بررسی حذف مواد آلی در نیزار مصنوعی زیر سطحی : تعیین ضرایب سینتیکی

نویسندگان:مهدی فرزداکیا[۱] محمد حسن احرامپوش[۲] مجید کرمانی[۳] کاظم ندافی[۱] احسان ابویی مهریزی[۴]

۱.دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط ، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲.استاد گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۳.استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴.نویسنده مسئول: مربی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد

تلفن :۰۹۳۶۰۶۹۶۳۱۴ Email:ehsan.abouee@gmail.com

طلوع بهداشت

فصلنامهٔ علمی پژوهشی
دانشکده بهداشت یزد
سال دوازدهم
شماره: دوم
تابستان ۱۳۹۲
شماره مسلسل: ۳۹

تاریخ وصول: ۹۰/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۹

چکیده

مقدمه: در بررسی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب به کمک نیزار مصنوعی، مدل های علمی و عملی از جنبه های فیزیکی، هیدرولیکی و فرایندی در مقیاس واقعی وتعیین قوت و ضعف این سیستم ها، می‌تواند نقشی مهمی جهت احداث سایر واحدهای مشابه ایفا نماید. هدف اولیه طراحی سیستم بسترهای نی‌در تصفیه فاضلاب، حذف مواد آلی می باشد، لذا تعیین اولیه سینتیک های حذف BOD_5 و COD جریان فاضلاب ضروری است.

روش‌بررسی: پژوهش حاضر توصیفی- مقطعی بوده و سینتیک واکنش‌های بیولوژیکی حذف مواد آلی در بسترهای نی را مورد بررسی قرار می دهد. بدین‌منظور، نمونه‌ها در سه محل از تالاب به‌طور ماهیانه طی شش ماه برداشت شدندو مقدار حذف مواد آلی با سنجش sCOD و $sBOD_5$ انجام-گرفت. سپس نتایج با مدلهای سینتیک مرتبه اول، مرتبه دوم و استوورکین‌کانن و پارامترهای آماری تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: نتایج، متوسط غلظت خروجی sCOD و $sBOD_5$ از تالاب شاهد و دارای نی‌را به ترتیب ۱۰۱/۴۹، ۵۶/۹۲ و ۸۱/۷۸ ، ۴۶/۱۸ میلی‌گرم‌بر لیتر نشان داد. درخصوص پیش‌بینی رفتار حذف مواد آلی، مدل استوورکین کانن نزدیک‌ترین ارتباط بین پیش بینی های تئوری وداده های میدانی ارائه نمود و مقدار ضریب حداکثر مصرف ماده آلی در مورد sCOD و $sBOD_5$ در تالاب دارای نی ۱۲۰/۴۸ و ۱۲۵ و در شاهد ۳۳/۳ و ۳۸/۵ میلی گرم در لیتر در روز بدست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، تصفیه‌خانه فاضلاب یزد بدلیل شرایط مناسب جوی و طراحی، درصد حذف مواد آلی آن زیاد بوده که موجب کاهش چشمگیر آلودگی شده و راندمان کافی جهت برآوردن استانداردهای خروجی پساب را فراهم می‌آورد.

واژه های کلیدی: تصفیه فاضلاب، نیزار مصنوعی،ضرایب سینتیکی،مواد آلی

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

مقدمه

امروزه استفاده از تالابهای مصنوعی برای تصفیه فاضلاب در سراسر دنیا مرسوم می باشد.در تالابهای مصنوعی از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب استفاده شده و آلاینده های مختلفی مثل مواد جامد معلق، مواد آلی، مواد ازته، فسفره، فلزات سنگین، عوامل میکروبی پاتوژن و حتی مواد پیچیده شیمیایی تا حد قابل قبولی تصفیه می شوند(۱). اکسیداسیون کربن و ازت ممکن است با انتقال اکسیژن (O_2) به ناحیه ریشه (ریزوسفر) گیاهان آبزی و زهکشی دوره ای تالاب افزایش یابد. انواع مختلف نیزارهای مصنوعی می توانند بطور موثری فاضلاب واحدهای قسمت های اولیه ، ثانویه یا ثالثیه فاضلاب را تصفیه نمایند. در هر حال تالابها نباید برای تصفیه فاضلاب خام و نیز فاضلاب مناطق صنعتی که ممکن است نیاز به یک تصفیه مقدماتی داشته باشد، مورد استفاده قرار گیرند(۲).

تالابهای مصنوعی یک گزینه مناسب تصفیه فاضلاب برای اجتماعات کوچک در ایالات متحده و اروپا به شمار می‌رود(۳) . بطور ایده‌آل این سیستم‌ها در ردیف سیستم‌های تصفیه کارامد با هزینه‌های پایین بهره برداری و نگهداری بشمار می روند(۴). یک تالاب با جریان زیر سطحی(Subsurface flow) نوعی تالاب مصنوعی است که فاضلاب به‌جای جریان در بالای سطح بستر، در ناحیه ریشه گیاه جریان می یابد. مطالعات متعدد، مفید بودن تالاب با جریان زیر سطحی را بیان کرده اند (۵، ۴). عدم مدیریت صحیح فاضلاب و رها کردن فاضلاب تصفیه نشده به محیط زیست ،ایجاد اثرات ناگواری بر انسان و محیط زیست می نماید بنابراین مدیریت صحیح فاضلاب یکی از مهمترین مسائل زیست محیطی می باشد که بدون آگاهی از وضعیت راندمان سیستم تصفیه نمی توان قضاوت درستی از سیستم داشته باشیم از این جهت در این بررسی عملکردتصفیه خانه فاضلاب شهر یزد در زمینه ی حذف آلاینده های زیست محیطی نیز مورد سنجش و بررسی قرار گرفت.

در مطالعه ای که سرایی زاده و همکاران در بررسی عملکرد ترکیب برکه‌های بی‌هوازی و سیستم نیزار در تصفیه فاضلاب صنایع نساجی در مناطق سردسیر انجام دادندکارآیی سیستم نیزار در سیستم تصفیه فاضلاب کارخانه نساجی سراب بافت که شامل دو برکه بی هوازی و پنج سیستم نیزار پیش‌ساخته با جریان زیرسطحی و بدون پوشش گیاهی است طی دو مرحله مورد بررسی قرار گرفت (۶). برکه‌ها بصورت سری و سیستم تالاب مصنوعی به شکل موازی در امتداد آنهابودند. بازدهی سیستم نیزار در حذف TSS و BOD_5 در زمان ماندهای ۵۰ و۸۰ روز برای برکه‌ها در محدوده دمای ۱۵- تا ۲۶ درجه سانتیگراد بطور متوسط به ترتیب۴۲/۲و ۲۹/۸ درصد و ۳۹/۴ و ۲۸/۷درصدد بدست آمد. از طرفی معلوم شد که کارآیی سیستم برای حذف BOD_5 در فصول گرم و سرد سال تقریباً ثابت است بطوریکه با زمان ماند ۸۰ روز راندمان حذف فصل گرم در دمای بین ۲۱ تا ۲۶ درجه برابر ۱۶/۲۷ درصد و فصل سرد در دمای بین ۱۵- تا ۵ درجه ۴/۲۶ درصد می‌باشد (۶). در سیستم نیزار با جریان زیر سطحی، اکسیژنی که از ریشه گیاهان رها می‌شود برای تجزیه هوازی و نیتریفیکاسیون در سیستم نیزار اهمیت زیادی دارد. حذف BOD به طریق بیولوژیکی و فیزیکی صورت می‌گیرد. مکانیسم اصلی حذف مواد قابل تجزیه بیولوژیکی تبدیل بیولوژیکی آنهاست که اصولا توسط باکتری‌های بی‌هوازی انجام می‌شود. هرچند قسمتی از BOD نیز به وسیله ارگانیسم‌های اختیاری حذف می‌شود. مقدارکمی BOD (۳-۲میلی گرم در لیتر از BOD) در اثر تجزیه مواد گیاهی، در درجه اول از تجزیه ریشه ها و مقدار کمی هم بسته به زمان سال در اثر نباتات سطحی تولید می‌شود(۵).

پیچیدگی تصفیه خانه‌های فاضلاب به خاطر استانداردهای

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

جدید، جهت ترکیب با قواعد ساده طراحی با ارزش، مشکل است. ترکیب چندین فرایند مختلف به یک فرایند واحد (حذف کربن آلی، نیترات زایی، نیترات زدایی، حذف بیولوژیکی فسفر) مستلزم اسلوب بندی و ساختاربندی تجربیات می باشد. فرمولاسیون ریاضی یک مدل از برخی ساختاربندی ها تشکیل شده است. این کار، چارچوبی برای فهم و ترکیب کردن تجربه ها ایجاد می نماید. توصیف ریاضی انتقال فرایندها یک دنیای ایده آل بر پایه فرموله کردن منطق است که باید جنبه واقعی پیدا کند و این کار می تواند تنها توسط تجربه انجام گیرد. استفاده از مدل، یکسری روش های کاملاً جدید برای تمرین و کاربرد مهندسی ایجاد می نماید(۷). مدلهای ریاضی و بیولوژیکی برای تعیین رابطه بین متغیرها مورد استفاده قرار می گیرند تا با استفاده از این روابط بتوان طراحی ها و نتایج را مورد ارزیابی قرار داد این مدل ها همچنین برای کنترل و پیش بینی عملکرد واحد تصفیه و بهینه کردن واحدهای ساخته شده مورد استفاده قرار می گیرند، مدل‌های ساده شده از تعداد کمی متغیر تشکیل می‌شوند و می‌توانند برای تعیین سینتیک واکنش‌ها مورد استفاده قرار گیرند(۸). بررسی تصفیه خانه‌هایی که با سیستم طبیعی بهره‌برداری می گردند ممکن است به این خاطر باشد که نمی‌توانند آن طور که تصور می‌شده راهبری شوند و یا اینکه می‌بایست برای کارکرد بهتر دچار تغییر و تحول گردند. مثلاً جهت حذف مواد آلی توسعه یابند. مزیت تعیین ضرایب سینتیکی مدل در این است که یک مدل می‌تواند برای متناسب شدن با داده‌ها تنظیم شده و سپس برای آنالیز گزینه‌ها جهت بهبود فرایند استفاده گردد(۸،۹). در این پژوهش راندمان و تعیین ضرایب سینتیکی درحذف مواد آلی در نیزار زیر سطحی بررسی شده است.

روش بررسی

این مطالعه بصورت توصیفی-مقطعی و در طی شش ماه شامل ماه های سرد (از اواسط دی ماه تا اواسط اسفند ماه) و ماه های گرم(از اواسط خرداد تا اواسط مرداد ماه) درسال ۱۳۸۹-۱۳۸۸ (که تعیین ماه های گرم و سرد سال از آمار هواشناسی سالهای قبل اخذ شده بود) بر روی سیستم تصفیه طبیعی (نیزار مصنوعی) انجام گرفت. در این پژوهش، نمونه هایی جهت تعیین پارامترهای آلی در نقاط مختلف سیستم های موجود در تصفیه خانه و بصورت نمونه برداری مرکب برداشته و به آزمایشگاه حمل و مطابق با روشهای استاندارد مورد اندازه گیری قرارگرفتند. از مجموعه سیستم تصفیه نیزار مصنوعی شهر یزد یک بستر بصورت تصادفی انتخاب گردید. تعداد این بسترها ۴ عدد بود، که ۱ بستر بدون گیاه وبا عنوان بستر شاهد و ۳ بستر دیگر دارای نی بودند. کلیه بسترها دارای شرایط فیزیکی و هیدرولیکی یکسان از نظر طراحی بودند. لذا ۱ بستر از بین بسترهای دارای نی معمولی که نماینده تمامی بسترها بود، بصورت تصادفی انتخاب شد (نی‌محلی‌بافق). بسترها دارای ۱۲ متر طول (طول جریان) و ۲۰ متر عرض سازه ای با مساحت سطح کل ۹۶۰ متر مربع بودند. دراین پژوه، فاضلاب خروجی از سپتیک تانک بعنوان فاضلاب ورودی به بسترهای نی مورد نمونه برداری و آنالیز قرار گرفت. نمونه برداری بصورت ماهیانه و برای مدت ۶ ماه انجام گرفت. (فاضلاب خروجی سپتیک (ورودی نیزار مصنوعی)، فاضلاب خروجی نیزار مصنوعی شاهد و فاضلاب خروجی نیزار مصنوعی). در هر بار نمونه برداری، کلیه نمونه ها در ۳ نقطه نمونه برداری در بستر مصنوعی در سه مقطع زمانی در طی یک روز برداشت و هر کدام بصورت مجزا جهت افزایش دامنه داده ها و همچنین افزایش دقت و صحت، مورد آنالیز قرار گرفتند. در نهایت در هر بار نمونه برداری ۳ نمونه از نقاط مورد نظر (۳ نمونه با تواتر زمانی مختلف برای هر نقطه) جهت پارامترهای تعیین شده برداشت گردید. در مجموع ۵۴ نمونه برداشت شد. اندازه گیری پارامترهای BOD_5، COD بر اساس کتاب روش‌های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب ویراست۲۱ انجام گرفت (۱۰).

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

کلیه آزمایشات مورد انجام در این پژوهش در آزمایشگاه شیمی محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد صورت گرفت. پس از جمع آوری اطلاعات آنالیز T دو نمونه ای جفت (Paired Samples Statistics) با استفاده از نرم افزارSPSS نسخه ۱۶ انجام گرفت. نمودار ها نیز با کمک نرم افزار Excel ترسیم شد.

در این تحقیق جهت بررسی سینتیک واکنش‌های بیولوژیکی از سه مدل حذف آلاینده مرتبه اول(First-order substrate removal model)، مدل حذف آلاینده مرتبه دوم (گراو) (Second-order substrate removal model (Grau model) ومدل استوور-کین کانن(Stover-Kincannon model) استفاده شد. در مدل حذف آلاینده مرتبه اول، تغییرات در سرعت حذف آلاینده در راکتور با در نظر گرفتن درجه اول بودن واکنش برای حذف آلاینده بیان می‌گردد (۱۲،۱۱). پارامترهای دخیل در توصیف این مدل، زمان ماند هیدرولیکی و غلظت سوبسترا می باشند. مدل حذف آلاینده مرتبه دوم (گراو) در واقع بیانگر سینتیک درجه دوم می‌باشد و در مدل استوور-کین کانن حداکثر سرعت حذف سوبسترا و ثابت میزان اشباع دو پارامتر مهم در توصیف ضرایب سینتیکی می باشند(۱۲،۱۱).نکته قابل توجه در موردBOD_5 (Biological Oxygen Demand)و COD(Chemical Oxygen Demand)ماهیت آنها در پساب خروجی از سیستم های تصفیه مورد مطالعه در این تحقیق می باشد. بدلیل اینکه آنالیز BOD_5وCODکل در پساب خروجی تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی واقع می‌شود و در ارزیابی نهایی تحلیل-سینتیکی خطا ایجاد می کند،در همین راستا بررسی و تحلیل ضرایب سینتیکی روی پارامتری محلول انجام گرفت.

یافته ها

نتایج حاصل از اندازه گیری برای پارامترهای COD و BOD_5 هم بصورت کل ،محلول و معلق در طول دوره مورد مطالعه در کل تصفیه خانه به روش سیستم تالاب مصنوعی و هم در سیستم دارای نی و سیستم شاهد درجدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱. متوسط تغییراتو عملکرد سیستم تالاب مصنوعی در حذفCOD و BOD_5(کل، معلق و محلول) در طول دوره موردمطالعه

مرحله نمونه برداری	پارامتر (mg/l)	فاضلاب خام ورودی به تالاب مصنوعی (خروجی سپتیک)	پساب خروجی از شاهد	پساب خروجی از نی بافق
میانگین شش ماهه دوره مطالعه	COD کل	۴۹۰	۱۵۴/۵	۱۳۷/۵۸
	COD محلول	۲۹۳/۷۴	۱۰۱/۵۶	۸۱/۷۸
	COD معلق	۱۹۶/۲۶	۵۲/۹۴	۵۵/۸
	BOD_5 کل	۲۱۲/۳۳	۸۲/۰۴	۶۲/۹۷
	BOD_5 محلول	۱۳۹/۶۹	۵۶/۹۲	۴۶/۱۸
	BOD_5 معلق	۷۲/۶۳	۲۵/۱۲	۱۶/۷۹

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

همانطور که ذکر گردید در این تحقیق برای بررسی سینتیک واکنش های سینتیکی در حذف مواد آلی از سه مدل حذف آلاینده مرتبه اول، مدل حذف آلاینده مرتبه دوم (گراو) و مدل استوور-کین کانن استفاده شد. مدل Stover-Kincannon برای حذف مواد آلی در سیستم نیزار مصنوعی انطباق بالایی را نشان داد رگرسیون ضرایب سینتیکی مدل Stover-Kincannon در حذف $sBOD_5$ و$sCOD$ در تالاب مصنوعی دارای نی وشاهد در نمودار های ۱و۲ نشان داده شده است.

با انجام رگرسیون معادلات و بر اساس پارامتر آماری R^2 مشخص می گردد که کدام مدل در حذف پارامترهای آلی مورد مطالعه انطباق بالا را با داده های میدانی از خود نشان می دهد.با توجه به نمودارهای رگرسیون و معادله مربوطه آن مشخص گردید که از بین سه مدل مورد بررسی ،مدل Stover-Kincannon بیشترین انطباق را دارد. میزان ضریب R^2 برای این مدل در سیستم نیزار برابر ۰/۸۱۳ می باشد.

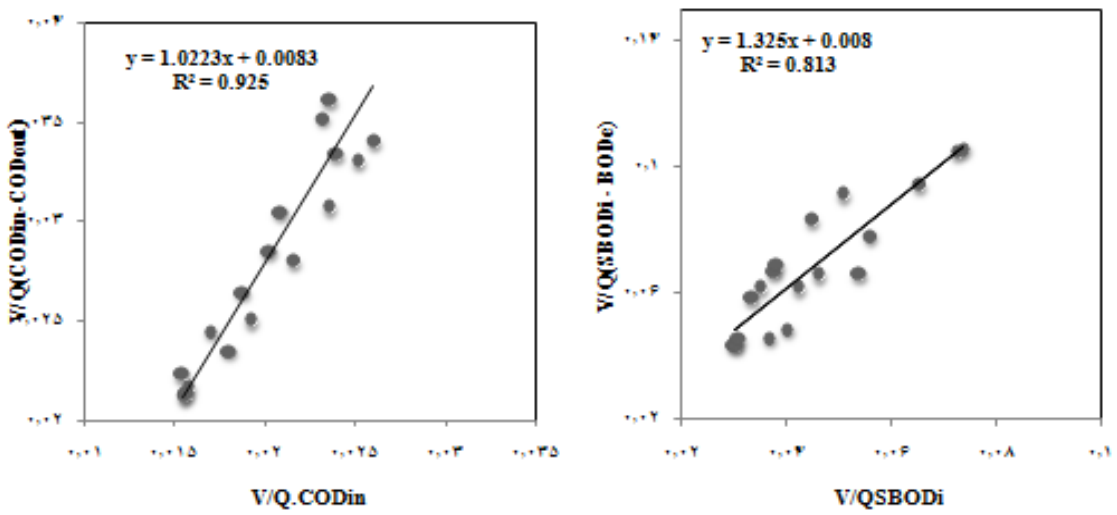
در حذف sCOD میزان ضریب R^2 برابربا ۰/۹۲۵می باشد. همچنین در این ارزیابی، سیستم شاهد(بدون نی) نیز مورد بررسی قرار گرفت و بررسی ها نشان داد که همانند سیستم نیزار،مدل Stover-Kincannon هم در حذف $sBOD_5$ و هم در حذف sCOD نسبت به سایر مدل ها برای این سیستم از خود انطباق نشان می دهد. مقادیر پارامترهای آماری U_{max} ، حداکثر سرعت حذف سوبسترا بر حسب g/l.day وK_B، ثابت میزان اشباع بر حسب g/l.day در حذف مواد آلی با مدل‌های سینتیکی مرتبه اول، مرتبه دوم (گراو) و مدل استوور-کین کانن در سیستم تالاب مصنوعی دارای نی در جدول ۲ در تمام دوره مطالعه ذکر شده است.

برای بدست آوردن مقادیر U_{MAX} و K_B با رسم $\frac{V}{Q(S_i - S_e)}$ بر حسب $\frac{V}{Q \times S_i}$ خط راستی حاصل خواهد شد، که عرض از مبدأ و شیب این خط به ترتیب مقادیر $\frac{1}{U_{max}}$ و $\frac{K_B}{U_{max}}$ است.

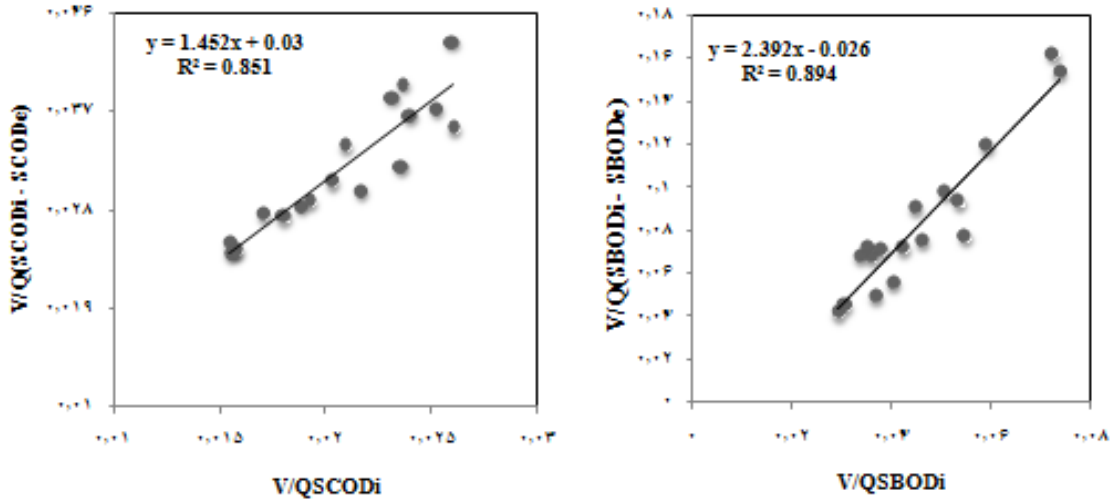
جدول۲. پارامترهای سینتیکی حذف ماده آلی در سیستم تالاب مصنوعی دارای نی مورد مطالعه

ضرایب	K_B	U_{max}	R^2	معادله رگرسیون
حذف$sBOD_5$	۱۶۵/۶	۱۲۵	۰/۸۱۳	y = 1.325x + 0.008 R² = 0.813
حذفsCOD	۱۲۳	۱۲۰/۴۸	۰/۹۲۵	y = 1.0223x + 0.0083 R² = 0.925
مدل سینتیکی درجه اول				
ضرایب	K_1		R^2	**معادله رگرسیون**
حذف$sBOD_5$	۰/۰۸۲		۰/۰۶۶	y = 0.082x + 12.12 R² = 0.066
حذف sCOD	۰/۳۷۳		۰/۴۳۳	y = 0.373x + 5.803 R² = 0.433
مدل سینتیکی درجه دوم (Grau Model)				
ضرایب	m	n	R^2	**معادله رگرسیون**
حذف $sBOD_5$	۳/۸۲۷	۰/۸۵۸	۰/۳۷۱	y = 0.858x + 3.827 R² = 0.371
حذف sCOD	۲/۱۰۲	۱/۰۳۲	۰/۸۷۴	y = 1.032x + 2.102 R² = 0.874

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]



نمودار ۱: رگرسیون ضرایب سینتیکی مدل Stover-Kincannon در حذف $sBOD_5$ و sCOD در تالاب مصنوعی دارای نی



نمودار۲:رگرسیون ضرایب سینتیکی مدل Stover-Kincannon در حذف $sBOD_5$ وsCOD سیستم شاهد

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از داده های میدانی در کل دوره مطالعه نشان داد تصفیه خانه با سیستم نیزارهای مصنوعی در حذف مواد آلی دارای متوسط راندمان حذف $sBOD_5$ ۶۶/۷۸ درصد (حداکثر ۸۰/۱۴ و حداقل ۵۵/۸۶ درصد)، متوسط، حذف sCOD ۷۱/۷۷ درصد (حداکثر ۷۶/۶۹ و حداقل ۶۵/۳۴٪) می باشد. همچنین در بررسی پارامترهای خروجی $sBOD_5$، sCOD در سیستم نیزار مصنوعی مشخص گردید که بهترین راندمان و پائین ترین غلظت خروجی در فصل گرم و پائین ترین راندمان و بالاترین غلظت خروجی، در فصل سرد بدست آمد. در آب و هوای نسبتا گرم حذف خیلی سریع BOD در چند روز اول را می توان با رابطه جریان قالبی درجه اول به طور منطقی برآورد نمود(۱۳).

نکته قابل توجه در مورد BOD و COD ماهیت خروجی آنها می باشد. ظاهراً ماهیت این پارامترها در نیزارهای زیر سطحی تغییر نموده و BOD و COD خروجی نسبت به ماهیت ورودی متفاوت می باشد(۱۳). در ادامه، در ارتباط با میزان حذف پارامترهای مورد مطالعه در سیستم تالاب شاهد و مقایسه آن با سیستم نیزار دارای نی ،مشاهده گردید که میزان BOD_5 پساب

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

خروجی سیستم نیزار بطور متوسط ۶۲/۹۷mg/l(حداکثر ۷۷/۹۳ و حداقل ۴۸/۰۱۲میلیگرم در لیتر) می باشد. این میزان در پساب خروجی شاهد بطور متوسط ۸۲/۰۴mg/l (حداکثر ۹۱/۶۶و حداقل ۷۲/۴۲میلیگرم در لیتر) می باشد.

میزان CODپساب خروجی سیستم نیزار بطور متوسط ۱۳۷/۵۸mg/l(حداکثر ۱۷۱/۵و حداقل ۱۰۳/۶۷میلیگرم در لیتر) و این میزان در پساب خروجی سیستم شاهد بطور متوسط ۱۵۴/۵mg/l(حداکثر ۱۹۱و حداقل ۱۱۸میلیگرم در لیتر) می باشد. در نهایت بررسی پارامترهای خروجی BOD، COD در سیستم شاهد مشخص گردید که بهترین راندمان و پائین ترین غلظت خروجی در فصل گرم، و پائین ترین راندمان و بالاترین غلظت خروجی، در فصل سرد بدست آمد.در مطالعه ای که توسط سسویا و همکاران بر روی نیزار زیر سطحی تصفیه کننده فاضلاب خروجی سپتیک تانک انجام گرفت میزان حذف COD، ۶۵/۸٪ و میزان حذف BOD، ۷۴/۹٪ گزارش گردید-(۱۴). نتایج حاصل از پژوهش داوودی و همکاران بر روی نیزارهای شهر قصرشیرین، نشان داد که تصفیه خانه دارای راندمان حذف متوسط ۸۸ درصد BOD_5 (حداکثر ۹۳ و حداقل ۸۲ درصد)و متوسط حذف ۸۶ درصد COD (حداکثر ۹۲٪ و حداقل ۸۲٪) می باشند(۸). در مطالعه ای که توسط هنک و همکاران در سال ۲۰۰۱ بر روی نیزار مصنوعی زیر سطحی در فصول گرم و سرد سال صورت گرفت، میزان حذف BOD برابر ۲۶٪±۷۹٪ گزارش گردید. که نشان دهنده اثر دما بر عملکرد سیستم نیزار مصنوعی زیر سطحی بود. در این مطالعه نتیجه گرفته شد که وتلند زیر سطحی قادر به دستیابی به استاندارد خروجی ۲۵mg/l خواهد بود(۱۵). میزان حذف BOD توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) در نیزارهای مصنوعی زیر سطحی ۵۰ تا ۹۰٪ گزارش شده است(۵). میزان حذف COD در مطالعه ای که در یک نیزار مصنوعی زیر سطحی با مقیاس پایلوت صورت گرفت، ۸۴-۷۷٪ گزارش گردید (۱۶). در مطالعه دیگری، میزان حذف COD برای نیزار زیر سطحی تصفیه کننده فاضلاب خروجی سپتیک تانک، ۶۵/۸٪ گزارش گردید(۱۷). مقایسه حذف پارامترهایBODو-CODدر سیستم مورد مطالعه قابل توجه بوده و میزان حذف آلاینده ها برای این سیستم در مقایسه با بسیاری از سیستم های مکانیکی پرهزینه، با مصرف انرژی بالاو بهره برداری مشکل، از وضعیت خوبو قابل قبولی برخوردار بوده است(۱۶). اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(COD) در پژوهش های سیستم های تالاب مصنوعی زیر سطحی پارامتر اصلی نمی باشد و نماینده حذف مواد،پارامتر BOD است. در هر حال میزان COD حذف شده در تصفیه خانه مورد مطالعه، در حد قابل قبول و در محدوده سایر مطالعات می باشد.

بر اساس استانداردهای زیست محیطی ایران استاندارد خروجیBOD_5 وCOD برای تخلیه به آبهای سطحی mg/l ۳۰و ۶۰mg/l و برای مصارف کشاورزی mg/l ۱۰۰و mg/l ۲۰۰ می باشد و این در حالیست که بر اساس یافته های حاصل از این مطالعه میزان BOD_5 وCOD پساب خروجی در کلیه ماه های سال در زیر حد استاندارد برای مصارف کشاورزی می باشد (۱۸).

امروزه با استفاده از مدل سازی می توان به بهترین شرایط طراحی، اجرا و بهره برداری دست یافت. استفاده از مدل یکسری روش های کاملاً جدید در کاربرد مهندسی ایجاد می نماید. یک مدل می تواند برای متناسب شدن با داده ها تنظیم شده و سپس برای آنالیز گزینه ها جهت بهبود فرایند کمک شایانی را به طراحان و بهرهبرداران سیستم های تصفیه فاضلاب مکانیکی و طبیعی بنماید. در این پژوهش در ارزیابی مدل های سینتیکی جهت حذف مواد آلی (sCOD و $sBOD_5$) در سیستم نیزار مصنوعی و سیستم شاهد با انجام رگرسیون معادلات و بر اساس پارامتر آماری R^2 بین هر دو فرضیات سینتیک معادله درجه اول، مدل سینتیکی درجه دوم (Grau Model) و

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

Stover-Kincannon مشخص گردید که مدل Stover-Kincannon در حذف sCOD و $sBOD_5$ انطباق بالایی را با داده های میدانی از خود نشان می دهد که غالب بودن مدل Stover-Kincannon در بسترهای زیر سطحی تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد را تأیید می نماید.ضرایب سینتیکی U_{max} و K_B به عنوان پارامترهای آماری مدل غالب شناخته می شوند که در جدول ۲ میزان هریک محاسبه و ذکر گردیده است .در مطالعه ای که توسط کرمانی و همکاران در سال ۲۰۰۹ بر روی یک سسیستم MBBR صورت گرفت،مدل Stover-Kincannon مدل غالب این فرایند بود و میزان U_{max} بدست آمده از مدل Stover-Kincannon برای سیستم مورد مطالعه به ترتیب برای نیتروژن و فسفر برابر ۴۳/۳۰۵ و ۳۵/۰۸۸ در واحد g/l.d بود(۱۲). هم چنین در مطالعه دیگری که توسط دلنواز و همکاران در سال ۱۳۸۸ در یک راکتور بیوفیلمی با بستر متحرک انجام گرفت، میزان U_{max}برابر ۱۴/۴g/l.d برای حذف آنالین بدست آمد(۱۹). یکی از دلایلی که مدل Stover-Kincannon برای حذف مواد آلی در سیستم نیزار مصنوعی انطباق بالای را نشان می دهد این است که این مدل بار ورودی را در مقابل بار حذف آن هم در واحد حجم مورد سنجش قرار می دهد. به همین دلیل این رابطه خصوصاً برای سیستم های با مقیاس واقعی و خصوصاً سیستم های با واکنش های پیچیده که چندین واکنش همزمان مانند جذب، رشد معلق، رشد چسبیده و... اتفاق می افتد، انطباق خوبی را نشان می دهد شایان ذکر است که این مدل اولین بار برای سیستم های با رشد چسبیده طراحی گردید که سیستم نیزار مصنوعی زیر سطحی نیز یک سیستم رشد چسبیده می باشد(۲۰). بطور کلی میزان راندمان حذف آلاینده ها در تصفیه خانه فاضلاب شهریزد به روش تالاب مصنوعی به علت آنکه مجموعه از دو سیستم تصفیه و بصورت متوالی تشکیل یافته است، تابعی از عملکرد هر یک از واحدها می باشد. بطوریکه عملکرد مناسب و حذف بالا در اولین واحد(سپتیک تانک)، موجب افزایش راندمان تصفیه خانه می گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت آب و فاضلاب استان یزد که در راستای انجام این پژوهش، محققین را یاری نمودند، کمال تشکر بعمل می آید.

References

1-Sherwood C, Reed E, joe M,et al. natural systems for waste management and treatment,vol1.New York McGrow-Hill Book company,1998,vol.1;86-202

2-Thobanoglas G. small decentralization and wastewater treatment New York: McGraw-Hill Book Company; 2000: 30-5.

3-Caselles OA, García J. Performance of experimental horizontal subsurface flow constructed wetlands fed with dissolved or particulate organic matter. Water Res 2006; 40(19):3603-11.

4-Vymazal J. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater ecological engineering. Ecological Engineering 2009; 35(1), 1–17.

5-Crites RW, Reed SC, Bastian RK. Land Treatment Systems for Municipal and Industrial Wastes. New York. McGraw-Hill. 2000:241-253.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

6-Hooshyari B, Azimi A, Mehrdadi N. Kinetic analysis of enhanced biological phosphorus removal in a hybrid integrated fixed film activated sludge process, International Journal of Environmental Sciences and Technology 2009 ; 6 (1):149-58.[Persian]

7-Saraeezade A, Azimi AA, Mehrdadi N. Investigation of the composition of anaerobic stabilization pond and wetland in treatment of textile industry wastewater in cold regions. First Conference on Environmental Engineering University of Tehran. 2007:30-34.[Persian]

8-Davoodi R. Kinetic modeling of wastewater treatment system to remove organic materials of nitrogen and phosphorus in artificial wetland city of Qasr-e Shirin [MSc thesis] . Tehran University of Medical Sciences 2010:67-73. [Persian]

9-Hosseini SH, Borghei SM. The effect of packing volume percentage on kinetics of organic removal in moving bed biofilm reactors, 7th National Congress of Chemical Engineering, University of Tehran. 2008:13-19 [Persian]

10-Eaton AD, Franson MAH. Standard methods for the examination of water & wastewater. Amer Public Health Assn. 2005:5-16.

11-Borghei SM, Sharbatmaleki M, Pourrezaei P,et al. Kinetics of organic removal in fixed-bed aerobic biological reactor, Bioresource Technology 2008; 99, 1118-24.[Persian]

12-Kermani M. Performance analysis and modeling, moving-bed biofilm process to remove nutrients from wastewater compounds, Journal of Water and Wastewater 2009; 21(3): 9-19.[Persian]

13-Kadlec R H. Treatment wetlands. 2nd ed. United States of America: CRC Press; 2009:234-6

14-Seswoya R, Yusri Z M. Subsurface-flow constructed wetland: proposed design area for high strength effluent domestic wastewater. The Conference of Natural treatments for Tourette conference 2008; 7.Available from : http://eprints.uthm.edu.my.

15-Henneck J,Axler R, McCarthy B,et al. Onsite Treatment of Septic Tank Effluent In Minnesota Using SSF Constructed Wetland : Performance, Costs and Maintenance. ASAE Symposium On Individual and Small Community System 2001: 70-8.

16-Chi-Yuan L, Chun-Chih L, Fang-Yin L,et al. Performance of subsurface flow constructed wetland taking pretreated swine effluent under heavy loads. Bioresource Technology.2004; 173–9.

17-Hamouri B, Nazih J, Lahjouj J. Subsurface-horizontal flow constructed wetland for sewage treatment under Moroccan climate conditions ELSEVIER, Desalination . 2007; 153–8.

18-Departemant of Environmental standard and criticaTehran:DOE publication;2001:5-6. [Persian]

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

19-Delnavaz M, Ayati B, Ganji Dost H. wastewater containing aniline reaction kinetics in moving bed biofilm reactor, Environmental Health Science,2009;2 (I): 76 – 87.[Persian]

20-Guangzhi S, Tanveer S. Kinetic modeling of organic matter removal in 80 horizontal flow reed beds for domestic sewage treatment. Elsevier, Process Biochemistry 2009; 44: 717–22.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]

Investigation the Efficiency of Organic Matter Removal in the Subsurface Artificial Wetland: the Kinetic's Coefficients

Farzadkia M(Ph.D)[1] Ehrampush MH(Ph.D)[2] Kermani M(Ph.D)[3] Nadafi K(Ph.D)[1] Abouee Mehrizi E(MS.c)[4]

1.Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering ,Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

[2.]Professor ,Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

3. Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. Corresponding Author**:**Instructor, Department of Environmental Health Engineering ,North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran

Abstract

Background: Kinetic models in natural wastewater treatment systems design can have an important role to help designing other parts from aspects of physical, hydraulic and process in real scale, and to determine the strengths and weaknesses of system. So, the initial aim of wetlands design is removal of organic matter is, BOD_5 and COD, so. Determining the kinetic coefficients is necessary.

Method: In the present study, reaction kinetics of biological removal of organic substances in wastewater in subsurface reed beds have been investigated. For this purpose, samples from three sites in the lagoon were taken monthly during 6 months and the removal of organic materials, sBOD5 and sCOD was calculated. Afterward, the results were analyzed using the first order kinetic models, second order, Stover - Keane canon and statistical parameters.

Results: Results showed the average concentration output of sBOD5 and sCOD in control of wetlands and reed, were 101.49, 56.92 and 81.78 and 46.18 mg/L, respectively. In the predicted behavior of organic matter removal, Stover - Keane Canon model presented closest connection between theoretical predictions and data of field reed beds. And the maximum coefficient of organic matter (U_{Max}) in the wetlands with reed sBOD5 sCOD and control were 120.48, 142.85 and 33.3, 31.25 mg/L, respectively.

Conclusion: According to the results, due to atmospheric conditions and design of Yazd wastewater treatment plant, the efficiency of this plant in removal of organic matter was high; Thereby provides sufficient reducing pollution and efficiency to meet the effluent outlet standards.

Keyword: Wastewater treatment, artificial Wetland, Kinetic coefficients, organic matter

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-10-17]