تصفیهٔ فاضلاب به روش AB ★

راه‌حلی برای فاضلابهای مشکل ساز

مقدمه

محققان به منظور کاهش آلاینده‌های آلی و مواد مغذی به روش اقتصادی به فرایندی دست یافته‌اند که میزان تأثیر تصفیه به روش متداول لجن فعال را افزایش می‌دهد. چون تصفیه در دو مرحله صورت می‌گیرد این روش جدید را "فرایند جذب - بیو اکسیداسیون" یا فرایند AB[1] نامیده‌اند. این فن‌آوری در بسیاری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری با ظرفیتهای از ۳۷۸۵ تا ۳۷۸۵۰۰ مترمکعب در روز و نیز تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی برای تصفیهٔ فاضلاب صنایع تهیهٔ خمیر کاغذ و کاغذسازی، صنایع تبدیلی مواد غذایی و کارخانجات رنگ‌آمیزی پارچه و نساجی نصب و راه‌اندازی شده است.

در تصفیه‌خانه‌ای در کرفلد[2] آلمان، مشکل تصفیه فاضلاب انگیزه‌ای برای انجام تحقیق بر روی فن‌آوری‌های فرایند لجن فعال گردید. بیش از ۵۰ درصد از دبی تصفیه‌خانه کرفلد با ظرفیت ۱۸۱۶۸۰ مترمکعب در روز از صنایع فلزی، نساجی، مقواسازی، صنایع شیمیایی، تولید مواد غذایی و تولید کود شیمیایی منشأ می‌گیرد. سابقاً، فاضلاب تصفیه‌خانه به دلیل میزان بالای مواد زاید صنعتی، نوسانات شدید در بارگذاری و شوک بارهای سمی از نظر بیولوژیکی غیر قابل تصفیه تلقی می‌گردید. به طور مثال، نمونه‌های ترکیبی ۲۴ ساعته اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و pH، به ترتیب گستره‌های از ۳۰۰ تا ۲۸۰۰ mg/L و از ۲/۵ تا ۱۰/۵ را نشان داد.

بررسی‌های انجام شده در تصفیه‌خانه کرفلد منجر به ایجاد فرایند AB گردید، که برای اولین بار تصفیه بیولوژیکی فاضلاب تصفیه‌خانه را امکان‌پذیر نمود. این فرایند برای اولین بار در سال ۱۹۸۱ برای تصفیهٔ فاضلابی به میزان ۱۴۳۸۳۰ مترمکعب در روز نصب و راه‌اندازی گردید. ظرفیت تصفیه‌خانه در حال حاضر برای تصفیه ۱۸۱۶۸۰ مترمکعب فاضلاب در روز توسعه پیدا نموده و در عین حال قابلیت تصفیه‌خانه برای حذف موادمغذی برای برآورده کردن آخرین مقررات تصفیه در مورد حذف نیتروژن و فسفر، افزایش یافته است.

اداره محلی حفاظت محیط‌زیست در کرفلد طی ارسال تقدیرنامه‌ای بیان نمود که تصفیه‌خانه کرفلد یکی از مدرنترین تصفیه‌خانه‌های منطقه بوده و کیفیت پساب خروجی رضایت‌بخش است.

جدول ۱ پارامترهای مهم فاضلاب ورودی برای طراحی اولیه تصفیه‌خانه کرفلد و نیز پارامترهایی که به دنبال توسعه سال ۱۹۹۳ به آن اضافه شده است را نشان می‌دهد. به دلیل سهم بالای فاضلاب صنعتی، بارآلی طراحی از ۳۳۵mg/L به ۴۰۰ mg/L بر حسب BOD_5 افزایش یافته است.

شکل ۱ شماتیک تصفیه‌خانه را پس از توسعه نشان می‌دهد. در پروژهٔ توسعه در واقع از کلیه تانکها و سازه‌های موجود استفاده شده است. اجزاء سایه زده شده، بخش‌های توسعه یافته را نشان می‌دهد. برای به حداکثر رساندن حذف بیولوژیکی فسفر، یک تانک بیهوازی در خط برگشت لجن در مرحلهٔ جذب اضافه شده است. به دلیل مشابه، مرحلهٔ دوم تصفیه در طرح توسعه با یک مرحلهٔ بیهوازی آغاز می‌شود. حذف بیولوژیکی فسفر از طریق ترسیب با سولفات فرو تکمیل شده است تا بارگذاری فسفر که بایستی در واحد فیلتراسیون نهایی حذف شود، به حداقل برسد. حجم کل تصفیهٔ مرحلهٔ دوم از ۳۱۷۹۴ مترمکعب به ۸۳۲۷۰ مترمکعب افزایش یافته تا فرصت کافی برای نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون فراهم باشد.

1- Adsorption - Biooxidation Process (AB)

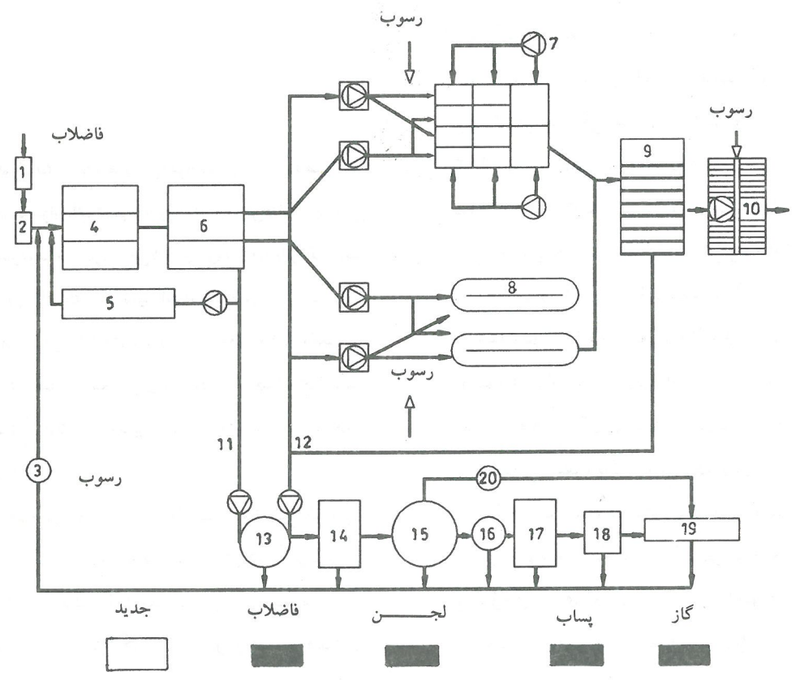
2- Krefeld

جدول (۱): پارامترهای طراحی فاضلاب ورودی اصلی

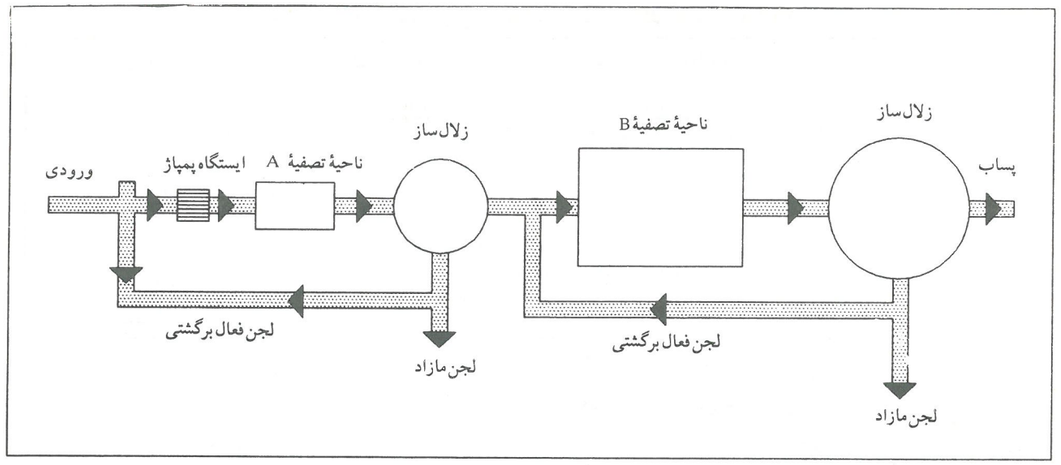
پارامتر	واحد	طراحی سال ۱۹۷۷	طراحی سال ۱۹۸۹
دبی	مترمکعب درروز	۱۴۳۸۳۰	۱۸۱۶۸۰
BOD_5	کیلوگرم BOD_5 درروز	۴۸۰۰۰	۷۲۰۰۰
بارگذاری نیتروژن	کیلوگرم N درروز	-	۱۰۸۰۰
بارگذاری فسفر	کیلوگرم P درروز	-	۱۸۰۰

راندمان‌های حذف بسیار مطلوب

در تصفیه‌خانه کرفلد با وجود نیاز به واحدهای تصفیه با حجم کم، راندمان حذف بسیار خوبی به دست آمد. درصد کاهش حذف عبارتنداز: BOD_5 : ۹۹/۷ ٪؛ نیتروژن کل : ۹۳ ٪؛ COD : ۹۶/۲ ٪؛ فسفرکل : ۹۷ ٪. نتایج تصفیه در تصفیه‌خانه کرفلد به طور مرتب مورد بررسی قرار گرفته و میزان عملکردی که می توان با استفاده از طرح AB به دست آورد، مشخص می‌گردد. در جدول ۲ مقدار متوسط مجاز سالانه آلاینده‌ها با حداکثر میزان غلظت آلاینده‌ها در پساب خروجی اندازه گیری شد و بعد از این که طرح توسعه کامل شد، در طی محدودهٔ زمانی یک ساله مقایسه شده است. غلظتهای متوسط پساب در عمل خیلی پایین تر از محدوده‌های مجاز تخلیه پساب می‌باشند.



شکل ۱ - ترتیب واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب کرفلد آلمان (با ظرفیت ۱۸۱۶۸۰ مترمکعب در روز)



شکل ۲ - فرایند تصفیه فاضلاب به روش ۲AB

همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده، فرایند AB یک سیستم تصفیهٔ دو مرحله‌ای لجن فعال با خطوط دوگانه لجن می‌باشد. مکانیسم حذف غالب در اولین مرحله جذب است، که با مرحلهٔ دوم برای اکسیداسیون بیولوژیکی همراه می‌شود. در صورت لزوم، علاوه بر حذف بیشتر BOD، فرایندهای نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون در مرحلهٔ دوم به وقوع می‌پیوندد. مرحلهٔ دوم تحت عنوان " مرحلهٔ بیو اکسیداسیون " نام‌گذاری شده است. ترکیب بیومس در این دو مرحله دارای تفاوت آشکار است که به اختلاف در شرایط بهره‌برداری مربوط می‌شود. نسبت F/M در مرحلهٔ جذب به طور معمول از ۲ تا ۱۰g BOD/g VSS/day متغیر است. در مرحلهٔ دوم، اکسیداسیون بیولوژیکی در نسبت F/M خیلی پایین‌تر، یعنی کمتر از ۰/۱g BOD/g VSS/day به وقوع می‌پیوندد. بسته به میزان مطلوب برای حذف نیتروژن، مرحلهٔ دوم ممکن است شامل یک مرحله یا مراحل بیشتری از نیتریفیکاسیون - دی نیتریفیکاسیون باشد، و نسبت F/M ممکن است به میزان ۰/۰۵g BOD/g VSS/day باشد.

مرحلهٔ جذب و روش تکمیل آن با یک مرحلهٔ تصفیهٔ بعدی، مهمترین عناصر ابتکاری این فرایند جدید می‌باشند. ترکیب فرایندهای تصفیهٔ فیزیکی، بیوشیمیایی و بیولوژیکی در طرحهای مهندسی سیستمهای تصفیه فاضلاب در عمل، از نظر اقتصادی سودمند است، زیرا موجب صرف هزینهٔ کمتری به ازای مقدار BOD حذف شده می‌گردد.

ویژگی منحصر به فرد مرحلهٔ جذب، شرایط بهره‌برداری آن است، به ویژه این که میزان اکسیژن و زمان ماند هیدرولیکی آن با شرایط موجود در سیستم جمع‌آوری فاضلاب که قبل از فرایند تصفیه است، سازگار می‌باشد. مطالعات محیط باکتریایی در سیستم فاضلابرو نشان داده است که دانسیتهٔ میکروارگانیسم‌ها در فاضلاب تقریباً قابل توجه است و جمعیت قابل توجهی از میکروارگانیسم‌ها بر روی دیوارهٔ داخلی لولهٔ فاضلابرو موجودند. این تجمع و تأثیر متقابل میکروارگانیسم‌ها را می‌توان به عنوان یک مرحله از تصفیه با نسبت F/M بسیار بالا تعبیر نمود. تجمع و بر همکنش میکروبی[1] عبارت است از: تجمع میکروارگانیسم‌ها در یک محیط مشخص و ارتباطات آنها با یکدیگر. این حالت را می‌توان به عنوان یک مرحلهٔ واکنش بیولوژیکی واسطه به صورت رابط بین تخلیه کننده‌های اولیه (خانگی یا صنعتی) با تصفیه‌خانه تلقی نمود. تجمع و تأثیر متقابل میکروارگانیسم‌ها در مرحلهٔ جذب بسیار متفاوت از مرحلهٔ بیو اکسیداسیون است که دلیل آن اختلاف در پارامترهای بهره‌برداری در این مرحله است. اختلاف در پارامترهای بهره‌برداری نتیجهٔ تفاوت در جمعیت‌های میکروارگانیسم‌ها و

1- Biocenosis

جدول (۲): متوسط مجاز سالانه " محدوده حداکثر آلاینده (MCLS)"

پارامتر	میزان تخلیه مجاز (mg/L)	متوسط غلظت تخلیه واقعی (mg/L)	انحراف معیار (mg/L)
BOD_5	۱۵	۱/۱۶	۰/۳۸
COD	۷۵	۲۵/۰	۴
NH_4	۱۰	۰/۱۴	۰/۱۷
نیتروژن‌کل	۱۸	۵/۴۵	۲/۲
فسفرکل	۱	۰/۱۹	۰/۰۹

بنابراین تفاوت در تأثیر تصفیه است.

به عبارت دیگر، تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهری را می‌توان به عنوان امتداد تصفیهٔ طبیعی که تا زمان رسیدن به تصفیه‌خانه در سیستم فاضلابرو رخ می‌دهد، در نظر گرفت. مرحلهٔ جذب بر روی جمعیت میکروبی به گونه‌ای که در سیستم فاضلابرو موجود است، و - در ارتباط با ابعاد نسبت F/M و زمان ماند هیدرولیکی (HRT) - در حین انتقال فاضلاب به مرحلهٔ دوم تصفیه با بارکم[1] در تصفیه‌خانه انجام می‌گیرد. همان گونه که در مورد سیستم جمع آوری فاضلاب گفته شد، هیچ اکسیژن اضافی در مرحلهٔ جذب اضافه نمی‌گردد.

اگر چه اجتناب از شرایط بیهوازی طولانی مدت لازم است، امّا میزان اکسیژن در مرحلهٔ جذب نزدیک به صفر می‌باشد. تحت این شرایط، دی‌نیتریفیکاسیون و بنابراین حذف نیتروژن به راحتی در مرحلهٔ جذب امکان‌پذیر است، به شرط این که نیتراتها در فاضلاب ورودی موجود باشند.

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری در کرفلد و رین هاوسن[2] (با ظرفیت ۶۴۳۴۵ مترمکعب در روز) از تصفیهٔ اولیه به تصفیهٔ ثانویه تبدیل شده‌اند. در هر دو مورد، حوضچه‌های موجود در تصفیه‌خانه با تصفیهٔ اولیه و تجهیزات آنها، در تصفیه‌خانه بهینه‌سازی شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. ناحیهٔ ته‌نشینی اولیه به ناحیهٔ جذب فرایند AB تبدیل شده که نتیجهٔ آن دو برابر شدن راندمان حذف مواد آلی و مواد مغذی بوده است. به علاوه، این تبدیل پایداری بهره‌برداری و مقاومت در برابر شوک بارهای سمی و غیرسمی را بهبود می‌بخشد.

قابلیت‌های بهینه‌سازی

جانمایی فرایند نیتریفیکاسیون متعارف در تصفیه‌خانه، متشکل از آشغالگیر، دانه گیر، حوضچهٔ ته‌نشینی اولیه، حوضچهٔ هوادهی و حوضچهٔ ته‌نشینی نهایی می‌باشد. ظرفیتهای حجمی لازم و اطلاعات اجرایی در مورد سه طرح AB مختلف بر مبنای همان حجم حوضچه‌های قبلی می‌باشد. در هر طرح AB از آشغالگیر، شن‌گیر و حوضچهٔ ته‌نشینی اولیه به عنوان مرحلهٔ جذب استفاده شد که در آن حوضچهٔ ته‌نشینی اولیه به تانک ته‌نشینی میانی مرحلهٔ A تغییر می‌یابد. لازم است یک کانال برای برگشت لجن (مرحلهٔ A) به طرح AB اضافه شود.

سه گزینهٔ طرح AB مشخص می‌نماید که با همان ظرفیت‌های تصفیه، پیشرفت اساسی در راندمان‌های تصفیه را می‌توان در مقایسه با تصفیه‌خانه نیتریفیکاسیون یک مرحله‌ای متعارف به دست آورد: حذف BOD از ۹۵ درصد به ۹۹درصد، حذف COD از ۸۷ درصد به ۹۶ درصد، حذف نیتروژن از ۲۰ درصد به ۸۵ درصد و حذف فسفر از ۳۰درصد به ۸۵ درصد افزایش می‌یابد. مقایسهٔ هزینه‌های سرمایه‌ای نشان می‌دهد که هزینه‌های سه گزینه طرح AB از ۹۰ درصد تا ۱۲۰ درصد تصفیه‌خانهٔ متعارف نیتریفیکاسیون متغیر است.

نقل از:

✶ Boehnke, B., Diering, B., Zuckut, S.W.(1997) . " An Answer to Problematic Wastewater ", J. Public Works, Vol. 128, Issue 9, PP. 62-65.

1- Low - rate

2- Rheinhausen