DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190 Published by Vesnu Publications

بررسی تأثیر بار سطحی و زمان ماند بر میزان کارایی فرایند نیزار مصنوعی با جریان زیرسطحی کاشته شده با نی Phragmites australis در تصفیه تکمیلی پساب خروجی از تصفیه ثانویه صنایع دامپروری

بیژن بینا[1]، محمدمهدی امین[1]، مرجان منصوریان[2]، مریم حاتم‌زاده[3]، گلرخ مراثی[4]، مرضیه وحید دستجردی[5]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: فاضلاب تولید شده در اثر فعالیت‌های دامداری، مملو از مواد مغذی می‌باشد که در صورت ورود به آب‌های سطحی و زیرزمینی، اختلالات قابل توجهی را در کیفیت این منابع ایجاد خواهد کرد. نیزارهای مصنوعی به دلیل داشتن هزینه‌های به نسبت پایین احداث و بهره‌برداری نسبت به سیستم‌های تصفیه متداول و اثراتی که در حذف آلاینده‌ها دارد، یکی از گزینه‌های پیشنهادی جهت تصفیه فاضلاب‌های دامداری‌ها می‌باشد. هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین کارایی نیزارهای مصنوعی در حذف مواد آلی و نوترینت‌ها از پساب دامپروری و بررسی تأثیر بار سطحی و زمان ماند در کارایی نیزارهای مصنوعی بود.

روش‌ها: در این پژوهش، راندمان حذف شاخص‌های Biochemical oxygen demand (BOD)، Chemical oxygen demand (COD)، کل جامدات معلق (Total suspended solids یا TSS)، نیترات- نیتروژن و فسفات (ارتوفسفات) از پساب دامپروری با استفاده از نیزارهای مصنوعی در چند زمان ماند و بارگذاری هیدرولیکی متفاوت طی یک دوره شش ماهه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: مقایسه راندمان حذف نشان داد که بیشترین میانگین میزان حذف در نیزارهای مصنوعی، در زمان ماند بیشتر، بارگذاری هیدرولیکی کمتر و درجه حرارت بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد و میزان حذف شاخص‌های BOD، COD، TSS، نیترات و فسفات به ترتیب ۷۴، ۶۲، ۶۹، ۶۱ و ۲۳ درصد گزارش گردید.

نتیجه‌گیری: کارایی نیزارهای مصنوعی در بهبود کیفیت پساب خروجی از تصفیه ثانویه دامداری‌ها به منظور دستیابی به استاندارد سازمان محیط زیست ایران جهت آبیاری فضای سبز قابل قبول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب دامداری، نیزار مصنوعی، نرخ بارگذاری هیدرولیکی، زمان ماند هیدرولیکی

ارجاع: بینا بیژن، امین محمدمهدی، منصوریان مرجان، حاتم‌زاده مریم، مراثی گلرخ، وحید دستجردی مرضیه. **بررسی تأثیر بار سطحی و زمان ماند بر میزان کارایی فرایند نیزار مصنوعی با جریان زیرسطحی کاشته شده با نی Phragmites australis در تصفیه تکمیلی پساب خروجی از تصفیه ثانویه صنایع دامپروری.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۱): ۱۰۶-۹۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۳/۲۷ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۶/۱۳ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۱/۱۵

مقدمه

فاضلاب‌های حاوی کود که در اثر فعالیت‌های دامداری تولید می‌شود، مملو از مواد مغذی است که در صورت ورود به آب‌های سطحی و زیرزمینی، اختلالات قابل توجهی را در کیفیت منابع ایجاد خواهد کرد (۳-۱). بنابراین، استفاده از فرایندهای تصفیه قبل از تخلیه این فاضلاب‌ها به محیط زیست ضروری می‌باشد. از جمله سیستم‌های تصفیه می‌توان به برکه‌های تثبیت، لاگون‌های اختیاری و هاضم‌های هوازی و بی‌هوازی اشاره نمود (۲، ۱)، اما آنچه که در مورد سیستم‌های تصفیه فاضلاب در دامداری‌ها اهمیت دارد، نیاز به سیستم‌هایی است که خیلی هزینه‌بر نباشد و همچنین، به انرژی زیادی جهت راه‌اندازی و راهبری نیاز نداشته باشد. به ویژه این موضوع در مورد دامداری‌های کوچک -که صاحبان آن‌ها در جستجوی سیستم‌های تصفیه دارای پیچیدگی و هزینه کمتری هستند- اهمیت بیشتری می‌یابد (۴، ۲).

نیزارهای مصنوعی (Constructed Wetlands) به دلیل داشتن هزینه‌های به نسبت پایین احداث و بهره‌برداری نسبت به سیستم‌های تصفیه متداول و همچنین، اثراتی که در حذف آلاینده‌ها دارند، می‌توانند یکی از گزینه‌های پیشنهادی جهت تصفیه فاضلاب‌های دامداری‌ها باشند. نیزارهای مصنوعی سال‌های متمادی به عنوان گزینه‌ای جهت تصفیه بخشی از فاضلاب‌های شهری مورد استفاده قرار می‌گرفت (۷-۴، ۲). اگرچه این سیستم‌های تصفیه در ابتدا جهت تصفیه فاضلاب خانگی استفاده می‌شد، اما اکنون جهت تصفیه فاضلاب‌هایی با خصوصیات متفاوت از جمله فاضلاب‌های

۱- استاد، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- کارشناس، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۵- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: گلرخ مراثی
Email: g.marasi@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]

صنعتی، رواناب‌ها و سیلاب‌های شهری و کشاورزی، فاضلاب‌های ناشی از اماکن نگهداری حیوانات، شیرابه، زهکشی معادن و لجن‌ها با موفقیت به کار گرفته می‌شود. از جمله فاضلاب‌های صنعتی که به کمک نیزارهای مصنوعی تصفیه می‌شود، می‌توان به فاضلاب حاصل از تصفیه روغن، کارخانجات شیمیایی، پالپ و کاغذ، صنایع نساجی و رنگرزی و همچنین، کارخانجات شراب‌سازی و صنایع فرآوری مواد غذایی اشاره نمود (۸-۶، ۳). علاوه بر این، نیزارهای مصنوعی به عنوان یک اکوتکنولوژی پذیرفته شده‌اند و جهت تصفیه فاضلاب در شهرهای کوچک و یا صنایعی که نمی‌توانند سیستم‌های تصفیه متداول و گران‌قیمت داشته باشند، مفید هستند. سیستم‌های تصفیه نیزار مصنوعی به دلیل استفاده از انرژی طبیعی جهت کاهش آلاینده‌ها و عدم نیاز به منبع خارجی انرژی، از نظر هزینه مصرف انرژی نیز بسیار مقرون به صرفه می‌باشد (۱۰، ۹، ۵).

یکی دیگر از مزایای استفاده از نیزارهای مصنوعی به ویژه در تصفیه فاضلاب‌های دامداری‌ها، توانایی این سیستم‌ها در کاهش میزان نوترینت‌ها (ازت و فسفر) علاوه بر کاهش مواد آلی، جامدات و پاتوژن‌ها در گستره وسیعی از شرایط بارگذاری می‌باشد؛ چرا که یکی از نگرانی‌های دایم و قابل توجه در خصوص فاضلاب‌های دامداری‌ها، کاهش نوترینت‌ها به ویژه نیتروژن و فسفر می‌باشد. به دلیل این که فاضلاب‌های غنی از مواد آلاینده مذکور می‌توانند به صورت مستقیم وارد آب‌های سطحی و یا زیرزمینی شوند و این منابع را آلوده کنند و یا به محیط وارد شوند و خاک را آلوده نمایند و در اثر شستشوی خاک توسط رواناب‌ها به منابع آبی راه یابند (۴، ۲).

میزان کارایی و راندمان حذف نیزارهای مصنوعی جهت تصفیه پساب‌های صنعتی و کشاورزی در مطالعات مختلف و با خصوصیات بستر و گیاهان متنوع به طور میانگین شامل راندمان حذف Chemical oxygen demand (COD) بین ۶۰ تا ۸۰ درصد، Biochemical oxygen demand (BOD) بین ۸۰ تا ۹۰ درصد، کل جامدات معلق Total suspended solids (TSS) بین ۸۰ تا ۹۹ درصد، Total phosphorus (TP) بین ۳۵ تا ۶۰ درصد، Total nitrogen (TN) بین ۲۴ تا ۶۰ درصد و نیترات حدود ۸۶ درصد می‌باشد (۱۳-۱۱، ۹، ۸، ۵).

در سال ۱۹۹۸ بیش از ۴۰۰ نیزار تصفیه مصنوعی و طبیعی در شمال آمریکا، فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی و یا سیلاب‌ها را دریافت می‌کرد (۳). بیش از ۱۵۰ مورد مستند حاکی از آن است که نیزارها جهت حذف نوترینت‌ها از فاضلاب شهری و صنعتی استفاده شده‌اند. به‌تازگی نیز نیزارهای مصنوعی به عنوان ابزارهای کاهش آلودگی منابع غیر نقطه‌ای (مانند فاضلاب‌های سالن‌های شیردوشی) پیشرفت قابل ملاحظه‌ای را نشان داده‌اند (۲). از جمله نیزارهای مصنوعی که به طور گسترده‌ای جهت تصفیه فاضلاب انسانی و دامداری‌ها به ویژه در اروپا استفاده می‌شود، نیزارهای با جریان زیرسطحی (Subsurface flow constructed wetlands) می‌باشد (۱۴، ۱۰، ۲)، اما مشکل اصلی بهره‌برداری در این نیزارها، گرفتگی مدیای گرانولی آن‌ها می‌باشد. گرفتگی مدیای گرانولی که در اثر تجمع انواع مختلفی از جامدات اتفاق می‌افتد، در نهایت منجر به کاهش ظرفیت نفوذ بستر گرانولی می‌شود (۱۵). اگرچه عارضه گرفتگی بستر فرایند بی‌نهایت پیچیده‌ای می‌باشد و دلایل آن به خوبی روشن نشده است، اما میزان TSS ورودی، عامل مهمی در علت گرفتگی محسوب می‌شود. بنابراین، اغلب توصیه می‌گردد فاضلاب‌هایی که TSS در آن‌ها زیاد است، وارد نیزارها نشوند و یا قبل از ورود به نیزار باید یک سیستم پیش‌تصفیه خوب را پشت سر بگذارند. فقط در این صورت است که می‌توان از نیزارهای مصنوعی به صورت طولانی مدت بهره‌برداری نمود (۸، ۲).

با توجه به این که گیاهان کشت شده در نیزارهای مصنوعی، نقش اصلی را در کاهش میزان نوترینت‌ها ایفا می‌نمایند؛ بنابراین، انتخاب گونه گیاهی مناسب، یکی از ارکان مهم در طراحی این سیستم‌ها می‌باشد و بهتر است از گونه‌هایی استفاده گردد که بومی یک منطقه باشند و قابلیت دریافت سریع نوترینت‌ها، تولید زمین ساقه (ریزوم) و تجمع را داشته باشند. پایایی این گیاهان و ارزان و در دسترس بودن آن‌ها نیز یکی دیگر از شرایط انتخاب گونه‌های گیاهی برای نیزارهای مصنوعی است (۲).

به طور کلی، تعداد زیادی از گیاهان را می‌توان در نیزارهای مصنوعی با جریان زیرسطحی استفاده نمود، اما با این حال تنها تعدادی از گونه‌ها بیشتر از بقیه استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، Phragmites australis (نی معمولی Common reed) از جمله متداول‌ترین گیاهانی است که در نیزارهای مصنوعی جمهوری چک استفاده می‌شود. این گیاه جهانی است و به عنوان جزء غالب در آب‌های شیرین و شور رشد می‌نماید (۱۶).

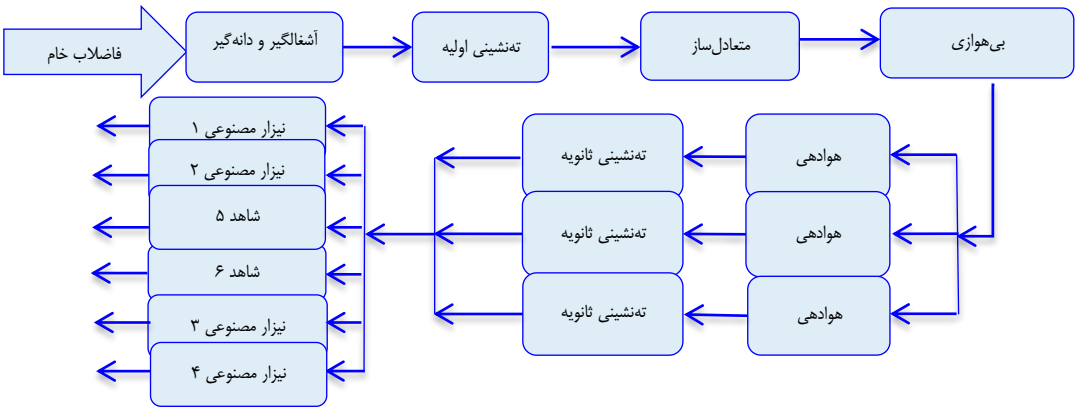
نیزارهای مصنوعی به عنوان یک سیستم تصفیه، شامل بستر و گیاهانی می‌باشد که توأمان عمل حذف آلاینده‌ها را انجام می‌دهند. بنابراین، عوامل مؤثر بر کارایی نیزارها شامل مجموعه عواملی است که هم بر روی بستر نیزار و هم بر روی گیاهان نیزار تأثیر می‌گذارد. عواملی مانند توالی استفاده از انواع مختلف نیزارها (سطحی، زیرسطحی، افقی و عمودی)، شکل و مساحت نیزارها، بهره‌برداری و نگهداری صحیح از سیستم، نوع گیاهان، نوع مواد استفاده شده در بستر، نوع و میزان پیش‌تصفیه، نحوه توزیع فاضلاب (پیوسته، ناپیوسته)، میزان بارگذاری جرمی و هیدرولیکی، فصل و درجه حرارت محیط و فاضلاب بر روی کارایی نیزارهای مصنوعی مؤثر است (۲۲-۱۷، ۱۲، ۱۱، ۸، ۷، ۵، ۱).

در حال حاضر در کشور ما فعالیت‌های وابسته به تولیدات دامی به صورت سنتی و صنعتی به تعداد زیاد در اقصی نقاط کشور وجود دارد و میزان زایدات جامد و مایع تولیدی زیادی توسط این اماکن به وجود می‌آید که در نهایت به محیط تخلیه می‌گردد. همچنین، میزان نوترینت‌های موجود در این نوع فاضلاب‌ها بسیار بیشتر از فاضلاب شهری می‌باشد (میزان TP و TN به ترتیب ۳۲-۱۱ و ۲۴۷-۱۰۳ میلی‌گرم در لیتر است) (۱۱، ۷، ۳) و تصفیه این زایدات جهت محافظت از منابع آبی ضروری است. علاوه بر این، جهت تشویق صنعتگر به استفاده از سیستم تصفیه، ارزانی و سادگی احداث و بهره‌برداری آن از دیگر ضروریات می‌باشد. با توجه به موارد گفته شده، مطالعه حاضر با هدف تعیین کارایی نیزارهای مصنوعی در حذف BOD، COD، TSS، نیترات و فسفات از پساب دامپروری و بررسی تأثیر بار سطحی و زمان ماند در کارایی نیزارهای مصنوعی انجام شد.

روش‌ها

این تحقیق از نوع نیمه تجربی و در مقیاس کامل بود و در تصفیه‌خانه فاضلاب یک دامداری صنعتی مستقر در جاده علویجه اصفهان و بر روی نیزارهای مصنوعی احداث شده در دامداری انجام گرفت. دوره مطالعه از ابتدای زمستان سال ۱۳۹۴ تا انتهای بهار سال ۱۳۹۵ در نظر گرفته شد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]



شکل ۱. فرایند تصفیه‌خانه منتخب جهت انجام مطالعه

فاضلاب تولیدی در دامداری توسط کانال روباز به تصفیه‌خانه وارد می‌شد و پس از عبور از آشغال‌گیر، دانه‌گیر و چربی‌گیر، متعادل‌ساز، تانک ته‌نشینی اولیه، لاگون بی‌هوازی، لاگون هوادهی و ته‌نشینی ثانویه، به شش نیزار مصنوعی هدایت می‌گردید. شکل ۱ نمای شماتیک تصفیه‌خانه را نشان می‌دهد.

توزیع جریان پساب در ابتدای هر نیزار توسط لوله T شکل انجام می‌گرفت. نیزارهای مذکور از نوع جریان زیرسطحی افقی بود و هر نیزار ۲۰ متر طول، ۶ متر عرض و ۰/۶ متر ارتفاع داشت که ۳ متر اول و آخر نیزار از گراول درشت و بقیه از شن درشت دانه (Over size) پر شده بود. بستر با استفاده از یک لایه ژئوتکستایل زیرسازی گردید. مساحت کاشته شده نیزار نیز حدود ۷۹ مترمربع اندازه‌گیری گردید.

برای رسیدن به اهداف مطالعه، چهار نیزار کاشته شده با نی Phragmites australis انتخاب شد و به صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، دو بستر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد که کاملاً مشابه نیزارها بود، اما نی نداشت.

گیاه نی Phragmites australis از تصفیه‌خانه فاضلاب شهری یزد تهیه گردید و در فروردین سال ۱۳۹۴ کاشته شد. تراکم نی در هنگام کاشت، ۱ ریزوم در مترمربع بود، اما پس از گذشت حدود ۹ ماه و تکثیر گیاه، در هنگام انجام مطالعه، به ۸ نی در مترمربع افزایش یافت.

نیزارهای مصنوعی مورد بررسی به عنوان بخشی از یک سیستم تصفیه کامل به شمار می‌رود. بنابراین، پساب خروجی از ته‌نشینی ثانویه تصفیه‌خانه به نیزارهای مورد مطالعه وارد می‌شود.

نمونه‌برداری از پساب ورودی به نیزارهای مصنوعی و جریان خروجی از آن‌ها، هر ۱۰ روز یک‌بار (در مجموع ۱۶ نمونه) ساعت ۴ صبح با جمع‌آوری نمونه در بطری‌های پلاستیکی ۱/۵ لیتری انجام گرفت. لازم به ذکر است که نمونه‌ها به صورت لحظه‌ای برداشت شد و به آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انتقال یافت و بلافاصله آزمایش‌های مربوط به اندازه‌گیری شاخص‌های BOD، COD، TSS، نیترات و فسفات (ارتوفسفات) مطابق با روش توصیه شده در کتاب استاندارد روش انجام گرفت (۲۳). درجه حرارت و pH در حین نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید. نیترات (یا نیتروژن) و ارتوفسفات با استفاده از دستگاه DR5000 (شرکت HACH، آمریکا) اندازه‌گیری شد. پس از انجام آزمایش‌ها، نتایج به دست آمده در نرم‌افزارهای Excel نسخه ۲۰۱۰ و SPSS نسخه ۲۴ (version 24, IBM Corporation, Armonk, NY) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

پساب خروجی از واحد ته‌نشینی ثانویه از طریق کانال به نیزارها انتقال یافت و توسط لوله به داخل نیزارها توزیع شد. در ابتدای هر نیزار یک دریچه وجود داشت که با تنظیم میزان باز بودن دریچه، زمان ماند و بار هیدرولیکی هر نیزار به طور جداگانه قابل تنظیم بود. فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه حدود ۳۰۰ مترمکعب در روز برآورد گردید. زمان ماند و بار هیدرولیکی در نیزارها در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱. زمان ماند و بار هیدرولیکی در نیزارهای مورد بررسی

شماره نیزار	زمان ماند (روز)	بار هیدرولیکی (مترمکعب بر مترمربع در روز)	دبی ورودی به هر نیزار (مترمکعب در روز)
نیزار ۱	۰/۴۷۴	۱/۲۶	۱۰۰/۰۰
نیزار ۲	۲/۴۱۰	۰/۲۵	۱۹/۶۴
نیزار ۳	۰/۵۲۶	۱/۱۴	۹۰/۰۰
نیزار ۴	۱/۳۵۰	۰/۴۴	۳۵/۰۰
شاهد (۵)	۲/۴۱۰	۰/۲۵	۱۹/۶۴
شاهد (۶)	۱/۳۵۰	۰/۴۴	۳۵/۰۰

مشخصات پساب ورودی به نیزارهای مصنوعی در جدول ۲ آمده است. پساب خروجی از نیزارهای منتخب نیز مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به این که پساب ورودی به نیزارهای مصنوعی حاصل تصفیه بیولوژیکی است؛ بنابراین، میزان شاخص‌های COD، BOD و TSS کمتر از میزان آن‌ها در فاضلاب خام تولیدی در صنعت دامداری می‌باشد. همچنین، نیتروژن و فسفر آلی در این پساب وجود نداشت و در مقابل ترکیبات معدنی شامل نیترات (یا نیتروژن) و ارتوفسفات در این پساب مشاهده می‌گردد (۷).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]
http://hsr.mui.ac.ir

جدول ۲. میانگین غلظت فاضلاب ورودی به نیزار مصنوعی و پساب خروجی از آن

شاخص	مقدار در پساب ورودی	خروجی نیزار ۱	خروجی نیزار ۲	خروجی نیزار ۳	خروجی نیزار ۴	خروجی شاهد ۵	خروجی شاهد ۶
BOD (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۶۱ ± ۶	۴۲ ± ۹	۱۹ ± ۴	۴۴ ± ۹	۲۰ ± ۴	۵۱ ± ۷	۳۹ ± ۱
COD (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۳۶۰ ± ۱۰	۲۰۸ ± ۱۳	۱۴۸ ± ۱۳	۲۰۱ ± ۷	۱۷۲ ± ۲۱	۱۸۴ ± ۹	۱۷۹ ± ۵
TSS (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۱۷۰ ± ۴۹	۱۳۷ ± ۱۴	۵۸ ± ۷	۷۷ ± ۳۶	۷۶ ± ۳۸	۱۱۱ ± ۹	۱۰۰ ± ۵
نیترات (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۴۸ ± ۶	۲۳ ± ۹	۲۶ ± ۱۰	۲۹ ± ۱۰	۳۰ ± ۶	۳۴ ± ۷	۲۷/۰ ± ۳/۵
فسفات (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۹۱ ± ۱۳	۷۳ ± ۱۷	۶۹ ± ۱۲	۶۳ ± ۲۰	۷۳ ± ۱۴	۶۷ ± ۱۴	۸۵ ± ۷

راندمان حذف شاخص‌های ورودی توسط هر نیزار با توجه به زمان ماند، بار هیدرولیکی ورودی به هر نیزار و دمای هوا محاسبه گردید.

بررسی راندمان حذف شاخص‌های منتخب نشان داد کـه BOD و فسـفات به ترتیب بیشترین و کمترین درصد حذف را به خود اختصاص دادند که در اغلب وتلندها این تفاوت وجود دارد. دلیل این موضوع، نیاز میکروارگانیسم‌های مؤثر در حـذف شـاخص‌هـای نیتـروژن و فسـفر بـه زمـان مانـد بیشـتر نسـبت بـه میکروارگانیســم‌هــای مــؤثر در حــذف مــواد آلــی ماننــد BOD می‌باشد (۲۱).

مقایسه رانـدمان حـذف در وتلنـدها بـا شـاهد در زمـان مانـد و بارگـذاری هیدرولیکی مشابه، حاکی از آن بود که راندمان حذف در نیزارها (بسترهای دارای نی) و گروه‌های شاهد (بسترهای فاقد نی) تفاوت‌هایی با یکـدیگر داشـت. دلیـل این تفاوت به مکانیسم‌های حذف هر شاخص مربوط است.

جدول ۳. میانگین راندمان حذف در نیزارهای مورد بررسی

درجه حرارت	شاخص	راندمان حذف (درصد)											
		نیزار ۱		نیزار ۲		نیزار ۳		نیزار ۴		شاهد ۵		شاهد ۶	
		HRT (روز)	HLR (مترمکعب بر مترمربع در روز)	HRT (روز)	HLR (مترمکعب بر مترمربع در روز)	HRT (روز)	HLR (مترمکعب بر مترمربع در روز)	HRT (روز)	HLR (مترمکعب بر مترمربع در روز)	HRT (روز)	HLR (مترمکعب بر مترمربع در روز)	HRT (روز)	HLR (مترمکعب بر مترمربع در روز)
		۰/۴۷۴	۱/۲۶۰	۲/۴۱۰	۰/۲۵۰	۰/۵۲۶	۱/۱۴۰	۱/۳۵۰	۰/۴۴۰	۲/۴۱۰	۰/۲۵۰	۰/۴۷۴	۱/۲۶۰
بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد	COD	۴۵		۶۲		۴۴/۶		۶۱		۵۰		۴۹	
	BOD	۵۱/۵		۷۴		۳۲		۷۱		۳۶		۱۹	
	TSS	۲۸		۶۹		۲۸		۶۹		۶۶		۴۳/۶	
	نیترات	۵۵		۶۱		۵۴		۵۰		۴۳/۵		۳۰	
	فسفات	۲۲		۲۳		۳۶		۳۳		۵		۳۴	
کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد	COD	۴۱		۵۰		۴۳/۵		۵۷		–		۴۸	
	BOD	۲۷		۶۶		۲۰		۶۴		–		۱۱	
	TSS	۵۹		۵۰		۱۲		۶۳		–		۲۶	
	نیترات	۳۲		۳۱		۲۹		۴۳		–		۲۷	
	فسفات	۱۶		۲۲		۲۳		۱۱		–		۱۶	

COD: Chemical oxygen demand; BOD: Biochemical oxygen demand; TSS: Total suspended solids; HRT: Hydraulic retention time; HLR: Hydraulic loading rate

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین راندمان حذف مربوط به شاخص BOD و کمترین راندمان حذف مربوط به فسفات در نیزارها بوده است. بنابراین، به نظر می‌رسد که مکانیسم حذف هوازی مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی توسط میکروارگانیسم‌های متصل به بستر نیزار و گیاهان، سریع‌تر و بیشتر از مکانیسم جذب فسفر توسط گیاهان اتفاق می‌افتد. در زمان ماند و بارگذاری هیدرولیکی مشابه، راندمان حذف شاخص‌های BOD، COD، TSS و نیترات در نیزارها، بیشتر از راندمان حذف در بستر مشابه فاقد نی می‌باشد. مقایسه راندمان حذف در نیزارهای با زمان ماند و بار سطحی متفاوت نشان داد که در زمان ماند بیشتر و بار سطحی کمتر، راندمان حذف بیشتر بوده است. با توجه به مکانیسم‌های حذف در نیزارهای مصنوعی، این موارد قابل توضیح می‌باشد.

مکانیسم حذف تحت سیستم پیچیده جابه‌جایی و تغییر ماهیت انجام می‌گیرد. این مکانیسم شامل فرایندهای بیولوژیکی و غیر بیولوژیکی (فرایندهای فیزیکی، میکروبی و جذب توسط گیاهان) می‌باشد (۲۵، ۲۴، ۲۲، ۲۱).

بررسی راندمان حذف COD در نیزارها نشان می‌دهد که بیشترین راندمان حذف مربوط به نیزار ۴ با بارگذاری ۰/۴۴ مترمکعب بر مترمربع در روز و زمان ماند ۱/۳۵ روز می‌باشد. مقایسه حذف COD در دماهای مختلف حاکی از آن بود که دمای بالاتر سبب راندمان حذف بیشتر می‌شود. همچنین، بستر شاهد ۵ با بارگذاری ۰/۲۵ مترمکعب بر مترمربع در روز و زمان ماند ۲/۴۱ روز نسبت به نیزارهای دارای نی با زمان ماند کمتر و بارگذاری بیشتر، راندمان حذف بالاتری داشت. این موضوع نشان می‌دهد که تنها گیاهان عوامل حذف مواد آلی نیستند و بسترها نیز نقش مهمی در حذف COD ایفا می‌نمایند.

به طور کلی، حذف COD در وتلند به گونه‌های مختلفی مانند «ته‌نشینی مواد آلی معلق به دلیل سرعت کم جریان در وتلندها و هیدرولیز این مواد در زمان‌های ماند طولانی، تجمع باکتری‌ها در مدیای بستر و ترشح مواد کاتالیزور جهت تسریع واکنش‌های شیمیایی تجزیه و تجزیه بی‌هوازی مواد به دلیل کمبود اکسیژن در وتلندها که سبب کاهش ایجاد لجن و در نتیجه، در امان ماندن وتلند از خطر گرفتگی می‌شود» اتفاق می‌افتد (۲۶، ۲۲). با توجه به مکانیسم‌های حذف COD، مشاهده می‌شود که مواد پرکننده بسترها نیز در ایجاد شرایط بهینه جهت حذف مواد آلی (ایجاد جریان کم سرعت و رشد باکتری) نقش بسیار مهمی را ایفا می‌نمایند؛ چرا که بستر شاهد با زمان ماند بیشتر، امکان رقابت با بستر دارای نی در زمان ماند کمتر را به دست آورده است. همچنین، با توجه به این که فرایند هیدرولیز مواد آلی در زمان‌های ماند طولانی اتفاق می‌افتد؛ بنابراین، اثر زمان ماند در بستر شاهد بیشتر از اثر گیاهان می‌باشد. نقش گیاه در نیزار، فراهم نمودن سطح بیشتر جهت رشد باکتریایی و اکسیژن‌رسانی به باکتری‌های هوازی است. بنابراین، با توجه به این که هیدرولیز و تجزیه بی‌هوازی نیز از مکانیسم‌های حذف COD محسوب می‌گردد، می‌توان گفت که در بستر بدون گیاه که اکسیژن‌رسانی صورت نگرفته، راندمان حذف COD بیشتر از نیزار با زمان ماند کم بوده است.

همان‌گونه که اشاره شد، بستر شنی وتلندها مکان مناسبی جهت تجمع و رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌هایی است که مواد قابل تجزیه بیولوژیکی (BOD) را مورد تجزیه قرار می‌دهد. علاوه بر این، افزایش آزادسازی اکسیژن در نزدیک ریشه گیاهان می‌تواند در ارتقای حذف BOD تأثیرات مثبت زیادی داشته باشد (۲۶، ۲۴). مقایسه راندمان حذف در بسترهای نیزار و شاهد نشان می‌دهد که بیشترین راندمان حذف مربوط به نیزار ۲ با بیشترین زمان ماند بوده است. بنابراین، نقش گیاهان در اکسیژن‌رسانی به باکتری‌های مسؤول تجزیه مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی در حذف BOD بیشتر نمایان می‌شود.

حذف TSS (شامل جامدات آلی و غیر آلی) به کمک فرایندهای ته‌نشینی، فیلتراسیون توسط بستر و جذب توسط میکروارگانیسم‌های مدیا اتفاق می‌افتد (۲۶، ۲۴، ۲۲). بیشترین میزان حذف جامدات معلق در نیزار ۲ و ۴ و سپس در بستر شاهد ۵ رخ داد. با توجه به این که ریشه گیاهان سطح مقطع بیشتری را در نیزار اشغال می‌کنند و به این وسیله سبب کمتر شدن سرعت جریان و ته‌نشینی جامدات می‌شود؛ بنابراین، راندمان حذف جامدات معلق در نیزارها بیشتر است (راندمان حذف ۶۹ درصد)، اما زمان ماند بیشتر در بسترهای بدون گیاه نیز به میزان زیادی مؤثر بود (راندمان حذف ۶۶ درصد).

حذف نیتروژن در وتلندها با کمک فرایندهای نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون انجام می‌گیرد. نیتریفیکاسیون در اطراف ریشه گیاه که اکسیژن بیشتری دارد، اتفاق می‌افتد و در سایر نقاط وتلند که شرایط انوکسیک حاکم است، فرایند دی‌نیتریفیکاسیون انجام می‌پذیرد (۲۵، ۲۱). بررسی راندمان حذف نیترات- نیتروژن در نیزارها و بسترهای شاهد نشان می‌دهد که میزان حذف در نیزارها بیشتر از بسترهای شاهد بوده است. بنابراین، در بسترهای نیزار شرایط انوکسیک بهتری برقرار می‌باشد.

جذب فسفات در وتلندها توسط گیاهان انجام می‌گیرد. همچنین، فسفات با مواد معدنی موجود روی مدیای بستر واکنش می‌دهد و جذب می‌گردد (۲۱). راندمان حذف فسفات در نیزار ۳ و بستر شاهد ۶ بیشتر از سایر نیزارها بود. بنابراین، مشاهده می‌شود که جذب فسفات توسط بستر شنی و گراولی در زمان ماند بالاتر، بیشتر از نیزارها با زمان ماند کمتر می‌باشد. لازم به ذکر است که ریزش برگ‌ها به داخل نیزار نیز سبب برگشت فسفر به داخل نیزارها می‌شود (۲۷).

بررسی راندمان حذف در وتلندها نشان می‌دهد که بیشترین راندمان حذف شاخص‌های منتخب به جز فسفات، در نیزار ۲ اتفاق افتاده که دارای بیشترین زمان ماند و کمترین بارگذاری بوده است، اما این موضوع در همه نیزارها و برای همه شاخص‌ها صدق نمی‌کند. همچنین، رابطه معنی‌داری (رگرسیون خطی) بین زمان ماند بیشتر و بارگذاری کمتر با راندمان حذف شاخص‌های مختلف در نیزارها مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$) که نشان می‌دهد زمان ماند و بارگذاری به تنهایی به عنوان عوامل مؤثر در حذف مواد آلی و نوترینت‌ها مؤثر نیست و عوامل دیگری مانند مدیا، بیوفیلم، بارگذاری آلی و عمق نیزار نیز در آن دخیل می‌باشد (۲۸، ۱۳). لازم به ذکر است که نوع گیاه نیز در راندمان حذف تأثیر می‌گذارد. بنابراین، به نظر می‌رسد که گیاه کاشته شده در این نیزار، قدرت کافی در جذب آلاینده‌ها را نسبت به سایر گیاهان استفاده شده در مطالعات مشابه (۲۶) نداشته است. در دمای بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین درصد حذف COD در وتلند دارای بیشترین زمان ماند و کمترین میزان بارگذاری رخ داده است (۶۲ درصد حذف در نیزار دوم با زمان ماند ۶۳ ساعت و بارگذاری ۵/۵ مترمکعب بر مترمربع در ساعت). راندمان حذف BOD، TSS و نیترات نیز در این وتلند بیشتر از سایر وتلندها می‌باشد (به ترتیب۷۴، ۶۹ و ۶۱ درصد). در مورد حذف نوترینت‌ها، با توجه به این که ریزش برگ‌های نی به داخل وتلند، منبع جدیدی از نوترینت می‌باشد؛ بنابراین، زمان ماند و بارگذاری نمی‌تواند تنها عوامل تأثیرگذار در راندمان حذف نوترینت‌ها باشد (۲۷).

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]

جدول ۴. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات مشابه [راندمان حذف (درصد)]

شاخص	فاضلاب خام دامداری (۷)		فاضلاب خام دامداری (۳)		فاضلاب تصفیه شده پرورش خوک (۲۲)		شیرابه کمپوست (۲۶)		فاضلاب شهری (۲۸)		مطالعه حاضر	
	HRT (۴۱ روز)		-		HRT (۱۴/۷ روز)		HRT (۵ روز)		HRT (۶ روز)		HRT (۲/۶ روز)	
	HLR (۰/۰۰۴ مترمکعب بر مترمربع در روز)		HLR (۴/۷ سانتی‌متر در روز)		HLR (۳/۵ سانتی‌متر در روز)		HLR (۰/۰۳۲ مترمکعب بر مترمربع در روز)		HLR (۰/۰۳۰ مترمکعب بر مترمربع در روز)		HLR (۰/۲۵~۱/۲۶ مترمکعب بر مترمربع در روز)	
	ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	راندمان حذف (درصد)	ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	راندمان حذف (درصد)	ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	راندمان حذف (درصد)	ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	راندمان حذف (درصد)	ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	راندمان حذف (درصد)	ورودی (میلی‌گرم در لیتر)	راندمان حذف (درصد)
BOD	۲۶۸۳	۷۶	۴۴۲	۶۵	۳۴۳	۹۲	۱۲۲۶۸	۷۴/۵	۱۲۸	۸۱/۴۷	۶۱	۶۷/۰
COD	–	–	–	–	۱۱۱۵	۸۲	۱۶۳۶۶	۵۳/۷	۲۱۰	۷۸/۵۰	۳۶۰	۴۴/۰
TSS	۱۲۸۴	۹۰	۱۱۱۱	۵۳	۸۷۳	۹۹	–	–	–	۸۷/۸۷	۷۶	۵۴/۷
نیترات	۰/۳	۶۷	–	–	۳/۴	۶۵	۴۴۰	۷۳/۵	۱۹/۵	–	۴۸	۳۹/۵
فسفات	–	–	–	–	۲۸/۷	۳۹	–	–	–	–	۹۱	۳۰/۷

COD: Chemical oxygen demand; BOD: Biochemical oxygen demand; TSS: Total suspended solids; HRT: Hydraulic retention time; HLR: Hydraulic loading rate

یکی دیگر از شاخص‌های تأثیرگذار در راندمان حذف، درجه حرارت می‌باشد (۲۹). به عنوان مثال، میکروارگانیسم‌های مسؤول حذف نیتروژن در دمای بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد فعال‌تر می‌شوند (۲۱). مقایسه راندمان حذف در هر وتلند در دمای بیشتر و کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد که راندمان حذف شاخص‌های مورد نظر در زمانی که درجه حرارت بیشتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باشد، بیشتر است.

مقایسه راندمان حذف شاخص‌های منتخب با سایر پژوهش‌ها حاکی از راندمان مناسب نیزارهای مصنوعی در تحقیق حاضر می‌باشد. به عنوان مثال، در مطالعه Majer Newman و همکاران، فاضلاب تولیدی در یک دامداری در آمریکا به صورت خام به نیزارهای مصنوعی با سه گونه مختلف نی وارد شد و راندمان حذف نیترات، TSS و BOD در آن‌ها اندازه‌گیری گردید. متوسط زمان ماند هیدرولیکی در این نیزارها، ۴۱ روز گزارش شد و بارگذاری هیدرولیکی ۰/۰۰۴ مترمکعب بر مترمربع در روز بود. راندمان حذف نیترات، TSS و BOD در این نیزارها به ترتیب ۶۷، ۹۰ و ۷۶ درصد به دست آمد (۷).

در پژوهش Lee و همکاران، فاضلاب یک مرکز پرورش خوک در تایوان پس از عبور از واحدهای جداسازی جامدات، هضم بی‌هوازی، اکسیداسیون بیولوژیکی و زلال‌ساز، وارد نیزارهای مصنوعی با سه زمان ماند متفاوت شد. راندمان حذف شاخص‌های Suspended solids (SS)، COD، BOD، نیترات و فسفات در بیشترین زمان ماند (معادل ۱۴/۷ روز) و بارگذاری ۳/۵ سانتی‌متر در روز، به ترتیب ۹۹، ۸۲، ۹۲، ۶۵ و ۳۹ درصد گزارش گردید (۲۲). مقایسه راندمان حذف شاخص‌های مذکور با راندمان حذف در فاضلاب خام دامداری (۷، ۳) نشان داد که راندمان حذف در پساب تصفیه شده بیشتر بوده است (جدول ۴).

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، زمان ماند در مطالعه حاضر کمتر از سایر پژوهش‌ها بود. بنابراین، راندمان حذف در آن کمتر می‌باشد. همچنین، مقایسه میزان بارگذاری هیدرولیکی نشان می‌دهد که بارگذاری هیدرولیکی در بررسی حاضر چندین برابر بیشتر از سایر مطالعات می‌باشد، اما با توجه به مقادیر ورودی که کمتر از تحقیقات مشابه بود، به طور کلی راندمان حذف در حد قابل قبولی قرار داشت. با توجه به این که زمان ماند نقش مهمی را در حذف شاخص‌های COD، نیترات و فسفات ایفا می‌نماید، می‌توان گفت که زمان ماند بیشتر سبب افزایش راندمان می‌شود (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران

شاخص	میانگین میزان خروجی در مطالعه حاضر (میلی‌گرم در لیتر)	استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی (میلی‌گرم در لیتر) (۳۰)	استاندارد تخلیه به آب‌های زیرزمینی (میلی‌گرم در لیتر) (۳۰)	استاندارد آبیاری در فضای سبز (میلی‌گرم در لیتر) (۳۰)
BOD	۳۱	۳۰	۳۰	۱۰۰
COD	۱۸۲	۶۰	۶۰	۲۰۰
TSS	۸۷	۴۰	–	۱۰۰
نیترات	۲۷	۵۰	۱۰	–
فسفات	۶۹/۵	۶	۶	–

COD: Chemical oxygen demand; BOD: Biochemical oxygen demand; TSS: Total suspended solids; HRT: Hydraulic retention time; HLR: Hydraulic loading rate

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]

یکی دیگر از عوامل مؤثر در حذف شاخص‌های مذکور، درجه حرارت محیط می‌باشد. راندمان حذف در نیزارهای با دماهای بالاتر، بیشتر است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که راندمان نیزارها با زمان ماند بیشتر و میزان بارگذاری کمتر، افزایش می‌یابد. همچنین، مقایسه مقادیر خروجی از نیزارهای مصنوعی با استانداردهای تخلیه پساب به محیط زیست حاکی از آن بود که پساب خروجی از این نیزارها قابلیت مصرف در فضای سبز را دارد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۳۹۴۹۲۹ می‌باشد. بدین وسیله از تمام کسانی که در انجام این طرح مشارکت نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Adhikari U, Harrigan T, Reinhold DM. Use of duckweed-based constructed wetlands for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater. Ecol Eng 2015; 78: 6-14.
2. Cronk JK. Constructed wetlands to treat wastewater from dairy and swine operations: A review. Agric Ecosyst Environ 1996; 58(2): 97-114.
3. Knight RL, Payne VWE, Borer RE, Clarke RA, Pries JH. Constructed wetlands for livestock wastewater management. Ecol Eng 2000; 15(1): 41-55.
4. Gottschall N, Boutin C, Crolla A, Kinsley C, Champagne P. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. Ecol Eng 2007; 29(2): 154-63.
5. Dan TH, Quang LN, Chiem NH, Brix H. Treatment of high-strength wastewater in tropical constructed wetlands planted with Sesbania sesban: Horizontal subsurface flow versus vertical downflow. Ecol Eng 2011; 37(5): 711-20.
6. Lin YF, Jing SR, Lee DY, Wang TW. Removal of solids and oxygen demand from aquaculture wastewater with a constructed wetland system in the start-up phase. Water Environ Res 2002; 74(2): 136-41.
7. Majer Newman J, Clausen JC, Neafsey JA. Seasonal performance of a wetland constructed to process dairy milkhouse wastewater in Connecticut. Ecol Eng 1999; 14(1): 181-98.
8. de la Varga D, Diaz MA, Ruiz I, Soto M. Avoiding clogging in constructed wetlands by using anaerobic digesters as pre-treatment. Ecol Eng 2013; 52: 262-9.
9. Chen TY, Kao CM, Yeh TY, Chien HY, Chao AC. Application of a constructed wetland for industrial wastewater treatment: A pilot-scale study. Chemosphere 2006; 64(3): 497-502.
10. Tashauoei HR, Karakani MM. Application of Horizontal Sub-Surface Flow Constructed Wetland for Treatment of Wastewater in Foreign Countries and Iran. . 2011-2012;6. Journal of Health System Research 2018.
11. Gorra R, Freppaz M, Zanini E, Scalenghe R. Mountain dairy wastewater treatment with the use of a irregularly shaped constructed wetland (Aosta Valley, Italy). Ecol Eng 2014; 73: 176-83.
12. Comino E, Riggio VA, Rosso M. Constructed wetland treatment of agricultural effluent from an anaerobic digester. Ecol Eng 2013; 54: 165-72.
13. Ilyas H, Masih I. The performance of the intensified constructed wetlands for organic matter and nitrogen removal: A review. J Environ Manage 2017; 198(Pt 1): 372-83.
14. Farzadkia M, Ehrampoush MH, Abouee Mehrizi E, Sadeghi S, Talebi P, Salehi A, et al. Investigating the efficiency and kinetic coefficients of nutrient removal in the subsurface artificial wetland of Yazd wastewater treatment plant. Environ Health Eng Manag 2015; 2(1): 23-30.
15. Carvalho PN, Basto MC, Almeida CM. Potential of phragmites australis for the removal of veterinary pharmaceuticals from aquatic media. Bioresour Technol 2012; 116: 497-501.
16. Brezinova T, Vymazal J. Competition of phragmites australis and phalaris arundinacea in constructed wetlands with horizontal subsurface flow does it affect BOD5, COD and TSS removal? Ecol Eng 2014; 73: 53-7.
17. Vymazal J. Constructed wetlands for wastewater treatment. Water 2010; 2(3): 530-49.
18. Lee CY, Liu WD. The effect of salinity conditions on kinetics of trichloroethylene biodegradation by toluene-oxidizing cultures. J Hazard Mater 2006; 137(1): 541-9.
19. Vymazal J. Vegetation development in subsurface flow constructed wetlands in the Czech Republic. Ecol Eng 2013; 61: 575-81.
20. Vera I, Garcia J, Saez K, Moragas L, Vidal G. Performance evaluation of eight years experience of constructed wetland systems in Catalonia as alternative treatment for small communities. Ecol Eng 2011; 37(2): 364-71.
21. Akratos CS, Tsihrintzis VA. Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. Ecol Eng 2007; 29(2): 173-91.
22. Lee CY, Lee CC, Lee FY, Tseng SK, Liao CJ. Performance of subsurface flow constructed wetland taking pretreated swine effluent under heavy loads. Bioresour Technol 2004; 92(2): 173-9.
23. Eaton AD, Franson MA. Standard methods for the examination of water & wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
24. Weerakoon GMPR, Jinadasa KBSN, Herath GBB, Mowjood MIM, van Bruggen JJA. Impact of the hydraulic loading rate on pollutants removal in tropical horizontal subsurface flow constructed wetlands. Ecol Eng 2013; 61: 154-60.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]

[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]

25. Ding Y, Wang W, Song Xs, Wang Yh. Spatial distribution characteristics of environmental parameters and nitrogenous compounds in horizontal subsurface flow constructed wetland treating high nitrogen-content wastewater. Ecol Eng 2014; 70: 446-9.
26. Bakhshoodeh R, Alavi N, Majlesi M, Paydary P. Compost leachate treatment by a pilot-scale subsurface horizontal flow constructed wetland. Ecol Eng 2017; 105: 7-14.
27. Tanner CC, Kloosterman VC. Guidelines for constructed wetland treatment of farm dairy wastewaters in New Zealand [Online]. [cited 1997]; Available from: URL: https://www.niwa.co.nz/sites/niwa.co.nz/files/import/attachments/st48.pdf
28. Yousefi Z, Hoseini S, Mohamadpur Tahamtan RA, Zazouli MA. Performance evaluation of artificial wetland subsurface with horizontal flow in wastewater treatment. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 23(99): 12-25. [In Persian].
29. Ramprasad C, Smith CS, Memon FA, Philip L. Removal of chemical and microbial contaminants from greywater using a novel constructed wetland: GROW. Ecol Eng 2017; 106: 55-65.
30. Deputy Directorate for Strategic Planning and Control. Environmental criteria for the use of return water and wastewater. N. 535 [Online]. [cited 2010]; Available from: URL: https://abedi-koupai.iut.ac.ir/sites/abediiut/wastewater_applications-code535.pdf

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]

DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 14, No. 1, Spring 2018

Received: 17.06.2017 Accepted: 04.09.2017 Published: 04.04.2018

The Effect of Hydraulic Retention Time (HRT) and Hydraulic Loading Rate (HLR) on the Removal Efficiency for Livestock Treated Wastewater Tertiary Treatment in Constructed Wetland Planted With Phragmites Australis

Bijan Bina[1], Mohamad Mehdi Amin[1], Marjan Mansourian[2], Maryam Hatamzadeh[3], Golrokh Marasi[4], Marzieh Vahid-Dastjerdi[5]

Original Article

Abstract

Background: Dairies and livestock industries generate wastewater which is high in nutrients, and can impressed water resources. Constructed wetlands are one of alternatives for livestock wastewater treatments, because of their pollution removal efficiency, and low cost in construction and operation. The goal of this study was to determine the efficiency of constructed wetland at organic matter and nutrient removal at different hydraulic loading rates (HLR) and hydraulic retention times (HRT).

Methods: The removal efficiency of biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), NO_3-N, and PO_4 (orthophosphate) from livestock wastewater in constructed wetlands at different HLRs and HRTs at a 6-months period were investigated.

Findings: The highest removal efficiency of BOD, COD, TSS, NO_3 and PO_4 was obtained at the lowest HLR and highest HRT, in temperature above 15 °C, and was 74%, 62%, 69%, 61%, and 23%, respectively.

Conclusion: Constructed wetlands can improve effluent quality from secondary wastewater treatment plant of livestock industry to meet the standard on Iranian Environmental Organization to reuse it in irrigation.

Keywords: Livestock wastewater treatment, Constructed wetlands, Hydraulic loading rate, Hydraulic retention time

Citation: Bina B, Amin MM, Mansourian M, Hatamzadeh M, Marasi G, Vahid-Dastjerdi M. **The Effect of Hydraulic Retention Time (HRT) and Hydraulic Loading Rate (HLR) on the Removal Efficiency for Livestock Treated Wastewater Tertiary Treatment in Constructed Wetland Planted With Phragmites Australis.** J Health Syst Res 2018; 14(1): 98-106.

1- Professor, Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-communicable Diseases AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Associate Professor, Department of Biostatistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Golrokh Marasi, Email: g.marasi@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.18.8]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3190]