شده می‌باشد، گاز تولیدی توسط باکتری‌ها اساسی ترین نقش را در اخلاط بستر ایفا نموده و در نهایت سبب حذف نواحی مرده می‌شود. هر نوع اختلاط مکانیکی در قسمت بستر لجن باید مینیمم باشد(به استثنای زمان راه‌اندازه)، زیرا بعضی ذرات گرانول شکل لجن ممکن است از هم بپاشند، دراین ناحیه ۸۰ الی ۹۰درصد از مقدار کل تجزیه در راکتور صورت می‌پذیرد درحالیکه حجم‌این ناحیه حدود۳۰ درصد حجم کل می‌باشد. قسمت بعدی در مقابل عبور پساب، ناحیه پوشش لجنی می‌باشد که حدود۷۰ درصد حجم کل راکتور را اشغال می‌کند و غلظت کمی‌از ذرات را در مقایسه با بستر لجنی دارا می‌باشد.این قسمت به طور ایده آل کاملاً مخلوط شده در نظر گرفته می‌شود که از لجن لخته شده تشکیل گردیده است. حباب‌های گاز آزاد که ابتدا در قسمت بستر لجن تولید شده‌اند سبب اختلاط شده و به خاطراینکه زمان توقف مایع در مقایسه با گاز(یعنی زمانی که لازم است تا حباب‌های گاز به بالای راکتور برسند)، خیلی طولانی است عمل اخلاط به خوبی انجام می‌گیرد. همانطور که حباب‌های گاز از خلال نواحی بستر لجن و پوشش لجن عبور می‌کنند موجودات ذره بینی به یکدیگر

20- Up flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

متصل گردیده و همراه گاز منتقل می‌گردند، بنابراین برای‌ایجاد SRT زیاد بایداین ذرات جامد صعود کننده را از حباب‌های گاز جدا ساخته و داخل سیستم باز گرداند. فرآیند جداسازی به وسیله تلفیقی از یک وسیله ته نشین کننده جامد با جمع کننده گاز در بالای راکتور انجام می‌گیرد و جریان مایع خروجی از سرریز جریان می‌یابد.

طی سالهای اخیر تحقیقات زیادی روی راکتورUASB مقیاس‌های آزمایشگاهی، پایلوت و صنعتی صورت گرفته است که نتایج‌این تحقیقات نشان می‌دهد که‌این راکتور برای دامنه وسیعی از پساب‌ها قابل کاربرد است. محدودیت‌این سیستم مربوط به شکل توسعه لجن گرانولی است. در بعضی پساب‌ها از قبیل پساب کشتارگاهها لجن گرانولی به سرعت توسعه می‌یابد و در بعضی موارد از قبیل پساب صنایع لبنی لجن گرانولی به آهستگی توسعه می‌یابد و در مواردی نیز اساساً شرایط توسعه لجن گرانولی فراهم نمی‌گردد.



شکل ۴-۵ فرآیند بی‌هوازی جریان بالارو با پوشش لجنی

۱-۶-۵-۴-کارایی راکتورUASB

تاکنون بیش از ۲۰۰ واحد بزرگ از راکتورUASB برای تصفیه پساب‌های مختلف با عملکرد رضایت بخش راه‌اندازی شده‌اند. ماکزیمم بار آلی و هیدرولیکی دراین راکتورها در ابتدا با فاکتورهای زیر دیکته می‌شود.

۱- لجن باقیمانده و ماکزیمم فعالیت آن، که ماکزیمم فعالیت به مشخصات پساب و درجه حرارتی که راکتور در آن عمل می‌نماید بستگی دارد.

۲- میزان تصفیه موردنظر

آزمایشات در پایلوتهای بزرگ راکتورUASB (حجم بیش از $۳۰\ m^3$) و پایلوت‌های کوچک در مقیاس آزمایشگاهی نشان داده شده است که در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد برای پساب‌های محلول دراین راکتور تا حدود بارهای $kgCOD/m^3.d$ ۴۰-۶۰ می‌توان به تصفیه رضایت بخشی دست یافت و حتی تحت شرایط خاص بار می‌تواند تا $kgCOD/m^3.d$ ۱۶۲ نیز افزایش یابد. با وجود پتانسیل بالای سرعت‌های باردهی که می‌تواند در راکتورUASB مورد استفاده قرار گیرد، طراحی عملی درحال حاضر شامل ضریب اطمینان بسیار بالایی می‌باشد، به طوریکه اغلب راکتورهای UASB نصب‌شده در بارهای $m^3.d$

kgCOD/ ۵-۱۸ طراحی شده‌اند و به علاوه در بعضی حالات حتی یک راکتور اسیدزا با تانک متعادل کننده قبل از راکتور UASBنصب شده است، علیرغم آنکه نتایج آزمایشگاهی و پایلوت احتیاج به جدایی فازها را ارائه نمی‌دهند.

دلایل اصلی برای‌این روش محافظه کارانه طراحی عبارتند از:

- نبود تجربه در مورد واحدهای بزرگی که در بارهای زیاد عمل می‌کنند.
- پایداری بیشتر یک سیستم کم بار تحت شرایط حاد
- توسعه احتمالی‌آینده در صنعت مربوطه

با این توصیف پیش بینی می‌شود که در طی سالهای آینده اطلاعات بیشتری در مورد راکتورهای UASB بزرگ در بارهای خیلی بالاتر به دست‌آید. تاکنون یک راکتورUASB با ظرفیت m^3 ۵۵۰۰ برای تصفیه پساب نشاسته سیب زمینی به عنوان بالاترین باردهی طراحی شده می‌باشد، یعنی تقریباً $kgCOD/m^3.d$ ۱۷ در ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی گراد. علیرغم مشخصات خیلی مختلف پساب نشاسته سیب زمینی ،کارایی این واحد تا بار $kgCOD/m^3.d$ ۲۰ نیز بسیار جالب بوده است. اگر چه ارتفاع بستر لجن گرانولی در راکتور تنها حدود۱/۲ متر بوده است.

۴-۶- مقایسه کارایی تعدادی از روش‌های مختلف تصفیه بی‌هوازی

کارایی فرآیندهای بی‌هوازی بستگی به عوامل متعددی از قبیل نحوه طراحی، غلظت و ترکیب پساب، مقدار بار ورودی، زمان ماند و غیره دارد. انجام یک مقایسه کامل بین سیستم‌های نامبرده شده و غیره ممکن به نظر می‌رسد، اما براساس ویژگی‌های خاص هر یک ازاین فرآیندها دراین بخش به مقایسه آنها پرداخته می‌شود.

۴-۶-۱- بار ورودی

بالاترین بار ورودی که می‌توان به یک سیستم تصفیه بی‌هوازی وارد کرد بستگی به فعالیت و مقدار میکروارگانیسم‌ها در هر راکتور دارد. فعالیت میکروارگانیسم‌ها تا حد زیادی بستگی به ترکیب پساب و ضخامت لایه میکروبی در راکتور دارد. پساب‌هایی که حاوی اسیدهای چرب می‌باشند سبب تولید باکتری‌های متان زا می‌شوند که در نتیجه فعالیت متان زایی، لجن تولیدی بالا خواهد رفت، درحالیکه پساب‌های حاوی کربوهیدرات‌ها، لجن با فعالیت کمتری را تولید می‌کنند.

در راکتورها هر چه قدر لایه میکروبی نازکتر و یا توده‌های باکتریایی کوچکتر باشند فعالیت آنها افزایش خواهد یافت که‌این احتمالاً به دلیل کمتر بودن مقاومت نفوذی در آنها می‌باشد. غلظت موادمغذی و سمی‌نیز تأثیر مهمی‌در فعالیت باکتری‌ها دارد. مقدار توده میکروبی که درحالت پایدار در سیستم باقی می‌ماند بستگی به ترکیب و غلظت پساب و نیز شکل و عملکرد راکتور دارد. پساب‌های خیلی مغذی و غلیظ منجر به افزایش تولید موجودات ذره بینی فعال در نتیجه باعث افزایش بارگذاری می‌شود. نوع راکتور نیز اهمیت زیادی دراین مسئله دارا می‌باشد. در راکتورهای تماسی ماکزیمم بار ۲/۵ تا $kgCOD/m^3.h$ ۳/۵ می‌باشد. زیرا دراین حدود بار، غلظت مواد جامد در حدود۱۰۰۰-۱۳۰۰mg/l می‌باشد و در COD بالاتر غلظت مواد جامد به قدری زیاد می‌شود که سبب رسوب‌کردن آنها به دلیل داشتن دانسیته بالا می‌گردد. در فیلترهای بی‌هوازی بالا رو، فضای خالی که توسط آکنه‌ایجاد می‌شود در عملکرد سیستم مهم است و در سرعت‌های بالای بار ورودی، شناورشدن لجن یک مشکل بزرگ است. برای راکتورهای با بستر آکنه جریا ن پایین رو نیز فضای خالی و فضای قابل دسترس اتصال باکتری‌ها مهم می‌باشد. در راکتورها UASB ، بارهای بالا به دلیل‌ایجاد اغتشاش در قسمت‌هاضم مشکل آفرین است. در راکتورهای با بستر سیال شده یا گسترش یافته ضخامت لایه میکروبی، میزان گسترش بستر، از پارامترهای محدودکننده می‌باشد. درحالت بستر سیال شده ، سطح تماس برای‌ایجاد لایه میکروبی خیلی بیشتر از بستر گسترش یافته است اما هزینه پمپ برای سیال کردن بستر بالا می‌باشد. از نظر تئوری بار ماکزیمم برای انواع راکتورها به ترتیب جدول۴-۱ می‌باشد.

جدول۴-۱ مقایسه عملکرد راکتورهای مختلف تصفیه بی‌هوازی

نوع راکتور	بار ورودی $kgCOD/m^3.d$	٪ راندمان حذف COD
تماسی	۱-۶	۹۵-۸۵
فیلتر	۱۰-۱	۹۵-۸۰
بستر سیال شده	۲۰-۱	۸۷-۸۰
جریان پایین رو	۵ -۱۵	۷۵ -۸۸
UASB	۵ -۳۰	۸۵ -۹۵

۴-۶-۲- راندمان حذف COD

راکتورهایی که دارای حوضچه ته نشینی می‌باشند، راندمان حذف COD و جامدات معلق در آنها مطلوب‌تر است. در کلیه راکتورها شکل و عملکرد راکتور تا اندازه ا ی در راندمان تصفیه مؤثر است و با ازدیا بار ورودی و کاهش زمان هیدرولیکی میزان حذف COD کاهش خواهد یافت. (جدول۴-۱)

۴-۶-۳- سرعت تولید گاز متان

میزان تولید گاز متان در راکتورهای بی‌هوازی حدود۰/۳۵ مترمکعب به ازاء هر کیلوگرم COD حذف شده است و سرعت تولید آن در همه راکتورها تابع خطی از بار COD می‌باشد.

۴-۶-۴- اختلاط و توزیع خوراک

در راکتورهای تماسی برای کارایی بهتر احتیاج به مخزن پیوست است(که می‌تواند به صورت مکانیکی با برگشت دادن گاز تولیدی انجام گیرد) تا به‌این وسیله پساب به خوبی در داخل راکتور پخش شده و با لجن در تماس باشد. در راکتورها جریان رو به بالا از آنجاییکه در غلظت بالای COD پساب، ممکن است بیومس در معرض شرایط نامطلوبPH قرار گیرد، رقیق کردن جریان خروجی و یا طراحی سیستم توزیع مناسب خوراک در قسمت تحتانی راکتور، ضروری به نظر می‌رسد. در راکتورهای جریان پایین به واسطه جریانهای حباب گاز اختلاط به خوبی انجام می‌گیرد. در راکتورUASB می‌توان با طراحی دقیق سیستم توزیع کننده در قسمت تحتانی راکتور تماس خوبی بین پساب و لجن‌ایجاد کرد. در راکتورهای با بستر سیال شده یا گسترش یافته برای انبساط بهتر باید از برگشت جریان خروجی استفاده کرد. بدیهی است که برای پساب‌های غلیظ، نسبت جریان برگشتی بالا خواهد بود. بنابراین این راکتورها برای پساب‌های رقیق بسیار مناسب می‌باشند دراین راکتورها با طراحی دقیق سیستم توزیع کننده خوراک می‌توا ن از کانالیزه شدن جریان در طول بستر جلوگیری کرد.

۴-۶-۵- حذف موادمعلق

مواد معلق قابل هضم تقریباً در همه راکتورها قابل تحمل می‌باشند ولی از آنجایی که زمان ماند میکروبی در راکتور تماسی و UASB می‌باشد، می‌توان انتظار داشت که این راکتورها تا حدود زیادی می‌توانند مواد معلق را حذف کنند. در راکتور

فیلتر با جریان رو به پایین، زمان ماند میکروبی تقریباً با زمان ماند هیدرولیکی برابر می‌باشد حذف مواد معلق کمتر خواهد بود ولی اگر موادمعلق غیرقابل هضم باشند برای راکتورها مشکل آفرین خواهند شد.

۴-۶-۶- راه‌اندازی راکتورها

به طور کلی راه‌اندازی همه سیستم‌های بی‌هوازی مشکل است و در اغلب آنها برای رسیدن به بار طراحی حداقل چهارهفته وقت لازم است که در میان راه‌اندازی راکتور UASB و راکتور با بستر سیال شده یا گسترش یافته از همه مشکل تر می‌باشد، علاوه براین راه‌اندازی ثانویه راکتورهای با بستر سیال شده بعد از متوقف شدن راکتور مشکل است و راه‌اندازی راکتورهای تماسی و راکتورهای بستر ثابت ساده تر می‌باشد. راه‌اندازی راکتورUASB با استفاده از لجن گرانولی راکتورهای UASB دیگر ،ممکن است زودتر انجام گیرد، البته ترکیب پساب در راه‌اندازی‌این نوع راکتورها نقش مهمی‌را ایفا می‌کند.

۴-۶-۷- بار هیدرولیکی بالا

راکتورها با رشد معلق (تماسی، UASBبسترهای سیال شده و گسترش یافته) به خاطر احتمال خروج بیومس از سیستم، نسبت به بارهای هیدرولیکی بیش از یک حد معین حساس می‌باشند درحالی که فیلتر بی‌هوازی جریان رو به بالا، از حساسیت کمتری برخوردار است و فیلتر بی‌هوازی جریان پایین رو نسبت به بار هیدرولیکی بالا حساسیت ندارد. زیرا باکتری‌ها به آکنه‌ها چسبیده و به راحتی از بستر خارج نمی‌شوند.

۴-۶-۸- عملکرد فصلی

راکتورهای پیشرفته بدون این که افت قابل ملاحظه‌ای در آنها اتفاق بیفتد می‌توانند متوقف شده و دوباره راه‌اندازی شوند، خصوصاً وقتی که در دماهای پایین (۲۰-۰ درجه سلسیوس) نگه داشته شوند. زیرا باکتری‌های متان زا به موادغذایی کمتر احتیاج دارند و بیومس تا حدود زیادی در راکتور وجود دارد. بنابراین استفاده از پروسه‌های بی‌هوازی برای پساب‌های فصلی مناسبتر می‌باشد.

فصل پنجم : راکتور بافل دار بی‌هوازی[۲۱] در تصفیه پساب‌های صنعتی

بروز بحران انرژی در جهان در اوایل دهه پنجاه شمسی باعث شد محققین به استفاده از سیستم‌های بی‌هوازی بیشتر توجه کنند ؛زیرا دراین سیستم‌ها، بر خلاف روش هوازی که احتیاج به انرژی زیادی جهت هواددهی دارد، نه تنها انرژی مصرف نمی‌شود، بلکه در نهایت متان نیز به وجود می‌آید که می‌تواند به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرد. از دیگر خصوصیات سیستم‌های بی‌هوازی می‌توان به تولید لجن کمتر وامکان عملکرد متناوب لجن با غلظت بیشتر نسبت به سیستم‌های هوازی اشاره کرد. بهره‌گیری صحیح از فناوری بی‌هوازی در تصفیه پساب‌های صنعتی، در نتیجه توسعه و به کارگیری راکتورهای قوی بیولوژیکی حاصل می‌شود. یکی از راکتورهای نسبتاً جدید دراین نوع، راکتور چندمحفظه بی‌هوازی می‌باشد.این راکتورنخستین بار در سال ۱۹۸۱ توسط مک کارتی و همکارانش در دانشگاه استنفورد مورد استفاده قرار گرفت و تا به امروز تحقیقات مختلفی بر روی توانایی‌های آنها در تصفیه پساب‌های متفاوت صورت گرفته است؛ اما همچنان موارد مجهول فراوانی برای بهبود عملکرد آنها وجود دارد.

۵-۱- ویژگی‌های کلی راکتورهای ABR

1- Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

راکتورABR ، راکتوری است که در آنها ردیف‌هایی از بافل‌ها قرار گرفته تا سبب حرکت جریان پساب از بالا و پایین بافل شود. باکتری‌های موجود در راکتور براساس خصوصیات رفتاری جریان ممکن است معلق مانده یا ته نشین گردند.

شاید مهمترین مزیت ABR، توانایی آن در جداسازی فازهای اسیدوژنز(اسیدسازی) و متانوژنز (متان سازی) باشد. بااین عمل باکتری‌های اسیدوژنیک در فاز اول جمع شده و باکتری‌های متانوژنیک، فرآیند متان زایی را در فاز بعدی انجام می‌دهند؛ هر چند تحقیقات صورت گرفته نشان می‌د هند که در تمام اتاقک‌ها متان تولید می‌شود و این بدان معنی است که جداسازی فازها به صورت کاملاً مجزا در راکتور صورت نمی‌گیرد. این راکتورها در مقایسه با راکتورهای دیگر دارای فضای مرده کمتری هستند.این مزیت سبب ساخت و تولید راکتورهای پیشرفته دیگری مانند راکتورهای بی‌هوازی چند مرحله‌ای، راکتورهای بی‌هوازی با بستر لجن طبقه‌بندی شده با جریان رو به بالا[۲۲] و صافی بی‌هوازی مرحله‌ای[۲۳] شده است.

تمام سیستم‌هایی که در بالا نام برده شد، توانایی مناسبی در تصفیه پساب‌های صنعتی از خود نشان داده‌اند.

مزایای مختلفی برای‌این راکتورها گزارش شده که در جدول ۵-۱ آمده است.

از معایب بزرگ راکتورهای بافل دار بی‌هوازی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. نیاز به ساخت راکتورهای نسبتاً کم عمق تا سرعت قابل قبولی از جریان رو به بالای گاز و مایع‌ایجاد شود.

۲. مشکلات‌ایجاد شده در توزیع یکنواخت جریان

جدول ۵-۱ مزایای راکتورهای بافل دار بی‌هوازی

عنوان	مزایا
ساختمانی و اجرایی	- طراحی ساده - عدم وجود قسمت‌های متحرک - نداشتن هیچ گونه سیستم اختلاط مکانیکی - هزینه ساخت کم - گرفتگی کمتر - کاهش انبساط بستر لجنی
عملیاتی	- پایین بودن زمان ماند هیدروکیکی - امکان عملیات متناوب - پایداری قابل قبول نسبت به شوک‌های هیدرولیکی و آلی - مقاومت نسبت به شوک‌های سمی‌در پساب ورودی - زمان زیاد کاری بدون تلف شدن لجن - توانایی در جداسازی دو فاز اسیدوژن و متانوژن بدون‌ایجاد مشکلات کنترلی و در برداشتن هزینه بیشتر
بیومس[۲۴]	- بالا بودن زمان ماند جامدات

22- Up flow Staged Sludge Bed
23- Staged Anaerobic Filter
1- Biomass

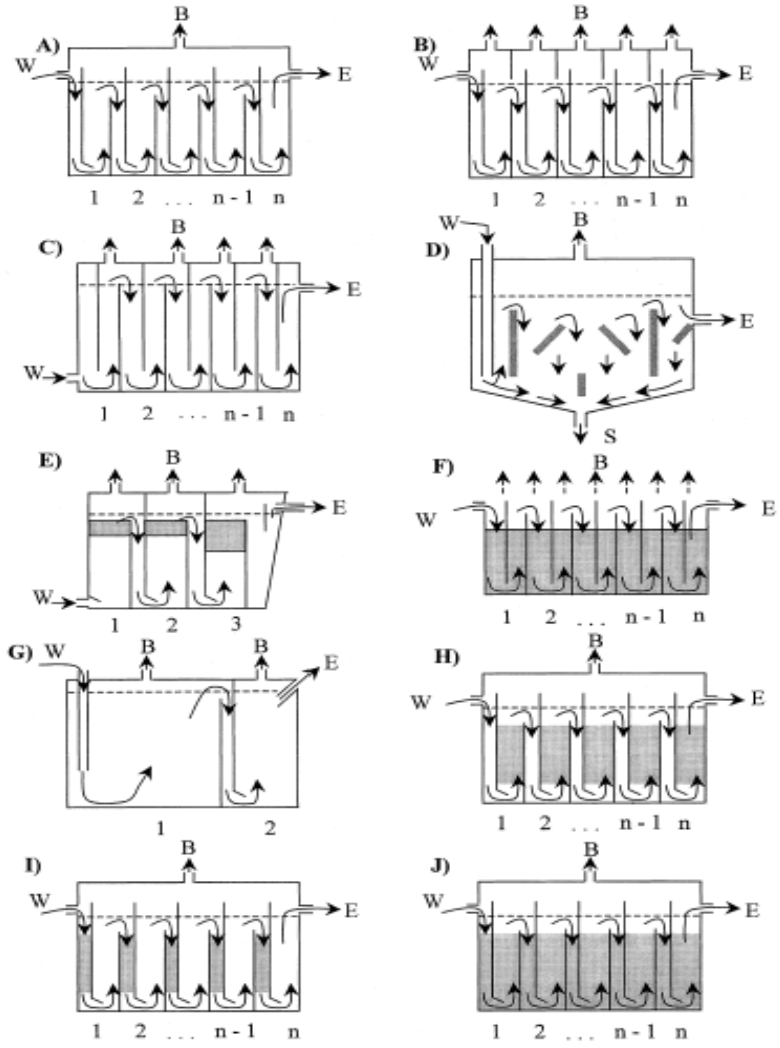
	- تولید لجن کمتر - ماندن بیومس بدون احتیاج به آکنده سازی، بستر یا مدیا(Packing) وایجاد بخش ته نشین سازی برای جامدات - عدم نیاز به تجهیزات جداساز گاز و مایع

۵-۲- پارامترهای طراحی راکتورهای ABR

- تعداد اتاقک‌ها: ۴ تا ۸ واحد
- بارگذاری آلی: ۰/۵ -۱۵ kgCOD/ $m^3.d$
- سرعت جریان رو به بالا: ۲-۴ m/h
- زمان ماندهیدرولیکی:۱۰ - ۰/۵ روز
- نسبت ارتفاع به عرض راکتور: ۰/۶-۲/۵
- نسبت طول به عرض راکتور: ۳-۴
- میزان گاز متان تولیدی: ۰/۱-۱۱/۲۸ $kg.VSS/m^3.d$

۵-۳- توسعه راکتورهای ABR

راکتور بافل دار بی‌هوازی، راکتوری است که در آن ردیف‌هایی از بافل‌ها برای هدایت جریان پساب حاوی مواد آلی به زیر یا بر روی (یا هر دو) طرف راکتور قرار داده شده‌اند، به صورتی که سیال بتواند از ورودی به محل خروجی جریان یابد.
باکتری‌های موجود در راکتور بسته به خصوصیات جریان پساب و گاز تولید شده ممکن است ته نشین گردیده و یا به صورت معلق باقی بمانند، ولی در زمانی که میزان بارگذاری کم باشد، در کف راکتور رسوب می‌کنند. طرح اصلی‌این راکتورها در شکل ۵-۱ نشان داده شده است. شایان ذکر است، شکل ۵-۱-A مقبولیت بیشتری را دارا می‌باشد. به منظور بهبود عملکرد راکتور، اصلاحات مختلفی بر روی آنها انجام گرفته است. بیشترین پارامتری که در اصلاحات سعی در بهبود آن بوده است، افزایش ظرفیت نگهداری جامدات می‌باشد. اصلاحات دیگر به منظور تصفیه‌های پساب‌های آلوده تر(برای نمونه، پساب‌های با درصد بالای جامدات) و کاهش هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه صورت گرفته است (شکل۵-۱-F). خلاصه‌ای از این تغییرات و اصلاحات که دارای اثرات مهمی‌می‌باشد، در جدول ۵-۲ ارائه شده است. همچنین بافل‌های عمودی جهت تصفیه پساب حاوی درصد بالای جامدات به راکتور اضافه شدند تا توانایی راکتور در حفظ جمعیت بالای متانوژن‌های کند رشد، افزایش یابد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، باایجاد بافل‌های عمودی، در یک نرخ ثابت از بارگذاری(۱/۶kgCOD/ $m^3.d$)، میزان تولید گاز متان از ۳۰ به بیش از ۵۵درصد افزایش یافت. (لازم به ذکر است، نرخ تولید گاز متان دراین حالت برابر با $m^3/kg.VSS$ ۰/۳۴ بوده‌است.) در مطالعه بعدی، اثر نازک شدن پهنای اتاقک(دارای جریان رو به پایین) در دو راکتور مختلف و نیز تغییر شیب بافل بر عملکرد راکتور مورد آزمایش قرار داده شد. تغییرات بعدی در راکتورهای بافل دار بی‌هوازی با پیشرفت و توسعه اولین طرح‌های هیبربد چند گانه‌ایجاد گردید. شکل۵-۱-E این تغییرات را به خوبی نشان می‌دهد. هدف از این عمل، افزایش زمان ماند سلولی برای تصفیه پساب‌های دارای بار آلودگی بالا می‌باشد.این راکتور بسیار بزرگتر از راکتورهای قبلی است که مورد استفاده قرار می‌گرفت و بعد از بخش انتهایی آن، اتاقکی جهت ته نشینی جامدات قرار داده شده است. جامداتی که از راکتور بافل دار شسته می‌شوند و همراه با پساب به قسمت خروجی راه می‌یابند، از طریق اتاقک ته نشینی در دام افتاده و در زمان‌های منظم به داخل اولین بخش راکتورهای بافل دار پمپاژ می‌گردند.



شکل ۵-۱ تغییرات راکتور بافل دار

A: فضای بالاسری منفرد برای گاز، B: فضای بالاسری ویژه برای گاز، C: جریان عمودی، D: جریان افقی، E: هیبرید با ناحیه ته نشینی، F: سقف باز، G: اتاقک بزرگ شده ابتدایی، H-J: تنظیمات مختلف پرکننده یا مدیا(Packing)، H: مدیا در ورودی‌های بالا، I: مدیا در ورودی‌های پایین، J: مدیا در سرتاسر راکتور.

(حروف S,E,B,W در تصاویر فوق به ترتیب پساب، بیوگاز، جریان خروجی و جامدات است.)

جدول ۵-۲ توسعه و بهینه سازی راکتورهای بافل دار بی‌هوازی

شکل	اصلاحات	هدف
C-۵-۱	اضافه نمودن بافل‌های عمودی به یک راکتور	افزایش ماند جامدات برای تولید بیشترگاز متان

A-۵-۱	الف: اتاقک‌های کم عرض تر با جریان رو به پایین ب: تغییر شیب بافل‌ها (۴۰-۴۵درجه)	الف: افزایش زمان ماند سلولی در اتاقک دارای جریان رو به بالا ب: تغییر مسیر پساب به مرکز اتاقک برای افزایش اختلاط (شکل۵-۱-D)
E-۵-۱	الف: اتاقک ته نشینی ب: تعبیه مواد پرکننده (مدیا) در ابتدای هر اتاقک پ: اتاقک گاز	الف: افزایش ماند جامدات ب: جلوگیری از شست وشوی جامدات پ: سهولت کار و کنترل گاز
G-۵-۱	بزرگ سازی اتاقک اول	افزایش راندمان درحذف جامدات با کاهش سرعت رو به بالا در اتاقک اول

به منظور تصفیه پساب‌های حاوی مقادیر بالایی از ذرات معلق، اصلاحات دیگر بر روی راکتورهای بافل دار بی‌هوازی انجام شده است. مشکلات اصلی مربوط به تصفیه‌این پساب‌ها در راکتورهای بافل دار، عدم توانایی تولید یک لایه لجن شناور است که سبب افزایش زمان ماند سلولی می‌گردد (سرعت‌های بالای‌ایجاد شده به واسطه بافل‌ها سبب شست‌وشوی جامدات از سیستم می‌شوند). بنابراین اصلاحاتی بر روی راکتورهای بافل دار بی‌هوازی انجام گرفت تا از سرعت جریان رو به بالا کاسته شود. دراین حالت، ابعاد نخستین بخش، دو برابر بخش بعدی گردید. (طول اولین بخش برابر با ۱۰۱ سانتیمتر و دومین بخش یا اتاقک برابر با ۵۱ سانتیمتر بود.) این واحد درشکل ۵-۱-G نشان داده شده است.

خصوصیات عملکردی و قابلیت‌های نگهداری جامدات‌این راکتور با واحدهای سه قسمتی در حجم برابر (راکتورهای بافل دار بی‌هوازی دارای سه اتاقک) مورد مقایسه قرار گرفت. در راکتورهای بافل دار سه اتاقکی، ماندن جامدات در راکتور بیشتر انجام می‌گرفت و راندمان عملکرد آنها بهتر از راکتورهای بافل دار دو اتاقکی بود.این یافته‌ها با یافته‌های قبلی تضاد داشت. در یافته‌های قبلی، اختلاف معناداری بین این راکتورها به دست نیامده بود. اتاقک بزرگتر در راکتورهای دو بخشی به صورت یک صافی طبیعی عمل کرده و سبب ماند بیشتر جامدات در راکتور می‌گردد. مقدار جامدات نگهداری شده دراین راکتورها، بیش تر از راکتورهای سه اتاقکی g/1 (۲۰/۹) می‌باشد. علیرغم راندمان پایین تصفیه، در راکتورهای دو اتاقکی جامدات کمتر شستشه می‌شدند. مطالعات بیشتر نشان داد که علیرغم شستشه شدن بیشتر جامدات در راکتورهای بافل دار سه اتاقکی، میزان راندمان تصفیه آن‌ها بالاتر است. یکی از راکتورهای اصلاح یافته ABR، راکتور بافل دار بی‌هوازی با بستر گرانولی (GRABBR)[۲۵] می‌باشد. نتایج بررسی بر روی‌این راکتور نشان می‌دهد که‌این سیستم‌ها در تصفیه پساب‌هایی با بار آلودگی بالا کار آمدتر هستند. دراین راکتورها، جداسازی فازها به صورت مطلوبی انجام می‌گیرد.این سیستم‌ها دارای مزایای راکتورهای بافل دار و راکتورهای لجن بی‌هوازی با جریان رو به بالا هستند. طبق تحقیقات انجام شده، در بارگذاری $m^3.d$ ۴/۷۵KgCOD/ راندمان حذف‌این واحدها تا ۹۰ درصد افزایش یافته است. زمان ماند جامدات دراین سیستم‌ها بسیار بالا بوده و در نتیجه، بیومس بیشتری در راکتور باقی می‌ماند.

25- Granular-bed Anearobic Beffled Bioreactor

خصوصیات کلی مربوط به راکتورهایGRABBR در زیر ارائه شده است:

۱. جداسازی فازها با افزایش بخش‌ها، افزایش می‌یابد.

۲. گزینش و ناحیه بندی میکروبی در درون راکتور افزایش می‌یابد، به صورتی که ناحیه اسیدی در بخش‌های ابتدایی راکتور غالب می‌گردد.

۳. دراین راکتورها، متانوژن‌ها هستند که تشکیل گرانول می‌دهند و اسیدسازها دراین امر ناتوان هستند.

۴. لجن گرانوله سبب ماند بیشترجامدات در سیستم و شست و شوی کمتر جامدات از سیستم می‌گردد.

۴-۵- خصوصیات هیدرودینامیکی راکتورهای ABR

خصوصیات هیدرودینامیک و درجه اختلاطی که درون یک راکتور بافل دار بی‌هوازی اتفاق می‌افتد، به صورت گسترده‌ای بر روی وسعت تماس بین موادغذایی و باکتری‌ها مؤثر است؛ بنابراین سبب کنترل در انتقال جامدات و عملکرد بهتر راکتور می‌گردد. به منظور بررسی زمان ماند هیدرولیکی و درجه اختلاط در راکتورهای بافل دار، از یک ماده خنثی (لیتیوم) استفاده شد. دراین آزمایش، میزان‌این ماده خنثی در ورودی و خروجی راکتورهای بافل دار با تعداد اتاقک‌های مختلف (چهارتا هشت اتاقک) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. دراین شرایط و در حضور بیومس (و یا عدم حضور آن)، با وجود زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف، مدل مناسبی تهیه گردیداین مدل، روش مناسبی را برای محاسبه درجه اختلاط و فضای مرده (مقدار حجمی‌از راکتور که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد)،ایجاد می‌کرد. در مقایسه با دیگر راکتورهای بی‌هوازی(صافی‌های بی‌هوازی) که حدود۵۰ تا۹۳درصد فضای مرده دارند؛ طبق بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که فضای مرده در راکتورهای بافل دار کمتر از ۸ درصد است. این فضا در راکتورهای با اختلاط پیوسته(CSTR) کمتر از ۸۰ درصد می‌باشد. لازم به ذکر است میزان فضای مرده برای انواع راکتورها در منابع مختلف، متفاوت گزارش شده است. در جدول ۵-۳ میزان فضای مرده چند راکتور بی‌هوازی مقایسه شده است.

جدول ۵-۳- مقایسه میزان فضای مرده در چند راکتور بی‌هوازی

نوع راکتور	میزان فضای مرده (بر حسب درصد)
فیلتر بی‌هوازی	۹۰-۵۰
اختلاط کامل با جریان پیوسته	۸۲-۱۰
بافل دار بی‌هوازی	۲۲-۵

با اضافه کردن ۸گرم VSS[۲۶] به ازای هر لیتر از حجم راکتور بافل دار، فضای مرده تا ۱۸ درصد افزایش می‌یابد. دراین حالت نمی‌توان هیچ رابطه مستقیمی را بین فضای مرده هیدرولیکی و HRT به دست آورد.

در زمان‌های ماند هیدرولیکی پایین، حضور بیومس اثر مهمی‌بر روی فضای مرده هیدرولیکی ندارد؛ لذا زمان ماند هیدرولیکی تابع سرعت جریان و تعداد بافل‌ها می‌باشد.این بحث با فضای مرده بیولوژیکی در تناقض است، زیرااین فضاها تابعی از غلظت بیومس، تولید گاز و سرعت جریان بوده و با افزایش میزان جریان افزایش می‌یابند. در نرخ‌های بالای بارگذاری که به واسطه زمان‌های ماند هیدرولیکی پایین‌ایجاد می‌گردد، تولید گاز باعث می‌شود تا مقداری از لجن به صورت شناور در راکتور

26- Volatile suspended solids

باقی بماند. در زمان‌های ماند هیدرولیکی بالا، فضای مرده بیولوژیکی، قسمت اعظم فضای مرده را تشکیل می‌دهد؛ اما در زمان‌های ماند هیدرولیکی پایین، از اثرات آن کاسته می‌شود، زیرا تولید گاز سبب از بین رفتن جریان‌های اتصال کوتاه‌ایجاد شده در میان بستر بیومس می‌گردد. لازم به ذکر است جریان‌های اتصال کوتاه بزرگ که به واسطه شوک‌های هیدرولیکی بزرگ‌ایجاد می‌شوند، بعضاً سودمند هم می‌باشند؛ زیرا سبب می‌شوند قسمت اعظم بیومس در جریان به دام نیفتاده و از سیستم شسته نگردد. با وجوداین، تحقیقات بر روی خصوصیات هیدرودینامیکی راکتورهای بی‌هوازی با بررسی پارامترهایی از قبیل اثر اختلاط حاصل از بیوگاز، تغییرات ویسکوزیته به واسطه تولید پلیمرهای خارج سلولی و ابعاد ذرات بیومس، هنوز ادامه دارد.

۵-۵- تأثیر مواد کلوئیدی پساب ورودی بر عملکرد راکتورهای ABR

یکی از مواردی که در راهبردی و عملکرد سیستم‌های ABR دارای اهمیت می‌باشد، وجود مواد کلوئیدی در پساب ورودی است. تأثیراین مواد بر راندمان حذفCOD در راکتور ABR مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، تولید مواد میکروبی محلول(SMP)[۲۷] در راکتورهایی که با پساب حاوی ترکیبات کلوئیدی تغذیه می‌شوند، بیشتر بوده است. همچنین مشخص گردید در صورتی که پساب ورودی به صورت محلول یا کلوئیدی باشد، بر راندمان حذف تأثیری ندارد.

۶-۵- تولید گاز در راکتورهای ABR

در راکتورهای بافل دار بی‌هوازی، همانند سایر سیستم‌هایی که دارای فرآیندهای تصفیه بی‌هوازی می‌باشند، فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی به تولید گازهای مختلف منجر می‌گردد. تحقیقات گسترده‌ای بر روی تعیین نوع گازهای تولیدی ونرخ تولید آن صورت گرفته است. نرخ تولید گاز برای هر بخش از راکتور بافل دار طی ۵ ماه اندازه‌گیری شده است که براساس آن نرخ تولید گاز در راکتورهای بافل دار حدود۵mol/h گزارش شده که در مقایسه با سایر سیستم‌ها نرخ قابل ملاحظه‌ای نمی‌باشد. نتایج نشان می‌دهد، عوامل مختلفی بر نرخ تولید گاز (شدت آلودگی، غلظت بار آلی پساب و ...) دراین راکتورها مؤثر است. یکی از عواملی که تأثیر چشمگیرتری براین راکتور دارد، زمان ماند هیدرولیکی و سلولی می‌باشد. بسته به جمعیت میکروبی که در راکتور غالب می‌گردد، محصولات گازی مختلفی تولید می‌شود. برای نمونه، با افزایش غلظت استات در پساب ورودی، باکتری‌های مصرف کننده آن افزایش یافته و متان بیشتری تولید می‌گردد که نشان دهنده حضور متانوباکتریوم‌ها می‌باشد.

۷-۵- خصوصیات میکروبی راکتورهای ABR

محصولات نهایی تجزیه بی‌هوازی گازها، عمدتاً متان، دی اکسید کربن و مقادیر جزئی هیدروژن سولفاید (H_2S) و هیدروژن می‌باشند.این فرآیند شامل دو مرحله کاملاً مجزاست و فرآیندهایی که پیش از این بیان شد، در داخل هر کدام ازاین مراحل قرار گرفته‌اند. در تخمیر اسیدی آنزیم‌های خارج سلولی، گروهی از باکتری‌های بی‌هوازی و هتروژنوس(غیرهمتا)، ترکیبات آلی پیچیده را هیدرولیز می‌کنند. بر اثر هیدرولیز این ترکیبات (پروتیئن‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها)، محصولات محلول با زنجیره‌های کوتاهتر تولید می‌گردد. این ترکیبات ساده و محلول (برای مثال، تری گلیسیریدها، اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه و قندها) به وسیله باکتری‌های دیگر از طریق اکسیداسیون بتا و سایر فرآیندهای متابولیکی، تجزیه و تبدیل به ترکیبات آلی با زنجیره کوتاهتراسیداستیک (CH_3COOH)، اسیدپروپیونیک (CH_3CH_2COOH)، اسیدبوتریک و

27- Soluble Microbial Products

الکل‌ها می‌شوند. لازم به ذکر است، در مرحله تخمیر اسیدی، BOD یا COD کاهش نمی‌یابد، زیرا دراین مرحله، ترکیبات تنها از زنجیره‌های طولانی به زنجیره‌های کوتاهتر و باکتری‌ها تبدیل می‌شوند که خوداین عوامل از بخش‌های مصرف‌کننده اکسیژن هستند. در دومین مرحله، اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه تبدیل به استات، گازهیدروژن و دی‌اکسیدکربن می‌شوند. به‌این مرحله، مرحله استوژنی(استات سازی) می‌گویند. به دنبال‌این مرحله، گونه‌های مختلفی از باکتری‌های بی‌هوازی مطلق که به آنها متانوژن گفته می‌شوند، از هیدروژن و دی اکسید کربن یا استات در محیط استفاده کرده و آن را به متان احیاء می‌کنند.

باکتری‌های بی‌هوازی که درچرخه تولید متان اهمیت دارند، شامل:

۱- باکتری‌های تخمیر کننده

۲- باکتریهای استوژنیک تولید کننده هیدروژن

۳- باکتری‌های استوژنیک مصرف کننده هیدروژن

۴- باکتری‌های متانوژن احیاء کننده دی اکسید کربن

۵- باکتری‌های متانوژن استیکلاستیک[۲۸]

دو جنس معمول متانوژن‌های استیکلاستیک، متانوتریکس و متانوسارسینا و گونه‌هایی از گروه متانوباکتری‌ها در تولید گاز متان فعال می‌باشند.

فرمول عمومی‌واکنش‌های بی‌هوازی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

$$C_nH_aO_b + (n - \frac{a}{4} - \frac{b}{2})H_2O \rightarrow (\frac{n}{2} + \frac{a}{8} + \frac{b}{4})CO_2 + (\frac{n}{2} + \frac{a}{8} - \frac{b}{4})CH_4 \quad (۵-۱)$$

۱-۷-۵- جمعیت میکروبی در راکتورهای ABR

با کارکرد ممتد راکتورABR ، جمعیت‌های میکروبی مختلفی در راکتور توسعه می‌یابد. اکولوژی میکروبی در هر دو فاز راکتور، به نوع و مقدار سوبسترا موجود و پارامترهای محیطی مانندPH و دما وابسته می‌باشد. در ناحیه اسیدسازی ABR (بخش‌های آغازین راکتور) باکتری‌های تند رشد در میزان بالای سوبسترا قادر به رشد بوده، PH را کاهش داده و دراین محیط غالب می‌گردند. انتقال به حالت رشد باکتری‌های کند رشد که در PH بالاتر فعالیت می‌کنند، در قسمت‌های انتهای راکتور اتفاق می‌افتد. در بررسی الکترونی میکروبی‌های موجود در راکتور ABR مشخص شد. جمعیت مختلفی از باکتری‌ها که بیشترین میزان آنها را بی‌هوازی‌ها تشکیل می‌دهند، در راکتور وجود دارند.این بدان معنی است که نمی‌توان یک سویه خاص را که تجزیه گر مهمی‌در راکتور باشد، مجزا کرد. در پایلوت ABR هشت بخشی Foxon و Pillay از طریق میکروسکوپ الکترونی، میکروب‌های موجود در راکتور مورد ارزیابی قرار گرفته. دراین مطالعه هیچ متانوسائتا مشخص نگردید، ولی اکثر ارگانیسم‌های موجود در راکتور را متانواسپیریلیوم و متانوبروی باکتر و متانوسارسینا تشکیل می‌داد.

تاکنون دو گونه‌ای که در بیشتر راکتورهایABR یافت شده است، متانوسارسینا و متانوسائتا[۲۹] می‌باشد. در زمانی که غلظت استات در محیط زیاد باشد، رشد متانوسارسینا بیشتر از متانوسائتا است، زیرا دارای سینتیک‌های رشد سریع تری می‌باشد(به صورتی که طی ۱/۵ روز تعداد متانوسارسیناها دو برابر، ولی برای متانوسائتا این زمان ۴ روز است.) در غلظت‌های

28- Aceticlastic
29- Methanosaeta

پایین، گونه متانوسائتا به واسطه قابلیت مصرف از سلولهای مرده غالب می‌باشد. (K_s=۳۰mg/1) درمقایسه با K_s=۴۰۰mg/1 برای متانوسارسینا). عملکرد صافی‌های بی‌هوازی و راکتورهای بافل دار بی‌هوازی هیبرید (HABR) [۳۰] و خصوصیات جمعیت میکروبی‌این واحدها در یک مطالعه پایلوتی مورد بررسی قرار گرفته است. پساب مورد تصفیه دراین پایلوت، پساب ملاس است که نرخ بارگذاری آن در راکتور، برابر با ۵/۵kgCOD/$m^3.d$ می‌باشد. یافته‌های‌این مطالعه مشخص نمود که غلظت‌های بالایی از گونه‌های متانوسارسینا در قسمت‌های ابتدایی راکتور وجود دارند. همچنین در قسمت‌های بعدی و انتهایی گونه‌های متانوسارسینا جای خود را به گونه‌های متانوسائنا می‌دهد، ولی در صافی‌های بی‌هوازی متانوسائتا غالب می‌باشد. در بررسی‌های انجام گرفته از طریق میکروسکوپ فلورسانس مشخص گردید که متانوباکتریوم‌های مصرف کننده هیدروژن هم در قسمت‌های ابتدایی راکتور قرار دارند. نتایج نشان می‌داد که متانوسارسینا در صافی‌های بی‌هوازی وجود ندارد. در راکتور HABR غلظت ابتدایی استات ورودی به راکتور برابر با ۱۰۰۰ mg/l است که نزدیک به مقدار K_s متانوسارسینا بوده و شرایط برای رشد آنها بهینه باشد. در مقابل در صافی بی‌هوازی غلظت استات ۱۰ برابر کمتر از راکتور HABR گزارش شده است، در نتیجه شرایط به صورتی است که گونه‌های متانوسائتا در محیط غالب شوند. از طرف دیگر، سرعت ظاهری تولید گاز در راکتورهای بافل دار بی‌هوازی در بخش‌های ابتدایی تقریباً برابر ۵ mol/h می‌باشد که از صافی بی‌هوازی کمتر است(۹mol/h). در نتیجه، میزان اختلاط در راکتورهای HABR کمتر از صافی بی‌هوازی بوده و لخته‌های بیولوژیکی کمتری از راکتور فرار می‌کند. دراین مطالعات، غلظت هیدروژن نیز اندازه‌گیری شده است. بیشترین غلظت در قسمت‌های ابتدایی راکتورHABR اندازه‌گیری گردیده که می‌تواند توجیه کننده حضور متانوباکتریوم‌ها باشد.

۲-۷-۵- فعالیت بیومس

۷۰درصد از همه متان‌های تولید شده در راکتورHABR ، از بخش‌های ابتدایی راکتور تولید می‌گردد.این در حالی است که تنها ۱۰درصد از میزانVSS راکتور دراین بخش قرار گرفته است. درصد فعالی از VSS که در راکتور وجود داشته و در تولید گاز متان نقش دارد، برابر ۱/۸ تا ۵/۷ درصد است که بیشترین مقدار آن در بخش‌های ابتدایی راکتور قرار گرفته و کمتر در بخش‌های انتهایی دیده می‌شوند. در یک راکتور بافل دار بی‌هوازی یازده بخشی، از ساکارز به عنوان منبع کربن استفاده شد و نتایج نشان داد که فعالیت حذف COD و تولید گاز متان در هفت بخش اول، بسیار بالاتر از بخش‌های ۷ تا ۱۱ می‌باشد. آنالیز ATP که برای تعیین موقعیت نسبی باکتری‌هایی که بیشترین فعالیت را انجام می‌دهند، مورد استفاده قرار می‌گیرد، نشان داد که حداقل ۸۵ درصد از فعالیت‌ها در کف هر سه بخش انجام می‌شود، ولی بیش از ۹۲ درصد از فعالیت در بخش آغازین صورت می‌پذیرد. نمونه‌ها از قسمتهای بالایی، میانه کف هر سه بخش راکتور با حجم ۱۵۰ لیتر و بارگذاری(Kg / $m^3.d$ ۲۰COD) برداشته شده است. این موضوع شاید به خاطر آن باشد که محصولات واسطه‌ای مانند استات در بخش‌های آغازین راکتور تشکیل می‌گردد. در مطالعاتی که میزان تولید گاز متان در بخش‌های آغازین بالا بود، غلظت استات اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، در محیط‌هایی که غلظت استات بالا است، رشد باکتر ی‌هایی مانند متانوسارسینا که قادر به رشد در محیط‌های دارای PHکم(حدود ۶) هستند، بسیار سریع می‌باشد. منبع دیگر تولید متان، باکتری‌های دیگری مانند متانوباکتریوم و متانوبروی باکتر[۳۱] می‌باشد که از هیدروژن برای تولید گاز متان استفاده می‌کنند. این باکتری‌ها در زمانی که غلظت هیدروژن در محیط بالا باشد، فعال شده و از آن برای تولید گاز متان استفاده می‌کنند. از طرف دیگر، در پساب‌های رقیق که میزان استات در بخش‌های اولیه راکتور پایین است، گونه‌های متانوسارسینا در محیط فعال می‌شوند.این باکتری‌ها با

30- Hybrid Anearobic Baffled Reactor
31- Methanobrevibacter

سرعت کمتری نسبت به متانوسائتا رشد کرده و حساسیت بیشتری نسبت به تغییر شرایط محیطی مانند تغییر PH دارند. لازم به ذکر است فعالیت باکتری‌های تولید کننده اسید از بخش‌های ابتدایی راکتور تا بخش‌های انتهایی آن کاهش می‌یابد.

۵-۸- گرانول سازی و ابعاد لخته‌ها در راکتورهای ABR

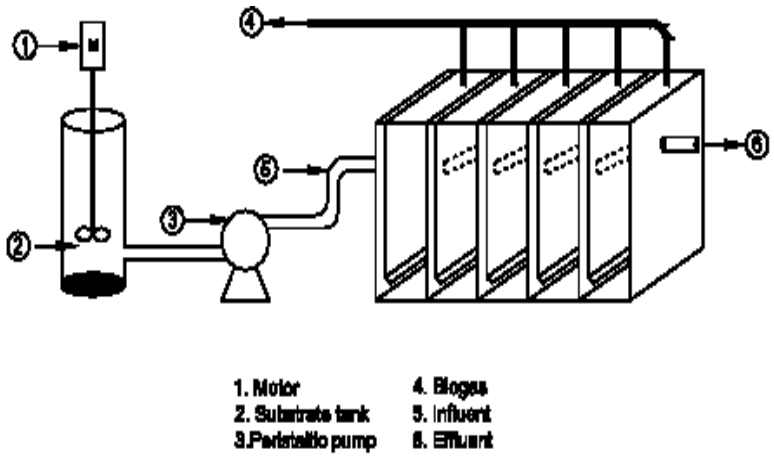
اگر چه برای عملکرد بهینه راکتور، گرانول سازی و لخته سازی در راکتور ضروری نمی‌باشد (برخلاف راکتورهای UASB) ؛ لیکن گزارشات مختلفی از وجود گرانول در راکتورهای بافل دار گزارش شده است. در یک راکتور هیبرید بافل دار بی‌هوازی (HABR) حاوی ۴/۰۱gVSS/l و نرخ ۰/۹۷Kg COD/ $m^3.d$ بوده که سرعت جریان رو به بالا در آن حد ۰/۴۶ m/h نگهداری شده است. مشاهدات میکروسکوپی نشان داد که‌این گرانول‌ها از متانوژن‌های استوکلاسیک تشکیل شده‌اند. همچنین مشخص گردید که باکتری‌های متانوسارسینا لخته‌ها را احاطه کرده و از طریق باکتری‌های رشته‌ای که شباهت زیادی به متانوسائتا دارند، به هم متصل شده‌اند. لخته‌هایی که بعد از یک ماه تشکیل شده بودند، قطر کمی‌داشته (کمتر از ۱/۵mm) و بسیار ضعیف بودند. همچنین تحت شرایط بارگذاری مشابه، گرانول‌های محکم و پیو سته‌ای بعد از سه ماه در صافی بی‌هوازی تشکیل گردیده است (d<3mm).

گرانول‌هایی که از توده‌های متانوسارسینا تشکیل شده‌اند، دارای دانسیته کمی‌بوده و شامل خلل و فرج زیادی هستند؛بنابراین به واسطه میزان گاز بالا در لخته‌ها و سرعت مایع به سطح راکتور انتقال می‌یابند. ابعاد لخته‌ها وابسته به نوع سوبسترا می‌باشد. می‌توان‌این گونه اظهار نمود که ابعاد لخته‌ها تا اواسط راکتور افزایش و سپس تا انتهای راکتور کاهش می‌یابند. ابعاد معمول لخته‌ها در بخش آغازین، میانی و انتهایی راکتور به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۲۳۰ و ۱۷۵ میلی متر می‌باشد. گزارشات حاکی از آن است که ابعاد لخته‌ها تابعی از تولید گاز و غلظت COD در راکتور می‌باشد، به صورتی که بزرگترین لخته‌ها هنگامی‌تشکیل می‌گردد که غلظت COD بالا و تولید گاز به حدی پایین باشد که قادر به شکستن لخته‌ها نباشد.

۵-۹- نسبت COD/SO_4 در راکتورهای ABR

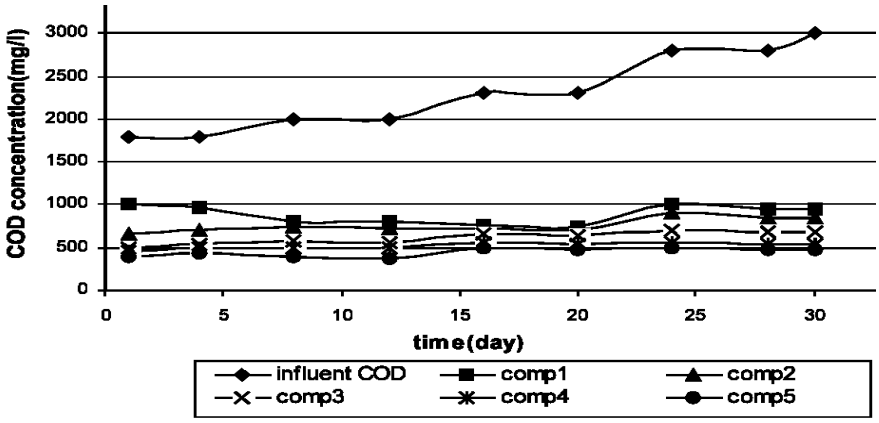
یکی از پارامترهای مهم در کارکرد سیستم‌های ABR نسبت COD/SO_4 می‌باشد. در بیشتر تحقیقات انجام گرفته بر روی ABR، یکی از مشکلات ناشی از تصفیه پساب‌های حاوی سولفات بالا(مانند ملاس) ذکر شده است که دراین حالت فرآیند احیای سولفات با قدرت زیادی در راکتور انجام می‌گیرد.

در فصل دوم در قسمت UASB اشاره شد که طی فرآیند متان‌زایی درمرحله نهایی تجزیه بی‌هوازی، رقابتی بین باکتری‌های SRB (احیاء کننده سولفات) و MPB (باکتری‌های تولید کننده متان) وجود دارد. درحالتی که میزان سولفات درمحیط بالا باشد، باکتری‌های احیاء کننده سولفات در محیط غالب می‌شوند. بعضی از محققان رقابت بین باکتری‌های SRB و MBP را در مصرف استات و هیدروژن و گروهی دیگر ارتباط همزی‌گری این دو را با هم ذکر می‌کنند. باکتری‌های احیاء کننده سولفات و باکتری‌های تولید کننده متان در نسبت‌های COD/SO_4 بین ۱/۷ تا ۲/۷ رقابت شدیدی راایجاد می‌کنند. باکتری‌های تولید کننده متان در نسبت‌های COD/SO_4 بالا غالب هستند، درحالی که با کاهش این نسبت باکتری‌های احیاءکننده سولفات غالب می‌شوند. همچنین تعدادی از گزارشات علمی‌حاکی از آن است که باکتری‌های متانوژن در نسبت COD/SO_4 حدود ۱ هم غالب هستند.



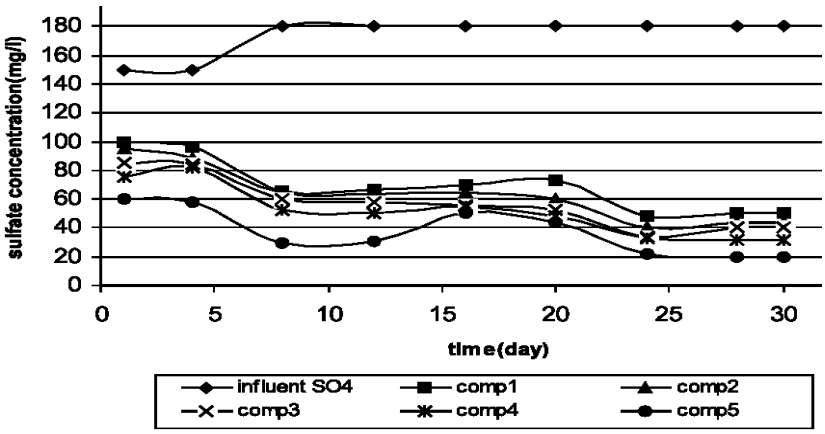
شکل ۵-۲- طرح شماتیک پایلوت راکتور بافل دار بی‌هوازی

عملکرد ABR در نسبت‌های مختلف COD/SO_4 با ساخت یک پایلوت ۱۰ لیتری (طول ۵۰ سانتی متر، عرض ۱۵ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر) مورد ارزیابی قرار گرفته است(شکل۵-۲). پساب ورودی به‌این راکتور حاوی ملاس (به عنوان منبع کربن)، اوره (۰/۰۰۷ g/gCOD) و K_2HPO_4 (۰/۰۰۰۶ g/gCOD) به عنوان منبع نیتروژن و فسفات می‌باشد. غلظت COD در پساب ساخته شده بین ۱۸۰۰ و ۳۰۰۰ mg/l متغیر و غلظت سولفات در آن از ۰ تا ۵۰۰ mg/l (با استفاده از سولفات سدیم) تغییر می‌نمود. لجن ترزیقی در این سیستم از لجن حاصل از حوض ته نشینی اولیه واحد لجن فعال (پساب حاصل از کاغذ سازی) تهیه گردیده بود. شکل۳-۵ اثر افزایش غلظت COD ورودی بر روی میزان COD خروجی تحت شرایط پایدار در هر بخش را نشان می‌دهد.



شکل۵-۳- پروفیل تغییرات COD در تمام بخش راکتور

همانطور که در تصاویر دیده می‌شود، با افزایش غلظت COD در پساب ورودی، میزان COD پساب خروجی تغییر پیدا می‌کند. وقتی که COD ورودی بیش از ۲۵۰۰ mg/l باشد، بیش از ۸۲ درصدCOD ورودی در بخش‌های انتهایی حذف خواهد شد. شکل ۵-۴هم غلظت‌های سولفات را در هر بخش از راکتور ABR نشان می‌دهد. (تغییرات سولفات از ۱۵۰ تا ۱۸۰ mg/l).



شکل ۵-۴- پروفیل تغییرات سولفات در بخش‌های مختلف راکتور

همان‌طور که دراین شکل مشاهده می‌شود، راندمان حذف سولفات با افزایش OLR و غلظت سولفات ورودی افزایش می‌یابد. همچنین در غلظت سولفات ۱۸۰ mg/l، بیش از ۸۸ درصد سولفات در بارگذاری ۳ kgCOD/$m^3.d$ حذف می‌شود. نتایج بدست آمده اثبات می‌کند که فاز اسیدی، توانایی حذف سولفات را دارد، زیرا بیشترین مقدار تبدیل در بخش‌های آغازین راکتور روی می‌دهد. همچنین براساس نتایج به دست آمده، در طول فرآیندهای بی‌هوازی، قلیاییت بی کربناتی تولید می‌گردد. احیای سولفات به صورت مستقیم میزان شوری را کاهش می‌دهد و سبب تولید قلیایت به صورت سولفیدی می‌گردد.

۱۰-۵- تأثیر بازگشت جریان خروجی بر عملکرد راکتورهای ABR

بازگشت جریان خروجی به راکتور سبب کاهش راندمان حذف می‌شود، زیرا راکتور شبیه یک راکتور اختلاط کامل است؛ در نتیجه با کمی‌افزایش در نرخ بارگذاری، از میزان نیروی انتقال جرم در حذف سوبسترا کاسته می‌شود. لازم به ذکر است، بازگشت جریان سبب تعدیل PH در قسمت‌های ابتدایی راکتور می‌گردد. زیرا دراین بخش‌ها با تولید اسیدهای چرب فرار، از میزان PH کاسته می‌شود. از طرفی در پساب‌های غنی از پروتئین و کربوهیدرات، بازگشت جریان سبب ممانعت از رشد باکتری‌های ژلاتینی در ورودی راکتور می‌گردد. مزیت دیگر بازگشت جریان رقیق کردن عوامل سمی‌و کاهش سمیت پساب ورودی می‌باشد. از نظر تئوری، برگشت جریان اثرات منفی بر روی خصوصیات هیدرودینامیکی راکتور دارد، زیرا سبب افزایش اختلاط در راکتور، خروج جامدات و تخریب رابطه همزی‌گری میکروارگانیسم زنده موجود در راکتور شده و در نتیجه بر مقدار فضای مرده افزوده می‌گردد. اختلاطایجاد شده توسط برگشت جریان، سبب برگشت فرآیند به حالت هضم تک مرحله‌ای می‌گردد. دراین حالت، مرحله متانوژنیک کمرنگ شده و یا از بین می‌رود. بعد از برگشت جریان به داخل راکتور، فعالیت متانوژنیکی به صورت یکنواختی در سرتاسر راکتور انجام می‌گیرد. در نتیجه‌این امر، باکتری‌هایی مانند باکتری‌های متانوسائتا در قسمت‌های ابتدایی راکتور که شرایط محیطی ناگوار است و فشار جزئی هیدروژن بالاست، غیر فعال می‌گردند(در نواحی ابتداییPH به شدت پایین می‌باشد). دراین حالت، باکتری‌های تولید کننده اسید به علت رقیق شدن پساب و کمبود موادغذایی از بین می‌روند. مزایای کلی برگشت پساب نامشخص است و استفاده از آن وابسته به نوع پساب مورد تصفیه می‌باشد. اگر مشکلات مربوط به PH شدید باشد، پساب ورودی دارای مواد سمی‌بوده و یااین که میزان بارگذاری بالا باشد، برگشت جریان می‌تواند در بهبود شرایط تصفیه اثر مثبت داشته باشد.

مزایا و معایب برگشت جریان خروجی به داخل راکتورABR در جدول ۵-۴ ارائه شده است.

جدول ۵-۴ مزایا و معایب برگشت جریان به داخل راکتور

مزایا	معایب
۱. افزایش PH	۱. کاهش کلی راندمان حذف
۲. کاهش سمیت آغازین	۲. افزایش خروج جامدات
۳. امکان نرخ بارگذاری بالاتر	۳. افزایش فضای مرده هیدرولیکی
۴. تماس بهتر موادغذایی و زیست توده	۴. تخریب جمعیت میکروبی و فلوک‌های زیستی
	۵. هدایت راکتور به سمت هضم تک مرحله ی

۵-۱۱- عملکرد راکتورهای ABR

دراین قسمت راه‌اندازی و قابلیت نگهداری جامدات به عنوان دو پارامتر مهم در عملکرد راکتور ABR مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۱۱-۱- راه‌اندازی

هدف کلی راه‌اندازی، توسعه محیط‌های میکروبی مناسب برای پساب تحت تصفیه و هضم است. بیومس در داخل راکتور چه به صورت گرانول و چه به صورت لخته تثبیت شود، عملکرد راکتور پایدار خواهد شد. اطلاعات مورد نیاز در هنگام راه‌اندازی راکتور در جدول ۵-۵ ارائه شده است. میزان بارگذاری اولیه باید به حدی باشد که میکروارگانیسم کند رشد در سیستم زیاد نگردد و سرعت رو به بالای جریان گاز و پساب باید به حدی باشد که مانع رشد گرانول‌ها یا لخته‌های بیولوژیکی نشود. نرخ بارگذاری پیشنهادی اولیه تقریباً $kgCOD/m^3.d$ ۱/۲ است؛ هر چند که در طرح‌های پایلوت معمولاً مقدار بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. (جدول۵-۵).

جدول۵ - ۵ اطلاعات مورد نیاز در راه‌اندازی راکتورهای ABR

LR[a] initial	Time[b] initial LR	LR increased	Time increased LR	LR final	Start-up time[c] (d)	Initial VSS (g/l)	Ref.
1		(ramp increase)		4	57	NG[d]	Boopathy and Sievers, 1991
2		(ramp increase)		20	>60	NG	Bachmann *et al.*, 1983
0.4	NG	0.53	NG	0.8	>60	NG	Yang and Moengangongo, 1987
4.33	40	10.26	22	12.25	62	4.01	Boopathy and Tilche, 1991
1.2	7	2.4	10	4.8	77	8.77	Grobicki, 1989
0.97	NG	NG	NG	12.25	78	4.01	Boopathy and Tilche, 1992
2.2	90	2.6	135	3.5	90	NG	Boopathy *et al.*, 1988
13.04	failed	–	–	–		18	Nachaiyasit, 1995
4.35	failed	–	–	–		18	Nachaiyasit, 1995
1.2	NG	2.4	NG	4.8	>95	18	Nachaiyasit, 1995
NG		(ramp increase)		20	>100	NG	Fox and Venkatasubbiah, 1996
1.2	53	2.4	24	4.8	128	18	Barber and Stuckey, 1997

[a]LR = loading rate in kg COD/m^3 d.[b]The amount of time spent at each loading rate (d).[c]Start-up time quoted is the time required for reactor to reach steady state.[d]NG = data not given.

نتایج اخیر نشان داد تغییرات شدید بارگذاری در یک زمان ماند بالا بسیار بهتر از بارگذاری ثابت و کم در یک زمان ماند پایین است.این شرایط سبب ماند بیشتر جامدات و تولید بیشتر متان گردیده و از طرفی پس از یک شوک هیدرولیکی، برگشت سریع راکتور به حالت عادی را به دنبال دارد.

۵-۱۱-۲- قابلیت نگهداری جامدات

با استفاده از نشانگر اکسید کرم در یک پساب حاوی جامدات بالا(۵۱g/l)، زمان ماند جامدات برای دو راکتور هیبرید که در زمان ماند هیدرولیکی ۱۵ روزکار می‌کردند، اندازه‌گیری شده است. راکتور سه بخشی که مورد آزمایش قرار گرفت، دارای

زمان ماند سلولی ۲۵ روز بود، در صورتی که راکتور دو بخشی دارای زمان ماند ۲۲ روز است. راکتور دو بخشی دارای بخش آغازین بزرگتر بود واین سبب می‌شد که عمل فیلتر شدن ذرات به صورت طبیعی صورت بگیرد، در نتیجه فرار ذرات از راکتور کم می‌گردید. علیرغم‌این مورد راکتور سه بخشی در تبدیل ذرات به دام افتاده به گاز متان موفق تر بود.

در یک مطالعه جامع، حداقل زمان ماند مورد نیاز برای جامدات در رسیدن به راندمان حذف مشخص در یک راکتور بافل دار و یک راکتورUASB در شرایط بارگذاری مشابه با هم مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد، زمان ماند در راکتورUASB، ۴۰ درصد بیشتر از راکتورABR بوده و زمان ماند هیدرولیکی تأثیری در افت جامدات در هنگام راه‌اندازی سیستم ندارد. همچنین میزان جامدات خروجی در هنگام راه‌اندازی راکتورهای دارای زمان ماند ۲۰ روز کاملاً مشابه با راکتورهای دارای زمان ماند ۴۰ و ۸۰ روز می‌باشد.

۱۲-۵- مدل سازی راکتورهای ABR

رفتار تصفیه‌ای مشابهی در یک راکتورABR ، صافی بی‌هوازی و دیسک‌های بیولوژیکی دوار تحت شرایط مشخص مطالعه گردید. به منظور پیش بینی عملکرد بهتر راکتور سعی شد مدل یکپارچه‌ای برای راکتورهای با فیلم ثابت[۳۲] و همچنین برای راکتورهای بافل دار بی‌هوازی(ABR) توسعه داده شود. محققان، ذرات لجن که در میان لجن ABR یافت شده بود را به صورت ذرات کروی فرض کردند که مواد غذایی باید از میان آن (برای مصرف شدن توسط باکتری) عبور کند. بنابراین آن‌ها ترکیبی از مدل رشد ثابت با مدل‌های متغیر دیگر که شامل انتقال جرم از فاز مایع، سینتیک موناد و انتشار مولکولی بود را استفاده نمودند. (جدول ۵-۶) دو روش مختلف دراین مورد به کار گرفته شد:

اولین روش، براساس نرخ انتشار موادغذایی محدود(برای نمونه استات و پروپیونات) به درون یک فیلم باکتری یایی ثابت عمیق است. کاربرداین مدل با برآورد سطح ویژه در هر اتاقک یا بخش‌های راکتور امکان‌پذیر است. اطلاعات بدست آمده را می‌توان برای هر بارگذاری مختلف تعمیم داد. اگرچه برآوردهای آغازین دراین روش خوب است، ولی در برآورد راندمان حذف COD در بارگذاری‌های بالا خوب عمل نکرده و مقدار کمتر از مقدار واقعی را برآورد می‌کند. دلیل‌این اختلاف در برآورد، فرض ثابت بودن عمق لایه انتشار است که در بارگذاری‌های بالاتر به واسطه افزایش تولید گاز کاهش می‌یابد.

دومین ارزیابی از طریق فرض ردیف‌هایی از راکتورهای دارای رشد اختلاط کامل و با استفاده از سینتیک موناد انجام می‌گیرد. دراین حالت مقادیر مربوط به غلظت میکروارگانیسم‌های فعال در هر بخش راکتور برای یک بارگذاری تعیین و سپس اطلاعات به دست آمده برای نرخ‌های بارگذاری مشابه، مانند مدل " فیلم ثابت" به کار می‌رود. نتایج حاصل از مدل دوم که "مدل رشد پراکنده" نامیده می‌شود، تفسیر واقعی از اطلاعات به دست نمی‌دهد، زیرا ملاحظات مربوط به محدودیت‌های انتشاری مورد بررسی قرار نگرفته است. در مطالعه دیگری که با استفاده از مدل فیلم ثابت انجام گرفت، راکتورهای بافل دار و غلظت سوبسترا ورودی (۸ gCOD/1) مورد آزمایش قرار گرفته بود.این مدل رفتارهای زیر را پیش بینی می‌نمود:

*کاهش در راندمان تصفیه با کاهش غلظت سوبسترا ورودی در نرخ‌های ثابت بارگذاری؛

*کاهش در راندمان تصفیه با افزایش در بارگذاری آلی در غلظت ثابت سوبسترا؛

*کاهش در راندمان تصفیه با افزایش در نسبت برگشت جریان در HRT (زمان ماند هیدرولیکی) ثابت.

نتایج نشان داد که راندمان راکتور با کاهش غلظت سوبسترا در یک HRT ثابت بهبود می‌یابد.

۳۲- Fixed Film

جدول ۵-۶ معادلات مدل بندی‌های سیستم‌های ABR

No.	Substrate model equations	Ref.
1	$dS/dt = -aCS^q + QS_0 - QS,\ S = S_0 - (a/Q)CS^q$	Bachmann *et al.*, 1983
2	$D_f(\partial^2 S_f/\partial z^2) = (kS_fX_f)/(K_s + S_f)$	Bachmann *et al.*, 1985
3a	$S_n = S_0/[(1 + k_1W_1/Q)(1 + k_2W_2/Q)\ldots(1 + k_nW_n/Q)]$	Xing *et al.*, 1991
3b	$S_n = [S_0(1 + R)^{n-1}]/[(1 + R + k_1W_1/Q)(1 + R + k_2W_2/Q)\ldots(1 + R + k_nW_n/Q) - (1 + R)^{n-1}R]$	Xing *et al.*, 1991
4	$D_f[(\partial^2 S_f/\partial r^2) + (2/r)(\partial S_f/\partial r)] = (kX_fS_f)/(K_s + S_f)$	Nachaiyasit, 1995

a: سطح ویژه در واحد حجم راکتور (L^{-1})

C: ثابت واکنش با درجه متغیر

D_f: انتشار مولکولی در فیلم زیستی (بیوفیلم) (L^2T^{-1})

K: ماکزیمم نرخ ویژه مصرف سوبسترا $(M_sM_xt^{-1})$

K_s: ثابت نیمه- سرعت واکنش (ML^{-3})

Q: نرخ ویژه جریان (t^{-1})

Q: درجه واکنش با میزان متغیر

r: شعاع ذرات کروی در حالت سه بعدی (L)

R: نسبت برگشت جریان

S: غلظت سوبسترا (ML^{-3})

S_0:غلظت ورودی

S_f:غلظت سوبسترا در بیوفیلم

S_n:غلظت سوبسترای خروجی

W:جرم لجن

X_f: دانستیه باکتریایی (ML^{-3})

Z: فاصله معمول تا سطح بیوفیلم (L)

فرضیات اصلی دراین مدل، عبارتند از :

الف) تمام مصرف سوبسترا در بستر لجن گرانولی روی می‌دهد.

ب) بستر با لجن به واسطه تولید گاز اختلاط می‌یابد.

با استفاده ازاین مدل، یافته‌های زیر به دست می‌اید:

۱. در بارگذاری آلی ثابت، با افزایش غلظت سوبسترا، راندمان تصفیه افزایش می‌یابد.

۲. چنان چه زمان ماند هیدرولیکی کاهش می‌یابد، راندمان عملکرد راکتور کاهش می‌یابد.

۳. با افزایش بارگذاری (از ۱۱ تا ۱۶ kgCOD به ازای هر مترمکعب در روز) در یک وزن ثابت لجن، راندمان عملکرد کاهش می‌یابد.

۴. با افزایش وزن لجن تا یک مقدار ثابت، راندمان حذف COD افزایش می‌یابد.

۵. عملکرد راکتور مستقل از غلظت زیست توده می‌باشد.

۶. افزایش نسبت برگشت جریان سبب کاهش راندمان حذف COD در راکتور می‌گردد.

نتایج بررسی بر روی فلوک‌ها نشان می‌داد که قطر لخته‌ها (فلوک‌ها) نسبت به عمق فعال بیوفیلم بسیار بیشتر است. علت‌این امر شایداین باشد که در بیو فیلم‌های بی‌هوازی، دهنده و گیرنده الکترون یک ماده آلی منفرد است و سه گروه میکروبی اصلی به صورت همزی‌گری عمل می‌نمایند. دراین حالت، فلوک‌های فعال ممکن است دارای قطری حدود ۳ میلی متر باشند. علاوه براین، تمام فلوک‌ها به صورت صاف و مسطح نیستند، ولی اگر ضخامت فعال بیولوژیکی کمتر از ۱ درصد شعاع خمیدگی فلوک[۳۳] (به معنی شعاع کره به علاوه لایه انتشار) برسد، می‌توان سطح فلوک را به صورت هموار و مسطح فرض نمود. لازم به ذکر است، زمانی که بارگذاری آلی ورودی به راکتور بالا است،این حالت نمی‌تواند صادق باشد، زیرا ذرات لجنی که در راکتور وجود دارند، به صورت ذرات کروی شناوری هستند که بر روی آنها سطوح ویژه‌ای برای نفوذ موادغذایی به داخل فلوک‌ها وجود دارد. این حقیقت بر آن دلالت دارد که مدل کروی نسبت به مدل‌های دو وجهی ساده تناسب بهتری دارد. محاسبه پارامترهای مهم دراین مدل، مانند ضخامت لایه انتشاری و ضریب انتقال جرم از فاز مایع به فاز جامد زیست توده با استفاده از روش پیشنهاد شده توسط Batchmann انجام می‌گیرد. به صورت معمول،این مدل نسبت به روشهای قبلی راندمان حذف مطلوب تری را برای COD نشان داد و در بارگذاری بالا(۸-۱۵gCOD/1) در ۲۰ ساعت و در زمان‌های ماند هیدرولیکی کوتاهتر(۱۰ و ۵ ساعت با غلظت تزریق ۴ gCOD/1) دارای صحت بالاتری می‌باشد.

مانند مدل قبل شرایط زیر دراین مدل حاکم می‌باشد:

- راندمان حذف با افزایش نسبت برگشت جریان، زمان ماند هیدرولیکی و افزایش غلظت سوبسترا کاهش می‌یابد. هر چند که مدل کروی تناسب بیشتری را نسب به معادلات فیلم ثابت مسطح ایجاد می‌کند.

- براساس یافته‌های آنالیزهای مختلف، مشخص گردید که سطح ویژه فلوک‌ها و میزان جریان بیشترین اثر را بر روی میزان‌های برآورده شده در مدل دارد. به صورت کلی، به نظر می‌رسد با ادغام ملاحظات تئوریکی و یافته‌های تجربی بتوان به مدلی دسترسی پیدا کرد که بیشترین تناسب را با داده‌های واقعی داشته باشد. از آن جایی که صحبت هر مدل وابسته به نوع پساب و سوبسترای مصرفی می‌باشد، اطلاعات سینتیکی برای هر بخش از راکتور، با انجام آزمایشات زیستی باید به صورت جداگانه‌ای تعیین گردد. (Batchmanm 1985) همه مدل‌هایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، تولید استوکلاسیک متان را به عنوان مرحله محدودکننده سرعت مورد ارزیابی قرار داده‌اند. هر چند از یافته‌های محققان دیگر مشخص شده است که ساختار خود راکتور هم سبب تغییر دینامیکی دو گونه میکروبی (متانوسارسینا و متانوسائتا) برای مصرف استات می‌گردد. از آن جایی که‌این دو گونه هر یک دارای سینتیک رشد مختلفی هستند، تغییرات در شرایط محیط سبب تغییرات جمعیتی دراین گونه‌ها می‌گردد.

۳۳- Curvature

دراین معادلات، یکی از اصول مهم پیدا نمودن ابعاد، تعداد بخش‌های ABR است. براساس یافته‌های متعدد در مقالات گوناگون برای حذف مؤثرCOD، ابعاد ۲ تا۴ بخش در راکتور لازم می‌باشد. از طرف دیگر، راکتورهایی که دارای بخش‌های بیشتری هستند، نسبت به شوک بارگذاری آلی و هیدرولیکی مقاوم تر می‌باشند.

۱۳-۵- زلال سازی هوازی در محل راکتورهای ABR

نتایج چند پایلوت آزمایشگاهی نشان می‌دهد که یک مرحله زلال سازی هوازی می‌تواند در داخل راکتور کار گذاشته شود، بدون آن تغییر چندانی در عملکرد راکتورایجاد کند.این بدین معنا است که باکتری‌های متانوژن در حضور اکسیژن هم فعال می‌مانند. دراین حال در سطح توده‌های متانوژنی، گستره‌ای از باکتری‌های اختیاری قرار می‌گیرند.

لازم به ذکر است، فرآیندهایی که در آنها استفاده از سیستم‌های هوازی و بی‌هوازی لازم است (مانند فرآیندهای سمیت زدایی) می‌تواند عامل مؤثری در تصفیه باشند.

۱۴-۵- حذف نیتروژن در راکتورهای ABR

نیتروژن در حالت‌های اکسیداسیون مختلف، به صورت آمونیاک، نیترات و نیتروژن گازی در محیط یافت شده و یکی از دو عامل مهم مشکلات زیست محیطی به شمار می‌رود. نیترات و فسفات‌ها می‌تواند سبب اتریفیکاسیون[۳۴] بدنه‌های آبی مختلف شوند که دراین میان جلبک‌ها نقش عمده‌ای را بازی می‌کنند. غلظت نیتروژن در بیشتر پساب‌های تولیدی از صنایع بالا بوده، در حالی که غلظت این ترکیبات در پساب‌های خانگی نسبتاً پایین است. در حقیقت بیشتر ترکیب ازته موجود در پساب را ازت آمونیاکی (۶۰درصد) و ازت آلی(۴۰درصد) تشکیل داده و تنها مقدار جزیی ازاین ترکیبات مربوط به نیترات است (کمتر از ۱درصد). حذف نیتروژن از طریق نیترات سازی و نیترات زدایی با استفاده از واحدهای آنوکسیک و هوازی با برگشت جریان امکان پذیر است؛ هرچند اکسیداسیون آمونیاک ممکن است گرینه بهتری در بین آنها باشد. دراین حالت به صورت کلی ابتدا از طریق فرآیندهای هوازی ازت آلی و آمونیاکی به نیتریت و سپس نیترات تبدیل و در مرحله بعد، با استفاده از فرآیندهای آنوکسیک (بی‌هوازی)، نیترات به گاز ازت احیاء می‌شود. یکی از مشکلات موجود دراین حالت، هزینه بالای ساخت دو راکتور هوازی و بی‌هوازی است. دراین میان هزینه به کار گرفته شده برای وجود همزمان راکتورهای هوازی و بی‌هوازی مجزا با اصلاح یک راکتور بافل دار بی‌هوازی(ABR) کاهش می‌یابد. همانطورکه در مباحث قبلی ذکر شد، یکی از محاسن بزرگ سیستم ABR، زمان ماند هیدرولیکی و سلولی بالا، مقاومت در برابر تغییرات PH و دما و مقاومت در برابر سمیت است.این مزایا بدین معنی است که حذف نیتروژن می‌تواند در یک راکتور منفرد (نه در دو راکتور مجزا) انجام بگیرد. سیستم‌های دو واحدی معمولاً شامل فاز هوازی ابتدایی هستند تا آمونیاک به میزان قابل قبولی کاهش یافته و پساب بتواند به راکتور آنوکسیک وارد شود. هر چند کهاین سیستم‌ها مستلزم اضافه کردن یک دهنده الکترون خارجی هستند تا نیترات زدایی انجام بگیرد.

از طرف دیگر سیستم‌هایی که با یک راکتور آنوکسیک آغاز می‌گردند به واسطه افزایش PH طی تجزیه پروتئین محدود شده واین سبب افزایش نسبت سمیت آمونیاک در راکتور می‌شود. بنابراین‌این سیستم‌ها میتوانند تنها پساب‌های حاوی آمونیاک پایین را تصفیه کنند؛ در غیراین صورت تصفیه چنین پساب‌هایی نیازمند زمان تثبیت زیادی می‌باشد.این خصوصیت (حذف آمونیاک آغازین) می‌تواند به تنهایی توسط راکتور ABR انجام گیرد، زیرا در قسمت ورودی‌این راکتورPH به واسطه شروع مرحله اسیدوژنز کاهش می‌یاد.اینPH پایین سبب هدایت واکنش به سمت تولید آمونیاک با سمیت کمتر می‌گردد، در

34- EutroPhication

نتیجه ظرفیت سیستم را برای ورود پساب با آمونیاک بیشتر گسترش می‌دهد. دراین حالت منبع خارجی دهنده الکترون نیاز نیست و نیترات زدایی در قسمت ورودی راکتور سبب بهبود حذفCOD با اکسیدشدن بخشی از COD ورودی به راکتور (به منظورایجاد شرایط احیاء نیترات) می‌گردد.

۱۵-۵- راکتورهای ABR با تغذیه دو مرحله‌ای[۳۵]

راهبری راکتورهای بافل دار بی‌هوازی در نرخ‌های بالا بارگذاری طی راه‌اندازی سیستم سبب ناپایداری، تجمع اسیدهای چرب فرار و پایین آمدن PH می‌گردد. یکی از مشکلات مهمی‌که دراین راکتورهاایجاد می‌شود، عدم تشکیل گرانول یا فلوک می‌باشد. با ورودی یکباره پساب به داخل راکتور باکتری‌ها در معرض سمیت بالایی قرار می‌گیرند و سیستم از حالت پایدار خارج می‌شود. برای غلبه براین مشکلات، راهکارهای مختلفی به کار گرفته می‌شود که شامل بارگذاری پایین، ترقیق پساب ورودی و تغذیه دوره‌ای راکتور می‌باشد.این روش‌ها نمی‌توانند مشکل را کاملاً برطرف نمایند. برای نمونه، در بارگذاری پایین اگر چه در بخش‌های ابتدایی راکتور مشکلات بر طرف می‌گردد، ولی در بخش‌های انتهایی باکتری‌ها با کمبود غذا روبه رو می‌شوند. شاید بهترین بهترین راه برای مقابله بااین مشکلات در حین راه‌اندازی سیستم و مواقع‌ایجاد شوک در راکتور، تغییر میزان و مسیر سوبسترا ورودی به راکتور می‌باشد. راکتورهای بافل دار بی‌هوازی با تغذیه انشعابی یا دو مرحله‌ای[۳۶] دارای مزایای زیادی هستند که قادرند اکثر مشکلات‌ایجاد شده را کاهش دهند. ایجاد تغذیه دو مرحله‌ای سبب از بین رفتن حسن بزرگ راکتورهای بافل دار بی‌هوازی می‌گردد، بدین صورت که جداسازی فازهای اسیدوژنز را از بین می‌برد. ولی همانطور که قبلاً بیان شد،این جداسازی به صورت نسبی بوده و حتی بعضی از محققان اعتقاد دارند که‌این دو فاز به صورت همزمان با هم وجود دارند.

۱۶-۵- راهبری راکتورهای ABR

۱-۱۶-۵- راه‌اندازی

نرخ پایین بارگذاری سبب رشد بهتر فلوک‌ها و گرانول‌ها و از طرفی تولید بیشتر پیش سازهای متان (برای نمونه استات) و افزایش جمعیت متان زاها و تولید متان می‌گردد. راه‌اندازی راکتور با یک زمان هیدرولیکی بالاتر سبب ماند بیشتر جامدات در سیستم (در ابتدای راه‌اندازی سرعت جریان رو به بالا هنوز تنظیم نشده است) و تولید بیشتر متان می‌شود. راهبری ناپیوسته[۳۷] سیستمABR با استفاده از غلظت آغازین لجن برابر با ۲۰gMLSS/L انجام میگرد. سیستم برای یک هفته به صورت ناپیوسته کار می‌کند. طی‌این زمان، محتویات راکتور برای‌ایجاد شرایط هموژنیته در راکتور برگشت داده می‌شود. بعد ازاین هفته، سیستم ABR به صورت مستمر کار می‌کند.(با بارگذاری ۰/۰۲kgCOD/m^3)پیشنهاد می‌شود، میزان SO_4در پساب ورودی برابر ۰/۰۹ Kg SO_4 / m^3 باشد. بعد از آن در بین بخش‌های مختلف راکتور تغییرات مختلفی مانند غلظت سولفات، COD و. . روی نداد، می‌توان بارگذاری را تا میزان مورد نظر افزایش داد.

۲-۱۶-۵- برگشت جریان : مزایای ناشی از جریان، عبارتند از:

۱-رقیق کردن پساب و کاهش سمیت آغازین

۲-افزایشPH

35- Split-Feed ABR
36- SFABR:Split Feed Anearobic Beffled Reactor
37- Batch

۳-کاهش تولید کف و محصولات محلول میکروبی(SMP)

۳-۱۶-۵- تصفیه پساب‌های با بارآلودگی پایین

زمانی که غلظت آلاینده‌ها در پساب ورودی کم است، زمان ماند هیدرولیکی در راکتور کاهش می‌یابد. زمان ماند هیدرولیکی پایین تر، سبب انتقال بهتر جرم می‌شود که‌این به واسطه اختلاط هیدرولیکی بهتر و غذا خواهی بیشتر بیومس در بخش‌های بعدی است. دراین حالت می‌توان پساب را بدون هیچ مشکلی وارد راکتور کرد. از نکات مهم بهره برداری دراین حالت، تولید زیست توده کمتر و در نتیجه تولید گاز کمتر است. پیشنهاد می‌گردد، زمانی که پساب‌های با بار آلودگی کمتر در حال تصفیه است، راه‌اندازی با بیومس بیشتری انجام شود تا توده بیشتری از لجن و اختلاط بهتری از گازها در کمترین زمان ممکن به دست می‌آید.

۴-۱۶-۵- تصفیه پساب‌های دارای بار آلودگی بالا

دراین حالت زمان ماندهیدرولیکی در راکتور افزایش می‌یابد. زمان ماند بالا سبب کاهش خروج جامدات به واسطه تولید گاز می‌شود. از طرفی دیگر، دراین سیستم‌ها، باکتری‌های متان ساز متانوسارسینا و باکتری‌های مصرف کننده هیدروژن در راکتور فعال شده و سبب حذف بهینه ترکیبات آلی و تولید بیشتر متان می‌گردند. با افزایش میزان بارگذاری، خروج جامدات از سیستم افزایش می‌یابد.

۵-۱۶-۵- تصفیه پساب‌های دارای جامدات بالا

دراین سیستم‌ها، با ته نشینی بالای جامدات در راکتور، میزان تولید متان افزایش می‌یابد. به همین دلیل، استفاده از سیستم‌های پیش ته نشینی دراین موارد ضروری نمی‌باشد. یکی از مشکلات عمده‌این روش کاهش حجم مؤثر راکتور به واسطه ته نشینی جامدات است که با تناوب بیشتر تخلیه می‌توان‌این مشکل را حل نمود.

۶-۱۶-۵- دما

به نظر می‌رسد دما عامل بسیار مهمی‌در عملکرد راکتور نباشد، به طوری که کاهش دما از ۳۵ به ۲۵ درجه سانتی گراد سبب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در عملکرد راکتور نمی‌گردد. ولی اگر دما بیش ازاین کاهش یابد، به واسط افزایش سمیت، کاهش سینتیک رشد و کاهش سرعت واکنش بیولوژیکی و شیمیایی راندمان حذف کاهش می‌یابد. دراین حالت پیشنهاد می‌گردد با ا ستفاده از روشهای خاص، مانند لوله‌های حاوی آب گرم یا مبدل حرارتی، میزان دما در پساب ورودی افزایش داده شود.

۱۷-۵- توانمندی‌های راکتور ABR در تصفیه پساب‌های مختلف

سیستم راکتورهای بافل دار بی‌هوازی، نوید توانمندی قابل ملاحظه‌ای را برای تصفیه پساب‌های صنعتی می‌دهد، زیرا می‌تواند در بارگذاری هیدرولیکی و آلی مختلف تغییرات دما و PH تغذیه مرحله‌ای و ورود مواد سمی‌به راحتی به کار خود ادامه دهد. عملکرد واحدهای ABR نسبت به سیستم‌های دیگر درجدول ۵-۷ نشان داده شده است. استفاده‌های آتی ازاین راکتورها متضمن توسعه راکتورها برای عملکرد بهتر می‌باشد.

جدول ۵-۷ راندمان‌های تصفیه‌ای برای سیستم‌های مختلف تصفیه پساب

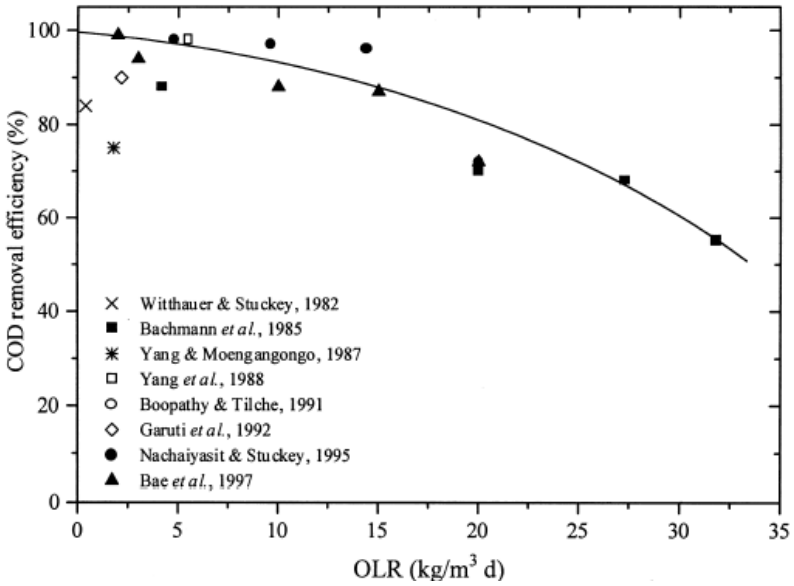
Feedstock	Reactor type	Reactor volume (l)	Inlet COD (g/l)	Loading rate (kg/m^3 d)	COD removal (%)	Ref.
Carbohydrate	ABR	6.3	7.1	1	79	Bachmann *et al.*, 1983
	ABR	6	1–10	2–20	72–99	Bae *et al.*, 1997
	ABR	75	0.44–0.47	0.96–1.66	84–93	Orozco, 1988
	UASB	4.8	1–10	2–20	< 50–97	Bae *et al.*, 1997
	UASB	–	0.49–0.55	1–2.2	77–86	Orozco, 1988
	AF	0.4[a]	8	1	92	Bachmann *et al.*, 1983
	USSB	4.2	60–80[b]	75	75–89	van Lier *et al.*, 1996
	AAFEB	~0.4	0.05–0.60	0.8–4.8	40–95	Switzenbaum and Jewell, 1980
Slaughterhouse	ABR	5.16	0.48–0.73	0.9–4.7	75	Polprasert *et al.*, 1992
	UASB		0.73	2.7	77	Zheng and Wu, 1985
	UASB		1.50–2.20	7	85	Sayed *et al.*, 1987
	UASB	30	1.50–2.20	6–10	87–91	Lettinga *et al.*, 1982
	UASB	2	8	1–6.5	90	Ruiz *et al.*, 1997
	AF	2	8	1–6.5	< 90	Ruiz *et al.*, 1997
Molasses	HABR	150	115–990	20	77	Boopathy and Tilche, 1991
	HABR	150	115–990	28	50	Boopathy and Tilche, 1992
	HABR	150	5–10	5.5	98	Tilche and Yang, 1987
	UASB	~85	100	24	75	Sanchez Riera *et al.*, 1985
	AF	125	5–10	10.5	98	Tilche and Yang, 1987
Greywater	ABR	8	0.48	0.4	63–84	Witthauer and Stuckey, 1982
	AF	8[a]	0.48	0.4	64–89	Witthauer and Stuckey, 1982
Piggery	ABR	15	58.5	4–8	62–69	Boopathy and Sievers, 1991
	UASB	7	5.5	2.83	60–80	Cintoli *et al.*, 1995
Phenol	ABR	–	2.2–3.2	1.67–2.5	83–94	Holt *et al.*, 1997
	UASB		0.9[c]		98	Zhou and Fang, 1997
	UASB		5.2	2	90	Chang *et al.*, 1995
	AF	69,000	~1.8	5.67	54	Kanekar *et al.*, 1996
Sulphate[d]	ABR	10	20	20	50	Fox and Venkatasubbiah, 1996
	2-phase	2.7 (2.5)[e]	45.2	–	85	Reis *et al.*, 1995
	UASB	5.75	0.7–2	~5	90–95	Visser *et al.*, 1992
	AF	1	49.8	11–18.6	29–36	Hilton and Archer, 1988

[a]Liquid volume.[b]Sucrose with VFA mixture, thermophilic treatment.[c]Phenol concentration.[d]COD:SO_4 ratio 8:1 for ABR, 10:1 for 2-phase, 2:1 → 0.5:1 for UASB (thermophilic), 8:1 → 4:1 for AF.[e]Acidogenic stage made up of two reactors with a total volume of 2.7 l. The number in parentheses refers to a single methanogenic stage.

۱-۱۷-۵- تصفیه پساب‌های دارای درجه آلودگی کم

راندمان بالای راکتورهای ABR در تصفیه پساب‌های بار بار آلی کم، در تحقیقات زیادی به اثبات رسیده است. در بارگذاری مختلف، راندمان مختلفی ازاین سیستم‌ها گزارش شده است. (شکل ۵-۵). پساب رقیق، نیروی انتقال جرم پایینی را بین بیومس و موادغذایی‌ایجاد نموده و در نتیجه فعالیت بیومس براساس معادله موناد کاهش می‌یابد. در نتیجه تصفیه پساب‌های بار بار آلودگی کم، سبب بهبود شرایط برای رشد باکتری‌های مرده مانند متانوسائتا در ABR میشود.

در تصفیه پساب‌های ضعیف رقیق شده حاصل از کارخانه تولید شیر گزارش شده که تغییرات کمی‌در تولید باکتری‌های تولید کننده اسید اتفاق افتاده است. در واقع در غلظت‌های پایین COD، گزینش قابل توجهی ازجمعیت میکروبی انجام نمی‌شود. همچنین مشخص گردید، با نرخ کمتر تولید گاز که نشان دهنده زمان ماند هیدرولیکی کوتاهتر است (از ۶ساعت به ۲ ساعت)، زمان ماند بیومس کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای کاهش قابل ملاحظه‌ای از تولید گاز به واسطه افزایش HRT نشان داده شده است. دراین حالت، بیومس قرار گرفته در بخش‌های انتهایی (در زمان‌های ماند بالاتر)، انتظار بیشتری برای غذا را باید تحمل کنند. وقتی که پساب با بار آلی کم درحال تصفیه هستند، زمان ماند کوتاه سبب افزایش تلاطم هیدرولیکی و کاهش مقدار K_s می‌گردد (افزایش راندمان دراین حالت به دست می‌آید.)



شکل۵-۵ راندمان راکتور ABR در بارگذاری‌های مختلف برای تصفیه پساب‌های ضعیف

حذف نامنظمی‌از COD در راکتورهای بافل دار در بارگذاری پایین پساب‌های مصنوعی رقیق شده نیز گزارش شده است. این مشکلات به واسطه توده کم لجن (تلیقح کمتر از ۳gvss/l) است که بعد از یک زمان ماند بالای ته نشینی بیومس‌ایجاد می‌گردد. در درون توده‌های نازک لجن، کانال‌های اتصال کوتاهی‌ایجاد می‌شود که سبب تشکیل کمتر گاز و در نتیجه، کاهش انتقال جرم بین بیومس و مواد غذایی می‌گردد. از طرف دیگر، صافی‌های بی‌هوازی که تحت همین شرایط راهبری می‌گردیدند، بیومس معلق خود را طی بارگذاری بیش از حد از دست دادند. جدول ۵-۸ میزان تولید گاز متان را در بارگذاری‌های مختلف در راکتورهای ABR نشان می‌دهد.

جدول ۵-۸ میزان تولید متان در بارگذاری‌های مختلف راکتورABR

Wastewater	OLR (kg/m^3 d)	Methane yield (m^3/kg VSS/d)	Ref.
Swine manure	4–8	0.76–1.28	Boopathy and Sievers, 1991
Swine manure	1.8	0.27	Yang and Moengangongo, 1987
Carbohydrate/protein	4.8	0.11	Nachaiyasit and Stuckey, 1995
Carbohydrate/protein	4.8	0.22	Grobicki, 1989
Sea kelp	2.4	0.35	Chynoweth *et al.*, 1980
Molasses	20	1.25	Boopathy and Tilche, 1991
Phenol	1.67–2.5	0.26–0.34	Holt *et al.*, 1997
Slaughterhouse	1.82–4.73	0.13–0.18	Polprasert *et al.*, 1992

۲-۱۷-۵- تصفیه پساب‌های کم دما

در دمای محیط (دماهای کم)، محققان مزایای مناسبی را از نظر عملکرد راکتورهای مرحله بندی شده نسبت به سیستم‌های اختلاط کامل مشخص نمودند. در تمام مطالعاتی که پیش ازاین انجام شده بود، دمای کارکرد راکتور دمای مزوفیلیک بود، در حالی که دراین مطالعات دمای مدنظر۱۳ درجه سانتی گراد می‌باشد. براساس قانون وانت‌هاف، سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی با افزایش هر ۱۰ درجه سانتی گراد، دو برابر می‌شود. برخلاف‌این مورد هیچ کاهش قابل ملاحظه‌ای در راندمان حذفCOD هنگامی‌که دمای راکتور از ۳۵ به ۲۵ درجه سانتی گراد کاهش می‌یابد، مشاهده نشده است. هر چند که نرخ‌های سوخت و ساز پایین تر که به واسطه K_s بالا در قسمت‌های ابتدایی راکتورایجاد می‌گردد، سبب انتقال مرحله تولید اسید به مراحل بعدی (قسمت‌های انتهایی راکتور) می‌شود و دراین حالت، راندمان حذفCOD تغییری نمی‌یابد. افزایش در

تولید اسیدهای چرب فرار سبب کاهش همزمان در PH و افزایش اولیه در هیدروژن فاز گازی می‌شود که به سرعت به مقادیر اولیه خود باز می‌گردد. نفوذ عمیق تر اسیدهای چرب فرار به عمق راکتور سبب رشد بهتر متانوژن‌ها در بخش‌های بعدی راکتور می‌شود. نتایج نشان داده است، باکتری‌های کند رشد حساسیت کمتری نسبت به باکتری‌های تند رشد در افت دمایی دارند. اگر راکتور برای مدت زمان زیادی (برای نمونه، ۱۲ هفته) در دمای پایین کار کند، برخلاف آنکه غلظت اسیدهای واسطه افزایش یافته است، ولی راندمان افزایش نمی‌یابد(در حالی که براساس معادله موناد،این اسیدها باید سبب رشد بیشتر زیست توده برای حذف بیشتر موادغذایی گردد). تصفیه پساب‌های دارای دمای پایین، یکی از معضلاتی است که بیشتر واحدها با آن روبه رو هستند. دراین واحدها، ابتدا نیاز است که دمای پساب از طریق مختلف افزایش یابد. در تصفیه‌های بی‌هوازی،این مشکل حادتر می‌گردد، زیرا فعالیت بی‌هوازی وابستگی شدیدی به دما دارد و بیشترین گاز زیستی در دماهای بالا تشکیل می‌شود. استفاده از سیستم‌های بی‌هوازی که در دماهای پایین کار می‌کنند، سبب کاهش هزینه‌های مربوط به ساخت و راهبری سیستم می‌شود. تحقیقات مختلف از روشهای مختلف برای افزایش کارآیی حذف COD در دماهای پایین استفاده می‌شود. دراین حالت، ابتدا از لجن مزوفیلیک‌هاضم‌های لجن استفاده و سپس دمای راکتور تا ۵ درجه سانتی گراد پایین آورده می‌شود. راندمان راکتور دراین حالت از ۰ تا۹۰ درصد در فیلترهای بی‌هوازی، فرآیند لجن بی‌هوازی با جریان رو به بالا و راکتورهای ناپیوسته متوالی بی‌هوازی تغییر خواهد کرد. همانطور که در مباحث قبلی بیان شد، سیستم‌های ABR، توانایی تصفیه پساب‌های ضعیف(۱gCOD/L-۱۰) و قوی بیشتر از (۱۰gCOD/L) را در دمای مزوفیلیک دارا می‌باشند.

راندمان حذف این راکتورها دراین دما تا ۹۵ درصد هم افزایش می‌یابد. کاهش دما دراین راکتورها سبب کاهش راندمان حذف می‌شود، به طور ی که اگر دما تا ۱۰درجه سانتی گراد، کاهش یابد، سبب کاهش راندمان تا ۶۰درصد می‌گردد.این امر شاید به واسطه آن باشد که با کاهش دما مقدارKs افزایش یابد. در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد، VFA[۳۸] تقریباً برابر با یک سوم و دو سوم COD پساب خروجی می‌باشد.این حالت نشان دهنده آن است که تولید ترکیبات مقاوم در برابر تجزیه زیستی اتفاق می‌افتد(این ترکیبات را محصولات محلول میکروبی SMP می‌نامند).این ترکیبات در دمای پایین افزایش می‌یابد. در نتیجه به صورت کلی می‌توان نشان داد، کاهش نرخ‌های کاتابولیکی، موجب افزایش K_s می‌گردد. همچنین کاهش دما از ۳۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تغییرات کمی‌را در عملکرد راکتورایجاد می‌کند که‌این از مزایای راکتورهای بافل دار بی‌هوازی است.

۳-۱۷-۵- تصفیه پساب‌های با بار آلودگی بالا

در حالی که زمان ماند کوتاه برای پساب‌های رقیق امکانپذیر و یا به تعییری لازم است، عکس‌این حالت، در زمان کاربرد پساب‌های قوی می‌باشد.این عمل به واسطه اختلاط بیشتر گازی در میان راکتور که به واسطه افزایش انتقال جرم بین موادغذایی و بیومس می‌باشد، انجام می‌گیرد.این عمل سبب دورریز بیشتر بیومس و اصلاحات مختلفی در طرح راکتور برای ماند بیشتر جامدات شده است. اطلاعات کمی‌در کاربرد راکتورABR برای تصفیه پساب‌های قوی در جدول ۵-۹ ارائه شده است.

جدول ۵-۹ اطلاعات در نظر گرفته شده برای تصفیه چند نوع پساب دارای بار آلودگی بالا

38- Volatile Fixed Acid

Wastewater	Raw molasses	Molasses alcohol stillage	Swine waste	Whisky distillery
Influent COD (g/l)	990	115.8	58.5	51
HRT (h)	850	138–636	360	360
Reactor volume (l)	150	150	15	6.3
Temperature (°C)	37	37	35	30
OLR (kg/m^3 d)	28	4.3–20	4	2.2–3.46
COD removal (%)	50	70–88	62–69	>90
Biogas production (v/v/d)	>5	>2.3	2.9–3.2	1.2–3.6
Ref.	Boopathy and Tilche, 1991	Boopathy and Tilche, 1992	Boopathy and Sievers, 1991	Boopathy et al., 1988

زمانی که میزان COD ناشی از الکل ملاس و میزان بارگذاری بر واحدABR از میزان ۱۱۵ g/l و ۱۲/۲۵kgCOD $m^3.d$ تا میزان ۹۹۰ g/l و ۲۸kgCOD $m^3.d$ افزایش داده شد، مشاهده گردید که تولید گاز در طی سه هفته تا میزان ۶۵ درصد افزایش می‌یابد. راندمان حذف COD تا ۲۰ درصد کاهش، میزان در صد گاز متان در بیوگاز تولیدی تا۲۰ درصد کاهش و نیز میزان جامدات فرار معلق در طی سه هفته تامیزان ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. میزان بالاتر از تولید گاز سبب انبساط بیشتر بستر لجن می‌گردد. براساس ملاحظات سینتیکی، غلظت‌های بالای موادغذایی سبب رشد سریع باکتری‌ها و ارگانیسم‌های دارایKs بالا و تولید متان بیشتر از کربوکسیل‌زدایی استات توسط گونه‌های متانوسارسینا و متانوژن‌های مصرف کننده هیدروژن مانند Metanobrevibacter و Methanobacterium می‌گردد. در نتیجه گونه‌های متانوسارسینا به عنوان گونه‌های غالب در بیوفلوک‌های تشکیل شده در تصفیه پساب‌های دارای بار آلودگی بالا مشاهده می‌گردد.

۴-۱۷-۵- تصیفه پساب‌های دارای غلظت بالای جامدات

ترکیب جامدات سبب کاهش تماس بین موادغذایی و میکروارگانیسم‌ها شده و از هیدرولیز و تبدیل بیولوژیک مواد می‌کاهد. باایجاد تلاطم در داخل راکتور، راندمان حذف به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد بخشی از مواد پروتئینی به صورت ذرات جامد در میان راکتور به جا مانده و ترکیبات سلولزی به میزان بسیار کمتری در راکتور باقی می‌ماند. از طرف د یگر ترکیبات لیپیدی کمی‌در سیستم باقی مانده بود که دلیل آن به خوبی مشخص نشده است. تحقیقات قبلی در شرایط مشابه نشان می‌داد که پروتئین‌ها قابلیت تجزیه پذیری پایینی دارند، ولی منبع بزرگی برای تشکیل متان می‌باشند، ازاین رو ماندن آن‌ها در راکتور حائز اهمیت است.

۵-۱۷-۵- تصفیه پساب‌های سولفاته

اثرات احیای سولفات در راکتورABR با تصفیه پساب دارویی حاوی سولفات بالا(COD برابر با ۲۰g/l و نسبت COD:SO_4 برابر با ۸:۱) مورد ارزیابی قرار گرفته است. در شرایط پایدار ۵۰ درصد از COD حذف و ۹۵ درصد از سولفات موجود در پساب طی ۱ روز احیاء می‌شود. نتایج نشان داد که در بخش‌های آغازین راکتور، سولفات به سولفید احیاء شده و در بخش‌های انتهایی به عنوان گیرنده نهایی الکترون مصرف و تبدیل به هیدروژن سولفاید می‌گردد. بعد از تغییر نسبت COD:SO_4 با اضافه کردن گلوکز،ایزوپروپانول و سولفات، میزان حذف سولفات از بیشتر از ۹۵ درصد در COD: SO_4 ۱۵۰:۱ به میزان کمتر از ۵۰درصد در COD:SO_4 ۲۴:۱ کاهش یافته بود. افزایش غلظت سولفات همراه با گلوکز وایزوپروپانول سبب کاهش احیای سولفات شده بود؛ به واسطه آن که دراین حالت، هیدروژن سولفاید به عنوان یک ممانعت کننده از فعالیت بیولوژیک عمل می‌نماید. همچنین افزایش میزانCOD از ۲ تا ۸g/l (COD:SO_4 ۸:۱) طی ۱۰۰ روز، سبب افزایش غلظت سولفید درجریان خروجی و افزایش سمیت شده (۸۰ تا ۲۰۰mg/l هیدروژن سولفاید یونیزه نشده در PHحدود۷) و دراین حالت، راندمان حذفCOD به کمتراز ۲۰ درصد رسیده بود.

ضمناً دراین حالت بیشترین ترکیبی که در پساب خروجی مشاهده می‌شود، استات است که نشان دهنده ممانعت متانوژن‌های استوکلاسیک و فقدان مفرط سولفیدوژنزهای مصرف کننده استات می‌باشد. در چنین شرایطی، یک سیستم برگشت جریان (به نسبت ۱۰:۱) برای غلبه بر عمل ممانعتی سولفیدها یا باکتری‌های احیاءکننده سولفات و متانوژنیک‌ها لازم می‌باشد. جریان خروجی می‌تواند در یک صافی چکنده که محیط غنی‌ای از گونه‌های تیوباسیلوس می‌باشد، اکسیداسیون میکروبی شود؛ دراین حالت، سولفیدها به سولفور گرانولی تبدیل می‌شوند. بعد از اجرای برگشت جریان، غلظت کل سولفید خروجی تا میزان ۷۵ mg/l (یا ۳۰mg/l هیدروژن سولفاید یونیزه نشده بعد از تصحیح PH) و کاهش و راندمان حذفCOD تامیزان ۵۰ درصد افزایش می‌یابد.

فصل ششم - اصول روش‌های کاهش بار آلودگی پساب‌ها

۶-۱-مقدمه

روند صنعتی شدن کشورها موجب تولید مواد زائد و آلاینده‌هایی می‌شود که دفع آن به محیط‌زیست می‌تواند صدمات جبران ناپذیری به سلامتی انسان، محیط‌زیست و منابع طبیعی وارد آورد. در سال‌های اخیر با توجه به نیاز شدید به توسعه صنعتی و تولید و دفع زائدات، صنایع عمدتاً به برخود با آلاینده‌های تولید شده پرداخته‌اند و به روش‌های کاهش تولید زائدات و آلاینده‌های صنعتی توجه زیادی نشده است. در حالی که دیدگاه برخورد با آلاینده‌ها اغلب باعث تبدیل آن‌ها به نوع دیگر می‌شود و سبب حذف آنها نمی‌گردد. و از طرف دیگر هزینه‌های سنگین روش‌های تصفیه و اثرات زیست‌محیطی جانبی را در پی‌دارد. بعنوان مثال در ایالات متحده هزینه پاکسازی زائدات درست مدیریت نشده ده تا صد برابر گرانقیمت‌تر از مدیریت اولیه صحیح آن است. کمینه‌سازی آلاینده‌ها و زائدات صنعتی (Industrial Waste Minimization) یکی از روش‌های مهم کاهش آلاینده‌ها در فرآیندهای صنعتی است که هدف آن به حداقل رساندن تولید آلاینده‌ها در صنعت می‌باشد. ایده کمینه‌سازی زائدات از اوایل سال ۱۹۷۰ پیشنهاد گردید. امروزه ملاحظات زیست‌محیطی از یک طرف و هزینه‌های ناشی از ضایعات و تصفیه آنها از طرف دیگر، واحدهای تولیدی را مجبور به توجه خاص نسبت به تولید ضایعات کرده است. در این راستا طراحان سعی می‌کنند با انتخاب مناسب شکل محصول و کاربرد حداقل مواد اولیه لازم، بنحوی عمل کنند که میزان ضایعات تولیدی به حداقل ممکن تقلیل یابد. این دیدگاه هزینه تصفیه آلاینده‌ها و دفع زائدات را کاهش داده و از تخریب محیط‌زیست جلوگیری می‌کند.

۶-۱-۲- تکنیک‌های کمینه‌سازی زائدات در واحدهای صنعتی

با در نظر گرفتن اولویت، تکنیک‌های کمینه‌سازی زائدات به چهار بخش زیر تقسیم می‌شود.

الف – کاهش در منبع تولید Source Reduction

ب – بازگرداندن مواد به فرآیند Recycle and Recovery

ج – تصفیه مواد زائد Waste Treatment

د – دفع نهایی Ultimate Disposal

در شکل ۶-۱ تقسیم بندی عملیات کاهش زائدات براساس اولویت‌های ذکر شده است.

۶-۱-۲-۱- کاهش آلاینده‌ها در منبع تولید

کاهش آلاینده‌ها در منبع عبارتست از کاهش مقدار زائدات قبل از تولید آن‌ها از طریق روش‌های مناسب برخورد با مواد اولیه و بکارگیری توجهات فناوری. این روش نخستین و موثرترین راهکار کمینه‌سازی زائدات است.

کاهش زائدات در نقطه تولید آنها با کنترل تولید ماده زائد در محل تولید یا با جایگزینی مواد اولیه و یا تغییر شکل محصول قابل حصول می‌باشد. کنترل در محل تولید از سه طریق زیر قابل دسترسی است:

۶-۱-۲-۱-۱- تعمیر و نگهداری مناسب دستگاه‌ها

- جداسازی صحیح و مناسب ضایعات و آلاینده‌های مختلف،

- کنترل مناسب فرآیند و دستگاه‌های تولید با تکیه بر آمار و اطلاعات قبلی و نظارت مستمر،
- آموزش کارکنان،
- جلوگیری از نشت و هرزروی آلاینده‌ها و زائدات در نقاط مختلف خط تولید،
- تنظیم مستندات جهت فرآیند تولید و تهیه شناسنامه جهت توانایی‌ها و معایب دستگاه‌های تولید.

۲-۱-۲-۱-۶- بهینه‌سازی مواد اولیه مصرفی

- خالص‌سازی مواد اولیه،
- جایگزینی مواد اولیه مصرفی کم ضررتر،

۳-۱-۲-۱-۶- بهینه‌سازی فناوری بکار رفته در واحد تولیدی

- بهبود سیستم‌های کنترلی در فرآیند و سخت افزار آن،
- تغییر فرآیند تولید و اصلاح آن با بکارگیری فرآیندهای پیشرفته‌تر،
- تغییر یا تعویض دستگاه‌ها،
- صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های مختلف،
- صرفه‌جویی در مصرف آب،

۱-۶- ۲-۲- بازگشت دادن زائدات به فرآیند تولید و بازیافت آن‌ها

بازگشت دادن زائدات و بازیافت آنها در واقع احیاء ارزش جریان‌های مواد زائد است که از طریق بکارگیری فناوری فرآوری مجدد شامل فرآیندها و عملیاتی چون تقطیر یا استخراج صورت می‌گیرد. برگشت دادن مواد زائد به خط تولید می‌تواند در همان واحد تولیدی و یا در یک واحد دیگر صورت گیرد.

۳-۲-۱-۶- تصفیه مواد زائد

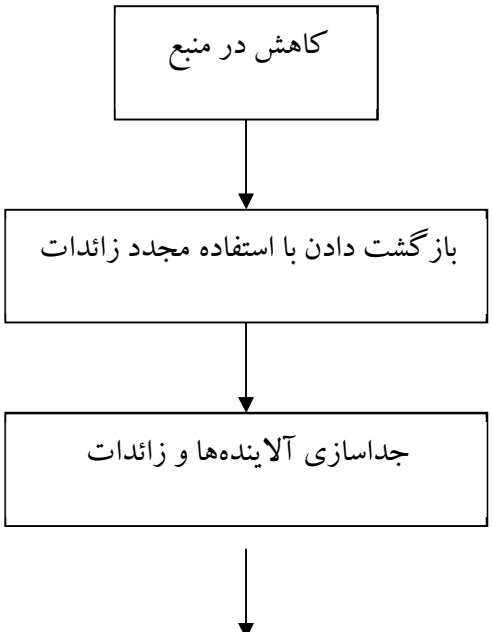
برای باقیمانده زائدات که پس از بکارگیری همه روش‌های ممکن کاهش در منبع تولید و بازگشت دادن زائدات به فرآیند تولید، تولید می‌گردد، اعمال روش‌های مختلف تصفیه فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی صورت می‌گیرد. هدف از انجام تصفیه، کاهش سمیت، حجم و آثار تخریبی دفع نهایی در محیط‌زیست می‌باشد.

۴-۲-۱-۶- دفع نهایی زائدات

کلیه جریان‌های خروجی از واحدهای تصفیه زائدات باید به گونه‌ای معقول و منطقی در محیط‌زیست دفع نهایی گردد تا خسارت حاصله به حداقل برسد. دفن مواد زاید در زمین و یا تخلیه پساب تصفیه شده در آب‌های سطحی یا زیرزمینی و یا استفاده مجدد از پساب تصفیه شده در آبیاری از جمله رویه‌های دفع نهایی محسوب می‌شوند.

همچنین ممکن است آلاینده‌ها و مواد زائد مضر و خطرناک (Hazardous Waste) نیز که امکان تصفیه آن نمی‌باشد، بوسیله سوزاندن، دفن در چاه‌های عمیق، دفن در اعمال دریا و ... نیز مستقیماً دفع نهایی گردند.

راهکارها با اولویت بیشتر



راهکارها با
اولویت کمتر

شکل ۶-۱- تقسیم بندی عملیات کاهش زائدات براساس اولویت

۶-۲- کمینه‌سازی آلاینده‌ها و مواد زاید مایع (فاضلاب‌ها)

در هر صنعت فاضلاب‌ها به سه گروه اصلی فاضلاب‌های فرآیندی، سرویس‌های جانبی و بهداشتی تقسیم می‌شوند.

در مورد فاضلاب‌ها کمینه‌سازی آلاینده‌ها در دو بعد مجزا اهمیت دارد:

- کمینه‌سازی حجم فاضلاب
- کمینه‌سازی غلظت آلاینده‌ها

۶-۲-۱- کاهش حجم فاضلاب

کاهش حجم فاضلاب باعث می‌شود برخورد با آن آسان‌تر شده و اثرات تخلیه آن بر محیط‌زیست نیز کاهش یابد. این عمل بوسیله روش‌های زیر انجام پذیر است:

الف – طبقه‌بندی و جداسازی فاضلاب‌ها،

ب – استفاده مجدد از فاضلاب‌های مختلف،

مثلاً از فاضلاب ناشی از سیستم‌های خنک‌کننده که آلودگی کمی دارند در خط تولید و یا در شستشوی کف سالن‌ها می‌توان استفاده کرد.

ج – تغییر خط تولید و فرآیند، یا بهبود آن از راه تعمیر دستگاه‌ها و استفاده از شیرهای فاقد نشتی در خط تولید،

د – کاهش حجم آب‌های مصرفی در مراحل مختلف تولید در کارخانه،

بعنوان مثال تغییر در نحوه تمیز کردن کف سالن‌های تولید و استفاده کمتر از آب در شستشو و یا استفاده از شیرهای تفنگی در هنگام شستشوی زمین، کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان فاضلاب ایجاد خواهد کرد.

۶-۲-۲- کمینه‌سازی غلظت آلاینده‌ها در فاضلاب

روش‌های زیر ممکن است در کاهش غلظت آلاینده‌ها در فاضلاب بکار رود:

الف – تغییر یا اصلاح فرآیند،

ب – اصلاح تجهیزات از طریق تعمیر دستگاه‌ها و جلوگیری از نشت مواد،

ج – جداسازی جریان‌های فاضلاب،

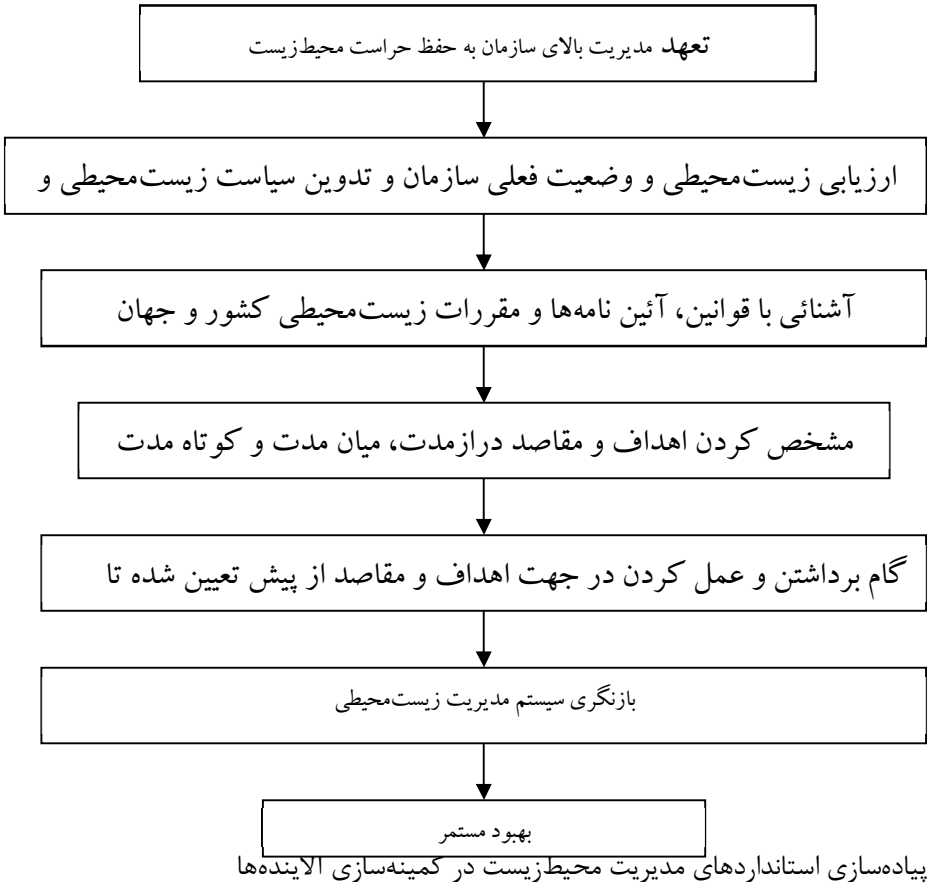
د – یکنواخت سازی جریان‌های فاضلاب،

ه – بازیابی فرآورده‌ها و محصولات جانبی،

و – آموزش پرسنل در استفاده بهتر از مواد و جلوگیری از اتلاف آن در خطوط تولید.

۳-۶-کلیات مدیریت کمینه‌سازی زایدات و آلاینده‌ها

لازمه موفقیت یک برنامه زیست‌محیطی مانند کمینه‌سازی زایدات و آلاینده‌ها، در ابتداتعهد مدیران رده‌های مختلف سازمانی در حفظ و حراست از محیط‌زیست است. شناخت وضع موجود و اهداف و ارائه برنامه مدون و مناسب برای دسترسی به اهداف ارائه شده مراحل بعدی پیاده‌سازی برنامه مزبور می‌باشد. در شکل۱-۲مراحل پیاده‌سازی برنامه استانداردهای مدیریت محیط‌زیست در کمینه‌سازی آلاینده‌ها ذکر شده است.



شکل۱-۲-مراحل پیاده‌سازی استانداردهای مدیریت محیط‌زیست در کمینه‌سازی آلاینده‌ها

۴-۶- متدلوژی طرح‌های کمینه‌سازی زائدات

مهمترین هدف طراحی استراتژی کمینه‌سازی زائدات، باید تعیین و به نمایش گذاشتن روش‌های پیشگیری و کاهش تولید آلاینده‌ها و طراحی سیستم‌های تصفیه با قیمت مناسب برای کاهش خطر آلاینده‌های تولید شده با حجم کمتر در جهت تولید پاک (Clean Production) باشد. روش عملی جهت نیل به این هدف را در قالب متدلوژی طرح‌های کمینه‌سازی آلاینده‌ها، می‌توان بصورت مراحل زیر بیان نمود.

۱-۴-۶-مرحله اول- راه‌اندازی طرح

الف - تشکیل گروه‌های کنترل و پیشگیری از تولید آلاینده‌ها،

ب - بازبینی و بازرسی پروسه تولید،

ج - بازبینی و بازرسی مواد اولیه و محل نگهداری آن‌ها،

د – درک مقدماتی چگونگی تولید آلاینده‌های مختلف.

با انجام موارد فوق چگونگی تولید آلاینده‌ها شناخته شده و روش پیشگیری و کنترل آلاینده‌ها جهت‌گیری می‌شود.

۶-۴-۲- مرحله دوم – آنالیز مراحل مختلف فرآیند تولید

الف – مطالعه دقیق فرآیند تولید،

ب – تهیه فلوچارت‌های فرآیند تولید و فعالیت‌های صنعتی،

ج – شناسایی منابع تولید آلاینده‌ها،

د – بازنگری فرآیندها جهت شناسایی عوامل تولید آلاینده‌ها،

ه – تعیین و تخصیص بودجه جهت کنترل انواع آلاینده‌های تولیدی،

و – آنالیز علل و عوامل تولید آلاینده‌ها.

با انجام مراحل فوق فرآیند تولید و منابع تولید آلاینده‌ها مشخص می‌شود.

۶-۴-۳- مرحله سوم – ممیزی انرژی

الف – بازنگری فرآیند جهت تعیین محل مصارف انرژی،

ب – موازنه تولید و مصرف انرژی Energy Balance،

ج – شناسایی و تعیین میزان انرژی هدر رفته Energy Loss.

با انجام این مرحله منابعی که اتلاف انرژی دارند تعیین می‌شوند.

۶-۴-۴- مرحله چهارم – تعیین و انتخاب روش‌های پیشگیری از آلاینده‌ها

الف – مطالعات بهینه‌سازی فرآیند،

ب – تعیین روش‌های مختلف جهت پیشگیری از تولید آلاینده‌ها،

ج – انتخاب روش عملی جهت پیشگیری از تولید آلاینده‌ها.

با انجام این مرحله امکانات مختلف جهت پیشگیری از تولید آلاینده‌ها لیست می‌شود.

۶-۴-۵- مرحله پنجم – انتخاب راه‌حل‌های پیشگیری از تولید آلاینده‌ها

الف – ارزیابی امکانات فنی،

ب – ارزیابی قابلیت‌های اقتصادی،

ج – ارزیابی جنبه‌های زیست‌محیطی راه حل‌ها،

د – انتخاب روش مناسب جهت پیاده کردن راه‌حل‌ها.

با انجام این مرحله راه‌حل‌های مربوط به روش پیشگیری از تولید آلاینده‌ها مشخص می‌شود.

۶-۴-۶- مرحله ششم – پیاده‌کردن راه‌حل‌های پیشگیری از تولید آلاینده‌ها

الف-آماده کردن زمینه،

ب – پیاده کردن راه حل‌ها،

ج – ارزیابی و نظارت بر نتایج حاصله.

۶-۴-۷- مرحله هفتم – مطالعات کنترل آلودگی

الف – مطالعات تصفیه‌پذیری آلاینده خروجی،

ب – طرح سیستم مناسب کنترل آلودگی،

ج – پیاده سازی سیستم کنترل آلودگی،

د – ارزیابی و نظارت بر بازده سیستم،

۸-۴-۶-مرحله‌هشتم–پیشگیری وکنترل‌مستمرآلودگی‌وادامه نظارت وارزیابی سیستم‌ها

با انجام این مرحله تداوم عملیات پیشگیری و کنترل آلودگی تضمین می‌شود. پس از انجام این مرحله نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته به پیشنهادات اصلاحی در کل برنامه منتج شده که ممکن است بازگشت به هر یک از مراحل بمنظور اصلاح تصمیمات قبلی را باعث شود.

فصل هفتم - روش‌های کاهش پساب در مجتمع های صنعتی

۱-۷- دلایل بالا بودن میزان و غلظت پساب‌های مجتمع های صنعتی

بدلیل اهمیت موضوع، در ادامه اهم آن‌ها به اختصار بیان می‌گردد:

الف- نشت از لوله‌ها به دلیل خوردگی در اثر یون کلرید،

ب- گرفتگی لوله‌ها بوسیله مواد بدلائل زیر،

- عدم گرمایش درست لوله‌ها (Heat trace)، یا اشکال در نحوهٔ لوله‌کشی،
- مشکل قطع برق، یا اشکال در سیستم Vent،

ج- اشکال در نصب تجهیزات اندازه گیری دما،

د- عدم امکان تعیین دقیق سطح تانک‌ها.

۲-۷- پیشنهاد روش‌های کاهش پساب:

کاهش مقدار و غلظت پساب مقدم بر تصفیه آن می‌باشد. خصوصا در مجتمع های صنعتی بدلیل مشکل بودن تصفیه فاضلاب صنعتی این مسئله بارزتر می‌باشد، به این ترتیب با توجه به این نتیجه‌گیری که دلیل عمده بالا بودن غلظت مواد آلاینده در پساب، ریزش مواد ناشی از عملیات مختلف راه‌اندازی و تعمیرات می‌باشد، لذا پیشنهادات مربوط به کاهش پساب در سه محور بشرح زیر ارائه می‌گردد:

الف- داشتن برنامه و دستورالعمل برای تعمیرات و مواجهه با ریزش‌های مواد،

ب- کاهش میزان ریزش‌های مواد در سطح مجتمع،

ج- جلوگیری از ورود فنل ناشی از ریزش مواد به فاضلاب.

۱-۲-۷- داشتن برنامه و دستورالعمل برای تعمیرات جهت کاهش ریزش‌های مواد

شناخت نوع مواد و نیز شرائط ویژه زمان راه‌اندازی، وجود دستورالعملی برای کنترل شرائط عملیاتی در زمان انجام تعمیرات و عملیات راه‌اندازی بمنظور به حداقل رساندن ریزش‌ها می‌تواند در مدیریت کاهش پساب در مجتمع های صنعتی موثر باشد.

۲-۲-۷- کاهش میزان ریزش‌ها

با انجام یکسری از اصلاحات در نقاط دچار مشکل، آلودگی پساب به حداقل ممکن خواهد رسید. این مسئله مستلزم رفع مشکلاتی که در بخش قبل توضیح داده شده است. انجام بعضی از اصلاحات در سیستم مستلزم صرف هزینه و زمان بیشتر است. برخی از اصلاحات لازم بشرح زیر است:

- اصلاح سیستم گرمایش لوله‌ها (Heat Trace)،
- اصلاح نحوه لوله‌کشی،
- اصلاح سیستم تأمین برق جهت جلوگیری از قطعی برق در مجتمع های صنعتی

ح- اصلاح سیستم Vent،

ط- اصلاح سیستم تعیین سطح مخازن،

ی- اصلاح در نصب تجهیزات اندازه‌گیری دما،

۳-۲-۷- جلوگیری از ورود آلاینده های صنعتی به فاضلاب

بنظر می‌رسد جلوگیری از کلیهٔ نشت‌ها و ریزش‌های مواد در سطح واحدهای صنعتی بسیار مشکل است و در صورتی که بتوان چنین کاری را انجام داد، همچنان در مراحل تعمیرات دوره‌ای و یا بدلیل ریزش‌های اتفاقی و حوادث امکان پخش مواد در مجتمع وجود دارد. جهت کاهش غلظت آلاینده ها در فاضلاب، در چنین مواقعی باید از ورود مواد به فاضلاب تا حد امکان جلوگیری نمود. جلوگیری از ورود مواد ریزش شده به پساب باعث می‌شود مشکل گرفتگی لوله‌های انتقال پساب که بسیاری از آن‌ها در زمین مدفون می‌باشند نیز برطرف گردد.

جهت کاهش ورود مواد به فاضلاب راهکارهای مختلفی وجود دارد که با توجه به هزینه‌ها و عملی بودن آن‌ها موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

الف- جمع‌آوری مواد توسط تانک‌های ریزش (Spill Tank)،

ب- ایجاد پاشوره یا لبه در اطراف تجهیزات (سینک‌های ثابت)،

ج- ساخت سینک‌های فلزی در محل،

د- نصب سینک در طبقات بالای واحدهای صنعتی که احتمال ریزش مواد وجود دارد،

ه- جمع‌آوری ریزش‌ها بوسیله مواد مضاف (واسط)،

و- صرفه‌جوئی در مصرف آب در عملیات شستشوی سطوح،

ز- بازیافت مجدد مواد.

۱-۳-۲-۷- جمع‌آوری مواد توسط تانک‌های ریزش (Spill Tank)

بمنظور جلوگیری از ریزش مواد روی سطح و در نتیجه عدم ورود آن به پساب می‌توان از ظروف و تانک‌هائی جهت جمع‌آوری مواد ریزشی استفاده نمود. این تانک‌ها می‌توانند بر حسب مورد ثابت یا متحرک باشند.

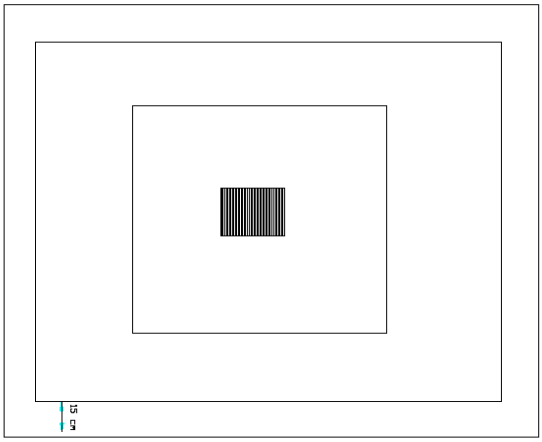
استفاده از این ظروف بصورت تانک یا سینک(Sink) ممکن است صورت گیرد. از سینک که ارتفاع دیواره کمی دارد برای عبور دادن زیر تجهیزات می‌توان استفاده کرد.

۲-۳-۲-۷- ایجاد پاشوره یا لبه در اطراف تجهیزات (سینک‌های ثابت)

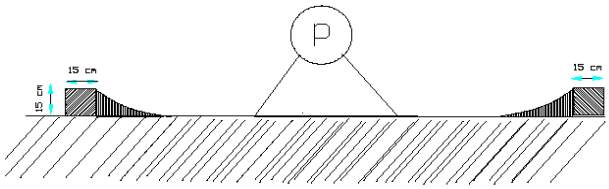
در اطراف بعضی از تجهیزات که دائماً دچار ریزش مواد هستند و یا نیاز به انجام تعمیرات مداوم دارند و استفاده از تانک ریزش و یا سینک برای جمع‌آوری ریزش‌ها نیز ممکن نیست می‌توان با ایجاد لبه‌هائی دور تجهیزات حوضچهٔ کوچکی ایجاد نمود تا در حین کار مواد در آن ریخته و جمع شود و بعد از اتمام کار نیز مواد ریخته شده جهت استفاده مجدد یا دفع جمع‌آوری گردند. در این حال با توجه به اینکه مواد ریخته شده چه ماهیتی دارند، در صورت مایع بودن با Spill Tank متحرک مجهز به پمپ مکشی می‌توان نسبت به جمع‌آوری آن‌ها اقدام نمود و مواد جامد و نیمه‌جامد را با نیز با کمک مواد افزودنی نظیر شن، ماسه، خاک‌اره و کاه می‌توان جمع‌آوری کرد. در شکل ۷-۱ نحوه اجرای این سینک ثابت بصورت شماتیک نشان داده شده است.

۳-۳-۲-۷- ساخت سینک‌های فلزی در محل

در بخش‌های قبل به کاربرد و مزایای سینک اشاره شد. می‌توان از سینک‌های آماده موجود در بازار استفاده نمود که در بخش‌های بعدی نمونه‌هائی از آن ارائه می‌گردد اما ساخت سینک از جنس فلز یا فایبرگلاس در محل مجتمع نیز مقدور می‌باشد که دارای مزایایی نظیر ارزان‌تر بودن و طراحی در ابعاد مختلف و متنوع با توجه به نوع و محل کاربرد است.



ب – پلان



الف – نمای دید از جلو

شکل ۷-۱- پیشنهاد احداث پاشوره دور تجهیزات در مواردی که از سینک یا تانک ریزشی نمیتوان استفاده کرد.

سینک باجنس فلزی دارای مقاومت بالا و امکان راحت جمع‌آوری مواد از درون آن است و سینک فایبرگلاس دارای مزایایی نظیر سبک‌تر بودن نسبت به فلزی و شکل‌دهی آسان آن است، ولی مقاومت خراشیدگی و تحمل فشار کمتری دارا است. نیاز به Spill Tank متحرک مجهز به پمپ مکش نیز در موارد استفاده از سینک جهت جلوگیری از ریزش در هنگام پرشدن سینک و یا تخلیه و سپس انتقال آن ضروری به نظر می‌رسد.

۷-۲-۳-۴-نصب سینک در طبقات بالای واحدهای صنعتی با احتمال ریزش مواد:

در طبقات بالای واحد های صنعتی به دلیل ارتفاع و مشکل حمل و نقل Spill Tank و همچنین کم بودن فاصله بین تجهیزات و کف طبقهٔ بالائی بهتر است از سینک استفاده شود. ریزش مواد از طبقات بالا در موقع تعمیرات و یا در هنگام بارش باران ممکن است باعث آسیب به پرسنل نیز بشود که نصب سینک می‌تواند از این مسئله جلوگیری نماید.

۷-۲-۳-۵- جمع‌آوری ریزش‌ها بوسیله مواد مضاف (واسط)

با توجه به پلیمری و چسبنده بودن مواد، در محل‌های ریزش می‌توان با افزودن برخی مواد و مخلوط کردن آنها با مواد ریخته شده، به جمع‌آوری و عدم ورود ریزش‌ها به زهکش‌ها کمک نمود. در این ارتباط استفاده از ماسه، خاک اره یا کاه پیشنهاد می‌گردد.

۷-۲-۳-۵-۱- استفاده از ماسه

هم اکنون در بعضی ریزش‌ها از ماسه به عنوان جمع کننده مناسب مواد با پایه نفتی استفاده می‌گردد که این روش مؤثر واقع شده است. همچنین انتقال و دفع آن نیز راحت‌تر صورت می‌پذیرد و بعد از جمع‌آوری مواد می‌توان آن را به راحتی بازیافت نمود و از ماسه دوباره استفاده کرد.

۷-۲-۳-۵-۲- استفاده از خاک اره وکاه

جهت جمع‌آوری ریزش‌های مواد، خاک اره وکاه نیز مواد مناسبی می‌باشند و با توجه به قیمت کم این دو و آسانی حمل و نقل و مزایای دیگر روش خوبی به نظر می‌رسد، البته از نظر بازیافت مواد این مواد مانند ماسه نیستند، ولی در صورت استفاده از زباله‌سوز برای دفع نهایی زائدات، خاک اره و کاه به راحتی سوخته شده و مشکلات دفع خاکستر کمی دارند.

۳-۵-۳-۲-۷- دفع مواد زائد جامد ناشی از جمع‌آوری ریزش‌ها

بعد از جمع‌آوری مخلوط پسماندهای صنعتی و مواد افزوده شده نظیر خاک اره و ماسه جهت جمع‌آوری و دفع نهائی آن‌ها باید ا قدام نمود که بوسیله دو روش سوزاندن و دفن قابل انجام است.

۱-۳-۵-۳-۲-۷- سوزاندن (Incineration)

در صورتیکه از خاک اره برای جمع‌آوری مواد ریزش شده بر روی سطوح استفاده شود بوسیله سوزاندن کلیه مواد آلاینده اکسید شده و نابود می‌شود. عمل سوزاندن باید در کوره زباله سوز و در شرائط کنترل شده صورت گرفته و آلودگی گازهای خروجی از زباله سوز نیز باید کنترل شود. برخورد با خاکستر ناشی از زباله سوز نسبت به خود ماده زائد جامد حاصل از ریزش فنل ساده تر بوده و ممکن است دفن شود.

۲-۳-۵-۳-۲-۷- دفن Landfilling

دفن زائدات جامد آلوده به آلاینده ها نیز یکی از روش‌های دفع آن است که البته باید در محل دفن نسبت به عدم آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطح آب زیرزمینی محل دفن اطمینان حاصل کرد. ضمنا زائدات را باید در ظروفی جمع‌آوری و سپس به محل دفن انتقال داد.

۲-۵-۳-۲-۷-صرفه‌جوئی در مصرف آب در عملیات شستشوی سطوح

یکی از روش‌های کاهش پساب، صرفه‌جوئی در مصرف آب است. در صورت جمع‌آوری مواد ریزشی بوسیله ظروف ذکر شده نیاز به شستشوی سطوح کاهش یافته و میزان پساب کاهش خواهد یافت. در صورت اجبار در شستشوی سطوح بوسیله آب بهتر است حداقل آب مصرف شود. برای کاهش مصرف آب می‌توان از مخلوط کمپرس آب و هوا و نیز از شیرهائی با سرتفنگی استفاده نمود.

۲-۵-۳-۲-۷- بازیافت مواد ریخته شده

در صورت استفاده از وسائلی مانند Spill Tank و سینک امکان استفاده مجدد از مواد فرایند و سایر مواد ریزشی وجود دارد. خصوصا اینکه مواد در سینک و تانک ریزش به ناخالصی‌ها آلوده نمی‌شوند. در واقع یکی از مزایای ویژه بکارگیری ظروف جمع کننده، استفاده مجدد از مواد جمع شده در آن‌ها است. با توجه به اینکه بعضی مواد از خارج کشور تأمین می‌گردند، برگشت آن‌ها به چرخه تولید و جلوگیری از دفع آن‌ها که تبعات زیست‌محیطی نیز به دنبال دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است. البته مواد شیمیائی در مجتمع خوزستان نقطه کریستال پائینی داشته و زود منجمد می‌شوند و ممکن است برای برخی از ریزش‌ها، بازگشت به خط تولید امکان نداشته باشد. در صورت بکارگیری ماسه، خاک اره وکاه باید تجهیزات بازیافت مواد از این دو ماده ایجاد گردد.

۳-۷- نمونه‌های از کاربرد SPILL TANK و سینک در صنعت

انواع مختلف ظروف جمع‌آورنده مواد ریزشی امروزه در صنعت مورد استفاده قرارمی‌گیرد. در ادامه شکل‌ها و موارد استفاده بعضی از آن‌ها ارائه می‌گردد.

۱-۳-۷- سیستم‌های spill در زیر بشکه‌های جمع‌آوری مواد

این ظروف جهت جمع‌آوری مواد نشتی از زیر ظروف جمع‌آوری و بشکه‌ها به کار می‌رود و با ظرفیت‌ها و ابعاد مختلف در صنعت تولید می‌گردد(شکل ۷-۲). ضمناً این ظروف در مقابل اشعه ماورابنفش ناشی از تابش نور خورشید مقاوم سازی شده است.

شکل (۷-۲- الف) سیستم‌های spill در زیر بشکه ها ی جمع آوری مواد

۷-۳-۲- ظروف قیفی شکل

جهت تخلیه مواد به داخل بشکه‌ها در مواقع ریزش مواد از این ظروف استفاده می‌گردد، که با ابعاد مختلف و در نوع های لبه دار و بدون لبه بکار می‌رود.(شکل۷-۲)

شکل (۷-۲ - ب) ظروف قیفی شکل

۷-۳-۳-انواعSPILL TANK جهت انتقال مواد

برای انتقال مواد بوسیله بشکه یک سری spill tank طراحی شده که ظرف در درون آن گذاشته شده وسپس حمل می‌گردد. باید دقت کرده که spill tank برای جلوگیری از بازی کردن ظرف در درون آن هم اندازه انتخاب شود.(شکل۷-۳)

شکل(۷-۳)SPILL TANK جهت انتقال مواد

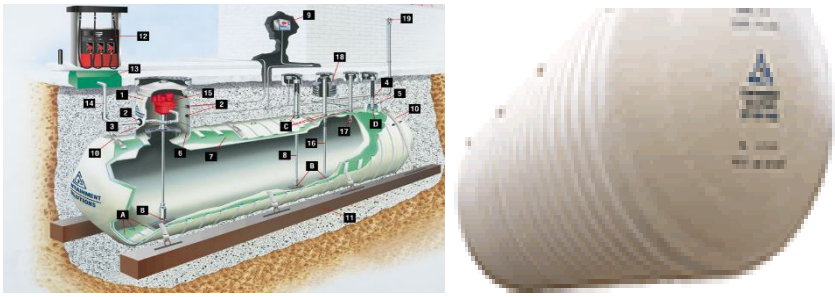
۷-۳-۴- سینک متحرک انعطاف‌پذیر

این سینک جهت جمع‌آوری ریزش‌هایی که در زیر تجهیزات رخ می‌دهد بکار می‌رود و در محل قابل نصب می‌باشد.(شکل ۷-۴) ضمنا لبه‌های سینک قابل انعطاف است. در مواقع تخلیه کامیون ها به مخازن می‌توان از سینک بزرگ‌تر استفاده نمود.

شکل(۷-۴) سینک متحرک انعطاف‌پذیر

۷-۳-۵- SPILL TANK با پوشش دوگانه

همان‌گونه که در شکل۷-۵ مشاهده می‌گردد برای تانک‌های مدفون از پوشش دوم فایبرگلاسی جهت جمع‌آوری ریزش‌های احتمالی تانک استفاده می‌شود. شکل۷-۵ جزئیات لایه دوم و نحوه تخلیه مواد جمع شده توسط پمپ را نشان می دهد.البته جهت استفاده در سطح زمین بدنه فایبرگلاسی باید نسبت به تحمل فشار وارده به آن مقاوم سازی شود.



شکل (۷-۵) SPILL TANK با پوشش دوگانه

۷-۳-۷- سینک ثابت ثانویه

علاوه بر سینک یا SPILL TANK به کار رفته برای جمع‌آوری ریزش‌ها می‌توان برای جمع‌آوری ریزش‌های پراکنده و یا ریزش‌های در حین انتقال سینک یاSPILL TANK از یک سینک ثانویه ثابت و با ابعاد بزرگ استفاده نمود.شکل(۷-۶)

شکل (۷-۶) سینک ثابت ثانویه

۷-۳-۸-انواع SPILL TANK بزرگ جهت تعمیرات

این نوعSPILL TANK جهت انجام تعمیرات انواع تجهیزات در درون آن‌ها به کار می‌رود که می‌توان تجهیزاتی نظیر انواع پمپ‌ها را در درون آن تعمیر نمود. به این ترتیب از ریزش مواد در حین تعمیرات جلوگیری به عمل می‌آید. شکل (۷-۷)

شکل (۷-۷)SPILL TANK بزرگ جهت تعمیرات

۷-۳-۹-سینک‌های پالت متصل

این نوع سینک برای حمل بشکه هائی که در هنگام حمل توسط لیفتراک امکان ریزش مواد از آن وجود دارد به کار می‌رود و قابل اتصال به هم و بزرگ شدن نیز می‌باشد. شکل (۷-۸)

شکل (۷-۸) سینک‌های پالت متصل

۷-۳-۱۰-SPILL TANK دائمی

در شکل‌های۷-۹ و۷-۱۰ دو نوع SPILL TANK دائمی نشان داده شده است،که اولی زیر تجهیزاتی که احتمال نشت به صورت پراکنده دارد و دومی اطراف تانک‌هایی که بروز نشتی از آن محتمل است نصب می‌شود.

شکل (۷-۹)SPILL TANK دائمی

شکل (۷-۱۰)SPILL TANK دائمی

فصل هشتم: مدیریت لجن و پسماندهای پسآب صنعتی

۸-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی باقیمانده ها

خواص فیزیکی و شیمیایی باقیمانده هاکاملاً متنوع است و از عوامل زیر تاثیر می پذیرد:

- کیفیت پسآب و آب خام شامل نوع و غلظت آلاینده های موجود در پسآب یا آب مثل فلزات سنگین، ترکیبات آلی فرار
- نوع فرآیندهای تصفیه
- میزان مواد شیمیایی تزریقی
- شرایط راهبری تصفیه خانه
- روشهای حذف باقیمانده ها از واحدهای ته نشینی
- نوع فرآیند تصفیه باقیمانده ها مثل آبگیری و ...

۸- ۲- خواص فیزیکی باقیمانده ها

ضرورت فرآیند کردن و آماده سازی برای دفع نهایی / استفاده مجدد تمایل به تحقیق در خصوص خواص فیزیکی باقیمانده ها را افزایش داد. این خواص به شدت روی قابلیت حمل، تغلیظ، آبگیری، و انتقال قبل از دفع / استفاده مجدد موثرند.

مقدار جامدات، مقاومت ویژه، تراکم پذیری، دانسیته و ...در فرایند آبگیری مکانیکی موثرند و در نتیجه زمانی که این نوع آبگیری برای لجن انتخاب شود باید این مشخصات تعیین گردند.

۸-۳- کاهش تولید لجن

از جمله موارد بسیار مهم از نظر مدیریت مواد زائد قبل از دفع، کاهش تولید اینگونه مواد می باشد.

تکنیکهای کاهش زائدات همانطور که در جدول۸- ۱ نشان داده شده به سه گروه اصلی تقسیم می شوند.

جدول۸- ۱ تکنیکهای کاهش تولید

۱- کنترل مواد و تجهیزات	- کنترل و دقت در نگهداری مواد - استفاده از منعقد کننده مرغوب - سرویس کردن به موقع و راهبری و نگهداری صحیح تجهیزات و ...
۲- تعدیل فرایند تولید	- روش افزایش ماده شیمیایی - سرعت اختلاط - انعطاف پذیری سیستم به منظور امکان تغییر نقطه تزریق و امکان تزریق مواد در بیش از یک نقطه - کنترل میزان تزریق مواد شیمیایی و ...
۳- استفاده بهینه از مواد	- انتخاب ماده شیمیایی مناسب - انتخاب میزان تزریق و pH مناسب - میزان رقیق سازی مواد قبل از تزریق

با توجه به نکات ذکر شده در مورد دوم بدیهی است که یکی از بهترین روشهای تولید لجن راهبری صحیح تصفیه خانه و خصوصاً فرایند اختلاط و انعقاد می باشد.

۴-۸- کاهش حجم لجن

انواع فرایند قبل از دفع جهت کاهش حجم عبارتند از:

تغلیظ: فرایند غلیظ کردن جامدات لجن برای کاهش حجم قبل از دفع یا تصفیه بیشتر

آمایش: افزایش ماده شیمیایی به لجن یا تغییر فیزیکی در ماهیت آن، آمایش به عنوان یک روش بهینه سازی فرایند آبگیری به صورت مرسوم استفاده می شود.

آبگیری: مشابه تغلیظ شامل جداسازی مایع / جامد است، با هدف حداقل کردن مقدار باقیمانده ها برای دفع. آبگیری به عنوان فرایندی برای افزایش غلظت جامدات لجن به بیش از ۸ درصد و نوعاً ۱۰ تا ۲۰ درصد اطلاق می شود.

خشک کردن: برای جداسازی جامد / مایع، فرایندی است برای افزایش جامدات لجن به بیش از ۳۵ درصد.

بازیافت منعقد کننده ها: یک تکنیک تصفیه برای بهبود خواص آبگیری جامدات و کاهش غلظت یونهای فلزی در باقیمانده ها است. آهک زدایی فرایندی است که برای لجن های حاصل از سختی گیری با آهک انجام می شود.

دفع و استفاده مجدد: حذف لجن از محل تولید یا ذخیره دائمی باقیماندها در محل تولید یا دفن، این بخش شامل حمل به محل دفن، تخلیه به شبکه بهداشتی یا آبراهه های طبیعی، کاربرد در زمین و انواع موارد استفاده مجدد (مثل استفاده در تصفیه فاضلاب صنعتی، ساخت آجر و ...) می شود.

حمل آب بازیابی شده یا بازیابی نشده: تغلیظ، آبگیری و خشک کردن دو جزء مایع و جامد تولید می کند. اجزاء جامد معمولاً تصفیه و دفع می شوند. جزء مایع به فرایند برگشت داده می شود (در صورت قابل بازیابی بودن). پارامترهایی که می تواند روی قابل برگشت بودن آب موثر باشد شامل موارد زیر است:

- غلظت فلزات باقیمانده
- پتانسیل تشکیل محصولات جانبی گندزدایی
- استفاده از پلیمرهای غیرمتعارف در فرایند حمل لجن، آب غیرقابل برگشت باید دفع شود یا تصفیه بیشتر روی آن انجام شود.
- سایر فرایندها که در لیست بالا نیامده شامل متعادل سازی، آمایش شیمیایی و انتقال باقیمانده هاست.

مثال تاسیساتی که فقط با یک فرایند راهبری می شود؛ تصفیه خانه ای با بستر ته نشینی است که هیچ سیستم جمع آوری هم ندارد و بسترها به طور دوره ای از سرویس خارج شده و جامدات به شکل دستی حذف می شوند.

۱-۴-۸- تغلیظ

تغلیظ فرایندی است که بعد از زلال سازی، ته نشینی، فیلتراسیون یا نرم کردن آب انجام می شود و مستقیماً روی فرایند بعدی خود مانند آمایش و آبگیری تاثیر دارد و می تواند یک عملیات را اقتصادی و پر بازده یا با راندمان پایین و هزینه بر سازد.

روشهای تغلیظ عبارتند از: تغلیظ ثقلی یا تغلیظ به وسیله شناور سازی

۱-۱-۴-۸-تغلیظ ثقلی

تغلیظ ثقلی لجن معمولاً وقتی که وزن مخصوص جامدات بزرگتر از یک است انجام می شود.

باقیمانده ترکیبات و هیدروکسید فلزی با سرعت جریانی که زمان ماند مناسب را برای ته نشینی فراهم کند، به مخازن ته نشینی منتقل می شوند. تغلیظ کننده ثقلی به هر دو صورت ناپیوسته و پیوسته طراحی می شود. همچنین ممکن است قبل از آن آمایش نیاز باشد.

مخازن تغلیظ معمولاً مدور و از بتن ساخته می شوند و به پارویی برای حذف جامدات تجهیز می شوند. قسمت تحتانی، مخروطی با شیب حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد می باشد. باقیمانده های هیدروکسیدهای فلزی حاصل از زلال ساز و ؟؟ فقط حدود ۱ تا ۳ درصد تغلیظ می شوند. درجه تغلیظ معمولاً به نسبت هیدروکسید به کل جامدات معلق بستگی دارد.

در راهبری تغلیظ کننده با جریان پیوسته، جامدات آبدار از قسمتی از یک ستون در مرکز مخزن وارد و در تمام جهات به شکل یکسان توزیع می شود. جامدات در ته واحد، ته نشین شده و جریان مایع رویی زلال شده از سرریزهایی که در دور مخزن در بالا قرار دارند تخلیه می شود. این واحدها به یک پارو در کف که به آهستگی می چرخد و لجن را به لوله یا مجاری نزدیک ته هدایت می کند مجهز است. برای کمک به جمع آوری لجن، ته تغلیظ کننده به سمت مرکز شیب دارد. چرخش آهسته پاروها از انباشته شدن جامدات جلوگیری می کند.

۲-۱-۴-۸-تغلیظ کننده نواری ثقلی:

تغلیظ هیدروکسیدهای فلزی با استفاده از این فناوری به تازگی آغاز شده است. در این فرایند لجن هیدروکسید روی یک صفحه متخلخل افقی تخلیه می شود.

همانطور که لجن در طول صفحه حرکت می کند، آب به شکل ثقلی حذف می شود. با این سیستم غلظت جامدات به ۲/۵ تا ۴/۵ درصد می رسد. واحدهای تغلیظ کننده نواری، ثقلی از قسمتهای مختلفی تشکیل شده که عبارتند از ورودی لجن، صفحه زهکش، تیغه، تخلیه آب و قسمت خروجی باقیمانده های تغلیظ شده.

۳-۱-۴-۸-تقلیظ با شناورسازی:

شناورسازی برای جامداتی با دانسیته کم مناسب است. مزایای آن شامل حساسیت کم به تغییرات غلظت جامدات ورودی و سرعت آن می باشد. این روش برای لجن هایی با مقدار هیدروکسید بالا (بیش از ۴۰ درصد) قابل استفاده است. در حال حاضر شناورسازی در صنعت اروپا استفاده می شود و زمان زیادی از کاربرد آن در آمریکا نمی گذرد. فرایند با شناورسازی می تواند با هر یک از سه تکنیک زیر اجرا شود:

- شناورسازی با هوای محلول: حبابهای ریز هوا (به قطر ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر) که در یک بستر به شکل گاز تولید می شود پس از فوق اشباع شدن به فاز بخار برمی گردد.
- شناورسازی با هوای فشرده: حبابهای بزرگ گاز (به قطر ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میکرومتر) با یک مخلوط کن یا محیط متخلخل در محلول پراکنده می شود.
- شناورسازی خلاء با شرایط فوق اشباع که در خلاء تولید می شود.

هر یک از این تکنیکها از حبابهای هوایی که به سطح آب شناور می شوند جهت جداسازی ذرات از جریان مایع استفاده می کنند. در فرایند تغلیظ ، هوا در فشارهای بزرگتر از فشار اتمسفر افزوده می‌شود. هنگامی که فشار کاهش می یابد و تلاطم ایجاد می شود، هوای اضافی برای رسیدن به اشباع در فشار اتمسفر محلول را با حبابهای ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر ترک می کند و در حین بالا رفتن به ذرات معلق می چسبد و به علت اینکه دانیسته متوسط مجموعه هوا–جامد کمتر از آب است، مجموعه به سطح آب شناور می شود. مواد شناور به صورت پیوسته با کفاف روب حذف می شود. این روش در مواردی که با باقیمانده هیدروکسیدهای فلزی حاصل از لخته سازی سر و کار داریم محاسن بسیار مهمی دارد.

نبود اطلاعات راهبری برای این فرایند بیانگر نیاز به آزمایشهایی در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت قبل از انتخاب فرایند است.

۸-۴-۲- آمایش

آمایش فرایندی است کـه برای بهبود راندمان آبگیری انجام می شود. آمایش می تواند فیزیکی یا شیمیایی باشد.

۸-۴-۲-۱-آمایش شیمیایی

این آمایش شامل افزودن کلرورفریک، آهک یا پلیمر می باشد. نوع و میزان تزریق مواد با کیفیت آب خام، منعقد کننده های شیمیایی، پیش تصفیه، غلظت جامدات مورد نظر و فرایند تغلیظ و آبگیری که انتخاب می شود به شدت تغییر می کند.

جدول۸- ۲ محدوده هایی را که مواد آمایشی برای لجنهای هیدروکسید در سیستمهای آبگیری مکانیکی به کار می روند را نشان می دهد.

جدول۸- ۲ محدوده هـای مصرف مـواد آمایشی برای لجن های هیدروکسید در سیستمهای آبگیری‌مکانیکی مختلف

مواد آمایشی	فیلتر تحت فشار	سانتریفیوژ	فیلتر نواری فشاری
آهک	۳-۱۰ ٪	---	---
کلرورفریک	۶-۴	---	۳-۱
پلیمر	۶-۳	۴-۲	۶-۲
خاک دیاتومه	$6lb/100\,ft^2$	---	---

توجه: همه مقادیر جز مواردی که قید شده برحسب کیلو گرم می باشد.

مناسب ترین پلیمرها برای فرایند آبگیری پلیمرهای آنیونی با وزن مولکولی بالا می باشد.

۸-۴-۲-۲-آمایش فیزیکی

فرایندهای آمایش فیزیکی برای بهبود راندمان تغلیظ و آبگیری عبارتند از:

- افزودن مواد غیر واکنشگر: برخی سیستمهای آبگیری مثل فیلترهای خلاء و فشاری از افزودنی های مثل خاک دیاتومه در فرایند استفاده می کنند.
- آمایش انجماد – ذوب: این فرایند در مناطقی با آب و هوای سرد در هوای آزاد یا با تجهیزات مکانیکی انجام می شود.
- آمایش حرارتی در دمای بالا (۳۵۰ تا ۴۰۰ درجه فارنهایـت) تحـت فشـار بـالا (۲۵۰ تا ؟؟ ۴۰۰). این فرایند هنگامی که مقدار مواد آلی در جامدات بالاست موثر است.

۸-۴-۳- آبگیری

آبگیر به چندین روش مختلف از لجن صورت می گیرد که با توجه به مقدار حذف آب و مقدار هزینه می توان نسبت به کارآمدی آنها قضاوت نمود.

۸-۴-۳-۱-آبگیری غیرمکانیکی

خشک کردن در هوا روشی است برای آبگیری لجن که در آن رطوبت به وسیله تبخیر سطحی و زهکش حذف می شود. سیستمهای خشک کن در هوا از پیچیدگی کمتری برخوردارند و راهبـری آنها ساده است و در مقایسه با سیستمهای مکانیکی نیاز کمتری به انرژی برای راهبری دارد. البته بـه عـلت نیاز به زمین زیاد و وابستگی آن به شرایط اقلیمی کمتر به کارمی رود. تاثیر خشک کن در هـوا مستقیماً بـه شرایط آب و هوا، نوع لجن، آمایش شیمیایی به کار رفته و مواد مصرفی بـرای ساخت بسترهای خشـک کن دارد.

۱-۱-۳-۴-۸-بسترهای خشک کن شنی:

بسترهای شنی عموماً برای آبگیری از استفاده می شود و برای سالهای زیادی به طور موفقیت آمیز استفاده شده است. آبگیری روی بسترهای شنی از طریق زهکشی ثقلی آب آزاد (آب بیـن ذره ای در باقیمانده آبکی) و تبخیـر صورت می گیرد.

در آبگیری با بسترهای شنی ابتدا آب به داخل شن زهکش می شود و از زهاب حذف می گردد. این مرحله، به طور طبیعی چند روز طول می کشد تا اینکه منافذ شنها با ذرات ریز مسدود شود یا همه آبهای آزاد از زهاب خارج گردد. فرایند دکانته هم آبهای سطح را حذف می کند. البته مرحله دکانته برای حذف باران مهـم است. چرا که با تجمع آب بـاران روی سطـح فراینـد خشک شدن بـه کندی صورت می گیرد. باقیمانده آب پس از دکانته کردن و زهکشی به وسیله تبخیر حذف می شود.

بسترهای شنی برای آبگیری از باقیمانده آهک نسبت به باقیمانده حاصل از انعقاد با آلوم موثرتر است. در هر دو حالت آمایش قبل از تخلیه به داخل بسترهای شنی می تواند به فرایند آبگیری کمک کند. هنگام طراحی بسترهای شنی عوامل زیر باید مد نظر قرار گیرد:

- غلظت جامدات پس از آبگیری
- غلظت جامدات قبل از آبگیری
- نوع باقیمانده
- نرخ تبخیر و زهکش

غلظت جامدات پس از آبگیری به تکنیک با قوانین دفع باقیمانده ها بستگی دارد. مقدار آبی که به وسیله زهکشی حذف می شود، شدیداً از نوع باقیمانده تاثیر می گیرد. نرخ تبخیر با شرایط اقلیمی و خواص سطحی جامدات تغییر می کند. نرخ تبخیر فصلی می تواند از مشخصات آب و هوایی محلی به دست آید. ایـن مقادیر توسط سازمان هواشناسی تحـت عنوان نـرخ تبخیر محلی اندازه گیـری و ثبـت می شـود. لایه های نازک جامدات سریعتر از لایه های کلفت خشک می شوند. اما بارگذاری سالانه کمی را موجب می شود کـه چنـد عیـب دارد: ۱. راهبری و نگهداری مکـرر ۲. از دست دادن مقـدار بیشتری شن و ۳. افزایش هزینه. برای پایین نگه داشتن هزینه راهبری و نگهداری، طراحی با هدف رسیدن به حداکثر بارگذاری با حداقل تعداد سیکل پر و خالی کردن انجام می شود.

۲-۱-۳-۴-۸-لاگونها:

لاگونها یکی از قدیمی ترین فرایندهایی است که برای باقیمانده تصفیه آب استفاده می شود.

لاگون برای ذخیره، تغلیظ، آبگیری یا خشک کردن استفاده می شود. در برخی موارد، لاگونها همچنین برای دفع نهایی باقیمانده ها نیز به کار می رود. در لاگون جامدات ته نشین و به مدت طولانی در آن باقی می ماند. ته نشین و فشرده شدن دو مکانیزمی است کـه بـرای جدا کردن جامدات از مایـع استفاده می شود. مایع از نقـاط و سطوح مختلـف دکانتـه می شود. تبخیرهم باتوجه به اینکه باقیمانده ها مدت طولانی در لاگون می مانند به جداسازی کمک می کند.عمق لاگون از ۴ تا ۲۰ فوت و طول آنها ۰/۵ تا ۱۵ اکر می باشد. تاثیر لاگونها در تغلیظ به روش راهبری بستگی دارد. جامدات هیدروکسید فلزی در لاگون ۱ تا ۳ ماه می ماند و غلظت جامدات به ۶ تا ۱۰ درصد می رسد. غلظت لجن آهک در همان شرایط به ۲۰ تا ۳۰ درصد هم می رسد. در برخی تاسیسات که جریان لجن به داخل لاگون قطع و مواد حدود یک سال در آنجا نگهداری می شود، این درصد به ۵۰ هم می رسد.

۲-۳-۴-۸-آبگیری مکانیکی

با استفاده از سیستمهای مکانیکی آبگیری از لجن هیدروکسیدهای فلزی با ماهیت ژلاتینی نسبت به لجن آهک که ماهیتی گرانوله دارد بسیار مشکل تر می باشد.

۱-۲-۳-۴-۸-فیلترهای نواری:

در صورت استفاده از این سیستم برای آبگیری لجن هیدروکسیدهای فلزی به علت ژلاتینی بودن جامدات باید در فشار پایین کار کرد. درصد جامدات پس از آبگیری عموماً به ۱۵ تا ۲۰ درصد می‌رسد.

در صورتی که منبع آب رودخانه باشد با مخلوط کردن شن و ماسه با هیدروکسید فلزی می توان فرایند آبگیری را تسهیل کرد و غلظت جامدات را به ۴۰ تا ۵۰ درصد رساند. برای بهبود فرایند بهتر است ابتدا آمایش با پلیمر انجام شود.

۲-۲-۳-۴-۸-سانتریفیوژ:

دونوع سانتریفیوژ داریم درگذشته عموماً دو نوع سبدی برای آبگیری از استفاده می شد، اما به علت آنکه سیستم به صورت ناپیوسته است راهبری آن مشکل تر می باشد.

۴-۴-۸- خشک کردن

خشک کردن به منظور کاهش حجم جامدات و مقدار آب آن و برای کاهش هزینه های حمل و نقل و دفع انجام می شود. در این فرایند غلظت جامدات به بیش از ۳۵ درصد می رسد. فرایند خشک کردن به دو طریق در هوای آزاد و با وسایل مکانیکی صورت می گیرد.

۱-۴-۴-۸-خشک کردن در هوا

روشهای خورشیدی یا لاگون که برای خشک کردن استفاده می شود، به مکانیزم تبخیر بستگی دارد.

این فرایند ممکن است به سالها وقت نیاز داشته باشد. البته می توان با مخلوط کردن و هم زدن به وسیله تراکتور با بیشتر در معرض هوا قرار دادن آن را تسریع کرد.

۲-۴-۴-۸-خشک کردن مکانیکی

از تکنیکهای مکانیکی که در مبحث آبگیری ارائه شده فقط فیلتر فشاری قادر است غلظت جامدات را به بیش از ۳۵ درصد برساند.یک روش خشک کردن که برای لجن فاضلاب یا مواد زائدی که مقدار ترکیبات آلی آن زیاد است به کار می رود خشک کردن حرارتی است که برای در مقیاس واقعی تجربه نشده است. این تکنیک با توجه به اینکه بیشتر از نوع معدنی است، چندان مناسب به نظر نمی‌رسد. برای سنجش تاثیر اختلاط لجن آب و فاضلاب روی امکان پذیری این فرایند نیز اطلاعات چندانی موجود نیست. جدول۸- ۳ و ۴ کلیات روشهای آبگیری مکانیکی و غیرمکانیکی را بیان می‌دارد.

جدول۸- ۳ روشهای آبگیری غیر مکانیکی

بسترهای خشک کن شنی	*بسترهای شنی همراه با انجماد*	*بسترهای خشک کن خورشیدی*	*بسترهای خشک کن همراه با خلاء*	*لاگونها*

زهکش ثقلی آب آزاد، سپس دکانته کردن و تبخیر پوشاندن بستر در نواحی با بارندگی زیاد	انجمادآب را آزاد می کند و ثبات سلولی جامدات را کاهش می دهد. آزاد شدن آب و زهکش شدن آن قبل از آزاد شدن جامدات	بسترهای سنگ فرشی شیبدار. آب لجن در کناره ها جمع و توسط کانال جمع آوری و از وسط زهکش می شود.	آب از زیر در اثر مکش کشیده شده و لجن کیک مانندی بجا می گذارد.	از آنها برای ذخیره سازی لجن تغلیظ شده، آبگیری شده یا خشک برای دفع نهایی استفاده می شود. زمان ماند لجن ۱ تا ۳ ماه است.
حداکثر بارندگی را دارد.	هزینه بالا به صورت ایجاد انجماد الکتریکی در مناطق با آب و هوای سرد روش اقتصادی است.	می توان از ماشین آلات سنگین برای جابجایی و دفع آن استفاده کرد.	روش مشکلی است و تمیز کردن کامل بستر و همچنین خارج کردن کیک لجن زمان بر است.	زمین زیاد دارد. امکان اصلاح و تغییر بستر شنی / خورشیدی به این روش وجود دارد و در آب و هوای سرد می توان آن را با روش انجماد نیز بکار گرفت.
مؤثر برای لجن های آهکی آمایش برای لجن های آلوم نیاز است.	روش آبگیری مؤثر برای لجن آلوم که سخت آبگیری می شود.	هم زدن و هوادمی لجن، آبگیری در اثر تبخیر را افزایش می دهد.	لجن آماده سازی شده را ۱۱ تا ۱۷ درصد به این روش می توان آبگیری کرد.	لجن های آلوم دار با غلظت ۶ تا ۱۰ درصد و لجن آهکی با غلظت ۲۰ تا ۳۰ درصد.

کلیه موارد ذکر شده برای آلوم با شدت کمتری آهن نیز صادق است.

جدول۸- ۴ روشهای آبگیری مکانیکی

فیلترهای نواری فشاری	سانتریفیوژ	فیلترهای فشاری	فیلترهای خلاء
لجن از میان نوارهای روزنه دار عبور کرده و حین عبور از غلتکهای متعدد و قطرهای متفتوت در اثر فشار آب خود را از دست می دهد.	نیروهای گریز از مرکز در یک استوانه موجب جدا شدن جامدات از مایعات می شود، جامدات و آب بطور جداگانه از استوانه خارج می شوند.	فیلترهای صفحه ای تورفته با حجم ثابت: یک سری صفحه با بخش تورفته که با لجن پر شده و زیر فشار قرار می گیرد. فیلترهای فشاری دیافراگمی: ترکیب عمل پمپاژ فشار قوی همراه با تغییر حجم اتاقک فشار برای فشرده کردن بیشتر کیک	در دهه ۱۹۷۰ عمدتاً از این روش استفاده می شد. امروز در عما آبگیری لجن آب کمتر استفاده می شود.

نیاز به آماده سازی با پلیمر برای لجن های حاوی آلوم و آهک دارد.	نیاز به آماده سازی با پلیمر برای لجن ها دارد.	به لجن آلوم برای آماده سازی باید آهک اضافه کرد. برای لجن آهک نیاز به آماده سازی نیست.	
برای لجن های آهکی موثر (۵۰ تا ۶۰ درصد جامدات) است. لجن آلوم بایستی در فشار کم آبگیری شود (۱۵ تا ۲۰ درصد و تحت آماده سازی خاص به ۲۰ تا ۴۰ درصد جامدات نیز می رسد).	میزان آبگیری لجن آلوم بسته به نوع آب تغییر می کند. در لجن آهک ۵۵-۶۰ درصد آبگیری می کند.	لجن آلوم ۳۰ تا ۶۰ درصد آبگیری می شود لجن آهک به سادگی ۵۰ تا ۷۰ درصد در یک دوره ۱ تا ۳ ساعت آبگیری می شود.	برای آبگیری لجن آهک مؤثر و برعکس برای لجن آلوم نامناسب است.

۸-۵- مقایسه فرایندهای کاهش حجم

درصد جامدات تعیین کننده نوع فرایند تغلیظ، آبگیری یا خشک کردن است و برای باقیمانده های مختلف می تواند مقادیر مختلفی داشته باشد.

جدول۸- ۶ درصد جامدات در تعیین فرایندهای مختلف

غلظت مطلوب جامدات		نوع فرایند بکار رفته
هیدروکسید فلزی	آهک	
$\leq \%8$	$\leq \%30$	تغلیظ
٪۳۵-۸	٪۶۰-۳۰	آبگیری
٪۳۵<	٪۶۰<	خشک کردن

*فرایند فوق برای لجن آهک راندمان بالاتری دارند.

جدول فوق مقایسه ای از فرایندهای اصلی را نشان می دهد. اما در هر یک از فرایندها تکنیکهای مختلف نیز راندمانهای متفاوتی خواهد داشت. به عنوان مثال جدول۸- ۷ تکنیکهای مختلف تغلیظ را که بارگذاری جامدات و غلظت نهایی لجن در آنها متفاوت است نشان می دهد. همچنین جدول ۸-۸ مقایسه تکنیکهای مختلف آبگیری را رائه می کند.

جدول۸- ۷ مقایسه فرایندهای تغلیظ

فرایند	باقیمانده	بارگذاری جامدات	غلظت جامدات %
ثقلی	کربنات	$30^{lb}/_{day/ft^2}$	۳۰-۱۵
ثقلی	هیدروکسید	$4.5^{lb}/_{day/ft^2}$	۳-۱
شناورسازی	هیدروکسید	$20^{lb}/_{day/ft^2}$	۴-۲
ثقلی نواری	هیدروکسید	N/A	۲/۴-۴/۵

جدول۸- ۸ مقایسه فرایندهای آبگیری

فرایند	غلظت جامدات٪	
	لجن آهک	لجن منعقد کننده
تغلیظ	۳۰-۱۵	۴-۳
سانتریفیوژ	۶۵-۵۵	۳۰-۲۰
فیلتر نواری فشاری	۱۵-۱۰	۲۵-۲۰
فیلتر خلاء	۶۵-۴۵	۳۵-۲۵
فیلتر فشاری	۷۰-۵۵	۴۵-۳۵
بستر خشک کن شنی	۵۰	۲۵-۲۰

۸-۶- بازیافت و استفاده مجدد

- بازیافت و استفاده مجدد شامل دو بخش می شود:

۱. بازیافت آب از باقیمانده ها

۲. بازیافت مواد مصرفی در فرایند از لجن

۸-۶-۱- بازیافت آب از باقیمانده ها

هر چند استراتژی حفظ استاندارد آب، از بازیابی آب باقیمانده ها حمایت می کند، اما مقدار آب بازگشتی به خاطر پتانسیل ریسک ارگانیسمهای عفونت زا، فلزات سنگین، منگنز و... بحث برانگیز است. جریان برگشتی باقیمانده های تصفیه نشده ممکن است باعث تجمع آلاینده ها در فرایند تصفیه شوند. به همین جهت پتانسیل بازیابی با استفاده از روشهای زیر سنجیده می‌شود:

- تخمین مقدار آب قابل بازیافت. مقدار آب بازیابی شده به مقدار آب خام ورودی بستگی دارد.
- تعیین منابع تولید باقیمانده که به سادگی قابل بازیافت هستند. باقیمانده که معمولاً بیشترین حجم باقیمانده با کمترین غلظت جامدات را شامل می شود، اصلی ترین جزء قابل بازیافت است. سایر جریانهای باقیمانده براساس تاثیرگذاری روی کیفیت خروجی نیاز به بررسی دارند.
- تعیین منابع باقیمانده های غیرمناسب برای بازیابی، جریانهایی مثل آب حاصل از آبگیری معمولاً حاوی اجزایی است که بدون تصفیه قابل برگشت به ابتدای تصفیه نمی باشد.

۸-۶-۲-بازیافت مواد مصرفی در فرایند از لجن

بازیافت مواد منعقد کننده و سایر مواد افزودنی دیگر که جهت بالا رفتن سرعت و کیفیت تصفیه به پسآب یا آب زده می شود نیلز به تکنیک های ویژه جهت اقتصادی شدن آن دارد و در مورد پسآب های صنعتی امکان پذیری آن بیشتر است.

۸-۷- محدودیتهای دفع باقیمانده ها

اغلب روش دفع نهایی نیازهای طراحی فرایند و محدودیتها را تعیین می کنند. متداولترین روشهای دفع که برای صنعت آب به کار می رود عبارتند از:

- تخلیه به جریان مستقیم
- تخلیه به شبکه فاضلاب شهری
- کاربرد در زمین
- دفن

مقدار درصد جامدات باقیمانده اولین معیار برای تعریف محدودیتهای قابل قبول گزینه های دفع می باشد. محدوده متعارف برای میزان جامدات باقیمانده در روشهای دفع متداول به شرح زیر است:

- تخلیه مستقیم به جریان پذیرنده؛ تا ۸٪ (توجه: غلظت مجاز جامدات برای این روش دفع بعلت مسائل قانونی ممکن است کمتر از ۸٪ باشد)
- تخلیه به شبکه؛ تا ۸ درصد
- کاربرد در زمین؛ تا ۱۵ درصد
- دفن (دفن مشترک) ۱۵ تا ۲۵ درصد
- دفن (دفن مجزا) بزرگتر از ۲۵ درصد
- استفاده مجدد از باقیمانده ها، تا ۲۵ درصد

۸-۸- تعریف هزینه های دفع نهایی

برای دفن مشترک در محلهای دفن شهری هزینـه آبونـه می تواند براساس واحد وزن تعییـن شود. بـرای تخلیه به شبکه شارژ براساس سرعت جریـان یا ترکیبی از سرعت جریان و غلظت جامدات تخمین زده شود.

اطلاعات مربوط به میزان باقیمانده های تولید شده که در هر منبع باید جمع آوری شود عبارتند از:

- سرعت جریان و مقدار باقیمانده های تولید شده
- حداکثر جریان
- جریان متوسط
- حجم حداکثر در هنگام تخلیه
- تعداد تخلیه ها
- تعداد حداکثر تخلیه ها در روز
- سرعت جریان حداکثر
- حداقل حجم در هر تخلیه
- طول مدت متوسط هر تخلیه

اینها پارامترهای کیفی اولیه برای پایش کل جامدات معلق است. دیگر پارامترهایی که باید تعیین شود به موارد زیر محدود می شود:

- آهن یا آلومینیم
- پتانسیل تشکیل کمپلکس
- تعیین نشت سمیت
- کل جامدات محلول
- فلزات جزئی
- کل کربن آلی

در موارد استفاده مجدد، تصفیه خانه برای پوشش دادن به هزینه های اضافی محل یا تغییر هزینه ها در اثر استفاده از لجن به جای مواد مرسوم آبونه ای به مصرف کننده می پردازد.

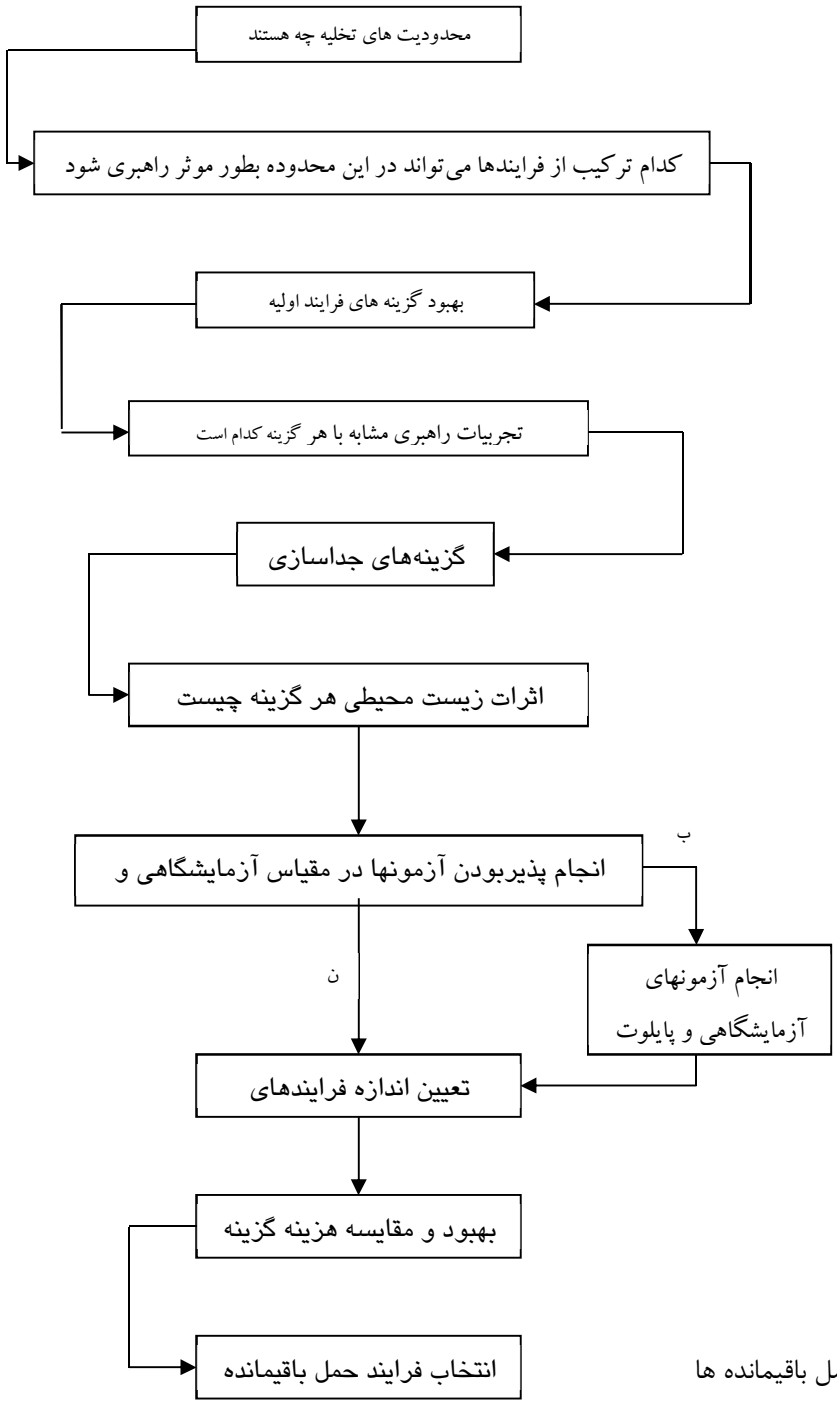
۸-۹- معیارهای انتخاب واحد فرایندی

انتخاب فرایندها روی باقیمانده ها بیش از انتخاب فرایندهای تصفیه آب آشامیدنی پیچیده است.

پنج معیار که ممکن است برای انتخاب فرایندها استفاده شود عبارتند از:

- محدودیتهای تخلیه و محدوده راهبری موثر فرایند حمل باقیمانده ها
- تجربیات راهبری مشابه
- آزمون در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت فرایند
- هزینه های ساخت، راهبری و نگهداری
- تاثیرات زیست محیطی فرایند

فلوچارت در شکل۸- ۱ نشان می دهد که چطور پنج معیار انتخاب برای تعیین گزینه فرایندی مطلوب استفاده می شود.



شکل ۸- ۱ - فلوچارت انتخاب فرایند حمل باقیمانده ها

۱۰-۸- بررسی گزینه های مختلف دفع لجن

برای بررسی گزینه های مختلف دفع مواردی که می بایست از نظر کیفی تعیین شوند شامل:

جهت تخلیه به آبهای پذیرنده و شبکه فاضلابرو

نیترات، نیتریت و فسفات به منظور بررسی غنی بودن جهت کاربرد در کشاورزی: چون ازت آلی برای تبدیل به ازت معدنی جهت استفاده گیاهان به گذشت زمان نیاز دارد، همچنین باید پس از کاربرد در زمین بصورت میدانی ضریب تبدیل آن محاسبه شود.

شمارش پلیت هتروتروف: جهت بررسی امکان پذیری آلودگی میکروبی

آهن: برای بررسی بازیافت و استفاده مجدد

۱۱-۸- بررسی گزینه های مختلف مدیریتی

به منظور دفع مناسب لجن باید تمام موارد گفته شده در بالا مورد بررسی قرار گیرد و گزینه مناسب

نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام گرفته دراین کتاب ، لزوم استفاده از روش‌های بیولوژیکی تصفیه پساب‌های صنعتی را آشکار می‌سازد. مهمترین نتیجه‌ای که از مقایسه روش‌های مختلف بیولوژیکی تصفیه پساب بدست می‌آیداین است که که روش‌های هوازی از لحاظ اقتصادی ،دارای هزینه انرژی بالا برای هوادهی می باشند.خصوصیاتی مانند تولید لجن کمتر و امکان عملکرد متناوب لجن با غلظت بالانسبت به سیستم‌های هوازی باعث توجه بسیاری از متخصصان به سیستم‌های بی هوازی شده است .ازاین منظر استفاده از بیوراکتورهای قوی مثل ABR با بهبود پارامترهای آنان امری مهم محسوب می‌شود.راکتور ABR با دارا بودن خصوصیات منحصر به فردی نظیر طراحی ساده، هزینه عملیاتی کم، قابلیت شوک پذیری بالا و مشکلات کمتر در هنگام کار سبب می‌شود تا به عنوان یک پیشنهاد خوب برای انواع پساب‌های صنعتی مطرح باشد. از دیگر ویژگی‌های مهم‌این راکتور، می‌توان به جداسازی فازهای اسیدزا و متان زا، زمان ماند هیدرولیکی کم، زمان ماند زیاد برای لجن و مقاومت نسبی در مقابل شوک‌های آلی وهیدرولیکی ورودی به راکتور اشاره کرد.

منابع و مآخذ

منابع و مآخذ:

1. J.Wang, Y.Huang, X. Zhao Peformance and characteristics of an anaerobic baffled reactor Bio resource Technology 93 2004) 205-208

2. K.Stamatelatou, I. V. Skiadas, G.Lyberators On the behavior of the periodic anaerobic baffled reactor (PABR) during the transition from carbohydrate to protein- based feedings Bio resource Techmology 92(2004) 321-326.

3. P.J. Salis, S.Uyanik Granule development in a split- feed anaerobic baffled reactor Bio resource Technology 89(2003) 255-265.

4. P.D. Zakkourl, M.R. Gaterell 1, P. Griffin2, R.J Gochin 1 and J.N. Lester 1 Anaerobic Treatment Of Domestic Wastewater in Tempetate Climates: Treatment Plant Modelling With Economic Consideration Wat.Res.Vol.35, No. 17.pp.4137-4149, 2001.

5. Ramaraj Boopathy Biological Treatment of swine waste using Anaerobic Baffled Reactors Environmental Reserch Division Bulding 203, Argonne Nationa Laboratory, Argonne, IL 60439, USA, 1997.

6. Duncan J. Barkerm, Gianni A. Mannucchi, Sandrine M.L. Salvi and David C. Stuckey Characterisation Of Soluble Residual Chemical Oxygen Demand (COD) in Anaerobic wastewater Treatment Effluents Wat, Res. Vol. 33, No. 11, pp.2499-2510, 1999.

7. Ravi K. Voolapalli and David C. Stuckey Hydrogen Production in Anaerobic Reactors During Shock Loads Influence of Formate Production and H2 Kinetics Wat. Res.Vol 35, No. 7. pp . 1831-1848, 2001.

8. Igor Bodk, Karol Kratochv, Eva

9. J.C.Akunne.M.Clark Performance of a granular-bed anaerobic baffled bioreactor (GRABBR) treating whisky distillery wastewater Bio resource Technology 47(2000)257-261

10. M.Vossoughi, M.Shakeri, I .Alemzadeh Performance of anaerobic baffled reactor treating synthetic wastewater influenced by decreasing COD/SO4 ratios Chemical Engineering and Processing 42(2003)811-816

11. Nigmet Uzat, Celal F. Gokcay, Goksel N. Demirer Sequential (anaerobic/aerobic) biological treatment of malt whisky wastewater Process Biochemistry 39(2003)279-286.

12. R. Grover a, S.S. Marwaha a, J.F. Kennedy Studies on the use of an anaerobic baffled reactor for the continuous anaerobic digestion of pulp and paper mill black liquors Process Bichemistry 34(1999)653-657.

13. S.Uyanik, P.J. Sallis, G.K. Anderson The effect of polymer addition on granulation in an anaerobic baffled reactor (ABR), Part I: process performance Water Research 36 (2002)933-943.

14. William P. Barberm and David C. Stuckey The Use of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment: A Review Wat. Res. Vol.33, No.7,pp. 1559-1578.1999.

15. Alette A.M. Langenhoff, Narsara Intrachandra and David C. Stuckey Treatment of Dilute Soluble and Colloidal Wastewater Using an Anaerobic Baffled Reactor: Influence of Hydraulic Retention Time Wat, Res. Vol.34 No.4,pp.1307-1317,2000.

16. Echenfelder, W. Wesley (William Wesley), Industrial water pollution control (1999).

۱۷. سبزعلی، ا: غلامی، م: خدادادی، ا، اصول میکروبیولوژی فرآیندهای تصفیه پساب، انتشارات پیام خجسته، ۱۳۸۳.

۱۸.منزوی . م.ت ،تصفیه فاضلاب شهری ،جلد دوم ، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۹.محمد نژاد ،شاهین :صالح،ناهید،مقدمه ای بر تصفیه بی هوازی پساب های صنعتی ،انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران ،۱۳۸۵

۲۰. محمد نژاد ،شاهین:نوریمند،کاووس،فرآیند لجن فعال ،انتشارات آمه، ۱۳۸۰

۲۱.مردان ،سعید :توفیقی ،همایون،آشنایی با راکتورهای بافل دار بی هوازی در تصفیه فاضلاب های صنعتی ،انتشارات روابط عمومی و بین الملل سازمان صنایع کوچک و شهرک های صنعتی ایران،۱۳۸۶

۲۲.:علیا ،محمد ابراهیم ،اصول تصفیه آب و پساب های صنعتی ،انتشارات طراح ،۱۳۸۲

راهبرد مدیریت لجن جهت باقمانده های تصفیه خانه های آب

(با مطالعه موردی تصفیه خانه۳و۴تهرانپارس)

محمد رضا سلطانی -حسین میسمی- مجتبی فاضلی

چکیده:

امروزه باتوجه به رشد روزافزون جمعیت به خصوص درشهرهای بزرگ ونیاز به حفاظت کیفی منابع آب ومحیط زیست،مسئله مدیریت لجن تصفیه خانه های آب از اهمیت ویژه ای برخوردار است.مسئله دفع لجن یکی از اساسی ترین مشکلات در مدیریت لجن تصفیه خانه های آب به حساب می آید.حجم زیاد لجن تولیدی وخصوصیات نامطلوب آبگیری از علل اصلی بروز

مشکل می باشد.لذا انتخاب روش بهینه دفع لجن واستفاده مجدد از لجن باید بر اساس دو دیدگاه رعایت مسائل زیست محیطی وشرایط اقتصادی صورت پذیرد.نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بسترهای لجن خشک کن گلخانه ای میتواند به عنوان یک روش ماثر وبهینه برای آبگیری لجن تصفیه خانه های آب به کار برده شود،همچنبن درادامه کاربرد باقیماندههای آبگیری شده درمصارف مختلف کشاورزی،فضای سبز وصنعت مورد بررسی وارزیابی قرار گرفت که نتلیج مثبتی دربر داشت.باقیمانده های تصفیه آب را می توان به عنوان کود همراه با لجن فاضلاب شهری در مصارف کشاورزی و همچنین به عنوان ماده خام به در کارخانجات تولید سیمان مورد استفاده مجدد قرار گیرد.

کلمات کلیدی:تصفیه آب ،لجن،آبگیری،باقیمانده،مدیریت لجن

۱- مقدمه:

هر فرآیندی که در صنعت و طبیعت رخ می دهد در نهایت علاوه بر محصول فرآیند از خود ماده زائد (که در تصفیه آب به آن باقیمانده[۳۹] و به طور عامیانه لجن[۴۰] گفته می شود) به جای می گذارند که باید به طور مناسب و صحیح دفع گردد. به همین سبب دفع لجن به اندازه تصفیه آب قدمت دارد. در اوایل دهه ۱۹۶۰ معلوم شد که لجن حاصل ازشستشوی فیلترها و حوضهای ته نشینی ممکن است آلوده باشند و نباید آن را به پذیرنده تخلیه کرد. از سال ۱۹۷۲ در بیشتر کشورهامواد زائد تصفیه آب را در زمره مواد زائد خطرناک[۳] قرار داده اند.[۳،۴]

در کشور ما در حال حاضر هیچگونه عملیات قابل ذکری به منظور تصفیه باقیمانده های حاصل از تصفیه آب انجام نمی گیرد و این باقیمانده ها به محیط زیست اطراف تصفیه خانه و آبهای سطحی رها می شود و تاکنون هیچ قانون مدون که در مورد قوانین دفع لجن دستورالعملهای مشخص را ارائه دهد، تدوین نگردیده است. در تهران با وجود تولید حدود ۱۸۰۰۰ تن لجن در سال تقریباً بحث مدیریت آن جایی در الگوی مدیریت تصفیه خانه آب ندارد. البته این امر در سایر تصفیه خانه های کشور نیز مطرح نشده است. این در حالیست که در دنیا باقیمانده حاصل از آب بعنوان ماده زائد خطرناک شده و دفع آن قوانین خاصی می باشد و تا حد امکان سعی می شود که با بازیافت دوباره از این باقیمانده در فرآیندهای دیگر به بهترین نحو استفاده جست و دفع به عنوان آخرین گزینه مطرح می باشد.[۲،۱]

هدف از انجام این پژوهش بیان الگوی مدیریتی برای لجن تصفیه خانه های آب به روش بسترهای لجن خشک کن گلخانه ای و ارائه راهکارهایی به منظور تسریع در خشک شدن لجن و استفاده مجدد ازآن و پساب حاصل به منظور اهداف صنعتی و کشاورزی می باشد.به این ترتیب می توان اثرات زیست محیطی حاصل از تخلیه لجن در محیط زیست به حداقل ممکن کاهش داد.

۲- ابزار وروشها:

این تحقیق براساس مطالعه موردی انجام پذیرفته است وکلیه روشهایی که درآن استفاده گردیده است،کاملا مطابق بر استانداردهای ملی وجهانی می باشد،ابزارها وروش کارهر یک از موارد تحقیق در جای خود توضیح داده میشودومواددووسایل به کاررفته درآن بیان می گردد.

تصفیه خانه آب ۳ و ۴ تهرانپارس :تصفیه خانه های ۳ و ۴ تهرانپارس در شمال شرقی تهران واقع شده است. این تصفیه خانه ها به منظور تصفیه آب حاصل از آب سطحی سدهای لار و لتیان توسط شرکت فرانسوی دگرمون طراحی و اجرا شده

1-residual

2-sludge

است. فرآیند اصلی تولید کننده لجن در این تصفیه خانه ها زلال ساز پولساتور با استفاده از ماده منعقدکننده کلروفریک می باشد.در حال حاضر لجن حاصل از این واحد ها و همچنین آب برگشتی از صافی ها به عنوان ماده زائد به کانال پائین دست تخلیه می شود که این مسئله علاوه بر آلودگی محیط زیست باعث عدم امکان استفاده مجدد از لجن تولید شده می گردد.

کیفیت باقیمانده های تصفیه خانه های سه و **چهار تهرانپارس:**به منظور بررسی کیفیت لجن آزمایشات زیر بر روی لجن خروجی از حوضهای زلال ساز صورت پذیرفت.

- پ-هاش واکسیژن مورد نیاز شیمیایی،جهت امکان سنجی تخلیه به آبهای پذیرنده و شبکه فاضلابرو
- نیترات و فسفات به منظور بررسی غنی بودن لجن جهت کاربرد در کشاورزی،
- فلزات سنگین برای بررسی گزینه های کاربرد در زمین و نفوذ به آبهای زیرزمینی که به عنوان شاخص,کادمیم ومنگنز اندازه گیری شد.
- جامدات معلق فرار، به منظور امکان پذیری سوزاندن
- میزان کل جامدات معلق، برای تعیین حجم لجن
- آهن، به منظور بررسی بازیافت و استفاده مجدد

کلیه آزمایشات فیزیکی و شیمیایی براساس روشهای موجود در کتاب Standard Methods for examination of Water and waste water, 1998در دانشکده صنعت آب و برق و موسسه پژوهشی آب و فاضلاب کشور انجام گرفته است.

۳- بررسی مدیریت لجن تصفیه خانه های تهرانپارس در بسترهای خورشیدی ماسه ای :

عمده مشکل بسترهای خشک کن متعارف مربوط به تاخیر درزمان خشک شدن در فصول بارندگی وسرد سال می باشد،که باعث طولانی شدن زمان خشک شدن واختلال در فرایند آبگیری لجن تصفیه خانه میشود،که درسالهای اخیر به علت تشدیدحساسیتهای زیست محیطی تخلیه لجن باعث شده است که در ساختمان وعملکرد بسترهای متعارف تغییراتی به وجود آورند،که یکی از ساده ترین ودر عین حال مؤثرترین راه حل های ارائه شده بسترهای پوشش دار می باشددر این بخش از مطالعات با استفاده از پایلوت بستر لجن خشک کن ماسه ای به بررسی سرعت خشک شدن لجن در بسترماسه ای روباز وبسته، مطالعه خصوصیات لجن‌خشک شده وآب بازیافت شده اززهکشها به منظوراستفاده مجدد پرداخته میشود.

{شکل شماره ۲-نمایی از پایلوت ساخته شده بستر لجن خشک کن ماسه ای}

۴- بررسی سرعت خشک شدن لجن در بسترهای خورشیدی:

در این قسمت پس از ساخت پایلوت به بررسی سرعت خشک شدن لجن در بسترهای لجن خشک کن ماسه ای می پردازیم. درتصفیه خانه های تهرانپارس درزمان انجام آزمایشات به علت بارشهای مناسب جوی لجن حاصل از حوضهای زلال ساز (پولساتور) همراه با آب برگشتی از فیلترها[۴۱] به کانال پساب خروجی از تصفیه خانه تخلیه می گردید.

در این پژوهش به علت اهمیت بیشتر لجن تصفیه خانه های آب از لحاظ آلودگی زیست محیطی به بررسی مدیریت لجن در بسترهای خورشیدی پرداخته ایم.

لجن حاصل از تصفیه خانه ها در ورودی کانال ضلع شرقی دانشگاه صنعت آب وبرق به استخر جمع آوری لجن، منتقل شده و پس از سپری شدن مدت زمان ماند مشخص و تغلیظ لجن، توسط پمپ به بسترهای ماسه ای به منظور انجام آزمایشات مربوطه و نمونه برداری هدایت می گردد.

روش کلی آزمایش در هر سری به اینصورت می باشد که لجن تغلیظ شده به هر بستر به عمق های مشخص تزریق شده و موارد زیر اندازه گیری می شود.

- غلظت مواد جامددرلجن ورودی به بستر برحسب (kg/m^3)
- درصد مواد جامد لجن ورودی
- غلظت موادجامدلجن خشک شده برحسب درصد در هر روز تا زمانی که درصدجامدات نهایی لجن به حدمطلوب‌برسد.

موارد فوق برای بسترهای پوشش دار(گلخانه ای) وبدون پوشش اندازه گیری گردید تا اینکه سرعت خشک شدن لجن دراین دوحالت مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

۵- مطالعه و بررسی خصوصیات لجن خشک شده در بسترهای خورشیدی :

در این قسمت با نمونه گیری از لجن خشک شده وانتقال نمونه ها به پژوهشگاه صنعت نفت آزمایشات تعیین در مواد موجود در به منظور استفاده مجدد در قسمتهای مختلف صنعت و کشاورزی صورت گرفت.

باقیمانده های تصفیه خانه های آب از قبیل لجن های آلومی و فریکی با داشتن عناصری نظیر آهن و آلومینیم می توانند به عنوان ماده خام مورد استفاده قرار گیرند که در این قسمت پژوهش با انتخاب کارخانه سیمان شمال (دماوند) به عنوان مطالعه موردی سعی شده است که امکان استفاده از این باقیمانده در کارخانه مذبور به علت نزدیکی بعد مسافت به تصفیه خانه ها، مورد مطالعه قرار گیرد.نمونه های لجن خشک شده به منظور امکان سنجی استفاده لجن تصفیه خانه های آب در صنعت سیمان به آزمایشگاه شیمی کارخانه سیمان شمال(دماوند) منتقل شد، تا ترکیب لجن فریک ازلحاظ شیمیایی ومواد تشکیل دهنده آن تعیین شودو امکان سنجی کاربرد لجن فریک به عنوان ماده خام تولید سیمان پرتلند بررسی گردد.

۶- نتایج:

۱-۶- کیفیت باقیمانده های تصفیه خانه های سه و **چهار تهرانپارس:**

در جدول (۱) میزان فلزات سنگین در کلروفریک مصرفی تصفیه خانه های تهران ارائه شده است.

جدول(۱) غلظت ناخالصیهای موجود در کلروفریک (۴۰٪) مصرفی تصفیه خانه های تهرانپارس

فلزات سنگین	مقدار mg/l
کروم(Cr)	۹/۳۲۴

[۴۱] backwas_

کادمیم(Cd)	۰/۲۸۹
کبالت(Co)	۵
مس(Cu)	۳۵
سرب(Pb)	۳/۳۳
نیکل(Ni)	۳۶/۶۷
روی(Zn)	۴/۴۲
منگنز(Mn)	۵۸۲/۶۴

کیفیت لجن خروجی از پولساتور یک عامل مهم در تعیین فرآیند، مدیریت لجن باقیمانده های آب به منظور آبگیری و استفاده مجدد می باشدکه نتایج حاصله در جداول (۲) و (۳) ارائه شده است.

{جدول (۲) درصد جامدات خروجی از پولساتور تصفیه خانه شماره۳تهرانپارس}

تاریخ انجام آزمایشات	درصد وزنی جامدات لجن (TS%)
۸۳/۳/۱۲	۱/۹
۸۳/۴/۲۰	۱/۷
۸۳/۵/۵	۱/۸۳
۸۳/۶/۷	۱/۶
۸۳/۷/۳	۲/۱

{جدول (۳) نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی بر روی لجن خروجی از پولساتورتصفیه خانه ۳ تهرانپارس}

تاریخ	PH	TSS mg/L	VSS mg/L	COD mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Cd mg/L	NO_3 mg/L	PO_4 mg/L
۸۳/۲/۶	۷/۲	۱۷۹۲۰	۱۶۶۰	۵۲۰	۲۵۷۰	۲۷۱۱۲	۰/۰۴	۱/۸	۰/۰۴ ≺
۸۳/۵/۵	۷/۳	۱۹۲۸۰	۱۴۲۰	۱۰۸۰	۲۶۱۰	۲۹/۸	۰/۰۸	۲/۵	۰/۰۴ ≺

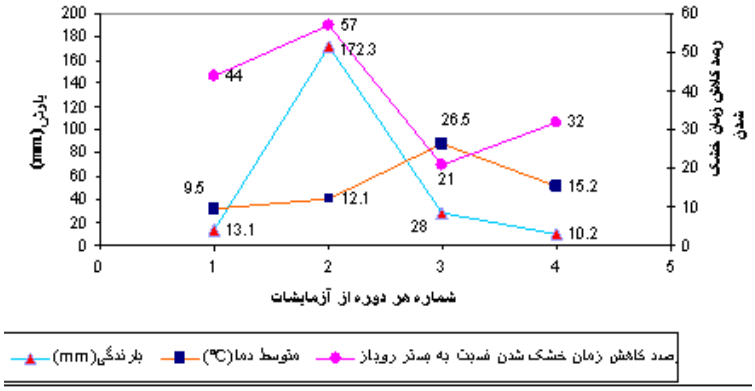
با بررسی نتایج فوق در مورد شرایط کمی باقیمانده های تصفیه خانه سه و چهار تهرانپارس نتایج زیر حاصل می گردد.

- اندازه گیری های انجام شده روی آب خام مصرفی تصفیه خانه ها توسط شرکت آب و فاضلاب بیانگر آنست که میزان فلزات سنگین از قبیل کروم، آهن، منگنز و ... در حد صفر میلی گرم در لیتر می باشد، پس از این طریق فلزات سنگین منتقل به لجن منتقل نمی شود.

- مشخصات کلروفریک مصرفی بیانگر آن است که میزان فلزات سنگین شامل کروم، کبالت، کادمیم و ... از این طریق به لجن منتقل می شودکه میزان منگنز موجود در لجن نیز این امر را نشان می دهد.
- پ ـ هاش لجن تصفیه خانه ها تقریباً خنثی است.
- میزان موادمغذی ازته و فسفره لجن در حد بسیار پایینی استکه این مقدار هم از طریق آب خام به لجن منتقل میشود.
- درصد جامدات وزنی لجن بین ۱/۳ تا۲/۳ متغیر می باشد.
- به عنوان شاخص فلزات سنگین سمی میزان کادمیماندازه گیری شدکه بیانگر پایین بودن فلزات سنگیندر لجن است.
- آهن و منگنز است و میزان فلزات سنگین نظیر کادمیم زیر حد استاندارد تخلیه به محیط زیست می باشد.به همین سبب می تواند به عنوان کود در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد .
- میزان منگنز موجود در لجن پایین بودن درصد خلوص مواد مصرفی را نشان می دهد و بیانگر نیاز به پایش دقیق تر این مواد از سوی دستگاه بهره بردار و در صورت امکان جایگزین کردن مواد مرغوبتر یا بررسی تغییراتی در فرآیند تولید این مواد که سبب کاهش ناخالصی ها شود می باشد.البته در صورتی که گزینه انتخابی دفع لجن در زمین کشاورزی باشد منگنز نیز همچون آهن، روی، بور و ... می تواند به عنوان کود قابل استفاده باشد.

۶-۲- بررسی سرعت خشک شدن لجن تصفیه خانه های آب :

دراین قسمت پژوهش با استفاده پوشش شیشه منعکس کنندهنورکه خاصیت گلخانه ای رادارا می باشد به بررسی تاثیر درسرعت خشک شدن لجن درفصلهای مختلف سال درمقایسه بابسترهای روباز پرداخته میشود.



{نمودار(۱) اثردرجه حرارت وبارش بر روی شاخص درصد کاهش زمان خشک شدن در بستر با پوشش شیشه منعکس کننده نور}

همانطور که در نمودارهای (۱) مشاهده می شود،میزان تأثیر بسترهای متعارف بر سرعت خشک شدن رابطه مستقیمی با وضعیت آب وهوایی ازقبیل میزان بارشهای جوی ودرجه حرارت دارد،به طوری که هرچه میزان بارندگی بیشتر ودرجه حرارت هوا کمتر باشد،تأثیر بسترهای پوشیده درکاهش زمان خشک شدن بیشتر می باشد.

با مقایسه نتایج حاصله می توان گفت که بسترهای پوشیده می توانند به صورت قابل توجه عملکرد بسترهای لجن خشک کن متعارف را بهبود بخشیده وزمان خشک شدن لجن بر روی بستر را کاهش دهند،علت این امر جلوگیری از بارش مستقیم برروی بستر واثرگلخانه ای بسترهای پوشیده با پوشش منعکس کننده می باشد. که در آزمایشات صورت گرفته کاهش زمان خشک شدن تا حد ۵۷درصد نیز مشاهده شده است.

۶-۳- استفاده باقیمانده های تصفیه آب در صنعت تولید سیمان :

بعد از تجزیه و تحلیل کیفیت مواد خام مصرفی، نمونه لجن خشک شده بر روی بسترهای لجن خشک کن ماسه ای به آزمایشگاه تحلیل کیفیت مواد خام کارخانه منتقل شد.در این واحد هر روزه کیفیت مواد خام مورد استفاده به وسیله دستگاه (طیف سنجی اشعه ایکس) مورد بررسی قرار می گیرد . پس از انتقال نمونه های لجن به این دستگاه درصد عناصر اصلی موجود در نمونه لجن تعیین خواهد شد ، که نتیجه حاصل از آنالیز عناصر موجود در نمونه لجن در جدول شماره (۴) ارائه گردیده است .

جدول (۴) میزان عناصر اصلی موجود درلجن تصفیه خانه های ۳ و ۴ تهرانپارس

نام عنصر	درصد عنصر در نمونه لجن
آهن	۳۱
سیلیس	۲۶/۲۹
آلومینیوم	۴/۴
آهک	۱۴/۷۵

همانطور که از جدول (۴) مشاهده می نماییم ۷۵ درصد از عناصر موجود در نمونه لجن می تواند به عنوان ماده خام در تولید سیمان مورد استفاده قرار گیرد .

۷- خلاصه نتایج وپیشنهادات:

۱- تخلیه پساب خروجی از فیلترها ولجن زلال سازی به محیط زیست مجاز نبوده وباعث آلودگی محیط زیست ومنابع آب سطحی و زیر زمینی خواهد شد.

۲- ایجاد پوشش بر روی بستر می تواند تاحد قابل توجهی عملکرد بسترهای لجن خشک کن متعارف روباز را بهبود بخشیده وزمان خشک شدن لجن بر روی بستر را کاهش دهد،که علت این امر جلوگیری پوشش منعکس کننده نور از اثر بارشهای جوی بر روی بستر واثر گلخانه ای پوشش می باشد. این روش به خصوص در تصفیه خانه های آب در مجاور شهر های بزرگ که زمین دارای ارزش بالای اقتصادی است،قابل توجه می باشد.

۳- نمونه لجن خشک شده حاوی مقادیر بالای فلزاتی نظیر آهن و منگنز است و میزان فلزات سنگین نظیر کروم بسیار کم می باشد،به همین سبب می توان از این لجن به عنوان کود در کشاورزی مورد استفاده قرار داد . ولی مطالعات مختلف نشان داده است که اگر این لجن را با نسبت مناسب با لجن فاضلاب ترکیب کنیم، نتایج بهتری حاصل شده است.که در این زمینه می بایست مطالعات بیشتری انجام گیرد.

۴- لجن فریکی تصفیه خانه های آب با داشتن حدود ۳۱ درصد آهن می تواند به عنوان ماده خام جایگزین سنگ آهن مورد استفاده در کارخانه شود که در اینصورت نیاز به خردکردن سنگ آهن و هزینه های ناشی از این فرآیند نمی باشد. اما در مورد استفاده باقیمانده های فریکی در صنعت سیمان نکته ای که بایستی مورد توجه قرار گیرد یکنواختی و پیوسته بودن تولید و نحوه حمل باقیمانده های تصفیه آب به کارخانه سیمان می باشد.

۸- مراجع:

۱) اختیارزاده زهره،مدیریت لجن درتصفیه خانه های آب شهر تهران،۱۳۸۱

۲)وضعیت تصفیه خانه های آب درمداربهره برداری، آب وفاضلاب کشور،۱۳۷۹

۳) Robert L. Sanks,” Water Treatment Plant Design for the Practicing Engineer”, 1978

۴) AWWA,” Criteria Development Water Treatment Plant Residual Mono- fills”, 1997

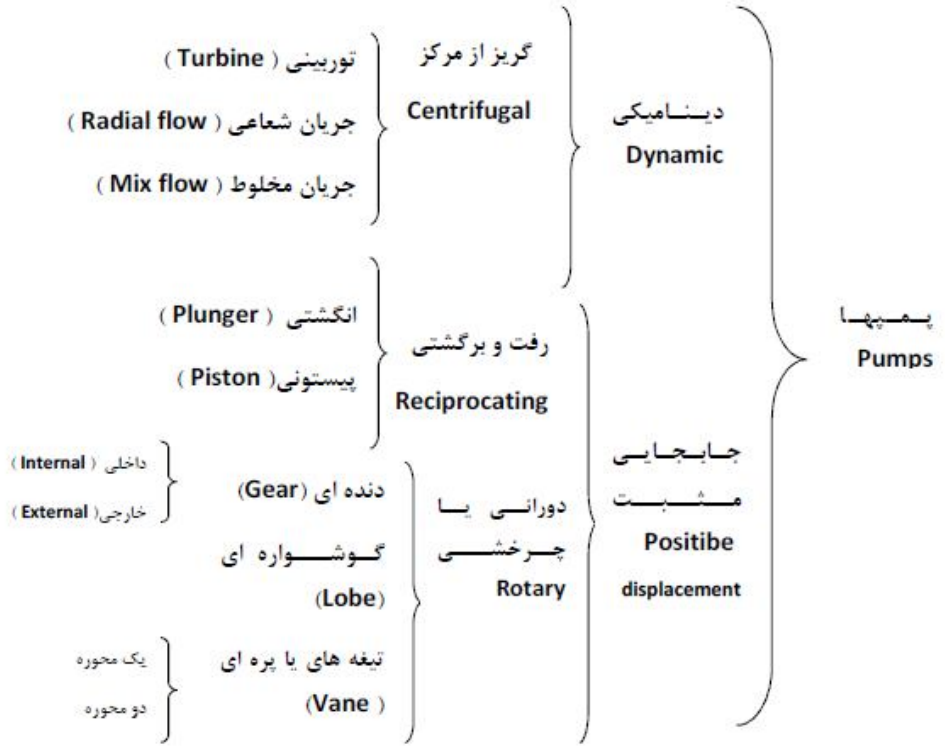
۵) Joanne E. Drinan, Nancy E. Whiting,” Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Non-engineering Professional” Mc Graw Hill, 1991

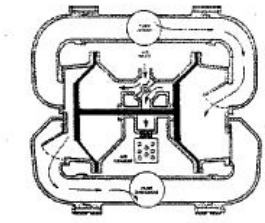
۶) US.EPA,” Water Treatment Plant Residual Management”, 1995

7) AWWA,” Water Treatment Plant Waste Management”, Mc. graw Hill, 1989

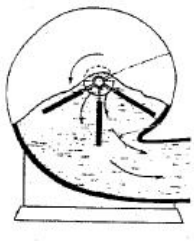
تجهیزات عمومی تصفیه خانه ها

❖ پمپ ها

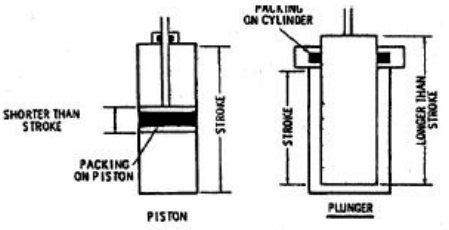




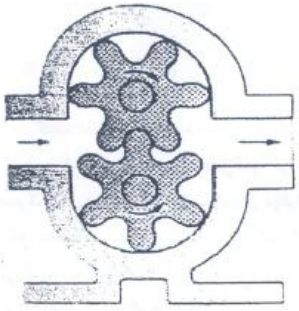
پمپ دیافراگمی (دو طرفه)



نحوهٔ عملکرد یک پمپ گریز از مرکز

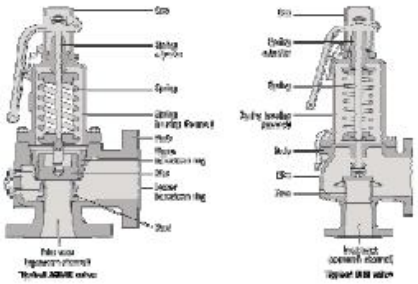


پمپ پیستونی



پمپ دنده ای خارجی

مارپیچ ارشمیدس



شیر ایمنی

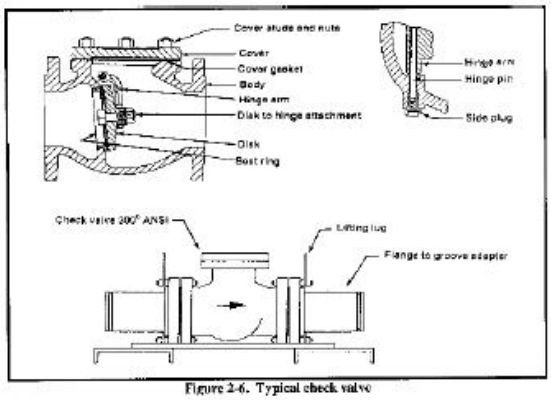
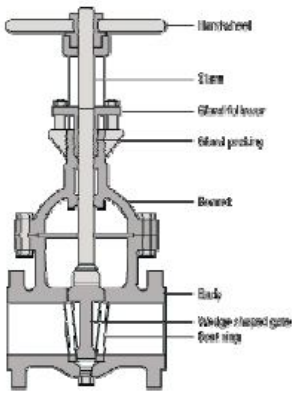


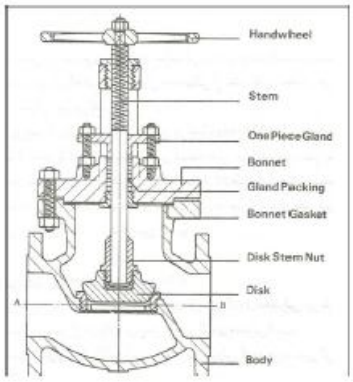
Figure 2-6. Typical check valve

شیر یکطرفه چک والو

شیر پروانه ای



گیت والو



گلوب والو

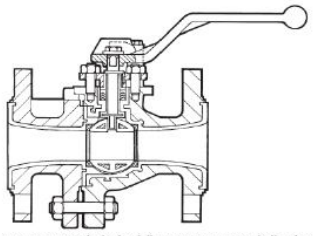
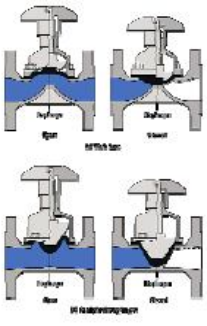
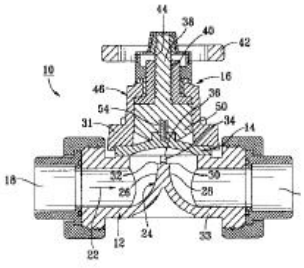


Figure 3.4 Split-body, full-port quarter-turn ball valve. (*Courtesy of Atomac/The Durlon Company*)

بال والو. والو گازی





دیافراگم والو

اسلیو والو

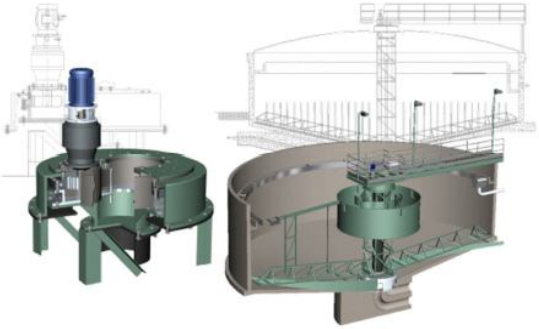
بلورها

سندفیلترها

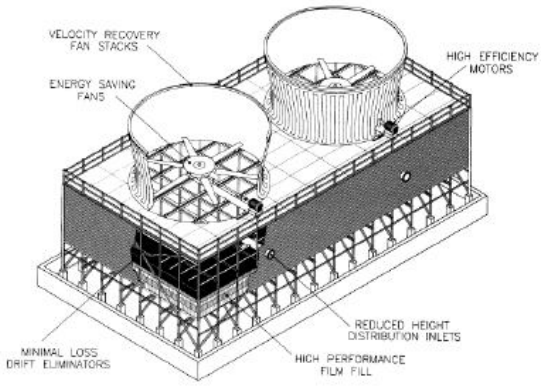
کلاریفایرها

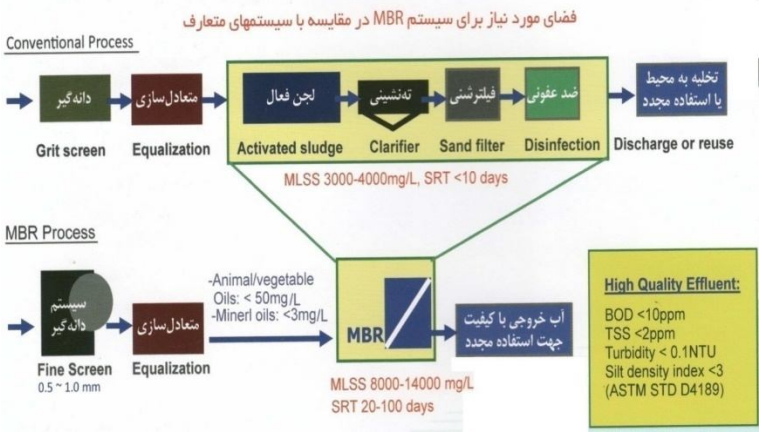
روغن گیرها

کولینگ تاور

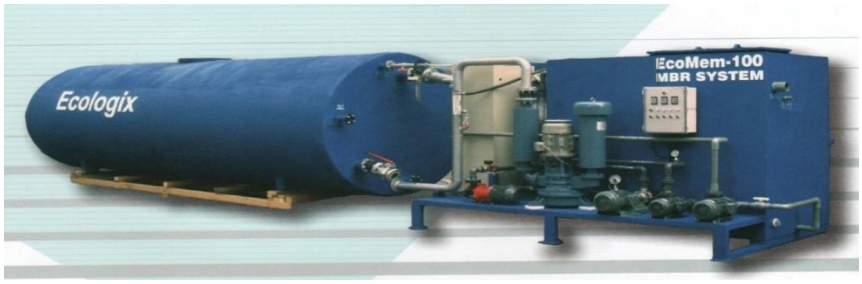


کولینگ تاور

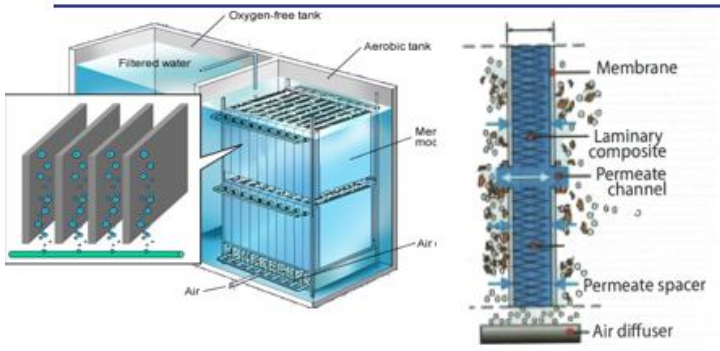


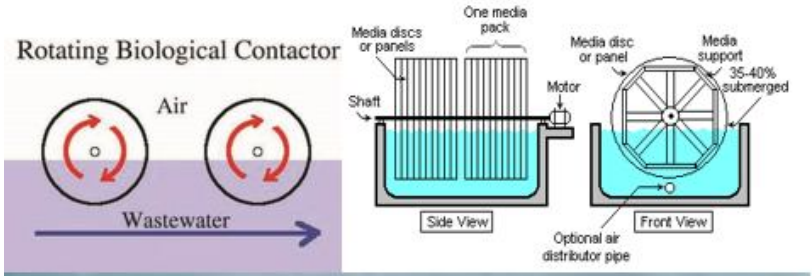


بیوراکتورهای غشایی


Ecologix
EcoMem-100
MBR SYSTEM

غشاء


Oxygen-free tank
Aerobic tank
Filtered water
Air
Membrane
Laminary composite
Permeate channel
Permeate spacer
Air diffuser



- **تصفيه فيزيكى :**

آشغالگيري، دانه گيري، ته نشيني،اسمز معكوس ، نانو فيلتراسيون،
بستر هاي لجن خشك كن، فيلتر پرس، سانتريفوژ و ...

- **تصفيه شيميايي :**

كلر زني، انعقاد و لخته سازي، ازن زني و ...

تصفيه بيولوژيكي :

- **هوازي :** لجن فعال، لاگونهاي هوادهي ، RBC ، SBR ، رشد تلفيقي (IFAS,MBBR) ، بيوراكتورهاي غشائي و ...

مواد الی (فاضلاب) + میکروارگانیزمهای هوازی(لجن) + اکسیژن (هوا) + مواد مغذی(مانرو و میکرو نوترینت) ____.... CO_2+ H_2O+میکروارگانیزمهای ب

- **بي هوازي :** بركه هاي بي هوازي، UASB ، UAFB ، RBC ، هاضم هاي بي هوازي و ...

فرآیندهای تصفیه
تصفیه حوضچه ای
فرآیند لجن فعال
فرآیند بیوفیلم

تصفیه فاضلاب

تصفیه فاضلاب به مفهوم جداسازی و یا از بین بردن آلودگیها میباشد : روشهای متداول عبارتند از :

روشهای تصفیه فیزیکی (ته نشینی ، شناور سازی ، فیلتراسیون)

روشهای تصفیه بیولوژیکی

- هوازی
- بیهوازی
- مختلط

روشهای ضدعفونی کردن (کلر زنی و UV)

روشهای تصفیه تکمیلی

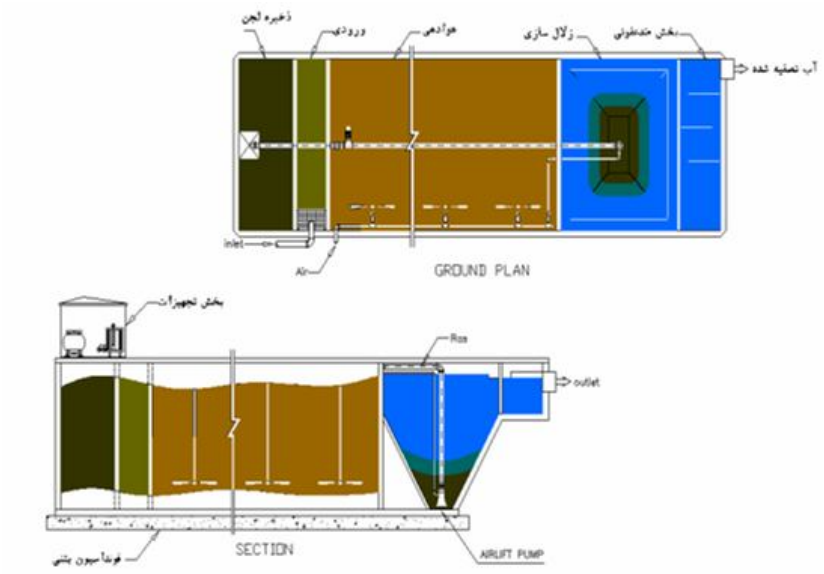
- حذف آمونیاک (نیترات سازی) و نیترات (نیترات زدائی)
- حذف فسفر (تصفیه شیمیائی – استفاده از آهک)
- زلال سازی (تصفیه شیمیائی و یا فیلتراسیون)
- کاهش املاح (اسمز معکوس)

انتخاب روش و فرایند تصفیه تابع کیفیت اولیه فاضلاب و کیفیت مورد انتظار برای پساب تصفیه شده میباشد.

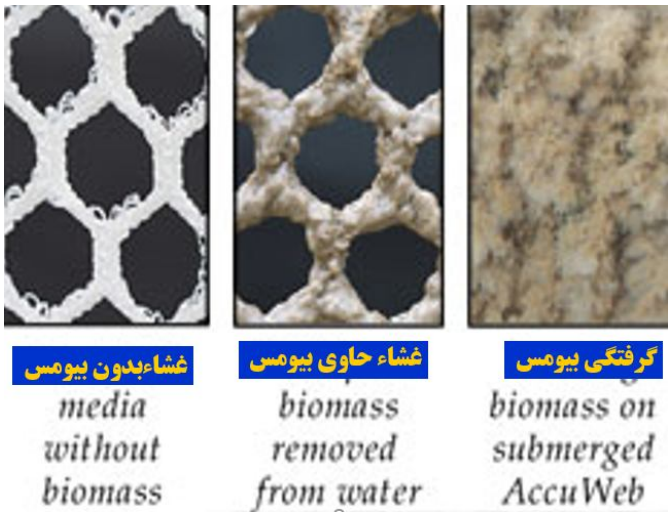
ر

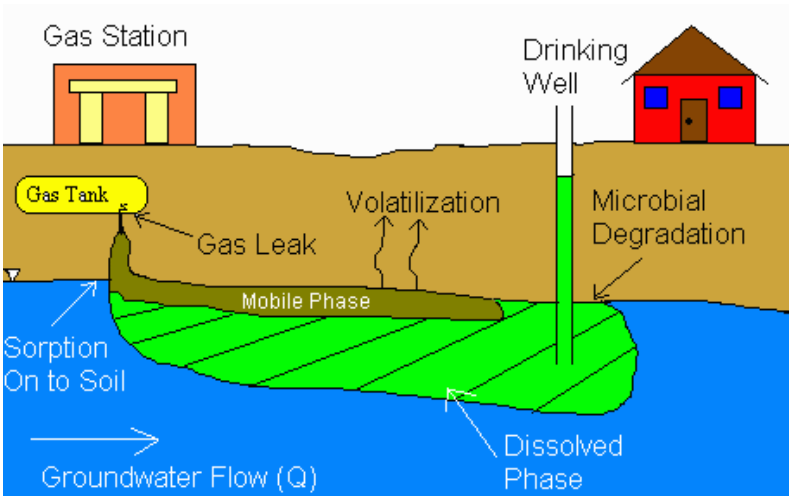
تصفیه فیزیکی

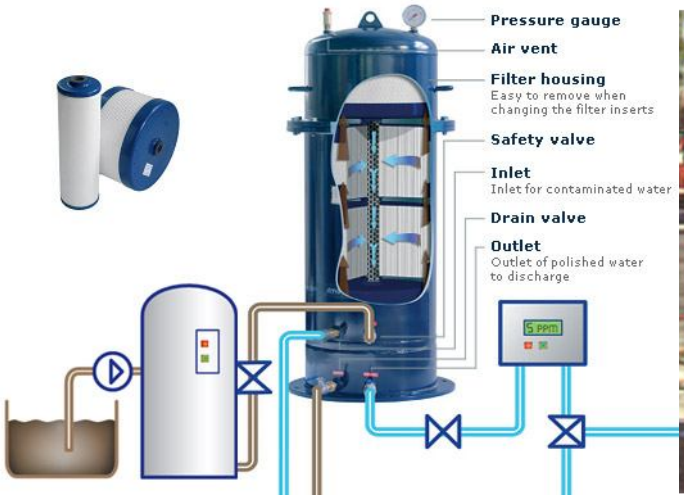
ته نشین سازی	جداسازی مواد معلق و شناور معمولا" در ابتدای سیستم تصفیه و در انتهای فرایند بکار برده میشود
شناور سازی	جدا سازی مواد شناور (چربی و روغن ، نفت و ....)
فیلتراسیون	جدا سازی مواد معلق باقیمانده (برای فاضلاب تصفیه شده بکار میرود)

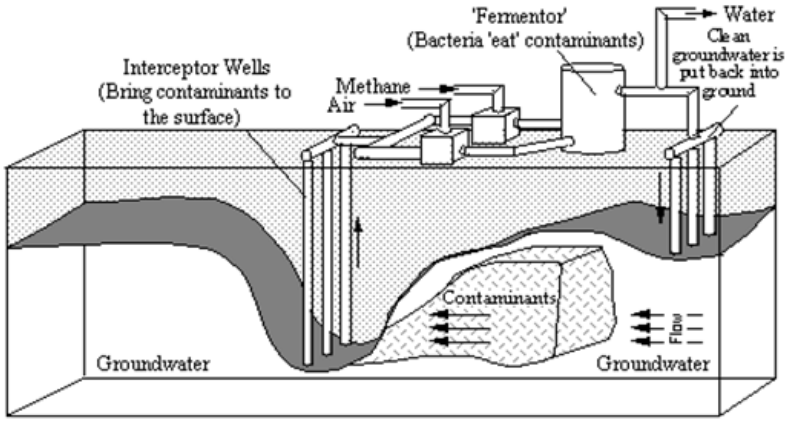


فرآیند تصفیه دریکیج های نوع لجن فعال شرکت جسکو




Gas Station
Drinking Well
Gas Tank
Gas Leak
Volatilization
Microbial Degradation
Mobile Phase
Sorption On to Soil
Groundwater Flow (Q)
Dissolved Phase





هوادهی عمقی-دیفیوزرها

MBBRرشد تلفیقی

IFAS رشد تلفیقی

انواع فرآیندهای تصفیه و دفع لجن عبارت است از:

- تغلیظ لجن[۱]
- تثبیت لجن[۲]
- خشک‌کردن لجن[۳]
- دفع نهایی لجن[۴]

مزایای بهره‌گیری از حوض تغلیظ لجن به شرح زیر است:

- مصرف انرژی الکتریکی کم
- کاهش حجم مخازن هضم لجن
- کاهش ظرفیت تجهیزات مکانیکی (مانند الکتروپمپ‌های انتقال لجن)
- کاهش تعداد و سطح واحدهای مربوط به خشک‌کردن لجن
- کاهش هزینه طرح تصفیه و دفع لجن

معایب حوض تغلیظ لجن عبارت است از:

- پذیرش بار سطحی محدود
- نیاز به افزایش مواد شیمیایی
- قابلیت محدود در حذف مواد جامد معلق از لجن‌اب
- لزوم بهره‌برداری مناسب
- انتشار بو و ذرات آئروسل در هوا

مزایای هضم لجن به روش بی‌هوازی به شرح زیر است:

- امکان استفاده از گاز متان برای تأمین سوخت
- لجن بدست آمده پایدار و بی‌بو است.
- مناسب برای شرایط خاک است.
- مقدار عوامل بیماری‌زا در لجن بسیار کم است.

معایب هضم لجن به روش بی‌هوازی عبارت است از:

- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بسیار زیاد
- راهبری پیچیده و نیازمند به بهره‌برداران مجرب و متخصص
- حساسیت زیاد باکتری‌های متان‌ساز نسبت به تغییرات دما
- تأمین دمای بالا جهت فعالیت باکتری‌های متان‌ساز
- تراکم گاز در سقف هاضم و احتمال انفجار در صورت عدم راهبری مناسب
- پیچیدگی در انجام عملیات اجرایی ساختمانی، نصب تأسیسات حرارتی و پوشش‌های حفاظتی
- تولید لجن‌آب بسیار آلوده

مزایای هضم لجن به روش هوازی به شرح زیر است:

- لجن‌آب باقیمانده در این روش دارای آلودگی (BOD_5) کمتری است.
- فرآیند تصفیه لجن بدون بو می‌باشد.
- لجن تصفیه شده بهتر آب خود را از دست می‌دهد.
- لجن بدست آمده خاصیت کودی بیشتری دارد.
- ساده‌تر بودن راهبری و نگهداری سیستم و نیاز کمتر به نیروی انسانی متخصص
- حساسیت کمتر سیستم نسبت به تغییرات کمّی و کیفی لجن مورد تصفیه
- کمتر بودن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه

معایب هضم لجن به روش هوازی عبارت است از:

- افزایش هزینه راهبری سیستم در نتیجه مصرف زیاد برق
- عدم وجود گاز متان طی فرآیند
- لجن هضم هوازی بدون تصفیه شیمیایی و کاربرد مواد منعقدکننده نمی‌تواند تغلیظ شود.

مزایای آبگیری از لجن به روش ثقلی به شرح زیر است:

- قابلیت بالای آبگیری و کاهش حجم لجن فاضلاب شهری
- ساده بودن روش بهره‌برداری
- عدم نیاز به تجهیزات الکترومکانیکی
- عدم مصرف انرژی الکتریکی
- هزینه پایین تعمیرات و نگهداری
- عدم وابستگی به خارج و نیاز ارزی

معایب آبگیری از لجن به روش ثقلی به شرح زیر است:

- نیاز به زمین زیاد و هزینه بالای سرمایه‌گذاری برای خرید و تملک
- احتمال نفوذ آلودگی به آب‌های زیرزمینی
- انتشار بو و ذرات آئروسل به هوا
- حتی الامکان به لحاظ رعایت مسایل بهداشتی باید دور از مناطق مسکونی بنا شوند.
- به نیروی کارگر برای تمیز و تخلیه کردن منظم و مداوم احتیاج است.

مزایای بهره‌گیری از تجهیزات مکانیکی برای تغلیظ و آبگیری از لجن عبارت است از:

- قابلیت بالای آبگیری و تولید لجن خشک‌شده
- کاهش زیاد حجم لجن
- کاهش هزینه حمل و نقل لجن خشک‌شده
- بازده بالای حذف ذرات و مواد جامد از لجن‌آب (حدود ۹۹ درصد)
- مجهز به سیستم کنترل و فرمان
- سهولت بهره‌برداری و نگهداری
- نیاز محدود به زمین و کاهش هزینه تملک
- جلوگیری از آلودگی و انتشار ذرات به هوا

و معایب بهره‌گیری از تجهیزات مکانیکی عبارت است از:

- هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه
- وابستگی به خارج و نیاز ارزی
- نیاز به بهره‌بردار متخصص و مجرب
- هزینه بالای تعمیرات و نگهداری

روش‌های دفع لجن به شرح زیر است:

- دفع در زمین[۱]
- سوزاندن لجن[۲]
- تهیه کود[۳]
- دفع لجن در لاگون‌های عمیق با لایه نفوذ ناپذیر.

تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی تاسیسات و سازه های آبی از قبیل تصفیه خانه آب)با مطالعه موردی تصفیه خانه تهرانپارس(

حسین میسمی ،دکترای عمران
ایمان الیاسیان،کارشناس ارشد عمران -سازه Iman.Elyasian@gmail.com

چکیده:
نگهداری و بهسازی در تاسیسات مختلف از اهمیت ویژه ای برخوردار است ولی در تاسیسات آبی و شریان های حیاتی از اهمیت بیشتری برخوردار است .ولی این اهمیت برای شهری مثل تهران با وسعت حدود بیش از 1000 کیلومتر مربع و جمعیتی بالای 10 میلیون نفر در جوار رشته کوههای البرز بیش از پیش می باشد .بدلیل قرار گرفتن این شهر روی گسل های متعدد و با توجه به سوابق تاریخی موجود در خصوص لرزه خیزی تهران و حوادث مختلفی که ناشی از بروز زمین لرزه، بوقوع پیوسته است، این شهر همیشه در معرض بروز زمین لرزه قرار دارد .در این مقاله ضمن تشریح وضعیت کنونی قسمتهای مختلف تصفیه خانه و تاسیسات آب شرب شهر تهران با مطالعه موردی تصفیه خانه تهرانپارس، مقدار آسیب پذیری این تاسیسات در زلزله تشریح می گردد .ضمنا اقدامات مورد نیاز در جهت تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی این تصفیه خانه نیز ارائه می شود .در خصوص کاهش و یا جلوگیری از آسیب دیدگی آن حین بروز مشکل و یا در اثر مرور زمان و بروز خرابی بیان می گردد.

کلمات کلیدی :تعمیرات پیشگیرانه و بهسازی، تاسیسات آبی، مخازن بتنی، آب شرب،

1-مقدمه:

اهمیت آب و نقش آن در حیات موجودات زنده بر هیچکس پوشیده نیست، اکثر مردم اثرات بی آبی را بعد از گذشت 36ساعت احساس می کنند، بدن انسان گرسنگی را بیشتر از تشنگی تحمل می کند و حتی با آب می توان مدتها مسئله احساس گرسنگی شدید را به تعویق انداخت.

زمین لرزه ممکن است سبب خسارات شدیدی به تاسیسات آبی یک شهر وارد نماید .آمار و گزارشات متعددی از تاسیسات مختلف (Lifelines) سراسر دنیا در خصوص حصول خسارات شدید ناشی از بروز حوادث روی خطوط حیاتی منجمله تاسیسات آب و گاز و برق و مخابرات بعد از وقوع یک زمین لرزه با شدت بالا وجود دارد.

چنین گزارشاتی از زمان وقوع زمین لرزه سال 1906 در سانفرانسیسکوی آمریکا تاکنون در دسترس می باشد .در این زمین لرزه خسارات شدیدی به تاسیسات تصفیه آب و خطوط لوله انتقال شهر وارد گردید .که باعث عدم تامین آب شرب شهر و اتش سوزی های متعددر سطح شهر بعد از وقوع زمین لرزه شد .در حقیقت در اثر قرار گرفتن شهر سانفرانسیسکو در یک منطقه با شدت زمین لرزه بالا، آتش سوزی عامل اصلی تخریب بوده است.

در گزارش دیگری موضوع زمین لرزه بزرگ شهر مکزیکوسیتی در سپتامبر سال 1985 مطرح شده است در این زمین لرزه که منجر به جا به جایی وسیعی از اراضی شده است .که ضمن تخریب مخازن آب شرب و تصفیه خانه تخریب، خطوط اصلی لوله آب شرب نیز دچار شکستگی شد و در نتیجه آن بیش از 4 میلیون نفر بمدت سه هفته فاقد آب آشامیدنی بوده اند.

کالیفرنیا نیز تاسیات تهیه آب شرب از جمله تاسیسات تصفیه و خطوط لوله Northridge در سال 1994 در زمین لرزه اصلی انتقال و توزیع آب بدلیل تخریب دائمی زمین دچار شکستگی شدند.

در سال 1995 در زمین لرزه شهر کوبه ژاپن در مخازن نگهداری ، حوضچه های تصفیه و شبکه توزیع آب شهر به دلیل تخریب زمین و تکان زیرزمین و نیز بالا رفتن رطوبت در چاله هایی که در نزدیک خلیج به طور مصنوعی پر شده بود بیش از 2000 مورد شکستگی تخریب، تعمیر و بازسازی مخازن نگهداری آب، لوله ها و تاسیسات آب شرب شهر گزارش شده است.

2-اهمیت تاسیسات آبی تهران:

با توجه به مطالب گفته شده اهمیت تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی و تقویت تاسیسات آب شرب شهر تهران بیش از

پیش آشکار می گردد .البته شایان ذکر است که تاسیسات تصفیه و جمع آوری فاضلاب نیز در کلان شهرهائی نظیر تهران در مواقع بروز زلزله بسیار مشکل ساز می باشند ولی با وجود به دلیل عدم تکمیل پروژه شبکه جمع آوری و تصفیه خانه فاضلاب تهران در این مقاله به این موضوع پرداخته نمی شود.

3-وضعیت کنونی تصفیه خانه تهرانپارس از لحاظ تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی:

تصفیه خانه های سوم و چهارم تهرانپارس در شمال شرقی تهران و با ظرفیت تصفیه 10000 لیتر آب در ثانیه بخش عمده آب شرق تهران را تامین می نمایند .فرایند تصفیه این تصفیه خانه ها از نوع متعارف و به همین لحاظ دارای حوضچه های مختلف بتی در طول فرایند می باشند که اکثرا مدفون و در بعضی نقاط پوشش دار اجرا گردیده اند.به طور کلی در هر تصفیه خانه از این دو حدود 20 مخزن ، حوضچه و لاگون بتنی موجود می باشد.

عمق متوسط این مخازن 3 تا 4 متر و همگی دارای متوسط عمر 20 تا 30 سال می باشند .اکثر این مخازن دچار خورگی بتن، بیرون پریدگی بتن، ترکهای عمیق شده اند و در مقاطع زمانی مختلف مورد تعمیرات دوره ای مختصری قرار گرفته اند که البته شایان ذکر است که هیچ گونه تعمیرات دوره ای و پیشگیرانه ای تهیه و اجرا نشده است .مخازن اصلی ذخیره آب نیز که به صورت پوشش دار اجرا شده است بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند ولی با وجود سقف مخازن به دلیل عدم پوشش و پاستر دهی مناسب دچار اسیب گشته است.

در ادامه ضمن تشریح قسمت های یاد شده روشهای پیشنهادی جهت تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی و ترمیم آسیب های وارده به تصفیه خانه تهرانپارس تشریح می گردد.

جدول 2 تشریح وضعیت موجود مخازن تصفیه خانه تهرانپارس

نوع مخازن	عمق مخزن	مواد داخل مخزن	عمر مخازن	پوشش و جنس مخازن مخازن	میزان فرسودگی	وضعیت تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی
نگهداری	3 تا 4 متر	آب خام یا تصفیه شده	20 تا30 سال	بتن بدون پوشش	در وضعیت مطلوبی‌قرار دارند	تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی مناسبی صورت نگرفته است
فرایندی	3 متر	مواد شیمیایی یا مخلوط آب	20 سال	بتن گاها با پوشش یا فلزی	دچارخوردگی‌ها شدید شده اند.	در چند محله پوشش و درزگیری شده اند
اختلاط	2/5	آب	20 سال	بتنی بدون پوشش	دروضعیت نامناسبی قرار دارند	موردتعمیرات‌پیشگیرانه و مقاوم سازی قرار گرفته است
خارج از خط	2تا3متر	خالی	25 سال	بتنی	فرسوده	نشده
بستر صافی	2 متر	بستر شنی و	15 سال	بتنی	مناسب	آستر کشی شده
		آب				
مجراهای زیر زمینی دست رسی	4 متر	انواع تجیزات و گاها آب	25 سال	بتنی	دچار اسیب شده	نشده
محل پمپ	4تا5متر	پمپ و ملزمات آن	25 سال	بتنی با پوشش آب بند	مناسب	مورد تعمیر و تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی کلی قرار گرفته
محل نگهداری تجهیزات	3 متر	انواع تجهیزات تصفیه آب	25 سال	بتنی	مناسب	نشده

4-تشریح ساختمان حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب:

حوضچه های بتنی تصفیه و نگهدار ی آب تصفیه خانه تهرانپارس بطور کلی از بخشهای زیر تشکیل می شوند:

الف -مخزن نگه دارنده آب:

که به دو شکل ظرف مکعب مستطیلی شکل ، ظرف استوانه ای شکل وجود دارد .با توجه به حجم مخزن و توانایی های اجرائی و تجارب موجود در این زمینه شکل ظرف مشخص می گردد .برای موارد مذکور ظرف نگه دارنده آب بصورت استوانه ای شکل به دو مخروط ناقص در بالا و پایین د رنظر گرفته می شود.

ب -پی ها با توجه به نوع مخزن و شرایط خاک منطقه د رانواع مختلف منفرد ، نواری و گسترده ساخته شده است.

در جدول شاخصه های عمده موثر در آسیب لرزه ای سازه ها در زلزله نشان داده شده است.

جدول 2 شاخصه های عمده موثر در آسیب لرزه ای سازه ها در زلزله

عامل بروز آسیب	شرح
گسل	- فاصله از گسل - امتداد سازه نسبت به امتداد گسل
محل سازه	- شیب محل استقرار - وضعیت لایه های خاک - وضعیت سطح آب زیرزمینی
مشخصات سازه	- مصالح - سیستم بار - پریود طبیعی
ساخت سازه	- مصالح مصرفی - اتصالات
تعمیر و نگهداری و بهره برداری	- خوردگی و زنگ زدگی - حذف بعضی اعضاء باربر بخاطر بهره برداریهای خاص - استفاده فوق ظرفیت از سازه - عمر سازه

5-مولفه های نیروی زلزله وارد بر حوضچه بتنی:

بطور کلی هر سازه ای که به زمین اتکا داشته باشد حین زلزله تحت اثر شش مولفه حرکت زمین قرار می گیرد ، که شامل دو مولفه جانبی ، یک مولفه قائم و سه مولفه پیچشی حول محور های مختصات سازه می باشد .مولفه افقی شتاب زمین با عث اعمال فشار هیدرودینامیکی به حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب می شود . این فشارشامل فشارهای ضربه ای و فشار های نوسانی می باشد .فشار های ضربه ای که در اثر ارتعاش حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب رخ می دهد و پریودی برابر با پریود ارتعاش حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب دارد .در صورتی که فشار های نوسانی از انتقال ارتعاشات ضربه ای به سیال ایجاد گشته بصورت امواج سطحی در سیال ظاهر می شوند .فشار های هیدرو دینامیکی ایجاد شده در اثر تحریکات زلزله سبب ایجاد نیروهای برشی و لنگر خمشی و در نتیجه تنشهای حلقوی فشاری و کششی و تنشهای برشی قابل توجهی در پوسته حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب می شود که در صورت نداشتن براورد مناسبی ازآنها در طراحی حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب می تواند حوادث غیر قابل جبرانی به دنبال داشته باشد .اطمینان یافتن از عملکرد درست این سازه ها در زمان زلزله به لحاظ پیچیدگی رفتاری آنها به مطالعات بیشتری نیاز دارد .این پیچیدگی از یک سو و از سوی دیگر لزوم درک اندرکنش حوضچه بتنی نگهداری آب در زمان بارگذاری و طراحی سازه تحت تحریک دینامیکی در سازه نیاز به ارائه روشهای ساده در آیین نامه ها دو چندان می کند.

6-بررسی آیین نامه های موجود جهت طراحی مخازن آب:

حوضچه های بتنی و تاسیسات آبی، آسیب های زیاد ی در حین زلزله به آنها وارد می شود . در تصفیه خانه ها نیز که بسیاری از تجهیزاتن مکانیکی بارهای مداوم مکانیکی به سازه ها وارد می آورند تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی آنها در برابر بارهای دینامیکی زلزله و سایر تجهیزات بسیار ضروری است ، چرا که بدلیل عدم توجه به این مسائل است در خیلی از نقاط تصفیه خانه که حتما باید از ضربه گیر استفاده شود استفاده نشده و آسیب های جدی به سازه وارد کرده و باربری آن را در مقابل زلزله نیز کاهش می دهد .لذا درحین وقوع زلزله این سازه ها دچار خرابی های بزرگ و کوچک می شوند .طراحی لرزه ای بسیاری از مخازن و حوضچه های بتنی بر پایه آیین نامه های معتبری و استاندارد 2800 ایران صورت می پذیرد .ولی در زلزله های بوقوع پیوستهAWWA,SWA ، IBC,UBC همچون ازجمله زلزله بم آسیب های جدی به منابع آب وارد گردید که بیانگر آن است که ضوابط آیین نامه های فوق الذکر برای در نظر گرفتن ایمنی و بهره برداری از این سازه ها کافی نبوده است .مدلهای ساده شده حوضچه های بتنی و با استفاده از مدلهای تک جرمی، مدل دوجرمی هاوسنر طراحی UBC,API,AWWA تاسیسات آبی در آیین نامه های برای محاسبه برش پایه حوضچه های بتنی مرتفع و سطحی و تاسیسات آبی زیر سطحی AWWA می شوند .آیین نامه مدلی ساده و تک جرمی و برای محاسبه لنگر پای مخزن هوائی و سطحی دو جرمی بر گرفته از روش هاوسنر را توصیه کرده است.

7-روش های تحلیل حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب:

تحلیل حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب را توسط تحلیل طیفی انجام می دهیم.طیف آیین نامه 2800ایران به حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب وارد و عملکرد حوضچه های بتنی و تاسیسات آبی تحت این بار دینامیکی بررسی می گردد .مشاهده می شود که بیشترین تغییر شکل جانبی در محل اتصال مخزن و پایه است که این حالت یک حالت بحرانی است .در حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب پیوسته بتنی، بیشترین تغییر شکل درمحل حوضچه های بتنی است که نسبت به حالا ت قبل، دارای عملکرد مناسب تری است.

8-رفتار لرزه ای حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب

برای پی بردن به مکانیزم خرابی حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب و جلوگیری از خرابی ها و آسیب های ناشی از زلزله بررسی رفتار لرزه ای آنها ضروری می باشد .لذا مدلسازی و در نظر گرفتن وضعیت کنونی آنها ازجمله ترکها ودرزهای ایجاد شده بر روی آنها و خوردگی بتن از اهمیت خاصی برخوردار است.

9-ترک در مخازن آبی:

ترک ها ئی که در سازه های آبی رخ می دهد می تواند به یکی از اشکال و عوامل زیر باشد:

1-ترکهای افقی محیطی بر اثر لنگر خشمی در مقاطعی از پایه و دیواره های بتنی که به پی نزدیکتر و لنگر خمشی در آنها بیشتر است رخ می دهد .در مصالحی که مقاومت کششی کمی دارند ترکهای خشمی به دلیل ترکیب تنش های خمشی و برشی بصورت قطری دیده می شوند.

2-ترکهای محیطی قطری که بر اثر پاسخ پیچشی سازه یا لنگر خمشی و نیروی برشی و یا ترکیب آنها بوجود می آیند .ترکیب تنشهای بدست آمده از لنگر پیچشی و لنگر خمشی باعث می شود که شیب گسیختگی نسبت به محور افقی کمتر شود.

3-ترکهای قائم که بر اثر نیروهای فشاری زیادی که هنگام زلزله به پایه وارد می شود ایجاد می گردند.

10-رفتار پیچشی حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب:

حوضچه های بتنی و تاسیسات آبی بطور معمول دارای محور تقارن طولی در مرکز هندسی سازه بوده و مرکز سختی و جرم آنها برروی هم واقع است .ولی به دلیل وجود تاسیسات جانبی همچون نردبان ، راه پله و لوله های تاسیساتی ، نوسان مایع در زمان زلزله و ناهماهنگی هایی که در ساخت رخ می دهد باعث پدید آمدن خروج از مرکزیت اتفاقی بین مرکز سختی و مرکز جرم سازه می شود . بسیاری از حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب در زلزله های گذشته بدون اینکه تغییر مکان جانبی زیادی داشته باشند، در راستای قائم دچار تخریب و فرو ریختگی شده اند ولی

آنچه از خرابی بر جای می ماندگواه آن است که تغییر مکان پیچشی زیادی از خود نشان داده اند .در سازه های که دچار پیچش می شوند یک طرف سازه تغییر مکان بیشتری از طرف دیگر در راستای در جه آزادی انتقالی پیدا می کند.

11-بهسازی و تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی لرزه ای سازه بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب:

تقویت و بهسازی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب تصفیه خانه ها از جمله تصفیه خانه آب تهرانپارس که تمام حوضچه های آن بتنی می باشند، یکی از روشهائی است که می توان جهت کاهش تلفات انسانی و مالی در هنگام وقوع زلزله انجام داد.

12-اهداف تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی و بهسازی:

از جمله اهداف بهسازی و تعمیرات پیشگیرانه و مقاوم سازی تصفیه خانه آب تهرانپارس و سایر تاسیسات آبی را می توان مواردی نظیر موارد زیر دانست:

—1مقاومت سازه در برابر زلزله های خفیف بدون هیچ گونه آسیب در سازه بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب

—2تامین مقاومت سازه در برابر زلزله های متوسط به طوری که هیچ گونه خرابی سازه ای نداشته باشیم.

—3تامین مقاومت سازه تاسیسات تصفیه و نگهداری آب در برابر زلزله های شدید بدون بروز شستگی ، آسیب مخرب و فروریزی ، در سازه.

13-بکارگیری بتن در تاسیسات تصفیه و نگهداری آب:

-پوکی بتن، فاصله زیاد خاموتها و نبودن مهاربندی مناسب عمده ترین یافته ها در تخریب تاسیسات تصفیه و نگهداری آب بتنی در زلزله های گذشته بوده است.

امروزه بتن و فولاد مصرف زیادی در کارهای ساختمانی دارند و بسته به نوع سازه و بهره برداری از سازه های بتنی و فولادی طراحی و ساخته می شود .لکن سازه های بتنی در تاسیسات تصفیه و نگهداری آب بنا به دلایل زیر نسبت به سازه های فولادی ارجحیت دارد:

1-شکل پذیری بتن از فولاد بهتر و بیشتر است

2-مصالح اولیه بتن در اکثر نقاط یافت می شود

3-سازه های بتنی در برابر آتش سوزی مقاومت خوبی دارند و حتی تا 24 ساعت دوام می آورند)بدیهی است در ظرف مدت مذکور حتی بزرگترین آتش سوزیها را می توان مهار کرد (در حالیکه در سازههای فولادی زمان بسیار کوتاهتری در برابر آتش سوزی مقاومت می کند

4-مقاومت فشار قابل قبول :بتن دارای مقاومت فشاری خوب و قابل قبول بوده و تنها ضعف آن کمی مقاومت در برابر آتش می باشد.

14-ترمیم و تقویت حوضچه های بتنی و تاسیسات آبی:

در صورتی که خسارات وارده به تاسیسات تصفیه و نگهداری آب در اثر زلزله ، قابل بازسازی باشد با توجه به نتایجی که از تحلیل و عملکرد لرزه ای این سازه بدست می آوریم ، می توانیم به ترمیم و تقویت آنها بپردازیم . از آنجا که ترمیم و تعمیر سازه ها خود بحثی قابل تعمق است ، در این قسمت به صورت موردی ترمیم و بازسازی چند حالت مشخص و محدودرا در خصوص حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب بیان می کنیم .به دلیل اینکه بتن یک جسم تردد و شکننده است اکثر آسیب های که به آن وارد می شود ، عبارت است از ایجاد ترکهای مختلف از جمله ، ترکهای برشی و کششی . ترکهای برشی بطور معمول در پایه های قابدار ، در محل اتصالبوجود می آیند، ترکهای کششی ، در پایه های از نوع پوسته پیوسته و در نزدیک فونداسیون ، یا در پایه های قابدار ، در محل ناحیه بتن با تنش کششی . در صورتی که ترکها از نوع سطحی باشند ، استفاده از چسپ بتن و ملات با عیار بالا پیشنهاد می گردد و در صورت عمیق تر بودن ترک)ناحیه بهره برداری (می توان از یک غلاف برشی از جنس بتن مسلح و یا ورق فولادی استفاده کرد.

بیشترین تنش در حوضچه های بتنی و تاسیسات آبی در محل اتصال ستون به مخزن است و در صورتی که از تیرهای

محیطی استفاده شود، لنگر و برش قابل توجهی را در این اجزا خواهیم داشت .در صورت آسیب دیدن ، به روش های متداول به ترمیم آنها اقدام نمود.

شکل 1 روش ترمیم درز ایجاد شده در بتن

15-تمیزی و آب بندی حوضچه های بتنی و تاسیسات آبی:

این عمل برای همه ترک ها به کار می رود که شامل دمیدن هوای گرم با فشار به وسیله نیزه نوک تیز برای پاک کردن آشغال ها در ترک می باشد .که باید موارد زیر جهت اجرای مناسب آن بکار گرفت.

-در فصلی که هوا معتدل است مثل بهار و پاییز به کار رود.

-تا سخت شدن کامل مصالح درزبندی از عبور ترافیک جلوگیری کنیم ، در مواردی که نیاز است بلافاصله پس از کار ترافیک باز شود باید روی مصالح درزبندی لایه نازکی ماسه یا کاغذ توالت قرار دهیم.

-رطوبت مورد نیاز برای چسبیدن مصالح باید فراهم شود.

شکل 2 :تزریق هوای گرم با فشار زیاد به محل ترک، پر کردن ترک با وسیله درزگیر

شکل 3 :پوشش مجدد مخازن جهت آب بندی کامل و آماده سازی جهت پوشش بتنی مجدد

شکل 4 :آپارات کردن آب بندها و تست آب بند بودن آن قبل از پوشش دادن

شکل 4 : بهسازی و مقاوم سازی سقفهای زیر صافی و پمپ هاو پوشش دادن آنها

جدول 2 توصیه های کاربردی برای ترمیم سطوح بتنی مخازن آبی با درزگیر

نوع درزگیر	توصیه کاربردی
Fog seal	حرارت پاشیدن 125تا 160 درجه فارنهایت که در آب رقیق می کنیم. CSS-1 OR CSS-1h استفاده از قیر حرارت سطح رویه حداقل 50 درجه فارنهایت.
Seal coat	1.فقط در سطوح تمیز کاری شود و برای طراحی کاربردی و وصل کردن و فشرده سازی بکار رود. 3استفاده از مواد با کیفیت بالا 4: فاصله بین پخش کننده ها را حداقل کنیم و قبل از اینکه امولوسیون شروع به شکستن کند آن را عمل فشرده سازی را انجام دهیم.5mpحداقل از 3 غلتک استفاده کنیم و ماکزیم سرعت .
Slurry seal	1. سطوح را خشک و تمیز کنیم و همه تعمیرات لازم را در ابتدا انجام دهیم. 2. حداقل دمای هوا باید50 درجه فارنهایت باشد و احتمال اینکه در 24 ساعت آینده احتمال یخ بندان باشد نباشد و پس از پایان کار هم نباید باران بیاید.
Micro-surfacing	دقت در طرح اختلاط برای کارهای حجیم مناسب است. کف روسازی باید تمیز باشد و همه تعمیرات در ابتدا انجام گرفته باشد.
Thin hot – mix	کیفیت مخلوط باید بالا باشد و همچنین چگالی در کارایی هم بسیار مهم است. ماسه مخلوط کمتر از 3/8 اینچ توصیه نمی شود. برای کارهای حجیم مناسب است.

16-نتیجه گیری:

همانطور که گفته شد عمده ترین مشکلی که در نتیجه وقوع زلزله رخ می دهد تخریب حوضچه های بتنی تاسیسات تصفیه و نگهداری آب است که به تبع آن مسئله فقدان آب بهداشتی ، آلودگی آب و مشکلات بهداشتی را به همراه خواهد داشت.در همین راستا برای جلوگیری از تخریب و آسیب منابع آب در اثر زلزله پیشنهادات زیر ارائه می شود.

1-ساختمانهای بتنی بیش از ساختمانهای فولادی در زلزله های گذشته آسیب دیده اند.

2-سیستمهای قاب ممانگیر بیش از ساختمانهای مهاربندی شده) دارای دیوار برشی (آسیب دیده اند.

3-ضعف ستونهای بتنی، اصلی ترین عامل تخریب ساختمانهای بتنی می باشد.

4-پوکی بتن، فاصله زیاد خاموتهاونبودن مهاربندی مناسب عمد هترین یافته ها در تخریب ساختمانهای بتنی در زلزله های گذشته بوده است.

- 17مراجع:

1-کمک پناه، علی -منتظر قائم، سعید، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمین لرزه در کشور، تهران،1373

2-فرشاد، علی اصغر محمدی، ناصر، اقدامات بهداشت محیط در کاهش اثرات بلایای طبیعی، کمیته تخصصی بهداشت درمان کاهش اثرات بلایای طبیعی، سال1378

3-اصل هاشمی، احمد -اقدامات بهداشتی در شرایط اضطراری ، دانشگاه علوم پژشکی تبریز، مرکز کشوری برنامه مدیریت سلامت دانشگاه علوم پژشکی تبریز

4-دکتر نجف پور ، علی اصغر، استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی تبریز – جلیل زاده، علی رضا، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست)مدیریت بهداشت محیط در بلایای طبیعی(خلاصه مقالات دومین همایش علمی -تحقیقی مدیریت امدادو نجات

5-Who environmental health management in emergency,2003

سامانه های متحرک تصفیه پسآب در مدیریت بحران با رویکرد پدافند غیر عامل

حسین میسمی- ایمان الیاسیان

چکیده:

یکی از دغدغه های فراروری پدافند غیرعامل فراگیر پوشش تمام ارکان جامعه در مقابل تهدیدات متصور می باشد، مقوله دفع بهداشتی و اصولی پسآب حین حوادث طبیعی یا غیرطبیعی منجر به بروز بحران یکی از موارد دارای اهمیت می باشد.استفاده از سامانه های کوچک و متحرک که راندمان مناسب با مصرف انرژی کم و یا مستقل با انرژی خورشیدی می باشند یکی از راه حل های این موضوع است، که در این مقاله به ان می پردازیم.

کلمات کلیدی: سامانه های متحرک تصفیه پسآب در مدیریت بحران با رویکرد پدافند غیر عامل

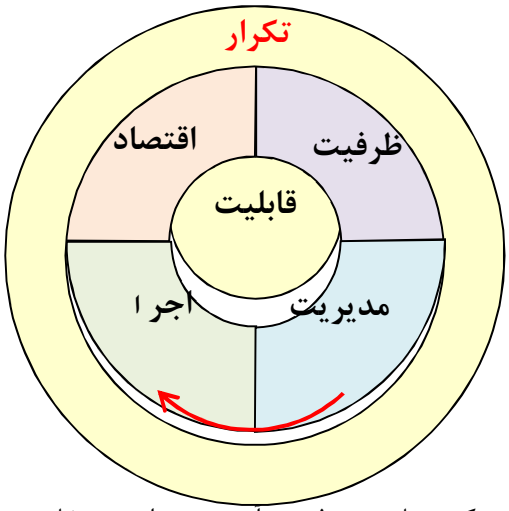
۱- مقدمه

در پدافند غیرعامل و مدیریت بحران مبتنی بر آن امکان پایایی سیستم و تداوم خدمت رسانی حین و بعد از حادثه از اهمیت بالائی برخوردار است، با این رویکرد استفاده از فناوری های نوین در زمینه دفع بهداشتی پسآب می تواند کمک شایانی به بهداشت حین و از بحران به ساختارهای مدیریتی بنماید.قابلیت هر سیستم به پارامترهایی وابسته است که به طور مستقیم یا غیر مستقیم به آن سیستم وابستگی داشته باشد. در سیستم امداد، بحران و نجات، قابلیت روبرو شدن با پدیده های مخرب طبیعی و انسانی به منظور جبران خسارتهای وارده نیاز به مدیریتی قوی و با توان مالی بالا دارد، تا بتوان خسارتهای وارده را با یک ظرفیت نیروی انسانی کافی به اجرا درآورد.

۲- مدیریت خطر

مدیریت خطر روشی است که به طور فعال به شناسایی و محاسبه تأثیر رویدادهای منفی پرداخته، پیامدهای اقدامات اتخاذ شده جهت به حداقل رساندن تأثیرات این گونه رویدادها را برآورد نموده و سپس تصمیم می گیرد که چه اقدام یا اقداماتی بایستی اتخاذ گردد. یکی از اولین قدم ها در سیستم مدیریت امداد، بحران و نجات، کاهش مخاطرات مربوط به ارائه آب شرب سالم به شهروندان و ایجاد یک سیستم تصفیه ضایعات انسانی (فاضلاب انسانی) می باشد.

قابلیت و توان سیستم مدیریتی امداد، بحران و نجات به شرایط اقتصادی و وضعیت اجتماعی منطقه تحت پوشش وابسته است (شکل ۱). هر چه شرایط اقتصادی غنی تر و سطح دانش و آمادگی مردم بالاتر باشد، قابلیت مدیریت در برابر مهار کردن بحرانها، مؤثر نمودن امدادها و توانایی نجات مردم در برابر تنگدستی ها و سختی ها بالاتر خواهد بود.



شکل ۱

فاکتور دیگری، که در کشورهای پیشرفته به آن توجه و اهمیت خاصی داده می شود، نظارت بر توزیع یکنواخت امکانات امداد و نجات می باشد که از آشوب، هرج و مرج و بی نظمی، در مواقع بحرانی، جلوگیری می کند.

چنانچه مدیریت خطر واقعیت را بپذیرد می تواند بررسی مخاطرات شناسایی شده موجود و نیر بررسی دورنمای مخاطرات جدید را در دستور کار خود قرار دهد تا در آینده توان آمادگی در جلوگیری از خطرت را داشته باشد.

۳- عملیات اجرائی

عملیات اجرائی میبایستی به هنگام وقوع هر بحران دارای یک برنامه ی از قبل تنظیم شده باشد.

برنامه ریزی به واقع فرآیند تصمیم گیری در این مورد است که برنامه های اجرایی امداد، بحران و نجات در سالهای آینده می خواهد با چه کیفیتی و با چه نیروی انسانی به سیستم خود بپردازد و کجا قرار گیرد.این برنامه مسیر سیستم اجرایی را با گذشت زمان تعیین می کند. برنامه ریزی می تواند فرآیند پیچیده ای باشد که در این صورت مستلزم وجود متخصصینی خواهد داشت، متخصصینی که هم با ماهیت این حرفه و هم با تنوع روش ها و دستورالعمل هایی که بایستی برای برنامه ریزی بکار برد آشنایی داشته باشند. یا اینکه برنامه ریزی ممکن است بصورت محلی باشد بدین معنا که کار توسط شهروندان شناخته شده که مایلند به صورت داوطلبانه در برنامه های امداد، بحران و نجات به طور نیمه رسمی همکاری نمایند، انجام گیرد.کیفیت امداد و سرعت نجات شدیدا" به توان و نحوه ی عملیات اجرایی وابستگی دارد. دستگاه اجرایی میبایستی امکانات و وسایل مورد نیاز عملیات امداد و نجات را به طور کامل فراهم نماید. این وسایل و امکانات شامل:

- نیروی انسانی (متخصص و غیر متخصص)
- در اختیار داشتن ماشین آلات مورد نیاز (ماشین آلات سنگین، وسیله نقلیه، وسایل و ابزارآلات نجات، و...)
- قابلیت پناه دادن و رساندن مواد تغذیه کننده به جمعیت آسیب دیده
- توان معالجه و درمان جمعیت آسیب دیده
- توان جمع آوری زباله در اردوگاه ها و اماکنی که آسیب دیدگان اسکان داده شده اند
- توان توزیع آب شرب و دفع فاضلابهای انسانی در مناطقی که سوانح طبیعی رخ داده باشد

۴- توان اقتصادی

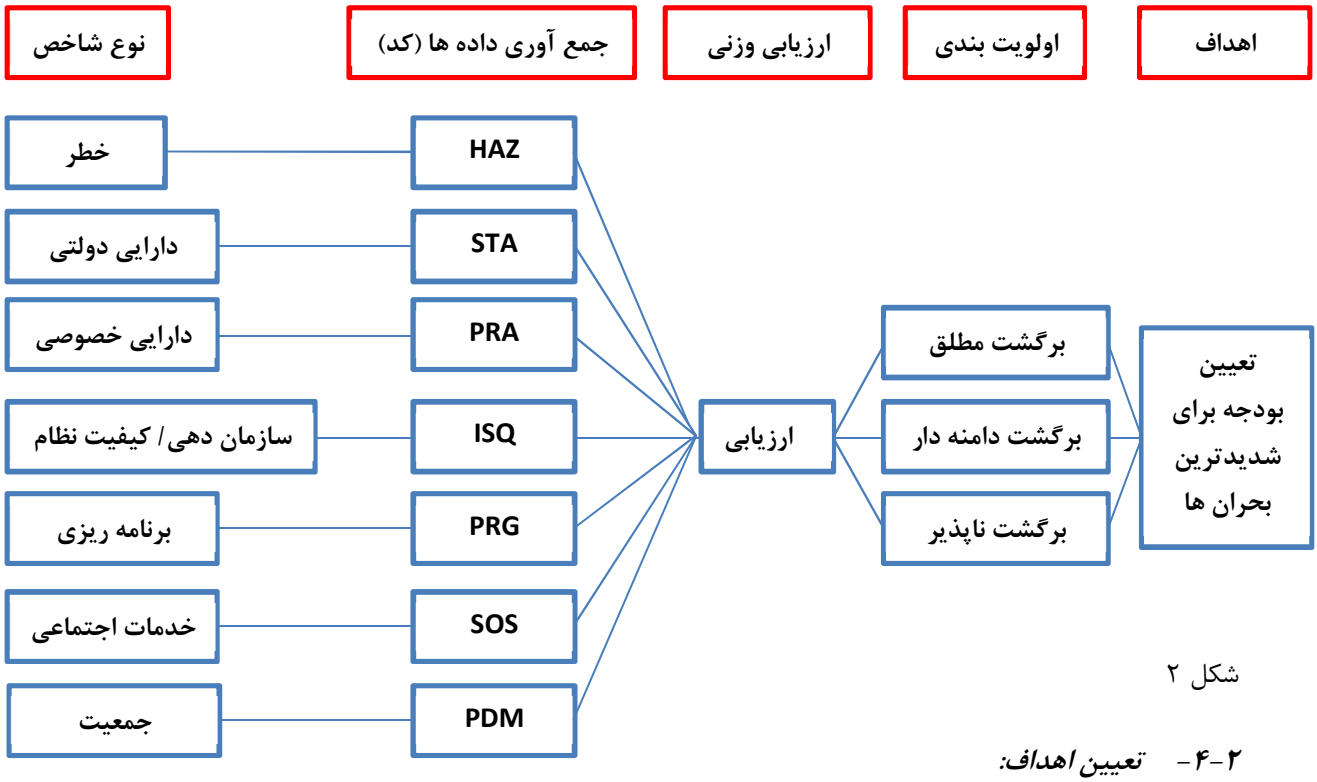
پس از آنکه طرح سیستم مدیریت امداد، بحران و نجات تعیین گردید بایستی اقدام به جمع آوری منابع شود تا مقاصد و اهداف جامه عمل بپوشند. در این طرح تیم مدیریت مشخص می نمایدکه قرار است چه کاری انجام گیرد و در بودجه، منابع مالی جهت عملی ساختن مقاصد تعیین گردیده است. به منظور دستیابی به هر هدف و مسئولیتی لازم است منابعی در نظر گرفته شود. بودجه همانجایی است که این نیازهای منابع سازماندهی می شوند. عملکرد چرخه مالی/ اقتصادی را می توان به سادگی به سه وظیفه تقسیم نمود:

- تعیین مأموریت سازمان با مشحص کردن نوع شاخص های تاثیر گذار
- تعیین اهداف (تعیین بالاترین بودجه و امکانات برای شدیدترین بحران ها به عنوان بودجه پایه)
- تدوین اهداف جهت تأمین این مقاصد (ارزیابی و اولویت بندی).

این سه مورد را می توان به شرح ذیل تشریح نمود(شکل ۲):

۴-۱- تعیین مأموریت:

هدف سازمان بطور اخص مأموریت آنرا تعیین می کند. انتظار می رود که برای چنین سیستمی نوع شاخص ها می بایستی کاملا" مشخص شود تا مأموریت خود را بوضوح تبیین نماید. در مورد سیستم مدیریت امداد، بحران ونجات این مأموریت می بایستی از پیش تعیین شده باشد و در اختیار عموم گذاشته شود تا اعتماد و اطمینان خاطر شهروند انرا به خود جلب و آنها را تشویق و هدایت به سوی اهداف این سیستم نماید. با توجه به این قضیه، قسمتی از بودجه و نیروی انسانی مورد نیاز سیستم می تواند از بخش خصوصی و بخش دیگری از سازمان های دولتی تأمین گردد .



شکل ۲

۴-۲- تعیین اهداف:

هدف اصلی مدیریت امداد، بحران و نجات، تعیین بودجه معتبر و پایدار جهت امکان پذیر شدن برنامه ی امداد و نجات با کیفیت بالا در برابر شدیدترین بحران ها و اثرات منفی متعاقب آن می باشد.

۴-۳- تدوین اهداف:

مواجهه با مخاطرات طبیعی به ویژه سه مخاطره عمده زلزله، سیل وخشکسالی، در فلات ایران اجتناب ناپذیر است. بنابر این میبایستی ویژگی‌ها و اثرات پش از وقوع این مخاطرات طبیعی را کاملاً شناسایی و با شاخصهای مربوطه که در شکل ش-۲

نشان داده شده است بررسی و ارزیابی نمود تا اولویت بندی منطقه ای و استانی، از لحاظ امکانات مالی، نیروی انسانی، تجهیزات و امکانات موجود مورد نیاز، قابل اجرا باشد.

۵- ظرفیتها

در مدیریت امداد، بحران و نجات، قابلیت ارزیابی و تعیین ظرفیتها جزء مهمترین و حساسترین فعالیتها هستند.
تناسب میان ظرفیتهای موجود و نیازهای منطقه ای و استانی میبایستی در تدوین اهداف کاملا" مشخص گردد تا در مواقع بروز سوانحطبیعی خلاء بین تجهیزات، امکانات، امدادگران و جمعیت آسیب دیده ایجاد نشود.
عدم تناسب تجهیزات و امکانات با تراکم جمعیت آسیب دیده میتواند خسارتهای جبران ناپذیری داشته باشد.
زمانی که درجه تناسب بین تجهیزات و امکانات با تراکم جمعیت آسیب دیده کمتر باشد، جبران ضررو زیان بعد از سوانح اقتصادی تر و سریعتر خواهد بود. ظرفیتها از دو قسمت تشکیل می شوند و عبارتند از: ظرفیتهای قبل از سانحه و ظرفیتهای بعد از سانحه. عوامل تشکیل دهند این ظرفیتها در جدول ۱ نشان داده شده است.
جدول ۱ عوامل تشکیل دهنده ی ظرفیتهای مدیریت امداد، بحران و نجات

ردیف	عوامل	ظرفیتها	
		قبل از سانحه	بعد از سانحه
۱	وجود امکانات نجات	الزامی است	مطابق نیاز
۲	وجود امداد رسانی	الزامی است	مطابق نیاز
۳	امکانات تغذیه رسانی	نیازی ندارد	الزامی استو مطابق نیاز
۴	ایجاد پناهگاه	نیازی ندارد	الزامی استو مطابق نیاز
۵	امکانات جمع آوری زباله در اردوگاه	نیازی ندارد	الزامی استو مطابق نیاز
۶	امکانات آب رسانی	نیازی ندارد	الزامی استو مطابق نیاز
۷	امکانات جمع آوری و تصفیه فاضلاب	نیازی ندارد	الزامی است و مطابق نیاز

در جدول ۱ عواملی که در ردیفهای ۳ الی ۷ آمده اند عواملی هستند که بعد از هر سانحه میبایستی توجه خاصی به آنها داده شود. باید توجه داشت که امکانات آب رسانی جدا از آب شرب است. آب شرب میتواند جزئی از امکانات تغذیه رسانی محسوب شود، در صورتی که امکانات آب رسانی بیشتر جهت رفع نیازهای بهداشتی می باشد.پس از وقوع سانحه، عدم مهیا کردن امکانات ردیف های ۵، ۶ و۷ را می توان از جمله عواملی دانست که می توانند درشیوع امراض و بیماری های مسری نقش اساسی ایفا نمایند. لذا، در اینجا تأکید بر معرفی سیستم های در مقیاس کوچک و قابل حمل جهت تصفیه آب و فاضلاب برای ایجاد امکانات آب رسانی و تصفیه فاضلاب در مواقع پس از سانحه های طبیعی و غیر مترقبه می گردد.

۶- معرفی سیستم هایدر مقیاس کوچک و قابل حمل تصفیه آب و فاضلاب

مخاطرات پس از سوانح طبیعی چون سیل و زلزله، می تواند بسیار شدید و فاجعه انگیز باشد. همانطور که قبلا" نیز به آن اشاره شد، اگر مدیریت امداد، بحران و نجات توان کنترل بهداشت در اردوگاه سیل یا زلزله زدگان را نداشته باشد، احتمال شیوع امراض و بیماری های مسری زیاد خواهد بود. به عنوان مثال، می توان شیوع وبا پس از زلزله جزیره هایتی در سال ۲۰۱۰ را نام برد که منشاء آن آب های آلوده به فاضلاب انسانی بود.بدین منظور، شرکت آبنیک که سازنده سیستم های در مقیاس کوچک و قابل حمل تصفیه آب و فاضلاب است و نیز امتیاز وحق ثبت تکنولوژیUSBFاز گروه Eco fluid را در اختیار دارد، توانایی و تکنولوژی خود را برای ساخت سیستم های سیار یا تصفیه خانه های در مقیاس کوچک و قابل حمل جهت پیشبرد و کمک در بهبود سیستم مدیریت امداد، بحران و نجات در اختیار نهادهای ذینفع می گذارد.

۶-۱- سیستم های در مقیاس کوچک و قابل حمل تصفیه فاضلاب

مفهوم از تصفیه خانه های کوچک و قابل حمل(غیرمتمرکز) فاضلاب، ایجاد تصفیه خانه های جوامع کوچک برای اردوگاه های سیل یا زلزله زدگان یا برای مناطق کوهستانی و یا برای روستاهای کم جمعیت که دور از شبکه های جمع آوری فاضلاب هستند، می باشد. با ایجاد تصفیه خانه های جوامع کوچک و خود مختار دیگر نیازی به احداث شبکه های جمع آوری فاضلاب

و ساخت تلمبه خانه های میان راهی هزینه بر، جهت فاضلاب رسانی به تصفیه خانه های مرکزی، نمی باشد. مزیت ایجاد تصفیه خانه های جوامع کوچک در اضافه نمودن واحدها به صورت مدول در مواقع نیاز است.

تصفیه خانه های اکوفلوییدد در مقیاس کوچک چون *میکروکلار* (MICROCLAR) (شکل۳) و *مینیکلار* (MINICLAR)(شکل ۴) برای تصفیه منابع فاضلاب کوچک و که قابلیت اتصال به خطوط فاضلاب های شهری را ندارند، طراحی شده اند. منابع فاضلاب مانند اردوگاه سیل یا زلزله زدگان می توانند فاضلاب های خروجی خود را با استفاده از دو مدل فوق تصفیه نمایند. شایان ذکر است که این دو مدل در بسیاری از منازل، هتل ها، رستوران ها، بیمارستان ها، پادگان ها، دانشگاه ها، روستاها و... که دسترسی به خطوت جمع آوری فاضلاب نداشتند، با نتایج بسیار مطلوبی مورد استفاده قرار گرفتند.

شکل ۳ *مدل میکروکلار* (MICROCLAR)

شکل ۴ *مدل و مینیکلار* (MINICLAR)

مدل *میکروکلار*معادل مصرف سرانه ۴ تا ۱۲ نفر و مدل *مینیکلار*برایمعادل مصرف سرانه ۲۰ تا ۳۵۰ نفر طراحی شده اند. میکروکلار و مینیکلار قابلیت تصفیه انواعفاضلابهای خروجی مرکب خانگی مانند حمام، آشپزخانه، ماشین های برقی شست وشوی لباس و ظروف را دارند.ساختار ساده *میکروکلار*و ابعاد کوچک آن موجب می شود که جایگزین مناسبی هم از لحاظ هزینه و هم از لحاظ کارایی برای سپتیک تانک ها باشد. مهم ترین کاربرد مؤثر *مینیکلار*در سیستم های تصفیه خانه های فاضلاب غیرمتمرکز می باشد. استفاده از *مینیکلار* در شهرک ها یا مراکز تجاری در حال رشد می تواند زیرسازی شبکه های جمع آوری فاضلاب گران و پر هزینه را حذف و جایگزین یک تصفیه خانه کوچک در جا با هزینه کمتر باشد.

۶,۱,۱. توصیف تکنولوژی

میکروکلار و *مینیکلار* تصفیه خانه های جامعی هستند که در خود سیستم هوادهی بیولوژیکی و ته نشینی ثانویه را در بر دارند. در این دو تصفیه خانه از فرایند USBF استفاده شده است که به غیر از دیگر مزایا بر دو مبنای مهم یعنی بار لجن فعال اندک و فیلتراسیون از طریق بستر لجن پایه گذاری شده اند. این دو تصفیه خانه هیچ نیازی به افزودنی های شیمیایی، استخر یکسان ساز و گرمایش ندارند. تنها نیاز آن ها یک هوادم است که برای هوادهی و لجن برگشتی از آن استفاده می شود. کل بازده مفید این دو تصفیه خانه در حدود ٪ ۹۸-۹۰ می باشد.

۶,۱,۲. فواید تکنولوژی USBF

- ***کیفیت بالای فاضلاب تصفیه شده:*** کیفیت فاضلاب تصفیه شده خروجی جوابگو و بالاتر از استانداردهای سازمانهای ذی نفع محیط زیست می باشد (به جدول مراجعه شود). استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده یا تخلیه آن به رودخانه ها یا آبهای سطحی، در صورت موافقت سازمانهای ذی نفع محیط زیست، امکان پذیر می باشد.

- ***بهره برداری ارزان:*** کاهش لجن مازاد و تثبیت آن موجب کاهش هزینه بهره برداری می شوند. در صورتی که بهره برداری کاملا" مطابق دستورالعملها اجرا شود، تثبیت هوازی کامل لجن مازاد تضمین می شود و لجن می تواند به عنوان کود مورد استفاده قرار گیرد و نیازی به انتقال آن جهت دفن نیست. با توجه به این قضیه و مصرف کم انرژی که این سیستم در بر دارد، اجرای تصفیه خانه های ارزان قیمت امکان پذیر می شوند. بسته به بار بیولوژیکی، دوره ی تخلیه لجن بین ۰/۵ تا ۱ سال می باشد.
- ***سازه ساده و کاهش فضا***: به دلیل طراحی ساده این تصفیه خانه ها، قابلیت جابجایی محتویات درونی این تکنولوژی به ابعاد و اشکال مختلف امکان پذیر است. این امر، خود منجر به کاهش ابعاد تصفیه خانه و زمین مورد نیاز می شود.
- ***حذف کامل بو:*** تصفیه خانه های USBF تولید لجن اولیه ندارند و تضمین کننده کنترل بو در شرایط هوازی در طول فرایند می باشند.
- ***اطمینان بخشی در بهره برداری:*** حذف کامل قطعات دورانی در درون واحد یکپارچه موجب افزودن اطمینان در بهره برداری می شود. استفاده از پلیپروپیلن (Polypropylene) و استنلس استیل (Stainless Steel) طول عمر واحد و بهره برداری را افزایش می دهد.

۲-۶- سیستم های در مقیاس کوچک و قابل حمل تصفیه آب

یگانه های مورد استفاده در تصفیه و آهک زدائی آب در مقیاس صنعتی وحجمزیاد، صحیح عمل می کنند اما در مورد تصفیه آب درمقیاس کم جهت تهیه آب شرب در مواقع پس از سانحه های طبیعی و غیر مترقبه به دلایل زیر دچار اشکال بوده و در برخی از موارد یا درست عمل نمی کنند و یا حتی مواد مضر را وارد آب می سازند:

- این دستگاه ها یا از فیلتر ساده سرامیکی و غیره و یا از فیلترهای حاوی ذغال فعال(Activated Carbon) و رزین های تعویض یون (Ion exchange) در بسته های پلاستیکی معروف است استفاده می کنند. فیلترهای سرامیکی تنها و تنها قادر به جدا کردن مواد شناور در آب هستند.
- مهم ترین اشکال فیلترها در محفظه پلاستیکی (که یا تنها در آن رزین وجود دارد و یا مخلوطی از رزین و ذغال فعال بر اساس آزمایشات مؤسسه بررسی محصولات در آلمان (Stiftung Warentest) این است که همواره درست عمل نمی کنند و برخلاف ادعای تولید کننده تنها و تنها مقداری از سختی آب را (حدود ۲۰٪) گرفته و قادر به تصفیه مواد مضر دیگر آب نیستند. در ضمن از رزین موجود در این فیلترها اکریل آمید (Acrylamide) وارد آب می شود. اکریل آمید را تا کنون به عنوان ماده ای که سرطان زا، سمی و تغییر دهنده ژن (DNA) می باشد، تشخیص داده اند.
- دیگر آنکه این فیلترها آب را اسیدی می کنند. طبق آخرین آزمایش ها فیلترهای نوع جدید میزان اسیدیته (pH) آب را تا درجه ۶ پائین می آورند، در حالی که سازمان بهداشت جهانی رقمی مابین ۶،۵ الی ۹،۵ را مجاز می داند. کارشناسان، مصرف این آب را به ویژه برای نوزادان و سالمندان مضر می دانند.شایان ذکر است که استفاده از ستون های ذغال فعال به تنهائی و بدون مخلوطی از رزین به عنوان یگانه تصفیه آب هیچ ضرری ندارد.براساس آزمایش های انجام شده توسط مؤسسات فوق الذکر از بین تمامی دستگاه های موجود برای تصفیه آب در مقیاس کوچکتنها دستگاه هائی که بر اساس روش اسموز معکوس (RO) عمل می کنند، قابل اطمینان می باشند. سیستم های تصفیه آب در مقیاس کوچک و قابل حمل که توسط شرکت آبنیک ارائه می شود معمولا" ترکیبی است از ستونهای ذغال فعال، فشنگ های (Cartridge)اسموز معکوس و واحدهای اشعه فرابنفش جهت ضد عفونی (شکل۵).فشنگ های اسموز معکوس قادرند فلزات سنگین نظیر آرسنیک، باکتری ها، ویروس ها، بوی نامطبوع، کلر، فلوراید، سولفید هیدروژن و... (که در جدول ۲ منعکس شده است) را از آب حذف نمایند.

شکل ۵ *سیستم تصفیه آبدر مقیاس کوچک و قابل حمل ساخت شرکت آبنیک*

جدول ۲ حذف آلاینده های موجود در آب توسط فشنگ های اسموز معکوس

VOC's	آهن	رسوبات	رادون	نیترات ها	فلزات سنگین	سولفید ئیدروژن	فلوراید	کلر	مزه وبوی نامطبوع	باکتری ها و ویروس ها	آرسنیک
VOC's	Iron	Sediment	Radon	Nitrates	Heavy Metals	Hydrogen Sulfide	Fluoride	Chlorine	Bad Tastes & Odors	Bacteria and Viruses	Arsenic
◐	●	●	○	●	●	◐	●	●	●	●	●

۷-نتیجه گیری:

با توجه به مطالب ذکر شده ، یک سیستم مدیریت امداد، بحران و نجات زمانی مؤثر و کارآمد خواهد بود که پیش بینی های لازم جهت جلوگیری از تشدید صدمات وارده را پس از وقوع بحران بنماید. بنابر این، ایجاد تصفیه خانه های آب شرب و فاضلاب در مقیاس کوچک پس از وقوع بحران امری واجب و غیر قابل انکار می باشد.

۸-منابع:

۱-کتاب جامع مدیریت بحران در صنعت آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب روستائی استان اصفهان، شرکت آبنیک، ۱۳۸۹

۲-شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان(گروه دانش بنیاد بهین آب زنده رود)، فصل: استفاده ازتصفیه خانه های در مقیاس کوچک و قابل حمل در مدیریت امداد، بحران و نجات، ۱۳۹۰

۲-پروژه تحقیقاتی استفاده ازتصفیه خانه های در مقیاس کوچک و قابل حمل در مدیریت امداد، بحران و نجات با رویکرد پدافند غیر عامل، مهندس رسولی، شرکت آبنیک، حسین میسمی، ۱۳۹۱

بررسی بازچرخانی مازاد آب دفعی و پساب تصفیه خانه آب در آبیاری فضای سبز و پارک جنگلی شرق تهران

حسین میسمی، دکترای عمران ،ایمان الیاسیان،دانشجوی دکترای عمران سازه،

چکیده :

برگشت پساب شستشوی معکوس صافی ها یکی از مشکلات عدیده ای است که در بهره برداری از سیستم های تصفیه همراه با فیلتراسیون آب بروز می نماید. با برگشت پساب تجمیع آلودگی هایی نظیر انواع کیستهای مختلف، TOC، کدورت رخ داده و در اثر کلر زنی موادی نظیر تری هالو متانها تولید می شوند لذا با اتخاذ تدابیری می توان در سالهای پر بارش با مدیریت صحیح این پساب را به بیرون تصفیه خانه آب هدایت نمود و جهت آبیاری زمین های کشاورزی و جنگلی استفاده کرد.

اهمیت این پساب و مدیریت آن در تهران که با مشکلات زیادی در امر دفع روان آب های سطحی روبرو است دو چندان می کند و لذا در این تحقیق به تاثیرات برگشت پساب بر فرایند تصفیه پرداخته و لزوم دفع پساب را در زمان های پر بارش نشان می دهیم. و بعد از آن امکان سنجی گزینه های مختلف را جهت استفاده از این آب بررسی کرده و گزینه برتر را معرفی می نماییم.

کلمات کلیدی : پساب، صافی، مدیریت پسآب، رواناب سطحی، تجمیع آلودگی ،گندزدائی، TOC

مقدمه:

هر فرآیندی که در صنعت و طبیعت رخ می دهد در نهایت علاوه بر محصول فرآیند از خود مواد زائد (که در تصفیه آب پسآب و لجن هستند) به جای می گذارند که باید به طور مناسب و صحیح دفع گردد. به همین سبب دفع پسآب به اندازه تصفیه آب قدمت دارد. در ابتدا به دلیل سادگی عملیات تصفیه، عدم مصرف مواد شیمیایی، پاک بودن منابع آبی و مصرف کم، پسآب و لجن به مقداری نبود که دفع آن در محیط پیرامون انسان چندان مسأله ساز باشد اما در سالهای اخیر با روند بسیار سریع رشد جمعیت و شهرنشینی و همچنین ورود انواع آلاینده های طبیعی و مصنوعی، پسآب حاصل از تصفیه آب به عنوان آلاینده محیط زیست مطرح شده است. در ابتدا مشکل دفع مواد زائد حاصل از تصفیه آب از اهمیت چندانی برخوردار نبود و عملاً پسآب حاصل از شستشوی معکوس فیلترها و حوض انعقاد به آبهای پذیرنده تخلیه می گردید. در اوایل دهه ۱۹۶۰ معلوم شد که پسآب و لجن حاصل از شستشوی فیلترها و حوضهای ته نشینی ممکن است آلوده باشند و نباید آن را به پذیرنده تخلیه کرد. از سال ۱۹۷۲ در بیشتر کشورها مواد زائد تصفیه آب را در زمره مواد زائد خطرناک قرار داده اند.

در حال حاضر هیچگونه عملیات قابل ذکری به منظور تصفیه پسآب و باقیمانده های حاصل از تصفیه آب انجام نمی‌گیرد و این باقیمانده ها به محیط زیست اطراف تصفیه خانه و آبهای سطحی رها می شود و تاکنون هیچ قانون مدون که در مورد قوانین دفع پسآب و لجن حاصل از شستشوی فیلترها و حوضهای ته نشینی دستورالعملهای مشخص را ارائه دهد، تدوین نگردیده است. در تهران با وجود تولید ۴۸۰۰۰ متر مکعب در روز پسآب شستشوی معکوس و حدود ۱۸۰۰۰ تن لجن در سال تقریباً بحث مدیریت این پسآبها جایی در الگوی مدیریت تصفیه خانه آب ندارد. البته این امر در سایر تصفیه خانه های کشور نیز مطرح نشده است. این در حالیست که در دنیا پسآب و باقیمانده حاصل از آب بعنوان پسآب و ماده زائد مشکل دار جهت دفع مستقیم به طبیعت مطرح شده است و دفع آن تابع قوانین خاصی می باشد و تا حد امکان سعی می شود که با بازیافت دوباره از این پسآب و باقیمانده در فرآیندهای دیگر به بهترین نحو استفاده جست و دفع به عنوان آخرین گزینه مطرح می باشد.

هدف از تحقیق:

هدف از پژوهش بررسی کیفیت پسآب خروجی توسط تصفیه خانه های آب با مطالعه موردی تصفیه خانه تهرانپارس می باشد و بعد از این بررسی امکان سنجی استفاده پسآب در آبیاری باغ های اطراف تصفیه خانه و جنگل سرخه حصار صورت می پذیرد. به این ترتیب می توان اثرات زیست محیطی حاصل از تخلیه پسآب به محیط را کاهش و از آب قابل استحصال استفاده کامل را نمود.

استفاده از پسآب و باقیمانده های تصفیه آب جهت آبیاری:

بکارگیری پسآب و باقیمانده های دفعی تصفیه خانه های آب که شامل پسآب شستشوی معکوس، لجن حوض زلالساز و بعضی باقیمانده های دیگرجهت مصارف آبیاری و کشاورزی می تواند جایگزین مناسبی بجای دفع مستقیم آنها به محیط زیست باشد. البته باید نسبت به انطباق کیفیت این باقیمانده ها با قوانین جاری کاربرد پسآب، باقیمانده ها و لجن در مقاصد آبیاری و کشاورزی مطمئن شد.ضمنا بهتر است که بکارگیری این پسابها باعث بهبود بهره برداری، بهره وری زمین های آبیاری شده و به اکوسیستم منطقه کمک نماید. چنین مزیتهائی را به سادگی می توان برای مقادیر کم زائدات و پسماندهای تصفیه آب از قبیل پسماندهای نرم کردن آب (سختی آب کمک مناسبی به آهک دار شدن زمین کشاورزی می کند).پسآب شستشوی معکوس (حاوی انواع مواد مغذی) و بعضی مواد شیمیایی پیدا نمود. البته استفاده از لجن های انعقاد جهت آبیاری مزیت چندانی برای خاک دارا نمی باشد.و بخاطر مجود فلزات سنگین از قبیل آهن و آلومینیم اثرات منفی بر رشد گیاه و همچنین آلودگی آبهای زیر زمینی و سطحی دارند. در آئین نامه عملی استفاده از پسماندها و لجن ها جهت آبیاری و کشاورزی فلزات

سنگین نظیر آهن و آلومینیم در سری عناصر سمی قرار نمی گیرند و انباشتگی عناصر در خاکهای کشاورزی مشکلات جدی در پی نخواهد داشت. با وجود نتایج تحقیقات مشاورین بخش کشاورزی در اسکاتلند بیانگر این موضوع است.(سلطانی،۱۳۸۴)

بررسی استفاده مجدد از پساب صافی

بحث فرایند های تصفیه آب بوسیله صافی ها و مواد شیمیایی در اوایل قرن ۲۰ بر اساس مطالعات فولر۱ و چند نفر مهندس شیمی مطرح گردید. او نشان داد که با استفاده از افزودنی های شیمیایی و به دنبال آن صاف سازی شنی می توان کدورت آب رودخانه را کاهش داد و آب زلالی از آن بدست آورد، بعد از پیشرفتهای این روش مشکلات دیگری نظیر گرفتگی صافی ها و کاهش نرخ فیلتراسیون بروز کرد که در جهت رفع آن ایده شستشوی معکوس صافی مطرح گردید.

به منظور شستشوی صافی مقدار قابل توجهی آب مصرف می شود که به آن پسآب شستشوی معکوس می گویند، در گذشته بدون در نظر گرفتن اثر آلاینده های موجود در آن و با این پیش فرض که کیفیت آب برگشتی مشابه آب خام ورودی است، پسآب به اول مسیر تصفیه برگردانده می شد، البته در مناطقی که مشکل کم آبی وجود نداشت به صورت پساب دفع می گردید. در کشور ما که مشکل کمبود آب هست معمولادر فصول گرم سال مقدار قابل توجهی آب در صورت دفع بدون هدف پساب از دست می رود(۳تا ۵ ٪ آب ورودی) که اگر مقدار آب تصفیه شده در تصفیهخانه۳ و۴ را با هم جمع کنیم به عدد۱۰۰۰۰L/S می‌رسیم حال اگر پنج درصد آن را حساب کنیم ۵۰۰ لیتر در ثانیه بدست می آید که تقریبا حدود ۲۰۰۰ متر مکعب در ساعت است (۴۸۰۰۰ متر مکعب در روز)، اگر سرانه مصرفی هر نفر۲۰۰ لیتر در روز باشد، مقدار آب مذکور می تواند۲۴۰۰۰ نفر را مشروب نماید .

-علت بررسی کیفی پسآب شستشوی معکوس صافی ها

مطالعات نشان می دهد که همواره نمی توان از پسآب صافی استفاده مجدد نمود چرا که کیفیت آب برگشتی از لحاظ انواع آلاینده های بیولوژیکی و شیمیایی فرق کرده و برگشت بدون بررسی آن مشکلاتی را در روند تصفیه چه در زمینه تصفیه بیولوژیکی و چه شیمیایی و فیزیکی بوجود می آورد، به همین علت آیا از نظر پارامترهای مختلف از جمله اقتصادی این عمل صحیح است. البته می توان قبل ازبرگشت پسآب با ایجاد تأسیسات جنبی ویژه ای یک تصفیه مقدماتی انجام داد تا از لحاظ کیفیت، آب به حد استانداردی برسد و سپس وارد مسیر اصلی تصفیه نمود، این تحقیق سعی کرده در قالب بعضی شاخص ها از جمله TOC ، THM، pH و کدورت که روی راندمان تصفیه تأثیر گذار می باشد، این سئوال را که اصولاً پسآب حاصل از تصفیه خانه آب مورد بررسی آیا قابل برگشت می باشد؟ و در صورت مثبت یا منفی بودن جواب چه راهکارهایی می توان پیشنهاد نمود.

ابزار وروشها

این تحقیق براساس مطالعه موردی انجام پذیرفته است وکلیه روشهایی که درآن استفاده گردیده است،کاملا مطابق بر استانداردهای ملی وجهانی می باشد،ابزارها وروش کارهر یک از موارد تحقیق در جای خود توضیح داده میشودومواددووسایل به کاررفته درآن بیان می گردد.

تصفیه خانه آب ۳ و ۴ تهرانپارس :

تصفیه خانه های ۳ و ۴ تهرانپارس در شمال شرقی تهران واقع شده است. این تصفیه خانه ها به منظور تصفیه آب حاصل از آب

سطحی سدهای لار و لتیان توسط شرکت فرانسوی دگرمون طراحی و اجرا شده است. فرآیند اصلی تولید کننده لجن در این تصفیه خانه ها زلال ساز پولساتور با استفاده از ماده منعقدکننده کلروفریک می باشد.در حال حاضر لجن حاصل از این واحد ها و همچنین آب برگشتی از صافی ها به عنوان ماده زائد به کانال پائین دست تخلیه می شود که این مسئله علاوه بر آلودگی محیط زیست باعث عدم امکان استفاده مجدد از لجن تولید شده می گردد. بخشی از پسآب ها و باقیمانده های تصفیه آب تخلیه شده در مسیل عبور خود از دانشگاه هم اکنون جهت آبیاری فضای سبز و باغات دانشگاهخ شهید عباسپور مورد استفاده فرار می گیرد و مابقی به مسیل سرخه حصار ریخته می شود و سرانجام جهت آبیاری جنگل سرخه حصار مصرف شده و مابقی

به عنوان پسآب به پائین دست تهران دفع می گردد. از پساب در صورت مدیریت درست می توان ضمن بهره گیری از باقیمانده های آن جهت آبیاری بهینه جنگلهای سرخه حصار،لویزان و شهید عباسپور استفاده نمود.

کیفیت پسآب و باقیمانده های تصفیه خانه های سه و چهار تهرانپارس

کیفیت لجن و پسآب در تصفیه خانه های آب تابعی از کیفیت آب خام و مواد شیمیایی مصرفی می باشد. با توجه به مستندات موجود در شرکت آب و فاضلاب استان تهران میزان فلزات سنگین شامل کروم ، کبالت، کادمیم، مس، سرب، نیکل، روی، آهن و منگنز در آب خام ورودی در حدود ۰/۰۰ میلیگرم در لیتر ، میزان آمونیاک، نیتریت، نیترات ۵ میلیگرم در لیتر می باشد. نتایج بد ست آمده از آزمالیشات کلروفریک مصرفی تصفیه خانه های تهران ، می تواند عامل افزایش آلاینده هایی نظیر فلزات سنگین در لجن تولیدی باشد.لذا به منظور بررسی کیفیت پسآب و باقیمانده ها، آزمایشات زیر بر روی آنها صورت پذیرفت.

- pH واکسیژن مورد نیاز شیمیایی،جهت امکان سنجی تخلیه به آبهای پذیرنده و شبکه فاضلابرو.
- TOC جهت بررسی مقدار موادآلی در پسآب جهت امکان سنجی برگشت پسآب به ابتدای تصفیهخانه یاتخلیه آنجهت آبیاری
- جامدات معلق فرار، به منظور امکان پذیری سوزاندن باقیمانده ها
- PS , PC بررسی تعداد و اندازه ذرات جهت امکان پذیری برگشت پسآب به ابتدای تصفیه با انجام پیش تصفیه و همچنین امکان سنجی بکارگیری پسآب جهت آبیاری بعد انجام پیش تصفیه.
- نیترات و فسفات به منظور بررسی غنی بودن مخلوط پسآب و لجن جهت کاربرد در کشاورزی،
- فلزاتسنگین برای بررسیگزینه های کاربرددرزمین و نفوذ به آبهایزیرزمینی به عنوانشاخص,کادمیم ومنگنز اندازهگیریشد.
- میزان کل جامدات معلق، برای تعیین حجم لجن و آهن، به منظور بررسی بازیافت و استفاده مجدد

کلیه آزمایشات فیزیکی و شیمیایی منطبق بر روشهای (Standard Methods,2000)در دانشگاه صنعت آب و برق و موسسه پژوهشی آب و فاضلاب کشور انجام گرفته است.

نتایج: درنمودار ها و جداول زیر نتایج حاصل از آزمایش بر روی نمونه ها نشان داده شده است.

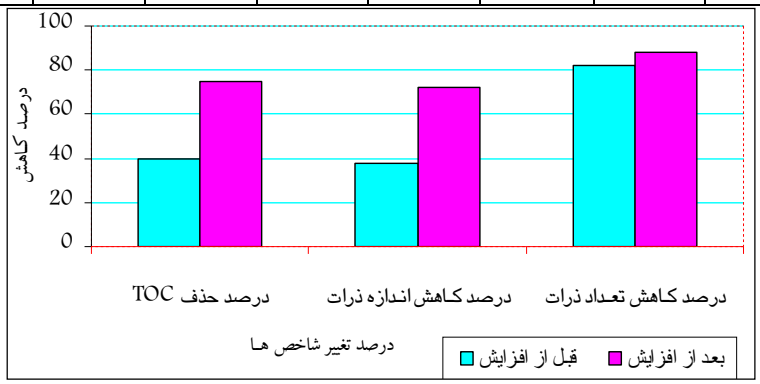
جدول ۱ نتایج آزمایش بر روی پسآب شستشوی معکوس صافی و لجن خروجی از پولساتورتصفیه خانه تهرانپارس

ردیف	آزمایش	نتیجه پسآب	لجن
۱	درجه حرارت	۱۰ درجه سانتیگراد	۱۱ درجه سانتیگراد
۲	pH	۸/۰۲	۷/۳
۳	BOD(mg/L)	۱۷	-
۴	COD(mg/L)	۲۷	۱۰۸۰
۵	TS(mg/L)	۳۶۷	-
۶	TSS(mg/L)	۲۰۳	۱۹۲۸۰
۷	TDS(mg/L)	۱۶۴	-
۸	TOC(mg/L)	۶ تا ۸	(۱۴۲۰= VSS(mg/L))
۹	PS	۵ تا ۳۰ متوسط	-

۱۰	PC	۲۰۰۰ ذره در هر میلیمتر مربع	-	
۱۱	Fe(mg/L)	۱۰	۲۶۱۰	
۱۲	Mn(mg/L)	۱/۱	۲۹/۸	
۱۳	Cd(mg/L)	-	۰/۰۸	
۱۴	No_3(mg/L)	-	۱/۸	۲/۵
۱۵	Po_4(mg/L)	-	≺۰/۰۴	≺۰/۰۴

جدول ۲ مقایسه کیفیت مخلوط لجن زلالساز با پسآب شستشوی معکوس جهت مصارف آبیاری

شاخصه	ارسنیک	جیوه	روغن ها	آهن	منگنز	روی	بور	TOC	سختی
کیفیت	نامناسب	نامناسب	نامناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب



نمودار(1):کاهش حذف آلاینده های مختلف توسط صافی ها در اثر برگشت پسآب به خام ورودی

مواردی که از نتایج آزمایشات انجام شده نتیجه گیری می توان نمود به شرح ذیل است.

۱-در پسآب خروجی از آب برگشتی از فیلتر ها فقط میزان آهن بیشتر از حد مجاز استاندارد برای تخلیه به محیط زیست می باشد.

۲- در پسآب مخلوط آب برگشتی از شستشوی فیلتر و لجن خروجی از پواساتور میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، جامدات معلق، فلز آهن و منیزیم، بیش از میزان مجاز تخلیه به محیط زیست می باشد.

۳- با بررسی صورت گرفته بر روی پسآب شستشوی معکوس صافی ها مشاهده شد که این پسآب بدون انجام پیش تصفیه قابلیت برگشت به جریان آب خام ورودی را ندارد و در بازه های دراز مدت باعث تجمیع TOC می گردد.

۴- با توجه به افزایش تعداد ذرات(مخصوصا ذرات با اندازه کیستهای ژیاردیا و کریپتوسپردیم) امکان برگشت پسآب در شرایط عادی نمی باشد و در شرایط خشک سالی هم بدون استفاده از کمک منعقد کننده مناسب‌نیست.

پیشنهادات:

۱- درپساب خروجی از فیلترها ولجن زلال سازی حاوی میزان ، مقادیر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، جامدات معلق، آهن و منیزیم، از میزان مجاز تخلیه پساب به محیط زیست بسیار بیشتر بوده وباعث آلودگی محیط زیست ومنابع آب سطحی و زیر زمینی خواهد شد.

۲- عنوان شاخص فلزات سنگین سمی میزان کادمیم اندازه گیری شد .بیانگر پایین بودن فلزات سنگین در لجن است.

۳- با توجه به کیفیت نامناسب پسآب جهت برگشت به جریان خام پیشنهاد می گردد پسآب از لجن حوض زلالساز جدا سازی شده و با انجام پیش تصفیه جهت آبیاری باغات عباسپور ، جنگل لویزان، و جنگل سرخه حصار مصرف گردد.

۴- لجن حوض زلالساز دارای بعضی مواد مفید برای کشاورزی است که می توان با استفاده از بسترهای لجن خشک کن خورشیدی و انجام مدیریت لجن ضمن استفاده از این پسآب جهت غنای مواد مورد نیاز برای آبیاری ، استفاده مجدد در فرایند تصفیه نیز نمود.

منابع:

- Standard Methods for examination of Water and waste water, 2000, WHO

- EPA, DECEMBER 2002,"FBRR Technical Guidance Manual", EPA 816-R94, Journal of AWWA

- Journal of AWWA, WINTER 2001/2002, "Impacts of Filter Backwash Recycle On Clarification and Filtration [Project#2620] ", AWWRF Journal ON.90872

Nemerow, L.N., Industrial Water Pollution, Addision- Wesley Publishing, 1999.

- میسمی ، ح، بررسی اثرات برگشت پسآب شستشوی معکوس صافی ها و ارائه راهکارهای نظری، ۱۳۸۴، پایانامه کارشناسی ارشدمهندسی عمران گرایش آب و فاضلاب، دانشکده مهندسی آب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

- رشیدی. ع –۱۳۸۲«بررسی کارائی حذف کیست ژیاردیا و نماتدها توسط صافی های سه لایه و صافی های تک لایه» پایان نامه دکتری دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

- سلطانی ، م،" بررسی روشهای تسریع آبگیری لجن تصفیه خانه های آب در بسترهای متعارف خورشیدی واستفاده مجدد ازباقیمانده های آن(مطالعه موردی تصفیه خانه‌تهرانپارس)"،۱۳۸۴ ، پایانامه کارشناسی ارشدمهندسی عمران -آبفا، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

- سیستم راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR)[۲]
- سیستم لجن فعال (AS)[۳]
- سیستم فیلتراسیون از بستر لجن با جریان رو به بالا (USBF)[۴]

مزایای راکتورهای ناپیوسته متوالی عبارتند از:
- قابلیت انعطاف و کنترل در بهره‌برداری از سیستم
- امکان کاهش هزینه سرانه با محدود کردن تأسیسات و تجهیزات تصفیه
- قابلیت حذف نیتروژن، فسفر و آمونیاک

محدودیت‌ها و معایب راکتورهای ناپیوسته متوالی عبارت است از:
- لزوم بهره‌گیری از تخصص و تجربه بسیار بالا بخصوص در کنترل و زمانبندی سیستم
- لزوم استفاده از تعمیرات و نگهداری بالا
- امکان انسداد لوله و سیستم‌های توزیع هوا

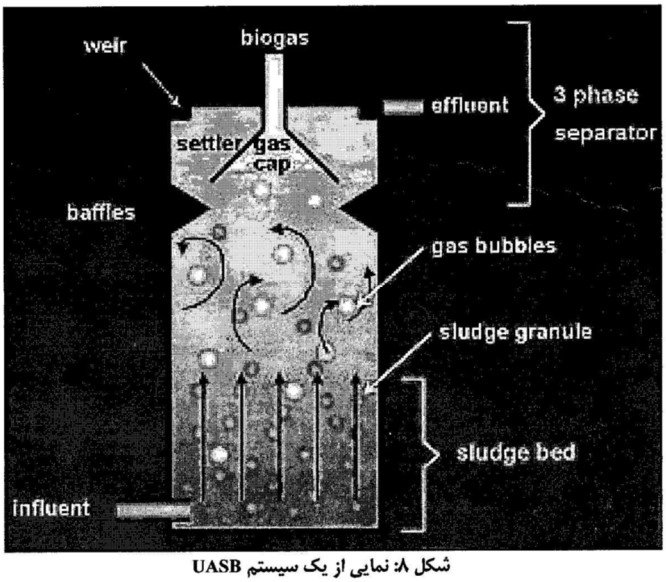
- سیستم صافی‌های چکنده(TF)[1]
- سیستم تماس‌دهنده‌های بیولوژیکی چرخان(RBC)[2]

جدول ۱: انواع مختلف مدیا در سیستم IFAS و مزایا و معایب آن‌ها

بستر پراکنده	مزایا	معایب
لوله‌های پلاستیکی پره‌دار اسفنج	۱- اختلاط عالی ۲- توانایی حذف لجن برگشتی	۱- از بین رفتن مدیا در اثر شست‌وشو و یا سائیدگی ۲- سیستم هوادهی و آشغال ممکن است گیر کنند. ۳- تعمیر و نگهداری سیستم هوادهی سخت است.

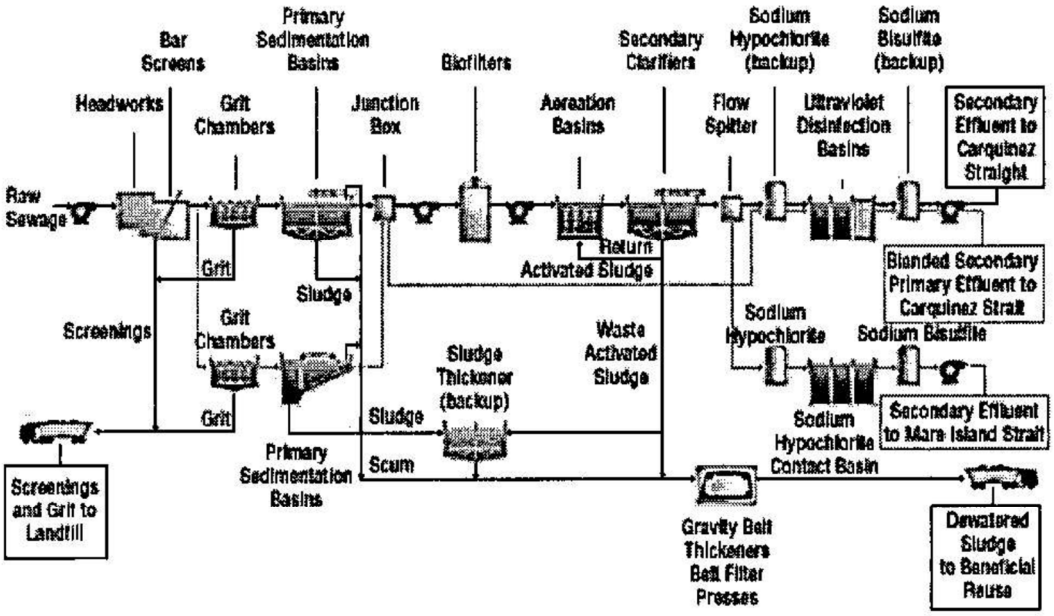
جدول ۲: انواع مختلف مدیا در سیستم IFAS ومزایا و معایب آن‌ها

بستر ثابت	مزایا	معایب
پارچه‌ای	۱- سادگی نصب ۲- هزینه اولیه پایین ۳- عدم نیاز به نگهداری ۴- قابل تعویض ۵- غیرقابل فرسایش	۱- ممکن است عملکرد مناسبی به دلیل حذف ناکافی الیاف کهنه نداشته باشد.
طنابی	۱- قابل تعویض ۲- غیرقابل فرسایش	۱- احتمال شکستن مواد و یا گیر کردن آنها وجود دارد. ۲- فضای کافی نیاز دارد. ۳- ممکن است عملکرد مناسبی به دلیل حذف ناکافی الیاف کهنه نداشته باشد.
صفحه‌های PVC (فیلترهای چکنده)	۱- قابل تعویض ۲- غیرقابل فرسایش	۱- ممکن است عملکرد مناسبی به دلیل حذف ناکافی الیاف کهنه نداشته باشد. ۲- احتمال گرفتگی به دلیل زیاد بودن توده بیولوژیکی وجوددارد. ۳- ساختمان مدیا ممکن است مانع عمل اختلاط شود.

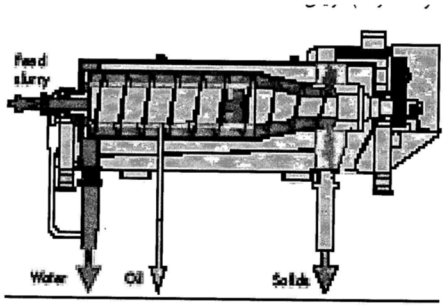


شکل ۸: نمایی از یک سیستم UASB

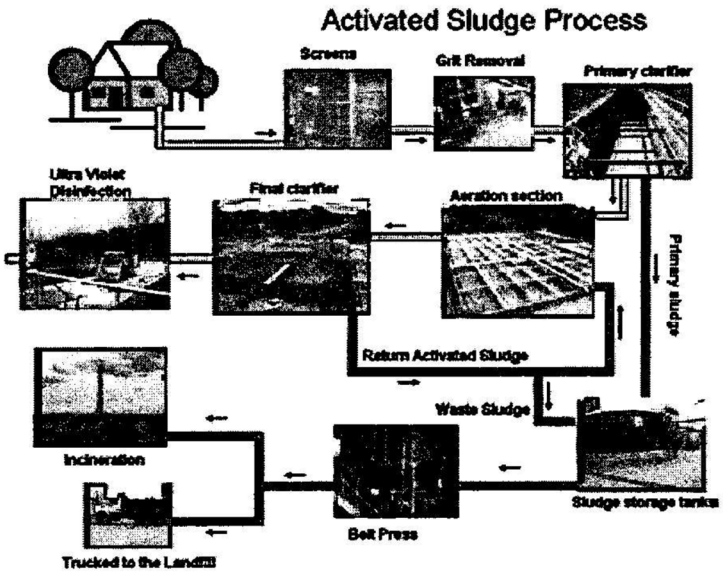
- پمپاژ اولیه
- آشغالگیری و دانه‌گیری
- رأکتور اصلی UASB
- سیستم‌های تصفیه بیولوژیک هوازی
- بسترهای خشک کننده لجن یا استخر لجن
- تأسیسات تصفیه نهایی



شکل ۲: واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب



شکل ۴: آبگیری از لجن به روش مکانیکی



شکل ۵: فرایند لجن فعال

روش‌های دفع لجن به شرح زیر است:

- دفع در زمین[۱]
- سوزاندن لجن[۲]
- تهیه کود[۳]
- دفع لجن در لاگون‌های عمیق با لایه نفوذ ناپذیر.

مزایای بهره‌گیری از حوض تغلیظ لجن به شرح زیر است:

- مصرف انرژی الکتریکی کم
- کاهش حجم مخازن هضم لجن
- کاهش ظرفیت تجهیزات مکانیکی (مانند الکتروپمپ‌های انتقال لجن)
- کاهش تعداد و سطح واحدهای مربوط به خشک‌کردن لجن
- کاهش هزینه طرح تصفیه و دفع لجن

معایب حوض تغلیظ لجن عبارت است از:

- پذیرش بار سطحی محدود
- نیاز به افزایش مواد شیمیایی
- قابلیت محدود در حذف مواد جامد معلق از لجن‌اب
- لزوم بهره‌برداری مناسب
- انتشار بو و ذرات آئروسل در هوا

مشکلات ایجاد شده در حین بهره‌برداری

این مشکلات را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

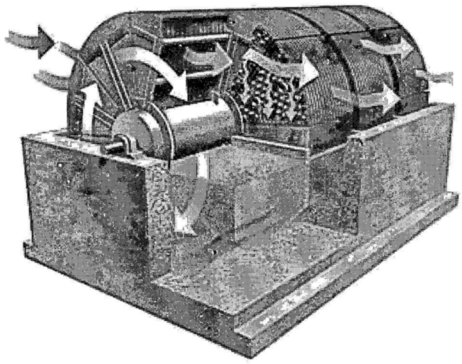
- رشد پراکنده[1]
- فلاک‌های ریز[2]
- حجیم شدن لزج[3]
- حجیم شدن رشته‌ای[4]
- تشکیل کف[5]

انواع فرآیندهای تصفیه و دفع لجن عبارت است از:

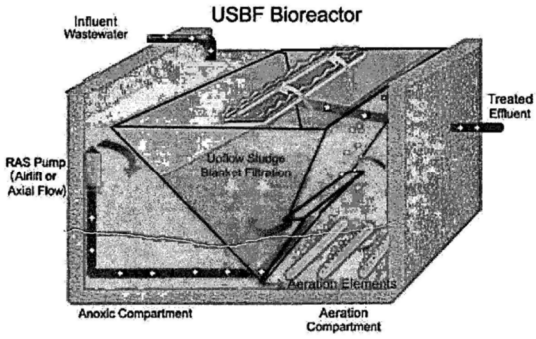
- تغلیظ لجن[1]
- تثبیت لجن[2]
- خشک‌کردن لجن[3]
- دفع نهایی لجن[4]

مشکلات ایجاد شده در حین بهره‌برداری سیستم لجن فعال

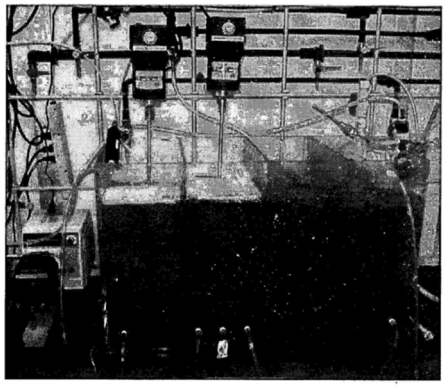
نام مشکل	دلیل مشکل	اثر مشکل
کدورت پساب ناحیه ته‌نشینی وجود ندارد.	میکروارگانیسم‌ها به صورت لخته در نمی‌آیند و فقط به صورت دسته‌های کوچک متراکم شده و یا به صورت منفرد هستند.	رشد پراکنده
کاهش ته‌نشینی و سرعت تراکم در موارد مختلف باعث می‌شود پتوی لجن و جامدات جدانشده به حوضچه ته‌نشینی انتقال یابد.	میکروارگانیسم‌ها به صورت مقدار زیادی از سلول‌های گل مانند دیده می‌شوند و در مواردی لجن به شکل ژل وجود دارد.	بالکینگ لزج یا چسبیده و یا بالکینگ غیر رشته‌ای
کدورت پساب مقدار کم SVI	لخته‌های فشرده کوچک لجن و کم‌دوام شکل می‌گیرد. لخته‌های بزرگ‌تر به سرعت ته‌نشین شده و لخته‌های کوچک‌تر به آرامی ته‌نشین می‌شود.	فلاک‌های ریز
بالارفتن میزان SVI کاهش میزان SS برگشتی و مازاد در مواردی پتوی لجن از حوضچه ته‌نشینی ثانویه منتقل می‌شود. برای تأمین مواد جامد، بار هیدرولیکی افزایش می‌یابد.	میکروارگانیسم‌های رشته‌ای از بین ذرات فلاک گسترش پیدا کرده و در ایجاد تراکم ته‌نشینی و حجیم‌شدن لجن فعال دخالت می‌کنند.	بالکینگ رشته‌ای
لجن بر روی سطح حوضچه ته‌نشینی دیده می‌شود.	پدیده دی نیتریفیکاسیون در حوض ته‌نشینی ثانویه باعث ایجاد گاز N_2 شده که به ذرات لجن برخورد کرده و آن‌ها را بر روی سطح حوض شناور می‌کند.	بالاآمدن لجن
لخته‌های شناور کف بر روی سطح حوضچه دیده می‌شود. کف ناشی از نوکاردیا و M. Parvicell به سختی به صورت مکانیکی شکسته می‌شوند و کف، باعث جمع‌شدن و گندیده شدن میکروارگانیسم‌ها می‌شود و همچنین حجیم شدن کف باعث سرریز شدن آن از دیواره‌های حوض بر روی مسیر عبور می‌شود.	به وسیله رشد میکروارگانیسم Nocardia Microthrix parricella یا Type 1863 به وجود می‌آید.	وجود کف



شکل ۵: نمایی از سیستم RBC



شکل ۳: بیوراکتور VSBF



شکل ۶: نمونه از سیستم IFAS

آشنایی با انواع پمپ و برخی دیگر تأسیسات جانبی

ایمان الیاسیان ، کارشناس ارشد سازه

کاربرد تبرید

- در تهیه و نگهداری مواد غذایی
- در صنایع شیمیای
- در دستگاههای سرد کننده خانگی و مخصوص
- در تهویه مطبوع و تهویه صنعتی

روشهای مختلف تبرید

۱-افزایش درجه حرارت مبرد ۲- تغییر فاز ۳-انبساط مایع ۴- انبساط گاز ایده آل ۵- تولید خلأ ۶- انبساط گاز حقیقی ۷- عملیات حرارتی

کاربرد تبرید در صنایع شیمیایی

۱-جدا کردن گازها ۲- تقطیر گازها ۳- رطوبت گیری گازها ۴- جامد سازی ماده از محلول ۵- نگهداری مایع در فشار کم ۶- عملیات سرد کن ۷- دفع حرارت در تحولات شیمیایی ۸- کنترل تخمین ترکیبات شیمیایی

انواع کمپرسور

۱- متقارن ۲- دوار ۳- گریز از مرکز ۴-نوع بسته

انواع شیرها Valves

۱- **Check Valve : از این شیرها جهت برای جلوگیری از برگشت مواد استفاده می شود.**

۲- **Gate Valve** : از این شیرها برای قطع و وصل کردن کامل جریان در خطوط داخل تلمبه خانه استفاده می گردد. (برای تنظیم جریان استفاده نمی شود.)

۳-**Ball Valve** : این شیرها از یک توپی برای متوقف نمودن و راه اندازی دبی سیال بهره می برند، با چرخش ۹۰ درجه اهرم عملگر به راحتی مسیر راقطع و وصل می کندو

۴-**Glob valve** : بدنه این شیرها شبیه کره بوده و جریان توسط دیسک و نشیمنگاه آن کنترل می شود.

۵- شیر پروانه ای : دارای یک المان دیسک شکل است که حول یک شافت مرکزی یا ساقه می چرخد

۶-**Relief Valve** : هنگامی که فشار در لوله به فشار تنظیم شده می رسد شیر باز می شود و تا رسیدن فشار به فشار زیر فشار تنظیمی مقداری از جریان از مسیر دیگری عبور داده می شود.

۷-**Fence Valve** : نوعی گیت ولو است که در ابتدا و انتهای هر تلمبه خانه جهت جدا کردن تلمبه خانه از خط قبل یا بعد در مواقع ضروری می باشد ، فنس ولوها باید اولاً چوشی بوده و ثانیاً پیگ رو می باشد. آنها قطر های مختلفی دارند و به صورت دستی و هم هیدرولیکی یا برقی باز و بسته می شوند.

۱- اجزای پیستون پمپ: سیلندر و پیستون، والو تخلیه Single acting piston pump

۲-درایو (محرک)مستقیم و غیرمستقیم:پیستون مایع و بخارDirect & Indirect drives

۳-پمپ جرخشی Rotary pump

الف cam and piston rotary pump

ب extender-gear rotary pump

ج Internal-gear rotary pump

دTwo-lobe rotary pump

ه Three-lobe rotary pump

وFour-lobe rotary pump

۴- پمپ پیچیScrew pump

الف Single-Screw pump

بTwo-Screw pump

جThree-Screw pump

۵- پمپ پر ه ای Vane pump

الف Swinging-vane pump

ب Sliding-vane pump

۶-Shuttle-Block Pump

۷-- پمپ اتصالی یونیورسال Universal-Joint pump

۸-پمپ خروج از مرکز در اتاقک انعطاف پذیر

Pump Using an eccentric in a flexible chamber

۹-پمپ انعطاف پذیر لوله ای Flexible-Tube pump

۱۰-پمپ گریز از مرکز Centrifugal pump

روشهای تنظیم پمپ

- روش تنظیم سوراخها Balance Holes Method
- روش استفاده از پره Using vanes method
- تعادل چندگانه Multi Balance
- (به کمک تخلیه تک مرحله ای)Discharge First Stage
- تعادل با استفاده از مکش Balancing By Using Double Suction Impeller

- تعادل دیسک Balancing Disk
- تعادل پیستون Balancing Piston

عیوب متداول پمپ گریز از مرکز

عیب	علت	برطرف کردن عیب
پمپ نمی چرخد	۱-محرک نمی چرخد ۲-کلیدها بریده اند ۳-تسمه سر می خورد ۴-عیب در کوپلینگ ۵-شافت و چرخ دنده ها بریده اند	۱- فیوزها و قطع کننده های مدار را بررسی کنید ۲- کلیدها را عوض کنید ۳- شلی تسمه را کنترل و تنظیم نمایید ۴-کوپلینگ را بررسی نمایید اگر بریده یا سر می خورد آن را عوض نمائیم ۵-چرخ دنده ا و شافت را بررسی نموده ، در سورت لزم تعویش گردد
پمپ هواگیر نمی شود	۱-شیر ورودی بسته است ۲-ورودی پمپ گرفته و یا مجرای آن محدود شده ۳-مایع از سیستم تخلیه و یا سیفون می شود ۴-پروانه ساییده شده است ۵-نشتی هوا درآب بندهای ورودی	۱-شیر ورودی را باز نمایید ۲-ورودی پمپ را بررسی و تمیز نمایید ۳-برای جلوگیری از تخلیه مایع از فوت والو یا شیر یکطرفه استفاده نمایید ۴-بازرسی کنید،دور پمپ را افزایش دهید همچنین ممکن است در ورودی پمپ فوت والو سوار نمود ۵-آب بندها را عوض نمایید لوله ها را از لحاظ نشتی بررسی کنید
مایعی در خروجی پمپ جابجا نمی شود	۱-پمپ هواگیری نشده ۲-عمق بالا کشیدن در ورودی خیلی زیاد است ۳-ارتفاع خروجی خیلی زیاد است ۴- سرعت پمپ خیلی پایین است ۵- پمپ با جمع شدن رسوبات درآن بسته شده است ۶- جهت چرخش پمپ اشتباه است	۱-تمام شیرهای تخلیه برای خروج خوای حبس شده باز نمائید،پمپ و لوله ورودی آن را کاملاً از مایع پرنمایید ۲- ورودی پمپ را از لحاظ گرفتگی بررسی نمایید و ... ارتفاع اصطکاک خیلی زیاد است، ارتفاع ورودی رابررسی نمایید ۳-۱ بررسی نمایید که شرها باز باشند ۳-۲ لوله کشی را از لحاظ موانع یا بسته بودن بررسی نمایید ۳-۳ارتفاع کلی را بررسی کنید

	۷- مایع در پمپ تبدیل به بخار ۸-شیر تخلیه به طور کامب تنظیم نمی باشد ۹-نشتی هوا	۴- بررسی کنید که دور در دقیقه پمپ با آنچه کارخانه سفارش نموده است ، یکی است ۵-بررسی نمایید که رسوبات مسیر عبور مایع در پروانه را نگرفته باشد ۶-بررسی نمایید که پمپ در جهت صحیح دور می نمایید ۷-۱ لوله ورودی را هواگیری نمایید تا مخالفت از سر راه برداشته شود ۷-۲ بررسی نمایید که لوله ورودی کاملاً در مایع فرورفته باشد ۸- تنشطم شیر تخلیه را بررسی کنید، نشیکمگاه شر را از لحاظ وجود کثافت برروی آن بررسی کنید ۹- نشت بندها (آب بندها) لوله ها را از لحاظ نشتی هوا بررسی نمایید
مقدار مایع جابجا شده در خروجی پمپ کم است.	۱- نشتی هوا ۲-وجود گاز یا بخار محبوس شده در مایع(Vapor Lock) ۳- پایین بودن NPSH ۴- گرفتگی صافی ها ۵- بیش از حد بودن اصطکاک در ورودی ۶- شیر تخلیه نادرست تنظیم شده یا جام شده ۷- فشار معکوس سیستم خیلی زیاد است ۸- پروانه ساییده شده است ۹- ریگهای فرسایشی ساییده شده اند	۱- لوله های ورودی و پمپ را از لحاظ نشتی بررسی کنید ۲-واشرها و گاسکتهای پمپ را بررسی کنید ۳-نظیر بالا لوله ورودی و شیر و . . . را بررسی نمایید ۴-صافی ها را بررسی نموده و در صورت لزوم آنها را تمیز کنید ۵- لوله ورودی خیلی کوچک است یا تعداد اتصالات آنقدر می باشد که باعث افزایش اصطکاک هیدرولیکی شده است. ۶- بررسی و در سورت لزوم شیر تخلیه تنظیم گردد ۷-صطکاک سیستم را با طرح دیگری کاهش دهیم ۸-پروانه را بازرسی نموده ودر سورت لزوم تعویض نمایید ۹- رینگها را بازرسی نموده و در سورت لزوم تعویض نمایید

	۱۰-جهت گردش شافت یا محور پمپ درست نیست ۱۱-انقباض یا فشردگی در لوله ورودی ۱۲-ورودی ضعیف است ۱۳-غلطت مایع بالا است ۱۴-درجه حرارت مایع خیلی بالا است ۱۵-دور پمپ خیلی پایین است	۱۰- جهت گردش صحیح را از روی مشخصات داده شده توسط کارخانه سازنده پمپ بررسی نمایید ۱۱- اندازه شیر یکطرفه (Foot Valve) در ورودی بررسی نمایید که کافی است، سایر موارد ممکنه را بررسی نمایید ۱۲-بررسی نمایید که آیا ورودی پمپ کاملاً در مایع فرورفته است و در بهترین وضعیت می باشد ۱۳-بررسی نمایید که غلظت مایع با عملکرد مورد نظر سازگاری دارد ۱۴-سرعت پمپ و مقدار دریافتی مایع از پمپ و همچنین ارتفاع ورودی را کاهش دهید ۱۵-دور در دقیقه عملیاتی پمپ را باآنچه که کارخانه سازنده سفارش نموده است بررسی نمایید
بیش از حد گرم شدن پمپ	۱-محفظه آب بندی شده بیش از حد گرم شده است ۲-بیش از حد گرم شدن یاتاقانها ۳-مایع خیلی غلیظ است ۴- فشار بیش از اندازه است	۱-۱ بررسی کنید که پکینگها بیش از حئد سفت بسته نشده باشند و یا بد سوار نشده باشد ۱-۲ محل روغنکاری پکینگها را بررسی نمایید ۱-۳ بررسی نمایید که پکینگها با ۀنچه کارخانه سازنده سفارش نموده یکی باشد ۱-۴ چریان مایع خنک کننده به پکینگها و محل آنرا یررسی کنید ۲-۱ سطح روغن ویا وشعیت آنرا بررسی کنید ۲-۲ بررسی نمایید که نوع روغن مصرفی درست است ۲-۳ یاتاقانها را از لحاظ نامیزانی و یا سفتی بیش از اندازه بررسی نمایید ۲-۴ اتصالات و وضعیت نشت بندهای روغن را بررسی نمایید

		۵-۲ بررسی نمایید که سرعت عملیات پمپ حیلی زیلد نباشد ۳-غلظت مایع (روغن) را کاهش دهید ۴-۱ دور پمپ را کاهش دهید ۴-۲ اندازه لوله های خروجی پمپ را بزرگتر نمایید
لرزش صدا در پمپ	۱-کاویتاسیون ۲-غلظن مایع خیلی زیاد است ۳- هوا وارد پمپ شده ۴-فشار بخار مایع خیلی زیاد است ۵-پمپ بصورت نادرست سرهم شده است ۶-نامتعادل بودن پروانه ۷-نامیزانی ۸-پمپ در جای خودش محکم سوار نشده باشد ۹-کج بودن شافت و خرابی یاتاقانها ۱۰-ساییدگی در پمپ ۱۱- شیر تخلیه فشار صددا می کند	۱- شرایط کار پمپ را برسی نمایید ۲-مناسب بودن محصول را بررسی نمایید ۳-برای نشتی هوا بداخل پمپ قسمتهای مختلف آنرابررسی کنید ۴-محصول را از لحاظ نامناسب بودن برای پمپ بررسی نمایید ۵-قطعات را بررسی و اصلاح نمایید ۶-بررسی نمایید که پروانه صدمه ندیده و یا بسته نباشد ۷-میزان بودن پمپ را با محرک آن بررسی نمایید ۸- پایه های پمپ را از لحاظ محکم بودن بررسی نمایید ۹-بررسی و در صورت لزوم تعویض نمایید ۱۰- قطعات را پیاده نموده و از نظر ساییدگی آنها رابررسی نمایید ۱۱-دوباره آنرا تنظیم نمایید و در صورت لزوم تعمیر یا تعویض نمایید
ساییدگی بیش از حد در پمپ	۱-نامیزانی محورها ۲-پروانه پمپ از تعادل خارج شده است ۳-پمپ در جای خود محکم سوار نشده است ۴-شافت پمپ کج شده است ۵-فقدان روغن ۶-وجود کثافت در پمپ	۱-میزان بودن پمپ را با محرک بررسی نمایید ۲- پروانه پمپ را بررسی نمایید صدمه ندیده باشد و یا بسته نشده باشد ۳-بررسی نمایید آیا پمپ در جای خود محکم سوار شده باشد ۴-بررسی نمایید و در سورت لزوم تعویض نمایید ۵- کمیت و کیفیت روغن رابررسی کنییید

	۷-خوردگی در پمپ ۸-سرعت عملیاتی پمپ خیلی زیاد است ۹-فشار عملیاتی خیلی بالا است(فشار تولیدی پمپ خیلی بالا است) ۱۰- وجود مواد خورنده در مایع	۶-ازفیلتر یا صافی برای جمع آوری کثافات استفاده نمایید ۷-بررسی نمایید که ساختار پمپ با مایعی که جابجا می نماید سازگاری دارد ۸-سرعت و غلظت مایع را براساس سفارش کارخانه سازنده بررسی نمایید ۹-سرعت و یا فشار پمپ را کاهش دهید ۱۰- محصول و مناسب بودن پمپ را با آن بررسی نمایید
پمپ نیاز به قدرت زیادی دارد	۱- دور پمپ خیلی بالاست ۲-نامیزانی محورهای محرک و متحرک ۳-اصطکاک داخلی ۴-یاتاقانها سفت است ۵-فقدان روغن روعنکاری ۶-بالا بودن غلظت مایع	۱-دور پمپ را براساس سفارش کارخانه سازنده بررسی نمایید ۲-میزان بودن پمپ با محرک و همچنین زیرسازی آنها رابررسی نمایید ۳-از نظر تماس مالشی و گرفتگی درپمپ بررسیهای لازم را بعمل آورید ۴-درجه حرارت یاتاقانها و پکینگها را بررسی نمایید ۵-کمیت و کیفیت روغنها را بررسی نمایید ۶- بررسی نمایید مه غلظت مایع از لحاظ اقتصادی مایع خیلی نباشد.

مراجع

۱-اصغر حاج سقفی،طراحی سیستمهای سردکننده و سردخانه ها (تبرید)،دانشگاه علم وصنعت ایران
۲- ایمان الیاسیان، گزارش کارآموزی ، شرکت خطوط لوله و مخابرات نفت ایران، ۱۳۸۷
۳- نکات برتر، سازمان نظام مهندسی ساختمان و تأسیسات
۴- نشریه کارهای تأسیسات مکانیکی، سازمان مدیریت و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۵- حسین میسمی ، ایمان الیاسیان،کاربرد نسل جدید چیلردر سرمایش ساختمان، سایت Iransaze
۶-ایمان الیاسیان، عملیات برجهای خنک کننده، سایت Iransaze
۷- ایمان الیاسیان،تشریح فزایند برج های خنک کننده، سایت Iransaze
۸- بهمن خستو حرارت مرکزی، تهویه مطبوع و نبرید، چاپ ۱۳۸۷
۹-مبحث چهاردهم مقرارت ملی ساختمان، دفتر تدوین و ترو یج مقرارت ملی ساختمان ۱۳۸۶
۱۰-مبحث هیجدهم مقرارت ملی ساختمان ، دفتر تدوین و ترو یج مقرارت ملی ساختمان ۱۳۸۵
۱۱-حسین میسمی، بهزادحری ، سعیده سعیدی، تنظیم شرایط محیطی ، انجمن ملی مقاوم سازی ایران ،۱۳۸۹