پوهنتون پولی‌تخنیک کابل
مجله علم و تکنالوژی
جلد ٥٤ – شماره ٢
سنبله – سال ١٤٠٥ – هـ.ش.
تاریخ دریافت اثر: ١٤٠٤/١٠/١٤
تاریخ قبولی اثر: ١٤٠٥/٠٤/٠٦
P-ISSN: 2305 - 896X
KPU-JST

ارزیابی فکتور های محیط زیستی و انرژی مصرفی در تولید نوشابه های انرژی زا شرکت تولیدی میلاد کبیر، کابل

انجنیر حنیف الله ناصری[1*] ، دوکتور عارف نعیم زاد[2]، دوکتور عبدالحی کیوان[3]

[1*] کارشناس ارشد چک و تخنیک مراکز الکترونیکی ریاست خدمات تخنیکی و مصونیت وزارت ترانسپورت و هوانوردی. ایمیل آدرس nasiry.waiss١١@gmail.com

[2] استاد و آمر برنامه های تحصیلات عالی در رشته انجنیری صنعتی پوهنتون بین‌المللی اسلامی افغان (AllU)، ایمیل آدرس naimzad@gmail.com-aref.naimzad@aiiu.edu.af

[3] استاد در رشته انجنیری صنعتی پوهنتون بین‌المللی اسلامی افغان، ایمی‌لادرس abdulhai.kaiwan@aiiu.edu.af

خلاصه

افزایش سریع مصرف نوشابه‌های انرژی‌زا در افغانستان، به ویژه در شهر کابل، موضوع مدیریت کثافات و اثرات محیط زیستی بسته بندی این محصولات را بسیار مهم ساخته است. بیشتر این نوشابه‌ها در بوتل های پلاستیکی (PET) یا قوطی های المونیمی عرضه می‌شوند. اما این دو نوع بسته بندی از نظر محیط زیستی تفاوت هایی دارند. یکی از چالش‌های اساسی در صنعت، افزایش مصرف انرژی و تولید محصولاتی با پیامدهای زیان‌بار برای محیط زیست است. در این تحقیق، مصرف انرژی و تولید کاربن دای اکساید در شرکت تولیدی و صنعتی میلاد کبیر بر روی بوتل‌های نوشابه انرژی زا بررسی شده است. تمرکز مطالعه بر دو نوع بوتل رایج یعنی بوتل‌های پلاستیکی (PET) و قوطی های المونیمی میباشد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار انرژی مصرف شده در بسته بندی و پرکردن ۱۰۰۰ قوطی المونیمی به طور اوسط ۱۳,۸ کیلووات و برای بوتل‌های PET حدود ۱۷ کیلووات در یک روز بوده است. این ارقام نشان می‌دهد که پرکردن بوتل‌های المونیمی نسبت به بوتل‌های PET انرژی کمتری مصرف می‌کند. از دیدگاه محیط زیستی، استفاده از بوتل‌های PET در بخش تولید، به‌خصوص در شرایطی که منابع انرژی محدود است، گزینه مناسب تری محسوب می‌شود. برعلاوه، بررسی شاخص استفاده از زمین برای دفن کثافات نشان می‌دهد که در بوتل‌های مورد نظر، این مقدار برای PET حدود ۰,۰۷۵ متر مربع در سال و برای المونیم ۰,۰۲۶ متر مربع در سال است.

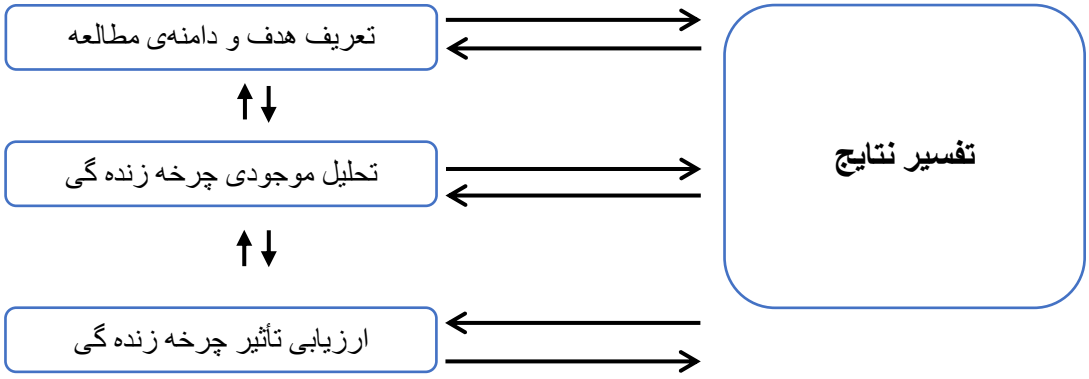
کلمات کلیدی: ارزیابی چرخه عمرLCA، تولید نوشیدنی انرژی زا، گرمایش جهانی.

[1*] مولف مسوول

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد سریع صنعت در سطح جهان به پیشرفت‌های قابل ملاحظه در عرصه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی منجر گردیده است. از جمله مزایای این رشد می‌توان به بهبود کیفیت زندگی، افزایش دسترسی به اموال و خدمات، گسترش زیرساخت‌های حمل ونقل و ارتباطات، و استفاده مؤثرتر از منابع اشاره نمود. با این حال، این رشد صنعتی با چالش‌های جدی محیط زیستی مواجه است؛ چالش‌هایی همچون افزایش تقاضا برای انرژی، کاهش منابع طبیعی، تغییرات اقلیمی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش تنوع بیولوژیکی، و آلوده‌گی آب، هوا و خاک که در نهایت سلامت انسان‌ها را تهدید می‌نماید. بدین وسیله، انکشاف پایدار به یکی از محورهای اساسی برنامه‌ریزی در سطوح ملی و بین‌المللی مبدل گردیده است. انکشاف پایدار نه تنها بر رشد اقتصادی، بلکه بر حفظ محیط زیست و تأمین عدالت اجتماعی نیز تمرکز دارد و مستلزم طراحی الگوهایی برای تولید و مصرف پایدار محصولات می‌باشد. در سال‌های اخیر، بسیاری از کشورها برای تحقق اهداف انکشاف پایدار، به تطبیق پالیسی‌ها و اقدامات متعدد در بخش صنعت پرداخته‌اند. یکی از ابزارهای مؤثر در تحلیل عملکرد محیط زیستی محصولات و پروسه‌های صنعتی، استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر (LCA) است. در این روش، هدف اصلی بررسی اثرات محیط زیستی مرتبط با تمام مراحل حیات یک محصول، از استخراج مواد خام، تولید و استفاده، تا بازیافت و دفع نهایی آن می‌باشد[۱]. ارزیابی چرخه عمر، تصویری جامع از تأثیرات محیط زیستی پروسه تولید در طول عمر محصول ارائه می‌دهد.

این تحلیل شامل چهار مرحله اصلی است:

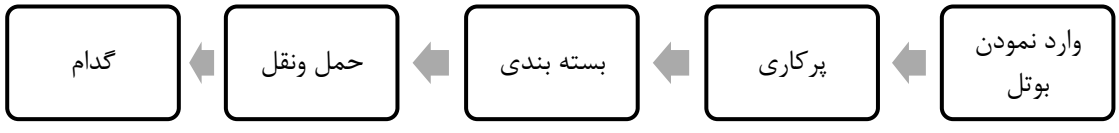


شکل ۱مراحل اصلی ارزیابی چرخه عمر (LCA)

در این مطالعه، دامنه ارزیابی برای ۱۰۰۰ بوتل در نظر گرفته شده است و ارزیابی دورهٔ حیات بوتل‌ها در جریان پروسه های تولید و بر اساس واحد عملکرد انجام گردیده است .واحد عملکرد یک مرجع کمی برای مقایسهٔ عملکرد سیستم‌ها بوده و به‌گونهٔ عددی و قابل اندازه‌گیری تعریف می‌گردد[۱]. در مرحلهٔ تحلیل اثرات، انتشار ذرات آلوده کننده ناشی از مصرف انرژی (برق، گاز طبیعی و سوخت‌های فوسیلی)، مصرف مواد، و انتشارات مستقیم یا غیرمستقیم (مانند گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید برق در بیرون از فابریکه) مورد ارزیابی قرار گرفت. ارقام مربوطه از شرکت تولیدی میلاد کبیر از طریق مصاحبهٔ حضوری به‌دست آمده و در جدول ۱ و ۲ درج گردیده است. به دلیل نبود برخی معلومات دقیق از

مراحل مختلف مانند استخراج، تولید، بسته بندی، توزیع و غیره، از ارقام‌های موجود در نرم‌افزارهای ارزیابی چرخه عمر (LCA) مانند Eco-invent استفاده شده است [۲].

این روش که از دهۀ ۱۹۹۰ به کار گرفته شده است، امکان ارزیابی اثرات محیط زیستی محصولات را از مرحلۀ استخراج مواد خام تا پایان دورۀ عمر آن‌ها فراهم می‌سازد. هدف LCA فراهم‌آوری معلومات دقیق و قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری بهتر در زمینۀ مدیریت منابع، طراحی پایدار، و کاهش استفاده از مواد یا عوامل مضر و آلوده‌کنندۀ محیط‌زیست می‌باشد. در این زمینه، مطالعات زیادی نشان ارقام‌اند که مصرف بیشتر انرژی می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های اقتصادی و تهدیدات جدی برای صحت انسان و محیط زیست گردد. به‌ویژه در صنایع انرژی‌بر مانند زراعت و تولیدات صنعتی، بهینه سازی مصرف انرژی و کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای از اهمیت ویژه برخوردار است [۳]. از جانب دیگر، مصرف بی رویۀ انرژی در برخی سکتورها سبب بروز مشکلات محیط زیستی و اجتماعی گردیده که نیازمند بررسی و راه‌حل‌های علمی میباشد. به همین منظور، روش LCA به‌عنوان یک ابزار مؤثر، می‌تواند اثرات محیط زیستی مواد، انرژی‌ها و پروسه های مختلف را تحلیل نموده و در طراحی الگوهای بهینه نقش اساسی ایفا نماید[۴]. در نتیجه، یکی از نیازهای اساسی برای دستیابی به انکشاف پایدار، طراحی سیستم‌های تولیدی است که در آن مصرف انرژی و انتشارات عوامل آلوده‌کننده کاهش یافته و در عین حال کیفیت زندگی حفظ شود. در این تحقیق، دو نوع بوتل نوشابۀ انرژی‌زا شامل قوطی های المونیمی و بوتل‌های ساخته‌شده از پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. المونیم به‌عنوان ماده‌ای با قابلیت بلند بازیافت و طول عمر زیاد شناخته می‌شود، اما فرآیند تولید و ترانسپورت آن عموماً انرژی‌بر بوده و اثرات محیط زیستی قابل ملاحظه‌ای دارد[۵]. از سوی دیگر، بوتل‌های PET به دلیل وزن سبک تر و هزینه کمتر در تولید، محبوبیت بیشتری دارند، اما با مشکلاتی مانند میزان بازیافت کمتر و آلودگی‌های مرتبط با آلوده گی بازیافت مواجه هستند[۶]. مطالعات مختلف نشان ارقام‌اند که استفاده از PET می‌تواند در کاهش مصرف انرژی در ترانسپورت مؤثر باشد، اما در عین زمان سبب افزایش آلوده‌گی‌های محیط زیستی ناشی از مواد کیمیاوی و پلاستیک‌های باقیمانده می‌گردد[۷]،[۸]. همچنان، بازیافت PET هنوز با مشکلاتی مانند کاهش کیفیت مواد بازیافتی و انتشار آلوده‌گی‌های جدید همراه است که نیازمند راهکارهای بهینه سازی و مدیریت مؤثر می‌باشد. در این تحقیق، اثرات محیط زیستی چرخۀ حیات این دو نوع بوتل از مراحل وارد کردن بوتل‌ها، تولید، ترانسپورت، استفاده و پایان عمر آن‌ها به‌گونۀ دقیق بررسی گردیده تا راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی محیط زیستی و بهبود پایداری ارائه گردد[۹].



شکل ۲: دیاگرام از پروسه های بسته بندی نوشیدنی انرژی زا در شرکت تولیدی

روش و مواد تحقیق

در این تحقیق، برای ارزیابی اثرات محیط زیستی بوتل‌های نوشابهٔ انرژی‌زا از روش ارزیابی دورهٔ حیات (Life Cycle Assessment – LCA) استفاده شده است. چارچوب کلی LCA مطابق با معیارهای بین‌المللی ISO ۱۴۰۴۰ و ISO ۱٤۰٤٤ طراحی گردیده و مراحل مختلف آن شامل تعریف هدف و دامنه، تحلیل موجودی (LCI)، ارزیابی اثرات (LCIA) و تفسیر نتایج می‌باشد.

معلومات مورد نیاز در این تحقیق از فابریکهٔ تولیدی میلاد کبیر جمع‌آوری شده است. ارقام مربوط به مصرف مواد خام (بوتل‌های PET و قوطی های المونیمی، انرژی، آب، مواد سوخت، ضایعات تولیدی و فرآیندهای مختلف تولید، از طریق مشاهدهٔ حضوری، مصاحبه با کارمندان، و اسناد تخنیکی فابریکه) جمع آوری گردیده است. برای تحلیل ارقام، از نرم‌افزار SimaPro و روش ارزیابی ReCiPe Endpoint (H) v۱،۱۳ به منظور بررسی اثرات محیط زیستی استفاده شده است. همچنان، تصاویر مستند از مراحل تولید به‌عنوان ضمیمهٔ پایان‌نامه جهت تقویت تحلیل کیفی ارائه گردیده است. آلوده‌گی‌ها و اثرات محیط زیستی مربوط به قوطی های المونیمی و PET در بخش‌های مختلف دورهٔ حیات آن‌ها، شامل وارد نمودن پریفارم یا قوطی های المونیمی، تولید، ترانسپورت، استفاده و دفع نهایی، با تمرکز ویژه بر مرکبات آلوده‌کننده و گازهای متصاعد شده، مورد ارزیابی قرار گرفته است. برخی از آلوده‌کننده‌های مهم شامل کاربن دای اکساید، اکسایدهای نایتروجن، بخارات آبی فرار، ذرات معلق، و فلزات سنگین می‌باشند.

جدول ۱. مراحل اصلی چرخه عمر بوتل‌های انرژی‌زا

شماره	مرحله چرخه عمر	فعالیت‌های کلیدی	منابع مصرفی	خروجی/آلودگی‌ها
۱	تولید بوتل	وارد نمودن بوتل های پلاستیکی و قوطی های المونیمی	انتقالات	انتشار CO_2
۲	پرکاری (پر کردن نوشیدنی)	شست‌وشو، پر کردن، سرپوش	آب، برق، مواد شوینده	فاضلاب، مصرف انرژی
۳	بسته‌بندی	قرار دادن بوتل ها در بسته های پلاستیکی و کاغذی	پلاستیک، چسب	ضایعات بسته‌بندی، مصرف انرژی
۴	حمل و نقل	انتقال از شرکت تولیدی به گدام یا بازار	سوخت (دیزل)، وسایل نقلیه	گازات منتشره (CO_2، Nox)
۵	گدام کاری (انبارداری)	ذخیره‌سازی در گدام ها با تهویه و سرمایش	برق (روشنایی، تهویه)، فضای فیزیکی	مصرف انرژی، انتشار غیرمستقیم گاز های گلخانه ای

جدول ۲. مشخصات فنی و ارقام مصرف انرژی بوتل‌های پلاستیکی PET و قوطی های المونیمی در مراحل تولید در شرکت میلاد کبیر

شماره	عناوین	مقدار برای بوتل های پلاستیکی	مقدار برای بوتل های المونیمی
۱	نام محصول	بوتل نوشیدنی انرژی زا از جنس PET	قوطی نوشیدنی انرژی زا از جنس المونیم
۲	نام تولیدکننده	شرکت تولیدی میلاد کبیر	
۳	وزن بوتل (بدون محتویات)	۱۷ گرام	۸,۵ گرام
۴	واحد عملکردی (بوتل پرشده)	۵۲۱,۱ گرام	۲۶۱ گرام
۶	فیصدی PET بازیافتی	٪۱۵	٪۷۰
۷	افزودنی‌ها و مواد خام دیگر	۷۳,۸ کیلوگرام در روز	۶۰ کیلوگرام در روز
۸	وزن نهایی هر بوتل ساخته‌شده	۲۱,۱ گرام	۱۱ گرام (بدنه ۸,۵ + درب ۲,۵ گرام)
۹	حجم بوتل	۵۰۰میلی‌لیتر	۲۵۰میلی‌لیتر
۱۰	نوع سرپوش، لیبل، گردن بوتل	سرپوش HDPE ، لیبل PP	سرپوش المونیمی
۱۲	دانه‌های پولی اتلین سنگین (HDPE)	۲,۹ گرام	۲,۵ گرام
۱۳	دانه‌های پولی پروپیلن(PP)	۱,۲ گرام	//
۱۴	مصرف برق خط تولید	۲۵۰-۳۰۰ کیلووات در روز	۱۵۰-۲۰۰ کیلووات در روز
۱۵	مصرف سوخت دیزل برای تولید برق و حمل ونقل	۳۰۰ لیتر در روز	۱۰۰ لیتر در روز
۱۶	انرژی کمکی (سردسازی، بسته بندی سرپوش و...)	۵۰ کیلووات‌ساعت در روز	۵۰ کیلووات‌ساعت در روز
۱۷	تعداد بوتل تولیدشده در روز	۱۸،۰۰۰عدد	۲۴،۰۰۰عدد
۱۸	راندمان تولید	٪۹۷,۸	٪۹۹,۸
۱۹	ضایعات تولیدی بوتل ها	٪۲,۲ معادل ۶,۷ کیلوگرام در روز	٪۰,۲ معادل ۰,۵۲ کیلوگرام در روز
۲۰	روش مدیریت بوتل‌های معیوب	ساخت بخته های گازی	ذوب و استفاده مجدد
۲۱	حجم فاضلاب تولیدی	۱۵۰۰ لیتر در روز	۷۵۰ لیتر در روز
۲۲	روش‌های دفع پسماند	بازیافت، دفن	بازیافت
۲۳	ضریب انتشار CO_2 برق (میانگین شبکه)	۰,۷ کیلوگرام CO_2 به ازای هر کیلووات‌ساعت	۰,۷ کیلوگرام CO_2 به ازای هر کیلووات‌ساعت
۲۴	ضریب انتشار CO_2 دیزل	۲,۶۸کیلوگرام CO_2 به ازای هر لیتر	۲,۶۸کیلوگرام CO_2 به ازای هر لیتر
۲۵	کل انتشار گازهای گلخانه‌ای	۱,۰۱۴تُن معادل CO_2 در روز	بین ۱,۵ تا ۲ تن معادل CO_2 در روز
۲۶	مقدار CO_2 تولیدشده به ازای هر بوتل ۵۰۰ میلی‌لیتری	۵۶,۳ گرام	۲۳,۱۵ گرام CO_2
۲۷	فاصله حمل مواد اولیه	۳۵کیلومتر	۳۵کیلومتر
۲۹	نوع واسطه متوسط تناژ	باربری ۳۲ تن	باربری ۳۲ تن
۳۰	سوخت مصرفی حمل‌ونقل مواد اولیه	۳۰ لیتر در ماه	۳۰ لیتر در ماه
۳۱	فاصله حمل محصول نهایی	۱۰۰تا ۲۰۰ متر	۱۰۰تا ۲۰۰ متر
۳۲	ساعات کاری کارخانه	۸ساعت در روز (۱ شیفت کاری)	۸ساعت در روز (۱ شیفت کاری)

محاسبه میزان انتشار کاربن دای اکساید (CO_2) ناشی از مصرف برق و سوخت دیزل

در این مطالعه، به‌منظور ارزیابی اثرات محیط زیستی ناشی از مصرف انرژی، مقدار انتشار گاز کاربن دای اکساید (CO_2) حاصل از مصرف برق و سوخت دیزل در یک ماه محاسبه گردیده است. برای این محاسبه، از فکتورهای معیاری انتشارات استفاده شده و فرمول‌های ذیل به کار گرفته شده‌اند:

الف) مصرف برق:

میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف برق از رابطه زیر محاسبه شد:

$$CO_2\ Emissions\ \left(\frac{kg}{day}\right) = Electricity\ Consumption\ \left(\frac{kWh}{day}\right) \times Emission\ Factor\ \left(\frac{Kg\ co_2}{day}\right)$$

با فرض مصرف روزانه ۳۰۰ کیلووات ساعت و عامل انتشار ۰,۷ کیلوگرام CO_2 به ازای هر کیلووات ساعت، مقدار انتشار روزانه برابر است با:

$$CO_2\ Emissions = ۳۰۰\ \left(\frac{kg}{day}\right) kWh/day \times ۰.۷ \frac{Kg\ co_2}{kWh} = ۲۱۰\ \frac{Kg\ co_2}{day}$$

ب) مصرف سوخت دیزل:

میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف سوخت دیزل نیز طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$CO_2\ Emissions \left(\frac{kg}{day}\right) = Diesel\ Consumption\ (liters\ or\ kg \times Emission\ Factor\ \left(\frac{Kg\ co_2}{liter}\right)$$

با در نظرداشت مصرف معادل ۳۰۰ لیتر دیزل در روز و عامل انتشار ۲,۶۸ کیلوگرام CO_2 برای هر لیتر، مقدار انتشار روزانه به‌صورت زیر برآورد می‌شود:

$$CO_2\ Emissions\ \left(\frac{kg}{day}\right) = ۳۰۰\ kWh/day \times ۲.۶۸ \frac{Kg\ co_2}{Liter} = ۸۰۴\ \frac{Kg\ co_2}{day}$$

این محاسبات به منظور برآورد اثرات تغییرات اقلیمی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی کارخانه میلاد کبیر (MKMFBC) صورت گرفته است و نتایج در ارزیابی چرخه عمر لحاظ گردیده‌اند.

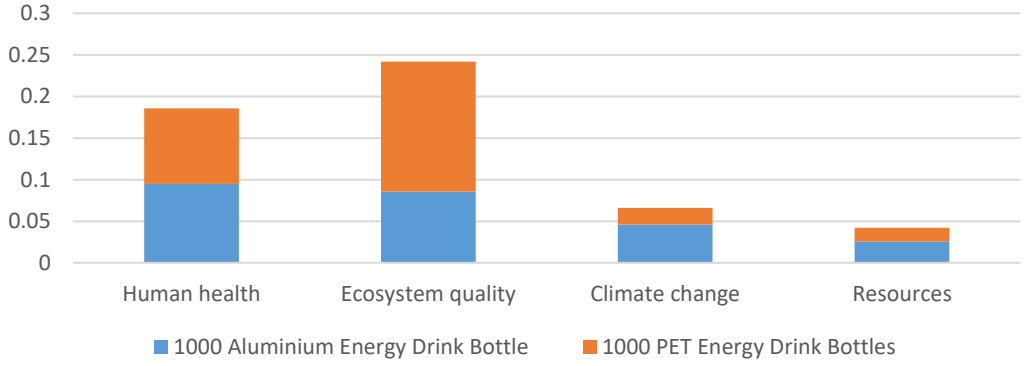
نتایج وبحث:

شکل (۳) نتایج نورمال سازی اثرات محیط زیستی مربوط به ۱۰۰۰ قوطی نوشیدنی انرژی‌زای المونیمی و ۱۰۰۰ بوتل PET را نشان می‌دهد که با استفاده از روش‌های IMPACT ۲۰۰۲+ و ReCiPe Endpoint (H) v۱,۱۳ در نرم‌افزار SimaPro تحلیل گردیده‌اند. نورمال سازی این امکان را فراهم می‌سازد تا گروپ های مختلف آسیب‌های محیط زیستی در یک مقیاس واحد مقایسه شوند و اهمیت نسبی هر گروپ به‌صورت واضح تر مشخص گردد. گراف نشان می‌دهد که بوتل‌های PET در دسته «کیفیت ایکوسیستم» دارای اثرات به مراتب بیشتر می‌باشند، به‌گونه‌ای که امتیاز نورمال شده آن‌ها حدود ۰,۱۵ است، در حالی که برای قوطی های المونیمی این رقم تقریباً ۰,۰۸۵ می‌باشد. این

یافته بیانگر آن است که بوتل‌هایPET ، با وجود اثرات کمتر در سایر حوزه‌ها، می‌توانند تهدیدات قابل ملاحظه‌ای برای ایکوسیستم‌ها ایجاد کنند؛ احتمالاً به دلیل آلودگی‌های ناشی از آن‌ها یا قابلیت پایین تجزیه پذیری شان.

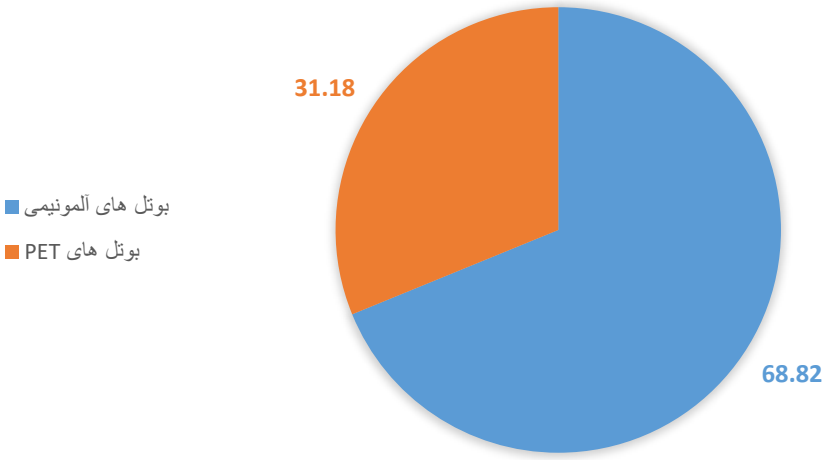
در مقابل، قوطی های المونیمی در حوزه‌های «تغییرات اقلیم» و «مصرف منابع» امتیازات نورمال شده بالاتری دارند؛ به‌گونه‌ای که در تغییرات اقلیم، امتیاز آن‌ها حدود ۰,۰۴۵ در برابر ۰,۰۲ برای PET بوده و در بخش منابع، حدود ۰,۰۲ در برابر تقریباً ۰,۰۱ برای PET می‌باشد. تأثیرات بر سلامت انسان در هر دو نوع بوتل تقریباً مشابه است، اما قوطی های المونیمی اندکی بالاتر می‌باشند؛ با امتیاز ۰,۰۹۵ در مقایسه با ۰,۰۹ برای بوتل‌هایPET میباشد.

این نتایج نورمال شده به‌خوبی تضادها و توازن محیط زیستی بین این دو ماده را نشان می‌دهد: المونیم سهم بیشتری در گرمایش جهانی و کاهش منابع دارد، در حالی که PET تأثیرات بیشتری بر ایکوسیستم‌ها بر جای می‌گذارد. این موضوع اهمیت تصمیم‌گیری بر اساس شرایط خاص را برجسته می‌سازد — هرچند بوتل‌های PET ممکن است از لحاظ مصرف انرژی و تغییرات اقلیمی برتری داشته باشند، اما اثرات اکولوژیکی آن‌ها مستلزم راهکارهای هدفمند مانند ارتقای بازیافت و بهبود مدیریت پسماندهای پلاستیکی است.



شکل ۳: مقایسه تأثیرات زیست‌محیطی ۱۰۰۰ قوطی های انرژی زای المونیمی و PET در چهار شاخص اصلی (سلامت انسان، کیفیت ایکوسیستم، تغییرات اقلیمی و منابع)

شاخص گرمایش جهان (GWP ۱۰۰a) : برای بوتل‌های نوشیدنی انرژی‌زا با حجم‌های ۵۰۰ میلی‌لیتر و ۲۵۰ میلی‌لیتر، به ترتیب برابر با۴۵۶,۴۵۶ و ۱۹۷,۲۸۱ کیلوگرم معادل کاربن دای اکساید (CO_2e) محاسبه گردیده است. این مقادیر بیانگر پوتانشیل گرمایش جهانی این نوع بوتل‌ها در افق زمانی ۱۰۰ ساله بوده و بر اساس توان بالقوه هر یک در تولید گرمایش، به واحد کیلوگرم معادل CO_2 ارائه شده‌اند.



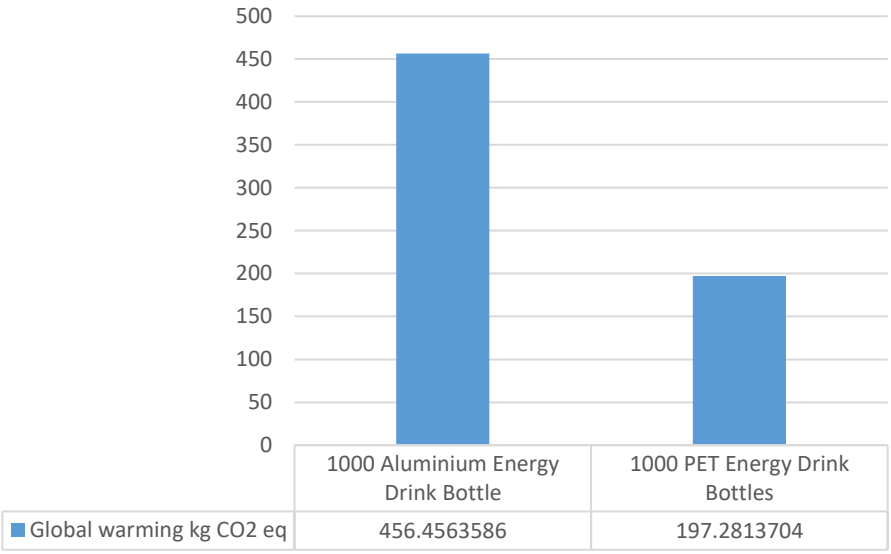
شکل۴: اسهام نسبی انتشار کاربن دای اکساید ناشی از تولید بوتل های انرژی

بر اساس گراف دایره‌ای (Pie Chart) حاصل از تحلیل ارقام‌ها، در بوتل‌های PET با حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتـر، حـدود ٪۴۰ از انتشار گاز کاربن دای اکساید مربوط به فرآیندهای مرتبط با تولید المونیم می‌باشد.

در سطح کلان، نتایج نشان داد:

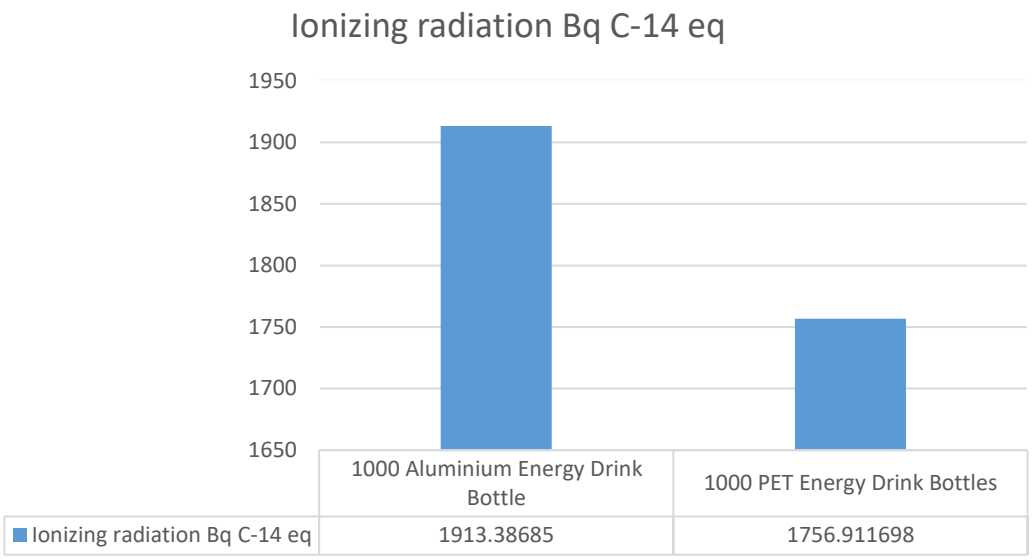
- ۶۸,۸۲ فیصد از کل انتشار گاز کاربن دای اکساید به تولید ۱۰۰۰ قوطی المونیمی نوشیدنی انرژی‌زا اختصاص دارد.
- در مقابل، ۳۱,۱۸ فیصد از کل انتشار به ۱۰۰۰ بوتل PET نسبت ارقام می‌شود.

این یافته‌ها نشان می‌دهد که قوطی های المونیمی سهم بیشتری در گرمایش جهانی ایفا می‌کنند. با این حال، بوتل‌های PET نیز، علی‌رغم اثر کمتر، همچنان سهم قابل‌توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین دارند.



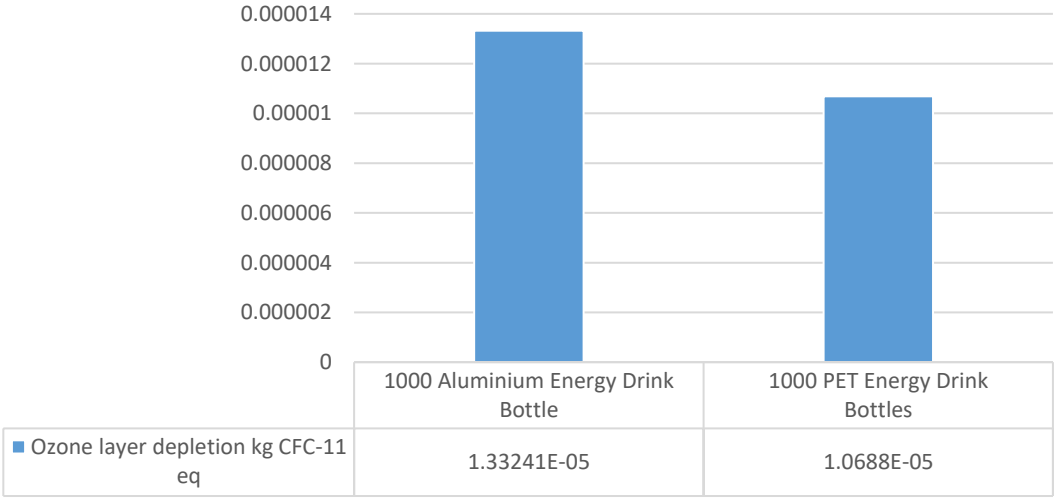
شکل ۵: مقایسه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (Global Warming Potential) ناشی از تولید ۱۰۰۰ بوتل های المونیمی و پلاستیکی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده و مطابق با گراف ارائه‌شده، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید ۱۰۰۰ قوطی نوشیدنی انرژی‌زای المونیمی برابر با ۴۵۶,۴۶ کیلوگرم معادل CO_2 است، در حالی که این مقدار برای ۱۰۰۰ بوتل PET حدود ۱۹۷,۲۸ کیلوگرم معادل CO_2 برآورد شده است. این اختلاف قابل‌توجه بیانگر آن است که قوطی های المونیمی در مقایسه با بوتل‌های PET ، اثرات زیست‌محیطی بیشتری بر گرمایش جهانی دارند. علت اصلی این تفاوت را می‌توان در مراحل مختلف چرخه عمر، از جمله استخراج و حمل‌ونقل مواد اولیه، فرآیند ذوب با مصرف بالای انرژی، و سایر عملیات تولید جست‌وجو کرد که در مقایسه با پروسه تولید بوتل‌های PET ، انرژی و منابع بیشتری را مصرف می‌کنند. این ارقام‌ها نشان می‌دهد که انتخاب نوع بسته‌بندی در صنعت نوشیدنی می‌تواند تأثیر بسزایی بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای داشته باشد. ازاین‌رو، شناسایی و به‌کارگیری راهکارهای کاهش اثر کاربن همچون بهبود بهره برداری انرژی، استفاده از مواد بازیافتی، و بهینه‌سازی زنجیره تأمین می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات زیست‌محیطی این محصولات ایفا کند.



شکل ۶: مقایسه میزان انتشار (Ionizing radiation) ناشی از تولید ۱۰۰۰ بوتل آلومینیومی

بر اساس نتایج ارائه‌شده در گراف بالا، میزان تابش یونیزه برحسب Bq C-۱٤ eq برای تولید ۱۰۰۰ قوطی نوشیدنی انرژی‌زای المونیمی برابر با ۱۹۱۳,۳۹ است، در حالی که این مقدار برای بوتل‌های PET حدود ۱۷۵۶,۹۱ برآورد شده است. این اختلاف نشان می‌دهد که فرآیند تولید آلمونیم، در مقایسه با PET ، تابش یونیزه بیشتری در محیط ایجاد می‌کند.علت این تفاوت را می‌توان به استفاده بیشتر از منابع انرژی با بار رادیولوژیکی بالاتر، مانند برق تولیدی از نیروگاه‌های هسته‌ای یا فرآیندهای صنعتی وابسته به آن، در مراحل استخراج، پالایش و تولید آلمونیم نسبت داد. این یافته‌ها اهمیت انتخاب مواد اولیه با اثر تابش یونیزه کمتر را برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و بهبود پایداری زیست محیطی در صنعت نوشیدنی برجسته می‌سازد.



شکل۷: مقایسه میزان انتشار اوزون ناشی از ۱۰۰۰ بوتل های المونیمی و پلاستیکی

بر اساس یافته‌های کلیدی این پژوهش، بوتل‌های PET در مقایسه با قوطی های المونیمی، در شاخص‌هایی چون تغییرات اقلیمی، کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و مصرف انرژی، اثرات زیست محیطی کمتری دارند. با این حال، در شاخص کیفیت ایکوسیستم، بوتل‌های PET اثرات بیشتری نشان ارقام‌اند؛ به‌ویژه در سمیت‌زایی آبی (۹۵۶۰۳۲,۳ کیلوگرام TEG آب) و سمیت‌زایی خاکی (۲۶۳۳۷۳,۸ کیلوگرام TEG خاک) نسبت به آلمونیم (به ترتیب ۵۳۹۴۷۷,۹ و ۱۴۲۷۵۳,۸). قوطی های المونیمی دارای نرخ بازیافت بالاتر (۷۰–۷۵٪) بوده و بدون کاهش کیفیت دوباره بازیافت می‌شوند، در حالی‌که PET با نرخ ۶۰–۶۵٪ بازیافت شده و کیفیت آن در چرخه‌های بعدی کاهش می‌یابد. اگرچه آلمونیم در هر بوتل، گاز CO_2 کمتری تولید می‌کند (۲۳,۱۵ گرم برای ۲۵۰ میلی‌لیتر)، اما در مقیاس بزرگ‌تر، بوتل‌های PET با میانگین ۵۶,۳ گرم برای ۵۰۰ میلی‌لیتر، ردپای کاربن کمتری دارند. بیشترین اثرات زیست محیطی در مرحله استخراج مواد خام و تولید مشاهده شده است، به‌ویژه برای آلمونیم به‌دلیل فرآیند پرانرژی ذوب آن. از نظر بازیافت نهایی، آلمونیم کارایی بیشتری دارد، اما PET در تولید اولیه انرژی کمتری مصرف می‌کند. وجود سیستم‌های مؤثر مدیریت زباله، نقش مهمی در بهبود پایداری هر دو ماده ایفا می‌کند. در تحلیل امتیاز نهایی (IMPACT ۲۰۰۲+)، PET به‌دلیل اثرات کمتر در شاخص‌های اقلیمی و منابع، امتیاز بهتری کسب کرده، هرچند در تخریب ایکوسیستم امتیاز ضعیف‌تری دارد. نتایج ارزیابی چرخه عمر نشان میدهد که بوتل‌های آلومینیومی سهم قابل توجهی در شاخص گرمایش جهانی و استخراج مواد معدنی دارند، در حالی‌که سهم PET در هر دو شاخص حدود ۴۵٪ بوده است. در نورمال سازی، امتیاز PET در شاخص کیفیت ایکوسیستم ۰,۱۵۶ و آلمونیم ۰,۰۸۵ گزارش شده است. در نهایت، اثر هر دو ماده بر سلامت انسان مشابه بوده است؛ با مقادیر روزانه DALY برای آلمونیم برابر با ۰,۰۰۰۶۵۹ و برای PET برابر با ۰,۰۰۰۲۹۳ میباشد.

نتیجه گیری

بر بنیاد تحلیل‌های انجام‌شده، بوتل‌های PET به‌طور کلی در مقایسه با بوتل‌های المونیمی، در حوزه‌هایی چون تغییرات اقلیمی، کاهش منابع فسیلی و مصرف انرژی، اثرات زیست محیطی کمتری دارند. با این حال، بوتل‌های PET در شاخص‌های سمیت زایی آبی و سمیت‌زایی خاکی تأثیرات بیشتری بر کیفیت ایکوسیستم نشان ارقام‌اند. در حالی‌که المونیم با نرخ بازیافت بالاتر (تا ۷۵٪) و حفظ کامل کیفیت در چرخه‌های بازیافت، برتری دارد، PET در مراحل تولید، انرژی کمتری مصرف می‌کند. همچنان، ردپای کاربنی PET نسبت به آلمونیم کمتر می‌باشد. مرحله استخراج مواد خام، به‌ویژه برای آلمونیم، بیشترین سهم را در اثرات زیست محیطی دارد .تجزیه‌وتحلیل تک‌امتیازی (Single-score)نشان داد که PET ، با وجود آسیب بیشتر به ایکوسیستم، به‌دلیل اثرات کمتر بر اقلیم و منابع، نمره نهایی بهتری دریافت کرده است. در نهایت، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در اثرات بر سلامت انسان میان این دو نوع بوتل مشاهده نشد. این نتایج بر اهمیت طراحی نظام‌های مؤثر مدیریت پسماند و انتخاب آگاهانه مواد اولیه در راستای تولید پایدار تأکید می‌ورزد.

ماخذ

[۱] J. Pryshlakivsky, " Fifteen years of ISO ۱٤۰٤۰: a review," *Elsevier,* p. ۹, ۲۰۱۳.

[۲] L. L. L. M. G. a. i. D. X. Peiró, "Life cycle assessment (LCA) and exergetic life cycle assessment (ELCA) of the production of biodiesel from used cooking oil (UCO)," *Energy,* p. ۸۸۹–۸۹۳., ۲۰۱۰.

[۳] .۲ی. س. ا. یحاتف., "مدیریت مصرف انرژی در خانه‌های متراکم: نمونه‌پژوهی از یک آپارتمان "*,انتشاریه انرژی ایران* .۱۳۹۹ ,۷-۲۳ .pp ,

[٤] م. پ. ب. ع. خ. م., "کاربرد تحلیل پوششی ارقام‌ها برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و افزایش بازده انرژی در تولید انگور .۱۳۹۷ ,۹٤۷–۹۳۷ .p ,*Journal of Cleaner Production* ",

[٥] T. W. Narock, "Provenance-based approaches to semantic web service discovery and usage," *ProQuest,* p. ۲٤, ۲۰۱۲.

[٦] B. A. M. a. F. R. Simon, "Life cycle impact assessment of beverage packaging systems: focus on the collection of post-consumer bottles," *Journal of Cleaner Production,* pp. ۱۱۲, ۲۳۸-۲٤۸, ۲۰۱٦.

[۷] A. E. A. a. F. M. Hélias, "Consistent normalization approach for Life Cycle Assessment based on inventory databases," *Science of The Total Environment,* p. ۷۰, ۲۰۲۰.

[۸] J. R. G. K. M. N. K. H. S. Y. C. a. K. A. Rashidi, "Life cycle and economic assessments of key emerging energy efficient wastewater treatment processes for climate change adaptation," *International Journal of Environmental Research,* p. ۱۲, ۲۰۱۸.

[۹] S. S. M. a. Z. H. Soodmand-Moghaddam, "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,* p. ۲۳۳, ۲۰۱۹.

[۱۰] N. V. T. Q. D. L. D. L. a. D. H. Van Tran, "Tradeoff between environment, energy consumption and human development: Do levels of economic development matter," *energy,* p. ۱۷۳, ۲۰۱۹.

بیوگرافی مولفین

۱.انجنیر حنیف الله ناصری، فارغ التحصیل دیپارتمنت انجنیری اتومیخانیک پوهنځی انجنیر الکترومیخانیک پوهنتون پولی تخنیک کابل، و تحصیلات عالی خویش را در رشته انجنیری صنعتی پوهنځی انجنیری پوهنتون بین المللی اسلامی افغان انجام دادم و پایان نامه (تیزس) دوره ماستری را در زمینه چرخه عمر قوطی های المونیمی و بوتل های پلاستیکی PET انجام داده ام فعلا بحیث کارشناس ارشد چک و تخنیک مراکز الکترونیکی ریاست خدمات تخنیکی و مصونیت وزارت ترانسپورت و هوانوردی ایفای وظیفه مینماید زمینه، علاقه‌مندی و فعالیت‌های علمی وی شامل انجنیری صنعتی، بهینه‌سازی تولید، کنترل کیفیت، فناوری‌های تولید، بسته‌بندی صنعتی و مدیریت سیستم‌های تخنیکی میباشد.

۲.دکتور عارف نعیم زاد به عنوان استاد و آمر برنامه های تحصیلات عالی در رشته انجنیری صنعتی پوهنتون بین المللی اسلامی افغان (AIIU) فعالیت میکند. زمینه های تحقیقاتی و تحصص های او شامل مواد هوشمند و نانو کامپوزیت ها، مکاترونیک، رباتیک، پایداری شهری و مدیریت ریسک میشود.

۳.دکتور عبدالحی کیوان به حیث استاد پوهنځی انجنیر صنعتی پوهنتون بین المللی اسلامی افغان فعالیت میکند ماستری خویش را در رشته انجنیری سترکچر پوهنتون AP Goyal شیملا، هندوستان و دکتورا خویش را در همین رشته در پوهنتون تکنالوژی دهلی Delhi Technology University کشور هندوستان انجام داده است سوابق کاری آن استاد پوهنځی انجنیر پوهنتون ننگرهار، مشارو وزارت فواید عامه، مشاور وزارت تحصیلات عالی، ریس پوهنځی انجنیری پوهنتون بین المللی اسلامی افغان میباشد.