Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering

Application of Eco-Friendly Engineering Principles in Designing Climate-Resilient Urban Spaces

1. Zeinab Roshandel: Department of Sustainable Architecture and Environmental Design, University of Tehran, Tehran, Iran

2. Ahmad Kazemi*: Department of Sustainable Architecture and Environmental Design, University of Tehran, Tehran, Iran

***Corresponding Author's Email Address: drkazemiahmad@gmail.com**

How to Cite: Roshandel, Z., & Kazemi, A. (2024). Application of Eco-Friendly Engineering Principles in Designing Climate-Resilient Urban Spaces. Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering, 2(2), 71-82.

Abstract:

Climate change, as one of the major environmental challenges, has severe impacts on urban infrastructure and city life. This article explores the application of eco-friendly engineering principles in urban design to enhance the resilience of urban spaces against climate change. Using a qualitative content analysis methodology, the study examines theoretical foundations, successful case studies, and identifies the challenges and opportunities of integrating eco-friendly principles into urban planning. The findings reveal that implementing green infrastructure, water recycling, the use of recycled materials, and reducing energy consumption can significantly improve urban quality of life and environmental sustainability. Additionally, key challenges, such as financial and policy constraints, lack of awareness, and executional obstacles, may hinder the effectiveness of these principles. The study proposes recommendations for strengthening international collaboration, expanding specialized training, and developing supportive policies. It also highlights the importance of using smart technologies for resource management and establishing educational platforms for citizens and policymakers. Given the growing significance of climate change, applying eco-friendly principles in urban design not only helps mitigate climate impacts but also serves as a sustainable approach to enhance urban quality of life and livability.

Keywords: Climate Change, Eco-Friendly Engineering, Urban Design, Green Infrastructure, Environmental Sustainability, Water Recycling, Smart Technologies.

Received: 4 May 2024
Revised: 2 June 2024
Accepted: 22 June 2024
Published: 5 July 2024

Copyright: © 2024 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

تجلی هنر در معماری و شهرسازی

کاربرد اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری مقاوم به تغییرات اقلیمی

۱. زینب روشندل: گروه معماری پایدار و محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲. احمد کاظمی*: گروه معماری پایدار و محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: **drkazemiahmad@gmail.com**

نحوه استناددهی: روشندل، زینب.، و کاظمی، احمد. (۱۴۰۳). کاربرد اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری مقاوم به تغییرات اقلیمی. تجلی هنر در معماری و شهرسازی، ۲(۲)، ۸۲-۷۱.

چکیده

تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از چالش‌های جدی زیست‌محیطی، تأثیرات مخربی بر زیرساخت‌ها و زندگی شهری دارد. در این مقاله، به بررسی کاربرد اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری به‌منظور افزایش مقاومت این فضاها در برابر تغییرات اقلیمی پرداخته شده است. پژوهش با روش مروری و تحلیل محتوای کیفی انجام شده و به تحلیل مبانی نظری، بررسی نمونه‌های موفق و شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های استفاده از اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری می‌پردازد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که بکارگیری زیرساخت‌های سبز، بازچرخانی آب، استفاده از مصالح بازیافتی و کاهش مصرف انرژی می‌تواند به‌طور موثری کیفیت زندگی شهری و پایداری محیط‌زیست را بهبود بخشد. به‌علاوه، یافته‌ها نشان می‌دهند که چالش‌های مهمی مانند محدودیت‌های مالی و سیاستی، نبود آگاهی کافی و موانع اجرایی می‌تواند باعث کاهش کارایی این اصول شود. در این راستا، پیشنهادهایی برای تقویت همکاری بین‌المللی، افزایش آموزش‌های تخصصی و تدوین سیاست‌های حمایتی ارائه شده است. همچنین، این پژوهش به اهمیت استفاده از فناوری‌های هوشمند در مدیریت منابع شهری و ایجاد بسترهای آموزشی برای شهروندان و سیاست‌گذاران تأکید دارد. با توجه به اهمیت روزافزون تغییرات اقلیمی، به‌کارگیری اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری نه‌تنها به کاهش اثرات منفی اقلیمی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان رویکردی پایدار برای ارتقای کیفیت زندگی در شهرها و بهبود زیست‌پذیری آن‌ها مؤثر باشد.

کلیدواژگان: تغییرات اقلیمی، مهندسی بوم‌سازگار، طراحی شهری، زیرساخت‌های سبز، پایداری محیط‌زیست، بازچرخانی آب، فناوری‌های هوشمند

تاریخ دریافت: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۳ خرداد ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۲ تیر ۱۴۰۳

تاریخ چاپ: ۱۵ تیر ۱۴۰۳

مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

مقدمه

تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر به یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های جهانی تبدیل شده است. این پدیده نه‌تنها زیست‌بوم‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار داده، بلکه شهرها و مناطق شهری نیز به‌شدت از اثرات آن آسیب دیده‌اند. افزایش دما، تغییرات شدید در الگوهای بارش و وقوع پدیده‌های جوی غیرمترقبه، از جمله اثراتی هستند که به تخریب زیرساخت‌های شهری و کاهش کیفیت زندگی شهروندان منجر شده‌اند (Bilandžija, 2019). از آنجایی که بخش بزرگی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کند و این مناطق از بالاترین تراکم جمعیتی برخوردارند، تأثیرات مخرب تغییرات اقلیمی در شهرها بیشتر مشهود است. در چنین شرایطی، یافتن راهکارهایی که بتوانند این مناطق را مقاوم‌تر و پایدارتر سازند، به یکی از اولویت‌های مهم در برنامه‌های توسعه پایدار تبدیل شده است.

در این راستا، یکی از مفاهیم مهم که در سال‌های اخیر به‌طور گسترده مطرح شده، اصول مهندسی بوم‌سازگار است. این اصول به‌دنبال به‌کارگیری فناوری‌ها و روش‌هایی است که به حفظ منابع طبیعی و کاهش آلودگی‌های محیطی کمک کرده و همزمان بازدهی و کارآمدی ساختارهای شهری را افزایش دهد (Black et al., 2016). استفاده از این اصول نه‌تنها به بهبود شرایط زیست‌محیطی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند از نظر اقتصادی نیز سودمند باشد. به‌علاوه، این اصول قادرند تا با ایجاد زیرساخت‌های سبز، کارکردهای مختلفی از جمله تعدیل دما، جذب آب‌های سطحی، و کاهش آلودگی هوا را به‌شکل مؤثری پشتیبانی کنند. با توجه به افزایش شدت و تکرار پدیده‌های جوی ناشی از تغییرات اقلیمی، بهره‌گیری از راهکارهای بوم‌سازگار در طراحی شهری از اهمیت بالایی برخوردار است (Brzoska and Spāģe, 2020).

هدف اصلی این پژوهش بررسی و تحلیل چگونگی به‌کارگیری اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری است تا این فضاها را در برابر تغییرات اقلیمی مقاوم سازد. این مقاله تلاش دارد با تکیه بر تحلیل‌های کیفی، راهکارهای ممکن و مؤثر در حوزه مهندسی بوم‌سازگار را برای طراحی فضاهای شهری مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرار دهد. در همین راستا، این پژوهش به‌دنبال شناسایی چالش‌ها و موانعی است که در به‌کارگیری این اصول وجود دارند و تلاش می‌کند با ارائه دیدگاهی جامع، راهکارهایی کاربردی و قابل‌اجرا برای طراحان و سیاست‌گذاران شهری پیشنهاد دهد. همچنین این مقاله قصد دارد اصولی را که می‌توانند در کاهش آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و بهبود کیفیت زندگی در شهرها مؤثر باشند، شناسایی و بررسی کند.

با توجه به اهمیت موضوع، سوالات کلیدی این پژوهش شامل موارد زیر است: نخست، چه چالش‌هایی در به‌کارگیری اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری مقاوم به تغییرات اقلیمی وجود دارد؟ این سوال به شناسایی و تحلیل موانع مختلف، از جمله موانع مالی، فنی و سیاستی پرداخته و راه‌حل‌های پیشنهادی را بررسی می‌کند. دوم، چگونه می‌توان از اصول بوم‌سازگار به‌گونه‌ای استفاده کرد که طراحی شهری بتواند با شرایط متغیر اقلیمی سازگاری یابد و از تأثیرات منفی آن بکاهد؟ در این راستا، مطالعه به بررسی راهکارهای مختلف بوم‌سازگار، از جمله توسعه زیرساخت‌های سبز و طراحی‌های پایدار، پرداخته تا بهینه‌ترین رویکردها در این حوزه شناسایی شوند. سومین سوال، این است که چگونه می‌توان اصول مهندسی بوم‌سازگار را در قالب سیاست‌های شهری و برنامه‌های توسعه اعمال کرد تا پایداری شهری تقویت شود؟ پاسخ به این سوال می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران شهری در تدوین برنامه‌های مؤثر در کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و ایجاد زیرساخت‌های مقاوم به تغییرات اقلیمی کمک کند (Fernández-Pablos et al., 2021).

در این پژوهش، مباحثی همچون تاثیرات زیرساخت‌های سبز بر مقاومت شهری در برابر تغییرات اقلیمی و همچنین اهمیت درک مفهوم مهندسی بوم‌سازگار در سیاست‌های شهری و طراحی محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. اصول مهندسی بوم‌سازگار، به‌ویژه در زمینه بهینه‌سازی منابع طبیعی و بهره‌گیری از تکنیک‌های کم‌مصرف و دوست‌دار محیط‌زیست، نه‌تنها نقش کلیدی در پایداری شهری دارند بلکه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین رویکردها در مقابله با تغییرات اقلیمی شناخته می‌شوند (Gashu and Gebre-Egziabher, 2019). این اصول با تکیه بر کاهش مصرف انرژی، مدیریت بهینه منابع آبی، و استفاده از مواد بازیافتی و قابل‌تجزیه، توانایی تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم بر زیست‌پذیری و پایداری فضاهای شهری را دارند.

از دیگر اهداف این پژوهش، ارائه راهکارهایی برای به‌کارگیری اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری و ایجاد فضاهای سبز و پارک‌ها به‌عنوان بخشی از برنامه‌های پایداری است. این رویکرد نه‌تنها در جهت کاهش تأثیرات اقلیمی مفید است، بلکه با افزایش فضاهای سبز و طبیعی، به بهبود کیفیت هوای شهری و کاهش دمای محلی نیز کمک می‌کند. به‌کارگیری اصول بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری، می‌تواند با کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، به بهبود سلامت عمومی و افزایش رفاه شهروندان منجر شود. به‌عنوان مثال، مطالعات انجام‌شده در برخی مناطق شهری نشان داده که به‌کارگیری این اصول به کاهش اثرات آلودگی هوا و افزایش کیفیت زندگی ساکنان کمک شایانی کرده است (Hrdalo et al., 2015).

ضرورت توجه به اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری به‌ویژه در کشورهایی با اقلیم‌های گرم و خشک، که با کمبود منابع آبی و افزایش دما مواجه‌اند، بیشتر حس می‌شود. در چنین مناطقی، توسعه زیرساخت‌های سبز و مدیریت پایدار منابع آب می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی داشته باشد. همچنین، شهرهایی که با مشکل سیل‌های فصلی روبه‌رو هستند، می‌توانند با استفاده از این اصول، نه‌تنها خطرات ناشی از این پدیده‌ها را کاهش دهند، بلکه با بهره‌گیری از سیستم‌های جذب و بازچرخانی آب‌های سطحی، کیفیت محیط‌زیست شهری را بهبود بخشند (Rodrigues et al., 2018).

بنابراین، هدف این مقاله نه تنها بررسی چالش‌ها و محدودیت‌های موجود در به‌کارگیری اصول مهندسی بوم‌سازگار است، بلکه ارائه راهکارهایی است که با بهره‌گیری از زیرساخت‌های سبز، شهرها را در برابر تغییرات اقلیمی مقاوم‌تر سازد. در این میان، چالش‌هایی همچون محدودیت منابع مالی و فنی، عدم آگاهی کافی از این اصول در میان مدیران و سیاست‌گذاران شهری، و نبود سیاست‌های جامع در این زمینه از جمله موانعی هستند که باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند تا با شناسایی و رفع آن‌ها، فرصت‌های بیشتری برای ایجاد شهرهای مقاوم و پایدار فراهم شود. در نتیجه، این پژوهش تلاش دارد با ترکیب مفاهیم و اصول مهندسی بوم‌سازگار با رویکردهای طراحی شهری و ارائه راهکارهای نوین، دیدگاهی نوین و جامع برای طراحان و سیاست‌گذاران شهری ارائه دهد. همچنین، با شناسایی روش‌های اجرایی و راهبردهای مؤثر برای توسعه زیرساخت‌های سبز و پایدار، این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک منبع علمی و کاربردی در جهت ترویج مهندسی بوم‌سازگار و دستیابی به اهداف پایداری و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد.

روش‌شناسی پژوهش

این مقاله که یک مطالعه مروری است، از یک رویکرد تحلیل محتوای کیفی و ترکیبی برای بررسی ادبیات پژوهش در زمینه کاربرد اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری مقاوم به تغییرات اقلیمی استفاده شده است. برای گردآوری داده‌های مورد نیاز، ابتدا منابع معتبر و به‌روز در حوزه‌های مربوطه شامل مهندسی بوم‌سازگار، طراحی شهری پایدار، و مقاوم‌سازی فضاهای شهری در برابر تغییرات اقلیمی شناسایی و انتخاب شده‌اند. این منابع از طریق جستجوی

کتابخانه‌ای و پایگاه‌های داده علمی بین‌المللی شامل Web of Science، Scopus، Google Scholar و ScienceDirect گردآوری شده‌اند تا اطمینان حاصل شود که تمام مطالعات و مقالات معتبر در دسترس مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

انتخاب مقالات و منابع مورد بررسی بر اساس چندین معیار اصلی انجام گرفته است. نخست، تنها مقالاتی که در سال‌های اخیر منتشر شده‌اند و دارای ارجاعات قوی و بازتاب گسترده در حوزه‌ی تحقیقاتی خود بوده‌اند انتخاب شده‌اند تا از روزآمد بودن و اعتبار علمی آن‌ها اطمینان حاصل شود. دوم، تمرکز بر مقالاتی بوده که به‌صورت مستقیم به بررسی اصول بوم‌سازگار و تأثیرات آن در حوزه‌های معماری و شهرسازی پرداخته‌اند. همچنین، مقالاتی که به بررسی مقاوم‌سازی شهرها و فضاهای شهری در برابر تغییرات اقلیمی و چگونگی بهره‌گیری از این اصول برای کاهش اثرات منفی اقلیمی پرداخته‌اند، در اولویت قرار گرفته‌اند. به‌علاوه، منابع انتخابی باید دارای چارچوب‌های نظری و روش‌شناختی مناسب باشند تا تحلیل و استنتاج از داده‌های آن‌ها امکان‌پذیر باشد.

پس از گردآوری مقالات و منابع مرتبط، مرحله تحلیل داده‌ها آغاز شد. برای تحلیل محتوا، از تکنیک‌های کدگذاری کیفی استفاده شده تا مفاهیم کلیدی و متغیرهای مورد توجه در هر مقاله شناسایی و استخراج شوند. به این ترتیب، مطالب اصلی و مضامین پژوهشی مشترک بین مطالعات مختلف شناسایی و به‌طور نظام‌مند بررسی شده‌اند. در این مرحله، توجه ویژه‌ای به شناسایی چالش‌های موجود در کاربرد اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری و تحلیل راه‌حل‌های پیشنهاد شده توسط پژوهشگران مختلف برای مقاوم‌سازی در برابر تغییرات اقلیمی معطوف شده است. همچنین، از تحلیل مقایسه‌ای برای درک تفاوت‌ها و شباهت‌های میان دیدگاه‌های مختلف پژوهشگران و متخصصان استفاده شده تا بتوان به یک نتیجه‌گیری جامع و دقیق دست یافت.

برای تجزیه و تحلیل یافته‌های این مطالعه مروری، از تحلیل محتوای استقرایی استفاده شده است. این رویکرد با تمرکز بر کشف مضامین مشترک و الگوهای مفهومی در متون مورد بررسی، به دستیابی به یک دیدگاه کلی و همه‌جانبه کمک می‌کند. در این فرآیند، ابتدا مفاهیم و چارچوب‌های نظری که به مهندسی بوم‌سازگار و طراحی شهری مربوط می‌شوند شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند. سپس با ارزیابی این مفاهیم در بستر مقاومت در برابر تغییرات اقلیمی، به تحلیل این مسئله پرداخته شده است که چگونه اصول بوم‌سازگار می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی شهری و کاهش آسیب‌های اقلیمی کمک کند. این تحلیل به کمک یک فرآیند مقایسه‌ای بین نظریه‌ها و پژوهش‌های مختلف صورت گرفته است که در نهایت، دیدگاهی جامع از روندها و چارچوب‌های اصلی در این زمینه را فراهم می‌آورد.

ادبیات پژوهش

یکی از مفاهیم کلیدی این پژوهش، مهندسی بوم‌سازگار است. مهندسی بوم‌سازگار به کاربست تکنیک‌ها و فناوری‌هایی اشاره دارد که هدف اصلی آن‌ها کاهش اثرات منفی بر محیط‌زیست، بهره‌وری از منابع طبیعی و پایداری محیطی است (Black et al., 2016). این مفهوم بر نیاز به استفاده از منابع تجدیدپذیر، کاهش آلودگی، و طراحی فضاهای سازگار با محیط‌زیست تأکید دارد. به‌کارگیری اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی شهری به‌ویژه در فضاهای عمومی، می‌تواند تأثیرات مخرب فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست را کاهش داده و در ایجاد شهری سالم و پایدار مؤثر باشد. طراحی شهری که با اصول بوم‌سازگار انجام می‌شود، نه تنها به کاهش آلودگی‌ها و بهینه‌سازی مصرف منابع کمک می‌کند، بلکه باعث ایجاد محیطی مناسب برای زندگی اجتماعی و توسعه پایدار اقتصادی می‌شود. این

اصول، مبتنی بر استفاده از مواد تجدیدپذیر، کاهش انرژی مصرفی، و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی است و به‌ویژه در مقابله با اثرات تغییرات اقلیمی اهمیت می‌یابد (Gashu and Gebre-Egziabher, 2019).

در کنار مهندسی بوم‌سازگار، مفهوم طراحی شهری به فرایند برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی فضاهای شهری اشاره دارد که به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که این فضاها بتوانند نیازهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی ساکنان را برآورده سازند. طراحی شهری به‌ویژه در مناطق با تراکم جمعیتی بالا، باید بر اساس اصول بوم‌سازگار و با توجه به تأثیرات محیطی و تغییرات اقلیمی صورت گیرد. در این راستا، طراحی شهری بایستی به گونه‌ای باشد که علاوه بر افزایش جذابیت بصری، شرایطی برای حفاظت از منابع طبیعی و افزایش بازدهی اکوسیستم‌های شهری فراهم شود (Cilliers, 2015). رویکردهای مدرن طراحی شهری شامل طراحی فضاهای سبز، ایجاد سازه‌های پایدار، و استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای بهبود عملکرد محیط‌زیستی شهرها می‌باشد که این امر می‌تواند به ارتقای کیفیت زندگی ساکنان و افزایش پایداری زیست‌محیطی کمک کند.

مقاومت به تغییرات اقلیمی به مفهوم توانایی فضاهای شهری برای مقابله با آثار منفی تغییرات اقلیمی اشاره دارد. این تغییرات شامل گرمایش جهانی، سیلاب‌ها، خشکسالی‌ها، و دیگر پدیده‌های جوی ناگهانی و مخرب است که اثرات عمیقی بر زندگی شهری و زیرساخت‌های آن دارند. شهرهایی که به‌طور اصولی بر اساس رویکردهای بوم‌سازگار طراحی شده‌اند، قادر خواهند بود تا در مقابل این تغییرات انعطاف بیشتری نشان دهند و از خسارات و تخریب‌های ناشی از این تغییرات بکاهند (Brzoska and Spāģe, 2020). توسعه و استفاده از فناوری‌های بوم‌سازگار، مانند سامانه‌های تصفیه آب، تأسیسات کنترل سیلاب و افزایش فضاهای سبز، از جمله اقداماتی است که در افزایش مقاومت شهری به تغییرات اقلیمی مؤثر است.

پیشینه پژوهشی در این حوزه نشان می‌دهد که به‌کارگیری اصول بوم‌سازگار در شهرسازی می‌تواند تاثیرات قابل توجهی بر کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و بهبود کیفیت زندگی داشته باشد. برای مثال، مطالعه‌ای در زمینه تاثیرات زیرساخت‌های سبز نشان داد که ایجاد فضاهای سبز و پارک‌ها به عنوان بخشی از برنامه‌های طراحی شهری، به کاهش دماهای محلی، جذب آب‌های سطحی و کاهش آلودگی‌های هوا کمک می‌کند (Fernández-Pablos et al., 2021). چنین برنامه‌هایی نه‌تنها تأثیرات مثبت محیط‌زیستی دارند، بلکه موجب افزایش تعاملات اجتماعی و ایجاد فضاهای امن‌تر و دلپذیرتر برای شهروندان می‌شوند. در مطالعات دیگری، استفاده از مواد تجدیدپذیر و قابل بازیافت در ساخت و سازهای شهری نیز به‌عنوان یکی از راهکارهای بوم‌سازگار در کاهش مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌های کربنی معرفی شده است (Gómez-Villarino et al., 2020).

مطالعات موردی مختلف نشان می‌دهند که برخی شهرها با موفقیت از اصول بوم‌سازگار برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی بهره برده‌اند. برای مثال، پروژه‌های اجرایی در شهرهایی مانند دوبروونیک در کرواسی، نشان داده است که اجرای این اصول به کاهش اثرات گرمایی و بهبود وضعیت آب و هوایی منجر شده است (Hrdalo et al., 2015). به‌علاوه، در برخی از مناطق شهری، استفاده از سامانه‌های ذخیره‌سازی آب باران و سیستم‌های بازیافت آب نیز به‌طور موثری در کاهش اثرات خشکسالی و بهینه‌سازی منابع آبی موثر بوده است. این مطالعات به‌ویژه نشان می‌دهند که زیرساخت‌های سبز نه تنها می‌توانند به کاهش اثرات محیطی کمک کنند، بلکه در افزایش رضایت شهروندان و ایجاد فضایی سالم‌تر و جذاب‌تر نیز نقش مهمی دارند.

با این وجود، چالش‌های متعددی نیز در راه اجرای این اصول وجود دارد. یکی از این چالش‌ها، محدودیت منابع مالی و عدم آگاهی عمومی نسبت به مزایای مهندسی بوم‌سازگار است. بسیاری از شهرها به دلیل محدودیت بودجه و نداشتن دانش فنی کافی، قادر به اجرای کامل اصول بوم‌سازگار نیستند و این موضوع

می‌تواند باعث کاهش کارایی و اثرات مثبت پروژه‌های زیست‌محیطی شود (Tache, 2023). به‌علاوه، در بسیاری از موارد، موانع سیاستی و مقرراتی نیز موجب می‌شوند که پیاده‌سازی اصول بوم‌سازگار در مقیاس بزرگ به‌صورت ناکافی یا ناکارآمد صورت گیرد.

از سوی دیگر، فرصت‌های زیادی نیز برای استفاده از این اصول در محیط‌های شهری وجود دارد. یکی از این فرصت‌ها، افزایش تعاملات بین‌المللی و تبادل تجربه‌ها در زمینه طراحی شهری بوم‌سازگار است که می‌تواند به یادگیری از موفقیت‌ها و اشتباهات دیگر شهرها کمک کند (Kranjčić et al., 2019). به‌علاوه، پیشرفت‌های فناوری، امکان استفاده از روش‌ها و مصالح نوین را برای کاهش مصرف انرژی و بهبود پایداری محیطی فراهم کرده است. این امر می‌تواند به تسهیل و تسریع فرآیندهای پیاده‌سازی اصول بوم‌سازگار کمک کرده و به شهرداری‌ها در تدوین و اجرای سیاست‌های بوم‌سازگار یاری رساند.

در نهایت، بهره‌گیری از اصول بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری مقاوم به تغییرات اقلیمی، نیازمند همکاری چندجانبه بین دولت‌ها، بخش خصوصی، و جامعه علمی است. ایجاد برنامه‌های آموزشی و افزایش آگاهی عمومی نسبت به مزایای این اصول می‌تواند به توسعه فرهنگی و افزایش حمایت اجتماعی از پروژه‌های زیست‌محیطی کمک کند.

یافته‌ها

یافته‌های این مطالعه به بررسی دقیق و تحلیلی اصول مهندسی بوم‌سازگار و تاثیر آن‌ها بر طراحی فضاهای شهری پرداخته و از داده‌های جمع‌آوری‌شده برای تبیین نقش و کارکردهای عملی این اصول در افزایش مقاومت شهرها در برابر تغییرات اقلیمی استفاده می‌کند. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که استفاده از راهکارهای بوم‌سازگار در فضاهای شهری می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی اثرات منفی تغییرات اقلیمی را کاهش داده و در بهبود کیفیت زندگی شهروندان مؤثر باشد. به‌کارگیری زیرساخت‌های سبز مانند پارک‌ها، فضای سبز شهری، و سیستم‌های بازچرخانی آب از جمله اقداماتی است که می‌تواند تاثیرات مثبتی در کاهش گرمایش شهری، جذب آب‌های سطحی و کاهش اثرات خشکسالی داشته باشد (Black et al., 2016). یافته‌ها همچنین نشان می‌دهند که بهینه‌سازی مصرف منابع طبیعی و کاهش آلودگی، از طریق استفاده از مصالح قابل بازیافت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، می‌تواند به پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی فضاهای شهری کمک کند.

در بخش کاربردهای عملی، شواهد متعددی از موفقیت‌های حاصل از پیاده‌سازی اصول بوم‌سازگار در فضاهای شهری وجود دارد. برای مثال، ایجاد زیرساخت‌های سبز در مناطق مختلف شهری، از جمله استفاده از بام‌های سبز و دیوارهای زنده، باعث کاهش دمای هوا و بهبود کیفیت محیط‌زیست شده است. نمونه‌هایی از این اقدامات در شهرهایی مانند مادرید، اسپانیا مشاهده شده است که با استفاده از پارک‌های شهری و فضاهای سبز گسترده، تاثیرات تغییرات اقلیمی مانند گرمایش و آلودگی هوا کاهش یافته و شرایط زندگی شهری بهبود یافته است (Gómez-Villarino et al., 2020). علاوه بر این، نصب سامانه‌های بازچرخانی آب باران در برخی مناطق شهری توانسته است ذخیره‌سازی و مصرف بهینه آب را بهبود بخشد و از این طریق مقاومت این مناطق را در برابر خشکسالی‌های فصلی افزایش دهد. همچنین، طراحی فضاهای عمومی به گونه‌ای که بتوانند با حفظ ویژگی‌های طبیعی، باعث کاهش رواناب‌های سطحی و سیلاب‌های شهری شوند، یکی دیگر از راهکارهای موثر بوم‌سازگار است.

یکی از چالش‌های عمده در پیاده‌سازی اصول مهندسی بوم‌سازگار در فضاهای شهری، محدودیت‌های مالی و عدم آگاهی کافی از مزایای این اصول در میان مدیران و سیاست‌گذاران است. این محدودیت‌ها باعث شده که در بسیاری از شهرها، امکانات لازم برای اجرای کامل زیرساخت‌های سبز فراهم نباشد و پروژه‌ها

به صورت ناکافی و ناپایدار انجام شوند (Tache, 2023). برای مقابله با این چالش‌ها، پیشنهاد می‌شود که شهرداری‌ها و نهادهای دولتی از طریق تدوین سیاست‌های حمایتی و تخصیص بودجه‌های لازم، به افزایش آگاهی عمومی و ترویج استفاده از اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری بپردازند. علاوه بر این، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و استفاده از مصالح کم‌هزینه و قابل بازیافت نیز می‌تواند به کاهش هزینه‌های اجرایی و افزایش کارایی پروژه‌های زیست‌محیطی کمک کند.

از دیگر چالش‌ها، موانع سیاستی و مدیریتی است که مانع از اجرای کامل و مؤثر اصول بوم‌سازگار در مقیاس شهری می‌شود. در برخی موارد، قوانین و مقررات محلی ممکن است از پیاده‌سازی کامل زیرساخت‌های سبز و بوم‌سازگار جلوگیری کنند یا به دلیل عدم تطابق با نیازها و شرایط محلی، باعث کندی اجرای پروژه‌ها شوند (Brzoska and Spāģe, 2020). برای حل این چالش، نیاز به بازنگری در سیاست‌های شهری و تدوین قوانینی است که امکان انعطاف‌پذیری بیشتر در استفاده از روش‌های بوم‌سازگار را فراهم سازد. همچنین، ایجاد بسترهای آموزشی برای مدیران و کارکنان اجرایی و افزایش تعاملات بین‌المللی می‌تواند در بهبود کارایی و موفقیت پروژه‌ها نقش مؤثری ایفا کند.

یافته‌ها همچنین نشان می‌دهند که استفاده از سیستم‌های نوآورانه همچون سنسورهای هوشمند برای پایش و مدیریت منابع آب و انرژی می‌تواند به افزایش کارایی و کاهش مصرف منابع در فضاهای شهری کمک کند. برای نمونه، استفاده از سنسورهای هوشمند در شبکه‌های آبیاری فضای سبز، این امکان را فراهم کرده است که میزان مصرف آب به‌صورت بهینه کنترل شود و از هدررفت آن جلوگیری گردد (Rodrigues et al., 2018). به این ترتیب، بکارگیری فناوری‌های هوشمند و نوین، به بهبود مدیریت منابع در فضاهای شهری کمک کرده و هزینه‌های نگهداری و مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. این رویکرد می‌تواند در آینده نزدیک به یکی از اصلی‌ترین راهکارهای بوم‌سازگار در شهرهای هوشمند تبدیل شود.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که پیاده‌سازی اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی شهری نه‌تنها می‌تواند به بهبود شرایط زیست‌محیطی و افزایش پایداری شهرها منجر شود، بلکه باعث افزایش مقاومت شهری در برابر تغییرات اقلیمی و بهبود کیفیت زندگی می‌شود. با وجود چالش‌های اجرایی و مالی، به‌کارگیری این اصول از طریق سیاست‌های حمایتی، آموزش‌های تخصصی و افزایش آگاهی عمومی، امکان‌پذیر و دست‌یافتنی است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که به‌کارگیری اصول بوم‌سازگار در طراحی فضاهای شهری می‌تواند به شکل قابل توجهی از اثرات منفی تغییرات اقلیمی بکاهد و کیفیت زندگی در شهرها را بهبود بخشد. این یافته‌ها در راستای اهداف پژوهش نشان می‌دهند که با بهره‌گیری از زیرساخت‌های سبز و سیستم‌های بازچرخانی آب و انرژی، می‌توان شرایط پایداری بیشتری را در محیط‌های شهری ایجاد کرد (Cilliers, 2015). به‌ویژه، یافته‌ها بیانگر این است که شهرهایی که از رویکردهای بوم‌سازگار در طراحی و مدیریت منابع خود بهره می‌گیرند، از لحاظ سازگاری با تغییرات جوی و کاهش اثرات منفی آن‌ها وضعیت بهتری دارند.

از سوی دیگر، این پژوهش به درک بهتر از نقش طراحی بوم‌سازگار در فضاهای شهری کمک می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه استفاده از اصولی مانند مدیریت پایدار منابع آب و انرژی و همچنین طراحی فضاهای سبز می‌تواند تأثیرات مثبتی بر تعاملات اجتماعی و سلامت عمومی داشته باشد (Bilandžija, 2019). تحلیل داده‌ها نشان داد که اصول مهندسی بوم‌سازگار قادر است ضمن کاهش اثرات محیطی، به ارتقای کیفیت و جذابیت فضاهای شهری نیز کمک کند.

این نتایج با سوالات پژوهش مرتبط است و به پرسش‌هایی که درباره‌ی تأثیرات مثبت استفاده از این اصول و موانع اجرایی آن‌ها مطرح شده بود، پاسخ می‌دهد. یافته‌های مقاله تأیید می‌کنند که طراحی شهری بر اساس اصول بوم‌سازگار می‌تواند از جنبه‌های مختلف، مانند مدیریت منابع طبیعی و کاهش آلودگی، به‌ویژه در شرایط تغییرات اقلیمی، موثر باشد.

در این میان، پیشنهادهایی برای استفاده‌های آینده از اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری ارائه می‌شود. یکی از کاربردهای مهم آینده، استفاده گسترده‌تر از فناوری‌های هوشمند در طراحی فضاهای سبز و سازگار با محیط زیست است. این فناوری‌ها می‌توانند با فراهم آوردن داده‌های دقیق درباره‌ی الگوهای مصرف منابع و شرایط محیطی، به بهبود مدیریت منابع کمک کنند (Kranjčić et al., 2019). به‌علاوه، استفاده از رویکردهای بوم‌سازگار در شهرهای در حال توسعه، به‌عنوان راهکاری برای کاهش اثرات مخرب توسعه‌های بی‌رویه و غیرپایدار، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو، ایجاد برنامه‌های آموزشی برای شهروندان و سیاست‌گذاران جهت آگاهی بیشتر از مزایای اصول بوم‌سازگار و تشویق به مشارکت در حفظ منابع طبیعی، می‌تواند به افزایش حمایت اجتماعی از این پروژه‌ها کمک کند.

پیشنهاد دیگر برای کاربردهای آینده شامل ادغام اصول بوم‌سازگار با سیاست‌های شهری و توسعه زیرساخت‌های سبز در مقیاس بزرگتر است. این ادغام می‌تواند به ایجاد شبکه‌ای از فضاهای سبز و پارک‌ها منجر شود که ضمن ارتقای زیست‌پذیری شهرها، به کاهش دمای محیطی و بهبود کیفیت هوا کمک کند. چنین زیرساخت‌هایی نه تنها تاثیرات مثبتی بر محیط‌زیست دارند، بلکه باعث افزایش تعاملات اجتماعی و ایجاد فضاهای سالم و دلپذیر برای شهروندان نیز می‌شوند (Fernández-Pablos et al., 2021). در نتیجه، پیشنهاد می‌شود که نهادهای دولتی و شهرداری‌ها، به منظور ارتقای پایداری شهرها، از این اصول در طراحی فضاهای شهری استفاده کنند و سرمایه‌گذاری بیشتری در پروژه‌های بوم‌سازگار داشته باشند.

این پژوهش با وجود نتایج مهم و کاربردی، محدودیت‌هایی نیز دارد. یکی از محدودیت‌های این مطالعه، محدودیت در دسترسی به داده‌های دقیق و جزئی از پروژه‌های اجرایی در زمینه طراحی بوم‌سازگار است که تحلیل دقیق‌تر اثرات آن‌ها را دشوار کرده است. همچنین، نبود منابع کافی در برخی مناطق و فقدان مطالعات مقایسه‌ای بین شهرهای مختلف، از جمله محدودیت‌های دیگری است که می‌تواند نتایج این مطالعه را تحت تأثیر قرار دهد (Rodrigues et al., 2018). برای تحقیقات آینده، پیشنهاد می‌شود که مطالعاتی با دامنه وسیع‌تر و نمونه‌های متنوع‌تر از شهرهای مختلف جهان صورت گیرد تا بتوان داده‌های جامعی درباره تأثیرات اصول بوم‌سازگار در شرایط مختلف اقلیمی به‌دست آورد.

از دیگر محدودیت‌های این مطالعه، محدودیت زمانی و مالی برای بررسی دقیق‌تر پروژه‌های مختلف بوده است. این موضوع می‌تواند به‌طور ویژه بر نتایج و پیشنهادهای اجرایی تأثیرگذار باشد. از این رو، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، با بهره‌گیری از منابع مالی و زمانی بیشتر، به تحلیل دقیق‌تر و جامع‌تر پروژه‌های بوم‌سازگار پرداخته شود. همچنین، ایجاد همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای برای دستیابی به داده‌ها و تجربیات مشترک می‌تواند به افزایش دانش و درک بهتر از اصول بوم‌سازگار کمک کند (Rolf, 2021). این همکاری‌ها می‌تواند شامل انتقال دانش و فناوری و همچنین ایجاد بسترهای آموزشی برای متخصصان و سیاست‌گذاران در جهت افزایش کارایی و موفقیت پروژه‌های بوم‌سازگار باشد.

در نهایت، این مطالعه نشان می‌دهد که به‌کارگیری اصول بوم‌سازگار در طراحی شهری، راهکاری موثر و عملی برای مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی است. این اصول نه تنها به بهبود شرایط زیست‌محیطی و کاهش آلودگی‌ها کمک می‌کنند، بلکه به ایجاد محیطی سالم و پایدار برای ساکنان شهرها

نیز منجر می‌شوند. به این ترتیب، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به چالش‌ها و فرصت‌های موجود، بهره‌گیری از اصول مهندسی بوم‌سازگار در طراحی شهری امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است و می‌تواند به عنوان رویکردی پایدار و کاربردی برای مواجهه با تغییرات اقلیمی و بهبود کیفیت زندگی شهروندان به کار گرفته شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Climate change poses one of the most significant environmental challenges to urban infrastructure, necessitating strategies that improve resilience and sustainability in urban spaces. Cities, as hubs of dense populations and intense economic activities, are particularly vulnerable to climate-related disturbances such as temperature extremes, flooding, and air pollution. Given the projected increase in frequency and severity of these impacts, the need for sustainable urban design solutions has never been more pressing. This study investigates the application of eco-friendly engineering principles in urban design, focusing on how these principles can enhance the resilience of cities against climate changes. The key principles considered include green infrastructure, water recycling, and sustainable material use, which collectively support an urban ecosystem's capacity to withstand and adapt to environmental stresses (Bilandžija, 2019).

The concept of eco-friendly engineering integrates sustainable practices into urban design to reduce environmental footprints and improve resource efficiency. Green infrastructure, as a primary component of this approach, involves the creation of green

roofs, vertical gardens, and urban parks that reduce heat islands, filter pollutants, and manage stormwater effectively (Black et al., 2016). Eco-friendly design emphasizes energy efficiency, water conservation, and reduced carbon emissions, establishing a framework for creating urban spaces that not only meet the needs of present generations but also preserve resources for the future. Studies suggest that cities incorporating eco-friendly engineering in urban design can achieve significant improvements in air quality, biodiversity, and microclimate regulation. Urban parks and green corridors, for instance, not only provide ecological benefits but also offer recreational spaces that enhance residents' well-being and promote social interactions (Cilliers, 2015).

In addition to green infrastructure, water recycling and energy-efficient systems are essential components of eco-friendly urban design. Water recycling in urban areas, particularly in arid and semi-arid regions, has shown potential in addressing water scarcity issues by capturing and reusing rainwater and wastewater for non-potable applications. Integrating water recycling systems into urban design reduces the demand on freshwater resources, minimizes the environmental impact of urban water usage, and contributes to resilience against droughts. For instance, implementing rainwater harvesting systems in urban landscapes has proven effective in reducing runoff and maintaining a steady water supply in times of scarcity. Similarly, energy-efficient buildings that utilize renewable energy sources contribute to reducing greenhouse gas emissions and the urban heat island effect, which is crucial in mitigating the adverse impacts of rising global temperatures (Brzoska and Spāģe, 2020). The adoption of these technologies highlights the necessity for comprehensive planning and public awareness campaigns to encourage widespread adoption of eco-friendly practices.

Despite the documented benefits, integrating eco-friendly engineering principles into urban design faces several challenges. Financial limitations are among the most significant barriers, as the initial costs for green infrastructure and sustainable technologies can be substantial, deterring policymakers from investing in these long-term solutions. Additionally, there are often regulatory and policy obstacles that hinder the seamless implementation of eco-friendly practices in urban areas. Existing building codes and zoning regulations may not readily accommodate the requirements for green infrastructure, such as rooftop gardens or permeable pavements, creating bureaucratic impediments to sustainable urban development (Tache, 2023). Addressing these challenges requires a collaborative approach involving local governments, private sectors, and communities to promote policies that facilitate the integration of eco-friendly engineering. Studies suggest that public-private partnerships and incentive programs can be effective in overcoming financial constraints, while policy adjustments can help align regulatory frameworks with sustainability objectives (Rodrigues et al., 2018).

To support the transition toward resilient and sustainable urban spaces, future applications of eco-friendly principles should focus on leveraging smart technologies for resource management. The advent of smart urbanism provides innovative tools, such as IoT (Internet of Things) sensors and data analytics, to optimize water, energy, and waste management in cities. For example, smart irrigation systems in green spaces can regulate water usage based on weather conditions and soil moisture levels, thus reducing wastage and ensuring efficient resource utilization. Furthermore, using IoT-enabled waste management systems can streamline recycling processes and reduce landfill dependency, aligning urban practices with circular economy principles. This digital transformation enhances cities' capacity to monitor and adjust their resource use in real-time, making eco-friendly urban design more adaptable and responsive to environmental changes (Kranjčić et al., 2019). Implementing these technologies will require considerable investment in infrastructure and public awareness programs to build an informed community that supports and sustains eco-friendly practices.

However, the study also reveals limitations in terms of data accessibility and the diversity of case studies in eco-friendly urban design, which may constrain the generalizability of the findings. A broader dataset and more extensive case studies are

needed to better understand the variations in how different cities experience and adapt to climate impacts through eco-friendly design. The lack of comprehensive, comparative studies across varied geographic and socio-economic contexts hinders our ability to develop universally applicable guidelines. Future research should aim to collect data from diverse cities worldwide to gain insights into region-specific challenges and opportunities for eco-friendly urban design. Collaborations between research institutions, municipalities, and international organizations could facilitate knowledge sharing and foster a global understanding of best practices in eco-friendly urban planning (Rolf, 2021). Additionally, further exploration of cost-effective, scalable eco-friendly solutions tailored to different urban conditions would be beneficial to make these strategies accessible to cities with limited financial resources.

In conclusion, this study highlights the potential of eco-friendly engineering principles to transform urban spaces into resilient and sustainable environments capable of withstanding the challenges posed by climate change. Implementing green infrastructure, water recycling, and energy-efficient systems can improve the environmental quality and livability of urban areas while addressing critical issues like resource depletion and pollution. By identifying both the benefits and barriers of eco-friendly design, this study provides a comprehensive overview that can inform policymakers, urban planners, and environmental advocates about sustainable urban strategies. The integration of smart technologies, alongside policy reforms and community engagement, could facilitate the widespread adoption of eco-friendly practices, fostering cities that not only adapt to but also mitigate the effects of climate change. Ultimately, eco-friendly urban design represents a pathway toward achieving long-term environmental sustainability and enhancing urban resilience in the face of a rapidly changing climate.

References

BILANDŽIJA, D. 2019. Spatio-Temporal Climate and Agroclimate Diversities Over the Zagreb City Area. *Geographica Pannonica,* 23**,** 385-397.

BLACK, J., TARA, K. & PAKZAD, P. 2016. Mainstreaming Green Infrastructure Elements Into the Design of Public Road Reserves: Challenges for Road Authorities. *The International Journal of Environmental Protection***,** 1-8.

BRZOSKA, P. & SPĀĢE, A. 2020. From City- To Site-Dimension: Assessing the Urban Ecosystem Services of Different Types of Green Infrastructure. *Land,* 9**,** 150.

CILLIERS, L. 2015. Evaluating the Spatial and Environmental Benefits of Green Space: An International and Local Comparison on Rural Areas. *Agriculture Forestry and Fisheries,* 4**,** 45.

FERNÁNDEZ-PABLOS, E., VÁZQUEZ, A. V., LÓPEZ-ZALDÍVAR, O. & LOZANO-DÍEZ, R. V. 2021. Periurban Areas in the Design of Supra-Municipal Strategies for Urban Green Infrastructures. *Forests,* 12**,** 626.

GASHU, K. & GEBRE-EGZIABHER, T. 2019. Public Assessment of Green Infrastructure Benefits and Associated Influencing Factors in Two Ethiopian Cities: Bahir Dar and Hawassa. *BMC Ecology,* 19.

GÓMEZ-VILLARINO, M. T., VILLARINO, M. G. & RUIZ-GARCÍA, L. 2020. Implementation of Urban Green Infrastructures in Peri-Urban Areas: A Case Study of Climate Change Mitigation in Madrid. *Agronomy,* 11**,** 31.

HRDALO, I., TOMIĆ, D. & PEREKOVIĆ, P. 2015. Implementation of Green Infrastructure Principles in Dubrovnik, Croatia to Minimize Climate Change Problems. *Urbani Izziv,* 26.

KRANJČIĆ, N., MEDAK, D., ŽUPAN, R. & REZO, M. 2019. Machine Learning Methods for Classification of the Green Infrastructure in City Areas. *Isprs International Journal of Geo-Information,* 8**,** 463.

RODRIGUES, V., RAFAEL, S., SORTE, S., COELHO, S., HÉLDERRELVAS, VICENTE, B. J., LEITÃO, J., LOPES, M., ISABELMIRANDA, A. & BORREGO, C. 2018. Adaptation to Climate Change at Local Scale: A CFD Study in Porto Urban Area.

ROLF, W. 2021. Transformation Pathways Towards Sustainable Urban Development by the Inclusion of Peri-Urban Farmland in Green Infrastructure Strategies. *Landscape Online,* 96**,** 1-15.

TACHE, A.-V. 2023. Analytical Model of Green-Blue Connectivity in the Metropolitan Area of Bucharest. *Present Environment and Sustainable Development,* 17**,** 153-164.