

# امکان سنجی استفاده از شبکه‌های جمع‌آوری نوین فاضلاب به عنوان تاسیسات پیش تصفیه

علی‌رضا ابراهیمی راویز<sup>۱</sup>، دکتر حسن امینی راد<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۲- استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

[h.a.rad@nit.ac.ir](mailto:h.a.rad@nit.ac.ir)

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۴/۱/۱۸]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۳/۲/۳۰]

**چکیده-** در این پژوهش تاثیر واکنش‌های بیولوژیکی در حذف مواد آلی فاضلاب موجود در شبکه‌های جمع‌آوری نوین بررسی شد. برای این منظور شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب از جنس PVC تحت جریان تغلی در مقیاس آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد. از چسباندن توری پلاستیکی به عنوان واسطه به سطوح داخلی لوله، برای رشد و الحاق میکروارگانیسم‌ها، استفاده شد. برای افزایش غلظت میکروبی و همچنین سرعت بخشیدن به تشکیل بیوفیلم، از لجن فعال تصفیه خانه شهرک یثرب استفاده شد. فاضلاب مصنوعی با آلودگی مشابه با فاضلاب خانگی در این مطالعه استفاده شد. در این مطالعه تجربی پارامترهایی مانند BOD، COD، TN، NH<sub>3</sub>-N، NO<sub>3</sub>-N، TSS، مقادیر DO و ضخامت بیوفیلم در شرایط آزمایشگاهی اندازه گیری شد.

نتایج نشان می‌دهد بیوفیلم ایجاد شده روی سطح یکنواخت نبود و ضخامت آن بین ۴/۷-۳ میلی‌متر و چگالی سطحی بیوفیلم بین ۲۲/۳-۳۳/۱ گرم بیومس بر متر مربع به دست آمد. نرخ مصرف اکسیژن تقریباً به ۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه بود. غلظت مواد معلق با کاهش ۸۲ درصدی از ۱۰۵ به ۱۹ میلی‌گرم بر لیتر رسید. بیشترین راندمان حذف مواد آلی در شبکه، در بار گذاری های مختلف بهره‌برداری برای BOD، COD به ترتیب به ۵۹ و ۵۴ درصد رسید. با افزایش بار آلی ۷۰٪ به شبکه فاضلاب، میزان راندمان حذف COD فقط ۹٪ کاهش یافت. در هر دو حالت بارگذاری آلی شبکه، با توجه به غلظت بالای COD پساب خروجی، شرایط رشد باکتری های نیترات ساز ویا فرآیند نیتریفیکاسیون شکل نگرفت و تغییرات غلظت ترکیبات نیتروژنی ناچیز بود.

**واژه‌های کلیدی:** واکنش‌های بیولوژیکی، شبکه جمع‌آوری نوین، فاضلاب، بیوفیلم.

## ۱- مقدمه

پژوهشگران برای بررسی واکنش‌هایی که در شبکه جمع‌آوری رخ می‌دهند از پایلوت‌های آزمایشگاهی استفاده کرده‌اند [۸] و برخی از این پژوهشها در شبکه‌های واقعی انجام شده است [۷، ۵، ۴]. این پژوهشها اهمیت و نقش کلیدی شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در حذف مواد آلی فاضلاب را نشان می‌دهد. بنابراین در صورت استفاده بهینه از این پتانسیل شبکه‌های جمع‌آوری، می‌توان یک تحول اساسی در طراحی یکپارچه شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه فاضلاب ایجاد کرد. با این رویکرد می‌توان کاهش چشمگیری در حفاظت از

امروزه نقش شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در انجام فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تا حدودی مشخص شده که حاصل فعالیت پژوهشگران زیادی است که در این زمینه فعالیت داشته‌اند [۵-۱]. خصوصیات کیفی فاضلاب هنگام انتقال در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب دائماً در حال تغییر است [۶]. واکنش‌های بیولوژیکی که در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب رخ می‌دهند، در طراحی و عملکرد تصفیه‌خانه‌ها و همچنین بر محیط پذیرنده تاثیر زیادی دارند [۷]. بسیاری از

شکل (۱) شماتیک پایلوت

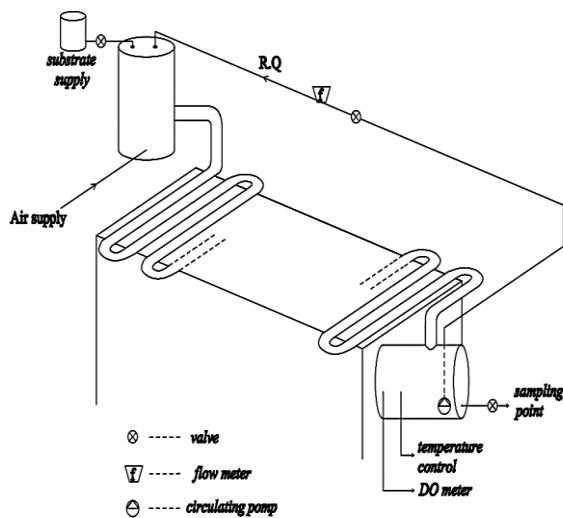


Figure 1. pilot arrangement

شکل (۲) جزئیات پایلوت



Figure 2. experimental set up

حجم کلی فاضلاب در شبکه بسته به نسبت عمق جریان فاضلاب به قطر لوله (نیمه پر تا پر) از ۰/۰۵۹ تا ۰/۱۱۸ متر مکعب متغیر بود. هوادهی فاضلاب به وسیله دیفیوزر تعبیه شده در مخزن بالادست، صورت می‌گرفت. غلظت اکسیژن محلول در طول دوره راهبری به صورت پیوسته از طریق اکسیژن سنج دیجیتال مدل (Oxi 315i, Germany) اندازه گیری می‌شد.

برای بررسی تاثیر زبری لوله با ، بدون توری پلاستیکی و با بیوفیلم تشکیل شده بر خواص هیدرولیکی شبکه از طریق رابط شناخته شده مانینگ استفاده شد.

عدد رینولدز جریان که تاثیر گذار بر نوع هیدرولیک جریان با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

محیط زیست در مناطق دور افتاده و هزینه‌های اجرایی تصفیه فاضلاب داشت.

امروزه در بسیاری از مناطق جهان هنوز تاسیسات تصفیه فاضلاب وجود ندارد و فاضلاب به صورت خام و تصفیه نشده به محیط‌های پذیرنده تخلیه می‌شود. در این مناطق می‌توان با استفاده از پتانسیل شبکه‌های جمع‌آوری در حذف مواد آلی، میزان ورود آلودگی را به محیط‌های پذیرنده تا حدی کاهش داد. همچنین در برخی مناطق که دمای محیط در فصل‌های سرد بسیار پایین بوده و عملاً نمی‌توان فاضلاب را در تصفیه‌خانه تصفیه کرد، می‌توان از شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب به دلیل بالاتر بودن دما نسبت به سطح زمین، برای تصفیه فاضلاب استفاده کرد.

در این راستا یکی از پارامترهای مهم در حذف مواد آلی هنگام انتقال در شبکه‌های جمع‌آوری، سطح تماس فاضلاب و بیوفیلم موجود در شبکه است [۹، ۱۰]، زیرا بیوفیلم نقش مهمی در حذف مواد آلی شبکه‌ها دارد [۹، ۱۱]. افزایش سطح تماس فاضلاب و بیوفیلم شبکه، تاثیر چشمگیری در میزان حذف سوسترادارد [۱۲].

## ۲- روش کار

### ۲-۱- ساخت پایلوت

برای شبیه‌سازی شبکه‌های جمع‌آوری نوین فاضلاب متعارف، یک پایلوت که راهبری آن به صورت ناپیوسته<sup>۱</sup> بود، طراحی و ساخته شد. به دلیل عدم وجود فضای کافی در آزمایشگاه، لوله‌ها با طول یک متر و به صورت زیگزاگ به هم متصل شدند که در نهایت به شبکه‌ای با احتساب خم‌ها به طول ۱۵ متر فراهم شد. شکل (۱)، شماتیک پایلوت و جزئیات آن را نشان می‌دهد. قطر لوله‌های مورد استفاده در پایلوت ۰/۱ متر و از جنس PVC بود. برای ایجاد جریان ثقلی، پایلوت روی یک سطح شیبدار قرار گرفت، که شیب آن قابل تنظیم بود و از این طریق امکان راهبری در شیب و سرعت‌های مختلف در شبکه‌های نوین، فراهم شد. شکل (۲) تصویر پایلوت مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (1)$$

که در آن:

V: متوسط سرعت جریان (متر بر ثانیه)

D: قطر هیدرولیکی (متر)

$\mu$ : لزجت دینامیکی سیال (کیلوگرم بر متر بر ثانیه)

$\rho$ : چگالی سیال (کیلوگرم بر متر مکعب)

## ۲-۲- افزایش نرخ فعالیت بیولوژیکی در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب نوین

در شبکه‌های جمع‌آوری معمولی نسبت غلظت سوبسترا به غلظت میکروارگانیزم بالا است، بنابراین ممکن است نرخ حذف سوبسترا پایین باشد [۱۳]. برای بهبود ظرفیت خودپالایی شبکه‌ها، در ابتدا نیاز است نسبت غلظت میکروارگانیزم به سوبسترا متعادل شود. سطح جداره داخلی فاضلاب‌روها، محل مناسبی برای الحاق میکروارگانیزم‌ها و افزایش آن است. در شبکه‌های فاضلاب از این طریق می‌توان نسبت F/M را برای انجام فرآیندهای بیولوژیکی و حذف مواد آلی در شبکه‌ها، در ابتدا نیاز است که غلظت میکروبی داخل شبکه را بالا برد (۱۴).

در این پژوهش برای بالا بردن غلظت میکروارگانیزم‌ها و در نهایت بهبود میزان نسبت سوبسترا به میکروارگانیزم‌ها (F/M)، شرایط رشد الحاقی میکروارگانیزم به جدار داخلی لوله‌ها از طریق نصب پلاستیک مشبک با ابعاد حفره ۳ میلی‌متر به تمامی سطوح داخلی لوله فراهم شد. در نتیجه سطح تماس فاضلاب با این جداره (واسطه)، بسته به میزان عمق جریان (نیمه‌پر تا پر) از ۱/۸۸ تا ۳/۷۷ متر مربع متغیر بود.

بایوفیلم تشکیل شده در جداره داخلی لوله‌ها ممکن است در اثر تنش نیروی برشی ناشی از جریان فاضلاب ریزش کند.

برای تغییرات ضریب زبری لوله در طول آزمایش از رابطه تجربی مانینگ (۲) محاسبه شد:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

که در آن:

V: میانگین سرعت جریان (متر بر ثانیه)

n: ضریب زبری مانینگ

R: شعاع هیدرولیکی (متر)

S: شیب (متر بر متر)

## ۲-۳- اندازه‌گیری رشد بایوفیلم

برای بررسی میزان رشد الحاقی بایوفیلم دو صفحه مربعی از جنس پی‌وی‌سی با توری پلاستیکی به ابعاد ۱۰×۱۰ سانتی‌متر از طریق سه راهی‌هایی که در لوله‌ها تعبیه شده بود، در مسیر عمود بر جریان فاضلاب قرار داده شد. از آنجا که پروفیل

تغییرات دمای فاضلاب  $3 \pm 20$  درجه سلسیوس بود. برای بازچرخانی سیال از یک پمپ لجن کش استفاده شد و دبی جریان ورودی فاضلاب از طریق شیر تعبیه شده در مسیر بازچرخانی، قابل کنترل بود. در هنگام انجام آزمایش‌ها دبی جریان به ازای تمام حالات مختلف راهبری سیستم، اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. سرعت انتقال جریان در لوله‌ها، با توجه به بررسی مقاومت فیلم الحاق شده روی سطح داخلی لوله برابر با سرعت خود شوئی در شبکه‌های تقلی که ۰/۷۵ متر بر ثانیه است، تنظیم شد.

برای ارزیابی میزان تصفیه‌پذیری فاضلاب در شبکه، از یک فاضلاب مصنوعی که تقریباً ویژگی‌های فاضلاب خانگی را دارا بود، استفاده شد (جدول ۱). به منظور افزایش غلظت میکروبی و همچنین سرعت بخشیدن به تشکیل بایوفیلم روی جداره داخلی لوله، از لجن فعال حوض هوادهی تصفیه‌خانه شهرک یثرب، واقع در قائمشهر استفاده شد.

جدول ۱) ترکیبات فاضلاب مصنوعی

ترکیبات	غلظت ترکیب ۱ (میلی‌گرم بر لیتر)
گلوکز	۲۰۰
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	۷۵
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	۱۳
MgSO <sub>4</sub>	۱۰
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	۱/۲
FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	۰/۵
NaHCO <sub>3</sub>	۱۲۰
شیر خشک	۱۱۰

Table 1. synthetic wastewater characteristics

نتایج نشان داد که با تشکیل و افزایش ضخامت بایوفیلم، ضریب زبری از ۰/۱۱ در حالت اولیه به بیش از ۰/۳۱۵ رسید که تقریباً سه برابر زبری معمول در لوله‌های PVC حاصل شد. با توجه به سرعت بالا در وسط لوله، توری‌ها عملکرد مناسبی در تشکیل بایوفیلم و حفظ آن داشتند. شکل (۳) مدل اصلاحی انواع لایه‌های مختلف بایوفیلم تشکیل شده روی لوله‌های مجهز به توری پلاستیکی یا واسطه را نشان می‌دهد.

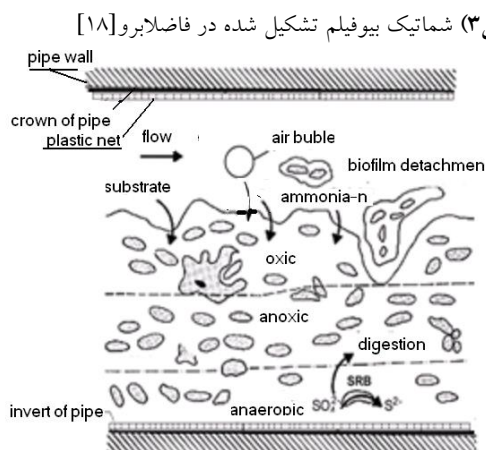


Figure 3. Schematic of biofilm formation in the sewer network

شکل (۴)، بایوفیلم تشکیل شده روی سطح نمونه را نشان می‌دهد. میانگین چگالی بایوفیلم در این حالت ۵۵ میلی‌گرم بر سانتی متر مکعب بود. چگالی سطحی بایوفیلم تشکیل شده بین ۲۲/۳-۳۳/۱ گرم بایومس بر متر مربع (وزن خشک) و غلظت بایومس معلق در بیشتر آزمایش‌ها ۱۵-۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. همان‌گونه که از شکل می‌توان دید توزیع بیومس روی سطح نمونه یکسان نیست، و این پدیده در شکل ۵ به روشنی دیده می‌شود.

شکل (۴) تشکیل بایوفیلم بر نمونه



Figure 4. Variation of biomass thickness

شکل (۵) تغییرات ضخامت بایوفیلم

سرعت سیال در امتداد عمق جریان متغیر است، صفحات به صورت عمودی در شبکه قرار داده شدند تا نتیجه این تغییرات سرعت در ساختار بایوفیلم تشکیل شده مشخص شود. برای محاسبه ضخامت بایوفیلم تشکیل شده، وزن این صفحه‌ها هر روز پس از ۲۰ دقیقه آبیگری به صورت دقیق تعیین می‌شد. به دلیل نامنظم بودن ساختار بایوفیلم تشکیل شده، از روش غیر مستقیم برای محاسبه ضخامت استفاده می‌شد (۱۵).

#### ۲-۴- بررسی میزان فعالیت بایوفیلم

میزان فعالیت بایوفیلم تشکیل شده از طریق نرخ مصرف اکسیژن قابل مشاهده است. برای محاسبه نرخ مصرف اکسیژن، ابتدا غلظت اکسیژن از طریق پمپ هوادهی به میزان مورد نظر می‌رسید، جریان هوای ورودی به سیستم قطع و سپس تغییرات غلظت اکسیژن بر حسب زمان اندازه‌گیری می‌شد. برای اندازه‌گیری مصرف اکسیژن به وسیله فعالیت زیستی، تمامی منافذ ورودی و خروجی هوا بسته می‌شد. بنابراین در رابطه تعادل جرمی اکسیژن، تغییرات غلظت اکسیژن را فعالیت میکروارگانیسم‌ها نسبت داد. در این حالت می‌توان معادله تعادل جرمی اکسیژن در شبکه جمع‌آوری را به صورت رابطه ۳ نوشت.

$$r_{O_2} = - \frac{dC_{O_2}}{dt} \quad (3)$$

که در آن:

$r_{O_2}$ : نرخ مصرف اکسیژن به وسیله میکروارگانیسم‌ها (میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه)

$C_{O_2}$ : غلظت اکسیژن (میلی‌گرم بر لیتر)

تغییرات غلظت اکسیژن در رابطه بالا می‌تواند معرف میزان فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در شبکه باشد.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- تشکیل بایوفیلم بر روی توری‌ها

بایوفیلم یک اکوسیستم کوچک که از سه لایه با ضخامت‌های مختلف که بستگی به مکان و زمان تشکیل آن دارد.

پس از جذب سریع‌تر مولکول‌های درشت روی سطح (پروتئین‌ها و غیره) الحاق باکتری‌ها به این سطح می‌چسبند و طریق انتشار انتقال مواد غذایی و اکسیژن برای رشد و نمو به این لایه هوایی آغاز می‌شود.

اکسیژن اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل (۶) نشان داده شده است. نرخ مصرف اکسیژن از روی شیب کاهش غلظت اکسیژن محلول تخمین زده می‌شد که در این مرحله تقریباً به ۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه رسید.

### ۳-۴- حذف مواد آلی

برای اندازه‌گیری میزان حذف مواد آلی، آزمایش‌های BOD، COD، TN و  $\text{NH}_3\text{-N}$  و  $\text{NO}_3\text{-N}$  انجام شد. کلیه آزمایش‌های COD، در زمان ماند ۷ ساعت با دو غلظت اولیه انجام شد که از آن‌ها به عنوان ترکیب یک و دو یاد شده است. با گذشت یک هفته از زمان شروع، ضخامت بایوفیلم تشکیل شده روی توری‌ها تقریباً به ۲/۶ میلی‌متر رسید. همان‌گونه که انتظار می‌رفت میزان حذف COD فاضلاب در این مرحله چشم‌گیر نبود، زیرا ضخامت بایوفیلم هنوز به حد مطلوب نرسیده بود. شکل (۷-الف) نشان‌دهنده تغییرات غلظت COD دو ترکیب فاضلاب مورد استفاده نسبت به زمان است.

با گذشت دو هفته از زمان شروع راه‌اندازی، بایوفیلم به ضخامت مناسبی رسیده بود. اما پیش‌بینی می‌شد بایوفیلم رشد بیشتری داشته باشد، بنابراین در این مرحله فقط آزمایش COD انجام شد و سایر آزمایش‌ها از جمله حذف نیتروژن به زمانی موکول شد که از رسیدن به رشد حداکثر اطمینان حاصل شود. آزمایش COD به ازای دو غلظت اولیه COD مختلف انجام شد و نتایج مربوط به آن در شکل (۷-ب) ارائه شده است.

پس از گذشت ۳ هفته از زمان شروع راه‌اندازی پایلوت، ضخامت بایوفیلم تشکیل شده تقریباً ثابت شد. در ترکیب یک با غلظت COD اولیه ۶۲۷ میلی‌گرم بر لیتر به ۳۰۷ میلی‌گرم بر لیتر رسید که کاهش ۵۱ درصدی داشت. غلظت COD ترکیب ۲ با کاهش ۲۸۵ میلی‌گرمی، از ۴۸۲ میلی‌گرم بر لیتر به ۱۹۷ میلی‌گرم بر لیتر رسید و میانگین نرخ حذف آن تقریباً ۰/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه بود (شکل ۷-ج). غلظت  $\text{BOD}_5$  پس از گذشت ۷ ساعت، ۱۷۱ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داشت و از ۳۱۳ میلی‌گرم بر لیتر به ۱۴۲ میلی‌گرم بر لیتر رسید (شکل ۸). میانگین نرخ کاهش غلظت  $\text{BOD}_5$  در این حالت تقریباً ۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه بود.

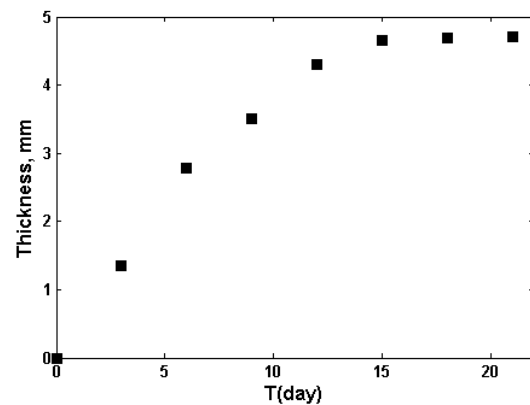


Figure 5. Variation of biomass thickness

### ۳-۲- ساختار بایوفیلم تشکیل شده

در ابتدای راه‌اندازی رآکتور و با اضافه کردن لجن فعال، بایومس معلق سریعاً شروع به رشد کرد و فلاک‌های نسبتاً بزرگی تشکیل شد. با گذشت زمان بایوفیلم شروع به شکل‌گیری کرد و به مرور از غلظت مواد معلق کاسته شد. در این حالت توده‌های ذرات معلق خیلی کوچک‌تر شد و عمدتاً ناشی از فرسایش بایوفیلم بود. سطح بایوفیلم تشکیل شده روی توری، معمولاً نامنظم و غیر چگال بود و ریزش داشت، درحالی‌که لایه زیرین لایه‌ای فشرده و چگال بود و در برابر تنش برشی جریان مقاوم بود.

شکل ۶ تغییرات غلظت اکسیژن

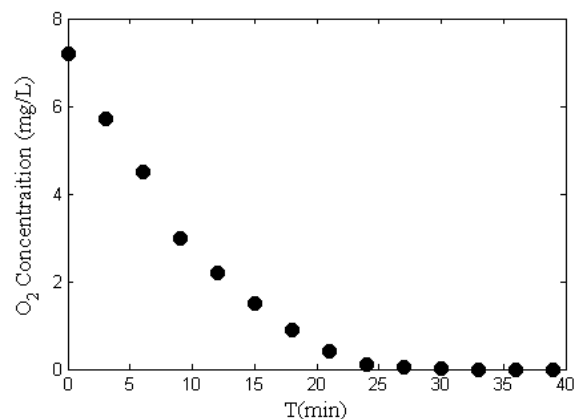


Figure 6. Variation of oxygen concentration versus time

### ۳-۳- نرخ مصرف اکسیژن

میزان فعالیت بایوفیلم تشکیل شده از طریق نرخ مصرف اکسیژن قابل مشاهده است. برای این منظور پس از گذشت ۳ هفته که بایوفیلم به حالت پایدار رسیده بود، تغییرات غلظت

نیتروژن نیز صورت می‌گرفت.

همان‌گونه که در شکل (۹-ب) قابل مشاهده است، غلظت  $NH_3$  در ابتدا کمی افزایش دارد که ناشی از فرآیند آمونیفیکاسیون<sup>۲</sup> است. در این فرآیند نیتروژن از شکل اولیه خود که به صورت نیتروژن آلی است، تبدیل به  $NH_3$  می‌شود. این فرآیند در فازهای اولیه که غلظت مواد آلی فاضلاب نسبتاً زیاد است رخ می‌دهد. از آنجا که زمان بازچرخانی فاضلاب نسبتاً کوتاه بود، فرآیند نیتریفیکاسیون صورت نمی‌گیرد زیرا پس از گذشت ۷ ساعت از بازچرخانی، هنوز غلظت مواد آلی نسبتاً بالا بوده، و شرایط فعالیت باکتری‌های نیتروژن‌خواه فراهم نشده، حذف ترکیبات نیتروژنی صورت نمی‌گیرد. در شکل (۹-ب)، همچنین تغییرات غلظت  $N-NO_3$  نشان داده شده است.

شکل ۹-الف) نتایج آزمایش نیتروژن کل

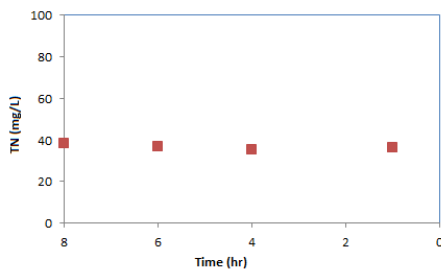


Figure 9 (a). Variation of total nitrogen concentration versus time

شکل ۹-ب) تغییرات  $N-NO_3$ ، تغییرات  $N-NH_3$

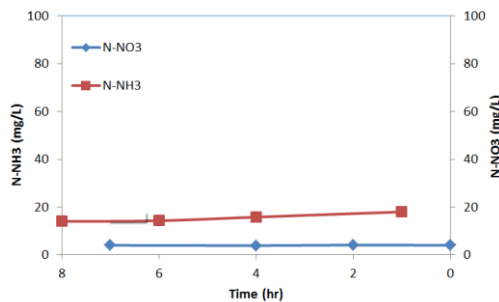


Figure 9 (b). Variation of  $N-NO_3$  and  $N-NH_3$  concentration versus time

تغییرات غلظت مواد معلق نیز در طول دوره‌ی بازچرخانی اندازه‌گیری شد. شکل (۱۰)، نشان دهنده‌ی تغییرات این پارامتر در یکی از دوره‌های بازچرخانی به عنوان نمونه است. در بازچرخانی فاضلاب در زمان ماند هفت ساعته، غلظت مواد معلق از ۱۰۵ میلی‌گرم بر لیتر به ۱۹ میلی‌گرم بر لیتر رسید که همراه با کاهش تقریبی ۸۲ درصدی همراه بود.

شکل ۷-الف) نتایج آزمایش COD پس از گذشت یک هفته

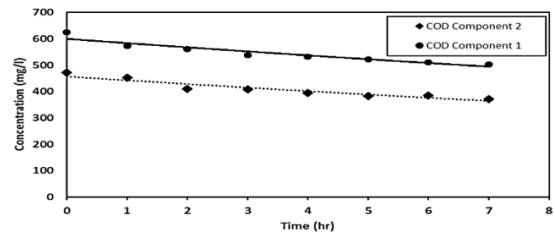


Figure 7 (a). Effect of wastewater type on COD removal in first week

شکل ۷-ب) نتایج آزمایش COD پس از گذشت دو هفته

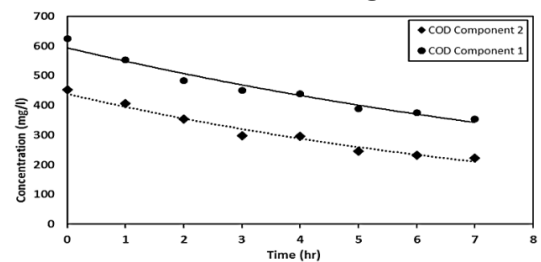


Figure 7 (b). Effect of wastewater type on COD removal in second week

شکل ۷-ج) نتایج آزمایش COD پس از گذشت سه هفته

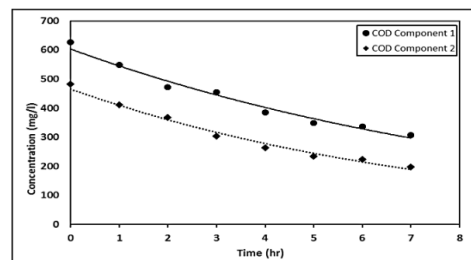


Figure 7 (c). Effect of wastewater type on COD removal in third week

شکل ۸) نتایج آزمایش  $BOD_5$  پس از گذشت ۳ هفته

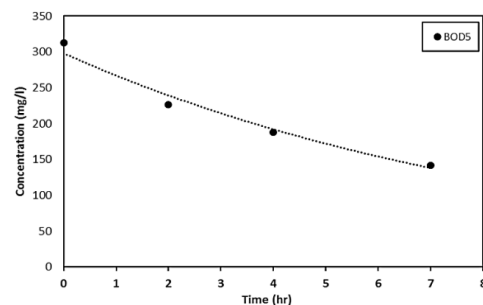


Figure 8. BOD<sub>5</sub> removal in third week

نتایج مربوط به تغییرات غلظت نیتروژن کل در شکل (۹-الف) قابل مشاهده است. غلظت نیتروژن اولیه ۳۸ میلی‌گرم بر لیتر بوده که تغییرات آن ناچیز بود. پس از گذشت هفت ساعت از زمان بازچرخانی، غلظت نهایی نیتروژن کل به ۳۶ میلی‌گرم بر لیتر رسید که تغییرات اندکی داشته است. پیش‌بینی می‌شود در صورت بازچرخانی فاضلاب در زمان ماندهای بالاتر حذف



صحیح می‌توان از این پتانسیل در مناطق محروم و همچنین مناطقی که به دلیل کمبود سرمایه، امکان احداث تصفیه خانه وجود ندارد، استفاده کرد.

## References

### ۵- مراجع

- [1] Ahmet Baban, Ilhan Talinli. "Modeling of organic matter removal and nitrification in sewer systems — an approach to wastewater treatment." *Desalination*, 246, 640–647, 2009.
- [2] Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J., Nielsen, A.H., 2013; *Sewer Processes: Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks*. CRC Press, Boca Raton.
- [3] Hvitved-Jacobsen T; Vollersten J; Nielsen PH; "Volatile fatty acids and sulfide in pressure mains."; *Water Sci. Technol*, 31, 1995, 169–79.
- [4] Yasunori Tanji, Rie Sakai, Kazuhiko Miyanaga, Hajime Unno. "Estimation of the self-purification capacity of biofilm formed in domestic sewer pipes." *Biochem Engineering*, 31, 96–101. 2006.
- [5] Chen GH; Leung DHW; "Oxygen utilization of a real gravity sewer under aerobic condition"; *Water Res*; 34, 2000, 3813–21.
- [6] Tanaka N; Hvitved-Jacobsen T; "Transformation of wastewater organic matter in sewer under changing aerobic-anaerobic condition"; *Water Sci Technol*; 37, 1998, 105–113.
- [7] G.H. Chen; Leung D.H.W; "Utilization of oxygen in a sanitary gravity sewer"; *Water Res*; 34, 2000, 3813–3821.
- [8] Tanji Y; Sakai R; Miyanaga K; Unno H; "Augmentation of self-purification capacity of sewer pipe by immobilizing microbes on the pipe surface"; *Biochemical Engineering Journal*; 31, 2006, 96–101.
- [9] Lemmer H; Roth D; Schade M; "Population density and enzyme activities of heterotrophic bacteria in sewer biofilms and activated sludge"; *Water Sci Technol*; 28, 1994, 1341-6.
- [10] Warith M.A; Kennedy K; Reitsma R; "Use of sanitary sewer as wastewater pre-treatment systems"; *Waste Manage*; 18, 1998, 235–247.
- [11] Cao Y.S; and Alaerts G.J; "Aerobic biodegradation and microbial population of a synthetic wastewater in a channel with suspended and attached biomass"; *Wat Sci Tech*; Vol. 31. No.7, 1995, 181-189.
- [12] Wise T; "Degradation of wastewater during transportation in sanitary sewers"; Draft report; 1995.
- [13]. Waritha M.A; Kennedy K; Reitsma R; "Use of sanitary sewers as wastewater pre-treatment systems"; *Waste Management*, 18, (1998), 235-247.
- [14]. Feng Jiang, Derek Hoi-wai Leung, Shiyu Li, Guang-Hao Chen, Satoshi Okabe, Mark.M. an Loosdrecht. "A biofilm model for prediction of pollutant transformation in sewers." *water res* 43, 3187–3198. 2009.
- [15] Karnchanawong S; Polprasert C; "Organic carbon and nitrogen removal in attached growth circulating reactor (AGCR)"; *Water Sci Tech*, 24, 1990, 179-186.
- [17] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association American Water Works Association, *Water Environment Federation*, 19th ed, Washington, DC, 1995.
- [18] Fundamentals of Biological Wastewater Treatment, Udo Wiesmann, In Su Choi, Eva-Maria Dombrowski 2007 wiley-vch verlag GmbH&co, kgaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-31219-1

نمودار کاهش غلظت مواد معلق همواره به صورت نزولی است، اما نرخ حذف مربوط به آن ثابت نبوده و در ساعات اولیه بازچرخانی به نسبت بیشتر است. حذف مواد معلق موجود در فاضلاب، به دلیل پدیده‌ی جذب به وسیله‌ی بایوفیلم موجود در رآکتور است. جذب شامل چسبیدن ذرات فاز مایع به سطوح است که ناشی از انرژی سطحی یا انرژی میانی بوده و در اثر آن ذرات به سطوح متصل می‌شوند.

شکل ۱۰) تغییرات غلظت مواد معلق

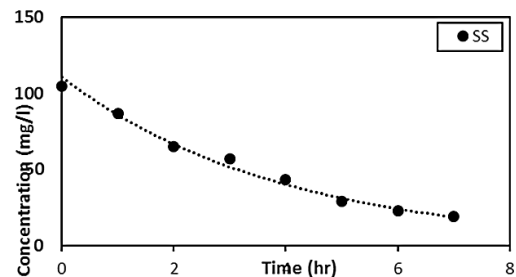


Figure 10. Variation of suspended solid concentration versus time

### ۴- نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، میانگین ضخامت لایه بایوفیلم تشکیل شده پس از سه هفته به ۳-۴/۷ میلی‌متر رسید. چگالی سطحی بایوفیلم تشکیل شده بین ۲۲/۳-۳۳/۱ گرم بایومس بر متر مربع (وزن خشک) و غلظت بایومس معلق در بیشتر آزمایش‌ها ۱۰-۱۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. نرخ مصرف اکسیژن به وسیله‌ی بایوفیلم ۰/۲۱ میلی‌گرم بر لیتر بر دقیقه به دست آمد که نشان از فعالیت بیوفیلم هوازی تشکیل شده روی سطح داخلی فاضلاب‌رو را نشان می‌دهد.

بیشترین راندمان حذف غلظت COD، ۵۹ درصد بود که این کاهش نتیجه ویانگر حذف مواد تجزیه‌پذیر به وسیله‌ی شبکه جمع‌آوری نوین مجهز به بایوفیلم است. همچنین حذف  $BOD_5$  طی زمان ماند ۷ ساعت برابر با ۵۴ درصد به دست آمد. همچنین با افزایش بار آلی به میزان ۷۰٪، راندمان حذف COD فقط ۹٪ کاهش یافت

بر اساس نتایج، حذف نیتروژن مشاهده نشد و غلظت مواد معلق از ۱۰۵ میلی‌گرم بر لیتر به ۱۹ میلی‌گرم بر لیتر رسید که همراه با کاهش تقریبی ۸۲ درصدی همراه بود.

با توجه به نتایج تحقیق، امکان استفاده از شبکه های جمع آوری نوین به عنوان پیش تصفیه وجود دارد و با برنامه‌ریزی

## Evaluation of Alternative sewers as wastewater pre-treatment facilities

A. Ebrahimi raviz<sup>1</sup>, H. Amini rad<sup>2\*</sup>

1- M.Sc. student of Environmental Engineering., Babol University of Technology

2- Ph.D. in Environmental Engineering, Faculty of Environmental Eng., Babol University of Technology

[h.a.rad@nit.ac.ir](mailto:h.a.rad@nit.ac.ir)

### Abstract:

In this research an aerobic biological transformation of organic matter in small diameter gravity slope wastewater collection system is evaluated. A sewer network reactor at pilot scale consists of 15 meters length of PVC with 0.1 m diameter, two storage tanks, recirculation pump and an adjustable slope facility was designed and built. Formation of attached growth of microorganism on the inner surface of PVC pipe was made through a plastic net arrangement. Due to the variation of hydraulic mean diameter, contact area with flowing wastewater was ranged from 1.88 to 3.77 m<sup>2</sup> (half or full). The synthetic wastewater with similar characteristics of municipal wastewater and settled activated sludge from Yasreb wastewater treatment plant in Qaemshahr City, was used at startup and final stage of this investigation.

In order to monitor bio-film attachment rate in the reactor, two P.V.C square plates with dimensions of 10\*10 cm<sup>2</sup> were positioned vertically in the direction flow of wastewater. The reactor was operated under aerobic conditions and following parameters such as HRT, TEMP, BOD, COD, Do, TN and NH<sub>3</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N were measured on daily basis. And also biofilm characteristics such as thickness density and surface density were both monitored throughout the investigation, too.

Biofilm formation was an irregular shape with thickness of 3-4.7 mm and the density and surface density were 55 mg Ts/cm<sup>3</sup> and between 22.3 and 33.1 m<sup>2</sup> respectively. The concentration of the suspended biomass was varied from 10-15 mg/l at optimum COD removal Oxygen uptake rate was varied as the biofilm attachment in the reactor was varied along length of reactor. The optimum rate of removal in COD and BOD concentration were 59% and 54% respectively. By increasing the COD loading rate by 70 %, removal rate of COD reduced only by 9%. Due to high COD concentration in reactor, the nitrification process was limited. In order to nitrify the wastewater, a longer HRT is required.

**Keywords:** Reaction, Collection networks, Wastewater, Microorganism, Biofilm.