

ارزیابی ردپای اکولوژیکی گاز دی اکسید کربن سوخت فسیلی

شهرستان بستان آباد

ندادربندی^۱، محمدرضاپورمحمدی^۲

*۱- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

۲- استاد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

ایمیل نویسنده مسئول: neda.darbandi۵@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

چکیده

طی سال‌های اخیر افزایش جمعیت، کلانشهرها را با چالش‌های اساسی مانند تغییرات جوی مواجه ساخته است. انتشار روبه افزایش گاز دی اکسید کربن به عنوان اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای در جو زمین از مهم‌ترین علل این نوع چالش به حساب می‌آید. اما مهم‌ترین منبع انتشار این نوع گاز سوخت‌های فسیلی مانند بنزین، گازوئیل و نفت می‌باشد، که برای تولید انرژی در مناطق شهری به کار برده می‌شود. با در نظر گرفتن اهمیت موضوع در این پژوهش سعی شده است تا به بکارگیری روش IPPC و روش محاسبه جای پای بوم‌شناختی برآورد مناسبی از میزان تولید گاز دی اکسید کربن از سوخت‌های فسیلی شهرستان بستان آباد و جای پای اکولوژیکی ناشی از آن انجام گیرد. برای این منظور از داده‌های آماری سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ برای شهرستان مورد مطالعه استفاده شده است. نتایج حاصل از ارزیابی و محاسبه حاکی از آن است که میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی مانند بنزین و گازوئیل در شهرستان بستان آباد به خاطر قرار گیری این شهرستان در راه ترانزیتی به خصوص طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ روبه افزایش بوده و حجم گاز دی اکسید کربن منتشر شده از سوخت‌های بنزین و گازوئیل در سال ۱۳۹۸ به ترتیب معادل ۱۴۳۴۱۸۱ و ۳۶۷۲۹۲۱ تن و در سال ۱۳۹۹ نیز برابر ۱۱۳۷۵۳۳ و ۴۲۴۸۳۶۷ تن بوده است. همچنین طی نتایج به دست آمده ردپای اکولوژیکی این نوع سوخت طی سال‌های مذکور به ترتیب ۵۳۳۱ و ۵۵۳۴/۷ هکتار بوده است. حال آنکه مساحت فضای سبز شهرستان براساس سالنامه آماری در سال ۱۳۹۸ حدود ۶۷/۲۰ هکتار و در سال ۱۳۹۹ برابر ۱۰۹۶ هکتار بوده است. که در نهایت با توجه به نتایج حاصل از محاسبات، میزان ردپای اکولوژیکی شهرستان، بیشتر از ظرفیت زیستی آن بوده است و برای جلوگیری و کاهش این کار، شهرداری بستان آباد باید تمرکز بیشتری را برای اعمال سیاستگذاری مناسب در جهت توسعه و حفاظت از فضای سبز شهری را داشته باشد.

کلمات کلیدی

گاز CO₂، "بستان آباد"، "تغییرات هوا"، "سوخت فسیلی"، "جای پای اکولوژیکی"

۱- مقدمه

امروزه شهرها به خاطر تراکم جمعیت و انواع فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی، از مهم‌ترین مراکز در مصرف منابع و انرژی و تولید کننده آلاینده‌های هوا به ویژه گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شوند؛ به طوری که شهرهای جهان حدود سه چهارم منابع طبیعی مورد نیاز جهانیان را به مصرف می‌رسانند (تیموری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۹۴ و صرافی، ۱۳۷۹: ۷). انرژی به عنوان یک منبع حیاتی و مورد نیاز در تولیدات صنعتی و کشاورزی، حمل و نقل، کیفیت زندگی بشر و غیره می‌باشد. که در چند دهه اخیر چالش‌ها و مشکلات محیط زیست درباره انرژی به یکی از نگرانی‌های بشر تبدیل شده است (Plassmann et al, ۲۰۱۰: ۳۹۴ و al, ۲۰۱۰: ۱۰۳ و Mantyka et al, ۲۰۱۰). بر اثر فعالیت‌های بشر مانند: مصرف سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی و تخریب محیط زیست، حجم گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر افزایش یافته و دمای کره زمین روز به روز افزایش بوده است. در میان گازهای گلخانه‌ای دی اکسید کربن حدود ۶۰ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده و بیشترین تأثیر را در افزایش دمای کره زمین برعهده دارد. همچنین ۸۱ درصد از کل گازهای گلخانه‌ای از مصرف سوخت فسیلی به دست می‌آید که موجب افزایش انتشار دی اکسید کربن و آلاینده‌های دیگر از جمله ذرات معلق شده و در نهایت منجر به

تغییرات آب و هوا می‌شود (ولایت‌زاده، ۱۳۹۷: ۲۳۹). انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوخت‌های فسیلی در اشکال مختلف حمل و نقل جاده‌ای شامل: اتومبیل، کامیون، موتورسیکلت و اتوبوس است. که ۶۰ درصد ناشی از مسافرت و رفت و آمد با "خودرو، موتورسیکلت و اتوبوس" و ۴۰ درصد مابقی از حمل و نقل جاده‌ای "کامیون" می‌باشد (Ritche et al, ۲۰۲۰: ۵). براساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۲۰ بین کشورهای آسیای جنوب شرقی، کشور اندونزی با انتشار ۵۹۰ میلیون تن گاز گلخانه‌ای به یکی از بزرگترین انتشار دهنده‌های کربن در منطقه آسیا و اقیانوسیه تبدیل شده و در رتبه دوم نیز کشور مالزی قرار دارد (Ansari, ۲۰۲۲: ۵). در این راستا برای تعیین میزان اثرات وارده بر محیط زیست مهم‌ترین و جامع‌ترین شاخص کمی ارائه شده از میان شاخص‌های ارزیابی توسعه پایدار در این حوزه، شاخص‌های "ردپای اکولوژیکی^۱ و ردپای کربن^۲ می‌باشند که طی دو دهه پیش توسط ویلیام ریز^۳ و دکتر ماتیس واکرناگل^۳ ابداع شده است (شاداستانجین و صفرزاده، ۱۴۰۱: ۴۱ و دربندی و همکاران، ۱۴۰۲: ۲). درحال حاضر ردپای اکولوژیکی ایران ۳/۲۲ است و این در حالی که

۱. Ecological footprint

۲. William Reese

۳. Matthias Walkernagel

در کشور پاکستان به این نتیجه دست یافتند که افزایش شهرنشینی و حمل و نقل تأثیر قابل توجهی را بر انتشار CO₂ به ویژه در بلند مدت را دارد و ارتباط میان آنها یک ارتباط منفی معنادار می‌باشد. به همین سبب نیز پیشنهاد دادند که دولت باید از مصرف انرژی‌های سنتی جلوگیری کرده و مصرف انرژی‌های تجدید پذیر را در کشور رواج بدهد. (Adebayo, 2022) در پژوهش خود درباره ارتباط مصرف نفت، مصرف انرژی آبی و ردپای اکولوژیکی در کشور ترکیه، با استفاده از روش آزمون غیرخطی بودن متغیرها و تکنیک‌های کمیت به این نتیجه رسید که مصرف نفت و انرژی آبی، تراکم جمعیت و رشد اقتصادی اکثراً منجر به تخریب محیط زیست ترکیه شده است، که بر این اساس بهترین پیشنهاد را توصیه‌های سیاستی دانسته است. (Boldizar, 2023) در پژوهش خود با عنوان تأثیر زیست محیطی حمل و نقل و جای پای بوم شناختی بار به عنوان یک شاخص جدید، به این نتیجه رسید که تا زمانیکه جایگزینی برای ماشین‌آلات به خصوص خودروهای سوخت فسیلی انتخاب نشود. میزان انتشار گاز CO₂ و ردپای زیست محیطی ناشی از آن در کشورهای عضو اتحادیه اروپا سیر صعودی را همچنان طی خواهد کرد. (Raihan et al, 2023) در مقاله خود به بررسی اثرات سوخت‌های فسیلی، رشد اقتصادی، انرژی‌های تجدیدپذیر و شهرنشینی برضرب ظرفیت بار در مکزیک پرداختند، و ضریب بار را به عنوان یک معیار ارزیابی و تسهیل کننده ظرفیت زیست محیطی و اکولوژیکی بررسی کردند. در نهایت متوجه شدند که علاوه بر آگاهی‌ها از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و سایر آلاینده‌های ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی در صورت‌های مختلف حمل و نقل یا صنعتی و غیره، سیاستگذاران مکزیک باید انتقال به منابع انرژی‌زای تجدیدپذیر را به عنوان یک اولویت تسریع بخشند و توسعه شهری پایدار را از نظر زیست محیطی تقویت کنند و با استفاده از ترویج فناوری سبزتر، ظرفیت بار را افزایش داده و تخریب محیطی زیست را کاهش دهند. (Baykal et al, 2024) در پژوهشی با عنوان توزیع ردپای کربن مبتنی بر سوخت با استفاده از روش‌های درون‌یابی مکانی و تهیه نقشه‌های GIS به این نتیجه رسیدند که منطقه به دلیل مصرف برق و گاز طبیعی در موقعیت ریسک متوسط روبه بالا قرار دارد. و احتمال دادند که علت آن ازدیاد جمعیت ساکن در منطقه و استفاده شدید از حمل و نقل می‌باشد. در نهایت اقدام اصلی که باید برای کاهش انتشار کربن در منطقه انجام شود را افزایش آگاهی مردم دانسته‌اند. مقاله حاضر با انتخاب شهرستان بستان‌آباد به عنوان مطالعه موردی به محاسبه کل جای پای اکولوژیکی گاز دی‌اکسیدکربن سوخت‌های فسیلی شهرستان طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ خواهد پرداخت.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

شهرستان بستان‌آباد یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان شرقی است، که در ۴۵ کیلومتری شرق تبریز در مسیر ترانزیتی تبریز-میانه و تبریز-سراب و اردبیل واقع شده است، که همین امر در سال‌های اخیر موجب شده که کامیون‌داری و خدمات حمل و نقل در ردیف عمده‌ترین مشاغل شهرستان قرار بگیرد. این شهرستان بین شهرستان‌های تبریز و

ظرفیت زیستی ۰/۷۴ می‌باشد، یعنی با کسری اکولوژیکی معادل ۲/۴۸ مواجه هستیم که وخامت وضعیت محیط زیست و بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی و فشار بر محیط زیست را نشان می‌دهد. همچنین ایران ششمین تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای در جهان است که برای مصرف انرژی متکی بر منابع تجدیدناپذیر بوده که این خود منجر به افزایش انتشار آلاینده‌ها و کسری زیستی شده است (محمدی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲: ۵). جنگل‌ها در نگهداری کربن در خارج از چرخه طبیعی آن برای مدت زمان طولانی اهمیت دارند. بنابراین بهترین راه برای توقف افزایش کربن می‌تواند ایجاد جنگل‌های مناسب باشد چراکه در مقیاس جهانی جنگل‌ها بزرگترین جاذب دی‌اکسیدکربن‌های درحال افزایش هستند (Weinand et al, 2023: ۵). تحقیقات متعدد داخلی و خارجی در رابطه با جای پای بوم شناختی صورت گرفته است، که در زیر به تعدادی از این تحقیقات اشاره می‌شود: (تیموری و محمدی فر، ۱۳۹۴) در پژوهش خود به تحلیل جای پای اکولوژیکی گاز CO₂ برای کل استان‌های ایران برای سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۸ پرداختند و با بکارگیری روش IPCC و ردپای بوم شناختی متوجه شدند که جذب این نوع گاز گلخانه‌ای برای کل مساحت اراضی جنگلی کشور حدود ۱۱۶ میلیون هکتار است، در حالی که مساحت اراضی جنگلی طی آمارنامه کشوری ۱۴ میلیون هکتار می‌باشد. یعنی رد پای اکولوژیکی کشور ۸/۲ برابر بیشتر از ظرفیت جنگل‌های کشور است. (ولایت‌زاده، ۱۳۹۷) در پژوهش خود برای برآورد میزان گاز دی‌اکسیدکربن سوخت‌های فسیلی در ایران، با استفاده از روش تجزیه شاخص به این نتیجه رسید که میزان استفاده از سوخت فسیلی گازوئیل (نفت‌گاز) در ایران بیشتر از سایر سوخت‌ها مولد تولید گاز CO₂ می‌باشد، که می‌توان از پیش بینی مقیاس‌های مختلف در فضاهای مهندسی شهری، برای تخمین و تولید این گاز استفاده کرد. (منصوری و زرغامی، ۱۴۰۰) در تحقیق خود در زمینه ارزیابی جای پای بوم‌شناختی سوخت‌های فسیلی اهواز، با روش IPCC و ردپای بوم شناختی، به برآورد میزان انتشار گاز CO₂ پرداختند و در نهایت متوجه شدند که در بخش مصرف سوخت‌های فسیلی، شهر اهواز از ردپای اکولوژیکی مناسبی برخوردار نمی‌باشد. بنابراین در چنین شرایطی به جای نگرانی افزایش جمعیت در شهر، باید تمرکز بیشتری بر اشاعه سبک زندگی و الگوی مصرف صحیح و سازگار با محیط‌زیست وجود داشته باشد. (حجازی و همکاران، ۱۴۰۱) طی پژوهش خود براری تحلیل ردپای بوم‌شناختی کربن حاصل از بنزین و گازوئیل در بخش حمل و نقل شهرستان بندرعباس، با استفاده از روش جای پای بوم شناختی و پرسشنامه به این نتیجه دست یافتند که ردپای این نوع سوخت‌ها در بخش حمل و نقل بنرعباس ۲/۷ برابر کمتر از کمتر از ظرفیت زیستی در شهرستان می‌باشد و از نظر هکتار جهانی نیز با توجه به وسعت شهر، شهرستان از وضعیت مناسبی برخوردار است. (حافظی و ممی‌پور، ۱۴۰۲) در پژوهش خود به بررسی اثرات سوخت‌های فسیلی بر روی گاز دی‌اکسیدکربن پرداختند و نتایج حاصل شده، نشان داد که مصرف نفت گاز "گازوئیل" هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت، بیشترین تأثیر مخرب را بر روی محیط‌زیست و انتشار دی‌اکسیدکربن را در ایران دارد. (Pervais et al, 2021) در پژوهش خود با بررسی اثرات مصرف انرژی و ردپای زیست محیطی انتشار گاز CO₂

CEti_j: میزان انتشار گاز CO₂ در قسمت i برحسب نوع سوخت مصرفی J در سال t به تن
 Eti_j: میزان انرژی مصرفی به تراژول در قسمت i برحسب نوع سوخت مصرفی J در سال t به تن
 EF_j: ردپای اکولوژیک نوع سوخت مصرفی J
 CS_{tj}: کسری از میزان سوخت J که به عنوان مواد خام اکسید نشده است در سال t
 O_j: کسری از کربن اکسید شده برای نوع سوخت مصرفی J
 M: نسبت وزن مولکولی دی اکسید کربن به کربن
 جدول ۱- ضریب انتشار کربن انواع سوخت به همراه کسری از دی اکسید کربن

سوخت	ضریب انتشار کربن	کسری از کربن اکسید شده
نفت خام	۲۰	۰/۹۸
گاز طبیعی مایع	۱۷/۲	۰/۹۸
بنزین	۲۰/۲	۰/۹۸
گازوئیل	۱۸/۹	۰/۹۸
سوخت جت	۱۹/۵	۰/۹۸
نفت	۱۹/۶	۰/۹۸
نفت کوره	۲۱/۱	۰/۹۸
گاز طبیعی	۱۵/۳	۰/۹۹
زغال سنگ نارس	۲۸/۹	۰/۹
زغال سنگ	۲۵/۸	۰/۹
کک	۲۹/۲	۰/۹

مأخذ: IEA, ۲۰۰۸, ۲۵

• یافته‌های پژوهش

با توجه به میزان محاسبات انجام شده برای مصرف انواع سوخت‌های فسیلی شهرستان بستان‌آباد در طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در جدول زیر آورده شده است.
 جدول ۲- میزان مصرف انواع فرآورده‌های نفتی طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در شهرستان بستان‌آباد

نوع سوخت	۱۰۰۰ لیتر در سال		رشد مصرف (درصد)
	۱۳۹۹	۱۳۹۸	
بنزین	۲۹۱۰۱	۳۶۶۹۰	-۲۰/۷
نفت گاز (گازوئیل)	۱۱۹۹۶۲	۱۰۳۷۱۳	۱۵/۷
نفت سفید	۱۷۲۲	۱۷۰۹	۰/۸
نفت کوره	۸۰	۷۸	۲/۶

مأخذ: آمارنامه شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران ۱۳۹۸-۱۳۹۹

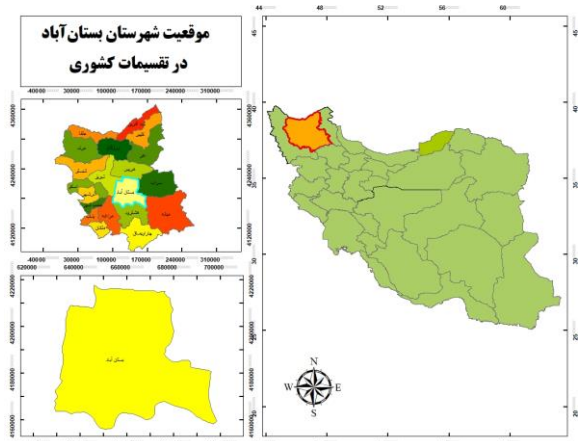
جدول ۳- میزان بنزین و نفت گاز مصرفی طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در شهرستان بستان‌آباد

نوع سوخت	۱۳۹۸	۱۳۹۹
بنزین (لیتر)	۳۶۶۹۰۰۰	۲۹۱۰۱۰۰۰
نفت گاز (لیتر)	۱۰۳۷۱۳۰۰۰	۱۱۹۹۶۲۰۰۰
جمعیت شهرستان به نفر	۱۰۱۶۵۹	۱۰۴۹۷۰
سرانه بنزین مصرفی	۳۶۰	۲۷۷
سرانه نفت گاز مصرفی	۱۰۲۰	۱۱۴۲

مأخذ: آمارنامه شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران ۱۳۹۸-۱۳۹۹
 کلیات ارزیابی جای پای اکولوژیکی

پس از روش بالا با در نظر گرفتن اینکه هر گالن بنزین بدون سرب حدوداً معادل ۱۲۵۰۰۰ BTU می‌باشد، که برابر با نرخ ۱۹/۳۵ تن کربن آزاد شده در هر BTU (بیلیون) است. از آنجایی که هر گالن بنزین برابر ۳/۷۸۵۳ لیتر بنزین است، در نتیجه به ازای سوختن ۱ لیتر بنزین ۳۳۰۲۲/۴۸۱۷۱ BTU آزاد می‌گردد. همچنین سوخت نفت

میان واقع شده است و از نظر جغرافیایی بین ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۷ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۸ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت این شهرستان ۲۷۹۴/۹۹۷ کیلومتر مربع است که در مقایسه با مساحت کل استان ۴/۶ درصد را به خود اختصاص داده است (طرح هادی بستان‌آباد). این شهرستان امروزه از چهار محله تاریخی به نام‌های اسکی کند، بستان‌آباد علیا و بستان‌آباد سفلی و قره کوره تشکیل شده است که در گذشته ای نه چندان دور، هر کدام روستایی مستقل بوده‌اند.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه: موقعیت شهرستان بستان‌آباد

• روش تحقیق

این پژوهش از نوع کاربردی و از نظر ماهیت به صورت تحلیلی می‌باشد. جامعه آماری تحقیق حاضر کل شهرستان بستان‌آباد است. برای گردآوری داده‌ها در این تحقیق از اسناد و مدارک نوشتاری و داده‌های آماری برگرفته از سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی و آمارنامه فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا کل کشور استفاده شده است. همچنین در طی این تحقیق با استفاده از روش IPCC، میزان انتشار کل گاز دی اکسید کربن ناشی از سوخت‌های فسیلی برآورد شده و در ادامه همانگونه که در موضوع مقاله نیز بدان اشاره شده است، از روش جای پای بوم شناختی برای محاسبه میزان ردپای ناشی از گاز دی اکسید کربن شهرستان بستان‌آباد برای میانگین‌گیری اثرات این گاز در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ شده است.

• روش محاسبه

ابتدا برای ارزیابی حجم گاز دی اکسید کربن از روش IPCC استفاده شد. بدین ترتیب که اول میزان مصرف سالانه سوخت و میزان گاز دی اکسید تولید شده و سپس میزان ردپای بوم‌شناختی این نوع گاز محاسبه می‌گردد. کل CO₂ تولید شده در قسمت i مطابق میزان مصرف انرژی آن قسمت، ضریب انتشار کربن برای سوخت فسیلی مصرفی و کسر کربن اکسید شده، طبق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$CE_{ij}^t = \sum_j CE_{ij}^t = \sum_j E_{ij}^t EF_j$$

$$\sum_j (1 - CS_j^t) O_j M$$

CEti: میزان انتشار گاز CO₂ در قسمت i در سال t به تن

جدول ۵- حجم گاز دی اکسید تولید شده از نفت گاز و جاپای آن طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در شهرستان بستان آباد

نوع سوخت و ردپای کولوژیک	۱۳۹۸	۱۳۹۹
گاز و نفت (گازوئیل) تن	۴۰۷۴	۴۴۱۸
اراضی جنگلی مورد نیاز	۲۳۳۷	۴۶۳۷
سرانه فضای سبز مورد نیاز	۲۴	۴۳

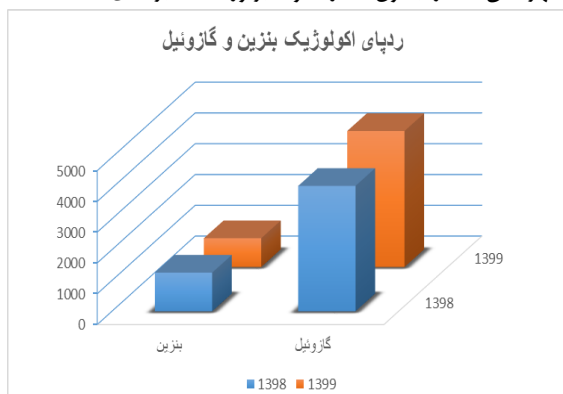
مأخذ: محاسبات نویسندگان

با در نظر گرفتن میزان مصرف بنزین که در جدول شماره ۲ آورده شده است و مطابق با محاسبات انجام شده در این زمینه، میزان مصرف بنزین در سال ۱۳۹۸ بیشتر از سال ۱۳۹۹ بوده است که در نتیجه آن، میزان گاز CO₂ منتشر شده از آن بیشتر از سال ۱۳۹۹ بوده و همچنین میزان جای پای بیشتری نیز نسبت به سال ۱۳۹۹ به نسبت جمعیت بر جای گذاشته است. به عبارتی جمعیت شهرستان بستان آباد در سال ۱۳۹۸ حدوداً ۱۰۱۶۵۹ نفر بوده، که میزان جاپای اکولوژیکی گاز CO₂ ناشی از بنزین به نسبت کل جمعیت شهرستان و میزان مصرف این نوع سوخت در این سال ۱۲۵۷ تن بوده در حالی که در سال ۱۳۹۹ با تعداد جمعیت ۱۰۴۹۷۰ نفر همین جای پا با توجه به میزان مصرف بنزین و تعداد جمعیتش به ۹۳۶ تن رسیده است. همچنین حجم گاز دی اکسید کربن منتشر شده از سوخت فسیلی گازوئیل شهرستان طی سالهای مذکور به ترتیب برابر با ۴۰۷۴ و ۴۴۱۸ تن بوده است. جدول ۶- ردپای اکولوژیک حاصل از سوخت‌ها فسیلی (بنزین، گازوئیل: به هکتار)

سال	۱۳۹۸	۱۳۹۹
کل ردپای اکولوژیک	۵۳۳۱	۵۵۳۴/۷
جمع سرانه سبز مورد نیاز	۹۲	۸۹

مأخذ: محاسبات نویسندگان

با توجه به جدول شماره ۶ این نتیجه حاصل می‌شود که استفاده از سوخت فسیلی نفت گاز (گازوئیل) در طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ بیشتر از سایر سوخت‌های فسیلی بوده و همچنین به تبع جای پای بوم‌شناختی قابل توجهی را نیز با توجه به سرانه های اراضی جنگلی و فضای سبز شهرستان که در جداول شماره ۴ و ۵ برآورد شده، بر جای گذاشته است.



شکل ۱- نمودار تغییرات ردپای اکولوژیک گاز CO₂ حاصل از بنزین و گازوئیل طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ در شهرستان بستان آباد

با توجه به جداول ۴ و ۵ سرانه ردپای اکولوژیک حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی برای هر شهروند شهرستان بستان آباد در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ به ترتیب برابر با ۹۲ و ۸۹ مترمربع فضای سبز بوده است. و این در حالی است که فضای سبز شهرستان بستان آباد در سال ۱۳۹۸ حدوداً ۶۸/۲۰ هکتار و سرانه هر شهروند ۶/۶۱ مترمربع بوده

گاز (گازوئیل) نیز در هر گالن تقریباً ۱۳۸۷۰۰ BTU تولید می‌کند که بر این اساس ۱۹/۹۵ تن کربن در هر BTU آزاد می‌شود. هر گالن نفت گاز برابر با ۳/۷۸۵۳ لیتر است که به ازای سوختن ۱ لیتر نفت گاز ۳۶۶۴۱/۷۴۵۷ BTU آزاد می‌شود. در نهایت برای محاسبه ردپای اکولوژیکی یا همان مقدار زمین مورد نیاز برای تأمین سرانه مصرف سوخت‌های فسیلی به صورت زیر عمل می‌شود:

$$390.43/7853 = 95/10474731 \text{ gallons}$$

$$95/10474731 \times 125000 \text{ BTU/gallons} = 11888093/413996 \text{ BTU}$$

$$11888093/9 \text{ Billion BTU} \times 19/35 \text{ Tonnes carbon/Billion} = 230034607/560 \text{ Hectare}$$

با توجه به اینکه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین لازم است بنابراین:

$$230034607/560 \text{ Tonnes carbon} \times 1 \text{ Hectare} \div 1/8 \text{ Tonnes carbon} = \text{hectare } 127797004/20045$$

این بخش از محاسبه برای به دست آوردن میزان جای پای کلی شهر باید عدد نهایی را بر تعداد جمعیت شهرستان تقسیم کنیم:

$$127797004/20045 \div 105921 = 6557 \text{ Hectare}$$

گالن سرانه مصرف نفت گاز (گازوئیل):

$$1041 \div 3/7853 = 269/46345071724 \text{ gallons}$$

$$269/46345071724 \times 138700 \text{ BTU/gallons} = 37374580/614481 \text{ BTU}$$

$$37374580/6 \text{ Billion BTU} \times 19/95 \text{ Tonnes carbon/Billion} = 745622883/258 \text{ Hectare}$$

با توجه به اینکه برای جذب ۱/۸ تن کربن یک هکتار زمین لازم است بنابراین:

$$745622883/258 \text{ Tonnes carbon} \times 1 \text{ Hectare} \div 1/8 \text{ Tonnes carbon} = \text{hectare } 4142334935/14382$$

این بخش از محاسبه برای به دست آوردن میزان جای پای کلی شهر باید عدد نهایی را بر تعداد جمعیت شهرستان تقسیم کنیم:

$$4142334935/14382 \div 105921 = 4074 \text{ Hectare}$$

۳- نتایج

با توجه به حجم بنزین و نفت گاز (گازوئیل) مصرف شده در شهرستان بستان آباد در طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و میزان جاپای کربن دی اکسید تولید شده از آن‌ها در جداول ۴ و ۵ آورده شده است: جدول ۴- حجم گاز دی اکسید تولید شده از بنزین و جاپای آن طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در شهرستان بستان آباد

نوع سوخت و ردپای کولوژیک	۱۳۹۸	۱۳۹۹
بنزین تن	۱۲۵۷	۹۳۶/۷
اراضی جنگلی مورد نیاز	۸۴۴۷	۶۲۹۴۶
سرانه فضای سبز مورد نیاز	۶۸	۴۶

مأخذ: محاسبات نویسندگان

بنزین و نفت گاز (گازوئیل) شهرستان بستان آباد در طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ با استفاده از روش‌های مناسب و بروز مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. از آنجایی که این شهرستان در مسیر جاده ترانزیتی قرار گرفته و از میزان رفت و آمد بالایی برخوردار است و همچنین با توجه به اینکه در سال‌های اخیر شغل رانندگی به ویژه ماشین‌های سنگین بار، در این شهرستان افزایش یافته، در نتیجه بخش قابل توجهی از سوخت‌گیری خودروها و کامیون‌ها در این شهرستان انجام می‌شود، که این خود موجبات افزایش میزان ردپای اکولوژیکی و آلودگی‌های ناشی از حمل و نقل را فراهم ساخته است. به عبارتی در طول روز تعدد مسافران به این منطقه چه از لحاظ کاری، تحصیلی، گردش و غیره باعث زیاد شدن سوخت‌گیری از پمپ بنزین‌های داخل شهر شده که ارزیابی این آمار غیر ممکن است. بنابراین در این پژوهش با استفاده از آمارنامه‌ها و اسناد معتبر مربوط به شهرستان بستان آباد و روش‌های مربوط محاسباتی انجام گرفت که در طی آن این نتیجه حاصل شد که، ردپای اکولوژیک گاز CO₂ تولیدشده از سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت گاز (گازوئیل)، طی سال‌های مذکور روبه افزایش بوده است. بدین صورت که ردپای اکولوژیک کربن این سوخت در سال ۱۳۹۹ معادل ۴۴۱۸ تن بوده است. در حالی که در همان سال ردپای کربن سوخت بنزین شهرستان برابر با ۹۳۶/۷ تن بوده است. همچنین براساس اسناد، میزان مصرف بنزین در سال ۱۳۹۹ حدوداً ۲۹۱۰ هزار لیتر بوده ولی میزان مصرف گازوئیل ۱۱۹۹۶۲ هزار لیتر بوده است. در حالت کلی میزان کل ردپای اکولوژیکی گاز کربن در طی این سالها به ترتیب ۵۳۳۱ و ۵۵۳۴/۷ هکتار بوده است. در نهایت با توجه به نتایج حاصل از محاسبات، میزان ردپای اکولوژیک شهرستان، بیشتر از ظرفیت زیستی آن بوده است و برای جلوگیری و کاهش این کار، شهرداری بستان آباد باید تمرکز بیشتری را برای اعمال سیاست‌گذاری مناسب در جهت توسعه و حفاظت از فضای سبز شهری را داشته باشد.

است (سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۸). همچنین در سال ۱۳۹۹ فضای سبز شهرستان مورد مطالعه ۱۸۰ هکتار بوده و سرانه هر شهروند ۱۷/۱۴ مترمربع بوده است (سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۹). با در نظر گرفتن محاسبات انجام شده در این زمینه، اگر سال ۱۳۹۹ را مبنا قرار دهیم، علاوه بر فضای سبز موجود؛ هر شهروند شهرستان بستان آباد ۲۹۶۱ مترمربع فضای سبز اضافه برای جذب اثرات گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن دارد. برای مقابله با چنین بحرانی شهرداری موظف به ارائه راهکارهای کنترلی در زمینه، مقابله با بحران زیست محیطی، توسعه و حفاظت فضای سبز شهر می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

امروزه شهرها به خاطر افزایش جمعیت، در معرض انواع آلودگی‌های زیست محیطی همچون: خاک، هوا، آب و غیره قرار گرفته‌اند و نظام‌های پیشتیبان حیات را بیشتر از حد ظرفیتشان تحت فشار قرار داده‌اند. از مهمترین این آلودگی‌ها، آلودگی ناشی از سوخت‌های فسیلی است، که اکثراً در حمل و نقل یا در کارخانجات مصرف می‌شوند. بر اثر افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی در شهرها، حجم گاز دی‌اکسید کربن که یکی از مهمترین گازهای گلخانه‌ای می‌باشد، زیاد شده و اقلیم شهرها یا به طور کلی اقلیم کشور را دستخوش تغییرات منفی کرده است. یکی از اساسی‌ترین راه‌های پایداری محیط زیست شهری و مقابله با بحران آلودگی‌ها، محافظت و توسعه فضای سبز شهری می‌باشد. چرا که ردپای اکولوژیکی گاز دی‌اکسیدکربن به بخشی از جنگل‌ها گفته می‌شود که برای متوقف کردن این نوع گاز منتشر شده از سوخت فسیلی لازم است. به عنوان نمونه می‌توان به مقاله تیموری و همکارانش اشاره کرد که برای بررسی ردپای گاز CO₂ سوخت‌های فسیلی در سال ۱۳۸۷ بر روی شهر شیراز مانند تحقیق حاضر از روش ردپای اکولوژیک استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که باید برای جلوگیری و کاهش تولید و انتشار این نوع گاز، شهرداری موجبات توسعه فضای سبز شهری را فراهم آورد. بنابراین در پژوهش حاضر ردپای اکولوژیکی گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از سوخت‌های فسیلی

منابع

- آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا، ۱۳۹۹-۱۳۹۸.
- تیموری، ا.، سالاروندیان، ف.، زیاری، ک.، ۱۳۹۳. ردپای اکولوژیک گاز دی‌اکسیدکربن سوخت‌های فسیلی شهر شیراز، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۱۲، صص ۲۰۴-۱۹۳.
- تیموری، ا.، محمدی، ا.، ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات ردپای اکولوژیکی گاز دی‌اکسیدکربن سوخت‌های فسیلی استان‌های کشور ۱۳۷۸-۱۳۸۸، آمار دوماهنامه تحلیلی-پژوهشی، شماره ۴۲، صص ۴۵-۴۰.
- حجازی، ر.، شاهنوری، م.، جوزی، ع.، شبیری، م.، زیاری، م.، ۱۴۰۱. تحلیل ردپای بوم‌شناختی کربن حاصل از مصرف بنزین و گازوئیل در بخش حمل و نقل شهرستان بندرعباس، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۷، صص ۱۴۲-۱۲۷.
- حافظی، ح.، ممی‌پور، س.، ۱۴۰۲. بررسی اثرات پویای سوخت‌های فسیلی روی انتشار دی‌اکسیدکربن در ایران، مجله مطالعات علوم محیط زیست، شماره ۱، صص ۸۰۴۵-۸۰۳۱.
- دربندی، ن.، پورمحمدی، م.، قربانی، ر.، ۱۴۰۲. بررسی و ارزیابی تغییر الگوی کاربری اراضی شهری با رویکرد جای‌بوم‌شناختی (مطالعه موردی: کلانشهر تبریز)، نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۸۸، صص ۱۷-۱.
- سالنامه آماری استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۹، ۱۳۹۸.
- شاداستانچین، ا.، صفرزاده، ا.، ۱۴۰۱. تأثیر مصرف انرژی برق آبی بر انتشار گاز دی‌اکسیدکربن ردپای اکولوژیکی و ردپای کربن در ایران، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، شماره ۴۰، صص ۴۰-۶۱.

- صرافی، م.، ۱۳۷۹. شهر پایدار چیست؟، فصلنامه مدیریت شهری، شماره ۴، صص ۶-۱۳.
- طرح هادی شهرستان بستان آباد، ۱۳۹۹.
- محمدی نیا، م.، عباسی، غ.، باصری، ب.، رحیمی، ر.، ۱۴۰۲. اثرات جهانی شدن، رشد اقتصادی، توسعه مالی بر ردپای اکولوژیکی در ایران (تجزیه وتحلیل رگرسیون کوانتایل)، فصلنامه پایداری توسعه و محیط زیست، شماره ۳، صص ۱۹-۱.
- منصوری، ت.، ضرغامی، ا.، ۱۴۰۰. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۷، صص ۲۹۰-۲۸۱.
- ولایتزاده، م.، ۱۳۹۷. برآورد انتشار کربن حاصل از مصرف سوخت های فسیلی در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۰۶ در ایران، نشریه پژوهش در بهداشت محیط، شماره ۳، صص ۲۳۷-۲۴۶.
- Adebayo, T., S. (۲۰۲۲). Assessing the environmental sustainability corridor: linking oil consumption hydro energy consumption and ecological footprint in Turkey, Environmental science and pollution research, ۳۰(۱۱), ۱۸۸۹۰-۱۸۹۰۰.
- Ansari, M., A. (۲۰۲۲). Re-visiting the environmental kusnets curve for Asean: A comparison between ecological footprint and carbon dioxide emissios, Renewable and sustainable energy reviews, ۱۱۲۸۶۷(۱۶۸),
- Boldizar, A. (۲۰۲۳). Environmental impact of freight transport-freight footprint as a new freight transport indicstor, ۵۲(۱)۱۸-۲۳.
- Baykal, T., M., colak, E., genc, N. (۲۰۲۴). Production of fuel-based carbon footprint distribution map using spatial interpolation methods based on GIS, ۹(۱), ۹۹-۱۱۴.
- IEA. (۲۰۰۸a). Issues behind Competitiveness and Carbon Leakage: Focus on heavy industry.
- IEA. (۲۰۰۸b). World Energy Outlook ۲۰۲۲ Fact sheet. Paris: International Energy Agency.
- Mantyka-Pringle, C.S., Visconti, P., Di Marco, M., Martin, T.G., Rondinini, C. and Rhodes, J.R. (۲۰۱۵). Climate change modifies risk of global biodiversity loss due to land-cover change. Biological Conservation, ۱۸۷, ۱۰۳-۱۱۱.
- Plassmann, K., Norton, A., Attarzadeh, N., Jensen, M.P., Brenton P. and Edwards-Jones, G. (۲۰۱۰). Methodological complexities of product carbon foot printing: a sensitivity analysis of key variables in a developing country context. Environmental Science & Policy, ۱۳ (۵): ۳۹۳-۴۰۴.
- Pervaiz, A., abbas, s., kousar, sh. (۲۰۲۱). Effects of energy consumption and ecological footprint on CO₂ emissions: an empirical evidence from Pakistan, Environment Development and Sustainability, ۲۳(۶), ۱۳۳۶۴-۱۳۳۸۱.
- Raihan, A., rashid, M., Chandra vuomik, L., akter, S., angel esquivias, M. (۲۰۲۳). The Dynamic Impacts of Economic Growth, Financial Globalization, Fossil Fuel, Renewable Energy, and Urbanization on Load Capacity Factor in Mexico, Journals MDPI, ۱۵(۱۸), ۱۳۴۶۲.
- Ritche, H., roser, M., rosado, P. (۲۰۲۰). CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data. ۳۰(۶), ۳-۱۵.
- Weinand, M., K., Hoffmann, M., Göpfert, J., Terlouw, T., Schönau, J., Kuckertz, P., McKenna, R. (۲۰۲۳). Global LCOEs of decentralized off-grid renewable energy systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۱۸۳(۱۱), ۱۳۶۴-۰۳۲۱.

Evaluation of the ecological footprint of fossil fuel carbon dioxide gas The city of bostanabadNeda Darbandi^۱; Mohammadreza Pourmohammadi^۲^۱ Master of Geography and Urban Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran^۲ Professor of Geography and urban planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran**Abstract**

In recent years, population growth has presented megacities with fundamental challenges such as climate change. Increasing emissions of carbon dioxide as the main greenhouse gas in the Earth's atmosphere are the most important causes of this type of challenge. But the most important source of gas emissions is fossil fuels like gasoline, diesel and oil, which are used to generate energy in urban areas. Taking into account the importance of the subject in this study, we have tried to use the IPPC method and the method of calculating the ecological footprint to make a good estimate of the amount of carbon dioxide gas produced from fossil fuels in the city of bostanabad and the ecological footprint caused by it. For this purpose, statistical data from ۱۳۹۹-۱۳۹۸ was used for the city under study. The results of the evaluation and calculation indicate that the use of fossil fuels such as gasoline and diesel in the city of bostanabad is increasing due to the location of the city on the transit route, especially during the years ۱۳۹۹-۱۳۹۸, and the volume of carbon dioxide emitted from gasoline and diesel fuels in ۱۳۹۸ was equivalent to ۱۴۳۴۱۸۱ and ۳۶۷۲۹۲۱ tons respectively, and in ۱۳۹۹ it was equal to ۱۱۳۷۰۳۳ and it was ۴۲۴۸۳۶۷ tons. Also, during the results, the ecological footprint of this type of fuel during the years mentioned was ۰۳۳۱ and ۰۰۳۴/۷ hectares, respectively. However, the area of green space in the city was about ۶۷/۲۰ hectares in ۱۳۹۸ according to the Statistical Yearbook and ۱۰۹۶ hectares in ۱۳۹۹. In the end, according to the results of the calculations, the ecological footprint of the city was greater than its ecological capacity, and to prevent and reduce this, the municipality of bostanabad should focus more on implementing appropriate policy making to develop and protect urban green spaces.

Introduction

Today, cities are considered one of the most important centers in the consumption of resources and energy and the producer of air pollutants, especially greenhouse gases, due to their population density and various social and economic activities (Timori et al., ۱۳۹۳: ۱۹۴, sarrafi, ۱۳۷۹: ۷). Due to human activities such as: fossil fuel consumption, deforestation and environmental degradation, greenhouse gas volumes in the atmosphere have increased and global temperatures have increased day by day (Province born, ۱۳۹۷: ۲۳۹). In this regard, the most important and comprehensive quantitative indicator presented among the indicators of Sustainable Development Evaluation in this area are the indicators of "ecological footprint and carbon footprint" (shadastenjin, ۱۴۰۱: ۴۱, darbandi, ۱۴۰۲: ۲). Forests are important in keeping carbon outside its natural cycle for a long time. So the best way to stop carbon rises can be to create suitable forests, because on a global scale forests are the largest carbon dioxide absorbers on the rise (Weinand et al, ۲۰۲۳: ۶۰).

Methodology

This research is applied and analytical in nature. The current research statistical community is the entire city of bostanabad. The study used written documents and statistical data taken from the Statistical Yearbook of the East Azerbaijan province and the statistics of energy-producing petroleum products of the entire country. The study also used the IPPC method to estimate the total emissions of carbon dioxide gas from fossil fuels and used the ecological footprint method to calculate the footprint of carbon dioxide gas in the city of bostanabad.

- General assessment of the ecological footprint

Considering that each gallon of unleaded gasoline is about ۱۲۰/۰۰۰ BTU, which is equal to the rate of ۱۹/۳۰ tons of carbon released per BTU (billion). Since each gallon of gasoline is equal to ۳/۷۸۰۳ liters of gasoline, it is therefore released for burning ۱ liter of gasoline ۳۳۰۲۲/ ۴۸۱۷۱ BTU. Oil-gas (diesel) fuel also produces approximately ۱۳۸۷۰۰ BTU per gallon, which releases ۹۰/۱۹ tons of carbon per

BTU. Each gallon of gas oil is equal to $3/7853$ liters, which is released for burning ۱ liter of gas oil $36641/7457$ BTU.

Conclusion

Today, cities are exposed to all kinds of environmental pollution, such as soil, air, water, etc., because of the increase in population, and have put more pressure on life support systems than they can handle. One of the most important of these pollutants is the pollution caused by fossil fuels, which are mostly consumed in transportation or in factories. Due to the increase in the use of fossil fuels in cities, the volume of carbon dioxide gas, one of the most important greenhouse gases, has increased, negatively changing the climate of cities or the climate of the country in general. One of the most fundamental ways to sustain the urban environment and deal with the pollution crisis is to protect and develop urban green spaces. Because the ecological footprint of carbon dioxide gas is a part of the forest that is needed to stop this type of gas emitted from fossil fuel. For example, Timori and his colleagues used the ecological footprint method to examine the CO₂ gas traces of fossil fuels in ۱۳۸۷ on the city of Shiraz, as in the present study, and concluded that the municipality should provide the reasons for the development of urban green space to prevent and reduce the production and release of this type of gas. Therefore, in the present study, the ecological traces of carbon dioxide gas from fossil fuels of gasoline and oligas (Diesel) in the city of bostanabad during the years ۱۳۹۹-۱۳۹۸ were examined and evaluated using appropriate and up-to-date methods. Since the city is located on the transit road and has a high traffic rate, and also due to the increase in driving jobs, especially heavy cars, in recent years, as a result, a significant part of the fuel consumption of cars and trucks is carried out in the city, which has increased the amount of ecological footprint and pollution caused by transportation. In other words, during the day, the number of passengers to this area, whether in terms of work, education, circulation, etc., has increased the fuel consumption of gas stations in the city, which is impossible to assess. Therefore, the study was conducted using statistics and authoritative documents related to the city of bostanabad and related computational methods, during which it was concluded that the ecological footprint of CO₂ gas produced from fossil fuels, especially gas oil(diesel), has been increasing over the years. So the carbon footprint of this fuel in ۱۳۹۹ was ۴۴۱۸ tons. Whereas in the same year, the carbon footprint of the city's gasoline fuel was $7/936$ tons. Also, according to documents, the gasoline consumption in ۱۳۹۹ was about ۲۹۱۰۱ thousand liters, but the oligas consumption was ۱۱۹۹۶۲ thousand liters. In general, the total ecological footprint of carbon gas during these years was ۵۲۳۱ and $5034/7$ hectares, respectively. Finally, according to the results of the calculations, the ecological footprint of the city was greater than its biological capacity, and to prevent and reduce this, the municipality of bostanabad should focus more on implementing appropriate policy making to develop and protect urban green spaces.

Keywords

CO₂ gas; bostanabad; air changes; fossil fuel; ecological footprint