

# ZÖLDFALAK A HŐSZIGETBEN

*Van-e reális lehetőség a belső városrészekben a városi hőszigetjelenség hatásainak csökkentésére az épületállományon elhelyezett zöldfelületekkel?*

Csanády Adél, Szabó Lilla Nikolett, Vislóczki Gábor

TDK dolgozat 2020

Konzulens: Pataky Rita, Dr. Dobszay Gergely




 BME Építészmérnöki Kar  
Épületszerkeztani Tanszék

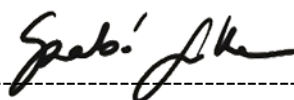
## Nyilatkozat

Kijelentem, hogy a dolgozat kizárólag saját kutatómunkám eredményeit tartalmazza, és ezek az eredmények korábbi TDK dolgozatban még nem szerepeltek.

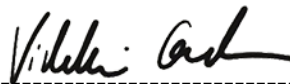
Budapest, 2020.10.31.



Csanády Adél  
Szerző



Szabó Lilla Nikolett  
Szerző



Vislóczki Gábor  
Szerző

Kijelentem, hogy a most benyújtott TDK dolgozatomhoz csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

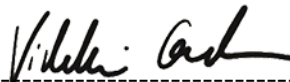
Budapest, 2020.10.31.



Csanády Adél  
Szerző



Szabó Lilla Nikolett  
Szerző



Vislóczki Gábor  
Szerző

# Tartalomjegyzék

Nyilatkozat .....	1
Tartalomjegyzék.....	2
1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalom elemzése .....	4
2.1 A városi hősziget jelenség.....	4
2.2 Zöldfelületek hatásai a városokra.....	7
2.2.1 Zöldfelületek vízháztartása.....	8
2.2.2 Légszennyezettség.....	8
2.2.3 Zaj- és rezgésvédelem .....	9
2.2.4 Szellőzés és cirkuláció.....	10
2.2.5 Hőmérséklet.....	11
2.3 Zöldfalak hatásaival foglalkozó tudományos cikkek .....	13
2.5 Budapest VII. kerületének kialakulása és története.....	15
2.6 Budapest VII. kerülete jelenleg .....	19
3. Zöldfalak alkalmazhatóságának lehetőségei belvárosi szituációban .....	22
3.1.1 Zöldfelületek vizsgálata a kerületben.....	22
3.1.2 Zöldfelületi arány növelésének lehetősége.....	24
3.2 Zöldfal tipológiájának továbbfejlesztése .....	25
3.3 Középső-Erzsébetváros lehetséges felületeinek kiválasztása .....	30
3.4 Kiválasztott felületek zöldítési lehetőségei .....	43
3.5 Hősziget-hatás csökkentése egy Erzsébetvárosi tömbbelső példamutatásával .....	46
4. Összefoglalás.....	49
Köszönetnyilvánítás .....	50
5. Irodalomjegyzék.....	51
6. Ábrajegyzék.....	53

# 1. Bevezetés

Nagyvárosaink jellemzője a légszennyezettség, az alacsony páratartalom, a zaj- és fényszennyezés, az átszellőztetés hiánya és ezekkel szoros összefüggésben a hősziget jelenség, amely fokozza az alapjában véve is forró nyári napok hőmérsékletét, ezzel jelentősen rontva a városlakók életminőségét. Budapest is megfogalmazta már 2030-as fejlesztési koncepciójában [1], hogy a hősziget jelenség súlyos probléma a fővárosban, melynek hatását városrendezési eszközökkel kívánják csökkenteni. Legsúlyosabban érintett területek a belvárosi részek, ahol a zöldfelületi ellátottság az egyik legalacsonyabb. Személyes tapasztalatok fűznek minket a VII. kerület középső részéhez, saját bőrünkön tapasztaltuk a súlyosabban érintett kerületrészek hősziget problémáit. Nyári időszakokban szabadtéri sporttevékenységeink során egyértelműen megtapasztaltuk, hogy még este is érdekesebb futáshoz a Városligeti fasor felé vennünk az irányt, mert a zsúfolt, vegetációhiányos utcák melege ellehetetlenítette az egészséges sportolást.

A hősziget-hatás csökkentésének egyik leghatékonyabb módja a vegetatív felületek telepítése. A zöldfelületek és hősziget kapcsolatáról már számos kutatás született, melyek alapján megpróbáltunk választ keresni az Erzsébetvárosban fellépő problémákra. Izgalmas kérdés a zöldfelületek elhelyezése belvárosi szituációkban, ahol a magas ingatlanpiaci árak miatt nincs lehetőség a vízszintes felületek zöldfelületi felhasználására. Ezzel szemben a zárt sorú, keretes beépítés velejárójaként létrejött tűzfalak szabad felületként kínálják magukat erre a célra. Annak érdekében, hogy hova és milyen módon képzelhető el zöldfal, meg kellett vizsgálni az épületállomány falszerkezeteit és azok alkalmazhatóságát, hogy egyáltalán hogyan vethetjük össze a zöldfalak kialakítását befolyásoló tényezőkkel.

Fentiek eredményeképpen kidolgoztunk egy értékelési módszert, amely segítséget nyújt, hogy milyen felületeken, milyen típusú és kialakítású „zöldszerkezet” elhelyezését javasoljuk. Dolgozatunkban megpróbáljuk kideríteni, a sűrű beépítésben elhelyezett zöldfalak mekkora hatással vannak a város klímájára és van-e reális esély azok alkalmazására Erzsébetváros hősziget-hatás által legsújtottabb részén.

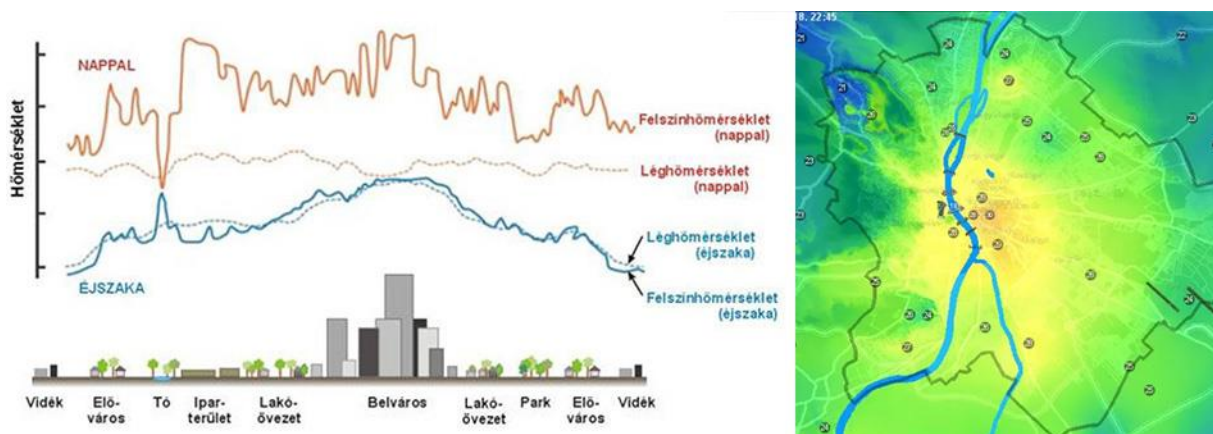
## 2. Szakirodalom elemzése

### 2.1 A városi hősziget jelensége

A városi hősziget (UHI – Urban Heat Island) jelenséget először Luke Howard vizsgálta 1810-ben, de a definíciót csak 1981-ben, Landsberg mondta ki: a városokban keletkező hőmérséklet többletet, azaz a város és környezete közötti hőmérséklet-különbséget nevezzük városi hősziget-hatásnak. [2] Tovább pontosítva, a hősziget-hatást városon belüli csomópontokban észlelhetjük, melynek intenzitása az adott terület adottságaitól függ.

R. T. Oke tanulmányai szerint a hőmérséklet-változással egyaránt módosul a sugárzási háztartás mértéke, a szélviszonyok, a szennyezőanyagok mennyisége és a vízgyenleg. [3] Derült és szélcsendes időjárás kedvez leginkább a hősziget kialakulásának, a legnagyobb hőmérsékletkülönbségek nyáron tapasztalhatók.

Hazánkban a nemzetközi érdeklődéssel egyidejűleg már egészen korán foglalkoztak a jelenséggel: Probáld Ferenc kutatása szerint Budapesten a nappali adatok alapján a pesti oldalon intenzívebb a hősziget, ami a városkörnyék hőmérsékletét nyári időszakban átlagosan 3-4°C, de akár 4-6°C-kal is meghaladhatja. [4] A burkolt felületek hővezetése, hőkapacitása és sugárzást visszaverő/elnyelő hatása mind befolyásolják a sugárzási viszonyokat. A beépítettség mértéke, az épületek magassága, az utca-keresztmetszetek geometriája és a lakosság száma is befolyásolják a város klímáját. Ezekon kívül a különböző hőtermelő tevékenységekből (épületek többlet energiakibocsátása, ipari tevékenységek, közlekedés) származó levegőszennyezés szintén hozzájárul a városok hőtöbbletéhez.



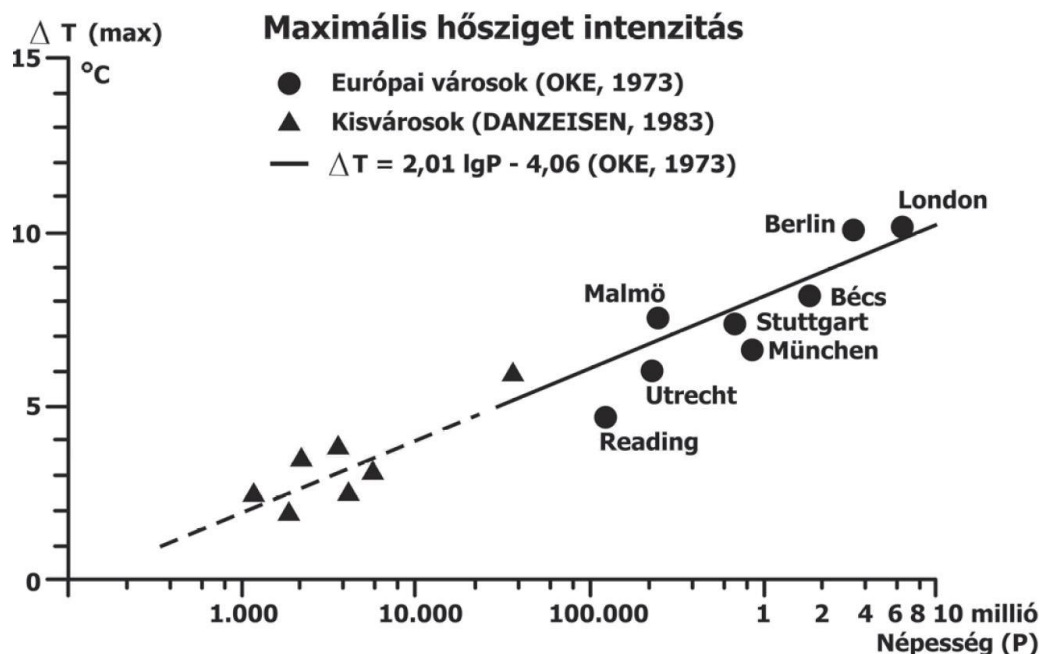
1.ábra: Városi hősziget nappali és éjszakai keresztmetszete a léghőmérséklet és a felszínhőmérséklet alapján

2.ábra: Budapest hőtérképe 2013.06.18. 22:45-kor

Az utcakanyonokban bennrekedt hő és szennyezőanyag nem tud könnyen távozni, mert a hősziget vertikális kiterjedése a nagyobb sebességű szeleket felfelé tereli, illetve a beépítés sűrűsége miatt a levegő nehezebben áramlik. [5] Szélcsendes időszakban megnövekedhet a környezeti hőmérséklet, a földközeli ózon, szállópor és különféle szennyezőanyagok koncentrációja.

Budapesten a helyi szélrendszerek mellett (Budai-hegység keltette, Pilisi-hegység keltette hegy-völgyi és a Duna keltette) számolni lehet a városi cirkulációval is, mely szoros összefüggésben áll a hőszigettel. [6] Ennek fizikai lényege, hogy a meleg levegő feláramlásával helyébe hűvösebb levegő áramlik, így alakul ki természetes légmozgás. Akár már egy kisebb facsoport is képes befolyásolni a levegő útját, ezért érdemes tisztában lenni azzal, hogy a különböző kiterjedésű zöldfelületek különböző léptékű cirkulációk létrehozására képesek. A Városliget méretéből adódóan jelentős befolyással van a környező sűrűn beépített területek hőmennyiségének kezelésére. Ez egy globális kezelési forma, ám a kisebb léptékű zöldfelületek is képesek jelentős mértékben csökkenteni a bennrekedt hő mennyiségét.

Lakosságszám és hősziget-hatás intenzitásának szoros összefüggésére példát a *Climate Booklet for Urban Development, 2012* alapján készült Léggör folyóiratban bemutatott ábra. [7] Közelítőleg tehát a városi népesség és a kialakuló hőmérséklet-különbség egyenesen arányos egymással, mely már kisebb települések esetén is jelentkezik, milliós városoknál pedig akár 10°C különbséget is észlelhetünk.



3. ábra: A lakosság száma és a maximális hősziget intenzitás összefüggése Európában

Továbbá a cikkben olvasható még, hogy a hősziget intenzitásának megállapítására több módszer is alkalmas. Léteznek telepített városklimatológiai mérőállomások, mobilis mérőműszerek, melyek a városon keresztülhaladva gyűjtenek hőmérsékleti adatokat, repülőgépes mérések, valamint műholdas mérések.

Műholdas méréssel a burkolatok sugárzásos hőmérsékletét, míg a felszín közeli mérőeszközökkel a felszín feletti levegő hőmérsékletét mérjük. Egyik és másik mérés eltérést mutat a hősziget-hatás legmagasabb intenzitású órájának megállapítását illetően: a léghőmérsékletből származó adatok alapján napnyugta után 2-3 órával a legintenzívebb, felszíni hőmérséklet alapján viszont dél körül. [8] Ez a felületek hőtárolásával függ össze, a zöld nagy hőcsillapítással rendelkezik, ellentétben a betonnal. Fontos befolyásoló tényező, hogy ideális esetben a város fölött úgynevezett hőkupola jön létre. A városi tetőszint hőkibocsátása és a városi határrétegben létrejövő turbulencia alulról és felülről is szenzibilis hőáram növekedést eredményez, mely a szenzibilis hő konvergenciáját eredményezi. [3] Ez és a levegő áramlásának csökkenéséből következő feláramlás együttesen okozza a város fölötti kupola kialakulását.

A hősziget-hatás nemcsak a klímaváltozással van kapcsolatban, hatással van a benne élő élőlényekre is. A szél lecsendesedése miatt a levegőben lévő szennyezőanyagok, szmog, szállópor nem tud távozni az utcakanyonokból, valamint a hosszantartó hőhullámok előfordulását is növeli. [7] A kánikula, a szennyezőanyagok belélegzése és a friss levegő hiánya mindannyiunk szervezetét megviseli, és ezért el kell gondolkodni azon, hogy mit tehetünk ez ellen.

A hősziget-probléma felismerése és mérése eddig kevésbé ismert problémák megoldásának feladatát generálta a várostervezőknek. Budapest hosszútávú céljai között is megfogalmazódott, hogy tenni szeretnének a hatás csökkentése érdekében. Közeledve a vizsgált területünkhöz, Erzsébetváros Önkormányzata is kiadott egy leírást [9], melyben a lakosokat tájékoztatja a hősziget jelenségéről és az okozott problémákról. A várostervezők mellett az építészeknek, közterület-tervezőknek és tájépítészeknek is van saját eszköze e hatás csökkentésére: például magas albedójú<sup>1</sup> burkolatok, tetőfedések alkalmazása, vízáteresztő útburkolatok tervezése, beépítettség lazítása, járműforgalom

---

<sup>1</sup> Általánosságban az albedó egy felületre érkező elektromágneses sugarak visszaverődési képességének mérőszáma. A 100 % albedójú test a rá eső fényt teljes egészében visszaveri, a 0 % albedójú pedig minden fényt elnyel, ezt hívjuk abszolút fekete testnek.[33]

csökkentése, energiateljesítmény hatékonyságának javítása és kibocsátásának minimalizálása, valamint zöldfelületek és vízfelszínek létesítése. [7]

*Alkalmazott és városklimatológia* szerint a hősziget belsejében levő zöldfelületek hűvös szigetként jelennek meg. [10] Hűvös sziget intenzitásának nevezi a város központjának és zöldfelület hőmérsékletének különbségét. A vízfelület és a növényzet a legfontosabb hősziget-intenzitást csökkentő faktor. **Ennek fényében kijelenthető, hogy városaink és különösen a főváros zöldfelületi arányának növelése kiemelten fontos a városi hősziget jelenség elleni küzdelemben.** [11]

## 2.2 Zöldfelületek hatásai a városokra

Budapest hosszútávú céljai között szerepel a városban lakó emberek és dolgozók életminőségének javítása. [1] **A zöldfelületek a legtöbb városi problémára pozitív hatással vannak, azonban nagyobb településekre általánosan jellemző ezek hiánya.** Az utóbbi évszázadban egyre inkább előtérbe kerül ez a hiány, és egyre jobban érezzük annak hatásait.

A városi zöldfelületeknek befolyása van a hősziget elleni küzdelemre, jelentős szerepet töltenek be a vízháztartásban, szállópor és CO<sub>2</sub> megkötésében, zajvédelemben, amelyek mind hatással vannak a humán komfortra. Emellett helyet adnak a városi biodiverzitásnak, és a növekvő termőterületekről rovarirtószerek hatására kiszorított polliniátoroknak.

A városok megítélésében nagy szerepet játszik azok zöldterületi mutatója nem csak lakossági, hanem gazdasági szempontból is. [12] Élhetőségüknek egyik legjelentősebb tényezője a növényvel fedett területek aránya, amelyek hatékonyan küzdenek a felgyorsult élet hozadékaival. A zöldfelületek pozitív fizikai hatása mellett nagyon fontos annak pozitív pszichológiai befolyása. Zöldfelületekkel csökkenthető a városok bűnözési rátája, azok pozitív hangulatkeltő hatása miatt. Az ápolt zöldfelületek hatékonyan jelölik ki a telkek tulajdonviszonyát.

Egy dús zöldfelület látványa enyhíti a depresszív gondolatokat és helyet ad sporttevékenységeknek, amely szorosan összefügg a fizikai állapottal. Így tehát kijelenthetjük, hogy a zöldfelületek egészségbefolyásoló hatása igen jelentős.

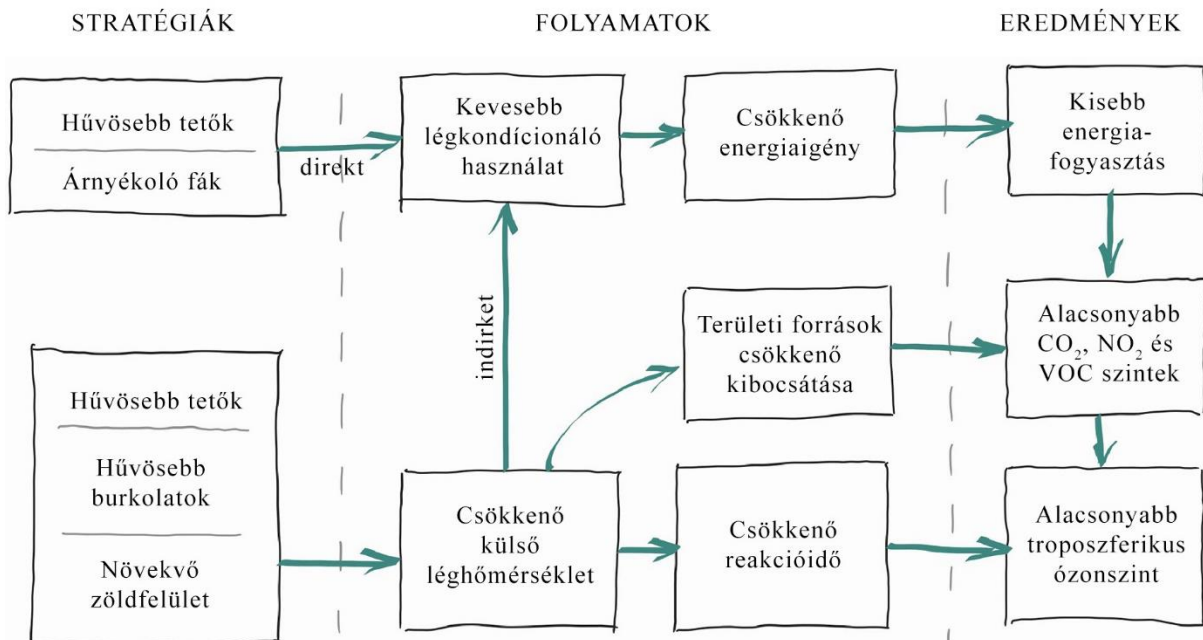


### 2.2.1 Zöldfelületek vízháztartása

Nagy esőzések alkalmával városainkban problémát jelent a hirtelen lehulló nagy mennyiségű csapadék kezelése a csatornahálózatban. [13] Ez azért különösen jelentős probléma, mert a burkolt felületek gyorsan és szinte vízfelszívás nélkül vezetik el a vizet, emiatt annak párologtató és hűtő hatása nem tud érvényesülni. Ennek következtében egyre több település vezeti be a fenntartható csapadékvíz-kezelést, amely a csapadék visszatartását és elsikkasztását tűzi ki célul telken belül. A növények ültetőközege és parkok talaja önszervező módon végzi el ezt emberi beavatkozás nélkül, majd maguk a növények oldják meg annak a levegőbe való visszajuttatását is. Jó lehetőség a csapadékvíz felhasználására a kialakuló zöldfalak öntözése.

A növények nagy mennyiségű vizet párologtatnak el, az általuk felvett víznek csupán 1-2 százalékát használják fel saját élettani folyamataikhoz. [14] A nyári hónapok alatt egy négyzetméternyi egyényári növényekkel telepített homlokzat akár 250-350 l vizet is elpárologtathat. Ennek okán már egy kisebb zöldfal (100-200 m<sup>2</sup>) is jelentős hűtőhatással rendelkezik, ami akár 3-4 °C annak környezetében.

### 2.2.2 Légszennyezettség

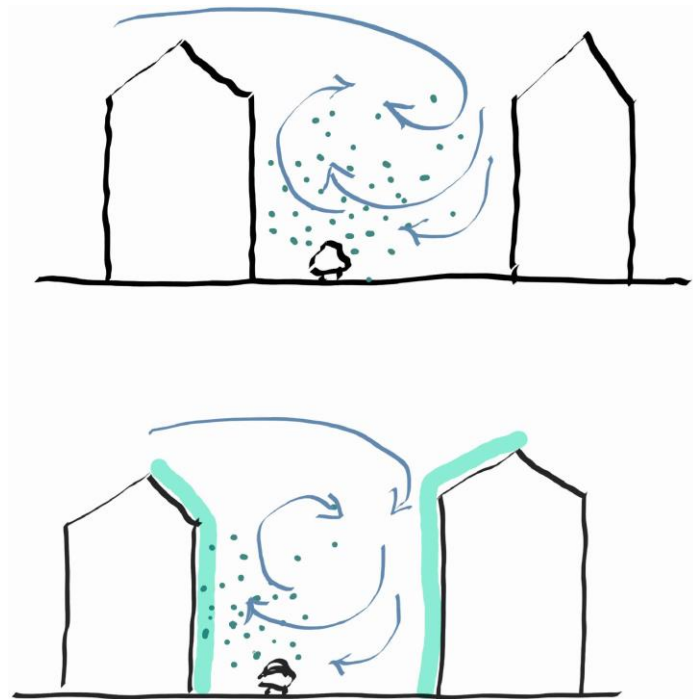


4.ábra: Légszennyezés problémájának megoldási stratégiája Akbari et al., 2001 alapján

A világ népességének 80%-a a WHO által megszabott határértékeket meghaladó légszennyezettségnek van kitéve. [15] Az antropogén tevékenység következtében nagyon sok szennyező anyag jut a levegőbe, melyek a városok felületi jellemzőivel és a levegő

természetes szennyezettségével összeadódva magas levegő minőségi romlást eredményeznek. Példaként megemlíthető az utcák szilikát felületein lerakódott por felkavarodása, melyet a sugárzás által közvetett módon felmelegített levegő és a forgalom által keltett szellő sodor le a földre és kavarr fel újra. Ez a por az emberi szervezetbe kerülve, annak szemcseméretétől függően komoly egészségkárosító hatással bír.

A növényzet nagyszerű segítség a szállópor megkötésében, ugyanis annak felületén érdességétől függően tartósabban megülepszik a por, majd egy nagyobb esőzéssel képes lemosódni. [16] Éves szinten, városenként ez akár több ezer tonna szállóport is jelenthet. Ugyan a szállópor megkötése rendkívül fontos tényező, mégis figyelemreméltó a városi növényzet illékony szerves vegyület felvelő képessége is, amely a városi hősziget jelenség egyik fokozó tényezője. [17]



5.ábra: Szállópor felkavarodása a forgalom következtében, a Brief Review of Urban Green Vegetation (Green Wall) in Reduction of Air Pollution ábrái alapján

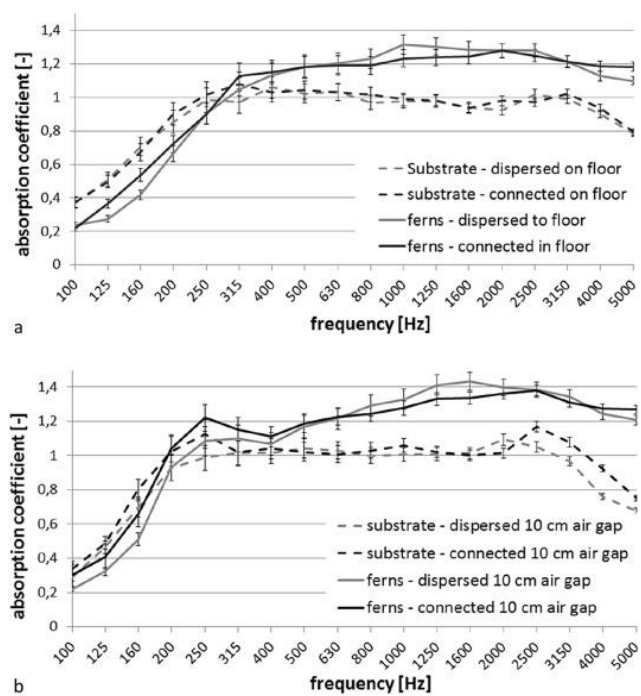
### 2.2.3 Zaj- és rezgésvédelem

A szennyező anyagok mellett a növényzet igen jól teljesít a zajvédelemben is. Zajszennyezésről 65 dB felett beszélünk. A 6. ábrán látható, hogy az utak jelentik a legnagyobb hangterhelést, így az azokat határoló homlokzatok a leginkább vizsgálandóak.



6.ábra: Budapest zajtérképe

A zöld növényzet nem minden esetben javít a szerkezetek hangszigetelési képességen, ugyanis befolyásuk 400 Hz alatt nem igen érzékelhető. A 400 Hz alatti tartományban a hang elleni védekezést leginkább az ültetőközeg gyakorolja. Azonban az 1600 Hz feletti tartományban már érezhető a növények befolyásoló hatása. Javít még a zöldfelületek hangszigetelési képességén a levelek közötti levegő, amely zöld falak esetén 10 cm vastagság felett fejti ki hatását [18]



7.ábra: Hanggátlási diagramm a frekvencia függvényében

#### 2.2.4 Szellőzés és cirkuláció

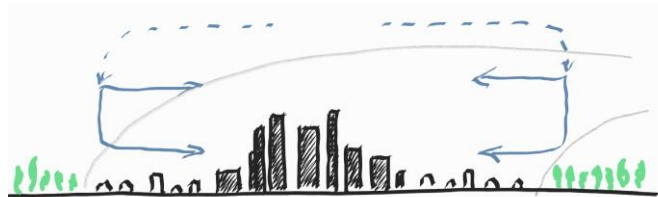
A városon kívülről érkező szél a város határához érve lelassul, mivel beleütközik a város feletti melegebb légrétegbe. A beépített területek felületi érdessége miatt ez a légmozgás tovább lassul. Ez a jelenség nehezíti a város átszellőztethetőségét, mindazonáltal

várostervezési eszközökkel növelhető a városba jutó szél sebessége, így a hősziget intenzitása is mérsékelhető.

Ennek egy ellensúlyozó hatása maga a hősziget jelenség és maga a város beépítettsége, felületeinek összessége, amely a városon belül indukál légmozgást. A városi hősziget cirkuláció több léptékben jelen van, legnagyobb a hősziget egészével kapcsolatba lépő, kisebb a városi parkokkal összefüggésben lévő légcserre, legkisebb verziója pedig az utcák légterében lejátszódó légáram. A lokális cirkulációt, amely az utcákon jelenik meg, városi tetőréteg jelenségnek nevezzük.

A városi tetőréteg jelenség az utca és annak átlagos tetőmagassági szintje között játszódik le. A télőfelületekre érkező sugárzás a felületek tagoltsága miatt nagyobb területen nyelődik el. E réteg hőmérsékletét jelentősen növeli az emberi tevékenység hőkibocsátása, melyet a mesterséges anyagokkal fedett felületek tovább megtartanak. A burkolt, aszfaltozott felszín gyorsabban és magasabb hőmérsékletűre melegszik fel. [19]

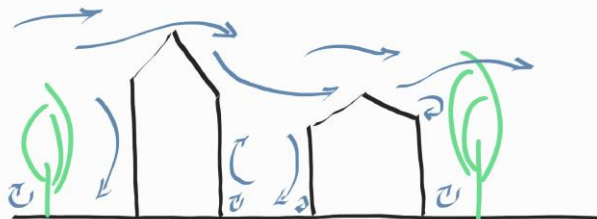
Mezoszkála 3 km – 100 km



Lokális skála 100m – 3 km



Mikro skála <100 m



8.ábra: Városi levegő áramlása Alkalmazott és városklimatológia alapján

### 2.2.5 Hőmérséklet

Különböző méretű zöldfelületek különböző léptékű klimatikus viszonyokat képesek befolyásolni. Méretükből adódóan képesek módosítani a levegő áramlásának irányát, a levegő

hőmérsékletét, páratartalmát, légszennyezettségét és jelentősen hozzájárulnak a város klímájához.

A vízszintes zöldfelületek hűtési potenciáljának fontos része azok árnyékoló képessége. Létezik mérési módszer, amely képes a növényzet általi árnyékoltság megállapítására, a LAI (Leaf Area Index), amelyet a későbbiekben fel is használunk kutatási eredményeink prezentálására.

Városon belüli parkok 60-80 méteres átmérőtől képesek létrehozni hűvös szigeteket, melyeknek hő- és páraháztartása a természetes felületekéhez hasonló. Méretüktől függően akár 2 kilométeres sugárban képesek hatni.

A park területe (ha)	Átlagos hűtő hatás mértéke (°C)	Hatástávolság
500	2	~2 km
60	1,5	~1 km
0,5	1,5	150 m
0,24	1-2	20 m

9.ábra: Hűvös sziget hatásfoka

Ahhoz, hogy a kívülről érkező légáramlatok is bekapcsolódhassanak a hűvös szigetek által keltett pozitív hatásokba, meg kell oldani a levegő odajuttatását a peremterületekről. Erre megfelelő módszer lehet szellőző folyosók, fasorok telepítése és nagyobb zöld területeket összekötő zöld gyűrűk kialakítása. [19]

*„Sok kisebb területű, sokrétű, egymással összefüggő vegetációs háló hatékonyabb, mint egyetlen nagyobb felület, ugyanis a hőmérséklet- és légcseré a peremzónákban bonyolódik le.”.* [14] A burkolt felületek és növényzettel telepített udvarok közötti hőmérsékletkülönbség levegőmozgást hoz létre.

Ezt a kölcsönhatást az egyenlítőhöz közel élő népek beépítették saját építészeti kultúrájukba. Egyiptomban például a legtöbb lakóház rendelkezett olyan átmeneti térrel, mely két udvar közötti pihenőhelyként szolgált (taktabush). Az egyik udvar burkolt felülete miatt felmelegedett, míg a másik sűrű növényzettel vagy vízzel telepített udvar hűvös maradt, így keletkezett közöttük az átmeneti téren keresztüli cirkuláció.

A klímaváltozás következményeként eddig megszokott klimatikus viszonyaink megváltoznak. Ennek fényében érdemes tanulnunk más népek hagyományaiból, melyek környezeti terhelés nélkül képesek hatni az épületek mikroklímájára.



A biológiailag aktív területek jelentős hatással bírnak a hősziget-jelenség elleni küzdelemben. **A párologtatás a légszennyezés mérséklése és a városi szellőzés elősegítése játékonan befolyásolja a hőszigetet.** Emiatt fontos azok felületének növelése városaink szerkezetében.

### 2.3 Zöldfalak hatásaival foglalkozó tudományos cikkek

A vízszintesen elhelyezkedő növényzet mellett manapság egyre gyakrabban felmerülő lehetőség a függőleges felületen elhelyezett vegetáció. Sok szempontból lehet „divatosnak” nevezni, mivel nemcsak esztétikai eleme lehet a városképnek, hanem műszaki és klimatikus szempontból is előnyös. Egyre több kutatás születik a témával kapcsolatban, alább három tudományos cikket foglaltunk össze, melyek a zöldhomlokzatok hatásaival foglalkoznak.

**Green walls, a critical review: knowledge gaps, design parameters, thermal performances and multi-criteria design approaches – 2020.** [20]

*Fabrizio Ascione, Rosa Francesca De Masi, Margherita Mastellone, Silvia Ruggiero and Giuseppe Peter Vanoli*

A cikkben kijelentik, hogy a korábbi zöldfallyal foglalkozó kutatások és tudományos cikkek nem vizsgálják teljeskörűen a zöldhomlokzatok hatását, rávilágítanak az általános zöldfalvizsgálati módszerek hiányosságaira, mint a falra és belső komfortra erőteljesen ható beltéri épületfizikai hatások. A zöldhomlokzat kialakítását befolyásoló paraméterek integrálása igen összetett feladat, amit ez a kutatás is csak részben volt képes vizsgálni. Fontos eredményük a belső terhelések és a különböző éghajlatok klimatikus viszonyainak figyelembe vétele vizsgálati szempontjaik között.

**What's 'cool' in the world of green facades? How plant choice influences the cooling properties of green walls – 2014.** [21]

*Ross W. F. Cameron, Jane E. Taylor, Martin R. Emmett*

A tanulmány hat különböző (borostány, tisztesfű, lonc, prunus, fukszia, jázmin) növény hatását vizsgálja falazott szerkezet előtt. Megpróbálja meghatározni, hogy milyen növénytulajdonságok határozzák meg a zöldfalak hűtési potenciálját. A növényzet hűtő tulajdonságainak vizsgálatára talált egy tényezőt, ami az adott növényfajta jellemzője, ez a LAI (Leaf Area Index). Diagrammokon ábrázolja a különböző tényezők hűtő hatását

(párologtatásból származó, növényzet árnyékából adódó, ültetőközeg párolgásából származó) és a növények LAI értékének összefüggéseit.

### **Thermomodernization of buildings with the utilization of green walls – 2019 [22]**

*Malgorzata Wesolowska, Marta Laska*

A cikk elsősorban történelmi épületeken elhelyezett vegetációval foglalkozik, az épületek energiafogyasztásával kapcsolatban kutatja a zöldhomlokzatokban rejlő lehetőségeket, termikus korszerűsítésre vonatkozó hatásaira koncentrál. Konklúziójaként kimondja, hogy a zöldfelületek képesek javítani az épületek energiaháztartásán, javítják a falszerkezetek nedvességgazdálkodását, pozitív hatással vannak magára az épületszerkezetre és a beltéri levegő minőségére. A külső tényezőkkel kapcsolatban igazolja a zöldfalak szén-dioxid és levegő hőmérséklet-csökkentésének hatását.

Ezek alapján elmondható, hogy nemcsak a parkoknak, fasoroknak és ligeteknek vannak kedvező hatásai, hanem a város klímáját lehet zöldhomlokzatokkal befolyásolni.

## 2.5 Budapest VII. kerületének kialakulása és története

A zöldfelületek hiánya egész Budapestre jellemző, azonban a belvárosra fokozottabban igaz ez a probléma, ezen hiány következtében a fentebb említett jelenségek itt összpontosulnak. A VII. kerület a hősziget jelenség szempontjából az egyik legsúlyosabb állapotú terület. Tapasztalataink szerint ezek a problémák valóságok, mivel saját bőrünkön is megtapasztalták közülünk ketten, amikor ott éltünk.



10. ábra: Budapest VII. kerülete és annak környezete

Erzsébetváros Budapesten belül a Duna folyó bal partján található. Délkeletről országos és városi jelentőségű forgalmat lebonyolító Rákóczi út, a Thököly út és Verseny utca (VIII. Kerület), Délnyugatról a Károly körút (V. Kerület), Északnyugatról a Király utca, Városligeti fasor (VI. Kerület), Északkelet felől pedig a Dózsa György út és a Városliget (XIV. Kerület) határolja. Az északkeleti határvonalát kivéve nagyvárosias jellegű, sűrűn beépített városrészekkel van körülvéve. Budapest legkisebb területű ( $2,09 \text{ km}^2$ ), azonban nem csak budapesti, hanem országos viszonylatban is legnagyobb népsűrűségű kerülete:  $24\,607 \text{ fő/km}^2$ , amely kiugróan magas a rangsorban öt követő VI. kerülethez képest is:  $16\,302 \text{ fő/km}^2$  [23]

Erzsébetvárost, azaz a VII. Kerületről az 1700-as évek előtti időszakról igen keveset tudunk. A régészeti emlékek hiányának magyarázata a területnek vízrajzi-domborzati viszonyaiban keresendő. Jelen ismeretek szerint összességében megállapítható, hogy a mai kerület területe nagyrészt a vízrajzi-domborzati viszonyok következtében alkalmatlan volt mezőgazdasági tevékenységre, az őskortól egészen a középkorig, ami miatt lakatlan maradt a terület.



Területi szempontból ma három nagy egységre tagolódik, ami a Kiskörút és a Nagykörút közötti rész (belső városrész), a Nagykörút és a Rottenbiller utca közötti szakasz (középső városrész) és a Rottenbiller utca Dózsa György út közötti szakasz (külső városrész). Az utóbbi további három részre bontható városszerkezeti és beépítési szempontból, ezek a Városligeti fasor környezete, a Keleti pályaudvar mellett található háromszög területen kialakult néhány tömb, illetve a Rottenbiller és Dózsa György út között található “Csikágó” szakasz.

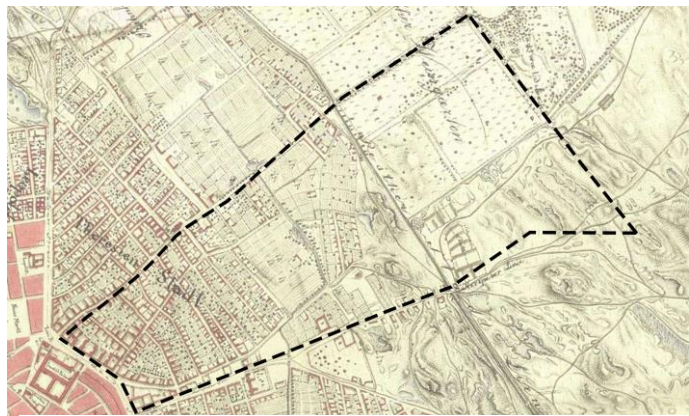
A kerület mai közigazgatási területének kialakulása azonban közel három évszázados múltra tekint vissza. Az 1700-as évek első pár évtizedéig csak Pest városfalain belül koncentráldott a népesség, majd ezt követően a század folyamán folyamatosan alakult ki a mai Belső-Erzsébetváros városszerkezetét is



11. ábra: Magyarország (1782-1785) - Első Katonai Felmérése

meghatározó utcahálózat. Ekkor még Erzsébetváros, mint önálló városrész nem létezett, Terézvároshoz tartozott. A külvárosi házak száma 1726 és 1769 között 865-re, míg 1792-ben már 1176-ra emelkedett, ebből Terézvárosban 559 db volt, így a XVIII. század végére Pest legnagyobb külvárosává vált. [24]

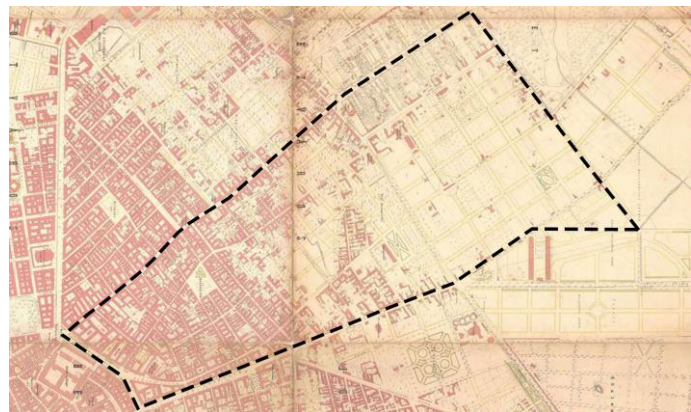
A század végére sűrűbben parcellázott területté vált, amely a Rákos-árokig (mai kb. Nagykörút vonala) húzódott. Ezt keleti irányban felváltották a szélesen elterülő majorságok egészen a Városárokig (Liniengraben), amely a mai Rottenbiller és Szív utca vonalában húzódott. Itt még a határon belül szigetszerűen alakult ki az első falusi jellegű település, ez a mai Lövölde tértől délnyugatra található. [25] A mai Király utca feltehetőleg a török uralom alóli felszabadulást követően alakult ki, és azért válhatott az akkori Felső-Külváros fő szerkezeti tengelyévé, mert jelentős, regionális útvonal volt.



12. ábra: (1823) Pest-Buda-Óbuda áttekintő katonai

A Liniengraben vonalát a század utolsó éveiben lépték át, amikor kialakították a Városligetet, és 1800-ban a Király utca meghosszabbításából ide vezető utat a mai Városligeti fasort. A 18. század végétől indul meg a mai Belső-Erzsébetvárosban a népességnövekedés és beáramlás, majd a 19. század első évtizedeiben felerősödik. 1838 márciusában jegesár pusztított a pesti oldal jelentős részén is, melynek felmérése alapján észrevehető, hogy még előfordulnak foghíjak, azonban már jellemzően a zárt sorú beépítés a meghatározó, és nem ritka a telkek zártudvaros körbeépítés sem. A külső városrész irányába is megindul a terjeszkedés. A mai Dob és Rákóczi utca kifut a Liniengraben-ig, a létrejött falusias jellegű település északnyugati irányban kezdett terjedni, a mai Király utca dél-keleti oldalán is házak állnak, illetve a Dohány utca a mai Alsó erdősor utcánál ér véget, ahol a Szövetség utca környezetében egy újabb település kezd kialakulni lenni. Ekkor már 1381 db ház állt, melyből csak 166 maradt éppen az jegesár pusztításai miatt. 1839. októberében egy építkezési irányelv foglalta rendszerbe az új épületek kialakítását, melyben meghatározták, hogy a földszintet boltozni szükséges, a padozatot a járdaszint fölé kell helyezni, a főfalak vastagsága a felső szintektől lefelé folyamatosan növekedjen, és kizárólag jó követ vagy kellően kiegészített téglát, és habarcsot lehessen használni. Az árvíz okozta városrendezési beavatkozások nem voltak jelentősek Pest városban, azonban ekkor alakították ki a mai Lövölde teret (1840), Klauzál teret (1854), és kitűzték a Wesselényi utca vonalát.

Az 1872-ben készült Halácsy Sándor felmérési és szabályozási térképén jól látható, hogy a beépítettség a Városliget irányába folyamatosan terjeszkedik, mivel a Király és Dob utca közötti terület eléri a mai Csengery utcát, a Dohány és Rákóczi utca közötti terület a Rózsák teréig, illetve a Rottenbiller



13. ábra: (1872) Pest belterületének városrendezési térképe

utcaig nyúlnak. A Dob és Dohány utca között a Marhavásártér által létrejött beépítés a terjeszkedésének hatására már ezt a két utcát összeköti, továbbá a mai Wesselényi utca 1872-ben már a mai Kertész utcáig tart, amely mind a két oldalán legnagyobb részben zárt sorúan beépített. Ezekből a forrásokból jól megállapítható, hogy a ma is meglévő Középső-Erzsébetváros parcellázása, úthálózata a XIX. század második felében kezd kialakulni, és az 1872-es szabályozást követően fog felerősödni.

A mai Külső-Erzsébetvárosban a századforduló körül kezdődő szabályozási terv hatására indul meg a külsőbb területekre való terjeszkedés. Ekkor jönnek létre a Városligeti Fasor menti szabadonálló épületek, a Damjanich utcát délkeletről szegélyező házak, a sakktábla szabályosságú utcahálózat a mai Thököly és Damjanich utca között (amit a pesti köznyelv „Csikágó”-nak nevez), illetve a szerkezetileg teljesen elkülönülő jelenlegi Keleti Pályaudvar mellett fekvő háromszög alakú tömb.

Az egyik legfontosabb eleme a szabályozásnak a mai Andrássy út, amelynek egyik fő feladata a szűk és forgalmas Király utcát tehermentesíteni, és a Nagykörút, aminek viszont a középkori utak közébe települt külvárosok közötti közvetlen és gyors összeköttetést kellett biztosítania.

1873-ban lett ketté osztva Terézváros, és 1892-től hívják Erzsébetvárosnak, ezt követően 1894-ben lépett életbe az építésügyi rendszabály, amely egészen az I. világháborúig tarott. Ekkor engedélyezték a belső övezetekben a rendkívül kis telkek létrehozását (240-250 m<sup>2</sup>), míg kívül ez jóval nagyobb volt (570-3600 m<sup>2</sup>). A kicsi telekméret az utca szélességéhez viszonyítva a telken belül azt eredményezték, hogy magas volt az építési sűrűség. A legnagyobb épületmagasságot az utcák szélességéhez kötötték. Kétemeletest (max. 16 méter) bárhol lehetett építeni, de 25 méternél magasabbat sehol. Egy 10 méter széles utcában már lehetett 21 méter magas háromemeletes házat emelni, ennél magasabb csak a 15 méternél szélesebb utcákban lehetett. Az udvarméret minimuma csak 15 % volt, később 20 % lett. Ebben az időszakban sorra bontják le az 1840-60 között épített földszintes vagy max. 1-2 emeletes épületeket, melynek következtében egyesítették, többfelé osztották, átszervezték a telkek struktúráját, így elkezdődik nagyrészt a háromemeletes épületek építése. Ekkor épült a legtöbb lakóépület (bérház), melyek legnagyobb részben zárt soros és zárt udvaros beépítésűek lettek. A bérházak beépítési magassága, alaprajzi alakja, udvarmérete, udvar légtéraránya igen változatos kialakításúak lettek.

Továbbá a Városligeti fasor villái, ennek az időszaknak a középületei, melyek szintén jelentősen meghatározzák a mai település- és utcaképet.

A XX. század kezdetén emelkedik az emeletszám, melynek következtében változatosabbá és érdekesebbé



14. ábra: (1908) Budapest közigazgatási térképsorozata

válí az utcakép. 1890-ben 1716 ház volt található Erzsébetvárosban, melyeknek fele földszintes, 18 %-a 2-3 emeletes, és ezekben összesen 16 212 lakás volt. Ezzel szemben 1900-ra már 2297 ház van 30 043 lakással. 1930-ig a házak száma 33 %-kal még emelkedik, viszont az akkor külterületnek számított mai Zugló városrész is Erzsébetvároshoz tartozott, melyet 1930-ban leválasztottak (Városliget és tőle keletre fekvő területek). A külterület leválásával a földszintes házak száma 944-ről 103-ra csökken, a házállomány 1573-ra, míg a lakások száma 31 959-re. A századfordulót követő évektől kezdve egészen máig elmondható, hogy lényeges épületállomány és lakásszám növekedés nem számottevő. 1990-ben 1351 lakóház és 35 473 lakás volt a kerületben, melyeknek közel 70 %-a több, mint 90 éves, közel 20 %-a 70-89 éves volt, és csupán 10%-a volt 70 évesnél fiatalabb. Mára a lakásszám 37 081-re növekedett a kerületben, amellyel csupán néhány százalékkal mozdítja el az arányszámot. Ezekből az adatokból jól látható, hogy ma már a kerület épületállományának 90 %-a 100 vagy több éves, így a ma köztünk lévő épületállomány igen nagy hányada már az 1900-as évek elejétől jelen vannak.

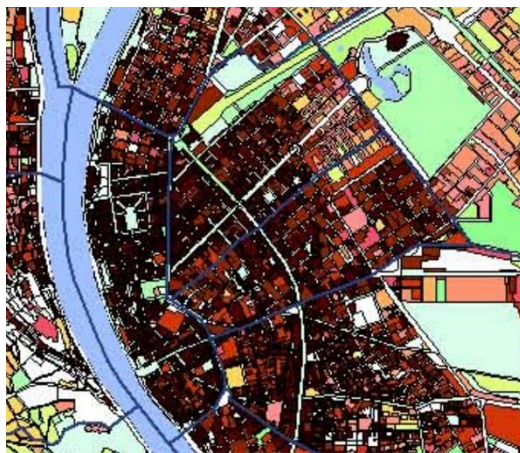
## 2.6 Budapest VII. kerülete jelenleg

A XXI. századi Erzsébetváros beépítése döntően és alapvetően a nagyvárosias jellegű, zárt soros és sűrű beépítés jellemzi, amely csak néhol lazul fel. A kerületben napjainkban a 2 szint alatti épületek száma mindössze 6 %, 2-3 szintes épületek száma 26 %, 4-5 szintes épületek száma 49 %, és a 6 vagy annál több szintes épületek 19 %-ot tesznek ki, melyek közel 100 %-a a főbb útvonalak mentén helyezkednek el.

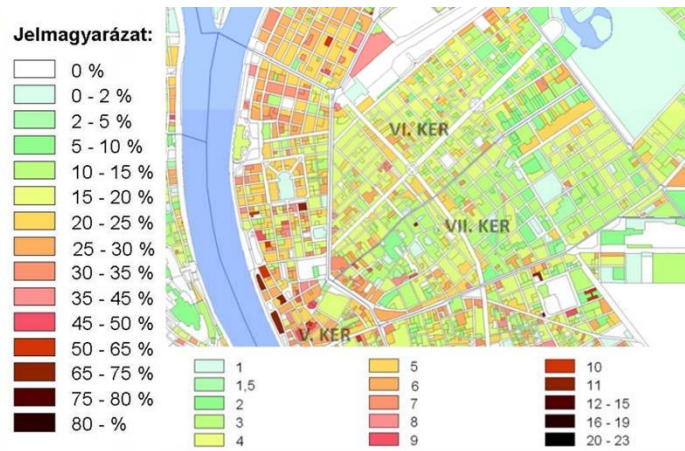
A VII. kerület településképileg, illetve utcaképileg is fontos, meghatározó eleme az épületek homlokzati építészeti kialakítása, fedése, díszítése, stílusa miatt. Építészeti stílusokat tekintve a leggazdagabb kerület, ennek köszönhetően igen gazdag védett épített örökségünkben is. Vannak a világörökséghez tartozó részei, 134 db I. és II. kategóriájú műemléki épület, általános védelem alatt áll 22 db, műemléki környezet 49 helyen van kijelölve, illetve fővárosi helyi védett épület 48 db, épületegyüttes pedig 3 db van. A legtöbb védett műemléki épület Belső-Erzsébetvárosban van, valamint a Rottenbiller utca környékén. Fővárosi védett épület a három kerületrészben nagyjából egységes mennyiség van. Az épületek stílusa ugyan sokszínű, a klasszicistától a szecesszióig keresztül a modernig mind megtalálható, az utcakép irányába mutató homlokzatok anyaghasználatban is változatosak: vakolat, téglák, kő vagy az üveg. A



tetőformák hasonlóan változatosak, nagyrészt az utcával párhuzamos gerincű magastetők melyek cserépfedésűek, főútvonalak mentén a sarkokon tornyok.[26]



15. ábra: Beépítés mértéke



16. ábra: Szintszám szerinti megoszlás

A városrész igazi különlegességnek számít, ugyanis Erzsébetváros nemcsak budapesti viszonylatban, hanem országos szinten is kiugróan magas adatokat produkál lakóházszám, lakásszám, népességszám, beépítettség mértéke, zöldfelületek és burkolt felületek arányának tekintetében. Budapestet és a VII. kerületet összevetve jól láthatók ezek a kardinális különbségek: a lakások 4 %-a ebben a kerületben található, holott a területhez viszonyítva Erzsébetváros csak 0,4 %-ot foglal el Budapesten, melyből következhet a nagy népsűrűség: 24 607 fő/km<sup>2</sup>, ez Budapesten: 3 333 fő/km<sup>2</sup> [23]. Érdekes belegondolni abba, hogy a népsűrűség 1941-ben 67 103 fő/km<sup>2</sup> volt, ami a maihoz viszonyítva több, mint háromszorosa. Ma az erzsébetvárosi lakások 80 %-a kizárólag úgynevezett udvari vagy körfolyosóra nyíló lakás, melyek nagy részének benapozása a szűk udvarok miatt minimális, szellőzésük nincs megoldva. [27] A zöldterületek nagysága 21 ezer m<sup>2</sup>, amik közé a nagyobb terek tartoznak (Klauzál tér, Almássy tér, Rózsák tere) a burkolt felületekhez viszonyítva igen alacsony, az egy főre jutó zöldfelületek mértéke így jelenleg cca. 0,4-0,5 m<sup>2</sup>/fő, mindössze a kerület 1 %-t fedi zöldterület, ezzel **a főváros legkisebb zöldterülettel rendelkező kerülete. Az alacsony zöldfelület és burkolt arány visszavezethető a XIX. század végig, és az azt követő évtizedekre.** A kerület mai megjelenése, beépítettsége, már ekkor „készülőben volt”, aminek jelentős része ma is köztünk van. Ez a korábban említett szabályozást követően a „*modern urbanizáció csalhatatlan jeleként*” [28] vette kezdetét a dömping-szerűen épített bérházak sokaságával. Emiatt alakult ki a rendszertelen építkezés, és okozott kiugróan magas laksűrűségű, és lakosság számú mutatókat a területen, mivel a befektetők, építésszek, és városatyák számára inkább az érdek dominált. Ezzel együtt a fentebb említett három nagyobb

zöldterületű tér már ezekben az időkben kialakult, azóta ekkora kiterjedésű (5-9 ezer m<sup>2</sup>) zöldfelület nem létsült, csak néhány kisebb pl. Szenes Hanna Park (ca. 350 m<sup>2</sup>).

Az imént említett okok miatt ma már csak akkor találunk egy-egy vízszintes szabad területet, azaz foghíjtelket, ha épp lebontanak egy épületet, azonban ezek nem lehetnek megoldási potenciálok, mivel igen nagy valószínűséggel a közel jövőben beépítésre kerülnek. Más alternatív megoldás felé kell keresnünk, amely lehetőség lehet zöldfelületek kialakítására, és csökkenthetik a hősziget-hatást, illetve javíthatják a kerületben élők életminőségét, élhetőbb közeggé formálva azt. A vízszintes felületek hiányában ezért -amit a témánk alcíme is tartalmaz- egy olyan alternatív módot választottunk, amelyben óriási lehetőség lehetne a városi zöldfelületek mennyiségének növelésére. Mi lenne, ha a jövőben létesítendő zöldfelületek nagy hányadát az épületállományokon vertikálisan helyeznénk el? Erzsébetvárosban számtalan helyen alakultak ki látható tűzfalak, melyek részben vagy egészben is megtalálhatók. **Ugyan az egész kerületben, sőt, a környező, hasonlóan sűrűn beépített kerületekben (pl. VI. kerület) is igen intenzív hatással van jelen a hősziget probléma, és a vegetáció minimális jelenléte, mégis Erzsébetváros az, ahol a problémák a szélsőségeket súrolják annak magas népsűrűsége miatt.** A kerület maga 2,09 km<sup>2</sup>, amely ugyan kicsi, mégis úgy láttuk, hogy a három nagyobb rész közül kiválasztjuk a legkedvezőtlenebb helyzetben lévő, és azt fogjuk mintaterületként vizsgálni. Több szempontból is **Középső-Erzsébetváros** az a városrész, ami a jelen körülmények szerint a legdrasztikusabban érintett terület.

### 3. Zöldfalak alkalmazhatóságának lehetőségei belvárosi szituációban

#### 3.1.1 Zöldfelületek vizsgálata a kerületben

A történeti kutatásból kiderül, hogy Erzsébetváros középső szakasza a legkritikusabb része a kerületnek, amit az itt fellelhető zöldterületek aránya is alátámaszt. Teljes területe 60 ha, melyen mindössze 0,13 ha közterületi zöld található. Természetesen a többi kerület részben sem sokkal magasabb, viszont ha az elszórtan lévő utcamenti fasorokat vagy tömbök belső udvarán található néhány fát vizsgáljuk, akkor rendkívül alacsony értékeket mutat ez a terület. Itt találhatóak a legkeskenyebb belső udvaros épületek, a legnagyobb százalékban beépített tömbök, emiatt a legnagyobb mértékben burkolt felületek.

**Egyértelműen látszik, hogy a WHO által ajánlott 9 m<sup>2</sup>/fő zöldfelületi mutatótól jóval elmarad a VII. kerületi 0-2 m<sup>2</sup>/fő mutatója.** Paradox módon az ilyen sűrűn beépített városi környezetekben a legintenzívebb a zöldterületek használata. A kerületre jelentős hatással van a Városliget 100 hektáros területe, melynek friss levegője a Városligeti és további jelentősebb fasornak köszönhetően érinti a sűrűn beépített városrészeket is. A felszín tagoltsága miatt azonban a friss levegő elakad, szellőző folyosók hiányában nem képes a kerületbe mélyebben behatolva légmozgást okozni.



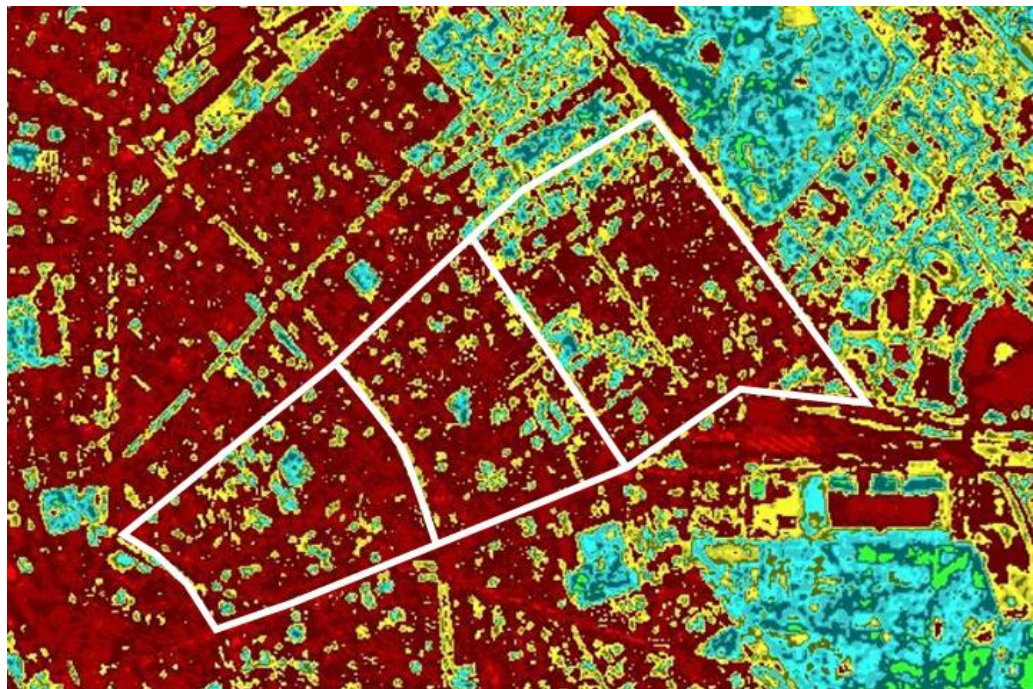
17.ábra: Városliget hatása a környezetre



Véleményünk szerint klimatikus szempontból legjelentősebb felületek a nagyobb közhasználatú terek (Almássy tér, a Rózsák tere, Lövölde tér és a Klauzál tér), amik már az 1800-as évek végétől léteztek, illetve a magánterületek zöldterületei (SZIE-ÁOTK kertje, Városligeti fasor környezete) és a kerület közvetlen környezetében elhelyezkedő jelentősebb zöldfelületek (Városháza Park, Erzsébet tér, Hunyadi tér, II. János Pál Pápa tér, Városliget). A fasorok jelentősége sem elhanyagolható. (Károly körút, Erzsébet körút, Rottenbiller utca, Hutyra Ferenc utca).

A kisebb léptékű klimatikus befolyást az elszórtan elhelyezkedő magán- és közhasználatú zöldterületek biztosítják, amelyek befolyása a mi gondolataink szerint nem mellékletes, még a Városligethez mérten sem. Ám ezek az apró zöldfelületek szigetszerű elhelyezkedésük miatt nem képesek rendszert alkotni. Ebből adódóan nem túl nagy hatékonyságúak, és csak lokálisan oldanak meg hősziget okozta problémákat. [5] A zöldterület növelése céljából Erzsébetváros vezetése bizakodó a kerület tűzfalainak zöldfelületként való hasznosításával kapcsolatban.

Az alábbi vegetációs index térkép részletesen jelzi a lehülő felületeket, tartalmazza a belső udvarok, zöldtetők és parkok zöldjét. A vegetációs index jól mutatja, hogy a VII. kerület középső szakasza a legproblémásabb.



18.ábra: Vegetációs index térkép



### 3.1.2 Zöldfelületi arány növelésének lehetősége

Hősziget jelenség mérséklése érdekében a kerület zöldfelületeinek gyarapítását tűztünk ki célul. A sűrű beépítettség, az előforduló védett vagy műemléki környezet és a magas ingatlanpiaci árak miatt vízszintesen elhelyezett növényzet létesítése nem reális megoldás, mely még foghíjtelek esetén is csak minimális többletfelületet jelentene, emiatt meg kell fontolni a függőleges felületek felhasználását is. Milyen tulajdonságú falak alkalmasak zöldfalnak? Csak a tűzfalak jöhetnek számításba? Mik azok az alapfeltételek, amelyek befolyásolják a zöldfal szerkezetének választását?



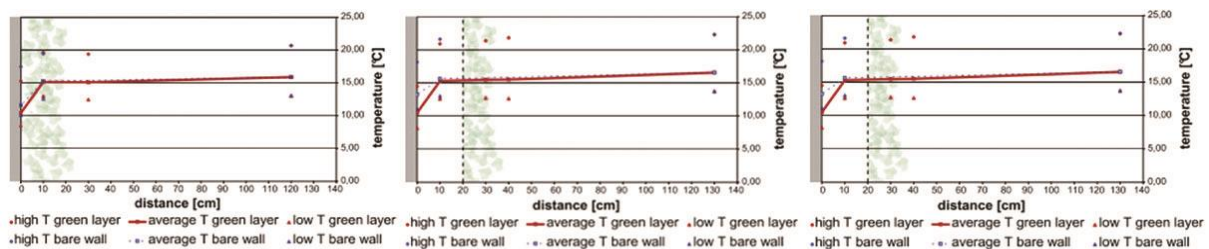
19.ábra: Belső-Erzsébetváros növényzete

Van-e reális lehetőség a belső városrészekben a városi hőszigetjelenség hatásainak csökkentésére az épületállományon elhelyezett zöldfelületekkel? A felsorolt hősziget-redukáló eszközök közül (magas albedójú anyagok használata, vízáteresztő burkolatok alkalmazása stb.) növényzet telepítés kapcsán csak két dologról tudunk beszélni: hőmérséklet-csökkentésről és az épületek többletenergia kibocsátásának megakadályozásáról.

**A mi véleményünk az, hogy zöldfalakkal képesek lehetünk befolyásolni a hősziget okozta hatásokat,** ugyanis növényzet létesítése már önmagában hatékony, mivel nem engedi felmelegedni a mögötte lévő szerkezetek felületét, viszont engedi átszellőzni. Emellett a párologtatás hőt von el környezetéből, mellyel csökkenteni is képes a levegő hőmérsékletét. Történtek már ezzel kapcsolatos kutatások, ami vizsgálja a fasorok, a zöld parkok, zöldtetők

és a zöldhomlokzatok léghőmérséklet-csökkentő hatását. Ezek az anyagok inkább összehasonlítás céljából hasznosak, nem tartalmaznak részletes adatokat. [29] Ez alapján a fasorok 1°C-kal, a zöld parkok 2,4°C-kal és a zöld homlokzatok 0,3°C-kal képesek csökkenteni a levegő hőmérsékletét. Egy másik kiadványban a zárttetőknek hőszigetetre vonatkozóan 1,7°C-os mérséklést tulajdonítanak. [30]

Összességében elmondható, hogy a zöldhomlokzatok szintén hozzájárulnak a levegő hőmérsékletének csökkentéséhez, de más módon, mint az egyéb zöldfelületek. Ha egy fát vizsgálunk, a hőfokeséshez annak árnyékoló képessége járul hozzá leginkább, zöldhomlokzat esetén viszont a legfontosabb jellemzők a növényzet párologtatási képessége, a növény árnyékának mérete, illetve a zöldfal hőtároló tömegének nagysága. Ezek inkább nyárra vonatkozó adatok, télen a hősziget problémát nem hőmérséklet, hanem szállópor koncentráció csökkentéssel tudjuk mérsékelni.



20. ábra: Hőmérséklet változása zöldhomlokzat előtt, balról jobbra: direkt kúszó, indirekt kúszó, indirekt nem kúszó növényes

### 3.2 Zöldfal tipológiájának továbbfejlesztése

A zöld homlokzatok csoportosítási lehetőségei igen változatosak. Dolgozatunkban alapként a *Zöldhomlokzatok, Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki es kertészeti útmutatója* című tanulmányt vettük alapul a növényfalak csoportosításához. [14] A kiadványban az alkalmazható növények alapján tárgyalják az egyes megvalósítási lehetőségeket. **Ebben a fejezetben egy rövid áttekintés során ismertetjük a zöldhomlokzat típusokat a falfelület fogadóképessége szerinti csoportosításban.**

Dolgozatunkban nagy hangsúlyt fektetünk a kúszó növények használatára, mivel az már most is kedvelt látványelem Magyarországon. Könnyebb karbantartani, gazdaságosabb, azonban használatát több faktor korlátozza. Ilyen jellemzők például a napfényes órák száma, a növény kapaszkodó mechanizmusa. Ezzel szemben az egyesével, kisebb ültetett növényekből álló homlokzatok növényválasztékában könnyedén találhatunk számunkra megfelelő, kialakítása nagyon sokszínű lehet, viszont azok karbantartása és installációs költsége igen magas.

E tanulmány szempontjából sok esetben más tulajdonságokat véltünk relevánsnak, így kerültek két csoportba a kúszó és nem kúszó növényekkel kialakított zöldfal típusok, melyek kialakítási módjai szerint kerültek további alkategóriákba.

Fontos megjegyezni, hogy ugyan minden rendszer installálható direkt és indirekt módon, azonban a nem kúszó növények esetében ezt nem javasoljuk, mivel nagyobb eséllyel vet fel épületfizikai problémákat. Egyik oka, hogy a nem taljból eredeztethető növények fenntartásához mindenképpen mesterséges öntözőrendszer kialakítása szükséges. Az indirekt módon elhelyezett növényfalak hő-, hangszigetelő képessége és LAI értéke növekszik, melyek igen pozitív tulajdonságok.

A **direkt kúszó** (21. ábra) növényes homlokzati típus lényege, hogy a növény közvetlenül a fal felületéhez tapad, nem igényel támszerkezetet. Ezek jellemzően légygökerekkel vagy tapadókoronggal kapcsolódnak a felülethez. Ilyen rendszerben alkalmazhatunk például borostyánt (*Hedera helix*) vagy vadszőlőt (*Parthenocissus spp.*). A növény kapaszkodását segíti az érdes felület. Fontos, hogy ebben az esetben a falazat minden rétege méretezett legyen a növény súlyának viselésére. Nagyobb növények esetén előfordulhat, hogy a főágakat szükséges a falszerkezethez rögzíteni, hogy biztosan a helyén maradjon nagyobb viharok esetén is.



21.ábra: Direkt típusú zöldhomlokzat





22.ábra: Indirekt típusú zöldhomlokzat

Az **indirekt kúszónövényes** (22. ábra) zöldfal növényei lehetnek támszerkezetet igénylők és nem igénylők is. Azok a növények, melyeknek mindenképp szükségük van valamilyen segédszerkezetre, kapaszkodási módjuk szerint lehetnek támaszkodók (rózsa – *Rosa spp*), kacsosak (kék golgotavirág – *Passiflora caerulea*) és csavarodóak (lilaakác - *Wisteria spp*). Támszerkezetük lehet vonalas vagy felület jellegű. A támszerkezet kialakítása mind anyagában mind megjelenésében sokszínű lehet. Külleme azért fontos, mert téli hónapokban a legtöbb kúszónövény lehullajtja leveleit, így a homlokzat meghatározó eleme lesz.

A **csüngős** (23. ábra) növényekkel kialakított homlokzatok minden esetben a talajtól eltartott ültetőedényes kialakításban készülnek. Az ültetőedényeket egymástól ajánlott legalább 1-1,5m távolságba helyezni, hogy a növények ne árnyékolják egymást. Lehetséges növénypéldája a téli jázmin (*Jasminum nudiflorum*). A csüngő és futó növények alkalmasak épületkonzolokon erkélyeken és azok korlátain való elhelyezésre. Szép, folyamatos felületet adva a lehető legköltséghatékonyabb módon.



23.ábra: Csüngős növényzettel kialakított zöldhomlokzat

A nem kúszó növényvel kialakított homlokzatok első nagy csoportja az **ültetőedénysoros** (24. ábra) kialakítású zöldfelületek. Ebben a verzióban vízszintesen, közvetlen egymás mellé sorolják az ültetőedényeket, függőleges értelemben egymástól max. 50 cm távolságban. Ez biztosítja a felületek fedettségét, de lehetőséget ad a szoros és hézagos kialakításra is.



24.ábra: Ültetőedény-soros zöldhomlokzat



A **filces** (25. ábra) rendszerű zöldfalakat jellemzően fém, műanyag vagy kompozit hátlapra szerelik. A hátlap a teherhordó réteg, erre szerelik a több rétegű filcet. A filces rendszerek biztosítják a leghomogénebb felületi képet, ezt elősegíti a filc színének változtathatósága is. Ezek mellett hátszerkezetének és dús növényborítottságának köszönhetően a felületen keresztül jutó szél mérsékeltebb. Ez pozitív hatással van annak hang- és hőszigetelő képességére.

A **kazettás** (26. ábra) kialakítású zöldfelületek gyakran előnevelt növények felhasználásával épülnek ki, melyek gyors elhelyezését a fém vagy műanyag kazetták moduláris kialakítása segíti. Emiatt a modularitás miatt ezen típusú zöldhomlokzatok széles méretskálán helyezkedhetnek el. Ezeken az előnevelt paneleken kúszó és nem kúszó növények egyaránt elhelyezhetőek.

A módosított tipológia lényege tehát a fogadó szerkezet szerinti relevancia. **Az egyes növényfal típusok növényválasztás függvényében hatnak a hősziget-hatásra, azonban a növények kiválsztását a zöldfal típusa nagyban befolyásolja.** A szakirodalomban megjelenik angolszász területeken való használat és a Magyarországon való használat szerinti csoportosítás, azonban ezek inkább a növényfal szerkezet típusaira és annak növényhasználatára fektetik a hangsúlyt.



25.ábra: Filces zöldhomlokzat



26.ábra: Kazettás zöldhomlokzat

### 3.3 Középső-Erzsébetváros lehetséges felületeinek kiválasztása

Területünkön nem egyértelmű a lehetséges felületek kiválasztása, hiszen lehet, hogy első gondolatunk egy rossz állapotban lévő fal láttán az lenne, mindenképp erre kell növényzetet telepíteni, azonban ez nagy eséllyel nem igaz.

**Annak érdekében, hogy Erzsébetvárosban minél több zöld fal valósulhasson meg, szükség van egy összefoglaló rendszerre, amely áttekinthetőséget biztosít a számtalan zöldfaltípus között.** Az összefoglaló rendszer két legfontosabb eleme a kerület faltípusainak elkülönítése és a zöldfalak típusainak meghatározása, amely több kutatásban is rendezett és jól áttekinthető formában megjelenik. A zöldfalak típusainak meghatározásához legteljesebb magyar példa a *Zöldhomlokzatok - Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója* szolgált alapul. [14]

Ahhoz, hogy a kerület falait osztályozni tudjuk kialakítottunk egy szempontrendszert, amely arra hivatott, hogy a zöldhomlokzatok kialakításának feltételei szerint értékelje falainkat. A szempontok meghatározása során nagyon sok olyan lehetőség szóba került, melyek előzetes gondolkodásaink során ugyan biztos pontnak tűntek, azonban jobban megvizsgálva azokat rájöttünk, hogy a zöldfalak szerkezeteit nem befolyásolják, így a szempontrendszerbe sem

kerülhettek be. Leginkább kézenfekvő, azonban teljességgel irreleváns szempont például a falak anyaga volt, de említhetnénk még a tájolást, a homlokzatarányt vagy a homlokzatmagasságot is.

Fontos még megjegyezni egyes kizárt szempontokat, hiszen sok esetben ezek nagyon megnehezíthetik a zöldhomlokzatok létesítését, azonban nem váltak kulcskérdéssé. Ilyen szempont lehet még a jogi háttér és a karbantarthatóság.

A helyszínt bejárva számos tűzfalat szemrevételeztünk a kerületben, amelyek nagyszerű lehetőséget kínálnak a terület zöldítésére. Esetükben mindig felmerülő probléma a jogi háttér. Fontos megvizsgálni, hogy kinek milyen haszna van egy zöldfal létesítése által. A tűzfalakat sosem azok tulajdonosai élvezhetik látványukban, azonban ők is részesülnek jelentős előnyökben. A tűzfalakkon elhelyezett élő falak tulajdonosai jelentős épületfizikai előnyökre tesznek szert, amelyek az épület fűtési és hűtési költségében és energiatermelésében is érzékelhetőek. Míg a tűzfalakkal határos telek/telek lakói pszichológiai és fiziológiai előnyökre tesznek szert. A zöld felületek látványa pozitív hatással van számos pszichológiai problémára, mint a depresszió, ezen kívül csökkenti a bűnözésre való hajlamot. [12] Fiziológiai szempontból pedig a levegő minőségére és hőmérsékletére fejt ki pozitív hatásait (2.2 fejezet).

Ennek fényében úgy gondoljuk, hogy a közös haszon közös beruházási szándékot is jelent, amelyet a részesülő felek mindig egyénileg határoznak meg. Azonban jelentős hatással lehet a közös megegyezés motiválására egy kormányrendelet vagy helyi szabályozás és gazdasági támogatás.

Számos esetben láthatunk a kerületben az eltérő épületmagasságok által generált részben fedett tűzfalakat, amelyek sokszor kellően nagy kiterjedésű felületek, de az oda helyezett zöldfal minden alkalommal problémát jelent karbantarthatósági szempontból. Az ilyesfajta felületeket oldalról egy karos kosaras emelő vagy felülről alpintechnika segítségével lehet csak karban tartani, melyeknek alkalmazása jelentős költségeket vet fel. Ezen gazdasági hátrányok mérséklésére javasoljuk az alacsony karbantartási igényű zöldhomlokzatok választását. (A zöldfaltípusok karbantartási igényeiről a későbbiekben részletesebb leírás található.)

Kulcskérdéseink meghatározásakor arra is rájöttünk, hogy melyek azon szempontok, amelyek egyértelműen meghatározzák a zöld homlokzatok létesítésének lehetőségét. Ezen kritériumok kerültek az alapfeltételek közé. [31]



Alapfeltételeink a következők:

1. teherbírás és állékonyság
2. lábazati szigetelés létesítése vagy megléte
3. épületfizikai megfelelés
4. kellően nagy kiterjedésű felület gazdaságossági szempontok és épületfizikai megtérülés arányában

Kulcskérdéseink megtalálásához folyamatos önellenőrzéssel jutottunk el. A meglévő falak elemzésével és az azokra helyezhető növényfalak létesítéséhez szükséges szempontok összeegyeztetésével sokszor ejtettünk ki ilyen módon besorolási tényezőket. Elsősorban arra voltunk kíváncsiak, hogy milyen keretrendszer állítható össze a zöldfaltípusok alapfeltételeiként (kiindulási alapjához). Ezen alapfeltételek nem a növényválasztásban nyújtanak segítséget, hanem a típusrendszerek installálási feltételeinek feltérképezéséhez.

Vizsgáltuk a kulcskérdések egymáshoz való viszonyát is megvizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy vannak olyan szempontok, amelyek egymással olyan szoros összefüggésben állnak, hogy azokat érdemes egyesíteni. Emellett vannak olyan tényezők, amelyek nincsenek ráhatással más faktorokra, de a falak elkülönítésében mégis kisebb nagyobb eltéréseket képviselnek/eredményeznek.

Minden kérdés felvetésével értelemszerűen együtt jár a válaszlehetőségek vizsgálata is. Válaszlehetőségeinket dolgozatunkban igyekeztünk Erzsébetváros épületállományára korlátozni, így minden olyan válaszlehetőséget, amelyet a VII. kerületre vonatkoztatva nem tudtunk értelmezni, figyelmen kívül hagytunk. Természetesen a szempontrendszer és általános összefoglaló tekintetében nagyon sok faktort és válaszlehetőséget lehetne még elemezni és vizsgálni.

Kulcskérdések: A fal...

1. ...elhelyezkedése épülettömbön belül?
2. ...védettség alatt áll?
3. ...benapozottsága milyen?
4. ...állapota milyen?
5. ...felületképzése milyen?
6. Gépészeti tér elhelyezésére van lehetőség épületen belül?
7. Talajból indítás lehetséges?

Az **épülettömbön belüli elhelyezkedés** sok általunk nem említett és kiemelt szempontra egyaránt hatással van. Nagy befolyása van a zöld homlokzatok érzékelhetőségére mind pszichológiai, mind klimatológiai szempontból. Városképi jelentősége miatt sok esetben korlátozó tényezőként is felléphet. Annak következtében, hogy a kerületben szinte csak zártosorú beépítést figyelhetünk meg, speciális körülmények keletkeznek, az utcák és a belső udvarok is szűkösek, emiatt gyakorta kevés napfény éri a falfelületeket.

Elhelyezkedésük alapján a kerület falait besorolhatjuk az utcai homlokzatok, tűzfalak, rész-tűzfalak, belső udvari tagolt- és tagolatlan homlokzatok közé. A tömbbelsőben leggyakoribb a függőfolyosók által tagolt falfelület. Ezek vizsgálatokor több probléma is felmerül. A közlekedők mérete meghatározott és nem bővíthető, tűzeseti menekülési útvonal, mindemellett sok esetben ezeknek mérete is szűkösek lehet, így a járófelületeken lévő virágládák és a közlekedő terébe behatoló növényfelületek elhelyezése nem lehetséges. Jó lehetőség lehet a közérzet és a levegőminőség javítására a korlátok külső síkján elhelyezett ültetőközegek, amely ugyan nem olyan nagy terület, mint egy-egy zöldfal, azonban vizuálisan kapcsolatot teremthet egy nagyobb belső udvar esetén az összefüggő egyéb zöldfelületekkel vagy a telket határoló tűzfalakkal. Mindemellett könnyedén karban tartható, akár az épület gondnoka vagy lakói által is. Felületet adhat a közösségi kertészkedésre, amely bizonyítottan jó közösség kovácsoló erejű tevékenység.



27.ábra: Erzsébetvárosi jellemző belső udvar

Ugyan a korlát külső síkján létrehozott zöld sáv sem nagyobb felület, mint maga a homlokzat azonban benapozás szempontjából jobb helyzetben van és kialakítása kevésbé költséges. Így mikor belső tagolt felületről beszélünk, ez alatt a korláton létesített zöldfelületeket értjük. Ez a fajta elhelyezkedés táblázatunkban egy kivételt fog jelenteni, mert a zöldfelületet a korlátokra koncentrálna bizonyos kulcskérdések irrelevánsak, így ezeket minden esetben mínuszjellel illettünk.

Az utcai és udvari homlokzatok közös tulajdonsága a lyuk architektúrák felületkép, amely költségnövelő és sok esetben a zöld infrastruktúra telepítését ellehetetlenítő jellemző. Az üvegfelületek kihagyásával fennmaradó területek nagysága a legtöbb belső homlokzat esetében tagoltságuk miatt nem elegendő az alapfeltételeink teljesítéséhez. Lyukarchitektúrájuk ellenére a teljes épületszélességben végigmenő, vízszintes kiugró elemektől mentes, tagolatlan utcai vagy udvari homlokzati falak teljesíthetik alapfeltételeinket, mivel azok épületfizikai nyereségei meghaladják a felmerülő problémák által képződő veszteségek mértékét.

Az utcai homlokzatoknál felmerülő fontos kérdés azok vandalizmusnak való kitétsége, ezért az ide elhelyezhető zöldfal struktúrákat javasoljuk 2,5 méter felett elindítani. A bonyolultabb felületkép miatt az ide kerülő zöldfalak öntözése, installálása és karbantartása nagyobb gazdasági vonzattal jár, azonban a kúszó növények könnyedén lekövetik a bonyolult formákat is, karbantartásuk pedig nem igényel különleges szakértelmet, így azok használata egy gazdaságos opció lehet.

A tűzfalak zöldítése jelenti talán a legkönnyebben kezelhető helyzetet, ugyanis nyílásmentessége miatt egyszerűbb növényzetet telepíteni rá. Tűzvédelmileg sem jelent problémát, hiszen arról nyílásmentessége miatt nem terjed át az épület más részeire egy esetleges lángcsóva. Mindezek mellett a kopasz tűzfalak városképileg sem jelentős felületek, így műemlékek esetén is felhasználhatóak a kerület humán komfortjának növelésére. Tűzfalak esetén lehetséges a növényzet talajból való indítása is, ami lehetőséget adhat a beltérben elhelyezett gépészeti terek kikerülésére.

Fontos megemlíteni, mert a szabad felületek egyik leggyakoribb példája a rész-tűzfalak esete. Ez a kifejezés két eltérő szintszámú épület határán létrejövő tűzfal szakaszt definiál. Szintszám különbségből adódóan ezek különböző méretűek és magasságban lehetnek. Azonban ezeknek karbantartása nehézkes, mivel az előttük lévő vízszintes felületek beépítettek. Emiatt csak kosaras emelővel vagy alpintechnika segítségével tarthatóak karban,

ami jelentősen megrágtja az ilyenfajta felületek gondozási költségeit. Azok ellensúlyozására javasoljuk a kúszónövények telepítését melyeknek alacsonyabb karbantartási igényeik vannak. A fent említett nehézségek mellett felmerül még a zöldhomlokzattal együtt járó előnyök élvezetének alanya. Ugyan a tűzfal tulajdonosának származnak a telepítésből épületfizikai előnyei, azonban a fenntartáshoz a szomszédos telek lakóközössége lecsökkent haszontényezőik miatt nem járul hozzá. Ezeket a felületeket jellemzően az utcán sétáló tömeg láthatja, így talán leginkább a kerület lakói általánosságban élvezhetik ki azt mind hőmérséklet-, levegőminőség és pszichológiai környezet javító hatásuk miatt.

A kerületben több védett épület található, ezen belül Középső-Erzsébetváros területén is akad néhány. A **védettség** így hát esetünkben is fontos, figyelembe veendő karakter, amely meghatározza, hogy épülettömbön belül mely felületekre helyezhető zöldfelület. A műemléki vagy fővárosi, esetleg kerületi védettséget élvező épületek egy csoportba kerültek, mivel azok városképileg jelentősek, így csak tűzfalaikra kerülhet zöldfelület. Külön kategóriát képez az utcafély védelemben található ingatlanállomány, amelynek külső homlokzata ugyan kevésbé szabadon alakítható, de belső udvari felületei zöldíthetőek a fentebb említett módon és lehetőségek szerint. Szinte korlátlanul telepíthetőek növényzettel a nem védett épületek, hiszen azoknak minden külső és belső homlokzata potenciális jelölt. Természetesen a meglévő épületekre számos jogszabály vonatkozik, így azok utcai homlokzatainak utólagos zöldítése felvet néhány problémát. Ilyen nehézség lehet a telekhatáron túlnyúló homlokzati kiugrás, melynek jogszabályi környezete szerint a 12 m-nél nagyobb homlokzatok  $\frac{4}{5}$  részén maximum 1 m-es kinyúlás létrehozása lehetséges a szomszédos épületektől minimum 1 méterre eltartva azt.

A **benapozottság** kérdésköre volt talán az egyik leginkább izgalmas vizsgálati szempont az összefoglaló táblázat összeállítása során. Ebben a témakörben merült fel a tájolás befolyásoló szerepe is, amelyet a táblázat összeállítása során lényegtelennek ítéltünk meg. Ez részben azért történt így, mert az utcák és belső udvarok szűkösége nagy arányú árnyékolt felületet eredményez, így egy esetleges déli tájolású homlokzatnak is lesz olyan része, amelyet vagy csökkentett időtartamban vagy egyáltalán nem ér napfény.

Megpróbáltuk magasság szerint csoportosítani falainkat, ám ez sem adott minden esetben pontos megkülönböztetési lehetőséget, mivel a szomszédos épületek magasságától és a tájolástól is függ a homlokzatok benapozottsága. A benapozottságra szűkítve a vizsgálati szempontokat először néhány óras különbségű csoportokra osztottuk fel az értékelést,

azonban önellenőrzéseink során rájöttünk, hogy mindez a zöldfal típusát nem befolyásolja, csak a növényválasztást érinti.

Ennek fényében arra jutottunk, hogy az egyetlen fényvel kapcsolatos lényegi szempont az árnyék mennyisége, hiszen a kúszónövények növekedéséhez szükség van minimum 3 óra direkt napsütésre. Ezek lettek az árnyékos felületek. Vannak olyan homlokzatok, amelyeket egy-egy szomszédos épület és síkjának tájolása egész nap részben árnyékban tart. Másik, általában felső részüket pedig minimum 3 órára ér direkt napfény. A harmadik nagy csoport pedig a napos homlokzatok halmaza, amelyeknek nincs olyan része, melyet 3 óránál tovább árnyékban tart valamilyen tényező.

**Állapotukat** tekintve az épületállomány négy nagyobb kategóriába sorolható. Mivel nagy többségében az 1800-as évek végén és az 1900-as évek elején épült ingatlanokkal találkozhatunk a helyszínt bejárva, így azok nagy eséllyel felújításra várnak vagy már fel vannak újítva, tartószerkezetük vizsgálata mindenképpen szükséges, mielőtt azokra zöldfelületek kerülnek.

Zöldfelületek telepítéséhez erősen ajánlott a homlokzatok felújítása, mivel a növények öntözése vízterhelésnek teheti ki a falakat. Ezért is kiemelten fontos az épületek talajnedvesség elleni szigeteltségét megvizsgálni zöldfelületek elhelyezése előtt. Amennyiben valami miatt zöldítés előtt nem kerül sor felújításra és a növényzet a nem kellően esztétikus felület eltakarására is szolgál, úgy azt direkt módon nem szabad telepíteni a falazatra. E mellett ültetőedénysoros kialakításban javasolt szorosan elhelyezni a növényeket.

Ha a felületet installáció előtt a zöldfalak igényeinek megfelelően felújítják, úgy az összefoglaló táblázatban felújítandó megnevezéssel illettük azt. A zöldfalak elhelyezéséhez elegendő a felületek víz és szélzáró kialakítása, esztétikailag igényes burkolat választása nem szükséges. Illetve direkt módon elhelyezett kúszónövények számára méretezni kell a homlokzat minden elemének tapadószilárdságát is.

Míg a **felújított** kategóriába azon homlokzatok kerülnek be, melyeket előzetesen újítottak fel rekonstrukciós vagy energetikai beavatkozás során. Ezek a felületek esztétikai igényességgel készültek, így egy hézagosan elhelyezett ültetőedénysor is alkalmas azok zöldítésére. Ellenben rétegeinek tapadószilárdsága nem biztosan megfelelő, így azok megerősítése szükséges lehet vagy az ilyesfajta falakra csak eltartott módon helyezhető zöldfelület.

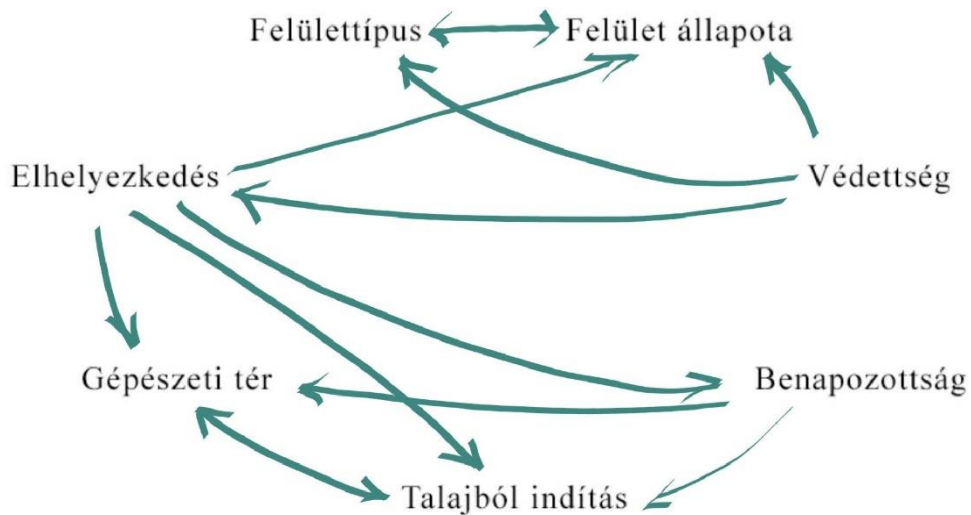
Az új építésű épületek esetében a tartószerkezet szinte biztosan megfelel teherbírasi szempontból, azonban annak homlokzati rétegrendje a fent említett esethez hasonlóan vizsgálendő. Az analízishez szükséges pontos értékek megtekinthetők a *Zöldhomlokzatok - Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója* című tanulmányban.

Erzsébetváros **felületeit** két kategóriába csoportosítottuk be, amelyek mérvadóak a zöldhomlokzatok telepítésében és befolyásolják annak szerkezetét. Eme két felület a vakolt és a nyers homlokzatok. Minden egyéb felületképzéssel rendelkező homlokzat nagy eséllyel díszesebb annál, mintsem hogy növényzettel eltakarják azt. A vakolt csoportba beletartoznak mindazok a homlokzati rétegrendek, melyeknek legkülső rétege vakolat. A nyers felületekbe pedig besorolhatóak a látszó téglafelületek, melyek állapotuktól függően lehetnek a visszabontott vakolat eredményei vagy eleve látszó téglafelületnek tervezett épületek.

A zöldhomlokzatok öntözőrendszereinek létesítéséhez elengedhetetlenül szükséges az épületeken belül kialakított **gépészeti terek** létrehozása. Amennyiben ez nem lehetséges, úgy csak azok a zöldfelületek kialakíthatóak, melyek esetében lehetőség van a talajból indítani azok növényeit. A talajból indítható növényzet minden esetben kúszó növény. Hozzá kell tennünk azt is, hogy a lábához, a talajba ültetett növények növekedése elősegíthető azok tápoldatos öntözésével. A gépészeti terek minimális helyigénye 3 m<sup>2</sup>. Ezt a területet érdemes a növényzet közelében elhelyezni a könnyebb csővezetési lehetőségek miatt.

A **talajból való indíthatóságra** sok tényező bír befolyással és sok mindenre hatással van. A talajból való indíthatóság kifejezi azt, hogy a vizsgált homlokzat lábátának közelében nincs közmű, amennyiben pince van alatta csak zöld teteje lehet és hogy annak burkolata bontható, hogy annak helyére kialakítható legyen egy megfelelő ültetőközeg. A megfelelőséget jellemzően talajcserével kell biztosítani. Amennyiben a növény elhelyezésére lehetőség van a fal előtt húzódó vízszintes sávban, úgy nem feltétlenül van szükség beltérben kialakított gépészetre, amely a növényzet öntözéséért felelős.

Abban az esetben, ha a növényrendszer nem indítható a talajból, akkor az előtte levő vízszintes sík lehet fedett nem bontható burkolattal, szomszédos épülettel vagy terasztetős pincefödémmel.



28.ábra: Kulcskérdések kapcsolati rendszere

Ez a szempont jelentős hatással van a zöldfelület karbantarthatóságára, hiszen annak legegyszerűbb és legköltséghatékonyabb lehetőségei a homlokzat elé állított létra vagy kisebb állványzatok elhelyezésével lehetségesek, azonban ezeknek burkolt teherbíró síkra van szükségük a stabil elhelyezéshez. Amennyiben ezek nem állnak rendelkezésre, akkor vagy alpintechnika segítségével felülről, vagy ollós emelővel oldalról lehet megközelíteni ezeket a felületeket. A végső táblázat megalkotásához túl sok információ ábrázolása nem volt lehetséges. Emiatt **csoportokba soroltuk a leggyakrabban előforduló eseteket, aminek a meglévő táblázatba való beintegrálása már könnyebb feladat volt.**

A végső táblázat megalkotásához túl sok információ ábrázolása nem volt lehetséges. Emiatt **csoportokba soroltuk a leggyakrabban előforduló eseteket, aminek a meglévő táblázatba való beintegrálása már könnyebb feladat volt.**

ESET	ELHELYEZKEDÉS	VÉDETTSÉG	BENAPOZOTTSÁG	FELÜLET ÁLLAPOTA	FELÜLETKÉPZÉS	GÉPÉSZETI TÉR	TALAJBÓL INDÍTÁS
A	Rész-tűzfal	védett	napos	eredeti, rossz áll. maradó	nyers	✓	x
B	Tűzfal	védendő utcakép	részben árnyékolt	felújítandó	vakolt	✓	✓
C	Utcai homlokzat	nem védett	árnyékolt	felújítandó	vakolt	✓	x
D	Nem tagolt belső homlokzat	védendő utcakép	napos	felújítandó	vakolt	✓	✓
E	Tagolt belső udvari homlokzat	nem védett	részben árnyékolt	új építésű	-	✓	-
F	Utcai homlokzat	nem védett	napos	felújított	vakolt	x	x
G	Utcai homlokzat	nem védett	részben árnyékolt	felújított	nyers	✓	✓
H	Utcai homlokzat	nem védett	árnyékolt	felújítandó	nyers	✓	x
I	Utcai homlokzat	védett	napos	felújított	vakolt	✓	✓
J	Nem tagolt belső homlokzat	védett	részben árnyékolt	eredeti, rossz áll. maradó	vakolt	✓	✓
K	Tűzfal	nem védett	napos	új építésű	vakolt	x	✓
L	Tagolt belső udvari homlokzat	védendő utcakép	árnyékolt	felújítandó	-	x	-
M	Rész-tűzfal	nem védett	árnyékolt	új építésű	nyers	✓	x
N	Nem tagolt belső homlokzat	védendő utcakép	részben árnyékolt	eredeti, rossz áll. maradó	nyers	x	✓

29. ábra: Falak besorolása



A hét kulcskérdésre adott válaszokból ezernél is több kombináció adódik, de ezek nem minden esetben eredményesek. A kulcskérdések kapcsolata meghatározó lehet a rákerülő zöldhomlokzat kiválasztásakor. Sok olyan esetet detektáltunk, amikor akár csak két kulcskérdés kapcsolata meghatároz egy zöldhomlokzatot, így a többi kérdésre adott válasz érdektelenné válik, és persze lettek olyan kombinációk is, melyek azt eredményezték, hogy nem kerülhet rá zöldhomlokzat. Ilyen eset például, ha műemléki külső homlokzatról, vagy gépészeti tér nélküli, de talajban nem eredezethető falról beszélünk.

A VII. kerület középső szakaszának bejárásakor elhelyezkedés szempontjából gyakori falszituációkkal találkoztunk:

- utcáról látható két jelentősen eltérő szintszámú épület közötti tűzfalal



30.ábra: Tűzfalak elhelyezkedése

- földről induló tűzfalal



31-32. ábra: Belső udvari és utcai tűzfalak

- utcai homlokzattal



33-34. ábra: Utcai homlokzatok



- belső udvari, tagolatlan homlokzattal:



35-36. ábra: Belső udvari homlokzatok

- belső udvari, függőfolyosókkal tagolt homlokzattal:



37-38. ábra: Belső udvari homlokzatok

### 3.4 Kiválasztott felületek zöldítési lehetőségei

**Az 1. számú táblázatból 5 esetet választottunk ki azzal a céllal, hogy azokkal prezentálni tudjunk különböző és gyakori szituációkat.** Az „A” esetben a két tető közötti tűzfal-szituáció nagyon gyakran előforduló eset, ami sokszor leromlott állapotú felületű és többnyire benapozott. A talajból való indítás értelemszerűen nem lehetséges, gépészeti térre így mindenképpen szükség van. A védettség szempontja tűzfalak esetén nem releváns, mivel védett épületek esetén ezek a felületek felhasználhatók zöldhomlokzat létesítésére. Kellő benapozottsága miatt erre a felületre kerülhet akár kúszó-, akár ültetett növény, de javasoljuk a kevésbé ápolásigényes kúszónövényeket. Felületminőségének megtartása miatt csak indirekt rendszerű megoldás alkalmazható, és ezek közül is csak az a fajta, mely konténeres eredetű.

A „B” jelölésű tűzfalal gyakran találkoztunk belső udvarokon, de utcai homlokzaton is előfordult. Egyaránt rendelkezhetnek nyers és vakolt felülettel. Ennél a fal fajtánál gyakori, hogy csak részben benapozott, hiszen talajról induló mivoltából alsó szakaszát a nap alig éri. A talajból indítás ebben az esetben lehetséges a korábban kifejtett indokok fényében, de részben árnyékolt tulajdonsága miatt a talajeredetű kúszónövényes rendszer nem jöhet szóba. Azokat csak konténeres ültetőközegben, a benapozott felületekre elhelyezve lehet létesíteni. A nem kúszónövényes zöldhomlokzatok árnyékos felületre is elhelyezhetők, a növényzet megválasztásánál azonban figyelemmel kell lenni a növény fényigényére.

A kerületben szintén jellemző a „C” külső homlokzati eset. Sérült felületre zöldhomlokzat vagy indirekt módon készülhet, vagy fel kell újítani a felület úgy, hogy alkalmas legyen direkt típusú zöld fal fogadására. Mivel utcai homlokzatról beszélünk, a talajról indítás közönségforgalmi okokból nem jöhet szóba. Ebből adódóan egy utcai homlokzatnak kötelező, hogy legyen gépészeti tere, ahonnan az öntözőrendszert lehet karbantartani. E kettő hiányában nem lehet rajta zöldhomlokzatot létesíteni. Teljesen árnyékos fal esetén csak nem kúszónövénytel telepített zöldfal alkalmazható és utcai homlokzat lévén min. 2,50 m magasságtól indítható.

Belső udvari homlokzat esetén megkülönböztetünk tagolt és tagolatlan felületeket. A belső homlokzatok csak akkor hasznosíthatók zöldfalként, ha azok nem védettek, utcafépi védettségben azonban megengedett. A VII. kerületi épületállomány jelentős része alapincézett, így a talajból eredeztethető zöldhomlokzatok létesítése sokszor nem lehetséges. A „D” tagolatlan belső homlokzat jelen esetben egy megfelelő vakolattal rendelkező napos

fal, ahol a talajból indítás lehetséges, amik lehetővé teszik az összes zöldhomlokzat típus alkalmazását.

„E” tagolt homlokzat esetén a korábbiakban kifejtett indokok miatt csak a függőfolyosók korlátjára elhelyezett növényzetet ajánlunk. A VII. kerületben jellemzően ilyen belső homlokzatokkal találkozhatunk, ezért nem hagyhattuk ki a felsorolásból. Ebben az esetben a fal felületképzése és a gépészeti tér nem releváns információ, állapota pedig a korlátra vonatkozik. Napos és árnyékos korlátra egyaránt alkalmazhatóak a nem kúszónövényes rendszerek, de a filces rendszert esztétikai okokból nem ajánljuk. A három óránál hosszabban benapozott felületekre konténeres kúszónövények is elhelyezhetők.

Ahhoz, hogy egy jól átlátható táblázatot kapjunk, melyben szerepelnek a tervezendő fal tulajdonságai, illetve a zöldhomlokzatokra vonatkozó igények, egy meglévő táblázatba integráltuk a már eleve információkat tartalmazó faltípusainkat. A meglévő táblázatot a *Zöldhomlokzatok – Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója* [14] című kiadványból emeltük ki. Az előnevelt kúszónövényvel kialakított zöldhomlokzat típust kivettük a táblázatból, mert az előneveltség a mi szempontunkból nem alkot külön kategóriát, hanem ezt indokolt esetben egy zöldhomlokzat telepítéséhez szükséges kötelező lépésnek tekintjük.

**Az egyesített táblázatban jól lekövethető, hogy egy adott faltípusra milyen zöldhomlokzatok elhelyezése lehetséges és hogy azok milyen kialakítási és fenntartási kötelezettségekkel járnak.** Ily módon könnyedén átláthatóak a lehetőségek egy jövődöbeli beruházó vagy érdeklödö számára.



Zöldfelület kialakításához szükséges idő	Kialakítási sokszínűség	Vízátáplálás	Ápolási igény	Karbantartási igény	Bekerülési költségek		"A" eset	"B" eset	"C" eset	"D" eset	"E" eset
 (a konténerek elhelyezési lávolságától függ)						<b>DIREKT TÍPUSÚ ZÖLDHOMLOKZAT</b>	Talajeredetű			X	
							Konténeres	X			X
 (a konténerek elhelyezési lávolságától függ)					 (az alkalmazott támelektől függ)	<b>INDIREKT TÍPUSÚ ZÖLDHOMLOKZAT</b>	Talajeredetű			X	
							Konténeres	X			X
 (a konténerek elhelyezési lávolságától függ)					 (attól függ, hogy készült-e "állványrendszer")	<b>CSÜNGŐKKEL KIALAKÍTOTT ZÖLDHOMLOKZAT</b>		X		X	X
							X	X	X	X	
						<b>ÜLTETŐDÉNY-SOROS</b>	Hézagos elrendezés	X	X	X	X
							Szoros elrendezés	X	X	X	X
						<b>KAZETTÁS ZÖLDHOMLOKZAT</b>		X	X	X	X
								X	X	X	X
						<b>FILCES RENDSZERŰ ZÖLDHOMLOKZATOK</b>		X	X	X	X

39. ábra: Zöldhomlokzatok és gyakori fal típusok összesített táblázata (bal oldala Zöldhomlokzatok – Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója)

### 3.5 Hősziget-hatás csökkentése egy Erzsébetvárosi tömbbelső példamutatásával

Nagyon nehéz megmondani, hogy egy adott esetre melyik zöldfal típus a legalkalmasabb. **Ahhoz, hogy ezt megtehessük, meg kell határoznunk, hogy milyen problémára szeretnénk hatással lenni.** Ez a mi esetünkben a hősziget-hatás. Egyelőre nem állnak rendelkezésünkre arra vonatkozó kutatások, hogy a zöldfal milyen mértékben képes javítani az említett hatáson, ugyanis ennek mérése láthatóan igen összetett. Mivel nincsenek kidolgozott mérési módszerek, a mi hipotézisünk az, hogy LAI értékek összehasonlításával nagyságrendileg meg lehet határozni egy zöldhomlokzat hatását, mivel ez szorosan összefügg a növények árnyékoló és párologtatásából adódó hőmérséklet-csökkenéssel.

A LAI szám egy dimenzió nélküli szám, amely az eredeti definíció szerint megmutatja, hogy mennyi az egy négyzetméterre jutó levélfelület nagysága. Az értéket a mai módszerek inkább a fényáteresztés méréseivel mutatják ki. Speciálisan a függőleges irányban vett értéket WLAI-nak (Wall Leaf Area Index) rövidítjük. Két azonos LAI értékű növény esetén annak nagyobb a párologtatási képessége, amelyiknek kisebb méretűek és tagoltabbak a levelei. Az evapotranszpirációhoz a levelek mellett jelentősen hozzájárulnak a szárak párologtató képessége is. Erre vonatkozó kutatások azonban egyelőre nincsenek. A LAI hasznos, ha kíváncsiak vagyunk egy növényzet tömörségére, azonban fontos figyelembe vennünk a levelek elhelyezkedését, ugyanis ha a növényzet szára szabadon marad a falfelületen, ott nem érvényesül az árnyékoló hőmérséklet-csökkentő hatás. [21]

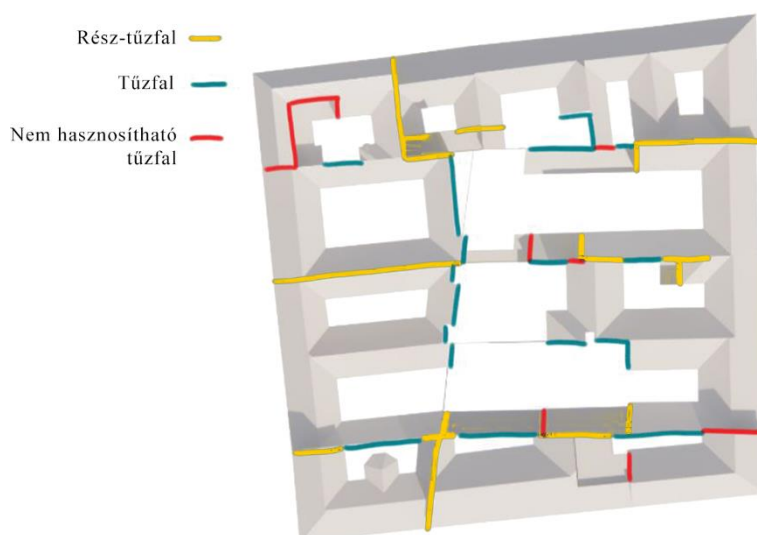
Nyáron a levegő hűtésével, télen a szállópor megkötésével segíthetünk a hősziget okozta problémákon. A leveleken annál több por tud lerakódni, minél érdekesebb annak felülete, minél rövidebb a levélnyél, kevésbé sima és viaszos a felülete, illetve összefügg a klorofill tartalommal is. Ehhez kapcsolódik az a kutatási eredmény is, hogy télen jobb a szállópor megkötésének hatásfoka, mint mondjuk télen vagy esős időszakokban. [32]

Hipotézisünk alapján a VII. kerület egy kiválasztott területének zöldítését és annak hatékonyságát képesek vagyunk megállapítani. Mivel Közép-Erzsébetváros morfológiája egynemű, így azt feltételezzük; hogy egy tömb kiválasztásával hatékonyan reprezentálható, a tűzfalak szabad felületének aránya a tömbök alapterületéhez képest.



40.ábra: Mintaterület kiválasztása

Jelenlegi vizsgált mintaterületünkön megállapítottuk, hogy hány négyzetméter tűzfal található. A rész-tűzfalakat és földig érő tűzfalakat összesítve **4 803 m<sup>2</sup>**, ami a 12 180 m<sup>2</sup> nagyságú tömb terület 40 %-a. A tűzfalak mellett a külső és belső homlokzati felületek is zöldíthetők (leszámítva a Jósika utca is Izabella utca sarkán található fővárosi védettség alatt álló szecessziós házat). Mi jelenleg csak legkézenfekvőbb felületeket szeretnénk szemléltetni.

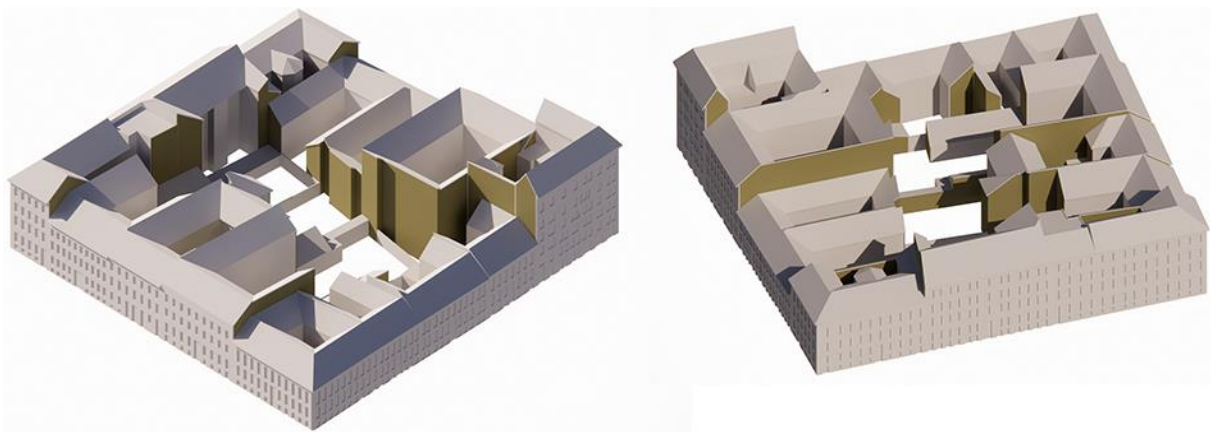


41.ábra: Mintatömb tűzfalainak elemzése

Ha a zöldfal létesítésének célja a hősziget-hatás csökkentése, akkor véleményünk szerint erre a leginkább alkalmas szerkezet a függőleges gyökérszónás zöldfal. E rendszer hőtároló

képességének meghatározásához tartozó mérések, kutatások egyelőre nem ismertek. A falakra elhelyezett növényválasztásnál a WLAI érték mellett természetesen a többi tényező sem elhanyagolható, ám WLAI meghatározásával egy jó közelítést tudunk adni arra vonatkozóan, hogy egy adott fal felületén elhelyezett futtatott zöldhomlokzat indexe hány fa LAI értékével egyezik meg. **Örökzöldet és az előzőekben felsorolt szempontoknak megfelelő növény típust javaslunk.**

Tisztában kell lennünk azzal, hogy az egyes zöldhomlokzati rendszerek létesítése mennyi költséget jelent a beruházónak. A függőleges gyökérszónás kialakítások nem a legolcsóbb kategóriát képviselik, ezért megvizsgáltuk, hogy futónövényt alkalmazva milyen esélyeink vannak a hősziget mérséklésére. Ebben az esetben jóval alább csökken a hőtároló képesség, csupán a növényzet árnyékolásával és párologtatásával számolhatunk. Növényválasztás szempontjából azonban jó hír, hogy a futónövények között is találunk hatékony fajokat. A White Rose University Consortium kutatása során hat növényfajtát vizsgáltak, amiből a két legjobb értékeket produkáló növények a tisztesfű és a borostyán voltak. A kutatás alapján a tisztesfűvel telepített  $7,5^{\circ}\text{C}$ -kal, a borostyánnal futtatott homlokzat pedig  $7^{\circ}\text{C}$ -kal kevesebb falfelületi hőmérsékletet eredményezett. **Így a borostyánnal befuttatott homlokzatok reálisan alkalmazhatók hősziget-hatás csökkentése céljából.** Érdekes adat, hogy  $1\ 000\ \text{m}^2$  konténeres, előnevelt borostyán vízfelhasználásából 99 %-ot elpárologtat, ami évente  $1\ 011\ \text{kg/m}^2$ -t párát jelent. [5]



42.ábra: Mintatömb zöld tűzfalainak terve

A LAI értékeket valójában sok minden befolyásolja, így jelentős eltérések mutatkozhatnak akár ugyanarra a növényre is. A borostyán LAI értéke is széles skálán mozog, jelen esetben mi  $5,1$  átlagos értékkel számoltunk: A mintaterületre vonatkoztatott  $\text{LAI}_{\text{össz}}$  érték:  $4\ 803\ [\text{m}^2] * 6,7 = 32\ 108\ [\text{m}^2]$ . A VII. kerületben már megtalálható fehérakácok LAI értékét

2,61-re konstatáltuk és egy kifejlett 15 m-es átmérőjű fával számoltunk.  $15^2 [m^2] \cdot \pi / 4 = 176,6 [m^2]$  egy fa vízszintes síkra vetített területe, és ezt beszorozva  $176,6 [m^2] \cdot 2,61 = 461 [m^2]$  az eredmény. Ezekből az adatokból megkapjuk, hogy  $32\,108 [m^2] / 461 [m^2] = 69,41$ , tehát **4 803 m<sup>2</sup> nagyságú borostyánnal befuttatott zöldhomlokzat hatása e hipotézis alapján megegyezik 70 darab kifejlett fehérakác árnyékoló hatásával.**

**Középső-Erzsébetváros tömbjeinek alapterülete szummázva 421 300 m<sup>2</sup>. Bár durva közelítés, de ha a mintaterület zöldfelület arányát vonatkoztatjuk erre az értékre, akkor azt kapjuk, hogy a kerület ezen szakaszán kb 140 000 m<sup>2</sup> nagyságú tűzfal található, ami alkalmas lehet zöldfal telepítésére.**

#### 4. Összefoglalás

Dolgozatunkban megvizsgáltuk a városi hősziget-hatás vonzatait Budapestre vetítve, bemutattuk annak leghatásosabb ellenszerét, a zöldfelületeket és azok további jótékony hatásait. Ilyen hatások voltak a szállópor megkötése, a vízháztartás szabályozása és a városi szellőhöz való hozzájárulás. Felderítettük annak történelmi okait, hogy mintaterületünkön hová tűntek a zöldfelületek és miért nem reális opció azok vízszintes értelemben vett bővítése jelen körülmények között.

Ennek következményeként rájöttünk, hogy a sűrűn beépített belvárosi szituációk egyetlen zöldítési lehetősége a zöldfalak használata. Bemutattuk a zöldfalak csoportosítását elhelyezhetőségi szempontból és osztályoztuk a falakat azok növényfal fogadó képessége szerint. E két szempontot összefésülő táblázatunkban bemutattuk, hogy Középső-Erzsébetváros leggyakrabban előforduló falaiban milyen zöldhomlokzati potenciál rejlik.

Mintaterületünkön kiválasztottunk egy átlagos tulajdonságokkal bíró tömböt, összegyűjtöttük a lehetséges zöldhomlokzat-fogadó tűzfalakat. Ezek mérete összesen 4 803 m<sup>2</sup>. Feltettük a kérdést, hogy milyen hatásfokkal hűti le egy ekkora felület környezetét. A legegyszerűbb viszonyítási alapnak egy, a kerületben is előforduló fafajhoz való hasonlítást éreztük. Az összehasonlítás alapja a növényvizsgálatokban gyakorta használt Levél Felületi Index (LAI) volt. A növények árnyékolási képessége alapján összemérve a két nagyban eltérő vegetációt kiderült, mintatömbünk borostyánnal futtatott tűzfalai 70 fehérakác fával érnek fel.



Felmerül a kérdés, hogy mekkora potenciál rejlik Középső-Erzsébetváros tűzfalaiban. Durva becslés alapján 140 000 m<sup>2</sup> zöldfelület telepíthető csak ezen kerületrészt felhasználható tűzfalaira. Képzeljük csak el, mekkora hatással lehetne Budapest klímájára minden tűzfalának zöldfelülettel való burkolása!



43.ábra: Középső-Erzsébetváros tűzfalainak elhelyezkedése

## Köszönetnyilvánítás

Mindannyian szeretnénk megköszönni konzulenseinknek, Pataky Ritának és Dr. Dobszay Gergelynek, hogy időt és energiát áldoztak a közös munkára, hogy minden nehézség ellenére szakmailag támogattak bennünket. Továbbá köszönjük Gurdon Balázsnak a várostervezéssel és beavatkozással kapcsolatos segítséget, Kévés Attilának és Csányi Viktornak a növényzettel kapcsolatos tanácsokat.

## 5. Irodalomjegyzék

- [1] Sándor Finta, J. Maczák, B. Kovács, and R. Mátrai, “Budapest 2030 Hosszú Távú Városfejlesztési Konceptió,” p. 218, 2013.
- [2] H. E. Landsberg, *The Urban Climate*. Academic Press, 1981.
- [3] T. R. Oke: *The energetic basis of the urban heat island*, Quarter Journal of the Royal Meteorological Sociation, 1982, doi: 10.1002/qj.49710845502.
- [4] Probáld Ferenc, “A nagyváros éghajlati sajátosságai,” 1965.
- [5] Pataky Rita, *Erzsébetvárosi tűzfalon zöldhomlokzat kialakítása*. 2016.
- [6] Dr. Reith András PhD - Kiss Ida: *It's Budapest stratégia 2020*. szerk.: Tatai Zsombor - Pogány Aurél 2014.
- [7] Baranka Györgyi: *Városiasodás és klímaváltozás*, Légkör 62. évfolyam 4. szám, 2017, [Online]. Available: <https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/legkor/index.php?id=584>.
- [8] J. D. T. Gallo, K. P., A. L. McNab, T. R. Karl, J. F. Brown, J. J. Hood, *The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect*, J. Appl. Meteorol. 32, pp. 899–908, 1993.
- [9] Erzsébetváros, [https://www.erszebetvaros.hu/erszebetvaros-hirei/hosegriado/hosegriado/avarosi-hosziget-hatas\\_-a-klimavaltozas-hatasa\\_-amit-on-is-erez-a-boren](https://www.erszebetvaros.hu/erszebetvaros-hirei/hosegriado/hosegriado/avarosi-hosziget-hatas_-a-klimavaltozas-hatasa_-amit-on-is-erez-a-boren) (accessed Oct. 09, 2020).
- [10] Ongjerth R. et al., *Városklíma Kalauz. Döntéshozóknak és döntés-előkészítőknak*. Budapest: Magyar Urbanisztikai Társaság, 2011.
- [11] T. L. Szuróczi Z., *Táj- és kertépítészeti meteorológia*, Kertészeti és Élelmiszeripari Egy. Házinyomdája, 1988.
- [12] Kara László, *Bűnmegelőzés építészeti eszközökkel*. Lechner Nonprofit Kft., 2017
- [13] R. K. Bartholy Judit, Dezső Zsuzsanna, Gelybó Györgyi, Kern Anikó, Pongrácz Rita, *Alkalmazott és városklimatológia*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.
- [14] S.-T. F. Csibi Katalin, Dezsényi Péter, Fári Miklós Gábor, Koroknai Judit, Pataky Rita, *Zöldhomlokzatok 2017*, Budapest Főváros Városepítési Tervező Kft., 2017.
- [15] WHO, *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report*, 2017. Accessed: Oct. 28, 2020. [Online]. Available: <http://www.euro.who.int/pubrequest>.
- [16] Sara Janhäll, *Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion*, Atmospheric Environment, vol. 105. Elsevier Ltd, pp. 130–137, Mar. 01, 2015, doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.01.052.
- [17] G. M. Lovett: *Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: An ecological perspective*, Ecological Applications, vol. 4, no. 4, pp. 629–650, Nov. 1994, doi: 10.2307/1941997.

- [18] M. J. M. Davis, M. J. Tenpierik, F. R. Ramírez, and M. E. Pérez: *More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants*, Building and Environment, vol. 116, pp. 64–72, May 2017, doi: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010.
- [19] Szabó Beáta: *A városi zöldfelületek hatása a város klímájára szakdolgozat*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2015.
- [20] F. Ascione, R. F. De Masi, M. Mastellone, S. Ruggiero, and G. P. Vanoli: *Green walls, a critical review: Knowledge gaps, design parameters, thermal performances and multi-criteria design approaches*, Energies, vol. 13, no. 9, 2020, doi: 10.3390/en13092296.
- [21] R. W. F. Cameron, J. E. Taylor, and M. R. Emmett: *What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls*, Building and Environment, vol. 73, pp. 198–207, 2014, doi: 10.1016/j.buildenv.2013.12.005.
- [22] Wesołowska, Małgorzata and Laska Marta: *Thermomodernization of buildings with the utilization of green walls in E3S Web of Conferences*, 2019, DOI:10.1051/e3sconf/201910000085, ISSN: 22671242
- [23] Központi Statisztikai Hivatal: *Magyarország helységnévtára, Budapest és kerületei*, 2020., hozzáférhető: <http://www.ksh.hu/apps/hntr.kereses>
- [24] Ember Győző, Fejér Klára, Fülöp Ferenc, Györfy György, Haán György, Mályusz Elemér, Mátrai László, Ortutay Gyula, Pamlényi Ervin, Patek Erzsébet, Réti László, Sándor Vilmos, Székely György, Tolnai Gábor, Vayer Lajos, Wellmann Imre: *Tanulmányok Budapest Múltjából XI.*, Akadémia Kiadó, Budapest 1956, 102. oldal, utolsó bekezdés
- [25] Sebőkné Zalka Ilona: *A közművelődés házai Budapesten 4., A Rátkai Márton Klub története, a Terézvárosról* in Budapesti Művelődéségi Középpont, 2007
- [26] Máyer Andrea, Dr. Nagy Béla, Tasi Ákos, Frankó Ákos, Gyuricza Anna, Varga Zoltán: *Budapest VII. kerület, Erzsébetváros településképi arculati kézikönyve*, Obeliszk Stúdió Kft., MŰ-hely tervező és tanácsadó zrt. tervező konzorcium, Budapest Főváros VII. kerület, Erzsébetváros Önkormányzata által, 2017
- [27] Michalkó Gábor: *Erzsébetváros szociálgeográfiai vizsgálata II., Erzsébetváros a slumosodás útján* in Földrajzi Értesítő XLV. évf. 1997. 3-4. füzet, pp. 315-331.,
- [28] Michalkó Gábor: *Erzsébetváros szociálgeográfiai vizsgálata I.* in Földrajzi Értesítő XLV. évf. 1996. 1-2. füzet, pp. 119-143.
- [29] F. Szkordilis M. Kiss, L. A. Égerházi, D. Kassai-Szoó, Á. Gulyás: *Facilitating climate adaptive urban design - developing a system of planning criteria in hungary* in Expanding Boundaries: Systems Thinking in the Built Environment, Zurich, June 15-17 2016
- [30] Prof. DI Dr. Rosemarie Stangl, DI Dr. Alexadna Medl, DI Bernhard Scharf, Priv. Doz. Ulrike Pitha: *Wirkung der grünen Stadt, Studie zur Abbildung des aktuellen Wissenstands im Bereich städtischer Begrünungsmaßnahmen* ein Profjektbericht im Rahmen des Programms des Bundesministeriums für Verkker, Innovation und Technologie, Wien, Mai 2018, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 12/2019

[31] Tamási Alexandra and Dobszay Gergely: *Requirements for Designing Living Wall Systems – Analysing System Studies on Hungarian Projects* in *Periodica Polytechnica Architecture*, 2016, DOI: 10.3311/ppar.8337, ISSN: 0324590X.

[32] Prajapati Kumr Santosh and B. D. Tripathi: *Seasonal Variation of Leaf Dust Accumulation and Pigment Content in Plant Species Exposed to Urban Particulates Pollution* in *Journal Environmental Quality*, 2008. Május, DOI: 10.2134/jeq2006.0511

[33] Albedo, <http://dictionary.sensagent.com/Albedo/hu-hu/> - (accessed Oct. 31, 2020)

## 6. Ábrajegyzék

1. ábra: *Alkalmazott És Városklimatológia | Digitális Tankönyvtár, n.d.*
2. ábra: *Hol hűsöljünk este | www.idokep.hu*
3. ábra: *Léghör 62. évfolyam, 2017. 4. szám |*
4. ábra: *Akbari et al., 2001 nyomán*
5. ábra: *A Brief Review of Urban Green Vegetation (Green Wall) in Reduction of Air Pollution, Masoumeh Pirhadi*
6. ábra: <https://zajterkepek.hu/#>
7. ábra: *Davis, Tenpierik, Ramirez, Pérez, 2017*
8. ábra: *Alkalmazott És Városklimatológia | Digitális Tankönyvtár, n.d.*
9. ábra: *A városi zöldfelületek hatása a város klímájára, Szabó Beáta, 2015*
10. ábra: *Google Earth alapján*
11. ábra: [www.mapire.hu](http://www.mapire.hu)
12. ábra: [www.mapire.hu](http://www.mapire.hu)
13. ábra: [www.mapire.hu](http://www.mapire.hu)
14. ábra: [www.mapire.hu](http://www.mapire.hu)
15. ábra: *Budapest városrendezési koncepciója, Helyzetelemzés, 2011*
16. ábra: *Budapest városrendezési koncepciója, Helyzetelemzés, 2011*
17. ábra: *Buildings' heat output and urban climate, M Seprődi-Egeresi and a Zöld*
18. ábra: <https://apps.sentinel-hub.com/sentinel-playground/>
19. ábra: *Google Earth alapján*
20. ábra: *Thermomodernization of buildings with the utilization of green walls, Wesolowska, Małgorzata and Laska, Marta, 2019*
21. ábra: <https://www.muralswallpaper.com/>
22. ábra: <https://www.architonic.com/>
23. ábra: <https://www.archdaily.com/>
24. ábra: <http://www.findmyhome.at>
25. ábra: <https://archello.com/project/oasis-d-aboukir>
26. ábra: <https://www.tournesol.com>
27. ábra: saját
28. ábra: saját
29. ábra: saját
30. ábra: saját

31. ábra: *saját*
32. ábra: *saját*
33. ábra: *saját*
34. ábra: *saját*
35. ábra: *saját*
36. ábra: *saját*
37. ábra: *Google Earth alapján*
38. ábra: *saját*
39. ábra: *Zöldhomlokzatok, Függőleges zöldfelületek tervezésének, kivitelezésének műszaki és kertészeti útmutatója*
40. ábra: *Google Earth alapján*
41. ábra: *saját*
42. ábra: *saját*
43. ábra: *Google Earth alapján*