

ردپای کربن در صنعت تایر و راهکارهای کاهش آن

مهندس مؤمنی لندی

مدیر واحد توسعه منابع راهبردی اداره بازرگانی، گروه صنعتی بارز

M.Karabi@ippi.ac.ir

چکیده: محاسبه ردپای کربن در صنعت تایر فرایندی میان‌رشته‌ای و کار بسیار پیچیده‌ای است که همه مراحل چرخه عمر محصول از انتقال مواد اولیه، تولید، بهره‌برداری تا پایان عمر تایر را در برمی‌گیرد. این مقاله با جمع‌بندی متون و شواهد، اهمیت راهبردی سنجش و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را برای رقابت، کاهش هزینه‌ها و دسترسی به بازارهای صادراتی نشان می‌دهد. مرور نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری ارزیابی چرخه عمر تایر، بهینه‌سازی مصرف انرژی، بازیافت، جای‌گزینی مواد و نیز توسعه فناوری‌های کم کربن می‌تواند ردپای کربن را در کارخانه‌های تایرساز به‌طور معناداری کاهش دهد. در طول عمر تایر مقاومت غلظتی بالا موجب مصرف سوخت بالای خودرو می‌شود. به‌دلیل آن‌که ایران جزو متعهدان پیمان کیوتو نیست و نمی‌تواند از سازوکارهای بازار فروش واحدهای افزون‌بر تعهد کسب درآمد کند، بنابراین پرداخت مستقیمی در مقابل کاهش انتشار صورت نمی‌گیرد. اما در سطح بین‌المللی وقتی شرکت یا کشوری کاهش انتشار را انجام می‌دهد درآمد آن به شکل فروش اعتبار کربن می‌تواند صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: رد پای کربن، گازهای گلخانه‌ای، ارزیابی چرخه عمر تایر

مقدمه

تشدید تغییرات اقلیمی و الزامات سیاسی بین بازارهای بین‌المللی، بنگاه‌های صنعتی را به اندازه‌گیری و مدیریت انتشار کربن ملزم کرده است. در صنعت تایر به‌دلیل ماهیت انرژی بر فرایندها و اتکا به مواد، انتشار گازهای گلخانه‌ای قابل توجه است. استانداردها و قوانین زیست‌محیطی هرروز سخت‌گیرانه‌تر می‌شوند و عدم رعایت آن‌ها می‌تواند بر اعتبار صادرات و هزینه تمام‌شده اثر منفی بگذارد. گازهای گلخانه‌ای شامل گازهای حاوی دی‌اکسیدکربن و متان هستند که می‌توانند از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی پاک‌سازی زمین، تولید و مصرف غذا، کالاهای تولیدی، جاده، ساختمان، حمل‌ونقل و سایر خدمات منتشر شوند. در صنعت تایر در بیشتر موارد به‌دلیل دانش و داده‌های ناکافی در مورد تعاملات پیچیده بین فرایندهای مؤثر، از جمله تأثیر فرایندهای طبیعی که دی‌اکسیدکربن را ذخیره یا آزاد می‌کنند، نمی‌توان کل رد پای کربن را دقیقاً محاسبه کرد. به‌صورت میانگین یک تایر معمولی خودروی سواری می‌تواند بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم گاز دی‌اکسیدکربن تولید کند که بیشتر آن مربوط به اصطکاک تایر با جاده است. رایج‌ترین گازهای گلخانه‌ای عبارت‌اند از کربن دی‌اکسید، متان، اکسید نیتروژن و بسیاری از گازهای فلئوئودار. ردپای گازهای گلخانه‌ای مقدار عددی این گازهاست که یک نهاد واحد آن را منتشر می‌کند. محاسبات ردپا را می‌توان از یک فرد تا کل جهان انجام داد. با انجام ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای، ارزیابی چرخه عمر با سایر فعالیت‌های محاسباتی می‌توان ردپای کربن را اندازه‌گیری کرد.

مبانی و تعاریف کلیدی

ردپای کربن مقدار کل گازهای گلخانه‌ای معادل دی‌اکسیدکربن (CO_2e) است که در چرخه عمر محصول یا خدمت منتشر می‌شود. چارچوب‌های رایج ارزیابی شامل استانداردهای ارزیابی چرخه عمر و دستورالعمل‌های محاسبه انتشار به‌ویژه تفکیک انتشار به مستقیم و غیرمستقیم هستند.

چرخه عمر تایر و نقاط اصلی انتشار

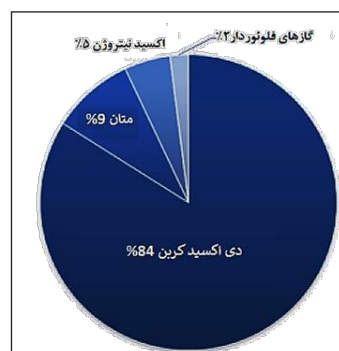
مواد اولیه: برداشت و آماده‌سازی کائوچو طبیعی/مصنوعی، دوده، روغن‌ها و افزودنی‌ها.
حمل‌ونقل: جابجایی مواد تا کارخانه و انتقال محصول.
تولید: اختلاط، کلندر، ساخت و پخت با مصرف انرژی بالا.
کاربرد: مقاومت غلظتی و دوام می‌تواند بر مصرف سوخت ناوگان اثر بگذارد.
پایان عمر: بازیافت، استفاده به‌عنوان سوخت جای‌گزین یا دفن، که هر کدام ردپای کربن متفاوتی دارند.

منابع انتشار: مستقیم و غیرمستقیم

انتشار مستقیم (درون کارخانه از محل تولید محصول) شامل احتراق سوخت در خطوط پخت و انتشار فرایندی است. انتشار غیرمستقیم عمدتاً از مصرف برق و گرما (سالن‌های پخت) و همچنین زنجیره تأمین مواد اولیه ناشی می‌شود. اندازه‌گیری دقیق، تعیین حدود مرزی سیستم و جمع‌آوری داده‌های معتبر برای اعتبارسنجی نتایج ضروری است. حتی انتشار مربوط به فروش محصولات در این دسته قرار می‌گیرد.

راهبردهای کاهش ردپای کربن

- بهینه‌سازی انرژی و تعمیرات بهره‌ور ماشین‌آلات پخت و اختلاط
- جای‌گزینی سوخت‌ها و استفاده از برق کم‌کربن و تجدیدپذیر
- بهبود طراحی محصول برای کاهش مقاومت غلظتی
- افزایش سهم مواد بازیافتی/زیستی و کاهش مواد پُرکربن
- بهینه‌سازی حمل‌ونقل و زنجیره تأمین
- مدیریت پایان عمر: بازیافت مکانیکی یا پیرولیز



شکل ۱-

• استقرار نظام پایش، گزارش‌دهی و اعتبارسنجی انتشار

صادرات

باتوجه به این‌که هم‌اکنون دروازه‌های صادرات تایر به اروپا برای کشورمان بسته است، به نظر می‌رسد با برطرف شدن تحریم‌ها امکان صادرات هیچ‌کدام از محصولات تایری به اتحادیه اروپا فراهم نباشد. طبق اعلام اتحادیه اروپا از سال آینده ورود برخی از محصولات پتروشیمی و کاشی و سرامیک بدون داشتن مقدار ردپای کربن ممنوع است. این امر می‌تواند در سال‌های آینده شامل محصولات تایری شده و آن‌ها را به این لیست اضافه کند. این در حالی است که ما هنوز برای الزامات قانون REACH با مشکلات زیادی روبرو هستیم. مشکلات بخش صادرات تایر نیازمند ارتقا زیاد کیفی مواد اولیه و محصولات برای تطبیق با بازار جهانی است. این بدین معناست که هر کلاس تایری برای ورود به بازار جهانی باید گواهی کربن ارائه دهد که اصطلاحاً به آن گواهی انتشار گفته می‌شود و به ازای هر مقدار اضافی که طبق استانداردها تعریف شده است باید مقادیر زیادی ارز پرداخت کند و عملاً صادرات را به جای امری سودده با ضرر مواجه خواهد کرد. در حال حاضر تنها راه کسب درآمد از ردپای کربن در ایران فروش اعتبار کربن در بازارهای جهانی است.

در جامعه بین‌المللی اصطلاحی تحت عنوان تجارت انتشار دی‌اکسیدکربن وجود دارد که اجازه می‌دهد با انتشار این گاز فناوری‌ها و تکنولوژی‌های مربوطه به فروش برسند و مشتریان بیشتری را نصیب خود کنند. اما این بیشتر برای کشورهایی است که در تعهد پیمان کیوتو هستند و موظف به کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن هستند. به‌طور خلاصه پیمان کیوتو در ایران پرداختی برای کاهش ردپای کربن انجام نمی‌دهد و فقط می‌تواند در پروژه‌های سازوکار توسعه پاک در بازارهای داوطلبانه اعتبار صادر کند. این یعنی درآمد بین‌المللی تنها در صورتی حاصل می‌شود که پروژه‌ای در ایران ثبت شود و در بازار بین‌المللی فروخته شود. وزارت امور خارجه و به استناد اصل صدوسی‌وهشتم در مورخ ۱۳۸۶/۱۰/۳۰ وزارت امور اقتصادی و دارایی را مکلف می‌کند فعالیت‌های پژوهشی واحدهای صنعتی را که در راستای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش صنعت انجام می‌گیرد، جزء معافیت‌های مالیاتی موضوع بند (۸) ماده (۱۴۸) قانون مالیات‌های مستقیم تلقی کند. ایران از جمله کشورهایی است که به این پیمان ملحق نشده یعنی کشورهای درحال توسعه‌ای که تعهد اجباری ندارند و نمی‌توانند از سازوکارهای بازار مثل فروش واحدهای افزون‌بر تعهد کسب درآمد کنند. بنابراین پرداخت مستقیمی در مقابل کاهش انتشار صورت نمی‌گیرد. اما در سطح بین‌المللی وقتی شرکت یا کشوری کاهش انتشار را انجام می‌دهد درآمد آن به شکل فروش اعتبار کربن می‌تواند صورت گیرد. این اعتبارها در بازارهای جهانی معامله می‌شوند و قیمت آن‌ها بسته به نوع بازار، کیفیت پروژه و سال انتشار متغیر است. رابطه کاهش انتشار با درآمد: (میزان کاهش انتشار به تن) * (قیمت بازار هر اعتبار) = درآمد

مراجع

- [1] Tang, B., Wu, H. and Wu, Y.F., 2024. Evaluation of carbon footprint of compression cast waste rubber concrete based on LCA approach. Journal of Building Engineering, 86, p.108818.
- [2] Sampath, M., Konikkara, N., David, S., Rath, J.P. and SKP, A., 2025. Advancements in sustainable materials for environmentally responsible tyre production: a comprehensive review. RSC Sustainability.
- [3] Institute of scrap recycling industries, INC. carbon footprint of USA rubber tyre recycling 2020.

امسال یعنی سال ۲۰۲۵ حدود ۲ تا ده دلار برای پروژه‌های معمولی و ۳۰ تا ۵۰ دلار برای پروژه‌های باکیفیت بالا مثل جنگل‌کاری یا انرژی‌های تجدیدپذیر برای هر تن کاهش پرداخت می‌شود.

برای کاهش اندازه کربن می‌توان استراتژی‌های زیر را تدوین کرد به‌عنوان مثال از طریق پیشرفت فناوری، بهره‌وری انرژی، مدیریت بهتر فرایند و محصول، تغییر فرایند خرید مواد اولیه با جای‌گزینی مواد سبز.

طبق آماری که توسط شورای بین‌المللی حمل‌ونقل پاک ارائه شده است خودروهای سواری که تازه وارد بازار شده‌اند ۱۲۷ گرم در کیلومتر دی‌اکسیدکربن تولید می‌کنند. این رقم برای خودروهای هیبرید الکتریکی ۹۲ گرم است. چندین نهاد بین‌المللی ردپای کربن را برای استفاده صنایع ارائه کرده‌اند که مقدار آن‌ها ثابت بوده و به اندازه‌گیری رد پای کربن در صنایع تایرسازی کمک می‌کند. از آگوست ۲۰۱۲ کربن تراست اعلام کرد که ردپای کربن ۲۷۰۰۰ محصول را اندازه‌گیری کرده است. به‌عنوان مثال برای کامپیوترهای شخصی خریداری شده صندلی‌های اداری برای بخش اداری و دیگر وسایل باتوجه به مدل و سال تولید آن‌ها می‌توان رد پای کربن را جستجو کرد و به‌عنوان مثال برای سایت اداری با محاسبه جزئیات اقلام و وسایل به‌صورت تقریبی رد پا را اندازه‌گیری کرد. همین کار را برای خطوط تولید می‌توان انجام داد اما بسیار سخت‌تر است. اگر ماشین‌آلات تایرسازی به‌تازگی خریداری شده باشند به‌احتمال خیلی زیاد تولیدکننده آن‌ها عدد ردپای کربن آن را ارائه می‌کند. این امر می‌تواند با نصب سنسور اندازه‌گیری ردپای کربن در سالن‌های پخت تایر عدد بهتری را برای ما محاسبه کند.

نتیجه‌گیری

کاهش ردپای کربن در صنعت تایر با تمرکز بر انرژی، مواد اولیه و پایان‌عمر، دست‌یافتنی است. ترکیب اقدامات سریع‌الاجرا با اقدامات ساختاری بیشترین اثربخشی را ایجاد می‌کند. می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً ارزان‌ترین راه برای کاهش رد پای کربن بهبود بهره‌وری انرژی است. از بهترین راهکارهای کاهش انتشار کربن راه‌کار مشوق‌های اقتصادی است که دولت با سیاست‌گذاری درست بتواند به ازای هر مقدار تعیین‌شده انتشار مبلغ آن را به صنایع پرداخت کند. پروتکل گازهای گلخانه‌ای GHG یک استاندارد شناخته‌شده جهانی است که توسط موسسه منابع جهانی WRI و شورای جهانی کسب‌وکار برای توسعه پایدار جهت کمک به محاسبه ردپای کربن و مدیریت انتشار گازهای گلخانه‌ای تدوین شده است. این پروتکل چارچوب جامعی برای کسب‌وکارها جهت اندازه‌گیری انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع مستقیم و غیرمستقیم ارائه می‌دهد و قابلیت مقایسه گزارش‌ها را فراهم می‌کند تا سازمان‌ها بتوانند اهداف کاهش انتشار را تعیین کنند و تصمیمات آگاهانه برای مقابله با تغییرات اقلیمی در مقیاس جهانی بگیرند.