Home Page: ije.ut.ac.ir Online ISSN: 2423-6101
Iranian Journal of
ECO HYDROLOGY

Investigating and Evaluating the Quality of the Physicochemical Parameters of the Treated Sewage of Kish Island in the Green Space Irrigation

Mahmoud Behrouzi1 | Ahmad Nohagar[2]* | Panisa Hasanzadeh[3]

1. Ph.D, Climatology, Environmental Hazards - Marine Sciences Research Institute, University of Tehran, Tehran. Iran.
2. Ahmad Nohagar*, responsible author: Professor of the Department of Environmental Planning, Management and Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran. Iran.
3. Panisa Hasanzadeh, Master student, Environment- Education, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran. Iran.

Article History
Received November 25, 2023
Revised February 01, 2024
Accepted March 10, 2024

Abstract
In this study, the quality of the treated wastewater of Kish Island, which is the main source of irrigation for the urban area of Kish, was evaluated. First, samples were taken from 12 water storage points and transferred to the water and wastewater laboratory of Tehran University. The samples were transferred to the Laboratory of Tehran University and the physicochemical parameters include pH, EC, BOD5, COD, TSS, TDS, SAR, phosphate and nitrate, Mg, Ca and Na were measured. The results showed that in green space irrigation tanks, the water is pH and EC are between 0.2 and 1.9, which is lower than the standard; 7 reservoirs including Marjan Park, Hangman, Cactus Pool, Convention Center Pool, Iran Pool, Bagh Rah and Golestan Park Pool have BOD higher than the standard, which is considered a biological hazard for the environment. TSS is higher than the standard in 7 reservoirs, which include Marjan Park, Hangman Park, Cactus Pool, Iran Pool, Bagh Rah and Golestan. According to international standards, the amount of phosphate in water reservoirs is high and requires its management, especially in sewage treatment plants. The highest SAR was in the convention center, North Water Treatment Plant and Golestan Park, but its level in Pavion, Marjan Park, Simorgh and Cactus was less than 4, indicating its desirability for irrigation. But the reservoirs of the convention center and the northern treatment plant require more management, because the long-term use of this wastewater can lead to salting of the soil of Kish Island.

Key words
Irrigation, Green space Area, SAR, kish.

سایت نشریه: ije.ut.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۶۱۰۱-۲۴۲۳
اکوهیدرولوژی

بررسی و ارزیابی سطح کیفیت پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب تصفیه‌شدهٔ فاضلاب جزیرهٔ کیش در جهت آبیاری فضای سبز

محمود بهروزی[۱] | احمد نوحه‌گر[*۲] | پانیسا حسن‌زاده[۳]

۱. دکتری تخصصی، آب‌وهواشناسی، مخاطرات محیطی پژوهشکدهٔ علوم دریایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استادگروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، محیط زیست‌گرایش آموزش، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

چکیده

در این مطالعه کیفیت پساب تصفیه‌شدهٔ جزیرهٔ کیش که منبع اصلی آبیاری فضای سبز شهری است، ارزیابی شد. ابتدا از ۱۲ نقطهٔ ذخیرهٔ آب نمونه‌برداری و به آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشگاه تهران منتقل شد و پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل قلیائیت (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، نیاز بیوشیمیایی اکسیژن (BOD)، نیاز شیمیایی اکسیژن (COD)، کل جامدات معلق (TSS)، مواد جامد محلول (TDS)، نسبت جذب سدیم (SAR)، فسفات و نیترات، منیزیم، کلسیم و سدیم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد در مخازن، آب حالت قلیائی دارد و EC آن بین ۰/۲ تا ۱/۹ است که کمتر از حد استاندارد است؛ از ۱۲ مخزن آب، هفت مخزن شامل استخر مخزنی پارک مرجان، پارک هنگام، استخر کاکتوس، استخر مرکز همایش‌ها، استخر ایران، باغ راه و استخر پارک گلستان غلظت BOD بیشتر از حد استاندارد است که یک خطر زیستی برای اکوسیستم شهری محسوب می‌شود. در هفت نقطه، غلظت TSS بیشتر از حد استاندارد است که شامل پارک مرجان، پارک هنگام، استخر کاکتوس، مرکز همایش‌ها، استخر ایران، باغ راه و پارک گلستان است. بر اساس استانداردهای جهانی، میزان فسفات در مخازن آب مصرفی در فضای سبز جزیرهٔ کیش زیاد بوده و مستلزم مدیریت به‌ویژه در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است. بیشترین SAR در مرکز همایش‌ها، تصفیه‌خانهٔ شمال و پارک گلستان بود، اما میزان آن در پاویون، پارک مرجان، سیمرغ و کاکتوس کمتر از چهار بوده و بیانگر مطلوبیت آن برای آبیاری است؛ اما مرکز همایش‌ها و تصفیه‌خانهٔ شمال مستلزم مدیریت بیشتری است، چون که استفادهٔ درازمدت از این پساب می‌تواند باعث شوری خاک شود.

کلیدواژگان

آبیاری، فضای سبز، نسبت جذب سدیم، کیش.

مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و ارتقای سطح زندگی، توسعهٔ صنعت و فناوری منجر به آلودگی محیط زیست و تخریب منابع شده است [۱].

با توجه به مشکل کم‌آبی در ایران، تأمین آن در زمان حاضر اهمیت زیادی دارد. در چنین شرایطی استفادهٔ مجدد از پساب‌های تصفیه‌شده را می‌توان یکی از راه‌های مقابله با کم‌آبی دانست، به طوری که پساب تصفیه‌شده باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی و همچنین سازمان حفاظت محیط زیست ایران باشد تا بتواند مورد استفاده قرار گیرد. فاضلاب خام حاوی عوامل بیماری‌زای بسیاری است. قبل از استفادهٔ مجدد باید با تکنولوژی مناسب تصفیه شود و در قسمت‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، برای سلامت انسان و محیط زیست در استفادهٔ مجدد از پساب، استانداردها و دستورالعمل‌هایی توسط سازمان بهداشت جهانی، آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده، آژانس حفاظت از محیط زیست ایران و اتحادیهٔ اروپا تدوین شده است [۲]. استفاده از پساب در آبیاری و کاربرد آن برای مقاصد دیگر یک رویهٔ جهانی است. آمارها بیانگر آن است که حداقل ۲۰ میلیون هکتار از اراضی در ۵۰ کشور جهان با فاضلاب خام یا تقریباً تصفیه‌شده آبیاری می‌شود [۳]. استفاده از پساب به عنوان منبع نامتعارف آب در آبیاری نیازمند مدیریت خاصی است تا بدون به جای گذاشتن مخاطرات محیطی و بهداشتی مورد استفاده قرار گیرد. ساخت تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به‌تنهایی نگرانی‌ها را برطرف نمی‌کند. با این‌حال، برای دستیابی به استانداردهای مطلوب، عملکرد این سیستم‌های تصفیه باید مدام پایش و ارزیابی شود [۴]. پساب‌ها، فاضلاب‌هایی هستند که شامل بسیاری از مواد آلی هستند و COD این فاضلاب‌ها بین ۳۰ تا ۱۰۰ گرم در لیتر گزارش شده است. تخلیهٔ این فاضلاب‌ها به محیط زیست و آب‌های سطحی منجر به کاهش شدید اکسیژن و تخریب آبزیان می‌شود. میزان چربی و روغن موجود در این پساب‌ها نیز حدود دو تا ۱۵ گرم در لیتر است که می‌تواند مشکلات جدی در سیستم‌های تصفیهٔ فاضلاب از جمله خروج ناگهانی لجن از سیستم تصفیه، کاهش اکسیژن‌رسانی به میکروارگانیسم‌ها، تجمع و ایجاد بو کند. تخلیهٔ پساب‌های شهری صنعتی که حاوی مقادیر زیادی نفت به صورت ذرات معلق، هیدروکربن‌های سبک و سنگین و سایر مواد بدون تصفیه هستند، خطر آلودگی محیط زیست را در پی دارد. به همین‌دلیل، تصفیهٔ این فاضلاب‌ها بسیار حائز اهمیت است.

استفاده از پساب تصفیه‌شده در فضای سبز می‌تواند جایگزینی برای سایر منابع مرسوم آبیاری باشد. فاضلاب حاصل از مصارف شهری و یا صنعتی شامل مواد آلی همچون کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌های حیوانی، چربی‌های مختلف و روغن‌ها هستند. نمونه‌های مشخص ترکیبات آلی شامل آمینواسیدها و اسیدهای چرب، صابون، استر و پاک‌کننده‌های آنیونیک هستند. ورود این مواد به صورت فاضلاب خام به منابع آبی پذیرنده، به‌سرعت با اکسیژن آب ترکیب‌شده و اکسیژن محلول را پس از مصرف، در آب کاهش می‌دهد و باعث بی‌هوازی‌شدن آب رودخانه می‌شود. زمانی که منبع آب بی‌هوازی شد، گازهایی از قبیل هیدروژن سولفوره و متان در آب تشکیل می‌شود و این گازها به صورت حباب به سطح آب حرکت کرده و به ذرات جامد سیاه‌رنگ لجن می‌چسبند و موجب تشدید و انتشار بوی گاز هیدروژن سولفوره از آب می‌شود. افزایش کدورت، رسوب و غلظت کم اکسیژنِ محلول آب به مرگ گونه‌های مختلف ماهی، میگو، خرچنگ و دیگر جانوران آبزی منجر می‌شود. بنابراین عواقب محیط زیستی فاضلاب خام تأمل‌برانگیز است و باید انتظار انتشار آلاینده‌های زیستی را داشت [۵].

آب غیرمتعارف، شامل آب بازچرخانی، آب نمک‌زدایی‌شده و آب فسیلی است. ۹۹ درصد فاضلاب شهری، آب و کمتر از ۰/۵ درصد آن آلاینده است. اگر فاضلاب شهری از میان فرایندهای تصفیه عبور داده شود و به استاندارد معینی برسد، به آن بازچرخانی می‌گویند. آب بازچرخانی می‌تواند برای تغذیهٔ آبخوان‌ها، صنعت و آبیاری فضای سبز و کشاورزی و حتی

شرب استفاده شود. در نواحی کم‌بارش جنوب ایران که بارش سالانه کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر است، کمبود آب به یک بحران جدی تبدیل شده است. بازچرخانی آب می‌تواند تا حدودی این بحران را کاهش دهد. آبیاری فضای سبز شهری یکی از بخش‌های پُرمصرف بوده و اگر بتوان در بخش مدیریت محیط زیست شهری، از بازچرخانی آب غیرمتعارف برای تأمین آبیاری فضای سبز شهری استفاده کرد، گام بزرگی در مسیر مقابله با کمبود آب برداشته می‌شود. اگرچه بازچرخانی آب نقش زیادی در تأمین بودجهٔ آب دارد، اما آب مورد نظر باید دارای استانداردهای لازم نیز باشد و میزان عناصر، شوری و مواد سمّی آن نباید بیشتر از حد مجاز باشد، چون که در صورت بالا بودن عناصر خطرآفرین در آب، استفاده از آن در آبیاری فضای سبز، می‌تواند بر چرخهٔ اکولوژیکی گیاه آسیب بزند و در نهایت موجب مرگ گیاه شود [۶].

در فرایند تصفیهٔ فاضلاب، اکثر نمک‌های معدنی بدون تأثیر از سیستم تصفیهٔ فاضلاب عبور می‌کنند، مگر اینکه از اسمز معکوس به عنوان یکی از فرایندهای تصفیه استفاده شود [۷ و ۸]. از این‌رو، در بیشتر موارد آب بازیافتی مقادیر نسبتاً بالاتری از نمک‌ها، آلاینده‌های شیمیایی و عوامل بیماری‌زا (در آب بازیافتی تصفیه‌شدهٔ ثانویه) را نشان می‌دهد به طور بالقوه برای خاک یا رشد گیاهان مضر هستند و برای محیط زیست و سلامت عمومی خطرآفرین هستند. آب بازیافتی برای آبیاری بر اساس غلظت نیتروژن، فسفر، TDS، BOD5 و سایر آلاینده‌های بالقوه به عنوان استحکام کم، متوسط و بالا طبقه‌بندی می‌شود. انتظار می‌رود که برای طبقهٔ خاصی از قدرت آب بازیافتی، همهٔ اجزا در محدودهٔ داده‌شده قرار گیرند. با این حال، قدرت آب بازیافتی برای استفاده در آبیاری شهری نیز باید با نوع گیاه، تحمل گیاه در برابر آلاینده‌ها، ویژگی‌های سایت، مدیریت سایت مانند تعادل آب برای سایت، اهداف محیط زیستی مرتبط برای هر آب دریافتی، مطابقت داشته باشد. در استرالیا، آب بازیافتی قبل از استفاده در آبیاری شهری، تصفیه می‌شود. داده‌های جمع‌آوری‌شده از آب سیدنی نشان می‌دهد سطوح آلاینده‌های مختلف در آب بازیافتی در محدودهٔ استانداردهای استرالیا برای آبیاری شهری است. برخی از آلاینده‌ها (مانند هدایت الکتریکی و TDS) به طور قابل توجهی بالاتر از استانداردهای آب آشامیدنی هستند [۹].

پیشینهٔ پژوهش

استفاده از آب بازیافتی در آبیاری فضای سبز شهری به عنوان جایگزینی برای استفاده از آب شیرین در سراسر جهان محبوبیت پیدا دارد. در حال حاضر اکثر کشورهای توسعه‌یافته، استفاده از آب بازیافتی را به عنوان شاخص پایداری آب می‌شناسند. استرالیا، بسیاری از کشورهای اروپایی خاورمیانه و مدیترانه و بسیاری از ایالت‌های آمریکا نیز دستورالعمل‌ها یا مقررات استفادهٔ مجدد از آب دارند [۱۰، ۱۱ و ۱۲]. در ایالات متحدهٔ آمریکا، ۴۱ ایالت دستورالعمل‌هایی را برای استفاده از آب بازیافتی برای آبیاری شهری تنظیم کرده‌اند که شامل آبیاری نامحدود و محدود به‌ترتیب در ۲۸ و ۳۴ ایالت است [۱۳]. به طور معمول، تصفیهٔ ثانویه و ضد عفونی حداقل سطح تصفیهٔ مورد نیاز برای آبیاری نامحدود مناظر شهری است. در فلوریدا در سال ۲۰۰۵، حدود ۴۶۲ زمین گلف، که بیش از ۵۶ هزار هکتار زمین را پوشش می‌داد، با آب بازیافتی آبیاری می‌شد. همچنین از آب بازیافتی برای آبیاری باغ‌های ۲۰۱۴۶۵ محل سکونت، ۵۷۲ پارک و ۲۵۱ مدرسه استفاده شد. به گفتهٔ Oliveira و همکاران [۱۴]، در کالیفرنیا، استفاده از آب بازیافتی ۲/۲ برابر (از ۴۰۰ به ۸۶۲ میلی‌متر مکعب در سال) طی دو دهه (از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۹) افزایش یافته است. حدود ۳۷ درصد از آب بازیافتی تولیدی برای مصارف کشاورزی و حدود ۱۷ درصد برای آبیاری چشم‌انداز استفاده می‌شد. در جنوب کالیفرنیا، از آب بازیافتی عمدتاً برای آبیاری زمین‌های گلف و چمن‌ها استفاده می‌شد. یک بررسی

گسترده انجام‌شده توسط Tanji و همکاران [۱۵] نشان می‌دهد به طور متوسط ۲۱ درصد از کل آب بازیافتی برای آبیاری چشم‌انداز استفاده شده است. امکان استفاده از آب بازیافتی در آبیاری چشم‌انداز در مناطق خشک و پُرجمعیت، مانند حوضهٔ لس‌آنجلس وجود دارد. پیشنهاد شد که در حال حاضر آب شیرین مورد استفاده با آب بازیافتی در آبیاری زمین‌های گلف، چمن‌زارها، درختان، درختچه‌ها، پوشش‌های زمینی، تاک‌ها، گیاهان زینتی و گل‌ها جایگزین شود. در کانادا، اگرچه تعداد کمی در مقالات گزارش شده است، اما آب بازیافتی برای آبیاری زمین‌های گلف و زمین‌های شهری در بسیاری از مناطق استفاده می‌شود. CWRS (۱۹۹۹) گزارش داد که بیش از ۲۰۰ زمین گلف از آب بازیافتی برای آبیاری استفاده می‌کردند. آبیاری عمدتاً از آوریل تا اکتبر انجام می‌شد [۱۶]. در زمین‌های گلف آلبرتا، ۱۱۴ تا ۱۵۰ هزار متر مکعب آب بازیافتی در فصل استفاده شد. در بریتیش کلمبیا ۱۵۰ هزار مترمکعب در فصل و در نوا اسکوشیا ۲۵۰ هزارمترمکعب در هر فصل بود. در اروپا، توسعهٔ قابل توجهی در استفاده از آب بازیافتی در خط ساحلی و جزایر مناطق نیمه‌خشک جنوبی و در نواحی شهری مناطق مرطوب شمالی رخ داده است [۱۷]. حدود ۷۰ درصد از فاضلاب تولیدشده در اروپا بازیافت می‌شود. بسیاری از کشورهای اروپایی در حال حاضر ۳۰ درصد یا بیشتر از نیاز آبیاری شهری خود را از آب بازیافتی تأمین می‌کنند.

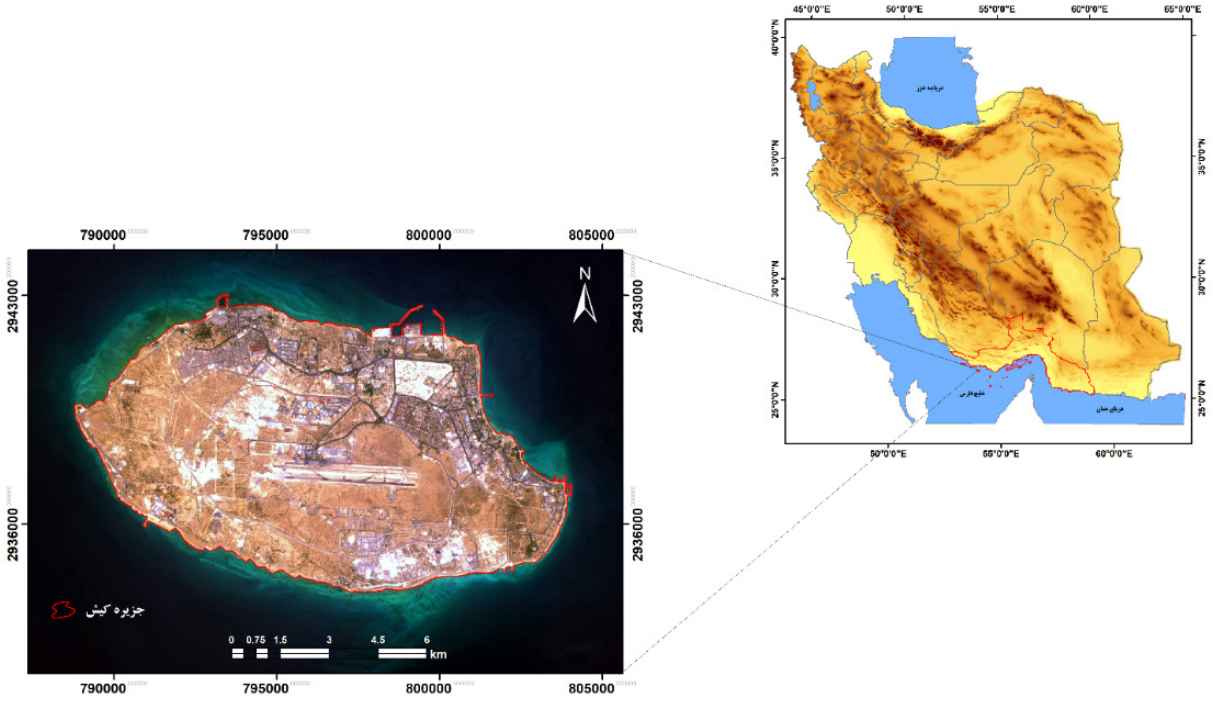
مزیت استفاده از آب بازیافتی برای آبیاری، ارزش غذایی آن شامل نیتروژن (N) و فسفر (P) است. در حالی که Sakadevan و همکاران (۲۰۰۰) افزایش عملکرد مادهٔ خشک را به‌دلیل آبیاری آب بازیافتی گزارش کردند [۱۸] و Toze (۲۰۰۶) افزایش فعالیت متابولیکی میکروارگانیسم خاک را گزارش کرد. پساب ممکن است کود مکمل مورد نیاز برای رشد گیاه باشد [۱۹]. کنترل اوتروفیکاسیون آب‌های سطحی به طور غیرمستقیم با استفاده از آب بازیافتی در آبیاری مرتبط است. تأثیر غیرمستقیم است، زیرا به گونه‌ای مقایسه می‌شود که وقتی آب بازیافتی غنی از مواد مغذی در آب‌های سطحی دفع می‌شود [۲۰]، ممکن است به فرایند اوتروفیکاسیون کمک کند. بنابراین، در مناطق کشاورزی و به‌ویژه در آب‌وهوای خشک، جایگزینی برای تصفیهٔ معمول فاضلاب با حذف بیولوژیکی مواد مغذی، استفادهٔ مجدد از این آب‌ها برای آبیاری خواهد بود. بنابراین حذف مؤثر مواد مغذی از طریق جذب توسط محصولات انجام می‌شود [۲۱]. آب بازیافتی در صورت استفاده به عنوان آب آبیاری، پتانسیل استفاده به عنوان کود را دارد. Fasciolo و همکاران (۲۰۰۲) گزارش داد که متوسط عملکرد محصول سیر آبیاری‌شده با فاضلاب تصفیه‌شده ۱۰ درصد بیشتر از آبیاری شده با آب چاه است [۲۲]. به گفتهٔ Vazquez و همکاران (۱۹۹۶)، زمانی که از آب بازیافتی تصفیه‌شدهٔ ثانویه به جای آب شیرین استفاده شد، عملکرد محصول ذرت ۳۳ درصد افزایش یافت [۲۳]. طبق نظر Sala و Mujeriego (۲۰۰۱)، سهم مواد مغذی در خاک با آب بازیافتی افزایش می‌یابد. هر چه دوز آبیاری بیشتر باشد، با توجه به غلظت خاصی از مواد مغذی، سهم بیشتر خواهد بود. به همین‌دلیل، تولید اطلاعات مکرر در مورد این سهم مواد مغذی طی فصل آبیاری بسیار مهم است، به طوری که کودهای معمولی تنها به عنوان منبع مکمل مواد مغذی در صورتی استفاده می‌شوند که آبیاری نتواند با تمام نیازهای محصول مقابله کند، یا به عنوان منبعی از مواد برای متعادل کردن نسبت بین مواد مغذی باشد [۲۴]. همین مطالعه نشان داد در منطقهٔ کاستا براوا، شمال شرق اسپانیا، جایی که آب بازیافتی برای آبیاری سه زمین گلف تأمین می‌شود، اطلاعاتی در مورد محتوای مواد مغذی موجود در آب بازیافتی به طور کلی هر ماه داده می‌شود، بنابراین کاربران می‌توانند برنامه‌های کوددهی خود را به آنچه در آب آبیاری اعمال می‌شود تطبیق دهند.

با وجود مزایای قابل توجه آب بازیافتی، نگرانی‌های متعددی در رابطه با خطرات محیط زیستی و بهداشتی وجود دارد. اگر به‌درستی مدیریت نشود، رواناب ناشی از آبیاری و رواناب بارندگی از مناطق آبی ممکن است باعث اتروفیکاسیون آب‌های سطحی شود. به دلیل افزایش سطح نمک در آب بازیافتی، خطر شور شدن ناحیهٔ ریشه وجود دارد [۲۵]. برای

استفادهٔ محدود از آب بازیافتی در مناطق تفریحی شهری، باید مراقب بود که از تماس مستقیم انسان جلوگیری شود یا قرار گرفتن در معرض آب بازیافتی در زمان آبیاری محدود شود برای مصارف نامحدود (مانند آبیاری چشم‌انداز پارک‌ها) کیفیت آب بازیافتی باید از درجهٔ مطلوبیت نسبتاً بالایی برخوردار باشد. نمی‌توان از نظرات جامعه استفاده‌کننده از این امکانات تفریحی چشم‌پوشی کرد و باید در برنامهٔ مدیریت استفاده از آب بازیافتی برای آبیاری شهری گنجانده شود. جزیرهٔ کیش با زیرساخت مرجانی در آب‌های خلیج فارس قرار دارد که با نگرش و رویکرد گردشگری در مسیر توسعه قرار گرفته است؛ به این جهت، محیط زیست پاک و جلوگیری از آلودگی اکوسیستم‌های آن در اولویت برنامه‌های محیط زیستی سازمان منطقهٔ آزاد کیش به عنوان نمایندهٔ دولت و متولی جزیره قرار دارد. در جزیرهٔ کیش فاضلاب حاصل از کاربری‌های صنعتی، تجاری و خانگی از طریق خط لوله و ایستگاه‌های پمپاژ به تصفیه‌خانهٔ فاضلاب مرکزی هدایت می‌شود. پساب تصفیه‌شده نیز در اختیار فضای سبز شهری برای آبیاری قرار می‌گیرد. تمام فاضلاب جزیرهٔ کیش به سیستم انتقال متصل است و به دلیل هموار بودن و سطح صاف جزیرهٔ کیش، فاضلاب حرکت ثقلی دارد و انتقال فاضلاب‌ها از طریق ۹ ایستگاه پمپاژ به تصفیه‌خانه انجام می‌شود. سیستم تصفیه‌خانهٔ فاضلاب کیش دارای آشغال‌گیر درشت و ریزدانه، ایستگاه پمپاژ، حوضچهٔ بی‌هوازی و هوادهی، واحد تزریق کُلر و گندزدایی است. این سیستم تصفیه‌خانه با فرایند لجن فعال هوادهی گسترده در حال بهره‌برداری است. با توجه به اهمیت دفع بهداشتی فاضلاب و استفادهٔ سالم و مطمئن از پساب حاصل برای مصارف آبیاری فضای سبز شهری و همچنین تخلیه به آب‌های پذیرنده بدون اینکه تهدیدی برای سلامت جامعه ایجاد شود، مطالعهٔ حاضر با هدف ارزیابی سطح آلودگی آب غیرمتعارف پساب تصفیه‌شدهٔ شهری در آبیاری فضای سبز شهری جزیرهٔ کیش انجام شد.

روش کار (مواد و روش‌ها)

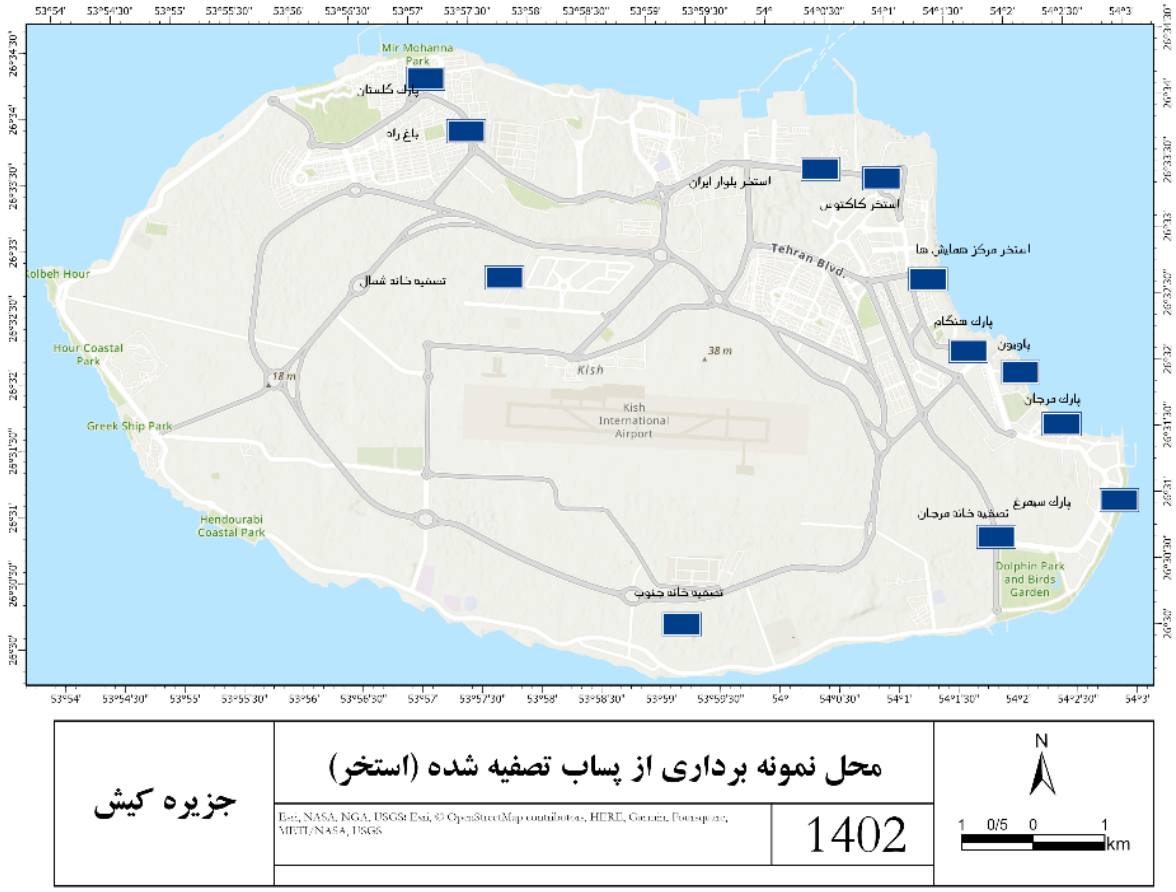
محدودهٔ مورد مطالعه در این پژوهش، جزیرهٔ کیش است که در راستای ارزیابی وضعیت شرایط آب و هواشناسی و ویژگی‌های آب مصرفی در فضای سبز انجام شد. جزیرهٔ کیش جزء استان هرمزگان در جنوب ایران و آب‌های خلیج فارس قرار دارد که مساحت آن تقریباً ۹۰ کیلومترمربع است و حدود ۱۸ کیلومتر با خط ساحلی سرزمین اصلی در جنوب ایران فاصله دارد. این جزیره در ۵۳ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴ دقیقهٔ طول شرقی و ۲۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۲۶ درجه و ۳۵ دقیقهٔ عرض شمالی واقع شده است. طول جزیره ۱۵ کیلومتر در محور شرقی غربی و پهنای آن ۷ کیلومتر در محور شمالی جنوبی است (شکل ۱). جزیرهٔ کیش به شکل تقریباً بیضی محدبی بوده که حداکثر اختلاف ارتفاع آن بین مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقطه حدود ۳۳ متر بوده و به لحاظ ریخت‌شناسی، تاقدیس نسبتاً ملایمی را نشان می‌دهد. راستای جزیره شرقی غربی و ارتفاع آن در وسط جزیره زیاد و با شیب ملایم به طرف ساحل از ارتفاع آن کاسته می‌شود. جزیرهٔ کیش یک جزیرهٔ مرجانی در آب‌های خلیج فارس است که طی سالیان متمادی با رشد مرجان‌ها، سر از آب بیرون آورده و موجب ایجاد پهنهٔ خشکی در خلیج فارس شده است. شرایط اقلیمی، خاک، محل جغرافیایی و سواحل مرجانی جزیرهٔ کیش به توسعهٔ زیستگاه‌های فعال اکولوژیکی در جزیرهٔ کیش منجر شده است که می‌توان به زیستگاه‌های مرجانی، زیستگاه‌های ساحلی، زیستگاه آهوان و جنگل درختچه‌ای کهور اشاره کرد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی جزیرهٔ کیش در آب‌های خلیج فارس، استان هرمزگان، ایران

نمونه‌برداری از مخازن آب

به منظور بررسی ویژگی‌های آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش که از پساب تصفیه‌شدهٔ فاضلاب شهری و آب‌شیرین‌کُن جزیرهٔ کیش تأمین می‌شود، از ۱۲ نقطه از استخرها و تصفیه‌خانه‌های شمال و جنوب جزیرهٔ کیش که برای آبیاری فضای سبز استفاده می‌شود، نمونه‌برداری شد (شکل ۲)؛ به گونه‌ای که از هر نقطه ۳ لیتر آب برداشت شد و نمونه‌ها برای اندازه‌گیری کیفیت آب و پارامترهای فیزیکوشیمیایی پس از کاهش pH و رساندن آن به عدد ۲، به آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران انتقال داده شد و کمتر از ۲۴ ساعت نمونه‌ها به آزمایشگاه رسید و پارامترها به شرح جدول ۱ به تفکیک در هر نمونه اندازه‌گیری شد.



شکل ۲. موقعیت فضایی مخازن آب مورد نیاز در آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش

- میزان pH نمونه‌های پساب با استفاده از دستگاه pH متر رومیزی اندازه‌گیری شد.
- فسفات و نیترات موجود در نمونه‌های پساب، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکدهٔ محیط زیست دانشگاه تهران اندازه‌گیری شد.
- به منظور اندازه‌گیری نسبت جذب سدیم (SAR)، ابتدا غلظت‌های کلسیم، منیزیم و سدیم به روش EDTA و تیتراسیون اندازه‌گیری شد. سپس با جاگذاری غلظت آن‌ها در رابطهٔ ۱ نسبت SAR در آب محاسبه شد:
- (۱)
- در رابطهٔ ۱، غلظت‌های کلسیم، منیزیم و سدیم بر حسب میلی‌اکی‌والانت گرم بر لیتر است.
- هدایت الکتریکی با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.
- آزمایش‌های اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD5)، کل مواد جامد معلق و کل مواد محلول بر اساس روش‌های ارائه شده در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب استفاده شد.

جدول۱، پارامترهای مختلف اندازه‌گیری‌شده در آب مصرفی فضای سبز جزیرهٔ کیش

ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز
۱	پ هاش	-	۸/۵–۶
۲	فسفات	میلی‌گرم در لیتر	۵۰
۳	نیترات	میلی‌گرم در لیتر	۱۳۰
۴	نسبت جذب سدیم (SAR)	-	۱۰
۵	هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس در متر	۷/۵–۲/۵
۶	منیزیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	۸/۲
۷	سدیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-
۸	کلسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-
۹	پتاسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-
۱۰	نیاز بیوشیمیایی اکسیژن (BOD)	پی‌پی‌ام	۳۱
۱۱	نیاز شیمیایی اکسیژن (COD)	پی‌پی‌ام	۱۰۰
۱۲	کل مواد جامد معلق (TSS)	پی‌پی‌ام	۴۰
۱۳	کل مواد محلول (TDS)	پی‌پی‌ام	۴۵۰
۱۴	کربنات	میلی‌گرم در لیتر	۳-۰
۱۵	نسبت کلسیم به منیزیم	-	-

پس از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب تصفیه‌شده در مخازن آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش، هر یک از پارامترها با استانداردهای کیفیت آب ایران مقایسه شد. در ادامه به منظور شناسایی ضعف‌ها و قوت‌ها از لحاظ آبیاری برای توسعهٔ فضای سبز جزیرهٔ کیش، از تابع خوشه‌بندی دندروگرام استفاده شد؛ به گونه‌ای که ابتدا داده‌های مربوط به تمام پارامترهای آب برای هر نقطه وارد نرم‌افزار SPSS شد؛ سپس با تابع Classify و روش خوشه‌بندی Ward با فاصلهٔ اقلیدسی، نقاطی که از لحاظ همهٔ پارامترهای آب شبیه به هم بودند، در یک خوشه قرار گرفتند و تعداد ۳ خوشه از لحاظ مطلوبیت آبیاری فضای سبز برای جزیرهٔ کیش شناسایی شد و نمودار خوشه‌ای دندروگرام برای آن ترسیم شد.

یافته‌ها

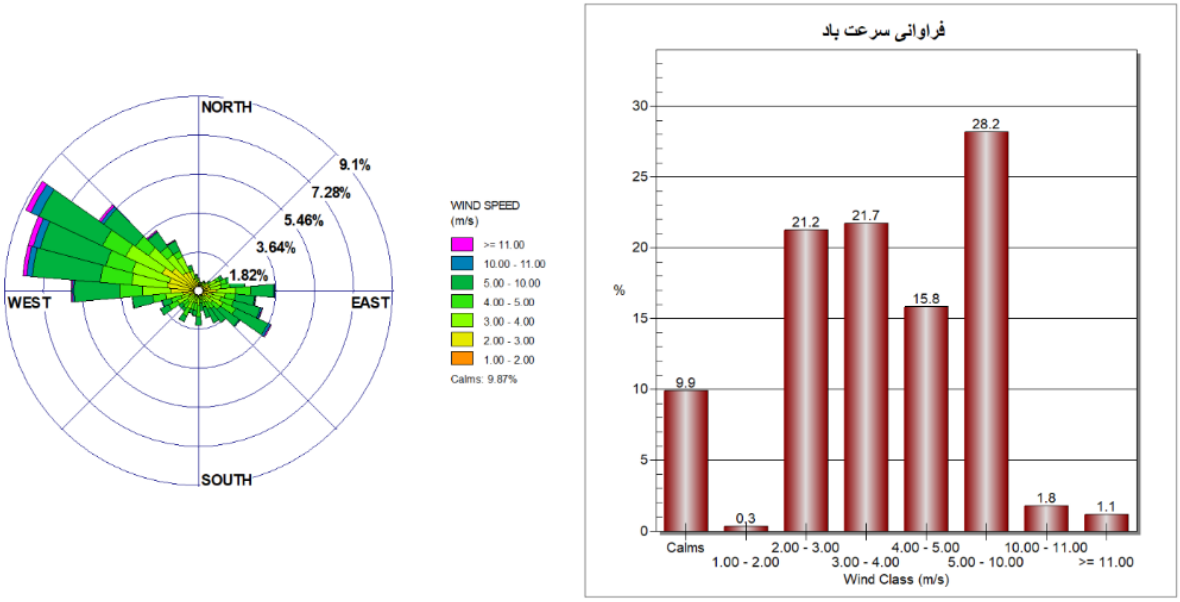
ویژگی‌های هواشناسی جزیرهٔ کیش در جدول ۲ ارائه شده که میانگین هر یک از پارامترها در مقیاس ماهانه و سالانه نشان داده شده است. میزان بارش سالانهٔ جزیرهٔ کیش طی ۲۲ سال گذشته، ۱۲۰ میلی‌متر است که بیشترین بارش‌ها در زمستان و ماه‌های سرد سال شامل نوامبر، دسامبر و ژانویه (آبان، آذر و دی‌ماه) اتفاق می‌افتد. در نیمهٔ دوم بهار تا اواخر تابستان، بارشی رخ نمی‌دهد و نزولات جوی به صفر می‌رسد. میانگین دمای سالانه ۲۷/۱ درجهٔ سلسیوس است و دامنهٔ دما بین ۱۹/۳۴ (ژانویه) تا ۳۴/۰۷ (اوت) است که بیانگر اختلاف دمایی ۱۵ درجهٔ سلسیوس است. رطوبت نسبی هوا به دلیل شرایط جزیره‌ای و بحری جغرافیایی زیاد بوده و بین ۶۳ تا ۷۱ درصد متغیر است که در ماه‌های گرم

تابستان به حداکثر می‌رسد، اما در اواخر زمستان و اوایل بهار رطوبت هوا کاهش می‌یابد. تبخیر و تعرق نیز به‌دلیل بالا بودن دمای هوا و پایین بودن میزان بارش و طولانی بودن ساعت‌های آفتابی طی روز، بالا بوده و جمع سالانهٔ آن ۲۹۸۹ میلی‌متر است که چندین برابر میزان بارش است که برای جبران نیاز آبی گیاهان در جزیرهٔ کیش، باید آبیاری صورت پذیرد. میانگین سرعت باد نیز ۳/۹۳ متر در ثانیه است که در اواخر زمستان و اوایل بهار این سرعت به ۴/۸ متر در ثانیه نیز می‌رسد، اما در تابستان و پاییز سرعت باد کاهش می‌یابد.

جدول ۲. میانگین ماهانهٔ پارامترهای آب‌وهوایی جزیرهٔ کیش طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۲

ردیف	ماه		بارش	میانگین دما	رطوبت نسبی	ساعات آفتابی	تبخیر و تعرق	سرعت باد
			میلی‌متر					
			سلسیوس	درصد	ساعت	میلی‌متر	متر در ثانیه	
۱	ژانویه	دی	۲۲/۲	۱۹/۳۴	۶۵/۲۱	۷/۶	۱۵۰	۳/۸۴
۲	فوریه	بهمن	۱۰/۹	۲۳/۲	۶۷/۳۰	۷/۸	۱۸۰	۴/۴۱
۳	مارس	اسفند	۱۳/۷	۲۲/۴۷	۶۸/۱۱	۷/۶	۲۲۵	۴/۸۲
۴	آوریل	فروردین	۴/۴	۲۶/۲۵	۶۳/۶۱	۸	۲۴۹	۴/۷۸
۵	می	اردیبهشت	۰/۲	۳۰/۰۷	۶۳/۰۷	۱۰/۸	۳۳۰	۴/۵۷
۶	ژوئن	خرداد	۰	۳۲/۱۲	۶۹/۳۶	۱۱	۳۲۴	۳/۹۴
۷	جولای	تیر	۰	۳۲/۹۷	۶۹/۹۷	۹/۸	۳۲۴	۳/۷۴
۸	اوت	مرداد	۰	۳۴/۰۷	۷۱/۱۸	۹/۷	۳۱۵	۳/۵۴
۹	سپتامبر	شهریور	۰	۳۲/۴۹	۷۱/۶۴	۹/۵	۲۴۹	۳/۴۲
۱۰	اکتبر	مهر	۰/۱۹	۲۹/۹۱	۶۶/۱۲	۹/۶	۲۲۸	۳/۱۸
۱۱	نوامبر	آبان	۲۹/۶	۲۵/۶۵	۵۹/۵۳	۸/۷	۲۱۰	۳/۵۳
۱۲	دسامبر	آذر	۳۷/۴	۲۱/۵۵	۶۳/۳۷	۷/۶	۱۱۴	۳/۴۴
۱۳	سالانه		۱۲۰	۲۷/۱	۶۶/۵۴	۸/۹	۲۸۹۸	۳/۹۳

پس از ورود کل داده‌های سمت و سرعت باد به نرم‌افزار wind rose plot، گلباد سالانهٔ کیش ترسیم شد که نشان می‌دهد باد غالب در جزیرهٔ کیش، غربی و شمال غربی است و بیش از ۴۸ درصد از مسیر بادها را به خود اختصاص داده است (شکل ۳).



شکل ۳. گلباد سالانهٔ جزیرهٔ کیش طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲

بادهای آرام سرعتی کمتر از یک متر در ثانیه دارند که در جزیرهٔ کیش طی زمستان و اوایل بهار بادهای آرام به حداقل می‌رسد و نشان‌دهندهٔ تشدید سرعت باد در این زمان از سال است؛ اما در فصل تابستان تا پاییز، بادهای آرام افزایش می‌یابد و نشان می‌دهد سرعت باد در این ماه‌ها کاهش می‌یابد. به طور میانگین نیز حدود ۱۰ درصد از بادها در جزیرهٔ کیش سرعتی کمتر از ۱ متر در ثانیه دارد و به عنوان باد آرام شناخته می‌شود.

غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی پساب

در جزیرهٔ کیش، آب مورد نیاز فضای سبز از طریق پساب تصفیه‌شده در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و همچنین ترکیب آن با آب شیرین‌سازی‌شده از آب‌شیرین‌کُن تأمین می‌شود. البته تعدادی چاه محدود نیز به صورت پراکنده در سطح جزیرهٔ کیش وجود دارد که طی سال‌های اخیر به دلیل خشکسالی‌های قرن بیست‌ویکم، خشک شده و آبدهی آن‌ها کاهش یافته است. در این پژوهش، به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب جزیرهٔ کیش پرداخته شده است (جدول ۳).

جدول ۳. غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مصرفی فضای سبز در نقاط مختلف جزیرهٔ کیش

ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	حداکثر مجاز	تصفیه‌خانهٔ جنوب	پارک مرجان	پاویون	سیمرغ
۱	پ هاش	-	۸/۵–۶	۷/۲۳	۷/۱۱	۷/۰۹	۷/۱۹
۲	فسفات	میلی‌گرم در لیتر	۵۰	۹/۲	۷/۵	۳/۲	۳/۵
۳	نیترات	میلی‌گرم در لیتر	۱۳۰	۱۷/۹	۱۱/۸	۷/۵	۱۲/۳
۴	نسبت جذب سدیم	-	۱۰	۴/۶	۳/۹	۲/۷	۳/۶
۵	هدایت الکتریکی	دسی‌سیمنز در متر	۷/۵–۲/۵	۰/۹۸	۱/۲۱	۰/۱۹	/۱۷
۶	منیزیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	۸/۲	۱/۲۹	۱/۳۹	۱/۰۱	۱/۲۱

۷	سدیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۳/۲	۳/۱	½ ۲/۳/
۸	کلسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۶/۲	۷/۲	۸/۲ ۷/۹
۹	پتاسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۰/۷	۰/۸۶	۰/۹۸ ۰/۷۹
۱۰	نیاز بیوشیمیایی اکسیژن	پی‌پی‌ام	۳۱	۲۹	۳۷	۱۷ ۲۸
۱۱	نیاز شیمیایی اکسیژن	پی‌پی‌ام	۱۰۰	۵۹	۷۷	۲۹ ۶۹
۱۲	کل مواد جامد معلق	پی‌پی‌ام	۴۰	۳۱	۴۵	۲۷ ۳۸
۱۳	کل مواد محلول	پی‌پی‌ام	۴۵۰	۷۱	۸۸	۲۹ ۸۱
۱۴	کربنات	میلی‌گرم در لیتر	۳-۰	۲/۷۵	۲/۹۱	۱/۷۱ ۲/۳۶
۱۵	نسبت کلسیم به منیزیم	-	-	۴/۸	۵/۱۷	۸/۱ ۶/۵

ادامهٔ جدول ۳. غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مصرفی فضای سبز در نقاط مختلف جزیرهٔ کیش

ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	حداکثر مجاز	پارک هنگام	استخر کاکتوس	مرکز همایش‌ها	استخر ایران
۱	پ هاش	-	۸/۵—۶	۷/۶۱	۷/۳۲	۷/۸۹	۷/۳۹
۲	فسفات	میلی‌گرم در لیتر	۵۰	۶/۵	۷/۹	۸/۵	۴/۶
۳	نیترات	میلی‌گرم در لیتر	۱۳۰	۱۶/۵	۱۳/۹	۱۴/۸	۱۱/۲
۴	نسبت جذب سدیم	-	۱۰	۴/۲	۳/۸	۷/۱	۴/۹
۵	هدایت الکتریکی	دسی‌سیمنز در متر	۷/۵—۲/۵	۱/۲۹	۱/۱۱	۰/۹۲	۱/۴
۶	منیزیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	۸/۲	۱/۳۲	۱/۹۹	½	۲/۲۵
۷	سدیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۳/۷۱	۳/۶۹	۳/۸۸	۳/۶۱
۸	کلسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۷/۹۶	۱۱/۷	۷/۲۲	۱۳/۶
۹	پتاسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۰/۶۲	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷
۱۰	نیاز بیوشیمیایی اکسیژن	پی‌پی‌ام	۳۱	۳۴	۳۵	۳۷	۳۶
۱۱	نیاز شیمیایی اکسیژن	پی‌پی‌ام	۱۰۰	۶۷	۷۸	۸۳	۷۹
۱۲	کل مواد جامد معلق	پی‌پی‌ام	۴۰	۴۷	۴۲	۴۹	۴۱
۱۳	کل مواد محلول	پی‌پی‌ام	۴۵۰	۹۷	۸۲	۸۸	۸۱
۱۴	کربنات	میلی‌گرم در لیتر	۳-۰	۲/۳۱	۲/۸۹	۲/۷۳	۲/۸۳
۱۵	نسبت کلسیم به منیزیم	-	-	۶	۵/۸	۶	۶

ادامهٔ جدول ۳. غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب مصرفی فضای سبز در نقاط مختلف جزیرهٔ کیش

ردیف	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	حداکثر مجاز	باغ راه	استخر گلستان	بلوار گردشگر	تصفیه‌خانهٔ شمال
۱	پ هاش	-	۸/۵–۶	۷/۱۷	۷/۴۲	۷/۸۱	۷/۱۹
۲	فسفات	میلی‌گرم در لیتر	۵۰	۹/۵	۱۰/۲	۸/۵	۳/۱
۳	نیترات	میلی‌گرم در لیتر	۱۳۰	۱۱/۵	۱۱/۵	۱۳/۲	۱۷/۸
۴	نسبت جذب سدیم	-	۱۰	۵/۹	۶/۸	۵/۸۵	۷/۱
۵	هدایت الکتریکی	دسی‌سیمنز در متر	۷/۵–۲/۵	۱/۸۹	۱/۷۳	۱/۰۳	۰/۹۷
۶	منیزیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	۸/۲	۲/۲۹	۲/۱۱	۱/۰۹	۱/۷۱
۷	سدیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۴/۶	۴/۹	۳/۶۹	۳/۷۲
۸	کلسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۱۱/۹	۱۷/۳	۲۱/۲	۳/۹
۹	پتاسیم	میلی‌اکی‌والانت در لیتر	-	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۷	۰/۷۲
۱۰	نیاز بیوشیمیایی اکسیژن	پی‌پی‌ام	۳۱	۳۸	۳۹	۳۰	۲۱
۱۱	نیاز شیمیایی اکسیژن	پی‌پی‌ام	۱۰۰	۸۸	۹۲	۶۹	۵۲
۱۲	کل مواد جامد معلق	پی‌پی‌ام	۴۰	۴۸	۴۹	۳۷	۲۹
۱۳	کل مواد محلول	پی‌پی‌ام	۴۵۰	۹۷	۹۳	۸۳	۷۲
۱۴	کربنات	میلی‌گرم در لیتر	۳-۰	۲/۹۷	۳/۹	۲/۷۸	۲/۴۱
۱۵	نسبت کلسیم به منیزیم	-	-	۵/۲	۸/۱	۱۹/۴	۲/۳

pH

pH آب تأثیر بسیار مهمی در بهره‌وری و راندمان پوشش گیاهی دارد. در واقع pH نشان‌دهندهٔ میزان اسیدی آب است که محدودهٔ آن بین ۱ تا ۱۴ است. pH ۷ در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد از لحاظ شیمیایی، خنثی بودن pH و آب را نشان می‌دهد. اگرچه حد مطلوب pH برای آبیاری فضای سبز بین ۶ تا ۸/۵ است، اما حد بهینهٔ آن ۷ تا ۷/۵ است. در نقاط نمونه‌برداری‌شده از آب‌های مصرفی فضای سبز جزیرهٔ کیش، بیشترین pH مربوط به استخر همایش و استخر بلوار گردشگر است که بیش از ۷/۵ است، اما میزان قلیائیت آن در حد مطلوب قرار دارد و قلیائیت آن نمی‌تواند بر گیاهان آسیب بزند. کمترین pH نیز در پارک مرجان و پاویون مشاهده شد که حدود ۷/۱ است و تقریباً قلیائیت آن‌ها خنثی است و بهترین حالت pH را دارد. بنابراین منابع آب مصرفی جزیرهٔ کیش از لحاظ محلول‌های قلیایی و pH در حد مطلوب قرار دارد.

فسفات و نیترات

نیترات و فسفات دو ترکیب بسیار مهمی هستند که از طریق کودهای کشاورزی و مواد مصرفی خانگی و صنعتی ایجاد و وارد فاضلاب می‌شوند که موجب آلودگی محیط از جمله منابع آب می‌شوند. اگرچه غلظت مجاز تخلیهٔ فسفر به

محیط ۰/۱ تا ۲ میلی گرم در لیتر است، اما حداکثر مجاز آن در سازمان حفاظت محیط زیست ایران ۵۰ میلی گرم در لیتر برای کاربرد پساب‌ها و آب‌های برگشتی در آبیاری فضای سبز است. اندازه‌گیری فسفات‌ها در آب مصرفی فضای سبز جزیرهٔ کیش نشان داد غلظت این عنصر کمتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر است و فقط در استخر پارک گلستان غلظت آن ۱۰/۲ میلی گرم در لیتر است. این مطالعه نشان می‌دهد آب‌های مصرفی در آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش از لحاظ غلظت فسفات پایین‌تر از حداکثر مجاز استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد؛ اما بر اساس استانداردهای بین‌المللی و نگاه اکولوژیست‌ها، فسفات بیشتر از ۲ میلی گرم در لیتر می‌تواند بر اکوسیستم‌ها آسیب وارد کند. بر اساس استانداردهای جهانی، میزان فسفات در مخازن آب مصرفی فضای سبز کیش زیاد بوده و مستلزم مدیریت آن به‌ویژه در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است که بیشترین حجم آب از آن‌ها تولید می‌شود که در تصفیهٔ بیولوژیکی نیازمند مدیریت فسفات و نیترات موجود در آب است.

نسبت جذب سدیم

برای ارزیابی وضعیت سدیم در آب، معمولاً از چند شاخص مهم استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن نسبت جذب سدیم (SAR) است. از آنجا که در خاک‌های مناطق خشک و پساب‌های برگشتی، سدیم، کلسیم و منیزیم یون‌های غالب تبادلی هستند، از SAR به عنوان شاخص مؤثر در ارزیابی خطر بالقوهٔ سدیم یاد شده است. نسبت مقدار سدیم به مقدار کاتیون‌ها در آب می‌تواند بر رشد گیاهان مؤثر باشد. تأثیرات مستقیم آن به دلیل انباشت آن در گیاه است. بر اثر عبور آب با غلظت سدیم ۱۲۰ پی‌پی‌ام از خاک، آثار آن روی گیاه ظاهر می‌شود. میزان SAR در آب‌های مصرفی فضای سبز کیش کمتر از ۸ است. بر اثر استفاده از پساب به مدت ۲ سال، نسبت جذب سدیم خاک افزایش می‌یابد. بیشترین نسبت جذب سدیم در استخر مرکز همایش‌ها و تصفیه‌خانهٔ شمال و همچنین استخر پارک گلستان بود، اما میزان آن در پاویون، پارک مرجان، سیمرغ و استخر کاکتوس کمتر از ۴ بوده و بیانگر مطلوب بودن آب این مخازن برای آبیاری فضای سبز کیش است؛ اما مخازن آب مرکز همایش‌ها و تصفیه‌خانهٔ شمال مستلزم مدیریت بیشتر است، چون استفادهٔ درازمدت از این پساب می‌تواند به شور شدن خاک جزیرهٔ کیش منجر شود.

هدایت الکتریکی

حد مجاز هدایت الکتریکی (EC) در آب برای آبیاری فضای سبز تا ۷/۵ دسی‌سیمنز بر متر است که در تمام منابع آب مصرفی فضای سبز جزیرهٔ کیش، هدایت الکتریکی کمتر از ۲ دسی‌سیمنز بر متر است و نشان می‌دهد پایین‌تر از حد مجاز است؛ اما استفادهٔ طولانی‌مدت از آب با EC ۱ تا ۲ می‌تواند موجب شور شدن خاک و به خطر افتادن سلامت گیاه شود. در جزیرهٔ کیش، بیشترین EC مربوط به باغ راه و پارک گلستان است که بیشتر از ۱/۶ دسی‌سیمنز بر متر بوده و می‌تواند خطر شوری برای خاک و فضای سبز این مناطق داشته باشد؛ اما در پاویون و سیمرغ مقدار EC کمتر از ۰/۲ بوده که نشان می‌دهد آب این نواحی از لحاظ شوری برای فضای سبز مناسب است. ترکیب شیمیایی آب آبیاری و خاک بر یکدیگر اثرات متقابل دارند و درمجموع بر جذب و انتقال آب و عناصر غذایی توسط گیاه اثر می‌گذارند. در بیشتر آب‌های شور کاتیون‌های غالب شامل سدیم، کلسیم، منیزیم و آنیون‌های غالب شامل کلر و فسفات است. جدا از تغییر در ترکیب شیمیایی، ارتباطی نیز بین شوری و نسبت کاتیون‌ها در آب‌ها وجود دارد. نسبت سدیم به مجموع کلسیم و منیزیم (SAR) در آب و یا عصارهٔ خاک از معروف‌ترین و پُرکاربردترین این نسبت‌هاست. نسبت کلسیم به منیزیم از جمله شاخص‌های کیفی آب است که مستقل از سطح شوری می‌تواند بر شرایط فیزیکی خاک و جذب عناصر

تأثیر داشته باشد. نسبت کلسیم به منیزیم کوچک‌تر از یک و یا منیزیم تبادلی بالاتر از ۲۵ درصد، به اندازهٔ کافی برای کاهش کیفیت خاک و عملکرد محصول زیاد در نظر گرفته می‌شوند؛ اما در آب آبیاری فضای سبز کیش، نسبت کلسیم به منیزیم بیشتر از یک است و بیانگر این است که آب مصرفی فضای سبز جزیرهٔ کیش از لحاظ کیفیت کاتیون‌ها مطلوب است.

پتاسیم

پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد و تغذیهٔ گیاه است که هر چه مقدار آن بیشتر باشد، مفیدتر است. مقدار پتاسیم در آب‌های آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش بین ۰/۶ تا ۱ میلی‌اکی‌والانت است.

نیازهای بیوشیمیایی و شیمیایی اکسیژن

شاخص BOD یکی از پارامترهای مهم کیفی آب است که حد مجاز آن برای آبیاری ۳۱ است؛ هر چه مقدار آن افزایش یابد، کیفیت آب کاهش می‌یابد. اگر BOD کم باشد آب پاک و فاقد ارگانیسم است یا آنکه ارگانیزم‌های داخل آب مُرده و نیازی به مصرف اکسیژن ندارند. BOD مقدار اکسیژن لازم برای ثبات بیولوژیکی در آب است. اندازهٔ تأسیسات تصفیهٔ بیولوژیکی به‌خصوص میزان هوادهی فاضلاب در حوضچه‌های هوادهی را می‌توان با اندازهٔ BOD محاسبه کرد. اگر BOD آبی یک باشد تقریباً آب خالص است. آب با BOD تا ۵ پی‌پی‌ام نسبتاً خالص فرض می‌شود و وقتی که BOD به بیشتر از ۵ پی‌پی‌ام برسد خلوص آب مورد تردید قرار می‌گیرد؛ اما اگر مقدار BOD از ۲۰ پی‌پی‌ام تجاوز کند، سلامت عمومی مورد خطر واقع می‌شود. در استاندارد سازمان محیط زیست، مقدار BOD برای آبیاری ۳۱ است، اما از ۱۲ مخزن آب آبیاری فضای سبز کیش، ۷ مخزن آن شامل پارک مرجان، هنگام، استخر کاکتوس، استخر مرکز همایش‌ها، استخر ایران، باغ راه و استخر پارک گلستان غلظت BOD بیشتر از حد استاندارد است که یک خطر زیستی برای محیط زیست محسوب می‌شود؛ اما نیاز شیمیایی اکسیژن (COD) که حد مجاز آن ۱۰۰ است، در منابع آب جزیرهٔ کیش کمتر از حد استاندارد است و مشکلی برای فضای سبز پیش نمی‌آورد.

کل مواد جامد معلق

آلاینده‌های موجود در فاضلاب‌های تولیدشده در بخش‌های مختلف مسکونی و صنعتی تنوع زیادی دارند، به طوری که انواع مواد آلی و غیر آلی، مواد شیمیایی، چربی و ذرات جامد در اندازه‌های مختلف در فاضلاب‌ها وجود دارد. هر یک از انواع آلاینده‌ها با توجه به نوع فاضلاب و محیطی که تولید شده‌اند، مقادیر متفاوتی دارند. در اغلب پساب‌ها ذرات جامد معلق به تعداد زیاد وجود دارد که از نظر اندازه با هم متفاوت هستند. به کلیهٔ ذرات جامد معلق که اندازهٔ آن‌ها بیشتر از ۲ میکرومتر بوده و امکان عبور از فیلترها را نداشته باشند، TSS گفته می‌شود. مقدار TSS آب آبیاری فضای سبز کیش اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد در ۷ نقطه غلظت TSS بیشتر از حد استاندارد (۴۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود که این نقاط شامل: پارک مرجان، پارک هنگام، استخر کاکتوس، مرکز همایش‌ها، استخر ایران، باغ راه و پارک گلستان بود. بنابراین برای کاهش آلودگی و بهبود کیفیت آب آبیاری فضای سبزی که از این مخازن استفاده می‌کند، نیاز است تا مقدار TSS آب کاهش یابد.

کل مواد محلول

منظور از کل مواد محلول در آب (TDS) برابر مجموع غلظت همهٔ یون‌های موجود در آب است. مواد محلول در آب

ممکن است از نظر ماهیت آلی یا معدنی باشند. کل جامدات محلول در آب TDS را نمی‌توان به عنوان معیار اصلی مشخص کنندهٔ کیفیت آب در نظر گرفت و بیشتر درجهٔ شفافیت آب را مشخص می‌کند. حد استاندارد TDS در آب آبیاری ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است که در مخازن آب آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش، مقدار آن بسیار کمتر از حد استاندارد بوده و حتی کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است و مشکلی برای گیاهان ایجاد نمی‌کند.

پس از محاسبهٔ غلظت پارامترهای آب در مخازن آبیاری فضای سبز شهری جزیرهٔ کیش، همبستگی بین پارامترها نیز محاسبه شد (جدول ۴). نتایج این روابط نشان می‌دهد غلظت هدایت الکتریکی (EC) با عناصر منیزیم و سدیم ارتباط زیادی دارد و همبستگی آن‌ها نیز مثبت است و بیان می‌کند که با افزایش کاتیون‌ها و سدیم در آب، میزان شوری آب نیز افزایش می‌یابد. سدیم با فسفات، نسبت جذب سدیم (SAR)، هدایت الکتریکی و همچنین منیزیم رابطهٔ مثبت و معناداری دارد و نشان می‌دهد با افزایش سدیم، SAR و هدایت الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. همچنین سدیم با شاخص‌های TSS، COD، BOD و TDS نیز رابطهٔ مثبت و معناداری دارد و افزایش آن به افزایش این شاخص‌ها منجر می‌شود که مطلوبیت آب را کاهش می‌دهند. شاخص BOD با هدایت الکتریکی، سدیم و فسفات همبستگی مثبتی دارد که نشان می‌دهد افزایش شوری به افزایش BOD و COD منجر می‌شود که کیفیت آب را کاهش می‌دهد.

جدول ۴. ضریب همبستگی بین پارامترهای آب در نقاط مختلف جزیرهٔ کیش

	PH	PO4	NO3	SAR	EC	Mg	Na	Ca	K	BOD	COD	TSS	TDS	Carbonate
PH														
PO4	0.39													
NO3	0.27	0.15												
SAR	047	0.37	0.38											
EC	0.15	*0.66	0.12	0.50										
Mg	-0.21	0.24	0.09	0.31	*0.75									
Na	0.39	*0.68	0.34	*0.75	*0.88	*0.65								
Ca	0.41	0.44	-0.37	0.20	0.39	0.27	0.39							
K	-0.4	0.12	*-0.7	0.07	0035	0.14	0.09	0.115						
BOD	0.35	*0.71	0.019	0.29	*0.74	0.52	*0.73	0.36	0.009					
COD	0.34	*0.66	0.035	0.45	*0.72	*0.59	*0.80	0.42	0.03	*0.95				
TSS	0.41	*0.60	-0.06	0.30	*0.64	0.40	*0.67	0.29	0.10	*0.92	*0.88			
TDS	0.39	0.57	0.35	0.45	*0.7	0.42	*0.81	0.26	-0.27	*0.84	*0.88	*0.82		
Carbonate	0.18	*0.74	0.039	0.53	*0.75	*0.61	*081	0.53	0.20	*0.76	*0.83	*0.62	*0.65	

***: این علامت به معنای معناداری در سطح ۵ درصد است.**

بحث و نتیجه‌گیری

آب‌های سطحی در شرایط طبیعی دارای مقدار معینی فسفر در حد نیاز سیستم‌های اکولوژیکی هستند. ورود پساب صنعتی و خانگی حاوی مقدار زیاد فسفر به آب‌های سطحی می‌تواند باعث ایجاد آلودگی در سیستم‌های آبی شود. مقدار متوسط فسفر در فاضلاب‌های شهری برابر با ۴ تا ۱۴ میلی‌گرم در لیتر است. استاندارد تخلیهٔ فسفر برای پساب خروجی تصفیه‌خانه از ۰/۱ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر است. فسفات‌ها از عوامل اصلی ایجادکنندهٔ پدیدهٔ اوتریفیکاسیون در منابع آبی هستند. به این ترتیب که فسفر به همراه نیتروژن یکی از ریزمغذی‌های ضروری برای رشد جلبک‌های فتوسنتتیک و سیانوباکتری‌ها است. افزایش فسفات در آب‌های سطحی رشد ارگانیسم‌های وابسته به فسفر مانند خزهٔ دریایی و عدس آبی را زیاد می‌کند و از ورود نور خورشید به داخل آب جلوگیری می‌کند. این انباشتگی باعث می‌شود

که آب برای دیگر موجودات غیرقابل زندگی شود. به همین دلیل، حذف فسفر از فاضلاب‌های شهری و صنعتی از نظر حفظ کیفیت منابع آب پذیرنده حائز اهمیت است و جزء فرایند تصفیهٔ پیشرفتهٔ فاضلاب به حساب می‌آید [۲۶]. اگرچه غلظت مجاز تخلیهٔ فسفر به محیط ۰/۱ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر است، اما حداکثر مجاز آن در سازمان حفاظت محیط زیست ایران ۵۰ میلی‌گرم در لیتر برای کاربرد پساب‌ها و آب‌های برگشتی در آبیاری فضای سبز است. اگر بر اساس استاندارد فائو محاسبه شود، غلظت فسفر در آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش زیاد است و در تمام مخازن بیش از حد استاندارد فائو است. فاضلاب از فرآیندهای مختلف صنعتی، شهری و کشاورزی منشأ می‌گیرد و حاوی منابع نیتروژن مختلفی مانند نیترات، آمونیوم، نیتریت و فسفات مانند منابع معدنی و آلی است. تخلیهٔ نیترات و فسفات بالا به اکوسیستم یا آب‌های مجاور می‌تواند باعث اتروفیکاسیون شود که اکوسیستم آبی را از تعادل خارج می‌کند. علاوه بر این، بلع این آلاینده‌ها می‌تواند باعث ایجاد سمیت و بیماری شدید برای انسان و حیوانات شود [۲۷]. بنابراین، از منظر محیط زیستی و اجتماعی، درمان آن بدون تأثیر منفی بر اکوسیستم ضروری است. وجود فسفات زیاد در آب‌های مورد استفاده در آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش، موجب رشد ریزجلبک‌ها و میکروارگانیسم‌های ترکیبی و بنیادی می‌شود که می‌تواند برای آبیاری فضای سبز مضر باشد.

هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) بیانگر میزان دسترسی به آب و مواد مغذی خاک است. اگر غلظت این دو بالا باشد، نشان‌دهندهٔ بالا بودن غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های آب و خاک است. اگر SAR در آب بالا باشد، به‌سرعت در خاک نیز افزایش می‌یابد و باعث می‌شود که ریشه نتواند آب را جذب کند و موجب تنش در گیاه می‌شود. یون‌های سدیم زیاد در آب بر نفوذپذیری خاک تأثیر می‌گذارد و باعث ایجاد مشکلاتی در نفوذ می‌شود؛ به این دلیل که وقتی سدیم در خاک به صورت تبادلی وجود داشته باشد، جایگزین کلسیم و منیزیم جذب‌شده در خاک رس و نیز باعث پراکندگی ذرات خاک می‌شود (یعنی اگر کلسیم و منیزیم کاتیون‌های غالب باشند که در مجتمع تبادل خاک جذب می‌شوند، خاک به‌راحتی جذب می‌شود). این پراکندگی به تجزیهٔ خاکدانه‌ها منجر می‌شود. خاک هنگام خشک شدن سخت و فشرده می‌شود و میزان نفوذ آب‌وهوا به خاک را کاهش می‌دهد که بر ساختار آن تأثیر می‌گذارد. این مشکل همچنین با عوامل متعددی مانند میزان شوری و نوع خاک مرتبط است. به عنوان مثال، خاک‌های شنی ممکن است به‌آسانی به اندازهٔ سایر خاک‌های سنگین‌تر هنگامی که با آب SAR بالا آبیاری می‌شوند آسیب نبینند. غلظت بالای سدیم زمانی مشکل‌ساز می‌شود که میزان نفوذ به حدی کاهش یابد که محصول آب کافی در دسترس نداشته باشد یا زمانی که هدایت هیدرولیکی پروفیل خاک برای ایجاد زه‌کشی کافی کم باشد. سایر مشکلاتی که بر اثر افزایش سدیم برای محصول ایجاد می‌شود، تشکیل بستر بذر، اشباع موقت خاک سطحی، pH بالا و افزایش پتانسیل بیماری‌ها، علف‌های هرز، فرسایش خاک، کمبود اکسیژن و کمبود مواد مغذی است [۲۸]. آب بازیافتی می‌تواند منبع سدیم اضافی در خاک در مقایسه با سایر کاتیون‌ها (کلسیم، پتاسیم، منیزیم) باشد و بنابراین باید به طور مناسب کنترل شود. در مخازن آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش، غلظت SAR عمدتاً بیش از ۳ است که می‌تواند موجب افزایش آن در خاک شود که این اتفاق در جزیرهٔ کیش افتاده است.

میزان EC مجاز آب به این دلیل مهم است که تأثیر مستقیم روی حاصل‌خیزی خاک دارد؛ در واقع میزان EC مناسب آب نشان‌دهندهٔ میزان دسترسی به مواد مغذی خاک و آب کشاورزی است. میزان EC بالا به این معناست که کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک و آب بالاست. بعضی از کاتیون‌ها و آنیون‌ها تا حدی برای گیاهان مفیدند، ولی نباید میزان آن از حد معینی بالاتر رود، زیرا جذب بیش از حد مواد مغذی به گیاه آسیب می‌رساند. بالا بودن EC آب موجب می‌شود که به ناحیهٔ ریشهٔ گیاه فشار اسمزی وارد شود. در این حالت جذب آب توسط ریشه را مختل می‌کند. بالا بودن EC آب آبیاری،

در صورت نرمال بودن EC خاک، املاح خاک را افزایش داده و در مقابل کیفیت خاک را پایین می‌آورد. این امر به غلظت، تحرک و ظرفیت الکتریکی یون‌های موجود در محلول و نیز به دمای محلول بستگی دارد. محلول‌های دارای ترکیبات معدنی از رسانندگی خوب و محلول‌های دارای ترکیبات آلی از رسانندگی ضعیفی برخوردارند [۲۹]. علت این پدیده آن است که اکثر ترکیبات معدنی در آب تفکیک و به اتم‌ها یا مولکول‌های یونیزه تبدیل می‌شوند. شوری و سدیمی بودن آب و خاک که با EC و SAR نشان داده می‌شوند، در آب‌های مورد استفاده در آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش تقریباً مطلوب است، اما برای درازمدت می‌تواند موجب شور شدن خاک جزیره شود.

BOD شاخصی برای ارزیابی کیفیت آب مورد استفاده است که باید غلظت آن کمتر از ۳۱ باشد. اگر BOD در آب بیشتر از ۲۰ باشد، سلامت عمومی به خطر می‌افتد و بیشتر از ۳۱ آن آب آلوده است. این مطالعه نشان داد BOD پساب تصفیه‌شده در مخازن آب برای آبیاری فضای سبز کیش، بیش از ۳۱ است و این آب از لحاظ شاخص کیفی آلوده است. فاضلاب صنعتی طیور نیز BOD بیشتر از ۵۰ دارد و اگرچه مواد مغذی زیادی دارد، اما بالا بودن BOD آن بیانگر آلودگی آن آب است و نمی‌تواند برای آبیاری درختان زیتون استفاده شود، ولی اگر تصفیهٔ آن بهبود یابد و شاخص‌های کیفی آب به حد استاندارد برسد، قابلیت استفاده در آبیاری درختان را دارد [۳۰].

در حال حاضر، آب مصرفی فضای سبز شهری جزیرهٔ کیش، عمدتاً از پساب تصفیهٔ فاضلاب شهری و همچنین ترکیب آن با آب شیرین صورت می‌گیرد و پس از انتقال آن به مخازن اصلی، با شبکهٔ لوله‌های مختلف به صورت قطره‌ای، بارانی و سطحی (شیلنگ دستی) آبیاری انجام می‌شود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این آب عمدتاً در حد مطلوب قرار دارد، تنها در چند نقطه مانند پارک گلستان، پساب تصفیه‌شدهٔ خروجی از تصفیه‌خانه‌ها باید کنترل شود و EC آب و همچنین BOD و COD و همچنین غلظت مواد جامد معلق بالاتر از حد استاندارد است و باید کنترل شود. توسعهٔ فضای سبز جزیرهٔ کیش تقریباً از دههٔ ۱۳۷۰ شمسی آغاز شده و تا به امروز ادامه دارد. گونه‌های مختلف گیاهی آن در قالب درخت، درختچه، پرچین، چمن‌های پوششی، نخل و گل‌های فصلی طبقه‌بندی شده و مجموع آن تقریباً ۶۰ گونه گیاهی در این جزیره کاشته شده که عمدهٔ این گونه‌ها بومی اقلیم گرم و مرطوب ایرانی pH تورانی است. جزیرهٔ کیش دارای اقلیم گرم و خشک با میزان تبخیر و تعرق سالانه بیش از ۳ هزار میلی‌متر است؛ اما بارش آن ۱۲۰ میلی‌متر در سال است، پس باید برای مدیریت فضای سبز از آب موجود استفاده کرد. علاوه بر مدیریت آب نیاز است که گونه‌های گیاهی مقاوم به تنش خشکی و کم‌آبی برای توسعهٔ فضای سبز جزیرهٔ کیش کاشته شود. اگرچه منظر سیما و کالبد شهری نیز یکی از عوامل مهم در انتخاب گونه‌های گیاهی است، اما مقاومت گونه‌های درختی و درختچه‌ای به کم‌آبی و پسابی که پس از تصفیه در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد، در اولویت توسعهٔ فضای سبز قرار دارد. با توجه به اینکه مخازن آب برای آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش، عمدتاً از پساب تصفیه‌شده پُر می‌شود و این پساب در بعضی پارامترها آلوده محسوب می‌شود، نیاز است که یک برنامهٔ زمانی پایش آب برای تمام استخرها (مخازن) در نظر گرفته شود و با بررسی سطح آلایندگی پساب، راه‌حل‌هایی برای کاهش سطح آلودگی آن لحاظ شود.

پیشنهادها

با توجه به وضعیت کیفی مخازن آبیاری فضای سبز جزیرهٔ کیش که عمدتاً از پساب تصفیه‌شدهٔ فاضلاب استفاده می‌شود، پیشنهاد می‌شود که با استفاده از روش‌های شیمیایی به‌ویژه در تصفیه‌خانهٔ فاضلاب، سطح عناصر شوری و آلودگی پساب کاهش داده شود. همچنین برای تکمیل مخازن آب، نسبت آب حاصل از آب‌شیرین‌کُن به پساب افزایش یابد تا سطح شوری و آلودگی آبی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، کاهش یابد.

منابع

[1] Anjum, M. S., Ali, S. M., Subhani, M. A., Anwar, M. N., Nizami, A. S., Ashraf, U., & Khokhar, M. F. An emerged challenge of air pollution and ever-increasing particulate matter in Pakistan; a critical review. Journal of Hazardous Materials, 2021, 402, 123943.

[2] Shoushtarian, F., & Negahban-Azar, M. Worldwide regulations and guidelines for agricultural water reuse: a critical review. Water, 2020, 12(4), 971.

[3] Jiménez, B. Irrigation in developing countries using wastewater. International Review for Environmental Strategies, 2006, 6(2), 229-250.

[4] Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P. G., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P. S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. Agricultural water management, 2010, 97(4), 561-568.

[5] Tahir, M. B., Tufail, S., Ahmad, A., Rafique, M., Iqbal, T., Abrar, M.,... & Ijaz, M. Semiconductor nanomaterials for the detoxification of dyes in real wastewater under visible-light photocatalysis. International Journal of environmental analytical chemistry, 2021, 101(12), 1735-1749.

[6] Karimidastenaei, Z., Avellán, T., Sadegh, M., Kløve, B., & Haghighi, A. T. Unconventional water resources: Global opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*, 2022, *827*, 154429.

[7] Aiello, R., Cirelli, G. L., & Consoli, S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: a case study in Sicily (Italy). Agricultural water management, 2023, ۹۳(۱-۲), ۶۵-۷۲.

[8] Rebhun, M. Desalination of reclaimed wastewater to prevent salinization of soils and groundwater. Desalination, 2004, 160(2), 143-149.

[9] Anderson, J. The environmental benefits of water recycling and reuse. Water Science and Technology: Water Supply, 2003, 3(4), 1-10.

[10] Angelakis, A. N., & Gikas, P. Water reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis on EU states. Water Utility Journal, 2014, 8(67), e78.

[11] Exall, K. A review of water reuse and recycling, with reference to Canadian practice and potential: 2. Applications. Water Quality Research Journal, 2004, 39(1), 13-28.

[12] Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T., & Zahoor, A. Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. Agricultural Water Management, 2013, 130, 1-13.

[13] Feigin, I. Ravina and J. Shalhevet, Berlin: Springer-Verlag, pp. 224, DM 228.00, ISBN 3-540-50804-X. Experimental Agriculture, 1991, 28(2), 241-241.

[14] Oliveira, G. A., Colares, G. S., Lutterbeck, C. A., Dell'Osbel, N., Machado, Ê. L., & Rodrigues, L. R. Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. Science of The Total Environment, 2021, 773, 145609.

[15] Tanji, K., Grattan, S., Grieve, C., Harivandi, A., Rollins, L., Shaw, D., & Wu, L. Salt management guide for landscape irrigation with recycled water in coastal Southern California. A Comprehensive Literature Review. University of California–Davis, USA, 2015.

[16] CWRS (Centre for Water Resources Studies) Reuse of renovated municipal wastewater for

golf course irrigation. Prepared for PEI Department of Technology and Environment. CWRS Internal Report No. 1999, 99–11. Dalhousie University, Halifax.

[17] Bixio, D., Thoeye, C., De Koning, J., Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T., & Melin, T. Wastewater reuse in Europe. Desalination, 2006, 187(1-3), 89-101.

[18] Sakadevan, K., Maheshwari, B. L., & Bavor, H. J. Availability of nitrogen and phosphorus under recycled water irrigation. Soil Research, 2000, 38(3), 653-664.

[19] Toze, S. Reuse of effluent water—benefits and risks. Agricultural water management, 2000, ۸۰(۱-۳), ۱۴۷-۱۵۹.

[20] Greenway, M. The role of constructed wetlands in secondary effluent treatment and water reuse in subtropical and arid Australia. Ecological engineering, 2005, ۲۵(۵), ۵۰۱-۵۰۹.

[21] Sala, L., & Mujeriego, R. Cultural eutrophication control through water reuse. Water science and technology, 2001, 43(10), 109-116.

[22] Fasciolo, G. E., Meca, M. I., Gabriel, E., & Morabito, J. Effects on crops of irrigation with treated municipal wastewaters. Water science and technology, 2002, 45(1), 133-138.

[23] Vazquez-Montiel, O., Horan, N. J., & Mara, D. D. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. Water Science and Technology, 1996, 33(10-11), 355-362.

[24] Sala, L., & Mujeriego, R. Cultural eutrophication control through water reuse. Water science and technology, 2001, 43(10), 109-116.

[25] Rahman MM, Hagare D, Maheshwari B. Bayesian Belief Network analysis of soil salinity in a periurban agricultural field irrigated with recycled water. Agric Water Manag, 2016.

[26] Silva, T. L., Morales-Torres, S., Castro-Silva, S., Figueiredo, J. L., & Silva, A. M. An overview on exploration and environmental impact of unconventional gas sources and treatment options for produced water. *Journal of environmental management*, 2017, *200*, 511-529.

[27] Goswami, R. K., Agrawal, K., & Verma, P. Phycoremediation of nitrogen and phosphate from wastewater using Picochlorum sp.: A tenable approach. Journal of Basic Microbiology, 2022, 62(3-4), 279-295.

[28] Liu, X., Zhu, Y., Bennett, J. M., Wu, L., & Li, H. Effects of sodium adsorption ratio and electrolyte concentration on soil saturated hydraulic conductivity. *Geoderma*, 2022, *414*, 115772.

[29] Shivanna, A. M., & Nagendrappa, G. Chemical analysis of soil samples to evaluate the soil fertility status of selected command areas of three tanks in Tiptur Taluk of Karnataka, India. *crops*, 2014, *6*(7).

[30] Oueslati, A., Montevecchi, G., Antonelli, A., & Mansour, H. B. Short-time irrigation on young olive tree (Olea europaea L. cv. Chemlali) with untreated industrial poultry wastewater: investigation of growth parameters and leaves chemical composition. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(36), 50420-50429.