بررسی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین در آب شیرین کن های اسمز معکوس خانگی با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات

محسن نصراللهی[۱] ، علی متولی[۲*]، احمد بناکار[۳] ، مهدی منتظری[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری(mohsen.nasrollah7@alumni.ut.ac.ir)
۲. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری(motevali62@gmail.com)
۳. دانشیار ،گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس(ah_banakar@modares.ac.ir)
۴. دانش آموخته ، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه تربیت مدرس(montazeri1112@gmail.com)

چکیده

در پژوهش حاضر به بررسی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین با بکارگیری فناوری اسمز معکوس خانگی از آب لب شور با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات پرداخته شد. واحد عملکردی در این پژوهش یک تن آب شیرین خروجی از سامانه اسمز معکوس در نظر گرفته شد و درون‌داده‌ها بر اساس آن طبقه‌بندی شدند. داده‌های بدست آمده در نرم افزار سیماپرو وارد و با استفاده از روش Impact 2002+ تحلیل شدند. نتایج در قالب ۱۵ شاخص میانی و ٤ شاخص نهایی دسته‌بندی و ارائه شد. نتایج نشان داد که مس بالاترین سهم در ایجاد شاخص سلامتی انسان‌ها و کیفیت اکوسیستم و استیل بالاترین سهم در ایجاد شاخص منابع و کربن نیز بالاترین سهم در ایجاد تغییرات اقلیم را داشتند.

کلمات کلیدی:

ارزیابی چرخه حیات، اسمز معکوس، آب شیرین‌کن

مقدمه

آب سر منشاء حیات و سبب پدید آمدن تمدن‌هاست، بطوریکه پیدا کردن و دسترسی به منابع آب شیرین دغدغه‌های بشری بوده است. کره زمین دارای ۷۱ درصد آب و ۲۹ درصد خشکی بوده، با این وجود کمبود آب شیرین به یکی از معضلات برای کشورها تبدیل شده است. این موضوع به دلیل شوری آب دریاها و کمبود منابع آب شیرین است، زیرا از این میزان حجم آب موجود فقط ۳ درصد آن شیرین بوده و از همین سه درصد حجم زیادی از آن در دسترس انسان نیست و در یخ های قطبی و آب های زیرزمینی وجود دارد [1]. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که رشد پایدار در کشورها از طریق تامین آب شیرین و غذای سالم اتفاق می‌افتد. با این حال، کشورها با افزایش جمعیت در حال تخلیه ذخایر محدود آب‌های زیرزمینی و خشک شدن منابع آب شیرین به دلیل تغییر الگوی بارندگی و افزایش دما ناشی از تغییرات آب و هوا مواجه هستند [2]. از این رو باید به دنبال فناوری‌های شیرین کردن آب‌های شور موجود در جهان بود، تا بتوان از این طریق آب شیرین مورد نیاز برای بخش کشاورزی و بهداشتی را تامین نمود.

در حال حاظر دو فناوری غالب برای شیرین‌سازی آب دریا مورد استفاده قرار گرفته است که یکی از آنها فرآیند حرارتی (با تغییر فاز) و دیگری فرایند غشایی (بدون تغییر فاز) می‌باشد. تقطیر چند مرحله‌ای، تقطیر چند اثره و نمک زدایی با فشرده سازی بخار ازجمله فرآیندهای حرارتی (با تغییر فاز) هستند. فرآیندهای غشایی، اسمز معکوس و الکترودیالیز می باشند [3].

با استفاده از روش‌های فوق می‌توان آب را به مقدار زیاد و با کیفیت بسیار بالا شیرین سازی و تأمین کرد، اما این امر به مقدار زیادی انرژی نیاز دارد که اکثریت قریب به اتفاق این انرژی‌ها از منابع سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شود. بنابراین، آینده نمک‌زدایی با مشکل در دسترس بودن منابع معمولی انرژی، کاهش احتمالی منابع و هزینه ها و همچنین اثرات زیست محیطی (مانند آلودگی هوا، گرم شدن کره زمین، تخریب لایه ازن، باران اسیدی، تغییرات آب و هوایی) مرتبط است [4]. از این رو، محققان در تلاشند فناوری‌های جایگزین انرژی پایدار را برای غلبه بر چالش‌های بحران انرژی و تأثیرات زیست محیطی آن توسعه دهند [5]. بررسی منابع نشان داد که با استفاده از مدل‌های تولید برق به طور عمده بر اساس انرژی‌های تجدیدپذیر به جای سوخت‌های فسیلی برای همه فناوری های نمک-زدایی، حدود ۸۰-۸۵٪ اثرات زیست محیطی کاهش می‌یابد [4].

در پژوهشی به بررسی ارزیابی چرخه حیات برای تعیین میزان تأثیرات زیست محیطی تولید آب شیرین با قرآیند اسمز معکوس برای نیروگاه‌های مختلف با سه منبع انرژی فسیلی و فتوولتاییک و گاز طبیعی پرداخته شد. نتایج بدست آمده نشان داد که مصرف برق و مواد شیمیایی دو فاکتور مورد مهم در ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین در فرآیندهای مختلف می باشند. همچنین نتایج نشان داد که مصرف آب سطحی در قسمت پیش تصفیه اثرات زیست محیطی بیشتری را در تمام گروه های تاثیر نسبت به استفاده از آب زیر

زمینی در این قسمت داشت. نتایج تکمیلی نیز نشان داد که استفاده از انرژی تجدید پذیر در فرآند فرآیند شیرین کردن آب، منجر به تولید کم تر گازهای گلخانه ای می شود [6].

در پژوهشی دیگر به بررسی ارزیابی زیست محیطی تولید آب شیرین با استفاده از فناوری اسمز معکوس با استفاده از الکترودیالیز با غشای دو قطبی با در نظر گرفتن چهار سناریو که شامل درصد های مختلف از آب نمک برای ورود به سیستم می باشند (درصد نمک آب خوراک از ۱٫۸٪ تا ۱۰۰٪ در سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده است)، پرداخته شد. همچنین سه سناریو برای تامین میزان مصرف انرژی الکتریکی، شامل استفاده ۱۰۰ درصد از انرژی تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی) و استفاده از ۳۶ درصد انرژی تجدید پذیر به همراه شبکه برق و ۱٫۹ درصد انرژی تجدید پذیر به همراه شبکه برق می باشد در نظر گرفته شد. ادغام الکترودیالیز با غشای دو قطبی برای فرایند اسمز معکوس بر روی دو شاخص زیست محیطی تاثیر می گذارد که یکی میزان انتشار گاز گلخانه ای (تاثیر کربن) و دیگری تغییرات زیست محیطی به دلیل دفع نمک(پسماند آب شور) می‌باشد. نتایج نشان داد که انتشار کربن برای سناریو های مختلف از جمله استفاده از انرژی تجدید پذیر انتشار کربن ۲٫۱۷ کیلوگرم در واحد حجم، استفاده از متوسط برق تجدیدپذیر ۳۶ درصد، ۶٫۹ کیلوگرم در واحد حجم و در سناریو آخر میزان انتشار کربن ۱۲٫۵۷ کیلوگرم در واحد حجم بدست آمد [7].

در پژوهش دیگر عملکرد زیست محیطی سیستم آب شیرین کن اسمز معکوس در کشور مالزی در فاز عملیاتی تحت ۱۸ شاخصه میانی بررسی شد. آب تولیدی روزانه در این پژوهش ۵۰۰۰۰۰ لیتر می باشد . نتایج نشان داد که گرمایش کره زمین، عامل مهم زیست محیطی به میزان ۳٫۹ کیلوگرم CO_2 در سال می باشد. سمیت خاک و کمبود منابع فسیلی دو عامل دیگر در تولید آب شیرین بودند. استفاده از برق کمتر در پایین آوردن اثرات زیست محیطی در فاز عملیاتی نقش مهمی داشت به طوری که در این پژوهش پیشنهاد استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر برای تولید برق داده شد. در فاز عملیاتی استفاده از برق و مواد شیمیایی به ترتیب اولین و دومین اثرات زیست محیطی را تولید کردند [8].

بررسی عزیز و همکاران [9] نشان داد که در بررسی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین از آب دریا با استفاده از ارزیابی چرخه حیات با فناوری اسمز معکوس در مقایسه با سایر فنآوری های شیرین سازی آب به دلیل مصرف کمتر انرژی عملکرد زیست محیطی بهتری داشته است. اگرچه در پژوهش های پیشین ارزیابی چرخه حیات عملکرد زیست محیطی فناوری نمک زدایی مورد بررسی قرار گرفته بود، اما به ارزیابی تأثیر سایر جنبه ها (به عنوان مثال ، اقتصادی و اجتماعی) توجه کمی صورت گرفته بود.

بررسی پژوهش‌های مختلف نشان داد که در کشور ایران چندان به اهمیت استفاده از فناوری شیرین کردن آب دریا و اثرات زیست محیطی ناشی از این فعالیت پرداخته نشده است. پژوهش حاضر به بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید آب شیرین از آب لب شور با استفاده از فناوری اسمز معکوس خواهد پرداخت و نقاط داغ زیست محیطی در فرآیند تولید آب شیرین استخراج و معرفی می شود.

مواد و روش ها

در پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین از آب لب شور، آب تولیدی از سامانه‌های آب شیرین کن اسمز معکوس خانگی مورد بررسی قرار گرفت. اجزای تشکیل دهنده سیستم آب شیرین کن اسمز معکوس عبارتند از ۱_سیستم پیش تصفیه ۲_سیستم تایین فشار و الکتروپمپ ها ۳_ممبران (غشا) ۴_محفظه نگه دارنده ممبران ها ۵_سیستم شست و شوی دوره ای ۶_سیستم کنترل دبی ۷_سیستم کنترل فشار ۸_سیستم برق ۹_محفظه های ذخیره آب ۱۰_لوله تخلیه آب شیرین. کارکرد سیستم های آب شیرین کن اسمز معکوس به صورت این می باشد که ابتدا پیش تصفیه (با فیلتر های کربنی و یا شنی) آب صورت گرفته و در ادامه آب با فشار از ممبران های (با توجه به املاح موجود در آب نوع ممبران مشخص می شود) عبور کرده و املاح آب گرفته شده و از داخل مرکز استوانه آن، آب شیرین برداشت می شود. نکته مهم در مورد این آب شیرین کن ها این است که به هیچ وجه آب را تا قطره آخر تبخیر نشود چون به مرور املاح بالا رفته و با بالا رفتن املاح هم دمای جوش بالا رفته و هم سبب رسوب روی تجهیزات می شود.

روش ارزیابی چرخه حیات در پژوهش حاضر دارای ۴ مرحله هدف و تعیین دامنه، سیاهه نویسی از چرخه حیاتی (LCI)، ارزیابی تأثیر در چرخه حیاتی و در آخر تفسیر و نتیجه گیری است[10]:

۱- مرحله تعریف هدف و دامنه، ۲- مرحله تجزیه‌وتحلیل سیاهه[1]، ۳- مرحله ارزیابی اثرات[2]، ۴- مرحله تفسیر.

دامنه کاربرد، شامل مرز سامانه و سطح جزئیات در یک ارزیابی چرخه زندگی به موضوع و استفاده موردنظر در مطالعه بستگی دارد. عمق و وسعت ارزیابی چرخه زندگی به‌طور عمده بسته به هدف خاص ارزیابی چرخه زندگی، می‌تواند متفاوت باشد [11]. در پژوهش حاضر هدف، ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین از آب لب شور با استفاده از فناوری اسمز معکوس در اندازه خانگی می‌باشد. مرز سامانه محیط تولید آب شیرین با استفاده از سامانه در نظر گرفته شد و واحد کارکردی نیز تولید یک تن آب شیرین (یک متر مکعب آب) در نظر گرفته شد و تجزیه و تحلیل ها نیز بر اساس آن انجام شد.

از مرحله تجزیه و تحلیل سیاهه چرخه زندگی، دومین مرحله ارزیابی چرخه زندگی است. این مرحله، شامل سیاهه داده‌های مربوط به نهاده/ستانده در ارتباط با سامانه مورد مطالعه است. این مرحله جمع‌آوری داده‌های لازم برای مطابقت با اهداف تعریف‌شده مطالعه را در برمی‌گیرد[12] . داده‌های مود نیاز در این مرحله شامل تجهیزات و قطعات مورد استفاده، طول عمر آنها، میزان تولید آب شیرین، انرژی مصرفی و ... تهیه شد.

[1] Life cycle inventory

[2] Life cycle impact assessment

مرحله ارزیابی اثرات چرخه زندگی، سومین مرحله ارزیابی چرخه زندگی است. هدف از ارزیابی اثرات چرخه زندگی، فراهم کردن اطلاعات اضافی برای کمک به ارزیابی نتایج سیاهه چرخه زندگی یک سامانه محصول برای درک بهتر اهمیت زیست‌محیطی آن‌ها است [13]. در این مرحله داده های بدست آمده به ازای تولید یک تن آب شیرین وارد نرم افزار شد و بر اساس روش IMPACT2002+ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و شاخص‌های میانی و نهایی استخراج شد.

تفسیر چرخه زندگی، مرحله نهایی روش اجرایی ارزیابی چرخه زندگی است که در آن نتایج یک سیاهه چرخه زندگی یا ارزیابی اثرات چرخه زندگی، یا هر دو باهم، به‌عنوان پایه‌ای برای نتیجه‌گیری‌ها، پیشنهادها و تصمیم‌گیری‌ها مطابق با تعریف هدف و دامنه، خلاصه‌شده و موردبحث قرار می‌گیرند [14].

در این پژوهش، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بر اساس روش IMPACT2002+ انجام شد. با استفاده از این روش، ارتباط بین تحلیل سیاهه چرخه زندگی و دسته‌های نقطه میانی[۳] (مسمومیت انسان، تأثیرات تنفسی، تابش یونیزه، تخریب لایه اوزون، اکسیداسیون فتوشیمیایی، مسمومیت آبزیان، مسمومیت زمین، مسمومیت آبی، اتروفیکاسیون، اسیدی شدن خاک، اشغال اراضی، توربینی شدن آب، گرمایش جهانی، مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر، استخراج معادن، برداشت آب و مصرف آب) با چهار دسته خسارت[۴] (سلامت انسان، کیفیت زیست‌بوم، تغییرات اقلیم و منابع) بررسی شد.

نتایج و بحث

شاخص‌های تاثیرگذار بر سلامتی انسان‌ها

شکل ۱ نتایج شاخص‌های زیست‌محیطی میانی برای تولید یک تن آب شیرین با استفاده فناوری اسمز معکوس خانگی را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده از شاخص میانی سرطان‌زایی نشان داد که پی وی سی با سهم ٪۳۵,۲ بالاترین تاثیر در ایجاد این شاخص را داشت. از PVCبرای ساخت انواع محصولات پلاستیکی از جمله لوله های انتقال آب به دلیل عمر مفید بالا و مقاوم بودن به شرایط خاک استفاده می‌شود [15]. در عین حال ورودی‌های دیگر مانند پلی اتیلن با سهم ٪۲۸,۴ و مس با سهم ٪۱۷,۶ عوامل مهم تاثیر گذار در ایجاد شاخص سرطان‌زایی بودند. همچنین موارد دیگر مهم مانند کربن فعال با سهم ٪۱۰,۱ و پمپ آب با سهم ٪۶,۵۷ اثرات پایین‌تری در ایجاد شاخص سرطان‌زایی را داشتند.

[۳] Midpoint categories
[۴] Damage categories

یکی از دلایل مهم بالا بودن سهم پی وی سی در ایجاد شاخص سرطان‌زایی این است که با قرار گرفتن در معرض کلراید وینیل، خطر ابتلا به نوع نادر سرطان کبد (آنژیوسارکوم کبدی) و همچنین سرطان‌های مغز و ریه، لنفوم و سرطان خون در جانداران (انسان‌ها و حیوانات) افزایش می‌یابد.

شاخص میانی دیگر در فرآیند تولید آب شیرین، غیر سرطان زایی می باشد که عوامل تاثیرگذار بر این شاخص، پی وی سی با سهم ۴۶,۲٪ بالاترین میزان تاثیر و بعد از آن لوله‌های مسی با سهم ۴۳,۲٪ و کربن فعال با سهم ۴,۹۹٪ و پمپ آب با سهم ۳,۷۸٪ و پلی اتیلن با سهم ۱,۲۵٪ بودند. به طوری در بررسی دو شاخص بیماری‌زایی مانند سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی، پی وی سی سهم بالایی دشات و یکی از نقاط داغ در ایجاد این دو شاخص بود، پیشنهاد می‌گردد تا مواد دیگری با اثرات سو زیست محیطی پایین‌تر جایگزین این ماده شوند. همچنین یکی از عوامل با درجه اهمیت بالا، توجه به بازیافت لوله‌های PVC با پایان یافتن عمر مفید این لوله‌ها می‌باشد. دلیل افزایش نسبت سرطانزایی و بیماری‌های غیر سرطانزا PVC در این تحقیق، عدم بکارگیری بازیافت این لوله‌ها در تحلیل نتایج می‌باشد. قطعاً با اعمال بازیافت PVC و اضافه نمودن این نتیجه به نتایج تحقیق، میزان سرطانزایی و بیماریزایی این فاکتور کاهش معنی‌داری خواهد داشت.

شاخص تنفس غیر ارگانیک به صورت تأثیرات مواد معدنی تنفسی بر سلامت انسانی که شامل پراکنده شدن ذرات اولیه و ثانویه ریزگردها است، بیان می‌شود، که یکی از مهمترین عوامل استرس زای محیطی است که باعث بیماریزایی در انسان می‌شود. ریزگرد اولیه به ذرات ساطع شده مستقیم و ریزگرد ثانویه به ذرات معدنی که از طریق واکنش گازهای شیمیایی تشکیل می‌شوند، اشاره دارد. عواملی مانند کربن فعال با سهم ۳۲,۳٪، مس با سهم ۲۱,۷٪ و پمپ آب با سهم ۱۶,۷٪ عوامل مهم تاثیر گذار در در ایجاد این شاخص هستند. همچنین موارد دیگری مانند پلی آمید با ۱۳,۳٪ و پلی اتیلن با ۷,۵۸٪ اثرات سو کمتری در ایجاد این شاخص داشته‌اند.

شاخص تابش یونیزه کننده یکی از شاخص‌های تاثیرگذار بر سلامتی انسان‌ها بوده و نتایج بدست آمده نشان داد که پلی آمید با سهم ۲۸,۵٪ بالاترین سهم و کربن فعال با سهم ۲۱,۶٪، پمپ آب با سهم ۱۴,۹٪، مس با سهم ۱۳,۸٪ و پلی اتیلن با سهم ۱۰,۲٪ و پلی پروپیلن با سهم ۷,۱۵٪ از عوامل مهم تاثیر گذار در ایجاد این شاخص می‌باشند

شاخص دیگر اثرگذار بر سلامتی انسان‌ها تخریب لایه ازن می‌باشد که این لایه نقش مهمی در محیط زیست و اقلیم بازی می‌کند. تخریب لایه ازن نتیجه انتشار گازهای N_2O، متان، هالوکربن‌ها، برومید متیل و کلرید متیل می‌باشد و گرمایش جهانی را در پی خواهد داشت، که این افزایش دما تا ۵/۵ درجه سانتیگراد خواهد بود. همچنین تغییرات آب و هوایی نیز پی آمد این تخریب است که باعث تغییر در الگوی بارندگی ها و وزش بادها در سطح زمین می‌گردد. نتایج نشان داد که پلی آمید با سهم ۳۲,۷٪ بالاترین میزان اثر تخریبی

و کربن فعال با سهم ٪۱۷,۳ و مس با سهم ٪۱۲,۳، پلی اتیلن با سهم ٪۱۱,۷، پلی ونیل کلراید با سهم ٪۱۰,۶، پلی پروپیلن باسهم ٪۸,۱۸ و پمپ آب با سهم ٪۶,۸۸ از عوامل تاثیرگذار دیگر بر شاخص تخریب لایه ازن بودند.

شاخص بعدی دیگر اثرگذار بر سلامتی انسان‌ها، تنفس مواد آلی می باشد که این شاخص خطرات بهداشت تنفسی ذرات ارگانیک را که از هر بخش به هوا منتقل می‌شوند را بر حسب کیلوگرم C_2H_4 نشان می‌دهد. از عوامل تاثیرگذار بر این شاخص، پلی اتیلن با سهم ٪۴۱,۱ بالاترین سهم، بعد از پلی اتیلن، پلی آمید با سهم ٪۲۷,۷ و کربن فعال با سهم ٪۸,۳۷ پلی پروپیلن با سهم ٪۶,۱۸، مس با سهم ٪۵,۹ و پلاستیک فشرده با سهم ٪۵,۲۵ می‌باشند.

شاخص‌های تاثیرگذار بر کیفیت اکوسیستم

شاخص‌های تاثیر گذار بر کیفیت اکوسیستم شامل سمیت آب و خاک می‌باشند. از عوامل تاثیرگذار بر سمیت آب در فرآیند شیرین کردن آب لب شور، مس با سهم ٪۴۳,۶ بالاترین عامل تاثیر، کربن فعال با سهم ٪۳۵,۷ و پمپ آب با سهم ٪۷,۸۵، پلی اتیلن با سهم ٪۴,۸۳، استیل با سهم ٪۳,۸۶ و پلی آمید با سهم ٪۲,۷۲ می باشند. همچنین از عوامل تاثیرگذار بر سمیت خاک در فرآیند شیرین سازی آب لب شور، مس با سهم ٪۵۹,۹ بالاترین سهم و بعد از آن، کربن فعال با سهم ٪۳۱,۲، پمپ آب با سهم ٪۷,۷۸، پلی پروپیلن با سهم ٪۰,۱۲۶ و پلی اتیلن با ٪۰,۲۸۳ می باشند.

شاخص تاثیرگذار دیگر اسیدی شدن محیط های آبی و خاکی می‌باشد. اسیدی شدن حاصل تولید گازهای NH_3، SO_2 و NO_X، NO می‌باشد. پتانسیل اسیدی شدن با میزان ورود املاح و ترکیبات معدنی به خاک و بر اساس SO_2 یکسان سازی شده است. این انتشارات به وسیله مجموعه فرآیندهای پیچیده انتقال اتمسفری و شیمیایی سبب اسیدی سازی شده و این به نوبه خود ایجاد اثرات زیان باری بر اکوسیستم‌ها، جمعیت‌های گیاهی و جانوری می گردد. آمونیاک هم اگرچه قلیایی است اما در اتمسفر به اسید نیتریک اکسیده می‌شود و به همراه دیگر گازها پس از واکنش با مولکول‌های هوا به صورت باران اسیدی به سطح زمین می‌رسند و نیز رسوب این آلاینده ها در خاک پس از آن که از ظرفیت خنثی سازی طبیعی خاک ها فراتر رود، باعث اسیدی شدن خاک می گردند، که می تواند باعث کاهش حاصلخیزی خاک شود. برای شاخص اسیدی شدن محیط‌های خاکی، کربن فعال با ٪۳۰,۷ بالاترین سهم و بعد از کربن فعال، پلی آمید با سهم ٪۲۲,۱، مس با سهم ٪۱۷,۵، پلی اتیلن با سهم ٪۱۱,۴، پمپ آب با سهم ٪۷,۸۳، پلاستیک فشرده با سهم ٪۳,۸۷ و پلی پروپیلن با سهم ٪۳,۷۹ و لوله پی وی سی با سهم ٪۱,۶۱ از عوامل تاثیرگذار ر ایجاد این شاخص می‌باشند. همچنین برای شاخص اسیدی شدن محیط‌های آبی، کربن فعال با سهم ٪۳۱,۴ بالاترین تاثیر و بعد از آن، مس با سهم ٪۲۷، پلی آمید با سهم ٪۱۷,۳، پلی اتیلن

با سهم ٪۷,۶۶، پمپ آب با سهم ٪۷,۰۴، پلی پروپیلن با سهم ٪۳,۶۶، پلاستیک فشرده با سهم ٪۳,۲۵ و لوله پی وی سی با سهم ٪۱,۵ سبب ایجاد این شاخص شدند.

شاخصه دیگر اثرگذار در تخریب کیفیت اکوسیستم، پدیده یوتریفیکاسیون می‌باشد و این گروه تاثیر بر اساس میزان PO_4 یکسان سازی شده است. غنی سازی آب توسط مواد مغذی آلی مخصوصاً ترکیبات نیتروژن و فسفر، رشد سریع آلگا و بسیاری از گیاهان آبزی را تقویت کرده و متعاقبا یک اختلال نامطلوب در تعادل ارگانیزم ها و کیفیت آب به وجود می‌آورند. به بیان ساده تر این یک عکس‌العمل بیولوژیکی است که در پاسخ به ازدیاد ورود مواد مغذی به منابع آبی صورت می‌گیرد. بررسی‌ها نشان داد که پلی اتیلن با سهم ٪۳۷,۱ بالاترین سهم . بعد از آن، کربن فعال با سهم ٪۲۲,۳، مس با سهم ٪۲۱,۲، پمپ آب با سهم ٪۷,۸۵، پلی آمید با سهم ٪۴,۷۵ و پلاستیک فشرده با سهم ٪۲,۹۹ عوامل تاثیرگذار در ایجاد شاخص یوتریفیکاسیون می باشند.

در نهایت شاخصه نهایی تاثیرگذار بر کیفیت اکوسیستم، اشغال اراضی می‌باشد که در آن مس با سهم ٪۷۶,۸ بالاترین میزان تاثیر و بعد از آن، کربن فعال با سهم ٪۱۴,۸، پمپ آب با سهم ٪۷,۵۴ و پلی اتیلن با سهم ٪۰,۴۳۱ از عوامل مهم تاصیرگذار در ایجاد این شاخص می باشند.

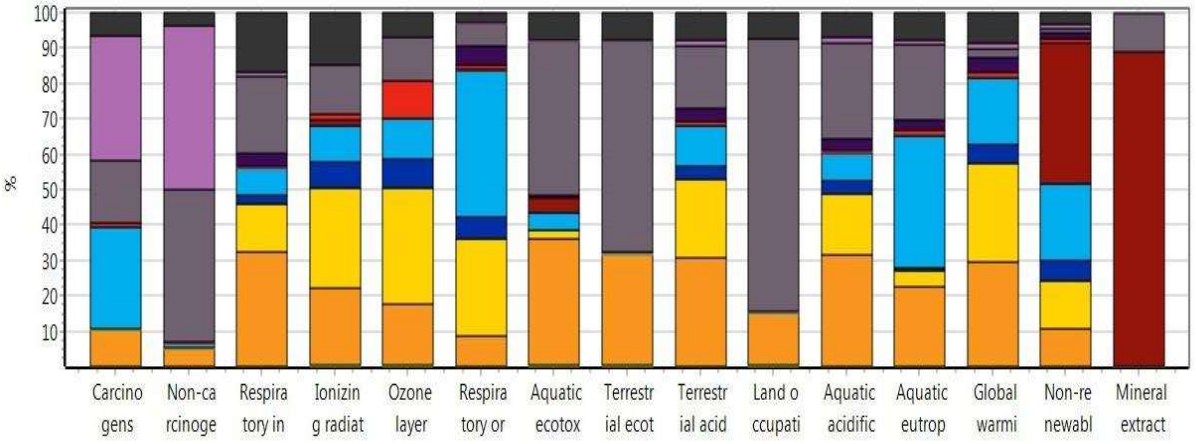
شاخص تاثیرگذار بر تغییرات اقلیم

از پتانسیل گرمایش جهانی برای بیان میزان مشارکت انتشار انواع گازهای گلخانه ای در بروز آلودگی‌های زیست محیطی و تغییر اقلیم استفاده می‌گردد و بر اساس معادل دی اکسید کربن (kg CO2-eq) یکسان سازی شده است. هر مولکول متان حدود ۲۵ برابر بیشتر از مولکول دی اکسید کربن توانایی جذب اشعه مادون قرمز را دارد و پس از ورود به اتمسفر به مدت ۸-۱۱ سال باقی می‌ماند. اکسید نیتروس (N_2O) دیگر گاز تاثیرگذار بر گرمایش جهانی، دارای اثر ۶ درصدی اثر گلخانه ای (واداشت تابشی) و توانایی جذب اشعه مادون قرمز، ۲۹۸ برابر بیشتر از دی اکسید کربن دارد. در پژوهش حاضر به منظور تولید یک تن آب شیرین از آب لب شور، کربن فعال با سهم ٪۲۹,۶ بالاترین سهم و بعد از آن، پلی آمید با سهم ٪۲۷,۷، پلی اتیلن با سهم ٪۱۸,۸، پمپ آب با سهم ٪۸,۴۵، پلی پروپیلن با سهم ٪۵,۴۱ و پلاستیک فشرده با سهم ٪۴,۰۷ عوامل موثر در ایجاد شاخص گرمایش جهانی هستند.

شاخص‌های تاثیرگذار بر منابع

دو شاخص تاثیرگذار بر منابع شاخص‌های تخلیه منابع تجدید ناپذیر و تخلیه مواد معدنی می‌باشند. در پژوهش حاضر استیل با سهم٪۳۹,۶ بالاترین تاثیر و بعد از آن، پلی اتیلن با سهم ٪۲۱,۹، پلی آمید با سهم ٪۱۳,۷، کربن فعال با سهم ٪۱۰,۴، پلی پروپیلن با سهم ٪۵,۶ و پمپ آب با سهم ٪۳,۲۵ از مهمترین عوامل در ایجاد شاخص تخلیه منابع تجدیدپذیر می‌باشند. همچنین بررسی شاخص تخلیه

مواد معدنی نشان داد که استیل با سهم ۸۸,۷٪ بالاترین تاثیر و بعد از آن مس با سهم ۱۰,۷٪ بیشترین سهم در ایجاد این شاخص را داشتند.



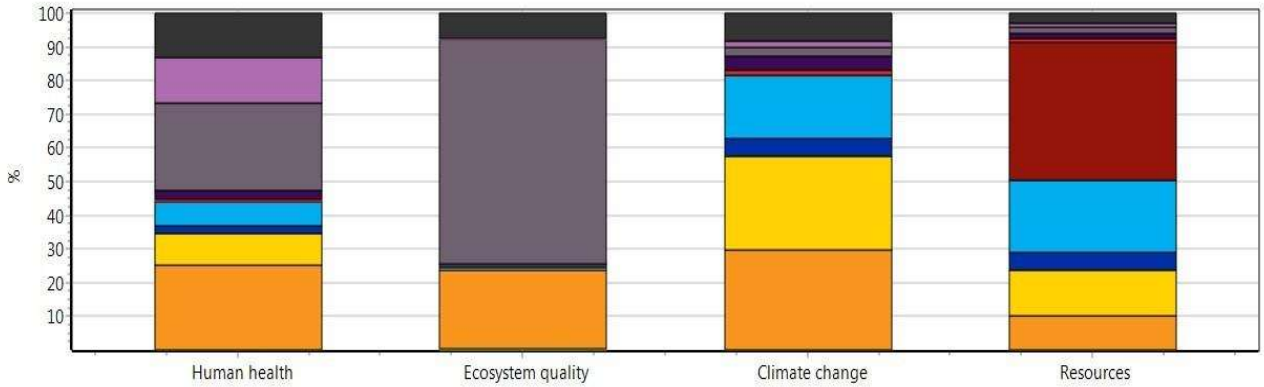
شکل۱) شاخص های میانی اثرات زیست محیطی در فرآیند شیرین کردن آب شور با فناوری اسمز معکوس خانگی

رنگ مشکی مربوط به پمپ آب ، رنگ بنفش مربوط به لوله (پی وی سی) ، رنگ خاکستری مربوط به مس ، رنگ آبی کم رنگ مربوط به پلی اتیلن ، رنگ نارنجی مربوط به کربن فعال ، رنگ آبی کاربنی مربوط به پلاستیک فشرده ، رنگ آبی پر رنگ مربوط به پلی پروپیلن ، رنگ زرد مربوط به پلی آمید ، رنگ قرمز کم رنگ مربوط به پلی ونیل کلراید ، رنگ قرمز پر رنگ مربوط به استیل و رنگ سبز مربوط به دولومیت می باشد.

شاخص‌های نهایی

اثرات نهایی زیست محیطی در قالب چهار گروه سلامتی انسان، کیفیت اکوسیستم، تغییرات آب و هوایی و تخلیه منابع طبقه بندی شده است. در شکل ۲ اثرات زیست محیطی نهایی تولید آب شیرین از آب شیرین کن اسمز معکوس خانگی آورده شده است. درون‌داده-هایی مانند مس با سهم ۲۶,۲٪ بالاترین تاثیر و بعد از آن، کربن فعال با سهم ۲۴,۹٪، لوله پی وی سی با سهم ۱۳,۳٪، پمپ آب با سهم ۱۳,۳٪، پلی آمید با سهم ۹,۷۴٪، پلی اتیلن با سهم ۷,۴۹٪، پلاستیک فشرده با سهم ۲,۵۷٪ و پلی پروپیلن با سهم ۱,۹۱٪ از مهمترین عوامل تخریب‌کننده شاخص سلامتی انسان‌ها می باشند.

همچنین بررسی شاخص کیفیت اکوسیستم نشان داد که مس با سهم ٪۶۶,۵ بالاترین تاثیر و .بعد از آن، کربن فعال با سهم ٪۲۳,۴، پمپ آب با سهم ٪۷,۶۷، پلی آمید با سهم ٪۰,۸۶۱ و پلی اتیلن با سهم ٪۰,۷۴۵ از مهمترین عوامل در تخریب این شاخص می‌باشند.
برای شاخصه نهایی دیگر که تخلیه منابع می‌باشد، استیل با سهم ٪۴۰,۹ بالاترین تاثیر و بعد از آن، پلی اتیلن با سهم ٪۲۱,۴، پلی آمید با سهم ٪۱۳,۳، کربن فعال با سهم ٪۱۰,۲، پلی پروپیلن با سهم ٪۵,۴۵، و پمپ آب با سهم ٪۳,۱۷، پلاستیک فشرده با سهم ٪۱,۷۵ و لوله پی وی سی با سهم ٪۱,۱۲ از عوامل مهم و تاثیرگذار بر ایجاد این شاخص بودند. .



شکل ۲) شاخص های نهایی اثرات زیست محیطی آب شیرین کن اسمز معکوس خانگی

رنگ مشکی مربوط به پمپ آب ، رنگ بنفش مربوط به لوله (پی وی سی) ، رنگ خاکستری مربوط به مس ، رنگ آبی کم رنگ مربوط به پلی اتیلن ، رنگ نارنجی مربوط به کربن فعال ، رنگ آبی کاربنی مربوط به پلاستیک فشرده ، رنگ آبی پر رنگ مربوط به پلی پروپیلن ، رنگ زرد مربوط به پلی آمید ، رنگ قرمز کم رنگ مربوط به پلی ونیل کلراید ، رنگ قرمز پر رنگ مربوط به استیل و رنگ سبز مربوط به دولومیت می باشد.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات زیست محیطی تولید آب شیرین انجام شد و با استفاده از روش ارزیابی چرخه حیات، اثرات زیست محیطی میانی و نهایی تولید آب شیرین تولید شده از فناوری اسمز معکوس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد.

- ماده پی وی سی بالاترین سهم در ایجاد شاخص‌های سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی را داشت. در ادامه موادی مانند پلی آمید و کربن فعال نیز تاثیر به سزایی در ایجاد شاخص‌های دیگر اثرگذار بر سلامتی انسان مانند تخریب لایه ازن، تنفس غیرارگانیک و مواد آلی و تابش یونیزاسیون داشتند.
- نتایج نشان داد که به منظور تولید یک تن آب شیرین از آب لب شور، کربن فعال با سهم ۲۹,۶٪ بالاترین سهم در ایجاد شاخص گرمایش جهانی و در نهایت تغییرات اقلیم داشت.
- در بررسی شاخص نهایی کیفیت اکوسیستم نتایج نشان دادند که مس یک عامل تاثیر گذار بر شاخص‌های میانی مانند سمیت آب و خاک و همچنین اسیدی شدن محیط‌های آبی و خاکی داشت که در نهایت این شاخص ها سبب تخریب شاخص نهایی کیفیت اکوسیستم شدند.
- در نهایت بررسی شاخص نهایی منابع نشان داد که فلز استیل با تاثیر فراوان بر دو شاخص میانی تخلیه منابع تجدید ناپذیر و تخلیه مواد معدنی تاثیر بالایی در ایجاد تخریب منابع داشتند.

منابع مورد استفاده

۱. رستم زاده،ر.، رستم زاده،م.،باقری اسفه،ح. (۱۳۹۸) بررسی سیستم های مختلف آب شیرین کن خورشیدی. مجله علمی ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران.سال ۲۸،شماره ۱۲۴،صفحات ۲۴-۳۴

2. Jijakli, K., Arafat, H., Kennedy, S., Mande, P., Theeyattuparampil, V.V. (2012) How green solar desalination really is? Environmental assessment using life-cycle analysis (LCA) approach. Desalination 287; 123–131
3. Prajapati,M., Shah,M., Soni,B., Parikh,S., Sircar,A., Balchandani,S., Thakore,Sh., Tala,M., (2020) Geothermal-solar integrated groundwater desalination system: Current status and future perspective.
4. Raluy,RG., Serra,L., Uche, J. (2005) Life cycle assessment of desalination technologies integrated with renewable energies. Desalination 183, 81–93
5. Mahmud,M.A. Parvez., Huda,N., Farjana,SH., Lang,C.(2018) Environmental Impacts of Solar-photovoltaic and Solar-Thermal Systems with Life-cycle assessment., Energies, 11, 2346

6. Abdulrahman , H. Al-Kaabi, Hamish R. Mackey. Environmental assessment of intake alternatives for seawater reverse osmosis in the Arabian Gulf. Journal of Environmental Management 242 (2019) 22–30
7. Herrero-Gonzalez, M. Admon, N. Dominguez-Ramos, A. Ibañez,R. Wolfson,A . Irabien, A. Environmental sustainability assessment of seawater reverse osmosis brine valorization by means of electrodialysis with bipolar membranes. Environmental Science and Pollution Research .https://doi.org/10.1007/s11356-019-04788-w
8. Abdul Ghani ,A. Nora'aini ,A. Nazaran,I,S. Hanafiah,M,M. Environmental Performance of Small-Scale Seawater Reverse Osmosis Plant for Rural AreaWater Supply. Membranes **2021**, 11, 40.
9. Aziz, N.Hanafiha, M.M. Application of life cycle assessment for desalination: Progress, challenges and future directions. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115948
10. Tong, R., Zhai, Y., Li, X., 2015. An LCA-based health damage evaluation method for coal mine dust. Veterinary Clinical Pathology: A Case-Based Approach, 223-230.
11. Curran, M. A. (Ed.)., 2016. Goal and scope definition in life cycle assessment. Springer. Germany.181 pp.
12. 12 .Pernollet, F., Coelho, C. R., van der Werf, H. M., 2017. Methods to simplify diet and food life cycle inventories: Accuracy versus data-collection resources. Journal of Cleaner Production 140, 410-420.
13. Pant, D., Singh, A., Van Bogaert, G., Gallego, Y. A., Diels, L., Vanbroekhoven, K., 2011. An introduction to the life cycle assessment (LCA) of bioelectrochemical systems (BES) for sustainable energy and product generation: relevance and key aspects. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(2), 1305-1313.
14. Guinée, J. B., 2002. Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. The International Journal of Life Cycle Assessment 7(5), 311-313.
15. International Agency for Research on Cancer (IARC). 2012. Vinyl Chloride, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 100F. Lyon, France: World Health Organization.

Investigation of the environmental impact of water production on household reverse osmosis technology desalination by using of life cycle assessment

Mohsen Nasrollahi[1], Ali Motevali[2*], Ahmad Banakar[3], Mahdi Montazeri[4]

1. Master student, Department of Mechanical Biosystems Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Assistant Professor, Department of Mechanical Biosystem Engineering, Sari University of 3.Agricultural Sciences and Natural Resources
4. Associate Professor, Department of Biosystems Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University
5. Graduate, Department of Biosystems Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University

Abstract

In the present study, the environmental impacts of fresh water production by using of household reverse osmosis technology from brackish water were investigated by life cycle assessment method. The functional unit in this study was considered as one ton of fresh water leaving the reverse osmosis system and the inputs were classified accordingly. The obtained data were entered in Simapro software and analyzed using Impact 2002+ method. The results were categorized and presented in the form of 15 intermediate indicators and 4 final indicators. The results showed that copper had the highest share in creating human health index and ecosystem quality and steel had the highest share in creating resource index and carbon had the highest share in creating climate change.

Keywords: Life cycle assessment, reverse osmosis, desalination