مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نوزدهم ، شماره اول، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۱ تا ۲۰

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نمک‌زدایی آب لب شور: مطالعه موردی تفت، استان یزد

غزال یوسفیان[۲،۱]، سید مرتضی هدائی[۳]، محمد رضوانی قالهری[۴]، علیرضا یوسفیان[۳]، حبیب فصاحت[۳]، افشین ابراهیمی[۲،*]

۱- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- عضو هیئت مدیره شرکت مهندسین مشاور مهرآب سپاهان، اصفهان، ایران
۴- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۳۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۶

واژگان کلیدی: ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، نمک‌زدایی، آب‌های زیرزمینی، ماتریس ووتن و رائو، شهرستان تفت

چکیده

زمینه و هدف: اجرای پروژه‌های آب شیرین‌کن بدون چالش نیست و ممکن است پیامدهای نامطلوبی بر محیط‌زیست به همراه داشته باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ناشی از شیرین‌سازی آب‌های زیرزمینی لب‌شور در روستاهای شهرستان تفت انجام شده است.

روش بررسی: با توجه به بازدیدهای میدانی از محدوده مطالعاتی و شرایط حاکم بر محیط‌زیست منطقه و همچنین با در نظر گرفتن شرایط خاص اجرای تاسیسات شیرین‌سازی آب، برای بررسی حساسیت مکانی طرح در پروژه، از چک لیست‌های پرسشنامه‌ای استفاده شد. در ارتباط با تجزیه و تحلیل فعالیت‌ها و پیامدهای محیط‌زیستی مربوطه از ماتریس ووتن و رائو استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پروژه در مجموع دارای غلبه اثرات مثبت است که با کسب نمره نهایی ۲۹+ تأیید می‌شود. بالاترین نمرات مثبت به ابعاد اجتماعی و اقتصادی مانند پارامترهای درآمد (۲۷+)، رفاه (۲۴+) و اشتغال (۲۴+) تعلق دارد. با این وجود، نتایج بر تمرکز اثرات منفی بر محیط فیزیکی تأکید می‌کند، به‌طوری‌که حادترین پیامدها به آلودگی صوتی (۹-) و تأثیر بر منابع آب زیرزمینی (۱۶-) اختصاص یافت.

نتیجه‌گیری: در مطالعه حاضر، اثرات مثبت بر اثرات منفی غلبه دارد؛ بنابراین، اجرای این پروژه بر اساس معیارهای ماتریس ووتن و رائو مناسب تشخیص داده شده و هیچ گونه اثر نامطلوب عمده‌ای بر محیط زیست منطقه ندارد. علاوه بر این، انتقال پساب مربوطه به این محل تاثیری در فرسایش، فشردگی و تخریب ساختمان خاک و همچنین کیفیت آبخوان‌های منطقه ندارد.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
a_ebrahimi@hlth.mui.ac.ir

Please cite this article as: Yousefian Gh, Hodaei SM, Rezvani Ghalhari M, Yousefian A, Fasahat H, Ebrahimi A. Environmental impact assessment of brackish water desalination: a case study of Taft city, Yazd province. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;19(1):1-20.

Copyright © 2026 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

مقدمه

کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به چالشی جدی در مسیر توسعه پایدار و رفاه انسانی تبدیل شده است. تغییرات اقلیمی، افزایش تقاضا برای آب (به دلیل افزایش جمعیت، افزایش سطح فرهنگ و همچنین افزایش سطح بهداشت عمومی جامعه)، بارش‌های کم و تبخیر بالا ازجمله عواملی هستند که منجر به افزایش مصرف منابع آب شیرین و در نتیجه کمبود این منابع گردیده اند. این موضوع یکی از عوامل تشدید تنش‌های اجتماعی در سطح جامعه می باشد (۱). دسترسی به آب سالم جهت شرب و مصارف بهداشتی که از نظر پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد تایید باشد یکی از اهداف توسعه پایدار است. بدین منظور تامین کنندگان آب مخصوصا در مناطقی که با تنش آبی مواجه هستند، همواره تلاش کرده اند تا دسترسی به آب آشامیدنی سالم را تسهیل نموده و از روش های مختلف جهت تامین آب مطلوب، قابل شرب و استاندارد استفاده کنند (۲). بهره‌برداری از منابع آب لب‌شور از طریق فرآیندهای نمک‌زدایی، به یکی از ضروری‌ترین راهکارهای تأمین آب پایدار برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت تبدیل شده است (۳). کشور ایران به دلیل قرارگیری در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین همواره با تنش های آبی مواجه بوده است. استفاده از پتانسیل بالای منابع آب شور و لب شور این کشور و شیرین‌سازی منابع مذکور، یکی از روش های تامین آب شیرین جهت مصارف مختلف است. این موضوع یکی از راهکارهایی است که می تواند به رفع تنش های آبی در بسیاری از مناطق کویری کشور کمک کند (۴).

فرآیند شیرین‌سازی آب‌های شور و لب شور به عنوان یک راه‌حل مؤثر برای تأمین نیازهای روزافزون آب شیرین و بهره‌وری از منابع آبی موجود مطرح می‌شود (۵). در حالی که شیرین‌سازی آب‌های شور به عنوان یک گزینه امیدوارکننده برای تأمین منابع آب شیرین پذیرفته شده است، اما چالش‌های جدی را به همراه دارد. این فناوری‌ها برای تولید آب شیرین به انرژی حرارتی و برق زیادی نیاز دارند که تولید انرژی های مذکور، آزادسازی گرمای زائد و گازهای گلخانه‌ای را به دنبال خواهد داشت (۶). در فرآیند شیرین‌سازی، آب شور و یا لب شور ورودی به سیستم به دو نوع جریان، محصول و پساب زائد دفعی تبدیل خواهد شد. به محصول تولید شده، آب شیرین و به جریان پساب زائد تولید شده، پساب غلیظ شده و یا پساب نمکی گفته می‌شود. پساب زائد تولیدی معمولاً با استفاده از روش‌های مختلفی مانند تخلیه به آب‌های سطحی، تخلیه به شبکه جمع آوری فاضلاب، تزریق به چاه‌های عمیق، استفاده ازحوضچه‌های تبخیر و توزیع در زمین‌های بایر، دفع می‌شود (۷). باید توجه شود که به دلیل غلظت بالای نمک، پساب حاصل از سیستم های شیرین‌سازی آب، می‌تواند شوری محل دفع را به نحو چشمگیری افزایش داده و در نتیجه بر کیفیت فیزیکوشیمیایی محل‌های مذکور تأثیر منفی بگذارد (۸). با توجه به اهمیت شیرین‌سازی آب و همچنین علم بر اثرات منفی که شیرین‌سازی آب می تواند در محیط زیست به جا بگذارد، لازم است مدیران جهت کاهش اثرات محیط‌زیستی تدابیر مناسب و پیگیرانه را اتخاذ نمایند. بدین منظور هم اکنون در سطح ملی پروژه های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی و برنامه‌ریزی نظارتی در اینگونه پروژه‌ها ضرورت پیدا کرده است تا از وقوع اثرات منفی این پساب‌ها تا حد امکان جلوگیری به عمل آید (۹).

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی فرآیندی است که به منظور شناسایی، پیش‌بینی و ارزیابی اثرات احتمالی پروژه‌های صنعتی، عمرانی و کشاورزی صورت می‌گیرد و به‌عنوان ابزاری کلیدی برای شناخت و ارزیابی پیامدهای اینگونه پروژه‌ها بر مولفه‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، اجتماعی-اقتصادی و فرهنگی محیط زیست است که به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری های جامع در راستای حفاظت و ارتقای محیط زیست و توسعه پایدار کمک می کند. این ارزیابی ها باعث می شود تا تصمیم‌گیرندگان، اثرات منفی پروژه ها را شناسایی و تدابیر لازم برای کاهش آنها را اتخاذ کنند. مراحل اینگونه ارزیابی ها معمولاً شامل شناسایی اثرات محیط‌زیستی، پیش‌بینی و ارزیابی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

اثرات، تدوین تدابیر کاهش‌دهنده، گزارش‌نویسی و موافقت‌نامه و نظارت است (۱۰-۱۳). ارزیابی اثرات محیط‌زیستی ناشی از پروژه‌های شیرین‌سازی آب، نقش حیاتی در نحوه اجرای صحیح و بهره‌برداری مسئولانه از این سیستم ها را ایفا می‌کند. آسیب به حیات دریایی، تخریب کیفیت آب و یا خاک و مصرف انرژی زیاد، از جمله اثرات احتمالی سیستم های شیرین‌سازی آب می باشند که با شناسایی و کاهش اینگونه اثرات، پروژه های آب شیرین‌کن می‌توانند بعنوان یک روش تامین موثر آب شیرین به شمار آیند و در عین حال، حداقل اثرات محیط‌زیستی منفی را بر محیط زیست داشته باشند (۱۴). لازم به ذکر است که امروزه به منظور اجرای پروژه های ارزیابی اثرات محیط‌زیستی روش های مختلفی اجرا شده اند و به مرور زمان توسعه یافته اند.

Firoznia و همکاران در سال ۲۰۲۵ مطالعه‌ای درباره امکان به‌کارگیری رویکرد برنامه‌ریزی مشارکتی در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی (EIA) در ایران انجام دادند. این مطالعه مشخص کرد که مشارکت می‌تواند از یک سطح پایه به مرحله‌ای پیشرفته‌تر تکامل یابد و شرایط لازم برای افزایش پایداری در توسعه را فراهم کند (۱۵) .مطالعه Rahimi و همکاران در سال ۲۰۲۵ نشان داد با مدیریت مناسب می‌توان تأثیرات منفی محیط‌زیستی را کاهش و مزایای اجتماعی و محیط‌زیستی را افزایش داد (۱۶). در مطالعه Hassan و همکاران در سال ۲۰۲۴ که به اهمیت تأمین آب سالم و مناسب برای شرب، کشاورزی و حیات موجودات زنده در اکوسیستم می پرداخت، مشخص گردید که بیشتر پارامترهای کیفی آب منطقه مورد مطالعه از نظر غلظتی برای استفاده انسانی و کشاورزی در این منطقه مناسب نبودند (۱۷). نتایج مطالعه Al-Mutairi و همکاران در سال ۲۰۲۴ نشان داد که ۹۰ درصد از آب شرب کویت از طریق فناوری شیرین‌سازی تقطیر چند مرحله‌ای (MSF) تامین می‌شود. یافته‌ها حاکی از تولید ۷۴۰/۱۰ میلیون متر مکعب آب شیرین شده در سال ۲۰۲۲ و تأثیرات قابل توجه این فرآیند بر بهبود شرایط محیط زیست دریایی و سواحل و همچنین کاهش سطح انتشار کربن تولیدی و اثرات ناشی از آن است. نتایج این مطالعه به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا در راستای کاهش انتشار کربن و حفاظت از اکوسیستم‌های بحرانی اقدام کنند (۱۸). مطالعه Adetarami و همکاران در سال ۲۰۲۴ نشان داد سطح تحصیلات و دسترسی به خدمات ترویجی، عواملی تعیین‌کننده در درک ساکنان روستایی در استفاده از EIA برای پروژه‌های توسعه روستایی بوده‌اند و برای افزایش مشارکت عمومی، نیاز به تدوین قواعد شفاف و صریح در فرآیند EIA وجود دارد (۱۹).

ابزارها و روش‌هایی که در فرآیند ارزیابی اثرات محیط‌زیستی مورد استفاده قرار می گیرند شامل محدوده‌گذاری، چک‌لیست‌ها، ماتریس‌ها و مدل‌های کیفی و کمی می باشند. این روش‌ها با استفاده از تجربیات عملی شکل گرفته و به شناسایی و ارزیابی دقیق تأثیرات پروژه‌ها بر محیط زیست و جامعه کمک می‌کنند (۲۰). روش ماتریس به عنوان یک رویکرد نوین و سریع در EIA، شناخته می‌شود. این روش با استفاده از علائم مثبت و منفی در کنار اعداد ارزیابی، امکان شناسایی و تفکیک اثرات نامطلوب را فراهم می‌آورد (۲۱).

تاکنون پروژه های شیرین‌سازی آب‌های زیرزمینی لب‌شور با استفاده از فرآیندهای اسمز معکوس با این ظرفیت از دبی، جهت تأمین آب قابل شرب در منطقه طرح اجرا نگردیده است. مطالعه حاضر در همین راستا و با هدف ارزیابی اثرات محیط‌زیستی نمک‌زدایی آب‌های زیرزمینی لب شور در مناطق روستایی شهرستان تفت، استان یزد با استفاده از ماتریس ووتن ورائو که یکی از جدیدترین ماتریس‌های ارائه شده در روش‌های EIA می باشد، انجام شده است. با وجود اهمیت روزافزون این پروژه‌ها، مطالعات ارزیابی اثرات محیط‌زیستی موجود در ایران، اغلب بر رویکردهای سنتی و توصیفی متمرکز بوده و شکاف قابل توجهی در زمینه تحلیل کمی ریسک‌های بلندمدت پایداری آبخوان‌ها و ارائه راهکارهای فناورانه مدیریت پساب در مناطق غیردریایی وجود دارد. نوآوری اصلی این پژوهش، ارائه یک چارچوب ارزیابی یکپارچه و کمی برای پروژه‌های نمک‌زدایی در فلات مرکزی است. این مطالعه ضمن استفاده

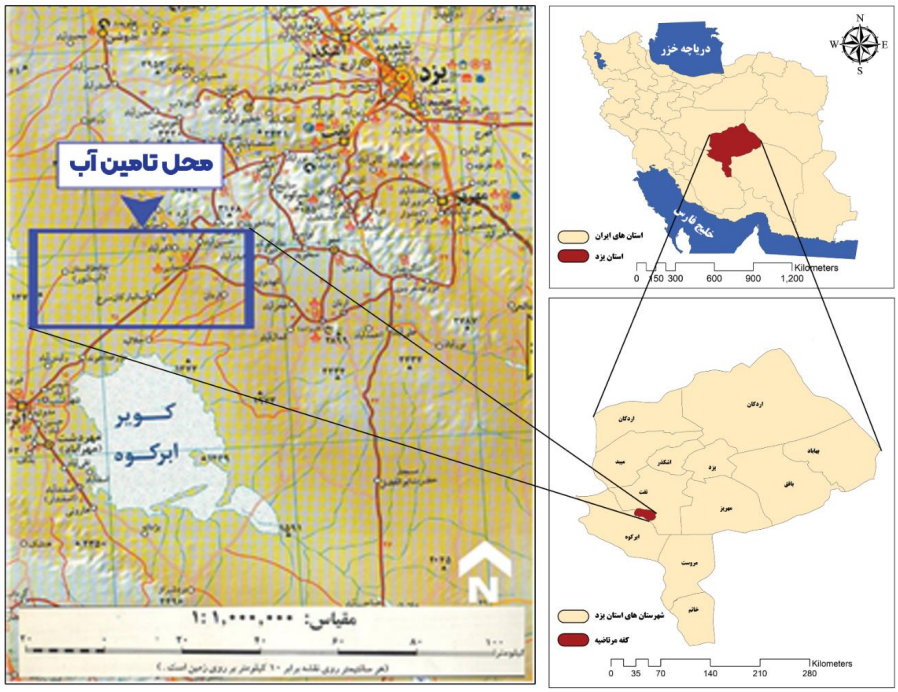
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

از ماتریس ووتن و رائو برای کمی‌سازی اثرات، به طور خاص بر تحلیل ریسک بلندمدت کمیت و کیفیت آب زیرزمینی تمرکز کرده و با ارائه توصیه‌های سیاستی مبتنی بر فناوری تخلیه صفر مایع (ZLD)، تلاش می‌کند تا ارزش افزوده‌ای عملیاتی نسبت به گزارش‌های روتین ارزیابی اثرات محیطزیستی سازمان حفاظت محیطزیست ایجاد نماید.

مواد و روش‌ها

_ محدوده مورد *مطالعه*

شهرستان تفت با وسعت $5826\ km^2$ در فاصله ۱۰ km از یزد واقع شده است. خاک محل مورد نظر در نزدیکی کویر عمدتاً سولفاته و نمکی بوده و با فاصله گرفتن از کویر، خاک منطقه بیشتر حاصلخیز و جهت پسته کاری و گیاهان مقاوم به شوری و کم آبی استفاده می‌گردد (۲۲). محل پیشنهادی تامین آب منطقه طرح بر روی آبخوان آبرفتی دشت دهشیر در کفه مرتاضیه واقع شده است. این آبخوان، به لحاظ کمیت، مناسب بوده ولی کیفیت آن جهت مصارف شرب و بهداشتی نامناسب است. جهت بررسی وضعیت کیفی آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی دهشیر، از تعدادی چاه عمیق و نیمه عمیق و چشمه و قنات استفاده شده است (۲۳). در محل چاه های پیشنهادی جهت تأمین آب منطقه طرح، میزان هدایت الکتریکی در حدود ۱۳۰۰۰ الی ۱۵۰۰۰ µmhos/cm بوده که جزء آب های لب‌شور طبقه بندی می گردند. لذا برای تأمین بخشی از آب مورد نیاز محدوده مطالعاتی از این آبخوان، بایستی از روش های شیرین‌سازی آب بهره گرفته شود. دوره طرح این تاسیسات ۲۵ ساله و سال ابتدا و پایان دوره طرح به ترتیب ۱۴۰۵ و سال ۱۴۳۰ در نظر گرفته شده است. طرح آب شیرین‌کن نیازمند زیرساخت های مناسب در منطقه جهت تأمین برق و آب شور ورودی تاسیسات اسمز معکوس می باشد. موقعیت کفه مرتاضیه با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی در نقشه اطلس راه های ایران در شکل ۱ مشخص گردیده است.



شکل ۱- موقعیت کفه مرتاضیه در نقشه اطلس راه های ایران

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

مشخصات سایت تامین و تصفیه بخشی از آب مورد نیاز روستاهای شهرستان تفت به انضمام موقعیت محل تخلیه پساب سایت مذکور در جدول ۱ ارائه گردیده است. یکی از موارد مهم در تاسیسات آب شیرین‌کن فاصله تاسیسات اسمز معکوس (RO) تا چاه‌های تأمین آب خام است که بستگی به عوامل مختلفی از جمله کیفیت آب خام، ظرفیت تصفیه خانه، مقررات محلی، مقررات محیط‌زیستی، ملاحظات زیرساختی و هزینه ها دارد. در بسیاری از پروژه‌های شیرین‌سازی آب های شور و لب شور، معمولاً فاصله چاه‌ها تا تاسیسات اسمز معکوس بین ۵۰۰ m تا ۲ km در نظر گرفته می‌شود، اما این مقدار می‌تواند بسته به شرایط خاص تغییر کند. در مواردی که نیاز به انتقال آب با استفاده از پمپاژ و شبکه‌های لوله‌کشی باشد، ممکن است این فاصله بیشتر هم شود (۲۴). در مطالعه حاضر اطلاعات مربوط به وضعیت موجود محیط زیستی و شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی مورد بررسی از اداره کل محیط زیست استان یزد و سازمان هواشناسی کشور جمع آوری شد.

جدول ۱- مشخصات محل تامین و تصفیه بخشی از آب روستاهای شهرستان تفت

نام پروژه	نحوه تامین آب	روش شیرین‌سازی آب	محل سایت تامین و شیرین‌سازی آب	مشخصات سایت تامین و شیرین‌سازی آب			مشخصات محل تخلیه پساب (m)				توضیحات
				کد ارتفاعی (m) چاه های تأمین آب خام	فاصله تاسیسات اسمز معکوس تا	فاصله تا شبکه برق سراسری (m)	نام محل و موقعیت	فاصله از سایت تاسیسات اسمز معکوس (km)	کد ارتفاعی (m)	نحوه انتقال پساب	
تامین آب بخشی از روستاهای شهرستان تفت	۸ حلقه چاه	اسمز معکوس	کفه مرتاضیه واقع در دشت دهشیر	۱۶۰۰	۵۰۰	۲۰۰	نمک زار چاه شور، جنوب غربی سایت	۱۴	۱۴۶۰	ثقلی	بخشی از آب مورد نیاز پروژه، از چاه های شهر یزد در ناحیه شهنی و مابقی نیز از منابع آب زیرزمینی کفه مرتاضیه تامین می شود.

_ارزیابی اثرات محیط‌زیستی

ارزیابی اثرات محیط‌زیستی بـه عنوان یک ابزار برنامه ریزی و مدیریت می تواند در اختیار بخش تصمیم گیری کشـور قرارگیرد و یکی از شیوه‌های مقبول برای دسترسی بـه اهداف توسعه پایدار است. هدف ارزیابی اثرات محیط‌زیستی دخالت دادن ملاحظات محیط‌زیستی در فرآیند برنامه ریزی است. در واقع پیش از انتخاب یک گزینه خاص لازم است تجزیه و تحلیل جامعی در زمینه پیامدهای محیط‌زیستی هریک از گزینه های موجه صـورت گیرد تا گزینه ای که کمترین عواقب محیط‌زیستی را ایجاد کند و از نظر جنبه های فنی - اقتصادی نیز مطلوب است، انتخاب شود (۲۵). روش های مختلف جهت ارزیابی پارامترهای محیط‌زیستی وجود دارند که عبارتند از: ۱) چک لیست‌ها که در آنها کلیه نمودارهای محیط‌زیستی در فهرستی تهیه می شود که ارزیاب، تغییرات ممکنه را با این فهرست مقایسه می‌کند. ۲) ماتریس‌ها که در آنها ارزیابی با ماتریس ها تکامل یافته تر از روش چک لیست ها صورت می پذیرد. این روش این امکان را به وجود

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

می آورد که نمودارهای محیطزیستی که در اثر اجرای طرح تغییر می یابند، همراه با علت تغییر شناسائی شوند. برتری روش ماتریس ها به روش چک لیست ها در این است که می تواند پیامدهای محیطزیستی هر پروژه را در مقاطع زمانی مختلف باتوجه به نوع فعالیت در آن مقطع ارزیابی نماید. به منظور انجام ارزیابی محیطزیستی ماتریس های مختلفی وجود دارند که از جمله آنها می توان به ماتریس لئوپولد، ماتریس مور، ماتریس سه بعدی و ماتریس ووتن و رائو اشاره کرد. ۳) شبکه ها که از آنها زمانی استفاده می شود که پیچیدگی مسائل محیطزیستی گاهی به حدی است که روش ماتریس نمی تواند کافی باشد لذا روش شبکه ها برای جبران این نقص پیشنهاد شده است. ماتریس ووتن و رائو به طور خلاصه نشان می‌دهد که چگونه فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی، صنعت و مصرف منابع، ردپای بوم‌شناختی بشر را ایجاد می‌کند. ماتریس ووتن و رائو با کمی کردن این تأثیرات، به وضوح اثبات می‌کند که فشار انسان بر سیستم‌های طبیعی، منجر به تخریب محیط زیست، انقراض گونه ها و تغییرات اقلیمی شده و هشدار می‌دهند که تداوم این روند ناپایدار، بقای بلندمدت بشر را به خطر می‌اندازد (۲۶-۲۸). در مطالعه حاضر با توجه به بازدیدهای میدانی از محدوده مطالعاتی و با توجه به شرایط موجود محیط زیستی منطقه طرح و همچنین به دلیل شرایط خاص احداث تأسیسات نمک‌زدایی در پروژه های تامین آب مناطق مختلف، برای بررسی حساسیت مکانی طرح از توانایی های ساختاری چک لیست پرسشنامه ای استفاده گردید و درخصوص تجزیه و تحلیل فعالیت و پیامد پارامترهای محیطزیستی، از قابلیت‌های ماتریس از نوع ووتن و رائو استفاده شد. این روش یکی از جدیدترین ماتریس های ارائه شده در روش های ارزیابی می باشد (۲۹). انتخاب ماتریس ووتن و رائو برای تجزیه و تحلیل فعالیت‌ها و پیامد پارامترهای محیطزیستی، بر اساس توجیه مقایسه‌ای و نیازهای خاص پروژه حاضر صورت پذیرفت. در حالی که ماتریس‌های کلاسیک نظیر لئوپولد و مور چارچوب‌های ارزیابی اثرات محیطزیستی را بنا نهادند، اغلب بر روی شناسایی و تخصیص اهمیت پیامدها متمرکز هستند. در مقابل، مدل ووتن و رائو که یکی از جدیدترین ماتریس‌های ارائه شده است، بر کمی‌سازی دقیق و محاسبه مستقیم ردپای بوم‌شناختی فعالیت‌ها تأکید دارد (۲۶-۲۸). این قابلیت کمی‌سازی دقیق، برای بررسی شرایط خاص احداث تأسیسات نمک‌زدایی که نیازمند ارزیابی شفاف تأثیرات متقابل بر منابع آب، انرژی و اکوسیستم منطقه است، انطباق مفهومی و تحلیلی بالاتری را نسبت به سایر مدل‌ها فراهم می‌آورد و نتایج را برای اتخاذ تصمیمات توسعه پایدار قابل‌اعتمادتر می‌سازد.

_ چک *لیست پرسشنامه ای*

در مطالعه حاضر به دلیل شرایط خاص احداث تأسیسات نمک‌زدایی در پروژه‌های تامین آب مناطق مختلف، برای بررسی حساسیت مکانی طرح از چک‌لیست‌های پرسشنامه‌ای استفاده شد که توسط ارزیاب تکمیل گردید. همان طور که اشاره شد، از قابلیت‌های ساختاری چک لیست پرسشنامه ای برای بررسی حساسیت مکانی طرح استفاده گردید. در مطالعه حاضر آیتم های چک لیست از قبل توسط ۱۰ فرد متخصص در رشته های عمران آب و فاضلاب، مهندسی بهداشت محیط و مهندسی محیط زیست مورد بررسی قرار گرفت و روایی (معادله ۱) و پایایی (معادله ۲) چک لیست پرسشنامه ای مطابق با فرمول های زیر مورد بررسی قرار گرفت؛

$$CVR = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (۱)$$

$$CVI = \frac{n_{3,4}}{N} \quad (۲)$$

که در آنها N برابر با تعداد کل متخصصان است و ne نشان دهنده تعداد متخصصانی است که پرسش ذکر شده در پرسشنامه را ضروری ارزیابی کرده اند و $n_{3,4}$ نشان دهنده متخصصانی است که به پرسش ذکر شده در پرسشنامه امتیاز ۳ یا ۴ داده اند. نتایج نشان داد که مقدار CVR برابر با ۰/۶۲ و مقدار CVI برابر با ۰/۸۳ بود که هر دو نتیجه نشان دهنده تایید اعتبار محتوایی پرسشنامه با توجه به اهداف مطالعه می باشد. این روش بر اساس

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

پاسخ ارزیاب به نحوه اثرگذاری فعالیت های یک پروژه بر محیط زیست طراحی گردید. سوالات در این روش در پنج گروه طبقه بندی گردید که بایستی توسط متخصصین هر حوزه ارزیابی و پاسخ داده شد. در این پرسشنامه‌ها پارامترهای مختلفی از جمله ویژگی‌های فیزیکی، اکولوژیکی، فعالیت‌های انسانی، خدمات زیرساختی و سطوح آلودگی محیط‌زیست منطقه طرح، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت (۲۹). این روش بر اساس پاسخ ارزیاب به نحوه اثرگذاری فعالیت‌های یک پروژه بر محیط زیست طراحی گردید و پاسخ‌ها در دو گروه بلی و خیر طبقه بندی شد. در جدول ۲ چک لیست پرسشنامه ای اثرات محیط‌زیستی تأسیسات نمک‌زدایی در منطقه تامین آب طرح حاضر ارائه گردیده است.

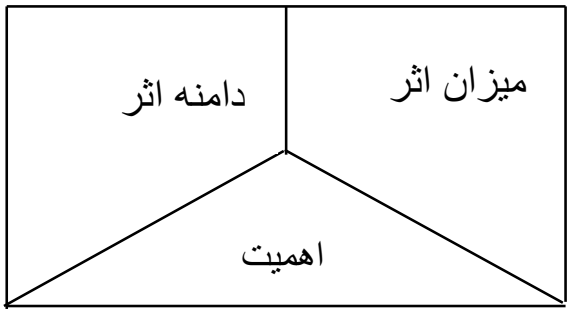
جدول ۲- چک لیست پرسشنامه ای اثرات محیط‌زیستی تأسیسات نمک‌زدایی کفه مرتاضیه در شهرستان تفت

گروه سوالات	سوالات / جواب	بلی	خیر
ویژگی‌های فیزیکی مکان پروژه و پیرامون آن	آیا زمین شناسی منطقه موجب بروز مشکلاتی در رابطه با نوع فعالیت پروژه خواهد شد؟		
	آیا اجرای این پروژه شکل و توپوگرافی زمین را تغییر می‌دهد؟		
	آیا اجرای این پروژه موجب فرسایش خاک و تخریب زمین می‌شود؟		
	آیا فعالیت های پروژه موجب بروز اثرات احتمالی در جریان آب زیرزمینی خواهد گردید؟		
	آیا اجرای این پروژه موجب کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شود؟		
	آیا اجرای این پروژه موجب کاهش کمیت آب زیرزمینی می‌شود؟		
	آیا فعالیت‌های پروژه پیشنهادی سبب تغییرات پایدار در ویژگی‌های زمین منظر و کیفیت سیمای منطقه خواهد شد؟		
	آیا اجرای این پروژه موجب افزایش قیمت مستغلات می‌شود؟		
ویژگی‌های اکولوژیکی مکان پروژه و پیرامون آن	آیا فعالیت پروژه در تقابل با زیستگاه های اکولوژیکی موجود قرار می گیرد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، شیوه‌های حفاظتی برای حمایت زیستگاه‌ها کدامند؟		
	آیا اجرای این پروژه باعث تغییر فون و فلور آب می شود؟		
	آیا زیستگاه‌های جانوری خشکی در معرض خطر قرار می‌گیرند؟		
	آیا با اجرای این پروژه اکوسیستم کویر تغییر خواهد کرد؟		
الگوهای فعالیت‌های انسانی در منطقه	آیا توسعه احتمالی باعث افزایش حجم ترافیک در منطقه خواهد شد؟		
	آیا اجرای این پروژه موجب افزایش اشتغال می‌شود؟		
	آیا اجرای این پروژه از مهاجرت افراد جلوگیری می‌کند؟		
	آیا ماهیگیری و صیادی در منطقه تحت تأثیر فعالیت های پروژه پیشنهادی قرار خواهد گرفت؟		
	آیا اجرای پروژه باعث بهبود کشاورزی در منطقه می‌شود؟		
خدمات زیر ساختی	آیا اجرای پروژه باعث افزایش رفاه مردم منطقه می‌شود؟		
	آیا اجرای پروژه باعث افزایش و یا رونق گردشگری در منطقه می‌شود؟		
	آیا پروژه در شبکه ارتباطات موجود در منطقه اختلال ایجاد می‌کند؟		
	آیا اجرای این پروژه موجب ارتقای شاخص های بهداشتی می‌شود؟		
سطوح آلودگی در محیط زیست موجود	آیا پروژه در زمان فعالیت موجب تولید بو می‌شود؟		
	آیا پروژه بر رژیم جریان آب و یا آلودگی آن مؤثر خواهد بود؟		
	آیا سروصدای ناشی از فعالیت‌های مرحله ساخت، تراز صوتی را در منطقه افزایش خواهد داد؟		

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

_ استفاده از ماتریس ووتن و رائو

ماتریس ووتن و رائو در زمینه ارزیابی اثرات محیطزیستی به‌طور خاص برای تحلیل اثرات فعالیت‌های انسانی بر محیطزیست به کار می‌رود. این ماتریس معمولاً به منظور کمک به شناسایی و تحلیل اثرات مثبت و منفی ناشی از یک پروژه یا فعالیت خاص بر محیطزیست، طراحی می‌شود (۲۱). در این ماتریس، معمولاً دو بعد اصلی برای ارزیابی اثرات در نظر گرفته می‌شود که شامل: ۱) ابعاد یا جنبه‌های محیطی که این بخش به عناصر مختلف محیطی مانند: هوا، آب، خاک، تنوع زیستی، منابع طبیعی و غیره اشاره دارد که ممکن است تحت تاثیر قرار گیرند. ۲) نوع اثرات (مثبت یا منفی) که در این بعد، تاثیرات می‌توانند مثبت (مانند بهبود شرایط محیطزیستی) یا منفی (مانند آلودگی و تخریب منابع طبیعی) باشند. هدف از استفاده از این ماتریس این است که تحلیل‌گران محیطزیستی بتوانند به‌طور نظام‌مند و شفاف، تمامی اثرات احتمالی یک پروژه یا فعالیت را بررسی کنند. این کار به شناسایی اثرات نامطلوب و همچنین ارائه راهکارهای بهبود یا جبران اثرات منفی کمک می‌کند. در واقع، ماتریس ووتن و رائو یک ابزار ساده و قابل فهم برای ارزیابی کیفی و کمی اثرات محیطزیستی است که می‌تواند در مطالعات ارزیابی اثرات محیطزیستی مورد استفاده قرار گیرد. این روش یکی از جدیدترین ماتریس های ارائه شده در روش های ارزیابی می باشد، اثر هر ریز فعالیت بر پارامتر زیست محیطی با ۳ شاخص اهمیت اثر، دامنه اثر و میزان اثر بیان می شود (۳۰، ۳۱). در این ماتریس جمع جبری حاصل ضرب های اعداد مربوط به اهمیت اثر در دامنه اثر مبنای تجزیه و تحلیل می باشد. مطابق با شکل ۲ هر یك از خانه های جدول به سه قسمت تقسیم می شود:



شکل ۲- نمونه ای از خانه های ماتریس

در سمت چپ هر خانه عدد مربوط به دامنه اثر با علامت مثبت (+) به معنای اثر مثبت و با علامت منفی (-) به معنای اثر منفی قرار می‌گیرد. دامنه اثر نشان دهنده درجه، وسعت و یا میزان تغییرات است و بیشتر بر اساس واقعیات موجود ارزیابی می شود. در این مطالعه گستره انتخاب شده برای دامنه اثر از ۱ تا ۳ می باشد که بصورت جدول ۳ کمی سازی شده است. قسمت پایین هر خانه، به عـــدد مربوط به اهمـــیت اثـــر اختصاص یافته است. بر خلاف دامنه اثر که بیشتر براساس واقعیات موجود است، بخش اهمیت اثرات بستگی به قضاوت ارزیاب دارد. در این مطالعه گستره انتخاب شده برای اهمیت اثر، از ۱ تا ۵ می باشد که در جدول ۴ کمی سازی شده است. میزان اثر، از حاصلضرب دو عـــدد مربوط به "اهمیت اثر" در "دامنه اثر" به دست آمده و در قسمت راست هر خانه جدول قرار داده می شود. سپس جمع جبری نمرات مثبت و منفی هر ستون در ردیف آخر جدول محاسبه شده و نهایتاً نمره کل پروژه، بصورت حاصل جمع جبری ردیف آخر جدول بدست می آید.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

جدول ۳- کمی سازی دامنه اثر بر مبنای گستره تاثیر

گستره تاثیر	دامنه اثر
کم	۱
متوسط	۲
زیاد	۳

جدول ۴- کمی سازی اهمیت اثر بر مبنای تأثیرات

اثرات زیست محیطی	اهمیت اثر
خیلی کم	۱
کم	۲
متوسط	۳
زیاد	٤
بسیار زیاد	٥

_ *شرح فنی تأسیسات آبرسانی و ارزیابی تفصیلی اثرات*

تأسیسات آبرسانی در این پروژه شامل سه جزء اصلی (چاه‌های برداشت، تأسیسات RO و خطوط انتقال) است. ارزیابی اثرات به‌صورت مبسوط و فنی بر اساس جزئیات زیر صورت پذیرفت: در فاز ساخت، حفاری خطوط انتقال و مخازن، موجب اثرات موقت فرسایش خاک و آلودگی صوتی می‌شود. در فاز بهره‌برداری، بحرانی‌ترین اثرات شامل آلودگی صوتی دائمی ناشی از پمپ‌های فشار قوی و دو اثر هیدرولوژیکی کلیدی شامل: ۱) کاهش کمیت ناشی از برداشت مداوم آب از آبخوان و ۲) کاهش کیفیت ناشی از دفع پساب نمکی (شورابه) با غلظت نمک بالا است که حاوی مواد شیمیایی فرآیندی نیز می‌باشد و خطر پیشروی جبهه شور را در منطقه دارد. تحلیل نهایی بر این اثرات متمرکز شده و راهکارهای مدیریتی بر پایه کاهش دبی برداشت و استفاده از فناوری ZLD به عنوان یک گزینه قابل اجرا برای مهار آلودگی کیفیت آب زیرزمینی در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها

نتایج حاصل از چک‌لیست‌ها در گروه ویژگی‌های فیزیکی مکان پروژه و پیرامون آن نشان می‌دهد که اجرای پروژه حاضر تأثیری بر تغییر شکل و توپوگرافی زمین، فرسایش خاک و تخریب زمین نخواهد داشت. همچنین، اثرات احتمالی بر جریان آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب زیرزمینی نیز پیش‌بینی نمی‌شود. با این حال، هرچند کیفیت آب زیرزمینی تغییر نخواهد کرد، مطابق با نتایج استخراج شده از چک‌لیست‌ها، اجرای این پروژه ممکن است منجر به کاهش کمیت آب زیرزمینی گردد و تغییرات

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

پایداری را در ویژگی‌های زمین‌منظر و کیفیت سیمای منطقه ایجاد کند. لازم به ذکر است که بر اساس چک‌لیستی که به منظور ارزیابی اثرات محیط‌زیستی توسط ارزیاب تکمیل شده است، مشخص می‌شود که اجرای این پروژه می‌تواند به افزایش قیمت زمین و مستغلات منجر شود.

در این مطالعه، گروهی از سوالات مرتبط با ویژگی‌های اکولوژیکی مکان پروژه نیز توسط ارزیاب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که اجرای پروژه حاضر تقابلی با زیستگاه‌های اکولوژیکی نداشته و منجر به تغییر فون و فلور آب، خشک شدن زیستگاه‌های جانوری و تغییر اکوسیستم کویر نخواهد شد.

بررسی گروه سوالات در مورد الگوهای فعالیت‌های انسانی در منطقه و خدمات زیر ساختی نشان می دهد که اگرچه اجرای این پروژه نمی‌تواند منجر به افزایش حجم ترافیک، بهبود کشاورزی و توسعه صنعت شیلات در منطقه شود، اما توانایی افزایش اشتغال و جلوگیری از مهاجرت افراد را دارد. همان‌طور که اشاره شد، این پروژه می‌تواند به اشتغال‌زایی در منطقه کمک شایانی کند و در نتیجه با افزایش رفاه مردم، توسعه گردشگری، ارتقای شاخص‌های بهداشتی و عدم ایجاد اختلال در شبکه‌های ارتباطی موجود، اثرات مثبتی بر خدمات زیرساختی بگذارد.

در نهایت، بر اساس چک‌لیست موجود، اجرای پروژه از نظر سطوح آلودگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اجرای آن موجب تولید بو نشده و بر رژیم آب یا آلودگی آن تأثیری ندارد. با این حال، اجرای این پروژه به دلیل سر و صدایی که در زمان ساخت ایجاد می‌شود، ممکن است منجر به آلودگی صوتی و افزایش تراز صوتی در منطقه گردد.

نتایج بررسی ارزیاب نشان می دهد که در پروژه مذکور، محل در نظر گرفته شده جهت تخلیه پساب، در نمک زار موجود در پایین دست منطقه و در فاصله حدود ۱۵ کیلومتری از تاسیسات تامین آب پروژه مورد نظر می باشد که محل مناسبی برای دفع پساب حاصل از تاسیسات شیرین‌سازی آب منطقه تحت مطالعه است. موقعیت ماهواره ای چاه های پیشنهادی و محل تخلیه پساب تاسیسات آب شیرین‌کن در شکل ۳ ارائه شده است.

شکل ۳- موقعیت محل چاه های پیشنهادی تأمین آب خام آب شیرین‌کن و محل تخلیه پساب آن

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

جدول ۵ به منظور آنالیز و بررسی نهایی تأثیر ریز فعالیت های پروژه بر پارامترهای محیط‌زیستی، تنظیم گردیده است. در این جدول نمره مربوط به دامنه اثر هر ریز فعالیت چه در مرحله ساخت و چه در مرحله بهره برداری بر هر کدام از پارامترهای محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی ارائه شده و باتوجه به اهمیت اثر آن، میزان اثر مشخص گردیده است. همان گونه که در این جدول مشاهده می‌شود این پروژه دارای ۵۸ نمره منفی و۸۷ نمره مثبت می باشد که نشان دهنده این است که پروژه از نظر ایجاد تأثیرات محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی بر منطقه طرح دارای شرایط مناسبی است و همانگونه که در شکل ۴ قابل مشاهده است، اجرای پروژه آب شیرین‌کن در مجموع سودمند ارزیابی می شود و مزایای اجرای آن نسبت به معایب اجرای آن بیشتر بوده و جمع جبری اثرات مثبت و منفی اجرای این پروژه ۲۹+ است.

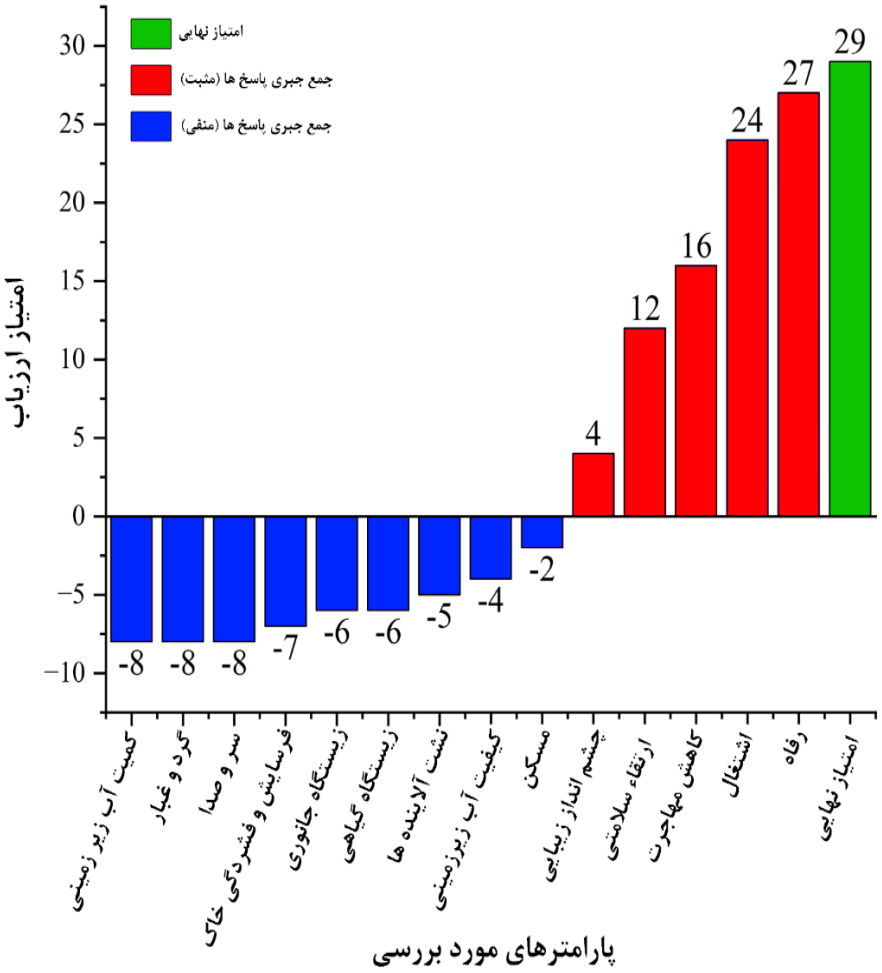
جدول ۵- ماتریس بررسی اثرات احداث تاسیسات آبرسانی شهرستان تفت- کفه مرتاضیه

ریز فعالیت های پروژه		زمین		آب		هوا	صدا	زیستگاه ها		اجتماعی و اقتصادی					بهداشت	زیبایی	جمع	
		فرسایش و فشردگی خاک	نشت آلاینده ها مثل روغن	کمیت آب زیر زمینی	کیفیت آب زیر زمینی	گرد و غبار	سر و صدا	جانوری	گیاهی	اشتغال	کاهش مهاجرت	رفاه	مسکن	ارتقای سلامتی	چشم انداز	−	+
مرحله ساخت	حفاری و خاکبرداری	−۱	−۱	.	.	−۱	−۱	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	−۶	.
	جنگل زدایی و بوته کنی	−۱	.	.	.	−۱	−۱	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	−۵	
	لوله گذاری و خاک ریزی	−۱	−۱	.	.	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	.	.	−۴	.
	خط انتقال نیرو، تلفن	−۱	.	.	.	−۱	−۱	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	−۵	.
	تهیه تجهیزات الکترومکانیکال	.	.	.	.	.	.	−۱	−۱	۲ ۴ ۲	.	.	.	.	.	−۲	۴
	احداث سایت تاسیسات آب شیرین کن	.	.	.	.	.	.	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	−۲	.
	جاده سازی	−۱	−۱	.	.	−۱	−۱	−۱	−۱	.	.	.	.	.	۱ ۳ ۳	−۶	۳
	حمل و نقل	−۱	−۱	.	.	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	.	.	−۴	.
	تهیه لوله، اتصالات و مواد	.	.	.	.	.	.	.	.	۲ ۴ ۲	.	.	.	.	.	.	۴
	دفع نخاله	−۱	−۱	.	.	−۱	−۱	−۱	−۱	.	.	.	.	.	−۱ ۱	−۷	.
	تامین نیروی کار و ماشین آلات	.	.	.	.	.	.	.	.	۲ ۴ ۲	۲ ۴ ۲	۳ ۹ ۳	.	.	.	۰	۱۷
مرحله بهره برداری	برداشت از منابع آب زیرزمینی	.	.	−۸ −۲ ۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	−۸	.
	تامین آب شرب روستاها و شهرهای منطقه طرح از تاسیسات آب شرین کن	.	.	.	.	.	.	−۱	−۱	.	۶ ۲ ۳	۹ ۳ ۳	−۲ ۲	۱۲ ۳ ۴	۱ ۳ ۳	−۲	۳۲
	دفع پساب از تاسیسات آب شرین کن	.	.	.	−۴ −۲ ۲	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	−۴	.
	دفع پسماندهای جامد	.	.	.	.	−۱	−۱	.	.	.	.	.	.	.	−۱ ۱	−۳	
	انتقال نیروی بهره بردار	.	.	.	.	.	.	.	.	۶ ۲ ۳	۶ ۲ ۳	۹ ۳ ۳	.	.	.	۲۱	
	تهیه و حمل و نقل مواد ضد عفونی کننده و ...	.	.	.	.	.	.	.	.	۶ ۲ ۳	.	.	.	.	.	۶	
جمع		−۷	−۵	−۸	−۴	−۸	−۸	−۶	−۶	۲۴	۱۶	۲۷	−۲	۱۲	۴	−۵۸	۸۷

تحلیل فنی به‌وضوح بر تمرکز ریسک‌های بحرانی محیط فیزیکی تأکید می‌کند؛ به‌طوری‌که شدیدترین اثر منفی کلی، بر منابع آب زیرزمینی متمرکز است که شامل کاهش کمیت (نمره ۸-) ناشی از برداشت مداوم آبخوان و کاهش کیفیت (نمره ۸-) ناشی از دفع پساب نمکی فرآیند RO می‌باشد و مجموعاً ریسک بحرانی ۱۶- را برای پایداری آبخوان به دنبال دارد. علاوه بر این، آلودگی صوتی دائمی (نمره ۹-) ناشی از فعالیت پمپ‌های فشار قوی، به‌عنوان دومین اثر منفی مهم

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

شناسایی شد. لذا، نتیجه‌گیری فنی این است که پروژه مشروط به اعمال طرح‌های کاهشی مبتنی بر فناوری ZLD برای مهار آلودگی شورابه و اجرای پایش دوره‌ای سطح و کیفیت آب، قابل توجیه است.



شکل ۴- جمع جبری اثرات مثبت و منفی اجرای پروژه آب شیرین‌کن

بحث

ایران به دلیل کمبود منابع آب شیرین و مناطق خشک گسترده، به پروژه‌های آب شیرین‌کنی به عنوان راه‌حلی برای تأمین آب وابسته است، از اینرو مطالعاتی از این قبیل می تواند به بهبود اجرای پروژه های آب شیرین‌کن کمک شایانی کند. تخلیه شورابه یکی از چالش‌های اصلی پروژه‌های نمک‌زدایی است که به دلیل شوری بالا و وجود مواد شیمیایی می‌تواند اثرات محیطزیستی قابل توجهی داشته باشد. در مطالعه حاضر هیچ تأثیر منفی قابل توجهی بر اکوسیستم‌های آبی گزارش نشده است. نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد که تخلیه شورابه یکی از بزرگ‌ترین نگرانی‌های محیطزیستی در فرآیند نمک‌زدایی است. شورابه به دلیل شوری بالا و وجود مواد

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

شیمیایی مانند کلر و ضدچسب‌ها می‌تواند به اکوسیستم‌های دریایی آسیب رساند (۳۲). در مناطق ساحلی، تخلیه شورابه به دریا می‌تواند باعث کاهش اکسیژن محلول و تأثیر بر موجودات دریایی شود. با این حال، در پروژه تفت، تخلیه به تالاب شور ممکن است اثرات محیط‌زیستی کمتری داشته باشد، زیرا تالاب‌های شور معمولاً تحمل بیشتری نسبت به شوری دارند (۳۳). در این مطالعه، پساب شورابه به تالاب شور تخلیه می‌شود. تالاب‌های شور به طور طبیعی شوری بالایی دارند و گونه‌های موجود در آنها با این شرایط سازگار شده‌اند؛ بنابراین، انتظار می‌رود تأثیرات محیط‌زیستی این تخلیه نسبت به تخلیه در محیط‌های دریایی کمتر باشد. با این حال، تغییرات ناگهانی در شوری یا ورود مواد شیمیایی موجود در پساب شور ممکن است بر تعادل اکوسیستم تالاب اثر بگذارد. پروژه‌های زیرساختی آب در مناطق روستایی ایران معمولاً تأثیرات اجتماعی و اقتصادی مثبتی دارند. برای مثال، ارزیابی تأثیرات محیط‌زیستی ایستگاه پمپاژ آب در دشت باخچه بازار نشان داد که این پروژه تأثیرات اقتصادی و اجتماعی مثبتی دارد، هرچند تأثیرات منفی فیزیکی و اکولوژیکی نیز وجود داشت که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد (۳۴).

عدم تأثیر بر توپوگرافی و فرسایش خاک نشان‌دهنده طراحی محتاطانه است، اما کاهش احتمالی آب زیرزمینی نیاز به مدیریت دارد. افزایش قیمت املاک می‌تواند برای اقتصاد منطقه مفید باشد، اما باید به اثرات اجتماعی آن توجه شود. همچنین بررسی سایر مطالعات نشان می‌دهد که کاهش کمیت آب زیرزمینی در پروژه‌های آب شیرین‌کن رایج است. اما باید توجه شود که در مطالعه حاضر، کیفیت آب زیرزمینی دچار تغییر نشد که این موضوع نشان دهنده اجرای موفق اقدامات حفاظتی مانند مدیریت صحیح پسماند، جلوگیری از نشت مواد شیمیایی و استفاده از لایه‌های ضدنفوذ است. حفظ کیفیت آب زیرزمینی در این پروژه نشان‌دهنده برنامه‌ریزی دقیق است. همچنین مشخص شد که اجرای این پروژه تاثیر ناچیزی بر توپوگرافی زمین گذاشت که نشان‌دهنده طراحی پروژه با رویکردی محتاطانه است که از تغییرات فیزیکی محدود در محل پرهیز می‌کند. در حالی که بسیاری از پروژه‌ها که شامل حفاری و خاک برداری هستند، فرسایش خاک و تغییر در توپوگرافی منطقه را به همراه دارند. همچنین لازم به ذکر است که این موضوع با استانداردهای EIA هم‌راستا است، زیر در چک‌لیست‌های EIA تأکید دارند که پروژه‌ها باید اقدامات کنترل فرسایش را در نظر بگیرند. عدم وجود این تأثیرات نشان‌دهنده موفقیت در این زمینه است (۳۵).

برای کاستن از حداکثر اثر منفی شناسایی شده بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی (مجموعاً ۱۶-)، لازم است گزینه‌های جایگزین مدیریت پساب بر اساس تجربیات بین‌المللی نقد و بررسی شوند. در سطح جهانی، دفع پساب نمکی در آب‌های آزاد (مانند خلیج فارس) به عنوان راه‌حل رایج شناخته می‌شود، اما این روش برای مناطق کویری داخلی مانند تفت که فاقد منابع پذیرنده آب سطحی مناسب هستند، غیرقابل اجرا است. به همین دلیل، حرکت به سوی ZLD که به معنای تبدیل کامل پساب به آب قابل استفاده مجدد و نمک جامد است، به عنوان یک گزینه برتر و سازگار با توسعه پایدار در نظر گرفته می‌شود (۳۶). همچنین، امکان بازیافت نمک‌های با ارزش اقتصادی از پساب یا استفاده از روش‌های ایمن‌تر مانند تزریق پساب به لایه‌های عمیق زمین‌شناسی باید به طور جدی در طرح‌های کاهشی این پروژه بررسی و جایگزین روش‌های سنتی شود تا از هرگونه آلودگی احتمالی منابع آبخوان در منطقه تفت جلوگیری شود .با توجه به نمره منفی قابل توجه (۱۶-) برای پارامتر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در ماتریس ووتن و رائو، حفظ پایداری بلندمدت منابع آبی منطقه یک دغدغه حیاتی است. تحلیل ریسک بلندمدت نشان می‌دهد که تهدید اصلی، افت پایدار سطح آبخوان ناشی از برداشت مستمر و خطر پیشروی جبهه شور ناشی از دفع پساب نمکی است که می‌تواند در درازمدت، آبخوان‌های شیرین‌تر مجاور را آلوده سازد (۳۷). برای مدیریت این ریسک‌ها و تضمین پایداری پروژه، پایش دوره‌ای و منظم پیشنهاد می‌شود. این پایش باید شامل: ۱)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

پایش ماهانه سطح ایستابی در چاه‌های نظارتی و محلی برای اطمینان از عدم افت غیرقابل جبران آبخوان؛ و ۲) پایش فصلی کیفیت آب (EC و کلرید) در چاه‌های مجاور برای تشخیص به‌موقع نفوذ پساب نمکی باشد (۳۸). نتایج این پایش‌ها باید به‌صورت سالانه بررسی شده و مبنایی برای تنظیم میزان برداشت و تعدیل روش دفع پساب قرار گیرد تا پایداری منابع آب زیرزمینی تفت در بلندمدت تضمین شود.

اگرچه نتایج کمی ماتریس ووتن و رائو، غلبه قاطع اثرات مثبت اجتماعی و اقتصادی (مجموع ۸۴+ در رفاه، اشتغال و درآمد) را تأیید می‌کند، اما تحلیل عمیق‌تر پیامدها، نیازمند بررسی تغییر ساختار اجتماعی و چالش‌های آتی است. از یک سو، پروژه نمک‌زدایی با ایجاد فرصت‌های شغلی جدید و پردرآمدتر، ساختار اشتغال منطقه را از کشاورزی سنتی به سوی مشاغل صنعتی-خدماتی هدایت کرده و به ارتقاء سطح مهارت و جلوگیری از مهاجرت کمک می‌کند. این امر به‌طور مستقیم بر شاخص‌های رفاه و بهداشت تأثیر مثبت می‌گذارد. از سوی دیگر، ورود یک تأسیسات بزرگ صنعتی به یک بافت سنتی، چالش‌هایی را به دنبال دارد (۳۹). ریسک‌هایی مانند نابرابری اقتصادی (بین نیروی کار بومی و متخصصان وارداتی) و افزایش ناگهانی قیمت مسکن (به دلیل ورود نیروی کار غیربومی) باید در مدیریت بلندمدت پروژه مورد توجه قرار گیرد. برای مدیریت این چالش‌ها، پیشنهاد می‌شود سیاست‌های توزیع عادلانه منافع، اولویت‌دهی به آموزش نیروی کار محلی برای احراز مشاغل تخصصی و همچنین مدیریت زیرساخت‌های مسکن برای جلوگیری از افزایش بی‌رویه قیمت‌ها، به عنوان بخشی از طرح مدیریت اجتماعی پروژه در نظر گرفته شود (۴۰).

در این مطالعه مشخص شد که محل تخلیه پساب در فاصله حدود ۱۵ کیلومتری از تاسیسات تامین آب پروژه می باشد، در مطالعات مختلف به این موضوع اشاره شده است که فاصله محل تخلیه پساب آب شیرین‌کن از محل تأمین آب خام باید به گونه‌ای باشد که هیچ‌گونه آلودگی، اختلال و یا تأثیر منفی بر کیفیت منابع آب خام و محیط زیست ایجاد نشود. با توجه به نوع و شرایط منطقه، این فاصله ممکن است حداقل ۱ تا ۴ km در نظر گرفته شود که این مقدار می تواند بسته به شرایط خاص متفاوت باشد (۴۱، ۴۲). ارزیابی‌های این مطالعه نشان‌دهنده تأثیر کلی مثبت است، با تأکید بر مزایای اجتماعی و اقتصادی و مدیریت مناسب پساب. در مقایسه با مطالعات گذشته، این پروژه به دلیل تخلیه پساب شور به تالاب ممکن است تأثیرات محیط‌زیستی کمتری نسبت به پروژه‌های ساحلی داشته باشد. با این حال، عدم مشخص بودن منبع انرژی یک محدودیت است، زیرا استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند تأثیرات محیط‌زیستی را کاهش دهد. این پروژه با رویکردهای ارزیابی محیط‌زیستی در ایران همخوانی دارد و به درک بهتر تأثیرات نمک‌زدایی در مناطق روستایی کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به منظور بررسی اجرای نمک‌زدایی آب زیرزمینی لب شور در تفت، کفه مرتاضیه انجام شد و مشخص گردید که با توجه به مدیریت پساب (تخلیه به تالاب شور) و تأثیرات اجتماعی مثبت، پتانسیل بالایی برای تأمین آب پایدار در منطقه دارد. همچنین اجرای این پروژه به دلیل انتخاب تالاب شور به عنوان محل تخلیه پساب شور، اثرات محیط‌زیستی کمتری بر اکوسیستم‌های حساس دارد و اجرای پروژه اثرات نامطلوب عمده ای بر محیط زیست منطقه ندارد. در این مطالعه، محل تخلیه پساب حاصل از تاسیسات آب شیرین‌کن طرح، نمک زار موجود در پایین دست غرب منطقه تامین آب پیشنهاد گردیده که در فاصله حدود ۱۵ کیلومتری از سایت مذکور قرار دارد. بنابراین، انتقال پساب حاصله، به این محل تاثیری در آلودگی، فرسایش، فشردگی و تخریب ساختمان خاک و همچنین کیفیت آبخوان های منطقه طرح نخواهد داشت. در این مطالعه کنترل مداوم تراز صوت، عدم استفاده از ماشین‌آلات فرسوده، بوته کاری با گیاهان سازگار با شرایط منطقه و در نظر گرفتن تمهیداتی جهت کاهش انتشار گردوغبار ناشی از خاک‌برداری به‌عنوان اقدامات اصلاحی در نظر گرفته شد. پروژه احداث

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

تأسیسات نمک‌زدایی در شهرستان تفت، به‌طورکلی دارای غلبه اثرات مثبت با کسب نمره نهایی ۲۹+ می‌باشد. این غلبه به‌طور عمده ریشه در مزایای قوی اجتماعی-اقتصادی پروژه دارد؛ به‌طوری‌که بیشترین نمرات مثبت به ترتیب به پارامترهای درآمد، رفاه و اشتغال اختصاص یافته است که توجیه‌پذیر بودن پروژه را از منظر توسعه محلی تأیید می‌کند. نتایج حاصل از ارزیابی اثرات احداث تأسیسات نمک‌زدایی در شهرستان تفت، فراتر از یک مطالعه موردی منطقه‌ای، پیامدهای مهمی برای سیاست‌گذاری‌های حوزه منابع آب و توسعه پایدار در فلات مرکزی ایران دارد. غلبه اثرات مثبت اجتماعی-اقتصادی (با کسب نمره مجموع ۸۴+ در ابعاد رفاه و اشتغال) تأییدی است بر اینکه اجرای چنین پروژه‌هایی، ابزاری مؤثر در راستای سیاست‌های جلوگیری از مهاجرت و تأمین معیشت پایدار در مناطق کویری است. با این حال، کانون بحرانی اثرات منفی که به آلودگی صوتی (۹-) و به‌ویژه تأثیر شدید بر منابع آب زیرزمینی (۱۶-) اختصاص دارد، یک هشدار جدی سیاستی است. بر این اساس، دو توصیه‌ی اجرایی مشخص در راستای ارتقاء سیاست‌گذاری‌ها ارائه می‌شود؛ شامل: ۱) با توجه به آسیب‌پذیری آبخوان‌ها، سازمان حفاظت محیط زیست باید استانداردهای تخلیه پساب نمکی را در مناطق غیردریایی، به سمت الزامی‌سازی فناوری‌های ZLD سوق دهد تا ریسک آلودگی دائمی آبخوان‌های حیاتی کشور حذف شود. ۲) وزارت نیرو باید با اتکا به نتایج پایش‌های دوره‌ای (سطح و کیفیت)، سقف برداشت از آبخوان‌ها را به‌صورت انعطاف‌پذیر و مشروط به حفظ توازن آبخوان تعیین نماید تا پایداری منابع زیرزمینی در درازمدت قربانی تأمین کوتاه‌مدت آب نشود که این رویکرد، پایداری محیط‌زیستی را در کنار مزایای اجتماعی تضمین خواهد کرد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق پژوهش IR.MUI.DHMT.REC.1405.001 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله با کد علمی ۱۴۰۴۳۰۰ مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می باشد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

References

1. Wang T, Tu X, Singh VP, Chen X, Lin K, Lai R, et al. Socioeconomic drought analysis by standardized water supply and demand index under changing environment. Journal of Cleaner Production. 2022;347:131248.

2. Rezvani Ghalhari M, Ajami B, Ghordouei Milan E, Khalooei M, Mahvi AH. Evaluation of groundwater quality for drinking purposes in Kashan using water quality indicators. Iranian Journal of Health and Environment. 2022;14(4):615-28 (in Persian).

3. Xu X, Ness JE, Miara A, Sitterley KA, Talmadge M, O Neill B, et al. Analysis of brackish water desalination for municipal uses: case studies on challenges and opportunities. ACS Es&T Engineering. 2022;2(3):306-22.

4. Dehghanpir S, Bazrafshan O, Ramezani Etedali H, Holisaz A, Collins B. Water scarcity assessment in Iran's agricultural sector using the water footprint concept. Environment, Development and Sustainability. 2024;26(11):28995-29020.

5. Sadiq Isah A, Bint Takaijudin H, Mahinder Singh BS, Alfa Abubakar U, Jumande Mohammad S, Oladoyin abimbola T. Assessing the performance, sustainability, and economic viability of a photovoltaic-based solar desalination system for water scarce regions. Journal of Cleaner Production. 2023;421:138528.

6. Gude VG. Desalination and sustainability–an appraisal and current perspective. Water Research. 2016;89:87-106.

7. Panagopoulos A, Haralambous KJ, Loizidou M. Desalination brine disposal methods and treatment technologies-A review. Science of the Total Environment. 2019;693:133545.

8. Khondoker M, Mandal S, Gurav R, Hwang S. Freshwater shortage, salinity increase, and global food production: A need for sustainable irrigation water desalination—A scoping review. Earth. 2023;4(2):223-40.

9. Sola I, Santana Anticoy C, Silva Garcia R, Perez Hernandez G, Pereira Rojas J, Blanco Murillo F, et al. Evaluating physico-chemical and biological impacts of brine discharges for a sustainable desalination development on South America's Pacific Coast. Journal of Hazardous Materials. 2025;489:137464.

10. Paudel K, Ghimire E, Phelps J. The pending promises of mitigation measures in Environmental Impact Assessments: A typology and evaluation of Nepal's hydropower projects. Environmental Management. 2025;75(5):1084-98.

11. El Naqa A. Environmental impact assessment using rapid impact assessment matrix (RIAM) for Russeifa landfill, Jordan. Environmental Geology. 2005;47(5):632-39.

12. Ghasemian M, Poursafa P, Amin MM, Ziarati M, Ghoddousi H, Momeni SA, et al. Environmental impact assessment of the industrial estate development plan with the geographical information system and matrix methods. Journal of Environmental Public Health. 2012;2012(1):407162.

13. Abdelzaher M, Farahat EM, Abdel Ghafar HM, Balboul BA, Awad MM. Environmental policy to

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

develop a conceptual design for the water–energy–food Nexus: A case study in Wadi-Dara on the Red Sea Coast, Egypt. Water. 2023;15(4):780.

14. Ihsanullah I, Atieh MA, Sajid M, Nazal MK. Desalination and environment: A critical analysis of impacts, mitigation strategies, and greener desalination technologies. Science of the Total Environment. 2021;780:146585.

15. Firoznia G, Moussakazemi SM, Vakil H. Applying the participatory planning approach in the environmental impact assessment for development in Iran. Geography and Environmental Sustainability. 2025;15(1):1-20 (in Persian).

16. Rahimi N, Bazargan A. Environmental and social impacts of securing water resources from the sea. Town and Country Planning. 2025;16(2):419-39 (in Persian).

17. Hassan SA, Amer WJ, Zahir MJA. Environmental assessment of the qualitative characteristics of groundwater wells in Ali Al-Gharbi District (north of Maysan Governorate). E3S Web of Conferences: EDP Sciences; 2024. p. 01001.

18. Al Mutairi ES, Rashed I, El Halwany M, Mosaad MA. Environmental impact assessment of water desalinating systems: Kuwait as a case study. Mansoura Engineering Journal. 2024;49(4):1-12.

19. Adetarami O, Johnson S, Ogunjinmi K, Hammed E, Odeyemi A. Assessing rural residents perception on utilization of environmental impact assessment for rural development projects in Oyo State, Nigeria. Journal of Agriculture and Environment. 2024;20(1):85-96.

20. Kuitunen M, Jalava K, Hirvonen K. Testing the usability of the Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) method for comparison of EIA and SEA results. Environmental Impact Assessment Review. 2008;28(4-5):312-20.

21. Teimouri F, Ebrahimi AA, Jalili M, Alaghehbandan HR. Sustainability impact assessment of waste to energy technologies in Iran. Journal of Environmental Health Sustainable Development. 2019;4(4):885-94.

22. Ekrami M, Fatehi Marj A, Barkhordari J, Dashtakian K. Drought vulnerability mapping using AHP method in arid and semiarid areas: a case study for Taft Township, Yazd Province, Iran. Environmental Earth Sciences. 2016;75(12):1039.

23. Javadianzade MM, Poormohammadi S. Assessment of two conceptual models IHBV and HBV-light in estimation of increase water harvesting to help cloud seeding technology (Case study: Catchment Taft-Dehshir, Iran). Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 731-33.

24. Shammas MI. Artificial recharge via injection wells for salinity ingress control of Salalah plain aquifer, Sultanate of Oman. Desalination and Water Treatment. 2022;263:230-47.

25. Pazoki M, Ahmadi Pari M, Dalaei P, Ghasemzadeh R. Environmental impact assessment of a water transfer project. Jundishapur Journal of Health Sciences. 2015;7(3):e27238.

26. Martinez LF, Toro J, J Leon C. A complex network approach to environmental impact

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

assessment. Impact Assessment and Project Appraisal. 2019;37(5):407-20.

27. Rai S, Singh R. Environmental impact assessment of a rural road project: network and matrix method. International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology. 2015;1(4):170-79.

28. Tianliang W, Aghalari Z, Mubanga R, Sosa Hernandez JE, Martinez Ruiz M, Parra Saldivar R. Assessing environmental health impacts of coal mining exploitation in Iran: A Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) approach for environmental protection. Plos One. 2023;18(12):e0293973.

29. Talukdar D, Das TK. An assessment of environmental impact on river bed sand and gravel mining in Eastern Dooars, West Bengal: A case study on Raidak-II River. International Journal of Science and Research. 2020;9(12):531-38.

30. Barthwal R. Environmental impact assessment. New Delhi: New Age International; 2002.

31. Talukdar D, Das TK. An assessment of environmental impact on river bed sand and gravel mining in Eastern Dooars, West Bengal: A case sudy on Raidak-II River. International Journal of Science and Research. 2020;9(12):531-38.

32. Ameri M, Mohammadi SS, Hosseini M, Seifi M. Effect of design parameters on multi-effect desalinationsystem specifications. Desalination. 2009;245(1):266-83.

33. Chen H, Ma K, Huang Y, Fu Q, Qiu Y, Yao Z. Significant response of microbial community to increased salinity across wetland ecosystems. Geoderma. 2022;415:115778.

34. Izadi N, Ataei P, Karimi Gougheri H, Norouzi A. Environmental impact assessment of construction of water pumping station in Bacheh Bazar Plain: A case from Iran. EQA-International Journal of Environmental Quality. 2019;35:13-32.

35. Tyldesley D. A handbook on Environmental Impact Assessment. Edinburgh: Scottish Natural Heritage; 2009.

36. Panagopoulos A. Energetic, economic and environmental assessment of zero liquid discharge (ZLD) brackish water and seawater desalination systems. Energy Conversion and Management. 2021;235:113957.

37. Berreteaga A, Campos E, De Bustamante I, Iglesias J, Lillo J, Zarzo D. Deep well Injection of Desalination Brines. Madrid: IMDEA Water Institute; 2010.

38. Momejian N, Abou Najm M, Alameddine I, El Fadel M. Can groundwater vulnerability models assess seawater intrusion?. Environmental Impact Assessment Review. 2019;75:13-26.

39. Chomsky A. Social impacts of resource extraction. Latin American Research Review. 2016;51(1):243-54.

40. Liu TK, Ye JA, Sheu HY. Exploring the social acceptability for the desalination plant project: Perceptions from the stakeholders. Desalination. 2022;532:115757.

41. Abualtayef M, Al Najjar H, Mogheir Y, Seif AK. Numerical modeling of brine disposal from Gaza central seawater desalination plant. Arabian Journal of Geosciences. 2016;9:1-18.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

42. Alameddine I, El Fadel M. Brine discharge from desalination plants: a modeling approach to an optimized outfall design. Desalination. 2007;214(1-3):241-60.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Environmental impact assessment of brackish water desalination: a case study of Taft city, Yazd province

Ghazal Yousefian[1,2], Seyed Morteza Hodaei[3], Mohammad Rezvani Ghalhari[4], Alireza Yousefian[3], Habib Fasahat[3], Afshin Ebrahimi[2,*]

1- Student Research Committee, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Member of the Board of Directors, Mehrab Sepahan Consulting Engineers Company, Isfahan, Iran
4- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 27 January 2026
Revised: 15 April 2026
Accepted: 20 April 2026
Published: 16 June 2026

Keywords: Environmental impact assessment, Desalination, Groundwater, Wooten and Rao matrix, Taft city

***Corresponding Author:**
a_ebrahimi@hlth.mui.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: The implementation of desalination projects is not without challenges and can have adverse environmental consequences on the environment. The present study was conducted with the aim of assessing the environmental impacts of the desalination of brackish groundwater in the villages of Taft city.

Materials and Methods: Based on field visits to the study area and the prevailing environmental conditions in the region, as well as considering the specific conditions of implementing desalination facilities, questionnaire checklists were used to examine the spatial sensitivity of the project. The Wooten and Rao matrix was used to analyze the relevant environmental activities and consequences.

Results: The results showed that the project overall has a predominance of positive effects, which is confirmed by obtaining a final score of +29. The highest positive scores belong to social and economic dimensions such as income parameters (+27), welfare (+24), and employment (+24). However, the results emphasize the focus of negative impacts on the physical environment, with the most severe impacts being noise pollution (-9) and groundwater resources (-16).

Conclusion: In the present study, the positive impacts outweigh the negative impacts; therefore, implementing this project is deemed appropriate based on the Wooten and Rao matrix criteria, and it does not have any major adverse effects on the region's environment. In addition, the transfer of wastewater to this location has no impact on erosion, compaction, and soil structure degradation, as well as the quality of the aquifers in the region.

Please cite this article as: Yousefian Gh, Hodaei SM, Rezvani Ghalhari M, Yousefian A, Fasahat H, Ebrahimi A. Environmental impact assessment of brackish water desalination: a case study of Taft city, Yazd province. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;19(1):1-20.

Copyright © 2026 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-06-29]