

## بررسی اثرات ناشی از آب شیرین کن های صنعتی بر اکوسیستم آبی خلیج فارس

لعبت تقوی<sup>۱</sup>

ماندانا محیبیان<sup>۲\*</sup>

[m.mohebian@srbiau.ac.ir](mailto:m.mohebian@srbiau.ac.ir)

سمیه سعادتیان<sup>۳</sup>

### چکیده

دسترسی به آب شیرین به عنوان یک معضل جهانی تلقی می‌شود. نزدیک به ۹۶/۵۴ درصد کل منابع آب کره زمین را آب شور و مابقی آن یعنی ۲/۵۳ درصد را آب شیرین تشکیل می‌دهد. با توجه به کمبود منابع آب شیرین، در سال‌های اخیر نمک زدایی آب دریا به یک صنعت مهم تبدیل شده است. این مشکل در مناطق خشک که با پدیده خشکسالی مواجه هستند جدی‌تر خواهد بود. آب و هوای بیش از حد خشک خلیج فارس این منطقه را با کمبود آب مواجه ساخته است. از چندین دهه گذشته، نمک زدایی از آب دریا به عنوان یک منبع قابل اعتماد برای تامین آب مورد نیاز ساکنین سواحل آن مورد استفاده قرار گرفت. اما اخیراً نگرانی‌هایی در مورد افزایش ورود آب شور به دریا و افزایش مصرف انرژی و مشکلات زیست محیطی ناشی از استفاده از آب شیرین کن‌های صنعتی بر اکوسیستم خلیج فارس مطرح است. در این مطالعه با استفاده از مدل DPSIR به تجزیه و تحلیل وضع موجود پرداخته شده است و در پایان راهکارهایی در خصوص کاهش اثرات آرایه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: آب شیرین کن، نمک زدایی، خلیج فارس، مدل DPSIR.

۱- استادیار گروه آلودگی‌های محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکتری آلودگی‌های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. \* (مسئول مکاتبات)

۳- دانشجوی دکتری آلودگی‌های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

## زمینه و هدف

ساحلی خلیج فارس زندگی می کنند (۸). خلیج فارس علاوه بر منابع نفتی از تنوع عظیم زیستی برخوردار است (۹). این اکوسیستم به علت عمق کم، شوری آب، گرمی هوا و ارتباط محدود با آب‌های آزاد دریا محیط زیست ویژه ای را تشکیل می‌دهد که در برابر آلودگی نفتی، جنگ، تردد کشتی‌ها و تانکرهای نفتی، افزایش فعالیت‌های صنعتی و اقتصادی، مسئله آب شیرین کن‌ها، فاضلاب‌های شهری و زباله‌ها، نیروگاه‌ها، خشک کردن سواحل، ورود گونه‌های مهاجم از طریق آب توازن کشتی‌ها، تهدیدات جدید شامل ایجاد سرزمین یا قلمروسازی (جزایر مصنوعی) و برگراری مانورها، بسیار آسیب‌پذیر و شکننده شده است.

منطقه خلیج فارس از سوی سازمان بین‌المللی دریانوردی و برنامه محیط زیست ملل متحد به استناد به کنوانسیون حقوق دریاها، دریای نیمه بسته‌ای اعلام شده است که از طریق تنگه هرمز به دریای عمان راه دارد. زمان ماندگاری آب دریا زمان تعویض) طبق اندازه‌گیری‌های به عمل آمده بین ۲ تا ۵ سال اعلام شده است که چنین زمانی از نقطه نظر توان خودپالایی دریا و همچنین غلظت مواد آلاینده موجود در آن، بسیار طولانی است. سازمان جهانی دریانوردی (IMO) در سطح بین‌المللی مسئولیت نظارت و پیگیری و به روز درآوردن مفاد کنوانسیون‌ها و همچنین وظیفه تدوین مقررات جدید را عهده‌دار شده است. کنوانسیون‌های بسیاری در مورد آلودگی-های دریایی تصویب شده است که کنوانسیون بین‌المللی ماریل و کنوانسیون منطقه‌ای راپمی از مهم‌ترین آن‌ها در محدوده اجرایی محسوب می‌گردند. هدف کنوانسیون بین‌المللی ماریل جلوگیری از آلودگی عمدی محیط‌زیست دریایی و برطرف سازی کامل آلودگی ناشی از نفت و دیگر مواد مضر و به حداقل رساندن اتفاقی این مواد است. سازمان منطقه‌ای حفاظت از محیط‌زیست دریایی (ROPME) در سال ۱۹۷۹ برای رسیدگی به وضعیت آلودگی مناطق ساحلی خلیج فارس ایجاد شد.

کمبود آب شیرین در جهان، ۲ میلیارد نفر را از آب آشامیدنی سالم محروم نموده است (۱). دسترسی به آب شیرین به عنوان یک معضل جهانی تلقی می‌شود. این مشکل در مناطق خشک که با پدیده خشکسالی مواجه هستند جدی‌تر خواهد بود. نزدیک به ۹۶/۵۴ درصد کل منابع آب کره زمین را آب شور و مابقی آن یعنی ۲/۵۳ درصد را آب شیرین تشکیل می‌دهد. با توجه به کمبود منابع آب شیرین، در سال‌های اخیر نمک زدایی آب دریا به یک صنعت مهم تبدیل شده است. حدود ۱۴۴۵۱ سیستم آب شیرین کن در جهان وجود دارد که ظرفیت جهانی آن‌ها ۵۹/۹ میلیون متر مکعب در روز است. بیش‌ترین تعداد سیستم‌های آب شیرین کن در سواحل کشورهای خلیج فارس با بیش‌ترین مقدار تولید آب شیرین در کشورهای امارات متحده عربی و عربستان سعودی واقع شده است (۲). تیپولوژی جمعیت-منبع-تکنولوژی مناطق جهان نشان می‌دهد که خلیج فارس در محدوده بیابان شمالی<sup>۱</sup> زمین قرار دارد. بر طبق این طبقه‌بندی این منطقه دارای جمعیت کم و تکنولوژی ضعیف می‌باشد. منطقه با بیلان منفی آب روبرو است. مقدار کمبود آب  $500 < m^3/capita/year$  در سال است (۳). این وضعیت باعث می‌شود تا خلیج فارس در رتبه فقیرترین مناطق سرانه آب و بالاترین سرانه هزینه آب قرار گیرد. تکنولوژی آب شیرین کن در دهه ۱۹۵۰ به عنوان یک منبع قابل اعتماد جایگزین در این منطقه معرفی شد (۴).

بر طبق گزارش Reynolds (1993) خلیج فارس (شکل ۱) با وسعتی معادل ۲۳۹۰۰۰ کیلومتر مربع و شامل دریای عمان و تنگه هرمز نیز می‌شود. خلیج فارس با طول معادل ۱۰۰۰ کیلومتر و به ترتیب حداکثر و حداقل عرض آن معادل ۳۳۸ و ۵۶ کیلومتر است. خلیج فارس یک اکوسیستم دریایی عظیم فرامرزی است (۶). به غیر از عربستان سعودی ۹۰ درصد جمعیت کشورهای حوزه خلیج فارس در مناطق شهری ساکن هستند و نرخ شهرنشینی بین ۳/۵ تا ۶ درصد در سال است (۷). برآورد شده بیش از ۱۵ میلیون جمعیت در مناطق

ایران به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه توسط سه پهنه آبی دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان احاطه شده است. بیش از ۱۰ میلیون ایرانی در استان‌های ساحلی کشور سکونت دارند. سواحل ایرانی دریای عمان یکی از گرم‌ترین نقاط با اقلیمی خشک و میانگین بارش سالیانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر است (۲). منبع اصلی تامین آب در ایران نیز بارش سالیانه است. بارش سالیانه کشور ۴۱۳ میلیارد متر مکعب می‌باشد، اما این میزان به طور قابل توجهی در سراسر کشور متفاوت است به طوری که در بخش‌های مرکزی در محدوده کم‌تر از ۵۰ میلی‌متر و در سواحل دریای خزر به ۱۰۰۰ میلی‌متر می‌رسد، بیشتر بخش‌های کشور نیز بارشی کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر را در سال دریافت می‌کنند. میانگین بارش سالیانه ایران ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد که کم‌تر از یک سوم میانگین جهانی (۸۳۱ میلی‌متر در سال) و نزدیک به یک سوم میانگین بارش در آسیا (۷۳۲ میلی‌متر در سال) است. نزدیک به ۳۰ درصد کل بارش کشور به شکل برف و مابقی آن به شکل باران و سایر اشکال بارش است. رژیم بارشی ایران توأم با نوسانات غیر قابل پیش‌بینی در مناطق مختلف است که به دلیل ویژگی‌های مختلف محلی نظیر ارتفاع و دوری و نزدیکی به دریاست. در دهه‌های اخیر، تغییرات آب و هوایی با ایجاد اثرات منفی بر منابع آب کشور منجر به سیلاب‌ها و خشکسالی‌های پیاپی گردیده که مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب را سبب شده است (۲). به دلیل وجود مناطق بسیاری در کشور هم‌چون سواحل جنوبی

ایران که دسترسی به آب شیرین و سالم مورد نیاز در آن‌ها به سهولت امکان‌پذیر نیست، لزوم تحقیق و سرمایه‌گذاری برای بررسی روش‌های متفاوت شیرین‌سازی آب‌های شور احساس می‌شود. در نگاه نخست استفاده از آب شیرین کن‌ها بسیار مطلوب به نظر می‌رسند البته در مواقعی حجم آب استحصال شده از آن‌ها کم باشد همان‌گونه است، اما در مواقعی که حجم آب استحصالی زیاد باشد هزینه‌های مالی و مسائل اجرایی، در تامین زمین، احداث سازه، تامین و نصب تاسیسات جانبی (مانند آبگیر، خطوط انتقال و سیستم دفع پساب) را دارا می‌باشد. جنبه دیگر این نوع آب شیرین کن‌ها اثرات مخرب زیست محیطی در اطراف محل دفع پساب حاصل از فعالیت آب شیرین کن می‌باشد. از جمله این تاثیرات می‌توان به خطرات حاصل از افزایش شوری برای ماهیان و سایر جانوران ساکن در محیط دریا که می‌توانند موجب از بین رفتن و یا فرار آن‌ها از منطقه گردد. خطر دیگر تخریب بافت گیاهی منطقه با برهم زدن خصوصیات شیمیایی و میزان شوری و حرارت آب دریا است خطر دیگر که حتی زندگی انسان‌های ساکن در مناطق مجاور دریا را مورد تهدید قرار می‌دهد، شور شدن منابع آب زیرزمینی به دلیل افزایش میزان شوری آب دریا می‌باشد (۱۰).

با توجه به اثرات یاد شده ناشی از آب شیرین کن‌های صنعتی در محیط دریا و ساحل هدف از انجام این پژوهش نیز بررسی اثرات ناشی از آب شیرین کن‌های صنعتی بر اکوسیستم دریایی خلیج فارس می‌باشد.



شکل ۱- محدوده و موقعیت جغرافیایی خلیج فارس

## روش بررسی

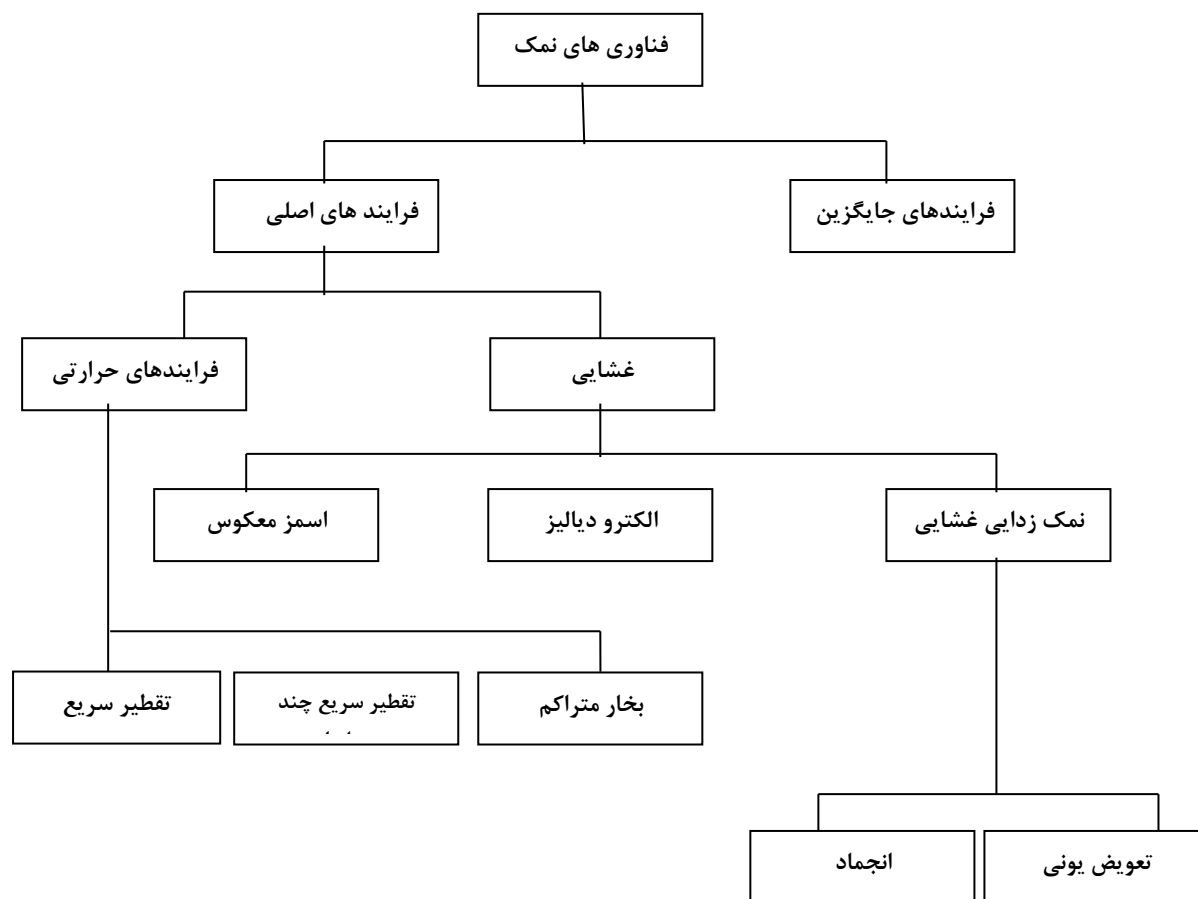
روش تحقیق در این پژوهش مبتنی بر مطالعه کتابخانه‌ای است. در ابتدا منابع کتابخانه‌ای جمع‌آوری و سپس توسط مدل DPSIR مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند.

## تعریف و فناوری‌های نمک زدایی

نمک زدایی عبارتست از اعمال چندین مرحله متفاوت روی آب شور یا بد مزه جهت زدودن نمک اضافی و بقیه مواد معدنی از آن و یا به طور کلی‌تر نمک زدایی شامل زدودن نمک‌ها و مواد معدنی است. آب به گونه‌ای به آب شیرین برگردانده می‌شود که جهت مصرف یا آبیاری مناسب باشد. بعضی از مواقع محصول فرایند نمک زدایی، فراوردن نمک خوراکی است که این فراورده در بسیاری از کشتی‌ها و زیر دریایی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیش‌ترین توجه در نمک زدایی بر روی راه‌های موثرتر تهیه آب شیرین متمرکز شده است و البته برای استفاده بشر و در نواحی که در آن‌جا دسترسی به آب محدود است. عمده‌ترین روش مورد استفاده روش اسمز معکوس است که ۸۵ درصد تولید کل جهان را از سال ۲۰۰۴ به بعد به خود اختصاص داده است (۱۱).

روش‌های تصفیه متعددی برای نمک زدایی از آب دریا ارایه شده است که می‌توان آن‌ها را در دو گروه اصلی فرآیندهای غشایی و فرآیندهای حرارتی طبقه بندی نمود. این تقسیم بندی بر مبنای سازوکارهای مورد استفاده در جداسازی جامدات محلول از آب انجام شده است. در فرآیندهای غشایی (اسمز معکوس و الکترودیالیز) برای جداسازی نمک‌های محلول

و تولید آب شیرین، از نیروی محرکه الکتریکی یا مکانیکی استفاده می‌شود و در فرآیندهای حرارتی (تقطیر ناگهانی، تقطیر چند مرحله‌ای و تقطیر با تراکم بخار) از فرآیند تبخیر برای تبدیل آب به بخار استفاده شده و با میعان بخار تولیدی، آبی کم نمک تولید می‌گردد. به دلیل راندمان بالاتر فرآیندهای غشایی در مصرف انرژی، کاربرد این فرآیندها در مقایسه با فرآیندهای حرارتی، با استقبال بیش‌تری همراه بوده است. البته باید به این نکته نیز توجه نمود که انرژی مورد نیاز برای غلبه بر فشار اسمزی در آب‌های شور نسبتاً قابل توجه است به طوری که بار مبنای معادلات ترمودینامیکی، کمترین انرژی مصارفی در این فرآیند معادل ۰,۷ کیلو وات بر متر مکعب می‌باشد. براین اساس، مدیریت مصرف انرژی و افزایش بازده سیستم‌های نمک زدایی از طریق کاهش حجم آب شور تولیدی و نیاز انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌تواند چالش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مرتبط با کاربرد این فرآیندها را به حداقل برساند. در ایران و جهان روش‌هایی مانند اسمز معکوس، تقطیر چند مرحله‌ای، متراکم سازی مکانیکی بخار آب و تقطیر چند مرحله‌ای، چگالش گرمایی بخار طرفداران فراوانی دارند (۱۲). در شکل ۲ نمودار شماتیک فناوری‌های نمک زدایی ترسیم شده است.



شکل ۲- نمودار شماتیک فناوری های نمک زدایی (۲)

غشای مورد استفاده، آب خام شوری که وارد دستگاه می‌شود باید عاری از هرگونه مواد معلق، سختی و باکتری بوده و لذا باید فرآیند پیش تصفیه بر روی آن انجام شده باشد. از مزایای این سیستم می‌توان به مواردی از قبیل اینکه در مقایسه با MSF به انرژی کمتری نیاز دارد، در واحدهای کوچک اولویت دارد، به آب ورودی کمتری نیاز دارد، بو و مزه، شوری و یونهای فلزی را از بین می‌برد، به سرمایه گذاری کمتری برای نصب نیاز دارد، عملکرد آن آسان و راه اندازی آن سریع است، ظرفیت تولید آن بالا و طراحی آن ساده و رایج است، تعمیرات و سرویس آن نیاز به خاموشی کل سیستم ندارد و از معایب این سیستم می‌توان به مواردی مانند: نیاز به فرآیند پیش تصفیه، نیاز به دو یا سه مرحله تصفیه برای رسیدن به کیفیت مطلوب، نیاز داشتن به مواد شیمیایی و جایگزین غشاهایی که هزینه بالایی دارد را اشاره نمود (۱۳).

#### اسمز معکوس (RO) <sup>۱</sup>

اسمز معکوس، به عنوان یکی از پرطرفدارترین روش های نمک زدایی بوده که محلول های آبی در حضور یک غشای نیمه تراوا استفاده می‌شود. در حالی که (فشار اسمزی) در آن از خاصیت جهت حرکت عادی آب (در اثر فشار اسمزی) از محلول با غلظت پایین تر آب مقطر به سمت محلول با غلظت بالاتر (آب شور) است، با اعمال فشار مصنوعی بر روی آب شور، جهت این حرکت عوض شده و در نتیجه آب شور و نمک در یک

طرف غشای نیمه تراوا باقی مانده و در طرف دیگر، آب شیرین سازی شده تولید می‌شود. فشار مصنوعی تولیدی در حدود ۴۰ تا ۸۰ بار بوده و جنس غشای نیمه تراوا، معمولاً سلولز استات، پلی آمید یا پلی سلفون می باشد. به علت احتمال گرفتگی

1- Reverse osmosis (RO)

### تقطیر سریع چند مرحله ای MSF<sup>۱</sup>

یکی از روش‌های تولید آب از محلول آب نمک استفاده از تقطیر غشایی است. تقطیر غشایی نوعی از فرآیندهای جداسازی غشایی می باشد که صرفاً یک تماس دهنده برای دو فاز حساب می شود و از اختلاط دو فاز با یکدیگر جلوگیری می نماید. در این روش اختلاف فشار بخار در دو سمت غشا به دلیل وجود اختلاف دما است. از مزایای تقطیر غشایی می توان به ساختار فرآیندی متراکم، قابلیت عملیاتی شدن در دماهای پایین (بین ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی گراد) که حتی توسط منابع گرمایی مازاد و حتی گرمای خورشیدی قابل دسترسی است، ساختار غشایی بسیار ساده و متنوع تر نسبت به اسمز معکوس مصرف کم انرژی، عدم نیاز به کار در فشار بالا اشاره نمود (۱۰).

### تقطیر بخار متراکم VCD<sup>۴</sup>

این سیستم با متراکم کردن بخار بر روی یک سطح انتقال گرما عمل می کنند که این سطح انتقال گرما طوری ساخته می شود که توانایی انتقال گرمای بخار به آب شور و طرف دیگر سطوح را داشته باشد تا منجر به ایجاد بخار می شود. از محاسن این روش کیفیت بالای آب تولیدی، ساده و قابل اطمینان بودن آن، هزینه سرمایه گذاری معقول و راحتی قابلیت نقل و انتقال تجهیزات متعلق به این سیستم می باشد. از معایب این روش می توان به مشکل آماده سازی و راه اندازی این روش در ابتدای کار و مقرون به صرفه نبودن مقیاس های بزرگ آن از لحاظ اقتصادی با حداکثر باز یافت کم تر از ۵ درصد انرژی گرمایی در این روش اشاره نمود (۱۰).

### الکترو دیالیز ED<sup>۵</sup>

روشی برای نمک زدایی از آب دریا با استفاده از غشای عبوردهنده یون می باشد. در این روش پس از الکترولیز شدن آب شور و حرکت یون های تشکیل دهنده نمک به سمت آند و کاتد (که در پشت غشاها قرار دارند)، آب نمک زدایی شده در فاصله بین دو غشا باقی می ماند. برای استفاده از این روش، شوری حداقل ( جهت حفظ رسانایی محلول و مصرف منطقی

یک روش حرارتی برای نمک زدایی از آب شور دریا بوده که در آن ده مرحله (یا بیش تر) تقطیر در فشارها و دماهای مختلف انجام می پذیرد. با کاهش دمای آب در ورود به مرحله بعد، فشار نیز کاهش می یابد تا به کاهش نقطه جوش و تبخیر سریع کمک کند. در این روش به آب شور ورودی، مواد ضد گرفتگی و ضد رسوب اضافه می شود. سالانه حداقل یک بار اسیدشویی جهت رفع رسوبات ایجاد شده در تاسیسات نمک زدایی MSF نیاز است. روش MSF در بین روش های حرارتی بیش تر از همه متداول است. از مزایای این سیستم این است که برای آب با کیفیت پایین مناسب می باشد و نیاز کمتری به پیش تصفیه دارد، برای رسیدن به کیفیت بالای آب خروجی با فرآیند تک مرحله ای مطلوب تر است، عمر بهره برداری طولانی تر دارد، تبخیر ناگهانی به جای جوشیدن از پوسته شدن و خوردگی سطح جلوگیری می کند و به تعمیرات و هزینه نگهداری کمتری نیاز دارد (۱۰-۱۲).

### تقطیر چند مرحله ای MED<sup>۲</sup>

یکی از روش های گرمایی برای شیرین سازی آب، تقطیر چند مرحله ای است. در مرحله اول این روش تنها بخشی از آب شور ورودی به سلول تبخیر شده و بقیه آب وارد مرحله دوم می شود که این مرحله فشار کمتری نسبت به مرحله قبلی دارد و به وسیله بخار ایجاد شده در مرحله اول، گرما داده می شود تا با این عمل دمای بخار کاهش یافته و به مایع تبدیل شود که این چرخه چندین مرحله ادامه می یابد. از مزایای این روش می توان به کاهش هزینه های نگهداری با استفاده از انرژی گرمایی اضافی، کیفیت بالای آب نمک زدایی شده، مقاومت بالای این فرآیند نسبت به شرایط سخت، قابلیت ترکیب این فرآیند با دیگر فرآیندها، توانایی آن در جدا کردن عوامل بیولوژیکی و معلق، عدم نیاز به تجهیزات بالا برای نگهداری و قابل اطمینان بودن این نوع فرآیند اشاره کرد (۱۳).

### تقطیر غشایی MD<sup>۳</sup>

4- Vapor Compression  
5- Electro Dialysis

1- Multi- stage flash (MSF)  
2- Multi- effect Distillation  
3- Membrane Distillation

سرخ تعلق دارد، کویت (۱۴ درصد)، قطر (۸ درصد)، بحرین (۵ درصد) و عمان (۴ درصد) می باشند. انتظار می رود ظرفیت کل به ۹۰۰۰ متر مکعب در سال تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد (۱۴).  
جدول ۲ نیز موقعیت و نوع تکنولوژی های آب شیرین کن در ایران را نشان می دهد.

میزان انرژی الکتریکی) باید برابر ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر باشد و میکروارگانیزم ها در این روش قابل حذف نیستند (۱۳).

### تبادل یونی IE<sup>۱</sup>

در این روش نمک زدایی که یکی از رایج ترین سختی گیرها و حذف کننده املاح و کاتیون ها و آنیون های آب می باشد با استفاده از رزین های تبادل یونی، کاتیون های آب مثل کلسیم و منیزیم با یون سدیم و یا گروه های  $H^+$  و  $OH^-$  جایگزین می گردد. یون های هیدروژن و هیدروکسید جایگزین شده نیز پس از ترکیب با یکدیگر، به ملکول آب تبدیل می شوند استفاده از این روش در استحصال آب شیرین مصارفی صنایع بیش تر معمول است. رزین های تازه دارای یون سدیم به شکل فعال می باشند. بر اساس نوع واکنش جانشینی و گروه عامل تعویض متصل به پایه پلیمری رزین، رزین های تبادل یونی به گروه های مختلف رزین های آنیونی قوی و ضعیف و کاتیونی قوی و ضعیف تقسیم می شوند این رزین ها بایستی به طور متناوب احیاء گردند تا از رسوب املاح آب در آنها جلوگیری گردد (۱۳).

### پروژه های آب شیرین کن در حوزه خلیج فارس

کشورهای خاورمیانه بزرگترین کاربران استفاده از آب شیرین کن های صنعتی را دارند و نزدیک به ۵۰ درصد از ظرفیت آب شیرین کن های جهان در این منطقه کار گذاشته شده است. ظرفیت کل آب شیرین کن های خلیج فارس ۱۱ میلیون متر مکعب در روز است. رایج ترین فرایندهای نمک زدایی در سطح جهان شامل MSF، MED و RO می باشد (۲). به طوری که در حال حاضر ۱۹۹ سایت به همراه طرح افزایش ۳۸ سایت جدید دیگر وجود دارد که در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. مجموع ظرفیت آب شیرین کن ها حدود ۵۰۰۰ میلیون متر مکعب در سال است، که همان طور که در بالا اشاره شد به معنی تقریباً نیمی از تولید جهان می باشد. تولید کنندگان اصلی در منطقه خلیج فارس شامل امارات متحده عربی (۳۵ درصد)، عربستان سعودی (۳۴ درصد) که ۱۴ درصد آن به لیج فارس نسبت دارد و ۲۰ درصد مابقی به دریای

جدول ۱- سایت های آب شیرین کن در کشورهای عربی حوزه خلیج فارس در سال ۲۰۱۰ (۱۴)

مجموع	ظرفیت کشورها						تکنولوژی
	کویت	قطر	عمان	KSA	بحرین	UAE	
۵۳	۶	۵	۳	۱۸	۱	۲۰	MSF
۱۲۹	۰	۲	۳۱	۷۶	۲	۱۸	RO
۱۳	۰	۱	۰	۳	۱	۸	MED
۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	VC
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	ED
۳	۰	۰	۱	۰	۱	۱	ترکیب (MSF+RO)
۱۹۹	۶	۸	۳۵	۹۷	۶	۴۷	مجموع

مجموع کل شامل سایت های کوچک مقیاس در برخی کشورها نمی باشد



شکل ۳- آب شیرین کن به روش MSF در چابهار - کنارک (فاز ۱) (۲)



شکل ۴- آب شیرین کن به روش RO در چابهار - کنارک (فاز ۲) (۲)



جدول ۲- پروژه های آب شیرین کن در ایران (۲)

محل	تکنولوژی	ظرفیت کل (m <sup>3</sup> /day)	وضعیت	شروع عملیات
چابهار	MSF	۳۰۰۰۰	بهره برداری	۲۰۰۰
بندرعباس	MSF	۲۴۰۰	بهره برداری	۲۰۰۰
عسلویه (پارس جنوب)	RO	۱۰۰۰۰	بهره برداری	۲۰۰۴
چابهار-کنارک ( فاز ۱ )	MSF	۱۵۰۰۰	بهره برداری	۲۰۰۶
چابهار-کنارک ( فاز ۲ )	RO	۲۰۰۰۰	در حال ساخت	-
بندرعباس ( منطقه خلیج فارس )	RO	۲۵۰۰	بهره برداری	۲۰۰۶
جزیره سیری	MED	۱۲۰۰	بهره برداری	۲۰۰۷
بندرعباس	MED	۴۰۰۰	بستن قرارداد	-
نیروگاه ۲ بندرعباس	MED	۲۴۰۰	بهره برداری	۲۰۰۵
نیروگاه ۳ بندرعباس	MED	۲۴۰۰	در مرحله شروع	-
خوزستان ( هندیجان )	RO	۵۰۰۰	بهره برداری	۲۰۰۸
جزیره لاوان	MED	۲۴۰۰	بهره برداری	۲۰۰۹
جزیره خارک	MED	۳۶۰	بهره برداری	۲۰۰۸
عسلویه ( پارس جنوب )	RO	۱۲۰۰۰۰	بستن قرارداد	-
عسلویه ( پارس جنوب فاز ۱۵ ، ۱۶ )	MED	۴۰۰۰	در مرحله شروع	-
عسلویه ( پارس جنوب فاز ۹ ، ۱۰ )	MED	۱۷۱۸	بهره برداری	۲۰۰۸
عسلویه ( میدان گاز پارس جنوب )	MED_TVC	۱۶۰۰۰	بستن قرارداد	-
روستای یونکی ( شهر جاسک )	RO	۲۵۰۰	در انتظار مناقصه	-
هرمزگان	RO	۱۶۴۰۰۰	قرارداد منعقد شده	-

-	در انتظار مناقصه	۱۰۰۰	RO	رامچه ، جزیره قشم
-	بستن قرارداد	۷۲۰۰	MED	جزیره کیش
-	در انتظار مناقصه	۸۰۰۰	RO	بندر لنگه
-	مناقصه تحت ارزیابی	۲۰۰۰	RO	جزیره کیش
-	کوتاه اعلام شده	۵۰۰۰	RO	جزیره قشم
۲۰۱۱	بهره برداری	۲۰۰۰	MED	جزیره قشم
-	تحت نصب و راه اندازی	۳۶۰	MED	جزیره سیری
۲۰۱۰	بهره برداری	۲۰۰۰۰	RO	زاهدان
۲۰۱۳	بهره برداری	۵۰۰	RO	جزیره فارور
۲۰۱۴	تنظیمات آزمایشگاهی	۲۰۰۰۰۰	RO	بوشهر ( در نزدیک نیروگاه)
-	صدور RFQ	۴۰۰۰۰۰	RO	بندرعباس ( فاز ۱ )
-	صدور مجدد مناقصه	۲۵۰۰	RO	روستای بونگی ، شهر جاسک
-	صدور مجدد REP	۷۵۰	RO	دیوان ، بندر لنگه
-	صدور REP	۱۵۰۰	RO	روستای هرنگ ، بستک
-	صدور مجدد REP	۲۰۰۰	RO	شهر خارک
-	صدور مجدد REP	۱۴۰۰	RO	موغم ، بندرعباس
-	صدور REP	۱۲۰۰	RO	پودول و لمزان ، بندر لنگه
-	صدور REP	۲۰۰۰	RO	سوزا ، جزیره قشم
-	در مرحله شروع	۴۰۰۰	MED	عسلویه

## یافته ها

DPSIR ابزار مؤثری برای تشریح مسایل محیط‌زیستی و درک ارتباطات بین انتشار آلاینده و اثرات آن‌هاست رویکرد DPSIR اولین بار توسط آژانس محیط‌زیست اروپا استفاده و به‌طور

رویکرد نیرو محرکه، وضعیت، فشار، اثر و پاسخ معروف به مدل DPSIR ابزار ارزش‌مندی است که قادر به ارزیابی پارامترهای اقتصادی- اجتماعی و محیط‌زیستی می‌باشد.

کمی و کیفی منابع طبیعی منجر به پاسخ‌های اجتماعی می‌شود  
(۱۵).

به منظور ارائه اطلاعات خاص و روشن به سیاست-  
گذاران، در موارد زیر استفاده می‌کند (۱۶).

- ۱- نیرومحرکه‌ها
- ۲- فشارهای محیطی منتج شده
- ۳- وضعیت محیطزیست
- ۴- آثار ناشی از تغییرات محیطزیست
- ۵- پاسخ‌های اجتماعی محتمل

گسترده‌ای کاربردی شده است. این ابزار، ساختار سازمان یافته‌ای را برای تجزیه و تحلیل مسایل محیطزیستی مقیاس‌های مختلف مکانی از آب‌خیزهای کوچک تا سیستم‌های جهانی فراهم می‌کند. رویکرد DPSIR شکل توسعه یافته چارچوب PSR است که توسط سازمان همکاری و توسعه اقتصادی ایجاد شده است. این چارچوب مفهومی جهت سازمان‌دهی اطلاعات وضعیت محیطزیست و ارتباط بین فعالیت‌های انسانی و تغییرات احتمالی محیطزیست استفاده می‌شود. این رویکرد، بر اساس رابطه علی- معلولی است که با فعالیت‌های انسانی (نیرومحرکه) و فشار بر محیطزیست شروع و سپس با تغییرات

جدول ۳- اعمال مدل DPSIR اثرات آب شیرین کن های اکوسیستم خلیج فارس (ماخذ: نگارندگان)

پارامترها	فاکتورها	منابع
نیرو محرکه	۱- کمبود آب به علت خشکی منطقه ۲- افزایش شهرنشینی در مناطق ساحلی ۳- افزایش رشد جمعیت ۴- سیاست دولت ها برای رسیدن به امنیت تامین آب	Gorjian and , (Dawoud (Ghobadian(2015 , (and Al Mulla, 2012
فشار	۱- مصرف بالای انرژی ۲- ورود آب شور ۳- تخریب اکوسیستم دریایی ۴- سر و صدا ۵- آلودگی هوا	اسدپور و همکاران (۱۳۸۸)، میری و همکاران (۱۳۹۱)
وضعیت	۱- وجود ۵۰٪ آب شیرین کن های صنعتی جهان در خلیج فارس ۲- مدیریت پراکنده توسعه منابع آب در منطقه ۳- عدم رویکرد جامع ۴- وابستگی جوامع انسانی به آب شیرین ۵- هزینه بالا ۶- فقدان اطلاعات از وضعیت اثرات آب شیرین کن ها در محدوده فعالیت ۷- عدم نظارت بر فعالیت آب شیرین کن ها در محدوده های حساس اکوسیستم خلیج	Gorjian and Ghobadian(2015)
اثرات	۱- افزایش شوری و دمای آب ۲- اثر بر اکسیژن محلول آب	اسدپور و همکاران (۱۳۸۸)، میری و همکاران (۱۳۹۱)، saif Uddin(2014)

. (Dawoud and Al Mulla, 2012).	۳- تحت تاثیر قرار گرفتن توزیع و غنای گونه های دریایی ۴- تخلیه فلزات سنگین ۵- به خطر افتادن اکوسیستم دریایی ۶- کاهش صخره های مرجانی	
Gorjian and Ghobadian(2015)	۱- ارزیابی اثرات زیست محیطی ۲- استفاده از تکنولوژی های کارآمد و جدید ۳- برنامه پایش ۴- ROPME ۵- استفاده از سیستم های هیبریدی	پاسخ

### بحث و نتیجه گیری

اثرات نامطلوبی بر صنعت توریسم منطقه از طریق کاهش زیبای منظره و محدودیت دسترسی به ساحل خواهد بود. در رابطه با وضعیت صنعت آب شیرین کن در خلیج فارس نیز با توجه به جدول ۳ میتوان گفت این صنعت با چالش آلودگی و مصرف انرژی و عدم مدیریت جامع مواجه است. اثرات پروژه آب شیرین کن نیز نشان می دهد تاثیر عمده ای بر کیفیت مناطق اطراف پروژه ها داشته است. نهایتا پاسخ های متعدد ارائه شده در جدول ۳ نشان می دهد نیاز به چارچوب های قانونی و مدیریت قوی و جامع زیست محیطی در منطقه می تواند کارآمد باشد.

استراتژی های پیشنهادی شامل:

- سیاست گذاری در راستای صنعت آب شیرین کن پایدار و ایجاد قوانین پایدار محلی، منطقه ای و جهانی.
- ظرفیت سازی پژوهش های علمی در زمینه صنعت آب شیرین کن.
- رعایت به اشتراک گذاری مستندات بین ذینفعان و ساماندهی گزارش های سالانه از وضعیت پایش اکوسیستم دریایی و تاثیرات آب شیرین کن ها به ذینفعان.
- ظرفیت سازی رویکرد جامع مشارکتی زیست محیطی بین کشورهای حوزه خلیج فارس.
- توسعه ارتباط بین سیاستگذاران و جوامع محلی ساحل نشین.

جدول ۳ وضعیت موجود منطقه را در چارچوب مدل DPSIR نشان می دهد. در مرحله اول نیروهای محرکه صنعت آب شیرین کن تا حدودی وابسته به موقعیت جغرافیایی و اقلیمی منطقه می باشد، هرچند وضعیت اجتماعی، جمعیتی و سیاست های تامین آب نیز با توجه به وضعیت خشک منطقه بی تاثیر نیست. افزایش تقاضا برای آب و استفاده از سیستم های آب شیرین کن سبب اعمال فشار بر اکوسیستم دریایی منطقه شده است که از جمله آن به ورود آب شور به دریا می توان اشاره نمود. به طوری که مطالعه میری و همکاران (۱۳۹۱) بر روی اثرات ناشی از تخلیه آب نمک ناشی از آب شیرین کن ها بر غنا و تنوع پرتاران خلیج چابهار نشان داد پرتاران نسبت به آب نمک تخلیه شده حساسیت دارند به طوری که فراوانی، غنا و تنوع در ایستگاه های نزدیک به محل تخلیه آب نمک کم و با دور شدن از محل تخلیه افزایش می یابند. بر اساس تحقیقات اسدپور و همکاران نیز (۱۳۸۸) که به بررسی آثار زیست محیطی دستگاه های آب شیرین کن با نگاهی ویژه به جزیره قشم پرداخته شده آثار زیست محیطی ناشی از تاسیسات مربوط به آگیری آب شیرین کن ها و پساب های حاصل از آن و بر هم خوردن تعادل شوری در محل تخلیه و تغییرات حرارتی و نفوذ مواد شیمیایی و مشکلات دفع پساب ها مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین وجود جاده ها و استفاده از ماشین آلات سنگین را باعث افزایش آلودگی صوتی و آلودگی هوا را که

## منابع

- 9- El-Habr, H.N., Hutchinson, M., 2008. Efforts of regional and international organisations in reducing levels of pollution in the Gulf. In: Abuzinada, A.H., Barth, H.J., Krupp, F., Boer, B., Al Abdessalaam, T.Z. (Eds.), *Protecting the Gulf's Marine Ecosystems from Pollution*. Birkhauser Verlag AG, Basel.
- ۱۰- نادری، م، خانجانی، م. ج، منتظمی، ر، ۱۳۹۲، بررسی نحوه تخلیه پساب سایت آب شیرین کن بندر خمیر به کمک روابط تجربی، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال سوم، شماره دوازدهم، تابستان ۱۳۹۲.
- ۱۱- قاسمی، ع، اشرف زاده، م. ح. پیش بینی و مدیریت اثرات زیست محیطی فرآیند های نمک زدایی با رویکرد پویایی سیستم. چکیده مقالات اولین کارگاه بین المللی و همایش تخصصی نمک زدایی آب های شور، لب شور و تصفیه پساب، ایران، خرداد ۱۳۹۱، تهران، ص ۳۹.
- ۱۲- اسماعیلی، ا، باغبان اصغری نژاد، ه، ضرغامی، م. مقایسه روش های نمک زدایی آبهای شور به روش تصمیم گیری چند معیاره. چکیده مقالات اولین کارگاه بین المللی و همایش تخصصی نمک زدایی آب های شور، لب شور و تصفیه پساب، ایران، خرداد ۱۳۹۱، تهران، ص ۱۹.
- ۱۳- صفایی، م، بیگی، م، ۱۳۹۲، روش های تصفیه و نمک زدایی آب های شور، فصل نامه علمی آموزشی دفتر توسعه آموزش دانشکده بهداشت سال سیزدهم، شماره ۴۷، صفحات ۲۸-۱۷.
- 14- Mohamed A. Dawoud<sup>1</sup> and Mohamed M. Al Mulla, *Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study*, ISSN 1927-9566 | Vol. 1 No. 3, pp. 22-37 (2012)
- 1- Axworthy, T.S., Sandford, B., 2012. The global water crisis: framing the issue. In: Bigas, H. (Ed.), *the Global Water Crisis: Addressing an Urgent Security Issue*. InterAction Council, UNU-INWEH, Hamilton, Canada.
- 2- Shiva Gorjian, Barat Ghobadian, 2015, *Solar desalination: A sustainable solution to water crisis in Iran*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48 (2015) 571-584.
- 3- Eales, A., Clifford, M., 2013. *Sustainability and Engineering*. University of Nottingham, Smashwords, United Kingdom
- 4- Alsharhan, Rizk, Z.A., Nairn, A.E.M., Bakhit, D.W., Alhajari, S.A., 2001. *Hydrogeology of an Arid Region: The Arabian Gulf and Adjoining Areas*. Elsevier, Amsterdam.
- 5- Reynolds, R.M., 1993. *Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—results from the Mt Mitchell expedition*. *Mar. Pollut. Bull.* 27, 35-59.
- 6- Trevors, J.T., Weiler, P., 2013. *Challenges, issues and research in trans boundary water systems*. *Environ. Dev.* 7, 1-5.
- 7- World Bank, 2005. *A water sector assessment report on the countries of the Cooperation Council of the Arab States of the Gulf*. World Bank, Washington, DC.
- 8- Nadim, F., Bagtzoglou, A.C., Iranmahboob, J., 2008. *Coastal management in the Persian Gulf region within the framework of the ROPME programme of action*. *Ocean Coast. Manage.* 51 (7) 556-565.

- del Limnologie-International Journal of Limnology, 44, 253-266.
- 17- Saif Uddin, 2014, Environmental Impact of Desalination Activities in the Arabian Gulf, International Journal of Environmental Science and Development, Vol, 5, No, 2, April 2014.
- 15- Lundin, M. 2002. Indicators for Measuring the Sustainability of Urban Water Systems: A Life Cycle Approach. Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden
- 16- Zacharias, I.; Parasidoy, A.; Bergmeier, E.; Kehayias, G.; Dimitriou, E. & Dimopoulos, P. 2008. A "DPSIR" model for Mediterranean temporary ponds: European, national and local scale comparisons. Annales