



KONFERENCIAKÖTET

Conference Proceedings

**Nemzetközi tudományos konferencia
a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából**
International Scientific Conference
on the Occasion of the Hungarian Science Festival

Sopron, 2025. november 6.
6 November 2025, Sopron

**FEJLŐDÉSI PÁLYÁK ÉS ÚJ TÖRÉSVONALAK A
FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET IDŐSZAKÁBAN**

DEVELOPMENT TRAJECTORIES AND NEW DIVIDES IN TIMES OF SUSTAINABILITY TRANSITIONS

Szerkesztők / Editors:

RESPERGER Richárd, SZÉLES Zsuzsanna, TÓTH Balázs István

Nemzetközi tudományos konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából
International Scientific Conference on the Occasion of the Hungarian Science Festival

Sopron, 2025. november 6. / 6 November 2025, Sopron

**FEJLŐDÉSI PÁLYÁK ÉS ÚJ TÖRÉSVONALAK A
FENNTARTHATÓSÁGI ÁTMENET IDŐSZAKÁBAN**
DEVELOPMENT TRAJECTORIES AND NEW DIVIDES
IN TIMES OF SUSTAINABILITY TRANSITIONS

KONFERENCIAKÖTET
CONFERENCE PROCEEDINGS

LEKTORÁLT TANULMÁNYOK / PEER-REVIEWED PAPERS

Szerkesztők / Editors:

RESPERGER Richárd – SZÉLES Zsuzsanna – TÓTH Balázs István



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

UNIVERSITY OF SOPRON PRESS

SOPRON, 2026



JUBILEUMI
TUDOMÁNYÜNNEP
2025



SCIENCE
JUBILEE
2025

Mottó: „200 év a tudás és a társadalom szolgálatában”
/ Motto: „200 years to knowledge and service to society”



Felelős kiadó / Executive Publisher: Prof. Dr. FÁBIÁN Attila
a Soproni Egyetem rektora / Rector of the University of Sopron

Szerkesztők / Editors:

Dr. RESPERGER Richárd, Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna, Dr. habil. TÓTH Balázs István

Lektorok / Reviewers:

Dr. BARTÓK István, BAZSÓNÉ Dr. BERTALAN Laura, Dr. BEDNÁRIK Éva,
Dr. CZIRÁKI Gábor, Dr. DIÓSSI Katalin, Dr. habil. BARANYI Aranka,
Dr. habil. JANKÓ Ferenc, Dr. habil. JUHÁSZ Tímea, Dr. habil. PAÁR Dávid,
Dr. habil. PAPP-VÁRY Árpád, Dr. habil. SZABÓ Zoltán, Dr. habil. TÓTH Balázs István,
Dr. HOSCHEK Mónika, Dr. KARNER Cecília, Dr. KERESZTES Gábor,
Dr. habil. KOLOSZÁR László, Dr. KÓPHÁZI Andrea, Dr. MÉSZÁROS Katalin,
Dr. NÉMETH Nikoletta, Prof. Dr. OBÁDOVICS Csilla, Dr. PALANCSA Attila,
PAPPNÉ Dr. VANCSÓ Judit, Dr. RESPERGER Richárd, Prof. Dr. SZÉKELY Csaba,
Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna, Dr. SZÓKA Károly, Dr. TAKÁTS Alexandra

Tördelőszerkesztő / Layout Editor: Dr. RESPERGER Richárd

ISBN 978-963-334-579-5 (pdf)

DOI: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-579-5>

A kötetben közölt tanulmányok tartalmáért kizárólag a szerzők felelősek.
/ The authors are solely responsible for the content of the papers published in this volume.

Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

SZERVEZŐK

Soproni Egyetem Lámfalussy Sándor Közgazdaságtudományi Kar (SOE LKK),
A Soproni Felsőoktatásért Alapítvány

A konferencia elnöke: Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna PhD egyetemi tanár, dékán (SOE LKK)

A konferencia Tudományos Bizottsága:

- Prof. Dr. FÁBIÁN Attila PhD egyetemi tanár (SOE LKK); a Soproni Egyetem rektora;
- Prof. Dr. KULCSÁR László CSc professzor emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. OBÁDOVICS Csilla PhD egyetemi tanár, Doktori Iskola-vezető (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZALAY László DSc egyetemi tanár (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZÉKELY Csaba DSc professzor emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. SZÉLES Zsuzsanna PhD egyetemi tanár (SOE LKK);
- Prof. Dr. Clemens JÄGER PhD egyetemi tanár, dékán (FOM Közgazdaságtudományi és Menedzsment Egyetem, Essen, Németország), c. egyetemi tanár (SOE);
- Prof. Dr. Alfreda ŠAPKAUSKIENĖ PhD egyetemi tanár (Vilniusi Egyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Litvánia);
- Dr. habil. BARANYI Aranka PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. KOLOSZÁR László PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. PAPP-VÁRY Árpád Ferenc tudományos főmunkatárs (SOE LKK);
- Dr. habil. POGÁTSA Zoltán PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. SZABÓ Zoltán PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. habil. TÓTH Balázs István PhD egyetemi docens, a Lámfalussy Kutatóközpont igazgatója (SOE LKK);
- Dr. habil. Eva JANČÍKOVÁ PhD egyetemi docens (Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Kapcsolatok Kar, Szlovákia);
- Dr. Rudolf KUCHARČÍK PhD egyetemi docens, dékán (Pozsonyi Közgazdaságtudományi Egyetem, Nemzetközi Kapcsolatok Kar, Szlovákia).

A konferencia Szervező Bizottsága:

- Dr. MÉSZÁROS Katalin PhD egyetemi docens, dékánhelyettes (SOE LKK)
- PAPPNÉ Dr. VANCSÓ Judit PhD egyetemi docens, intézetigazgató, dékánhelyettes (SOE LKK);
- Dr. HOSCHEK Mónika PhD egyetemi docens, intézetigazgató (SOE LKK);
- Dr. NÉMETH Nikoletta PhD egyetemi docens, intézetigazgató (SOE LKK);
- Dr. BARTÓK István János PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. SZÓKA Károly PhD egyetemi docens (SOE LKK);
- Dr. DIÓSSI Katalin PhD adjunktus (SOE LKK);
- Dr. RESPERGER Richárd PhD adjunktus (SOE LKK).

ORGANIZERS

University of Sopron, Alexandre Lamfalussy Faculty of Economics (SOE LKK),
For the Higher Education in Sopron Foundation

Conference Chairperson: Prof. Dr. Zsuzsanna SZÉLES PhD Professor, Dean (SOE LKK)

Scientific Committee:

- Prof. Dr. Attila FÁBIÁN PhD Professor (SOE LKK), Rector of the University of Sopron;
- Prof. Dr. László KULCSÁR CSc Professor Emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. Csilla OBÁDOVICS PhD Professor, Head of Doctoral School (SOE LKK);
- Prof. Dr. László SZALAY DSc Professor (SOE LKK);
- Prof. Dr. Csaba SZÉKELY DSc Professor Emeritus (SOE LKK);
- Prof. Dr. Zsuzsanna SZÉLES PhD Professor, Dean (SOE LKK);
- Prof. Dr. Clemens JÄGER PhD Professor, Dean (FOM University of Applied Sciences for Economics and Management, Essen, Germany), Honorary Professor (SOE);
- Prof. Dr. Alfrida ŠAPKAUSKIENĖ PhD Professor (Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration, Lithuania);
- Dr. habil. Aranka BARANYI PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Árpád Ferenc PAPP-VÁRY PhD Senior Research Fellow (SOE LKK);
- Dr. habil. Zoltán POGÁTSA PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Zoltán SZABÓ PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. habil. Balázs István TÓTH PhD Associate Professor, Director of the Lamfalussy Research Centre (SOE LKK);
- Dr. habil. Eva JANČÍKOVÁ PhD Associate Professor (University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Slovakia);
- Dr. Rudolf KUCHARČÍK PhD Associate Professor, Dean (University of Economics in Bratislava, Faculty of International Relations, Slovakia).

Organizing Committee:

- Dr. Judit PAPPNÉ VANCSÓ PhD Associate Professor, Director of Institute, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. Tamás PIRGER PhD Assistant Professor, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. Mónika HOSCHEK PhD Associate Professor, Director of Institute (SOE LKK);
- Dr. Nikoletta NÉMETH PhD Associate Professor, Director of Institute (SOE LKK);
- Dr. István János BARTÓK PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Gábor KERESZTES PhD Associate Professor, Vice Dean (SOE LKK);
- Dr. habil. László KOLOSZÁR PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Károly SZÓKA PhD Associate Professor (SOE LKK);
- Dr. Katalin DIÓSSI PhD Assistant Professor (SOE LKK);
- Dr. Richárd RESPERGER PhD Assistant Professor (SOE LKK).

TARTALOMJEGYZÉK / CONTENTS

1. szekció: Társadalmi kihívások és társadalmi innovációk

Session 1: Social Challenges and Social Innovations

Társadalmi törésvonalak és reziliencia az egyszülős családok körében BUJDOSÓ-KURUCSÓ Alexandra	12
A 70 az új 60? Kit tartunk idősnek napjainkban? TRUNKOS Ildikó	20
Alternatives, Challenges, and Opportunities in the Automotive Industry of the 21st Century János Pál PÁTZAY – Máté NAGY	29
Informális gazdasági kapcsolatok a vidéki térségekben Magyarországon. Összehasonlító vizsgálat, 1998–2024 KULCSÁR László – David L. BROWN – OBÁDOVICS Csilla	38
A nagy nyelvi modellek kreativitásának kérdései a kreatív problémamegoldás tükrében - Koncepcionális kiindulópontok DROBNY-BURJÁN Andrea	47

2. szekció: Turizmus és marketing, fenntartható turizmus

Session 2: Tourism and Marketing, Sustainable Tourism

Petfluencer marketing: Kisállatok mint véleményvezérek a közösségimédia marketingben – Tika the Iggy kutya influencer és Marta Sierra humán influencer Instagram-aktivitásának összehasonlító tartalomelemzése DINGFELDER Patrícia – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc	59
Kötelező láthatóságból stratégiai kommunikáció: a hazai fejlesztési programok kommunikációs csomagjainak összehasonlító elemzése HIDASAI Andrea	69
Az élményalapú fenntartható agroturizmus témában végzett bibliometriai áttekintés Az élményalapú fenntartható agroturizmus témában végzett bibliometriai áttekintés BOGNÁR Éva – HOSCHEK Mónika – DUNAY Anna	82
Sztárfutballisták márkaépítése a közösségi médiában – Kvalitatív vizsgálat a digitális jelenlét, a hitelesség és a piaci érték kapcsolatáról MOLNÁR Dominik – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc	94
Egy magyar futballszár és személyes márkájának felemelkedése – Szoboszlai Dominik márkaépítésének elemzése a digitális és sportpiaci térben KORIM Dorina – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc	111

3. szekció: Fenntarthatósági átmenet és digitális innovációk

Session 3: Sustainability Transition and Digital Innovations

Adatvezérelt fenntarthatóság: ellátási lánc szimulációs labor a zöld döntés szolgálatában SALUSINSZKY András – BUDAI László	127
Sárvár városi erdeinek klímavédelmi szerepe a fenntarthatósági átmenet tükrében KIRÁLY Éva – BOROVIKCS Attila	138
Digitális fejlesztésekkel megoldható környezeti fenntarthatóságot érintő kihívások a hazai agrárinnovációs ökoszisztémával összefüggésben HOLÁN Balázs – SZÓKA Károly – RADÁCSI László	155
Digitalizációs attitűd vizsgálata egyetemi hallgatók körében KERESZTES Gábor – NÉMETH Nikoletta – MÉSZÁROS Katalin	172

4. szekció: Fenntartható pénzügyek – Fenntartható gazdálkodás

Session 4: Sustainable Finance – Sustainable Management

Az ESG múltja, jelene és jövője a magyarországi vállalatok életében SZABÓ Csaba	186
Zöld szemlélet a Soproni Egyetemen NÉMETH Nikoletta – MÉSZÁROS Katalin	201
A fenntartható közúti áruszállítás járművei: kihívások és lehetőségek EGERVÁRI István	213
A várostervezés új kihívásai OSZVALD Ferenc Nándor	227

5. szekció: Global and Regional Aspects of Sustainable Development

Session 5: Global and Regional Aspects of Sustainable Development

Sociocultural Influences on Green Transition: Community Resilience and the Solar Energy Shift in Lebanon Nadine AL AMINE	241
From Barriers to Action: Individual Responsibility and Solutions for Selective Waste Collection in Western Hungary Boglárka KONKA – Veronika LÁSZLÓ – Andrea Magda NAGY – Stefánia Matild TÖREKI – Zsuzsa DARIDA	254
Digital Twins in Sustainable Supply Chain Management: An Exploratory Cross-Case Analysis Magdalena WITTMANN	266
Bridging the Divide: A Systematic Literature Review of Sustainability Pathways for SMEs in Sub-Saharan Africa Amid Global Sustainability Transitions Eulalia ANG'EDU – Katalin DIÓSSI	278

Intermodal Transport, Sustainability, and Security Challenges in South Africa's Automotive Logistics

Anikó RICHTER – Csaba I. HENCZ 296

6. szekció: Sustainable Economy and Management (személyes)

Session 6: Sustainable Economy and Management (in-person)

Toward Zero Waste: Applying the 9R Framework in Sustainable Event Management

Katalin VIGH – Katalin DIÓSSI 308

Essential Steps in Sustainable Corporate Event Management

Katalin VIGH – Katalin DIÓSSI 318

Exploring the Impact of Mountain Tourism Facilities and Activities on Domestic Tourism Consumption and Sustainability of Local Community Livelihoods Community: A Literature Review

Deborah KANGAI – Árpád Ferenc PAPP-VÁRY – Viktória SZENTE 326

Sustainability by Design: User Experience Strategies in Green Tourism Marketing

Nawres DHOUB – Éva BEDNÁRIK 340

Integrált jelentések a magyarországi tőzsdei kibocsátók körében

BARTÓK István János 353

7. szekció: Sustainable Economic Decisions

Session 7: Sustainable Economic Decisions

Analyst Forecast Properties Around IFRS-Based Consolidation: Coverage, Dispersion, and Bias in Morocco

Saddek BAROUD – Anita TANGL 363

Behavioral Finance for Rational and Sustainable Decision-Making Capital Markets - An Analysis of Investor Behavior Using the Example of Wirecard AG

Mathilda STOCKHAUS – Christian BERNER 378

Designing ESG Reports with Nudges: Integrating Behavioural Insights into CFO-Led Sustainability Reporting

Safaâ HOUNA – Lena Lotta STICKEN – Károly SZÓKA 403

Integrating AI-driven Macroeconomic Forecasting with Exchange Rate Hedging: The Case of Japanese Yen

Avaz MAMMADOV – Kanan MAMMADLI – Károly SZÓKA – Balázs István TÓTH 421

Der Einfluss der deutschen § 6b EStG-Rücklagenbildung im internationalen Rechnungslegungsstandart nach IFRS für eine deutsche Personengesellschaft einer multinationalen Unternehmensgruppe

Linda MATTHES – Katalin DIÓSSI – Zsuzsanna SZÉLES 435

Reconceptualizing Organizational Commitment in the Age of Sustainability: A Reflexive Grounded Theory Perspective on Fragmentation and Complexity in the Public Sector Jessica KULCZYCKI – Katalin DIÓSSI	454
Eine kritische Analyse der Vereinbarkeit zwischen Nachhaltigkeit und KI in Unternehmen André HEISLER – Károly SZÓKA	468
8A. szekció: Fenntarthatósági kihívások és innovatív válaszok <i>Session 8A: Sustainability Challenges and Innovative Responses</i>	
Magyar divatipari designer márkák online- és offline megjelenésének elemzése VIZI Noémi	478
Bizalom és hitelesség az influencerszer-marketingben: digitális kommunikáció a kutyaeledel szektorban CSÓTYA Klára – LUKÁCS Rita – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc	492
8B. szekció: Fenntarthatósági kihívások és innovatív válaszok <i>Session 8B: Sustainability Challenges and Innovative Responses</i>	
A mesterséges intelligencia lehetőségei a nyugdíjbiztonság területein SZABÓ Zsolt Mihály	511
Virtuális migráció? A távmunka, mint új dimenzió a fenntartható mobilitásban GAÁL Sándor András – OBÁDOVICS Csilla – RESPERGER Richárd	520
Az egészségműveltség fejlesztése a gyógyszertárakban a fenntarthatóság figyelembevételével PORZSOLT Péter – PAPP-VÁRY Árpád Ferenc	535
9. szekció: Sustainable Economy and Management (online) <i>Session 9: Sustainable Economy and Management (online)</i>	
Hidden Fault Lines in Sustainability Transitions: Silence, Commitment, Citizenship and Machiavellianism Andrea MÁTÉ	547
Investigation of Differences in Labour Productivity Between the Visegrád Group Countries (V4) Compared to Germany and the Impact on Their Workers' Wages Andreas HUTH	567
Sustainable Management in Inpatient Long-Term Care in Germany Through Competence-Based Staffing Rita ZÖLLNER – Silke MAGES	581
Overview of Employment Forms of University Students in the Mirror of Changes in Legislation, with Particular Respect to Dual Training in Hungary Tünde FIERS – Ágnes SIKLÓSI – Krisztina A. SISA	599

10. szekció: Sustainability Challenges and Innovations

Session 10: Sustainability Challenges and Innovations

The Concept of Vulnerable Households in European Energy Policy Ágnes VÁRADI	615
Co-Creation and Personalisation in Autonomous Mobility: A Qualitative Exploration of User Expectations Phillipp NOLL – Nils Andreas EIBER	626
How Do ESG Factors Influence Financial Performance in Leading Sustainable Companies? László Zoltán KUCSÉBER	646
Emotional Artificial Intelligence in Interpersonal Leadership: Technological Implementation and Social Impact Nils Andreas EIBER – Rüdiger GRIMM	655
Regulatory AI as Catalyst: Framework for Sustainable Financial Transformation Alexander Maximilian RÖSER – Cedric BARTELT – Ricky WEIß	678

11. szekció: Poszter szekció

Session 11: Poster Session

Organizational Theory in the Context of Climate Change and Potential Application for the Green Transition of the Iron and Steel Industry Beáta BURÓ	696
Quantitative Easing and Its Effects on Economies: A Systemic Literature Review With a European Focus Magnus RADEMACHER	716
Der Wert von Daten als nachhaltige Ressource: Chancen und Risiken im Kontext von Künstlicher Intelligenz Chantal LEISING	744
Csepreg, a boldog utazó desztinációja Vas vármegyében HORVÁTH Kornélia Zsanett	766
A holland körforgásos gazdaság hatása a holland országimázsra KALCSÚ Zoltán – BEDNÁRIK Éva	782
Dróntechnológia a vasúti infrastruktúra szolgálatában: nemzetközi trendek és a hazai tapasztalatok KOLOSZÁR László – IONESCU Astrid	796

Sárvár városi erdeinek klímavédelmi szerepe a fenntarthatósági átmenet tükrében

Climate Mitigation Potential of Urban Forests in Sárvár in the Context of the Sustainability Transition

KIRÁLY Éva¹

kutatómérnök (*Research Engineer*)

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet (*University of Sopron, Forest Research Institute*)

kiraly.eva.ilona@uni-sopron.hu (levelező szerző / *Corresponding Author*)

Dr. BOROVIKS Attila PhD

főigazgató (*Director General*)

Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet (*University of Sopron, Forest Research Institute*)

Absztrakt:

A fenntarthatósági átmenet időszakában a városi erdők és zöldfelületek stratégiai jelentőséggel bírnak, hiszen egyszerre biztosítanak ökoszisztéma-szolgáltatásokat, hozzájárulnak a környezeti igazságossághoz, valamint közvetlen szerepet játszanak a klímaváltozás mérséklésében. Kutatásunk célja Sárvár példáján keresztül feltárni, hogy a városi erdők és fás zöldterületek milyen mértékben járulnak hozzá a kibocsátások ellentételezéséhez és a helyi klímastratégia megvalósításához. Az Országos Erdőállomány Adattár 2010–2023 közötti adatai, valamint a Copernicus Tree Cover Density adatbázis alapján számszerűsítettük a biomasszában tárolt szénkészletet, az éves szénmegkötést, valamint a fakitermeléshez kapcsolódó termék- és az energiahelyettesítés révén elkerült kibocsátásokat. Az eredmények szerint a városi erdők összesített klímavédelmi hozzájárulása eléri az évi 10 116 tonna CO₂ egyenértéket, amely a város teljes kibocsátásának 9,3%-át képes kompenzálni. Ez a mennyiség megközelíti 1800 háztartás vagy több mint 4300 személygépkocsi éves kibocsátását. A városi fás vegetáció biomasszájában tárolt 366 ezer tonna CO₂ egyenértékű szén pénzügyi értéke pedig több mint 7,3 milliárd forint. Következtetéseink szerint a városi erdők és fás zöldterületek tudatos kezelése a zöld gazdaság, a bioökonómia és a társadalmi innováció fontos pillére lehet, amely hosszú távon hozzájárul a település klímarezilienciájához és élıhetőségéhez.

Kulcsszavak: városi erdő, fenntarthatósági átmenet, klímavédelem, bioökonómia, ökoszisztéma-szolgáltatás

JEL-kódok: Q01, Q23, Q54, Q57, R11

Abstract:

In the period of the sustainability transition, urban forests and green spaces play a strategic role, as they provide ecosystem services, contribute to environmental justice, and directly mitigate the impacts of climate change. The aim of our study was to explore, through the example of the city of Sárvár, the extent to which urban forests and tree-covered areas contribute to emission offsetting and the implementation of local climate strategies. Based on data from the Hungarian National Forestry Database (2010–2023) and the Copernicus Tree Cover Density database, we quantified carbon stocks stored in biomass, annual carbon sequestration, as well as avoided emissions related to harvested wood products and energy substitution. Results show that the

¹ kiraly.eva.ilona@uni-sopron.hu (levelező szerző – Corresponding Author)

total climate mitigation contribution of Sárvár's urban forests reaches –10,116 tons of CO₂ equivalent per year, which can compensate for 9.3% of the city's total emissions. This amount is comparable to the annual emissions of nearly 1,800 households or more than 4,300 passenger cars. The total carbon stock stored in the biomass of urban tree vegetation is estimated at 366,667 tons of CO₂ equivalent, with a monetary value exceeding 7.3 billion HUF. Our findings suggest that the conscious management of urban forests and green areas is a key pillar of the green economy, bioeconomy, and social innovation, and in the long term can significantly enhance urban climate resilience and livability.

Keywords: urban forest, sustainability transition, climate mitigation, bioeconomy, ecosystem services

JEL Codes: Q01, Q23, Q54, Q57, R11

1. Bevezetés

A klímaváltozás korunk egyik legsürgetőbb globális kihívása, amelynek hatásai különösen intenzíven jelentkeznek a városi térségekben. A városok egyszerre jelentik a kibocsátások forrását és a megoldások potenciális helyszíneit, hiszen az urbanizációval együtt járó környezeti terhelés – például a hősziget-hatás, a levegőszennyezés és a zöldfelület csökkenése – fokozott beavatkozást igényel. A természet alapú megoldások, köztük a városi erdők, kulcsszerepet kaphatnak a klímavédelemben, mivel ökoszisztéma-szolgáltatásaik révén képesek szén-dioxidot megkötni, mérsékelni a hőmérsékleti szélsőségeket, javítani a levegőminőséget, valamint növelni a városok alkalmazkodóképességét. Jelen tanulmány Sárvár város példáján keresztül vizsgálja, hogy milyen mértékben járulnak hozzá a városi erdők és egyéb fás zöldterületek a klímaváltozás mérsékléséhez, és hogy ennek az ökoszisztéma-szolgáltatásnak mekkora a gazdasági jelentősége.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A városi zöld infrastruktúra szerepe a fenntarthatósági átmenetben

A 21. században a városok a globális kihívások és lehetőségek kiemelt színterévé váltak. A világ népességének több mint fele városokban él, és a globális energiafelhasználás, üvegházhatásúgáz-kibocsátás, anyagfogyasztás és hulladéktermelés jelentős hányada is városi eredetű (United Nations [UN], 2018). Ebből fakadóan a városok meghatározó szerepet töltenek be a fenntarthatósági átmenet megvalósításában, amely alatt azt az átfogó társadalmi-gazdasági átalakulást értjük, mely a környezeti fenntarthatóság, társadalmi igazságosság és gazdasági jólét egyidejű megteremtésére törekszik (Loorbach 2010, Markard et al. 2012).

Az ökológiai közgazdaságtan paradigmája szerint a gazdasági rendszereknek a természet eltartóképességén belül kell működniük, és a természeti erőforrásokat nem pusztán inputként, hanem önértékkel bíró tőkeként kell kezelniük (Costanza et al. 1997). E szemléletben a városok nem csupán gazdasági egységek, hanem komplex társadalmi-ökológiai rendszerek, amelyek fenntarthatóságát a természeti környezettel való kölcsönhatás határozza meg. A városi fenntarthatóság ezért csak úgy érhető el, ha a városi terekben megvalósuló ökológiai folyamatokat – így például a szénmegkötést, hőmérséklet- és vízszabályozást vagy a biodiverzitást – tudatosan integrálják a várostervezésbe és a gazdaságpolitikai döntésekbe.

Ebben a kontextusban kiemelt jelentőségű a városi zöld infrastruktúra szerepe, amely a városi ökoszisztémák hálózatát jelenti: városi erdők, parkok, fasorok, zöldtetők és egyéb növényzettel borított területek együttes rendszere. A zöld infrastruktúra többszörös hasznot biztosít: mérsékli a hőszigetelést, csökkenti a légszennyezést, támogatja a mentális és fizikai egészséget, elősegíti a biodiverzitás megőrzését, valamint jelentős mértékben hozzájárul a szén-

dioxid megkötéséhez és tárolásához (Elmqvist et al. 2015). A természet alapú megoldások (Nature-based Solutions – NbS) alkalmazása ma már számos város klímastratégiájában és területrendezési tervében is megjelenik, mint alacsony költségű, multiplikatív hatású eszköz a fenntarthatósági célok elérésére (Cohen-Shacham et al. 2016).

A zöld infrastruktúra értékének tudományos és pénzügyi elismerését segíti elő a természeti tőke elszámolási rendszerek (Natural Capital Accounting, NCA) bevezetése, amelyek az ökoszisztémák által nyújtott szolgáltatásokat – például szénmegkötést, vízszabályozást vagy rekreációs értékeket – pénzügyileg is számszerűsíthető és nyomon követhető módon integrálják a nemzeti és helyi szintű könyvelési és statisztikai rendszerekbe (UN, 2024; Vysna et al., 2021; Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services [WAVES], 2025; World Bank Group 2021). Az NCA célja, hogy a döntéshozatal során a természet ne csak háttér változóként jelenjen meg, hanem mérhető, értékelhető és összevethető tőkeként, amely a gazdasági tervezés részévé válhat. Az NCA nem csupán környezetvédelmi eszköz, hanem gazdaságirányítási innováció, amely lehetővé teszi, hogy a természeti tőke értékét figyelembe vegyék a költségvetési és beruházási döntésekben is. A városi zöld infrastruktúra vonatkozásában az NCA segíthet például:

- a zöldterületek fejlesztésének költség-haszon elemzésében,
- a klímavédelmi szolgáltatások pénzügyi értékelésében,
- vagy az ökoszisztéma-szolgáltatások számbavételében és jelentésében.

A System of Environmental Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA EA) szabvány (UN, 2024) már konkrét módszertani keretrendszert is kínál az NCA megvalósítására, amelyet több országban és városban – köztük Hollandiában, Kanadában vagy Ausztráliában – sikeresen teszteltek. Magyarországon a természeti tőke elszámolás még kezdeti fázisban van, de a városi erdők és zöldterületek pénzügyi értékelése – amint azt a jelen tanulmány is demonstrálja – megteremtheti az alapját a helyi szintű NCA-rendszerek kialakításának.

Összességében elmondható, hogy a városok fenntarthatósági átmenetben betöltött szerepe szorosan összefügg a zöld infrastruktúrával és az ökológiai közgazdaságtani megközelítéssel. A zöld infrastruktúra emellett fontos szerepet játszik a klímaváltozás elleni küzdelemben is.

2.2 A városi erdők klímamitigációs szerepe

A városi erdők kiemelkedő szerepet játszanak az éghajlatváltozás mérséklésében, mivel egyszerre biztosítanak ökoszisztéma-szolgáltatásokat, csökkentik a városi hőszigethatást, valamint jelentős mennyiségű szén-dioxidot kötnek meg és tárolnak a biomasszában és a talajban.

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) Hatodik Értékelő Jelentése szerint az éghajlatváltozás negatív hatásai különösen erőteljesen jelentkeznek a városi térségekben, ahol az egészségügyi, infrastrukturális és társadalmi rendszerek egyaránt sérülékenyebbek (IPCC, 2021). A szélsőséges hőhullámok gyakoribbá váltak, a súlyos időjárási események következtében pedig egyre gyakrabban sérül a közlekedési, vízellátási, szennyvízelvezetési és energetikai infrastruktúra, ami gazdasági veszteségeket, szolgáltatáskiesést és az életminőség romlását eredményezi – különösen a szociálisan hátrányos helyzetű városi lakosság körében (IPCC, 2023).

A globális urbanizáció gyors üteme következtében mára a világ népességének több mint fele városokban él (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019). Az urbanizáció és a globális felmelegedés együttes nyomása nagymértékben megterheli az ökoszisztémákat, fokozza a városi hősziget-hatást, növeli a légszennyezést, valamint a vízminőségi problémák előfordulását (Choi et al., 2021; Feng et al., 2024; Strassburg et al. 2020). A városi környezet magas népsűrűsége és intenzív gazdasági tevékenysége miatt jelentős CO₂-kibocsátás forrása, így az urbanizáció önmagában is meghatározó hajtóereje a klímaváltozásnak (Dhaka, 2010; Hong et al., 2024).

Erre válaszul a városi zöld infrastruktúra – beleértve az erdőket, parkokat és zöldfelületeket – egyre fontosabb szerepet kap mind a mitigációs, mind az adaptációs stratégiákban

(Velasco et al., 2016). A városi erdőket ma már természetalapú megoldásként (nature-based solution) ismerik el (Goodwin et al., 2023; Ren et al., 2019; Steenberg et al., 2019), amelyek éghajlatszabályozó, levegőtisztító és szénmegkötő funkcióik révén kulcsszerepet töltenek be a városi alkalmazkodásban (Feng et al., 2023; Fu et al., 2023). Egyre több város fogad el olyan politikákat, amelyek előmozdítják a faültetést, a meglévő zöldfelületek megőrzését és a zöld infrastruktúra integrálását az épített környezetbe, például zöldtetők és zöldhomlokzatok révén (Velasco et al., 2016).

Miközben korábbi kutatások elsősorban a városi vegetációban tárolt szén mennyiségére koncentráltak, a szénmegkötés – vagyis a dinamikus folyamat, amely során a növényzet elnyeli a légköri szén-dioxidot – kevésbé kapott figyelmet (Guo et al., 2024; Sun et al., 2019; Velasco et al., 2016; Zhuang et al., 2023). A szénmegkötés becslése általában modellezéssel, CO₂ fuxus elemzéssel vagy helyszíni mintavételezéssel történik (Zhu et al., 2022), ám ezek a módszerek költségesek és munkaigényesek, különösen nagyvárosi léptékben. Az i-Tree és InVEST modelleket számos vizsgálat alkalmazta a városi vegetáció szénforgalmának becslésére (Babbar et al., 2021; Raum et al., 2019).

A városi zöldfelületek ökoszisztéma-szolgáltatásai kulcsfontosságúak hazánk fővárosában, Budapesten is (Chen et al., 2024; Király et al., 2025; Meer et al., 2014). A város 525 km²-en terül el, változatos talajtípusok és domborzati adottságok jellemzik. Azonban a város ökológiai lábnyoma és biokapacitása közötti különbség egyre növekvő mértékű, főként a növekvő népesség és az emelkedő egy főre jutó erőforrás-felhasználás miatt (Kovács et al., 2022). Az urbanizációval párhuzamosan a város számos területén hősziget-hatás, szennyezés és zöldfelület-csökkenés figyelhető meg (Göndöcs et al., 2017; Tatai et al., 2023).

Budapest városi erdős területeire vonatkozó kutatásunk eredményei szerint a városi fás vegetáció évente mintegy 41 000 tonna CO₂ kibocsátás ellentételezését valósítja meg, így a főváros éves kibocsátásának körülbelül 1%-át ellensúlyozza (Király et al., 2025). Ez az érték összhangban van más nagyvárosokban mért hasonló arányokkal (pl. Vancouver, Changchun, Mexikóváros), ahol a városi zöldfelületek szénmegkötő képessége általában az összes városi kibocsátás 1–2%-át teszi ki.

A kisebb városok esetében az erdők szintén fontos szerepet tölthetnek be a klímaváltozás mérséklésében, ugyanakkor a szénkészletek nagysága és térbeli eloszlása erősen heterogén lehet, mivel a városi fák jelentős része magántulajdonú lakóingatlanokhoz kapcsolódó területeken található. Egy közepes méretű városból (Bloomington, Indiana, USA; ~80 000 lakos) származó kutatási eredmények azt mutatják, hogy a magánparcellák faállományának mennyisége és szerkezete jelentősen eltér, ami nagy különbségeket eredményez a felszín feletti szénkészletekben: egyes telkeken csupán néhány fa található, míg mások sűrű, fajgazdag „kerti erdőkkel” rendelkeznek, ahol a nagy, idős fák kimagasló széntárolással rendelkeznek. A kertvárosi talajok a fás biomasszájánál is nagyobb és stabilabb szénraktárt jelenthetnek. Bloomington esetében a 15 cm mélységig mért talajszénkészlet átlagosan mintegy 1,9-szerese volt a fákból tárolt szénnek, ami arra utal, hogy a klímavédelmi potenciál nem kizárólag a lombkorona-borítottság függvénye, hanem a talajvédelem és a hosszú távú területhasználati gyakorlatok is meghatározó szerepet játszanak (Schmitt-Harsh et al., 2013).

Ezt a parcellaszintű megközelítést egészíti ki egy közelmúltbeli, közösségi tudományon alapuló vizsgálat a spanyolországi Viladecans városában (~67 000 lakos). A kutatás keretében 658 diák mérte fel 1274 városi fa törzsméretét és magasságát egyéves időtávon (2024 márciusa és 2025 márciusa között), lehetővé téve az éves CO₂ megkötés becslését és az eredmények kivetítését a város teljes faállományára (~21 000 fa). Az eredmények egyértelműen igazolják, hogy a szénmegkötés mértéke szoros összefüggést mutat a fák méretével, és a nagy lombkoronájú fák kiemelkedően nagy mennyiségű CO₂-t kötnek meg, ami alátámasztja a fák megőrzésének jelentőségét (Mazon, 2025). Bár a városi léptékű éves szénmegkötés nagysága csak mintegy 810 t CO₂/év volt, ami csekély a teljes városi kibocsátáshoz képest, a tanulmány számos olyan előnyt is kiemel, amelyek a klímavédelmi szerepet a gyakorlatban is erősítik, mint például

az árnyékolás és a városi hősziget-hatás mérséklése, az épületek hűtési energiaigényének potenciális csökkenése, valamint a lakosság jóllétének és társadalmi kohéziójának javítása.

Külön figyelmet érdemel a városi fák egyéb ökoszisztéma-szolgáltatásainak vizsgálata is: Chenés szerzőtárai (2024) három gyakori fafaj – korai juhar (*Acer platanoides*), magas kőris (*Fraxinus excelsior*) és ezüsthárs (*Tilia tomentosa*) – fotoszintetikus teljesítményét és finom részecske-szűrési képességét értékelte, kimutatva, hogy a *Tilia tomentosa* alkalmazkodott a legjobban a városi környezethez. A becslések szerint mintegy 38 tonna finom részecske (PM) kerül megkötésre Budapest zöldfelületein évente. Szabó és szerzőtársai (2023) szintén megerősítettek, hogy a falevelek felületi szerkezete jelentős hatással van a porfelvétel hatékonyságára.

A városi erdők klímavédelmi szerepe akkor érvényesülhet leghatékonyabban, ha tudatosan beépül a városi stratégiaalkotásba és a fejlesztési tervekbe. A városi klímastratégia olyan átfogó szakpolitikai és tervezési keret, amely meghatározza, miként csökkenti egy város az üvegházhatásúgáz-kibocsátásait, hogyan alkalmazkodik a klímaváltozás hatásaihoz, és miként integrálja a természet alapú és technológiai megoldásokat a fenntartható városfejlődés érdekében. A városi klímastratégiák feladata, hogy az ökoszisztéma alapú megoldásokat – így a városi fákat és erdőket – a kibocsátáscsökkentési és alkalmazkodási intézkedések szerves részeként kezeljék, nem pedig kiegészítő elemként. A szénmegkötési potenciál számszerűsítése lehetővé teszi a zöldfelületek hozzájárulásának megjelenítését a helyi klíma- és energiamérlegekben.

Sárvár Város Klímastratégiája (2020–2030, kitekintéssel 2050-ig) a klímaváltozás mérséklését és az ahhoz való alkalmazkodást integrált városfejlesztési feladatként kezeli (Sárvár Város Önkormányzata, 2020). Ugyanakkor a dokumentum inkább adaptációs szemléletű, és az erdőket a táji környezet, a biodiverzitás és a zöldinfrastruktúra részeként tárgyalja, részletes, városi léptékű szénegyenleg számítások nélkül. A klímamitigációs beavatkozási irányok tekintetében az épületkorszerűsítés szerepét emeli ki, az erdőkhöz kapcsolódó intézkedésekhez nem társít mitigációs potenciál értéket. Ez a megközelítés rámutat arra, hogy a helyi klímastratégiák fontos irányt mutatnak a természet alapú megoldások integrálásában, ugyanakkor további, kvantitatív elemzésekre van szükség ahhoz, hogy a városi erdők klímavédelmi hozzájárulása a döntéshozatalban is explicit módon megjelenhessen.

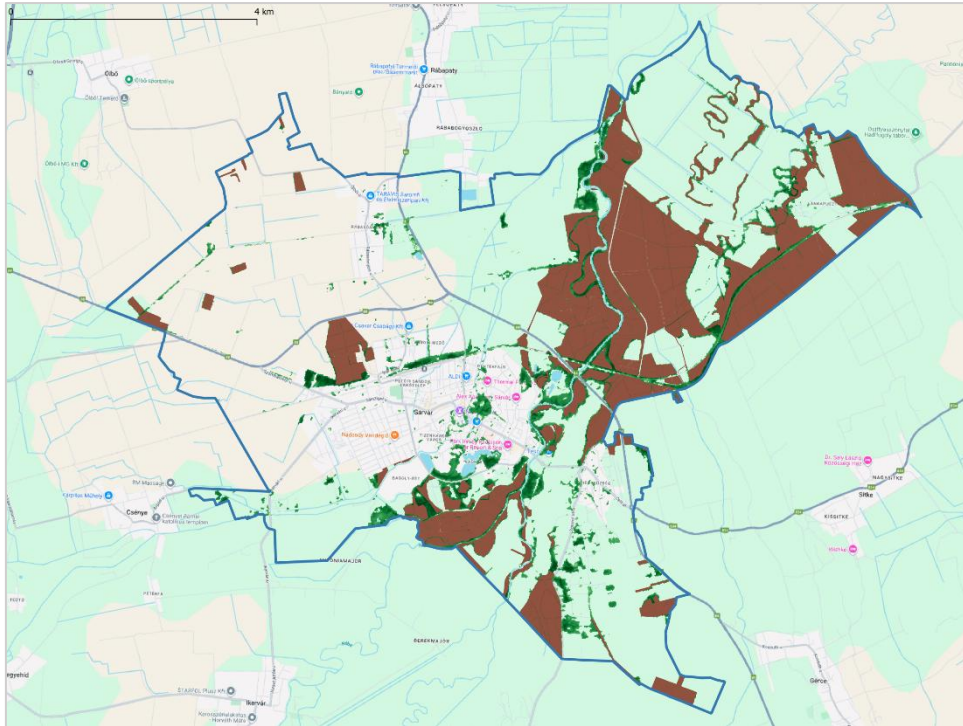
3. Célkitűzés

Kutatásunk fő célja, hogy Sárvár város példáján keresztül bemutassa a városi erdők és zöldterületek szénmegkötési és széntárolási képességének kvantitatív értékelését. A vizsgálat célzottan arra törekszik, hogy meghatározza, milyen mértékben járulnak hozzá a városi erdőterületek a klímaváltozás mérsékléséhez a biomasszában tárolt szén és az éves szénmegkötés révén, valamint a faipari termékekben hosszú távra lekötött szén, illetve a termék- és energiahelyettesítési hatások által. A kvantitatív célokon túl a kutatás fontos társadalmi célkitűzése a szemléletformálás: a városi zöldterületek klímavédelmi szerepének tudatosítása, valamint a lakosság bevonása és érzékenyítése a természet alapú megoldások iránt. A jól kommunikálható szénmegkötési és gazdasági mutatók és az erdők szerepének tudatosítása elősegítheti a zöldinfrastruktúra társadalmi elfogadottságának növelését, és hozzájárulhat a helyi klímatudatos döntések megalapozásához.

4. Anyag és módszer

A kutatás során a Sárvár város közigazgatási területén található városi erdőterületeket vizsgáltuk (*1. ábra*). Az erdőtervezett erdőrészeket barna színnel vannak jelölve, míg az egyéb fával borított területek sötétzöld színnel.

Az erdőtervezett területek elemzésének alapjául az Országos Erdőállomány Adattár (OEA) 2010 és 2023 közötti adatai szolgáltak.



1. ábra: A vizsgált mintaterület átnézeti térképe

Forrás: Készült a téradatok felhasználásával

A nem erdőként nyilvántartott fás területek (pl. parkok, fasorok, kertek stb.) esetében a vizsgálat az Európai Unió Copernicus Földmegfigyelési Szolgálatának Tree Cover Density (TCD 2025) adataiból indult ki. Ez az adatállomány záródás szerinti kategóriákba sorolva határozza le a fával borított területeket 10x10 méteres felbontásban. Ez az adatforrás, illetve az OEA-ból származtatott szénkészlet és szénmegkötés adatok képezték a nem erdőtervezett területek faállományai szénforgalmi becslésének alapját.

A biomasszában tárolt szénkészlet, valamint az éves szénmegkötés mennyiségi becsléséhez az IPCC módszertani útmutatói (IPCC 2006, 2019) és a hazai Üvegházgáz Leltárjelentés (NIR 2023) számítási eljárásai szolgáltak alapul. A számításokat 22 fafajcsoportos bontásban végeztük, illetve hektáronkénti átlagos szénmegkötési és széntárolási értékeket is meghatároztunk. A fakitermelési adatok forrása az OEA volt, míg a választékeloszlást Borovics és szerzőtársai (2024) alapján becsültük fafajcsoportonként az 1. táblázat szerint.

1. táblázat: Választékarányok fafajcsoportok szerint

	T	CS	B	GY	A	EKL	NNY	HNY	FÜ	ELL	F
Tűzifa	69%	93%	59%	88%	80%	82%	8%	18%	33%	65%	14%
Iparifa	31%	7%	40%	12%	20%	18%	91%	81%	67%	35%	86%

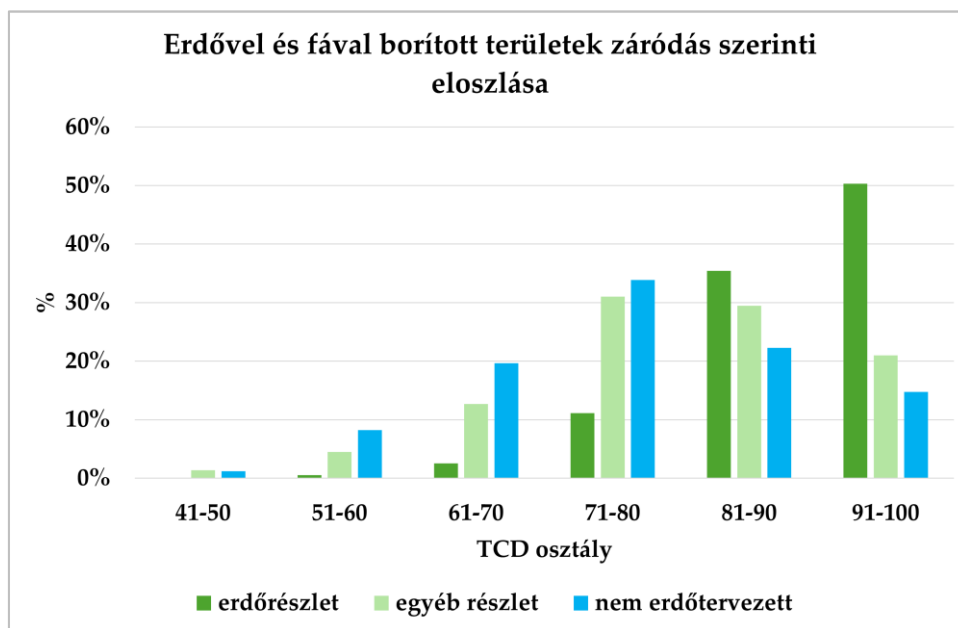
Forrás: Borovics és szerzőtársai (2024)

A termék- és energiahelyettesítési hatásokat a Király és szerzőtársai (2024) publikációjában részletesen leírt módszertan szerint határoztuk meg. Az alkalmazott energiahelyettesítési tényező 0,67 tC/tC, míg a termékhelyettesítések esetében 1,2 tC/tC értékkel számoltunk. A szénmegkötési, széntárolási, valamint termék- és energiahelyettesítési ökoszisztéma-szolgáltatások pénzügyi értékét Borovics és szerzőtársai (2025) módszere szerint számszerűsítettük. A szénmegkötési és -tárolási szolgáltatások esetében 50 Euro/tCO₂ karbonárral számoltunk az önkéntes karbonpiaci árakkal összhangban. Ezzel szemben a helyettesítési hatások esetében

100 Euro/tCO₂ árat vettünk figyelembe, amely az EU ETS emissziókereskedelmi rendszerben jellemző átlagos kvótaár.

5. Eredmények és értékelésük

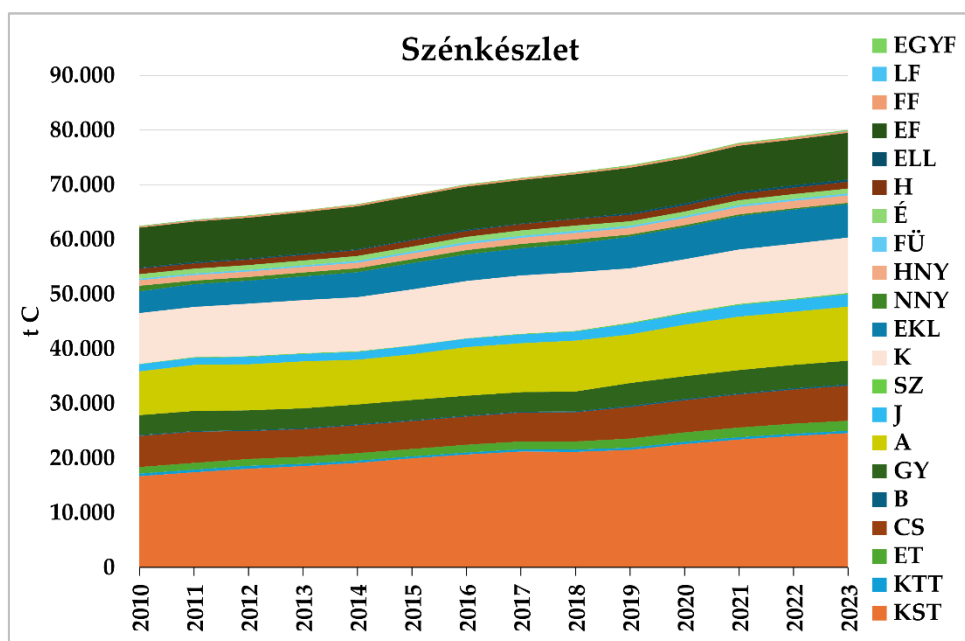
A vizsgált erdőtervezett városi erdők összesített területe 1125 hektárt tett ki Sárvár község határon belül. A nem erdőtervezett városi fás területek összesített területe pedig 470 hektárnak adódott. Az erdőtervezett területek magasabb záródással voltak jellemezhetőek, mint a nem erdőtervezett fás területek (2. ábra).



2. ábra: Az erdőtervezett, illetve egyéb fával borított területek záródás szerinti megoszlása a TCD szerint, 2025

Forrás: Saját szerkesztés

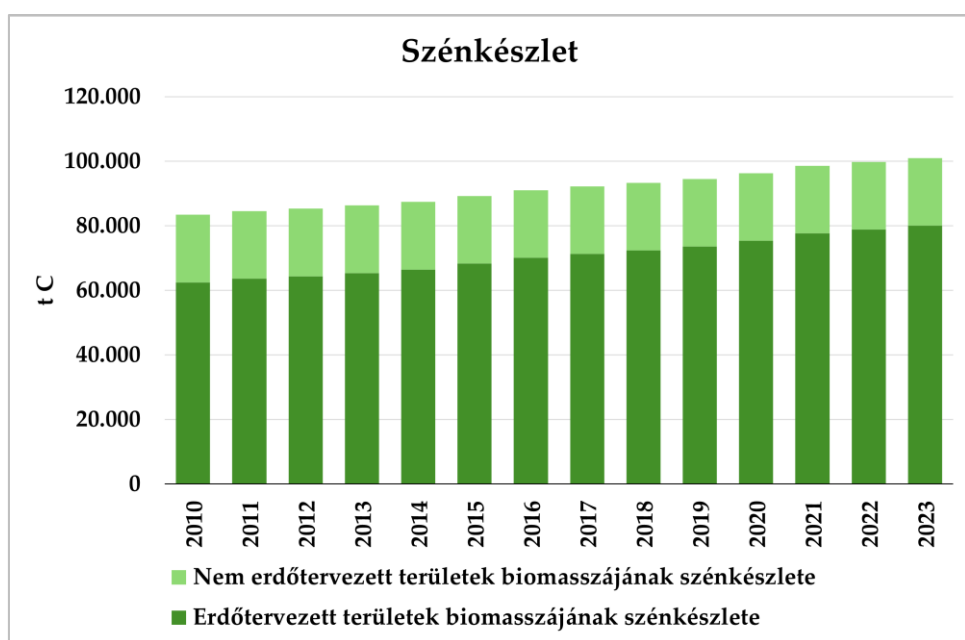
Eredményeink szerint az erdőtervezett városi erdők teljes biomasszájában tárolt szén mennyisége meghaladja a 80 ezer tonnát, amely jelentős természetes szénraktárként értelmezhető (3. ábra). A legnagyobb széntárolással a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) állományok jellemezhetőek.



3. ábra²: Az erdőtervezett városi erdők biomasszájában tárolt szén mennyisége a vizsgált időszakban fafajcsoportok szerinti bontásban, 2010–2023

Forrás: Saját szerkesztés

A nem erdőtervezett fás területek biomasszájának teljes szénkészlete több, mint 20 ezer tonna C-re becsülhető (4. ábra).



4. ábra: Az erdőtervezett városi erdők és az egyéb fás területek biomasszájában tárolt szén mennyisége a vizsgált időszakban, 2010–2023

Forrás: Saját szerkesztés

² Az ábrán szereplő rövidítések: EGYF – egyéb fenyő, LF – lucfenyő, FF – fekete fenyő, EF – erdeifenyő, ELL – egyéb lágylomb, H – hárs, É – éger, FÜ – fűz, HNY – hazainyár, NNY – nemes nyár, EKL – egyéb keménylomb, K – kőris, SZ – szil, J – juhar, A – akác, GY – gyertyán, B – bükk, CS – cser, ET – egyéb tölgy, KTT – kocsánytalan tölgy, KST – kocsányos tölgy.

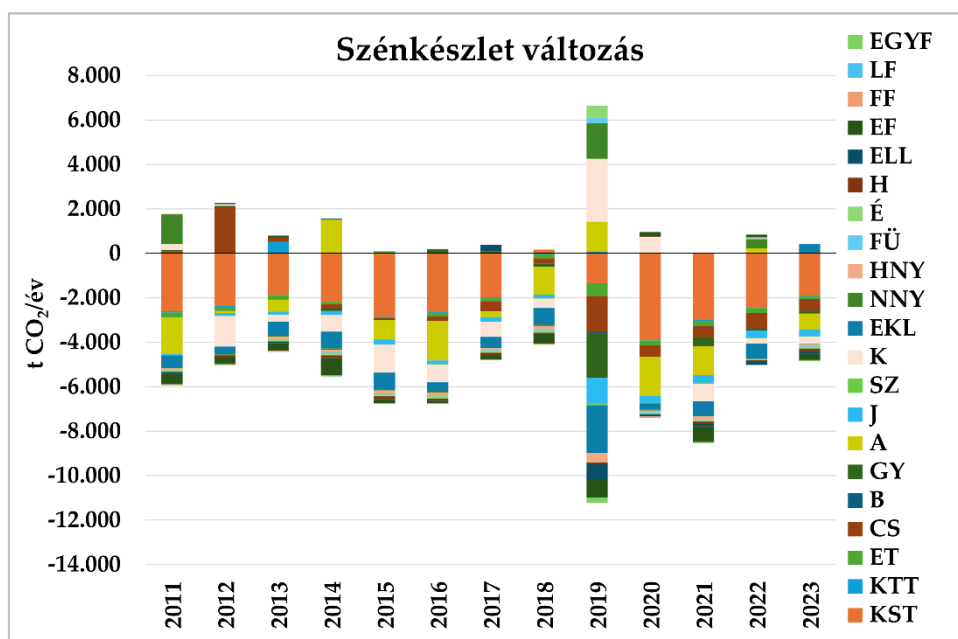
A hektáronkénti átlagos szénkészletek alakulását az 5. ábra szemlélteti. Az egy hektárra jutó tárolt szénmennyiség átlagos értékét a 2023-as évre meghaladta a 100 tonna szén/ha értéket.



5. ábra: Az erdőtervezett városi erdők és a nem erdőtervezett fás területek biomasszájában tárolt szén mennyiségének egy hektárra normalizált átlagos értéke a vizsgált időszakban, 2010–2023

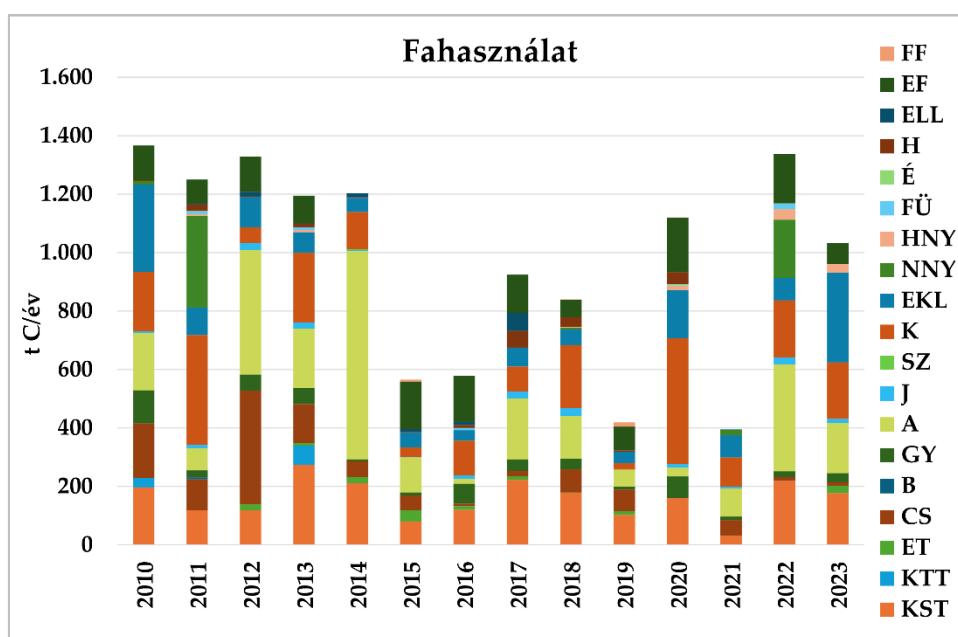
Forrás: Saját szerkesztés

A 6. ábra az erdőtervezett városi erdők éves szénmérlegét mutatja, melyen az állományok növekedéséből származó szénmegkötések az IPCC konvencióknak megfelelően negatív előjellel szerepelnek, míg a fahasználatokból származó kibocsátások pozitív előjellel vannak feltüntetve. Az értékek széndioxid egyenértékben vannak kifejezve, a negatív értékek szénmegkötést jelölnek, míg a pozitív értékek kibocsátások. A 2019-es kiugró érték az erdőtervezés hatását mutatja, ekkor történt meg a faállomány terepi felvételezése, és bizonyos korábbi változások regisztrálása is.



6. ábra: Az erdőtervezett városi erdők biomasszájában megvalósuló szénmegkötés, illetve kibocsátások a vizsgált időszakban fajokcsoportok szerinti bontásban, 2010–2023
 Forrás: Saját szerkesztés

A fahasználatok mennyiségét tonna szénben kifejezve a 7. ábra mutatja be.

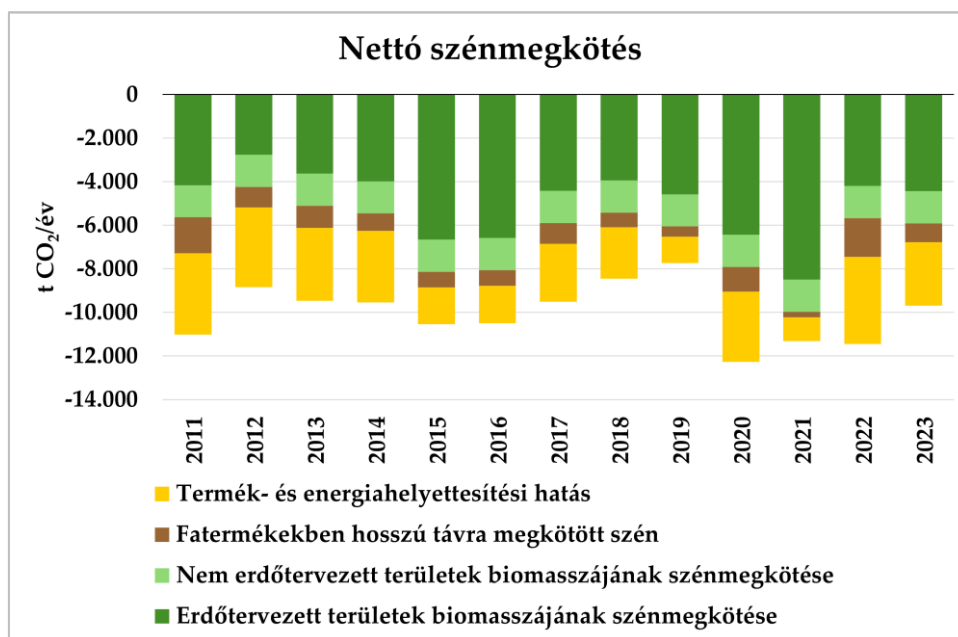


7. ábra: Az erdőtervezett városi erdőkben megvalósult fahasználatok tonna szénben kifejezett értékei a vizsgált időszakban fajokcsoportok szerinti bontásban, 2010–2023
 Forrás: Saját szerkesztés

A városi erdőterületek nettó szénegyenlege a vizsgált időszakban negatív előjelű, vagyis e területek nettó szénelnyelőként működnek. Az erdei biomasszában megvalósuló szénelnyelés mellett a fakitermelés is hozzájárul a klímamitigációs hatások fokozásához, ugyanis a kitermelt fából készülő fatermékekben további széntárolás valósul meg. Emellett a fatermékek és a tűzifa

termék- és energiahelyettesítő hatásai további emissziók elkerülését eredményezik, hiszen lehetővé teszik fosszilis energiahordozók és karbonintenzív termékek kiváltását (8. ábra).

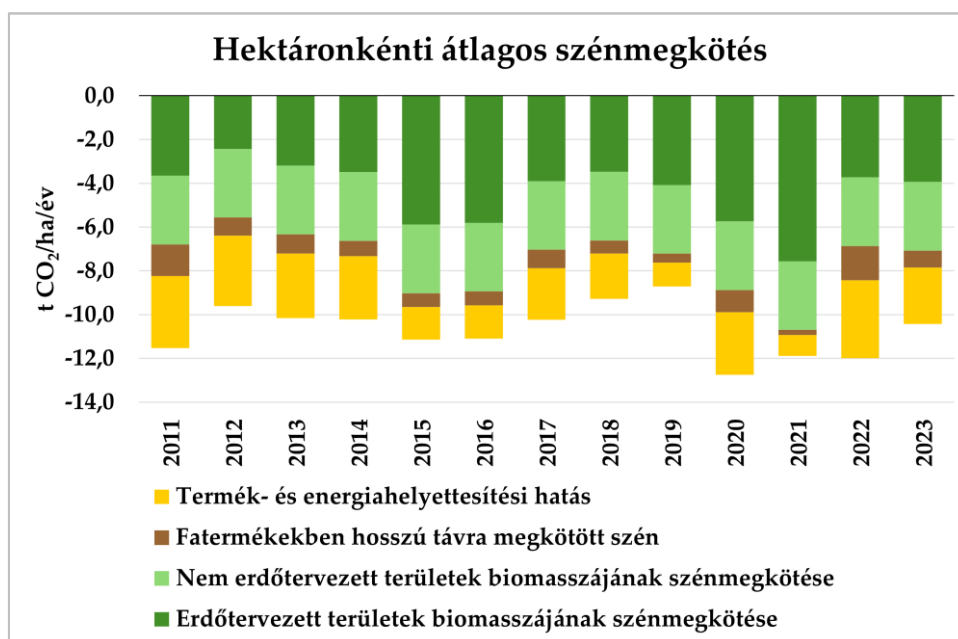
Az erdőtervezett erdei biomasszában megvalósuló éves szénmegkötés mértéke a vizsgált időszakban átlagosan -4950 tonna CO₂-egyenérték körül mozgott, amely a város teljes üvegházhatású gázkibocsátásának 4,6%-át ellentételezi a Sárvár Város Önkormányzata (2020) által közölt kibocsátási leltár adatai szerint. A városi erdők teljes szénmegkötése és kibocsátás ellentételező hatása a vizsgált időszak átlagában -10 116 t CO₂ egyenértéknek adódott, amely a város teljes üvegházhatású gázkibocsátásának 9,3%-át ellentételezi. Ez az ellentételezett kibocsátás mennyiség megegyezik 1792 átlagos magyar háztartás éves összkibocsátásával (KSH 2025 a,b), illetve 4334 személyautó teljes éves kibocsátásával (KSH 2025c).



8. ábra: Az erdőtervezett városi erdők és az egyéb fás területek biomasszájában megvalósuló nettó éves szénmegkötés, illetve a fatermékekben hosszú távra megkötött szén és a termék- és energiahelyettesítési hatások értékei, szén-dioxid egyenértékben kifejezve, 2010–2023 (A negatív értékek szén-dioxid megkötést jelölnek.)

Forrás: Saját szerkesztés

Míg a 8. ábra az éves nettó szénegyenleget aggregált formában mutatja, addig az 9. ábra ugyanezt hektárra vetítve jeleníti meg. Az egy hektárra jutó éves szénmegkötés értéke az erdőtervezett területek biomasszájában a vizsgált időszakban -3,5 és -7,6 tCO₂/ha/év értékek között mozgott. A teljes hektáronkénti szénegyenleg -8,7 és -12,8 tCO₂/ha/év értékek között alakult a vizsgált időszakban.



9. ábra: Az erdőtervezett városi erdők és az egyéb fás területek biomasszájában megvalósuló nettó éves szénmegkötés, illetve a fatermékekben hosszú távra megkötött szén és a termék- és energiahelyettesítési hatások egy hektárra normalizált értékei, szén-dioxid egyenértékben kifejezve, 2010–2023 (A negatív értékek szén-dioxid megkötést jelölnek.)

Forrás: Saját szerkesztés

A 2. táblázat a sárvári városi erdők és fás területek klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatásainak pénzügyi értékelését mutatja be. Az eredmények szerint a sárvári városi erdők és fák biomasszájában mintegy 366 667 tonna CO₂ ekvivalens szén tárolódik, amely több mint 7,3 milliárd forint pénzügyi értéket képvisel. Az éves szén-dioxid-megkötés volumene 6 423 tonna CO₂, amely 128,5 millió forint klímamitigációs értéket jelent évente. A városi erdőkből származó új fatermékekben további 932 tonna CO₂ kerül lekötésre évente (18,6 millió forint értékben), míg a kitermelt fa anyag- és energiahelyettesítési hatásai révén 2 761 tonna CO₂/év kibocsátás kerülhető el, amely 110,4 millió forint gazdasági értéket képvisel. Ezek az adatok egyértelműen rávilágítanak arra, hogy a városi erdők nem csupán ökológiai és klímavédelmi, hanem jelentős gazdasági értékkel is bírnak. A széntárolás, a folyamatos szénmegkötés és a faanyag hosszú távú hasznosítása révén mérhető pénzügyi értékű hozzájárulást nyújtanak a város klímasegítségességi céljaihoz.

2. táblázat: A sárvári városi erdők és fák klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatásainak pénzügyi értéke

Kategória	Leírás	Szénmegkötés / tárolás volumene	Mértékegység	Pénzügyi érték	Mértékegység
Széntárolás	Széntárolás a sárvári erdők és fák biomasszájában a 2023-as évben.	366 667	tonna CO ₂	7 333 333 333	HUF
Szén-dioxid megkötés	Szén-dioxid megkötés a sárvári erdők és fák biomasszájában a 2011–2023 évek átlagában.	6 423	tonna CO ₂ /év	128 460 000	HUF

Kategória	Leírás	Szénmegkötés / tárolás volu- mene	Mérték- egység	Pénzügyi érték	Mérték- egység
Fatermékben törtéző lekötés	Szén-dioxid lekötés a sár- vári erdőkből származó új fatermékben a 2011– 2023 évek átlagában.	932	tonna CO ₂ /év	18 640 000	HUF
Helyettesítési hatások	Termék- és energiahelyet- tesítés útján elkerült kibo- csátások a 2011–2023 évek átlagában.	2 761	tonna CO ₂ /év	110 440 000	HUF

Forrás: Saját szerkesztés

6. Következtetések és javaslatok

A kutatás eredményei alapján Sárvár városi erdőterületei jelentős klímavédelmi potenciállal rendelkeznek, mind a biomasszában tárolt szén, mind az éves szénmegkötés révén. Az erdőtervezett területek több mint 80 000 tonna szenet tárolnak, míg az éves szinten megkötött szén-dioxid mennyisége átlagosan -4950 tonna CO₂ egyenérték, ami a város teljes üvegházhatású gázkibocsátásának 4,6%-át ellensúlyozza. Ha ehhez hozzáadjuk a fatermékben hosszú távra lekött széntartalmat, valamint a termék- és energiahelyettesítési hatásokat, akkor a városi erdők összesített klímavédelmi hozzájárulása eléri az évi -10 116 tonna CO₂ egyenértéket, amely Sárvár teljes kibocsátásának 9,3%-át képes kompenzálni. Ez alátámasztja, hogy a városi erdők nemcsak ökológiai értéket képviselnek, hanem kulcsszerepet játszhatnak a helyi klímastratégiák megvalósításában is.

A klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatások pénzügyi értékelésének eredményei egyértelműen rámutatnak a városi erdők és fás területek gazdasági jelentőségére a klímavédelem szempontjából. A becslések szerint a sárvári erdők és fák biomasszájában tárolt szén 7,33 milliárd forint értéket képvisel, míg az éves szén-dioxid megkötés további 128,5 millió forint gazdasági értéket jelent. A városi erdőkből származó fatermékben megvalósuló szénlekötés értéke 18,6 millió forint, a termék- és energiahelyettesítési hatások révén pedig 110,4 millió forint kibocsátás kerülhető el évente. Ezek az adatok egyértelműen bizonyítják, hogy a városi erdők nemcsak ökológiai, hanem számottevő gazdasági értékkel is bírnak. A természetes széntárolás, a faalapú termékek hosszú távú szénmegőrző szerepe, valamint a fosszilis energiahordozókat kiváltó helyettesítési hatások együttesen jelentős pénzügyi értéket képviselnek és gazdasági értelemben is fontos klímavédelmi szolgáltatást biztosítanak a város számára.

A különböző fafajcsoportok eltérő széntárolási és szénmegkötési képességének feltárása lehetővé teszi, hogy a jövőbeni városi erdőtelepítések és faültetési programok tudatos, ökológiai és gazdasági szempontokat egyaránt figyelembe vevő fafajválasztáson alapuljanak.

A városi zöldterületek ökoszisztéma-szolgáltatásainak komplex értékelése – beleértve a hősziget-hatás mérséklését, a levegőminőség javítását, a rekreációs funkciókat és a szénforgalmi szerepet – elengedhetetlen a fenntartható várostervezés és a klímastratégiai döntések megalapozásához. Sárvár példája jól mutatja, hogy a kisebb városokban is jelentős potenciál rejlik a természet-alapú megoldások alkalmazásában.

A kutatás eredményei azt is világossá tették, hogy a nem erdőtervezett fás zöldfelületek – bár kisebb szénkészletet tárolnak – fontos kiegészítő szerepet játszanak a városi szénforgalomban. A 470 hektárnyi nem erdőként nyilvántartott fával borított terület ökológiai szolgáltatásai (pl. hősziget-hatás mérséklése, porszűrés, rekreáció) indokolják ezek rendszerszintű nyilvántartását és célzott fenntartását.

Mindezek alapján javasolható:

1. A városi erdők és fás zöldterületek klímavédelmi funkciójának intézményes elismerése a helyi stratégiákban.

2. Ökológiai értékalapú és egyben az adaptációt elősegítő fafajpolitika alkalmazása a telepítéseknél és pótlásoknál, a klímareziliens fajok előnyben részesítésével.
3. A nem erdőtervezett területek szisztematikus felmérése és integrálása a városi zöldinfrastruktúra-menedzsmentbe.
4. A lakosság aktív bevonása, edukációja és ösztönzése – például a „fogadj örökbe egy fát” programokhoz hasonló közösségi kezdeményezéseken és szemléletformáló tájékoztató kampányokon keresztül.
5. A jól kommunikálható szénmegkötési mutatók és eredmények beépítése a városi környezeti jelentésekbe és klímastratégiai dokumentumokba.
6. A városi erdők és fás területek klímamitigációs ökoszisztéma-szolgáltatásainak pénzügyi értékelését rendszeres időközönkénti frissítése, hogy az eredmények beépülhessenek a városfejlesztési döntésekbe. Javasolt továbbá a természeti tőke elszámolási rendszer (Natural Capital Accounting) helyi szintű alkalmazása, amely lehetővé tenné a zöldinfrastruktúra gazdasági hozzájárulásának átlátható nyomon követését, összehasonlíthatóságát és integrálását a városi gazdálkodásba. Ez segítheti a döntéshozókat abban, hogy a városi zöldfelületek fejlesztését ne költségként, hanem hosszú távú gazdasági befektetésként kezeljék.

A klímavédelmi funkciók erősítése, a lakosság bevonása és a szemléletformálás, valamint a zöldinfrastruktúra fejlesztése hozzájárulhat a település hosszú távú klímarezilienciájához és élhetőségéhez. A sárvári esettanulmány rámutat arra, hogy megfelelően integrált és tudatos zöldinfrastruktúra-kezelés mellett még kisebb települések esetében is elérhető cél lehet az éves CO₂ kibocsátás akár 10%-át megközelítő ellentételezés. A kutatás folytatásaként indokolt a nem erdőtervezett zöldterületek szénforgalmi szerepének részletes feltárása, valamint az olyan infrastrukturális zöldmegoldások, mint a zöldtetők és zöldfalak klímamérlegének elemzése, amelyek tovább bővíthetik a városi térségek klímavédelmi eszköztárát.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció az Európai Unió Copernicus Földmegfigyelési Szolgálat adatainak felhasználásával készült: <https://doi.org/10.2909/e677441e-fb94-431c-b4f9-304f10e4dfd8>.

Finanszírozás

A 2025-2.1.1-EKÖP-2025-00002 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, az EKÖP-25-3-II pályázati program finanszírozásában valósult meg. Szerződés szám: EKÖP-25-3-II-SOE-14.



AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROJEKT

Irodalomjegyzék

- Babbar, D., Arendran, G., Sahana, M., Sarma, K., Raj, K., & Sivadas, A. (2021). Assessment and prediction of carbon sequestration using Markov chain and InVEST model in Sariska Tiger Reserve, India. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123333>
- Borovics, A., Király, É., & Kottek, P. (2024). Projection of the carbon balance of the Hungarian forestry and wood industry sector using the Forest Industry Carbon Model. *Forests*, 15(4), 600. <https://doi.org/10.3390/f15040600>
- Borovics, A., Király, É., Kottek, P., Illés, G., & Schiberna, E. (2025). From climate liability to market opportunity: Valuing carbon sequestration and storage services in the forest-based sector. *Forests*, 16(8), 1251. <https://doi.org/10.3390/f16081251>
- Chen, H., Kardos, L., Chen, H., & Szabó, V. (2024). Investigating physiological responses and fine particulate matter retention of urban trees in Budapest. *City and Environment Interactions*, 24, 100182. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100182>
- Choi, C., Berry, P., & Smith, A. (2021). The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: A systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, 291, 112583. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112583>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Dhokal, S. (2010). GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 277–283. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.007>
- Elmqvist, T., Setälä, H., Handel, S. N., van der Ploeg, S., Aronson, J., Blignaut, J. N., Gómez-Baggethun, E., Nowak, D. J., Kronenberg, J., & de Groot, R. (2015). Benefits of restoring ecosystem services in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.001>
- Feng, R., Liu, S., Wang, F., Wang, K., Gao, P., & Xu, L. (2024). Quantifying the environmental synergistic effect of cooling–air purification–carbon sequestration from urban forest in China. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141514. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141514>
- Feng, R., Wang, F., Liu, S., Qi, W., Zhao, Y., & Wang, Y. (2023). How urban ecological land affects resident heat exposure: Evidence from the mega-urban agglomeration in China. *Landscape and Urban Planning*, 231, 104643. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104643>
- Fu, B., Liu, Y., & Meadows, M. E. (2023). Ecological restoration for sustainable development in China. *National Science Review*, 10, nwad033. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwad033>
- Goodwin, S., Olazabal, M., Castro, A. J., & Pascual, U. (2023). Global mapping of urban nature-based solutions for climate change adaptation. *Nature Sustainability*, 6, 458–469. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01036-x>

- Göndöcs, J., Breuer, H., Pongrácz, R., & Bartholy, J. (2017). Urban heat island mesoscale modelling study for the Budapest agglomeration area using the WRF model. *Urban Climate*, 21, 66–86. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.05.005>
- Guo, Y., Ren, Z., Wang, C., Zhang, P., Ma, Z., Hong, S., Hong, W., & He, X. (2024). Spatiotemporal patterns of urban forest carbon sequestration capacity: Implications for urban CO₂ emission mitigation during China's rapid urbanization. *Science of the Total Environment*, 912, 168781. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168781>
- Hong, W., Ren, Z., Guo, Y., Wang, C., Cao, F., Zhang, P., Hong, S., & Ma, Z.. (2024). Spatiotemporal changes in urban forest carbon sequestration capacity and its potential drivers in an urban agglomeration: Implications for urban CO₂ emission mitigation under China's rapid urbanization. *Ecological Indicators*, 159, 111601. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111601>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* [H. S. Eggleston et al., Eds.]. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* [E. Calvo Buendia et al., Eds.]. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero, Eds.]. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Király, É., Börcsök, Z., Kocsis, Z., Németh, G., Polgár, A., & Borovics, A. (2024). Climate change mitigation through carbon storage and product substitution in the Hungarian wood industry. *Wood Research*, 69, 72–86. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/69.1.7286>
- Király, É., Illés, G., & Borovics, A. (2025). Green infrastructure for climate change mitigation: Assessment of carbon sequestration and storage in the urban forests of Budapest, Hungary. *Urban Science*, 9(5), 137. <https://doi.org/10.3390/urbansci9050137>
- Kovács, Z., Farkas, J. Z., Szigeti, C., & Harangozó, G. (2022). Assessing the sustainability of urbanization at the sub-national level. *Sustainable Cities and Society*, 84, 104022. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104022>
- Központi Statisztikai Hivatal. (2025a). *A nemzetgazdasági ágak és háztartások üvegházhatósúgáz-kibocsátása*. https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0018.html
- Központi Statisztikai Hivatal. (2025b). *Háztartások és személyek száma jövedelmi ötödök szerint*. https://www.ksh.hu/stadat_files/jov/hu/jov0052.html
- Központi Statisztikai Hivatal. (2025c). *Az újonnan üzembe helyezett személygépkocsik átlagos szén-dioxid-kibocsátása kilométerenként*. <https://ksh.hu/s/kiadvanyok/fenntarthato-fejlodes-indikatorai-2022/3-37>
- Loorbach, D. (2010). Transition management for sustainable development. *Governance*, 23(1), 161–183. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2009.01471.x>
- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>

- Mazon, J. (2025). Integrating urban tree carbon sequestration into metropolitan ecosystem services for climate-neutral cities. *Urban Science*, 9(11), 463. <https://doi.org/10.3390/urbansci9110463>
- van der Meer, J., Carvalho, L., & van den Berg, L. (2014). *Cities as engines of sustainable competitiveness*. Ashgate.
- Raum, S., Hand, K., Hall, C., Edwards, D., O'Brien, L., & Doick, K. (2019). Achieving impact from ecosystem assessment and valuation of urban greenspace. *Landscape and Urban Planning*, 190, 103590. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103590>
- Ren, Z., Zheng, H., He, X., Zhang, D., Shen, G., & Zhai, C. (2019). Changes in spatiotemporal patterns of urban forest carbon storage. *Environment International*, 129, 438–450. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.010>
- Sárvár Város Önkormányzata. (2020). *Sárvár város klímastratégiája 2020–2030*.
- Schmitt-Harsh, M., Mincey, S. K., Patterson, M., Fischer, B. C., & Evans, T. P. (2013). Private residential urban forest structure and carbon storage. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(4), 454–463. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.07.007>
- SiteViewer 3.0. (2025). *ERTI GIS portal*. <http://www.ertigis.hu/siteviewer.htm>
- United Nations. (2018). *World urbanization prospects: The 2018 revision*. <https://population.un.org/wup/>
- United Nations. (2024). *System of Environmental-Economic Accounting: Ecosystem accounting (SEEA EA)*. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_f124_web_12dec24.pdf
- Velasco, E., Roth, M., Norford, L., & Molina, L. T. (2016). Does urban vegetation enhance carbon sequestration? *Landscape and Urban Planning*, 148, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.003>
- Vysna, V., Maes, J., Petersen, J.E., La Notte, A., Vallecillo, S., Aizpurua, N., Ivits, E., Teller, A., Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA). (2021). *Final report from phase II of the INCA project aiming to develop a pilot for an integrated system of ecosystem accounts for the EU*. Publications Office of the European Union. <http://doi.org/10.2785/197909>
- Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services. (2025). *Wealth accounting and the valuation of ecosystem services*. World Bank. <https://www.wavespartnership.org/>
- World Bank Group. (2021). *Unlocking nature-smart development: An approach paper on biodiversity and ecosystem services*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/927121625066013258/pdf/Unlocking-Nature-Smart-Development-An-Approach-Paper-on-Biodiversity-and-Ecosystem-Services.pdf>
- Zhu, L., Song, R., Sun, S., Li, Y., & Hu, K. (2022). Land use/land cover change and its impact on ecosystem carbon storage. *Ecological Indicators*, 142, 109178. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109178>
- Zhuang, Q., Shao, Z., Li, D., Huang, X., Li, Y., Altan, O., & Wu, S. (2023). Impact of global urban expansion on vegetation carbon sequestration. *Science of the Total Environment*, 879, 163074. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163074>

Az internetes hivatkozások utolsó ellenőrzésének időpontja: 2026. március 31.