

SZAKDOLGOZAT

Molnár Keri István

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Zentai Konzultációs Központ

Kertészettudományi Intézet

Kertészmérnöki szak

**Nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) állomány egyes ökológiai
szolgáltatásai Zombor város közterületén**

Belső konzulens:

Dr. Szabó Veronika

egyetemi adjunktus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:**

Tájépítészeti, Teleüléstervezési és
Díszkertészeti Intézet,
Dísznövénytermesztési és
Dendrológiai Tanszék

Külső konzulens:

Sterbik Ildikó

Iskolaigazgató,

Beszédes József Mezőgazdasági és
Műszaki Iskolaközpont

Készítette:

Molnár Keri István

Zenta

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Városökológia

2.1.1. Hősziget hatás

2.1.2. Légszennyezettség

2.1.3. Csapadékeloszlás a városokban

2.2. Városi fák ökológiai szolgáltatásai

2.2.1. Fák hőcsökkentő hatása

2.2.2. Csapadékmegtartás fák által

2.2.3. Szén-dioxid-megkötés

2.2.4. A városi levegő szűrése (pormegkötés)

3. Anyag és módszer

3.1 Zombor város bemutatása

3.2 A nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) jellemzői

3.3 A mérések folyamatai

4. Eredmények

4.1. A vizsgált fák méretei

4.2. 2024. év térségi időjárása

4.3. Pormegkötés eredményei

4.4. Hőmérsékletcsökkentés eredményei

5. Következtetések, javaslatok

5.1. Fák méretei

5.2. Pormegkötés

5.3. Hőmérsékletmérés

6. Összefoglalás

7. Irodalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés

Világszerte ismert jelenség, hogy a városokba egyre több ember költözik be. A településeken sűrűn beépített környezet megnehezíti az egészség megőrzését. A közlekedés, az ipari tevékenységek (építkezések, gyárak stb.), a fűtés és számos egyéb emberi tevékenység révén sok szennyezőanyag kerül a levegőbe. Ezek egy része a környezetben leülepszik, egy részét azonban belélegezhetjük, amely komoly egészségügyi problémákat is okozhat.

A városok zsúfolt, erősen beépített környezete nem csak fizikai egészségünkre veszélyes, hanem mentálisan is káros a sosem változó létkép. A városi zöldfelületeknek éppen ezért számos fontos szerepe van a városlakók életében. A növények, amellet, hogy oxigént termelnek, napjainkban fontosabb, hogy szén-dioxidot kötnek meg, amely csökkenti az üvegházhatású gázok közül a leggyakoribbat. Ez minden fotoszintetizáló növény sajátja. A szállóport azonban legjobban a városi fák tudják felfogni, javítva a levegőt. Ezeken túl a városban jelentkező, túlzottan felmelegedő területek monotonitását is megtörhetik a zöldfelületek, így csökkentve a városi hőszigetek hatását. Ezek a legfőbb szolgáltatások azok, amelyeket összefoglalóan ökológiai szolgáltatásoknak nevezünk. Ezeken kívül számos egyéb jótékony hatást gyakorolnak ránk és környezetük élővilágára a fák.

A dolgozatomban témájaként a nyugati osterfák egyes ökológiai szolgáltatásait választottam, mivel tanulmányaim során számos olyan ismeretre tettem szert, amelyek felkeltették az érdeklődésem. Ezek az invazív kategóriába eső fák valójában számos olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek az emberi egészségre és a komfortérzetre tekintettel jótékony hatással bírnak. Egy olyan növényről van szó, mely félreértelmezett, hiszen rendkívül agresszív a térhódítása, irtása erdészeti területeken kötelezőnek mondható, hiszen hatalmas gazdasági károkat okoz, de vannak tulajdonságai, melyek alkalmassá teszik arra, hogy kellő szakértelemmel kísérve bizonyos területeket hasznosítsunk általa.

Mint a növények többsége, ennek a fának is Kárpát-medence-szerte számos különböző, népi megnevezése van. Az egyik a "szennyfa" megnevezés, amely a leginkább sejteti, hogy valójában mi az a tulajdonága, ami kiemeli a többi útsorfa közül.

Bácskában több városban is találkozhatunk az osterfákkal, mint útsorfákkal, de Zombor város leginkább kiemelkedő mind közül, mely mára a város egyik fő jellegzetességévé vált.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Városökológia

Az ENSZ szerint a Föld népessége 2022 novemberében meghaladta 8 milliárd főt, 2030-ig pedig elérheti a 8,5 milliárdot. Az ENSZ szakemberei úgy vélik, hogy 2050-ig a Földön közel 10 milliárdnyian fognak élni (Anon, 2022).

Ennek hozományaként az urbanizáció világviszonylatban rohamosan nő, és a környezetszennyezést csökkentő intézkedések rendkívül szükségesek. A városi környezet a nagy mértékű burkolt felületnek, az épületeknek köszönhetően sajátos környezettel rendelkezik, a városi éghajlat az adott területen belül külön mezoklimát alkot, amely sajátos városi ökológiát teremt (Nagy 2008). A városi klímát közvetve és közvetlenül is emberi tevékenységek okozzák, amelyek növelik a hőmérsékletet, csökkentik a párologtatást és szintén növelik a légszennyezettséget (Kuttler és Weber 2023).

A legtöbb ökológiai hatást értékelő modell, illetve indikátor alapú módszer segíti a kutatást és fejlesztést. A modell típusú értékelést gyakrabban használják regionális szintű értékelésekhez, míg a CITYGreen és az i-Tree globális értékelésekhez. Az indikátor alapú metódus többek szerint alaposabb vizsgálatot és pontosabb adatokat szolgáltat. Ez a metódus magába foglalja az indikátor rendszer létrehozását és az indikátorok számlálását (Sun és mtsai 2024).

A városok a klímaváltozással járó extrém időjárás hatásainak kitéve számos kihívással szembesülnek, mint az aszály, hirtelen viharok és a magas hőmérsékletek. Emellett a városok lakosságának növekedéséből adódó megpróbáltatások is jelentkeznek, mint az infrastruktúra kapacitásának elégtelensége, légszennyezettség, lokális vízkörforgás akadályozott menete és más stresszfaktorok. Ezek a faktorok gyakran egymással összefonódva komplex módon alakítják ki a városok aktuális klimatikus körülményeit (McPhearson és mtsai 2016).

2.1.1. Hősziget hatás

A városi környezetet érő legjelentősebb káros klimatikus hatás a megemelkedett hőmérséklet, amely a globális felmelegedés következtében továbbra is növekedni fog. A városi környezet, vagyis a városi környezet klimatikus körülményeit meghatározó elemek közé felsorolhatóak a

légszennyezettség, gyenge szélmozgás és a magas hőmérséklet. Ennek okai az alacsony albedó, a hőraktározó anyagok és a talajfelület burkoltsága. Ebből kiindulva arra lehet következtetni, hogy a klímaváltozás következtében bekövetkezett hőmérsékletnövekedés és az extrém időjárás hatásaira a városi környezetben nagyobb figyelmet fordítanak, mint a vidéki környezetben (Lipp és Miechielsen 2024).

A folyók és a tavak hozzájárulnak a hő elvezetéséhez, és friss levegőt szállítanak, ezáltal mérsékelve a negatív városi klíma kialakulását. Mindemellett a folyók városi környezetben elválasztják a hőszigeteket egymástól, csökkentve a hőkisugárzás mértékét. A folyók az egyik legjelentősebb részei a városoknak, melyek számos feladatot látnak el. Bozhouban, Kínában nyári körülmények között a városi folyók és tavak számítanak a legfőbb tényezőnek a hőmérsékletcsökkentést illetően. Ebből kifolyólag megállapítható, hogy a városokban a folyók és tavak menti épületek megtervezése közvetlenül befolyásolja a levegő beáramlását a városközpontok felé, utalva ezzel az építkezés módjának a városi klímára való hatására (Yang és mtsai 2016).

A magas hőmérséklet okozta egészségügyi kockázatok fő kiváltó okai a rossz levegő, a levegőben levő magas nitrogén-oxid koncentráció, az ózon és a finompor jelenléte. Ezek legfőképpen a városi lakosságra vannak hatással. Éjszaka a város levegőjének hőmérséklete 10°C-kal magasabb lehet, mint a vidéki települések levegője. A "trópusi éjjelek" azt jelentik, amikor az éjjeli hőmérséklet 20°C feletti is lehet, ezekben a városi hőszigetekben gyakrabban fordulnak elő, ezzel megnehezítve a természetes relaxációt. Az EuroHEAT tanulmány szerint a hőhullámok a városi lakosság mortalitását a kánikulák ideje alatt 7,6-33,6%-ig megemeli, extrém esetekben ez akár 50%-kal is magasabb lehet (Brasseur és mtsai 2023).

Egy Essen-i összefoglaló tanulmány szerint (Kuttler 2011) a német városokban, a beépített területek nagy részén fennáll a városi hősziget hatás. Minél inkább beépítettek ezek a területek, annál nagyobb mértékben jelentkezik a hőszigethatás. Kuttler (2011) előrejelzése szerint a század végére (2091-2100) a napi átlag hőmérséklet 21,9°C-ról 24,2°C-ra fog emelkedni, és 47,4%-kal növekszik meg a nyári napok száma, míg a hőségnapoké 13,5%-kal. Ez az érték nagyon jelentős a három nyári hónapra nézve.

A Napból származó magas hőség az épületekről sugárzó hőenergia hozzásegít a városokban a hőszigetek kialakulásához. A városi fák és gyepek alkalmazásával hatékonyan lehet mérsékelni ezeket az állapotokat (Nishimura és mtsai 1998). A fák hőmérsékletet enyhítő szerepéről a 2.2.1. alfejezetben írok részletesebben.

2.1.2. Légszennyezettség

A legtöbb légszennyezettségi forrás a városokban található (Nagy 2008). Ezek többsége a közlekedésből, a fűtésből, hűtésből, építkezésekből származó szennyeződések jelent (internet 1).

Epidemiológiai kísérletek bebizonyították, hogy városokban a fosszilis üzemanyagok égése során létrejött melléktermékek által szennyezett levegő tüdőrákot okozhat. Egy svéd tanulmány eredményei is arra mutattak rá, hogy a tüdőrákban szenvedő betegek számbeli növekedése összefüggésben áll a levegő üzemanyag égéstermékkel való szennyezettségével (Cohen és mtsai 2004).

WHO adatai szerint a Föld teljes lakosságának kb. 92%-a él légszennyezettségben, ebből kifolyólag évente kb. 3 millió ember hal meg a légszennyezettséghez köthető okból (internet 2). 1999-ben közel 3000 különböző fajta szennyezőanyagot regisztráltak a levegőben, ennek nagy hányada organikus eredetű. Motorkerékpárok és gépkocsik üzemanyag égése során keletkező melléktermékek megközelítőleg 500-féle szennyezőanyagot juttatnak a légterbe. Ebből 200 szennyezőanyag hatását vizsgálták ki (Fenger 1999).

Közép- és Kelet-Európa, valamint Olaszország légszennyezettsége a legmagasabb Európában (internet 3). Magyarország és a környező országok légszennyezettsége változó, aszerint, hogy a fűtési szezon mikor kezdődik. Általában októbertől márciusig magas a légszennyezettség aránya, az év többi hónapjában mérsékelt (internet 4).

A légszennyező anyagokat a méretük alapján szokták kategorizálni (Szabó és mtsai 2023). A teljes leülepedő por minden méretű légszennyező anyagot tartalmazza, míg a szemcsés anyagokat (particulate matter – PM) két csoportra osztják. A PM₁₀ minden olyan szemcsés, a levegőben szálló port jelenti, amelyeknek a mérete 10 µm vagy annál kisebb. A PM_{2,5} pedig a legfinomabb port jelenti, amelyek mérete 2,5 µm-osak vagy annál kisebbek. Minél kisebb ezek

mérete, annál nagyobb a jelentőségük, mert nagy a fajlagos felületük, így sok egyéb szennyező anyagot meg tudnak kötni, és nagyon könnyen belélegezhetőek (Haimei és mtsai 2023, Motamedi és mtsai 2022).

Egyre nagyobb a jelentősége a városok oly módon való kialakításának, melyek a levegő minőségének javítását célozzák meg. A városi levegő porszennyezettsége és nitrogén-dioxid tartalma meghaladja a megengedett értékeket, így indokolja a levegő minőségének javítására irányuló rendelkezéseket (Lindén és mtsai 2023).

2.1.3.Csapadékeloszlás a városokban

A városi környezet sajátos klímát hoz létre, amely jelentősen befolyásolja a városokban hulló csapadék minőségét, az esős napok számát és eloszlását (Nagy 2008). A városi levegőben lévő szennyezőanyagok jelenléte megnöveli a levegőben lévő páracseppek kicsapódásának lehetőségét (kondenzációs magvakat képeznek), így több csapadék hullhat a nagyvárosok felett (Unger 2010). A zivataros napok száma is emelkedhet, nemcsak a kondenzációs magvak jelenléte miatt, hanem a városi hőszigethatás miatt erős a feláramló levegő, így növekszik a zivataros napok száma (Sieghart és mtsai 2005, Unger 2010). A városokban azonban ritkább a hóesés, a melegebb hőmérséklet miatt.

A városban szinte minden felület burkolt, így a lehulló csapadék azonnal elfolyik. A csatornarendszerek gyakran túlterheltek a gyorsan lezúduló csapadékmennyiség miatt, így ún. villámárvizek alakulnak ki. Így a város vízháztartása jelentősen felborul, a vízmegtartó képessége alacsony, a párolgás alacsony, emiatt nem tudja mérsékelni a felmelegedést (Oláh 2012, Steiner 2021).

2.2. Városi fák ökológiai szolgáltatásai

A városi útsorfák fontos szerepet játszanak a városi környezet minőségének javításához. A fák pozitív ökológiai hatásának számszerűsítése fontos a városökológia nyomonkövetéséhez (Sun és mtsai 2024).

2.2.1. Árnyékolás, hőcsökkentés

A városokban a természetes talaj és növényzet mesterséges talajburkolattal való felváltása a környezet felmelegedéséhez és kiszáradásához vezetett. A növény borította felületek növelésével a városi talajhőmérséklet csökken, növekszik az evapotranszspiráció, és csökken a felületekről hasznosulatlannul lefolyó víz mennyisége. A városi növényzet mennyiségének növelése hasznosnak bizonyul a városi hőtöbblet csökkentésére, ezáltal adaptálódva a klimatikus változásokhoz úgy regionális, mint globális szinten (Salmond és mtsai 2016).

A városi fák nagyban hozzájárulnak az emberek komfortérzetének fenntartásában nyílt területeken, amely a csökkentett hőmérsékletekben nyilvánul meg a nagy hőségek ideje alatt. Bangalore városban, Indiában egy tudományos kísérletet végeztek el a városi fák hőmérsékletcsökkentő hatásával kapcsolatban és az eredmények kimutatták, hogy a fákkal borított utcárészen a levegő hőmérséklete $5,6^{\circ}\text{C}$ -kal, a talaj pedig $27,5^{\circ}\text{C}$ -kal volt alacsonyabb a csupasz burkolatú utcárésztől. Egy izraeli megfigyelés szerint a fűvel és fákkal betelepített kertek hőmérséklete $2,5^{\circ}\text{C}$ -kal volt alacsonyabb a szilárd talajburkolatú kerteknél. Habár a fák közvetlen hőmérsékletcsökkentése nem túl magas, mégis az árnyékvetés emberi komfortérzetre gyakorolt hatása jelentősnek bizonyul. Az árnyéknak fontos szerepe van az emberi komfortérzetre kültéri körülmények között, különösen a sugárzó hő csökkentése által, amely a fő tényező a komfortérzet kialakításában. Shasua - Bar és Hoffmann (2000) úgyszintén arról számoltak be, hogy a városi fák hőmérséklet csökkentő hatásának 80%-a az árnyékvetésnek köszönhető (Salmond és mtsai 2016).

A városi fák jelenléte hatással van a lakóépületek belső részeinek hőmérsékletére az árnyékolásuk által, így csökkentve a belső terek hőmérsékletét. Egy kísérlet bizonyítja (Rowan B. és mtsai 2013), hogy az árnyék a falak hőmérsékletét 9°C -kal, a levegő hőmérsékletét pedig 1°C -kal csökkenti. Emellett azt is kimondja, hogy a fáknak az épületek hőmérsékletére gyakorolt hatását nem lehet általánosítani, mivel jelenleg nem áll rendelkezésre elegendő kísérleti adat, valamint a hőcsökkentő hatást nagyban meghatározza a felhasznált épületanyag, építkezési mód és stílus, a fák fajtája, valamint az adott évszak (Salmond és mtsai 2016).

Habár a városi fáknak számos pozitív hatásuk van, meg kell említeni azokat a hatásokat is melyek hátrányosan hatnak a környezetre. Éjjel a fák gátolják a radiációt és csökkentik az utcák

szellőzőttségét, ezáltal hátrányosan befolyásolva a napközbeni felgyülemlett hő eltávozását. A nagyméretű fakoronák hasznos szolgáltatást nyújtanak napközben, éjjel korlátozzák a hosszúhullámú hősugarak távozását, ezáltal fokozatosan hozzájárulva az épületek belső hőmérsékletének emelkedéséhez. Megállapítást nyert, hogy a fák megváltoztatják a hő diffúzió aerodinamikáját, amely megakadályozza a szellő behatolását ezáltal az épületek nyitott ablakon keresztül való hűtését (Salmond és mtsai 2016). Ugyanakkor egy német tanulmány szerint (Lee és mtsai 2019) egy kelet-nyugati fekvésű utcában azon a szakaszon, ahol a fák koronája jobban takarta a területet, a hőérzet jelentősen csökkent, mint azon a területen, ahol a fák koronája nem fedte az utcaszakaszt. Tehát a városi fák napközben nyújtott szolgáltatása jelentősebb lehet az éjszakai kedvezőtlen hatásoknál.

A magas hőmérsékletek egészségre való káros hatása bizonyított tény, mégis a statisztikák arról számolnak be, hogy a városi környezetben a hőmérsékletek hatására történő elhalálozások oka az alacsony hőmérsékletek következménye. Télen a környezet hőmérsékletének csökkenése káros hatással lehet az egészségre, melyhez az örökzöld fák árnyékolása is hozzásegít. Télen a csökkent fényviszonyok hatással lehetnek a mentális egészségére a szezonális depresszióval küszködő személyeknél. A fák árnyékolása az épületek belső hőmérsékletének csökkenéséhez vezet, mely nedvesedést és penészt okozhat a falakon, valamint megnöveli az épületek fűtésének költségeit (Salmond és mtsai 2016).

2.2.2. Csapadékmegtartás

A klíma és a fák között szinergista kapcsolat áll fenn. A csapadéknak elsődleges jelentősége van a városi fák egészséges, megfelelően párologtató felületének kialakításában. Az fákat olyan hatások érik városi környezetben, amelyeket a külső vizsgálatokkal nem lehet megállapítani. A magas hőmérséklet, száraz levegő és talaj és nagy sugárzó terhelése nagy evaporációs szükséglethez vezet. A talaj nedvesen tartása nélkül a fák egészsége és a környezet hűtésére való kapacitása csökken (Salmond és mtsai 2016).

A fák növelik a levegő páratartalmát, mivel a talaj mély rétegeiből felszívják a vizet és közvetítik a külvilág felé. A vízkörforgást figyelembe vevő városi építkezési dizájn, valamint a csapadékgyűjtő rendszer eszközei lehetnek a talaj nedvességtartalmának növeléséhez ott, ahol

egyébként a száraz talaj problémákat okoz. A biofiltráció és az esővíz tárlókból való öntözés hozzásegít az evapotranszpiráció növeléséhez. A városi fák felveszik és tárolják az esővizet, a gyökérrendszerük és koronájuk segítségével szűrik a csapadékot, és felveszik a nedvességet a talajból, ezáltal növelve a talaj vízfelvevő kapacitását a későbbi esőzések esetére. A fák hatással vannak az altalaj állapotára is a talajok vízáteresztőképességének növelése által (Salmond és mtsai 2016).

A legtöbb energia, amely a talajok nedvességtartalmát párává alakítja át, a Napból származik. Az albedó (fényvisszaverő képesség) mértéke a vegetációtól függ, mivel a növényzet több hőt fogad be, mint a csupasz talaj. A növényekkel borított övezet felett élénk hőáramlatok szállítják a nedvességet az atmoszférába, ahol az esővé kondenzálódik. A hő és széláramlatokra való hatásából kifolyólag az albedó hatással van a csapadék kialakulására, így jelentős tényezőnek számít az időjárás meghatározásában. A trópusi erdőkben az albedó a talajfelszín térbeli tulajdonságával együtt az éghajlatra való legfőbb meghatározó tényezőnek számít. A növényzet nagy mennyiségben történő eltávolítása esetén az albedó fokozottan növekszik, amely ritkább esőzésekhez és növényvilághoz vezet (Meyers 1997).

2.2.3. A szén-dioxid megkötés

A városi növényzetnek nagy hatása van a szén körforgására, lokális és globális szinten is. A városi növényzet központi szerepet játszik a városi hőszigetek mérséklésében, a hőmérséklet csökkentésben és a levegőben levő szennyezőanyagok lekötésében. Számtalan pozitív hatásuk van a városi zöldfelületeknek, ezek pontos meghatározása hatékonyabbá teszi a városokban kialakult ökológia fejlesztését (Sun és mtsai 2024).

A városokban a szén-dioxid mennyisége nagyobb, mert sok az autó, több a fűtött épületek száma. Ez a szén-dioxiddal dúsított levegő a városi növényzetnek kedvező, de csak akkor, ha emellé elegendő fénymennyiség is társul (Forrai és mtsai 2012, Steiner 2021).

Ez a megkötés nagy mértékben függ a városi környezeti tényezőktől (csapadék, fény, élőhely, tápanyagok stb.), ugyanakkor az alkalmazott fajtól, sőt, sokszor a fajtától is, a fák életkorától, méretétől (Radó 2001, Steiner 2021). A szén-dioxid megkötését számos kutató vizsgálja (Nowak and Crane 2002, Radó 2001, Yang és mtsai 2005). A vizsgálati módszerek eltérnek egymástól. Az

amerikai kutatásokban elsősorban Nowak (1994b) módszerét követik, aki beleszámolja a fa teljes tömegében megköthető szén, azon belül a szén-dioxid mennyiségét. Ennek előnye, hogy a fa növekedésével közvetlenül gyarapszik a szén-dioxid-megkötő és tároló kapacitása. Ez a beépült szén évtizedekre is raktározódik a fás szövetekben, különösen a gyökerekben, talajban. Ezzel szemben Radó (2001) lombtérfogatra számolja ki a megköthető szén-dioxid mennyiségét. Ennek előnye, hogy bármilyen lombbal rendelkező növényre (lágyszárúak, fásszárúak) kiszámítható a szén-dioxid-megkötő képessége, de nem számol az évről-évre beépülő szén-mennyiséggel (Steiner 2021).

2.2.4. A városi levegő szűrése (pormegkötés)

A fák levegő minőségére gyakorolt hatása a legkevésbé megértett ökoszisztémára gyakorolt hatás. A fák képesek javítani a levegő minőségét a szennyezőanyagok beszívása, valamint a levélfelületeken való lerakódása által (Salmond és mtsai 2016).

A legtöbb, fák légtisztító hatását megcélzó kutatás szerint a városi növényzet szennyezőanyagok csökkentő képessége 5% körül van. A fák CO₂-t, valamint gáznemű szennyezőanyagokat, mint O₃, NO₂, SO₂ lélegeznek be, elsődlegesen a sztomákon keresztül, és tárolják a levegőben levő port hatékonyabban, mint bármely más felület (Salmond és mtsai 2016). Ugyanakkor Hrotkó és mtsai (2021) felhívják a figyelmet arra, hogy a csapadékkal a levelek képesek az öntisztulásra, így a levegő szűrését a teljes vegetáció alatt végezni tudják.

A levegőben levő por fák által történő megkötését számos tényező befolyásolja. A porszemcsék alakján és méretén kívül az időjárási viszonyok, mint a levegő páratartalma, szél sebessége és turbulenciája döntő jelentőségűek. A levelek alakja, nagysága, bordázottsága és szőrözöttsége mellett a növények fajtája és a telepítésük módja is befolyásolja a por megkötésének sikerességét (Litschke és Kuttler 2008).

A por lerakódása jelentősebb azokon a területeken, ahol nagylevelű fákat telepítettek. Emellett a városi parkok nagyobb védőtávolságot biztosítanak az emberek és a szennyezés forrásai között (közlekedési járművek, építkezések). Így a parkok, nagyobb zöldfelületek hatása két komponensből áll, vagyis a por leveleken való lerakódásából, és a szél által terjesztett, szennyezett levegő szűréséből (Klingberg és mtsai 2017).

Habár a por megtelepedése a növényi felületeken a levegő porterhelésének csökkenését jelenti, meg kell jegyezni, hogy a fák, illetve más növények maguk is a lebegő részecskenagyságú szennyezőanyagainak forrásai (pl. pollenek) (Litschke és Kuttler 2008). A nagyvárosok, mint hőszigetek, jelentősen növelni fogják azoknak a fajoknak a megjelenési esélyét, amelyek melegigényűek, és a számítások szerint pollenterhelésük szerepet fog játszani a városi levegő további szennyezésében (Brasseur és mtsai 2023).

A fák csökkentik a szél utcákon és más területeken történő átfúvását. Abban az esetben, ha a szennyezőanyagok forrása növények által borított területen található (pl. kocs út, mellette pedig útsorfa), a terület szél átjárhatóságának csökkenése porfelgyülemeléshez vezet (Litschke és Kuttler 2008).

A növények levelei érzékenyek és nagyban kitettek a levegőben levő por káros hatásainak. Ebből kifolyólag számos tanulmányban a fák levelei a levegő szennyezettségének indikátorai lehetnek. A levelek számos szennyező, valamint allergén anyagot kötnek meg a levegőből, mint a nyomelemek, pollenek, spórák és sók. A levelek a trichómáikon keresztül is képesek a port összegyűjteni és megkötni. A légszennyezettséggel kapcsolatos tanulmányokban a legfontosabb tényezőknek a levelek mérete, a trichómák jelenléte és sűrűsége, valamint a sztómák mennyisége és sűrűsége számítanak.

A nyugati ostorfa levele nagyszámú trichómát tartalmaz, mely a porfogó képessége által a levegő minőségét javítja, másrészt a levegő minőségének meghatározására is alkalmas indikátorként alkalmazható (Simon és mtsai 2014.).

A városi fák levelén leülepedett, levegőben levő szennyezőanyag negatívan hat a növények morfológiai, fiziológiai és biokémiai folyamataira. A leülepedett szennyezőanyag elváltozásokat okoz a levelek működésében (Chaudhary és Rathore 2019).

A városi növényzetnek megvan a képessége a levegőben levő por és szennyező anyagok megkötésére. A szemcsés szennyezőanyagok főként a levelek felületén rakódnak le és így a növények porfogóképességét illetően fontos szempont a levelek formája, az ágrendszer összetettsége, a levelek nagysága, a levélfelület bordázottsága és szőrözöttsége (Lindén és mtsai 2023).

Az NO_2 elsősorban a növényi sztómaikon keresztül kötődik meg, ezért a növényi sztómaik hatása a környezet állapotára kulcsfontosságú: a levegő nitrogén-dioxid koncentrációja kisebb a növényzet nélküli környezethez képest azonos körülmények között. A szén megkötésében is fontos szerepük van a növényzetnek, amely ugyancsak a városi zöldterületek növelésére ösztönözik. A növényzet csökkenti a szél sebességét, így városi környezetben elősegíti a por lerakódását. Számos tudományos munka foglalkozott a növényzet por, illetve szennyezőanyaglekötő képességével, és arra a következtetésre jutottak, hogy a levegő szennyezettségének csökkentése érdekében kulcsfontosságú szerepe van a városi növényzet tudományos megfontolású tervezésének és kialakításának (Hrotkó és mtsai 2021, Haimej és mtsai 2023, Lindén és mtsai 2023).

A vizes levelek megakadályozhatják a nitrogén-dioxid sztómaikon keresztül való felvételét, de másrészt a nitrogén-dioxid oldódik a vízben, ezért a levél felületén levő vízben is feloldódik. Ez néhány növényfajnál szem előtt tartandó tényező, de a növények nagyrésznél a levelek víztaszító és viaszos felületéből kifolyólag nem befolyásoló tényező (Lindén és mtsai 2023).

A meteorológiai tényezők is nagy hatással vannak a növények sztómaikon keresztül való légzésére, így a gáznemű szennyeződések növényekben való lerakódására is. Néhány apró szemcseméretű szennyezőanyag is képes a sztómaikon keresztül lerakódni a növényekben, de az összes növényen lerakódott szemcseméretű szennyezőanyag kis hányadát képezi (Lindén és mtsai 2023).

A növények légcseréjét, ezáltal a szennyezőanyagok növényen való lerakódását számos más környezeti tényező is befolyásolja, mint a sugárzások, levegő páratartalma, a levegő hőmérséklete és a talaj nedvességtartalma. A légcsere a növények vegetációs ciklusa során eltérő intenzitású, a korai levélállapotban és idős levelek esetében gyengébb, a kifejtett fiatal levelek esetében pedig erősebb. A nitrogén-dioxid lerakódásának napi ingadozását elsősorban a légcserét befolyásoló napfény-sugárzás és a levegő gőznyomáscsökkenése határozza meg. A sztómaik napkeltekor nyitódnak, és napnyugtakor záródnak (sosem teljes mértékben), valamint rohamosan záródnak a száraz meleg napokon történő levegő gőznyomásának növekedésekor. Hosszabb aszályos időszakokban a növények légcseréje lecsökken, ezáltal megvédve őket a kiszáradástól (Lindén és mtsai 2023).

A talaj nedvességtartalmának befolyása a sztómán átfolyó légcserére, valamint a nitrogén-dioxid lerakódásra, az abszcizinsav hatása révén történik, melyet az aszályos körülmények között termelnek a növények. Az aszályos körülmények hatása a növényi sztómákra csökkenti a városi növények nitrogén-dioxid lekötését. Ehhez a városi talaj nagy felületen való burkoltsága is hozzájárul, mivel az esetleges csapadék nem tud odajutni a növények gyökeréhez az esővíz elfolyása miatt (Lindén és mtsai 2023).

A levegő páratartalmának hatása a nitrogén-dioxid leveleken való lerakódására kevésbé egyértelmű. A legtöbb tanulmány szerint a levegő relatív páratartalmának növelésével növekedett a leveleken megkötött nitrogén-dioxid mennyisége, habár vannak kísérletek, amelyek az ellenkezőjét támasztják alá (Lindén és mtsai 2023).

Különböző tulajdonságokkal rendelkező növényfajok hatással vannak szennyezőanyagok lerakódására, visszatartására, és lemosódására városi környezetben (Hrotkó és mtsai 2021). A levelek alakja, viaszborítása, felszínének bordázottsága és szőrözöttsége valamint az ágszerkezet nagyban befolyásolja a szennyezőanyagok lekötését és visszatartását (Lindén 2023).

3. Anyag és módszer

3.1 Zombor város bemutatása

Zombor Vajdaságban, Nyugat-Bácskában található, valaha Bács-Bodrog Vármegye közigazgatási központja volt. A város területe az egykori Pannon-tenger medrében helyezkedik el, 16°31' és 17°06'30" földrajzi hosszúsági körök, valamint a 46°34'15" és 46°03'20" földrajzi szélességi körök között. A város területét keletről a Telecskai-dombok, nyugatról pedig a Duna folyó határolja, tengerszint feletti magassága 90 méter. Zombornak több ismert szülöttje van, többek között Schweidel József, honvéd vezérőrnagy, az Aradi Vértanúk egyike.

A városon keresztül folyik a Ferenc-csatorna, melynek létrejöttét a mocsaras területek lecsapolása, valamint a vízi közlekedés lehetőségének kialakítása indokolta. Ennek a nagy víztömegnek jelentős hatása van a város klímájára, mivel nyáron hűtő, télen pedig fűtő hatással bír. A Dél-Szerbiai Kosava, valamint a dalmáciai Búra szelek jelentősen nem hatnak a város klimatikus körülményeire. Zombor környékén kiváló minőségű csernozjom talaj található, ebből kifolyólag a tájon mindig magas szintű mezőgazdasági termelés folyt. Ennek köszönhetően gyakran adódnak gondok a felszálló porral, mely talán a táj egyik jellegzetességévé vált a "poros Bácska". Ez a jelenség a talajok humusztartalmának csökkenésével, intenzív talajművelésével és a klímaváltozás okozta nyári aszályokkal egyre kifejezettebben jelentkezik.

Dr. Csihás Benő (1852 - 1893) Doroszlón született, Zombor város polgármestere 1887-től 1893-ig. A "zöld város" megálmodójaként tartja számon az emlékezet, mivel az ő nevéhez fűződik a város fásítása. Munkásságának egyik legfőbb mozgatórugója, hogy jómagam tüdőbetegségben szenvedett, és a fák légtisztító tulajdonságát kihasználva szeretne volna a város levegőjét tisztábbá varázsolni, ezáltal megkönnyebbülést szerezni önmaga és a többi hasonló betegséggel rendelkező sorstársa számára. A legenda szerint füzetében személyesen tartotta nyilván az összes fát, melyeket napi szinten felkeresett és az esetleges észrevételeiről értesítette a kertészeket, így gondoskodva a fák egészségéről. Munkája eredményét sajnos nem tudta sokáig élvezni, korai halála miatt.

Dr. Csihás Benő, polgármesteri hivatalba lépése után hamarosan hozzákezdett az addig alig ismert nyugati ostorfák betelepítésébe, melyekből több ezer csemetét ültettek a városban. Akkortájt létesítették a városi vonatállomás mellett levő parkot is a legtöbb útsorfa mellett. Napjainkban Zomborban egy főre 25 négyzetméter zöldterület esik, amit nagymértékben Dr. Csihás Benő alapozott meg. Ma Zomborban körülbelül 7500 egyedet tartanak számon, melyek között akad még valahány példány a néhai fák közül.



1. ábra. Dr. Csihás Benő síremléke, Zombor, 2024. (saját fotó)

A városon keresztül számos főút halad át, többek között a Magyarország hercegszántói határára vezető út is. Napi szinten hatalmas mennyiségű személygépkocsi halad át a városon. Ezen főút mellett választottam 20 egyedből álló sorfát. A fák 3 méter magasak és 5-6 évesek. Az általam választott útsorfa habár aszfaltozott utak között áll, mégis a fák alatt a talaj burkolatlan.

Az útsorfa mellet közvetlenül a kocs út halad el, másik oldalról pedig a kerékpárút. Az út másik oldalán a Zombori Gazdasági Középiskola helyezkedik el. Az iskola előtt a tanulókat szállító autóbusszállomás található. Az iskola mellett közvetlenül a városi sportcsarnok található, valamint a városi uszoda. Napi szinten számos sportfoglalkozás és edzés kerül megrendezésre,

hétvégeken pedig versenyek, kosár és focimérkőzések. A sportcsarnok mellett egy parkoló is lett létesítve, mivel ezt a környék közlekedési forgalma megkívánta. A város legforgalmasabb pontjának tekinthető.

3.2 A nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) jellemzői

A nyugati ostorfa 10 - 20 méter magasságra nő meg, egyes egyedek akár a 40 métert is elérik az amerikai Dél-Mississippiben. A fa törzse szürkésbarna, barázdált, karcsú, a koronája elágazó és gömb alakú. A fa életkorát tekintve középhosszú életidejű, kedvező körülmények között 150-200 évig is él. Ágai karcsúak, kezdetben világoszöld színűek, majd később vörösbarnára változnak át. Termése által szaporodik, tuskósarjakat is képez. A termését a madarak fogyasztják ezáltal könnyedén nagy területeken tud elszaporodni. Invazív fajként van nyilvántartva, a védett területeken gondot okozó növényfajok listáján a tizedik helyen áll. A fa fiatal korában árnyéktűrő, így a fiatal csemeték a nagy fák lombja alatt sokáig megélnek, majd egy későbbi időpontban amikor rés nyílik a lombzatban, intenzív növekedésnek indul és hamar kitölti azt. A gyökérfejlődése úgyszintén figyelemreméltó, hiszen laza homokos talajon 6 méter mélységig lehatol, tömör talajokon pedig vízszintes irányban növekszik akár 10 méter távolságig. Ez a tulajdonsága nagy előnyt szolgáltat neki a többi növényfajjal szemben folytatott küzdelme során. Kórokozói, illetve kértevői nem ismertek, a csonkolást, metszést jól tűri, hamar beforradnak a sebei. Magyarországon 1798-ban jelent meg, és díszfaként, valamint útsorfaaként alkalmazták, egészen az 1920-as évekig. A Trianoni békediktátum során Magyarország elvesztette erdeinek nagyobbik hányadát, ekkor az "Alföldfásítási törvény" hatására elkezdődött az erdészeti célokra való felhasználása. Pár évtized után kirajzolódott, hogy a fafaj homokfásítások céljára alkalmas leginkább. Napjainkban gazdasági jelentősége a kertészeti felhasználáson alapszik, erdészeti célokra nem alkalmazzák (Korda és Csiszár 2022).

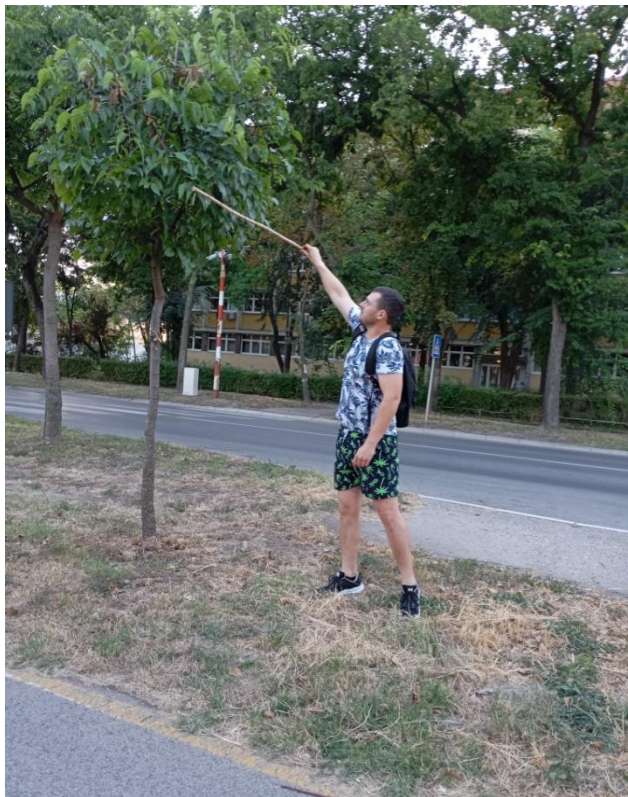
3.3 A mérések folyamatai

Faméretek és levéladatok

A mérések több időpontban történtek. Legelőször a fák méreteit vettem fel. A fák méreteinek meghatározásához elegendő volt egy egyszerű mérőszalag, mivel a fákat egy kisebb létra

segítségével le tudtam mérni. A mérés során lemértem a fák magasságát, a korona szélességét és hosszát, valamint egy méter magasságban a törzs kerületét.

Mivel a fák kicsik, ezért a levelek számát megbecsültem aszerint, hogy egy méter hosszú hajtáson hány levél található, és kb. hány méter a hajtásrendszer. A megszedett levélminták levélfelületét milliméter-papír segítségével megmértem, és a becsült levélszámból és a levelek átlagos méretéből ki tudtam számolni a becsült összes levélfelületet (m^2).



2. ábra. A fák koronáinak mérése (saját fotó)

Pormegkötés mérése

A kísérlet során a nyugati ostorfák porfogó képességét vizsgáltam. A kísérletet a teljes vegetáció alatt végeztem havi rendszerességgel. A porfogó kísérlet végzésekor a húsz fából minden alkalommal kiválasztottam 5 egyedet, ezekről 5-5 levelet szedtem le fánként, és egy steril zacskóba tettem, amíg elszállítottam a kísérlet kivitelezésének helyszínére.

Miután a leveleket begyűjtöttem választottam 5 üvegedényt, minden fához egyet-egyét és lemértem precíziós mérlegen a súlyukat, majd az adatot feljegyeztem. Beleöntöttem mindegyikbe 50 ml desztillált vizet. Ebbe a vízbe belemostam a fánként begyűjtött leveleket. Amikor ezzel megvoltam, egy nagyobb edényben feltettem vizet forralni, és ebbe a forró vízbe belehelyeztem mind az öt üvegedényt. Ahogyan a forró vízben állt, a desztillált víz szépen lassan elpárolgott. Amikor az edények teljesen kiszáradtak és kihűltek, ismét lemértem a precíziós mérlegen. A két mérés adatai közötti különbség adta meg a fáról szedett öt levélen levő összes pormennyiség súlyát.

Miután a leveleket lemostam a desztillált vízben, lepréseltem, és miliméterpapíron megállapítottam a levelek felületének nagyságát mm^2 -ben. Amikor ezzel is végeztem, a fákról leszedett öt levélen levő pormennyiséget mg -ban kifejezve elosztottam a három levél felületével m^2 -ben és így megkaptam az egy fának átlagos porfogó képességét g/m^2 -ben.

A pormennyiséget és az egyes fák koronájában lévő, becsült összes levélfelületet összeszoroztam, így meghatároztam az egyes fák pormegkötő képességét (g).

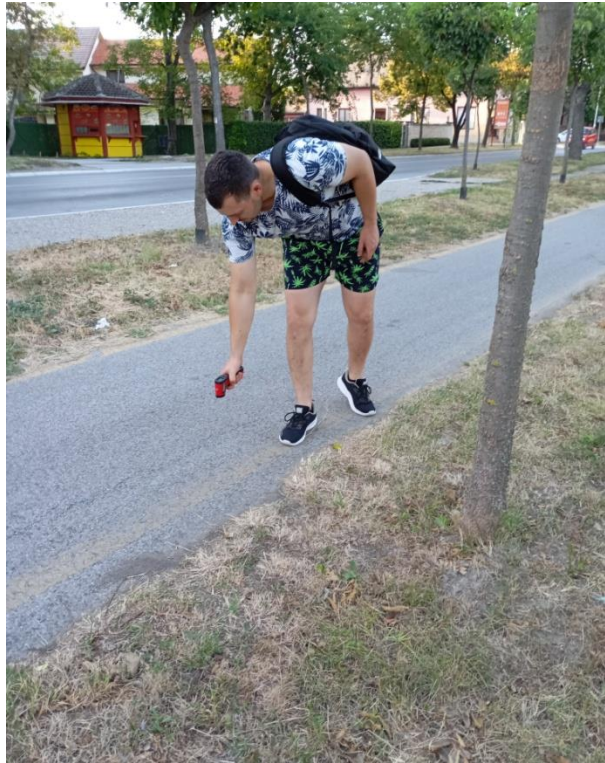


3. ábra. A pormennyiségek mérése (saját fotó)

Hőmérsékletmérés

A hőmérsékelt csökkentő hatás megállapításához a felületek hőmérsékletének mérésére szolgáló infravörös hőmérőt használtam. Ezeket is havi rendszerességgel végeztem párhuzamosan a porfogó képesség kísérletével. Itt mind a 20 fán a lombban egyedenként 10

mérést végeztem szórtan minden oldalról. Valamint a fák alatt a burkolatlan talajon is minden egyed alatt 10 mérést végeztem. Mivel a fák közvetlen közelében aszfalt található, így a fák melletti aszfalton is lemértem a hőmérsékleteket. A két felület közötti hőmérsékletbeli különbség jelenti a hőmérsékletcsökkentés elsődleges megnyilvánulását.



4. ábra. Hőmérsékletmérés (saját fotó)

4. Eredmények

4.1. A vizsgált fák méretei

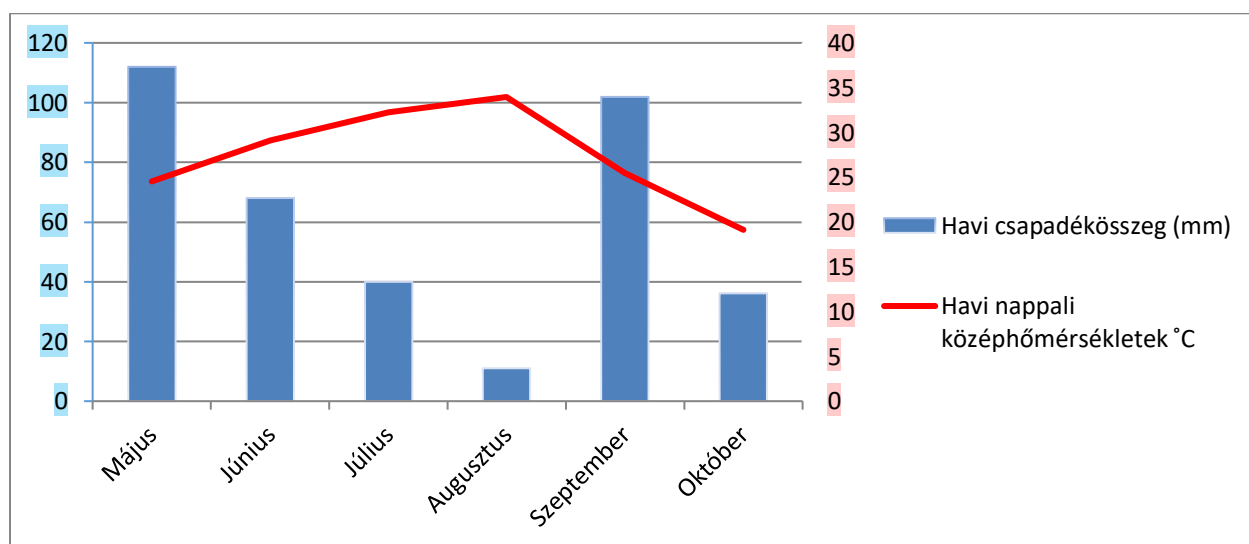
Az általam választott fák méretei hasonlóak voltak, ezek adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A vizsgált fák méretei, Zombor, 2024 (saját szerkesztés)

sorszám	fa- magasság	törzs- magasság	korona- szélesség	korona- hosszúság	törzskör- méret 1 m magasan
	(m)	(m)	(m)	(m)	(cm)
1.	2,8	1,7	1,6	1,5	19
2.	3,5	2,4	1,4	1,8	21
3.	3,4	2,3	1,5	1,3	18
4.	3,3	2	1,2	1,1	18,5
5.	3,5	1,9	1,8	2	26
6.	2,7	1,7	1,3	1,3	17
7.	3,2	2,05	1,4	1,8	20,5
8.	3,5	2,3	1,8	1,5	19
9.	2,8	1,9	1,3	1,3	16
10.	2,8	1,8	0,95	1	14
11.	2,9	2,05	1,2	1,2	16
12.	3	1,8	1,3	1,4	17
13.	3,2	2	1,5	1,5	25
14.	3,6	2,3	2	1,9	33
15.	3,5	1,95	1,4	1,8	26
16.	3,5	2	2	2	28
17.	3,4	1,5	1,6	1,3	27
18.	4	2,1	2	2	33
19.	3,3	2	1,5	1,6	25
20.	3,1	1,95	1,3	1,2	18

4.2. 2024. év térségi időjárása

A 2024-es év kifejezetten aszályosnak bizonyult és a hőmérsékletek is rendkívül magas értékeket értek el (5. ábra). Ezek a viszontagságos klimatikus körülmények részben abból erednek, hogy 2023. tavaszán a trópusi Csendes-óceáni térségben az úgynevezett El Niño állapot lépett fel, ami az óceán vizének erőteljes felmelegedését jelenti. Ez a jelenség nagyban befolyásolta a légköri csapadék eloszlását még a mérsékelt égövben is. A légköri szén-dioxid és a metán koncentráció rekord értéket ért el a 2023-as évben, valamint az erdőtüzek által okozott szén-dioxid kibocsátás is 30%-kal nőtt (Internet 5.). Ezek a körülmények nagyban befolyásolták hazánk ideai időjárásának alakulását, ennek tükrében szeretném ismertetni az általam végzett mérések eredményeit.

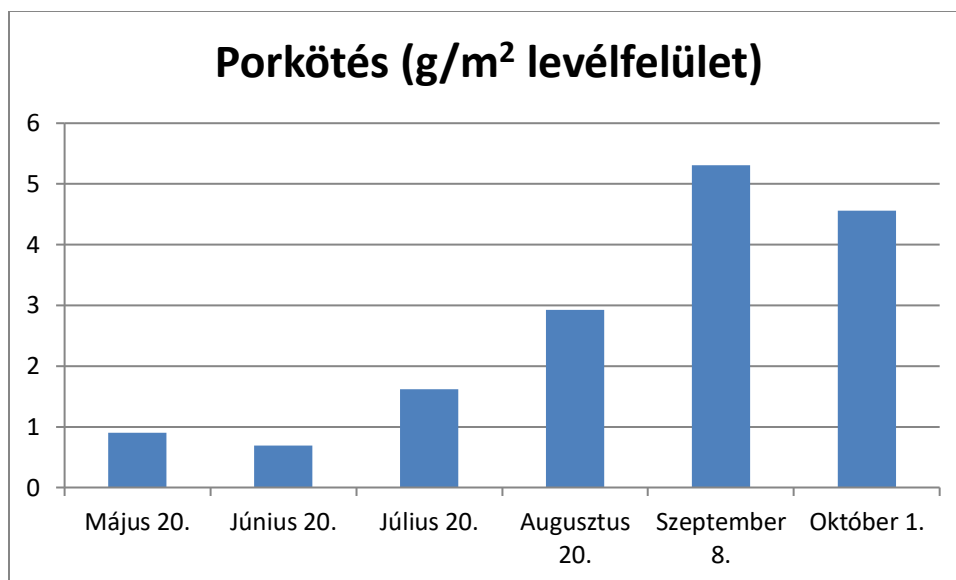


5. ábra. Zombor város térségének időjárása 2024. vizsgált időszakában (május-október).

(saját szerkesztés, Internet 6.)

4.3. Porkötés eredményei

A pormegkötés eredményeit a 6. ábra mutatja havi bontásban. A mérések során kapott értékek és a csapadékmennyiségek (5. ábra) között szoros összefüggés lelhető fel. A tavasz végi és nyár eleji időszakokban számolhattunk jelentősebb csapadékkal, valamint a hosszú aszályos nyár után október elején.

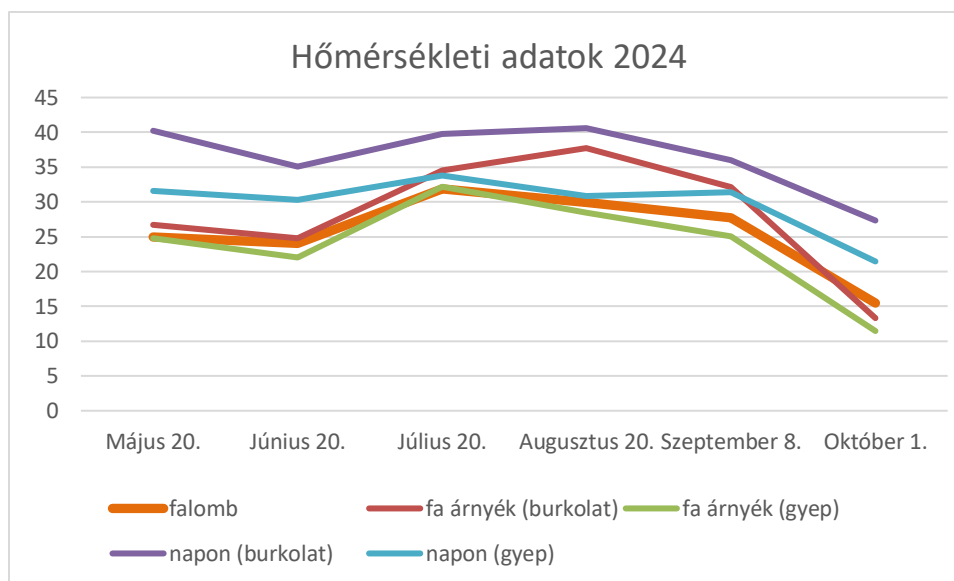


6. ábra. Az ostorfák levelein lerakódott por mennyisége (g/m² levélfelületen) Zombor városában, 2024. (saját szerkesztés)

Ha jobban szemügyre vesszük a fent ábrázolt diagramot, jól látható, hogy a fák levelén leülepedett pormennyiségek követik a csapadékmennyiségek alakulását, ugyanis az esővíz lemossa a faleveleken felgyülemllett port és szennyeződések, majd visszajuttatja a talaj felszínére. A csapadékos nyár eleji időszakban a májusi és a júniusi mérés alkalmával kaptam a legalacsonyabb pormennyiségeket, amikor kevesebb mint 1 gramm jutott 1 négyzetméter levélfelületre. Ahogyan lassan elkezdődött a nyári forróság és a csapadékhiány, a pormennyiségek is jelentősen növekedni kezdtek, és ez a folyamat a szeptemberi mérés során érte el a tetőpontját, ahol 1 négyzetméter levélfelületre már 5,30 gramm por jutott. Október elején tapasztaltunk ismét számottevő esőzést és ez, a feltételezésem megerősítve valóban kihatott a leveleken tárolt pormennyiségre, ugyanis az októberi mérés során valóban visszaesés jelentkezett 4,55 gramm/négyzetméter értékkel.

4.4. Hőmérsékletcsökkentés eredményei

A hőmérsékleti adatokat a 7. ábrán szemléltetem.



7. ábra. A vizsgált ostorfák lombjának, az őt körülvevő felületeknek a hőmérséklete, Zombor, 2024. (saját szerkesztés)

Ha jobban szemügyre vesszük, akkor megfigyelhető, hogy a kiválasztott útsorfák, habár jelenleg fiatalnak mondhatóak, mégis csökkentik a körülöttük levő környezet hőmérsékletét. Az ábrán látható, hogy a napon végzett mérésekkel összevetve általában alacsonyabbak a hőmérsékletek a fák közelében (7. ábra).

A fák lombzatának hőmérsékletei a júliusi mérés alkalmával érték el a maximumot 31,87 °C-kal, innentől kezdve folyamatos csökkenés észlelhető, mely a szeptemberi mérés során még erősebben csökkenő intenzitást mutat, majd a legalacsonyabb hőmérséklet az októberi mérés során jelentkezik, ahol a fák lombzata átlagosan 15,47 °C-ot tett ki.

A fák alatti árnyékkal borított gyepfelületének hőmérséklete az egész mérési ciklus folyamán falomb értékeitől alacsonyabban alakultak és arányosan követték a fák hőmérsékletének vonulatát. A legmagasabb értéket júliusban mértem 31,18 °C-kal, a legalacsonyabb viszont az októberi mérés során 11,45 °C volt.

A fa árnyékában levő burkolat hőmérséklete is arányosan követte a falomb és a faárnyéki gyep értékeit, kivétel az augusztusi mérési eredmény, ahol kiugróan magas érték alakult. Május után

a júniusi mérés során enyhe csökkenés figyelhető meg, ezután az eredmények fokozatosan nőttek augusztusig, ahol elérte a maximális hőmérsékletet 37,73 °C-kal. Ezután ismét fokozatos csökkenés következett októberig, ahol a 13,31 °C- jelentette a legalacsonyabb hőmérsékletet.

A napon a gyepek hőmérséklete a nyári időszakban végig 30-35 °C- között alakult, a maximális hőmérsékletet 33,79 °C jelentette, a minimális hőmérsékletet viszont az októberi mérés során mértem, ahol a hőmérséklet 21,45 °C- volt.

A napon levő burkolatok mérései hasonló vonulatot produkáltak, mint a napon levő gyepek. Az augusztusi mérés alkalmával jelentkezett eltérés, ahol el is érte a maximális hőmérsékleti értéket 40,6 °C-kal. Viszont az augusztusi mérés során tapasztalt eltérés párhuzamba vonható az árnyék alatt tapasztalt mérési értékekkel. A minimális hőmérséklet októberi mérés során alakult 27,33 °C-kal.

A júniusi hónapban csökkent a hőmérséklet minden mért szempont szerint. A falomból hőmérséklete átlagosan 24,015 °C volt, a fa árnyéki burkolat 24,79 °C, a fa árnyéki gyepek 22,03 °C, a napon a burkolat 35,09 °C és a napon a gyepek 30,33 °C-ra alakult. A májusi mérés alkalmával kapott hőmérsékletekkel összevetve júniusban a hőmérséklet átlagban 2,4 °C-kal kevesebbnek bizonyult.



8. ábra. A vizsgált útsorfa, Zombor, 2024. (saját fotó)

5. Következtetések

5.1. Fák méretei

A fák magassága a 2,7 és 4 méter értékek között változtak, a koronaátmérők 1,36 és 2,83 méter értékűek voltak. A fák méretei egységesnek tekinthetők, amelyeket azonos időben telepített, azonos fajhoz tartozó fák esetében elvárunk.

5.2. Pormegkötés

A pormegkötés eredményeiből láthattuk, hogy a korábban ismertetett időjárási események jelentősen befolyásolták a porlerakódást. Elsősorban az esőnek van nagy jelentősége a levelek tisztításában (Hrotkó és mtsai 2021).

A leülepedett por mennyisége jelentősen növekedett a csapadékszegény időszakban, amely alig két hét alatt (augusztus 20. és szeptember 8. között) szinte megduplázódott. Ennek oka lehet, hogy a szabadságolások idején és az azt követő iskolakezdés miatt megnövekedett az autóforgalom.

Mivel a vizsgált fák egy forgalmas főút mellett találhatók, feltételezhető, hogy az úton lévő szennyeződések is közrejátszottak, hogy ennyire felhalmozódott a fákon a por. Ez az eredményem alátámasztja Salmond és mtsai (2016) megállapítását, miszerint a fák képesek javítani a levegő minőségét a levélfelületükre rakódó por kiszűrésével.

Mivel méréseim során a por teljes mennyiségét vizsgáltam, érdekes lehet, hogyha ezt a pormennyiséget további szűrésekkel PM10 és PM2,5 tartományokra osztjuk. Ezek közé a határértékek közé eső pormennyiségekből meg lehetne állapítani, hogy a szennyeződések eredete milyen jellegű. Magas fákról lévén szó, feltételezhető, hogy elsősorban a levegőben lebegő szennyeződések rakódnak a fák leveleire. A különböző méretű szemcsék pedig más-más egészségügyi problémát okoznak (). Nagyobb zöldfelületek létesítésével a porszűrő hatás növelhető (Klingberg és mtsai 2017).

5.3. Hőmérsékletmérséklés

A vizsgált időszakban a fák lombozata 25-30°C fok között mozgott, amely októberben 15°C köré csökkent (3.ábra). Ezzel szemben a burkolt felületek a nyári hőség idején 40°C fölé is emelkedtek átlagosan. Ez bizonyítja azt, hogy a fák lombozata alacsonyabb hőmérsékletet mutat, mint a burkolt felület (Salmond és mtsai 2016), ez akár 10°C különbséget is jelenthet.

A fák árnyéka is hőmérsékletcsökkentő hatással van. Ennél azonban figyelembe kell venni, hogy van néhány befolyásoló tényező, melyekre a mérési munka folyamán lettem figyelmes. Ugyanis, ha a fák árnyéka által borított felszínek hőmérsékletét szeretnénk vizsgálni, akkor elengedhetetlen azt a tényezőt szem előtt tartani, hogy a fák árnyéka nem statikus, hanem a napi ciklus során mozgást végez a fák környezetében. Tehát ha jelen pillanatban a felület napsütötte, attól még meglehet, hogy az adott felület korábban még árnyékkal borított volt, és nem tudott még a mérés pillanatáig kellően felmelegedni, ezáltal máris alacsonyabb mérési értéket produkálva. Ugyanígy érvényes az árnyékos felületre is, amely lehet valamelyest korábban még napsütötte volt és a mérés pillanatában magasabb értéket mutat, mint jellemző esetben. Ez az átlagolás során valamelyest mérséklődik, de a korona alakja is fontos szerepet játszik abban, hogy mennyire mérséklődik alattuk a hőmérséklet. Alapvetően Shasua – Bar és Hoffman (2000) megállapítása, miszerint a fák az árnyékvetésükkel biztosítják a hőmérséklet csökkentő hatásukat, részben igazolható volt ezáltal. Azonban javaslok, hogy a későbbiekben különböző méretű és lombkoronájú fák árnyékolás általi hőmérséklet-mérséklő hatását vizsgálják.

Zombor városában ezek a telepített ostorfák még fiatalok, de idővel nagyobb fákká növekednek. Javaslok, hogy ezeket a vizsgálatokat többször is ismételjék meg, hogy a kor előrehaladtával megállapítható legyen, mekkora mértékben változik a fák hűtő hatása. Ezek a hatások, hasonlóan a szén-dioxid megkötéséhez, a fák méreteivel fognak növekedni, ahogy Radó (2001) is megállapította.

A burkolatok hőmérsékletének mérését illetően azt is felfedeztem, hogy ha a hőmérővel a burkolatban levő különböző fajtájú és színű kavicsokra fókuszálok, eltérő értékeket mutatnak. A felszínek fényelnyelő és fényvisszaverő képességében rejlik a különbség, hiszen a sötét színű kavicsok jobban felmelegednek, mint a világos, illetve fehér színűek.

6. Összefoglalás

A világon általános jelenséggé elmondható, hogy a városok lakossága egyre nagyobb ütemben bővül. Ez maga után vonja a városok területi bővítését, lakóházak, gyárak építését és az egyre nagyobb számban jelenlevő gépjárművek számát. Ennek köszönhetően urbanikus körülmények között a növényzet egyre inkább kiszorul, és burkolt talajfelszínek, kopár épületfalak teszik monotonná a látképet. Városi hőszigetek alakulnak ki, a levegő minősége csekély és a változatlan jellegű természetidegen környezet a lakosság mentális egyensúlyára is káros hatással bír. Az egyik megoldás ezen körülmények enyhítésére a zöld övezetek létesítése, ugyanis a növények életfolyamataikon keresztül képesek olyan ökológiai szolgáltatásokat nyújtani, amelyek mérséklék a káros városi klímát. Ebből eredően a szakdolgozatom során a nyugati ostorfák (*Celtis occidentalis*) állomány egyes ökológiai szolgáltatásait vizsgáltam Zombor város közterületein. Ennek keretein belül konkrétan a fák porfogó képességét és a hőmérsékletcsökkentő hatását tanulmányoztam.

Az ENSZ szakemberei szerint a Föld lakossága 2050.-re elérheti a 10 milliárd főt. Ennek következtében a városi zöldövezetek kialakítása egyre fokozottabb jelentőséggel bír. A globális klímaváltozás hatásaként fellépő szélsőséges időjárási viszonyok a városi klímára hatványozott hatással vannak a természetes vízkörforgás akadályozottsága, a légszennyezettség és számos más tényező összefonódottsága végett.

A burkolatok hőraktározó tulajdonsága, valamint a zsúfolt beépítettségéből eredő gyenge széljárás következtében a városokban hőszigetek alakulnak ki. Ennek hatásaként az urbanikus térben a hőmérséklet akár 10 °C-kal magasabb lehet, mint vidéki környezetben. Ezen körülményeket hatékonyan mérséklék a városi zöldövezetek, valamint a vízfelületek, mint például a városi tavak és folyók. Ennek tükrében felértékelődik a városok kiépítésének ésszerű megtervezése.

A városi levegő szennyezettsége is magas értékeket mutat, melynek okozói a fűtésből eredő szennyezőanyagok, a gépjárművekből származó káros kipufogógáz. Az épületek csökkentik az

utcákon a széljárást, így a felgyülemelő por felhalmozódik, és a tüdőbe belélegezve számos egészségügyi problémát okozhatnak.

A hőszigetelés következtében a városok felett gyakrabban jelentkeznek helyi záporok, melyek az infrastruktúra túlterheléséhez vezetnek, hiszen a talajburkolatok gátolják az esővíz rendeltetés szerinti felszívódását.

A városi fák mérséklék a szélsőségesen magas, de az alacsony hőmérsékleteket is. Nappal a párologtatás és az árnyékvetés következtében csökken a hőmérséklet, éjjel viszont a koronák akadályozzák a hosszúhullámú hősugarak távozását, így a hűtés mértékét is. Mindent szem előtt tartva elmondható, hogy a fák hőmérsékletcsökkentő hatása a kiemelkedőbb.

A fák jótékony hatással vannak a közérzetre oly módon is, hogy gyökereiken keresztül felszívják a talajvizet, megszűrik majd párologtatják a külvilág felé. Emellett az életfolyamataikon keresztül tisztítják a levegőt, hiszen szén-dioxidot lélegeznek be és oxigént bocsátanak ki, így az üvegházhatást csökkentve. A leveleiken nagy mennyiségű port raktároznak, melyek csapadék hatására lekerülnek a talajra, így tisztítva a levegőt. Ugyanakkor megemlítendő, hogy valamelyest ők maguk is források a szennyezésnek, mivel pollent bocsátanak a légterbe. Mindemellett a szél utcákon való átfúvását is lassítja, ezzel csökkentve a szél tisztító hatását.

Zombor város Vajdaságban, azon belül Nyugat-Bácskában található. Több főút halad rajta keresztül, valamint a régió hagyományosan mezőgazdasági termeléssel foglalkozik. Ennélfogva a felszálló por mindig gondot okozott. Ennek a problémának ellensúlyozására Zombor polgármestere Dr. Csihás Benő (1852-1893) megálmodta a "Zöld várost" és kezdeményezte a Nyugati osterfák tömeges telepítését, melyek a város jellegzetességévé váltak.

A nyugati osterfák Amerikából származnak. Magassága az eredeti élőhelyén akár a 40 métert is elérheti. Rendkívül jó az alkalmazkodóképessége, erős metszést jól tűri, a téli útszórást is elviseli, valamint a levelei trichómákat tartalmaznak, melyek nem csekély mennyiségű port képesek tárolni, ezáltal tisztítva a légkört a portól. Termését a madarak fogyasztják, így gyors ütemben szaporodik, több esetben visszaszorítva a honos növényfajokat. Városi útsorfának kiváló.

A nyugati ostorfák ökológiai szolgáltatásai során a fák porfogóképességét és hőmérsékletcsökkentő hatását vizsgáltam májustól októberig. A méréseket havi rendszerességgel végeztem, melyhez speciális mérlegre és hőmérőre volt szükségem.

A mérések végeztével kiértékeltem az adatokat, és a kapott értékek alapján elmondhatom, hogy viszonylag nagy mennyiségű portól mentesítették a környezetüket a dolgozat tárgyát képező fák. Emellett az adatok azt is kimutatták, hogy a pormennyiségek alakulása és a csapadék mennyisége között szoros összefüggés lelhető fel. A hőmérsékletcsökkentő hatást illetően, habár a fák még viszonylag fiatalok, egyértelműen állítható, hogy a fák csökkentették a környezetükben levő burkolt és burkolatlan talajfelszíneket, összehasonlítva azokkal a felületekkel, ahol fák nincsenek a közelben. A fák életkorával ez a hőmérsékletet mérséklő tulajdonságuk jelentős mértékben növekedni fog.

Következtetésképp megállapíthatom, hogy a fákon lerakódott por mennyiségét a légköri csapadék mennyisége határozza meg. A hőmérsékletmérséklést illetően a mérések pontosságát meghatározhatja a fák körüli árnyék nap folyamán történő mozgása, valamint a talajburkolatot képező kavicsok fajtája és fizikai tulajdonságai. A jövőben javasolnám több, ehhez hasonló vizsgálat elvégzését. Érdekes lehet, hogy az egyes fafajok leveleiről mennyi csapadék képes lemosni a lerakódott por mennyiségét. Vagy az, hogy a levelek méretének növekedésével mennyi por megkötésére képesek.

7. Irodalmi források

1. Anon 2022. World population prospects 2022: summary of results. New York: United Nations. 3. oldal
2. Brasseur G., Jacob D., Schuck - Zöller S., 2023., Klimawandel in Deutschland, Springer Verlag GmbH. 174. oldal
3. Chaudhary I. J., Rathore D., 2019., Dust pollution: Its removal and effect on foliage physiology of urban trees, Sustainable Cities and Society, 4. oldal
4. Cohen A. J., Ross Andersson H., Ostro B., Pandey K. D., Krzyzanowski M., Künzli N., Gutschmidt K., Pope C. A., Romieu I., Samet J. M., Smith K. R., 2004., Urban air pollution, World Health Organisation
5. Fenger J., 1999., Urban air quality, Atmospheric Environment 2. oldal
6. Forrai, M., Diószegi, M., Steiner, M., Hrotkó, K. 2012. Site effect on leafgas exchange of *Fraxinus excelsior* urban trees. In: 2nd International Symposium on Woody Ornamentals of the Temperate Zone. Programme and Abstracts. p. 112., 11. oldal
7. Haimei Ch., Kardos L., Gyeveiki M., Hrotkó K., Szabó V., Sütöriné Diószegi M. 2023. Evaluating the Capability of Woody Plants to Capture Atmospheric Heavy Metals in Budapest. Journal of Central European Green Innovation 11(1), 67–81. DOI: 10.33038/jcegi.3359, 68. oldal
8. Hrotkó K., Gyeveiki M., Sütöriné Diószegi M., Magyar L., Szabó V., Honfi P., Mészáros R., Kardos L. 2021. Aeroszol részecskék kiülepedése és nehézfém-tartalma három fafaj fajtáinak levelein Budapesten. Kertgazdaság. 53(1):14-31., 26. oldal
9. Klingberg J., Broberg M., Strandberg B., Thorsson P., Pleijel H., 2017., Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure – A case study in Gothenburg, Sweden, Science of the total environment
10. Korda M., Csiszár Á., 2022., Inváziós fajok Magyarországon - A Nyugati- ostorfa(*Celtis occidentalis*), Erdészeti lapok, 158. oldal
11. Kuttler, W. 2011. Climate change in urban areas, Part 1, Effects. Environmental Sciences Europe. 23(1):11., 111.-112. oldal

12. Kuttler, W. és Weber, S. 2023. Characteristics and phenomena of the urban climate. Meteorol. Z. (contribute Atm.Sci.) 32(1):15-47., 15. oldal
13. Lee, H., Mayer, H., Kuttler, W. 2019. Impact of the spacing between tree crowns on the mitigation of daytime heat stress for pedestrians inside E-W urban street canyon under Central European conditions. Urban Forestry and Urban Greening. 48:126558. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126558
14. Lindén J., Gustafsson M., Uddling J., Wattne A., Pleijel H., 2023., Air pollution removal through deposition on urban vegetation: The importance of vegetation characteristics, Urban Forestry and Urban Greening, 11. oldal
15. Lipp T., Miechielsen M., 2024., Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landschaftsplanung, Bundesamt für Naturschutz - Schriften, 20. oldal
16. Litschke T., Kuttler W., 2008., On the reduction of urban particle concentration by vegetation – a review, Meteorologische Zeitschrift, Gebrüder Borntraeger 2008, 231. oldal
17. McPhearson T., Pickett S. T. A., Grimm N. B., Niemela J., Alberti M., Elmkvist T., Weber C., Haase D., Breuste J., Qureshi S., 2016., Advancing urban ecology toward a science of cities, Bio Science, 199. oldal
18. Meyers N., 1997., The worlds forests and their ecosystem services, Natures services societal dependence on natural ecosystems, 221. oldal
19. Motamedi, F., ; Nadoushan, M.A.; Jalalian, A. 2022. Evaluating the Rate of Atmospheric Dust Deposition in Isfahan City. Atmosfera. 35:601–609, 607. oldal
20. Nagy I. 2008. Városökológia. Budapest. Dialóg Campus Kiadó., 39. oldal
21. Nishimura N., Nomura T., Iyota H., Kimoto S., 1998., Novel water facilities for creation comfortable urban micrometeorology, Solar energy
22. Nowak D. J. 1994b., Atmospheric Carbon Dioxide Reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson, G. E., Nowak, D. J., Rowntree, R. A. (Eds.): Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project. General Technical Report NE-186. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station., p. 83-94., 83. oldal

23. Nowak, D. J., Crane, D. E. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 116 381–389., 381. oldal
24. Oláh A. B., 2012., A városi beépítettség és a felszíntípusok hatása a kisugárzási hőmérsékletre. BCE TÁJK Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola. Doktori Értekezés, 14. oldal
25. Radó D. (2001): A növényzet szerepe a környezetvédelemben. Budapest: Zöld Érdek Alapítvány, Levegő Munkacsoport. p. 142, 23. oldal
26. Salmond J., Tadaki M., Vardoulakis S., Arbuthnott K., Coutts A., Demuzere M., Dirks K. N., Heaviside C., Lim S., Macintyre H., McInnes R. N., Wheeler B. W., 2016., Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment, *Environmental health*, 98. oldal
27. Sieghardt, M., Mursch-Radlgruber, E., Paoletti, E., Couenberg, E., Dimitrakopoulos, A., Rego, F., Hatzistathis, A., Randrup, T. B. (2005): The Abiotic Urban Environment: Impact of Urban Growing Conditions on Urban Vegetation, In: Konijnendijk, D. C., Nilsson, D. K., Randrup, D. T., Schipperijn, D. J. (Eds.): *Urban Forests and Trees*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, p. 281–323., 283. oldal
28. Simon E., Baranyai E., Braun E., Cserhádi Cs., Fábíán I., Tóthmérész B., 2014., Elemental concentrations in deposited dust on leaves along an urbanization gradient, *Science of the total environment*. 514. oldal
29. Steiner M. 2021. Szárazság- és hőstressz hatása különböző hárs fajták szén-dioxid megkötésére. Szakdolgozat. Favizsgáló és faápoló szakmérnök szakirányú továbbképzési szak. MATE. p:48.
30. Sun X., Qiu Y., Qi H., Lu W., Tian J., Chen S., Xu Y., 2024., Improving the ecological benefits evaluation on urban street trees: Development of a living vegetation volume quantifying framework with multi-source data, *Ecological indicators*, 1. oldal
31. Yang, J., McBride, J., Zhou, J., Sun, Z. (2005): The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening*, 3:65–78., 65. oldal
32. Yang L., Quian F., Song D., Zheng K. 2016., Research of Urban Heat - island Effect, *Procedia Engineering* 169:11- 18., 17. oldal

Internetes források:

Internet 1.: Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat honlap. Informative Inventory Report.

Letöltés: 2024.04.23. https://legszenyezettség.met.hu/storage/media/kibocsatas-oldalak/Angol_hiv/IIR_2023.pdf

Internet 2.: WHO hivatalos oldala. Letöltés: 2024.05.02.

<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>

Internet 3.: European Environment Agency hivatalos oldala. Letöltés: 2024.04.23.

<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-airquality-status-2023>

Internet 4.: IQ Air. Letöltés: 2024.04.23. <https://www.iqair.com/hungary>

Internet 5.: Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt.honlap. Letöltés: 2024.10.15.

https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_id_ojarasa/

Internet 6.: Republički hidrometeorološki zavod (Országos hidrometeorológiai intézet) honlap

Letöltés: 2024.10.22. <https://www.hidmet.gov.rs/latin/osmotreni/naslovna.php>

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Molnár Keri István
A Hallgató Neptun kódja:	FZZPMX
A dolgozat címe:	Nyugati osterfa (<i>Celtis occidentalis</i>) állomány egyes ökológiai szolgáltatásai Zombor város közterületén
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Tájépítészeti, Teleüléstervezési és Díszkertészeti Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. 10. 29.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Molnár-Keri István (hallgató Neptun azonosítója: **FZZPMX**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2024. október 31.

Dr. Szabó Veronika

belső konzulens