واحدهای آب‌شیرین‌کن

۳. مطالعه تطبیقی تخلیه پساب گرم و شور واحدهای آب‌شیرین‌کن به آب خلیج فارس

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۷۱۰۶
تیرماه ۱۳۹۹

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. مشخصه‌های کلیدی در تدوین قوانین تخلیه پساب واحدهای شیرین‌سازی ۲
۲. قوانین محدودکننده در کشورهای مختلف ۷
۲-۱. قوانین محدودکننده تخلیه پساب صنعتی در ایران ۹
۲-۲. مقررات تخلیه پساب در آمریکا و کانادا ۱۱
۲-۳. مقررات تخلیه پساب در اروپا و استرالیا ۱۲
۲-۴. مقررات تخلیه پساب در آسیا ۱۴
۲-۵. مقررات تخلیه پساب در خلیج فارس ۱۵
۲-۶. مقررات تخلیه پساب در مدیترانه ۲۰
۲-۷. جمع‌بندی مقررات ۲۲
۳. مقایسه پارامترهای کلیدی در تدوین قوانین مربوط به تخلیه پساب شور و گرم ۲۳
نتیجه‌گیری ۲۸
منابع و مآخذ ۲۹

واحدهای آب‌شیرین‌کن
۳. مطالعه تطبیقی تخلیه پساب گرم و شور واحدهای آب‌شیرین‌کن به آب خلیج فارس

چکیده

قوانین و استانداردهای محدودکننده تخلیه پساب به آب دریا را می‌توان به دو حوزه محدود کرد. ابتدا استانداردهای پساب خروجی که ویژگی‌های آن نظیر دما و شوری را قبل از ورود به محیط در هنگام تخلیه کنترل می‌کنند. ازآنجاکه کاهش میزان دما و شوری تا مقدار میانگین آنها در آب دریا بسیار سخت و هزینه‌بر است، استانداردهای محیط مطرح شده‌اند. مشخص کردن ناحیه اختلاط نقش مهمی در استانداردهای مربوط به محیط بازی می‌کند. اندازه ناحیه اختلاط به میزان سمی بودن پساب تخلیه شده و حساس بودن منطقه به پساب تخلیه شده بستگی دارد و به‌علت متفاوت بودن شرایط منطقه اطراف محل تخلیه، در قوانین کشورهای مختلف، فواصل مختلفی برای ناحیه اختلاط دما و شوری در نظر گرفته شده است. اما تفاوت قابل توجهی درخصوص مقررات وجود دارد؛ در همه آنها به دو نکته مهم بیشینه میزان شوری و دما در محیط و طول ناحیه اختلاط اشاره شده است. پساب نباید شوری محیط را بیشتر از ۱ الی ۴ ppt افزایش دهد. همچنین افزایش دمای ناشی از تخلیه پساب نباید بیش از ۵ درصد باشد. طول ناحیه اختلاط نیز با توجه به شرایط منطقه تخلیه بین ۵۰ الی ۳۰۰ متر متغیر در نظر گرفته شده است. قوانین موجود، کاربری صنعت تولیدکننده پساب را مدنظر قرار نداده و به‌صورت کلی با الگوگیری از مقررات کشورهایی نظیر ایالات متحده آمریکا، اقدام به تدوین محدودیت‌های پساب خروجی کرده‌اند. این در حالی است که برای واحدهای آب‌شیرین‌کن به‌دلیل تولید مداوم شوری و دما باید قوانین جداگانه و با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی خاص آن منطقه تدوین شود. استانداردهای زیست‌محیطی مربوط به تخلیه پساب، از طریق انجام آزمایش‌هایی در طیف وسیعی از گیاهان آبی و گونه‌های حیوانی که در معرض آن قرار دارند با توجه به اقلیم منطقه، شرایط آب دریا و میزان غلظت اولیه مشخص می‌شوند. به‌علت متفاوت بودن شرایط محیطی در محل تخلیه، تفاوت‌های قابل توجهی درخصوص مقررات وجود دارد.

مقدمه

خروجی واحدهای شیرین‌سازی به‌دلیل افزایش شوری، دما، غلظت فلزات سنگین و درنتیجه کاهش سطح اکسیژن، موجب صدمات اکولوژیکی مهلکی می‌شود. تخلیه این واحدها همچنین می‌تواند موجب مرگ‌ومیر گونه‌های حساس، پلانکتون‌ها و کاهش نرخ رشد علف‌های دریایی شود[1]. به‌علت نرخ بالای تبخیر و میزان بارندگی کم در خلیج فارس نمود این آثار بیشتر بوده است. با استناد به تحقیقات (شریفی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۹ و گرجیان و قبادیان، ۲۰۱۵)، ظرفیت روزانه شیرین‌سازی در خلیج فارس افزون بر ۱۱ میلیون مترمکعب است که حدوداً نیمی از ظرفیت شیرین‌سازی دنیا را شامل می‌شود. فرایند تقطیر ناگهانی چند مرحله‌ای، فرایند غالب برای شیرین‌سازی آب در خلیج فارس است[2]. این فرایند موجب تخلیه حجم بالای آب گرم و شور به آب‌های خلیج فارس می‌شود.

به‌منظور حفاظت از محیط زیست دریایی و جلوگیری از آثار منفی ناشی از تخلیه پساب گرم و شور واحدهای آب شیرین‌کن به آب دریا و به حداقل رساندن آسیب به محیط زیست دریایی و اکوسیستم خلیج فارس، وضع قوانین و مقررات جهت کنترل دما و شوری خروجی این واحدها ضروری است. این قوانین در جهت مدیریت بهتر تخلیه پساب، ایجاد محدودیت‌هایی برای میزان شوری و دمای پساب خروجی از واحدهای آب‌شیرین‌کن و اعمال استانداردهایی برای آب دریا و جلوگیری از آسیب به محیط زیست کمک شایانی می‌کند[3]. میزان اثر آلودگی بسته به غلظت آلاینده و میزان توانایی محیط در جذب این آلودگی می‌تواند موقت، شدید یا دائمی باشد. هر بخش از محیط زیست دریا ویژگی‌های خاص خود را دارد که از دیگری متفاوت است و هرکدام نیازمند درجه‌های مختلف کنترل یا مجموعه‌ای از استانداردهای محیط زیستی است[4]. به همین دلیل قبل از تخلیه پساب، بررسی ویژگی‌های محل تخلیه و اعمال محدودیت‌هایی متناسب با شرایط محیط تخلیه ضروری است.

در این گزارش قوانین و مقررات تخلیه پساب در کشورهای پیشرو در زمینه تدوین قوانین محیط زیستی نظیر استرالیا، عمان، عربستان، آمریکا و... مطالعه شده و شاخص‌های مربوطه با کشور ایران مقایسه شده است.

۱. مشخصه‌های کلیدی در تدوین قوانین تخلیه پساب واحدهای شیرین‌سازی

استانداردهای زیست‌محیطی مربوط به پساب خروجی، از طریق انجام آزمایش‌هایی در طیف وسیعی از گیاهان آبی و گونه‌های حیوانی که در معرض آن قرار دارند با توجه به اقلیم منطقه، شرایط آب دریا و میزان غلظت اولیه مشخص می‌شوند. محدودیت‌های تخلیه به محیط دریایی همچنین می‌تواند براساس

1. Sharifinia, M., et al., 2019.
2. Sharifinia, M., et al., 2019.
3. Van Der Merwe, R., S. Lattemann, and G. Amy, 2013.
4. Information Bulletin, 2003.

مدلسازی ریاضی منطقه در نظر گرفته شده، اعمال شود[1].

دما و شوری دو عامل مهم و خطرناک هستند که با توجه به فصل و نوع اکوسیستم منطقه متغیرند. به همین دلیل، استانداردها و مقررات وضع‌شده در هر ناحیه از ناحیه دیگر متفاوت است. به‌علت متفاوت بودن شرایط هر منطقه و میزان تحمل شوری آبزیان در هر ناحیه، مقررات موجود در کشورهای مختلف متفاوت است و صرفاً برای شرایط خاص همان منطقه وضع می‌شود[2]. تقریباً در تمامی قوانین تدوین‌شده برای تخلیه پساب، استانداردهای کیفیت آب مدنظر قرار می‌گیرند.

۱-۱. استاندارد کیفیت آب[3]

استانداردهای کیفیت آب، مفاد قوانین محلی و یا ملی هستند که به تصویب واحدهای حفاظت از محیط زیست رسیده و شرایط مطلوب و ابزار محافظت‌کننده از آب را شرح می‌دهند. استانداردهای کیفیت آب از سه بخش تشکیل می‌شود.

الف) موارد تعیین شده برای استفاده از آب (کاربرد آب)

این استانداردها اهداف و انتظارات مدنظر برای هر پهنه آبی را مشخص می‌کنند، مانند:

- توسعه صنعت پرورش ماهی، صدف و زندگی دریایی
- تفریح
- تأمین آب قابل شرب عمومی
- کشاورزی، صنعت و اهداف دیگر

ب) شاخص‌ها

شاخص‌ها می‌توانند کمی (مانند بیشینه حد مجاز آلودگی در آب محیط) یا کیفی باشند. شاخص‌های استفاده شده در این استانداردها، غلظت‌های مجاز آلاینده‌ها در محل هستند. به‌روزترین شاخص‌ها برای کیفیت آب محیط زندگی دریایی که توسط آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا تدوین شده قابل دستیابی است[4] که در این بخش بررسی مختصری از آن صورت گرفته است. در آمریکا استانداردهای کیفیت آبی که توسط دولت استفاده می‌شوند و شامل شاخص‌های کیفیت آب هستند ممکن است مورد قبول آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا[5] قرار بگیرند یا نگیرند.

ازآنجایی‌که برای گونه‌های مختلف، آستانه تحمل متفاوتی برای دما وجود دارد، استاندارد کیفیت آب آمریکا برای شاخص دما از گزارش تدوین شده برای شاخص‌های کیفیت آب در سال ۱۹۸۶ (گزارش

1. Bleninger, T., G. Jirka, and S., 2010.
2. Bleninger, T., G. Jirka, and S. Lattemann, 2010.
3. Water quality standard (WQS)
4. EPA. National Recommended Water Quality Criteria. Available from: https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria.
5. United States Environmental Protection Agency (EPA)

شماره ۵/۴۴۰-۸۶-۰۰۱) بهره می‌گیرد[1]. این گزارش بیان می‌کند که برای هر زمانی از سال دو حد بالای دما برای یک مکان براساس میزان حساسیت گونه‌ها در آن زمان وجود دارد:

۱. محدودیت اول شامل بیشترین دما برای در معرض بودن در کوتاه‌مدت است که وابسته به زمان است.

۲. محدودیت دوم مربوط به میانگین دما در طول هفته است.

جهت حفاظت از گونه‌های دریایی و اقیانوسی در برابر صدمات مخرب دمایی، این استاندارد بیان می‌کند که:

الف) بیشترین افزایش دمای میانگین هفتگی قابل قبول ناشی از تخلیه در تمام فصول سال باید ۱ درجه سانتیگراد باشد. این افزایش دما نباید از بیشینه دمای تابستان فراتر رود. بیشینه دمای تابستان که حد بالای دما برای محیطی که پساب در آن تخلیه می‌شود، تعریف می‌شود باید براساس محل مورد نظر منتشر شود.

ب) مشخصه‌های مربوط به چرخه دمای آب چه از نظر اندازه و مقدار و چه از نظر فرکانس نباید تغییر داده شود.

اندازه‌گیری‌ها باید در نقاطی انجام شود که هیچ‌گونه منبع تولید دمای مصنوعی وجود ندارد. همچنین تغییرات سریع شوری به‌دلیل تغییر در فشار اسموتیک منجر به پلاسمولیز برگ‌ها و ساقه‌ها می‌شود. این گزارش تغییرات جدول ۱ را برای شوری زیستگاه‌های طبیعی در سراسر دنیا پیشنهاد می‌دهد.

جدول ۱. تغییرات مجاز شوری محیط براساس شوری طبیعی زیستگاه براساس استاندارد کیفیت آب آمریکا

شوری طبیعی زیستگاه (ppt)	تغییرات مجاز شوری (ppt)
۰ الی ۳/۵	۱
۳/۵ الی ۱۳/۵	۲
۱۳/۵ الی ۳۵	۴

Source: Environmental Impact Report for the Carlsbad Seawater Desalination Facility. 2005.

استاندارد کیفیت آب آلاسکا محدودیت‌های نشان داده شده در جدول ۲ را برای هر کاربرد (به‌ویژه کاربردهای دریایی) بیان کرده است.

1. EPA, quality criteria for water 1996,

جدول ۲. استاندارد کیفیت آب آلاسکا برای کاربردهای مختلف

آلاینده و استفاده از آب	شاخص	
– **دما برای استفاده آب شیرین**		
تأمین آب برای کاربردهای شرب و فرآوری مواد غذایی	نباید بیش از ۱۵ درجه باشد	
تأمین اب برای کاربردهای کشاورزی شامل آبیاری	نباید بیش از ۳۰ درجه باشد	
تأمین آب برای کاربردهای آبزی‌پروری	در تمام زمان‌ها نباید از ۳۰ درجه بیشتر باشد	
تأمین آب برای کاربردهای صنعتی	نباید بیش از ۲۵ درجه باشد	
– **دما برای استفاده‌های دریایی**		
تأمین آب برای کاربردهای آبزی‌پروری	میانگین افزایش هفتگی نباید بیش از ۱ درجه باشد.	
رشد و توسعه ماهی‌ها و دیگر موجودات آبزی	میانگین افزایش هفتگی نباید بیش از ۱ درجه باشد. همچنین نرخ افزایش ساعتی دما نباید بیش از ۰/۵ درجه باشد.	
– **مواد غیر ارگانیک حل شده برای کاربردهای دریایی**		
تأمین آب برای کاربردهای صنعتی	نباید بیشتر از مقادیر تعیین شده جهت خوردگی و مشکلات فرایندی باشد.	
تأمین آب برای کاربردهای کشاورزی	شوری نباید بیشتر از ۱۰۰۰ ppm باشد.	
تأمین آب برای نوشیدن توسط انسان	شوری نباید بیشتر از ۵۰۰ ppm باشد. همچنین میزان اکسیژن حل شده باید بیشتر از ۴ mg/l باشد.	
تأمین آب برای کاربردهای آبزی‌پروری	تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی نباید موجب تغییر شوری بیش از ۱۰درصد تغییرات محیطی شوری شود.	
رشد و توسعه ماهی‌ها و دیگر موجودات آبزی	بیشترین تغییرات مجاز شوری بالاتر از شوری طبیعی محیط	
	شوری طبیعی (ppt)	**تغییرات شوری ناشی از فعالیت‌های انسانی**
	۰ الی ۳/۵	۱
	بین ۳/۵ و ۱۳/۵	۲
	بین ۱۳/۵ و ۳۵	۴

Source: Water Quality Standard. 2018.

ملاحظه می‌شود که استاندارد کیفیت آب برای زیستگاه‌های دریایی در آلاسکا مشابه موارد مذکور در آمریکاست.

ج) الزامات ضد تخریبی

با توجه به محدودیت‌های تدوین شده برای استانداردهای کیفیت آب، برای پساب‌های صنعتی در صورتی‌که در انتهای لوله تخلیه بتوان به محدودیت‌های این استانداردها رسید، در این صورت:

محدودیت پساب خروجی = استاندارد کیفیت آب

چنانچه در انتهای خط لوله تخلیه نتوان به استاندارد کیفیت آب رسید، در این صورت به استانداردهای کیفیت آب در لبه ناحیه اختلاط منطقی و قابل قبول براساس یک سیستم تخلیه مفید و مؤثر از نظر هزینه باید دست یافت.

در این راستا قوانین و استانداردهای محدودکننده تخلیه پساب به آب دریا را به دو حوزه می‌توان محدود کرد. ابتدا استانداردهای پساب خروجی (EQS)[1] که ویژگی‌های آن نظیر دما و شوری را قبل از ورود به محیط در هنگام خروج کنترل می‌کنند. ازآنجاکه کاهش میزان دما و شوری تا مقدار میانگین آنها در آب دریا بسیار سخت و هزینه‌بر است، استانداردهای محیط مطرح شده‌اند. استانداردهای محیط (AQS)[2] نحوه پاسخ محیط زیست به پساب تخلیه شده را کنترل می‌کنند. این استانداردها معمولاً میزان مجاز آلودگی ناشی از تخلیه پساب واحدها را در محیط مشخص می‌کنند، به‌طوری که میزان آلودگی آب دریا از مقدار مشخصی تجاوز نکند[3]. یک معیار جهانی برای این نوع استاندارد تعیین ناحیه اختلاط[4] است.

ناحیه اختلاط، ناحیه نزدیک به محل تخلیه پساب است که رقیق شدن اولیه آن در این ناحیه رخ می‌دهد. به‌عبارت دیگر میزان غلظت شوری و دما در این ناحیه از نواحی دیگر محیط بیشتر است. به‌دلیل نزدیک بودن ناحیه اختلاط به محل خروجی واحدها، استانداردهای محیط زیستی در این ناحیه از حد مجاز خود فراتر می‌روند. اندازه ناحیه اختلاط به میزان سمی بودن پساب تخلیه شده و حساس بودن منطقه به پساب تخلیه‌شده بستگی دارد و به‌علت متفاوت بودن شرایط منطقه اطراف محل تخلیه، در قوانین کشورهای مختلف، فواصل مختلفی برای ناحیه اختلاط دما و شوری در نظر گرفته شده است.[5] تعیین ناحیه اختلاط تنها زمانی مجاز است که اعمال محدودیت‌های محیط زیستی در انتهای لوله، در زمان تخلیه قابل اجرا[6] نباشند. برای مثال در آلاسکا تعیین ناحیه اختلاط برای تخلیه تسهیلات تصفیه فاضلاب شهری، پردازنده‌های غذاهای دریایی، تخلیه پساب گاز و نفت، فعالیت‌های مربوط به معدن و تخلیه فاضلاب کشتی‌های تفریحی مجاز اعلام شده است[7]. مقررات آلاسکا تعیین ناحیه اختلاط را برای مناطق تخم‌ریزی ماهی قزل‌آلا و ماهی‌های دیگر غیرمجاز اعلام کرده است. لیستی از عواملی که بر تعیین ناحیه اختلاط و مقررات مربوطه اثرگذارند در ادامه ذکر شده است[8].

- مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریافت‌کننده،

---

1. Effluent Standards
2. Ambient Standards
3. Bleninger, T., G. Jirka, and S. Lattemann, 2010.
4. Mixing Zone
5. Ahmad, N., 2013.

٦. قابل اجرا بدین معناست که پس از در نظر گرفتن محاسبات مالی، تکنولوژی موجود و موارد لجستیک، توانایی اجرای محدودیت در انتهای لوله تخلیه وجود ندارد.

7. Water Quality Standard. 2018.
8. Water, A.D.o.E.C.o. Mixing Zones. 2019.

- مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی پساب تخلیه،
- آثار تجمعی پساب تخلیه بر آب دریافت‌کننده،
- تمامی اندازه‌گیری‌های اضافی که صدمات تخلیه را بر منابع آبزی دریایی مدنظر می‌گیرند،
- ناحیه اختلاط باید از یکپارچگی بیولوژیکی کلی منطقه حفاظت کند،
- ناحیه اختلاط تا حد ممکن کوچک در نظر گرفته شود.

برای موارد زیر تعیین ناحیه اختلاط مجاز نیست[1]:

- خطر بهداشتی برای تأمین آب عمومی به‌وجود آورد.
- در بیرون از ناحیه اختلاط از استانداردهای کیفیت آب تجاوز شود.
- موجب ایجاد آثار معکوس بر زندگی ماهی‌ها یا صدف‌ها شامل ایجاد موانع مهاجرت، کاهش جمعیت و یا تأثیر بر چرخه زندگی آنها (حرکت، تخم ریزی یا رشد) شود.

در لبه ناحیه اختلاط، استانداردهای کیفیت آب باید تامین شوند. علاوه‌بر سمیت و دیگر محدودیت‌ها، شوری در لبه ناحیه اختلاط نباید بیش از ۵ درصد شوری آب دریافت‌کننده افزایش یابد. این کاهش شوری می‌تواند با ترکیبی از اقدامات درون لوله و اختلاط هیدرودینامیکی در ناحیه نزدیک به محل تخلیه محقق شود. آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا[2] ناحیه اختلاط را به‌صورت زیر تعریف می‌کند[3]:

ناحیه اختلاط ناحیه‌ای است که شاخص‌های کیفیت آب می‌توانند فراتر روند تا زمانی‌که از شرایط حاد سمی جلوگیری شود. بنابراین الزامات کیفیت آب در لبه ناحیه اختلاط مشخص می‌شوند تا در ناحیه انتهایی لوله تخلیه. ناحیه اختلاط می‌تواند به‌عنوان طول، مساحت و یا حجم آب تعریف شود.

از منظر اکولوژیکی، کنترل کیفیت تنها برمبنای استاندارد مربوط به پساب خروجی (ES)، غیرقانونی و محدود است، چراکه پاسخ محیط پیرامون را نسبت به تخلیه پساب خروجی نشان نمی‌دهد. به‌عنوان مثال یک منبع تخلیه پساب یا چندین منبع را در داخل محیطی در نظر بگیرید که استانداردهای مربوط به پساب خروجی نظیر میزان غلظت و حداکثر دمای خروجی را رعایت می‌کنند؛ اما اگر استانداردهای مربوط به محیط اطراف رعایت نشود، در این صورت تجمع آلودگی ناشی از تخلیه این منابع آثار نامطلوبی بر محیط زیست خواهد داشت و به‌دلیل در نظر نگرفتن میزان مجاز آلودگی برای محیط اطراف، مسئولیتی را نیز برای تخلیه در نظر نمی‌گیرند.

۲. قوانین محدودکننده در کشورهای مختلف

در حالت کلی، استانداردهای تخلیه پساب صنعتی براساس نوع تکنولوژی مورد استفاده یا کیفیت آب

1. Water, A.D.o.E.C.o. Mixing Zones. 2019.
2. United States Environmental Protection Agency (US EPA)
3. Jenkins, S., et al., 2012.

محل تخلیه وضع می‌شوند. استانداردهایی که برمبنای نوع تکنولوژی مورد استفاده ایجاد می‌شوند، میزان حداقل مواد آلوده موجود در پساب را با توجه به نوع تکنولوژی مورد استفاده مشخص می‌کنند. استانداردها برمبنای کیفیت آب با توجه به شرایط موجود در محل تخلیه وضع می‌شوند که نسبت به استانداردهایی که برمبنای تکنولوژی هستند سخت‌گیری بیشتری اعمال می‌کنند[1].

کشورهای مختلف استانداردهای متفاوتی را برای تخلیه پساب‌های صنعتی در نظر می‌گیرند. به‌عنوان مثال، در ایالات متحده آمریکا مطابق با سیستم ملی حذف آلاینده‌های ناشی از تخلیه[2] همه واحدهای صنعتی، برای تخلیه پساب به دریا باید مجوز تخلیه داشته باشند. در اتحادیه اروپا نیز بخشنامه‌ای جهت کنترل دفع پساب به آب‌های سطحی وضع شده است که در این بخشنامه با توجه به شرایط آب محل تخلیه قوانین مختلفی در نظر گرفته شده است. در کشور ژاپن نیز در سال ۱۹۷۱ قانون کنترل آلودگی آب به‌علت افزایش پساب‌های صنعتی، جهت کنترل کیفیت آب و نیز سلامتی انسان وضع شده است.

پساب خروجی از واحدهای صنعتی از مواد مختلفی تشکیل می‌شوند که با توجه به میزان مضر بودن آنها، برای هرکدام از آنها محدودیت‌هایی در نظر گرفته شده است. به‌عنوان مثال در جدول نمونه‌ای از قوانین ارائه شده توسط بانک جهانی جهت جلوگیری از آلودگی آب دریا در سال ۲۰۱۹ ارائه شده است.

جدول ۳. استاندارد بانک جهانی جهت جلوگیری از آلودگی آب در مقابل تخلیه پساب‌های صنعتی (۲۰۱۹)

پارامتر	استاندارد (حداکثر)	
	آب دریا	آب‌های جزیره‌ای
مقدار PH	۹-۶	۹-۶
مقدار کل ذرات جامد معلق	۲۰۰ mg/l	۲۰۰ mg/l
روغن و گریس	۱۰ mg/l	۱۰ mg/l
کلرید	۱۰۰۰ mg/l	۱۰۰۰ mg/l
فلورید	۱۰ mg/l	۱۰ mg/l
سولفات	۱ mg/l	۱ mg/l
آمونیاک	۴۰ mg/l	۴۰ mg/l
کادمیوم	۰/۱ mg/l	۰/۱ mg/l
مس	۱ mg/l	۱ mg/l
سرب	۰/۵ mg/l	۰/۵ mg/l
نیکل	۱ mg/l	۱ mg/l
نقره	۱ mg/l	۱ mg/l
کل مواد سمی	۲ mg/l	۲ mg/l

مأخذ: بانک جهانی.

1. Junying, C.J.a.C.
2. National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)

برای حفاظت از محیط زیست طبق استاندارد بانک جهانی[1] در سال ۲۰۱۹ (دستورالعمل‌های محیط زیست، بهداشت و ایمنی)،[2] افزایش دما نباید بیشتر از ۳ درجه بالاتر از دمای محل تخلیه در لبه ناحیه اختلاط شود. گفتنی است که طبق این استاندارد اگر برای منطقه‌ای شعاع ناحیه اختلاط تعیین نشده باشد، ناحیه‌ای به شعاع ۱۰۰ متر به‌عنوان ناحیه اختلاط در نظر گرفته می‌شود[3]. جهت اطمینان از بالا نبودن دمای پساب خروجی بیشتر از این مقدار، توصیه می‌شود که پساب تولید شده قبل از تخلیه به دریا خنک شود. علاوه‌بر استاندارد بانک جهانی، کشورهای مختلف نیز محدودیت‌های متفاوتی برای میزان افزایش دمای ناشی از تخلیه پساب صنعتی در نظر گرفته‌اند[4]. به‌عنوان مثال کشور ایتالیا بیشینه دما در محل تخلیه پساب صنعتی را ۳۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته است. این در حالی است که در کشور هند بیشینه دما، ۴۰ درجه سانتیگراد است.

به‌نظر می‌رسد هیچ استاندارد محیط زیستی برای واحدهای آب‌شیرین‌کن در اتحادیه اروپا و آمریکا در سطح آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا موجود نیست. اما استانداردهای محیط زیستی برای مواد شیمیایی و مواد حاصل از پساب صنعتی دیگر موجود است، درحالی‌که این قوانین برای واحدهای آب‌شیرین‌کن ادغام نشده‌اند. این قوانین صرفاً واحدهای آب‌شیرین‌کن را در نظر نمی‌گیرند، اما بسیاری از مواد خطرناک تولیدی از پساب این واحدها را پوشش می‌دهند[5]. با وجود ایندر برخی از کشورهای اروپایی و آمریکا و نیز کشورهای حوزه خلیج فارس مقرراتی برای تخلیه پساب واحدهای آب‌شیرین‌کن براساس معیارهای مختلف در نظر گرفته شده است. خلاصه‌ای از این قوانین نشان می‌دهد که جهت کاهش آثار زیست‌محیطی پساب، شوری پساب آب‌شیرین‌کن باید در بازه ۱۰ درصد شوری محیط تغییر کنند. برای کاهش شوری تا این محدوده می‌توان پساب را با آب‌خنک‌کن واحدهای تولید توان به نسبت مناسب ترکیب کرد. همچنین افزایش دمای حاصل از خروجی‌های حرارتی در آب تخلیه نباید ۱۰ درصد بیشتر از دمای آب محیط باشد[6].

۱-۲. قوانین محدودکننده تخلیه پساب صنعتی در ایران

استانداردهای مورد استفاده در ایران شامل استاندارد ذکر شده در مطالعات برنامه جامع پیشگیری و مقابله با آلودگی‌های زیست‌محیطی، آب‌های دریای عمان و خلیج فارس (سازمان محیط زیست ایران، ۱۳۹۰)، استانداردهای ملی و استاندارد کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی در نشریه شماره ۱۰۵۳ (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۸) و استاندارد کیفیت آب آشامیدنی در نشریه شماره ۳ – ۱۱۶ وزارت نیرو (۱۳۷۱)

1. World Bank
2. Environmental, Health, and Safety (EHS)
3. Lai, C.C. and J.H. Lee, 2012.
4. Zhang, S., Jiang B.,Wing-Keung Law A.,Zhao B, 2016.
5. Schenkeveld, M.M., et al., 2004.
6. Schenkeveld, M.M., et al., 2004.

است. این استاندارد مقادیر بیان شده در جدول را برای تخلیه شوری و دما به آب دریا بیان می‌کند.

جدول ۴. استاندارد ملی کیفیت آب‌های محیطی آب‌های خلیج فارس و دریای عمان

پارامتر	میزان غلظت‌های مجاز در طبقه‌بندی‌های مختلف آب‌های دریایی خلیج فارس و دریای عمان					
	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴	طبقه ۵	طبقه ۶
دما	میزان آن در اثر فعالیت‌های انسانی نباید بیش از ۱ درجه سانتیگراد از میزان دمای محلی آن و بیش از ۲ درجه در دیگر فصل‌ها افزایش یابد.			-	میزان آن در اثر فعالیت‌های انسانی نباید بیش از ۱ درجه سانتیگراد از میزان دمای محلی آن و بیش از ۲ درجه در دیگر فصل‌ها افزایش یابد.	اختلاف دما نباید بیش از ۳ درجه سانتیگراد دمای طبیعی آب پذیرنده در فاصله ۲۰۰ متری باشد.
شوری	بیش از ۱۰ درصد از حداقل شوری طبیعی آن منطقه در فاصله ۲۰۰ متری نباشد.					

توضیحات:

ـ طبقه ۱: مناطق حفاظت‌شده طبیعی و حساس ساحلی ـ طبقه ۲: مناطق آبسنگ‌های مرجانی و جنگل‌های حرا

ـ طبقه ۳: مناطق آبزی پروری ـ طبقه ۴: مناطق گردشگری

ـ طبقه ۵: مناطق مسکونی، کشاورزی، صنایع کوچک و دیگر کاربران ـ طبقه ۶: مناطق صنعتی یا بندرگاه

مأخذ: استاندارد ملی کیفیت آب‌های محیطی آب‌های خلیج فارس و دریای عمان

استاندارد خروجی فاضلاب به استناد ماده (۵) آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب و با توجه به ماده (۳) همین آیین‌نامه و با همکاری وزارتخانه‌های بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع، صنایع سنگین، معادن و فلزات کشور و کشاورزی توسط سازمان حفاظت محیط زیست تهیه و تدوین شده است[1].

ملاحظات کلی این استاندارد عبارتند از:

۱. تخلیه فاضلاب‌ها، باید براساس استانداردهایی باشد که به‌صورت حداکثر غلظت آلوده‌کننده‌ها بیان می‌شود و رعایت این استانداردها تحت نظارت سازمان حفاظت محیط زیست ضروری است.

۲. مسئولین منابع آلوده‌کننده باید فاضلاب‌های تولیدی را با بررسی‌های مهندسی و استفاده از تکنولوژی مناسب اقتصادی تا حد استانداردها تصفیه کند.

۳. اندازه‌گیری غلظت مواد آلوده‌کننده و مقدار جریان در فاضلاب‌ها باید بلافاصله پس از آخرین واحد تصفیه‌خانه و قبل از ورود به محیط انجام گیرد.

۴. فاضلاب تصفیه شده باید با شرایط یکنواخت و به‌نحوی وارد آب‌های پذیرنده شود که حداکثر اختلاط صورت گیرد.

۵. رنگ و کدورت فاضلاب خروجی نباید ظاهر طبیعی آب‌های پذیرنده و محل تصفیه را به‌طور محسوس تغییر دهد.

۶. روش‌های سنجش پارامترهای آلوده‌کننده برمبنای روش‌های ذکر شده براساس کتاب

1. Iranian standard for effluent discharge.

Standards Methods For The Examination Of Water& Wastewater خواهد بود.

۷. رقیق کردن فاضلاب تصفیه شده یا خام به‌منظور رسانیدن غلظت مواد آلوده‌کننده تا حد استانداردهای اعلام شده قابل قبول نیست.

۸. آن دسته از فاضلاب‌های صنعتی که آلودگی آنها بیش از این استانداردها نباشد می‌توانند فاضلاب خود را با کسب موافقت بدون تصفیه دفع کنند.

حد مجاز تخلیه مواد سمی در آب‌های سطحی براساس استاندارد سازمان حفاظت از محیط زیست ایران ذکر شده است. براساس این استاندارد، میزان شوری در دسته مجموع مواد جامد حل شده[1] قرار می‌گیرد. این استاندارد برای تخلیه شوری و دما به آب‌های سطحی، محدودیت‌های زیر را در نظر می‌گیرد.

شوری: تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول ۴ در صورتی مجاز خواهد بود که پساب خروجی، مواد محلول منبع پذیرنده را در شعاع ۲۰۰ متری بیش از ۱۰ درصد افزایش ندهد.

دما: درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از ۳ درجه سانتیگراد در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش و یا کاهش ندهد.

۲-۲. مقررات تخلیه پساب در آمریکا و کانادا

علاوه‌بر مطالب مطرح شده در مورد استانداردهای کیفیت آب در آمریکا، در کالیفرنیا مقرراتی برای تخلیه و حفاظت از کیفیت آب وضع شده است. در این ایالت، تخلیه به آب‌های سطحی ساحلی باید با کیفیت‌های در نظر گرفته شده برای آب در طرح اقیانوس کالیفرنیا[2] و همچنین برنامه‌های کنترل کیفیت آب منطقه‌ای مطابقت داشته باشد. با وجود این در این ایالت، برنامه اقیانوس تا به حال هدفی برای سطوح شوری بالای ناشی از تخلیه واحدهای شیرین‌سازی ندارد و درباره نحوه تخلیه و کنترل پساب خروجی توضیحی ارائه نمی‌دهد[3]. خلاصه ای از الزامات برای صدور مجوز تخلیه واحد شیرین‌سازی کارلسباد در ایالت کالیفرنیا در جدول ذکر شده است.

جدول ۵. محدودیت‌های دفع پساب واحدهای آب‌شیرین‌کن در آمریکا

واحد شیرین‌سازی	شوری میانگین (هفتگی)	بیشینه شوری (ساعتی)	میزان رقیق شدن
کارلسباد: ۱۸۹ میلیون مترمکعب در روز شوری منبع: ۳۳/۵ ppt شوری پساب: ۶۷ ppt	۴۰ (۱۹/۴ درصد بالاتر از شوری محیط)	۴۴ (۳۳/۳ درصد بالاتر از شوری محیط)	در ناحیه اختلاط ۱۵/۱

Source: Database of Permitting Practices for Seawater Concentrate Disposal. WateReuse Webcast Series 2015.

1. Total Dissolved Salinity (TDS)

۲. طرح اقیانوس کالیفرنیا میزان مجاز ورود مواد سمی مزمن به دریا را ۰/۳ Tua در نظر می‌گیرد. Tua واحد در نظر گرفته شده برای مواد سمی مزمن است.

3. Jenkins, S., et al., 2012.

بازنگری در قوانین و استانداردهای محیط زیست منتشرشده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا توسط دستور شماره ۱۰۳۰۰۰۵۸۴۲ در تاریخ ۲۲ ژانویه سال ۲۰۱۴ برای تخلیه مستقیم پساب به آب‌های دریایی بیان می‌کند که دما در نقطه تخلیه نباید بیش از ۴۲ درجه سانتیگراد شود و برای آب‌های سطحی در فاصله ۵۰۰ متری از محل تخلیه، اختلاف دما نباید بیش از ۴ درجه سانتیگراد شود[1].

دستورالعمل‌های کنترل کیفیت آب کانادا (CWQG)[2] نیز برای حفاظت از زندگی گونه‌های دریایی، برای هر فعالیت انسانی تغییرات دمای ۱ درصد نسبت به دمای محیط اطراف را در نظر می‌گیرد.

۳-۲. مقررات تخلیه پساب در اروپا و استرالیا

شورای حفاظت از محیط زیست استرالیا و نیوزلند[3] دستورالعمل‌های زیر را برای تخلیه پساب واحدهای آب‌شیرین‌کن به آب‌های دریایی بیان کرده است[4]:

- شناسایی ناحیه اختلاط،
- اعمال کردن محدودیت‌های کیفیت آب (استانداردهای کیفیت آب) به مرزهای ناحیه اختلاط،
- در نظر گرفتن تست میزان سمی بودن،
- طبقه‌بندی مناطق تخلیه مطابق نظر این شورا،
- مناطق حفاظت از محیط زیست با درجه حفاظت بالا (حفاظت از ۹۹ درصد گونه‌ها)،
- مناطق حفاظت از محیط زیست با درجه حفاظت متوسط (حفاظت از ۹۰ درصد گونه‌ها)،
- مناطق حفاظت از محیط زیست با درجه حفاظت پایین (حفاظت از ۸۰ درصد گونه‌ها).

دستورالعمل استرالیای غربی برای آب دریا بیان می‌کند که افزایش شوری باید کمتر از ۵ درصد شوری محیط اطراف باشد. این افزایش شوری متناظر با تغییر ۲ ppt شوری محیط زیست دریایی با میزان شوری ۴۰ ppt است. معیارهایی که برای تخلیه آب شور توسط سازمان حفاظت از محیط زیست استرالیا بیان شده بدین صورت است که برای خروجی واحد اسمز معکوس، شوری در فاصله ۵۰ متری از محل تخلیه نباید ۱/۲ ppt بیشتر از شوری آب اطراف و در فاصله ۱۰۰۰ متری نباید ۰/۸ ppt بیشتر از شوری آب محیط باشد[5].

در سیدنی برای پروژه واحد اسمز معکوس، ناحیه اختلاط میدان نزدیک به محل تخلیه به فاصله ۵۰ تا ۷۵ متری از آن اطلاق شده است. مطالعات مدلسازی نشان داده که شوری در فاصله ۵۰-۷۵ متری از خروجی حدود ۳۶ ppt است که حدوداً یک واحد از شوری آب محیط اطراف بیشتر بوده است (شوری

1. DrIng, T.B., 2011.
2. Canadian Water Quality Guidelines
3. Australian & New Zealand Environmental and Conservation Council (ANZECC)
4. Database of Permitting Practices for Seawater Concentrate Disposal. WateReuse Webcast Series 2015.
5. Wec, Perth metropolitan desalination proposal. 2002.

محیط بین ۳۴ تا ۳۶ ppt است)[1].

ناحیه اختلاط برای تخلیه پروژه اسمز معکوس شهر گلدکوست استرالیا در میدان نزدیک به خروجی فاصله بین ۱۲۰ متر تا ۲۲۵ متر تخمین زده شده است. برای تخلیه این واحد انتظار می‌رود که شوری در مرز ناحیه اختلاط بیشتر از ۲ ppt بالاتر از شوری محیط نشود (به‌عنوان مثال شوری ۳۷/۵ ppt در مقایسه با شوری محیط ۳۵/۵ ppt)[2].

همچنین در مورد دمای پساب خروجی، وزارت محیط زیست (DoE)[3] استرالیا بیان می‌کند که دمای پساب ناشی از واحدهای شیرین‌سازی در انتهای لوله خروجی نباید بیشتر از ۲ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محیط اطراف خود باشد. به‌عنوان مثال محدودیت‌های پساب برای واحد آب‌شیرین‌کن پرث[4] در استرالیا در جدول ذکر شده است.

جدول۶. محدودیت‌های تخلیه پساب واحد آب‌شیرین‌کن پرث

میزان مجاز پارامتر تخلیه	مقدار
شاخص فاصله برای لبه ناحیه اختلاط	حداقل ۴۵ : ۱
فاصله لبه ناحیه اختلاط از دیفیوزرهای خروجی	حداکثر ۱۶۵ فوت (۵۰ متر)
میانگین افزایش شوری در لبه ناحیه اختلاط	میانگین روزانه ۰/۸ ppt حداکثر ۱/۲ ppt

Source: Database of Permitting Practices for Seawater Concentrate Disposal. WateReuse Webcast Series 2015.

وزارت بهداشت کشور اسپانیا توصیه می‌کند که افزایش شوری باید از ۲ ppt کمتر باشد. افزایش ۲ ppt شوری متناظر با افزایش شوری اولیه به میزان ۵ درصد است. محدودیت‌های شوری و دمای پساب برای واحد تربیخا در اسپانیا به‌عنوان نمونه در جدول ۷ ذکر شده است.

جدول ۷. محدودیت‌های پساب برای واحد اسمز معکوس تربیخا در اسپانیا

میزان مجاز پارامتر تخلیه	مقدار
کل مواد جامد حل شده، ppt	حداکثر ۶۸/۲
PH	حداکثر ۹
کل آهن، mg/L	حداکثر ۰/۵
غلظت اکسیژن حل شده، mg/L	حداکثر ۱۰ بیشتر از ۸۰ درصد محیط
افزایش دما بالاتر از دمای محیط	حداکثر ۳ درجه سانتیگراد

Source: Database of Permitting Practices for Seawater Concentrate Disposal. WateReuse Webcast Series 2015.

1. Sydney Water, G., Fichtner., 2005.
2. Allianc, G., 2006;
3. Department of the Environment
4. Perth

۴-۲. مقررات تخلیه پساب در آسیا

تایلند به‌عنوان یکی از اعضای مشارکت‌کننده در انجمن محیط زیست آب در آسیا[1] محدودیت‌های ذیل را برای شوری و دمای تخلیه پساب صنعتی به آب به‌عنوان استاندارد عنوان کرده است.

جدول ۸. محدودیت‌های مربوط به شوری و دمای تخلیه در کشور تایلند

پارامتر	مقدار استاندارد
مجموع مواد جامد یا شوری حل شده	وابسته به نوع آب دریافت‌کننده یا نوع صنعت بهتر است بیشتر از ۳ ppt افزایش یابد. این مقدار نباید از ۵ ppt تجاوز کند.
دما	نباید بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد باشد.

Source: WEPA. Industrial Effluent Standard in Thailand.

کشور مالزی شاخص‌ها و استانداردهای کیفیت آب دریا را به‌صورت زیر بیان می‌کند.

جدول ۹. محدودیت‌های مربوط به شوری و دمای تخلیه صنعتی در کشور مالزی

پارامتر	کلاس ۱	کلاس ۲
مورد استفاده	**نواحی حفاظت شده دریایی**	**زندگی دریایی، ماهیگیری، صخره‌های مرجانی، پرورش آبزیان**
دما	کمتر از ۲ درجه بیشترین دمای محیط	کمتر از ۲ درجه بیشترین دمای محیط
اکسیژن حل شده، mg/L	بیش از ۸۰ درصد حالت اشباع	۵
شوری	کمتر از ۱۰درصد میانگین فصلی	کمتر از ۱۰ درصد میانگین فصلی

Source: Malaysia Marine Water Quality Criteria and Standards.

اتحادیه کشورهای جنوب شرق آسیا[2] (آسه‌آن) برای دما محدودیت افزایش ۲ درجه سانتیگراد بیشتر از دمای محیط را به‌عنوان استاندارد محیط مطرح کرده است[3].

برای یک واحد اسمز معکوس در اوکیناوای ژاپن، بیشینه شوری ۳۸ ppt در ناحیه اختلاط و افزایش بیشینه شوری ۱ ppt برای زمانی‌که پلوم به کف دریا می‌رسد، ثبت شده است. این مقدار معادل افزایش ۲/۶ درصد شوری نسبت به شوری آب محیط اطراف محل تخلیه است[4].

1. Water Environment Partnership in Asia (WEPA)
2. Association of Southeast Asian Nations (ASEAN)
3. Ministers, A.E., 2002
4. Bleninger, T., G. Jirka, and S. Lattemann, 2010.

۵-۲. مقررات تخلیه پساب در خلیج فارس

نمک‌زدایی آب دریا قسمت اعظم تأمین آب قابل شرب مردم ساکن در حوزه خلیج فارس، دریای مدیترانه و دریای سرخ را تشکیل می‌دهد. شوری میانگین تعدادی از دریاها در جدول ۱۰ آورده شده است. همان‌طور که در جداول ۱۰ و ۱۱ مشخص شده است، خلیج فارس، دریای مدیترانه و دریای سرخ شورتر از مقدار میانگین آب‌های جهانی هستند و خلیج فارس و دریای سرخ در دسته‌بندی دریاهای شور و بسیار شور قرار می‌گیرند.

جدول ۱۰. شوری میانگین اقیانوس‌ها و دریاها در سراسر دنیا

دریا/اقیانوس	شوری (به ppm یا شوری کلی حل شده)[1]
دریای بالتیک	۲۸۰۰۰
دریای شمال	۳۴۰۰۰
اقیانوس آرام	۳۳۶۰۰
اقیانوس آتلانتیک جنوبی	۳۵۰۰۰
دریای مدیترانه	۳۶۰۰۰
دریای عمان	۳۶۷۰۰
دریای سرخ	۴۴۰۰۰
خلیج فارس	۵۰۰۰۰-۴۳۰۰۰
دریای مرده	۸۰۰۰۰-۵۰۰۰۰
میانگین جهانی	**۳۴۸۰۰**

Source: Martinez, H., 2010.

جدول ۱۱. محدوده شوری انواع مختلف آب

نامگذاری آب	شوری (به ppm یا شوری کلی حل شده)
خیلی خالص	۰/۰۳
خالص	۰/۳
آب شیرین	کمتر از ۱۰۰۰
آب لب شور	۱۰۰۰۰-۱۰۰۰
آب شور	۳۰۰۰۰-۱۰۰۰۰
آب دریایی	۵۰۰۰۰-۳۰۰۰۰
آب نمک	بیشتر از ۵۰۰۰۰

Source: Martinez, H., 2010.

سیاست‌های کنترل کیفیت آب در عربستان و آمریکا شامل تعیین ناحیه اختلاط می‌شوند[2]. الزامات زیر در رابطه با ناحیه اختلاط در آب دریافت‌کننده در کشور عربستان اعمال می‌شوند.

- بزرگ‌ترین اندازه برای ناحیه اختلاط به‌صورت موردی با توجه به داده‌های جدول ۱۲ براساس

1. Total Dissolved Salinity (TDS)
2. Van Der Merwe, R., 2014.

عمق و درجه حساسیت آب تعیین می‌شود و به بیشترین شعاع ۱۰۰ متر از محل تخلیه محدود می‌شود.

- از محدودیت‌های مربوط به موارد بسیار سمی نباید در ناحیه اختلاط تجاوز شود. روش‌های تحلیل و اندازه‌گیری مطابق با دستورالعمل تحلیل آلودگی (گزارش شماره 40 CFR بخش ۱۳۶) انجام می‌شود.
- ناحیه اختلاط نباید روی مناطق حساس مانند صخره‌های مرجانی، مناطق تفریحی یا مناطق تخم‌ریزی موجودات زنده دریایی اثر بگذارد.
- نواحی اختلاط نزدیک به هم نباید با هم ادغام شوند و یا همپوشانی داشته باشند.
- هیچ ناحیه اختلاطی نباید خط ساحلی میانگین چشمه کم‌آب[1] را تحت تأثیر قرار دهد.
- پساب‌هایی که حاوی موادی هستند که می‌توانند با ته‌نشین شدن ایجاد مانع کنند (و ممکن است موجب رشد گونه‌های مضر، تهاجمی یا مزاحم شوند)، نباید تخلیه شوند.
- جهت اطمینان از پخش مناسب پساب و کمینه کردن آثار احتمالی بر محیط زیست، بهترین روش‌های در دسترس[2] و بهترین شیوه‌های زیست‌محیطی[3] باید انتخاب شوند.

جدول ۱۲. محاسبه ناحیه اختلاط براساس عمق آب برای دریای سرخ و خلیج فارس در کشور عربستان

عمق آب (متر)	درجه اهمیت(۱) دریای سرخ(۲)			عمق آب (متر)	درجه اهمیت خلیج فارس(۲)		
دریای سرخ	۲	۵	۸	خلیج فارس	۴	۸	۱۲
	شعاع افقی ناحیه اختلاط (متر)				شعاع افقی ناحیه اختلاط (متر)		
۵ یا کمتر	۱۰	۲۵	۴۰	۵ یا کمتر	۲۰	۴۰	۶۰
۶	۱۲	۳۰	۴۸	۶	۲۴	۴۸	۷۲
۷	۱۴	۳۵	۵۶	۷	۲۸	۵۶	۸۴
۸	۱۶	۴۰	۶۴	۸	۳۲	۶۴	۹۶
۹	۱۸	۴۵	۷۲	۹	۳۶	۷۲	۱۰۰
۱۰	۲۰	۵۰	۸۰	۱۰	۴۰	۸۰	
۱۱	۲۲	۵۵	۸۸	۱۱	۴۴	۸۸	
۱۲	۲۴	۶۰	۹۶	۱۲	۴۸	۹۶	
۱۳	۲۴	۶۵	۱۰۰	۱۳	۵۲	۱۰۰	
۱۴	۲۸	۷۰		۱۴	۵۶		
۱۵	۳۰	۷۵		۱۵	۶۰		
۱۶	۳۲	۸۰		۱۶	۶۴		
۱۷	۳۴	۸۵		۱۷	۶۸		
۱۸	۳۶	۹۰		۱۸	۷۲		
۱۹	۳۸	۹۵		۱۹	۷۶		

1. Mean Low Water Spring (MLWS)
2. Best Available Techniques (BAT)
3. Best Environmental Practices (BEP)

عمق آب (متر)	درجه اهمیت[۱] دریای سرخ[۲]			عمق آب (متر)	درجه اهمیت خلیج فارس[۲]		
دریای سرخ	۲	۵	۸	خلیج فارس	۴	۸	۱۲
	شعاع افقی ناحیه اختلاط (متر)				شعاع افقی ناحیه اختلاط (متر)		
۲۰	۴۰	۱۰۰		۲۰	۸۰		
۲۱	۴۲			۲۱	۸۴		
۲۲	۴۴			۲۲	۸۸		
۲۳	۴۶			۲۳	۹۲		
۲۴	۴۸			۲۴	۹۶		
۲۵	۵۰			۲۵	۱۰۰		
۲۶	۵۲			۲۶			
۲۷	۵۴			۲۷			
۲۸	۵۶			۲۸			
۲۹	۵۸			۲۹			
۳۰	۶۰			۳۰			
۳۱	۶۲			۳۱			
۳۲	۶۴			۳۲			
۳۳	۶۶			۳۳			
۳۴	۶۸			۳۴			
۳۵	۷۰			۳۵			
۳۶	۷۲			۳۶			
۳۷	۷۴			۳۷			
۳۸	۷۶			۳۸			
۳۹	۷۸			۳۹			
۴۰	۸۰			۴۰			
۴۱	۸۲			۴۱			
۴۲	۸۴			۴۲			
۴۳	۸۶			۴۳			
۴۴	۸۸			۴۴			
۴۵	۹۰			۴۵			
۴۶	۹۲			۴۶			
۴۷	۹۴			۴۷			
۴۸	۹۶			۴۸			
۴۹	۹۸			۴۹			
۵۰	۱۰۰			۵۰			

(1). Significance Value (Sv).

(۲). درجه اهمیت دریای سرخ/خلیج فارس: ۲ در دریای سرخ/۴ در خلیج فارس نواحی با درجه حفاظت بالا (حفاظت از ۹۹ درصد گونه‌ها)، ۸/۵ نواحی طبقه‌بندی شده دریایی (حفاظت از ۹۰ درصد گونه‌ها) و ۱۲/۸ طبقه‌بندی شده به‌عنوان صنعتی از طریق مقررات ملی و محلی.

Source: In-situ marine monitoring and environmental management of SWRO concentrate discharge: A case study of the KAUST SWRO plant. 2014.

جداول ۱۲ و ۱۳ مدل غربالگری پایه برای تعریف بیشینه طول افقی ناحیه اختلاط را در کشور عربستان نشان می‌دهد. مطابق با مقررات کشور عربستان، بیشترین طول افقی نباید از ۱۰۰ متر بیشتر باشد. همچنین غلظت شوری در لبه ناحیه اختلاط برای نواحی طبقه‌بندی شده در گروه با درجه حفاظت بالا و دریایی صفر درصد بیشتر از شوری محیط و برای نواحی در دسته صنعتی ۲ درصد بالاتر از شوری محیط است. مقررات ارائه شده در این کشور با مقررات ارائه شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا تطابق زیادی دارد[1]. به‌عنوان مثال برای واحد شیرین‌سازی ملک عبدالله براساس درجه اهمیت ۵ (طبقه‌بندی شده به‌عنوان ناحیه دریایی) و عمق ۱۸ متر، فاصله افقی ناحیه اختلاط ۹۰ متر به‌دست می‌آید.

همچنین محدودیت‌های کنترل کیفیت دمای آب دریای سرخ و خلیج فارس در عربستان سعودی به‌صورت نشان داده شده در جداول ۱۲ و ۱۳ در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۳. معیار دمای آب محیط برای نواحی ساحلی عربستان

کمیت	واحد	مقدار بیشینه دما در دریای سرخ و خلیج فارس	میانگین ماهیانه دما در دریای سرخ	میانگین ماهیانه دما در دریای خلیج فارس
دما	درجه سانتیگراد	۲/۲	کمتر از ۱	۲

Source: Royal Commission environmental regulations. 2004, Environmental Control Department.

کشور عمان از سال ۱۹۷۶ تاکنون جهت تأمین آب شرب مورد نیاز از تأسیس واحدهای آب‌شیرین‌کن و شیرین‌سازی آب دریا استفاده می‌کند. واحدهای آب‌شیرین‌کن در کشور عمان به‌دلیل افزایش مصرف آب در بخش صنعتی و نیز توسعه گردشگری در این ناحیه در حال افزایش است. یکی از مسائل اصلی مربوط به تأسیس واحدهای آب‌شیرین‌کن در کشور عمان دفع پساب خروجی ناشی از شیرین‌سازی آب دریاست.

مصوبه شماره ۲۰۰۵/۱۵۹ کشور عمان در مورد «صدور مجوز برای تخلیه مواد زائد مایع در محیط دریایی» است. هسته اصلی قانون مربوط به تخلیه مواد زائد مایع در دریاست و مطابق با «قانون نظارت بر آلودگی دریایی» (اعلام شده توسط فرمان سلطنتی شماره ۷۴/۳۴) و «قانون کنترل و حفاظت از محیط زیست» (اعلام شده توسط فرمان سلطنتی شماره ۲۰۰۱/۱۱۴) است[2]. در این مقررات علاوه‌بر محدودیت‌های مربوط به تخلیه، یک ناحیه اختلاط با قطر ۳۰۰ متر اطراف محل تخلیه مشخص شده است. خارج از ناحیه اختلاط، دمای آب محیط نباید بیش از یک درجه سانتیگراد افزایش یابد. همچنین شوری محیط نباید بیش از ۲ ppt تغییر کند. خارج از این ناحیه همچنین میزان اکسیژن حل شده نباید

1. Van Der Merwe, R., 2014.
2. Unit, S.E., 2013.

بیش از ۱۰ درصد کاهش یابد. به‌علاوه لوله‌های تخلیه نباید در فاصله کمتر از یک متر از کمترین خط جزر و مد نصب شوند.

در کشور عمان هیچ پسابی بدون کسب مجوز تخلیه، نباید به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم به آب دریا تخلیه شود. این مجوز توسط وزارت بازرسی و کنترل محیط صادر شده و به عوامل زیر بستگی دارد:

۱. پساب خروجی باید قبل از تخلیه به آب دریا تصفیه شود تا اجزای خطرناک آن از بین رود یا قبل از تخلیه آثار منفی آن بر محیط زیست از طریق تصفیه و خنک کردن کاهش یابد.

۲. ویژگی‌های دقیق پساب خروجی باید به‌طور کامل مشخص شود و ویژگی‌های استخراج شده برای پساب باید با استانداردها و محدودیت‌های تخلیه آلاینده مطابقت داشته باشد.

معروف‌ترین واحدهای آب‌شیرین‌کن در کشور عمان در شهر بارکا تأسیس شده‌اند که شامل سه واحد آب‌شیرین‌کن از نوع تقطیر ناگهانی چندمرحله‌ای با ظرفیت ۳۰۴۰۰ مترمکعب در روز است. سیستم ورودی و خروجی به واحدهای آب‌شیرین‌کن به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که تخلیه پساب تولید شده در اثر شیرین‌سازی کمترین آسیب را به محیط زیست داشته باشد. بیشینه ظرفیت ورودی به واحدهای آب‌شیرین‌کن در بارکا برابر ۱۲۶۵۰۰ مترمکعب در ساعت است. همچنین سیستم خروجی برای تخلیه پساب با بیشینه دبی ۱۲۲۱۰۰ مترمکعب در روز طراحی شده است. سیستم ورودی به واحدهای آب‌شیرین‌کن شامل چهار لوله موازی به طول ۱/۲ متر و قطر ۲/۲ متر است که در فاصله ۱/۵ متری از کف دریا و در عمق ۱۰ متری قرار گرفته است. لوله‌ها در فاصله ۲ متری از یکدیگر و زیر دریا قرار گرفته‌اند به‌طوری که روی سطح دریا غیرقابل مشاهده هستند. سیستم خروجی نیز شامل چهار لوله موازی با قطر ۲/۵ متر بوده که در عمق ۵ متری از سطح دریا با زاویه ۶۲ درجه نسبت به خط ساحلی قرار گرفته است. هر لوله شامل ۶۲/۴ متر دیفیوزر با خروجی چندگانه است که هرکدام شامل ۹ خروجی است. این خروجی‌ها جهت افزایش نرخ رقیق شدن پساب تخلیه شده به محیط با بیشینه اختلاف دمای ۸ درجه سانتیگراد با دمای آب دریا در ورودی، با فاصله ۷/۵ متر نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند. جهت جلوگیری از نفوذ جریان پساب با شوری بالا به ورودی واحد، محل تخلیه در فاصله ۸۰۰ متری از ورودی آب‌شیرین‌کن قرار گرفته است. جهت آسیب کمتر به واحدهای آب‌شیرین‌کن و نیز به محیط زیست، فیلترهایی در ورودی و خروجی واحدهای آب‌شیرین‌کن تعبیه شده است.

ویژگی‌های آب ورودی و پساب خروجی از واحدهای آب‌شیری‌کن بارکا در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۴. ویژگی‌های آب ورودی و پساب خروجی واحدهای آب‌شیرین‌کن بارکا

	نرخ جریان (m^3/h)	دما (°C)	شوری (ppt)
ورودی آب‌شیرین‌کن (تقطیر ناگهانی چندمرحله‌ای)	۶۷۵۰۰	۲۴	۳۶
پساب تولیدی	۵۷۹۹	۴۲/۱۱	۶۶/۶۶
پساب تخلیه شده به محیط	۶۱۴۳۷	۳۷	۴۰/۸

Source: Barka desalination plants

همان‌طور که از جدول ۱۴ دریافت می‌شود، شوری و دمای پساب خروجی از واحدها قبل از تخلیه به محیط اطراف کاهش می‌یابد. جهت کاهش شوری پساب تولیدی قبل از تخلیه به دریا از فناوری‌های جدید استفاده می‌شود. از معروف‌ترین سیستم‌های استفاده شده به این منظور اولترافیلتراسیون[1] است. در این روش مواد تا اندازه ۰/۰۱ میکرون فیلتر می‌شوند. میزان مصرف انرژی غشاهای فوق بسیار کم و برابر ۰/۳-۰/۱ کیلووات بر مترمکعب است.

در ژانویه ۲۰۰۷ جهت تعیین معیارهای کیفیت محیط زیست و آسیب پساب واحدها به محیط زیست بررسی‌های میدانی انجام شده و استانداردهایی جهت کنترل تخلیه پساب به محیط زیست ایجاد شده است. طبق این استانداردها بیشینه مجاز افزایش دما و شوری در کشور عمان به‌ترتیب برابر ۱ °C و ۲ ppt در فاصله ۳۰۰ متری از محل تخلیه است که به‌عنوان ناحیه اختلاط در نظر گرفته شده است.

امارات متحده عربی نیز برای تخلیه پساب، بیشینه دمای آب را ۳۵ درجه سانتیگراد در نظر می‌گیرد، به‌طوری که معیار کیفیت آب در دبی مطرح می‌کند که افزایش دمای میانگین آب در یک هفته نباید بیشتر از ۲ درجه سانتیگراد از دمای محیط اطراف خود باشد و افزایش شوری در لبه ناحیه اختلاط نباید بیشتر از ۵ درصد شود[2].

۶-۲. مقررات تخلیه پساب در مدیترانه

رژیم اشغالگر قدس در زمینه قوانین زیست‌محیطی برای تخلیه پساب واحدهای آب‌شیرین‌کن به آب دریا استانداردهایی را وضع کرده است. در رژیم صهیونیستی ساخت واحدهای شیرین‌سازی آب دریا براساس طرح جامع (34B3) و استانداردهای محیط زیستی انجام می‌شود (با کمک دستورالعمل‌های واحد محیط زیست دریایی و ساحلی).[3] طبق این استاندارد مسائل مربوط به محیط زیست دریایی که باید مدنظر قرار گیرند عبارتند از[4]:

1. Ultrafiltration
2. Regulation EN 5.0 – Water Environment. June 2013,
3. Marine and Coastal Environment Division
4. Safrai, I. and A. Zask. 2006.

- تخلیه دریایی،
- برنامه نظارت دریایی،
- ترکیب مواد تخلیه.

۱. یک پیش‌شرط برای تخلیه به دریا نصب و استفاده از بهترین تکنولوژی در دسترس[1] است.

۲. تخلیه در عمق آب صورت می‌گیرد. تخلیه به ساحل بجز برای آب خنک خروجی از واحدهای تولید توان منع شده است.

۳. جهت افزایش اختلاط در انتهای خروجی یک دیفیوزر قرار داده شود. برای تخلیه آب خیلی شور محل تخلیه برای افزایش اختلاط باید حداقل ۲ متر بالاتر از بستر دریا باشد.

۴. تصویب طرح خطوط لوله خروجی باید با نظارت سالیانه و تخمین میزان آثار بر محیط زیست دریا بعد از شروع تخلیه انجام شود.

۵. طول خط لوله و محل آن با استفاده از شاخص‌های زیر تعیین می‌شود:

- کمترین طول خروجی از خط ساحلی باید ۳۰۰ متر باشد (مطابق با فرمان وزارت بهداشت).
- خسارات به نواحی ساحلی تا حد ممکن با استفاده از تخلیه تا عمق ۳۰ متری یا فاصله ۱ مایل دریایی (۱/۸ کیلومتری) پیشگیری شود (براساس قانون تصویب شده برای حفاظت از محیط زیست ساحلی در سال ۲۰۰۴).
- فاصله مناسب از منابع طبیعی دریایی و زیستگاه‌های دریایی رعایت شود.
- خصوصیات اقیانوس‌شناسی (معاوضه آب، عمق‌سنجی، جریان‌ها و غیره) مدنظر قرار گیرد.
- نتایج مدل‌های پخش ریاضی بر صدمات ناشی از تخلیه واحدهای آب‌شیرین‌کن در رابطه با استانداردهای محیط زیست دریا مدنظر قرار گیرد.
- ترکیب تخلیه پیشنهادی مدنظر قرار گیرد.

۶. زیرساخت‌های یکپارچه برای خروجی.

۷. کل طول خط لوله دریایی با استفاده از بهترین تکنولوژی در دسترس دفن می‌شود تا خسارات به نواحی ساحلی (مطابق قانون تعریف شده برای محیط زیست ساحلی در سال ۲۰۰۴) و علی‌الخصوص خسارات حین نصب کمینه شود. برای این منظور جنبه‌های زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- حرکات طبیعی شن و ماسه‌ها،
- اکوسیستم‌های موجود در محیط زیست ساحلی،
- فعالیت‌های ماهیگیری،
- محافظت از خط لوله در برابر شبکه‌های ماهیگیری،
- جلوگیری از آسیب در برابر کشتی‌ها (مطابق با مقررات ایمنی کشتیرانی)،

1. Best Available Technology (BAT)

- ایمنی شناگران و موج‌سواران در آب کم‌عمق.

۸. تأسیسات ساحلی مربوط به خط لوله (تأسیسات پمپاژ و تصفیه) در منطقه ساحلی (نوار ۱۰۰ متری) ایجاد نمی‌شوند، مگر اینکه در یک سایت تأسیسات مهندسی که به هر صورتی بسته و از قبل ساخته شده باشد، قرار گیرند.

برنامه نظارت دریایی معمولا شامل موارد زیر می‌شود:

- آب (تست‌های بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی)،
- رسوب،
- موجودات زنده.

ارسال گزارش سالیانه برای کلیه فعالیت‌های نظارت شامل موارد زیر است:

نتایج استخراجی از نظارت، تحلیل آماری نتایج و تحلیل مقایسه‌ای روندها، تحلیل داده‌ها و اطلاعات انجام شده با مراجعه به استانداردهای کیفیت محیط زیست، بحث و ارائه پیشنهادها.

به‌عنوان نمونه محدودیت‌های اعمال شده برای پساب واحد آب‌شیرین‌کن اشکولن در جدول ذکر شده است.

جدول ۱۵. محدودیت‌های پساب واحد آب‌شیرین‌کن اشکولن

میزان مجاز پارامتر تخلیه	میانگین روزانه	بیشینه	کمینه
کل مواد جامد حل شده، mg/L	۱۵	۲۰	
PH		۹	۶/۵
کل آهن، mg/L	۲	۱۹۰ تُن در سال	
غلظت اکسیژن حل شده، mg/L			بیشتر از ۸۰ درصد محیط

Source: Database of Permitting Practices for Seawater Concentrate Disposal. WateReuse Webcast Series 2015

برای واحد اشکولن در بدترین حالت شوری در فاصله ۱۲۰۰ فوت (۳۶۵ متر) از نقطه تخلیه به ۱۰ درصد بالاتر از شوری محیط رسیده است. نسبت رقیق شدن برای خروجی این واحد برای تخلیه به‌همراه واحد تولید توان ۴۲ به ۱ و بدون این واحد در بدترین حالت ۱۰ به ۱ بوده است. علاوه‌بر این، استانداردهای مربوط به کیفیت تخلیه واحد شیرین‌سازی اشکولن افزایش ۴ درجه سانتیگراد بیشتر از آب دریا را به‌عنوان شاخص خروجی واحد معرفی کرده‌اند.

۷-۲. جمع‌بندی مقررات

استانداردها و محدودیت‌های در نظر گرفته شده برای میزان شوری کشورهای مختلف مطابق با استانداردهای محیط زیست به‌صورت خلاصه در جدول ۱۶ آورده شده است. تفاوت قابل توجهی

درخصوص مقررات وجود دارد، اما در همه آنها به دو نکته مهم بیشینه میزان شوری در محیط و طول ناحیه اختلاط اشاره شده است. مطابق مطالب ذکر شده، محدودیت مربوط به شوری به این صورت است که شوری نباید بیشتر از ۱ الی ۴ ppt در آب دریا افزایش یابد. طول ناحیه اختلاط نیز با توجه به شرایط منطقه تخلیه بین ۵۰ الی ۳۰۰ متر متغیر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۶. محدودیت‌های مربوط به شوری برای کشورهای مختلف (استاندارد محیط)

کشور	محدودیت مربوط به شوری	شعاع ناحیه اختلاط
آمریکا	شوری < ۴ ppt	-
دستورالعمل‌های استرالیای غربی	افزایش شوری < ۵ درصد	-
سیدنی، استرالیا	افزایش شوری < ۱ ppt	۵۰-۷۵ متر
سواحل طلایی، استرالیا	افزایش شوری < ۲ ppt	۱۲۰ متر
ژاپن	افزایش شوری < ۱ ppt	-
دوبی	افزایش شوری < ۵ درصد	-
عمان	افزایش شوری < ۲ ppt	۳۰۰ متر
عربستان	افزایش شوری < ۲ درصد	۱۰۰ متر

Sources: Oman, S.o., Ministerial Decision No: 159/2005.
Bleninger, T., G. Jirka, and S. Lattemann, 2010.

برای دما نیز مانند شوری معیارهای متفاوتی در نظر گرفته شده است. افزایش دمای بین ۱-۲ درجه سانتیگراد یا افزایش ۵ درصدی نسبت به دمای محیط در قوانین کشورهای مختلف به‌چشم می‌خورد.

نکته دارای اهمیت این است که قوانین تدوین شده اکثراً تخلیه پساب صنعتی را مدنظر قرار داده و تخلیه پساب واحدهای شیرین‌سازی به آب دریا کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به تخلیه دائمی آب شور و گرم از این واحدها، این مهم جز با نظارت دائمی و تحلیل گزارش‌های مربوطه حاصل نمی‌شود. در این راستا رژیم صهیونیستی پیشرو در زمینه تدوین قوانین تخلیه پساب واحدهای شیرین‌سازی است.

۳. مقایسه پارامترهای کلیدی در تدوین قوانین مربوط به تخلیه پساب شور و گرم

همان‌طور که پیش‌تر نیز بیان شد، تدوین قوانین مربوط به پساب خروجی از واحدهای آب‌شیرین‌کن به عوامل ذیل وابسته است:

- نوع اکوسیستم منطقه،
- شرایط منطقه (دما و شوری آب)،
- سطح تحمل آبزیان و گونه‌های گیاهی و جانوری،

- نوع فرایند شیرین‌سازی،
- عوامل فیزیکی و هیدروژئولوژیکی،
- امواج و جریان‌های دریایی،
- عمق محل تخلیه و عمق تخلیه،
- فصل.

میزان تحمل شوری و دمای آبزیان و گونه‌های گیاهی و جانوری در خلیج فارس تقریباً در تمام سطح دریا مشترک است و تفاوت زیادی بین گونه‌های زنده دریایی در نقاط مختلف دریا یافت نمی‌شود. در ادامه شرایط منطقه (میزان دما و شوری)، عوامل فیزیکی و هیدروژئولوژیکی و درنهایت عمق آب بین ایران و کشورهای ارائه‌دهنده مقررات مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

- **عمق آب خلیج فارس**

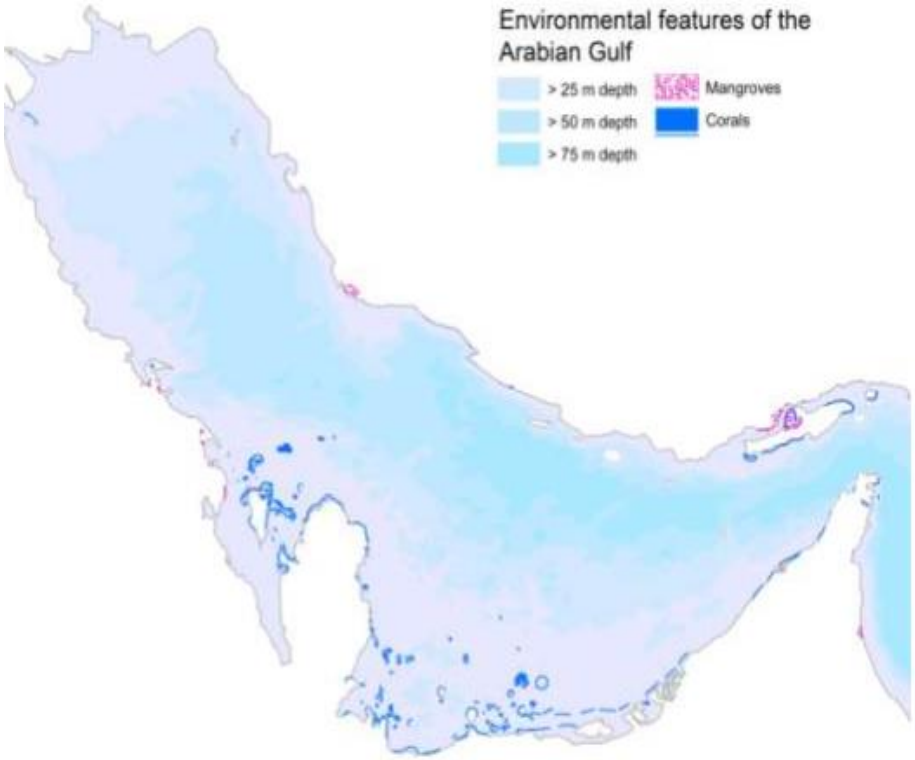
خلیج فارس یک دریای حاشیه‌ای نیمه‌بسته با کمتر از ۱۰۰ متر عمق در تمام طول دریا و میانگین عمق تنها ۳۵ متر است[1]. در شکل **۱** خطوط تراز عمق خلیج فارس نشان داده شده است.

سواحل جنوبی خلیج فارس در دسته آب‌های کم‌عمق (کمتر از ۲۵ متر) دسته‌بندی می‌شوند[2]. خلیج فارس در نیمه شرقی در امتداد ساحل ایران و همچنین ساحل عمان عمق بیشتری دارد. از غرب تا شرق دریای خلیج فارس در امتداد سواحل کویت به عمان، سواحل کم‌عمق با عمق در حدود ۲۰ متر و طول ۲۰ تا ۶۰ کیلومتر، ساحل با بستر شنی وجود دارد[3].

بخش شرقی سواحل ایران همانند سواحل عمان عمیق بوده و بخش شمال غربی دریا همانند کشورهای کویت، امارات، دوبی و عربستان دارای سواحل کم‌عمق است.

1. Reynolds, R.M., 1993.
2. John, V., S. Coles, and A. Abozed, 1990.
3. Bjerkeng, B., 2000,

شکل ۱. خطوط تراز عمق نواحی مختلف خلیج فارس. بیشترین تعداد واحدهای آب‌شیرین‌کن در سواحل جنوب غربی خلیج فارس (ناحیه کم‌عمق) واقع شده‌اند



Source: Bleninger, T., G. Jirka, and S. Lattemann, 2010.

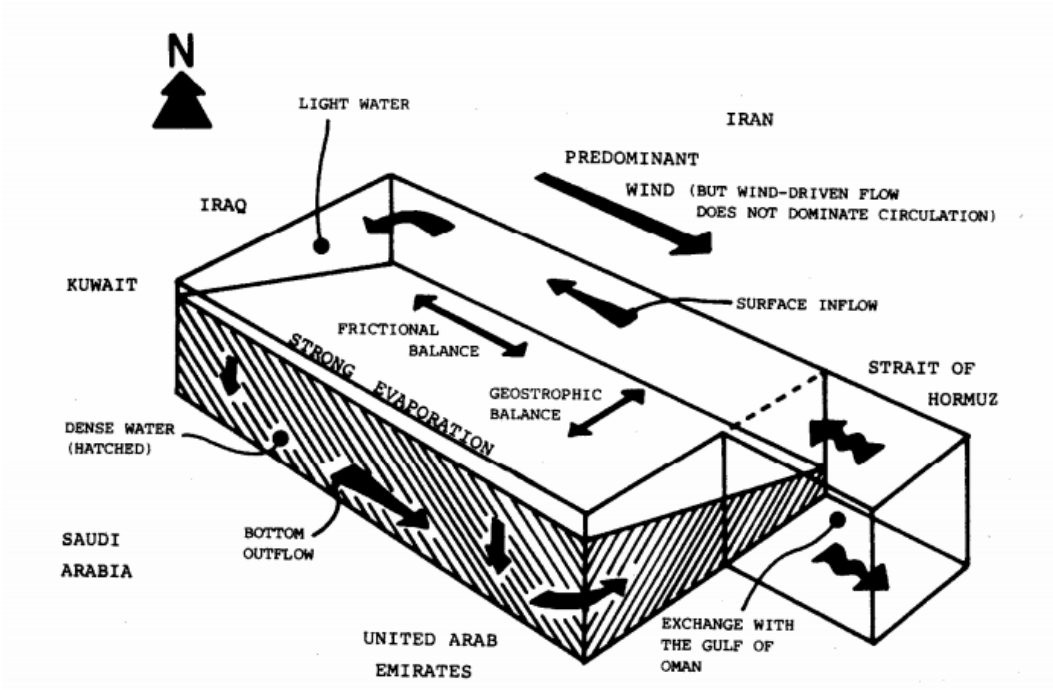
- **جریان کلی آب حاکم بر دریای خلیج فارس**

در شکل **۲** سیستم جریان چرخشی پیش‌بینی شده در خلیج فارس به‌صورت ساده نشان داده شده است.

نیمه جنوب شرقی آب خلیج فارس توسط یک جریان پادساعتگرد دورانی در لایه‌های سطحی که توسط یک جریان سطحی از تنگه هرمز تحریک می‌شود، غالب است. در زمستان این جریان به‌وسیله جریان وزنده از شمال غرب از سمت ایران تضعیف می‌شود. در تابستان این جریان به نواحی شمالی خلیج فارس گسترش می‌یابد که موجب می‌شود در این فصل از سال این آب‌ها لایه‌بندی شوند. تقریباً این موضوع مورد قبول عموم است که یک جریان چرخشی غالب در شمال غرب خلیج فارس وجود دارد. فرض می‌شود که قسمتی از این جریان به‌دلیل جریان ورودی از شط‌العرب، از شمال کویت حاصل می‌شود، اما عمدتاً به دلیل نیروی باد ناشی می‌شود[1].

1. Bjerkeng, B., 2000.

شکل ۲. توضیح شماتیکی از چرخش آب در خلیج فارس



Source: Water exchange and circulation of the Persian Gulf. 2000.

بنابراین جریان غالب در خلیج فارس پادساعتگرد است. جریان ورودی از تنگه هرمز در امتداد ساحل ایران ادامه می‌یابد و بخشی از آن در زمستان در نیمه شرقی خلیج و در تابستان در نیمه غربی آن شروع به چرخش می‌کند. این جریان با جریانی از سواحل جنوب شرقی که عمدتاً به‌دلیل جریان باد حاصل می‌شود، به تعادل می‌رسد. جریان چرخشی به‌صورت میانگین سرعتی برابر با ۲ – ۵ سانتیمتر در هر ثانیه دارد. این سرعت در نواحی ساحلی با بستر شیب‌دار بیشتر است. رژیم جریان در سواحل جنوبی ایران به جریان در سواحل عمان شبیه است و در سواحل خوزستان این رژیم به جریان در سواحل کشورهای عربی حوزه جنوب خلیج فارس شباهت دارد.

- **دما و شوری در مناطق مختلف خلیج فارس**

اصولاً جریان آب در خلیج فارس شامل دو شار اصلی آب است:

ـ آب‌های اقیانوسی که از طریق تنگه هرمز وارد خلیج فارس می‌شوند.

ـ آب‌های تازه که از طریق رودخانه‌ها از شمال شرق دریا و معمولاً از ایران وارد دریا می‌شوند.

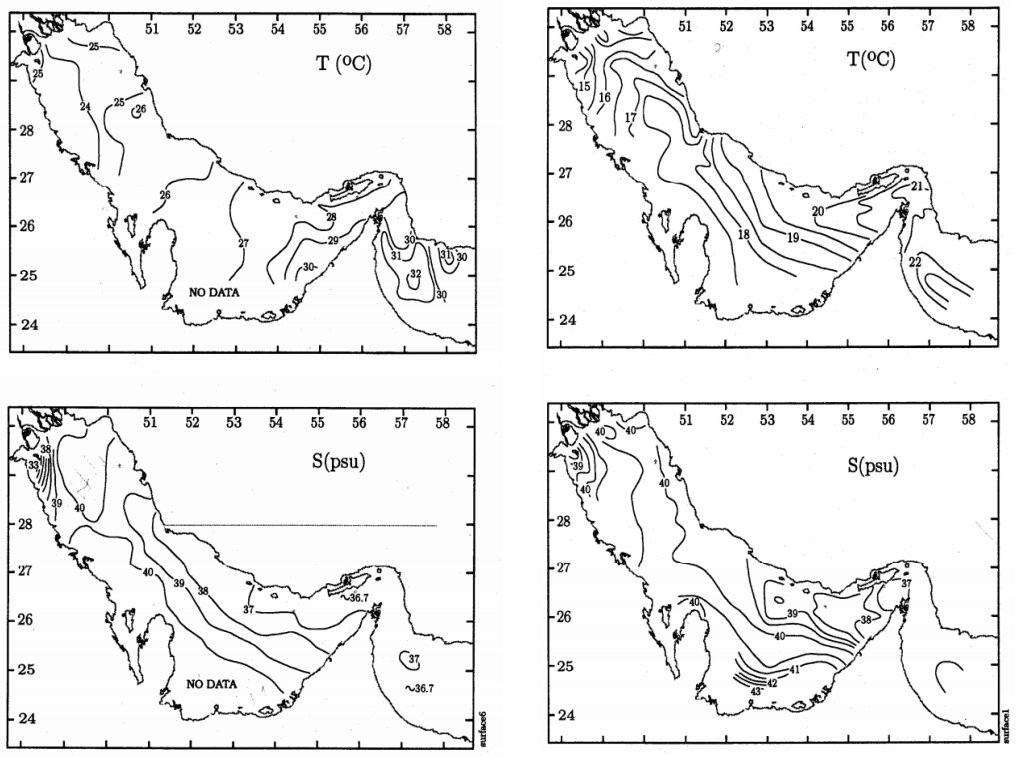
این آب‌ها به‌دلیل اختلاط ناشی از باد، جزر و مد و تبخیر شدید یک هیدروگرافی متغیر با زمان ایجاد می‌کنند.

نرخ تبخیر در خلیج فارس بالاتر از جریان تازه وارد شده به آب دریاست. این موضوع موجب افزایش

سطح شوری در امتداد غرب و سواحل جنوبی خلیج در کشورهای عربی می‌شود. جنوب شرقی خلیج فارس از دیگر نواحی است که نرخ تبخیر بالا در آن موجب ایجاد سطح شوری بین ۴۰ – ۵۰ واحد می‌شود. در این راستا جریان ورودی از تنگه هرمز از دریای عمان شوری نسبتاً کمی دارد (۳۶ – ۳۷/۵). خطوط تراز دما و شوری سطحی خلیج فارس برای زمستان و تابستان به‌ترتیب در شکل ۳ (الف) و (ب) نشان داده شده است.

همچنین تغییرات دما و شوری در سطح مقطعی از خلیج فارس از کویت تا ایران در شکل **۴** نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که دما و شوری در سواحل شمالی دریای خلیج فارس (سواحل جنوبی ایران) مشابه کانتور دما و شوری در سواحل کشور عمان و این مقادیر در سواحل شمال غربی دریا (سواحل خوزستان) به سواحل کشورهای عربی نزدیک است.

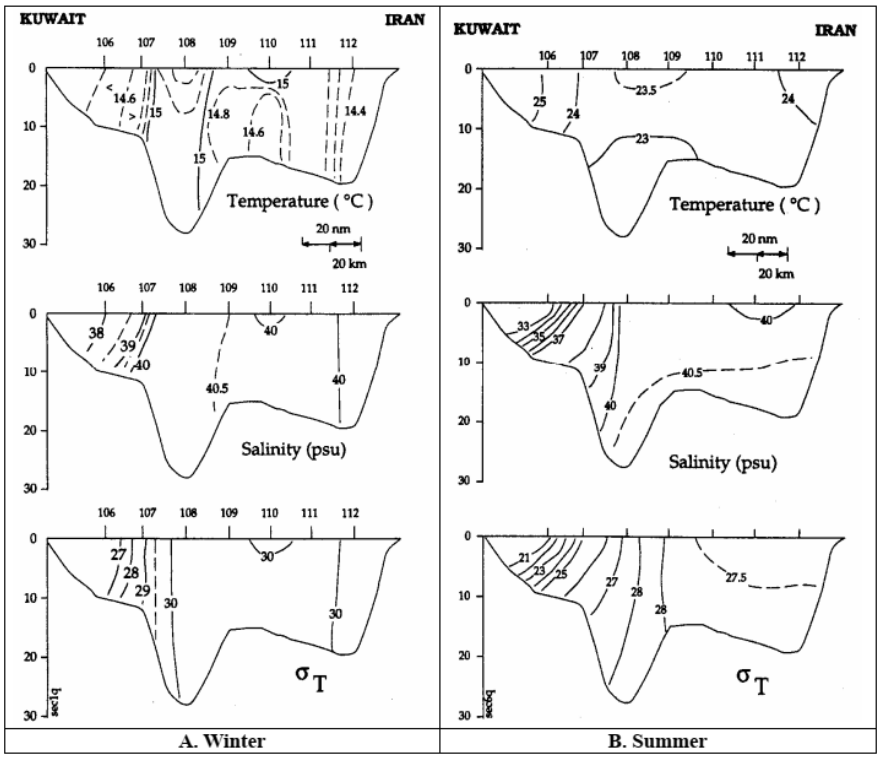
شکل ۳. نقشه شوری و دمای سطحی خلیج فارس در (الف) زمستان و (ب) تابستان



(ب) (الف)

Source: Water exchange and circulation of the Persian Gulf. 2000.

شکل ۴. سطح مقطع دما، شوری و چگالی در تابستان و زمستان در خلیج فارس از کویت تا ایران



Source: Water exchange and circulation of the Persian Gulf. 2000.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که از تحلیل شاخص‌های دما، شوری، عمق و جریان در خلیج فارس دریافت می‌شود، سواحل جنوبی ایران در نزدیکی تنگه هرمز شباهت زیادی به سواحل عمان و در نزدیکی خوزستان شباهت زیادی به سواحل کشورهای عربی چون عربستان دارد. ازاین‌رو به‌عنوان پیشنهاد اولیه توصیه می‌شود که برای سواحل عمیق محدودیت‌های کشور عمان (افزایش شوری کمتر از ۲ ppt و افزایش دمای کمتر از ۱ درجه سانتیگراد در فاصله ۳۰۰ متری) و برای سواحل کم‌عمق محدودیت‌های کشور عربستان (افزایش شوری کمتر از ۲ درصد و افزایش دمای کمتر از ۲ درجه سانتیگراد در فاصله ۱۰۰ متری) مدنظر قرار گیرد. همچنین توصیه می‌شود که شوری و دما در خروج از لوله و قبل از ورود به محیط، به‌ترتیب بیش از ۱۰ ppt و ۱۰ درجه سانتیگراد نسبت به شوری و دمای آب محیط افزایش نیابد. جهت اطمینان از سلامت محیط زیست و با توجه به عدم وجود مقررات منسجم در زمینه تخلیه واحدهای آب‌شیرین‌کن، نظارت سالیانه برای ارزیابی تخلیه واحدهای شیرین‌سازی و الگوگیری برای تدوین برنامه سال‌های آتی با محوریت تست کیفیت آب و میزان اثر آن بر اکوسیستم نزدیک به محل تخلیه باید در ایران انجام گیرد.

منابع و مآخذ

1. Sharifinia, M., et al., *Prevention is better than cure: Persian Gulf biodiversity vulnerability to the impacts of desalination plants.* Global change biology, 2019.
2. Van Der Merwe, R., S. Lattemann, and G. Amy, *A review of environmental governance and its effects on concentrate discharge from desalination plants in the Kingdom of Saudi Arabia.* Desalination and Water Treatment, 2013. 51.
3. *Environmental standards and allowable limits of pollutants on land, water and air Environment*. May 2003, Information Bulletin.
4. Bleninger, T., G. Jirka, and S. Lattemann, *Environmental planning, prediction and management of brine discharges from desalination plants.* Middle East Desalination Research Center (MEDRC): Muscat, Sultanate of Oman, 2010.
5. EPA. *National Recommended Water Quality Criteria*. Available from: https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria.
6. EPA, *quality criteria for water* 1996, Office of Water Regulations and Standards, DC 20460: United States, Environmental Protection Agency.
7. Resources, C.o.C.a.P., *Environmental Impact Report for the Carlsbad Seawater Desalination Facility*. 2005.
8. Conservation, D.o.E., *Water Quality Standard*. 2018.
9. Ahmad, N., *Study of Vertical Dense Jet Dilution in a Marine Environment.* 2013.
10. Water, A.D.o.E.C.o. *Mixing Zones*. 2019; Available from: https://dec.alaska.gov/water/water-quality/mixing-zones.
11. Jenkins, S., et al., *Management of brine discharges to coastal waters recommendations of a science advisory panel.* Southern California Coastal Water Research Project: Costa Mesa, CA, USA, 2012.
12. Junying, C.J.a.C., *MUNICIPAL EFFLUENT DISPOSAL STANDARDS* Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing.

R. China

13. Lai, C.C. and J.H. Lee, *Mixing of inclined dense jets in stationary ambient.* Journal of hydro-environment research, 2012. 6(1).
14. Zhang, S., Jiang B.,Wing-Keung Law A.,Zhao B., *Large eddy simulations of 45 inclined dense jets.* Environmental Fluid Mechanics, 2016. 16(1).
15. Schenkeveld, M.M., et al., *Seawater and Brackish Water Desalination in the Middle East, North Africa and Central Asia: A Review of Key Issues and Experiences in Six Countries.* Relatório técnico, Banco Mundial, Nimes, França, 2004.
16. *Iranian standard for effluent discharge*. Available from: http://bzhc.qums.ac.ir/Portal/file/?241720/%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D9%86%D8%AF%D8%A7%D8%B1%D8%AF%D9%87%D8%A7%D9%8A-%D8%AE%D8%B1%D9%88%D8%AC%D9%8A-%D9%81%D8%A7%D8%B6%D9%84%D8%A7%D8%A8.pdf.
17. *Database of Permitting Practices for Seawater Concentrate Disposal*. WateReuse Webcast Series 2015.
18. DrIng, T.B., *Mixing zone regulation for effluent discharges into EU waters.* Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 2011. 164(8).

19. Wec, *Perth metropolitan desalination proposal. Environmental protection statement, prepared by Welker Environmental Consultancy for Water Cooperation.* 2002.
20. Sydney Water, G., *Fichtner*. Environmental assessment for Sydney's desalination project, 2005.
21. Allianc, G. *Material Change of Use Application ERA 16, 19 & 7, Gold Coast Desalination*. 2006; Available from: http://www.desalinfo.com.au/Environment.asp#Project.
22. WEPA. *Industrial Effluent Standard in Thailand*. Available from: http://www.wepa-db.net/policies/law/thailand/std_industrial.htm.
23. *Malaysia Marine Water Quality Criteria and Standards*. Available from: http://wepa-db.net/3rd/en/topic/waterstandard/Malaysia_3_Marine_Water_Quality_Criteria_and_Standard.pdf.
24. Ministers, A.E., *17 PARAMETERS - ASEAN MARINE WATER QUALITY CRITERIA*, in *7th Informal ASEAN Ministerial Meeting on the Environment (IAMME)*. 20 November 2002: Vientiane, Lao PDR.
25. Martinez, H., *Design of a desalination plant: aspects to consider*. 2010.
26. Van Der Merwe, R., *In-situ marine monitoring and environmental management of SWRO concentrate discharge: A case study of the KAUST SWRO plant.* 2014.
27. *Royal Commission environmental regulations*. 2004, Environmental Control Department.
28. Unit, S.E., *Omani Environmental Regulations International References Documents SEU Guidance Notes*. 2013.
29. *Regulation EN 5.0 – Water Environment*. June 2013, Environment, Health & Safety Division.
30. Safrai, I. and A. Zask. *Environmental regulations for discharging desalination brine to the sea and its possible impacts*. in *Innovations and Applications of Seawater and Marginal Water Desalination, 8th Annual Conference*. 2006.
31. Oman, S.o., *Ministerial Decision No: 159/2005, Promulgating the bylaws to discharge liquid waste in the marine environment, Ministry of Regional Municipalities, Environment and Water Resources*. 2005.
32. Reynolds, R.M., *Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—Results from the Mt Mitchell expedition.* Marine Pollution Bulletin, 1993. 27.
33. John, V., S. Coles, and A. Abozed, *Seasonal cycles of temperature, salinity and water masses of the western Arabian Gulf.* Oceanologica Acta, 1990. 13(3).
34. Bjerkeng, B., *Water exchange and circulation of the Arabian Gulf*. 2000, Norwegian Institute for Water Research.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش | **شماره مسلسل: ۱۷۰۱۶**

عنوان گزارش: واحدهای آب‌شیرین‌کن ۳. مطالعه تطبیقی تخلیه پساب گرم و شور واحدهای آب‌شیرین‌کن به آب خلیج فارس

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب و محیط زیست)

تهیه و تدوین‌کنندگان: بهار فیروزآبادی، امین آزادی، نرگس وفا

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظران علمی: محمدحسن معادی رودسری، محمدتقی فیاضی

اظهارنظرکننده: حمیدرضا تقوایی نجیب

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. تخلیه پساب

۲. آب‌شیرین‌کن

۳. محیط زیست

۴. مطالعه تطبیقی

۵. قوانین محدودکننده

۶. استاندارد کیفیت آب

۷. مقررات تخلیه

تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۴/۷