

ZÖLDHOMLOKZATOK TELEPÍTÉSI LEHETŐSÉGEI ÉS KORLÁTOZÓ TÉNYEZŐI BUDAPESTI MINTATERÜLETEKEN

WEISZ Szilvia, BOROMISZA Zsombor

Szent István Egyetem, Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék
1118 Budapest, Villányi út 35-43. e-mail: weis96@gmail.com

Kulcsszavak: zöld infrastruktúra, zöld homlokzat, zöldfelület, szálló por, hősziget, tájépítészet

Összefoglalás: Kutatásunk során a Magyarországon újszerűnek számító zöldhomlokzatok telepítésének lehetőségeit vizsgáljuk egy alkalmassági értékelés segítségével, budapesti mintaterületeken (Erzsébet téri, Teleki László téri, Kosztolányi Dezső téri mérőállomások 300 m-es puffertérülete). A számításba vehető homlokzatok meghatározását követően a potenciálisan kialakítható zöldfelületek levegőminőségre és mikroklímára gyakorolt hatását számszerűsítjük. A kizáró okok leválogatása után az Erzsébet téren mindösszesen 15 db, a Teleki László téren 28 db, míg a Kosztolányi Dezső téren 69 db alkalmas homlokzat található zöldhomlokzat telepítésére. A vizsgálati területeken összesen 8060,7 m² potenciális homlokzat van. Ezek megoszlása az egyes kutatási területeken belül nem egyenletes. A legkiemelkedőbbnek a Kosztolányi Dezső téri mérőállomás és 300 m-es sugarú puffertérülete számít, ami az összes alkalmas felület 54,6%-át teszi ki. A számított homlokzatfelületek, az ezeken kialakítható növényzet levélfelületének ismeretében, a témakörben született korábbi kutatások alapján meghatározható a növényállomány becsült nitrogén-dioxid (NO₂) és szállópor (PM₁₀) anyagok megkötése és mikroklíma javító hatása: a vizsgált telepítendő/telepíthető növényállomány egy év alatt összesen 9,35 tonna PM₁₀-et és 8 tonna NO₂-ot tud megkötni, valamint a nyári időszakban 3–4 °C-kal, a téli időszakban 0,7–0,9 °C-kal képes csökkenteni a környezete hőmérsékletét.

Bevezetés

Az ingatlanberuházások miatt a városi zöldfelületek száma és mérete csökkenő tendenciát mutat, míg a burkolt felszínek aránya növekszik (Budapest Környezeti Programja 2017). A nagyvárosokban a zöldfelületek hiánya, a beépített területek nagysága, a területen álló épületek kialakítása és fűtése, valamint a gépjárművek, különösen a személygépkocsik számának növekedése és állapota negatív hatással van a levegő minőségére és a helyi klíma alakulására (Patocska-Györfi 2013). A légszennyezettség összefüggést mutat a város és a városban található zöldfelületek arányával és zöldfelületi intenzitásával (Escobedo 2011, Mezösi 2007, Nagy 2008, Oláh 2012b, Szabó 2015). A növényzet többek között a nitrogén-dioxidot (NO₂) és a szállóport (PM₁₀) megköti és eltávolítja a légkörből (Tasyara 2015), amelynek mennyisége számszerűsíthető (Ljesevic 2002, Nowak et al. 2006, Nowak et al. 2010, Ottel et al. 2010, Perini et al. 2017, Sepsi et al. 2015, Vince-Szabó 2009). A zöldhomlokzatok telepítésével járó pozitív hatást a levegőminőségre (Abhijith et al. 2017), valamint a városi hőszigetre már sok nyugati nagyváros tapasztalta. A hazánkhoz közeli Bécsben és a távolabbi Londonban már több helyen is támogatják a telepítésüket. A támogatás formája gyakran az ingyenes kivitelezésben (http1) vagy az egyes adók (pl. csapadékvíz elvezetése utáni) elengedésével valósul meg (Csibi et al. 2016). A levegőminőségre gyakorolt pozitív hatás mellett jelentős a zöldfelületek városklímára, hőszigetre (Gábor és Jombach 2008, Loksa 2004, Mezösi 2007, Mika 2013, Nagy 2008) gyakorolt hatása (Mathey et al. 2010), a fával borított területeken nyáron 5–6 °C-kal, míg összefüggő gyeppel fedett területeken 2–3 °C-kal csökkent a hőmérséklet a burkolt felszínű területekhez képest (Oláh 2012a, M. Szilágyi 2012).

A zöldhomlokzatok városi környezetben egyre népszerűbb vertikális zöldfelületi elemek, levegőszennyezettségre gyakorolt jótékony hatásuk bizonyított (Abhijith et al. 2017, Csibi et al. 2016, Nowak et al. 2006). A homlokzatok rossz hőháztartása és városi hősziget

szempontjából a legjelentősebbnek mondható albedóértékekre az egyik lehetséges megoldás a zöldtetők, zöldhomlokzatok alkalmazása (Oláh 2012a). A zöldhomlokzattal ellátott épületeknél érvényesül a növényzet kedvező mikroklimatikus hatása: a növényzet nyári árnyékoló, hűtő hatása a beltér hőkomfortját is befolyásolja, ezzel együtt a hűtésre szánt energiafelhasználást csökkenti (Csibi et al. 2016, Djedjig et al. 2017, Johnston-Newton 2004, Poddar et al. 2016), továbbá a téli hővédelme is kiemelkedő, a fűtési és hűtési energiát összességében 60%-kal csökkenti (Poddar et al. 2017).

A zöldhomlokzatok alapvetően négy különböző rendszerben telepíthetők: a futtatott rendszerek, a moduláris rendszerek, a függesztett rendszerek és a zsebes rendszerek (Tamási-Dobszay 2015, Wilkinson 2017). A tapasztalatok alapján az utóbbi kettő típus számos hátránnyal rendelkezik pl.: növényegyedek eltérő mértékű fejlődése, filcnemez algásodás, kifagyás (Csibi et al. 2016, Manso-Gomes 2015, Medl et al. 2017, [http2](http://2)). A moduláris zöldhomlokzatoknál a telepíthető növények esetében nincs akkora tapasztalat a növényalkalmazásban, az új megoldások 4–5 éve jelentek meg az országban, így a Magyarországhoz hasonló klimatikus viszonyú országok növényalkalmazásai szolgáltak iránymutatónak (Csibi et al. 2016, ex verb. Tamási 2018).

Kutatásunk során a Magyarországon újszerűnek számító zöldhomlokzatok telepítésének lehetőségeit vizsgáljuk egy alkalmassági értékelés segítségével, budapesti mintaterületeken. A zöldhomlokzatok terjedése a környezeti állapot lokális javulását eredményezheti Budapesten is, városszerkezeti beavatkozás nélkül is, szűk, kis méretű közterületek, egyre kevesebb rendelkezésre álló hely esetében is. Az alkalmas homlokzatok meghatározását követően a potenciálisan kialakítható zöldfelületek levegőminőségre és mikroklímára gyakorolt hatását számszerűsítjük.

Anyag és módszer

A vizsgálati területeket azok a budapesti helyszínek adták, ahol a légszennyezettség a NO_2 és a PM_{10} 2005 és 2014 között az éves átlagok alapján legmagasabb értékeket mutatták az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat megfigyelései alapján (Budapest Környezeti Állapotértékelése 2015), valamint, ahol a városi hősziget-hatás mértéke is meghaladta az 5 °C-ot (Budapest Környezeti Állapotértékelése 2015, Budapest Környezeti Programja 2017, ELTE Meteorológiai Tanszék adatsorai, Oláh 2012a). Ezeknek a feltételeknek az alábbi három mérőállomás felel meg: az V. kerületben található Erzsébet tér, a VIII. kerületben fekvő Teleki László tér, a XI. kerületben elhelyezkedő Kosztolányi Dezső tér és 300 m-es sugarú puffterületük. A 300 m-es puffterület az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat automata mérőállomásának pontossági határa miatt szükséges (ex verb. Molnár 2018).

Az telepítési alkalmassági értékelés során alapvető szempont volt a jelenlegi homlokzatállomány vizsgálata, melyekhez egyéb beavatkozás (pl.: felújítás, hozzáépítés) nem szükséges, moduláris vagy futtatott típusú zöldhomlokzat telepítésére. A helyszíni bejárások 2018. január 13-án és október 12-én történtek, GoogleEarth felvételek, valamint a Főváros Településszerkezeti terve (2017) segítségével. Az alkalmas homlokzatokat digitális forrású, nagy felbontású űrfelvétel alapon ábrázoltuk (1:12000), az épületek rekonstrukcióját és az űrfelvétel helyességének ellenőrzését Földhivatali térképek alapján végeztük. Az értékelés módszerét az 1. táblázat és az 1. ábra tartalmazza.

1. táblázat Az alkalmassági értékelés tényezői, meghatározásai módszerük/adatforrásaik
 Table 1. Factors of suitability-evaluation, method of their definition/data sources

Alkalmassági értékelés tényezője	Kizáró okok	Meghatározási módszerük/adatforrásaik
Védettség, jogi korlátozás	településrendezési terv, településképi arculati kézikönyv korlátozásai	Budapest településszerkezeti Terve (2017)
Homlokzat műszaki állapota	20×100cm alatti szabad, sértetlen falfelület	szakértői becslés helyszíni bejárás alapján
Homlokzat üvegezési aránya	50% feletti arányúak kizárva	szakértői becslés helyszíni bejárás alapján
Homlokzat díszítettsége	stukkókkal és kőfaragványokkal díszítettek kizárva	szakértői becslés helyszíni bejárás alapján
Homlokzat tájolása	északi tájolásúak (irányultsága -22,5° és +22,5° közé esik) kizárva	QGIS térinformatikai rendszer

A zöldhomlokzat telepítésére alkalmas felület becsléséhez figyelembe vettük az egyes homlokzatokon található ablakok számát és nagyságát, az üvegezési arányból kiindulva. A légszennyező-forrás közvetlen, azaz 10 m-es környezetében található homlokzat moduláris rendszerű (talaj kapcsolattal nem rendelkező), míg ettől távolabb eső homlokzatok futtatott rendszerű (talajkapcsolattal rendelkező) zöldhomlokzat típussal számoltunk. Hazai kutatásokat (Csibi et al. 2016) és kivitelezési tapasztalatokat (ex verb. Tamási 2018) felhasználva megállapítottuk, hogy ezen szempontok alapján és a magyarországi éghajlati feltételek mellett legjobban bevált, alkalmazható fajok futtatott rendszerre az alábbiak: *Clematis armandii*, *Euonymus fortunei* fajták, *Hedera colchica*, *Hedera helix* 'Ördögárok', *Hedera helix* 'Wörner', *Hedera helix* 'Reimscheid', *Hedera helix* 'Ripple', *Hedera helix* 'Sagittifolia', *Lonicera henryi*, *Lonicera japonica* és *Rubus henryi*, míg moduláris rendszerre a következők: *Heuchera*, *Heucherella*, *Helleborus*, *Geranium*, *Dianthus*, *Bergenia*, *Cerastium*, *Liriope* és *Waldsteinia* nemzetség örökzöld vagy áttelelő lombú évelői, a *Lonicera*, a *Cotoneaster*, az *Euonymus* nemzetség lomblevelű örökzöld cserjéi, a *Briza*, a *Carex*, a *Deschampsia*, a *Helicotricon*, a *Sesleria* nemzetség áttelelő lombú fűféléi és a *Sasa*, a *Sasaella*, a *Pleioblastus*, a *Shibataea* nemzetség fagyűrő bambuszai. A pontos fajösszetételből egyértelműen meghatározható, hogy milyen környezetvédelmi funkciói, ökoszisztéma-szolgáltatásai lehetnének a zöldhomlokzatoknak, ha megvalósulna a telepítésük. A NO₂ és PM₁₀ megkötés mennyiségének számszerűsítésénél figyelembe vettük a fenti szennyezőanyagok ülepedési sebességét, valamint a légszennyezettség koncentrációját. Az ülepedési sebességet a lombkorona rezisztenciája, az aerodinamikája (Ra) és a levelek határrétege (Rb) befolyásolja. A lombkorona rezisztenciát az egyes növényfajok esetén az egyes szennyezőanyagokra nézve a kutikula, a sztóma és a mezofillum rezisztenciája szabja meg. A képlet felállításához Szabó (2015), Nowak és társainak (2006) munkáját alkalmaztuk:

F (gm⁻²s⁻¹): szennyező anyag megkötés mértéke $F = Vd \times C$

Vd (ms⁻¹): ülepedési sebesség $Vd = 1/(Ra+Rb+Rc)$ ahol Ra és Rb ~ 0

$1/Rc = 1/(rs+rm)+1/rt$

ahol rs = sztóma rezisztenciája

rm = mezofillum rezisztenciája

rt = kutikula rezisztenciája

C (gm⁻³): légszennyezettség koncentráció

A növények hősziget-hatásra gyakorolt hatásait az élettani folyamataik alapján (a felvett vízmennyiség 1–2%-át saját szervezetük működéséhez, a maradék mennyiséget pedig párologtatásra hasznosítják) számszerűsítettük. A számítások alapját képezte a párologtatás alatt elvont energia mennyisége (egy közel 100%-os borítottságú zöldhomlokzat 1 m²-re

vetítve egy év alatt körülbelül 1 m^3 vízpárát juttat a levegőbe) (Koroknai et al. 2015), ezáltal a környezet hűtőhatásának megállapítása.

Eredmények és megvitatásuk

A kutatási területeken több védelmi és korlátozási elem is található. Ilyenek a műemlékek, a helyi védettségű építmények, a világörökségi helyszínek és a műemléki környezet. Az Erzsébet tér igen gazdag a védelmi elemekből, számos műemléki és helyi védettségű építmény, műemléki környezet, valamint a kutatási terület nyugati részén világörökségi helyszín is található. A területen található homlokzatok közel 2/3-a emiatt nem alkalmas zöldhomlokzat telepítésére. A másik két kutatási területen ezek az elemek nem jelentősek, a Kosztolányi Dezső téren 3 tömb esik műemléki környezetbe, míg a Teleki László tér és 300 m-es környezetében ez a korlátozás 17 db homlokzatot érint.

Az épületek homlokzatai gyakran sérültek, főként a Teleki László tér és a Kosztolányi Dezső tér környezetében. Az Erzsébet térenél a modernebb épületek esetében előfordul a magas (60–80%-os) üvegezési arány. Elsősorban a belváros (Erzsébet tér és Teleki László tér) homlokzataira jellemző a nagy mennyiségű faragott kőelem és stukkó díszítés. Az Erzsébet tér és környezetében található épületek homlokzatai gyakran északi tájolásúak.

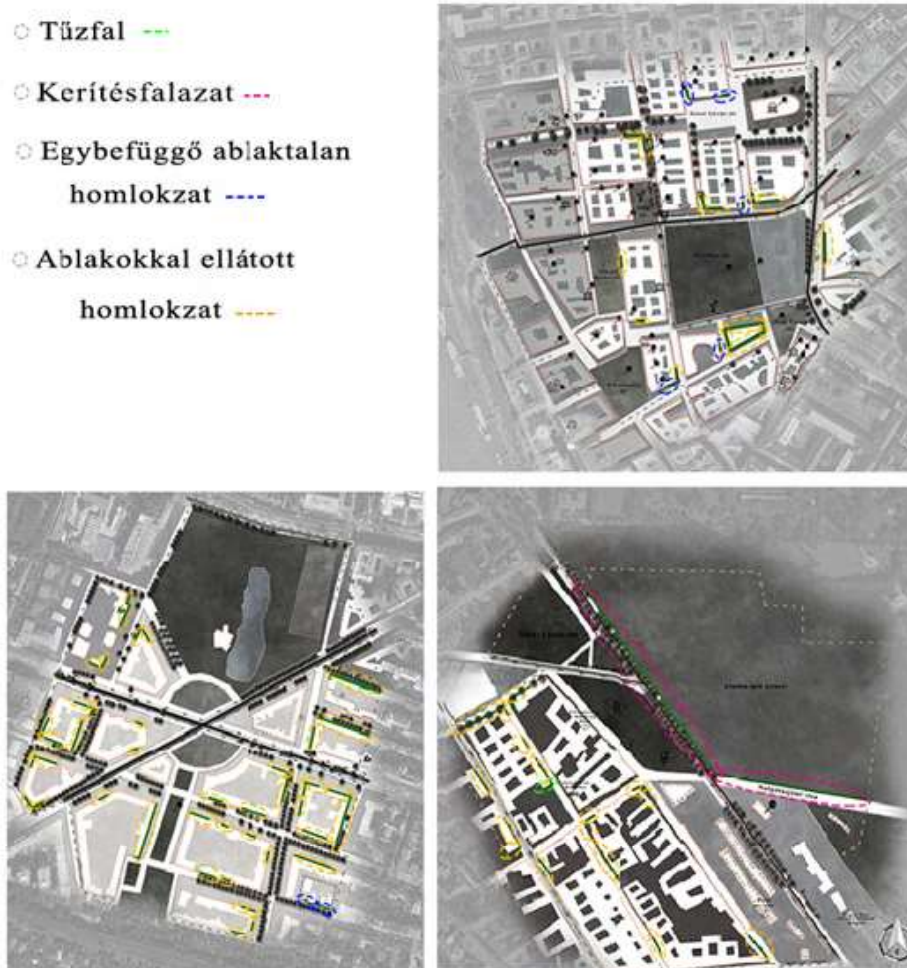
Az üvegezési arány nagysága miatt kizárásra kerülő homlokzatok száma csekély, a 3 kutatási területen összesen nem haladja meg a 10 db-ot. Sérült homlokzatok mind a 3 vizsgálati területen nagy számban fordultak elő. Kiemelkedő e tényező alapján a Teleki tér kutatási területe, ahol a kizárást 90%-ban ez a tényező adta. Északi tájolású homlokzatok az Erzsébet tér és 300 m-es vizsgálati területén fordultak csak elő, a védelmi, korlátozási elemek leválogatása után csak 2 db ilyen homlokzat volt. A felsorolt kizáró okok leválogatása után az Erzsébet téren mindösszesen 15 db, a Teleki László téren 28 db, míg a Kosztolányi Dezső téren 69 db zöldhomlokzat telepítésére alkalmas homlokzat található (1. ábra).



1. ábra A kutatási területeken előforduló homlokzatok megoszlása
Figure 1. Facade types on the key-research areas

Legnagyobb számban olyan alkalmas homlokzatok fordulnak elő a kutatási területeken, amelyek ablakkal rendelkeznek. Megállapítottuk, hogy az Erzsébet tér környezetében 11 db, összesen $1141,9 \text{ m}^2$ -nyi ilyen típusú alkalmas homlokzat-felület található. A Teleki László

tér kutatási területén 28 db nyílásos homlokzat van, amelyek összfelülete 1533,2 m²-t tesz ki. A Kosztolányi Dezső téren ezek az értékek majdnem 2,5-szer nagyobbak: 67 db, összesen 4354,8 m²-nyi ilyen típusú homlokzat van. Ezen típusú homlokzatoknak a nyílászárók (elsődlegesen ablakok) miatt kisebb vizuális hatásuk lenne zöldhomlokzat telepítése esetén, mint az összefüggő felületet alkotó tűzfalaknak, kerítés-falazatoknak és egyéb egybefüggő ablak nélküli homlokzatoknak (3. ábra).



2. ábra Alkalmos homlokzatok elhelyezkedése és falfelület jellegük
(saját szerkesztés, forrás: GoogleSatellite 2017)

Figure 2. Location of suitable facades and type of their wall-surface
(own edition, source: GoogleSatellite 2017)

A vizsgálati területeken összesen 8060,7 m² alkalmas homlokzathelyület található. Ezek megoszlása az egyes kutatási területeken belül nem egyenletes. A Kosztolányi Dezső téri mérőállomás és 300 m-es sugarú pufferterülete az összes alkalmas felület 54,6%-át, vagyis 4404,2 m²-t, a Teleki László tér és 300 m-es pufferterülete 27,4%-át, mintegy 2209,7 m²-t, míg az Erzsébet tér és 300 m-es pufferterülete csupán 17,9%-át vagyis 1446,8 m²-t tesz ki.

A legmagasabb arányban moduláris rendszer az Erzsébet tér vizsgálati területén, míg a futtatott rendszer Teleki László tér vizsgálati területén valósulhat meg. Az Erzsébet tér és 300 m-es sugarú környezetében 355,8 m²-nyi moduláris és 1091 m²-nyi futtatott rendszerű zöldhomlokzat telepítésére van lehetőség. A Teleki László tér és 300 m-es sugarú környezete területén 432,76 m²-nyi moduláris és 1706,08 m²-nyi futtatott rendszerű zöldhomlokzat telepítése lehetséges. A Kosztolányi Dezső tér és 300 m-es sugarú környezetében 463 m²-nyi

moduláris és 3941,2 m²-nyi futtatott rendszerű zöldhomlokzat telepítése valósítható meg (2. táblázat).

2. táblázat Alkalmas homlokzatok nagysága és szennyezőanyag megkötése

Table 2. Size and pollutants' absorption of suitable facades

Kutatási mintaterület megnevezése	Alkalmas homlokzatok felülete (m ²)			teljes szennyezőanyag megkötés (t/év)	
	moduláris rendszerűre (talajkapcsolattal nem rendelkező) alkalmas homlokzat	futtatott rendszerűre (talajkapcsolattal rendelkező) alkalmas homlokzat	alkalmas homlokzat összesen	PM ₁₀ megkötés	NO ₂ megkötés
Kosztolányi Dezső tér	463	3941,2	4404,2	4,83	4,14
Teleki László tér	432,76	1706,08	2209,7	2,72	2,31
Erzsébet tér	355,8	1091	1446,8	1,8	1,55

A számított homlokzatfelületek, levélfelületek ismeretében, a témakörben született korábbi kutatások (Nowak et al. 2006, Oláh 2012a) alapján meghatározható a növényállomány becsült NO₂ és PM₁₀ anyagok megkötése és a mikroklimára gyakorolt hatása. A számítások alapján a vizsgált növényállomány egy év alatt összesen 9,35 tonna (t) PM₁₀-et és 8 t NO₂-ot tud megkötni és a nyári időszakban 3–4 °C-kal, míg a téli időszakban 0,7–0,9 °C-kal képes csökkenteni a környezete hőmérsékletét. Az egyes vizsgálati területeken azonban a légszennyező anyagok megkötésének nagyságrendje eltéréseket mutat.

Az Erzsébet tér és 300 m-es környezete az évi 1,8 t PM₁₀ megkötésének közel 40%-a moduláris rendszerű, míg több mint 60%-a futtatott rendszerű zöldhomlokzatról származik. A NO₂ esetében az Erzsébet tér és 300 m-es sugarú környezete 1,55 t megkötésére képes évente a telepítendő zöldhomlokzat. Ennek légszennyező anyag mennyiségéből 0,62 t-át moduláris, míg 0,93 t-át a futtatott rendszerű zöldhomlokzatok tudnak megkötni. A Teleki László tér mintaterülete 2,72 t PM₁₀ és 2,31 t NO₂ megkötésére képes. Ebből 0,87 t (32%) moduláris rendszerből, míg 1,85 (68%) t futtatott rendszerből származik PM₁₀ esetén. NO₂-nál a moduláris rendszerből 0,74 t és futtatott rendszerből 1,57 t ered. A Kosztolányi Dezső tér és 300 m-es sugarú területén a légszennyezettségre gyakorolt hatás kiugróan magas, 4,83 t PM₁₀ és 4,14 t NO₂ megkötése lehetséges a telepítendő zöldhomlokzatokkal – 19% moduláris és 81% futtatott rendszerből fakad. Sepsi és munkatársai (2015), valamint Vince-Szabó (2009) ugyan szintén vizsgálták a növényfajok PM₁₀ megkötését, azonban az eltérő módszertan miatt és a vizsgált növényfajok (elsősorban lombhullató fák) különbségei miatt nem teljes mértékben összevethetők az általunk kapott eredményekkel. A telepítendő növényzet városi hősziget (és ezzel a hőmérséklet) csökkentésében játszó mértékével, az általunk kapott megegyező értékekre jutott Oláh (2012b).

A fővárosban évente 2500 t PM₁₀-et és 20 000 t NO_x-et bocsátanak ki a légszennyező források. Ha a főváros viszonylatában vizsgáljuk a potenciálisan alkalmas homlokzatok lehetséges környezetvédelmi funkcióját, akkor ez a mennyiség nem jelentős (ennek az értéknek PM₁₀ esetén 0,4%-a, míg a NO₂ esetén 0,04%-a), azonban a kutatási területeken a levegőminőség lokális javulását eredményeznék a zöldhomlokzatok.

A külföldön megvalósult példák és a kutatásunk bizonyítják, hogy a zöldhomlokzatok városszerkezeti beavatkozás nélkül, a meglévő homlokzatok segítségével is jelentős lokális javulást érhetnek el a korábban említett két problémára (Abhijith et al. 2017, Djedjig 2017, Nowak et al. 2006, Poddar et al. 2016), így telepítésük Budapesten is javasolható. Jelen kutatás a zöldhomlokzatok népszerűsítését, társadalom irányába való kommunikációját is elősegítheti egzakt eredményeivel.

A zöldhomlokzatok telepítéséhez minden esetben szükséges a megfelelő, kivitelezésben jártas szakember bevonása. A szakembernek gondoskodnia kell a munka- és balesetvédelmi előírások betartásáról, a helyes telepítési időszak és növényfaj megválasztásáról, a támrendszer statikai méretezéséről. A telepítés után elengedhetetlen a növényzet és a

támszerkezet folyamatos karbantartása. Az üzemeltetésre jelenleg Magyarországon bevett példa, hogy a kivitelező cég 1 évig garanciálisan vállalja, majd később őt bízzák meg a fenntartásával (Csibi et al. 2016).

A telepítéshez és a fenntartáshoz szükséges anyagi forrásokat Magyarországon jelenleg túlnyomó részt az építető vállalja, valamint lehetőség nyílik egyes időszakokban önkormányzati támogatás igénylésére is. Jó példa erre a főváros környezeti állapotának javítására, fejlesztésére irányuló Budapest Főváros Közgyűlésének Városfejlesztési, Közlekedési és Környezetvédelmi Bizottsága által kiírt 2018-as Zöldtető és Zöldfal építő pályázat (<http3>).

A kutatás – potenciális folytatásként – kiterjeszthető más, fővárosi mintaterületekre, akár egy teljes kerületre. Az elemzés elvégezhető a tervezett, szándékolt épület felújítások, a városrehabilitációs beruházások ismeretében is, ezzel eltérő képet kapva a jelenlegi állapotra lefuttatotthoz képest. Szintén külön szcenárióként elemezhető, hogy meghatározott településrendezési változások (pl. a helyi építési szabályzat paramétereinek módosítása egyes övezetekre) hogyan módosítanák a kapott értékeket. A kutatás társadalomtudományi aspektusból is továbbfejleszthető, hiszen a tájépítészeti szakmai gyakorlat számára is hasznos lenne megvizsgálni, hogy a helyi közösség, az érintett ingatlanok, tulajdonosai, lakói, üzemeltetői, használói stb. mennyire mutatnak szándékot zöldhomlokzatok kialakítására, mennyire ismerik ezek ökoszisztéma-szolgáltatásait, épület-üzemeltetésre (pl. gazdasági elemzésekkel is kiegészíthető) és életminőségre gyakorolt hatásait.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a Fővárosi Önkormányzatnak, különösen Beregi Eszternek, aki kutatásunk fél éves időtartama alatt folyamatos támogatást nyújtott a kutatáshoz szükséges források felkeresésében. Továbbá Dr. Hrotkó Károly egyetemi tanárnak (SZIE Kertészettudományi Kar, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék), aki tudományos munkája során a növények légszennyező anyagok levélfelületre való ülepedésével foglalkozott, és ezáltal nagy segítséget nyújtott az egyes növényfajok légszennyező anyagok megkötésének számításához szükséges képlet felállításában. Hálával tartozunk Tamási Alexandrának a greenwall.pro cég építészeti vezetőjének, aki a homlokzatok telepítési alkalmassági értékelésének kidolgozásához adott tanácsokat. Végezetül, pedig az Új Nemzeti Kiválóság Programnak (Felsőoktatási Alapképzés Hallgatói Kutatói Ösztöndíj) mely kereteket és lehetőséget biztosított a kutatómunka megvalósulásának.

Irodalom

- Abhijith, K.V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pillag, F., Broderick, B., Di Sabatino, S., Pulvirenti, B. 2017: Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments - A review. *Atmospheric Environment* 162: 71–86.
- Budapest Környezeti Állapotértékelése 2015, Budapest Főváros Önkormányzata, Budapest.
- Budapest Környezeti Programja 2017–2021, Budapest Főváros Önkormányzata, Budapest.
- Csibi K., Dezsényi P., Wien Fári M.G., Koroknai J., Pataky R., Szentkirályi-Tóth F. 2016: Zöldinfrastruktúra füzetek 2. Zöldhomlokzatok Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója. Budapest Főváros Városepítési Tervező Kft., Budapest. p. 155.
- Djedjig, R., Belarbi, R., Bozonnet, E. 2017: Green wall impacts inside and outside buildings: experimental study. *Energy Procedia* 139: 578–583.
- Escobedo, F. J., Kroeger, T., Wagner, J. E. 2011: Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution* 159(8-9): 2078–2087.
- Gábor P., Jombach S. 2008: A zöldfelület intenzitás és a városi hősziget jelenségének összefüggései Budapesten. *Falu-Város-Régió* 1: 31–36.
- Johnston, J., Newton, J. 2004: Building Green. A guide to using plants on roofs, walls and pavements. Greater London Authority, London. p. 121.
- Koroknai J., Pataky R., Kaprinyák T., Fári M. G. 2015: Napfényes helyen, HIB modulokban elhelyezett dísznövények nyári vízháztartásának értékelése. *Kertgazdaság* 47(2): 25–34.
- Ljesevic, M. 2002: Urbana Ekologija. Univerzitet u Beogradu Geografski Fakultet, Beograd.
- Loksa G. 2004: Meteorológia a tájökológia szolgálatában. *Tájökológiai Lapok* 2(2): 195–199.

- Manson, M. Castro-Gomes, J. 2015: Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 863–871.
- Mathey, J., Röbber, S., Wende, W. 2010: Role of urban green spaces for cities under climate change aspects of planning and implementation. UNECE, Prague.
- Medl, A., Stangl, R., Florineth, F. 2017: Vertical greening systems – A review on recent technologies and research advancement. *Building and Environment* 10: 1016–1054.
- Mezősi G. 2007: Városökológia. JATEPress, Szeged. p. 174.
- Mezősné Szilágyi K. 2012: Az „élhető település táj” zöldfelületi, ökológiai, térségi és társadalmi összefüggései. *4D Tájépítészeti és Kertművészeti folyóirat Különszám*: 115–124.
- Mika J. 2013: A klímaváltozás és a városi hősziget összefüggései. *Természettudományi Közlöny* 144(5): 197–201.
- Nagy I. 2008: Városökológia. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs. p. 335.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., Stevens, J. C. 2006: Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening* 4: 115–123.
- Nowak, D. J., Heisler, G. M. 2010: Air Quality Effects of Urban Trees and Parks. *National Recreation and Park Association* 1: 45.
- Oláh A. B. 2012a: A Városi beépítettség és a felszíntípusok hatása a kisugárzási hőmérsékletre. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Kert- és Szabadtervezési Tanszék, Budapest. p. 146.
- Oláh A. B. 2012b: Városi hősziget mérséklése tájépítészeti eszközökkel. *4D Tájépítészeti és Kertművészeti folyóirat Különszám*: 163–174.
- Ottel, M., van Bohemen, H.D., Fraaij, A. L. A. 2010: Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls. *Ecological Engineering* 36: 154–162.
- Perini, K., Ottel, M., Giuliani, S., Magliocco, A., Rocciotello, E. 2017: Quantification of fine dust deposition on different plant species in a vertical greening system. *Ecological Engineering* 100: 268–276.
- Poddar, S., Yoon Park, D., Chang, S. 2017: Simulation Based Analysis on the Energy Conservation Effect of Green Wall Installation for Different Building Types in a Campus. *Energy Procedia* 111: 226–234.
- Patocska M., Györfi T. 2013: Lakossági üvegházgáz kibocsátások és semlegesítésének lehetőségei. *Tájökológiai Lapok* 11(2): 341–350.
- Sepsi P., Sárközi E., Hrotkó K., Kardos L. 2015: Monitoring of air pollution in Budapest, Hungary using tree leaf samples - preliminary results. *AgroLife Scientific Journal* 4(1): 161–164.
- Szabó B. (2015): A városi zöldfelületek hatása a város klímájára. Szakdolgozat. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Meteorológiai Tanszék, Budapest. p. 43.
- Tamási A., Dobszay G. 2015: Requirements for Designing Living Wall Systems – Analysing System Studies on Hungarian Projects. *Periodica Polytechnica Architecture* 46: 78–87.
- Vince T., Szabó Gy. 2009: Beregszász légszennyezettségének jellemzése a falevelekre rakódott por vizsgálata alapján. In: Kiss T. (szerk.): Természetföldrajzi folyamatok és formák. Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzos Tanulmányai. Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged.
- Wilkinson, S., Castiglia Feitosa, R., Tsuyoshi Kaga, I., Hachmann de Franceschi, I. 2017: Evaluating the Thermal Performance of Retrofitted Lightweight Green Roofs and Walls in Sydney and Rio de Janeiro. *Procedia Engineering* 180: 231–240.
- http1: <https://forbes.hu/legyel-jobb/zoldhomlokzatokkal-kuzdenek-a-nyari-hoseg-ellen-becsben/> [2019. június 5.]
- http2: www.greenwall.pro [2019. június 5.]
- http3: www.budapest.hu [2019. június 5.]

ASSESSMENT OF DESIGN SUITABILITY AND LIMITING FACTORS OF GREEN FACADE SYSTEMS IN BUDAPEST

Sz. WEISZ., Zs. BOROMISZA

Szent István University, Department of Landscape Protection and Reclamation
1118–Budapest, Villányi út 35-43. e-mail: weisz96@gmail.com

Keywords: green infrastructure, living facade, green wall-surface, particulate matter, heat island, landscape architecture

During our research the possibilities of establishing living facades – being quite new in Hungary – are investigated by assessing suitability of plots located in Budapest (300 m buffer zone of the measuring stations situated on Erzsébet square, Teleki László square and on Kosztolányi Dezső square). After having defined the suitable facades, it is possible to quantify the impacts, which the green wall surfaces would make on the air-quality, as well as on the microclimate. Considering the reasons for exclusion, the plots, being suitable to have living facades are as below: Erzsébet square (15 pcs), Teleki László square (28 pcs), Kosztolányi Dezső square (69 pcs). The assessed plots have 8060,7 m² potential facades, being, however, not evenly distributed on the various spots. In fact, it is the measuring station on Kosztolányi Dezső square and its 300 m buffer-zone being the most significant ones, representing 54,6% of all suitable wall-surfaces. Having in mind the measured facade surfaces and the vegetated ones, and also on the basis of preliminary researches in this topic it is possible to define the estimated NO₂ and PM₁₀ absorption of the vegetation, together with the improving effect of microclimate: the annual absorption of the assessed vegetation amounts to 9,35 tons PM₁₀ and 8 tons NO₂, besides reducing the environmental temperature by 3–4 Celsius degrees in the summer period and by 0,7–0,9 Celsius degrees in winter.