

# **SZAKDOLGOZAT**

**Đurkovič Denis**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet**

**Tájrendező és kertépítő mérnöki alapképzési szak**

**Zöldtetők potenciálja Budapesten –  
Zöldtetők pozitív hatása a nagyvárosi problémákra**

**Belső konzulens:** Takácsné Zajacz Vera

Tanársegéd, PhD hallgató

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Kert- és Szabadtértervezési  
Tanszék

**Készítette:** Ďurkovič Denis

**Budapest**

**2023**

## TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS .....	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	4
2.1. BUDAPEST NAGYVÁROSIAS PROBLÉMÁJA .....	4
2.1.1. A város zöld infrastruktúrája – jelenlegi helyzete és problémája .....	4
2.1.2. Városi hősziget jelensége Budapesten .....	6
2.1.3. A város vízi infrastruktúrája.....	7
2.2. ZÖLDTETŐK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI.....	9
2.2.1. Zöldtetőkre vonatkozó magyarországi jogszabályok.....	9
2.2.2. A zöldtetők típusai .....	10
2.2.3. Zöldtetők szerkezete.....	16
3. ZÖLDTETŐK SZEREPE A VÁROSBAN .....	17
3.1. ZÖLDTETŐK HATÁSA AZ ÉPÜLETSZIGETELÉSRE .....	17
3.1.1. Hőátbocsátási tényező .....	18
3.1.2. A zöldtetők szigetelő hatását befolyásoló tényezők.....	19
3.2. ZÖLDTETŐK HATÁSA A HŐSZIGET EFFEKTUSRA .....	22
3.2.1. Zöldtetők közvetlen hatása a hősziget effektusra.....	24
3.2.2. Zöldtetők közvetett hatása a hősziget effektusra.....	26
3.3. ZÖLDTETŐK HATÁSA A VÁROSI VÍZGAZDÁLKODÁSRA.....	27
3.3.1. Az időjárási körülmények befolyása .....	28
3.3.2. A zöldtetők karakterisztikájának befolyása a vízháztartásra.....	29
3.3.3. Esőzések intenzitása Budapesten .....	32
3.4. ZÖLDTETŐK A KÖZÉRZETRE ÉS A LÁTVÁNYRA GYAKOROLT HATÁSA ..	33
3.4.1. Egészségügyi és jóléti előnyök .....	34
3.4.2. Koncentráció, kreativitás és önszabályozás .....	35
3.4.3. További egészségügyi előnyök .....	35
4. ZÖLDTETŐK VIZSGÁLATA BUDAPEST PÉLDÁJÁN .....	36
4.1. TELEPES UTCAI BUSZMEGÁLLÓ – EXTENZÍV ZÖLDTETŐ.....	36
4.1.1. A zöldtetőről – Telepes utcai buszmegálló .....	37
4.1.2. Értékelés – Telepes utcaibuszmegálló.....	38
4.2. IKEA ÖRS VEZÉR TERE – BIODIVERZ (EXTENZÍV) ZÖLDTETŐ.....	39
4.2.1. A zöldtetőről – IKEA áruház .....	40
4.2.2. Értékelés – IKEA áruház.....	42
4.3. OTP M12 IRODAHÁZ – INTENZÍV ZÖLDTETŐ .....	45

4.3.1. A zöldtetőről – OTP M12 irodaház.....	45
4.3.2. Értékelés – OTP M12 irodaház .....	47
5. ÖSSZEFOGLALÁS.....	51
IRODALOMJEGYZÉK.....	53
ÁBRAJEGYZÉK .....	61
TÁBLÁZATJEGYZÉK .....	62
MELLÉKLETEK .....	63

## 1. BEVEZETÉS

Az emberiség már az ókor óta használ zöldtetőket az építészetben. Akkoriban a lépcsőzetes építési módnak köszönhetően kialakított földteraszokat zöldítették be díszítő céllal, majd akár haszonnövényekkel is. Viszont az északi országokban, a hidegebb éghajlatból és az építési anyagokban szegény környezetből kiindulva, más megoldást láttak a zöldtetőkben, ezek gyökerei az Izland földdel fedett házához nyúlnak vissza. A hagyományos földréteggel és gyeppel fedett tetők nagyon hatékony hőszigetelő képességgel rendelkeznek. Az így készített tetők kiegészítő fűtéssel lakhatóvá tették a házakat télen. (PÁL, 2015) A zöldtetőknek a hasznos hőszigetelő hatásai mellett továbbá csapadék elnyelő képessége is van, ennek köszönhetően a csapadék lefolyását is csillapítja. Ezek a hasznos tulajdonságok egyre fontosabbnak bizonyulnak. Ezt bizonyítja a napjainkra kialakuló sűrű városi beépítés, az urbanizálódó világ, a klímánk romló állapota és a vele járó heves időjárás, illetve a környezettudatos szemlélet hatására elterjedő zöldtetők sokasága, a gazdaságilag fejlett országok nagyvárosaiban.

Dolgozatom témája nem véletlen esett Magyarország fővárosára. Míg külföldön a zöldtetők támogatása egyre csak növekszik, és azzal egyidőben sorra építik be a nagyvárosokat zöldtetőkkel, addig Magyarországon korántsem annyira elterjedt. A mai állapotban lévő magyar törvények és támogatások, amelyek a zöldtetők mellett szólnak, nem megfelelőek ahhoz, hogy lehetővé tegyék a zöldtetők elterjedését. Pedig a zöldtetők nagy szerepet töltenének be a manapság előforduló nagyvárosi problémákban. A szabályozásoknak köszönhetően a városokban épített zöldtetők nagyrésze intenzív zöldtető, amelyek kivitelezése és karbantartása sokkal költségesebb, mint az egyszerűbb, extenzív zöldtetőnek. Ráadásul az újonnan épülő lapostetőkön legtöbbször napelemes beépítésre kerül sor, amely kialakítása ugyancsak költséges, így az sajnos sokszor kiszorítja a zöldtető lehetőségét. Ezért Magyarországon főként nagyobb környezetterheléssel járó beruházásoknál kompenzációs okokból, vagy a még nagyobb beépíthetőség eléréséhez épül zöldtető. (SZABÓ, 2009)

Dolgozatomban a zöldtetőket és az azok által nyújtott előnyöket ismertetem. Célkitűzésem a dolgozatban nem csupán a zöldtetők ismertetése, hanem a potenciális jótékony hatásukat elemezzem Budapestre nézve. Végül a megfelelő konklúziót levonjam, és ezzel népszerűsítsem a zöldtető építését Magyarországon.

## **2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS**

A szakdolgozatom a zöldtetőket és azok Budapest nagyvárosias jellegéből fakadó problémáira való hatását vizsgálja. Így célszerűnek tartom a problémák ismertetését, rövid áttekintését. Továbbá a témám szempontjából elengedhetetlennek tartom a zöldtetők általános jellemzőinek bemutatását. Törekedtem a témához releváns tulajdonságok rövid áttekintésére, és a hozzá tartozó fogalmak tisztázására.

### **2.1. BUDAPEST NAGYVÁROSIS PROBLÉMÁJA**

Budapest jelenlegi állapota és a nagyvárosokra jellemző további tulajdonságok áttekintése fontos ahhoz, hogy megértsük, miért is van a városnak szüksége több zöldtetőre. Az ebből fakadó problémák nagyban meghatározzák a városok működését, esztétikáját. Sőt még a városban élő lakosok jólétére és egészségére is negatív hatással vannak.

Ezek a problémák a városok számára most és a jövőre nézve is komoly közegészségügyi problémát jelenthet. A globális éghajlatváltozás, a városi hőszigetek és a légszennyezés kölcsönhatása az előrejelzések szerint egyre nagyobb egészségügyi terhet ró a városokra. Világszerte tapasztalható a meleg időjárás és a rossz levegőminőség miatti megbetegségek és halálozások számának a növekedése. (HARLAN, 2011) A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján, Budapesten az 1980-as lakosságcsúcs idején 2 millió 59 ezer lakták a várost, amely kitette az ország lakosságának közel 33%-át. (KSH, 2018) Ez növekvő lakhatási igényt, és sűrű beépítettségű területeket eredményezett. A különböző magasságú és felszín tagoltságú épületek csökkentik a szél sebességét, ami gyenge átkeveredést idéz elő, ami miatt a légszennyező anyagok koncentrációja is megnövekedhet. (DOBÓ, 2014)

#### **2.1.1. A város zöld infrastruktúrája – jelenlegi helyzete és problémája**

A mai rohamosan globalizálódó világban a sűrű beépítéssel kapcsolatos problémák sokkal erőteljesebben és összetettebben jelentkeznek meg, mint pár évtizeddel ezelőtt. Ahogy a városi területek egyre inkább terjeszkednek, úgy egyre nagyobb igény mutatkozik a városi területek környezetre gyakorolt hatásának mennyiségi és minőségi szabályozása iránt is. Emellett számolni kell az éghajlatváltozás olykor bizonytalan és/vagy pusztító hatásával. Ugyanakkor a lakosokban a pozitív irányba erősödő ökológiai szemléletek megkönnyíthetik ezen problémák megoldásához vezető utat.

A környezet- és egészségpszichológia kutatások részeként már több évtizede kutatják a zöld környezet gyógyító hatását, és a pozitív aspektusait. A városi zöldfelületek nem csupán

településökológiai szempontból fontosak, mivel éppen ezek képesek a város által terhelt ingerek minőségét és mennyiségét pozitív irányba megváltoztatni. Így a városi zöldfelületek minden városlakó számára fontosak. Vannak, akik rendszeresen használják a köztereket és parkokat. Viszont vannak olyanok is, akik nem érzik tudatosan a természet igényét, de mégis az ablakból kitekintve jó érzéssel és energiával tölti fel a városi zöld látványa. Egy 2013-ban végzett felmérés alapján elmondható, hogy Magyarországon a városlakók körében a zöldfelülettel való elégedettség lényegesen rosszabb, mint a többi közterülettel kapcsolatban. (BZK-I, 2017) Így felmerül a kérdés, hogy mégis mekkora zöldterületre lenne szükségünk egy településen?

A LEVEGŐMCS (2023) weboldalán találtak szerint Magyarországon az egy főre eső zöldterület településenként 0,49 és 140 négyzetméter között változik. Emellett az ajánlott zöldterületi minimum 21-30 m<sup>2</sup>/fő, amelyből 7-10 m<sup>2</sup>-t közvetlenül az épületek körül, 7-10 m<sup>2</sup>-t 300-500 méteres távolságra, és további 7-10 m<sup>2</sup>-t pedig nagyobb közparkként kellene biztosítani. Ezzel szemben számos tanulmányt olvastam, amelyben a World Health Organization (a továbbiakban WHO) által ajánlott értéket idézik, amely minimum 9 m<sup>2</sup>/fő, és az ideális zöldterületi mutató 50 m<sup>2</sup>/fő. Bár ezt az értéket egyetlen WHO által kiadott dokumentum sem erősíti meg, attól még több országban is a 9-11 m<sup>2</sup>/fő értékhez próbálnak igazodni. (BARRERA, 2022) Budapest esetén ez jelenleg 14,4 m<sup>2</sup>/fő, amellyel Magyarország nagyobb városai közül az utolsó helyen áll. (SZABÓ, 2015) Viszont ez az érték félrevezető, mivel Budapest egész területére vonatkozik, ám a város határán belül a zöldfelület-intenzitás nem egyenletes, ahogy azt az 1. melléklet is mutatja. Jól látható, hogy a belváros nagyon kevés zöldfelületi fedettséggel rendelkezik.

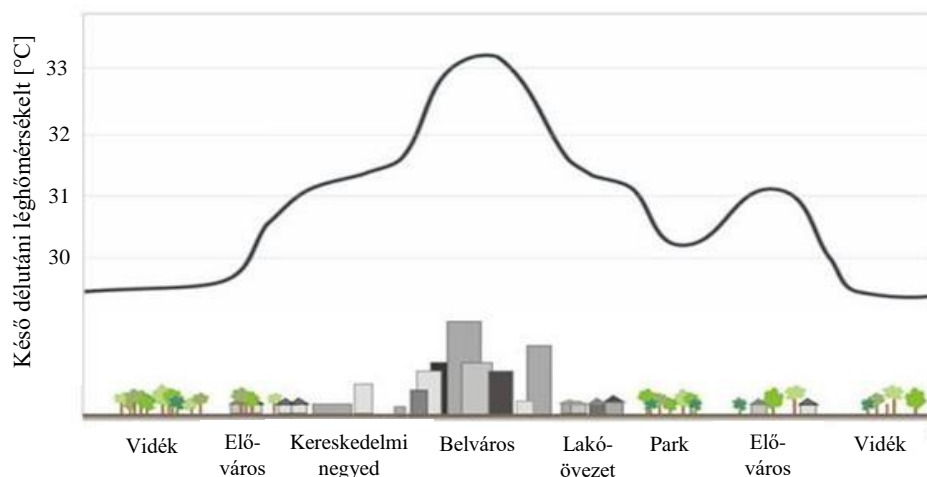
A zöldfelületi ügyekkel kapcsolatban fontos szerepe van a magánérdek és a közérdek megítélése is, melyek akár ellentétes irányú folyamatok lehetnek. Ennek fő oka a zöldfelülettel kapcsolatos stratégiai célok és eszközök, illetve ezek kommunikációja nem jó, nem eléggé mély vagy differenciált a különböző érdekkörökkel rendelkező társadalmi csoportok közt. (BZK-I, 2017) Viszont egy biztos, hogy már egy rövid idejű zöldben való tartózkodás egy városi környezetben pozitív, pszichológiailag resztoratív és stresszoldó hatással bírhat. (LIISA, 2013)

Ennélfogva Budapestnek törekednie kellene a burkolt felületek kiterjedésének csökkentésére, és a városi zöldfelületek növelésére. Ezt elősegíthetné az országos építési szabályzat, amely övezetekre osztja szét a várost, és minden övezetre más-más kötelező minimális zöldfelületi arányt írhat elő. Azonban ezeket az előírásokat csak az új beépítéseknél, vagy az épület funkciójának megváltoztatása esetén kell figyelembe venni. Sőt, ezek alól kivételt élveznek a művi érték- és örökségvédelemmel rendelkező városrészek. Így ezeknek a városrészeknek a problémáját nem segíti a szabályzat, hanem inkább megvédi a változtatás igényétől.

### 2.1.2. Városi hősziget jelensége Budapesten

Nem szabad elfelejtenünk a városi hősziget jelenség hatásáról sem. A városok növekedése és térbeli terjeszkedése miatt a történelem során kialakult egy különleges mikroklimatikus jelenség, a városi klíma, amelyre már az ókorban felfigyeltek. Megfigyelték, hogy a város levegője eltér a vidéki levegőtől. (SZEGEDI, 2014)

A nagyvárosokban számos tényező együttesen eredményezi a magasabb hőmérsékletet. A legbefolyásosabb közülük mindenképp az építési anyagok tulajdonsága, mint például a beton és az aszfalt, amelyek elnyelik a napsugarak energiáját, és felmelegednek. De ugyanakkor a város elrendezése is nagyban közrejátszik. A függőleges felületek nehezítik a szélmozgást, nagyon kevés a párolgó felületek aránya, amelyek egybevett hűtő hatása csökkentenék a városi hősziget hatását. (WMO, 1992) Ennek eredményeképpen elmondható, hogy a sűrűn beépített, gazdagon aszfaltozott városi területek időről-időre melegebbé válnak, a városon kívüli, ritkábban beépített térséghez képest.



1. ábra: Hőmérséklet-különbségek településfajta szerint (MÁSFÉLFOK, 2021)

Ez a téli időszak alatt persze nagyon hasznosnak tűnhet, mivel a melegebb levegő kedvezően hat a fűtésre, így energiát takaríthatunk meg. Viszont nyaranta, az így is egyre sűrűsödő hőhullámok miatt a légkondicionáló berendezések használata még jobban növeli a hősziget hatást. Ugyanis a minél melegebb hőmérséklet hatására fokozzuk a hűtést, és ez további meleg levegőt juttat ki a kültérbe, amivel csak romlik a hatás. Ezzel szemben viszont a jó fényvisszaverő képességű felületek, a zöldhomlokzatok és a zöldtetők alkalmazása képesek a városi hősziget hatását csökkenteni. (GYULAI, 2016)



### **2.1.3. A város vízi infrastruktúrája**

A város fejlődésével és terjeszkedésével nő a burkolt felületek aránya is. Emellett már évtizedek óta kimutathatók Magyarországon a klímaváltozás hatásai, amelyek intenzív esőzéseket idéznek elő. A nyári heves esőzések, illetve az időszakos nagymértékű felhőszakadások komoly károkat okoznak szerte az országban. Családi házak és társasházak pincéit, mélygarázsait önti el a víz. Olykor az egyre szélsőségesebb időjárás okozta özvívízszerű esőzések – úgy nevezett villámárvizek – idején az utakra is kiömlik a csapadékvízzel telített szennyvíz. A meglévő csapadékvíz elvezető rendszer nem képes megbirkózni ezekkel a lökésszerű árhullámokkal. Ugyanis a hirtelen lezúduló, nagy mennyiségű csapadékot a csatornák csak késleltetve képesek elvezetni, mivel a vízmennyiség meghaladja a csatornahálózat kapacitását. (FCSM, 2006) Ezek az elöntések több millió forintos károkat okoznak magán- és köztulajdonban egyaránt. Ráadásul a pangó szennyvízzel teli csapadék nem csak kellemetlen szaghatást, de a kórokozók terjedésével akár közegészségügyi károkat is előidézhet.

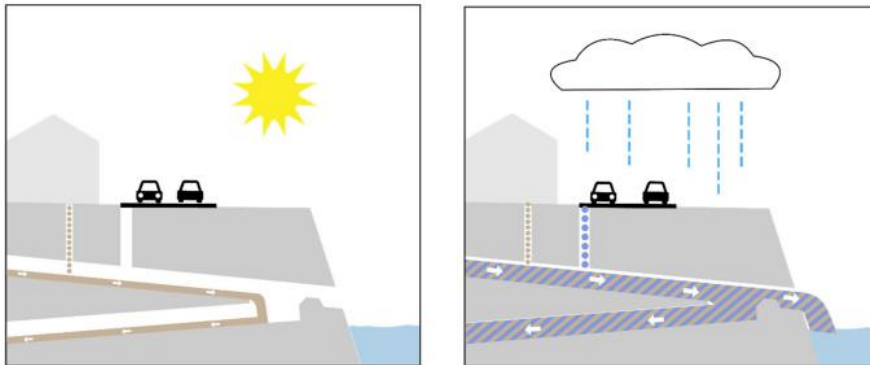
#### **BUDAPEST FELSZÍNI ÉS FELSZÍN ALATTI VIZEI**

Budapest vízgyűjtője a Duna folyó, amely átszeli a várost. A Duna és a város területén hozzá tartozó, nagy jelentőséggel bíró, hat patak alkotja Budapest nagyobb, természetes vízfolyásait. Ezek a patakok (Aranyhegyi-patak, Gyáli-patak, Hosszúréti-patak, Ördögárok, Rákos-patak, Szilas-patak) mind átalakított mederrel rendelkeznek, és egyesek helyenként föld alatt folynak (2. melléklet). (BKÁÉ, 2020) A Duna méretéből és eredetéből kiindulva a vízszintjét túlnyomórészt a Budapesten kívül lehulló csapadék befolyásolja. A főváros előtt elhelyezkedő, a folyóhoz tartozó több ezer négyzetkilométer vízgyűjtő területnek köszönhetően, egy jelentősebb árhullám levonulása napokig, de akár néhány hétig is eltarthat. Ez magasabb vízállást és talajvizet eredményez, amely további komplikációkat okoz a csatornázásban. Viszont a patakok vízszintje erősen függ a városi felületek burkoltságától, amely a patakokba bejutó csapadékvíz mennyiségét befolyásolja.

#### **BUDAPEST CSATORNARENDSZERE**

Budapest területén nem egységes a csatornahálózat kiépítése (3. melléklet). A város belső területein túlnyomórészt egyesített csatornahálózat van, amely nagyrészt a XIX. század második felében és a XX. század közepe között épült. Ebben az esetben a szennyvíz és a csapadékvíz különválasztására nem került sor, és a vízgyűjtő maximalizálása érdekében a csöveket sekély lejtésűre tervezték. A rendszer tisztítva ömlik a Dunába, azonban a heves esőzéseknek idején, amikor a vízmennyiség meghaladja a csőrendszer vagy a tisztítómű kapacitását, a többlet vízmennyiség a túlfolyókon, tisztítatlanul kerül a Dunába. (CSIZMADIA,

2020) Ezért az egyesített csatornarendszer területein különösen fontos a csapadékvíz helyben tartása és/vagy felhasználása, mivel ezzel csökkenthető a meglévő szennyvízhálózat, illetve a környező vízbázisok terhelése.



2. ábra: Egyesített csatorna túlfolyása rendszer túlterhelésnél (CSIZMADIA, 2020)

Az 1960-as évektől kezdve elválasztott csatornarendszer lett bevezetve, amelynél a szennyvíz és a csapadékvíz elvezetése elkülönített. Ebben az esetben a tisztítóműbe csak a szennyvíz van bekötve, és a csapadékvíz közvetlenül a környező folyókba van engedve. Ennek előnye, hogy a csapadékvíz nem terheli a szennyvíztisztítót, viszont nagyobb esőzéskor ez a vízmennyiség jelentősen hozzájárul a patakok hirtelen áradásához. Továbbá különféle forráshiányoknak köszönhetően a legtöbb helyen napjainkig még csak a szennyvíz csatornázás valósult meg (3. melléklet). Emiatt sok illegális rákötést találhatunk, amelyek során az egyes telkek csapadékvíz elvezetése a szennyvízcsatornára van kötve. (CSIZMADIA, 2018; CSIZMADIA, 2020)

Az egyesített csatornarendszer túlnyomó része 2 éves esőzésre van méretezve, a sík területeken 15 perces esőzési idővel, míg a hegyoldalakon 10 perces esőzési idővel. Az elválasztott csatornarendszer 2 éves, illetve 4 éves esőzésekre van tervezve. A csatornahálózat bővítése hatalmas költségekkel járna, és egyes területeken a sűrű közműhálózat miatt már csaknem megoldhatatlan. A csatornázási művek nem megfelelő nagyságú befogadóképességét a szennyvízcsatornába való illegális csapadékvíz-bekötések is jelentősen rontják. (CSIZMADIA, 2020) A mára már 6000 km hosszú csatornarendszernek Budapesten elképesztő mennyiségű, átlagosan 500-600 ezer m<sup>3</sup>, azaz 500-600 millió liter szenny- és csapadékvíz elvezetéséről kell gondoskodnia naponta. (FCSM, 2023)

Szerencsére a főváros elkezdett intézkedéseket indítani ez ügyben, hogy megkönnyítse a lakosok életét, és nem utolsósorban, hogy csökkentse a felmerülő károkat. Az egyik ilyen projekt a Budapest Komplex Integrált Szennyvízelvezetése (BKISZ) projekt. Az átfogó beruházás az eddig ellátatlan területek nagy részén is kiépülésre került a szennyvízelvezető hálózat, ezzel a fővárosi családok tízezreinek élete válik komfortosabbá és egészségesebbé.

Viszont ez a beruházás egy, számunkra fontosabb fejlesztést is takar, mivel ez azt eredményezi, hogy az elavult szennyvíz tárolók felszámolásra kerülnek, amelyek csapadékvíz tárolására alkalmasak. A 2013-ban indított projekt keretén belül 16 fővárosi kerületében (és a Budaörsön végrehajtott fejlesztéseket beleszámolva) közel 270 km csatorna és 23 db átemelő telep épült ki. (BKISZ, 2021) Azonban ez magában még nem elég, hanem az is fontos, hogy a program által érintettek minél előbb rá kössék a háztartásukat a megépült közcsatornákra.

A főváros érzékeli, hogy a zöldfelületi-intenzitás növelése több szempontból alapvető cél és egyben eszköz is a város életkörülményeinek javításában. A zöldfelület hiányos területeken a közterületi megújítás során növelni szeretné a zöldfelület arányát hagyományos módszerekkel, mint például burkolt felületek felülvizsgálatával és csökkentésével, parkolófásítással, stb. Továbbá alternatív megoldásokban is gondolkodnak a hosszú távon energiahatékonyság és költségcsökkentés érdekében, mint például a zöldhomlokzatok és zöldtetők. A főváros célja, hogy javuljon a környezet hő- és vízháztartása. (BZK-II, 2017)

## **2.2. ZÖLDTETŐK ÁLTALÁNOS JELLEMZŐI**

A zöldtető egy, a födémszerkezeten mesterségesen létrehozott, vízelvezetés, vízháztartás, vízszigetelés szempontjából megfelelő rétegrenddel megépített sík, teraszos vagy maximum 45 fokos hajlásszögű zöldfelület. A zöldtető növényzettel telepített csapadékvíz ellen szigetelt zárófödém, ahol a szerkezet, a tetőszigetelés és a vegetáció egymással összehangolt, megtervezett egységet képez. (ZÉOSZ, 2013) A zöldtetők tervezésénél, kivitelezésénél és fenntartásánál különféle irányelvek segítenek és korlátoznak. Ezeket az irányelveket az FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) bejegyzett egyesület, a zöldtető irányelvek megalkotója által kiadott gyűjteményben található. Magyarul a “Zöldtető tervezésre, kivitelezésre és gondozásra vonatkozó irányelvek” címen érhető el. Ez a gyűjtemény a zöldtetők területén érvényben lévő legfontosabb szabályrendszernek minősül. (FLL, 2023)

### **2.2.1. Zöldtetőkre vonatkozó magyarországi jogszabályok**

Magyarországon a zöldtetők kialakítására a jelenlegi szabályozásnak köszönhetően jóformán csak azért kerül sor, hogy a beruházó az építendő ház zöldterületi mutatóin javítson, és ezzel beépítendő négyzetmétereket nyerjen. Az azt jelenti, hogy csupán gazdasági, és nem a városi klímát, élhetőséget javító szándék vezérelti a beruházókat a zöldtetők építésénél.

Az OTÉK 5. számú mellékletében (3. ábra) van meghatározva, hogy a tetőkertek, illetve természetes vagy mesterséges, burkolt medencével rendelkező vízfelületek területének hány százaléka vehető figyelembe a telkek zöldfelületénél. Ahhoz, hogy a tetőkert beszámítható legyen a zöldfelületbe, legalább 10 m<sup>2</sup> egybefüggő területűnek kell lennie.

Az épített szerkezet feletti termőföld rétegvastagsága	A telepíthető növényállomány jellege	Zöldfelületként beszámítható rész
8-20 cm termőrég vagy könnyített szerkezetű talaj	egyszintes növényállomány, extenzív zöldtető	15%
21-40 cm termőrég	egyszintes növényállomány, félintenzív zöldtető	25%
41-80 cm termőrég	kétszintes növényállomány, intenzív zöldtető	40%
81 cm termőrég felett	háromszintes növényállomány, intenzív zöldtető	75%

1. táblázat: A tetőkertek beszámítása a telekre előírt zöldfelületbe (OTÉK, 1997)

A jelenleg hatályos 253/1997. (XII. 20.) kormányrendelet a zöldtetők termőrég vastagságát számítja bele a mutatóba, azt viszont hogy milyen az ültetendő növényzet szükségletei, figyelmen kívül hagyja. Így kikaput biztosítva annak, hogy felesleges 80+ cm ültetőközeg kerül felhordásra, míg az ültetett növényzet általában nem igényli azt. Ez sokszor a kivitelezés kárára megy, mivel olcsóbb, silányabb ültetőközeget használnak annak érdekében, hogy minél gazdaságosabban elérjék a kívánt mennyiséget. (ÉPÍTÉSZFÓRUM, 2017) Sajnos a rendelet a zöldtetőt átadásakor elkészültnek nyilvánítja, így ha az évek során a növények kiszáradnak, annak jogi következménye nem feltétlenül van.

### 2.2.2. A zöldtetők típusai

A zöldtetőket több kategóriába is sorolhatjuk, kezdve a felhasználásuktól, az építési tényezőktől és a munkavégzés módjától függően. Ezek a tényezők egyaránt meghatározzák a telepítésre alkalmas növényfajtákat és azok megjelenését:

- extenzív zöldtetők
- biodiverz zöldtetők
- egyszerű intenzív zöldtetők
- intenzív zöldtetők (tetőkertek)
- kéktetők
- zöld-kéktetők

Továbbá a zöldtetőket nem csak újonnan épült tetőszerkezetekre tudunk tervezni, hanem akár az arra alkalmas régi épületek tetőszerkezetére is. Ezeket az utólagosan megépített zöldtetőket nevezzük ún. retrofit zöldtetőknek. A retrofit zöldtetők jellemzését tovább taglalom ebben a fejezetben.

A különböző típusú zöldtetők vegetációjára egyaránt érvényes, hogy a növényfajokat a helyi viszonyoknak megfelelően kell kiválasztani. A megfelelő növény választással alacsonyabb karbantartási szükségletet érhetünk el. (FLL, 2018)

### EXTENZÍV ZÖLDTETŐK

Az extenzív zöldtetők úgy vannak kialakítva, hogy az átadásuk után pár év elteltével teljesen öfenntartó állapotba kerüljenek. Olyan természetközeli vegetáció kialakítása lehetséges, amely nagyon kevés gondozást igényel, és a viszonylag könnyű szerkezet miatt nem jelent nagy terhelést a tető számára. Az így kialakított állományok rendszeres öntözést nem igényelnek, és jól igazodnak az extrém időjárási viszonyokhoz. Ezeket a fajta zöldtetőket nem emberi tartózkodásra találták ki, kialakításukat kizárólag a kedvező vizuális és a pozitív kondicionáló hatás indokolja. (PÁL, 2015)



3. ábra: Extenzív zöldtető (GRT, 2022)

A termőréteg (ültetőközeg) vastagsága jó esetben 8-20 centiméter. A meglehetősen vékony termőréteggel (6-10 cm) rendelkező zöldtetőket vegetációs paplannal, úgynevezett sedum szőnyeggel borítják. (ZÉOSZ, 2013) Egy átlagos vízzel teljesen telített extenzív zöldtető súlya körülbelül 90-180 kg/m<sup>2</sup>, a termőréteg vastagságától függően.

A vegetációt a helyi viszonyoktól függően többnyire szárazság és fagyűrő mohák, pozsgás növények. Azonban a növényállomány természetes átrendeződésnek van kitéve, ezáltal más növényfajok is megtelepedhetnek rajta. Ennek elkerülését a tápanyag utánpótlás korlátozásával és további karbantartással lehet elérni. (FLL, 2018)

## BIODIVERZ ZÖLDTETŐK

Az extenzív zöldtetők altípusához tartoznak a biodiverz zöldtetők, amelyek kifejezetten a biodiverzitás támogatására irányulnak. A céljuk, hogy elősegítsék a helyi növény és állatfajok sokféleségét, és élőhelyet biztosítsanak a városi környezetben. (ODÚ, 2020) Jellemző a rovarok védelmét és szaporodását elősegítő rovarhotelek elhelyezése is a tetőn. Egy biodiverz zöldtetők elsődleges célja összeférhetetlen az emberi jelenléttel, ezért általában nem alkalmasak emberi tartózkodásra.



4. ábra: Biodiverz zöldtető (saját készítésű fotó)

A felszín kialakítása dinamikus, az ültetőközeg különböző vastagságával (8-25 centiméter) dombos kialakítás érhető el, így helyenként mikroklimatikus hatást létrehozva. Ezt tovább fokozza a heterogén ültetőközeg keverék (kavicsos, zúzottköves, homokos) kialakítása, amely különböző növényi igényeknek ad lehetőséget.

A vegetációt kifejezetten zöldtetők felületére adaptált, varjúháj fajok és virágos növényfajok különösen gazdag magkeveréke képezi, de néha elhelyeznek konténeres lágyszárú és fásszárú növényzetet is. Kezdetben dajkanövényzetet vagy gyakori öntözést igényel, majd később egyre kevesebbet, mert a cél a növények hozzászoktatása a szárazabb időszakokhoz. (SZŐKE, 2015)

## EGYSZERŰ INTENZÍV ZÖLDTETŐK

Az egyszerű intenzív zöldtetők, más néven félintenzív, olyan természetközeli vegetáció kialakítására alkalmas, amely gyakran önfenntartó és fejlődésképes. Viszont az extenzív zöldtetőkkel ellentétben, ez a fajta zöldtető időszakos gondozást igényel. Bár az alkalmazott növényzet megjelenésének céljától függően néhány inváziós lágyszárú növényzetet megtarthatunk egy bizonyos mértékben, a növények tápanyag- és vízszükségletét meg kell oldani. Az egyszerű intenzív zöldtetőket nem feltétlenül kell járhatóvá tenni, viszont megtehetjük, mivel már alkalmas arra, hogy rekreációs funkciót töltsön be.





5. ábra: Egyszerű intenzív zöldtető (GRT, 2022)

Ebben az esetben az ültetőközeg vastagsága körülbelül 20-30 centiméter. Vízzel teljesen telített állapotban súlya elérheti a 250-350 kg/m<sup>2</sup>-t, a termőréteg vastagságától függően.

A helyi viszonyoktól és a termőréteg vastagságától függően a vegetációt általában különböző talajtakaró növényekkel, fűekkel, évelő- és egynyári növényekkel, hagymás és gumós növényekkel, illetve cserjékkel tervezik. (FLL, 2018)

#### INTENZÍV ZÖLDTETŐK, TETŐKERTEK

Az intenzív zöldtetők kialakításukból fakadóan csak intenzív ápolással, állandó kertészeti gondozással, rendszeres víz- és tápanyagellátással tarthatók csak fenn. Viszonyásul igényes kialakítás esetén a felhasználási lehetőségeiben, funkciójában és formai kialakíthatóságában a hagyományos talajszintű kertekhez hasonlít. (FLL, 2018) A vastagabb ültetőközeg és a kiegészítő berendezések végett ennél a típusnál már ügyelni kell a tetőszerkezetet teherbírására. Kialakításukra csak lapos vagy nagyon kis lejtésű (3% alatti) tetők alkalmasak. (PÁL, 2015) Viszont ez nem akadályozza meg azt, hogy a termőréteget különböző vastagságokban helyezzük el, ezzel javítani a térélményen és a tetőkert esztétikáján.



6. ábra: Intenzív zöldtető (ZÉOSZ, 2013)

Az ültetőközeg vastagsága legalább 20 centiméter, de ezt nagyban befolyásolják a telepítendő növényzetek és azok igényei. Ha magas fás szárú növényzet telepítése a cél, akkor a termőréteg vastagsága általában meghaladja a 80 centimétert. Értelemszerűen a nagyobb termőréteg vastagság nagyobb felületi súlyt eredményez. Ezért egy vízzel telített intenzív zöldtető súlya akár  $1,6 \text{ t/m}^2$  fölötti értéket is elérhet. (ARCHIGREEN, 2023) Ezt tovább növelheti a beültetett növények és a különféle épített elemek súlya.

Az intenzív zöldtető vegetációját a helyi viszonyoktól függően évelő és egynyári növények, fűfélék, hagymás és gumós növények, cserjék és akár fák alkotják. Esetenként akár gyepesített és vízarchitektúrával rendelkező részek is kialakíthatók. (FLL, 2018) A különféle opcióknak csakis a tetőszerkezet teherbírása szabhat határt.

## KÉKTETŐK

A kéktető abban különbözik a hagyományos zöldtetőktől, hogy nem rendelkezik termőréteggel. Ebben az esetben kizárólag a vízmegtartásra fókuszálnak, ugyanis a lapostető felületén egyfajta medencét kialakítva, jelentős mennyiségű csapadékot tud vissza tartani. Ennek a visszatartott csapadékmennyiségnek jelentős része elpárolog, a maradék részét pedig szabályozva leengedhetik.



*7. ábra: Kéktető (ROY, 2014)*

A kéktető kialakítása 2%-nál kisebb lejtésű lapostetőkön ajánlott, mivel ennél meredekebb lejtés esetén a kapacitás érdekében osztóelemeket kell alkalmazni. A szigetelés további védelmeként, a szerkezet sokszor vékony kavicsréteggel borított (7. ábra). A megtartott vízréteg vastagsága nem haladhatja meg a 12 centimétert, viszont már ez a vízmennyiség is jelentős teherrel bír, így csak megfelelő teherbírású épületszerkezet esetén alakítható ki. (CSIZMADIA, 2018)



Ha viszont az épület szerkezete megengedi, a kéktető kialakítása nagyon egyszerű és olcsó megoldást jelenthet a heves esőzések csapadékcsúcs csökkentésére. Akár 45%-kal is képesek csökkenteni a tető lefolyási tényezőjét. (ROY, 2014) Továbbá érdemes megemlíteni, hogy a fenntartott vízmennyiséget további célokra is lehet hasznosítani, így érdemes a leengedett vizet tartályokba vezetni, összegyűjteni.

## ZÖLD-KÉKTETŐK

A zöld-kéktető a zöldtetők olyan típusa, amely ötvözi az egyszerű extenzív zöldtető és a kéktető struktúráját. A legfelső termőréteg alatt további tárolóréteg helyezkedik el, ez biztosítva a nagyobb csapadékvíz mennyiség befogadását, miután a felső termőréteg telített állapotba kerül. (SHAFIQUE, 2016)



8. ábra: Zöld-kéktető (CSIZMADIA, 2018)

A növények által felszívott és majd később elpárologtatott, illetve a tárolóedények által felfogott vízmennyiség összessége tovább lassíthatja a csapadékvíz lefolyásának az idejét. A zöld-kéktető tulajdonságai, amelyek viszonylag nagyon alacsony kialakítási és karbantartási költségekkel társulnak, az egyik legjobb fenntartható csapadékvíz kezelés megoldást biztosítja a sűrű beépítettségű városokban.

## RETROFIT ZÖLDTETŐK

A retrofit zöldtető olyan zöldtető típus, amely kizárólag utólagosan lett kialakítva egy meglévő lapostetőre, adott szerkezeti és statikai tetőszerkezettel. A retrofit zöldtetők nem külön zöldtető típust jelöl, csupán csak annyit jelent, hogy nem újonnan épült tetőszerkezetre lett tervezve. Egy retrofit zöldtető a fent felsoroltak közül bármelyik zöldtető típus lehet. Mivel a retrofit zöldtetők létesítése nem egyidejű a tetőszerkezet építésével, ezért alapos tervezést igényel. Sok esetben a már meglévő tetőszerkezetnek alapos felújításon kell átesnie, hogy alkalmas legyen a zöldtető létesítésére.

Abban a tudatban, hogy ezek a zöldtetők meglévő szerkezetre épülnek, a tervezésnél a lehető legkönnyebb anyaghasználatra törekednek. Az ültetőközeg keverékében nagyobb számmal jelennek meg a kis tömeggel rendelkező ásványi anyagok. Elkezdtek alternatív megoldásokat keresni, amelyek könnyebbek a jelenlegi ültetőközeg keveréknél, és alkalmasak annak helyettesítésére. Ilyen például az üveghab (üveg salak) granulátum, amelyet hulladéküvegből készítenek, így rendkívül környezetbarát megoldásnak bizonyulhat. (ENERGOCELL, 2023) Az ültetőközegen kívül a különféle tervezett elemek tömegét is számításba kell venni, így azokat is könnyített, alternatív módon kell megoldani. Ezek összességében egy drágább megoldást követelhetnek, mint egy átlagos újonnan épült zöldtető.

Az átlagos burkolólapok súlya körülbelül  $160-220 \text{ kg/m}^2$ , amely  $1,6-2,2 \text{ kN/m}^2$ -nek felel meg, a kavicsé pedig  $90-150 \text{ kg/m}^2$ , amely  $0,9-1,5 \text{ kN/m}^2$ -nek felel meg. Ezek mindegyike kiváltható lenne egy extenzív zöldtetővel, melynek súlya hasonló. (CASTLETON, 2010)

### **2.2.3. Zöldtetők szerkezete**

A zöldtető szerkezete több különböző rétegekből áll, melyek közül a legalsó az épület födéme. A rétegrendeket a kialakítandó zöldtető tulajdonságaiból fakadóan kell meghatározni. A zöldtetők szerkezetének a rétegrendjei közt három nagyobb típust különböztetünk meg. Ezek a típusok alapvetően a vízszigetelő és a hőszigetelő réteg elhelyezkedésében mutatnak eltérést. A megfelelő vízvezetés érdekében a zöldtető rétegrendjének a lejtése legalább 2%-nak kell lennie. Mivel a vízszigetelés védelme nagyon fontos, ezért nagy szerepet tölt be a gyökérzet áthatolását akadályozó réteg, amely lehet külön védőréteg, de magában a vízszigetelő réteg is betöltheti ezt a szerepet. A felette lévő víztároló és egyben elvezető réteg szerepe a száraz időkben a növényzet számára szükséges vízmennyiség megtartása, míg nagy mennyiségű csapadék esetén a felesleges vízmennyiség gyors elvezetése. (PÁL, 2015)

#### **EGYENES RÉTEGREND**

Az egyenes rétegrendet általában tetőfelújításoknál alkalmazzák. Ez a rétegrend érzékeny a belső nedvességátadásokra, mivel a hőszigetelés a vízszigetelés alatt helyezkedik el. Ezért csak a párazáró réteggel lehet megakadályozni a hőszigetelésen lecsapódó vízgőz beszivárgását.

#### **FORDÍTOTT RÉTEGREND**

A fordított rétegrendet előszeretettel használják a zöldtetők kialakításánál. Ennél a rétegrendnél a vízszigetelés a speciális, nedvességre nem érzékeny hőszigetelés alatt helyezkedik el. Ebben az esetben a párazáró réteget ki lehet hagyni. Ez az előnyös kialakítás egyszerűbb kivitelezést igényel, mivel csökken a rétegek száma.

## DUO RÉTEGREND

A DUO rétegrend az egyenes és a fordított rétegrendnek a kombinációja. Ebben az esetben kettős hőszigetelés jelenik meg tetőn, ahol a nedvességre érzékeny anyagból álló hőszigetelés a vízszigetelés alatt, míg a nedvességre nem érzékeny hőszigetelés a vízszigetelés felett helyezkedik el. Ebben az esetben nincs szükség párazáró rétegre. Ez a rétegrend általában tetőfelújításoknál jelentkezik, mivel az adott tetőszerkezet már tartalmaz hőszigetelést. (SZABÓ, 2009)

## SPECIÁLIS RÉTEGREND

Azokat a rétegrendeket nevezhetjük speciálisnak, melyek eltérnek a megszokott zöldtető rétegrendjeinek a felépítésétől. Ilyen például a kék-tetők rétegrendjei, amelyben hiányzik a termőréteg. Ebben az esetben, mikor a vízszigetelés a felső réteg, még nagyobb figyelmet kell szentelni annak épségére a munkálatok folyamán.

## 3. ZÖLDTETŐK SZEREPE A VÁROSBAN

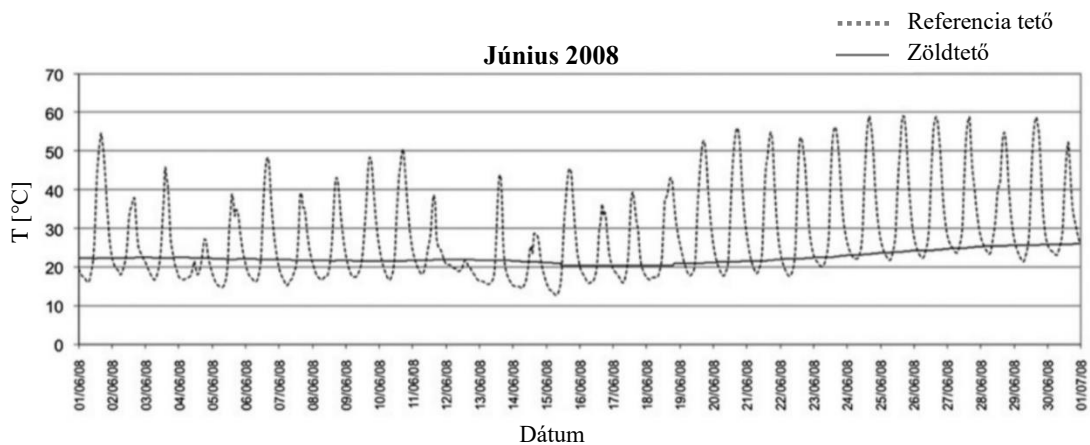
Az előző fejezetekben említett nagyvárosias problémákra számos megoldás létezik, mint például a városi kék-zöld infrastruktúra bővítése, záportározók, szikkasztóárkok, útfásítás, párologtató eszközök kiépítése, stb. (CSIZMADIA, 2018) Viszont ezek a megoldások használata sokszor a már beépített területeken szinte lehetetlen, vagy nagyon nehézkes. Nagyon ritkán áll elő az a helyzet, amikor új parkokat tud létrehozni a város, és ezek magas költségekkel és elkerülhetetlen rombolással járó beruházások. Szintúgy szinte elképzelhetetlen a város összes utcájában a csatornahálózat maximális kiépítése. A zöldtetők szerte a világban, sokféle formában, hosszú ideje jelen vannak, és ezek előnyei a csapadékvíz háztartásban, az épületek energiafelhasználásának csökkentésében, a biológiai sokféleségben (biodiverzitás), illetve más ökoszisztéma-szolgáltatásokban egyre jobban ismertek. Pont ezért esett a választásom a zöldtetőkre, amelyek alternatív megoldást nyújthatnak ezekre a problémákra.

### 3.1. ZÖLDTETŐK HATÁSA AZ ÉPÜLETSZIGETELÉSRE

A fejlett országokban maguk az épületek a primer energiafogyasztás, és ezzel a CO<sub>2</sub> kibocsátás mintegy felét teszik ki. Ennek az energiának nagy részét a fűtési és hűtési rendszerek használják fel, az épületek belső hőmérsékletének a fenntartására. Ehhez kapcsolódóan számos tanulmányt végeztek már a zöldtetők lehetséges épületenergetikai előnyeinek a vizsgálatára, és kimutatták, hogy a zöldtetők segíthetnek a nyári hűtés és a téli fűtés csökkentésében. (CASTLETON, 2010)

A zöldtetők egyik legfontosabb tulajdonsága a felületi hőmérséklet csökkentése és a hőmérséklet-ingadozások csillapítása. Egy hagyományos, viszonylag nagy abszorpciós képességű anyagokból készült lapos tető esetében a vízszintes külső felület a nappal származó sugarak elnyelésének és a külső levegő hőmérsékletének kombinációja miatt nappal magas hőmérsékletet érhet el, majd éjszaka lehül. Ez erős hőterheléssel jár a tetőszerkezet számára. (FIORETTI, 2010) Ezzel szemben a zöldtetők hőellenállást biztosítanak az épületeknek, mivel a növényzetük és termőrétegük kevesebb napsugárzást nyel el a többi tetőfajtaéhoz viszonyítva. (SHAFIQUE, 2018) Nyáron egy fekete tető kitett területe elérheti akár a 80 °C-ot is, míg egy zöldtető alatti terület csak 27 °C körül mozog. (CASTLETON, 2010)

A 9. ábrán látható grafikon egy Olaszországban tanulmányozott zöldtető és egy beton referenciatető külső felületi hőmérsékletének ingadozását mutatja be. Megfigyelhető, hogy a zöldtető alacsonyabb hőmérsékleti szintet mutat, és elenyésző a napi hőmérséklet-ingadozása.



9. ábra: Zöldtető és beton referencia tető külső hőmérséklet-ingadozása (FIORETTI, 2010)

Egy zöldtető albedója, azaz a beeső és a visszavert sugárzás aránya, egyenértékű lehet egy a legvilágosabb fehér tetőjével, méghozzá 0,70-0,85 értékű. Ellenben a bitumens vagy kavicsos tetők jellemzően 0,1-0,2-es értékkel rendelkeznek. Egyes kutatások kimutatták, hogy meleg körülmények között egy csupasz tetőn a nappal felhalmozott hő (elnyelt sugárzás) éjszaka is tovább áramlik be az épület belsejébe. Viszont a növényekkel beültetett tetőkön kevesebb volt ez a felhalmozott hő, ezért ez a hatás sokkal kisebb volt. (CASTLETON, 2010)

### 3.1.1. Hőátbocsátási tényező

Egy szerkezet hőszigetelő képességét az ún. hőátbocsátási tényező ( $U$ -érték) fejezi ki. Ez a szám megmutatja, hogy ha a szerkezet két oldalán egymástól különböző hőmérséklet van, akkor mennyi hő jut át a melegebb oldalról a hidegebb felé. Minél kisebb az  $U$ -érték, annál jobb a szerkezet hőszigetelése.

A hőátbocsátási tényező követelményértékei a 20/2014 (III.7.) BM rendeletben vannak megfogalmazva. Ezeket az elvárásokat minden olyan épületnél alkalmazni kell, amelyekre 2018. dec. 31. után kérnek építési engedélyt, illetve középület esetén 2016. dec. 31.-t követően. Ez az  $U$ -érték Magyarországon a lapostetőknél nem haladhatja meg a  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$  értéket, viszont a Magyar Mérnöki Kamara ajánlása alapján, ennek az értéknek  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  alatt kellene lennie. (MEPS, 2014)

### 3.1.2. A zöldtetők szigetelő hatását befolyásoló tényezők

Egy zöldtető szigetelő hatása és annak értéke, illetve mértéke számos tényezőtől függ. Például a termőréteg összetételétől és mélységétől, az éghajlati viszonyoktól, a beültetésre szánt növényektől, a zöldtető öntözésétől, a zöldtető típusától és az épület szigetelésétől. Azon modern épületeknek lapostetői, amelyek már a 20/2014 (III.7.) BM rendelet alapján épültek Magyarországon, sokkal jobb  $U$ -értékkel rendelkeznek, mint a régebben épült épületeké. Ez azért van, mivel a hőátbocsátási tényező követelményértékeire vonatkozó elvárások a múltban kevésbé voltak szigorúak. Mivel a zöldtetők a szigetelésben tudnának rásegíteni egy tetőnél, ebből kifolyólag egy modern lapostetőnél, amely megfelelően van ellátva szigeteléssel, a zöldtető hatása kevésbé lesz érzékelhető. Ezzel szemben egy régebben épült épületnél, amely a mai követelményekhez képest nem megfelelően van szigetelve, és alkalmas lehet retrofít zöldtető telepítésére, nagyon is látványos eredményeket tudunk elérni energiamegtakarítás szempontjából. (CASTLETON, 2010).

### ÉPÜLET SZIGETELÉSE

Egy kutatás keretében egy irodaház éves energiaszükségletének a számítását figyelték meg, Görögország fővárosában, Athénban. A teszt során az irodaháznál különböző tetőszigetelési értékeket használtak. Megfigyelhető, hogy a jól szigetelt épületek esetében nagyon kevés megtakarítás érhető el, ezzel szemben egy kevésbé jól szigetelt épületnél már jelentősebb ez az energiamegtakarítás. (NIACHOU, 2001)

	$U$ -érték zöldtető nélkül [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	$U$ -érték zöldtetővel [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Éves energia- megtakarítás fűtésnél	Éves energia- megtakarítás hűtésnél	Teljes éves energia- megtakarítás
<b>Jól szigetelt</b>	0,26-0,40	0,24-0,34	8-9%	0%	2%
<b>Mérsékelt szigetelt</b>	0,74-0,80	0,55-0,59	13%	0-4%	3-7%
<b>Nem szigetelt</b>	7,76-18,18	1,73-1,99	45-46%	22-45%	31-44%

2. táblázat: Zöldtető energiamegtakarítása különböző szigeteléseknél (NIACHOU, 2001)

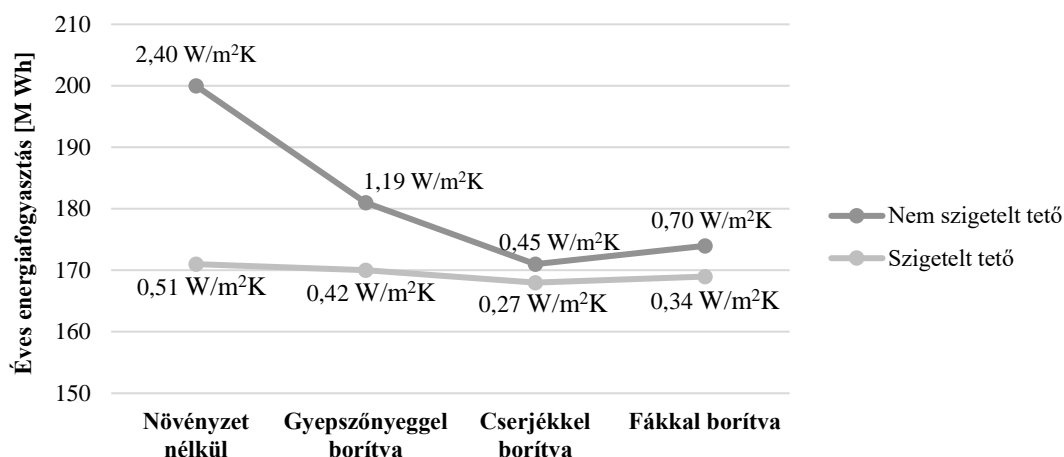
NIACHOU (2001) et al. munkájukban két athéni épület belső hőmérsékletét figyelték meg nyáron, amelyek hasonló szigeteléssel rendelkeztek, de az egyik zöldtetővel volt ellátva, míg a másik nem. Megfigyelték, hogy a napi átlagos hőmérséklet-ingadozás a zöldtetővel rendelkező épületben 4 °C, míg a zöldtető nélküli épületben 7 °C volt. Ez azt eredményezte, hogy a zöldtetővel ellátott épületben igaz, hogy alacsonyabb maximum hőmérsékletet mértek, viszont ezzel egyidőben magasabb minimumot is, azaz 25-29 °C közti értékeket. Ellenben a zöldtető nélküli épületben, ahol 24-31 °C közti értékeket figyeltek meg.

Abban az esetben, ha egy zöldtető egy magas épületen helyezkedik el, értelemszerűen a zöldtető szigetelő hatása nem lesz érzékelhető az egész épületben. Egy spanyolországi többszintes épület zöldtetőjének vizsgálatánál a legnagyobb energiamegtakarítás közvetlenül a zöldtető alatti helységben volt tapasztalható, viszont három emeletnél lejjebb már nem volt érzékelhető csökkenés. (CASTLETON, 2010)

Egy fontos szempont, amelyet nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy ugyan a zöldtetők javíthatják az épület hővédelmét, nem helyettesítik a szigetelőréteget. (CASTLETON, 2010) Viszont a zöldtető élettartama, amely ha megfelelően van kialakítva, könnyen 40-55 év is lehet, amely nagyon fontos tényező lehet az életciklusköltség értékelés során. (SHAFIQUE, 2018) A kialakításukból adódóan védik a szerkezetet a napszakos hőingadozások, az UV-sugárzás és a hőterhelés ellen. Ezzel szemben egy hagyományos tető átlagos élettartama jellemzően 10-30 év között van. (O'HARA, 2022)

## NÖVÉNYZET

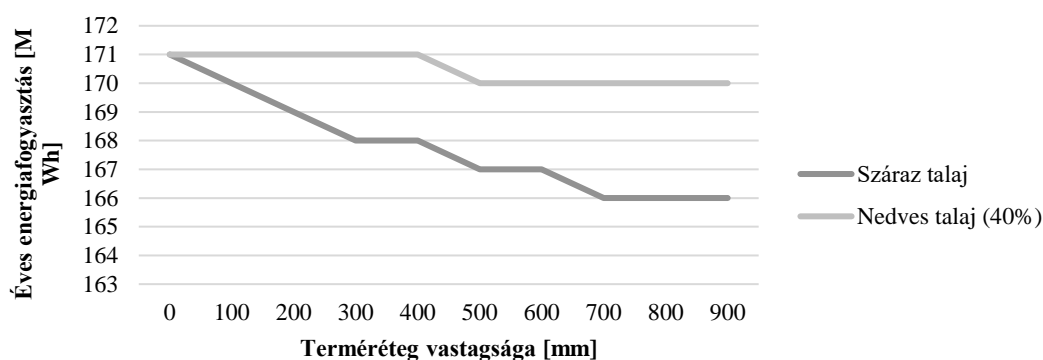
WONG (2003) et al. terepi kísérletükben egy szigetelt és egy nem szigetelt tetőn mérték a hőmérsékletet, különböző mélységű és különböző növényekkel beültetett zöldtetőkkel, egy öt emeletes irodaházon. Megfigyelhető a 10. ábrán, hogy a nem szigetelt tető esetében minél intenzívebb a növénytelepítés, annál nagyobb megtakarítás érhető el. Ezzel szemben a jól szigetelt tetőnél a megtakarítás értéke minimális. A szóban forgó energiamegtakarítás ebben az esetben a hűtésre vonatkozik. Ezek az adatok szintúgy alátámasztják azt, hogy zöldtető szigetelő hatása sokkal előnyösebb a rosszabb tetőszigeteléssel rendelkező épületek számára. Jól látható, hogy már egy 100 mm vastagságú félintenzív, gyepszőnyeggel borított zöldtető a kevésbé szigetelt tető esetében akár 10%-os éves energiamegtakarítás eredményezhet a nem zöldített tetőhöz képest. Viszont ez az érték egy jól szigetelt tető esetében alig 0,6%-ot jelent.



10. ábra: Irodaház éves energiafogyasztása különböző U-értékű tetőfajtákkal (saját szerkesztés (WONG, 2003) alapján)

## TERMŐRÉTEG

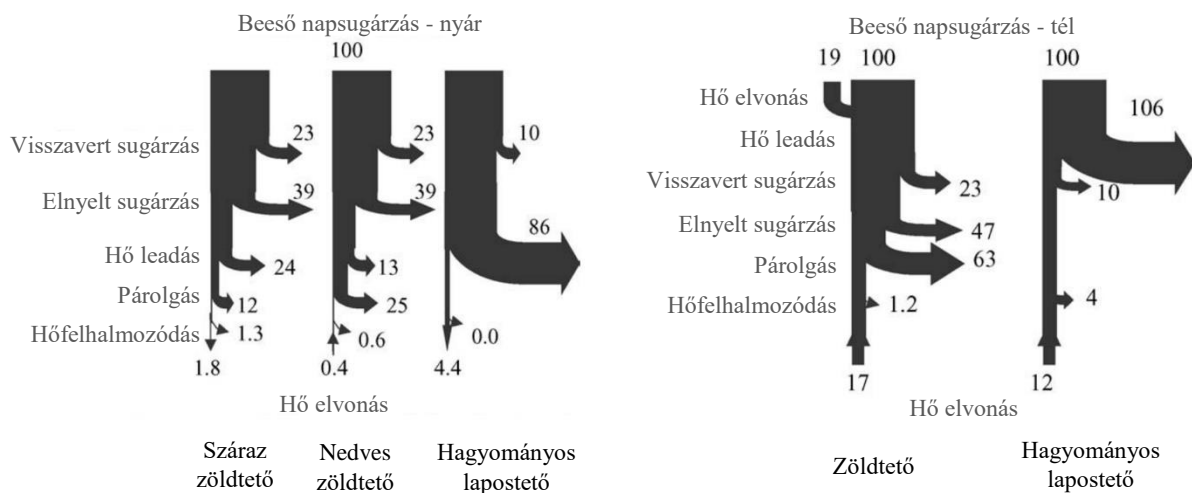
Különbféle kutatásokban megállapították, hogy a zöldtetők talajrétegének vastagsága és relatív sűrűsége a nedvességtartalommal együtt befolyásolja a zöldtető szigetelő hatását. Ahogy a termőrég sűrűsége csökken, úgy a talaj hővezető képessége (az  $U$ -értéke) csökken, és így a tetőn keresztüli hőáramlás is csökken. Ebből kifolyólag a termőrégben lévő további légzések a szigetelő tulajdonságok növekedéséhez vezettek. (CASTLETON, 2010) Elmondható, hogy minden 100 mm-es talajvastagság növekedésnél a száraz agyagos talaj hőellenállása körülbelül  $0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ -vel nő. Ezzel szemben egy 40%-os nedvesség tartalmú agyagos talaj csak  $0,063 \text{ m}^2\text{K/W}$ -vel nőtt, ami a levegő jobb szigetelő tulajdonságát tükrözi. (WONG, 2003) Ez azt jelenti, hogy egy nedvesebb talaj rosszabb szigetelő hatást eredményez a száraztalajjal szemben.



11. ábra: Irodaház energiafogyasztása különböző rétegvastagsággal, száraz-nedves talajnál (saját szerkesztés (WONG, 2003) alapján)

Kínában zöldtetőkön készített tanulmányok során megállapították, hogy, az ottani klímára tipikus, nyáron a zöldtetőre beérkező sugárzás 58%-a párologással, közel 31%-a hosszuhullámú sugárzással és 1,2%-a pedig tárolással vagy az alatta lévő helyiségbe való átvitelével távozik. (CASTLETON, 2010) Egy melegebb klímában, pontosabban Olaszország északkeleti részében,

készített mérések során is hasonló értékek jöttek ki, amelynél egy 20 centiméter vastag extenzív zöldtető passzív hűtés és a párolgás szerepét vizsgálták a nyári szezonban. A száraz és nedves zöldtető értékeit a hasonlóan szigetelt, zöldítés nélküli tetőjével hasonlították össze. A 12. ábrán jól látható, hogy egy nedves zöldtető esetében több mint kétszer annyi hő vesz el a párolgás során, mint a száraz zöldtetőnél. Ez az előző kínai klímában épített zöldtetőhöz képes lényegesen kevesebb. Az adatokból kiolvasható, hogy a száraz zöldtető (1,8%) 60%-kal csökkenti a beáramló hőáramot a hagyományos tetőhöz (4,4%) képest. Ellentétben a nedves zöldtetővel, amely nem csak megakadályozza az épületbe történő hőáramlást, hanem további hőt von el az épületből, ezzel passzív hűtőként is működik. Viszont a téli időszakban ugyancsak passzív hűtőként működik a nedves zöldtető, és kimutatható hőt von el az alatta lévő helyiségből. (LAZZARIN, 2005)



12. ábra: Zöldtető és egy hagyományos lapostető energetikai cseréjének összehasonlítása - baloldalt a nyári szezonban, jobboldalt a téli szezonban (LAZZARIN, 2005)

### 3.2. ZÖLDTETŐK HATÁSA A HŐSZIGET EFFEKTUSRA

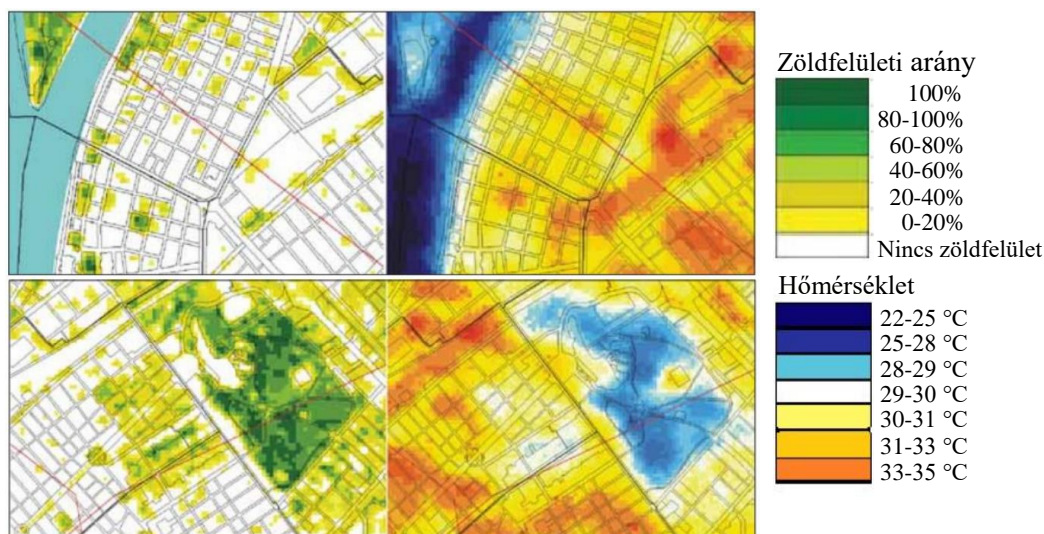
A városok lakosságának a növekedése a városok terjeszkedéséhez vezetett. Ez gyakran összefügg a városi hőmérséklet emelkedésével, az ún. városi hősziget jelenséggel. (angolul Urban Heat Island - UHI). (SUSCA, 2011) A jelenség már egy évszázada ismert, és azt a hőmérsékletkülönbséget írja le, amely a város és annak természetes környezete között keletkezik. A városi hősziget elsősorban a városi területek energiaegyensúlyának a megváltozásából fakad, amely több tényezőnek, (SANTAMOURIS, 2014) többek közt a burkolt felületek alacsony albedójának és gyors vízelvezetésének, az antropogén hő kibocsátásnak és légszennyezésnek, illetve a kevés városi zöldfelületnek, átszellőző szélcsatornák hiányának köszönhető. Ezek együttese csökkent szélsebességet, megrekedt meleg levegőt, gyengébb



evapotranszpirációt és magas hőmérsékletet eredményez a városon belül. A legnagyobb hőmérsékletkülönbség a több milliós lakosságú városokban jön létre, amely gyakran 10 °C feletti is lehet. Budapesten ez az átlagos eltérés körülbelül 3-6 °C. (SZABÓ, 2015; TÓTH, 2022)

Nagyon kevés olyan tanulmány áll rendelkezésre, amely a zöldtetők hősziget-csökkentési potenciáljának városi szintű értékelésére irányulna. Ennek elsősorban az lehet az oka, hogy a zöldtető egyenkénti vizsgálatai azt mutatják, hogy nagyon kis mértékben befolyásolja a környező hőmérsékletet, így városi szinten kimutathatatlan, vagy nagyon kicsi hatása van. Ennek ellenére ebben a fejezetben két részre osztottam a potenciális hatásukat, mivel a zöldtetők nagymértékben csökkenthetik a tetőfelület hőmérsékletét, csökkenthetik környezeti levegő hőmérsékletét, javíthatják az emberi hőkomfortot, illetve energiamegtakarítást is eredményezhetnek az épületek számára. Ezért megnéztem a közvetlen és a lehetséges közvetett hatásukat a városi hősziget jelenségre. Viszont sok kutatás kimutatta, hogy a városi zöldfelületek növelése hozzájárul a városi felszíni és a környezeti hőmérséklet csökkentéséhez, és ezzel a hősziget jelenség mérsékléséhez. Egy tanulmányban kimutatták, hogy ha az Egyesült Királyságban, Manchester városában a zöldfelületeket 10%-kal növelnék, akkor az képes lenne a következő 80 évre előre jelzett hőmérséklet emelkedését mérsékelni. (SANTAMOURIS, 2014) Így nem meglepő, hogy a városi hősziget mérséklésének a legköltséghatékonyabb megoldásának a zöldinfrastruktúra stratégia fejlesztését tartják. (LEHMANN, 2014)

Bár a zöldterületek aránya jelentős (29%) Budapesten, ez főként a város szélén lévő erdőkből, mezőgazdasági és kertészeti területekből áll. Az elhelyezkedésünkből fakadóan, ahogy azt az 1. melléklet szemlélteti, aligha befolyásolják a városi területek lefolyási arányát és a hőszigeteffektust. (CSIZMADIA, 2020)



13. ábra: Zöldfelületi arány (bal) és felszínhőmérsékleti értékek (jobb) kapcsolata Budapesten (SZABÓ, 2015)

A 13. ábrán látható Budapest különböző zöldfelületi aránnyal rendelkező területeinek a felszínhőmérsékletei. Megfigyelhető a magas zöldfelülettel rendelkező területek és a vegetáció nélküli területek közti hőmérséklet különbség. Akár 10 °C-kal is eltérnek egymástól. A kisebb zöldfelületek, csak úgy mint a zöldtetők, lokális megoldásnak tűnhetnek. Viszont én azt gondolom, hogy a város egész területén arányosan szétszórva a zöldtetők is képesek lennének visszaverni a rájuk eső sugárzást, és csillapítani a környező hőmérsékletet. Ez akár mérhetően csillapíthatná a hősziget jelenség mértékét.

### 3.2.1. Zöldtetők közvetlen hatása a hősziget effektusra

A növényzettel borított felszíneken, mint a zöldtetőkön, a lefolyás mértéke kisebb, ezáltal hosszabb ideig képesek párologtatni, és ezzel növelve a levegő nedvességtartalmát is. Így közvetlen hatást gyakorolnak az adott területre, és létrejön egy gyengébb hősziget hatás a nagyobb városi hőszigeten belül. Ez egy ún. hűvös szigetet hoz létre. Viszont ahhoz, hogy kiterjedtebb hűtő hatás jöjjön létre, a zöldített területnek a kiterjedése el kell, hogy érje a 60-80 métert. A beépített területek közötti kisebb méretű zöldterületeken a lokális klíma nem nagy mértékben tér el a városi klímától. Ebből következtetve elmondható, hogy az összefüggő, kiterjedtebb és sűrűbben ültetett zöldfelületek hűtő hatása sokkal erőteljesebb, mint egy kisebb növényállományé. (SZABÓ, 2015)

Ez azt jelenti, hogy alapjáratok a zöldtetők nem nagy hatással vannak a környező éghajlatra. Sőt a zöldtetők közül is az intenzív, nagyobb méretű zöldtetők sokkal nagyobb befolyással rendelkeznek, mint az extenzív, varjúhájás zöldtetők. A 3. táblázatban látható egy számszerű példa a parkok méretének és hőmérséklet csökkentő hatásuknak a kapcsolatára. Látható, hogy egy viszonylag nagy 50×50 méter, azaz 0,25 hektár területű intenzív zöldtető átlagos hűtő hatása körülbelül 1-2 °C lehet, és ezt 20 méter hatótávolságban tudja érvényesíteni.

A park területe [ ha ]	Átlagos hűtő hatás mértéke [ °C ]	Hatástávolság
500	2	~ 2 km
60	1,5	~ 1 km
0,50	1,5	150 m
0,25	1-2	20 m

3. táblázat: Parkok méretének és hőmérséklet-csökkentő hatásuknak kapcsolata (SZABÓ, 2015)

A lombozat egy tetőn árnyékolást szolgáltat a közvetlen napsugárzás ellen, ezzel korlátozza a besugárzás mértékét. A különböző növényfajok az eltérő lombkorona méretből, struktúrából és a lombozat sűrűségéből fakadóan eltérő mértékben befolyásolja a mérséklődést. (SZABÓ, 2015) Emellett a növények a párologtatásukhoz szükséges energiát a környezetükből vonják el. Ez egyrészt hűtő hatást, kellemesebb klímát, másrészt a páratartalom növekedését idézi elő. Egy zöldtető feletti levegő hőmérsékletének különböző magasságokban való mérésével megállapították, hogy napnyugta után a növényzet feletti környezeti hőmérséklet jelentősen csökkent, amely egész éjszaka tovább hűtötte a környezeti levegőt. A kemény, csupasz felület azonban visszasugározta a tárolt hőt, ezzel növelve a környezeti levegő hőmérsékletét. (CASTLETON, 2010) Például egy Kanadai kutatásban kimutatták, hogy egy retrofit zöldtető nappal akár 0,4 °C-kal és éjszaka 0,8 °C-kal is csökkentheti a környező levegő hőmérsékletét. (SHAFIQUE, 2018) Egy másik kutatásban a zöldtetők átlagosan 0,26 °C-kal csökkentették a környezeti levegő hőmérsékletét, és a maximális hőmérsékletcsökkentés nappal megközelítette az 1,6 °C-t is. (SANTAMOURIS, 2014)

Különböző kutatások kimutatták, hogy a magas vagy akár közepes magasságú épületeken a zöldtetők hőcsökkentés mértéke drasztikusan csökken, vagy akár szinte elhanyagolhatóvá válik. Arra a következtetésre jutottak, hogy egy zöldtető akkor tud a leghatékonyabban érvényesülni, ha az épület magassága nem haladja meg a 10 métert. (SANTAMOURIS, 2014)

Ahogy a 12. ábrán látható, egy tipikus zöldtető a beeső napsugárzás nagy részét visszaveri, vagy párologásként újrahasznosítja, és viszonylag kevés sugárzást tárol le. Ezzel kevésbé melegszik fel a talaj, és cserébe a párologás során hűti a környező hőmérsékletet. Ezt tovább tudja fokozni a zöldtető nedvességtartalma, amely által magasabb párologás érhető el, így magasabb levegő hőmérséklet csökkentés is. (LAZZARIN, 2005) A párologatásból fakadó levegő hőmérséklet csökkentés maximalizálása érdekében, a zöld-kék tetők, illetve akár a kék-tetők alkalmazása is szóba jöhet. Ezek a zöldtetők nagyobb mennyiségű csapadékvizet képesek megtartani, majd hosszú idő alatt sokkal magasabb mértékű és folyamatos párologtatást biztosítani, mint egy átlagos zöldtető. (BUSKER, 2022)

A városi hőszigetet továbbá befolyásolja még a szél mozgása és mértéke is. A burkolt felületek gyorsabban és nagyobb mértékben melegednek fel, mint a környező magas albedóval rendelkező nem zöldterületek és zöldterületek. Ennek az eltérő felmelegedésnek köszönhetően, a felszínek között létrejön egy lokális városi szél áramlás. Nappal a növényzet felett az evapotranszpirációnak, illetve éjjel a zöldfelület kisebb hőmegtartó tulajdonságának

köszönhetően lehűtik maguk felett a légteret, amely aztán helyet cserél a melegebb levegővel. Így egy vertikális légmozgás jön létre. (SZABÓ, 2015) A szélesség nagymértékben korrelál a zöldtetők felszíni hőmérsékletével. Ha a levegő sebessége 0,1 m/s-ról 1 m/s-ra, azaz a tízszeresére nő, a párolgás a zöldtetőn 10-30%-kal nő, ezzel tovább hűti a környező hőmérsékletet. (SANTAMOURIS, 2014)

### **3.2.2. Zöldtetők közvetett hatása a hősziget effektusra**

A megnövekedett városi hőmérséklet növeli a hűtésre fordított energiafogyasztást és a város villamosenergiájának csúcsigényét is. Például egy görögországi nagyvárosban, Athénban, az ottani hősziget megduplázza az épületek hűtési terhelését, ezzel csökkenti a teljesítményét, és a város csúcsáramigényét csaknem háromszorosára növeli. Ez a megnövekedett hűtési energia a városok szennyezésével és ózonkoncentráció növekedésével jár, így egyidejűleg a város ökológiai lábnyoma is növekszik. Romlanak a kültéri hőkomfort körülmények, míg a beltéri hőkomfort súlyosan csökken, ezzel az alacsony jövedelemű lakásokban nő a hőstressz, és fokozódnak az egészségügyi problémák is. (SANTAMOURIS, 2014) Magyar kutatások kimutatták, hogy a 2004-2015 közti időszakban a hőhullámok idején 15-20%-kal nőtt a halálozási arány. Ezen felül, a hőhullámos napok 2050 előre jelzett 100-180%-os növekedése további 2,6-szoros többlethalálozást eredményezhetnek. (CSIZMADIA, 2020)

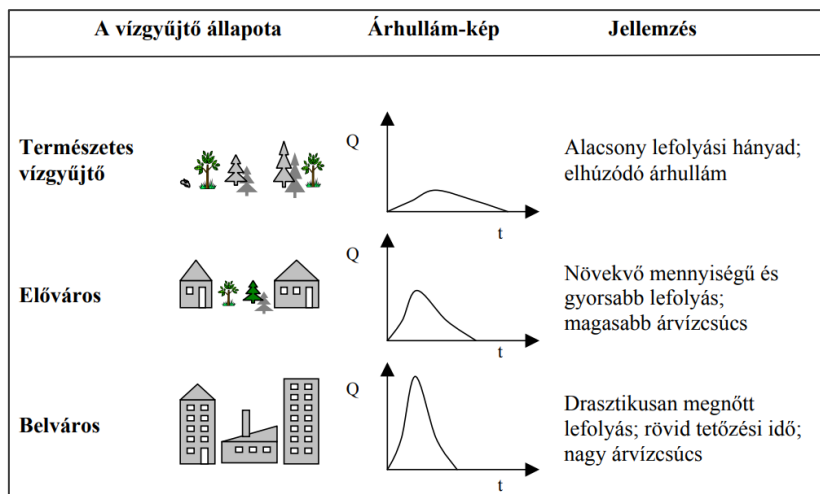
Ahogy azt az előző fejezetben bemutattam (3.1. fejezet), a zöldtetők képesek lehűteni a környező levegő hőmérsékletét nappal és éjszaka, továbbá segítik az épület szigetelését is. Ez azért lehet fontos, mert a jelenlegi légkondicionálók a belső tereket úgy hűtik, hogy a hőt a szabadba vezetik ki. Ezért ez a folyamat megemeli a környező hőmérsékletet, sőt rontja a szomszédos légkondicionáló hatékonyságát, amivel növeli az energia költségeket is. A már taglalt zöldtető körüli csökkentett hőmérsékleti adatok ezért arra a következtetésre adnak okot, hogy a zöldtetők növelik a léghűtő és szellőztető rendszerek hatékonyságát, illetve egyidejűleg csökkentik a költségeit is. (CASTLETON, 2010)

A már létesített zöldtetők közvetett befolyással lehetnek a környező zöldfelületekre is. A lassabb lefolyási görbe, a vízvisszatartás és a megnövelt párologtatás mind pozitív hatással lehetnek a környező zöldfelületekre. A zöldtető által kínált jobb életkörülményeknek segíthetnek a növények életben maradásával a kitett városi klímában. Várhatóan kevésbé fognak kiszáradni a növények, amely hozzájárulhat a hősziget további kompenzálásához.

### 3.3. ZÖLDTETŐK HATÁSA A VÁROSI VÍZGAZDÁLKODÁSRA

A vízpolitika helyzetében különösképpen fontos, hogy más politikai ágazatokkal összhangban legyen, hiszen a jövő múlhat rajtuk. Nincs ez másképp a nagyvárosokban helyzetében sem. A lakosság mennyisége növekszik, és értelemszerűen ezzel egyidőben a vízfogyasztás, illetve a vele járó szennyvíz mennyisége is. Az éghajlatváltozásnak köszönhetően, mint szerte az egész világban, úgy Magyarországon is, az előrejelzésekben a hosszú távú csapadékviszonyok változását illetően nagy a bizonytalanság. (CSIZMADIA, 2020) Viszont a trendek alapján kimutatható, hogy az éves csapadék nagyobb hányadát az intenzív, gyorsan lehulló esőzések adják majd, és emiatt a száraz időszakok hossza növekedni fog. Az éghajlatváltozás hatásával úgy is számolhatunk, hogy a ritka csapadékok visszatérési idejét kétszerezve elosztjuk, azaz például a jelenlegi 20 éves (5%-os valószínűségű) csapadék 10 évenként (10%-os valószínűséggel) fordul majd elő a jövőben. (GAYER, 2004)

Az urbanizációs folyamattal, a városok terjedésével nem csak a városlakók száma nő, hanem a városias jelleg is terjed. (PIRISI, 2015) A városi táj megváltoztatása hatással van a városi hidrológiára, mivel az áthatolhatatlan felületek növekedése negatívan befolyásolja a lefolyás és a beszivárgás folyamatát. Megnövekszik a csapadék áramlási sebessége a felületen, és csökken a késleltetés időtartama. Ez a városi árvízi katasztrófák előidézéséhez vezet. (WMO, 2008)



14. ábra: Az urbanizáció hatása a lefolyásra (GAYER, 2004)

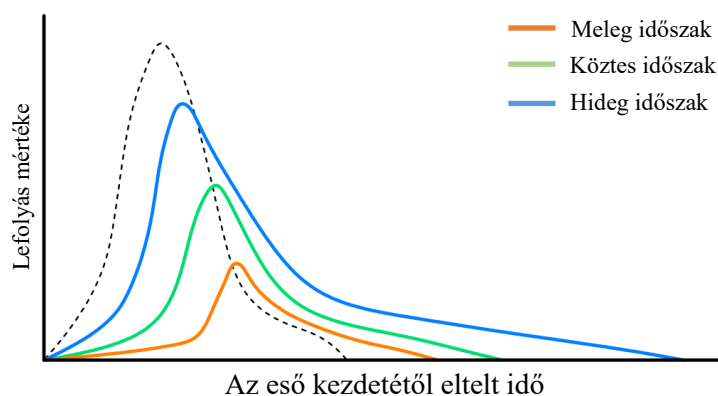
Kutatások rávilágítottak arra, hogy ahol az áthatolhatatlan felületek mérete egy adott városi területen eléri az 50-90%-ot, ott a felületek 40-83%-án felszíni lefolyás képződik egy adott csapadékesemény alkalmával. Továbbá kimutatták, hogy az áthatolhatatlan városi felületek kismértékű csökkentésével, például 25%-ról 16%-ra, már jelentős csapadékvíz lefolyás csökkentés érhető el. (MREKVA, 2019)

A fenntartható városi csapadékvíz-gazdálkodásban a tetők talajjal és növényzettel való borítása széles körben elfogadott módszer. Jól megfigyelhető időeltolódás van egy bitumenes lapostető és egy zöldtető lefolyási csúcspontja között ugyanazon esőesemény esetén, mivel a zöldtetők csökkentik a maximális lefolyási értéket. A késleltetés az az időkülönbség, ami a lehullott vízmennyiség maximuma és az elvezetett vízmennyiség maximuma között van. (SZLIVKA, 2016) Ez annak az eredménye, hogy a visszatartott víz egy része lefolyik, és a zöldtető nagyságának megfelelő rész megtartásra kerül. Általában a zöldtetőről az esőzés elállta után is tovább folytatódik a lefolyás, míg a sima lapostetőről nem. (SHAFIQUE, 2016) A megtartott víz pedig egy időn belül elpárolog, és/vagy az ültetett növények felhasználják. A zöldtetők visszatartó képességét és a víz lefolyását befolyásoló tényezők: az adott zöldtetők általános jellemzői és az adott területen lévő időjárási körülmények. (BERNDTSSON, 2010)

### **3.3.1. Az időjárási körülmények befolyása**

Egy zöldtető csapadékvíz háztartására a száraz időszak hossza (esőzések közt eltelt idő), a klíma és az évszakok jellemző tulajdonságai, illetve az esőzések jelleme (intenzitás és időtartam) lehetnek befolyással.

Egy zöldtető vízvisszatartó képessége gyorsabban regenerálódik a meleg évszakban, mivel az nagyobb párolgást eredményez. Kimutatható, hogy a meleg időszakban (nyáron) egy 5 cm alatti termőrétegnél 62%-kal, egy 5-15 cm közöttinél 70%-kal, illetve a 15 centiméternél mélyebb termőrétegnél 80%-kal csökkent a lefolyás értéke. Ha csak az 5-15 centiméter vastag termőréteget nézzük, jól látható az évszakonkénti lefolyás változása: 70% a meleg időszakban (nyáron), 49% a köztes időszakokban (tavasszal és ősszel), és 33% a hideg időszakban (télen). (BERNDTSSON, 2010) Ez az évszakonkénti drasztikus ingadozás egy Svédországban megfigyelt extenzív zöldtetőn végzett kutatásban is megmutatkozik, ahol februárban 19%, míg júniusban 88% volt a víz visszatartás. (BENGTSSON, 2005) Megfigyelték, hogy ha az esőzések közötti száraz időszak 96 óránál rövidebb, akkor a vízmegtartási térfogat 20%-nál kisebb, illetve ha 12 óránál rövidebb, akkor a vízmegtartási térfogat közel 0%. (4. melléklet) Ez azt jelenti, hogy ha nincs megfelelő mennyiségű száraz időszak az esőzés előtt, akkor a zöldtető termőrétege nem képes megfelelően kiszáradni, majd tartósan tárolni, esetleg csökkenteni a csapadékvíz mennyiségét. Ennek ellenére bármilyen kezdeti víztartalom esetén a zöldtető mindenképp képes ideiglenesen visszatartani a lehulló csapadékvizet, ezzel csökkenteni a lefolyás csúcspontját. (FIORETTI, 2010)



15. ábra: Zöldtetők sematikus vízrajza évszakonként (saját szerkesztés)

A csapadék intenzitása és a zöldtetők csapadékvíz visszatartásánál a kutatók fordított arányosságot találtak. Míg a nagyon kicsi méretű (10 mm alatti) esőzéseknél 100%-os visszatartást, addig a kisméretű (25,4 mm alatti) viharok esetében 88%-os, a közepes méretű (25,4 – 76,2 mm közötti) viharok esetében 54%-os, addig a nagyméretű (76,2 mm feletti) viharok esetében pedig 48%-os visszatartást mértek. (BERNDTSSON, 2010) Egy másik kutatásban, ahol egy 89 centiméter vastag termőréteggel rendelkező zöldtetőt vizsgáltak, egy 4,3 mm/h átlagos csapadékinzintenzitásról 2,4 mm/h átlagos lefolyási sebességre csökkentették a csúcsintenzitást. Továbbá a zöldtetők átlagosan 5,7 órával késleltették a lefolyás kezdetét, és a lefolyási csúcsreakciót átlagosan 2 órával voltak képesek késleltetni. (DENARGO, 2005)

### 3.3.2. A zöldtetők karakterisztikájának befolyása a vízháztartásra

A zöldtetők vízháztartása függ a termőréteg anyagától és vastagságától, az adott időpontban való víztartalmától, a növényzet borítottságától, a tető lejtésétől és a tető korától. Kutatások kimutatták, hogy átlagosan az éves csapadékmennyiségnél az intenzív zöldtetők 85-65%-kal, míg az extenzív zöldtetők 81-27%-kal csökkentették a lefolyást. (BERNDTSSON, 2010)

NO.	1	2	3	4
1	Zöldítés típusa	Termőréteg vastagsága [ cm ]	Éves átlagos vízvisszatartás [ % ]	Éves lefolyási együttható $\Psi_a$
2	Extenzív zöldtető	2 – 4	40	0,60
		> 4 – 6	45	0,55
		> 6 – 10	50	0,50
		> 10 – 15	55	0,45
		> 15 – 20	60	0,40
3	Intenzív zöldtető	15 – 25	60	0,40
		> 25 – 50	70	0,30
		> 50	≥ 90	≤ 0,10

4. táblázat: Zöldtetők víz visszatartás aránya és az éves lefolyási együtthatói (FLL, 2018)

A 4. táblázatban az FFL irányelvek által meghatározott éves vízvisszatartás százalékos arányára vonatkozó referenciaértékeket, illetve a hozzátartozó lefolyási együtthatókat láthatjuk. A feltüntetett adatok több éven át vizsgált helyszíneken 650-800 mm éves csapadékmennyiségre vonatkoznak. (FLL, 2018)

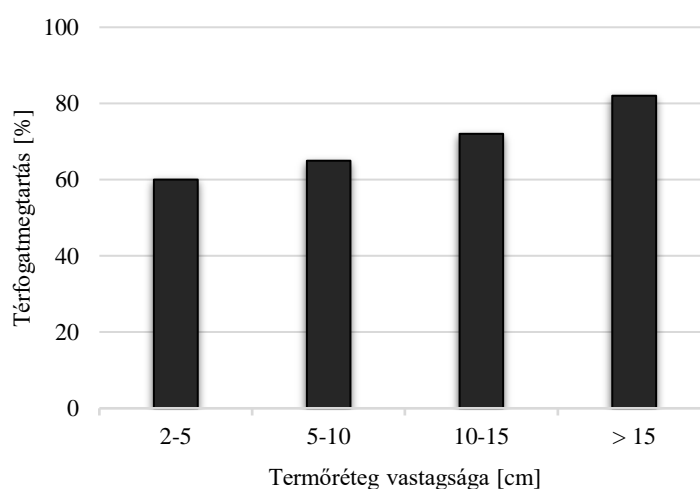
## TERMŐRÉTEG

Egy zöldtető vízvisszatartásában a legfontosabb részt maga a termőrétég vastagsága és tulajdonsága adja. Nagy nedvességtartó képességgel kell rendelkeznie, hogy minél több esővizet tudjon tárolni, viszont a vízáteresztő képessége is egyaránt fontos. (SHAFIQUE, 2018) (FIORETTI, 2010) A zöldtető vízkapacitása az a vízmennyiség, amit a termőrétég befogadni képes. A maximális vízkapacitást a termőrétég pórusterét teljesen kitöltő víz mennyisége adja, amikor is a zöldtető telített állapotban van. (SZLIVKA, 2016) A tervezők a statikai méretezésénél a zöldtetők vízzel telített állapotában mért súlyával számolnak, mivel ekkor a legnagyobb.

Vegetáció és rétegfelépítés	Maximum vízkapacitás
<b>Intenzív zöldtető</b>	45% térfogat
<b>Extenzív zöldtető</b>	
- töbrétégű	35% térfogat
- egyrétegű	20% térfogat

5. táblázat: Zöldtetők maximális vízkapacitása (SZLIVKA, 2016)

Néhány kutatás kifejezetten a zöldtető közeg vastagságának és a vízvisszatartásának a kapcsolatát vizsgálta. A megnövelt közegméltség nagyobb visszatartást eredményezett, viszont a nyereség nem volt szignifikánsan nagy. Kimutatták, hogy a közeg vastagságának a növelése 15 cm alatt nem eredményez észrevehető térfogatvisszatartási nyereséget. (FIORETTI, 2010)



16. ábra: Zöldtetők általános víz térfogatmegtartása a termőrétég vastagságától függően (saját szerkesztés (FIORETTI, 2010) alapján)

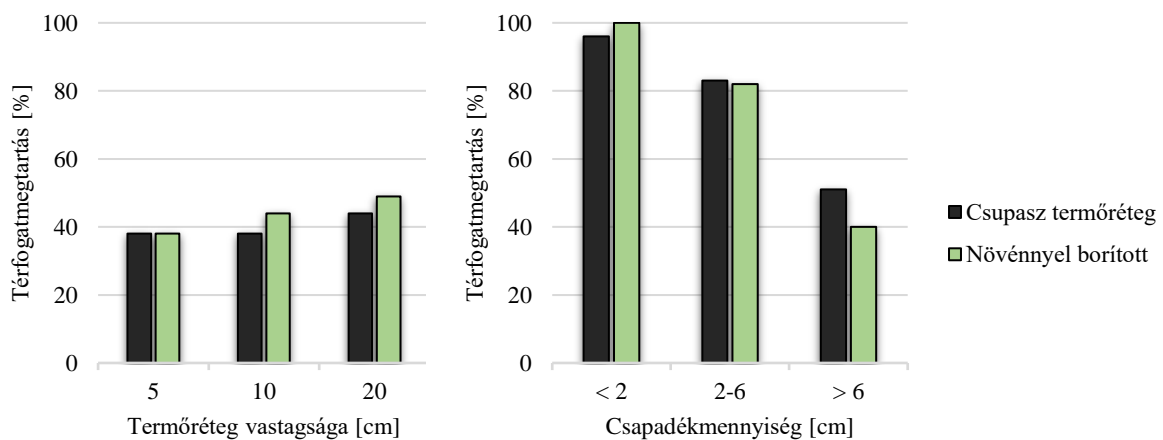


Ellenben a porozitása kimutathatóan befolyásolja a zöldtetők vízviisszatartási képességét. A nagy porozitás elősegíti, és felgyorsítja az áramlási folyamatokat, ezzel nagyobb mértékű lefolyást, és ezáltal kisebb vízviisszatartást eredményezve. (UHL, 2008)

## NÖVÉNYZET

Kutatások megállapították, hogy a termőközeghez képest a növényzet kevésbé játszik szerepet a vízviisszatartásban. Míg a növényzettel borított zöldtető átlagban 60,6%-ban tartotta vissza a csapadék vízmennyiségét, addig a csupasz termőréteggel borított "zöldtető" átlagban 50,4%-ban viisszatartotta. Ez a különbség nem számít szignifikáns eltérésnek, így kimondható, hogy a zöldtetők vízviisszatartó képességét leginkább a termőréteg mélysége és típusa befolyásolja, nem pedig a növényzet borítottsága és típusa. (BERNDTSSON, 2010; FIORETTI, 2010)

Szakedolgozatomban nem térek ki a különféle növényzet vízviisszatartó hatására, mivel minden növényfajnak és borítottsági aránynak más-más a vízmegetartó képessége. Viszont a zöldtetőkön folytatott kísérletek eredményei alapján általánosan elmondható, hogy egy extenzív vagy félintenzív zöldtetőkön a legnagyobb mennyiségű vizet a különféle fűfélék tudják megtartani. (SHAFIQUE, 2018)



17. ábra: A növényzet hatása a vízmegetartásra (saját szerkesztés (FIORETTI, 2010) alapján)

## TETŐ LEJTÉSE

Különböző tanulmányok eltérő eredményekre jutottak a tetők lejtésének a zöldtetők lefolyás csillapító képességére gyakorolt hatását vizsgálva. Kísérletekkel megállapították különböző lejtésű extenzív zöldtetőkön, hogy a lejtése nem befolyásolja közvetlenül a csapadék lefolyási görbét, pontosabban a csúcspontját. Ez azt jelenti, hogy a lejtés nem befolyásolja a rendszer választását a különböző esőeseményekre. Ezzel szemben a zöldtetőn belüli vízviisszatartást kimutathatóan befolyásolja, mivel minél kisebb lejtésnél, egyre nagyobb vízmegetartást észleltek. Különböző esőintenzitások esetén egy 2°-os lejtésű zöldtető akár kétszer akkora

értéket ért el, mint a 14°-os lejtésű zöldtető (egy 1,3 mm/min intenzitású esőnél a 2°-os lejtésű zöldtető 21%-os, és a 14°-os lejtésűnél 10%-os vízvisszatartást mértek). (VILLARREAL, 2005)

Egy másik tanulmányban, egy 2%-os és egy 6,5%-os lejtésre épített 4 centiméter vastagságú extenzív zöldtetőn vizsgálták a lejtés hatását. Az enyhe csapadékkategóriák esetében a 2%-os lejtésű 98%-ban, illetve a 6,5%-os lejtésű zöldtetők 90%-ban tartották vissza a csapadékot. Ezzel szemben a heves esőzés esetében inkább zöldtetőnél 80%-os visszatartást mértek. Ebből kifolyólag a nagyobb esőzésekkor a különféle lejtések nem befolyásolják nagymértékben a vízvisszatartási képességet. (FIORETTI, 2010)

UHL (2008) & Schiedt kutatásukban is arra az eredményre jutottak, hogy a zöldtető lejtése nincs nagy hatással a vízvisszatartó képességére. Viszont kitértek egy fontos megfigyelésre, miszerint a zöldtető lejtése és irányultsága hozzájárulhat a termőréteg gyorsabb kiszáradásához a napsugárzásból származó többletenergíanak köszönhetően. Ezzel a zöldtető gyorsabban visszanyerheti a vízvisszatartási kapacitását.

## TETŐ KORA

Viszonylag kevesen foglalkoznak az előregedő zöldtetők hidraulikai teljesítményének a váltoásaival, viszont azt már megállapították, hogy a zöldtető termőrétege időről időre különböző kémiai és fizikai változásokon megy keresztül. A talajszemcsék degradálódnak, és a porozitás megváltozik, a vízben oldódó anyagok kimosódnak, illetve a szerves anyag-tartalom megnövekedik. Pozitív korrelációt mutattak ki a szervesanyag-tartalom változása és a víztartó képessége közt. Egy kutatásban összehasonlították egy zöldtetőnek a szervesanyag-tartalmát és a fizikai tulajdonságait 5 év távlatában. Megállapították, hogy míg a szervesanyag-tartalom és a pórustér megduplázódott (2% → 4%, 41% → 82%), ezzel egyidejűleg a víztartó képessége 17%-ról 67%-ra nőtt. Ezzel szemben viszont vannak tanulmányok, melyek nem találtak szignifikáns korrelációt a zöldtető kora és az éves lefolyást közt. (BERNDTSSON, 2010)

### 3.3.3. Esőzések intenzitása Budapesten

Budapest a beépített területeken a 2 éves, illetve 4 éves csapadék gyakorisági értékekkel számoltak a tervezés során. (CSIZMADIA, 2020) A magyar intenzitás-tartósság-gyakoriság (IDF) görbesor és a hozzá tartozó magyar csapadéktörvény paraméterei (5. melléklet) alapján a *Montanari* képlettel kiszámolható a 2 és 4 éves intenzitás értéke (mm/h egységben):

$$i = a \cdot t_d^{-c}$$

(*i*: csapadék intenzitása; *t<sub>d</sub>*: a csapadék tartóssága, *c*: helyi viszonyoktól függő konstans)

Az így kapott értékek mm/h egységben vannak, ezért 2,778-as szorzóval átváltjuk l/(s·ha) egységbe. Az 6. táblázatban a 10 és a 15 perces esőzési idővel számoltam.

$t_d$ [ min ]	2 éves gyakoriság		4 éves gyakoriság	
	[ mm/h ]	[ l/(s·ha) ]	[ mm/h ]	[ l/(s·ha) ]
<b>10</b>	73,0	202,8	97,0	269,5
<b>15</b>	54,7	152,1	72,4	201,2

6. táblázat: 2 éves és 4 éves gyakoriságú csapadékok intenzitása (saját számítás)

Fontos megjegyezni, hogy ezek az adatok a XX. században kerültek felmérésre, így a mai időjárási viszonyokhoz képest elavultnak számítanak. Feltehetőleg ennél nagyobb intenzitási értékek párosulnak az egyes gyakoriságokhoz.

### 3.4. ZÖLDTETŐK A KÖZÉRTETRE ÉS A LÁTVÁNYRA GYAKOROLT HATÁSA

A városi környezet gyorsan változó dinamikája és rohanó jellege sok ember számára stresszes életkörülményeket teremt. Az épületek és az aszfalt szűrkesége, betontenger monotonitása, és a folyamatos zaj feszültséget okoz az emberekben. Ezt tovább fokozhatja a természetes környezet és a zöldfelületek hiánya is, amely negatív hatást gyakorolhat az emberek mentális jólétére és közérzetére. (MAGDALENA, 2015) Ezzel szemben a városi zöldfelületek olyan természetközeli környezetet teremtenek a városi területeken, amelyek pozitív hatást gyakorolhatnak a stressz csökkentésére, továbbá a levegő javító hatásuk által a friss levegő belégzése segíthet ellazulni és feltöltődni. (O'HARA, 2022) Mindezek mellett, a zöldfelületek pozitív hatással vannak a környezetükben lévő ingatlanértékekre. (TAKÁCS, 2016)

Szakedolgozatom e részének vizsgálatában érdekes lehet számunkra MAGDALENA (2015) et al. áttekintő tanulmánya, amely a lakókörnyezetben lévő zöldfelületek és az általános egészségi állapot közötti összefüggéseket vizsgáló tanulmányok első szisztematikus áttekintésének eredményeit mutatja be. Az eredmények erős pozitív korrelációt mutattak a kettő vizsgálati szempont között. Bár ezen tanulmányok nagyrésze a városi utcákra és azok zöldítésére tér ki, az áttekintés kitér egy érdekes megállapításra is, miszerint a lakók általános mentális egészségére pozitív hatással vannak az utcai zöldfelületek. Ez azt sugallja, hogy az emberek nem csak a zöldterületek látogatásával, hanem csupán az otthonuk ablakából, a zöldfelületek látványával is érezhetik azok pozitív hatását. Valamint már számos kutatásban kimutatták, hogy a zöld látványa és a zöld környezetben való tartózkodás csökkenti a kialakult stresszt és

szorongást, javítja a hangulatot és a koncentrációt, illetve még sok más egészségügyi előnnyel jár. Ezek hangsúlyozása a zöldtetők esetében is nyilvánvaló, és építésüket motiválhatja a lakók és dolgozók számára jelentkező potenciális előnyök. Azonban fontosnak tartom megjegyezni, hogy ezek a különféle előnyök nagy része egy zöldtetőnél csak akkor érvényesül, ha az adott zöldtető bejárható, vagy biztosított a nagyon előnyös rálátás. Mivel a zöldtetők sokféle formában létezhetnek, illetve gyakran az utcaszintről nem láthatóak, ezért az emberek hozzáállása a zöldtetőkhöz gyökeresen eltérhet a parkok és más földfelszíni zöldfelületektől.

WILLIAMS (2019) et al. kutatásukban ahelyett, hogy a zöldtetők típusait különállóan kezelték volna, inkább a fizikai és társadalmi jellemzőiket vizsgálták, és azok kölcsönhatását az egyének igényeivel és szokásaival, illetve ezek hogyan alakíthatják a pszichológiai tapasztalatokat. Megfigyelték, hogy az emberek különböző módon érzékelik a zöldtetőket. Ehhez hasonlóan egy kisméretű, gyér növényzettel borított finnországi zöldtető látogatói felmérések kimutatták, hogy míg a legtöbb ember pozitív tapasztalatokról számolt be, körülbelül 11%-uk unalmasnak és kiábrándítóan találta. (WILLIAMS, 2019) Ilyen hatással lehet az emberekre egy biodiverz zöldtető nyári aspektusában, illetve egyes extenzív zöldtetők. Ezért nem feltételezhető, hogy a zöldtetők automatikusan pszichológiai előnyökkel járnak, mivel ez nem csak a zöldtetőtől, hanem az azt tapasztalótól is függ.

### 3.4.1. Egészségügyi és jóléti előnyök

Több kutatás is megállapította, hogy a zöldfelületek gyógyító és fájdalomcsökkentő előnyökkel járhatnak. Egy vizsgált csoport, amelynek biztosítva volt a zöldfelület, azok rövidebb ideig lábadoztak a műtét után, és kevesebb negatív megjegyzést kaptak az ápolók részéről. Ellenben az a vizsgálati csoport, amelynek nem volt biztosítva zöldfelület, a felépülés során magasabb dózisú fájdalomcsillapítást igényeltek. (O'HARA, 2022)

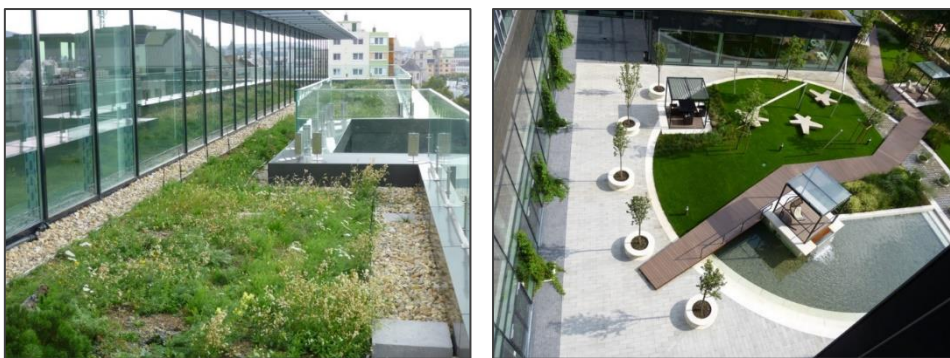


18. ábra: Extenzív zöldtető egy kórházi szoba ablaka alatt (O'HARA, 2022)

Ebből kifolyólag, különösen a nagyvárosi kórházak esetében az olyan zöldfelületek, mint a zöldhomlokzatok és a zöldtetők hatékonynak bizonyulhatnak. Ebben az esetben a zöldtetők kialakításánál számos tényezőt kell mérlegelni, beleértve a rendelkezésre álló helyet, különböző hozzáférési lehetőséget és a kívánt előnyöket. Bár az akadálymentesített, bejárható zöldtetőket gyakran előnyben részesítették, továbbá szélesebb körű előnyöket is kínálnak (mint például a fizikai aktivitásra való tér), a nem bejárható zöldfelületek/zöldtetők, ahol a betegek csak a természetszerű tájat láthatták, ugyancsak jelentős előnyökkel jártak az egészségügyi és érzelmi jólét szempontjából. (LODER, 2014) Egy nem bejárható, csupán csak az ablakból élvezhető, extenzív vagy félintenzív zöldtető pontosan alkalmas lenne erre a célra.

### 3.4.2. Koncentráció, kreativitás és önszabályozás

Kimutatták, hogy a zöldtetők hozzájárulhatnak többek között a jobb figyelemkontrollhoz, tartós koncentrációhoz, a kreativitás javulásához és különféle önszabályozási szempontokhoz. (WILLIAMS, 2019) Egy többszintes irodaépületben, azoknál a dolgozóknál, akiknek könnyen hozzáférhető rálátása volt a zöldtetőre, sokkal tartósabb koncentrációt mértek, mivel már azok a mikro szünetek, amelyek a zöldtető rápillantásával keletkeztek, összefüggésbe hozhatók a javulással. (LEE, 2015) Továbbá, ha a zöldtető lehetővé teszi a fizikai hozzáférést, akkor további szerepet játszhat a különféle pszichológiai helyreállítás támogatásában, legyen az akár az ebédszünetben való szocializációval, a környezetükkel való tudatos kapcsolattal vagy akár a potenciális testmozgással. Megállapították, hogy a munkahelyi zöldfelület jelenléte aktív munkavégzés közben elősegítheti a kreativitást is. (WILLIAMS, 2019)



19. ábra: Extenzív (bal) és egy intenzív (jobb) zöldtető egy irodaházon (ZÉOSZ, 2013)

### 3.4.3. További egészségügyi előnyök

Egyes tanulmányok kimutatták, hogy az otthonok környezetének biodiverzitása (biológiai sokfélesége) összefügg az allergia kockázatának csökkenésével. A különféle kommenzális, nem ártalmas mikroorganizmusoknak való nagyobb mértékű kitettség, különösképp a korai

életkorban, változatosabb bőr- és bélmikrobiomot eredményez, így nagyobb védelmet teremtve az allergia és az autoimmunitás ellen. (BRAUBACH, 2017) Következésképp, ennek a hatásnak az erősítésére a biodiverz zöldtetők használata tökéletes opció lehetne a zsúfolt városokban.

Az otthonunk ablakából látván a zöld felületeket, az emberek kivágyódhatnak a szabadba, lehetőségük szerint a legközelebbi városi zöldterületre. Ez hozzájárul a fokozott fizikai aktivitáshoz. Valamint a parkban kevesebb zajnak és levegőszennyezésnek vannak kitéve az emberek, mely jobb mentális állapothoz vezethet. Ezek összessége különféle szív és érrendszeri előnyökhöz vezethet. (BRAUBACH, 2017)

#### **4. ZÖLDTETŐK VIZSGÁLATA BUDAPEST PÉLDÁJÁN**

Kutatásom során sok zöldtetőre találtam Budapesten, bár ezek túlnyomó része mind intenzív típusú volt. Szakdolgozatomban kitérek pár zöldtetőre, és részletesebben megnézem, milyen és mekkora hatással van az épületszigetelésre, a városban fellelhető hőszigeteffektusra, a városi vízgazdálkodásra és végül a közérzetre, illetve a látványra. Megpróbáltam olyan zöldtetőket kiválasztani, amelyek méretben és jellegben eltérnek egymástól. Majd egy 1-től 3-ig tartó skálán pontoztam azokat, a felsorolt hatások függvényében, ahol az 1 pont a minimális hatást, míg a 3 pont a nagy hatást jelzi.

##### **4.1. TELEPES UTCAI BUSZMEGÁLLÓ – EXTENZÍV ZÖLDTETŐ**

A szakdolgozatom készítése során bukkantam rá olyan buszmegállókra, amelyek legnagyobb megdöbbenésemre, zöldtetővel voltak felszerelve. Ezek a buszmegállók a Magyar Kétfarkú Kutya Párt (a továbbiakban MKKP) által lettek felújítva. Szerencsém volt a párt képviselőjében Klári Hankóval és Martos G. Csongorral pár szót váltanom írásban, akik nagy örömmel válaszoltak kérdéseimre.

Az MKKP eddig összesen négy buszmegálló tetejére telepítettek zöldtetőt Budapesten, pontosabban a II., IX., XII. és a XIV. kerületben. Viszont különféle okok miatt, sajnos már nincs meg az összes. A négy projekt közül, a még most is megtekinthető, Telepesi utcai megállóról kaptam pontosabb információt. Ez a bezöldített tető mindössze 3,6 m<sup>2</sup> nagyságú. Ez azt jelenti, hogy gyakorlatilag az OTÉK szerint nem beszámítható a zöldfelületbe, mivel nincs meg legalább 10 m<sup>2</sup>.



#### 4.1.1. A zöldtetőről – Telepes utcai buszmegálló

##### RÉTEGREND

A párt gerillamunkái kifejezetten a város zöldítésére helyez hangsúlyt, és az a lehető legegyszerűbben, illetve költséghatékonyan szeretnék megvalósítani. Így ez a zöldtető csak látványában hasonlít az összes többi zöldtetőhöz képest, viszont szerkezetében kicsit eltér. A beázást megakadályozó réteget csupán egy polikarbonát lap alkotja. A zöldtető termőrétegét sima bolti általános virágfölddel oldották meg, amelyhez 2:1 arányban tőzeget keverték. A föld vastagsága az egész tetőn 8-10 centiméter között van.



20. ábra: Telepes utcai buszmegálló - termőföld telepítése (MKKP, 2023)

##### NÖVÉNYZET

Az MKKP nem tervezett sűrű karbantartással, mivel előreláthatólag évente csak párszor tudnák biztosítani a szükséges intézkedéseket. Így a növénytelepítésnél is az volt a cél, hogy minél igénytelenebb növényeket telepítsenek, hogy azok túléljék a kevésbé kedvező körülményeket. Erre a legjobb az extenzív zöldtetőkön is használatos pozsgások, mint például varjúhájok és a kövirózsák.



21. ábra: Telepes utcai buszmegálló - növényzet telepítése (MKKP, 2023)

##### KÖRNYEZETÉRE VALÓ HATÁS

A párt elmondása szerint a projekt pozitív eredményt mutat. A zöldtető telepítése után négy évvel is csak kisebb karbantartásra volt szükség, mint például annak a pár szemétdarabnak az

eltávolítása, amelyek a növények közé akadtak az évek során. Ezen kívül az állapota meglepően jó, ahogy azt a 6. mellékletben is látható. Ehhez hasonló gerillamunkáknak az eredményét a párt inkább a visszajelzésekből és egyéb tetszésnyilvánításból szokta lemérni. Ebből kiindulva a különféle közösségmédiát fürkészsze, én is azt tapasztaltam, hogy a zöldtetővel ellátott buszmegálló tetszik az embereknek, és jó benyomással van mind az ott lakókra, mind az odatévedt utazókra.

Nagy öröömre, arra a kérdésemre, hogy terveznek-e még ehhez hasonló projekteket a jövőben, az MKKP pozitívan reagált. Azt válaszolták, hogy ahogy az anyagi lehetőségük engedi, mindenképp terveznek még buszmegálló zöldítést a városban.

#### **4.1.2. Értékelés – Telepes utcaibuszmegálló**

##### **ÉPÜLET SZIGETELÉS**

A zöldtető vastagsága egy extenzív zöldtetőjéhez hasonlít, azzal a különbséggel, hogy nem rendelkezik a szokásos hő- és vízszigeteléssel. Ezért ennek a rétegrendje minimális szigetelést nyújt az alatta lévő szerkezetnek. Viszont ez a zöldtető egy nyitott, fémkeretes buszmegálló tetején helyezkedik el, így ez az elhanyagolható mennyiségű szigetelés is hatástalan. Ezért az épület szigetelésre gyakorolt hatását 1 pontra értékelem a 3-ból, mivel nincs hatással rá.

##### **VÁROSI HŐSZIGET EFFEKTUS**

Mivel a zöldtető mérete nagyon kicsi, így a hősziget effektus csillapításához sem járul hozzá. Az a páramennyiség, amelyet az ekkora területen lévő pozsgások képesek termelni, nem elegendő a környező levegő hőmérsékletének csillapításához. Így a városi hősziget effektusra gyakorolt hatását szintúgy 1 pontra értékelem a 3-ból.

##### **CSAPADÉKVÍZ HÁZTARTÁS**

Ugyancsak a zöldtető méretéből kiindulva, illetve a termőréteg vastagságát figyelembe véve, a vízgazdálkodáshoz sem járul hozzá nagymértékben ez a zöldtető. Az a felfogott és visszatartott vízmennyiség, amely ilyen kis területen szóba jöhet, nem befolyásolja a csatornába jutó csapadékmennyiség mértékét nagy esőzésekkor. Ezért a csapadékvíz háztartásra gyakorolt hatását 1 pontra értékelem a 3-ból.

##### **KÖZÉRZETE ÉS MINŐSÉGE**

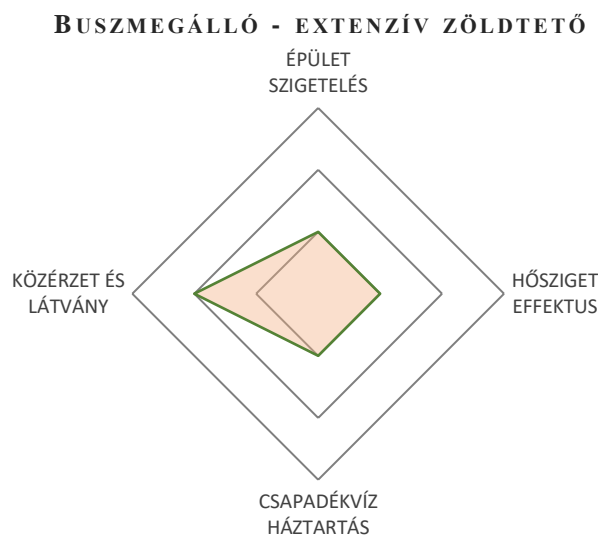
Az adott zöldtető egy tömegközlekedési vonalon helyezkedik el Alsórákosban, ezért viszonylag sokan megfordulnak nap mint nap a környékén. Bár figyelembe véve, hogy a zöldtető nem jól belátható helyen van, így például a buszra várakozva közvetlen a buszmegálló alatt nem lehet



rá látni, azért távolról jól látható, ahogy bezöldíti a megálló tetejét. Továbbá hozzá kell tennem, hogy számomra maga a tudat, hogy egy zöldtetővel ellátott buszmegállóban várhatok, jó érzéssel töltött el. Ennek tudatában, a közérzetre és a látványra való hatását 2 pontra értékelem a 3-ból, mivel ha csak egy kicsit is, de hozzájárul a közérzet javításához.

## ÖSSZEGZÉS

Ahogy az a 22. ábrán is látható, a buszmegállóra telepített kisméretű zöldtető nem befolyásolja szignifikánsan az épület szigetelését, a városi hősziget effektust és a csapadékvíz háztartást. Inkább a közérzetre és a látványra hat jelenlétével.



22. ábra: Buszmegálló zöldtető értékeinek összegzése (saját szerkesztés)

## 4.2. IKEA ÖRS VEZÉR TERE – BIODIVERZ (EXTENZÍV) ZÖLDTETŐ

Budapest XIV. kerületében, az Örs vezér terén lévő IKEA áruház tetején egy biodiverz zöldtető található. Volt alkalmam részt venni a Zöldtető- és Zöldfal Építők Országos Szövetsége (ZÉOSZ) által megrendezett bejárásán, ahol többet megtudhattam magáról a zöldtetőről és történetéről. Ezeket az információkat használtam fel ebben a fejezetben. (IKEA, 2023)

Ez a zöldtető a lakosok és a beruházási vezetés együttműködésének meglepő szülötte. Ugyanis az áruház épülete 2001-ben bővült egy új szárnyal, amely az elején eredetileg egy kavicsal borított tetőt kapott. Ezzel a bővítéssel akkoriban a környező lakosság nem értett egyet, mivel az épület helyén előtte park volt, és a fejlesztés után jelentősen csökkent a környék zöldfelülete, ezért felszólaltak. Ennek eredményeképpen az IKEA saját beruházással, közkérésre, az új épületrész tetejére utólagos zöldtetőt terveztetett kompenzálásként. Ez a zöldtető egy varjúhajas extenzív zöldtető volt, amelyet kiegészítettek planténerbe ültetett fákkal és kúszócserjékkel. Mivel ez retrofit beruházás volt, és sajnos nem vizsgálták meg megfelelően a földem

vízszigetelését, ezért évekkel később beázási problémák keletkeztek. Ezek után, Deep Forest Kft. 2016-ban készítette el a mostani állapotában megtekinthető 6500 m<sup>2</sup> nagyságú biodiverz zöldtetőt, a már megfelelő irányelveket követve.



23. ábra: IKEA régi épület szárnya kavics borítással (bal) és az új szárny zöldtetővel (jobb) (saját készítésű fotó)

#### 4.2.1. A zöldtetőről – IKEA áruház

##### RÉTEGREND

A zöldtető fordított rétegrendet kapott, pontszerű lefolyókkal megoldva a vízelvezetést. A termőréteg nem egyenletes vastagságú, átlagosan 8-10 centiméter vastag. Az ültetőközeg általában vízszintes, bár fellelhetőek kisebb-nagyobb dombok és mélyedések is, amely tovább segíti a terület biológiai sokszínűségét. A termőközeg riolit tufával van keverve, amelynek köszönhetően enyhén savas közeget teremtet, viszont az üreges textúrájának köszönhetően nagy az aktív felülete, így sok ásványi anyagot képes megkötni. Habár az évek során a különböző növények leveleiből és más anyagokból egyre több szerves anyag képződik a termőközegben, amely a lefolyók zavartalan működésében okozhat problémákat a jövőben.

##### NÖVÉNYZET

A tető az időjárási viszonyoknak nagyon kitett, és a terület túlnyomó része nem öntözött, egyedül a planténerekben van öntözőrendszer. Ezek a körülmények nem okoznának gondot egy zárt biodiverz rétnak, viszont az elején a magoncok nem bírják ki a zord körülményeket. Ezért a telepítés során úgynevezett dajkanövényeket használtak, nagyrészt pillangósvirágúakat (*Fabaceae*), mint például a baltacimot, nyúlszapukát és a lucernát. Ezek a növények védelmet adnak a szélsőséges környezeti behatásokkal szemben, emellett a nem kívánatos gyomokat elnyomják, és a páratartalmat pedig megnövelik, ezzel a célnövényeknek kedvező körülményt teremtve. (MEGYESI, 2021) A kivitelezők azzal számítottak, hogy a dajkanövények eltűnnek majd három év alatt, viszont az évek során összegyűlt magbankból újra és újra megjelennek, általában nagyobb esőzések utáni időszakokban.

A területet a környező természet is formálja. Az egyre több szerves anyaggal rendelkező termőrétegben, a szél és különféle állatfajok által, spontán megjelenő fajok évről évre formálják a zöldtető növényállományát. Ez a fajgazdagság növekedéséhez vezet. Kezdetben 40-45 faj volt jelen, majd a telepítés második évében már körülbelül 160 növényfajt számoltak. Mára már több mint 200 faj mérhető fel a területen. A különféle körülmények különféle növényfajoknak kedveznek, így valamennyi növényfaj megtalálja a számára megfelelő részt (7. melléklet).

## KÖRNYEZETE ÉS MINŐSÉGE

Az IKEA vezetősége nagyon fontosnak tartotta a projektet, és megértették a jelentőségét. A tetőre jelenleg csak az üzemeltető mehet fel, viszont a szomszédos lakásokból és a felső emeleten lévő marketing osztály irodáinak az ablakából való kilátást nem akadályozza semmi. Sikerült kapcsolatba lépnem az egyik ott dolgozóval, aki végül beengedett az irodájába, és megmutatta az ablakából tárulkozó látványt. (24. ábra)



24. ábra: A zöldtető látványa egy iroda ablakából (saját készítésű fotó)

A zöldtető nem igényel napi szintű karbantartást, sőt egy biodiverz zöldtetőnél fontos szerep az, hogy a lehető legkevesebbet avatkozzanak bele. Csupán a tetőn körbevezető ösvény és a műszaki berendezések környékét kell rendszeresen, évente 6-8 alkalommal kaszálni. Ezen felül a planténerek karbantartására, illetve a tető többi részén az inváziós fajokra és a spontán magoncokra kell odafigyelni, azokat eltávolítani, ezzel a szukcessziót megállítani. A rét évente 1-2 alkalommal van lekaszálni, magérés után.

Nagyon nagy ökológiai szerepet tölt be a városban, egy ökológiai folyosó részének tekinthetjük. Kapcsolatot teremt a szomszédos zöldfelületi rendszerek egyes elemei között. Különböző állatfajoknak ad élőhelyet és menedéket, elősegíti a fajok szabad vándorlását. Az egyik évben egy tőkés réce (*Anas platyrhynchos*) család telepedett meg a tető sűrű növényzetében, 9 darab kicsinyével. Mint az később kiderült, vizet kerestek, majd miután nem találtak, továbbálltak.

#### 4.2.2. Értékelés – IKEA áruház

##### ÉPÜLET SZIGETELÉS

Ugyan retrofit zöldtetőről beszélhetünk ez esetben, viszont a beázás után felújítást kapott a tető, így a szigetelés is. Mivel a lapostető megfelelően van szigetelve, ezért magának a zöldtetőnek a hatása minimálisan hat az épület szigetelésére. Össze lehetne hasonlítani a kavicsal fedett régi szárny (23. ábra) energetikájával, viszont sajnos nem megegyezők a körülmények. A helyzetet tovább bonyolítja az, hogy nagy méretű nyílászárók (üveg piramis szerű tetőablakok) helyezkednek el azon a részen, ahol a zöldtető van. Ezért a nyári hőmegtartás, illetve a téli hőveszteség nem összehasonlítható a kettő szárny közt. Emellett pont az új szárnyban helyezték el a lámpaosztálynak a kiállító termét, amely minden évszakban belülről melegíti a teret.

Viszont ahogy azt már a 3.1.-es fejezetben taglaltam, a zöldtetők nagy szerepet játszhatnak a belső terek passzív hűtésénél. Elmondhatjuk, hogy ebben az esetben nagyon pozitív hatást érhetünk el, mivel a zöldtető alatt helyezkedik el a lámpaosztály. Feltehetőleg a nyári időszakban a még ennek a vékony extenzív zöldtetőnek köszönhetően is, jelentősen lecsökken a légkondicionáló berendezések használatának intenzitása az épületben. Mindezt összevetve, az épület szigetelésre gyakorolt hatását 2 pontra értékelem a 3-ból.

##### VÁROSI HŐSZIGET EFFEKTUS

Viszonylag nagy méretű, 6500 m<sup>2</sup> zöldtető már érzékelhetően hozzá járulhat a környező levegő hűtéséhez. Ezt elősegíti az is, hogy a tető magassága, amelyen a zöldtető van, nem haladja meg a 10 métert. Ez azt jelenti, hogy a zöldtető hűtő hatása teljes mértékben tud érvényesülni. Ahogy azt a 3. táblázatban is olvashatjuk, egy 0,65 hektár nagyságú zöldterület körülbelül 1,5 °C átlagos hűtő hatást tud elérni. Bár ez az érték egy 0,5 hektáros parkra vonatkozik, az érték hasonló lehet ebben az esetben is, hozzáteve, hogy cserjék és kisebb fák is jelen vannak a zöldtetőn. Valamint a méretéből és a magassági elhelyezkedéséből adódóan ezt a hűtő hatást megközelítőleg 150-160 méter távolságban tudja érvényesíteni. Ezt azt jelenti, hogy a mindössze 50 méterre lévő panelházak lakói is élvezhetik előnyét. Ezáltal a zöldtető városi hősziget effektusra gyakorolt hatását 2 pontra értékelem a 3-ból, mivel már érzékelhető hatással van környezetére.

##### CSAPADÉKVÍZ HÁZTARTÁS

Az IKEA zöldtetője egy biodiverz zöldtető, amelynek helyenként változó, átlagosan 8-10 cm a termőréteg vastagsága. Ebből kiindulva, a 4. táblázat és a 16. ábra alapján elmondható, hogy a szerkezet körülbelül 60%-os víz visszatartásra képes.

A zöldtető csapadékvíz háztartásának vizsgálatánál a 6. táblázatból vett 4 éves gyakoriságú csapadékmennyiségével számoltam, azaz 97 mm/h csapadékkal, 10 perces tartóssággal.

$$97 \text{ mm/h} = 16,167 \text{ mm}/10\text{p} \quad (1)$$

Ez az 1 m<sup>2</sup> területre 10 perc alatt leeső csapadék mennyiségét mutatja milliméterben. Majd megnéztem, hogy ez a csapadékmennyiség hány liter csapadékot jelent 6500 m<sup>2</sup> területen. Ehhez viszont előbb át kell alakítani a hozzá tartozó mértékegységeket.

$$6\,500 \text{ m}^2 = 650\,000 \text{ dm}^2 \quad (2)$$

$$16,167 \text{ mm} = 0,16167 \text{ dm} \quad (3)$$

A már megegyező mértékegységekkel tovább számolva, az alábbi eredmény azt a mennyiséget mutatja, amely a zöldtető teljes felületére esik literben.

$$650\,000 \text{ dm}^2 \times 0,16167 \text{ dm} \approx 105\,085 \text{ dm}^3 \quad (4)$$

$$105\,085 \text{ dm}^3 = 105\,085 \text{ l} \quad (5)$$

Ahhoz hogy megkapjuk a tényleges csapadékvíz mennyiséget, amelyet egy ilyen intenzitású esőzéskor a szóban forgó zöldtető visszatart, ki kell számolni a 60%-át.

$$105\,085 \text{ l} \times 0,60 = 63\,051 \text{ l} \quad (6)$$

Tehát ez a zöldtető, egy mérsékelt nagy esőzésnél Budapesten, több mint 63 ezer liter csapadékot képes visszatartani. Ezzel lényegesen csökkentené a környék csatornahálózatának terhelését. Összehasonlítás képpen, ez a vízmennyiség csupán a 0,01%-ának felelne meg egész Budapest napi csatornavíz termelésének (600 millió liter).

Habár az egész Budapest csatornahálózatára nézve nincs hatása, az IKEA biodiverz zöldtetője a környék vízgazdálkodásában nagy szerepet tölt be. Nagy mennyiségű csapadékvizet képes megtartani, illetve annak nagy részét visszajuttatni a környező levegőbe párolgás útján. Ezért a csapadékvíz háztartásra gyakorolt hatását 3 pontra értékelem a 3-ból.

## KÖZÉRZETE ÉS MINŐSÉGE

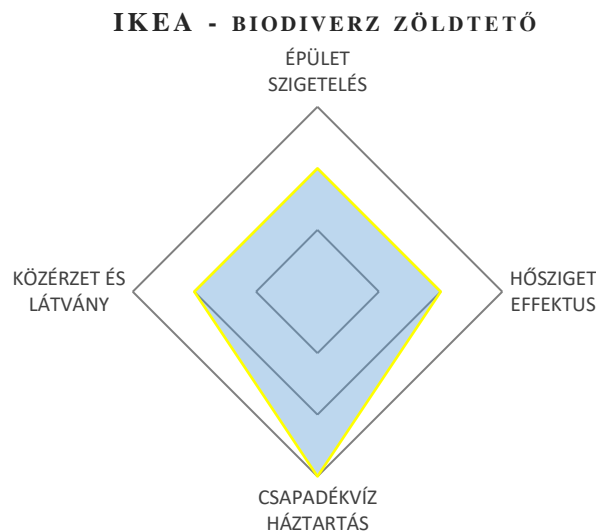
A tapasztalatok azt mutatják, hogy egy biodiverz zöldtetőről megosztó véleménnyel vannak az emberek. Sajnos még nincs az általános elfogásában, így kétféle képpen állnak hozzá, mint ahogy a méhlegelők és a természetközeli gyepek esetében. Van, aki megérti a lényegét, viszont mások csak egy gyomos, elhanyagolt területet látnak, amely esetekben még esztétikailag zavarja is őket. Pedig egy biodiverz zöldtető nagyon izgalmas tud lenni az évek során, mivel minden évben egy kicsivel más természeti behatások érik, ezért más-más arcát mutatja a terület. (MEGYESI, 2021) Itt is megfigyelhető volt, hogy eleinte nyáron, a környéken lakók negatív visszajelzésekkel illették. Nem tetszett nekik a nyári, száraz állapota, de idővel megbékéltek vele, miután megértették a lényegét. Most már elmondható, hogy összességében pozitív

visszajelzés észlelhető mind a bérházak lakóitól, mind az ott dolgozóktól. Elmondásuk szerint, az irodai dolgozók és a karbantartó nagyon kedvelik az élményt, amit nyújtani tud a zöldtető számukra.

Jelenleg a zöldtetőre csak a karbantartó tud felmenni, és mások csak vezetett bejárással tekinthetik meg. Ez nagyon kedvező, tekintve hogy egy biodiverz zöldtetőről van szó, amely akkor tud igazán érvényesülni, ha nincs bolygatva. Viszont vannak tervek arra, hogy a jövőben biztosítsák a publikum felé a szabad bejárást, ezzel javítva az elégedettséget. Bár ehhez akadály mentesíteniük kell a közlekedőutakat, és biztosítaniuk kell a könnyebb feljutást (például lift) a tetőre. Sajnos ez a biodiverz zöldtető lényegének ellen menne, mivel ez közvetlen és közvetett módon is károsítaná. Az így kialakuló antropogén hatás, mint például a túlzott taposás, szemetelés és az állandó hangzavar, a zöldtető biológiai sokszínűségének a romlását eredményezné. Eltekintve a jövőbeli tervektől, a mai állapotában az IKEA biodiverz zöldtetője minden évszakban más-más élményt nyújt közönségének. Így a közérzetre és a látványra való hatását 2 pontra értékelem a 3-ból.

## ÖSSZEGZÉS

A 23. ábra is mutatja, hogy a zöldtető hatással van az épület szigetelésére, a városi hősziget effektusra, illetve hozzájárul a közérzet és a látvány javításához, inkább a vízháztartásban játszik nagyobb szerepet.



25. ábra: IKEA biodiverz zöldtető értékeinek összegzése (saját szerkesztés)

### **4.3. OTP M12 IRODAHÁZ – INTENZÍV ZÖLDTETŐ**

Alkalmam nyílt ellátogatni a 2022 nyarán elkészült OTP Bank új, XIII. kerületi M12 irodaházába, Szeles Szilvia beruházási vezető projektmenedzser vezetésével. A számos innovatív megoldással épült külső és belső tereire egyaránt, összesen több mint 12 500 m<sup>2</sup> zöldtetőt terveztek, amelyek átjárókban, átriumokban és különféle bemélyedésekben kaptak helyet. Az épület kialakításának köszönhetően rengeteg természetes fény jut a belső terekhez és udvarokhoz. Az épület legfelső tetőszerkezetén több mint 3000 m<sup>2</sup> biodiverz zöldtető található. Az alsó szinten a Madarász Viktor utca felőli előkert és a telek belső udvara 6500 m<sup>2</sup> zöldtetővel rendelkezik. Továbbá az épület beharapásaiban és egyéb beltéri terekben összesen több mint 3000 m<sup>2</sup> zöldtető van.

A projekt zöldmezős beruházás volt, ugyanis egy parkolóhely területén készült. Az újonnan épült, kifejezetten nagy teherbírásra alkalmas födém szerkezetekre kerültek a zöldtetők. Mivel Magyarországon még nincs megfelelő támogatás zöldtetők építésére, így ez a viszonylag nagy beruházás sem kapott semmiféle támogatást zöldtetőinek megépítésére. A kerületi rendezési terv szerint előírt zöldfelületet biztosították, viszont ezen felül az épület tervezési programjában a biofiliai tervezési elvét tartották fókuszban. Alapvetően a leendő alkalmazottak komfortja és jóléte volt az elsődleges cél. Ez vezetett ahhoz, hogy ilyen nagymértékű belső, illetve külső zöldterületek születtek.

#### **4.3.1. A zöldtetőről – OTP M12 irodaház**

##### **RÉTEGREND**

Az épület zöldtetői jellemzően fordított rétegrenddel készültek. Számos zöldtető fajta megtalálható az épület területén. Vastagságuk a csupán 8 centimétertől egészen a 120 centiméterig terjed. A biodiverz zöldtetőnél mérhetjük a legvékonyabb ültetőközeget. A belső udvarokban, illetve a különféle bemélyedésekben található fák ültetőgödrenél az ültetőközege a 120 centimétert is eléri. Leszámítva a biodiverz zöldtetőt, a többi tervezett zöldtető ültetőközege általában vízszintes, kivéve azon részeken, ahol nagyobb fás szárú növényeket telepítettek.

A fák körül általában megvastagított ültetőközege található, ezzel nagyobb gyökérteret biztosítva a növényeknek, ahogy a 26. ábrán is látható. Ezzel különféle mértékű kiemelkedéseket teremtve, amely összhangban van az épület belsőépítészeti megoldásaival, a lágy ívekkel és a természetes megjelenéssel.





26. ábra: Változó termőréteg vastagság változó növényhasználat mellett (saját készítésű fotó)

## NÖVÉNYZET

Az OTP Bank irodaház zöldtetőinél szerettem volna az intenzív zöldtetőkre fókuszálni. Igaz, hogy a felső szinten egy nagy méretű biodiverz zöldtető található, viszont annak bemutatását már elvégeztem a hasonló, IKEA biodiverz zöldtetőjénél.

Az épület teljes területén lévő összes zöldtető, kivéve a biodiverz zöldtetője, automata öntözőrendszerrel van ellátva. Ez biztosítja a megfelelő vízmennyiséget a növényeknek, amely nagyon fontos ez esetben, mivel a zöldtetők túlnyomó része beltéri. A beltéri növény-szigetek további világítással vannak ellátva, ezzel elkerülve az esetleges fényhiányt. Ennek ellenére így is észrevehető a különbség a beltéri és a kültéri növényzet állapotán. A kültéri növények, a tapasztalatok alapján, jellemzően burjánzanak, míg a beltérben lévők pedig zsugorodnak, esetleg pótolni kell őket. Viszont a fedett tér, és az állandó klíma lehetőséget adott arra, hogy különféle, akár egzotikus növényállomány jelenhessen meg, mint például páfrányok, pálmák, szobafutókák (*Epipremnum*) vagy épp a papagájvirág (*Strelitzia*). Az irodaház zöldtetőinek egyik sajátossága, hogy a telepítésre szánt fái viszonylag már nagy méretben érkeztek, így azonnali látványt biztosítottak. Látogatásom során már közel négy szint magasságú fákat csodálhattam meg (8. melléklet).

## KÖRNYEZETE ÉS MINŐSÉGE

Mint azt már említettem, a tervezés kulcseleme a biofilia elmélete volt. Az íves formák, a természetes anyaghasználat és a lágy színvilág mellett a növényvilág is körbe öleli az ott dolgozókat. A mélygarázs felett lévő belső udvaron különféle rekreációs lehetőségeket találhatunk. Elszórtan elhelyezett padok, egy szökőkút és három kisebb-nagyobb pavilon gondoskodik a dolgozók kényelméről. A beltéri zöldtetőkön is találhatunk különféle pihenésre alkalmas bútorokat, például függőszékeket, kanapékat. Ezek az üde terek, a belső térélmény és harmónia a székház szigorú szerkesztettségét próbálják ellenpontosítani. (MLS, 2023)



Mivel egy napi szinten használatos irodaház intenzív zöldtetőjéről van szó, így a karbantartás is igen jelentős. Ahhoz, hogy a lehető legszebb formájában várja a dolgozókat és a látogatókat, havi, heti vagy akár napi rendszerességű karbantartást igényel. Az automata öntözőrendszerek folyamatos működésének ellenőrzése, az esetleges kézi rásegítő öntözések, a növények tápanyag utánpótlása, formáló metszések és a növényvédelmi intézkedések elősegítik a növények egészséges fejlődését. Az elszáradt, elsárgult levelek eltávolítása, a lehullott lomb és szemét eltávolítása, illetve a lombzat tisztítása és fényezése pedig a szép megjelenését biztosítja. Ez mind hozzájárul a dolgozók és a látogatók elégedettségéhez.

#### **4.3.2. Értékelés – OTP M12 irodaház**

##### **ÉPÜLET SZIGETELÉS**

Mivel teljesen újonnan épült födémszerkezetre tervezett zöldtetőről van szó ez esetben, ezért a mai szigorú előírásoknak megfelelő tetőszigetelést kapta. Mindemellett, a komplexum a LEED környezettudatos épületminősítési rendszerben a GOLD fokozatot érte el. (OTP, 2022) A korszerű gépészeti és elektromos rendszerek, illetve a mennyezeti fűtés-hűtés kiválóak az épületben, így a zöldtetőnek a szigetelésre való hatását nem lehet mérni.

Ebben az esetben is elmondhatjuk, hogy a zöldtetők nagy szerepet játszhatnak a belső terek passzív hűtésénél. Feltehetőleg a nyári időszakban a kültéri zöldtetők passzív hűtésének, és a beltéri zöldtetők környezetük hűtésének köszönhetően, jelentősen lecsökkenthetik az irodaház épületében a légkondicionáló berendezések használatának intenzitását. Továbbá a zöldtetők jelentősen meghosszabbítják az alattuk lévő födémszerkezetek élettartamát, amely különösen fontos lehet ebben az esetben, hiszen közel az összes tető terület zöldtetővel van borítva. Ezt összesítve, az épület szigetelésre gyakorolt hatását 2 pontra értékelem a 3-ból.

##### **VÁROSI HŐSZIGET EFFEKTUS**

A városi hősziget effektus csökkentéséhez kizárólag a kültéri zöldtetők tudnak részt venni. Azaz jelen esetben a legfelső szinten lévő biodiverz zöldtető, a kettő kültéri intenzív zöldtető, a mélygarázs felett lévő belső udvar és az épület homlokzati bemélyedéseiben lévő kisebb zöldtetők. A biodiverz és bemélyedésekben lévő zöldtetők összesítve nagy zöldfelületet adnak, közel 4000 m<sup>2</sup>, viszont ezek meghaladják a 10 méter magassági küszöböt, így ezen zöldtetők környezeti hűtő hatása nem befolyásolja nagy mértékben a városi hőszigetet. Ezért csak a belső udvar és a Madarász Viktor utca felőli előkert azok, amelyek elő tudnák segíteni a városi hősziget effektus csillapítását. A belső udvar csaknem 6000 m<sup>2</sup> nagyságú. A 3. táblázat alapján elmondhatjuk, hogy egy 0,6 hektár méretű zöldterület körülbelül 1,5 °C átlagos hűtő hatást tud

elérni. Figyelembe véve, hogy ez a belső udvar körül van építve magas épületekkel, az elérhető hűtő hatását nem áll módjában, a táblázatban olvasható, 150-160 méter távolságban érvényesíteni. Ennek ellenére a belső udvarban kifejezetten kellemes léghőmérsékletet tud biztosítani. Bár a kialakításából és a helyzetéből adódóan nem a tőle telhető maximális értékkel, viszont így is hozzá járul a városi hősziget effektus csökkentéséhez. Emellett a beltéri zöldtetők a belső teret hűtik, ez kevesebb légkondicionáló használatot eredményez. Ennek eredménye, hogy kevesebb hőt termelnek ezek a berendezések, amelyek az épület környezetét melegítének. Ebből kifolyólag, a zöldtető városi hősziget effektusra gyakorolt hatását 3 pontra értékelem a 3-ból.

### CSAPADÉKVÍZ HÁZTARTÁS

A csapadékvíz háztartásánál a kültéri zöldtetők kapnak nagyobb szerepet. A biodiverz zöldtető és a belső udvar összevéve közel 9500 m<sup>2</sup> zöldterületet képeznek. Míg a biodiverz zöldtető termőrétege átlagosan 8-15 centiméter, addig a belső udvaron lévő intenzív zöldtető vastagsága 30-120 centiméter között van. A 4. táblázat és a 16. ábra alapján a biodiverz zöldtető (3000 m<sup>2</sup> felületen) körülbelül 65%-os, míg a belső udvar (6000 m<sup>2</sup> felületen) közel 90%-os víz visszatartásra képes. A zöldtető csapadékvíz háztartásának vizsgálatát, már a 4.2.2.-ben leírtak alapján végzem, azzal a különbséggel, hogy itt kétfajta zöldtetővel számolok.

A biodiverz zöldtető esetében:

$$300\,000\text{ dm}^2 \times 0,16167\text{ dm} \approx 48\,501\text{ dm}^3 \quad (1)$$

$$48\,501\text{ dm}^3 = 48\,501\text{ l} \quad (2)$$

A belső udvar intenzív zöldtetője esetében:

$$600\,000\text{ dm}^2 \times 0,16167\text{ dm} \approx 97\,002\text{ dm}^3 \quad (3)$$

$$97\,002\text{ dm}^3 = 97\,002\text{ l} \quad (4)$$

Ahhoz hogy megkapjuk a tényleges csapadékvíz mennyiséget, amelyet az adott intenzitású esőzéskor a zöldtető visszatart az irodaház zöldtetői, ki kell számolni az egyes zöldtető fajtákhoz tartozó vízvisszatartást, majd össze kell vonni az úgy kapott két értéket.

$$48\,501\text{ l}_{\text{biodiverz}} \times 0,65 = 31\,525\text{ l} \quad (5)$$

$$97\,002\text{ l}_{\text{intenzív}} \times 0,90 = 87\,302\text{ l} \quad (6)$$

Tehát az irodaház kültéri zöldtetői, egy mérsékelt nagy esőzésnél Budapesten, csaknem 119 ezer liter csapadékot képesek visszatartani. Ráadásul a lehulló esővíz az egész telken gyűjtésre, majd utólagos felhasználásra kerül, többek közt a mellékhelyiségek öblítésére. Ezzel nagymértékben csökkentik a környező csatornahálózat terhelését. Mindezt összevetve, a csapadékvíz háztartásra gyakorolt hatását 3 pontra értékelem a 3-ból.

## KÖZÉRZETE ÉS MINŐSÉGE

A komplexum területén lévő összes bejárható zöldtető közös használatú, ami azt jelenti, hogy bárki igénybe veheti. Ez alól kivétel a tetőn lévő biodiverz zöldtető, mely nem nyitott, csak a karbantartók számára látogathatók. Az épület magasságának köszönhetően a biodiverz zöldtetőre nem biztosított a rálátás, így az nem befolyásolja a környező épületek kilátását. Ezzel ellentétben az összes többi zöldtető már hozzájárul az épület összhangjához mind kívülről, mind belülről. A látványos lobby, az irodatermek, éttermek, kávézók, a konferenciatermek és a tárgyalók kifinomult belsőépítészeti stílusát, a víz, az égbolt és az erdő hangulatát tovább gazdagítja az ablakból visszaköszönő zöld látványa. A közvetlen ablak melletti, illetve az ablakból kitekintve látható belső és külső növény szigetek közelebb hozzák a természetet az emberhez.



27. ábra: Alsó szinten lévő fényes átrium (OTP, 2022)

A tervezés során bekerül pár oktatás jellegű gondolat is. A nagyobb fás szárú növények mentén található kis információs lapokat és táblákat, amelyeken a növények magyar és latin megnevezése is szerepel (28. ábra). Egyeseken további információt is olvashatunk az adott növényről. Ezzel még közelebb szeretnék volna hozni a természetet a dolgozók és a látogatók számára, mert így többet is megtudhatnak az őket körülvevő fajokról.

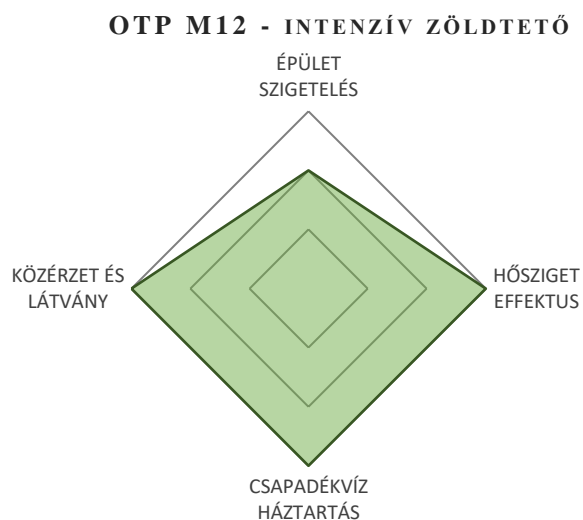


28. ábra: Növényismertető táblák a nagyobb növényeknél (saját készítésű fotó)

Az irodaháznak van egy kiadványa, amelyben nagyon sok pozitív visszajelzéseket kapott az épület. Valamint készült egy dolgozó elégedettségi felmérés öt hónap beköltözés után, amelyben többek közt a zöldtetővel kapcsolatban is voltak kérdések. A válaszadók nagy része (73%-a) pozitívként éli meg mindazt, amit az irodaház nyújtani tud számára. Továbbá, arra a kérdésre, amelyben az irodaház legjobb értékére kérdeztek rá, a kapott válaszok közt 38%-ban a zöld környezet szerepel. (10. melléklet) Számomra is felejthetetlen érzést nyújtott, ahogy az egyik kibúvásból a másikba, majd az átriumon keresztül az éttermekbe és kávézókba haladva, körös-körbe voltam ölelve a természettel. A felmért adatok és a személyes tapasztalat után, értelemszerűen a közérzetre és a látványra való hatását 3 pontra értékelem a 3-ból.

## ÖSSZEGZÉS

Ahogy az a 29. ábrán is látható, a zöldtető bár hatással van az épület szigetelésére, inkább a városi hősziget effektusra, a környező vízháztartásra, de legfőképp a közérzetre és a látványra van nagy hatással.



29. ábra: OTP M12 intenzív zöldtető értékeinek összegzése (saját szerkesztés)

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A globális tendenciák negatív hatásai egyre jelentősebben fejeződnek ki a mai városokban. Ilyenek például a városi hősziget jelenség, fokozódó légszennyezés, növekvő szállópor koncentráció, kisebb szélmozgás és kiszámíthatatlan időjárási viszonyok. A túlzott és sűrű beépítettség, a különböző zöldinfrastruktúra problémák és hiánya, illetve az emberekben erősödő természettudatos szemlélet hatására a városban felértékelődött a zöldfelületek szerepe.

A problémák és kihívások megértéséhez szakdolgozatomban összefoglaltam Budapest jelenlegi helyzetét az ügyben. Bemutattam a nagyvárosias jellegéből fakadó fundamentális problémáit a városnak. A zöldtetők multifunkcionális előnyei miatt több nagyvárosban már elkezdtek zöldtetőket létesíteni, köztük Budapesten is. Habár a hazai zöldtetők helyzete évről évre javul, sajnos még nem érte el a nyugat-európai szintet. Ezért az irodalomkutatásom második felében a zöldtetőkkel kapcsolatos általános jellemzőket, illetve a magyarországi zöldtetők helyzetét, és a hozzá tartozó jogszabályokat ismertettem.

Vizsgálatom során a bemutatott nagyvárosi problémákra a zöldtetők által nyújtott lehetőségeket kutattam. Magyarországon jelenleg még nagyon kis számban vannak a zöldtetőkkel kapcsolatos tudományos és statisztikai módszerekkel elemzett, illetve bizonyított hosszútávú kísérletsorozatok. Ennek okán csak más, Magyarországhoz hasonló klímájú külföldi tapasztalatokra tudtam hagyatkozni. Ezért szakdolgozatomban több külföldi kutatás eredményeit összefoglalva mutattam be a zöldtetők potenciálját, többek közt az épületek szigetelésére, a városi hősziget effektusra, a városi vízgazdálkodásra és a közérzetre gyakorolt hatásukat.

Ezt követően kiválasztottam három olyan zöldtetőt Budapest területén, amelyek különböző adottságokkal és felépítéssel rendelkeztek. A főváros és a zöldtetők elemzése során gyűjtött adatok segítségével megvizsgáltam a kiválasztott zöldtetőket, majd az épületszigetelésre, a hősziget effektusra, a vízgazdálkodásra és a közérzetre gyakorolt hatásuk alapján értékeltem őket. Végül az értékeket diagramba foglaltam, a könnyebb összehasonlítás érdekében.

Kutatásommal igazoltam, hogy még a legkisebb extenzív zöldtető is képes pozitívan hatni jelenlétével az arra járók közérzetére. Ha viszont sokkal többet szeretnénk elérni a tervezett zöldtetővel, kihasználni az adottságait, érdemes nagyobbban gondolkodni. Az OTP Bank nagy kiterjedésű, intenzív zöldtetője, bár nagyrészt fedett helyiségben található, kiváló megoldást nyújt a szóban forgó problémákra. Azonban a legköltséghatékonyabb megoldásnak a biodiverz zöldtető bizonyult. Viszonylag alacsony beruházással és karbantartási szükséglettel jelentős

eredményeket érhetünk el az épület szigetelésében, a városi hősziget effektus csillapításában, a városi vízgazdálkodásban és akár még a közérzet javításában is. Emellett a város biológiai sokszínűségéhez is nagymértékben hozzájárul, amely tovább javítja a város életkörülményeit. Ezzel a vizsgálattal szemléltettem, hogy a különböző zöldtető formák, különböző szerepet tölthetnek be a városi problémák enyhítésében.

A különféle, széleskörű tudományos eredmények ismertetése mellett a dolgozatban gyakorlati példákat mutattam be az egyes zöldtető típusok közül, és ezek hatásának a mértékét mértem fel. A dolgozat eredményei újabb kutatások alapjául szolgálhatnak, és hozzájárulhatnak a zöldtetők további népszerűsítéséhez Budapesten.

## IRODALOMJEGYZÉK

- ARCHIGREEN 2023 ARCHIGREEN Zöldtető Kft weboldala: TDS intenzív ültetőközeg. Letöltés dátuma: 2023.11.09. forrás: <https://zoldtetokft.hu/tds-intenziv-ultetokozege>
- BARRERA 2022 la Barrera F., Reyes-Paecke S., Truffello R., la Fuente H., Salinas R. V., Villegas R. & Steiniger S. (2022): Comparing green spaces provision and accessibility indicators over a latitudinal gradient and multiple climate zones. *Urban Forestry & Urban Greening, Volume 79*. DOI: 10.1016/j.ufug.2022.127791
- BENGTSSON 2005 Bengtsson L., Olsson J. & Grahn L. (2005): Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden. *Hydrology Research, Volume 36*, pp. 259–268. DOI: 10.2166/nh.2005.0019
- BERNDTSSON 2010 Czemiél Berndtsson J. (2010): Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering, Volume 36*, pp. 351–360. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2009.12.014
- BKÁÉ 2020 Tatai Zs., Zétényi D., Niedetzky A., Szőke B., Bódi-Nagy A., Frits B., Pogány A., Orosz I., Szabó K. & Becsák P. (2020): Vizek állapota. *Budapest Környezeti Állapotértékelése 2019-2020*.
- BKISZ 2021 Budapest Komplex Integrált Szennyvízelvezetése Projekt hírei, (2021. július). Letöltés dátuma: 2023.01.06. forrás: <https://www.bpcsatornazas.hu/hu/bp/hirek>
- BRAUBACH 2017 Braubach M., Egorov A., Mudu P., Wolf T., Ward T. C. & Martuzzi M. (2017): *Effects of Urban Green Space on Environmental Health, Equity and Resilience*, pp. 187–205. DOI: 10.1007/978-3-319-56091-5\_11
- BUSKER 2022 Busker T., de Moel H., Haer T., Schmeits M., van den Hurk B., Myers K., Cirkel D. G. & Aerts J. (2022): Blue-green roofs with forecast-based operation to reduce the impact of weather extremes. *Journal of Environmental Management, Volume 301*. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113750

- BZK-I 2017 Szőke Balázs (szerk.) (2017): I. kötet: Helyzetfelmérés és -értékelés. *Budapest Zöldfelületi Rendszerének Fejlesztési Konceptiója - Budapest Zöldinfrastruktúra Konceptiója*. Budapest: BFVT Kft.
- BZK-II 2017 Szőke Balázs (szerk.) (2017): II. kötet: Konceptió. *Budapest Zöldfelületi Rendszerének Fejlesztési Konceptiója - Budapest Zöldinfrastruktúra Konceptiója*. Budapest: BFVT Kft.
- CASTLETON 2010 Castleton H. F., Stovin V., Beck S. B. M. & Davison J. B. (2010): Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings, Volume 42*, pp. 1582–1591. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.05.004
- CSIZMADIA 2018 Csizmadia Dóra (2018): Vízérzékeny tervezés a városi szabadtereken. *Zöldinfrastruktúra füzetek 3*. Budapest: Budapest Fővárosi Főpolgármesteri Hivatal. ISBN 978-963-9669-40-6
- CSIZMADIA 2020 Csizmadia Dóra (2020): *Development of sustainable rainwater management in Budapest*. [PhD-értekezés] Budapest: Szent István Egyetem. DOI: 10.14751/SZIE.2020.071
- DENARGO 2005 DeNardo J. C., Jarrett A. R., Manbeck H., Beattie D. J. & Berghage R. (2005): Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. *Transactions of the ASAE, Volume 48*, pp. 1491–1496. DOI: 10.13031/2013.19181
- DOBÓ 2014 Dobó Eszter (2014): *A beépítettség és a városi hősziget kapcsolatának vizsgálata, Budapest XI. kerületének példáján*. [szakdolgozat] Budapest: ELTE TTK Meteorológiai Tanszék.
- ENERGOCELL 2023 Energocell Kft. weboldala: Mi is az az üveghab? Letöltés dátuma: 2023.04.03. forrás: <https://www.energocell.hu/uveghab>
- ÉPÍTÉSZFÓRUM 2017 Bán Dávid (2017.05.30.): Építészforum – Kényszer vagy lehetőség: kell-e nekünk zöldtető? Letöltés dátuma: 2023.01.07. forrás: <https://epiteszforum.hu/kenyszer-vagy-lehetoseg-kell-e-nekunk-zoldteto>



- FCSM 2006 Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (2006): Környezetgazdálkodási Hírlevél – III. évfolyam 3. szám. Letöltés dátuma: 2023.01.07. forrás: [https://www.fcsm.hu/media/files/downloads/2006\\_3.pdf](https://www.fcsm.hu/media/files/downloads/2006_3.pdf)
- FCSM 2023 Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (2022): 2022. évi energetikai jelentés – Műszaki adatok és információk. Letöltés dátuma: 2023.09.23. forrás: <https://www.fcsm.hu/ceginformacio/adatok/muszaki-adatok-es-informaciok>
- FIORETTI 2010 Fioretti R., Palla A., Lanza L. G. & Principi P. (2010): Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment, Volume 45*, pp. 1890–1904. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.03.001
- FLL 2018 FLL – Landscape Development and Landscaping Research Society e.V. (2018): Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs. *Green Roof Guidelines*. Bonn: FLL.
- FLL 2023 Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. weboldala: Die FLL. Letöltés dátuma 2023.01.08. forrás: <https://www.fll.de/die-fll/die-fll>
- GAYER 2004 Gayer József (2004): *A települési csapadékvíz-elhelyezés az integrált vízgazdálkodás tükrében*. [PhD-értekezés] Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
- GRT 2022 Green Roof Technology weboldala. Letöltés dátuma: 2023.01.09. forrás: <https://greenrooftechnology.com/>
- GYULAI 2016 Gyulai Marcell Gábor (2016): *Budapesti városi hősziget-hatás termovíziós vizsgálata*. [TDK dolgozat] Budapest: Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar.
- HARLAN 2011 Harlan S. L. & Ruddell D. M. (2011): Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 3*, pp. 126–134. DOI: 10.1016/j.cosust.2011.01.001

- KSH 2018 Központi Statisztikai Hivatal (2018): Budapest – Gazdaság és Társadalom. ISBN 978-963-235-541-2
- LAZZARIN 2005 Lazzarin R., Castellotti F. & Busato F. (2005): Experimental measurements and numerical modeling of a green roof. *Energy and Buildings, Volume 37*, pp. 1260–1267. DOI: 10.1016/j.enbuild.2005.02.001
- LEE 2015 Lee K. E., Williams K. J. H., Sargent L. D., Williams N. S. G. & Johnson K. A. (2015): 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. *Journal of Environmental Psychology, Volume 42*, pp. 182–189. DOI: 10.1016/j.jenvp.2015.04.003
- LEHMANN 2014 Lehmann S. (2014): Low carbon districts: Mitigating the urban heat island with green roof infrastructure. *City, Culture and Society, Volume 5*, pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.ccs.2014.02.002
- LEVEGŐMCS 2023 Levegő Munkacsoport Országos Környezetvédő Egyesület weboldala: Mekkora zöldfelületre lenne szükségünk a településen? Letöltés dátuma: 2023.01.07. forrás: <https://www.levego.hu/kapcsolodo-anyagok/fogalommagyarazat-a-varosi-zoldfeluletek-es-zoldteruletek/>
- LIISA 2013 Liisa Tyrväinen, Ojala A., Korpela K., Lanki T., Tsunetsugu Y. & Kagawa, T. (2014): The influence of urban green environments on stress relief measures: A field experiment. *Journal of Environmental Psychology, Volume 38*, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.jenvp.2013.12.005
- LODER 2014 Loder A. (2014): ‘There’s a meadow outside my workplace’: A phenomenological exploration of aesthetics and green roofs in Chicago and Toronto. *Landscape and Urban Planning, Volume 126*, pp. 94–106. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.01.008
- MAGDALENA 2015 van den Berg Magdalena, Wendel-Vos W., van Poppel M., Kemper H., van Mechelen W. & Maas J. (2015): Health benefits of green spaces in the living environment: A systematic review of

- epidemiological studies. *Urban Forestry & Urban Greening, Volume 14*, pp. 806–816. DOI: 10.1016/j.ufug.2015.07.008
- MÁSFÉLFOK 2021 Pongrácz Rita (2021.07.27): Másfél fok weboldala: Ettől válnak forró katlanná városaink: a hősziget hatás. Letöltés dátuma: 2023.01.08. forrás: <https://masfelfok.hu/2021/07/27/ettol-valnak-forro-katlanna-varosaink-a-hosziget-hatas/>
- MEPS 2014 MEPS Magyarországi EPS Hőszigetelőanyag Gyártók Egyesülete weboldal: Szigorodnak a hőtechnikai előírások! Letöltés dátuma: 2023.07.03. forrás: <https://meps.hu/szigorodnak-a-hotechnikai-eloirasok/>
- MEGYESI 2021 Megyesi Éva (2021.07.30.): Magyar Mezőgazdaság weboldala: Biodiverz zöldtető Budapesten. Letöltés dátuma: 2023.09.10. forrás: <https://magyarmezogazdasag.hu/2021/07/30/biodiverz-zoldteto-budapesten/>
- MLS 2023 MádiLáncos Stúdió weboldala: OTP M12 irodaház. Letöltés dátuma: 2023.10.20. forrás: <https://madilancos.hu/bejegyzes/?s=otp-m12-irodahaz>
- MREKVA 2019 Mrekva László (2019): A zöldinfrastruktúrák szerepe a csapadékvíz-gazdálkodásban és a városi területek lefolyásszabályozásában. *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia – Tanulmányok*. pp. 127-147. ISBN 978-615-5845-22-2
- NIACHOU 2001 Niachou A., Papakonstantinou K., Santamouris M., Tsangrassoulis A. & Mihalakakou G. (2001): Analysis of the Green Roof Thermal Properties and Investigation of its Energy Performance. *Energy and Buildings, Volume 33*, pp. 719–729. DOI: 10.1016/S0378-7788(01)00062-7
- O'HARA 2022 O'Hara A. C., Miller A. C., Spinks H., Seifert A., Mills T. & Tuininga A. R. (2022): The Sustainable Prescription: Benefits of Green Roof Implementation for Urban Hospitals. *Frontiers in Sustainable Cities, Volume 4*. DOI: 10.3389/frsc.2022.798012

- OTÉK 1997 Wolters Kluwer Hungary Kft. – Jogtár weboldala: 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről. Letöltés dátuma: 2023.01.07. forrás: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.KOR>
- OTP 2022 OTP Bank weboldala (2022.06.03.): Jövőbe mutató megoldások jellemzik az OTP Bank új irodaházát. Letöltés dátuma: 2023.10.20. forrás: <https://www.otpbank.hu/portal/hu/Hirek/Jovobe-mutato-megoldasok>
- PÁL 2015 Pál János (2015): Növényekkel borított épületek. *Zöldtetők és zöldhomlokzatok*. Budapest: Levegő Munkacsoport. Forrás: <https://www.levego.hu/sites/default/files/kiadvany/zoldterulet/zoldtetok.pdf>
- PIRISI 2015 Pirisi G., Trócsányi A. & Hajnal K.: Általános társadalom- és gazdaságföldrajz, pp. 129-130. Letöltés dátuma: 2022.10.02. forrás: [https://eta.bibl.u-szeged.hu/89/1/pirisi\\_alt\\_tars\\_gazdfoldrajz.pdf](https://eta.bibl.u-szeged.hu/89/1/pirisi_alt_tars_gazdfoldrajz.pdf)
- ROY 2014 Roy S., Quigley M. & Raymond Ch. (2014): Roofing weboldala: From Green to Blue: Making Roof Systems Sustainable in Urban Environments. Letöltés dátuma: 2023.04.03. forrás: <https://roofingmagazine.com/green-blue-making-roof-systems-sustainable-urban-environments>
- SANTAMOURIS 2014 Santamouris M. (2014): Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy, Volume 103*, pp. 682–703. DOI: 10.1016/j.solener.2012.07.003
- SHAFIQUE 2016 Shafique M., Kim R. & Lee D. (2016): The potential of green-blue roof to manage storm water in urban areas. *Nature Environment and Pollution Technology, Volume 15*, pp. 715–718. ISSN: 0972-6268
- SHAFIQUE 2018 Shafique M., Kim R. & Rafiq M. (2018): Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 90*, pp. 757–773. DOI: 10.1016/j.rser.2018.04.006

- SUSCA 2011 Susca T., Gaffin S. R. & Dell’Osso G. R. (2011): Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental Pollution, Volume 159*, pp. 2119–2126. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.03.007
- SZLIVKA 2016 Szlivka F. Dániel (2016): *Zöldtetők vizsgálata energia megtakarítás, valamint a környezeti terhelés csökkentése érdekében*. [PhD-értekezés] Budapest: Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola.
- SZABÓ 2009 Szabó Lilla (2009): *A zöldtetőépítés hazai kilátásainak vizsgálata Budapest példáján*. [szakdolgozat] Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar.
- SZABÓ 2015 Szabó Beáta (2015): *A városi zöldfelületek hatása a város klímájára*. [szakdolgozat] Budapest: ELTE Természettudományi Kar, Meteorológiai Tanszék.
- SZEGEDI 2014 Szegedi S., Lázár I., Elemér L. & Tóth T. (2014): A városklíma jellegzetességei és hatásai. *Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával*, pp. 51-82.
- SZŐKE 2015 Szőke Andrea (2015): *Extenzív zöldtetők, és azokon alkalmazott egyes Sedum fajok komplex értékelése*. [PhD-értekezés] Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, Kertésztudományi Kar.
- TAKÁCS 2016 Takács Dániel (2016): *Városi szabadterek és szabadtér-fejlesztések ingatlanérték-befolyásoló hatásának elemzése Budapest példáján*. [PhD-értekezés] Budapest: Szent István Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola. DOI: 10.14751/SZIE.2016.043
- TÓTH 2022 Tóth Dorottya (2022): *Retrofit zöldtetők megvalósíthatóságának vizsgálata és alkalmazhatósága*. [PhD-értekezés] Budapest: MATE, Tájépítészeti, Települstervezési és Díszkertészeti Intézet.
- Uhl 2008 Uhl M. & Schiedt L. (2008): Green Roof Storm Water Retention – Monitoring Results. *International Conference on Urban Drainage*.

- VILLARREAL 2005 Villarreal E. L. & Bengtsson L. (2005): Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering, Volume 25*, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2004.11.008
- WILLIAMS 2019 Williams K. J. H., Lee K. E., Sargent L., Johnson K. A., Rayner J., Farrell C., Miller R. E. & Williams N. S. G. (2019): Appraising the psychological benefits of green roofs for city residents and workers. *Urban Forestry & Urban Greening, Volume 44*. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126399
- WMO 1992 World Meteorological Organization (1992): Compendium of Lecture Notes in Climatology for Class III and Class IV Personnel – Chapter 4. *WMO – No. 726*. Forrás: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=8617](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=8617)
- WMO 2008 World Meteorological Organization (2008): Urban Flood Risk Management – A Tool for Integrated Flood Management. *APFM Technical Document No. 11, Flood Management Tools Series*. Forrás: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=7342](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7342)
- WONG 2003 Wong N. H., Cheong D. K. W., Yan H., Soh J., Ong C. L. & Sia A. (2003): The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy and Buildings, Volume 35*, pp. 353–364. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00108-1
- ZÉOSZ 2013 Zöldtetők- és Zöldfal Építők Országos Szövetsége weboldal. Letöltés dátuma: 2023.01.08. forrás: <https://zeosz.hu/>

**Írásbeli és/vagy szóbeli adatközlés:**

- IKEA 2023 Dunai Tímea (2023): szóbeli közlés, IKEA Lakberendezési Kft. képviselőjében.
- MKKP 2023 Hankó Klári & Martos G. Csongor (2023): írásbeli közlés, Magyar Kétfarkú Kutya Párt képviselőjében.
- SZELES 2023 Szeles Szilvia (2023): írásbeli és szóbeli közlés, OTP Bank beruházási vezető projektmenedzser.

## ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Hőmérséklet-különbségek településfajták szerint.....	6
2. ábra: Egyesített csatorna túlfolyása rendszer túlterhelésnél.....	8
3. ábra: Extenzív zöldtető.....	11
4. ábra: Biodiverz zöldtető.....	12
5. ábra: Egyszerű intenzív zöldtető.....	13
6. ábra: Intenzív zöldtető.....	13
7. ábra: Kéktető.....	14
8. ábra: Zöld-kéktető.....	15
9. ábra: Zöldtető és beton referencia tető külső hőmérséklet-ingadozása.....	18
10. ábra: Irodaház éves energiafogyasztása különböző U-értékű tetőfajtákkal.....	21
11. ábra: Irodaház energiafogyasztása különböző rétegvastagsággal, száraz-nedves talajnál.....	21
12. ábra: Zöldtető és egy hagyományos lapostető energetikai cseréjének összehasonlítása....	22
13. ábra: Zöldfelületi arány és felszínhőmérsékleti értékek kapcsolata Budapesten.....	23
14. ábra: Az urbanizáció hatása a lefolyásra.....	27
15. ábra: Zöldtetők sematikus vízrajza évszakonként.....	29
16. ábra: Zöldtetők általános víz térfogatmegtartása a termőréteg vastagságától függően.....	30
17. ábra: A növényzet hatása a vízmegtartásra.....	31
18. ábra: Extenzív zöldtető egy kórházi szoba ablaka alatt.....	34
19. ábra: Extenzív és egy intenzív zöldtető egy irodaházon.....	35
20. ábra: Telepes utcai buszmegálló - termőföld telepítése.....	37
21. ábra: Telepes utcai buszmegálló - növényzet telepítése.....	37
22. ábra: Buszmegálló zöldtető értékeinek összegzése.....	39
23. ábra: IKEA régi épület szárnya kavics borítással és az új szárny zöldtetővel.....	40
24. ábra: A zöldtető látványa egy iroda ablakából.....	41
25. ábra: IKEA biodiverz zöldtető értékeinek összegzése.....	44
26. ábra: Változó termőréteg vastagság változó növényhasználat mellett.....	46
27. ábra: Alsó szinten lévő fényes átrium.....	49
28. ábra: Növényismertető táblák a nagyobb növényeknél.....	49
29. ábra: OTP M12 intenzív zöldtető értékeinek összegzése.....	50

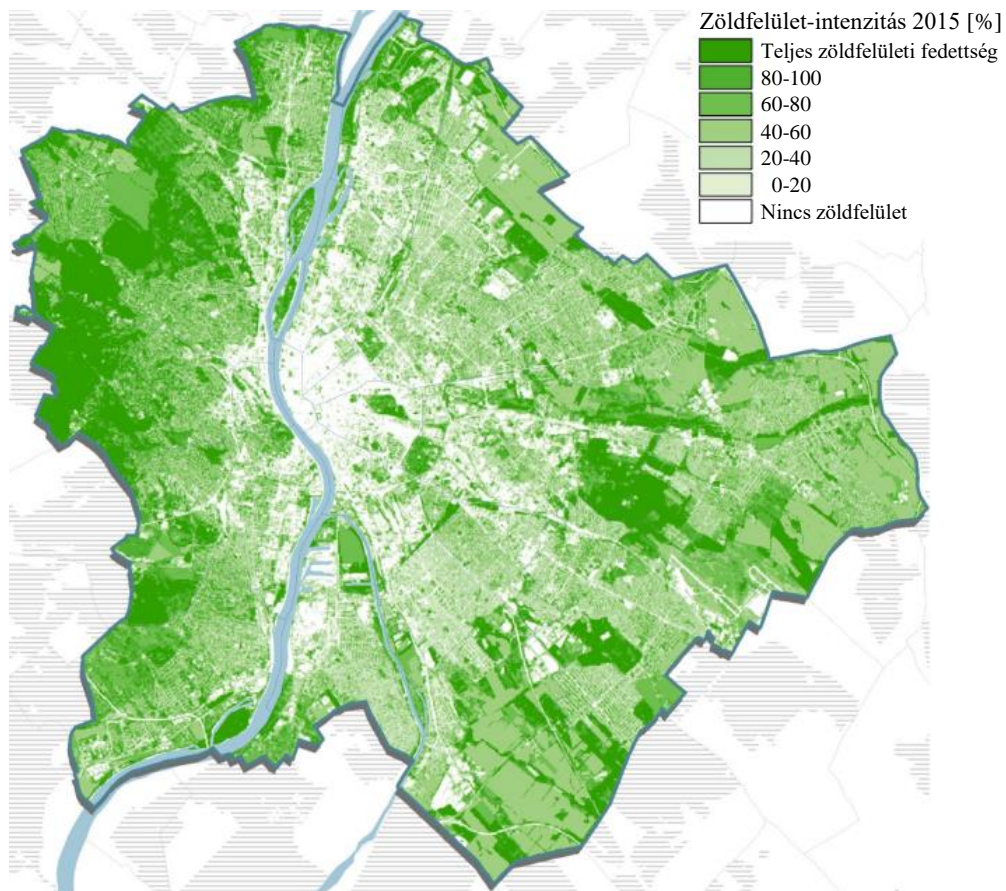
## TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A tetőkertek beszámítása a telekre előírt zöldfelületbe .....	10
2. táblázat: Zöldtető energiamegtakarítása különböző szigeteléseknél.....	19
3. táblázat: Parkok méretének és hőmérséklet-csökkentő hatásuknak kapcsolata .....	24
4. táblázat: Zöldtetők víz visszatartás aránya és az éves lefolyási együtthatói .....	29
5. táblázat: Zöldtetők maximális vízkapacitása.....	30
6. táblázat: 2 éves és 4 éves gyakoriságú csapadékok intenzitása .....	33

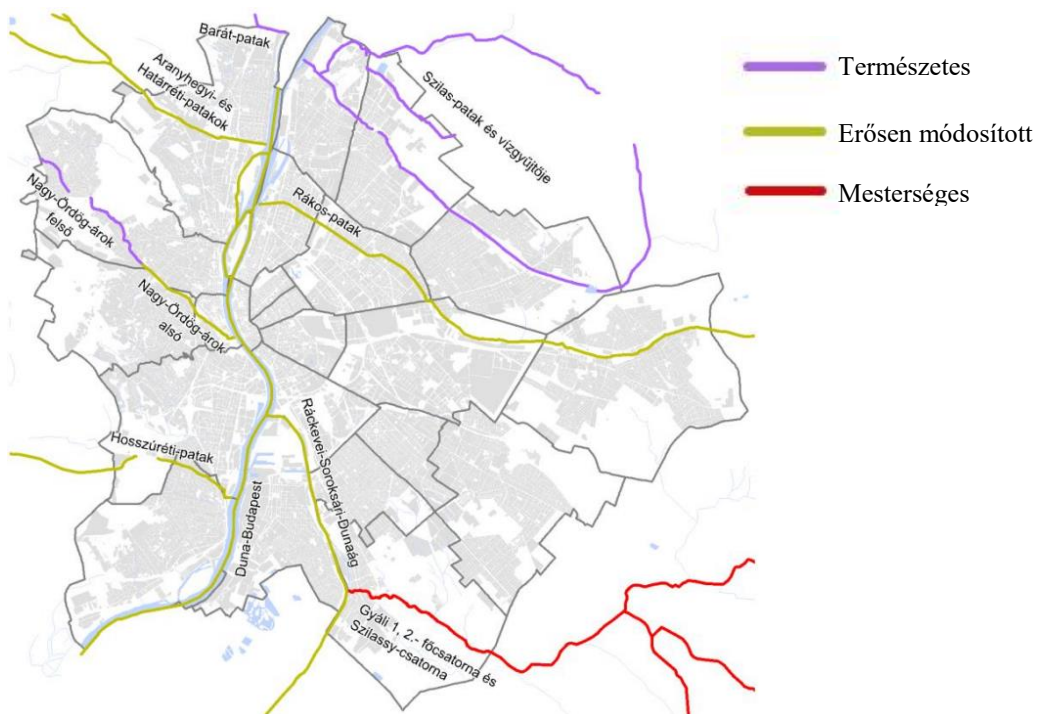


## MELLÉKLETEK

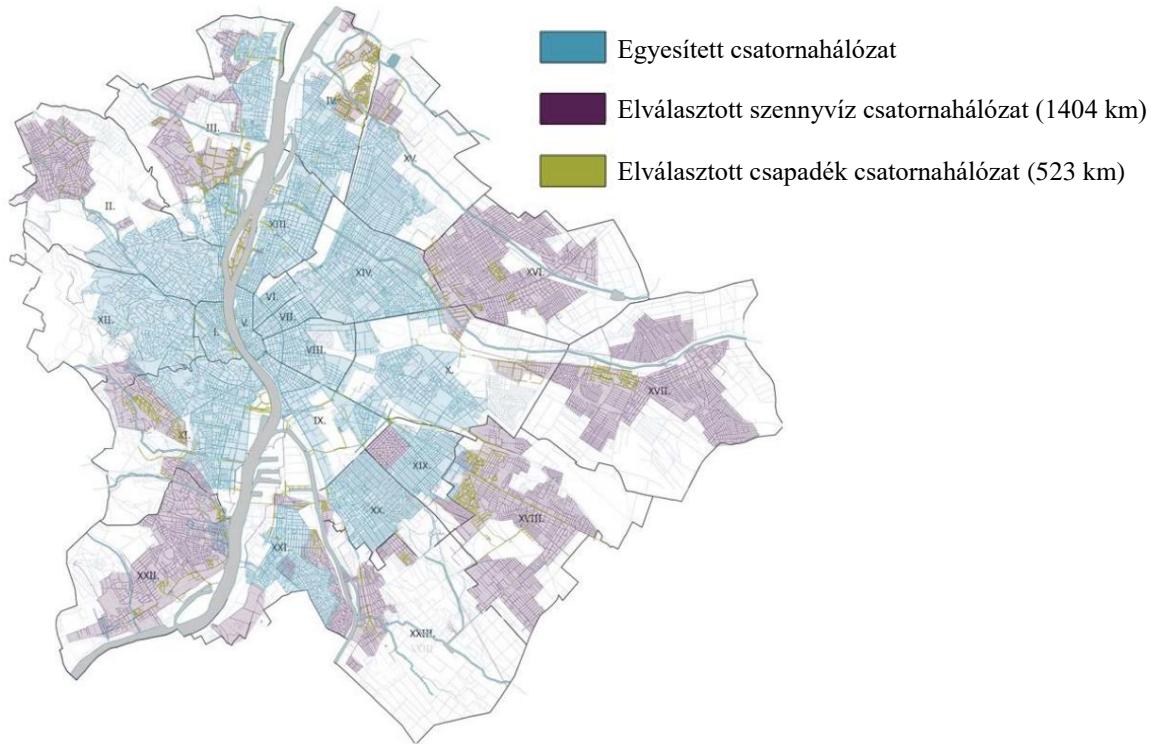
### 1. melléklet – Budapest zöldfelület-intenzitása 2015 (BZK-I, 2017)



### 2. melléklet – Budapest jelentősebb vizei (BKÁÉ, 2020)



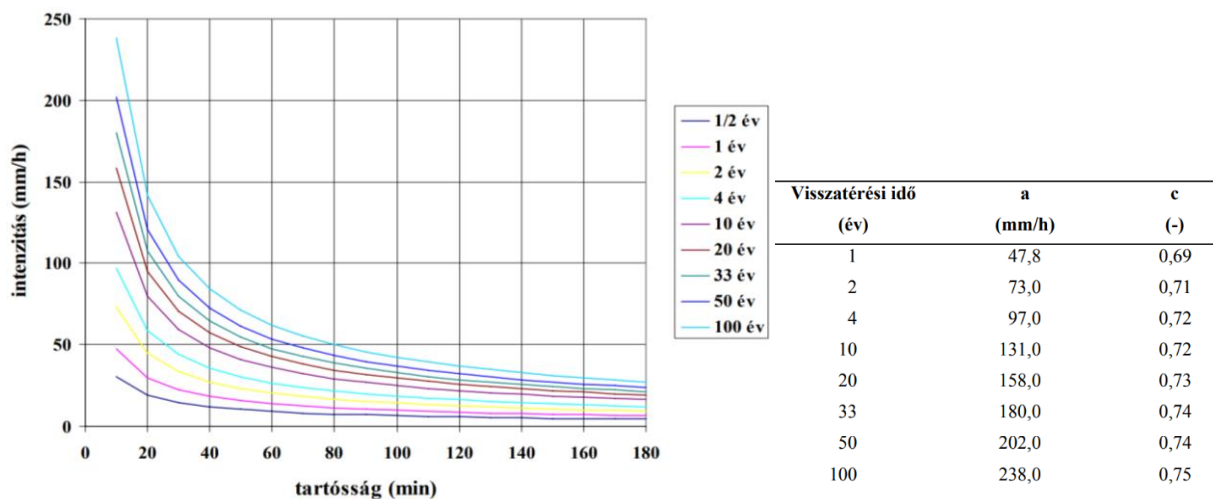
**3. melléklet** – Budapest csatornahálózatának rendszere (CSIZMADIA, 2018)



**4. melléklet** – Az esőzések intenzitása, a köztes száraz időszakok hossza, az áramlási csúcs értéke, a visszatartott térfogat és a lefolyás csúcs csökkentésének százalékos aránya, illetve a késleltetési idő eseményenként – Genovai Egyetem (Olaszország) zöldtetője (FIORETTI, 2010)

Esemény [ééé/HH/mm]	Csapadékmélység [mm]	Előzetes száraz időszak [h]	Áramlási csúcs [l/s]	Visszatartott mennyiség [%]	Csúcscsökkentés [%]	Késleltetés [min]
2008/09/03	25.8	312	0.33	31	94	306
2008/09/13	23.2	216		100	100	–
2008/09/19	28.2	96	0.21	56	69	303
2008/09/22	16.6	9.5	0.38	19	84	145
2008/10/28	71.6	48	2.05	18	52	93
2008/10/29	74.8	4	1.05	0	91	71
2008/11/04	48	9.5	0.58	0	93	118
2008/11/11–12	72	10	0.85	0	61	174
2008/11/29	35	14.5	0.66	17	44	95
2008/12/9–10	98.6	96	1.02	13	52	128
2008/12/16–17	32.6	1	0.2	0	72	212

**5. melléklet** – A magyar intenzitás-tartósság-gyakoriság görbe és paramétere (GAYER, 2004)





**6. melléklet** – Telepes utcai buszmegálló jelenlegi (2023. Július 19.) állapota (MKKP, 2023)



**7. melléklet** – IKEA biodiverz zöldtetőjén a különböző adottságú részeknél különböző növényfajokat figyelhetünk meg. A mélyebb termőréteg részekben nagyobb a változatosság, míg a sekélyebb talajon csak a varjúháj fajok jelennek meg. A planténerekben ültetett fák és kúszónövények találhatóak. (saját készítésű fotók)



**8. melléklet** – OTP Bank M12 irodaház belső udvarában lévő nyírfaliget (saját készítésű fotók)





**9. melléklet** – OTP Bank M12 irodaház harmonikus, összehangolt, biofilia elméletén alapuló belső terei.



(saját készítésű fotó)



(MLS, 2023)

**10. melléklet** – Az OTP Bank M12 irodaház dolgozói felmérés eredményei (SZELES, 2023)

Összességében úgy érzem, hogy az M12 egy olyan hely, ahova, ha bejövök, jól érzem magam

1150 válasz

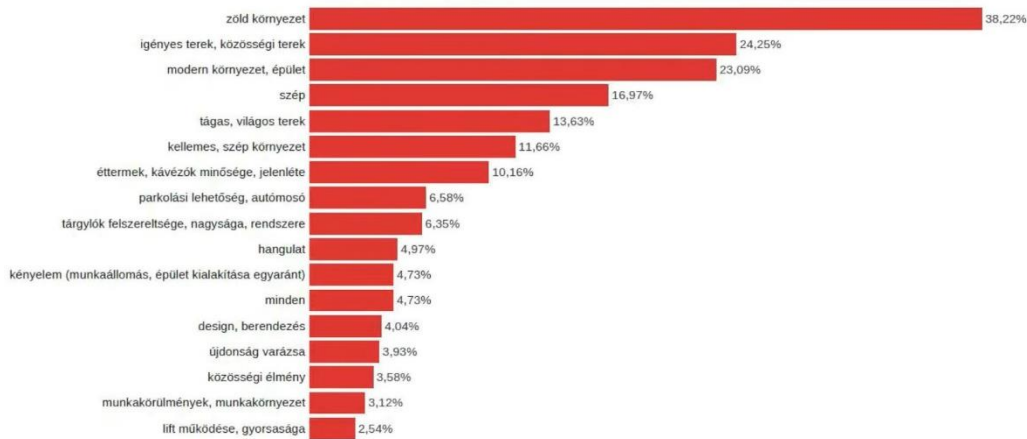


Mennyire érzed úgy, hogy az M12 jobb munkakörülményeket biztosít, mint a korábbi épület, ahol dolgoztál? - Ez a kérdés utólag került be a kérdőívbe, ezért itt csak 323 válasz érkezett.

323 válasz



Ami a legjobb az M12-ben (866 válasz) - leggyakrabban előforduló témakörök a válaszokban:



# NYILATKOZAT

## a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Āurkoviĉ Denis  
A Hallgató Neptun kódja: FWK15T  
A dolgozat címe: Zöldtetők potenciálja Budapesten – Zöldtetők pozitív hatása a nagyvárosi problémákra  
A megjelenés éve: 2023  
A konzulens intézetének neve: Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Kert- és Szabadtértervezési Tanszék

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

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 11. hó 11. nap



Hallgató aláírása

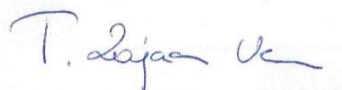
## NYILATKOZAT

Durkovic Denis (hallgató Neptun azonosítója: FWK15T) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: Budapest. 2023. év november hó 10. nap



belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendó.