

الله أكبر



دانشگاه هرمزگان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجهی کارشناسی ارشد در رشتهی فیزیک دریا

عنوان:

**مدلسازی پخش آلودگی ناشی از پساب کارخانه آب شیرین کن
بندرعباس**

استاد راهنما:

دکتر مهدی محمد مهدیزاده

استاد مشاور:

محمد فرمان آرا

نگارش:

ساجده بلوچی

اسفند ۱۳۹۲

چکیده

کمبود آب شیرین در حال حاضر به عنوان یکی از مشکلات جدی در بسیاری از مناطق نیمه خشک و خشک جهان مطرح است و با توجه به کمبود منابع آب، احداث آب شیرین کن‌ها در مناطق ساحلی گزینه مناسبی جهت تأمین آب در این نواحی می‌باشد. آب شیرین کن‌ها در کنار اثرات مثبتی که در جهت تأمین آب بر زندگی افراد دارند، باعث آسیب به محیط زیست هم می‌شوند. مهم‌ترین آسیب‌های وارد شده، با توجه به نوع آب شیرین کن، شوری و حرارت بالای پساب ناشی از آن می‌باشد که باعث اثرات نامطلوب بر محیط دریا و آبریان دریایی می‌شود.

در مطالعه حاضر نحوه پخش شوری و حرارت ناشی از پساب کارخانه آب شیرین کن بندرعباس که در آینده احداث می‌شود، مورد بررسی قرار گرفت. نحوه پخش این آلاینده‌ها توسط مدل هیدرودینامیکی سه بعدی کوهرنس شبیه‌سازی شد. در این شبیه‌سازی حالت‌های مختلفی برای نحوه شیرین سازی آب در نظر گرفته شد تا از میان آن‌ها مناسب‌ترین گزینه پیشنهاد شود.

برای انجام این شبیه‌سازی فرض بر این است که کارخانه آب شیرین کن از دو نوع اسمز معکوس و حرارتی می‌باشد و از نظر مکانی در دو موقعیت شرق و غرب بندرعباس فرض شده است. شوری پساب وارد شده توسط کارخانه‌های اسمز معکوس بسیار بالاتر از شوری محیط می‌باشد که پخش این شوری توسط مدل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مدل نشان داد نحوه پخش آلودگی وارد شده به خوبی با الگوی جریان حاکم بر منطقه توافق دارد، بطوریکه در موقعیت شرقی، پخش شوری به سمت غرب و ساحل شمالی جزیره قشم و در موقعیت غربی، عمده پخش در طول کانال قشم و تنگه خوران رخ می‌دهد. نتایج حاصل برای کارخانه‌ای از نوع حرارتی نیز به طور مشابه به دست آمد.

کلمات کلیدی: آب شیرین کن ، شوری، حرارت، پساب، مدل کوهرنس

تقدیم به همسر و فرزندانم

و

تمام عزیزانی که

به نوعی مراد به انجام رساندن این مهم

یاری نموده اند

مشکر و قدردانی

در اینجا لازم میدانم از استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر مهدی محمدنیراده که بارها بنی‌های ارزنده و زحمات بی‌دریغ خود مرا در پی‌سمودن این مسیر یاری رسانند، مشکر و قدردانی نمایم.

همچنین نهایت تشکر و سپاس خاص خود را از استاد مشاور کرامت‌مردم، جناب آقای محمد فرمان آرا که در تمامی مراحل انجام این تحقیق مشاوره لایق برای من بودند، اعلام می‌دارم.

در پایان از تمامی اساتید گروه فزیک دانشکده‌ی علوم پایه دانشگاه هرمزگان به ویژه سرکار خانم دکتر مریم راه‌بانی که از هیچ تلاشی جهت ارتقاء سطح علمی دانشجویان دریغ نمی‌کنند، تقدیر و تشکر فراوان می‌نمایم.

عنوان صفحه

فصل ۱ کلیات.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ خواص آب.....	۲
۳-۱ کیفیت فیزیکی آب.....	۴
۴-۱ تقسیم بندی مصرف آب و منابع آب در جهان.....	۷
۵-۱ روند چرخه آب در طبیعت.....	۹
۶-۱ روش های شیرین سازی آب.....	۱۰
۱-۶-۱ روش حرارتی.....	۱۱
۱-۱-۶-۱ تقطیر ناگهانی چند مرحله ای MSF.....	۱۲
۲-۱-۶-۱ تقطیر موثر چند مرحله ای MED.....	۱۳
۳-۱-۶-۱ تقطیر تراکمی تبخیری VCD.....	۱۶
۲-۶-۱ روش های غشایی.....	۱۷
۱-۲-۶-۱ تعریف غشاء.....	۱۷
۲-۲-۶-۱ تاریخچه استفاده از غشاها.....	۱۸
۳-۲-۶-۱ فرآیندهای غشایی.....	۱۹
۳-۶-۱ روش های دیگر تصفیه آب دریا.....	۲۲
۱-۳-۶-۱ انجماد.....	۲۲
۲-۳-۶-۱ تقطیر غشایی (ترکیبی).....	۲۲
۳-۳-۶-۱ نمک زدایی خورشیدی.....	۲۲
۷-۱ مقایسه روش های شیرین سازی آب و تعیین بهترین روش شیرین سازی.....	۲۳
۸-۱ تاریخچه استفاده از آب شیرین کن ها.....	۲۴
۹-۱ سیستم های تصفیه آب دریا در نواحی حاشیه خلیج فارس.....	۲۵
۱۰-۱ ضرورت نیاز به آب شیرین کن و وضعیت موجود در ایران.....	۲۷
۱۱-۱ آثار زیست محیطی آب شیرین کن ها.....	۲۸
۱-۱۱-۱ آثار محلی زیست محیطی آب شیرین کن ها.....	۲۹

۳۰	آثار جهانی زیست محیطی آب شیرین کن ها
۳۱	۱۲-۱ مروری بر تحقیقات قبلی
۳۲	۱-۱۲-۱ روش های آزمایشگاهی
۳۴	۲-۱۲-۱ روشهای عددی
۴۰	فصل ۲ معرفی مدل کوهرنس
۴۱	۱-۲ مقدمه
۴۱	۲-۲ توصیف مدل
۴۲	۳-۲ مولفه ها، مزایا و مشخصه های مدل کوهرنس
۴۴	۱-۳-۲ مشخصه های فیزیکی در مدل کوهرنس
۴۴	۲-۳-۲ مشخصه های عمومی در مدل کوهرنس
۴۵	۴-۲ معادلات هیدرودینامیکی مدل
۴۹	۱-۴-۲ معادله های اساسی در سیستم مختصات سیگما
۵۰	۵-۲ گسسته سازی زمانی و شبکه بندی
۵۱	۶-۲ گسسته سازی زمانی
۵۱	۷-۲ شرایط مرزی
۵۳	۱-۷-۲ شرایط مرزی سطحی، کف و مرزهای باز
۵۵	۸-۲ فرمول بندی تلاطم
۵۷	فصل ۳ اجرای مدل و نتایج آن
۵۸	۱-۳ هدف
۵۸	۲-۳ معرفی مکانی ناحیه مورد مطالعه
۵۹	۳-۳ داده های ورودی
۶۰	۴-۳ اجرای مدل
۶۲	۵-۳ نتایج شبیه سازی برای کارخانه ای از نوع اسمز معکوس (RO)
۶۲	۱-۵-۳ موقعیت آب شیرین کن : ساحل شرقی بندر عباس
۷۱	۱-۱-۵-۳ مقایسه پخش شوری در دو لایه سطحی و بستر
۷۶	۲-۵-۳ موقعیت آب شیرین کن : ساحل غربی بندر عباس
۸۶	۱-۲-۵-۳ مقایسه پخش شوری در دو لایه سطح و بستر
۹۱	۶-۳ نتایج شبیه سازی برای کارخانه ای از نوع حرارتی (MSF)
۹۹	۱-۶-۳ مقایسه پخش حرارت در دو لایه سطح و بستر
۱۰۴	فصل ۴ جمع بندی و نتیجه گیری

۱۰۵.....	۱-۴ بحث و نتیجه گیری.....
۱۰۷.....	۲-۴ پیشنهادات.....
۱۰۹.....	منابع و مأخذ.....

فهرست جداول

عنوان.....	صفحه
جدول ۱-۱: مشخصات گرمای نهان آب (ادیب فر، ۱۳۸۹).....	۴
جدول ۲-۱: تقسیم بندی آب بر اساس مجموع املاح موجود (محمدی، ۱۳۹۰).....	۴
جدول ۳-۱: حدود مجاز املاح در آب آشامیدنی (کهرم، ۱۳۸۳).....	۵
جدول ۴-۱: تقسیم بندی آب ها بر اساس سختی (محمدی، ۱۳۸۹).....	۵
جدول ۵-۱: مقدار کربنات کلسیم موجود در آب بعضی از شهرها (PPM) (کهرم، ۱۳۸۳).....	۶
جدول ۶-۱: رابطه بین طعم آب و مواد جامد حل شده در آب (محمدی، ۱۳۹۰).....	۶
جدول ۷-۱: غلظت تقریبی نمک در برخی از آب های شور دنیا (ادیب فر، ۱۳۸۹).....	۷
جدول ۸-۱: خلاصه روش های نمک زدایی (واقفی، ۱۳۹۰).....	۱۱
جدول ۹-۱: ویژگی های عمومی فرآیندهای غشایی.....	۲۱
جدول ۱-۳: دامنه و فازهای جزر و مدی در مرزهای باز.....	۶۰
جدول ۲-۳: حالت های مختلف در نظر گرفته شده برای کارخانه آب شیرین کن از نوع اسمز معکوس ..	۶۱

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: تقسیم بندی مصرف آب	۸
شکل ۲-۱: دسترسی به آب بهداشتی مناسب	۸
شکل ۳-۱: چرخه آب در طبیعت (اعداد بر حسب $10^{12}m^3$)	۹
شکل ۴-۱: دیاگرام کلی روش MSF	۱۳
شکل ۵-۱: دیاگرام کلی روش MED	۱۴
شکل ۶-۱: دیاگرام کلی روش MED-TVC	۱۶
شکل ۷-۱: نحوه عملکرد یک غشا در فرآیند اسمز معکوس	۱۷
شکل ۸-۱: کل ظرفیت نصب شده توسط فن آوری های مختلف در سراسر جهان	۲۳
شکل ۹-۱: ظرفیت بهره برداری از سیستم های MSF، RO و MED در سواحل حاشیه خلیج فارس	۲۷
شکل ۱۰-۱: نحوه تخلیه پساب فرضی چگال در شرایط آزمایشگاهی، در محیط با چگالی کمتر از محیط تحت زاویه های مختلف	۳۳
شکل ۱-۲: نمایش قسمت ها و وابستگی کمیت های فیزیکی، بیولوژیکی و پخش آلودگی در طراحی مدل کوهرنس	۴۳
شکل ۲-۲: تبدیل مختصات دکارتی به سیگما (LUYTEN ET AL., 1999)	۴۸
شکل ۳-۲: موقعیت متغیر ها روی شبکه مدل (LUYTEN ET AL., 1999)	۵۰
شکل ۱-۳: نقشه منطقه مورد مطالعه	۵۹
شکل ۲-۳: محل های جغرافیایی در نظر گرفته شده برای کارخانه آب شیرین کن	۶۲
شکل ۳-۳: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت A (شوری PSU ۵۲ و دبی پساب ۱۱/۴۲)	۶۳
شکل ۴-۳: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت B (شوری PSU ۷۶ و دبی پساب ۱۱/۴۲)	۶۴
شکل ۵-۳: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت C (شوری PSU ۵۲ و دبی پساب ۴۰/۸)	۶۵
شکل ۶-۳: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت D (شوری PSU ۷۶ و دبی پساب ۴۰/۸)	۶۶
شکل ۷-۳: سری زمانی شوری، برای شوری پساب برابر ۵۲ PSU، در محل تخلیه در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی	۶۷
شکل ۸-۳: سری زمانی شوری، برای شوری پساب برابر ۷۶ PSU، در محل تخلیه در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی	۶۸
شکل ۹-۳: موقعیت خطوط X و Y نسبت به محل تخلیه	۶۹
شکل ۱۰-۳: (الف) میزان افزایش شوری نقاط در راستای خط Y و (ب) درصد افزایش شوری روی خط Y برای چهار حالت A، B، C و D در روز ۹۰	۶۹
شکل ۱۱-۳: (الف) میزان افزایش شوری نقاط در راستای خط X و (ب) درصد افزایش شوری روی خط	

- ۷۰ X برای چهار حالت A, B, C و D در روز ۹۰.....
- شکل ۳-۱۲: پخش شوری در دوره شبیه سازی (شوری PSU ۷۶ و دبی ۴۰/۸ مترمکعب بر ثانیه): (الف)
- ۷۲ لایه سطحی و (ب) لایه نزدیک بستر
- شکل ۳-۱۳: پخش شوری در دوره شبیه سازی (شوری PSU ۵۲ و دبی ۴۰/۸ مترمکعب بر ثانیه): (الف)
- ۷۳ لایه سطحی و (ب) لایه نزدیک بستر
- شکل ۳-۱۴: پیش بینی جریان توسط مدل کوهرنس در لایه های سطحی و نزدیک بستر در فصل زمستان (صدری نسب، ۱۳۸۹)
- ۷۴ شکل ۳-۱۵: : نمایه قائم شوری در نخستین روز، روز ۴۵ و روز ۹۰ پس از آغاز شبیه سازی در نقطه ای به فاصله تقریبی ۲۰ کیلومتر از محل تخلیه روی خط Y برای شوری PSU ۵۲.....
- ۷۵ شکل ۳-۱۶: : نمایه قائم شوری در نخستین روز، روز ۴۵ و روز ۹۰ پس از آغاز شبیه سازی در نقطه ای به فاصله تقریبی ۲۰ کیلومتر از محل تخلیه روی خط Y برای شوری PSU ۷۶.....
- ۷۶ شکل ۳-۱۷: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت E (شوری PSU ۵۲ و دبی پساب ۱۱/۴۲).....
- ۷۷ (۱۱/۴۲) شکل ۳-۱۸: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت F (شوری PSU ۷۶ و دبی پساب ۱۱/۴۲).....
- ۷۸ (۱۱/۴۲) شکل ۳-۱۹: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت G (شوری PSU ۵۲ و دبی پساب ۴۰/۸).....
- ۷۹ (۴۰/۸) شکل ۳-۲۰: پیش بینی پخش شوری توسط مدل در حالت H (شوری PSU ۷۶ و دبی پساب ۴۰/۸).....
- ۸۰ (۴۰/۸) شکل ۳-۲۱: سری زمانی شوری، برای شوری پساب برابر PSU ۵۲، در محل تخلیه غربی در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی
- ۸۱ شکل ۳-۲۲: سری زمانی شوری، برای شوری پساب برابر PSU ۷۶، در محل تخلیه غربی در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی
- ۸۱ شکل ۳-۲۳: موقعیت خطوط X1, X2, X3 و Y نسبت به محل تخلیه
- ۸۲ شکل ۳-۲۴: (الف) میزان افزایش شوری نقاط در راستای خط X1 و (ب) درصد افزایش شوری روی خط X1 برای چهار حالت E, F, G و H در روز ۹۰.....
- ۸۳ شکل ۳-۲۵: (الف) میزان افزایش شوری نقاط در راستای خط X2 و (ب) درصد افزایش شوری روی خط X2 برای چهار حالت E, F, G و H در روز ۹۰.....
- ۸۴ شکل ۳-۲۶: (الف) میزان افزایش شوری نقاط در راستای خط X3 و (ب) درصد افزایش شوری روی خط X3 برای چهار حالت E, F, G و H در روز ۹۰.....
- ۸۵ شکل ۳-۲۷: (الف) میزان افزایش شوری نقاط در راستای خط Y و (ب) درصد افزایش شوری روی خط Y برای چهار حالت E, F, G و H در روز ۹۰.....
- ۸۶ شکل ۳-۲۸: پخش شوری در دوره شبیه سازی (شوری PSU ۷۶ و دبی ۴۰/۸ مترمکعب بر ثانیه): (الف)
- ۸۷ لایه سطحی و (ب) لایه نزدیک بستر
- شکل ۳-۲۹: پخش شوری در دوره شبیه سازی (شوری PSU ۵۲ و دبی ۴۰/۸ مترمکعب بر ثانیه): (الف)
- ۸۹ لایه سطحی و (ب) لایه نزدیک بستر

- شکل ۳-۳۰: نمایه قائم شوری در نخستین روز، روز ۴۵ و روز ۹۰ پس از آغاز شبیه سازی در نقطه ای به فاصله تقریبی ۷ کیلومتر از محل تخلیه روی خط Y برای شوری ۷۶PSU ۹۰
- شکل ۳-۳۱: نمایه قائم شوری در نخستین روز، روز ۴۵ و روز ۹۰ پس از آغاز شبیه سازی در نقطه ای به فاصله تقریبی ۷ کیلومتر از محل تخلیه روی خط Y برای شوری ۵۲PSU ۹۱
- شکل ۳-۳۲: پیش بینی پخش حرارت پساب توسط مدل در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی (دما ۳۷ درجه سانتیگراد و دبی پساب $40/8 m^3/s$ موقعیت: شرق بندرعباس) ۹۳
- شکل ۳-۳۳: پیش بینی پخش حرارت پساب توسط مدل در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی (دما ۳۷ درجه سانتیگراد و دبی پساب $40/8 m^3/s$ موقعیت: غرب بندرعباس) ۹۴
- شکل ۳-۳۴: سری زمانی دما، در محل تخلیه برای موقعیت شرقی در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی ۹۵
- شکل ۳-۳۵: سری زمانی دما، در محل تخلیه برای موقعیت غربی در دوره ۹۰ روزه شبیه سازی ۹۵
- شکل ۳-۳۶: تغییرات دما در راستای خط Y برای موقعیت شرقی آب شیرین کن در روز ۹۰ ۹۶
- شکل ۳-۳۷: تغییرات دما در راستای خط X برای موقعیت شرقی آب شیرین کن در روز ۹۰ ۹۶
- شکل ۳-۳۸: تغییرات دما در راستای خط X1 برای موقعیت غربی آب شیرین کن در روز ۹۰ ۹۷
- شکل ۳-۳۹: تغییرات دما در راستای خط X2 برای موقعیت غربی آب شیرین کن در روز ۹۰ ۹۷
- شکل ۳-۴۰: تغییرات دما در راستای خط X3 برای موقعیت غربی آب شیرین کن در روز ۹۰ ۹۸
- شکل ۳-۴۱: تغییرات دما در راستای خط Y برای موقعیت غربی آب شیرین کن در روز ۹۰ ۹۸
- شکل ۳-۴۲: پخش حرارت در موقعیت شرقی در دوره شبیه سازی (الف) لایه نزدیک بستر و (ب) لایه سطحی ۱۰۰
- شکل ۳-۴۳: نمایه قائم دما در نخستین روز، روز ۴۵ و روز ۹۰ پس از آغاز شبیه سازی در نقطه ای به فاصله تقریبی ۲۰ کیلومتر از محل تخلیه روی خط Y (موقعیت شرقی) ۱۰۱
- شکل ۳-۴۴: پخش حرارت در موقعیت غربی در دوره شبیه سازی (الف) لایه نزدیک بستر و (ب) لایه سطحی ۱۰۲
- شکل ۳-۴۵: نمایه قائم دما در نخستین روز، روز ۴۵ و روز ۹۰ پس از آغاز شبیه سازی در نقطه ای به فاصله تقریبی ۷ کیلومتر از محل تخلیه روی خط Y (موقعیت غربی) ۱۰۳

فصل ۱

کلیات

۱-۱ مقدمه

امروزه به دلیل کمبود منابع آب قابل شرب در مناطق مختلف جهت توسعه شهری و روستایی، مشکلات جدی در زمینه مدیریت و تامین منابع آب وجود دارد. از جمله راهکارهایی که به حل این مشکل در مناطق ساحلی کمک می‌کند، استفاده از سیستم های آب شیرین کن می‌باشد. احداث این طرح‌ها در کنار اثرات مثبتی که در جهت تامین آب مورد نیاز دارند، می‌تواند منجر به بروز مشکلات زیست محیطی و تغییر وضعیت طبیعی محدوده مورد استفاده نیز گردد که باید تلاش نمود تا این تأثیرات منفی به حداقل میزان برسد. بر طبق استانداردهای زیست محیطی ایران به هنگام تخلیه فاضلاب‌های شور و دارای دمای بالا در پیکره‌های آبی، در ناحیه‌ای به شعاع ۲۰۰ متری نباید مقادیر شوری بیش از ۱۰ درصد و دما بیش از ۳ درجه سانتیگراد افزایش یابد (معاونت امور محیط زیست انسانی، ۱۳۸۷). به همین دلیل، امروزه مدلسازی نحوه پخش آلاینده‌ها در پیکره‌های آبی یکی از راهکارهای بررسی آلودگی منابع آب و رسیدن به گزینه‌هایی در ارتباط با طراحی خروجی پساب می‌باشد که کمترین اثرات سوء زیست محیطی را بر محیط پذیرنده داشته باشد. مهم‌ترین جریان پساب خروجی از کارخانجات شیرین سازی آب، محلول تغلیظ شده‌ای است که معمولاً دارای میزان شوری بیشتر از آب خام دریا است و با توجه به روش مورد استفاده برای شیرین سازی آب در برخی موارد، دارای دمایی بالاتر از دمای محیطی نیز می‌باشد. تجاوز شوری و دما از مقادیر محیطی باعث به وجود آمدن اثرات منفی در محیط دریا می‌شود که حیات موجودات آبی مقیم در محل تخلیه را تحت تأثیرات منفی خود قرار می‌دهد. هدف از این مطالعه این است که با در نظر گرفتن پساب خروجی از کارخانه آب شیرین کن در حال ساخت بندرعباس، به بررسی مقادیر شوری و دما در جهت تعیین خروجی با ویژگی‌های طراحی بهینه که کمترین اثرات سوء زیست محیطی را داشته باشد، پرداخته شود. برای رسیدن به این هدف از مدل عددی کوهرنس^۱ استفاده می‌شود که دارای مدل پخش شوری و دما می‌باشد. بدین نحو که پس از برپایی مدل هیدرودینامیک و شبیه‌سازی خروجی پساب با ویژگی‌های مختلف، به مدلسازی پخش شوری و دمای ناشی از پساب خروجی از کارخانه پرداخته می‌شود. در این پژوهش سعی می‌شود تا با استفاده از مدلسازی‌های عددی و مقایسه آن با اندازه‌گیری‌های موجود، گزینه‌های مختلف، جهت طراحی آب شیرین کن منطقه بندر عباس بررسی شود و در انتها گزینه‌ای که کمترین اثرات سوء زیست محیطی را داشته باشد، تعیین شود.

۲-۱ خواص آب

آب مایعی است که بدون آن حیات میسر نیست و محور اصلی علم آبشناسی^۲ را تشکیل می‌دهد. ماده‌ای است بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌طعم، در حالت خالص دارای PH تقریباً هفت، چگالی تقریباً یک گرم

¹ COHERENS

² Hydrology

بر سانتی متر مکعب (در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار یک اتمسفر)، در ۱۰۰ درجه سانتی گراد به جوش می آید و در چهار درجه کاهش چگالی می دهد و در صفر درجه یخ می بندد. مولکول های آب از اتم های اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده و توسط پیوند هیدروژنی به هم متصل می شوند. اتم های مذکور خود توسط نیروی کووالانس به هم متصل شده اند و فرمول شیمیایی مولکول آب H_2O است. آب تنها ماده طبیعی است که به سه حالت جامد، مایع و گاز (بخار) به طور طبیعی در کره زمین پیدا می شود. در حالتی که تبدیل به یخ می شود چگالی کمتری نسبت به آب سرد دارد، بنابراین یخ ها روی آب شناور می شوند. آب کشش سطحی بسیار بالایی دارد. به عبارت دیگر آب چسبنده و الاستیک است و تمایل دارد به جای پخش شدن، به صورت فشرده و قطره ای باشد. کشش سطحی یکی از دلایل خاصیت موینگی آب است و باعث می شود تا آب و مواد محلول موجود در آن در داخل ریشه گیاهان و مویرگ های بدن انسان و آوندهای گیاهی حرکت کند. مسئله تغییر حجم به هنگام تبدیل به یخ شدن در طبیعت بسیار مهم است، به عنوان مثال پدیده هایی چون تخریب فیزیکی، هوازدگی سنگ ها و متلاشی شدن لوله های انتقال آب از اثرات این پدیده است. مهم ترین کمیت های فیزیکی مرتبط با آب در زیر توضیح داده شده است.

- **جرم مخصوص^۱ آب:** جرم مخصوص که به صورت جرم در واحد حجم تعریف می شود برای آب ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته می شود.
- **وزن مخصوص:** نیرویی که جاذبه زمین بر واحد حجم وارد می کند و با دیمانسیون $ML^{-2}T^{-2}$ نمایش داده می شود برای آب برابر ۹۸۱۰ نیوتن بر متر مکعب است.
- **چگالی نسبی آب:** چگالی نسبی یک جسم نسبت بین دانسیته یا جرم مخصوص یک جسم به دانسیته آب در دمای استاندارد چهار درجه سانتی گراد و فشار یک اتمسفر است، بنابراین چگالی نسبی آب یک است. چگالی نسبی بدون دیمانسیون می باشد.
- **لزجت^۲:** لزجت خاصیتی از سیال است که به موجب مقاومت در مقابل تغییر شکل زاویه ای پدید می آید. این ویژگی متأثر از نیروی پیوستگی (رابطه بین مولکول های همجنس) و چسبندگی (ارتباط بین مولکول های غیر همجنس) مولکول هاست. آب یک سیال نیوتونی محسوب می شود، زیرا رابطه میان تنش برشی و تغییر شکل آن تقریباً خطی است. آب به واسطه اثر موینگی در مقابل نیروهای کشش سطحی که در سطح مشترک آب و هوا وجود دارد مقاومت می کند. کشش سطحی باعث می شود تا فشار داخل قطر مایع بیش از خارج آن باشد.

¹ Density

² viscosity

- فشار بخار: در دمای ۲۰ درجه فشار بخار آب ۲۱۰۰ میلیون نیوتن بر متر مربع است.
- گرمای نهان^۱: مقدار گرمایی که در تبدیل حالات آب گرفته یا آزاد می‌شود را گرمای نهان می‌گویند که انواع مختلف آن در جدول (۱-۱) آمده است.

جدول ۱-۱: مشخصات گرمای نهان آب (ادیب فر، ۱۳۸۹)

نوع گرمای نهان	حالت جدید	تغییرات دما	محاسبه بر حسب (cal/g)
گرمای نهان تبخیر	بخار	+	$L_e = 597.3 - 0.5T$
گرمای نهان تقطیر	مایع	-	$L_c = -L_e$
گرمای نهان تصعید	بخار	+	$L_s = 677 - 0.07T$
گرمای نهان ذوب	مایع	+	$L_m = 79.7$
گرمای نهان انجماد	یخ	-	$L_f = -79.7$

۱-۳ کیفیت فیزیکی آب

آب به دست آمده از رودخانه‌ها، سدها، چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها در مسیر خود تا مقصد، مواد معدنی موجود در مسیر را در خود حل می‌کنند. وجود این مواد در آب باعث می‌شود که آب دارای کیفیت‌های مختلفی باشد. همچنین ورود آلودگی‌ها در اثر فعالیت‌های انسانی و صنعتی نیز از عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب است (کهرم، ۱۳۸۳). وجود این مواد در آب باعث می‌شود که در نامگذاری آب درجه‌بندی صورت بگیرد که در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

جدول ۲-۱: تقسیم بندی آب بر اساس مجموع املاح موجود (محمدی، ۱۳۹۰)

نام گذاری آب	مجموع املاح (بر حسب PPM) ^۲
آب شیرین ^۳	تا ۱۰۰۰ PPM
آب لب شور ^۴	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰ PPM
آب لب شور شدید ^۵	۱۰۰۰۰-۳۵۰۰۰ PPM
آب دریاها ^۶	بیش از ۳۵۰۰۰ PPM

¹ Latent Heat

² Parts Per Million

³ Fresh

⁴ Brackish

⁵ Very saline

⁶ Hyper saline

سازمان بهداشت جهانی^۱ (WHO) حدود مجاز املاح در آب شرب را مطابق جدول (۳-۱) اعلام کرده است.

جدول ۳-۱: حدود مجاز املاح در آب آشامیدنی (کهرم، ۱۳۸۳)

املاح	مقدار مجاز (PPM)	حداکثر قابل قبول (PPM)
کربنات ها	۳۵۰	۵۰۰
سولفات ها	۲۰۰	۴۰۰
نیتрат ها	۳۰	۱۰۰
کلورها	۲۰۰	۶۰۰
یون کلسیم	۷۵	۲۰۰
جمع املاح	۵۰۰	۱۵۰۰

اگر املاح از نوع دیگری وجود داشته باشد، جمعاً باید کمتر از ۱۰ PPM باشد. سختی آب نیز از جمله عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب است. سختی آب تا ۱۰۰۰ mg/l اثرات بهداشتی شناخته شده‌ای ندارد و تبعات اقتصادی آن بیشتر است. این تبعات شامل رسوب در لوله‌ها، جلوگیری از کف کردن صابون و افزایش مصرف شوینده‌ها است. در موارد سختی بالاتر از ۳۰۰ اقدام به حذف سختی می‌شود (محمدی، ۱۳۸۹). در جدول (۴-۱) تقسیم بندی آب‌ها بر حسب سختی آورده شده است.

جدول ۴-۱: تقسیم بندی آب‌ها بر اساس سختی (محمدی، ۱۳۸۹)

تقسیم بندی	سختی بر حسب (mg/l) کربنات کلسیم
آب خیلی نرم	کمتر از ۱۵
آب نرم	بین ۱۵ تا ۵۰
آب با سختی متوسط	۵۰ تا ۱۰۰
آب سخت	۱۰۰ تا ۲۰۰
آب خیلی سخت	از ۲۰۰ به بالا

در جدول (۵-۱) مقدار کربنات کلسیم در آب لوله کشی بعضی از شهرهای ایران آمده است.

¹ World Health Organization

جدول ۱-۵: مقدار کربنات کلسیم موجود در آب بعضی از شهرها (PPM) (کهرم، ۱۳۸۳)

نام شهر	کربنات کلسیم
تهران	۱۳۵
دماوند	۴۱
کرمان	۱۰۸
تبریز	۱۲۵
شیراز	۳۷۰
اصفهان	۲۷۵

لازم به ذکر است که غلظت املاح آب در طول روزهای سال و همچنین در سال‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. میزان بارندگی، وجود گازهای سازنده باران‌های اسیدی که اسیدیته آب را تشکیل می‌دهند، میزان برداشت از منابع آب زیر زمینی در تغییر مقدار املاح همراه آب موثر هستند. زیرا میزان حلالیت نمک‌ها در آب بستگی به دما، PH و موارد اشاره شده در بالا دارد. به همین دلیل ممکن است آمار ارائه شده برای املاح آب در سال‌های مختلف متفاوت باشد. نمک‌های موجود در آب به صورت کاتیون‌ها و یا آنیون‌ها هستند. کاتیون‌ها مانند منیزیم، سدیم و ... آنیون‌ها مانند بیکربنات‌ها، کربنات‌ها، هیدروکسید، سولفات، کلراید، فسفات، نترات و ... هستند (کهرم، ۱۳۸۳). مزه شور آب ناشی از غلظت یون کلر می‌باشد که البته غلظتی از کلر که با وجود آن شوری آب احساس می‌شود، بستگی به کاتیون‌های همراه آن دارد. اگر کاتیون سدیم باشد در غلظت 250 mg/l یون کلر مزه شوری احساس می‌شود، ولی در صورت وجود کلسیم یا منیزیم تا غلظت 1000 mg/l یون کلر هم ممکن است مزه شوری احساس نشود (معظمی، ۱۳۸۲).

مزه تلخ آب هم به علت وجود نمک‌های کلسیم است. آب‌های ترش PH کمتر از ۳ دارند و در PH بالاتر از ۹ مزه صابون در آب ایجاد می‌شود. در جدول (۱-۶) رابطه بین طعم آب و مواد جامد حل شده در آب و در جدول (۱-۷) غلظت نمک در برخی از آب‌های شور دنیا آورده شده است.

جدول ۱-۶: رابطه بین طعم آب و مواد جامد حل شده در آب (محمدی، ۱۳۹۰)

طعم آب	مواد جامد حل شده (mg/l)
عالی	کمتر از ۳۰۰
خوب	بین ۳۰۰ و ۶۰۰
متوسط	بین ۶۰۰ و ۹۰۰
ضعیف	بین ۹۰۰ و ۱۲۰۰
غیر قابل قبول	بیشتر از ۱۲۰۰

جدول ۱-۷: غلظت تقریبی نمک در برخی از آب های شور دنیا(ادیب فر، ۱۳۸۹)

غلظت نمک (mg/l)	نام دریا
۷۰۰۰	دریای بالتیک
۱۳۰۰۰	دریای سیاه
۲۵۰۰۰	دریای آدرباتیک
۲۳۶۰۰	اقیانوس آرام
۲۳۸۰۰	اقیانوس هند
۲۶۰۰۰	اقیانوس آتالانتیک
۲۹۴۰۰	دریای مدیترانه
۴۳۰۰۰	دریای سرخ
۴۴۰۰۰	خلیج فارس

بر اساس نمونه‌های جمع آوری شده از ۳۲ ایستگاه در ناحیه جنوبی خلیج فارس و دریای عمان در زمستان ۱۹۸۷، بیشترین میزان غلظت نمک، مربوط به خلیج فارس در محدوده ۴۳/۹۵ mg/l – ۳۷/۱۵ و کمترین آن مربوط ناحیه دریای عمان در محدوده ۳۶/۹۵ – ۳۶/۵۸ است (Emara, Hosny Ibrahim , 2010).

۴-۱ تقسیم بندی مصرف آب و منابع آب در جهان

آب معمولاً در سه بخش آشامیدنی^۱، کشاورزی^۲ و صنعتی^۳ بهره برداری می گردد. آب‌های صنعتی متناسب با هر صنعت تهیه می‌گردد. در شکل (۱-۱) آمار ارائه شده توسط سازمان ملل جهت تقسیم‌بندی مصرف آب در جهان آورده شده است.

هر چند حجم کلی آب‌های موجود بر روی زمین قابل توجه می‌باشد، اما طبق گزارش برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد^۴ از کل این میزان، نزدیک به ۹۷/۵ درصد به صورت آب شور در دریاها و اقیانوس‌ها متمرکز بوده و حدود ۱/۷ درصد نیز بصورت یخ در مناطق سردسیر کوهستانی و یا یخچال‌ها در مناطق قطبی تجمع یافته است. از کمتر از یک درصد آب باقیمانده که حجمی در حدود ۸ میلیون کیلومتر مکعب را به خود اختصاص می‌دهد، بخش زیادی در اعماق زمین بوده که استخراج آن مشکل و از دسترس انسان به دور است. در نهایت تنها حدود ۲۰۰ هزار کیلومتر مکعب آب به صورت قابل استفاده برای انسان‌ها، حیوانات و گیاهان وجود دارد که بیشتر بصورت نزولات آسمانی در قالب قنوات، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها ذخیره می‌گردند (GRID, 2008). امروزه با توجه به افزایش روز افزون جمعیت، توسعه صنایع و افزایش آلودگی منابع آب شیرین، دسترسی به آب کافی و بهداشتی

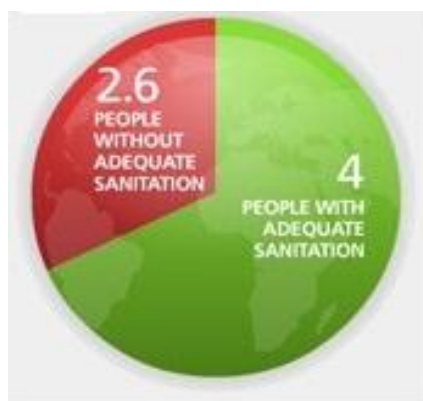
¹ Domestic

² Irrigation

³ Industry

⁴ United Nations Environment Program(UNEP), Vital Water Graphics

در برخی از کشورها به یک بحران جدی تبدیل شده است، به طوری که در بسیاری از کشورها، علی‌رغم وجود منابع کافی آب شیرین، تأمین آب آشامیدنی سالم با مشکل مواجه شده است. طبق آمار برنامه عمران سازمان ملل متحد^۱، در سال ۲۰۰۶ در جهان نزدیک به ۱/۱ میلیارد نفر از دسترسی به آب پاکیزه محروم می‌باشند و نزدیک به ۲/۶ میلیارد نفر به آب کافی برای رعایت بهداشت دسترسی ندارند. همچنین از میزان مرگ و میر سالانه مردم جهان در سال ۲۰۰۶ (در حدود ۶۰ میلیون نفر)، حدود ۱/۸ میلیون کودک زیر پنج سال به دلیل آشامیدن آب ناسالم جان خود را از دست داده‌اند (UNDP, 2006). دسترسی به آب بهداشتی شهری توسط سازمان ملل متحد در شکل (۱-۲) نمایش داده شده است. براساس این آمار در سراسر جهان در برابر ۴ بیلیون نفر که به آب شرب سالم دسترسی دارند، ۲/۶ بیلیون نفر از دسترسی به آب شرب سالم محرومند. از آنجایی که پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان طی ۴۰ سال آینده حدود ۳۴ درصد افزایش یابد، ضرورت افزایش مصرف آب در هر سه جنبه خانگی، صنعتی و کشاورزی ناگزیر خواهد بود. این موضوع با روند خشکسالی ناشی از تغییرات اقلیمی و چالش‌های ناشی از کمبود منابع آب در حال حاضر، به یک دردسر بزرگ برای کشورهای فقیر و در حال توسعه در آینده تبدیل خواهد شد. مسلماً در آینده استفاده از تکنولوژی‌های برتر و گسترش آن در دنیا در بخش استحصال و بازیافت آب و همچنین تولید آب شیرین از آب شور، دریاها و اقیانوس‌ها تنها راه چاره برای عبور از چنین بحران جدی خواهد بود (دولت‌شاهی پیروز، ۱۳۸۹).



شکل ۱-۲: دسترسی به آب بهداشتی مناسب
(www.drinkwaterforlife.org)



شکل ۱-۱: تقسیم بندی مصرف آب (www.wrsc.org)

¹ United Nations Development Program (UNDP), Human Development Report 2006