

# تصفیه پساب‌های صنعتی

گروه: مهندسی تکنولوژی صنایع شیمیایی

# فصل اول

## آشنایی با پارمترهای اندازه گیری پساب های صنعتی

### ❖ مقدمه

به منظور اطمینان از کارکرد مناسب و مداوم هر سامانه، لازم است که اندازه گیری هایی به طور پیوسته یا تناوبی از آن به عمل آید. برخی از اندازه گیری ها، جهت کنترل عملیات و برخی دیگر جهت اطمینان از کارکرد مناسب سامانه و راهبری دراز مدت آن پایش می شوند. به طور کلی وضعیت کارکرد و عملیات سامانه ها یا فرایندها را میتوان از طریق اندازه گیری های کمی و مشاهدات کیفی مربوط به فرایند و نیز تجهیزات به کار رفته بررسی نمود. بر این اساس می توان پارمترهای هر سامانه را به دو دسته، پارمترهای فرایندی و پارمترهای تجهیزاتی تفکیک نمود که در زیر توضیحاتی درباره آنها آمده است.

### الف: پارامتر های فرایندی

این پارامترها، وضعیت کاری هر فرایند را مشخص می سازند و به دو نوع کمی و کیفی قابل تفکیک می شوند. پارامترهای اندازه گیری کمی، متغیرهایی را شامل می شوند که توسط حسگرها و یا روش های آزمایشگاهی به صورت پیوسته یا منقطع، قابل اندازه گیری بوده و می توانند به عنوان معیاری از نحوه کارکرد سامانه در کنترل شرایط عملیات و راهبری کوتاه مدت سامانه و برخی دیگر، جهت بررسی عملکرد یا بازده سامانه و لذا در راهبری دراز مدت سامانه، مورد استفاده قرار گیرند. پارامترهای کیفی یا همان مشاهدات کیفی، جهت تشخیص نقص و رفع آن توسط بهره بردار، مورد استفاده قرار می گیرند و در راهبری دراز مدت و نگهداری سامانه ها نقش مهمی دارند. همچنین، بازرسی های چشمی همراه با اندازه گیری های پیوسته جریان ورودی فاضلاب مانند، pH می تواند در تشخیص اولیه تخلیه فاضلاب های صنعتی به کار رود و قبل از اینکه مواد سمی همراه فاضلاب های صنعتی روی سامانه های زیستی تاثیر بگذارند، تشخیص و اقدامات صحیح انجام داده شود.

### ب: پارامترهای تجهیزاتی

این پارامترها نیز به دو صورت کمی و کیفی بوده و نشان‌دهنده کارکرد صحیح تجهیزات الکتریکی و مکانیکی مانند (تلمبه و کمپرسور) متعلق به هر فرایند یا سامانه است. ولتاژ و جریان تجهیزات الکتریکی، سرعت یا دور و دمای موتورهای الکتریکی از جمله پارامترهای کمی تجهیزاتی هستند. پارامترهای کیفی در واقع بازرسی‌هایی است که لازم است به طور مداوم بر روی تجهیزات انجام گیرد مانند؛ لرزش، صداهای غیرعادی، نشتیها و بوهای غیر معمول که در این واکنش، از آنها به پارامترهای بازرسی نام برده شده است.

روش‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری هر یک از انواع پارامترهای ذکر شده وجود دارد. در مورد پارامترهای کمی، حس‌گرها و آنالیزورها مورد استفاده قرار گرفته و یا نمونه برداری و آزمایش در آزمایشگاه، انجام می‌شود. در مورد پارامترهای کیفی، مشاهدات چشمی توسط بهره‌بردار باید به طور مرتب در فواصل زمانی مشخص و نیز در مواقع لزوم، انجام پذیرد. در ادامه این بخش، پارامترهای مهم اندازه‌گیری در هر یک از واحدهای تصفیه و محل اندازه‌گیری و نحوه ثبت آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

✓ پارامترهایی که لازم است برای تعیین کیفیت فاضلاب، بررسی عملکرد و کنترل سامانه‌های مختلف تصفیه فاضلاب اندازه‌گیری شوند، بسته به نوع فرایند متفاوت می‌باشد. پارامترهایی که به طور معمول در تصفیه خانه‌های فاضلاب اندازه‌گیری می‌شوند عبارتند از:

PH اکسیژن محلول، خواست اکسیژن زیست شیمیایی (BOD, COD, TOC, VOC) انواع مواد محلول و معلق (TSS, TDS, VSS, FSS, TS, TSS) نیتروژن، فسفر، چربی و روغن، فلزات سنگین، رنگ، بو و کدورت، میکروبیولوژی فاضلاب، شاخص‌های باکتریولوژیکی، آزمایش‌های میکروسکوپی، نسبت خوراک به میکروارگانیسم، متوسط زمان اقامت باکتریها، حجم لجن ته‌نشین شده، اندیس حجمی لجن و..... می باشد .

چند مورد از پارامترها ذکر شده به طور کامل توضیح داده می‌شود.

- اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)

مواد آلی با وزن مولکولی پایین که قابل حل در آب هستند، این قابلیت را دارند که توسط باکتری ها یا قارچ‌های هوازی تجزیه و یا به عبارتی اکسید شوند. در حقیقت باکتری‌ها یا سایر میکروارگانیسم‌های موجود در آب‌های صنعتی و بخصوص فاضلاب‌ها از این نوع مواد آلی به عنوان یک منبع تغذیه و کسب انرژی استفاده می‌کند باکتری های هوازی که در فاضلاب ها زیست می کنند با مصرف اکسیژن محلول در آب علاوه بر تنفس ، به اکسیداسیون و تجزیه کردن این مواد می پردازد و در نتیجه اکسیژن محلول در آب به موازات این عمل حیاتی به تدریج تغییر می کنند. به طور کلی توسط این تست میزان اکسیژن موردنیاز برای تجزیه بیولوژیکی و بیوشیمیایی فاضلاب اندازه گیری می شود تا سپس بتوان در فرایند بزرگ تصفیه در تصفیه خانه ها مقدار اکسیژن مورد نیاز را وارد آب نمود. مقدار اکسیژن مورد نیاز در یک نمونه بستگی به میزان آلودگی آن نمونه به مواد آلی قابل تجزیه دارد.

- **اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD):**

این تست برای تعیین اکسیژن لازم جهت اکسیداسیون آن قسمت از مواد آلی در نمونه است که مستعد اکسید شدن توسط یک ماده اکسید کننده قوی مثل پر منگنات یا دی کرومات می باشد، این آزمایش یکی از مهم‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها در مطالعات و کنترل سیستم های فاضلاب است. در این تست بر خلاف BOD که اکسیژن محلول در آب و استفاده از میکروارگانیزم ها زنده و بهره گرفته می شد عمل تجزیه و اکسایش مواد آلی توسط یک ماده اکسیدان قوی عملی می‌گردد و از روی میزان مصرف ماده اکسید کننده پی به بار آلودگی برده می شود. این تست اغلب توسط اکسیدان دی کرومات و در محیط اسیدی انجام می پذیرد. در مورد پساب هایی که حاوی مواد سمی هستند این تست را می توان تنها روش قابل قبول در تعیین مواد آلی به حساب آورد که ارجعیت زیادی بر BOD دارد.

- **نسبت خوراک به میکروارگانیسم ها:**

این پارامتر بار آلی داخل سیستم لجن فعال را نشان می دهد. نسبت خوراک میکروارگانیزم ها توسط سرعت جریان پساب لجن فعال کنترل می شود. هرچه سرعت جریان پساب بیشتر باشد نسبت خوراک به میکروارگانیزم ها بیشتر خواهد بود. این نسبت در فرایندهای مختلف تصفیه فاضلاب بسیار متفاوت می باشد.

#### • کل مواد جامد محلول (TDS) ،

اندازه گیری محتوای ترکیبی از تمام مواد آلی و غیر آلی موجود در یک مایع در مولکولی، یونیزه یا میکرو گرانول (سلول کلوئیدی) است. TDS را نمی توان به عنوان معیار اصلی مشخص کننده کیفیت آب در نظر گرفت و بیشتر درجه شفافیت آب را مشخص می کند. منظور از TDS کل مواد جامد محلول در آب است که برابر مجموع غلظت همه یون های موجود در آب می باشد. مواد محلول در آب ممکن است از نظر ماهیت «آلی» یا «معدنی» باشند. مواد غیر آلی (معدنی حل شده در آب شامل: مواد معدنی، فلزات و گازها می باشند. بعضی از مواد آلی به صورت ذرات کلوئیدی هستند اما بیشتر مواد آلی به صورت محلول هستند. آلاینده های آلی ممکن است باعث بو، رنگ و طعم نامطبوع آب شوند.

مواد حاصل از تجزیه گیاهان، مواد شیمیایی آلی و گازهای آلی، اجزای آلی محلول در آب را تشکیل می دهند. بسیاری از مواد حل شده در آب نامطلوب هستند. مواد معدنی، گازها و مواد آلی حل شده در آب ممکن است موجب بروز رنگ، طعم و بوی نامطلوب شوند. برخی از ترکیبات شیمیایی ممکن است سمی باشند و برخی از اجزای آلی محلول به اثبات رسیده است که سرطانزا هستند. البته باید توجه داشت که تمامی مواد محلول در آب نامطلوب نیستند. اما میزان مواد محلول مطلوب در آب بسیار اندک است.

واحد سنجش TDS ، میلی گرم بر لیتر Mg/l می باشد که از آن با اصطلاح PPM یاد می کنند.

کل مواد جامد معلق (TSS)

کل مواد جامد معلق: یکی از شاخص های مهم برای سنجش کیفیت آب بعد از عمل تصفیه روی آب است. ذرات جامد غیر محلول در آب میتوانند بسیار کوچکتر از میکرون (ذرات کلوییدی) و یا بزرگتر از میکرون باشد. ذرات جامد معلق میتوانند شن، سنگ ریزه، گل و لای، خاک، جلبک و ... باشند. اگر آب را از یک فیلتر ریز عبور دهیم مواد جامد محلول و نیز مواد کلوییدی از فیلتر عبور میکنند و ذرات جامدی که روی فیلتر باقی میمانند، همان مواد جامد معلق آب مورد نظر هستند. ذرات بسیار ریز کلوییدی باقیمانده در آب فیلتر شده باعث کدورت و رنگ آب میشوند و البته این ذرات جزء شاخص TSS محاسبه نمیشوند.

برای محاسبه TSS مواد جامد باقی مانده روی فیلتر ظرف در آزمایش فوق را خشک کرده و وزن میکنند که با توجه به وزن نمونه آب، میتوان مقدار مواد معلق را به صورت ppm و یا mg/l بیان کرد.

## ❖ پارامترهای اندازه گیری آلودگی خاک و هوا

### اهمیت شاخص کیفیت هوا:

کیفیت هوا، زندگی و تنفس انسان را تحت تأثیر قرار می دهد. همانگونه که وضعیت آب و هوا روز به روز و حتی ساعت به ساعت تغییر میکند، کیفیت هوا نیز میتواند متغیر باشد. مدیریت پایش و نظارت بر کیفیت هوا در شهرهای بزرگ دادههای مربوط به کیفیت هوا را به شاخص کیفیت هوا تبدیل میکند و اطلاعات مورد نیاز را در اختیار عموم مردم قرار میدهد. بنابراین شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی جهت آگاهی از کیفیت هوا، نحوی اثر آلودگی هوا بر سلامت و روش های محافظتی در برابر آلودگی هوا است. به طور کلی AQI شاخصی جهت گزارش روزانه کیفیت هوا است. این شاخص مردم را از کیفیت هوا (پاک بودن یا آلوده بودن آن) آگاه می سازد و اثرات سلامتی مرتبط با آن را ارائه می کند. به عبارت دیگر AQI به اثرات سلامتی ناشی از مواجهه با هوای آلوده (ناسالم) می پردازد. شاخص کیفیت هوا (AQL) را برای پنج آلاینده اصلی هوا یعنی ذرات معلق، دی اکسیدنیترژن، ازن سطح زمین، منوکسیدکربن و دی اکسیدگوگرد محاسبه می شود.

# فصل دوم



## آشنایی با روش های معمول تصفیه پساب های صنعتی

### ❖ مقدمه:

محققان حوزه تصفیه پساب های صنعتی همواره در حال جستجو و ارائه راهکارهای جدید برای توسعه روش های موجود تصفیه پساب ها بوده اند. عوامل بسیاری از جمله مقدار محتوای نفت و گریس موجود در پساب، حد نهایی محتوای مواد نفتی موجود در پساب تصفیه شده، عوامل اقتصادی، عوامل زیست محیطی، نوع کاربرد پساب تصفیه شده و... در انتخاب نوع فرآیند تصفیه دخالت دارند. بنابراین لازم است که پساب ها را به شیوه های مکانیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی تصفیه کرد. در اکثر موارد ادغام فرآیند های مختلف برای تصفیه پساب های حاوی مخلوط پیچیده ای از مواد آلاینده اجتناب ناپذیر است. برای تصمیم گیری در مورد ادغام فرآیندها، باید به مسائل مختلفی مانند تاثیر این فرآیند ها بر یکدیگر، نوع و غلظت ماده آلاینده در پساب و در نهایت مسائل اقتصادی توجه کرد. به طور کلی فرآیند های تصفیه پساب های مختلف به ۳ دسته کلی تقسیم می شوند: روش های معمول، روش های غشایی و روش های ترکیبی. روش های معمول خود شامل سه دسته اند: تصفیه فیزیکی مکانیکی، شیمیایی و بیولوژیکی. فرآیندهای غشایی مانند میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس به طور موفقیت آمیزی در تصفیه آب و پساب های نفتی مورد استفاده قرار گرفته اند. فرآیندهای ترکیبی یا اصطلاحاً هیبریدی، فرآیندهایی هستند که از ترکیب یک یا چند روش معمول تصفیه پساب و یک روش غشایی حاصل می شوند

### ❖ فرآیند های فیزیکی و مکانیکی

فرآیند های مکانیکی که به عنوان اولین مرحله تصفیه پساب مطرح می شوند. این فرآیندها به منظور جدا کردن مواد جامد از پساب (استفاده از آشغالگیر، فیلتر کردن، رسوب گیری در تانک ها)، جدا کردن

مواد معلق ( شناورسازی)، جداکردن سوسپانسیون ها ( جدا کننده های سانتریفیوژی) و جدا کردن روغن ها به کار می روند که در این فصل به طور خلاصه شرح داده می شوند.

### ✓ شناور سازی

از اصلی ترین فرآیندها در زمینه تصفیه فیزیکی، شناور سازی می باشد که به مدت بیش از ۸۰ سال در مقیاس صنعتی برای جداسازی فاز های جامد و مایع در یک سیستم جامد-مایع به کار رفته است. از این فرآیند در بازیافت مواد در صنایع کاغذ، نساجی، روغن استفاده می شود. در تصفیه پساب برای حذف ناخالصی های معلق از این فرآیند استفاده می شود. در این فرآیند جداسازی جامد از مایع به این سبب صورت می گیرد که فاز جامد به کمک جذب سطحی حباب های هوا به حالت شناور در می آید. پس از جداسازی، حباب های هوا به وسیله عوامل کف زا تثبیت می شوند.

### ✓ گاز زدایی و تغلیظ

اجزا فرار موجود در پساب ها (مانند هیدروکربن ها) را می توان به روش گاز زدایی حذف کرد. در این روش از گازهای حامل گرم یا بخار استفاده می کنند و سپس با مایع کردن بخارات، هیدروکربن ها جدا می شود. فرآیند تغلیظ برای جداسازی اجزا غیر فرار پساب به کار می رود. برای انجام تبخیر پساب، از اجاق های غرق شده در پساب که قدرت انتقال حرارت مستقیم بین گازهای داغ و پساب را دارند استفاده می شود. یکی از موارد استفاده این سیستم کاربرد آن برای تبخیر پساب های حاوی نفت سنگین است. یکی از اهداف اصلی انجام فرآیند های تغلیظ بازیافت مواد اولیه است. این روش به دلیل محدودیت های اقتصادی به ندرت به کار می رود.

### ✓ استخراج

استخراج با حلال یا استخراج مایع-مایع، جداسازی یک یا چند جزء از یک مایع توسط انحلال گزینشی در یک حلال استخراج کننده است. در استخراج با حلال، عامل استخراج کننده که یک مایع غیر آبی است، با محلول پساب حاوی آلاینده مورد نظر تماس داده می شود. در این صورت مواد آلاینده به صورت گزینشی از فاز آبی وارد

فاز غیر آبی شده و با آن تشکیل کمپلکس می دهند. پس از تشکیل کمپلکس، با استفاده از روش های مناسب مخلوط به صورت دو فاز مجرای آبی و غیر آبی در آمده و از یکدیگر جدا می شوند. سپس حلال به همراه مواد آلاینده به یک واحد استخراج دیگر منتقل می گردد و در آنجا مواد آلاینده استخراج می شوند و حلال به منظور استفاده مجدد بازیابی می شود. بازیافت فنل از پساب کارخانه کک سازی از مهمترین کاربردهای این فرآیند می باشد.

### ✓ الکتروفورز

آلاینده های کلوئیدی را می توان به جای انعقاد و لخته سازی به کمک فرآیند الکتروفورز از محلول جدا کرد. در یک میدان الکتریکی، ذرات باردار کلوئیدی به سوی قطب نا هم بار خود می روند و در آنجا بار خود را از دست می دهند. این عمل سبب به هم پیوستن ذرات کلوئیدی می شود. از روش الکتروفورز در تصفیه پساب ها به ندرت استفاده می شود و از موارد کاربرد آن می توان به تصفیه امولسیون های آب و نفت و حذف پروتئین ها از محلول ها اشاره کرد.

### ✓ جذب سطحی

این فرآیند مبتنی بر این اصل است که ماده آلاینده موجود در محلول های آبی، در سطح ماده جاذب تغلیظ می شود و سپس می توان آن را به همراه ماده جاذب با روش هایی مانند فیلتراسیون از آب جدا کرد. ماده جاذبی که از آلاینده اشباع است را با روش هایی که باعث از بین رفتن ماده جاذب شده می شود، بازیابی کرده و مجدداً مورد استفاده قرار می دهند. این کار به کمک فرآیندهایی نظیر اکسیداسیون حرارتی یا کاتالیزوری انجام می شوند. مهمترین جاذب ها عبارتند از: کربن فعال برای جذب مواد آلی آبگریز از آب، اکسید آلومینیوم برای جذب مواد آلی آبدوست (مثل اسید های کربوکسیلیک، الکل ها، آمین ها) و زئولیت ها.

## ✓ لخته سازی و انعقاد

ذرات کلوئیدی و ذرات درشت تری که در پساب وجود دارند، به دلیل داشتن بار الکتریکی قادر به ته نشین شدن نیستند. معمولاً جذب سطحی آنیون ها به ذرات بار منفی می بخشد. دو لایه الکتریکی متشکل از آنیون ها و کاتیون های مخالف آن ها، دور ذرات را می پوشانند، بنابر این یک مقدار اختلاف پتانسیل که پتانسیل زتا نامیده می شود به وجود می آید. پایداری یک سیستم کلوئیدی حاصل مجموع نیروهای جاذبه و اندروالسی بین ذرات و دافعه الکتریکی موجود بین بارهای همنام حاصل از دولایه الکتریکی می باشد. لخته سازی با از میان بردن دافعه الکتریکی یعنی پتانسیل زتا امکان پذیر است. در عمل اینکار را با افزودن انواع عوامل لخته ساز مانند نمک های آهن و آلومینیوم انجام می دهند .

## ✓ ته نشینی گرانشی

در این روش از نیروی گرانشی برای جداسازی استفاده می شود. دستگاه مورد استفاده در این مورد جداسازهای گرانشی می باشند. این جداسازها روغن آزاد و پخش شده را جدا می کنند. جداسازهای گرانشی در مواردی خوب عمل می کنند که روغن بطور مکانیکی یا فیزیکی به شکل امولسیون در نیامده باشد.

## ❖ فرآیندهای شیمیایی

فرآیندهای شیمیایی که به منظور تبدیل آلاینده ها به موادی با سمیت کمتر یا مواد قابل تجزیه بیولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرند، سبب پیدایش تغییراتی در ساختار مواد موجود در پساب می شوند و باعث می شوند که بتوان آلاینده ها را به صورت فاز جداگانه ای از پساب تفکیک کرد ( ترسیب یا تعویض یون) یا آلاینده ها را به صورت بی زیان و قابل تخلیه در پساب در آورد (خنثی سازی اسید ها با بازها). همواره باید توجه کرد که تصمیم گیری در مورد کاربرد روش های تصفیه فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ترکیب آن ها همواره بستگی به شرایط خاصی دارد که با روبه رو هستیم. به طور کلی در تصفیه خانه های پساب شهری و آب هایی که آلودگی کمی دارند، معمولاً پس از مرحله فیزیکی، مرحله بیولوژیکی قرار دارد و می توان یک مرحله تصفیه شیمیایی افزود .

## ✓ خنثی سازی پساب

فرآیند های خنثی سازی نقش مهمی را در تصفیه و دفع پساب های اسیدی و قلیایی بر عهده دارند. هدف از خنثی سازی، تنظیم pH در حد استاندارد های قانونی مقرر برای تخلیه پساب ها در منابع آب می باشد. تخلیه فاضلاب ها باید بر اساس استانداردهای هائی باشد که به صورت حداکثر غلظت آلوده کننده ها بیان می شود و رعایت این استانداردها تحت نظارت سازمان حفاظت محیط زیست ضروری است. جدول ۱-۲ استاندارد های قانونی مجاز اکثر مواد موجود در پساب برای تخلیه در محیط زیست آورده شده است.

## ✓ ترسیب

برخی از آلاینده های موجود در پساب ها را می توان به کمک واکنش های ترسیب از پساب جدا ساخت. به این ترتیب با افزودن یون های مخالف و مناسب، آلاینده های محلول به صورت ترکیباتی با فعالیت و خطر کمتر در می آیند. این فرآیند شامل مراحل نظیر تشکیل کلوئید، ناپایدار سازی، لخته سازی ریز و درشت است. متداول ترین روش حذف فلزات سنگین روش ترسیب است. مهمترین دلیل معروفیت این روش سادگی آن است. اساس این روش، نامحلول بودن برخی از نمک های فلزات در آب است. چنانچه آنیونی به محلول حاوی یک فلز سنگین اضافه شود که با فلز مربوطه تولید یک نمک نامحلول در آب نماید. رسوبات حاصله به راحتی طی یک فرآیند ته نشینی و فیلتراسیون حذف می گردند. معمول ترین آنیون های که به محلول فلز اضافه می شوند به شکل کربنات، هیدروکسید و سولفید هستند.

## ✓ تبادل یون

روش تبادل یون یکی از مهمترین روش ها برای حذف فلزات سنگین از پساب و فاضلاب است که به طور موفقیت آمیزی در صنعت استفاده می شود. برای حذف فلز، به یک تبادلگر کاتیونی نیاز است، که این تبادلگر کاتیونی دارای پوششی از پروتون و یا یک فلز دیگر به عنوان عامل تعویض شونده است. تئوری عملکرد تبادل کاتیونی و روش ترسیب مشابه یکدیگر هستند. معروفترین تبادلگرهای یونی که در صنعت مورد استفاده قرار می

گیرند، رزین های تبادل یونی هستند که از ترکیبات آلی سنتزی ساخته می شوند. در واقع یک تبادلاگر یونی، جامدی است که می تواند آنیون ها و کاتیون ها را با مواد اطراف خود تعویض نماید.

## ✓ فرآیند اکسیداسیون

فرآیندهای اکسیداسیون، فرآیندهای سم زدایی شیمیایی مهمی هستند که در محیط مرطوب، برای تصفیه بسیاری از ترکیبات موجود در محلول های آبی و فاضلاب ها به کار برده می شوند. در این زمینه، اکسیداسیون شیمیایی به دلیل نیاز به مصرف مقدار زیادی مواد نسبتاً، پر هزینه است. کاربرد فرآیندهای اکسیداسیون شیمیایی بر اکسید کننده های زیر متمرکز است: اکسیژن (خصوصاً در دمای بالا یا همراه با شعله گاما)، اوزون، پراکسید هیدروژن و کلر یا محلول هیپوکلریت ها (در صورت امکان همراه با اشعه فرابنفش).

## روش های بیولوژیکی

فرآیندهای بیولوژیکی تصفیه پساب به نحوی گسترده برای تصفیه پساب شهری مورد استفاده قرار دارند و کاربرد آن ها همراه با دیگر فرآیندها در تصفیه پساب های صنعتی گسترش روز افزون دارند. در فرآیندهای تصفیه ی بیولوژیکی یا بیوشیمیایی، مواد نامطلوب به عنوان مواد غذایی در اختیار جمعیت های باکتریایی یا ترکیبی از چند جمعیت باکتریایی قرار می گیرد تا این مواد را در متابولیسم بدن خود مصرف کنند. در این جریان دو نوع فرآیند خود پالایی طبیعی دوش به دوش یکدیگر به پیش می روند، فرآیندهای تجزیه و فرآیندهای سنتز. مهمترین روش های تصفیه بیولوژیکی به صورت زیر می باشد: لجن فعال، هوادهی ممتد، لاگون های هوادهی . در این روش از فرآیندهای بیولوژیکی برای حذف آلاینده ها استفاده می شود. روش های بیولوژیکی را می توان به دودسته کلی تقسیم بندی می نمایند:

## الف. روش های هوازی:

برخی از فرآیندهای بیولوژیکی در حضور اکسیژن محلول صورت می پذیرد که به آنها فرآیندهای هوازی و به روش هایی که از فرآیندهای هوازی در آنها استفاده می شود، روش های بیولوژیکی هوازی گفته می شود. روش لجن

فعال، لجن فعال به هوادهی گسترده، RBC، SBR، MBR نمونه هایی از روش های بیولوژیکی هوازی می باشند.

#### ب : روش های بی هوازی:

به فرآیندهایی که در غیاب اکسیژن محلول توسط میکروارگانیسم ها اتفاق می افتد، فرآیندهای بی هوازی می گویند. در روشهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب از این فرآیندها استفاده می شود. روش UASB، FBR، ASBR نمونه هایی از روش های بی هوازی تصفیه فاضلاب هستند. لازم به ذکر است که در سیتیک تانک ها به سبب عدم وجود اکسیژن محلول کافی فرآیند های بی هوازی بیولوژیکی غالب هستند.

# فصل سوم



## ❖ اثر فاضلاب ها بر محیط زیست

### مقدمه

زمانی که صحبت از فاضلاب و تصفیه آن به میان می آید اولین موضوعی که در ذهن تداعی می نماید بحث محیط زیست و حفظ آن از آلوده شدن است چرا که فاضلاب همواره به عنوان یک پارامتر آلاینده اصلی در محیط زیست انسانی و طبیعی مطرح می باشد. فاضلاب چیزی جز آب مصرف شده در جنبه های مختلف زندگی انسان نیست. که در اثر این مصارف ترکیب اصلی طبیعی خود را از دست داده است. و نه تنها قابل استفاده در مصارف مختلف نمی باشد بلکه با توجه به میزان آلاینده های موجود در آن و نوع آنها خود می تواند تهدیدی بر سلامت و فعالیت های مختلف انسانی باشد. در کشور ما نیز مانند سایر نقاط دنیا، افزایش جمعیت شهرها و در نتیجه بالا رفتن میزان مصرف آب سبب تولید روز افزون فاضلاب گردیده است که خود موجب بروز اشکالات و نارسایی هایی در جوامع شهری و حتی روستایی کشورمان شده و روز به روز هم در حال ازدید است. این اشکالات عموماً مسایل بهداشتی و آلودگی محیط، به هم خوردن رابطه ی طبیعی بیلان آب و بالا آمدن سطح آبهای زیر زمینی و آلودگی منابع مختلف پذیرنده می باشد.

آمار منتشره از سوی مراکز درمانی کشور نشان می دهد، بیماریهایی نظیر هپاتیت های عفونی، اسهال ها، انگل های روده ای و سایر انواع بیماریهایی که به دلیل وجود آلودگی محیط ناشی از دفع نادرست فاضلابها می باشند.

میزان فاضلابهای شهری و صنعتی کشور ایران در سال ۱۳۹۰ حداقل حدود ۶ میلیارد متر مکعب خواهد بود که با توجه به این که هر متر مکعب فاضلاب تصفیه شده حدود ۴۰ متر مکعب آب را به شدت آلوده می نماید، لذا این میزان فاضلاب در صورتی که جمع آوری و تصفیه نگردد. منبع آلودگی عظیمی خواهد بود که نهایتاً به پذیرنده های سطحی و زیر زمینی کشور تحمیل خواهد شد از این رو به عنوان بخشی از استراتژی ملی برای حفظ سلامتی و محیط زیست و اقتصادی ترین استفاده از منابع آب موجود بایستی با ایجاد تأسیسات

لازم برای جمع آوری و تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی روند آلوده سازی محیط را به سمت بهبود رو به تزاغی و در زمینه های مختلف تغییر دهد . چرا که « محیط زیست ارثیه نیاکان ما نیست بلکه امانتی است که به دست ما سپرده شده است و بایستی سالم به نسلهای بعدی تحویل داده شود » .

### ارزیابی نیاز زیست محیطی و بهداشتی طرحهای فاضلاب

اگر چه اجرای طرحهای جمع آوری و تصفیه فاضلاب از دیدگاه های مختلف از قبیل حفظ محیط زیست ، جلوگیری از بالا آمدن آبهای سطح زیر زمینی ، توسعه اقتصادی ، درآمدهای جانبی حاصل از استفاده مجدد از پساب و کود در کشاورزی ، فروش انشعاب، اشتغال زایی و کمک به رفع آلودگی هوا در اثر توسعه فضای سبز و غیره اهمیت زیادی دارد . لیکن مهمترین ، مورد اول یعنی حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی هاست. محیط زیست مجموعه ای پیچیده از عوامل گوناگونی است که بر اثر یک روند و تکامل تدریجی موجودات زنده و اجزاء سازنده سطح زمین شکل گرفته است . این مجموعه که از آب ، هوا ، انرژی ، حیات زیستی و غیره تشکیل شده است ، طبیعت کلیه موجودات را در بر گرفته و بر فعالیتهای انسان تأثیر گذاشته و در ضمن از آنها متأثر می شود . با توجه به اهمیت این موضوع به بررسی اثرات فاضلاب ناشی از دفع نادرست فاضلاب خام در محیط های مختلف پرداخته و در این خصوص مهمترین مشکلات احتمالی به اختصار بررسی خواهد شد و سپس با توجه به این اثرات سوء ، طرحهای فاضلاب به عنوانی کلیدی برای حل این معضلات و به عنوان یک نیاز ضروری معرفی می گردد .

### آثار آلودگی فاضلابها بر منابع آب ، خاک و هوا

کلیه آبهای مصرف شده به نقلی به منابع اولیه برگردانده می شوند ولی اغلب آبی که به مصارف مختلف رسیده است ، همان آب اولیه نیست بلکه به صورت مایعی است که علاوه بر اجزای اصلی ، حاوی انواع و اقسام مواد مورد استفاده در زندگی روزمره ی انسان و یا در مورد فاضلاب صنعت حاوی عناصر و ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در آن صنعت خاص می باشد .از دید کلی آبهای مصرف شده در فعالیتهای روزانه ی انسان را که

به محیط برگشت داده می شود ، فاضلاب انسانی یا شهری می گویند و فاضلاب یا پساب صنعتی به خروجی از سیستم ها و تأسیسات صنعتی اطلاق می گردد که هر دوه نوبه خود می توانند در زمره ی آلوده کننده های منابع آب قرار گیرند . چرا که ترکیب فاضلاب با آب مصرفی متفاوت است لذا پس از ورود به منابع آب باعث تغییر در کیفیت آب آن منبع می گردد .

### تعریف آلودگی آبها

آبی آلوده اطلاق می گردد که ترکیب یا شرایط آن طوری تغییر یافته باشد که کمتر یا به هیچ وجه قابلیت استفاده مفید را نداشته باشد ، حال آنکه به شرط سالم بودن ، می توانید به این مصارف برسید . این تعریف شامل تغییرات فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی آب و یا اضافه شدن مایعات ، گازها و یا مواد جامد پساب بوده که باعث اختلالاتی در خواص آن می گردد و می تواند به سلامت ، امنیت و بهزیستی جوامع اعم از اجتماعات شهر نشین ، صنعتی ، کشاورزی ، محیط زیست حیوانات وحشی ، ماهیها و غیره لطمه بزند .

این تعریف همچنین آلودگی حرارتی آب ناشی از افزودن آب داغ را نیز در بر می گیرد . فاضلابهای حاصل از مصارف شهری و یا صنعتی می توانند شامل آلاینده های متفاوتی باشند . مهمترین مواد آلاینده ی فاضلابها مواد آلی موجود در آنها می باشند که به طور اعم از کربوهیدراتها ، پروتئینهای حیوانی ، چربیهای مختلف و روغن ها تشکیل می شوند . نمونه های مشخص ترکیبات آلی شامل آمینو اسیدها و اسیدهای چرب ، صابون ها ، استرها ، پاک کننده های آنیونیک و غیره می باشند. فاضلابها همچنین شامل انواع مختلفی از میکروارگانیسم ها بوده که بعضی از آنها بیماریزا می باشند و عوامل دیگر اگر چه ممکن است خود بیماریزا نباشند ، می توانند به عنوان شاخص آلودگی آبها به حساب آمده و وجودشان در آب آشامیدنی نشانه آلوده شدن آن به منبع به فاضلابهای انسانی است . مهمترین این دسته ، باکتریهای کلیفرم مدفوعی هستند که جزء باکتریهای روده ای انسان هستند و از بین آنها اشریشیاکلی ( E.Coli ) مورد توجه بیشتری است .

### • اثر آلودگی فاضلابها بر منابع آبهای سطحی

## الف) اثر آلودگی فاضلابها بر رودخانه

هنگامی که یک ماده‌ی آلی دارای انرژی زیاد، مانند فاضلاب خام به رودخانه ریخته می‌شود، تغییرات چندی در قسمت پایین رودخانه از محل ورود فاضلاب رخ می‌دهد. مواد آلی فاضلاب با اکسیژن آب ترکیب شده در نتیجه سرعت مصرف اکسیژن به مراتب بیشتر از زمانی است که آلودگی به آنها وارد نشده است و اکسیژن محلول آن کاهش می‌یابد. همچنین سرعت هوادهی یا انحلال اکسیژن هوا در آب افزایش می‌یابد. اما انحلال اکسیژن به اندازه‌ای نیست که بتواند از کاهش اکسیژن رودخانه جلوگیری نماید. در چنین شرایطی می‌گویند رودخانه بی‌هوایی شده است به هر حال، اغلب غلظت اکسیژن آب به صفر تقلیل نیافته و رودخانه مجدداً به حالت اول بر می‌گردد بدون اینکه در شرایط بی‌هوایی قرار گیرد.

اثر فاضلاب در غلظت اکسیژن رودخانه را می‌توان به وسیله فرمول‌های ریاضی تخمین زد. اساس فرض بر این است که در هر نقطه‌ای از رودخانه یک تعادل اکسیژن وجود دارد و این حد تعادل به وسیله میزان اکسیژن مصرفی میکروارگانیسم‌ها و انحلال اکسیژن هوا در آب مشخص می‌شود سرعت مصرفی یا کاهش اکسیژن به وسیله رابطه زیر تعیین می‌گردد.

زمانی که شرایط بی‌هوایی در رودخانه فراهم می‌شود گازهایی از قبیل: هیدروژن سولفور و متان تشکیل می‌شود و به صورت حباب به طرف سطح حرکت می‌کند، حباب‌ها حین حرکت به طرف بالا به ذرات بزرگ مواد جامد سیاه رنگ به نام لجن چسبیده و آنها را در سطح آب شناور نگه می‌دارد. بنابراین وجود بوی گاز هیدروژن سولفور از فاصله‌ی دور مشخص است که دلیل بر شرایط بی‌هوایی رودخانه می‌باشد.

رنگ رودخانه معمولاً سیاه است و وجود رشته‌های طویل که به صخره‌ها چسبیده و معمولاً به صورت توده لجن و ژلاتینی در جهت پایین آب رودخانه مواجه هستند دو نشانه مشخص دیگر شرایط بی‌هوایی رودخانه می‌باشند. فاضلاب‌ها بر موجودات آبی نیز اثر می‌گذارند به طوری که نوع و تعداد آنها بعد از محل ورود فاضلاب به رودخانه تغییر می‌کند. افزایش کدورت، رسوب و غلظت کم اکسیژن محلول باعث کاهش زندگی

ماهی‌ها می‌شود. فقط چند نوع ماهی مخصوص می‌توانند در این شرایط به حیات خود ادامه دهند و چون مواد غذایی فراوان می‌باشد، بنابراین تعداد آنها بسیار افزایش می‌یابد. ماهی‌های کپور و گربه ماهی می‌توانند در آبهای کاملاً آلوده زنده بمانند و حتی در صورت لزوم می‌توانند از اکسیژن سطح آب نیز استفاده نمایند. از طرف دیگر، ماهی غزل آلا به آب بسیار خالص، پاک و خنک نیاز دارد و به آلودگی هوا بسیار حساس است.

عکس العمل رودخانه متناسب با نوع فاضلاب ورودی است. واکنش‌های فوق الذکر رودخانه به آلودگی زمانی اتفاق می‌افتند که مواد آلی آلاینده به سرعت تجزیه شوند و چنانچه برای موجودات آبی سمی باشند، تعداد و نوع میکروارگانیسم‌های نقطه زیر محل ورود آلودگی به رودخانه کاهش می‌یابد. اکسیژن محلول آب کاهش نیافته و حتی ممکن است سیاه تر بشود. به طور کلی انواع مختلف آلودگی وجود دارد و رودخانه به طور متفاوتی به هر آلودگی عکس العمل نشان می‌دهد.

### **ب) اثر آلودگی فاضلاب بر دریاچه‌ها**

اثر آلودگی بر دریاچه‌ها از چند نظر با رودخانه‌ها متفاوت می‌باشد. نور و حرارت اثر قابل ملاحظه‌ای بر یک دریاچه دارند و این دو عامل باید در تمام تجزیه و تحلیل‌ها گنجانده شوند.

اغلب درجه حرارت، اثر عمیقی بر دریاچه می‌گذارد. وزن مخصوص آب در ۴ درجه سانتیگراد حداکثر می‌باشد (بنابراین، آب سرد تر و گرم تر از آب ۴ درجه سانتیگراد سبک تر بوده در نتیجه یخ در آب غوطه‌ور می‌ماند). آب حرارت کم را هدایت می‌کند و معمولاً درجه حرارت آب دریاچه‌ها در فصول مختلف سال دستخوش تغییر می‌شود. در طول زمستان، فرض بر این است که آب دریاچه منجمد نمی‌شود، اغلب درجه حرارت آب با عمق دریاچه ثابت است. با گرم شدن هوا لایه‌های فوقانی آب دریاچه تدریجاً گرم می‌شوند و چون قابلیت هدایت حرارت آب کم می‌باشد و آب گرم تر، سبک تر است، بنابراین یک افت حرارت مشخص (منحنی شیب دار حرارت) به نام «طبقه بندی حرارتی» تشکیل می‌شود. این طبقات حرارت

اغلب خیلی با ثبات بوده و تا فصل تابستان باقی می ماند. لایه فوقانی آب به نام «پی لیمنیون»، لایه میانی «متا لیمنیون» و لایه زیرین «هیپو لیمنیون» خوانده می شود. نقطه ی انحنای منحنی ترموکلاين نامیده می شود. آب فقط در یک منطقه مشخص گردش می نماید، بنابراین فقط مقدار محلولی از مواد شیمیایی و بیولوژیکی، شامل اکسیژن محلول، در این لایه های حرارتی انتقال می یابند. با فرا رسیدن هوای سرد، لایه فوقانی آب به تدریج سرد شده و فرو می شیند. این گردش آب را «برگشت پاییز» می خوانند. همچنین در بهار نیز اغلب آب برگردانده می شود.

پلانکتون های حیوانی و موجودات آبی بزرگتر، مانند ماهی ها، از آلگ ها استفاده می نماید. تمام موجودات آبی موادی از خود دفع می نمایند که بر غلظت کربن آلی محلول آب افزوده و با مرگ آنها، این ذخیره کربن آلی محلول بیشتر می شود. میکروب ها از کربن آلی محلول استفاده کرده و دی اکسید کربن تولید می کنند که به مصرف آلی ها می رسد. همچنین، دی اکسید کربن از تنفس ماهی ها، پلانکتون های حیوانی و انحلال مستقیم گاز دی اکسید کربن هوا در آب نیز حاصل می شود.

مقدار کربن، فسفر و ازت ورودی به یک دریاچه غیر آلوده به قدری است که رشد آلگ ها را محدود می کند و در این حالت باروری اکوسیستم محدود است. ولی چنانچه مقدار زیادی کربن، فسفر و ازت وارد دریاچه شود، رشد آلگ ها افزایش می یابد. پس از مرگ، بقایای آلگ ها، ماهی ها و پلانکتون های حیوانی در بستر دریاچه قرار گرفته و منبع غذایی دیگری برای میکروب ها می شود. باکتری های هوازی تمام اکسیژن محلول آب را برای تجزیه مواد آلی مصرف می نمایند و ممکن است شرایط بی هوازی ایجاد شود.

این فعالیت ها باعث کدروت آب شده و نفوذ نوع خورشید به آب را کاهش می دهند، در نتیجه فعالیت آلگ ها به لایه های سطحی محدود می شود. مقدار اکسیژن محلول که توسط آلگ وارد آب می گردد کاهش یافته و سرانجام زمانی که لایه ای لیمنیون نیز بی هوازی شود تمام موجودات آبی هوازی از بین می روند. آلگ ها به علت کاهش نفوذ نور در سطح آب متمرکز شده، توده های لزج و ژلاتینی را تشکیل می دهند.

### ج) اثر آلودگی فاضلابها بر دریاها

اکسیژن محلول آب دریا حدوداً ۲۰٪ کمتر از آب تازه است. آب دریا به علت داشتن املاح محلول زیاد قدرت دریافت و جذب فاضلاب را به اندازه ی آبهای معمولی ندارد. در صورت ورود فاضلاب فعل و انفعالاتی رخ می دهد که باعث ایجاد مواد معلق می گردد. این فعل و انفعالات منجر به پیدایش رنگ شیری در آب می گردد. مواد ته نشین شده فاضلاب در کف دریا باعث ایجاد لایه ی لجن در آنجا شده که پس از مدتی با آزاد نمودن گاز سولفید هیدروژن باعث تولید بوی تعفن می گردد. به علت بالا بردن وزن مخصوص آب دریا نسبت به فاضلاب و بالاتر بودن دمای فاضلاب نسبت به آب دریا، فاضلاب، ورودی به دریا، به طرف سطح آب حرکت نموده و پس از تجمع، ایجاد یک لایه نازکی در سطح آب دریا می نماید و این لایه نازک در مدت کوتاه حدود چند روز به فواصل دورتری از محل تخلیه حرکت نموده و منجر به آلوده شدن سطح وسیعی از دریا می گردد.

### د) اثر آلودگی فاضلابها بر خلیج ها

خلیج از ورود آب شیرین به داخل آب شور تشکیل می شود و آبی دارد که مزه نمکی آن از آب شیرین به آب نمکی متغیر است. مزه نمکی حد واسط میان آب شیرین و آب شور برای ادامه سیکل زندگی بسیاری از موجودات دریایی حیاتی است. خلیج ها را قلمستان اقیانوس نام داده اند زیرا که مراحل اولیه زندگی بسیاری از موجودات دریایی در آن می گذرد. مردابها و رودخانه هایی که به داخل خلیج می ریزند مواد غذایی لازم جهت زندگی موجودات ریز و بنابراین بارور شدن خلیج برای رشد موجودات عالی تر، مانند میگو و ماهی را تأمین می نمایند. علف کشها، آفت کشها و فلزات سنگین ناشی از فاضلابهای مختلف کشاورزی و صنعتی و همچنین روان آبهای حاصل از شستشوی زمین های اطاف که به داخل خلیج حمل می گردند دارای اثر سمی بر ارگانسیم های آب می باشند.

# فصل چہارم



## ❖ روش های غشایی

جداسازی غشایی از سی سال قبل به عنوان یک روش قابل اطمینان و پر بازده در فرآیندهای تصفیه پساب و آب مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنولوژی به دلیل مصرف کمتر انرژی، بازده بالا، فضای کمتر مورد نیاز و تصفیه بدون اضافه کردن هیچگونه ماده شیمیایی بسیار اقتصادی می باشد. در ادامه این فصل به بررسی انواع روش های غشایی متداول در تصفیه پساب پرداخته خواهد شد.

### ✚ فرآیندهای غشایی متداول در تصفیه پساب

یکی از روش های تصفیه پساب های نفتی، فرآیندهای غشایی می باشد. با توجه به مزیت هایی نظیر کیفیت بهتر آب خروجی در مورد پساب های مختلف، عدم نیاز به افزودن مواد شیمیایی، کم حجم بودن تجهیزات نصب شده، کنترل ساده تر و اتوماتیک این واحدها، کاهش نیازهای عملیاتی و سهولت نگهداری این واحدها نسبت به سایر روش های تصفیه پساب های نفتی، تحقیقات بسیاری جهت استفاده از این فرآیندها جهت تصفیه پساب های نفتی و روغنی مختلف انجام شده است .

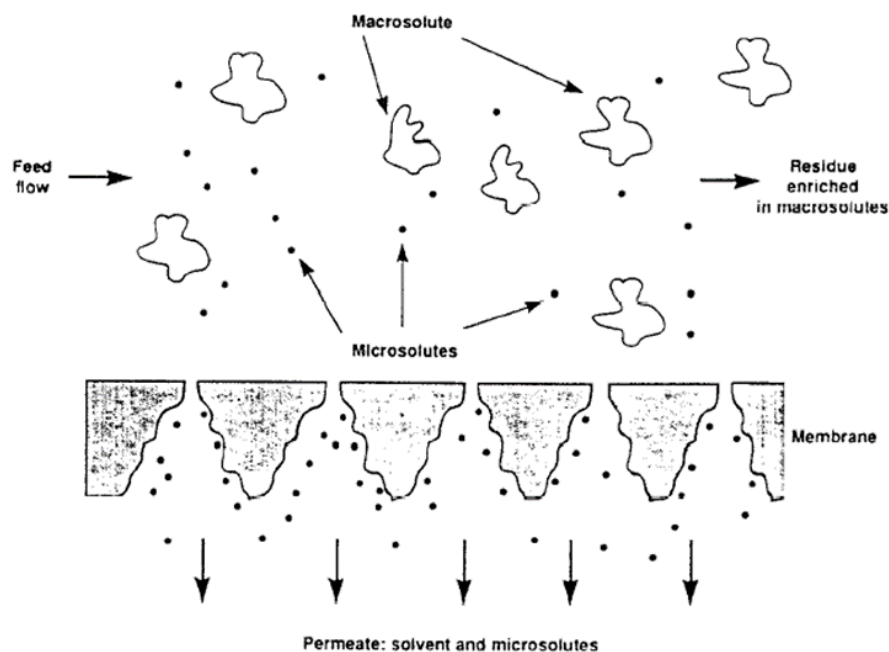
### ✓ میکروفیلتراسیون

میکروفیلتراسیون از جمله فرآیندهای غشایی با نیرو محرکه اختلاف فشار است که برای تخلیص و یا تغلیظ محلول های مختلف (آبی و یا آلی) به کار گرفته می شود. ویژگی فرآیندهای غشایی با نیرو محرکه اختلاف فشار این است که در آن ها حلال فاز پیوسته می باشد و غلظت حل شونده نسبتاً کم می باشد. به واسطه اعمال نیروی محرکه اختلاف فشار، حلال و حل شونده های کوچک از میان غشا عبور می کنند، اما ذرات بزرگتر توسط حفرات غشا دفع می شوند. در عملیات میکروفیلتراسیون، بالا بودن درصد پس دهی غشا و همچنین بالا بودن شار سیال تراوشی از غشا یک مزیت به شمار می رود. منظور از پس دهی این است که غشا به خوبی قادر باشد ذرات مورد نظر را در پشت خود نگه دارد و به سایر مولکول ها اجازه عبور از میان حفره های خود را بدهد. مشخص است که بالا بودن پس دهی غشا، اطمینان از یک جداسازی نسبی مناسب را فراهم می سازد. این فرآیند یکی از مهمترین

فرآیند های غشایی در تصفیه پساب است. انتقال جرم در این فرآیند سه مرحله انجام می گیرد . جابجایی و نفوذ اجزاء یا جریان ها به طرف غشا، عبور از درون غشا و انتقال اجزاء به جریان خروجی غشا.

## ✓ اولترافیلتراسیون

اولترافیلتراسیون یک فرآیند غشایی است که توانایی جداسازی مولکول ها را بر مبنای اندازه از محلولشان دارد. یک غشای اولترافیلتر مانند یک مانع گزینش پذیر عمل می کند. این غشا ذرات با اندازه مولکولی بزرگتر از چند هزار دالتون (حل شونده های ماکرو) را نگه می دارد در حالی که به مولکولهای کوچک (حل شونده های کوچک و حلال) اجازه عبور می دهد. جداسازی به وسیله نگهداشت و تغلیظ مولکول های بزرگ موجود در خوراک در یک سمت غشا حاصل می شود در حالی که حلال و حل شونده های کوچک از خوراک جدا می شوند و از غشا عبور می کنند. عملکرد فرآیند غشایی UF در فاصله بین فرآیندهای NF و MF واقع می شود. اولترافیلتراسیون به طور نمونه برای حذف مولکول های درشت و کلئیدها از یک محلول استفاده می شود. غشاهای مورد استفاده در فرآیند اولترافیلتراسیون از نوع غشاهای متخلخل و دارای حفراتی با ابعاد متوسط در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰۰ آنگستروم می باشند. نیروی محرکه این فرآیند نیز فشار می باشد. این فرآیند نیز مانند فرآیند میکروفیلتراسیون از فرآیند های بسیار کاربردی در تصفیه پساب می باشد. شکل زیر شماتیک یک فرآیند اولترافیلتراسیون را نشان می دهد.



## ✓ نانو فیلتراسیون

نانو فیلتراسیون فرآیند غشایی است که خواص آن بین فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون قرار دارد و در اختلاف فشار پایین (۱۰-۲۰ بار) قابل استفاده می باشد. به علت عمل نمودن در فشار پایین و بازیابی بالاتر، هزینه های عملیاتی و نگه داری این فرآیند پایین می باشد. به کمک تجهیزات خاص غشاها به طور خودکار تمیز می شود. در مورد فرآیند نانو فیلتراسیون، هزینه انرژی به مراتب از اسمز معکوس کمتر می باشد. نکته حائز اهمیت در مورد نانو فیلترها نسبت به سایر غشاها، قدرت انتخاب گری در حذف یون هاست. غشاهای نانو فیلتراسیون معمولاً از دو لایه تشکیل می شود. لایه نازک و متراکم عمل جداسازی و لایه محافظ، عمل حفاظت در برابر فشار سیستم را انجام می دهد. غشاهای نانو فیلتراسیون معمولاً در دو نوع باردادار و غیرباردار موجود هستند. از کاربردهای فرآیند نانوفیلتراسیون می توان به نمک زدایی از آب شور، زدودن میکروآلاینده ها، سختی زدایی، تصفیه پساب ها و نگهداری رنگ ها در صنایع نساجی اشاره کرد. غشاهای سرامیکی به خصوص زئولیت ها نقش اساسی در این فرآیند دارند.

غشاهای نانوفیلتر به منظور حذف ترکیبات آلی حل شده با وزن مولکولی پایین و رنگ از خروجی واحد تصفیه بیولوژیکی نیز، مورد استفاده قرار می گیرند .

## ✓ اسمز معکوس

اسمز معکوس وقتی مورد استفاده قرار می گیرد که جداسازی حل شونده های دارای وزن مولکولی پایین مانند نمک های غیرآلی یا مولکولهای آلی کوچک مانند گلوکز و ساکاروز از حلال، مورد نظر باشد. این حل شونده ها از غشا اولترافیلتراسیون عبور می کنند. مبانی جداسازی دو فرآیند فوق مشابه هم می باشد. تفاوت بین اولترافیلتراسیون و فرآیند اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون در اندازه مولکول های حل شونده می باشد. در نتیجه غشایی چگالتر و با مقاومت هیدرودینامیکی بیشتر برای نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس مورد نیاز می باشد. در حقیقت غشاهای این دو فرآیند، خاصیتی بین غشاهای متخلخل (میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون) و غشاهای

غیر متخلخل (تراوش تبخیری و جداسازی گاز) را دارا می باشند (اندازه حفرات غشاها باید کمتر از ۲ نانومتر باشد). به دلیل مقاومت بالای غشا، فشار بیشتری باید اعمال شود تا به شار تراوایی مشابهی بتوان دست یافت. علاوه بر آن باید بر فشار اسمزی نیز غلبه کرد (فشار اسمزی آب دریا در حدود ۲۵ bar می باشد. نیروی محرکه برای اسمز معکوس اختلاف فشاری معادل ۱۵-۲۵ bar برای آب شور و ۳۰-۸۰ bar برای آب دریا می باشد. در این فرآیند با اعمال فشار در سمت محلول غلیظ، مسیر جریان از محلول غلیظ به محلول رقیق تبدیل می شود. اسمز معکوس به عنوان یک مرحله تغلیظ به ویژه در صنایع غذایی (تغلیظ آب میوه، شکر و قهوه)، صنایع گالوانیک (تغلیظ جریانهای ضایعات) و در صنایع لبنی (تغلیظ شیر به خصوص در کارخانجات پنیرسازی) استفاده می شود. این فرآیند در تصفیه آب بسیار کاربردی می باشد، ولی در تصفیه پساب کاربرد زیادی ندارد. در این فرآیند غشاهای پلیمری نقش اساسی دارند و غشاهای سرامیکی نقشی در این فرآیند ندارند. درصد حذف انواع حل شونده ها در فرآیند اسمز معکوس و نانو فیلتراسیون را جدول زیر نشان داده شده است.

NF	RO	حل شونده
< %۵۰	> %۹۸	یون های تک ظرفیتی ( Na, K, Cl, NO <sub>3</sub> ) (
> %۹۰	> %۹۹	یون های دو ظرفیتی (Ca, Mg, SO <sub>4</sub> , CO <sub>3</sub> )
< %۹۹	> %۹۹	باکتری و ویروس ها
> %۵۰	> %۹۰	حل شونده های میکرومولکولی (MW > 100 Da)
۰ - %۵۰	۰ - %۹۹	حل شونده های میکرومولکولی (MW < 100 Da)

## ❖ مزایای فرآیندهای غشایی

مزایای فرآیندهای غشایی برای کاربرد در تصفیه پساب :

- مواد شیمیایی اضافی مورد نیاز نمی باشد و بازیابی را آسان تر می کند.
- تجهیزات غشایی دارای اندازه کوچک تری هستند.
- هزینه های انرژی در مقایسه با تصفیه حرارتی کمتر می باشد.
- واحد به راحتی اتوماتیک شده و نیاز به اپراتور ماهر ندارد.
- کاهش حجم لجن تولیدی
- هزینه سرمایه گذاری اولیه متوسط

فرآیندهای غشایی دارای محدودیت هایی نیز می باشند. افزایش مقیاس برای فرآیند معمولاً خطی بوده و از این رو هزینه های کلی برای حجم های بالا معمولاً زیاد است. غشاهای پلیمری در حین استفاده معمولاً دچار گرفتگی می شوند. از این رو به تعویض نیاز دارند، که این موضوع باعث افزایش هزینه های عملیاتی می شود. اما به دلیل آنکه خروجی فرآیند های غشایی معمولاً دارای کیفیت تخلیه قابل قبول بوده و از نقطه نظر عملیاتی فرآیندهای ساده ای هستند.