

LÁGYSZÁRÚ NÖVÉNYEK ÉRTÉKELÉSE AZ ÖKOSZISZTÉMA- SZOLGÁLTATÁSBAN

ASSESSMENT OF THE ROLE OF HERBACEOUS PLANTS IN ECOSYSTEM SERVICES

DOMA-TARCSÁNYI JUDIT | BAGDINÉ FEKETE ORSOLYA |
KARLÓCAINÉ BAKAY ESZTER | SZABÓ KRISZTINA

ABSZTRAKT

A természet sokféle módon képes hozzájárulni az emberi jóléthez, pozitív hatással van nemcsak a fizikális, hanem a mentális egészségünkre is. A városi zöldfelületek és azok növényzete jelentősen hozzájárul az urbánus környezet minőségének javításához, elsősorban a klímaváltozás hatásainak csökkentése, a szennyező anyagok megkötése és a városi hőszigetelés enyhítése révén. Az emberi tevékenységből származó kedvezőtlen hatások mérséklésén túl, fontos szerepük van az urbanizált környezet esztétikai minőségének, a hely identitásának és karakterének erősítésében. A növényeknek tehát az általuk nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások (ES=Ecosystem services) révén alapvető jelentőségük van a városok ellenálló képességének, valamint az ott élők életminőségének javításában és a helyhez való kötődésük erősítésében. Az ES fogalma és rendszere az elmúlt néhány évtizedben egyre szélesebb körben használt, hangsúlyos koncepcióvá vált. Számos szakirodalom foglalkozik a növények által nyújtott szolgáltatásokkal, kiemelt jelentőséget tulajdonítva a fáknek, a lágyszárú növények azonban kisebb hangsúlyt kapnak ezekben a kutatásokban, szerepük kissé alábecsült, kisebb termetük, lombtömegük és rövidebb élettartamuk

miatt. Jelen kutatásunk a vonatkozó szakirodalmak áttekintésére alapozva azt vizsgálja, hogy a lágyszárú növények milyen funkciókat tölthetnek be a városi zöldfelületek ökoszisztémáiban és milyen szolgáltatásokat nyújthatnak a környezetükben élők számára. Célunk, hogy a városi lágyszárú felületek tervezésekor a növényválasztási szempontok között megjelenjen és hangsúlyos legyen a kontextusnak megfelelő ES maximalizálása.

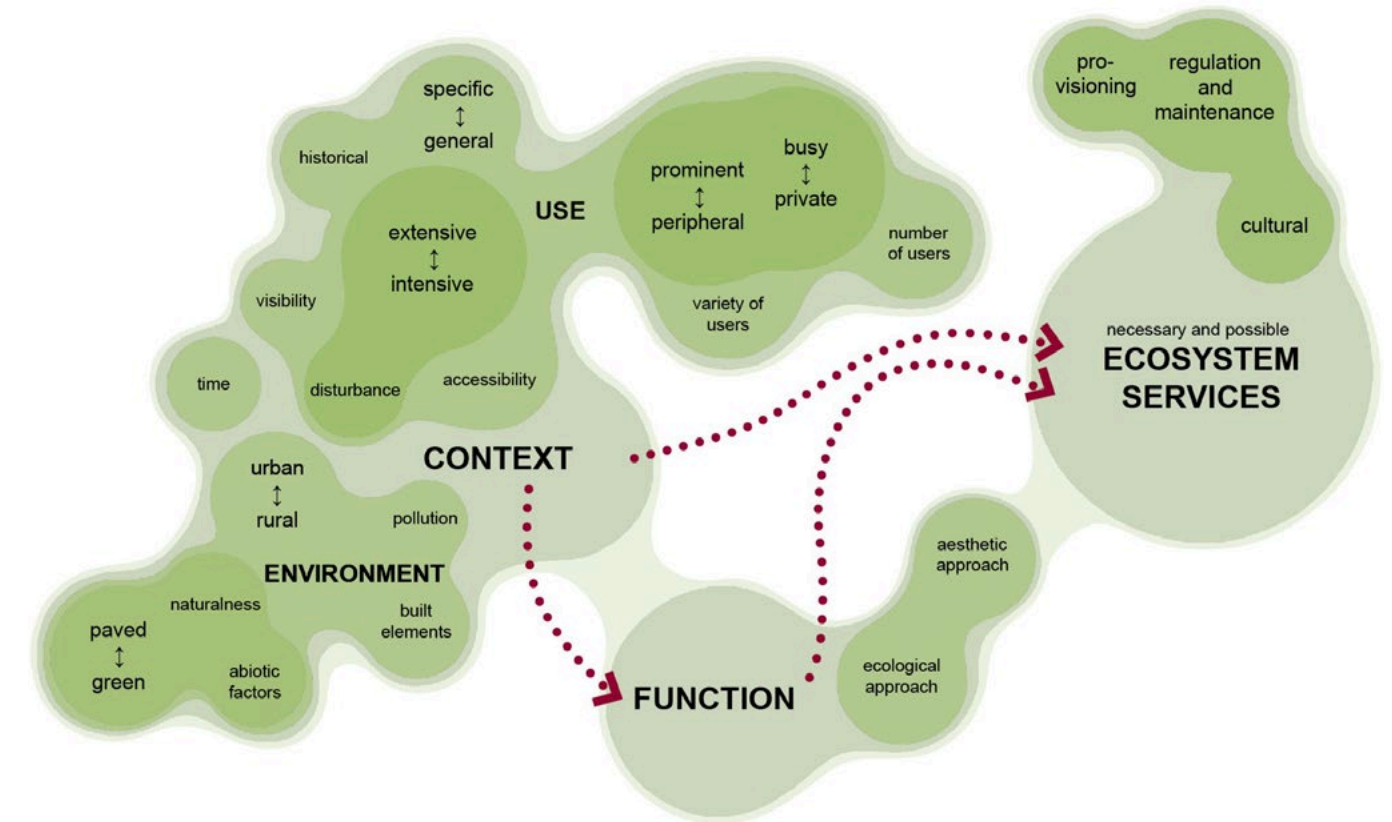
Kulcsszavak: városi zöldfelületek, lágyszárú kiültetések, biodiverzitás, ökoszisztéma-szolgáltatás

1. BEVEZETÉS

Az egyre erősödő urbanizációs folyamatoknak köszönhetően 2050-re várhatóan a világ lakosságának közel 70%-a városokban fog élni (Dye, 2008). A technológiai fejlődés eredményeképpen a városi társadalmak fokozatosan függetlenednek a meglévő természeti rendszerektől, ugyanakkor egyre nagyobb igény mutatkozik az ökoszisztéma-szolgáltatásokra (ES=Ecosystem service), amelyek biztosítására hatalmas területeket vesznek igénybe a határaikon túl is, így függetlenítésük csak részben lehetséges. Többek között ezért fontos, hogy a városokon belül

1. ábra/Fig. 1: Kontextus, funkció és az ES-ek összefüggései a növénykiültetés tervezésében / Context, function and ES in planting design

FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT,
BAJZÁTH NOÉMI, FÜLÖP MÁRK



ABSTRAKT

Nature can contribute to human well-being in many ways, positively affecting not only our physical health but also our mental health. Urban green spaces and their vegetation make a significant contribution to improving the quality of the urban environment, in particular by reducing the effects of climate change, sequestering pollutants and mitigating the urban heat island effect. In addition to mitigating the negative impacts of human activity, they play an important role in enhancing the aesthetic quality of the urban environment and the identity and character of the place. Plants, through the ecosystem services they provide (ES), are therefore essential for improving the resilience of cities, the quality of life of their inhabitants and their attachment to place. The concept and system of ES has become an increasingly widely used and emphasised concept over the last few decades. There is a large body of literature available on the services provided by plants, with particular emphasis on trees. But herbaceous plants are usually less emphasised, which is the focus in this research, their role being somewhat underestimated due to their smaller size, leaf mass and shorter life span. Based on a review of the relevant literature, this research

investigates the functions that herbaceous plants can play in urban green space ecosystems and the services they can provide to the people living in their surroundings. Our goal is to ensure that when designing of urban herbaceous surfaces the maximisation of context-appropriate ES should be included and emphasised in the plant selection criteria.

Keywords: ecosystem services, urban green space, perennial plantings, biodiversity

1. INTRODUCTION

With increasing urbanisation, nearly 70% of the world's population is predicted to live in cities by 2050 (Dye, 2008). As a result of technological innovation, urban societies are gradually becoming increasingly independent from existing natural systems. At the same time, their growing demand for ecosystem services (ES) is met by vast areas beyond their borders, meaning they can only be partially independent. This is one of the reasons why creating artificial ecosystems within urban environments that are capable of achieving the highest possible ES is important in reducing the ecological debt of cities and

olyan mesterséges ökoszisztémákat hozunk létre, amelyek a lehető legnagyobb ES-ekre képesek, csökkentve ezzel a városok ökológiai adósságát, és növelve azok élhetőségét és a környezeti terheléssel szembeni ellenállóképességét (Gómez-Baggethun & Barton, 2013). A helyszín környezeti adottságai és társadalmi-gazdasági jellemzői döntik el, hogy az adott léptékben és kontextusban milyen ES a legfontosabb (Gómez-Baggethun et al., 2013). A növényalkalmazás vonatkozásában a környezeti adottságok és a használat jellemzői által együttesen definiált kontextus szabja meg egy növénykiültetés hangsúlyos funkcióit és egyben azt is, hogy milyen mértékben dominálnak és hogyan viszonyulnak egymáshoz az ökológiai és az esztétikai aspektusok. A kontextus és a funkció pedig meghatározza, hogy milyen ES biztosítása lehetséges és szükséges az adott ágyás esetében (1. ábra). A további ábrákon budapesti kiültetések láthatóak, kiemelve a legfontosabb ES-eket, amelyeket a lágyszárú növények biztosítanak (2-4. ábra).

A növények által nyújtott ES-ek megértésében és mérésében egyre nagyobb figyelmet kapnak az ún. növényi funkcionális jellegek (Miedema Brown & Anand, 2022). Ezek olyan jellemzők (morfológiai, fiziológiai, fenológiai), amelyek ökológiai stratégiákat képviselnek, és meghatározzák, hogy a növények hogyan reagálnak a környezeti tényezőkre, hogyan hatnak más trofikus szintekre és hogyan befolyásolják az ökoszisztéma tulajdonságait (Pérez-Harguindeguy et al., 2016), folyamatait és ezen keresztül az ES-ket (Bello et al., 2010). A növényi jellegek ismeretében képet tudunk alkotni arról, hogy az adott növény milyen ökoszisztéma-szolgáltatásokra képes. Bello és társai (Bello et al., 2010) a jellegek és a szolgáltatások közötti többszörös kapcsolatokat vizsgálták. Kutatásuk szerint a lombozat mérete és szerkezete leginkább a klímaszabályozásban (beleértve a CO₂ megkötő képességet), a gyökérzet mérete és szerkezete a vízháztartás szabályozásában és a talaj stabilizálásban betöltött szerepre van hatással, míg a levél-szárazanyagtartalom a talaj termékenységet növelő hatást determinálja (Bello et al., 2010). A növényi jellegek kapcsán számos adatbázis létezik (folyamatosan bővülő adatokkal), amelyek elsősorban a természetes vegetáció növényeit tartalmazzák. Ilyen céllal készült, és jól használható a hazai PADAPT adatbázis (<https://padapt.eu/hu>). A növénykiültetések tervezésénél a növényi jellegek egyelőre nem használatosak, ezért dísznövényeket tartalmazó kutatások, adatbázisok sem ismeretesek.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az ES fogalma és koncepciója az 2000-es évek elején jelent meg a tudományos köztudatban, és azóta dinamikus fejlődésen ment keresztül. A természet által az ember javára nyújtott szolgáltatások rendszerezésére több javaslat is született, elsőként a Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005), majd a The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2010), később pedig a Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (2013). Míg az MA és a TEEB négy fő kategóriát határoz meg, addig a CICES a támogató szolgáltatásokat az ökoszisztémák alapvető struktúrái, folyamatai és funkciói közé sorolva háromra csökkenti (Haines-Young & Potschin, n.d.). Az ellátó ES-ek körébe tartoznak azok a természetből származó termékek és javak, amelyek közvetlenül hasznosak az emberiség számára. A szabályozó és fenntartó ES-ek magukban foglalják azokat a felszíni és felszín alatti folyamatokat, amelyek biztosítják az ökoszisztémák dinamikus egyensúlyát és a földi élet alapját képező körfolyamatok fenntartását, és alapvetőek az emberi élet és jólét szempontjából. A kulturális ES-ek olyan nem anyagi jellegű javak és előnyök, amelyeket az emberek a természetből meríthetnek (Kovács-Hostyánszki et al., 2022). A szolgáltatások lehetnek helyi vagy globális léptékűek, attól függően, hogy milyen kiterjedésű problémához kapcsolódnak, és hogy mennyire mobilizálhatóak (Bolund & Hunhammar, 1999).

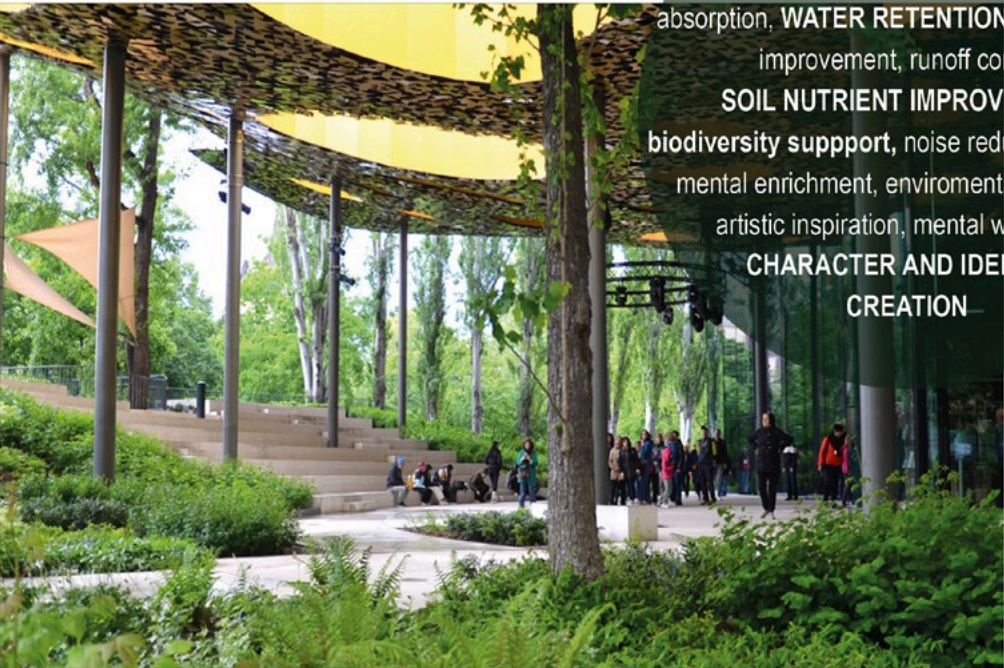
Kutatásunkban a CICES 2018 januárjában frissített rendszerét vettük alapul, és az egyes kategóriákban kiemeltük azokat a szolgáltatásokat, amelyekben a lágyszárúak szerepe jelentős lehet (5. ábra).

3. EREDMÉNYEK

3.1.1 Ellátó szolgáltatások

Az ellátó szolgáltatások közé elsősorban az élelmiszerellátás céljából termesztett növények, illetve azok termékei tartoznak, amelyek többsége lágyszárú zöldség-, gabona- és takarmánynövény. Ezek városi környezetben leginkább a városkörnyéki mezőgazdasági területeken, a városon belül pedig kisebb területeken, például magánkertekben, zöldtetőkön vagy közösségi kertekben jelennek meg (Gómez-Baggethun et al., 2013). A városi kertészkedés, az ehető, kettős hasznú növények alkalmazása iránti igény nemcsak a magánkertekben, hanem közterületeken is egyre növekszik. A hagyományos zöldség-, fűszer- és gyümölcstermő növényeken túl a vadon termő ehető növények is növekvő népszerűségnek örvendenek. Demasi

2. ábra/Fig. 2: Lágyszárú növények által biztosított ES-ek a Magyar Zene Háza körüli növénykiültetésekben / ES provided by herbaceous plants in planting around the House of Music Hungary
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BAJZÁTH NOÉMI, FÜLÖP MÁRK



EVAPOTRANSPIRATION, soil shading, PM fixation, greenhouse gas absorption, WATER RETENTION, soil structure improvement, runoff control, SOIL NUTRIENT IMPROVEMENT, biodiversity support, noise reduction, spiritual/mental enrichment, enviromental education, artistic inspiration, mental well-being CHARACTER AND IDENTITY CREATION



PÁROLOGTATÁS, talajárnyékolás, szállópor megkötés, üvegházhatású gázok megkötése, VÍZMEGTARTÁS, talajszerkezet javítás, lefolyásszabályozás, TALAJ TÁPANYAGTARTALOM NÖVELÉS, biodiverzitás támogatása, zajcsökkentés, lelki/szellemi gazdagodás, környezeti nevelés, művészeti inspiráció, mentális egészség identitásképzés, KARAKTERKÉPZÉS

3. ábra/Fig. 3: Lágyszárú növények által biztosított ES-ek a Pünkösdfürdői Park esőkertjének növénykiültetésében / ES provided by herbaceous plants in raingarden of Pünkösdfürdői Park
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, FÜLÖP MÁRK



increasing their livability and resilience to environmental pressures (Gómez-Baggethun & Barton, 2013. The environmental conditions and socio-economic characteristics of the site determine which ES is the most important on a given scale and in a given context (Gómez-Baggethun et al., 2013). This context, defined by the environmental conditions and the characteristics of use, determines the main function of the plantation, and also the extent to which ecological and aesthetic aspects dominate and relate to each other. Along with the context, the function also determines what ES can and should be provided in a given planting bed (Figure 1). The figures below illustrate plantings in Budapest, highlighting the most important ES provided by herbaceous plants (Figures 2-4).

In understanding and assessing the ES provided by plants, increasing attention is being paid to the so-called plant functional traits (Miedema Brown & Anand, 2022). These are characteristics of an organism (morphological, physiological, phenological) that represent ecological strategies and determine how plants respond to environmental factors, how they interact with other trophic levels, and how they influence the properties (Pérez-Harguindeguy et al., 2016) and processes of the ecosystem and thereby the ES (Bello et al., 2010). Based on the knowledge of plant traits, we can form a general picture of the ecosystem services a plant can provide. Bello et al investigated multiple relationships between traits and services (Bello et al., 2010). Their research indicates that the size and structure of a canopy are most associated with its role in climate regulation (including CO₂ sequestration), the size and structure of a root system are associated with the role in water balance regulation and soil stabilisation, while leaf dry matter content determines the effect on soil fertility (Bello et al., 2010). The Hungarian PADAPT database, which has proven to be of use (<https://padapt.eu/hu>), was developed for this purpose. Currently, plant traits are not widely known and used in planting design, so research and databases containing ornamental plants are not known either.

2. DATA AND METHODOLOGY

The concept and notion of ES emerged in the academic community in the early 2000s and has since undergone significant development. Various proposals were formulated to classify the services provided by nature for the benefit of human beings, firstly the Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005), then The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) (2010), and later the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (2013). While the MA and TEEB define four main categories, CICES reduces supporting services to three, categorised as the basic structures, processes and functions of ecosystems (Haines-Young & Potschin, n.d.). Provisioning ES

includes those products and benefits from nature that are directly useful to humanity. Regulation and Maintenance ES include the above- and below-ground processes that ensure the dynamic balance of ecosystems and maintain the cycles essential for life on Earth and crucial for human life and well-being. Cultural ES are benefits and intangible assets that people can derive from nature (Kovács-Hostyánszki et al., 2022). Services can be local or global in scale, depending on the extent of the problem they address and their mobilisation (Bolund & Hunhammar, 1999).

This research was based on the CICES system, updated in January 2018, and highlights the services in each category in which herbaceous plants may play a significant role (Figure 5).

3. RESULTS

3.1.1 Provisioning services

The provisioning services are mainly food crops and their products, the majority of which are herbaceous vegetables, cereals and fodder crops. They are most common in peri-urban agricultural areas in urban environments, and in smaller areas within cities, such as private gardens, green roofs or community gardens (Gómez-Baggethun et al., 2013). Urban gardening and the use of edible, multi-purpose plants is becoming increasingly popular, not only in private gardens but also in public spaces. In addition to traditional vegetable, herb and fruit crops, wild edible plants are also becoming more popular. Demasi et al examined the bioactive compounds of 22 edible wildflowers and found that *Paeonia officinalis* and *Geranium sylvaticum* had very high polyphenol levels, and vitamin C was present in almost all the analysed plants, with very high levels in *Primula veris* (Demasi et al., 2021). Numerous other studies also report that many edible flowers are rich in bioactive compounds and could have beneficial effects on human health thanks to their phenolic compounds, which have strong antioxidant properties (Durazzo et al., 2019). Herbaceous plants can also be used as raw materials for the production of other products intended for human use; various fibres, dyes, fragrances, medicinal substances and other biochemicals can be extracted from them, and certain taxa can also be used in energy production.

3.1.2. Regulation and Maintenance services (a) Microclimate control

Among the regulation and maintenance ES, vegetation has an important role in controlling the local climate and reducing the urban heat island effect through shading and the temperature-reducing effect of evaporation-associated heat loss (Bolund & Hunhammar, 1999; Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Francini et al., 2022; Kapoor, 2017; C. Wang et al., 2018). For shading built elements, pavements and areas of human presence, trees are particularly effective,

és társai (Demasi et al., 2021) 22 ehető vadvirág bioaktív vegyületeit vizsgálták, ahol a *Paeonia officinalis* és a *Geranium sylvaticum* igen magas polifenol értékeket mutatott, a C-vitamin pedig szinte minden vizsgált növényben jelen volt, a *Primula veris* esetében pedig igen magas mennyiségben. Számos egyéb kutatás is beszámol arról, hogy sok ehető virág bioaktív vegyületekben gazdag, és erős antioxidáns hatásuk révén fenolos vegyületeik jótékony hatásúak lehetnek az emberi egészségre (Durazzo et al., 2019). A lágyszárú növények emellett egyéb, emberi használatra szánt produktum előállításának alapanyagai is lehetnek, különféle rostanyagok, színezékek, illatanyagok, gyógyhatású és egyéb biokémiai anyagok nyerhetők ki belőlük, illetve bizonyos taxonok az energiatermelésben is használhatóak.

3.1.2 Szabályozó és fenntartó szolgáltatások
(a) Mikroklímaszabályozás

A szabályozó és fenntartó ES-ek közül a helyi klíma szabályozásában, a városi hősziget-hatás csökkentésében jelentős feladat hárul a növényzetre, az árnyékolás és a párologtatást kísérő hőelvonás hőmérséklet csökkentő hatása révén (Bolund & Hunhammar, 1999; Dimoudi & Nikolopoulou, 2003; Francini et al., 2022; Kapoor, 2017; C. Wang et al., 2018). Az épített elemek, burkolatok és az emberi tartózkodás tereinek árnyékolásában elsősorban a fák hatékonyak, de támszerkezetre futtatva a lágyszárúak is képesek lehetnek erre, ugyanakkor fontosak a talaj árnyékolásában, illetve, ha elég nagy kiterjedésű ágyásokat hozunk létre, akkor szerepük a párologtatásban is jelentős lehet.

(b) Vízáramlás szabályozás

A városok épített infrastruktúrája jelentősen beavatkozik a vizek természetes áramlási rendszerébe. Az urbánus táj 50-90%-ban vízzáró burkolattal fedett és vízelvezetéssel ellátott felületei a csapadék 40-83% veszíthetik el felszíni lefolyásként (növényzettel borított felületen ez csak 5-15%), ami csökkenti a városokban a talajvíz szintjét, illetve a növények számára felvehető, majd elpárologtatható víz mennyiségét (Bolund & Hunhammar, 1999;

Gómez-Baggethun & Barton, 2013). A klímaváltozással egyre gyakoribbá váló extrém csapadékeseményeket követő villámárvizek okozta problémák mérséklésébe és a városok vízgazdálkodásába (lefolyás mérséklése, csapadék helyben tartása, víz tisztítása) ugyanakkor több ponton is bekapcsolódnak a növények (Gómez-Baggethun et al., 2013). Az egyre nagyobb számban megjelenő esőkeretek jól ötvözik ezeket a funkciókat, kialakításukban pedig igen nagy szerepet kapnak a tágtűrűsű évelők, amelyek képesek alkalmazkodni a szárazabb időszakokhoz és a rövid elárasztásokhoz egyaránt. Yuan és Dunnet (Yuan & Dunnett, 2018) kísérlete alapján ilyen fajok lehetnek például az *Iris sibirica*, a *Filipendula purpurea* és a *Miscanthus sinensis*. A városi vízmegtartás további fontos „zöld” elemei a zöldtetők és az infiltrációs árkok (Gómez-Baggethun et al., 2013), amelyek növényállományában szintén dominálhatnak a lágyszárú növények.

A talajtakaró növényzet hatékony megoldást jelenthet a városi vízgazdálkodás problémáira azokon a helyeken, ahol fák nem ültethetők (Nur Hannah Ismail et al., 2023). Az olyan növényi jellemzők, mint a lombozat szerkezete, mérete és sűrűsége, a levélmorfológia és a gyökérszerkezet feltételezhetően befolyásolják az egyes fajok közvetlen vízmegtartó képességét (Kemp et al., 2019; Lundholm et al., 2010). Nagase és Dunnett (Nagase & Dunnett, 2012) vizsgálatában például a fűfélék bizonyultak a leghatékonyabbnak a vízlefolyás csökkentésében.

(c) Talajminőség szabályozás

A városi közegek gyakran szervesanyag-hiányban szenvednek, ezért a növények korlátozott tápanyag-ellátottság mellett kell, hogy fejlődjenek. A természetes ökoszisztémák tápanyag- és energiacyklusaiban jelentős szerep hárul a lágyszárú fajokra, annak ellenére, hogy föld feletti biomassájuk nem haladja meg az erdő egészének 1%-át. Mivel gyorsan növekednek és rövid életciklusúak, képesek nagy mennyiségű tápanyagot felhalmozni a szöveikben (Gilliam, 2007). Muller (Muller, 2003) mérései alapján a nitrogén (N) és foszfor (P) koncentráció 30%-kal, a magnézium (Mg) közel kétszer, a kálium (K) koncentrációja pedig közel háromszor magasabb volt a lágyszárúak

4. ábra/Fig. 4: Lágyszárú növények által biztosított ES-ek a Margit körút menti évelő-ágyásban / ES ES provided by herbaceous plants in perennial bed along Margit körút
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BAJZÁTH NOÉMI, FÜLÖP MÁRK





5. ábra/Fig. 5: Lágyszárú növények ökoszisztéma-szolgáltatásai / Ecosystem services of herbaceous plants
FORRÁS/SOURCE: DOMA-TARCSÁNYI JUDIT, BANC SI RÉKA, FÜLÖP MÁRK

but herbaceous plants can be effective too if supported by a structure. They are also important for shading the ground and, if large enough beds are created, can play a significant role in evaporation.

(b) Water flow control

The built infrastructure of cities significantly interferes with the natural flow of water. Urban landscape surfaces with 50-90% impermeable pavement with drainage systems can lose 40-83% of precipitation as surface runoff (only 5-15% on vegetated surfaces), reducing groundwater levels in cities and the amount of water that can be absorbed and evaporated by plants (Bolund & Hunhammar, 1999; Gómez-Baggethun & Barton, 2013). At the same time, plants are involved in several aspects of urban water management (runoff mitigation, rainfall retention, water purification) and reducing the problems caused by extreme rainfall events, which are becoming more frequent with climate change (Gómez-Baggethun et al., 2013). Rain gardens, which are becoming increasingly common, combine these functions well, with a strong emphasis on perennials with a wide tolerance, meaning they can adapt to both drier periods and short flooding. Yuan and Dunnet's study (Yuan & Dunnett, 2018) suggests that *Iris sibirica*, *Filipendula purpurea* and *Miscanthus sinensis* are examples of such species. Other important 'green' elements of urban water conservation are green roofs and infiltration ditches (Gómez-Baggethun et al., 2013), which may also be planted with herbaceous plants.

Ground cover vegetation can be an effective solution to urban water management problems in situations where trees cannot be planted (Nur Hannah Ismail et al., 2023). Plant characteristics such as canopy structure, size and density, leaf morphology and root structure are assumed to influence the direct water retention capacity of individual species (Kemp et al., 2019; Lundholm et al., 2010). The results of Nagase and Dunnett's study (Nagase & Dunnett, 2012), for example, revealed grasses are the most effective in reducing runoff.

(c) Soil quality control

Urban soils often suffer as a result of a lack of organic matter, so plants have to grow with limited supplies of nutrients. Herbaceous species play an important role in the nutrient and energy cycles of natural ecosystems, despite their above-ground biomass not exceeding 1% of the total forest biomass. As they are fast-growing and

short-lived, they can accumulate large amounts of nutrients in their tissues (Gilliam, 2007). According to the results of Muller's study (Muller, 2003), nitrogen (N) and phosphorus (P) concentrations were 30% higher in herbaceous foliage than in tree canopy, magnesium (Mg) concentrations were almost twice as high and potassium (K) concentrations were almost three times higher. Compared to trees, their biomass – especially leaves – decomposes more than twice as quickly. This means that nutrients can be returned to the soil quicker and reused by other plants and microorganisms, which also improves the health and life of the soil. In 1976, Muller and Bormann put forward the "vernal dam" hypothesis, which highlights the importance of spring bulbs in preventing nutrient loss in early spring when tree roots are inactive and providing them with availability later when they are actively growing and demanding nutrients (Gilliam, 2007; Whigham, 2004). In planning complex urban ecosystems, we can build on this knowledge to support woody plants by planting appropriate herbaceous ground vegetation.

The Fabaceae family's N-fixing capacity is well known, so it is worth combining them with high-N-demanding plants. Studies on the mechanisms and factors of N transfer show that grasses with fibrous roots receive higher amounts of N from legumes than dicotyledonous plants with taproots (Pirhofer-Walzl et al., 2012; Thilakarathna et al., 2016).

(e) Protection against soil erosion

As changes to the climate and heavy rainfall become more frequent, soil erosion can pose a serious threat to urban infrastructure and possibly even to citizens. Plants can reduce the impact of erosion and enhance slope stability through their root system, growth and habitus. Root morphology is a key plant functional trait that influences the effectiveness of soil protection. Kervroëdan et al point out that the balance between stem-specific density, diameter and leaf area may be the key to the effectiveness of soil erosion mitigation, in which they consider herbaceous vegetation to play an important role (Kervroëdan et al., 2018). Fattet et al examined the erosion-reducing effectiveness of different vegetation types and found that herbaceous vegetation was more effective than trees in improving aggregate stability (Fattet et al., 2011). Using association N-fixing species in the plantation has also been shown to be beneficial, because of the stimulating effect of N on root growth and development (Francini et al., 2021).

levélzetében, mint a fák lombozatában. A fákkal összehasonlítva biomasszájuk – különösen a levelek – több mint kétszer olyan gyorsan bomlik le. Így a tápanyagok rövid idő alatt visszakerülhetnek a talajba, és újra felhasználhatóvá válnak más növények, illetve a talaj mikroorganizmusai számára is, amelyek szintén hozzájárulnak a talaj egészségéhez, a talajélet javításához. 1976-ban Muller és Bormann felveti a „tavaszi gát” (vernal dam) hipotézisét, amely a tavaszi hagymások jelentőségét emeli ki, miszerint megakadályozzák a tápanyagok elvesztését a kora tavaszi időszakban, amikor a fák gyökerei még inaktívak, és elérhetővé teszik számukra később, amikor aktívan növekednek és tápanyagokat igényelnek (Gilliam, 2007; Whigham, 2004). Összetett városi ökoszisztémák tervezésekor – ezen ismeretekre építve – a megfelelő lágyszárú aljnövényzet telepítésével támogathatjuk a fásszárú állományt.

Közismert a *Fabaceae* család N fixáló képessége, ezért érdemes a magas N-igényű növényeket pillangósvirágúakkal kombinálni. A N-átadás mechanizmusait és tényezőit vizsgáló tanulmányokból az látszik, hogy a bojtos gyökerzetű fűfélék nagyobb mennyiségű N-t kapnak a hüvelyesekből, mint a karógyökeres kétszikű növények (Pirhofer-Walzl et al., 2012; Thilakarathna et al., 2016).

(e) Talajerózió elleni védelem

A klímaváltozással egyre gyakoribbá váló heves esőzések alkalmával a talaj lemosódása komoly veszélyt jelenthet a városi infrastruktúrára és akár az emberekre is. A növények képesek csökkenteni az erózió hatását és fokozni a lejtők stabilitását, gyökerzetük, növekedésük, habitusuk révén. A talajvédelem hatékonyságát befolyásoló növényi funkcionális jellegek közül a gyökérmorfológia meghatározó. Kervroëdan és társai (Kervroëdan et al., 2018) rávilágítanak arra, hogy a szár fajlagos sűrűsége, az átmérő és a levélfelület közötti egyensúly a hatékonyság kulcsa lehet a talajerózió mérséklésében, ezért fontos szerepet tulajdonítanak a lágyszárú vegetációnak. Fattet és társai (Fattet et al., 2011) a különböző vegetációtípusok eróziócsökkentő hatékonyságát vizsgálták, és azt tapasztalták, hogy a lágyszárú növényzet hatékonyabban javította az aggregátumok stabilitását, mint a fák. A N-megkötő fajokkal való társítás is hasznosnak bizonyul az elem gyökérnövekedést és -fejlődést serkentő hatása révén (Francini et al., 2021).

(f) Szennyezőanyag megkötés

Elsősorban az emberi tevékenységnek (ipar, közlekedés, fűtés, hulladékártórolás és feldolgozás) köszönhetően

a városi környezet szennyező anyagokkal igen terhelt. A levegőszennyezést okozó anyagok közül jelentős negatív hatással van az emberi egészségre a szállópor (PM = Particulate Matter), és azon belül is különösen károsnak bizonyulnak a 10 mikrométernél kisebb szemcseméretű kategóriák, a PM₁₀ (10 µm-nél kisebb) és PM_{2,5} (2,5 µm-nél kisebb), hiszen ezek nem akadnak fenn az emberi légzőrendszer szűrőin, így a tüdőbe is bejutnak. A kis szemcseméretű PM frakciók forrásuktól függően tartalmazhatnak szerves és szervetlen vegyületeket, nehézfémeket és biológiai anyagokat is (spórák, pollen, stb.) (Li et al., 2022; Weber et al., 2014), amelyek megkötésével a növények képesek hozzájárulni a levegőminőség javításához. A lágyszárú vegetációnak fontos szerepe lehet a szállópor megkötésében az utak menti területeken, ahol a fákkal szemben előnyt jelenthet alacsony méretük, hiszen így közelebb vannak a szennyező forráshoz és az általa veszélyeztetett gyalogosokhoz is, továbbá megkötetik a fák lombjáról lemosódott szennyező anyagokat is. Az út menti zöldsávok méretükből adódóan gyakran nem alkalmasak fák telepítésére, illetve sokszor a meglévő infrastruktúrához való alkalmazkodás miatt is a lágyszárú növények alkalmazása jelenthet csak megoldást (Weber et al., 2014). A hazai alkalmazásban is gyakran előfordul fajok közül több is jól szerepelt különböző kísérletekben, mint az *Achillea millefolium* (Przybysz et al., 2021; Weber et al., 2014), vagy a *Liriope spicata* (Kong et al., 2023), virágos gyepek vizsgálatánál pedig a *Centaurea scabiosa*, az *Echium vulgare* és a *Convolvulus arvensis* esetében halmozódott fel a legnagyobb mennyiségű PM (Przybysz et al., 2021). Számos kísérlet vizsgálja, hogy mely növényi tulajdonságok határozzák meg a PM-megkötés hatékonyságát, hogy képesek-e visszatartani a részecskéket a növényi felületen (pl. növényi viaszban felhalmozva), vagy azok könnyen visszajutnak róluk a légkörbe, vagy a csapadékkal lemosódva a talajba (Przybysz et al., 2014). Néhány tanulmány pozitív korrelációt talált a PM-megkötés hatékonysága és bizonyos növényi jellegek, mint a levélfelület nagysága, fokozott érdessége (mirigyek, szőrök, pikkelyek, barázdák vagy kiemelt erek), továbbá a sztomák mérete és sűrűsége között (L. Chen et al., 2017; Chiam et al., 2019; Kong et al., 2023; Weerakkody et al., 2018a). Ugyanakkor más, például zöldfalakon végzett kutatások nem támasztják alá ezeket az összefüggéseket (Tomson et al., 2024; Weerakkody et al., 2018b). A PM-megkötés hatékonysága és hosszútávú biztosítása érdekében fontos, hogy az alkalmazott növény jól tűrje a légszennyezést.

(f) Pollutant sequestration

The urban environment is highly polluted, mainly due to human activity (industry, transport, heating, waste storage and processing). Particulate Matter (PM) is a major air pollutant, with significant negative effects on human health, in particular, PM₁₀ (less than 10 µm) and PM_{2,5} (less than 2.5 µm), which do not get trapped in the filters of the human respiratory system and thus enter the lungs. Depending on their source, small PM fractions may contain organic and inorganic compounds, heavy metals and biological substances (spores, pollen, etc.) (Li et al., 2022; Weber et al., 2014), and by sequestering them, plants can help improve air quality. Herbaceous vegetation can play an important role in sequestering particulate matter along roadsides, where their small size can be an advantage compared to trees, as they are closer to the source of pollution and the pedestrians threatened by it, and they can also absorb pollutants washed off from tree canopies. Roadside green lanes are often not suitable for trees due to their dimensions, so the use of herbaceous plants may often be the only solution, especially because they can more easily adapt to existing infrastructure (Weber et al., 2014). Several species frequently used in Hungarian plantings have performed well in various experiments, such as *Achillea millefolium* (Przybysz et al., 2021; Weber et al., 2014), and *Liriope spicata* (Kong et al., 2023), while in flowering lawns *Centaurea scabiosa*, *Echium vulgare* and *Convolvulus arvensis* have accumulated the highest amounts of PM (Przybysz et al., 2021). Several studies are investigating which plant characteristics determine the efficiency of PM sequestration, whether they can trap particles on the plant surface (e.g. accumulated in plant wax), or whether they are easily returned to the environment or washed off into the soil by precipitation (Przybysz et al., 2014). Some studies have found positive correlations between PM sequestration efficiency and certain plant traits, such as leaf surface size, increased roughness (glands, hairs, scales, furrows or prominent veins), and stomatal size and density (L. Chen et al., 2017; Chiam et al., 2019; Kong et al., 2023; Weerakkody et al., 2018a). However, other studies, for example on green walls, do not support these relationships (Tomson et al., 2024; Weerakkody et al., 2018b). To ensure the efficiency and long-term sustainability of PM sequestration, the plant used must be well tolerant to air pollution. This is illustrated by the experiment of Thomson et al in which *Iberis sempervirens* had the

highest tolerance and *Origanum vulgare* had the lowest tolerance among the tested green wall plants (Tomson et al., 2024). Furthermore, it is recommended to create a plant composition that is structurally and morphologically heterogeneous in order to ensure the sequestration of a wide range of particles (Weber et al., 2014).

An increasingly common nature-based technology for water and soil purification is phytoremediation, which uses vegetation to clean up polluted environments (Pradhan et al., 1998). The technology is based on the fact that along with the water, nutrients and minerals that plants take up to live, they process various harmful substances such as heavy metals and organic pollutants, against which they have developed various detoxification mechanisms to survive (Datta et al., 2013). Depending on which mechanism is employed in the process – uptake, degradation, transformation or accumulation – different types can be identified, such as phytoextraction, phytovolatilisation, phytostabilisation, phytodegradation and rhizo/phytofiltration (Gáspár & Anton, 2005). Plants that can accumulate heavy metals in high concentrations in their tissues are called hyperaccumulators (Francini et al., 2021). The resulting contaminated biomass can be removed and disposed of more easily in the case of herbaceous plants, which are easier to replace and, when used in biodiverse plantings, are more adapted to changes in environmental conditions than their woody counterparts (Capuana, 2020). The literature review identified a large number of annual and perennial ornamental plants, crops and weeds used or that occur in our country that show remarkable results. Some of these are highlighted in Tables 1-3. The tables above are based on the results published in the proceedings of the 10th Hungarian Conference on Landscape Ecology, developed and supplemented by additional literature (Doma-Tarcsányi et al., 2025).

(g) Promoting biodiversity

A large volume of research investigates the relationship between the biodiversity of natural or semi-natural ecosystems and the ES they provide (Balvanera et al., 2006; Hector & Bagchi, 2007; Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). Biodiversity plays a fundamental role in the functioning of ecosystems and contributes greatly to their stability (Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). Urban green surfaces are often rather fragmented, where diversity is best achieved by herbaceous plants with low spatial requirements, since the traditional use of trees and

1.a táblázat/

Table 1.a:

Hazai növény-alkalmazásban megjelenő évelő dísznövények fitoremediációs lehetőségei / Potential for phytoremediation of perennial ornamental plants which are used in Hungarian plant application

(2) Phytoremediation |

Stevie Famulari, Gds, n.d.;

(3) Bani, 2013;

(4) J. Chen et al., 2011;

(5) Khandare et al., 2011;

(6) Liu et al., 2012;

(7) Cao et al., 2004;

(8) Babu et al., 2021;

(9) mashogwe et al., n.d.;

(10) Caldelas et al., 2005;

(11) Pilon-Smits et al., 1999

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb		plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Tl	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources
perennial ornamental plants/forbs	Allium schoenoprasum						•												Allium schoenoprasum													•	•	(2)	
	Achillea millefolium						•												Achillea millefolium														•	(2)	
	Alyssum saxatile																•		Alyssum saxatile													•		(3)	
	Armeria maritima							•										•	Armeria maritima													•		(4)	
	Aster amellus																		Aster amellus								•							(5)	
	Chrysanthemum × morifolium																		Chrysanthemum × morifolium									•				•	(2)		
	Digitalis purpurea						•												Digitalis purpurea															(2)	
	Echinacea purpurea																		Echinacea purpurea									•						(6)	
	Helichrysum italicum																	•	Helichrysum italicum						•				•						(7)
	Hemerocallis hybrid																		Hemerocallis hybrid									•							(2)
	Iris germanica	•	•				•					•				•			Iris germanica						•						•	•	•	(2)	
	Liriope muscari																		Liriope muscari										•						(2)
	Nepeta cataria							•	•			•	•			•	•		Nepeta cataria						•			•						•	(2)
	Salvia sclarea									•			•				•	•	Salvia sclarea															•	(2)
	Sedum spp.							•											Sedum spp.						•				•				•		(2)
	Silene vulgaris							•				•							Silene vulgaris						•				•						(2)
	Verbascum olympicum																•		Verbascum olympicum														•	(2)	
	Verbena spp.							•										•	Verbena spp.										•						(8)
	Veronica spicata																		Veronica spicata									•							(2)
	Viola spp.		•					•											Viola spp.		•			•						•			•		(2)

Erre világít rá Thomson és társainak kísérlete (Tomson et al., 2024) , amelyben a vizsgált zöldfal növényei közül az *Iberis sempervirens* toleranciája volt a legmagasabb, az *Origanum vulgare*-é pedig a legalacsonyabb. Emellett javasolt szerkezetileg és morfológiailag heterogén növényegyüttes összeállítása annak érdekében, hogy sokféle részecske megkötése biztosított legyen (Weber et al., 2014).

A vizek és a talaj megtisztításában egyre gyakrabban alkalmazott természetalapú technológia a fitoremediáció, amely során a növényzetet használjuk a szennyezett

környezet megtisztítására (Pradhan et al., 1998). A technológia azon alapul, hogy a növények az életfolyamataikhoz felvett vízzel, tápanyagokkal és ásványi anyagokkal együtt különféle káros anyagokat, például nehézfémeket és szerves szennyezőanyagokat is felvesznek, amelyekkel szemben különféle méregtelenítő mechanizmusokat dolgoztak ki a túlélésük érdekében (Datta et al., 2013). Aszerint, hogy melyik folyamatot – felvevő, lebontó, átalakító vagy akkumuláló – tudjuk hasznosítani az eljárás során, különböző típusok különíthetők el, mint a fitoextrakció, fitovolatilizáció, fitostabilizáció, fitodegradáció,

shrubs does not fulfil Santamour’s rule (Santamour, 1999). Diversity is not only the multiplicity of plant species, but also the presence and support of fauna. Herbaceous plants also play an important role in habitat creation, providing shelter and breeding sites, as well as a source of nutrients for many organisms.

3.1.3 Cultural services

Residents benefit from ecosystems in several intangible ways, through recreation, cognitive development, aesthetic experience and the promotion of local identity

and social cohesion (Francini et al., 2022; Gómez-Baggethun & Barton, 2013). The city is a stressful environment for its inhabitants, thus the recreational effects of urban green surfaces are considered one of the most valuable ES (Bolund & Hunhammar, 1999). The sight of plants alone has been shown to reduce stress levels and improve mood (Ulrich, 1981). Aesthetic experiences can provide psychological or emotional enrichment, spiritual or religious value, and can also serve as artistic inspiration. The ornamental potential of herbaceous plants can be very significant at specimen level and can be further

1.b táblázat/**Table 1.b:** Hazai növény-alkalmazásban megjelenő évelő dísznövények fitoremediációs lehetőségei / *Potential for phytoremediation of perennial ornamental plants which are used in Hungarian plant application*

(2) Phytoremediation | Stevie Famulari, Gds, n.d.; (3) Bani, 2013; (4) J. Chen et al., 2011; (5) Khandare et al., 2011; (6) Liu et al., 2012; (7) Cao et al., 2004; (8) Babu et al., 2021; (9) mashogwe et al., n.d.; (10) Caldelas et al., 2005; (11) Pilon-Smits et al., 1999

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb		plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Tl	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources	
prenenial ornamental grasses	<i>Andropogon geradii</i>		●																	<i>Andropogon geradii</i>							●				●	●	●	●	(2)	
	<i>Arundo donax</i>						●										●			<i>Arundo donax</i>								●					●	(2) (8)		
	<i>Bouteloua gracilis</i>																			<i>Bouteloua gracilis</i>							●			●	●				(2)	
	<i>Deschampsia caespitosa</i>						●		●		●							●		<i>Deschampsia caespitosa</i>															(2)	
	<i>Eragrostis spp.</i>						●		●									●		<i>Eragrostis spp.</i>										●					(8)	
	<i>Miscanthus giganteus</i>						●					●						●		<i>Miscanthus giganteus</i>						●			●					●	(2)	
	<i>Panicum virgatum</i>						●											●		<i>Panicum virgatum</i>							●	●			●				(2)	
	<i>Phalaris arundinacea</i>						●													<i>Phalaris arundinacea</i>															(2)	
	<i>Schizachyrium scoparium</i>											●								<i>Schizachyrium scoparium</i>															(2)	
ferns	<i>Dryopteris erythrosora</i>										●		●					●		<i>Dryopteris erythrosora</i>						●										(2)
	<i>Pteridium aquilinum</i>						●										●	●		<i>Pteridium aquilinum</i>									●					●	(9)	
aquatic and waterfront plants	<i>Acorus calamus</i>											●			●				<i>Acorus calamus</i>								●				●	●		●	(2)	
	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>								●		●	●	●		●		●	●	<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>						●			●						●	(2)	
	<i>Iris pseudacorus</i>	●	●		●		●		●		●				●	●			<i>Iris pseudacorus</i>						●		●	●	●		●	●	●	●	(2) (10)	
	<i>Iris sibirica</i>							●									●	●	<i>Iris sibirica</i>										●						(8)	
	<i>Juncus effusus</i>		●																<i>Juncus effusus</i>								●								(2)	
	<i>Lythrum salicaria</i>																		<i>Lythrum salicaria</i>								●			●			●	(2)		
	<i>Phragmites australis</i>						●		●			●					●		<i>Phragmites australis</i>						●			●		●	●			●	(2)	
	<i>Phragmites karka</i>		●																<i>Phragmites karka</i>									●						●	(2)	
	<i>Typha angustifolia</i>																		<i>Typha angustifolia</i>								●							●	(2)	
	<i>Typha latifolia</i>		●															●	<i>Typha latifolia</i>	●		●						●	●	●			●	●	(2) (11)	

és a rizo/fitofiltráció (Gáspár & Anton, 2005). Azokat a növényeket, amelyek nagy koncentrációban képesek felhalmozni a nehézfémeket a szöveikben hiperakkumulátoroknak nevezzük (Francini et al., 2021). Az így létrejövő szennyezett biomassa eltávolítása és ártalmatlanítása a lágyszárú növények esetében egyszerűbben megvalósítható, könnyebben cserélhetők és biodiverz kiültetésekben alkalmazva jobban tudnak alkalmazkodni a környezeti feltételek változásaihoz, mint fás szárú társaik (Capuana, 2020). A szakirodalmi áttekintés során számos, hazánkban is alkalmazott egyynyári és évelő dísz- és

haszonnövényt, illetve gyomnövényt találtunk, amelyek figyelemreméltó eredményeket mutatnak. Ezek közül kiemeltünk néhányat az 1-3. táblázatban. A táblázatok a X. Magyar Tájökológia Konferencia tanulmánykötetében publikált eredményekre alapozva, azokat tovább dolgozva és kibővítve készültek, további szakirodalmak feldolgozásával (Doma-Tarcsányi et al., 2025).

(g) Biodiverzitás támogatása

Számos kutatás vizsgálja a természetes vagy természetközeli ökoszisztémák biológiai sokfélesége és az általuk

enhanced in composition, as seen in many examples of contemporary planting design. Some taxa with symbolic significance may further enhance their contribution to cultural ecosystems. Cognitive development is activated through awareness-raising and environmental education, but plants also have potential in scientific research and observation. In the social and local context, the role of herbaceous plants can be highlighted, as they have a very strong mood- and character-forming quality, and can therefore play an important role in shaping a place’s identity.

4. SUMMARY

In the ES of urban green surfaces, woody vegetation plays an important role, certainly in quantitative terms. There is a large body of research on how to maximise the ES provided by trees, and what factors need to be taken into account when designing for this, including tree planting density (Tóth et al., 2023) and canopy shape (Szabó et al., 2025). However, current research shows that herbaceous plants are also key players in living systems, contributing greatly to their functionality, stability and the supply of a wide range of ES in both natural and artificial ecosystems.

2. táblázat/Table 2: Hazai növény-alkalmazásban megjelenő egynyári dísznövények fitoremediációs lehetőségei / Potential for phyto-remediation of annual ornamental plants which are used in Hungarian plant application

(1) Capuana, 2020; (2) Phytoremediation | Stevie Famulari, Gds, n.d.; (4) J. Chen et al., 2011; (6) Liu et al., 2012; (12) Bosiacki & Wojciechowska, 2012; (13) Cay, 2016; (14) Goswami & Das, 2016; (15) Ramana et al., 2013; (16) Khan et al., 2016; (17) Abdul Rashid & Qistina, 2024; (18) Ehsan et al., 2016; (19) Anyasi & Atagana, 2018; (20) Signes Pastor et al., 2015; (21) Aggarwal & Goyal, 2007; (22) Forte & Mutiti, 2017; (23) Bosiacki, 2008; (24) Reed et al., 2013; (25) Miao & Yan, 2012; (26) Cai et al., 2010; (27) Pandey et al., 2015; (28) Sun & Zhou, 2016; (29) Kuppusamy et al., 2016; (30) K. Wang et al., 2013; (31) Zhang et al., 2015; (32) Huang et al., 2015; (33) Chhajro et al., 2016; (34) Mónok & Kardos, 2019; (35) Ehsan et al., 2016

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb		plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Tl	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources	
annual ornamental plants	Alcea rosea						•									•	•		Alcea rosea									•					•	•	(2) (6)	
	Amaranthus caudatus						•									•			Amaranthus caudatus															(12) (13)		
	Bacopa monnieri						•		•		•		•				•		Bacopa monnieri														•	•	(2)	
	Calendula officinalis						•		•		•						•		Calendula officinalis									•					•	•	(2) (14) (15)	
	Canna indica						•		•							•	•		Canna indica						•		•	•							(1) (4)	
	Catharanthus roseus								•		•						•	•	Catharanthus roseus							•		•							(16) (17) (18)	
	Celosia argentea						•								•				Celosia argentea									•				•	•	(6)		
	Convolvulus tricolor																•	•	Convolvulus tricolor														•	•	(2)	
	Cosmos bipinnatus																		Cosmos bipinnatus								•			•			•	•	(19)	
	Gomphrena globosa		•																Gomphrena globosa									•								(20)
	Helianthus annus		•				•		•		•						•	•	Helianthus annus						•			•			•	•	•	•	•	(8) (21) (22) (23) (24)
	Impatiens balsamina									•									Impatiens balsamina									•	•		•					(25) (26)
	Impatiens walleriana									•									Impatiens walleriana									•	•	•			•	•	(2)	
	Lantana camara						•		•		•	•				•	•	•	Lantana camara									•						•	•	(27)
	Mirabilis jalapa									•								•	Mirabilis jalapa								•	•								(7) (25) (28)
	Portulaca grandiflora	•										•	•						Portulaca grandiflora						•			•					•	•	(29)	
	Ricinus communis							•	•			•				•	•	•	Ricinus communis									•					•	•		(8) (30) (31) (32) (33)
	Salvia splendens							•											Salvia splendens																	(23)
	Tagetes spp.		•					•		•		•					•	•	Tagetes spp.							•		•						•	•	(12) (23) (24) (34)
	Zinnia elegans		•							•								•	Zinnia elegans									•								(20) (35)

nyújtott ES-ek összefüggéseit (Balvanera et al., 2006; Hector & Bagchi, 2007; Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). A biodiverzitás alapvető szerepet játszik az ökoszisztémák működésében, és nagyban hozzájárul azok stabilitásához (Hooper et al., 2005; Quijas et al., 2010). A városi zöldfelületek sokszor igen fragmentáltak, ahol a diverzitás leginkább a kis helyigényű lágyszárú növényekkel érhető el, hiszen a fák, cserjék hagyományos alkalmazásával nem teljesül a Santamour-féle szabály (Santamour, 1999). A diverzitás nemcsak a növényfajok sokaságát jelenti, hanem fontos tényezője a fauna jelenléte

és támogatása. A lágyszárú növények is fontos szerepet játszanak az élőhely-teremtésben: bűvő- és szaporodóhelyként szolgálnak, valamint tápanyagforrást jelentenek számos élőlény számára.

3.1.3 Kulturális szolgáltatások

A lakosságnak számos nem materiális előnye származik az ökoszisztémákból a rekreáció, a kognitív fejlődés, az esztétikai élmény, továbbá az identitás és a társadalmi összetartozás erősítése által (Francini et al., 2022; Gómez-Baggethun & Barton, 2013). A város stresszes

It is worth highlighting their role in supporting biodiversity, nutrient cycling and soil conservation, thereby supporting woody taxa and indirectly the ES they provide. In addition, certain species can be very effective in the disposal of polluted urban environments and the control of pests and pathogens. Sufficiently large and complex herbaceous beds can contribute significantly to temperature regulation, oxygen production and carbon sequestration. They play an important role in all aspects of cultural ES, contributing significantly to the mental well-being of urban populations. ☺



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

(2) Phytoremediation | Stevie Famulari, Gds, n.d.;
(6) Liu et al., 2012; (7) Cao et al., 2004;
(8) Babu et al., 2021; (36) Ciura et al., 2005;
(37) Ebbs et al., 1997; (38) Q.-R. Wang et al.,
2002; (39) Bañuelos et al., 1997; (40) Peralta-Vi-
dea et al., 2002; (41) López et al., 2005; (42)
Gardea-Torresdey et al., 2002

plant application	plant scientific name	Al	As	Au	Be	Br	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Fe	Hg	Mc	Mn	Ni	Pb		plant scientific name	Pu	Sb	Se	Sr	Ti	Zn	U	organic compounds	phytoextraction	phytovolatilisation	phytostabilisation	phytodegradation	phyto/rhizofiltration	hyperaccumulator	accumulator	sources
vegetable plants	<i>Armoracia rusticana</i>		•								•									<i>Armoracia rusticana</i>										•				(8)	
	<i>Beta vulgaris</i>									•										<i>Beta vulgaris</i>				•				•					(2)		
	<i>Cucurbita pepo</i>										•					•	•			<i>Cucurbita pepo</i>					•		•						(2) (36)		
	<i>Lycopersicon esculentum</i>											•			•		•			<i>Lycopersicon esculentum</i>									•				(2)		
	<i>Petroselinum crispum</i>													•						<i>Petroselinum crispum</i>								•					(2)		
	<i>Pisum sativum</i>					•	•						•							<i>Pisum sativum</i>							•	•						(2) (8)	
	<i>Vicia faba</i>	•																		<i>Vicia faba</i>														(2)	
crops	<i>Avena sativa</i>																			<i>Avena sativa</i>				•		•		•		•				(2) (37)	
	<i>Brassica napus</i>						•		•		•							•		<i>Brassica napus</i>			•		•	•		•	•			•	•	(2) (37) (38) (39)	
	<i>Hordeum vulgare</i>	•																		<i>Hordeum vulgare</i>				•				•						(2)	
	<i>Medicago sativa</i>			•			•				•						•	•		<i>Medicago sativa</i>					•		•	•		•	•			(2) (40) (41) (42)	
	<i>Zea mays</i>		•				•	•	•		•						•	•		<i>Zea mays</i>					•		•	•			•		•	(2) (36) (38)	
grass seed mix	<i>Agrostis capillaris</i>	•	•								•					•		•		<i>Agrostis capillaris</i>					•					•				(2) (8)	
	<i>Arrhenatherum elatius</i>						•	•	•		•					•	•	•		<i>Arrhenatherum elatius</i>					•				•					(2)	
	<i>Festuca arundinacea</i>		•								•							•		<i>Festuca arundinacea</i>					•		•		•	•				(2) (6) (7)	
	<i>Festuca ovina</i>						•													<i>Festuca ovina</i>						•	•		•	•				(2)	
	<i>Festuca rubra</i>									•	•							•		<i>Festuca rubra</i>				•		•		•	•					(2)	
	<i>Lolium multiflorum</i>						•													<i>Lolium multiflorum</i>								•	•		•			(2)	
	<i>Lolium perenne</i>		•								•							•		<i>Lolium perenne</i>					•		•	•		•	•				(2)
weeds	<i>Amaranthus retroflexus</i>						•			•							•			<i>Amaranthus retroflexus</i>					•										(2)
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>																	•		<i>Ambrosia artemisiifolia</i>												•		(2)	
	<i>Conyza canadensis</i>						•													<i>Conyza canadensis</i>													•	(2)	
	<i>Cynodon dactylon</i>	•	•				•				•	•			•			•		<i>Cynodon dactylon</i>							•				•	•	•	•	(2) (8)
	<i>Stellaria media</i>									•										<i>Stellaria media</i>													•	(2)	
	<i>Taraxacum officinale</i>						•													<i>Taraxacum officinale</i>													•	(2)	

környezetet jelent a lakói számára, így a városi zöldfelületek rekreációs hatása az egyik legértékesebb ES-nek számít (Bolund & Hunhammar, 1999). A növények pusztalátványa kimutathatóan csökkenti a stressz-szintet, javítja a kedélyállapotot (Ulrich, 1981). Az esztétikai élmények jelenthetnek lelki vagy szellemi gazdagodást, spirituális vagy vallási értéket, és művészi inspirációként is szolgálhatnak. A lágyszárú növények díszértéke egyed szinten is igen jelentős lehet, kompozícióban pedig ez tovább fokozható, amire számos példát láthatunk a kortárs növényalkalmazásban. Egyes taxonok szimbolikus jelentéstartalmukkal tovább növelhetik kulturális ökoszisztéma-szolgáltatásukat. A kognitív fejlődés az ismeretterjesztésen, az oktatáson és környezeti nevelésen keresztül aktiválódik, de a növények magukban rejtik a tudományos kutatás és megfigyelés lehetőségét is. A társadalmi és helyi vonatkozásokban kiemelhető a lágyszárú növények szerepe, hiszen nagyon erős hangulatteremtő, karakterképző tulajdonsággal bírnak, így az adott hely identitásképzésében fontos szerepet kaphatnak.

4. ÖSSZEGZÉS

A városi zöldfelületek ES-eiben hangsúlyos szerep jut a fásszárú növényzetnek, mennyiségi szempontból mindenképpen. Számos kutatás vizsgálja, hogy hogyan maximalizálhatók a fák által nyújtott ES-ek, és ehhez milyen tényezőket kell figyelembe venni a tervezéskor, mint például a fák telepítési sűrűsége (Tóth et al., 2023) vagy a koronaforma (Szabó et al., 2025). Ugyanakkor jelen kutatásból jól látható, hogy a lágyszárú növények is az élő rendszerek kulcsfontosságú szereplői, amelyek nagyban hozzájárulnak azok működőképességéhez, stabilitásához, valamint az ES-ek széles skálájának biztosításához a természetes és mesterséges ökoszisztémákban egyaránt. Érdemes kiemelni a biodiverzitás támogatásában, a tápanyagforgalomban és a talajvédelemben betöltött szerepüket, ezáltal támogatva a fásszárú taxonokat és közvetve az általuk nyújtott ES-eket. Emellett bizonyos fajok igen hatékonyak lehetnek a szennyezett városi közegek ártalmatlanításában, valamint a kártevők, kórokozók szabályozásában. A megfelelően nagy és összetett lágyszárú ágyások képesek érdemben hozzájárulni a hőmérséklet szabályozáshoz, az oxigén termeléshez és a szén-dioxid megkötéshez. A kulturális ES-ek minden területén fontos a szerepük, jelentősen támogatva ezzel a városlakók mentális jólétét. ☺

IRODALOMJEGYZÉK/
BIBLIOGRAPHY
Abdul Rashid, N. F., & Qistina, N. (2024). THE POTENTIAL OF Catharanthus Roseus AS A PHYTOREMEDIATION AGENT FOR HEAVY METAL REMOVAL IN CONTAMINATED SOIL. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*, 6, 142–153. <https://doi.org/10.35631/IJIREV.617011>
Aggarwal, H., & Goyal, D. (2007). Chapter 5 Phytoremediation of some heavy metals by agronomic crops. In D. Sarkar, R. Datta, & R. Hannigan (Eds.), *Developments in Environmental Science* (Vol. 5, pp. 79–98). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1474-8177\(07\)05005-X](https://doi.org/10.1016/S1474-8177(07)05005-X)
Anyasi, R., & Atagana, H. (2018). Profiling of plants at petroleum contaminated site for phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, 20, 352–361. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1393386>
Babu, s. M. O., Hossain, M. B., Rahman C.S.O., P. Rahman, M., Ahmed, A. S. S., Hasan, M. M., Rakib, A., Emran, T., Xiao, J., & Simal-Gandara, J. (2021). Phytoremediation of Toxic Metals: A Sustainable Green Solution for Clean Environment. *Applied Sciences*, 11, 10348. <https://doi.org/10.3390/app112110348>
Balvanera, P., Pfisterer, A., Buchmann, N., He, J.-S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., & Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, 9, 1146–1156. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x>
Bani, A. (2013). *NICKEL HYPERACCUMULATION IN THE SERPENTINE FLORA OF ALBANIA*. https://www.academia.edu/7031211/NICKEL_HYPERACCUMULATION_IN_THE_SERPENTINE_FLORA_OF_ALBANIA
Bañuelos, G. S., Ajwa, H. A., Mackey, B., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., & Zambrozuski, S. (1997). Evaluation of Different Plant Species Used for Phytoremediation of High Soil Selenium. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 639–646. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030008x>
Bello, F., Lavorel, S., Diaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J., Bardgett, R., Berg, M., Cipriotti, P., Feld, C., Hering, D., Silva, P., Potts, S., Sandin, L., Sousa, J. P., Storkey, J., Wardle, D., & Harrison, P. (2010). Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, 19. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9850-9>

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
Bosiacki, M. (2008). Accumulation of cadmium in selected species of ornamental plants. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 7.
Bosiacki, M., & Wojciechowska, E. (2012). Phytoextraction of Nickel by Selected Ornamental Plants. *Ecological Chemistry and Engineering S*, 19. <https://doi.org/10.2478/v10216-011-0024-9>
Cai, Z., Zhou, Q., Peng, S., & Li, K. (2010). Promoted biodegradation and microbiological effects of petroleum hydrocarbons by Impatiens balsamina L. with strong endurance. *Journal of Hazardous Materials*, 183(1–3), 731–737. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.087>
Caldelas, C., Araus, J., Febrero, A., & Bort, J. (2005). Accumulation and toxic effects of chromium and zinc in Iris pseudacorus L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34, 1217–1228. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-0956-4>
Cao, A., Cappai, G., Carucci, A., & Muntoni, A. (2004). Selection of Plants for Zinc and Lead Phytoremediation. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, 39, 1011–1024. <https://doi.org/10.1081/ESE-120028410>
Capuana, M. (2020). A review of the performance of woody and herbaceous ornamental plants for phytoremediation in urban areas. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 13(1), 139–151. <https://doi.org/10.3832/ifor3242-013>
Cay, S. (2016). Enhancement of cadmium uptake by Amaranthus caudatus, an ornamental plant, using tea saponin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5334-z>
Chen, J., Yang, Z., Su, Y., Han, F., & Monts, D. L. (2011). Phytoremediation of heavy metal/metalloid-contaminated soils. *Contaminated Soils: Environmental Impact, Disposal and Treatment*, 181–206.
Chen, L., Liu, C., Zhang, L., Zou, R., & Zhang, Z. (2017). Variation in Tree Species Ability to Capture and Retain Airborne Fine Particulate Matter (PM_{2.5}). *Scientific Reports*, 7(1), 3206. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03360-1>

Chhajro, M. A., Rizwan, M. S., Guoyong, H., Jun, Z., Kubar, K. A., & Hongqing, H. (2016). Enhanced accumulation of Cd in castor (Ricinus communis L.) by soil-applied chelators. *International Journal of Phytoremediation*, 18(7), 664–670. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1115965>
Chiam, Z., Song, X. P., Lai, H. R., & Tan, H. T. W. (2019). Particulate matter mitigation via plants: Understanding complex relationships with leaf traits. *Science of The Total Environment*, 688, 398–408. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.263>
Ciura, J., Poniedzialek, M., Sękara, A., & Jędrszczyk, E. (2005). The Possibility of Using Crops as Metal Phytoremediants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14, 17–22.
Datta, S., Chatterjee, S., Mitra, A., & Veer, V. (2013). *Phytoremediation Protocols: An Overview* (pp. 1–18). https://doi.org/10.1007/978-3-642-35564-6_1
Demasi, S., Caser, M., Donno, D., Ravetto Enri, S., Lonati, M., & Scariot, V. (2021). Exploring wild edible flowers as a source of bioactive compounds: New perspectives in horticulture. *Folia Horticulturae*, 33, 000010247820210004. <https://doi.org/10.2478/fhort-2021-0004>
Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), 69–76. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00081-6)
Doma-Tarcsányi, J., Szabó, K., & Dragán, P. E. (2025). Városi zöldfelületek ökoszisztéma szolgáltatásainak fejlesztési lehetőségei lágyszárú növények alkalmazásával. In *Az Európai Zöld Megállapodás stratégiai céljainak megvalósítását szolgáló tájléptékű megoldások* (MATE Press Gödöllő, 2025, pp. 45–49).
Durazzo, A., Lucarini, M., Novellino, E., Daliu, P., & Santini, A. (2019). Fruit-based juices: Focus on antioxidant properties-Study approach and update. *Phytotherapy Research: PTR*, 33(7), 1754–1769. <https://doi.org/10.1002/ptr.6380>
Dye, C. (2008). Health and Urban Living. *Science (New York, N.Y.)*, 319, 766–769. <https://doi.org/10.1126/science.1150198>
Ebbs, S., Lasat, M., Brady, D., Cornish, J., Gordon, R., & Kochian, L. (1997). Phytoextraction of Cadmium and Zinc from a Contaminated Soil. *Journal of Environmental Quality*, 26, 1424–1430. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600050032x>

Ehsan, N., Nawaz, R., Ahmad, S., Khan, M., & Hayat, J. (2016). Phytoremediation of Chromium-Contaminated Soil by an Ornamental Plant, Vinca (Vinca rosea L.). *Journal of Environmental and Agricultural Sciences* 2313-8629, 07, 29–34.
Emashogwe, O. A., Kesiye, I. A., Jackson, G., & Isaac, U. (n.d.). Assessment of the phytoremediation capabilities of bracken fern (Pteridium aquilinum) for the remediation of heavy metals (Pb, Ni and Cd) contaminated water. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.*
Fattet, M., Fu, Y., Ghestem, M., Ma, W., Foulonneau, M., Nespoulous, J., Le Bissonnais, Y., & Stokes, A. (2011). Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *CATENA*, 87(1), 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.05.006>
Forte, J., & Mutiti, S. (2017). Phytoremediation Potential of Helianthus annuus and Hydrangea paniculata in Copper and Lead-Contaminated Soil. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3249-0>
Francini, A., Romano, D., Toscano, S., & Ferrante, A. (2022). The Contribution of Ornamental Plants to Urban Ecosystem Services. *Earth*, 3(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/earth3040071>
Francini, A., Toscano, S., Romano, D., Ferrini, F., & Ferrante, A. (2021). Biological Contribution of Ornamental Plants for Improving Slope Stability along Urban and Suburban Areas. *Horticulturae*, 7, 310. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7090310>
Gardea-Torresdey, J. L., Parsons, J. G., Gomez, E., Peralta-Videa, J., Troiani, H. E., Santiago, P., & Yacaman, M. J. (2002). Formation and Growth of Au Nanoparticles inside Live Alfalfa Plants. *Nano Letters*, 2(4), 397.
Gáspár, G. M., & Anton, A. (2005). *Taxikuselem-szennyeződéskáros hatásainak mérséklése fitoremediációval*. <https://doi.org/10.1556/agrokem.53.2004.3-4.15>
Gilliam, F. (2007). The Ecological Significance of the Herbaceous Layer in Temperate Forest Ecosystems. *Bioscience*, 57. <https://doi.org/10.1641/B571007>
Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>

- Gómez-Baggethun, E., Gren, Å., Barton, D., Langemeyer, J., McPhearson, T., & O'Farrell, P. (2013). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: a global assessment*.
Goswami, S., & Das, S. (2016). Copper phytoremediation potential of *Calandula officinalis* L. and the role of antioxidant enzymes in metal tolerance. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.030>
Haines-Young, R., & Potschin, M. (n.d.). *Guidance on the Application of the Revised Structure*.
Hector, A., & Bagchi, R. (2007). Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature*, 448.
Hooper, D., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A., J.J., V., & Wardle, D. (2005). Effects Of Biodiversity On Ecosystem Functioning: A Consensus Of Current Knowledge. *Ecological Monographs*, 75, 3–35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
Huang, G., Guo, G., Yao, S., Zhang, N., & Hu, H. (2015). Organic Acids, Amino Acids Compositions in the Root Exudates and Cu-accumulation in Castor (*Ricinus communis* L.) under Cu Stress. *International Journal of Phytoremediation*, 18. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1058333>
Kapoor, M. (2017). Managing Ambient Air Quality Using Ornamental Plants-An Alternative Approach. *Universal Journal of Plant Science*, 5, 1–9. <https://doi.org/10.13189/ujps.2017.050101>
Kemp, S., Hadley, P., & Blanuša, T. (2019). The influence of plant type on green roof rainfall retention. *Urban Ecosystems*, 22(2), 355–366. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0822-2>
Kervroëdan, L., Armand, R., Saunier, M., Ouvry, J.-F., & Faucon, M.-P. (2018). Plant functional trait effects on runoff to design herbaceous hedges for soil erosion control. *Ecological Engineering*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.024>
Khan, W., Ahmad, S., Yasin, N., Ali, A., & Ahmad, A. (2016). Effect of *Pseudomonas fluorescens* RB4 and *Bacillus subtilis* 189 on the phytoremediation potential of *Catharanthus roseus* (L.) in Cu and Pbcontaminated soils. *International Journal of Phytoremediation*, 19, 514–521.
Khandare, R. V., Kabra, A. N., Tamboli, D. P., & Govindwar, S. P. (2011). The role of *Aster amellus* Linn. in the degradation of a sulfonated azo dye Remazol Red: A phytoremediation strategy. *Chemosphere*, 82(8), 1147–1154. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12.073>
Kong, W., Wang, T., Li, H., Wang, L., Guo, Q., & Guo, X. (2023). Leaf micromorphology affects the particulate matter retention in herbaceous plants: An in situ interspecies comparison. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 51(10), 2200289. <https://doi.org/10.1002/clen.202200289>
Kovács-Hostyánszki, A., Kisé Fodor, L., Zsembery, Z., & Tanács, E. (2022). *Hazai ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése és térképezése*. Agrárminisztérium (1055 Budapest, Kossuth Lajos tér 11.).
Kuppusamy, V., Arockiaraj, J., & Kamalakannan, S. (2016). Portulaca grandiflora as green roof vegetation: Plant growth and phytoremediation experiments. *International Journal of Phytoremediation*, 19. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1267699>
Li, C., Du, D., Gan, Y., Ji, S., Wang, L., Chang, M., & Liu, J. (2022). Foliar dust as a reliable environmental monitor of heavy metal pollution in comparison to plant leaves and soil in urban areas. *Chemosphere*, 287, 132341. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132341>
Liu, R., Jadeja, R., Zhou, Q., & Liu, Z. (2012). Treatment and Remediation of Petroleum-Contaminated Soils Using Selective Ornamental Plants. *Environmental Engineering Science*, 29, 494–501. <https://doi.org/10.1089/ees.2010.0490>
López, M. L., Peralta-Videa, J. R., Benitez, T., & Gardea-Torresdey, J. L. (2005). Enhancement of lead uptake by alfalfa (*Medicago sativa*) using EDTA and a plant growth promoter. *Chemosphere*, 61(4), 595–598. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.02.028>
Lundholm, J., MacIvor, J. S., MacDougall, Z., & Ranalli, M. (2010). Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions. *PLOS ONE*, 5(3), e9677. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009677>
Miao, Q., & Yan, J. (2012). Comparison of three ornamental plants for phytoextraction potential of chromium removal from tannery sludge. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15. <https://doi.org/10.1007/s10163-012-0095-4>
Miedema Brown, L., & Anand, M. (2022). Plant functional traits as measures of ecosystem service provision. *Ecosphere*, 13(2), e3930. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3930>
Mónok, D., & Kardos, L. (2019). *Az orvosi körömvirág (Calendula officinalis L.) és a nagy bársonyvirág (Tagetes erecta L.) fitoremediációs potenciáljának értékelése nehézfémekkel szennyezett talajokon*.
Muller, R. N. (2003). Nutrient Relations of the Herbaceous Layer in Deciduous Forest Ecosystems. In F. S. Gilliam & M. R. Roberts (Eds.), *The Herbaceous Layer in Forests of Eastern North America* (p. o). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195140880.003.0002>
Nagase, A., & Dunnett, N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning*, 104(3), 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.001>
Nur Hannah Ismail, S., Stovin, V., & Cameron, R. W. F. (2023). Functional urban ground-cover plants: Identifying traits that promote rainwater retention and dissipation. *Urban Ecosystems*, 26(6), 1709–1724. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01417-w>
Pandey, S., Bhattacharya, T., & Chakraborty, S. (2015). Metal Phytoremediation Potential of Naturally Growing Plants on Fly Ash Dumpsite of PatratuThermal Power Station, Jharkhand, India. *International Journal of Phytoremediation*, 18. <https://doi.org/10.1080/15226514.2015.1064353>
Peralta-Videa, J. R., Gardea-Torresdey, J. L., Gomez, E., Tiemann, K. J., Parsons, J. G., & Carrillo, G. (2002). Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. *Environmental Pollution*, 119(3), 291–301. Scopus. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00105-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00105-7)
Pérez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M., Cornwell, W., Craine, J., Gurvich, D., Urcelay, C., Veneklaas, E., Reich, P., Poorter, L., Wright, I., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J., Vos, A., & Cornelissen, J. (2016). Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 64, 715. https://doi.org/10.1071/BT12225_CO
Phytoremediation / Stevie Famulari, Gds. (n.d.). Retrieved 31 July 2024, from <https://www.steviefamulari.net/phytoremediation/>
Pilon-Smits, E. A. H., de Souza, M. P., Hong, G., Amini, A., Bravo, R. C., Payabyab, S. T., & Terry, N. (1999). Selenium Volatilization and Accumulation by Twenty Aquatic Plant Species. *Journal of Environmental Quality*, 28, 1011–1018. <https://doi.org/10.2134/jeq1999.00472425002800030035x>
Pirhofer-Walzl, K., Rasmussen, J., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Søgaard, K., & Rasmussen, J. (2012). Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*, 350(1), 71–84. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0882-z>
Pradhan, S., Conrad, J., Paterek, J. R., & Srivastava, V. (1998). Potential of Phyto-remediation for Treatment of PAHs in Soil at MGP Sites. *Journal of Soil Contamination – J SOIL CONTAM*, 7, 467–480. <https://doi.org/10.1080/10588339891334401>
Przybysz, A., Popek, R., Stankiewicz-Kosyl, M., Zhu, Ch. Y., Małecka-Przybysz, M., Maulidyawati, T., Mikowska, K., Deluga, D., Grizuk, K., Sokalski-Wieczorek, J., Wolszczak, K., & Wińska-Krysiak, M. (2021). Where trees cannot grow – Particulate matter accumulation by urban meadows. *Science of The Total Environment*, 785, 147310. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147310>
Przybysz, A., Sæbø, A., Hanslin, H. M., & Gawroński, S. W. (2014). Accumulation of particulate matter and trace elements on vegetation as affected by pollution level, rainfall and the passage of time. *Science of The Total Environment*, 481, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.02.072>
Quijas, S., Schmid, B., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: A new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, 11, 582–593. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.009>
Ramana, S., Biswas, A., Singh, A. B., Kumar, A., Ahirwar, N., & Rao, A. (2013). Phytoremediation ability of some floricultural plant species. *Indian Journal of Plant Physiology*, 18, 187–190. <https://doi.org/10.1007/s40502-013-0029-8>
Reed, S., Ayala, T., Dunn, C., Gordon, G., & Meerow, A. (2013). Screening Ornamentals for Their Potential as As Accumulator Plants. *Journal of Agricultural Science*, 5. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n10p20>
Santamour, F. (1999). *TREES FOR URBAN PLANTING: DIVERSITY UNIFORMITY, AND COMMON SENSE*. <https://www.semanticscholar.org/paper/TREES-FOR-URBAN-PLANTING-%3A-DIVERSITY-UNIFORMITY-%2C-Santamour/26a24c5361ce6d6e618a9fa307c4a34a3169e309>
Signes Pastor, A., Munera, S., Burló, F., Cano-Lamadrid, M., & Carbonell-Barrachina, A. (2015). Phytoremediation assessment of *Gomphrena globosa* and *Zinnia elegans* grown in arsenic-contaminated hydroponic conditions as a safe and feasible alternative to be applied in arsenic-contaminated soils of the Bengal Delta. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 4618. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4618-z>
Sun, Y., & Zhou, Q. (2016). Uptake and translocation of benzo[a]pyrene (B[a]P) in two ornamental plants and dissipation in soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.037>
Szabó, K., Tőke, E., & Gergely, A. (2025). Evaluating Spherical Trees in the Urban Environment in Budapest (Hungary). *Plants*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/plants14020228>
Thilakarathna, M. S., McElroy, M. S., Chapagain, T., Papadopoulos, Y. A., & Raizada, M. N. (2016). Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4), 58. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0396-4>
Tomson, M., Kumar, P., Abhijith, K. V., & Watts, J. F. (2024). Exploring the interplay between particulate matter capture, wash-off, and leaf traits in green wall species. *Science of The Total Environment*, 921, 170950. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170950>
Tóth B., Doma-Tarcsámyi J., & Szabó K. (2023). A telepítési sűrűség és a lombkorona-borítottság vizsgálata budapesti szabadtereken: Esettanulmányok 1. rész – Móricz Zsigmond körtér. *4D Tájéptészeti és Kertművészeti Folyóirat*, 14–31. <https://doi.org/10.36249/4d.70.4728>
Ulrich, R. (1981). Natural Versus Urban Scenes: Some Psychophysiological Effects. *Environment and Behavior*, 13, 523–556. <https://doi.org/10.1177/0013916581135001>
Wang, C., Wang, Z.-H., & Yang, J. (2018). Cooling Effect of Urban Trees on the Built Environment of Contiguous United States. *Earth's Future*, 6, 1066–1081. <https://doi.org/10.1029/2018EF000891>
Wang, K., Huang, H., Zhu, Z., Li, T., He, Z., Yang, X., & Kumar, A. (2013). Phytoextraction of Metals and Rhizoremediation of PAHs in Co-Contaminated Soil by Co-Planting of *Sedum Alfredii* with Ryegrass (*Lolium Perenne*) or Castor (*Ricinus Communis*). *Int J Phytoremediation*, 15, 283–298. <https://doi.org/10.1080/15226514.2012.694501>
Wang, Q.-R., Liu, X.-M., Cui, Y.-S., Dong, Y.-T., & Christie, P. (2002). RESPONSES OF LEGUME AND NON-LEGUME CROP SPECIES TO HEAVY METALS IN SOILS WITH MULTIPLE METAL CONTAMINATION. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 37(4), 611–621. <https://doi.org/10.1081/ESE-120003241>
Weber, F., Kowarik, I., & Säumel, I. (2014). Herbaceous plants as filters: Immobilization of particulates along urban street corridors. *Environmental Pollution*, 186, 234–240. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.011>
Weerakkody, U., Dover, J. W., Mitchell, P., & Reiling, K. (2018a). Evaluating the impact of individual leaf traits on atmospheric particulate matter accumulation using natural and synthetic leaves. *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.001>
Weerakkody, U., Dover, J. W., Mitchell, P., & Reiling, K. (2018b). Quantification of the traffic-generated particulate matter capture by plant species in a living wall and evaluation of the important leaf characteristics. *Science of The Total Environment*, 635, 1012–1024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.106>
Whigham, D. F. (2004). Ecology of Woodland Herbs in Temperate Deciduous Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 3, 583–621.
Yuan, J., & Dunnett, N. (2018). Plant selection for rain gardens: Response to simulated cyclical flooding of 15 perennial species. *Urban Forestry & Urban Greening*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.08.005>
Zhang, H., Chen, X., He, C., Liang, X., Oh, K., Liu, X., & Lei, Y. (2015). Use of Energy Crop (*Ricinus communis* L.) for Phytoextraction of Heavy Metals Assisted with Citric Acid. *International Journal of Phytoremediation*, 17, 632–639. <https://doi.org/10.1080/15226514.2014.935287>