فصلنامه انرژی ایران، دوره۲۴، شماره۳، پاییز۱۴۰۰، صفحه۱-۱۶

ارزیابی فاکتورهای زیست‌محیطی و انرژی مصرفی در تولید نوشابه‌های گازدار: مطالعه موردی- شرکت زمزم گرگان، ایران

محمد شریفی[۱]
شمسی سودمند مقدم [۲]
اسحاق عادل دوست[۳]

تاریخ دریافت
۱۴۰۰/۱/۱۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۸/۷

کلمات کلیدی:
آلاینده،
گرمایش جهانی،
نوشیدنی،
نهاده‌های انرژی

چکیده

ارزیابی انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی یک فرآیند تولیدی ازنظر ارائه‌ی راهکارهای کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها دارای اهمیت می‌باشد. اهمیت حفاظت از محیط زیست و تأثیرات احتمالی مرتبط با محصولات تولیدی و مصرف باعث افزایش علاقه به شناسایی این اثرات شده است. علاوه براین، یکی از مهمترین چالش‌ها در بخش صنعت میزان انرژی مصرفی است. پژوهش حاضر، تولید نوشابه‌های گازدار در شرکت زمزم گرگان را در دو بخش بطری‌های شیشه‌ای و بطری‌های PET با رویکردهای مختلف از نظر جریان انرژی و تأثیرات زیست محیطی بررسی کرده‌است. نتایج این مطالعه نشان داد که کل انرژی ورودی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای ۳۱۶۱۰/۸۹ مگاژول و در نوشابه گازدار PET ۱۱۰۸۱/۹۰ مگاژول است. نوشابه گازدار شیشه‌ای نسبت به نوشابه گازدار PET بارهای زیست محیطی بیشتری تولید می‌کنند. این نشان می‌دهد که استفاده از بطری‌های PET برای تولید نوشیدنی های گازدار از نظر میزان آلاینده های زیست محیطی مناسب تر از بطری های شیشه‌ای می‌باشد.. همچنین بیش‌ترین میزان نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی مربوط به تولید ذرت هنگامی بود که سامانه بی‌خاک‌ورزی بابقایا جانشین بی‌خاک‌ورزی بابقایا استفاده شد، به‌طوری‌که مقدار این شاخص‌ها برای این سامانه ۲۶ و ۰/۰۷۵ گزارش شد.

[۱] عضو هیئت علمی گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران (نویسنده مسئول) m.sharifi@ut.ac.ir

[۲] دانشجوی دکتری گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران sh.soodmand@ut.ac.ir

[۳] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشینهای کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران adeldost@ut.ac.ir

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

۱. مقدمه

امروزه در مقایسه با قرن‌های گذشته به سبب رشد سریع صنعت در بخش‌های مختلف، پیشرفت قابل‌توجهی در توسعه‌ی اقتصادی و بهبود رفاه انسان انجام شده است. اگرچه مزایای رشد سریع صنعتی در تمام جنبه‌های زندگی مانند طیف گسترده‌ای از کالاهای مصرفی در دسترس، بهبود بهره‌وری سامانه‌های حمل‌ونقل و همچنین پیشرفت‌های قابل‌توجهی در فناوری ارتباطات دیده می شود اما به دلیل ایجاد فشارهایی در ارتباط با محیط‌زیست و شرایط زندگی اجتماعی- اقتصادی موجب چالش‌های اساسی در مسیر توسعه پایدار شده است (وانتران و همکاران[۱]، ۲۰۱۹). برخی از این چالش‌ها شامل تقلیل منابع طبیعی، افزایش تقاضای انرژی، تغییرات آب و هوایی (تا حد زیادی مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای است، انتشار گازهای سمی به هوا، زمین و آب که منجر به کاهش تنوع زیستی و دیگر اثرات منفی بر تندرستی و سلامت انسان شده است، می‌باشد. بر همین اساس، وجود چنین نگرانی‌هایی انگیزه‌ای مضاعف برای بخش‌های صنعتی، اجتماعی و همچنین دولتی به‌عنوان یک کل متشکل در جهت ایجاد جامعه‌ای پایدار فراهم کرده است (بویوکوزکان و همکاران[۲]، ۲۰۱۸). بخش صنعت برای اجرای طیف وسیعی از اقدامات در جهت نیل به توسعه پایدار و به رسمیت شناختن نقش خود به‌عنوان یکی از عوامل اصلی، نه‌تنها در توسعه اقتصادی بلکه در تقلیل منابع و دیگر اشکال تخریب محیط‌زیست نیز دارای یک هدف اساسی است. بنابراین، ارزیابی مناسب و متعادل از این مؤلفه‌ها برای طراحی‌های جدید و یا بهبود محصولات موجود لازم است. علاوه براین، تولید و مصرف پایدار به‌عنوان عامل اصلی در رسیدن به توسعه پایدار در نظر گرفته شده است (آلکایا و دمیرور[۳]، ۲۰۱۵). در طی چند دهه اخیر، انرژی نقشی تأثیرگذار در توسعه‌ی بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل حمل‌ونقل، صنعت و کشاورزی دارد. ارزیابی انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی یک فرآیند تولیدی ازنظر ارائه‌ی راهکارهای کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها دارای اهمیت می‌باشد (فتاحی و نوراللهی، ۱۳۹۹). به این دلیل تحقیقات بسیاری از محققان به سمت مدیریت مصرف انرژی معطوف می‌باشد. از سوی دیگر، استفاده‌ی بیش‌ازحد انرژی باعث بروز برخی از مشکلات مربوط به‌سلامتی انسان و محیط‌زیست می‌شود (سودمندمقدم و همکاران[۴]، ۲۰۱۹).

امروزه، افزایش حجم انرژی مصرفی و خطرات ناشی از آن، سازمان‌های دولتی و صنعتی را مجاب به یافتن راه‌حلی جامع می‌کند که درنهایت محیط‌زیست را به سمت پایداری کامل سوق دهد. در همین راستا، از اوایل سال ۱۹۹۰، روش ارزیابی چرخه حیات (LCA) به‌عنوان ابزاری سودمند جهت تصمیم سازی و تحلیل عملکرد زیست‌محیطی سامانه‌های تولید صنعتی و کشاورزی مطرح‌شده است که با فراهم آوردن داده‌های ورودی کارآمد، روش مناسب جهت مدیریت بهینه را ارائه می‌دهد (رشیدی و همکاران[۵]، ۲۰۱۸). ارزیابی چرخه زندگی، جنبه‌های زیست‌محیطی و پیامدهای بالقوه زیست‌محیطی را در سرتاسر چرخه زندگی یک محصول در برمی‌گیرد. لازم به ذکر است که بررسی شاخص‌های زیست‌محیطی از زمان تولید تا زمان مصرف محصول مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارزیابی چرخه زندگی روشی است به‌منظور شناسایی و کاهش بارهای محیطی حاصل از تولید یک محصول، فرآیند یا فعالیت از طریق شناسایی و محاسبه انرژی و مواد مورداستفاده و زائد تولیدشده، تعیین تأثیرات ضایعات آن بر روی محیط و ارزیابی فرصت‌ها برای بهبود شرایط زیست‌محیطی در تولید محصول (Simon et al. ۲۰۱۶).

۲. پیشینه تحقیق

بر طبق بررسی‌های انجام‌شده در ایران و سایر کشورهای جهان، صنعت تولید نوشابه‌های شیشه‌ای (Glass) و پلی‌اتیلن ترفتالات (PET[۶]) ازجمله صنایع بسیار مهم در این بخش می‌باشد، که بررسی و ارزیابی جریان انرژی و انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در فعالیت‌های

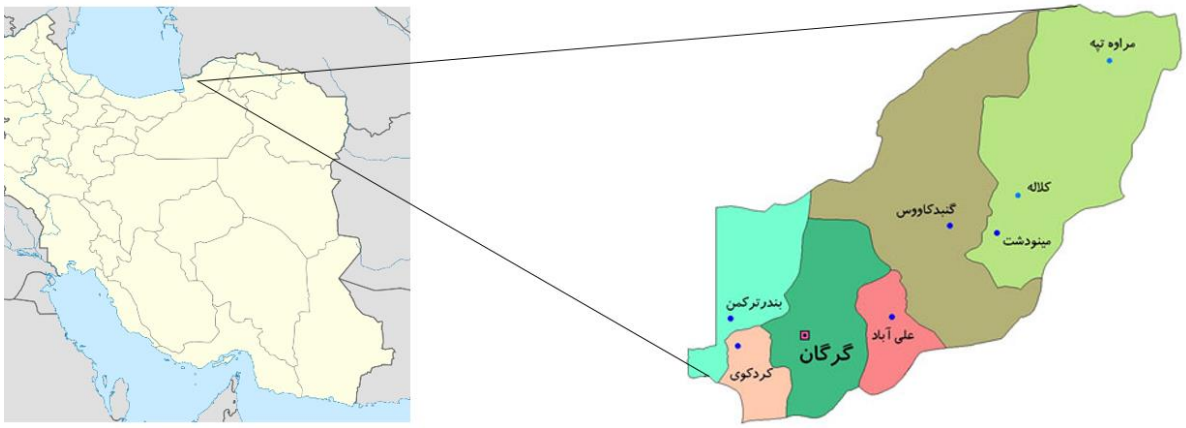
۱. Van Tran et al.
۲. Büyüközkan et al.
۳. Alkaya & Demirer ۲۰۱۵
٤. Soodmand-Moghaddam et al.
٥. Rashidi et al.
٦. Poly Ethylene Terephthalate

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

تولیدی مربوط به آن امری ضـــروری به نظر می‌رســـد (آمینیو و همکاران[۱]، ۲۰۱۳). در دهه‌های اخیر این توجهات معطوف بر کاهش آلاینده‌های آب، خاک و هوا بوده که درنتیجه صـنایع تولید نوشـابه بر سـامانه‌های کاهش آلاینده‌های انتشـاریافته از فاضـلاب واحدهای نوشابه‌سازی عمدتاً مربوط به شست و شوی ماشین‌های خطوط تولید و همچنین شست‌وشوی بطری‌های شیشه‌ای برگشتی از بازار و چند بار مصرف و بسته‌بندی نوشابه در ظروف یک‌بارمصرف PET متمرکز شدند اما توجهات جدید به مسائل زیست‌محیطی بسیار گسترده‌تر و پیچیده‌تر هسـتند (سـیمون و همکاران[۲]، ۲۰۱۶). ازجمله مدیریت پایدار منابع که شـامل اسـتفاده حداقل از منابع، اسـتفاده از مواد بازیافتی، ضایعات و محافظت از محیطزیست می شود (فلاح و همکاران، ۱۳۹۳). درواقع کاهش مصرف انرژی، استفاده از انرژی حاصل از منابع تجدیدپذیر، استفاده بهینه از مواد، استفاده مجدد و بازیافت مواد و کنترل آلاینده‌ها از جمله مواردی هستند که به پایداری یک صنعت کمک می‌کنند. از این‌رو در این مطالعه میزان سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی انرژی در تولید نوشابه گازدار زمزم، ارزیابی شاخص‌های انرژی در کارخانه تولید نوشابه به‌منظور مدیریت مصرف انرژی، شاخص‌های زیست‌محیطی در کل چرخه زندگی تولید نوشابه با رویکرد ارزیابی چرخه زندگی و مقایسه میزان مصرف انرژی و نشر آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید نوشابه PET و شیشه‌ای بررسی می‌گردد.

۳. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در شرکت زمزم گرگان انجام شده است. این شرکت در محدوده‌ی جغرافیایی ۳۶ درجه و۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است (شکل ۱). اطلاعات موردنیاز در این تحقیق از طریق بازدید از کارخانه تولید نو شابه گازدار جمع‌آوری شد. برای جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز مطالعه از روش‌های مختلفی استفاده شد. از ابتدای تاریخ فعالیت‌های علمی، مشاهده متداول‌ترین و یکی از مهم‌ترین روش‌های جمع‌آوری اطلاعات بوده است. بخشی از اطلاعات موردنیاز ازجمله مشاهده قبوض برق و گاز، نوع و نحوه‌ی انجام فرآیند و ... از طریق حضور در کارخانه‌های تولید نوشابه و مشاهده مستقیم فرآیند تولید جمع‌آوری شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان گرگان در ایران

فرآیند تولید و جریان انرژی در سامانه تولید نوشابه گازدار

نهاده‌های مورداستفاده در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای عبارت بودند از نیروی انسانی، ماشین‌ها و ادوات، الکتریسیته، گاز طبیعی، شکر، آب تصفیه شده، بنیان (عصاره)، کربن دی‌اکسید، اسید خوراکی، بنزوات سدیم، بطری شیشه‌ای (بطر شیشه، سرتشتک فلزی)، بسته‌بندی و حمل‌ونقل. همچنین نهاده‌های مورداستفاده در تولید نوشابه گازدار PET عبارت بودند از نیروی انسانی، ماشین‌ها و ادوات، الکتریسیته، گاز طبیعی، شکر، آب تصفیه‌شده، بنیان (عصاره)، کربن دی‌اکسید، اسید خوراکی، بنزوات سدیم، بطری PET (بطری PET، سر بطری، برچسب)، بسته‌بندی و حمل‌ونقل. از طرف دیگر ستاده شامل نوشابه گازدار می‌باشد. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب

۱. Amienyo et al.
۲. Simon et al.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

انرژی متناظر با هر یک استفاده شد، که در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بنابراین، انرژی معادل نهاده‌های ورودی برای تولید نوشابه گازدار از ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده طبق رابطه ۱ به دست آمد:

$$E_{input} = I_{consumption} \times ec_{input} \quad (۱)$$

که در آن E_{input} انرژی معادل نهاده‌های مصرفی برحسب مگاژول، $I_{consumption}$ میزان نهاده مصرفی (نیروی انسانی، گاز طبیعی و غیره) برحسب واحد آن و واحد ec_{input} محتوای انرژی نهاده برحسب مگاژول بر واحد می‌باشد.

جدول ۱- هم‌ارزهای انرژی ورودی‌ها و خروجی تولید نوشابه گازدار (محسنی و همکاران[۱]، ۲۰۱۸)

ورودی‌ها و خروجی سامانه	واحد	هم‌ارز انرژی (مگاژول بر واحد)
نیروی انسانی	نفر ساعت	۱/۹۶
ماشین‌ها و ادوات	کیلوگرم	۶۲/۷
الکتریسیته	کیلووات ساعت	۱۱/۹۳
گاز طبیعی	مترمکعب	۴۹/۵
شکر	کیلوگرم	۱۵/۷۶
آب تصفیه‌شده	لیتر	۰/۰۱
بنیان (عصاره)	کیلوگرم	۶/۶۲
کربن‌دی‌اکسید	کیلوگرم	۶۶/۳۰
اسیدخوراکی	کیلوگرم	۴/۶۰
بنزوات سدیم	کیلوگرم	۳/۴۰
بطری شیشه‌ای	کیلوگرم	۱۳/۲
بطری PET	کیلوگرم	۲۳/۵
بسته‌بندی	کیلوگرم	۹۰
حمل‌ونقل	تن در کیلومتر	۶/۱۰
نوشابه گازدار	لیتر	۸/۳۹

محاسبه‌ی شاخص‌های انرژی در تولید نوشابه گازدار

یکی از مهم‌ترین اقدامات در فرآیند تحلیل انرژی، تعیین شاخص‌های انرژی می‌باشد. با استفاده از این شاخص‌ها امکان مقایسه‌ی سامانه‌های مختلف فراهم می‌آید. بعضی از این شاخص‌ها که امکان شناخت جامع از وضعیت انرژی در کشاورزی و صنعت را فراهم می‌آورند شامل نسبت انرژی ، بهره‌وری انرژی ، انرژی ویژه و افزوده‌ی خالص انرژی می‌باشند. این شاخص‌ها به ترتیب با استفاده از معادله‌های ۲، ۳، ۴ و۵ دست می‌آیند (فیض بخش و علیزاده[۲]، ۲۰۱۷).

$$ER = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (۲)$$

$$EP = \frac{Y}{E_{in}} \quad (۳)$$

۱.Mohseni et al.
۲. Feyzbakhsh & Alizadeh,

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

$$SE = \frac{E_{in}}{Y} \quad (۴)$$

$$NEG = E_{out} - E_{in} \quad (۵)$$

که در آن، E_{out} انرژی خروجی ($MJ.L^{-1}$)، E_{in} انرژی ورودی ($MJ.L^{-1}$) و Y عملکرد محصول ($kg.L^{-1}$) می‌باشد. ER (نسبت انرژی) بدون بعد، EP (بهره‌وری انرژی) برحسب $kg.MJ^{-1}$، SE (انرژی ویژه) برحسب $MJ.kg^{-1}$ و NEG (افزوده‌ی خالص انرژی) برحسب $MJ.L^{-1}$ می‌باشند.

ارزیابی چرخه زندگی

یکی از فنون توسعه‌یافته درزمینه‌ی اهمیت حفاظت زیست‌محیطی و اثرات احتمالی مرتبط با محصول تولیدشده، ارزیابی چرخه زندگی است. ارزیابی چرخه زندگی، جنبه‌های زیست‌محیطی و اثرات بالقوه زیست‌محیطی را در سراسر چرخه زندگی یک محصول از مرحله به دست آوردن ماده خام در طول تولید، استفاده، پایان عملیات چرخه، بازیافت تا دفع نهایی در برمی‌گیرد. در مطالعه ارزیابی چرخه زندگی، چهار مرحله شامل مرحله تعریف هدف و دامنه، مرحله تجزیه‌وتحلیل سیاهه، مرحله ارزیابی اثرات، مرحله تفسیر وجود دارد. هدف و دامنه ارزیابی یک چرخه زندگی باید به‌وضوح تعریف شود و باید با کاربرد موردنظر سازگار باشد (ماسیل و همکاران[۱]، ۲۰۱۹). در این مطالعه اهداف عبارت‌اند از: ۱- بررسی زیست‌محیطی تولید نوشابه گازدار در شرکت زمزم گرگان به‌منظور تعیین و بررسی میزان اثرات مخرب زیست‌محیطی تولید نو شابه و شنا سایی نقاط داغ زیست‌محیطی در تولید نو شابه گازدار شیشه‌ای وPET. ۲- مقایسه میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای با PET.

دامنه ارزیابی یک چرخه زندگی، باید به‌وضوح کارکرد (ویژگی‌های عملکرد) سامانه موردمطالعه را مشخص کند و باهدف و دامنه مطالعه سازگار با شد. یکی از هدف‌های اولیه یک واحد کارکردی، فراهم کردن یک مرجع ا ست که در آن داده‌های مربوط به نهاده و ستانده نرمال شده با شند (در مفهوم ریا ضی). بنابراین واحد کارکردی باید به‌و ضوح تعریف شود و قابل‌اندازه‌گیری با شد (هلیاس و همکاران[۲]، ۲۰۲۰). پژوهشگران سه واحد کارکردی متفاوت برای ارزیابی محصولات زراعی شامل (۱) بر ا ساس واحد سطح، (۲) بر ا ساس واحد پول و (۳) بر ا ساس وزن ماده تولیدی پیشنهاد کرده‌اند. در اکثر مطالعات در حوزه کشاورزی و صنایع غذایی جرم به‌عنوان واحد کارکردی کاربرد گسترده دارد. ازاین‌رو این نوع واحد کارکردی در این مطالعه مورداستفاده قرارگرفته است. در این مطالعه، ۱۰۰۰ لیتر تولید نوشابه گازدار به‌عنوان واحد کارکردی انتخاب شد و تحلیل سیاهه بر اساس واحدهای کارکردی ذکرشده انجام شد. تعریف هدف و دامنه مطالعه، یک طرح مقدماتی را جهت اجرای مرحله سیاهه چرخه زندگی، در ارزیابی چرخه زندگی فراهم می‌کند. جمع‌آوری داده‌ها برای تحلیل سیاهه چرخه زندگی در اجرای موفق ارزیابی چرخه زندگی همواره یک عامل بحرانی محسوب می‌شود. دستیابی به داده‌های معتبر مانع مهمی در پیشرفت و استفاده از ارزیابی چرخه زندگی در مدیریت محیط‌زیست است. در این مرحله داده‌های موردنیاز در دو بخش مورد تحلیل قرار می‌گیرند. در بخش اول، آسیب‌های زیست‌محیطی نا شی از مصرف مواد و انرژی در تولید نوشابه گازدار مورد تحلیل قرار می‌گیرد و در بخش دوم میزان آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از تولید مواد و انرژی (الکتریسیته، گاز طبیعی و غیره) تحلیل می‌گردد. برای محاسبه میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی غیرمستقیم (خارج از کارخانه) ناشی از مصرف نهاده‌ها (گاز طبیعی و الکتریسیته تولیدی از نیروگاه‌های گاز طبیعی، مواد نگهدارنده، ماشین‌ها و تجهیزات و غیره) به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات دقیق درباره نحوه ساخت، تولید، توزیع و حمل‌ونقل مواد و انرژی از داده‌های موجود در پایگاه داده اکواینونت[۳] استفاده‌شده است (پیرو و همکاران[۴]، ۲۰۱۰).

تعریف هدف و دامنه و چارچوب مطالعه مراحل تفسیر ارزیابی چرخه زندگی، و از طرفی سایر مراحل ارزیابی چرخه زندگی (سیاهه چرخه زندگی و ارزیابی سیاهه چرخه زندگی) اطلاعاتی را بر پایه سامانه محصول فراهم می‌کنند. نتایج حا صل از مراحل سیاهه چرخه زندگی یا

۱. Maciel et al.
۲. Hélias et al.
۳. Ecoinvent database
٤. Peiró et al.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

ارزیابی سیاهه چرخه زندگی باید مطابق باهدف و دامنه مطالعه، تفسیر گردد. در این مطالعه به‌منظور دستیابی به اطلاعات موردنیاز از روش CML۲ baseline استفاده شد و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیماپرو[۱] انجام گردید (ایزو[۲]، ۲۰۰۶). بر این اساس، ده رده اثر شامل تقلیل منابع غیر آلی ، پتانسیل اسیدی شدن، پتانسیل اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه ازن، پتانسیل مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET موردبررسی قرار گرفت.

٤. نتایج و بحث

انرژی‌های ورودی به تفکیک نهاده‌های مصرفی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET

در جدول ۲ میزان مصرف انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده ارائه شده است. نتایج نشان داد متوسط مصرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده در منطقه موردمطالعه به ترتیب ۳۱۶۱۰/۸۹ و۸۳۹۰ مگاژول بود. سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای در شکل ۲ نشان داده شده است. بدین ترتیب که بطری شیشه‌ای بیشترین سهم از کل نهاده‌ها به میزان ۴۴/۱۰ در صد را به خود اختصاص داده است و پس‌ازآن بسته‌بندی با ۲۸/۶۱ درصد، ماشین‌ها و ادوات و شکر به ترتیب به میزان ۱۳/۳۲ و ۵/۵۸ درصد از کل نهاده‌ها را به خود اختصاص دادند. و نیروی انسانی و بنزوات سدیم به ترتیب برابر با ۰/۰۰۶ و ۰/۰۰۱ درصد کمترین میزان مصرف انرژی را داشتند.

جدول ۲- مقایسه‌ی انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده

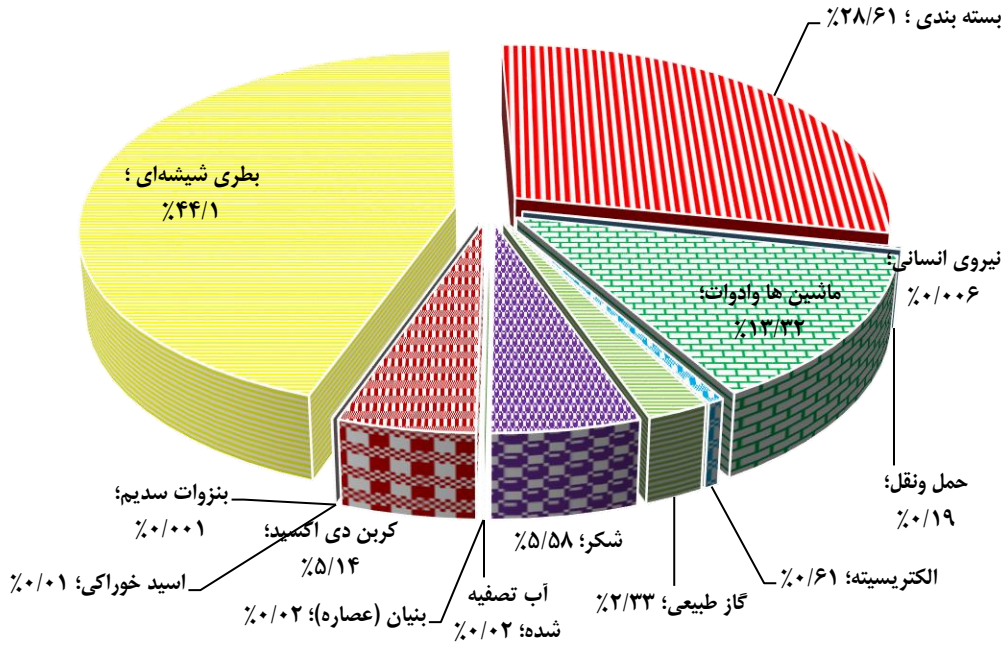
عنوان	شیشه‌ای (مگاژول بر لیتر)	PET (مگاژول بر لیتر)	ضریب تغییرات شیشه‌ای (درصد)	ضریب تغییرات PET (درصد)
الف) نهاده‌ها				
نیروی انسانی	۱/۹۶	۰/۹۸	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸
ماشین‌ها و ادوات	۴۲۱۳/۴۴	۵۶۲۴/۱۹	۱۳/۳۲	۵۰/۷۵
الکتریسیته	۱۹۵/۶۵	۳۰۴/۲۱	۰/۶۱	۲/۷۴
گاز طبیعی	۷۳۷/۵۵	۸۳۱/۶۰	۲/۳۳	۷/۵۰
شکر	۱۷۶۵/۱۲	۱۷۶۵/۱۲	۵/۵۸	۱۵/۹۲
آب تصفیه‌شده	۹/۴۵	۹ /۴۵	۰/۰۲	۰/۰۸
بنیان (عصاره)	۶/۶۲	۶/۶۲	۰/۰۲	۰/۰۵
کربن دی‌اکسید	۱۶۲۷	۱۶۲۷	۵/۱۴	۱۴/۶۸
اسید خوراکی	۴/۶	۴/۶	۰/۰۱	۰/۰۴
بنزوات سدیم	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
بطری شیشه‌ای	۱۳۹۴۳/۱۶	-	۴۴/۱۰	-
بطری PET	-	۵۴۸/۴۹	-	۴/۹۴
بسته‌بندی	۹۰۴۵	۳۱۰/۵	۲۸/۶۱	۲/۸۰
حمل‌ونقل	۶۱	۴۸/۸۰	۰/۱۹	۰/۴۴
کل انرژی نهاده‌ها	۳۱۶۱۰/۸۹	۱۱۰۸۱/۹۰	۱۰۰	۱۰۰

۱. Simapro
۲. ISO

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

ب) ستانده

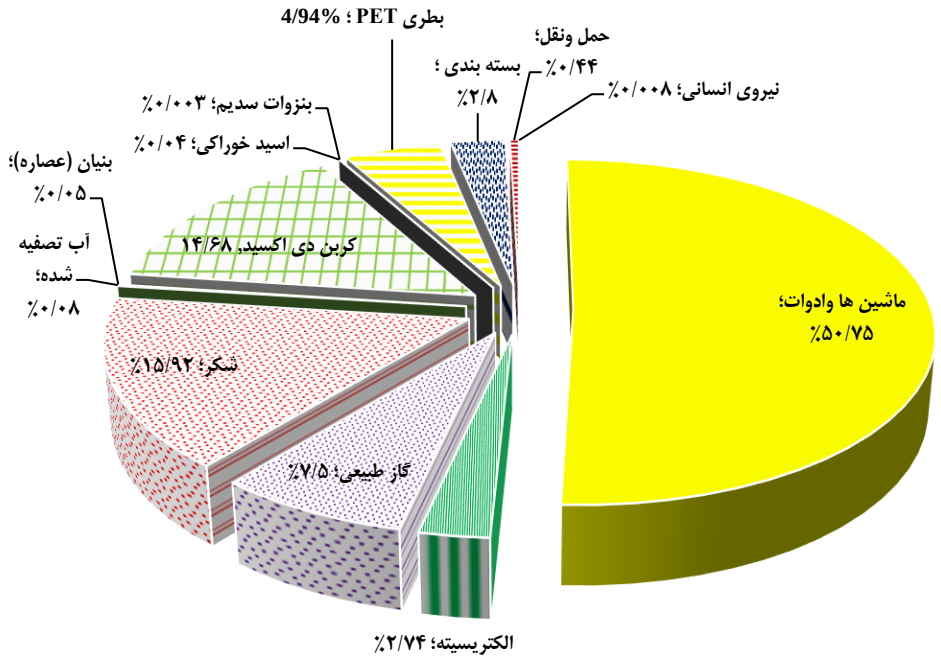
نوشابه گازدار				
الف)شیشه‌ای	۸۳۹۰	–	–	–
ب)PET	–	۸۳۹۰	–	–



شکل۲- سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای

در جدول ۲ همچنین میزان م صرف انرژی نهاده‌ها و انرژی ستانده در تولید نو شابه گازدار PET به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر نو شابه تولید شده ارائه شده ا ست. نتایج ن شان داد متو سط م صرف انرژی و مقدار انرژی ستانده برای ۱۰۰۰ لیتر نو شابه تولید شده در منطقه موردمطالعه به ترتیب ۱۱۰۸۱/۹۰ و۸۳۹۰ مگاژول بود. سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نو شابه گازدار PET در شکل ۳ ن شان داده شده ا ست. بدین ترتیب که ما شین‌ها و ادوات بیشترین سهم از کل نهاده‌ها به میزان ۵۰/۷۵ در صد را به خود اختصاص داده ا ست و پس‌ازآن شکر با ۱۵/۹۲ درصد، کربن دی‌اکسید و گاز طبیعی به ترتیب به میزان ۱۴/۶۸ و ۷/۵۰ درصد از کل نهاده‌ها را به خود اختصاص دادند. نیروی انسانی و بنزوات سدیم به ترتیب برابر با ۰/۰۰۸ و ۰/۰۰۳ درصد کمترین میزان مصرف انرژی را داشتند. با توجه به محاسبات انجام‌شده در جدول ۲ میزان انرژی م صرفی برای تولید نو شابه گازدار شیشه‌ای و PET محا سبه شد که میزان انرژی م صرفی در تولید نو شابه گازدار شیشه‌ای به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدی در مقایسه با نوشابه گازدار PET به میزان بیشتری است. با توجه به محاسبه میزان مصرف انرژی، بهتر ا ست در کارخانه زمزم گرگان برای تولید نو شابه گازدار از نقطه نظر انرژی م صرفی از بطری‌های PET ا ستفاده شود. که در مقایسه با بطری‌های شیشه‌ای میزان مصرف انرژی کمتری برای تولید نوشابه گازدار استفاده می‌شود.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]



شکل ۳- سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید نوشابه گازدار PET

تحلیل شاخص‌های انرژی در تولید نوشابه گازدار

مقادیر شاخص‌های انرژی برای تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET در جدول ۳ نشان داده شده است. بر این اساس نسبت انرژی برابر با ۰/۲۶ و ۰/۷۵ به ترتیب در نو شابه شیشه‌ای و PET برآورد شده است. بهره‌وری انرژی که میزان تولید از یک مگاژول را نشان می‌دهد ۰/۰۳ و ۰/۰۹ کیلوگرم بر مگاژول به ترتیب در نوشابه شیشه‌ای و PET محاسبه شد. و میزان شدت انرژی با ۳۱/۶۱ و ۱۱/۰۸ مگاژول بر کیلوگرم به ترتیب در نو شابه شیشه‌ای و PET برآورد شده است. همچنین میزان افزوده خالص انرژی که از تفاضل انرژی ستانده‌ها و نهاده‌ها حاصل می‌شود به میزان ۲۳۲۲۰/۸۹- و ۲۶۹۱/۹۰- مگاژول بر لیتر به ترتیب در نوشابه شیشه‌ای و PET برآورد گردید. با توجه به محاسبه نسبت انرژی در تولید نو شابه گازدار مشخص شد که میزان این نسبت در تولید نو شابه گازدارPET در مقایسه با نو شابه گازدار شیشه‌ای بالاتر می‌باشد و این نشان‌دهنده‌ی این است که استفاده از بطری‌های PET برای تولید نو شابه گازدار ازلحاظ میزان مصرف انرژی مناسب می‌باشد. مقدار انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم در نوشابه گازدار شیشه‌ای به ترتیب ۲/۹۸ و ۹۷/۰۲ درصد و در نوشابه PET به ترتیب ۱۰/۳۴ و ۸۹/۶۶ درصد می‌باشد. و همچنین میزان انرژی تجدید پذیر و انرژی تجدید ناپذیر در نوشابه شیشه‌ای به ترتیب ۵/۶۲ و ۹۴/۳۸ درصد و در نوشابه PET به ترتیب ۱۶/۰۳ و ۸۳/۹۷ درصد از کل انرژی‌های مصرفی برآورد شده است. با توجه به این نتایج میزان استفاده از انرژی‌های تجدید ناپذیر بالاست که از دو دیدگاه قابل‌بررسی می‌باشند؛ نخست اینکه لزوم توجه به انرژی‌های تجدیدپذیر در این منطقه باید در اولویت قرار گیرد. دیدگاه دوم شامل مباحث زیست‌محیطی بود که استفاده‌ی بی‌رویه و نادرست از انواع انرژی‌های تجدید ناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی تبعات زیست‌محیطی جبران‌ناپذیری داشته است.

جدول ۳- شاخص‌های انرژی در تولید نوشابه گازدار

عنوان	واحد	شیشه‌ای	درصد	PET	درصد
نسبت انرژی	-	۰/۲۶		۰/۷۵	
بهره‌وری انرژی	کیلوگرم بر مگاژول	۰/۰۳		۰/۰۹	

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

شدت انرژی	مگاژول بر کیلوگرم	۳۱/۶۱		۱۱/۰۸	
افزوده خالص انرژی	مگاژول بر لیتر	-۲۳۲۲۰/۸۹		-۲۶۹۱/۹۰	
انرژی مستقیم	مگاژول بر لیتر	۹۴۴/۶۱	۲/۹۸	۱۱۴۶/۲۴	۱۰/۳۴
انرژی غیرمستقیم	مگاژول بر لیتر	۳۰۶۶۶/۲۸	۹۷/۰۲	۹۹۳۵/۶۶	۸۹/۶۶
انرژی تجدیدپذیر	مگاژول بر لیتر	۱۷۷۶/۵۳	۵/۶۲	۱۷۷۵/۵۵	۱۶/۰۳
انرژی تجدیدناپذیر	مگاژول بر لیتر	۲۹۸۳۴/۳۶	۹۴/۳۸	۹۳۰۶/۳۵	۸۳/۹۷

ارزیابی چرخه زندگی نوشابه‌ها با هدف مطالعه تعیین اثرات زیست‌محیطی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای

به‌منظور ارزیابی زیست‌محیطی تولید نوشابه گازدار در شرکت زمزم گرگان، چرخه زندگی این محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا تولید محصول موردمطالعه قرار گرفت. پس از آن یک مقایسه کلی میان نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET از نظر میزان آلایندگی تولید شده به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده انجام‌گرفته است. مقادیر شاخص‌های زیست‌محیطی برای تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای در جدول ۴ نشان داده شده است. یکی از مهم‌ترین رده‌های اثر زیست‌محیطی مورد بررسی در مطالعات ارزیابی چرخه زندگی، شاخص گرمایش جهانی است که نتایج این مطالعه نشان داد که در ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده گازدار شیشه‌ای ۲۵۰۴/۸۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به اتمسفر واردشده است. همچنین مسمومیت آب‌های آزاد با ۱،٤-DCB eq kg ۲۰۴۸۹۶/۹۳ بیشتر میزان آلایندگی را دارد و نقصان لایه ازن با kg PO^{-3}_{4} eq ۰/۰۰۰۱ کمترین میزان آلایندگی را دارا می‌باشد. در جدول ۵ شاخص‌های زیست‌محیطی برای تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای به صورت نرمال شده آورده شده‌اند تا بتوانند قابل‌مقایسه باشند. بر این اساس اثر مسمویت آب‌های آزاد با مقدار E-۰۸ ۶/۴۳ آلایندگی بیشتری نسبت به سایر رده‌های اثر داشت. اثر نقصان لایه ازن با مقدار E-۱۰ ۱/۷۳ کمترین میزان آلایندگی را در بین رده‌های اثر داشت.

در پژوهشی، تجزیه و تحلیل موجودی چرخه زندگی در تولید نوشیدنی آبجو نشان داد که فرآیندهای تولید، تصفیه، بسته‌بندی و ذخیره‌سازی بیشترین میزان انتشار را داشته‌است (تاکاموتو و همکاران[۱]، ۲۰۰۴). نتایج مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داد که تولید بطری، فرآیند بسته‌بندی و تولید آبجو بیشترین میزان انتشار را دارا بود و مشخص شد که تولید و حمل‌ونقل عناصر بسته‌بندی و مواد اولیه نیز جنبه هایی داشتند که می‌توانستند برای بهبود در نظر گرفته شوند (هوسپیدو و همکاران[۲]، ۲۰۰۵).

جدول ۴- شاخص‌های ارزیابی چرخه‌ی زندگی در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده

بخش‌های اثر	واحد	شیشه‌ای	PET
۱- تقلیل مواد غیر آلی	kg Sb eq	۱۸	۵/۹۱
۲- اسیدی شدن	kg SO_2 eq	۱۴/۶۰	۳/۶۴
۳- اختناق دریاچه‌ای	kg PO^{-3}_{4} eq	۱/۱۹	۰/۰۲
۴- پتانسیل گرمایش جهانی	kg CO_2 eq	۲۵۰۴/۸۱	۷۹۱/۱۳
۵- نقصان لایه‌ی ازن	kg CFC-۱۱ eq	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸
۶- مسمومیت انسان‌ها	kg ۱،٤-DCB eq	۶۱۴/۲۵	۱۷۸/۵۱
۷- مسمومیت آب‌های سطحی	kg ۱،٤-DCB eq	۴۲/۰۲	۱۴/۵۷
۸- مسمومیت آب‌های آزاد	kg ۱،٤-DCB eq	۲۰۴۸۹۶/۹۳	۳۵۹۰۶/۴۷

۱. Takamoto et al.
۲. Hospido et al.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

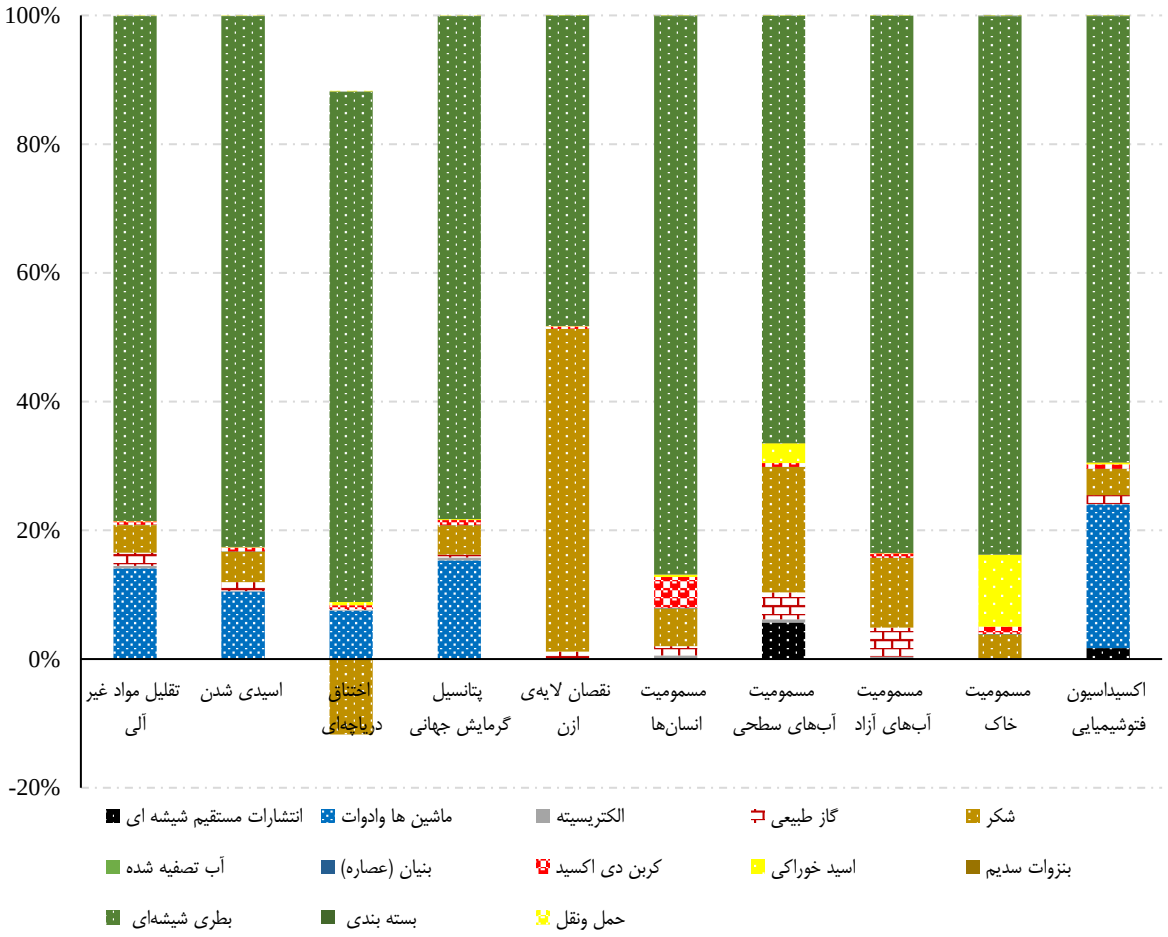
۹- مسمومیت خاک	kg ۱،٤-DCB eq	۴/۸۶	۰/۸۱
۱۰- اکسیداسیون فتوشیمیایی	kg C_2H_4 eq	۰/۷۲	۰/۳۰

جدول ۵- شاخص‌های ارزیابی چرخه‌ی زندگی نرمال شده در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولیدشده

بخش‌های اثر	شیشه‌ای	PET
۱- تقلیل مواد غیر آلی	۱/۰۵ E-۰۸	۳/۴۶ E-۰۹
۲- اسیدی شدن	۲/۱۷ E-۰۸	۵/۴۳ E-۰۹
۳- اختناق دریاچه‌ای	۲/۳۷ E-۰۹	۵/۵۵ E-۱۱
۴- پتانسیل گرمایش جهانی	۹/۹۱ E-۰۹	۳/۱۳ E-۰۹
۵- نقصان لایه‌ی ازن	۱/۷۳ E-۱۰	۹/۰۳ E-۱۱
۶- مسمومیت انسان‌ها	۳/۲۶ E-۰۹	۹/۴۹ E-۱۰
۷- مسمومیت آب‌های سطحی	۵/۵۸ E-۰۹	۱/۹۳ E-۰۹
۸- مسمومیت آب‌های آزاد	۶/۴۳ E-۰۸	۱/۱۲ E-۰۸
۹- مسمومیت خاک	۵/۲۹ E-۰۹	۸/۹۰ E-۱۰
۱۰- اکسیداسیون فتوشیمیایی	۳/۹۸ E-۰۹	۱/۶۷ E-۰۹

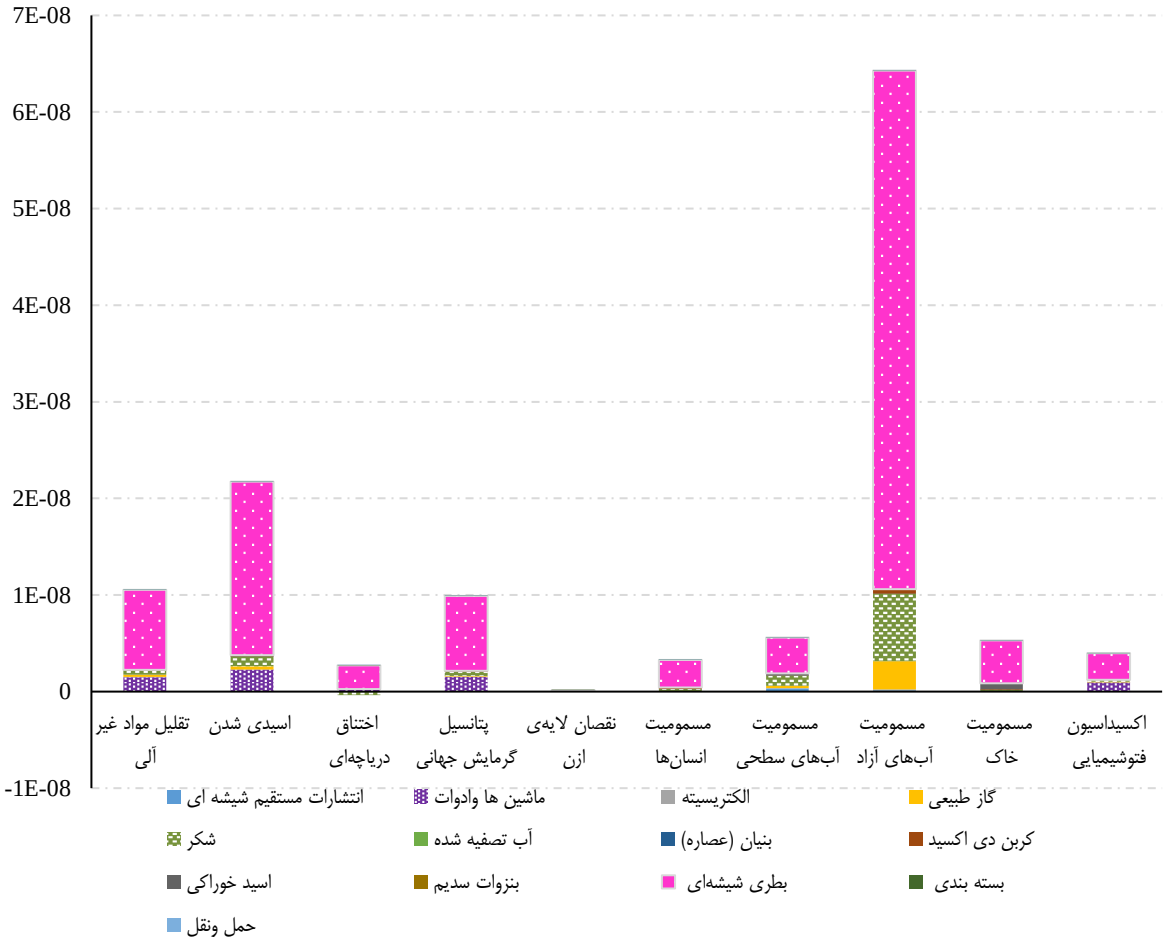
در شکل ۴ سهم هر یک از نهاده‌ها در ایجاد گرمایش جهانی و همچنین سایر رده‌های اثر برای تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای نشان داده‌شده است. بر طبق این شکل، بطری شیشه‌ای سهم اصلی را در ایجاد گرمایش جهانی به خود اختصاص داده‌اند و همچنین شکر مصرفی در تمام بخش‌های اثر به جزدر بخش اختناق دریاچه‌ای بیشترین میزان آلایندگی را دارد که منشأ این آلایندگی‌ها انتشار نیتروژن دی‌اکسید، اکسیدهای نیتروژن و سایر ترکیبات نیتروژن‌دار ناشی از مصرف کود نیتروژن در تولید شکر است. در شکل ۵ رده‌های اثر و عوامل مؤثر در ایجاد آن‌ها برای تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای به‌صورت نرمال نشان داده‌شده‌اند تا بتوانند قابل‌مقایسه باشند. براین اساس رده اثر مسمومیت آب‌های آزاد و پس‌ازآن اسیدی شدن مقدار آلایندگی بیشتری نسبت به سایر رده‌های اثر داشته‌اند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، عامل اصلی در ایجاد این دو رده اثر بطری شیشه‌ای، شکر مصرفی (رده اثر مسمومیت آب‌های آزاد) و انتشارات ناشی از فعالیت‌های کارخانه (استفاده از ماشین‌ها و ادوات و غیره) (رده اثر اسیدی شدن) بوده‌اند . بنابراین می‌توان گفت مصرف بهینه استفاده از نهاده‌ها برای تولید بطری شیشه‌ای و همچنین استفاده بهینه از ماشین‌ها و ادوات و شکر مصرفی می‌تواند از آسیب‌های گسترده این دو رده اثر جلوگیری کند.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]



شکل ۴- بخش‌های اثر به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه شیشه‌ای تولیدشده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]



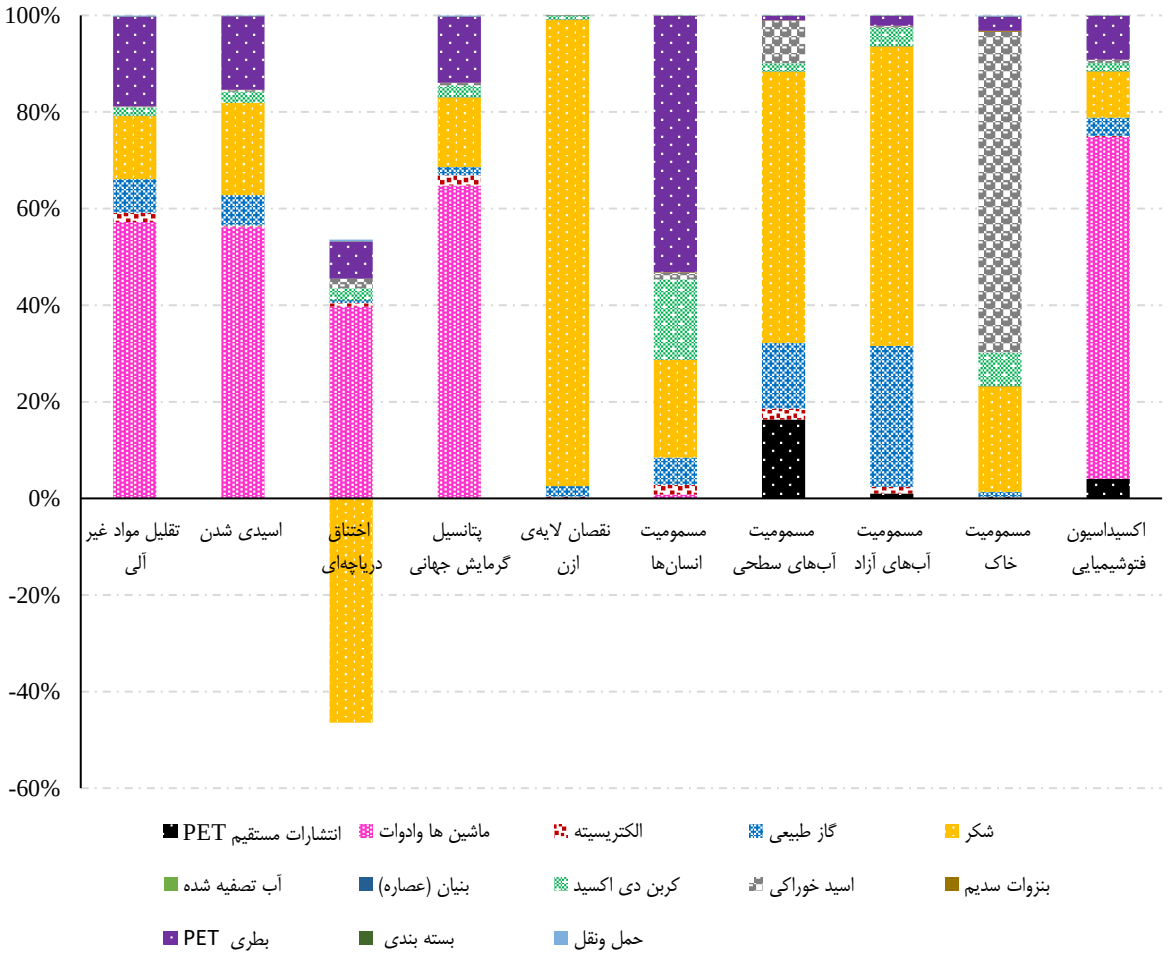
شکل **Error! No text of specified style in document.**۵- بخش‌های اثر نرمال شده به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه شیشه‌ای تولیدشده

ارزیابی چرخه زندگی در نوشابه‌ها باهدف مطالعه تعیین اثرات زیست‌محیطی در تولید نوشابه گازدار PET

مقادیر شاخص‌های زیست‌محیطی برای تولید نوشابه گازدار PET در جدول۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه تولید شده گازدار شیشه‌ای ۷۹۱/۱۳ کیلوگرم کربن دی‌اکسید معادل به اتمسفر وارد شده است. همچنین مسمومیت آب‌های آزاد با ۳۵۹۰۶/۴۷ kg ۱،٤-DCB eq بیشترین میزان آلایندگی را دارد و نقصان لایه‌ی ازن با ۰/۰۰۰۰۸ kg CFC-۱۱ eq کمترین میزان آلایندگی را دارا می‌باشد. در جدول ۵ شاخص‌های زیست‌محیطی برای تولید نوشابه گازدار PET به‌صورت نرمال شده آورده شده‌اند. بر این اساس اثر مسمویت آب‌های آزاد با مقدار ۱/۱۲ E-۰۸ آلایندگی بیشتری نسبت به سایر رده‌های اثر دارد. و اثر نقصان لایه‌ی ازن با مقدار ۹/۰۳ E-۱۱ کمترین میزان آلایندگی را در بین رده‌های اثر داشت.

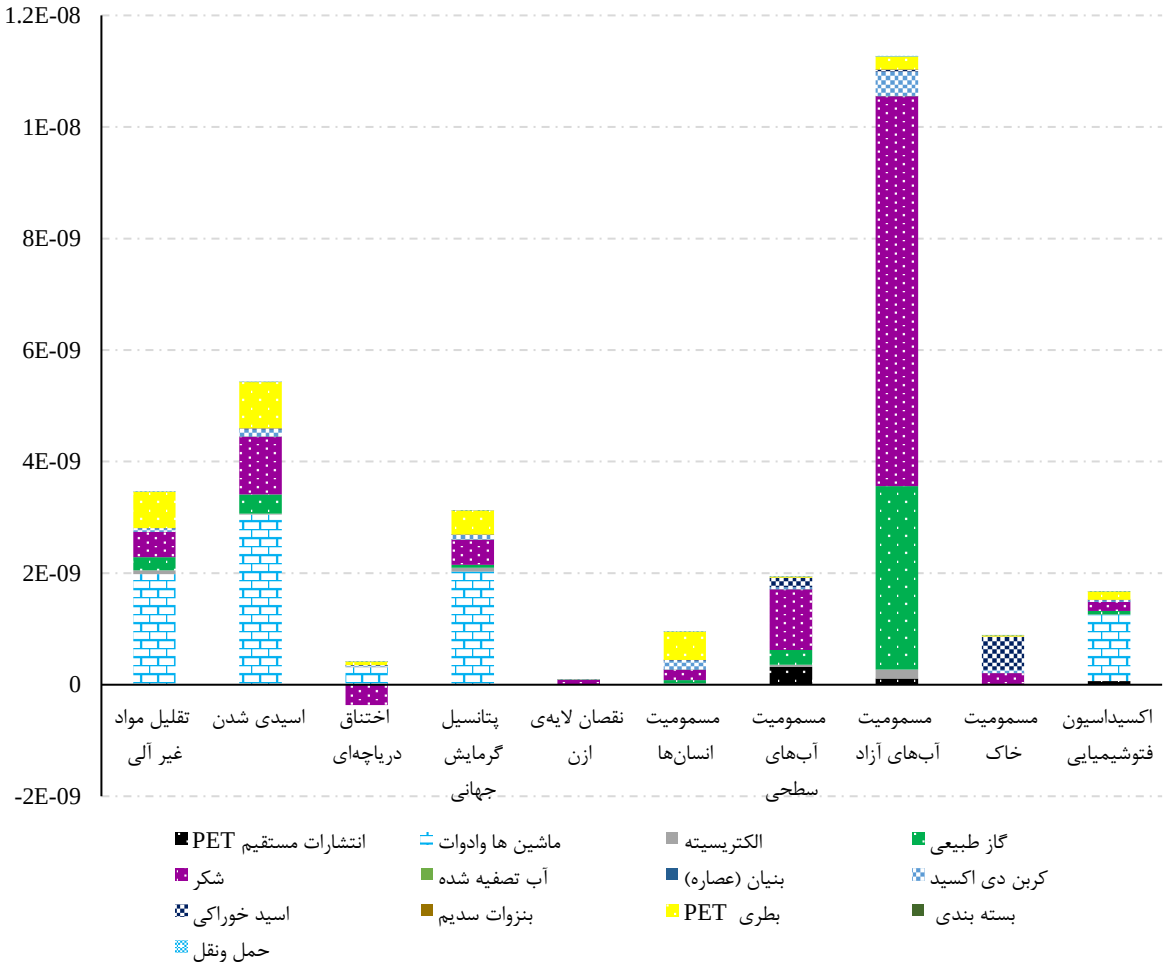
در شکل۶ سهم هر یک از نهاده‌ها در ایجاد گرمایش جهانی و همچنین سایر رده‌های اثر برای تولید نوشابه گازدار PET نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، ماشین‌ها و ادوات سهم اصلی را در ایجاد گرمایش جهانی به خود اختصاص داده‌اند و همچنین شکر مصرفی در تمام بخش‌های اثر به‌جز در بخش اختناق دریاچه‌ای بیشترین میزان آلایندگی را دارد.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]



شکل ۶- بخش‌های اثر به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه PET تولیدشده

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]



شکل ۷- بخش‌های اثر نرمال شده به ازای ۱۰۰۰ لیتر نوشابه PET تولیدشده

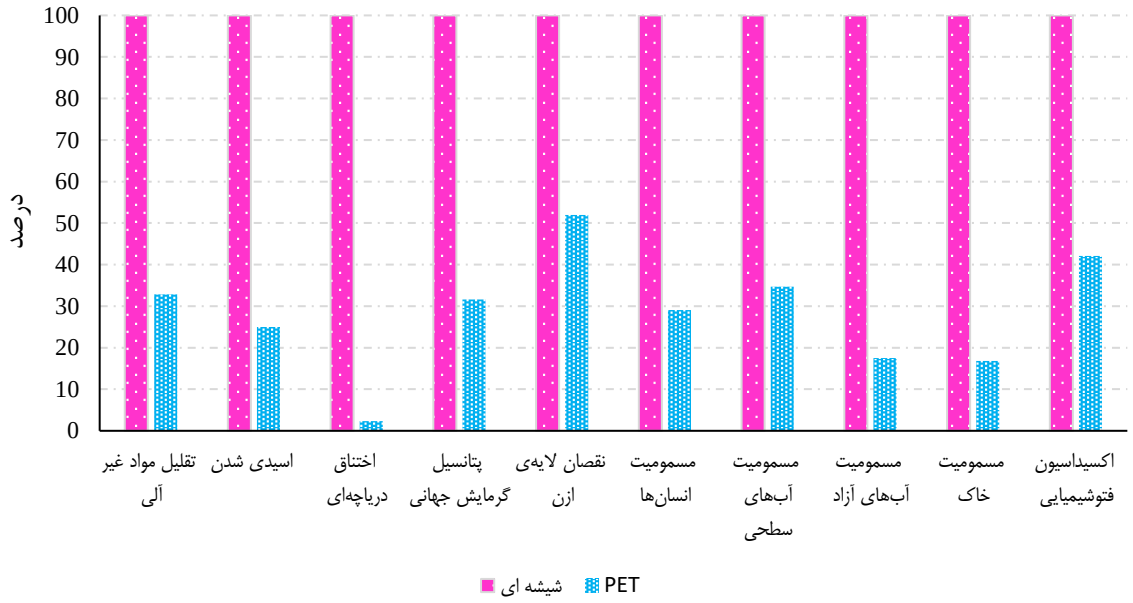
مقایسه اثرات زیست‌محیطی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET

شکل ۸ مقایسه اثرات زیست‌محیطی بین نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر نشان می‌دهد. بر طبق مشاهدات، نوشابه گازدار شیشه‌ای نسبت به نوشابه گازدار PET بارهای محیطی بیشتری تولید می‌کنند و این نشان می‌دهد استفاده از بطری‌های PET جهت تولید نوشابه گازدار از جهت میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی مناسب‌تر از بطری‌های شیشه‌ای می‌باشد. همچنین استفاده از بطری‌های PET جهت حمل‌ونقل برای مکان‌های مختلف مناسب می‌باشند. در شکل ۹ مقایسه اثرات زیست‌محیطی بین نوشابه گازدار شیشه‌ای و PET در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر به‌صورت نرمال شده نشان داده‌شده است. با توجه به شکل اثرات مسمویت آب‌های آزاد و اسید شدن بیشترین تأثیر را داشته‌اند که این میزان آلایندگی در تولید نوشابه گازدار شیشه‌ای بیشتر از نوشابه گازدار PET می‌باشد.

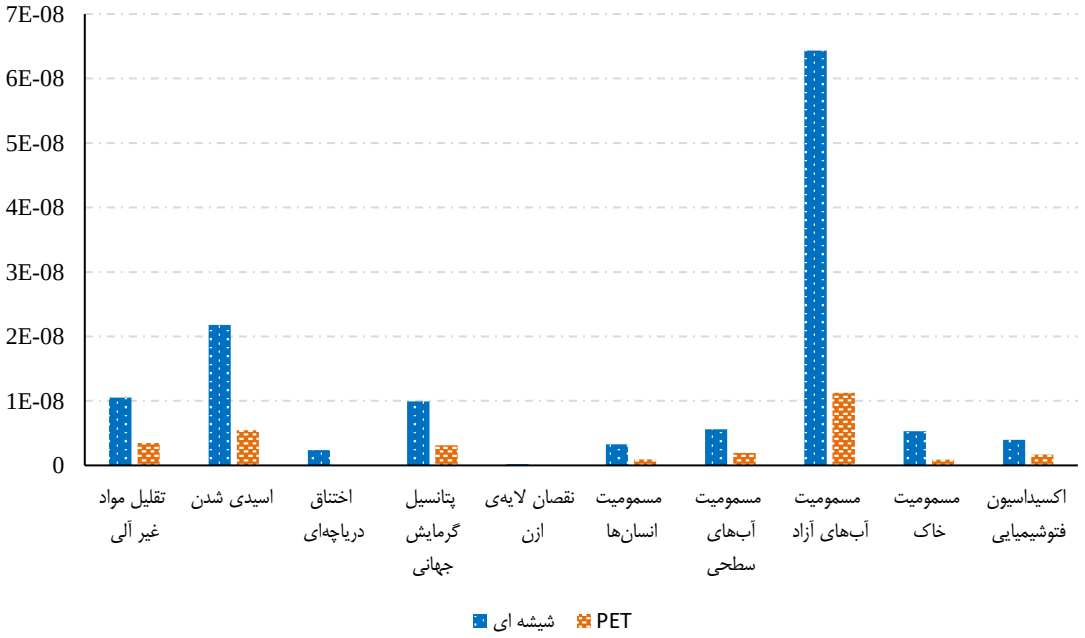
در پژوهشی انتشارهای زیست‌محیطی فرآیند تولید نوشابه گازدار با استفاده از روش ارزیابی چرخه زندگی موردمطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که مرحله بسته‌بندی بیشترین میزان آلایندگی را منتشر می‌کرد و حدود ۵۹ تا ۷۷ در صد آلایندگی منتشر شده در فرآیند تولید نوشابه مربوط به این بخش بود. همچنین میزان آلایندگی در نوشابه گازدار شیشه‌ای بیشتر از نوشابه گازدار PET به دست آمد (آمینیو و همکاران[۱]، ۲۰۱۳).

[۱]. Amienyo et al.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]



شکل ۸- مقایسه اثرات زیست‌محیطی بین نوشابه شیشه‌ای و PET در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر



شکل ۹- مقایسه اثرات زیست‌محیطی بین نوشابه شیشه‌ای و PET در تولید نوشابه گازدار به ازای ۱۰۰۰ لیتر به‌صورت نرمال شده

۵. نتیجه گیری و پیشنهادات

پژوهش حاضر، تولید نوشابه‌های گازدار در شرکت زمزم گرگان را در دو بخش بطری‌های شیشه‌ای و بطری‌های PET با رویکردهای مختلف از نظر جریان انرژی و تأثیرات زیست محیطی برر سی کرده‌ا ست. مهمترین یافته‌های این مطالعه بدین شرح ا ست: مقای سه اثرات زیست محیطی بین نوشابه های شیشه‌ای گازدار و PET در هر ۱۰۰۰ لیتر نشان داد که نوشابه‌های شیشه‌ای گازدار باعث تولید بار زیست محیطی بالاتری ن سبت به نو شابه‌های PET گازدار شده‌اند. این ن شان می‌دهد که ا ستفاده از بطری PET برای تولید نو شابه‌های گازدار دارای میزان انتشـار آلاینده های زیسـت محیطی کمتری اسـت. با توجه به مصـرف زیاد انرژی و انتشـار زیاد آلاینده در تولید بطری‌های

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]

شیشه‌ای و استفاده بیش از حد از ماشین آلات و تجهیزات، توصیه می‌شود برای بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، مطالعات لازم جهت کاهش مصرف این ورودی‌ها انجام گردد.

منابع

[۱] فتاحی، رضا. نوراللهی، یونس (۱۳۹۹). " مدیریت مصرف انرژی در یک تصفیه خانه فاضلاب: نمونه بیورآکتور لجن فعال". نشریه انرژی ایران. ۲۳.۱: ۷-۲۳.

[۲] فلاح، سیف اله. پور عزیزی، مرضیه. رستمی، سجاد (۱۳۹۳). "ضرورت و پتانسیل تولید سوخت زیستی از بقایای غلات در کشور". نشریه انرژی ایران. ۱.۱۷: ۶۵-۷۴.

[۳] Alkaya, E. and Demirer, G.N. (۲۰۱۵). Water recycling and reuse in soft drink/beverage industry: A case study for sustainable industrial water management in Turkey, Resources, Conservation and Recycling, Elsevier, Vol. ۱۰٤, pp. ۱۷۲–۱۸۰.

[٤] Amienyo, D., Gujba, H., Stichnothe, H. and Azapagic, A. (۲۰۱۳). Life cycle environmental impacts of carbonated soft drinks, The International Journal of Life Cycle Assessment, Springer, Vol. ۱۸ No. ۱, pp. ۷۷□۹۲.

[٥] Büyüközkan, G., Karabulut, Y. and Mukul, E. (۲۰۱۸). A novel renewable energy selection model for United Nations' sustainable development goals, Energy, Elsevier, Vol. ۱٦٥, pp. ۲۹۰–۳۰۲.

[٦] Feyzbakhsh, M.T., and Alizadeh, P. (۲۰۱۷). Comparison of Silage Corn (Zea mays L.) and Forage Sorghum (Sorghum bicolor L.) Productions in Terms of Energy Consumption and Global Warming Potential in Gorgan Region. Agroecology, ۱۰(۱), ۲۱۸-۲۳۳. (In Persian with English Summary).

[۷] Hélias, A., Esnouf, A. and Finkbeiner, M. (۲۰۲۰). Consistent normalization approach for Life Cycle Assessment based on inventory databases, Science of The Total Environment, Elsevier, Vol. ۷۰۳, p. ۱۳۴۵۸۳.

[۸] Hospido, A., Moreira, M.T. and Feijoo, G. (۲۰۰٥). Environmental analysis of beer production, International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology, Inderscience Publishers, Vol. ۴ □□. ۲, □□. ۱۵۲□۱۶۲.

[۹] ISO ۱٤۰٤۰, B. (۲۰۰٦), "Environmental management–life cycle assessment–principles and framework", London: British Standards Institution.

[۱۰] Maciel, V.G., Wales, D.J., Seferin, M., Ugaya, C.M.L. and Sans, V. (۲۰۱۹). State-of-the-art and limitations in the life cycle assessment of ionic liquids", Journal of Cleaner Production, Elsevier, Vol. ۲۱۷, □□. ۸۴۴□۸۵۸.

[۱۱] Mohseni, P., Borghei, A.M. and Khanali, M. (۲۰۱۸). Application of data envelopment analysis approach to reduce environmental impacts and increase energy efficiency in grape production, Journal of Cleaner Production., Vol. ۱۹۷ No. ۱, pp. ۹۳۷–۹٤۷.

[۱۲] Peiró, L.T., Lombardi, L., Méndez, G.V. and i Durany, X.G. (۲۰۱۰). Life cycle assessment (LCA) and exergetic life cycle assessment (ELCA) of the production of biodiesel from used cooking oil (UCO), Energy, Elsevier, Vol. ۳٥ No. ۲, pp. ۸۸۹–۸۹۳.

[۱۳] Rashidi, J., Rhee, G., Kim, M., Nam, K., Heo, S., Yoo, C. and Karbassi, A. (۲۰۱۸). Life cycle and economic assessments of key emerging energy efficient wastewater treatment processes for climate change adaptation, International Journal of Environmental Research, Springer, Vol. ۱۲ No. ٦, pp. ۸۱٥–۸۲۷.

[۱٤] Simon, B., Amor, M. Ben and Földényi, R. (۲۰۱٦). Life cycle impact assessment of beverage packaging systems: focus on the collection of post-consumer bottles, Journal of Cleaner Production, Elsevier, Vol. ۱۱۲, □□. ۲۳۸□۲۴۸.

[۱٥] Soodmand-Moghaddam, S., Sharifi, M. and Zareiforoush, H. (۲۰۱۹). Investigation of fuel consumption and essential oil content in drying process of lemon verbena leaves using a continuous flow dryer equipped with a solar pre-heating system, Journal of Cleaner Production, Elsevier, Vol. ۲۳۳, pp. ۱۱۳۳-۱۱۴٥

[۱٦] Takamoto, Y., Mitani, Y., Takashio, M., Itoi, K. and Muroyama, K. (۲۰۰٤). Life cycle inventory analysis of a beer production process, Technical Quarterly-Master Brewers Association of the Americas, Vol. ٤۱ No. ٤, pp. ۳٦۳–۳٦٥.

[۱۷] Van Tran, N., Van Tran, Q., Do, L.T.T., Dinh, L.H. and Do, H.T.T. (۲۰۱۹). Trade off between environment, energy consumption and human development: Do levels of economic development matter?, Energy, Elsevier, Vol. ۱۷۳, pp. ٤۸۳–٤۹۳.

[Downloaded from necjournals.ir on 2026-05-26]