

SZAKDOLGOZAT

KULICH GÁBOR

2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Környezettudományi Intézet
Biológiai talajérőgazdálkodás szakmérnök
szakirányú továbbképzési szak**

A NÉPRAJZI MÚZEUM TETŐKERTJÉNEK ÜLTETŐKÖZEG VIZSGÁLATA

Belső konzulens: Kotroczó Zsolt
beosztás: egyetemi docens
Agrárkörnyezettani
Tanszék

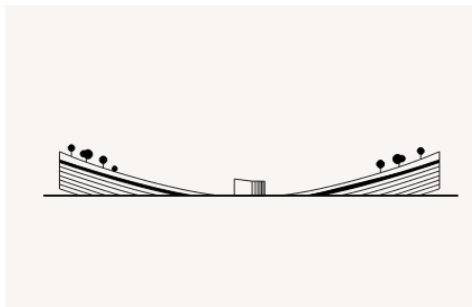
Külső konzulens: Vona Márton
beosztás: szakértő

Készítette: Kulich Gábor

**BUDAI CAMPUS
2023**

TARTALOM

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAI	6
2.2. A VÁROSOK KLIMATIKUS JELLEMZŐI	7
2.3. A ZÖLDFELÜLETEK JELENTŐSÉGE	9
2.4. A ZÖLDTETŐ, MINT ZÖLDFELÜLET	12
2.5. A ZÖLDTETŐK JELENTŐSÉGE	14
2.6. A ZÖLDTETŐK KIALAKÍTÁSA	17
2.7. ZÖLDTETŐK ÜLTETŐKÖZEGE	21
2.8. ZÖLDTETŐK MAGYARORSZÁGON	23
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	27
3.1. KÖRNYEZETI HELYZETKÉP	27
3.2. VIZSGÁLATAIM	28
<i>Mintavételezés</i>	29
<i>Alkalmazott tápanyagutánpótlási technológia és a felhasznált készítmények</i>	31
<i>Talajbiológiai vizsgálatok</i>	33
<i>Talajszkenneres vizsgálatok</i>	33
4. EREDMÉNYEK	35
4.1. A VIZSGÁLATI HELYSZÍN KÖZVETLEN KÖRNYEZETE	35
4.2. A BERUHÁZÁSI TERÜLET ELŐKÉSZÍTÉSE	36
4.3. A NÉPRAJZI MÚZEUM BEMUTATÁSA	37
4.4. AZ ÉPÜLET INTENZÍV ZÖLDTETŐ KIVITELEZÉSÉNEK MENETE	38
<i>Rétegrend kialakítás</i>	38
<i>Növénytelepítés</i>	41
<i>Talajbiológiai beavatkozások</i>	42
4.5. A TALAJVIZSGÁLAT EREDMÉNYEI	44
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	51
6. ÖSSZEFOGLALÁS	54
7. IRODALOMJEGYZÉK	56
NYILATKOZATOK	59
KONZULENSI NYILATKOZAT	60
NYILATKOZAT A SZAKDOLGOZAT NYILVÁNOS HOZZÁFÉRÉSÉRŐL ÉS EREDETISÉGÉRŐL	61



1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Alapvégzettségem tájépítész, így szakmámból adódóan fontosnak tartom nem csak a környezet alakítását, védelmét, hanem a fejlesztését is. Tájépítészti felsőfokú tanulmányaim elvégzése után kapcsolódtam a 2016-ban megkezdődött Városliget fejlesztési programhoz, mint a Magyar Zene Háza favédelmi tervének társtervezője. A nagyberuházás megvalósításának favédelmi aspektusainak elemzéséről írtam a favizsgáló és faápoló szakmérnöki szakdolgozatomat. A projektben való részvétel már ekkor nagy szakmai előrelépést jelentett számomra, és a munkámmal való elégedettség lehetővé tette, hogy karrierem következő állomására lépjek és munkahelyet váltva még inkább részese legyek a Városliget fejlesztésének, első lépésként, mint zöldterület menedzser, majd parküzemeltetési divízió vezető a Városliget Zrt. munkavállalójaként.

A Liget Budapest Projekt keretében megvalósuló nemzetközi hírű parkfejlesztés egyik nemrég elkészült eleme a Néprajzi Múzeum új épülete, amely a Városliget Dózsa György út felőli részén épült fel. Ahogy az első ábrán is látható az épület szervesen illeszkedik a park zöldfelületébe, mintegy kiterjesztve azt az előzetesen kopár közparkoló területére.

1. ábra: A Liget projekt tervezett látképe
(Forrás [1])



Ez a különleges illeszkedés nemcsak az épület építészeti megoldásának köszönhető, hanem főként a zöld felületeinek és a hagyományos tetők helyett alkalmazott Magyarországon szinte egyedülálló zöldsínek kialakításának. Az új épület zöldsíneinek különösképpen

intenzív zöldtetőjének kivitelezése számos újabb megoldandó szakmai feladatot vetett fel. Ezt a kérdéskört tettem a kutatásom központi elemévé.

A szakdolgozatomban két nagy kérdéskört vizsgálok:

A zöldtetők alkalmazásának előnyei, szükségessége terület rendkívül fontos megalapozása annak, hogy ez az építészeti mód egyre inkább elterjedjen Magyarországon, támogatva a globális fenntarthatósági törekvéseket.

A zöldtetők kialakításának és tápanyagutánpótlásának megvalósítása kérdéskör pedig szükséges ahhoz, hogy a zöldtető mint beruházás valóban hozza mind azt az eredményt, amit a készítettője elvár tőle.

Vizsgálataimat a Liget Budapest fejlesztési program részeként 2022-be átadott Néprajzi Múzeum zöldtetőjének végeztem.

A zöldtetőközegek fizikai és kémiai tulajdonságai, az épületechnikai előírások, valamint maga a megvalósítási forma korlátozzák a lehetőségek számosságát. Mindezen keretek között a kivitelezés óta több alkalommal végzett közegvizsgálatok (talajszkenner és laboratóriumi vizsgálatok) eredményeit vetem össze a mesterségesen bejuttatott tápelemek mennyiségeivel, illetve a vegetáció aktuális állapotával és a kapott mérési adatok alapján építem fel a szükséges talaj utánpótlási feladatok tervét.

Munkám egy komplex vizsgálat első fázisait mutatja be, mivel a megkezdésétől eltelt egy év még csak az alapok lefektetésére és az első lépések megtervezésére adott lehetőséget.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az Egyesült Nemzetek 2015-ben elfogadott „Világunk átalakítása” program részeként megfogalmazásra került fenntartható fejlődési célok (FFC) között szereplő a 11-es a „Fenntartható városok és közösségek” megnevezésű cél, amely „fenntartható, befogadó, biztonságos és alkalmazkodó városok és más emberi települések” kialakítására irányul. Jelenlegi körülményeink között ez egy nehéz, komplex feladat, amihez minden eszközt, módszert igénybe kell venni, ami csak a rendelkezésére áll az emberiségnek.

2.1. A klímaváltozás hatásai

Az éghajlatváltozás napjainkra a világ minden táját érinti, melynek alapvető oka a globális felmelegedés, ami az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) meghatározása szerint „a felszíni levegő és a tenger felszíni hőmérsékletének együttes növekedése a világon egy 30 éves időszak átlagában”, és a rendelkezésre álló adatsorokat elemezve kirajzolódik, hogy a Föld átlaghőmérséklete sokkal gyorsabban emelkedett az elmúlt 50 évben, mint bármely korábbi felmelegedési esemény során (Kuchta, 2022). Az éghajlat hosszú ideig tartó időjárás, egy adott hely hosszabb időtartamon megfigyelhető időjárási viszonyainak összessége, aminek az ember okozta globális felmelegedés által előidézett éghajlati változásainak hosszú távú hatásai ma egyre láthatóbbak, érezhetőbbek. Az eddig „az évszázadban egyszeri”-ként nyilvántartott természeti katasztrófák, például erdőtüzek, halálos hőhullámok, aszályok, árvizek, trópusi viharok, hurrikánok, hóiharok és lavinák 1960 óta 10-szeresére nőttek (IEP, 2020). A nyilvántartott katasztrófák ötven százaléka és a kapcsolódó gazdasági veszteségek 74% -a időjárási, éghajlati és vízveszélyek, például árvizek miatt következett be az elmúlt ötven év során.

Az Európai Tanács Éghajlatpolitikai Főigazgatósága honlapján az éghajlatváltozás alábbi természeti következményeit mutatja be:

- *növekvő átlaghőmérséklet*, ami például megváltoztatja bizonyos növény- és állatfajok eloszlását és egyedsűrűségét, növeli a vizek párolgását és csökkentheti az ökoszisztémák azon képességét, hogy fontos szolgáltatásokat és javakat nyújtsanak (például tiszta víz, illetve hűvös és tiszta levegő).
- gyakoribb, súlyosabb és tartósabb *aszályok* (szokatlan és átmeneti vízhiány) következnek be, amelyek hatnak a közlekedési infrastruktúrára, a mezőgazdaságra, az

erdőgazdálkodásra, a vízre és a biológiai sokféleségre, és hozzájárulnak az erdőtüzekhez, a melyek jelentős mértékben szennyezik, akár a nem túl közeli városok levegőjét is.

- édesvíz mennyiségének csökkenése a vízhőmérséklet emelkedése, az intenzívebb párolgás, miatt és minőségének romlása, az esőzési mintázatok megváltozása a felhőszakadások (hirtelen szélsőséges esőzések), következtében a felszíni vizekbe kerülő tisztítatlan szennyvíz hatására.
- áradások a heves zivatarok következtében a folyórendszer túlterhelésével járó villámárvizek gyakoribbá válnak.
- tengerszint emelkedése növelve a tengerpartok körüli áradások és erózió kockázatát és csökkentve az édesvíz mennyiséget mélyebben behatolva a felszín alatti vízrétegekbe.
- biológiai sokféleség csökken, mivel a megváltozott életfeltételekhez sok növény- és állatfaj csak nehezen, vagy pedig nem is tud alkalmazkodni.
- romlik a talajok minősége, súlyosbodhat az erózió, a szikesedés, az elsivatagosodás, csökken a szerves anyag tartalom, és a biológiai sokféleség, szaporodnak a földcsuszamlások.
- óceánok fizikai és biológiai összetételének változása, ami hatással van a tengeri környezetre, a part menti és tengeri ökoszisztémákra.

Mindezek a következmények közvetlen vagy közvetett módon befolyással lesznek a városok, települések körülményeire, élhetőségére.

2.2. A városok klimatikus jellemzői

A nagyvárosok a beépítettség, burkoltság és a zöldfelületek ritkább előfordulása és az emberi tevékenység megjelenési formái miatt a környezetüktől eltérő éghajlati jellemzőket mutatnak. (Ongjert et al, 2011)

A városi éghajlat legfontosabb jellemzői közé tartozik a magasabb levegő- és felületi hőmérséklet, a sugárzási egyensúly változása, az alacsonyabb páratartalom és a korlátozott légköri csere, amely a helyi forrásokból származó szennyező anyagok felhalmozódását okozza. A különleges városi éghajlat négy fő oka a következő:

- a természetes talaj helyettesítése zárt felületekkel, amelyek többnyire mesterségesek és erős 3D-s szerkezettel rendelkeznek,
- a növényzet által borított terület csökkentése,
- az utcai kanyonok által a felszín hosszú hullámú kibocsátásának csökkentése,

- gáznemű, szilárd és folyékony légköri szennyező anyagok kibocsátása, és a hulladékhő.

Ezek a tényezők mind súlyos hatással vannak a városi energiaköltségvetésre, a víztárolásra és a légköri cserére a felszínközeli rétegekben (Marzluff et al., 2008).

A városi éghajlatot a levegő hőmérsékletének, páratartalmának, szélesebségének és irányának, valamint a csapadék mennyiségének különbségei különböztetik meg a kevésbé beépített területekétől. Ezek a különbségek nagyrészt a természetes terep mesterséges szerkezetek és felületek építésével történő megváltoztatásának tulajdoníthatók. Például a magas épületek, a burkolt utcák és a parkolók befolyásolják a széláramlást, a csapadék lefolyását és a helyszín energiaegyensúlyát.

A város központja melegebb, mint a külső területek. A kapcsolódó városi és vidéki helyszíneken mért napi minimumhőmérsékleti értékek gyakran azt mutatják, hogy a városi terület 6–11°C fokkal melegebb, mint a vidéki helyszín. Két elsődleges folyamat befolyásolja ennek a "hőszigetnek" a kialakulását. Az olyan építmények, mint az épületek, utak és egyéb infrastruktúrák jobban elnyelik és újra kibocsátják a nap hőjét, mint a természetes tájak, például az erdők és a víztestek. A városi területek, ahol ezek a struktúrák erősen koncentráltak és a növényzet korlátozott, a külső területekhez képest magasabb hőmérsékletű "szigetekké" válnak. Ezeket a hősebeket "hőszigeteknek" nevezik. A hőszigetek különböző körülmények között alakulhatnak ki, beleértve a napot vagy az éjszakát, a kis- vagy nagyvárosokban, a külvárosi területeken, az északi vagy déli éghajlaton és bármely évszakban.

A hőszigetek csökkentésének stratégiái:

- a fák és a vegetatív borítás növelése,
- zöldtetők telepítése,
- hűvös - főként fényvisszaverő - tetők telepítése, hűvös járdák használata (fényvisszaverő vagy áteresztő),
- intelligens növekedési gyakorlatok alkalmazása (epa.gov)

Nyáron a városi falazat és aszfalt terület egységként több napenergiát nyel el, tárol és sugároz vissza, mint a vidéki területekre jellemző növényzet és talaj. Ezenkívül kevesebb energia használódik el párolgáshoz a városi területeken, ahol általában magasabb a csapadékmennyiség az utcákról és épületekről eredően. Éjszaka a városi épületekből és az

utcai anyagokból származó sugárzási veszteségek melegebben tartják a város levegőjét, mint a vidéki területeken.

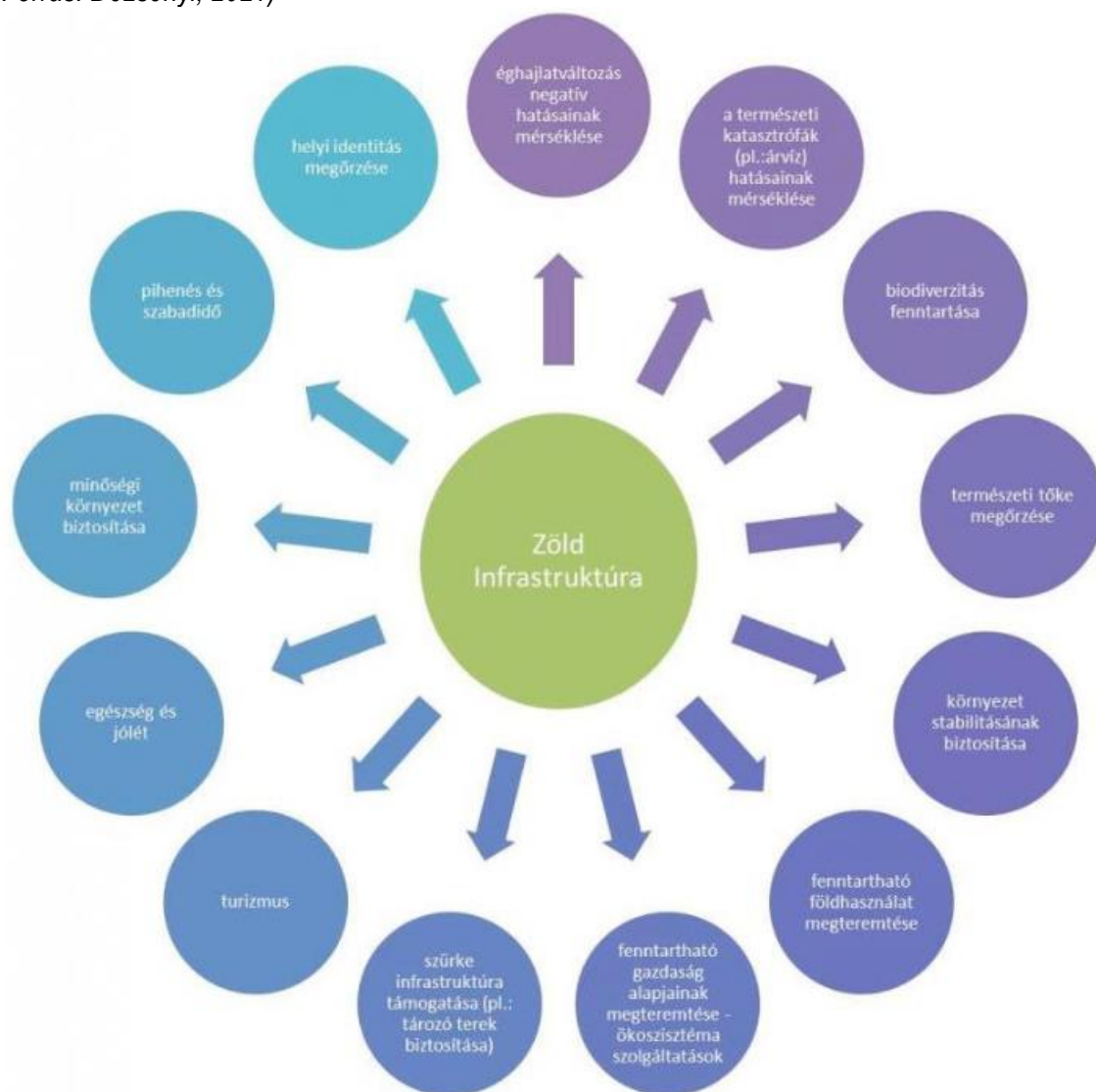
Télen a városi légkört enyhén, de jelentősen felmelegíti az otthoni fűtéshez, energiatermeléshez, iparhoz és közlekedéshez használt tüzelőanyagok elégetéséből származó energia. A melegebb városi légkörhöz hozzájárul a szennyező anyagok és a vízgőz takarója is, amely elnyeli a Föld felszíne által kibocsátott hősugárzás egy részét. Az elnyelt sugárzás egy része felmelegíti a környező levegőt, stabilizálva a város felett, ami viszont növeli a magasabb szennyezőanyag-koncentrációk valószínűségét.

A városközpontok feletti légkörre jellemző az olyan szennyező anyagok lényegesen magasabb koncentrációja, mint a szén-monoxid, a kén- és nitrogén-oxidok, a szénhidrogének, az oxidálószeres és a szálló por, amik üzemanyag-égetés (gépjárművek), és szilárd hulladékok égetése során kerülnek a levegőbe. A városi szennyezés koncentrációja függ a helyi kibocsátási források nagyságától és a terület uralkodó meteorológiai viszonyaitól. Időnként olyan időjárási viszonyok alakulhatnak ki, amelyek lehetővé teszik a szennyező anyagok felhalmozódását egy városi területen akár több napig is. A légszennyező anyagok nagy koncentrációja jelentős hatással van a hőmérsékletre, a látási viszonyokra és a csapadéokra a városokban és környékén.

2.3. A zöldfelületek jelentősége

A zöld területek olyan helyek, ahová az emberek kikapcsolódásra és testmozgásra mehetnek, vagy egyszerűen csak békét és csendet találhatnak. A növényzet előnyös az egészségükre és csökkenti a stresszszintet ezáltal javítva a környezet életminőségét, ami a 2.2 fejezetben bemutatottak alapján különösen fontos. A zöld körzetek hűvösebbek maradnak forró napokon és éjszakákon, ami elősegíti az egészségesebb mikroklíma kialakulását. A zöldfelületek rekreációs, sportot biztosító szerepe mellett kiemelkedően jelentős a környezeti klímát befolyásoló hatásuk. Előnyös tulajdonságaikat jól szemlélteti a 2. ábra.

2. ábra: Zöldinfrastruktúra előnyei,
(Forrás: Dezsényi, 2021)



A zöldfelületi rendszerek részét képezik főként zöldtetőkből és zöldfalakból álló zöldövezeti rendszerek, amiknek a városi területeken található épületekbe történő integrálása nagy potenciállal rendelkezik a városi környezet minőségének javítására, mint például a víz- és levegőminőség biztosítása, a csapadékvíz-gazdálkodás, a sűrű növényzet biztosítása a városi környezetben, a hőmérséklet és a szén-dioxid-kibocsátás jelentős csökkenése, valamint a hőszigetetések minimalizálása. A környezettudatosság növelése e rendszerek hatékony kihasználásához vezet, hogy az épületek teljesítménye ne csak a hatékony energiafelhasználás, hanem a kívánatos beltéri és kültéri környezet szempontjából is javuljon.

A városklíma sajátosságait befolyásoló tényezők (3. ábra) közül nem változtatható a földrajzi helyzet, módosító tényezőként lényeges az idő és az időjárás és vannak, amik szabályozhatóak, minden, ami az emberi tevékenységek hatásaival kapcsolatos: városméret, szerkezet, lefedettség, utak, ezek szükség szerint alakíthatóak.

3. ábra: A város klímát befolyásoló tényezők
(Forrás: Saját készítés, szakirodalmi adatok alapján)



A városi éghajlat jellegzetes vonásai az általános makroklímától eltérnek, elsősorban az átalakult sugárzási viszonyokban, másodsorban a magasabb szintű légszennyezettségben, harmadsorban pedig a sajátos légáramlatokban mutatkoznak meg. A hőmérséklet, légnedvesség és párolgás másodlagosan változnak a városi környezetben, ezek azonban csak következmények, kizárólag az előzőleg említett tulajdonságok hatására alakulnak ki (Radó, 2001).

Az egyedi városi klíma kialakulásának kiemelkedő okai közé tartozik a városi felszín beépítettsége által okozott energia- és vízháztartási egyensúly módosulása. A víz és energia kölcsönhatása ismeretes, és mindkettő jelentős mértékben befolyásolja a légszennyezés szintjét és az egyes szennyező anyagok koncentrációját. Ezek közötti kölcsönhatások

bonyolultak, és sajnálatos módon a különböző negatív hatások egymást erősítik (Oláh, 2016).

Egy további kiemelkedő probléma az említett városi burkolatok és beépítés eredményeként az, hogy a vegetációnak egyszerűen nem marad elég hely. A vegetáció hiánya maga után vonja, hogy az árnyékoltság csökken és a felszín közvetlenül érő rövid hullámú sugárzás jelentős mértékben növekszik. A növényzet gyökérrendszere akár több méter mélységből is hatékonyan képes a felszínre emelni és elpárologtatni a vizet. Hosszú távon a vegetáció jelentősen javíthatja a talaj szerkezetét és növelheti a vízmegtartó képességét. Fontos megjegyezni, hogy a növényzet képes egy jelentős részét a beeső rövidhullámú sugárzásnak kémiai energiává alakítani, valamint részben csökkenteni a légszennyezés mértékét. Összességében a felszín vízháztartásának változása nem csak a város élhetőségét csökkenti, hanem hatással van az energiamérlegre is. (Oláh, 2016).

2.4 A zöldtető, mint zöldfelület

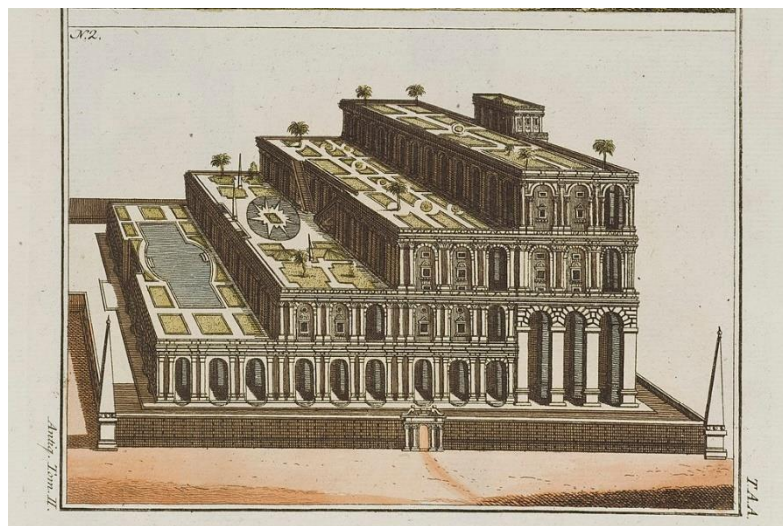
A zöldfelület *„... olyan területhasználati egység, amelynek területe zöldfelületi létesítmények elhelyezésére szolgál, s amelynek kondicionáló zöldfelülete más területfelhasználási egységek területével szerkezeti egységet képez, a település más szerkezeti egységeit egymással és ezek együttesét a környező tájjal egybekapcsolja”* (Jámbor, 1993).

Ebbe a rendszerbe illeszkednek be a zöldtetők, amelyek a különböző parkok, fásítások, valamint a magánterületi zöldfelületek egészével alkotnak rendszert és részt vesznek a zöldfelületek sokrétű hatásaiban, úgymint kondicionáló hatás, rekreációs és esztétikai szerep, biodiverzitás és ökológiai érték megőrzés és fenntartás.

„A zöldtetők statikai-, hő-, és páratechnikai szempontból méretezett, csapadékvíz-szigeteléssel ellátott, növényzettel telepített tetőszervezetek.” (Dezsenyi, 2022)

A zöldtető építészet hosszú évszázadokra nyúlik vissza az időben, legelső példájaként a „Babiloni függőkert” nevű, a világ hét csodája közé tartozó építmény (4. ábra) említhető, ami valószínűleg i.e. 605–562 között épült Mezopotámiában.

4. ábra: A Babiloni függőkert
(Forrás: Spalart, 1804-1811)



Bár a kezdetekkor az esztétikai élmény játszott fontos szerepet, minden valószínűség szerint az ott élők érzékelték a zöldtetők egyéb előnyös tulajdonságait is. Bizonyos tájakon folyamatos maradt ez az építkezési mód, de az elmúlt néhány évtizedben egyre több klímatudatos város tulajdonít nagy jelentőséget a zöldfelületek növelésének és a fordul a zöldtetők felé.

A Babiloni függőkert XX. századi modern változata látható az 5. ábrán. Friedensreich Hundertwasser forradalmi, színes és szabálytalan építésze az "Erdei spirál" elnevezésű épület komplexumban teljes pompájában jelenik meg. Az újrahasznosított betonból épült tizenkét emeletes épület a táj természeti adottságait ábrázolja: a homlokzat színekialakításában az alatta található talajrétegek tükröződnek és a tetejét hársfákkal, bükkfákkal és juharfákkal ültették be.

5. ábra: Hundertwasser zöldtető (Waldspiral, Darmstadt, Németország)
(Forrás: darmstadt.de)



2.5. A zöldtetők jelentősége

A zöldtetők esztétikai és környezeti szempontból számos előnnyel járhatnak a városi területek számára. Ezen előnyök némelyike szemléltethető: az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának, a légszennyezésnek és a városi hőszigeteléseknek a csökkentése a sűrűn lakott területeken, a savas eső megelőzése a pH-értékek növelésével, a városi víz minőségének javítása, az árvíz kockázatok minimalizálása a túlzott víz megtartásával, jobb ökológiai élőhely biztosítása a városi élet és a vadon élő állatok számára, a helyi zajszennyezés elnyelése a városi területeken, valamint a belső membránok tartósságának javítása (Besir-Cute, 2018)

Az eredmények szerint a tetők hőveszteségének csökkenése nyáron és télen körülbelül 70-90%, illetve 10-30% a zöldtetők használatával. Egy kutatás (Feng, - Hewage, 2014) feltárja, hogy a zöldtetők 95% -kal és 26% -kal csökkenthetik a hőnyereséget és a hőveszteséget a 22 hónapnyi megfigyelési időszak alatt.

Attól függően, hogy a növényzet és az alatta lévő talaj hogyan struktúráldik, egyes zöldfelületek jelentős szivacshatást gyakorolnak a csapadékra, így nincs szükség vízelvezetésre. A zöldtetők, a növényzettel borított bioswales (bioszövedékek), a vízhatlan felületek minimális százaléka és a vegetáció maximális aránya segíthet egy klímabiztosabb város létrehozásában.

A klímaváltozás hatására hazánkban manapság már esetenként több energiát használunk a légkondicionáláshoz, mint a fűtéshez. Az éghajlatváltozás csak fokozni fogja a légkondicionálás energiaigényének növekedését. A növényzet használata a városi hőmérséklet alacsonyan tartására egyre fontosabbá válik az energiafogyasztás, az egészség, a munkatermelékenység és a jólét szempontjából.

A hűtésben fontos szerepe van a zöldtető evapotranspirációs folyamatának: mind a talaj, mind a rajta található zöldnövényzet párologtat és ezzel kedvezően befolyásolja a környezeti klímát ezáltal csökkentve az energiafogyasztást, és javítva a levegő minőségét (Qiu és mts-i, 2013).

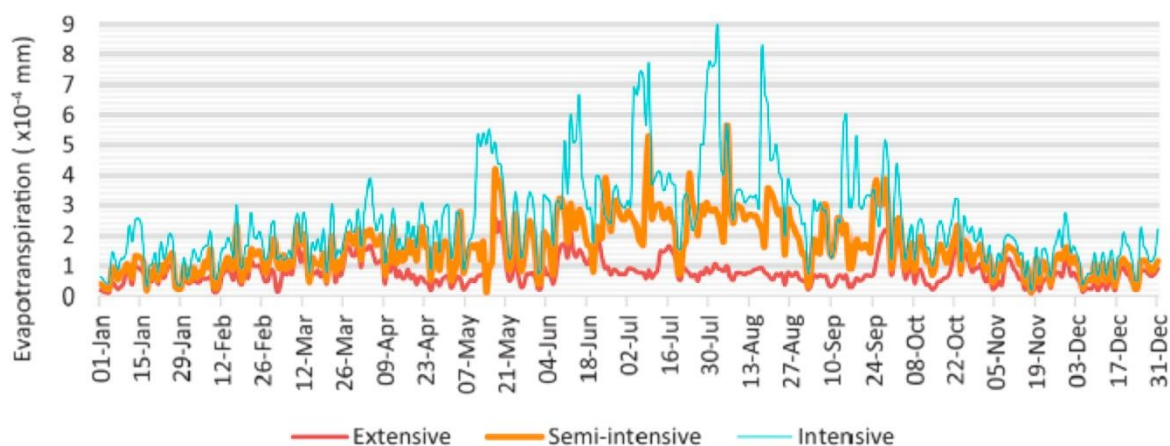
A zöldtetők, zöldhomlokzatok és stratégiaileg elhelyezett fák formájában megjelenő zöldterületek segíthetnek csökkenteni az épületek légkondicionálásához felhasznált energia mennyiségét (1. táblázat). A zöldtetők alatti és a zöldfalak mögötti terek hűvösebbek maradnak ahogy a fák alatti terek is az árnyék, de a párolgás miatt is.

1. táblázat: A zöldtetők és hagyományos tető energetikai cseréje a hűtési szezonban
(Forrás: Molineux et al., 2009)

Energiával kapcsolatos paraméterek	A tetők típusa		
	Száraz tető zöld	Nedves tetőkert	Hagyományos tető
Beeső napsugárzás	100	100	100
Napvisszaverő képesség	23	23	10
Napenergia abszorpció	39	39	0
Külső addukció	24	13	86
Evapotranszpiráció	12	25	0
Termikus felhalmozódás	1.3	0.6	0
Belső addukció	1.8	0.4	4.4

Külön vizsgálatokat végeznek a különböző zöldtetők evapotranszpirációs képességének mérésére, a zöldtető telepítési folyamatok támogatására, lehetővé téve ezzel a bekerülési költségek és az elérhető megtakarítások előzetes elemzését (6. ábra).

6. ábra: Éves evapotranszpiráció extenzív, félintenzív és intenzív zöldtetők esetében,
(Forrás: Silva et al., 2016)



Fontos említést tenni arról, hogy a hűtési energia csökkentése egyben CO₂ kibocsájtás csökkentéssel is jár, ami szintén lényeges eleme a klímavédelemnek.

A városi csapadékmenedzsmet, ami a napjainkban egyre gyakoribbá váló hirtelen nagy mennyiségű lezúduló vizet hozó viharok miatt kiemelt szerepet kap, egyik lényeges eleme lehet a zöldtető (Dezsényi, 2022). Az ültetőközeggel borított, növényzettel beültetett tetőfelület megköti a lehulló csapadék egy részét, lelassítja a víz lefolyását és egy részét

visszapárologtatva kedvezően befolyásolja a környezet klímáját. A vízmegkötő képesség előre tervezhető, egyre több fejlett országban elfogadják átmeneti tárolóként.

Mindezen hatások mellett a városokban a zöldtetők és homlokzatok a növények és biológiai sokféleség otthonaként is szolgálnak. A biológiai sokféleség csökkenése gazdasági károkat okozhat például azért, mert nagyobb a betegségek esélye, ha az ökoszisztéma kiegyensúlyozatlanná válik (urbangreen.com).

Besir és Cuce kutatása alapján elmondható, hogy:

- Az épületek tetejéről nyáron a hő behatolása körülbelül 80%-kal csökkenthető zöldtetőkkel.
- A zöldtetők nyáron 2,2–16,7%-kal kevesebb energiát fogyasztanak, mint a hagyományos tetők.
- Az épületek fűtési igénye 10–30%-kal csökkenthető a zöldfelületek révén.
- A hagyományos és a zöldtetők közötti hőmérsékletkülönbség télen körülbelül 4 °C, míg nyáron körülbelül 12 °C.
- A csupasz tető 0,15-ös albedója, szemben a zöldtető 0,30-ával, 75% -kal nagyobb hőtárolást eredményez.
- A zöldtetők éves szén-dioxid-leválasztása 0,375–30,12 kg szén/m tartományban van,
- A zöldtetők és homlokzatok nem feltétlenül igényelnek komplex öntözési, vízelvezetési és vízszigetelő rendszereket.

Külön említést kell tenni a biosolar zöldtetőkről, amik a napelemek és növények együttes alkalmazása a tetőn. Kimutathatóan erősítik egymás hatását (Irga et al, 2021): a növényzet csökkenti a napelemek és a tető hőmérsékletét és növeli a napelemek teljesítményét, miközben vegetáció számára kedvező a napelemek árnyékoló hatása. A fotovoltaiikus (PV) panelek hatékonyabban működnek beállított üzemi hőmérsékleten. Ha e szint feletti vagy alatti eltérés van, a villamosenergia-termelés kevésbé hatékony. A zöldtető állandóbb hőmérsékleti rendszer fenntartó képessége miatt a kisebb napi ingadozás mellett, a napelemes panelek hatékonyabban tudnak dolgozni egész nap.

Összességében a zöldtetők vonzóak építészeti és esztétikai szempontból is, fenntartható, energiahatékony és környezetbarát szerkezetek, amelyek megfelelnek az alacsony/nulla szén-dioxid-kibocsátású építési szabványoknak, ami a jövő (jelen) építészeti útja.

2.6. A zöldtetők kialakítása

A zöldtető tulajdonképpen egy zárt zöldterület egy ember alkotta szerkezet tetején, a tető kiterjesztése, kitéve a szélsőséges környezeti hatásoknak és időjárási körülményeknek. Ez a zöldterület minden esetben a talajtól elkülönítve létezik és ennek megfelelően kell megtervezi, előkészíteni, megvalósítani és fenntartani.

A zöldtető megfelelő működéséhez megfelelő szinten van szükség:

- napfényre
- nedvességre
- vízelvezetésre
- a növények gyökérrendszerének levegőztetésére és
- tápanyagokra.” (GRO, 2014)

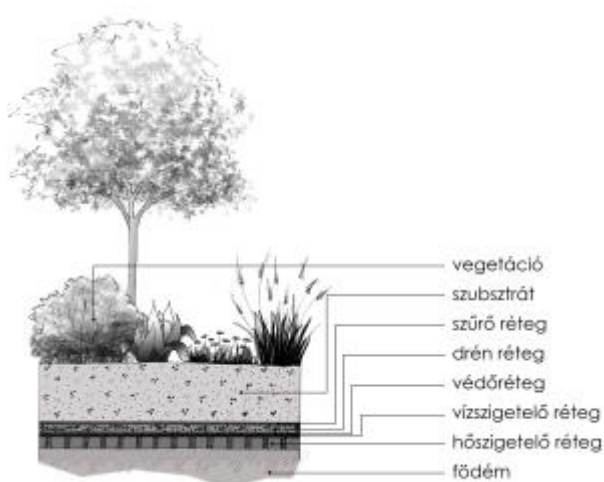
A zöldtetők kialakításának standard formáját a 6.-7. ábra szemlélteti. A rétegek kialakítása növényzet fenntartását és a működtetés (építmény és maga a zöldtető) megbízhatóságát, biztonságát tartja szem előtt.

Az összetevők sorrendje kívülről befelé:

- növényzet (tájképi anyagok),
- termesztőközeg (szubsztrátum),
- szűrő,
- vízelvezető anyag (nedvességmegtartás),
- gyökérgát,
- vízszigetelő membrán,
- szigetelőréteg
- szerkezeti réteg.

A gyökér gát egy gyökérálló elem, amely lehet kémiai vagy fizikai gát, tartósan védi a tető vízálló burkolatát azáltal, hogy megakadályozza, hogy növényi gyökerek vagy rizómák a burkolatba vagy azon át nőjenek. Ez lehet független membrán vagy egy vízszigetelő membrán monolit gyökérálló változata.

6. ábra: Intenzív zöldtető szerkezete
(Forrás: Dezsényi, 2022)



7. ábra: Zöldtetők szerkezeti elemeinek vázlata (Forrás: Besír -Cuce, 2018)



Mindezekhez az éghajlat függvényében szükséges lehet öntöző rendszer kialakítása is, hiszen a növényzet fenntartása nem lehetséges megfelelő nedvességtartalom biztosítása nélkül. A helyi éghajlati viszonyok figyelembevételével, helyi növényzet és termesztőközeg használatával csökkenthetők az öntözési és fenntartási költségek.

A zöldtetők súly, aljzatréteg, karbantartás, költség, növényközösség és öntözés tekintetében három kategóriába sorolhatók (8. ábra):

- extenzív,
- félintenzív,
- intenzív tetők.

Az intenzív tetők nehezebbek és kialakításuk jelentősen költségesebb más típusokhoz képest és magasabb szintű karbantartást igényelnek. Az extenzív tetőknek nincs többletsúlyuk a sekélyebb növekedési szubsztrátum miatt, és karbantartási költségeik nem túl jelentősek.

A kategóriák közti választás a zöldtető megvalósítási céljának függvénye. A mindössze zöldfelületet adó, esetleg hőszabályozó funkciót megvalósító felület létrehozására az extenzív tetők is megfelelőek. A gazdag vegetációjú tetők parkként, kertként funkcionálhatnak, amivel a zöldtető már rekreációs célt is megvalósíthat, illetve akár városi kertként az ételtermesztéshez is hozzájárulhat.

8. ábra: zöldtetők osztályozása felhasználási típus, építési tényezők és karbantartási követelmények szerint
(Forrás: Raji et al. 2015)

			
	Extenzív zöldtető	Félig intenzív zöldtető	Intenzív zöldtető
Fenntartás	Alacsony	Rendszeresen	Magas
Öntözés	Nem	Rendszeresen	Rendszeresen
Növényi közösségek	Moha-szedum-gyógynövények és füvek	Fűfélék és cserjék	gyep vagy évelők, cserjék és fák
Költség	Alacsony	Középső	Magas
Súly	60–150 kg/m ²	120–200 kg/m ²	180–500 kg/m ²
Használ	Ökológiai védelmi réteg	Tervezett zöldtető	Park, mint a kert
A rendszer felépítési magassága	60–200 mm	120–250 mm	150–400 mm-es mélygarázs ≥ 1000 mm

A növényzet választása a meghatározott kategória, az elérni kívánt cél és a környezeti jellemzők függvénye. Több azonos értékű faj közül a hazai vegetációban honos növényeket ajánlatos telepíteni.

Figyelembe kell venni:

- a növény jellemzőit: a növény felépítése (pl. levél mérete, alakja és borítása) és fiziológiája (pl. párologtatási hajlam stb.) befolyásolja a tető teljesítményét, valamint a szárazság, szél, fény, árnyék és szennyező anyagok túrását.
- az éghajlatot: A napsütés ingadozása, valamint az ebből adódó különbségek a napsugárzásban és a levegő hőmérsékletében befolyásolhatják a növekedési időszakok hosszát és idejét, valamint a fagyveszélyt. A csapadékviszonyok befolyásolják az eső és a hó által a tetőre támasztott igényeket.
- a mikroklimát: Az építmény és a környező épületek tájolása befolyásolja a tető árnyékolási szintjét, ugyanakkor befolyásolja a szél erősséget is (GRO, 2014).

Jellemzően az állandó emberi tartózkodásra nem alkalmas, járhatatlan lapos vagy enyhe dőlésszögű tetőkön maximum 15 centiméter vastag ültetőközegű extenzív zöld tetőt alakítanak ki, jellemzően öntözés nélkül, szárazságtűrő növényekkel melyek nem igényelnek rendszeres kertészeti gondozást. Általában sziklakerti vagy egyéb fagy és szárazságtűrő fajok kerülnek ültetésre, melyek alacsony növekedésűek és önfenntartóak.

A félig intenzív vagy zöld biodiverzitású tetők jellemzően olyan növényfajokból állnak, mint a vadvirágok, lágyszárú évelő növények és cserjék. Az intenzív tetők ültető közege minimum 25 cm, az ide telepített növények állandó gondozást, öntözést igényelnek, általában lakókertre vagy kis városi parkra emlékeztetnek, felületei alkalmasak az állandó emberi tartózkodásra, kikapcsolódásra, pihenésre és szélesebb körű növénytelepítést alkalmaznak, például cserjéket, pázsitokat és fákat.

Kialakításkor fokozott figyelemmel kell lenni a vízelvezetésre. A megváltozott időjárási tényezők közül a heves, nagy vízhozamú, gyorsan lezajló zivatarok következtében lezúduló nagy mennyiségű csapadékvizet a csatorna hálózatok nem képesek elvezetni.

A zöldtetők alkalmazása hatékony megoldást kínál, mivel egyik jelentős előnyük abban rejlik, hogy képesek megőrizni és átmenetileg tárolni a vizet. Nem elhanyagolható tényező továbbá, hogy szűrőként működnek, javítva ezzel a rajtuk áthaladó víz minőségét, ami segíti a csatornahálózat tisztítását és karbantartását.

Ahhoz, hogy mind a csapadékvíz, mind az esetlegesen felesleges öntözővíz elvezetése megfelelően megvalósuljon a felülethez szükséges méretezésű vízelvezető szerkezeteket kell alkalmazni, általában tetőösszefolyók beépítésével, mivel a külső elvezetés (ereszcsatorna) alkalmazása a közeg jellemzői miatt komplikált feladat. A tetőösszefolyók elhelyezésénél követelmény, hogy a tisztítás és karbantartás minden esetben akadálytalanul elvégezhető legyen.

A tetőösszefolyók elhelyezésénél fokozott figyelemmel kell lenni a tisztítás, karbantartás lehetőségének biztosítására: úgy kell elhelyezni a lefolyási lehetőségeket, hogy még vastag ültetőközeg alkalmazása esetén is hozzáférhetőek legyenek. Kavicsos felület (kör alak, $\varnothing$ 50 cm) alkalmazásával meg kell akadályozni a növényzet benövését és biztosítani a vízelvezetés akadálymentességét (VGF&HKL, 2009).

Meghibásodások, amik a használatot akadályozzák:

- tető beázása,
- hőhidak, páralecsapódás, penészedés,
- a vegetáció teljes kipusztulása;

Szakszerűtlenségek, amik a használatot korlátozzák:

- a vízháztartás nem az igények szerinti,
- a növényzet táj-, vagy talajidegen,
- hibás részletképzések,
- hiányosságok a kezelésben, karbantartásban (Horváth, S., n.a).

A zöldtetők létesítése hosszú távra szóló beruházás, így lényeges, hogy már a tervezésnél minden befolyásoló tényező előtérbe kerüljön.

2.7. Zöldtetők ültetőközege

Ültetőközegként leginkább mesterséges közegek alkalmazhatók. A talajban a szerves anyagok hajlamosak a vékony profilokban 'felvillanni', gyors növekedési hullámot kínálva, majd elhagyva a közeget, alutáplált növényeket hagyva maguk után.

A jó zöldtetők termesztő közegnek az alábbi feltételeknek kell megfelelnie (GRO, 2014):

- Könnyű súly.
- Szél- és vízerózióval szembeni ellenállás.
- Gyomoktól, betegségektől és kártevőktől mentesség.
- Jó növényi rögzítés, amely csökkenti a szél hatásának kockázatát a gyökerek kötőhatása miatt a termesztőközegben.
- Tűzállóság a szerves anyagok nagy arányú elkerülése révén.
- Megfelelő vízvisszatartási/kibocsátási hajlam, amely elegendő vizet tart vissza a növények szükségleteinek kielégítéséhez, ugyanakkor elősegíti az áteresztőképességet, hogy elkerülje a víz betömörödését az aljzaton.
- Jó levegőztetés víztelítettségénél, hogy a gyökerek ne szenvedjenek a vízkiválás káros hatásaitól.
- Tömörítéssel szembeni ellenállás a telítettség megakadályozása érdekében
- Megfelelő tápanyag-ellátás (pl. lassan felszabaduló műtrágyák), hogy lehetővé váljon a növények szükségleteinek megfelelő fejlődést.

Az extenzív tetők tápanyagigénye alacsony, míg az intenzív és félintenzív tetők tápanyagigénye magasabb.

A legjobb közegetípus kiválasztása a zöldtető tervezésének kezdeti szakaszában kritikus fontosságú ahhoz, hogy a tető a lehető legjobban működjön, maximális hatékonysággal fogja fel és tartsa meg a csapadékvizet, és tegye lehetővé a jövőbeni gondozást. Manapság egyes zöldtető-típusok korlátozott arányban tartalmaznak szerves anyagokat, míg mások egyáltalán nem használnak. Mindez a tervezett termesztőközeg konkrét típusától függ, amely számos formát ölthet. A lényeg az, hogy a vegetáció számára a víz és a tápanyagok megtartásához, valamint a struktúra biztosításához megtartó komponensekre van szükség. Meghatározó szempont a vízvisszatartás és a víz elvezetés közti egyensúly megtalálása is. Emiatt a termesztőközeg általában tartalmaz egy olyan összetevőt, amely segít minimalizálni a tömörödést, maximalizálja a levegőztetést és segíti a vízvisszatartást és emellett sok

fagyási-olvasadási ciklust is ki bír. Ilyen célból alkalmazott összetevő lehet az expandált agyagpala, a duzzasztott agyag és a tajtékkő (szepiolit, magnézium-hidro-szilikát) (ecogardens.com).

A leghatékonyabbak azok a keverékek, amelyek többféle komponenst tartalmaznak, beleértve az ásványi és szerves anyagokat is. Ezek a keverékek hosszú időn keresztül fenntartják a stabil szerkezetet és ideális adszorpciós felületet biztosítanak a víz és tápanyagok számára. Ezenkívül folyamatosan képesek ellátni a növényeket tápanyagokkal, és rendelkeznek pufferkapacitással is.

Nem minden zöldtető ültetőközegnek árult anyag felel meg azoknak az elvárásoknak, amik alapján hosszútávra tervezhető, hatékony zöldtetők hozhatók létre.

Kerülni kell minden olyan zöldtető-közeget, amely:

- túl porózus: nem tartja meg a vizet és a tápanyagokat) vagy
- túl sűrű: így eltömítheti a csatornákat és állóvízhez vezethet.

Mindkét megoldás komoly problémákat okoz a tetőn, ami megnehezíti a hosszútávú gondozást. (ecogardens.com).

Fontos említést tenni még a tőzegnek, mint ültetőközegnek az alkalmazásáról. A tőzeg minden szükséges növényi tápanyagot tartalmaz könnyen emészthető növényi formákban, javítja a kimerült, szennyezett és erodált talajokat, hatékonyan elnyeli a nehézfémeket, nitrátokat és egyéb szennyeződések. Antiszeptikus tulajdonságokkal rendelkezik, gátolja a patogén mikroflóra fejlődését, csökkenti a peszticidek hatását. Ennek ellenére tekintetbe kell venni, hogy a tőzegbányászat tekintélyes mennyiségű szén-dioxidot bocsát ki a légkörbe, jelentősen károsítva a környezetet (ecogardens.com).

Említést kell tenni az ültető közeg tápanyagtartalmáról is. A tető alapvetően mostoha körülményeket teremt a növényvilág számára. Ahogy már említettük a termőtalaj jelentős tápanyagtartalommal rendelkezik, ami nehezen kontrollálható és túl növekedést okozhat, hajlamossá téve ezzel a növényeket a fagykárosodásra, a szélégésre és a lehetséges betegségekre. A zöldtetőközegek megfelelő típusú és egyedszámú mikroorganizmusai, javíthatják a növények tápelemtartalmát és ezzel együtt esztétikai értékét.

A bioszén kalciumtartalmú és a közegbe keverésével elsősorban a széntartalmat, az adszorpciós kapacitást (kationcserét) és a kémhatást módosul (Yuan et al., 2011). A pH emelkedése befolyásolja a tápanyagok hozzáférhetőségét, növeli a talaj kationcseréje kapacitását (pH emelés) és csökkentheti a tápanyagok kimosódását (Lehmann et al., 2003; Jones et al., 2012, Rékási, - Uzinger, 2015).

A „tökéletes” keverék meghatározása az ültetni kívánt növényektől, a tető teherbíró képességétől, dőlésszögétől és a klimatikus viszonyoktól függ. Minél vastagabb réteg ültető közeget alkalmazunk annál szélesebb az ültethető növények köre.

2.8. Zöldtetők Magyarországon

A zöldtetők területe Európában szinte exponenciálisan nő, ami sajnos még nem mondható el hazánkról. Az Unió területén több, mint 200 millió m² zöldtető épült (Dezsényi, 2021). Németországban például 100 millió m² feletti ez a szám, Bázélbe pedig 2002 óta kötelező alkalmazni (40% felett van az arány), Franciaország pedig 2018-ben vezette ezt be a kereskedelmi épületeken.

A zöldtető létesítés szabályozásában is jelentősen előrébb járnak Európa országai: 2011-ben megjelent az első szabvány (ÖNORM) Ausztriában, Csehországban pedig 2016 óta van szabvány és támogatás is a zöldtetők létesítésére.

Magyarországon a zöldtetők szakszerű építése az 1990-es években kezdődött. Bár ezen a területen még bőven van fejlődési lehetőségünk, de azért már történtek előre lépések: 1999 óta van magyar műszaki irányelv és több mint 3 milliót m²-nyi zöldtetőfelület készült el 2021-ig (Dezsényi, 2021).

Nagyban segíti a zöldtetők elterjedését, hogy az Országos Településrendezési- és Építési Követelmények (OTÉK) lehetővé teszi a telkekre előírt zöldfelületbe való beszámítását a legalább 10 m²-t elérő területű tetőkerteknek, a tetőkert fajtájától függően 15-től akár 75%-ig terjedő arányban (253/1997. (XII.20) Kormrend).

Budapest XII. kerületének Önkormányzata 2005-ben, az országban elsőként tette kötelezővé a zöldtetők építését: *„Új lapos tetők létesítése és meglévő lapos tetők rekonstrukciója során (a védett épületek kivételével), ha a meglévő épület szerkezete (statikai szakvélemény alapján) azt lehetővé teszi, a tetőfelület 40 m²-t meghaladó részét legalább extenzív tetőkertként kell kialakítani”* (14/2005 Önkor. rend).

A fővárosban a kereskedelmi épületek élen járnak a tetőkertek alkalmazásában: Westend City Center közel 20.000 m² (9. ábra), Allee Bevásárló Központ (10. ábra), Etele Plaza, (11. ábra), IKEA Örsvezér tér 6500 m² (12. ábra).

9. ábra: A West End City Center tetőkert
(Forrás: zöldkalauz.hu)



10. ábra: Allee Bevásárlóközpont
(Forrás: legifoto.com)



11. ábra Etele Bevásárlóközpont
(Forrás: portfolio.hu)



12. ábra IKEA Áruház Örsvezér tere
(Forrás: kertészet és szőlészet, 2021)



De nem csak a kereskedelmi épületek, hanem irodaházak (13. ábra), hotelek (14. ábra) és már gyárépületek (15. ábra) tetején is megjelenik zöldfelület, illetve a már említett XII. kerületben egyre több társasház (16. ábra) is hagyományos tető helyett zöldtetővel építenek.

13. ábra Sanoma irodaház, tetőtéri japánkert
(Forrás: legifoto.com)



14. ábra Zara Hotel, Dohány utca
(Forrás: legifoto.com)



15. ábra Egis Gyógyszergyár tetőterasza
(Forrás: legifoto.com)



16. ábra Társasház, Hegyvidék, Számadó utca
(Forrás: legifoto.com)



Fontos hangsúlyozni, hogy nem csak a fővárosra jellemző a zöldtetők elterjedése, hanem a vidéki településeken is megjelenik különböző formában és mindenféle célt szolgáló épületen (17.- 20. ábrák)

17. ábra Pécs – Állatkert, intenzív zöldtető
(Forrás: archigreen.hu)



18. ábra Sopron, Társasház
(Forrás: archigreen.hu)



19. ábra Győr, kórház
(Forrás: *archigreen.hu*)



20. ábra Komárom, családi ház
(Forrás: *archigreen.hu*)



A bemutatott példákat, ha méretével nem feltétlenül, de megjelenésének eleganciájával, ívelt felületen való megvalósításával mindenképpen túlszárnyalja a kutatásban elemzett Néprajzi Múzeum intenzív tetőkertje.

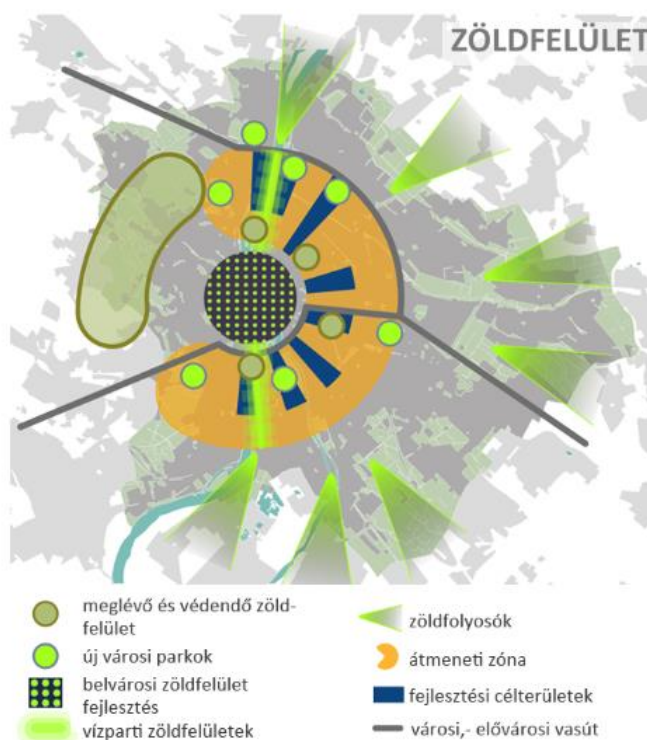
3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Szakdolgozatomban egy kiemelt érdeklődésre számot tartó beruházás, a Néprajzi Múzeum városligeti új épületének a zöldtető megoldását elemzem a létrehozás indokoltsága és a létesítés megvalósítása szempontjából

3.1. Környezeti helyzetkép

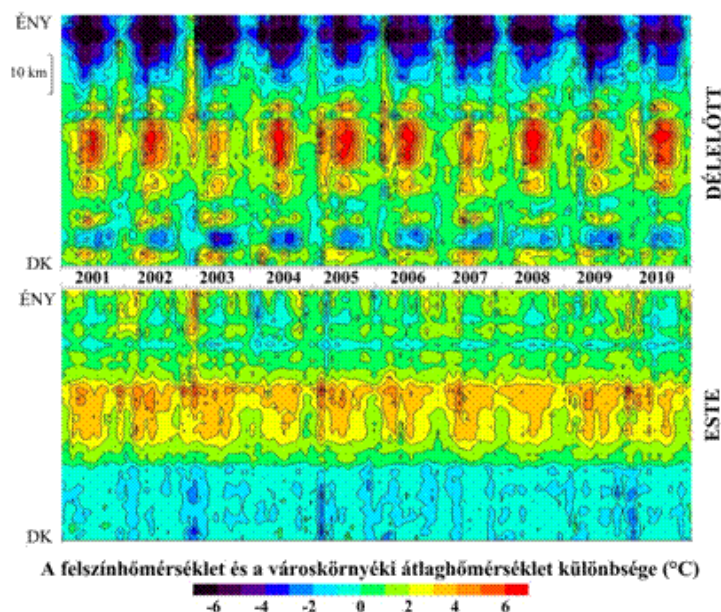
A városi klíma fontos tényező a városi tervezésben és fejlődésben. A megfelelő zöldterületek, parkok, és egyéb közösségi terek hozzájárulnak a szociális kapcsolatok erősítéséhez, javítják a mentális egészséget és növelik a lakosság életminőségét. a városi klíma nem csupán környezetvédelmi kérdés, hanem a lakosság egészségére, jólétére és a városok hosszú távú fenntarthatóságára is kihat. Az okos városi tervezés és fenntartható városi klímapolitikák kialakítása létfontosságú a városok fenntartható fejlődése szempontjából. Ennek megfelelő kezelése és tervezése létfontosságú a városi fejlődés és az emberi életminőség szempontjából. Ezen tények figyelembe vételével határozták meg Budapest városfejlesztési koncepcióját (Budapest, 2030) is a zöldfelületek növelésére (21. ábra).

21. ábra: Budapest zöldfelületi fejlesztési terve
(Forrás: Budapest főváros önkormányzat, 2013)



Ennek a törekvésnek jelentőségét támasztja alá a 22. ábrán látható, az ELTE kutatói által készített felszínhőmérsékleti elemzés, amely 2001-2010 között szemlélteti, hogy a felszínhőmérséklet Budapest belvárosában bizonyos nyári hónapokban a 6 °C-ot is meghaladta a városkörnyéki átlaghőmérséklettől való eltérésének havi átlaga.

22. ábra Budapest ÉNY-DK-i havi átlagos városi hősziget mutatói 2001-2010 közötti felszínhőmérséklet mérések alapján,
(Forrás ELTE, Terramodis)



Az egészséges környezet, amelyet a növények borítanak, meghatározóan befolyásolja a lakosok egészségügyi, pszichológiai és mentális állapotát. Ennek oka, hogy a környezet jelentős hatással van a városlakók fizikai és szellemi teljesítőképességére, ami összességében kulcsfontosságú tényezője a város versenyképességének. Az egészséges környezet kialakulására jelentős hatással vannak a településeken kialakuló egyedi klimatikus viszonyok, amire a zöldtetőknek is jelentős hatása lehet.

3.2. Vizsgálataim

Az általam elemzett zöldtető nem csak a mérete, hanem a megvalósítás földrajzi helyszíne miatt is jelentős: Budapest főváros egyik legnagyobb zöldterületét a Városligetet érinti, része a 21. ábrán látható belvárosi zöldterület fejlesztési programnak. 2016-ban a Városliget fejlesztési projektjének megindulásakor egymást érték a különböző tiltakozások, mondván, hogy az építkezések tönkre teszik a zöldfelületet, ezzel elérve, hogy akár szakmailag kifejezetten indokolt esetben sem valósult meg fa eltávolítás. (Kulich, 2019). Azóta véleményem szerint mindenki számára nyilvánvalóvá vált, hogy az új épületek szervesen

illeszkednek a Városliget környezetébe és nem csak az esztétikai értékét és a reputációját növelik (több beruházás is már terv stádiumban nemzetközi díjakat mondhatott magáénak), hanem szerves részei a zöldfelületnek, önmaguk is részt vesznek a levegő tisztán tartásában. Kifejezetten igaz ez a Néprajzi Múzeum tetején megvalósított zöldfelületre, aminek a talajközegét vizsgáltam megelőző tevékenységként, folyamatosan monitoringozva, hogy intenzív tetőkertként megfelelő tápanyagot biztosít-e a rajta lévő gyeppel, évelő és cserjefelületnek.

Mintavételezés

A talajmintavételezéshez kapcsolódó szabványt (MSZ 1398; 1998.03), a területiséget jellemző mintavételezési számokkal nem volt lehetőségem alkalmazni, mivel a tető adottságai ezt nem teszik lehetővé. A pázsitfelületeket a nagy számú mintavételezési beavatkozás kritikus mértékben károsította volna, a rekonstrukció munkaigénye nagyobb lenne, mint maga a mintavételezés.

A megfelelő áttekintés elérése érdekében a mintavételezés során gyepfelületeknél 2db, az évelő és cserjefelületeknél 3 db részmintából képeztem az átlagmintát.

2. táblázat Mintavételi pontok azonosítása (Forrás: Saját munka)

"Hangos oldal"		"Csendes oldal"	
minta sorszáma	növényhasználat	minta sorszáma	növényhasználat
1	pázsit	13	pázsit
2	pázsit	14	pázsit
3	pázsit	15	pázsit
4	évelő	16	pázsit
5	évelő	17	évelő
6	évelő	18	évelő
7	évelő	19	évelő
8	évelő	20	évelő
9	pázsit	21	örökzöld cserje
10	évelő	22	évelő
11	évelő	23	évelő
12	örökzöld cserje	24	örökzöld cserje
		25	évelő

A szabványban meghatározott 20 db részminta vételezése egy átlagos zöldfelületen még megoldható, de már zöldtetőkön ez a minta darabszám kivitelezhetetlen. A zöldtetők

közegének monitoringozására ki kell dolgozni egy speciális módszertant, ami biztosítja a megfelelő reprezentativitást úgy, hogy közben a tető műszaki berendezéseit (szigetelés, öntözőrendszer stb.) nem veszélyezteti és a felület esztétikai teljesítőképessége sem csökken. A mintavételi helyeket növényhasználatonként 3 csoportba osztottam:

- pázsitfelület (8 db mintavételi pont)
- évelők (14 db mintavételi pont)
- örökzöld cserjék (3db mintavételi pont)

23. ábra: zöldtető mintavételi pontok a Néprajzi Múzeum „hangos” oldali részén
(Forrás: Saját munka, látványterv szerint)



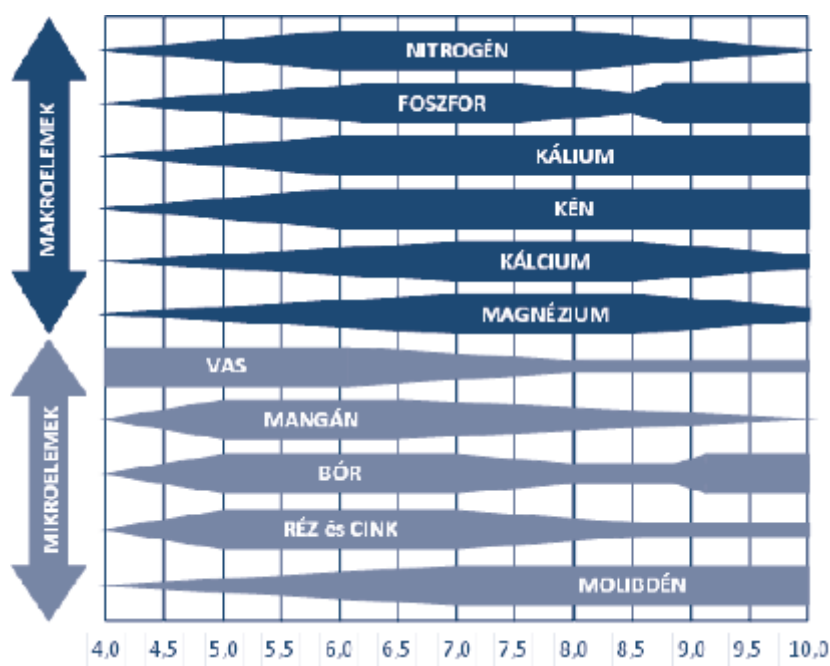
24. ábra: zöldtető mintavételi pontok a Néprajzi Múzeum „csendes” oldali részén
(Forrás: Saját munka, látványterv szerint)



Alkalmazott tápanyagutánpótlási technológia és a felhasznált készítmények

A zöldtetők tápanyagutánpótlása napjainkban már nagyobb növényélettani felkészültséget igényel a zöldfelületfenntartó és üzemeltető szakemberektől. A felhasznált anyagok hasznosulását nagyban befolyásolják a különböző közegtípusok sajátosságai (szervesanyag-tartalom, pH., agyagtartalom, 25. ábra), alkalmazott növénytípusok, fajták, kijuttatás ideje és technológiájuk.

25. ábra: A növényi tápelemek felvehetősége és a talaj pH közötti összefüggések (Forrás:[2])



Általános, minden zöldfelületre egyöntetűen alkalmazható tápanyagutánpótlási technológiai nem létezik. Van azonban egy-két olyan általános szempont, amely segítségével nagyságrendi javaslat adható. A zöldtetőn a rendszeres talajvizsgálatok eredményeinek ismeretében az előzetes tervhez képest a következő trágyázásokat végeztük el.

Gyepfelületek

A teljes gyepfelület gypszyenyegterítéssel lett kialakítva. A szőnyeg lefektetése előtt a megfelelő gyökeresedés érdekében a közegre rostált komposztos termőföld került. Az intenzív gyepfelületek gyakori vágása és intenzív öntözése jelentős tápanyaghiányt eredményezhet, ezért a kívánt megjelenést csak a megfelelő tápanyagutánpótlással lehet elérni. Minél intenzívebben használják a gyepet, annál több tápanyagra van szükség a sérülések kompenzálásához.

Az intenzív gyepeket évente háromszor szükséges tápanyag utánpótolni. Az első trágyázás hosszú hatástartalmú műtrágyával a növekedés kezdetén, tavasszal (kb. április közepe), a második trágyázás júliusban történik. A nitrogén (N) tartalom 15-20 g/m² között kell lennie. Az októberi harmadik tápanyagutánpótlást kálium túlsúlyos műtrágyával kell végezni. A talajszemcsékkel a kálium erős kötést képez ezért mozgása jóval lassabb a nitrogénnél, októberi kijuttatásával a téli időszakot könnyebben átvészelik a fűfélék. A kijuttatást repítőtárcsás szórókocsival végeztük.

3. táblázat A Néprajzi Múzeum tetőkertjének gypén felhasznált tápanyagutánpótlás
Forrás: saját tevékenység alapján

Dátum	Terméknév	N-P-K tartalom	Dózis
2022.október	Landscaper Pro Shade	11-5-5	35g/m ²
2023.május	Landscaper Pro Spring&Summer műtrágya	20+0+7	35g/m ²
2023.augusztus	Lovogreen	20-5-8	35g/m ²

Évelők, örökzöld cserjék

A cserje és évelőfelületekben tápanyagutánpótlás kizárólag algakészítménnyel történt. A lombtrágyákat akkor szükséges használni, ha növény számára nincs elegendő felvehető tápanyag, a növények számára hiányzó tápanyagokat szolgáltatják korlátozott mértékben. A talajba szilárd trágyát bedolgozni a közeget takaró ásványi mulcs miatt nem lehetséges.

Az algakészítménnyel az évelő és cserjefelületeink, különféle káros környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképességét tervezzük elsősorban javítani, gondolva a betegségek kockázatának is mérséklésére is a növény immunrendszerének erősítésével. Az alga készítmények a növény élettani folyamatainak keresztül közvetetten hatnak a károsítókra a növény immunrendszerének aktiválásán keresztül.

A zöldségtetőn 2 alkalommal végeztünk algakészítményes (Algafix®) permetezést 2l/ha dózisban, amelyet motoros háti permetezővel juttatunk ki (2023. május, 2023 szeptember).

Talajbiológiai vizsgálatok

A talaj mikroorganizmus tartalmát dehidrogenáz enzim segítségével vizsgáltam. A talajmikroorganizmusok enzimeinek, például a dehidrogenáz enzimnek, fontos biológiai és ökológiai szerepe van a talaj anyagcseréjének fenntartásában. A dehidrogenáz aktivitás jól jellemzi a talajban jelen lévő mikroorganizmusok általános metabolikus aktivitását.

A dehidrogenáz enzim vizsgálatot (TTC módszer) Thalmann 1968 módosított módszere alapján (Veres et al. 2013) terveztem meg és végeztem el 2022. A dehidrogenáz enzimaktivitásának meghatározásakor a talajmintához trifenil- tetrazolium-klóríd (TTC) adunk, amely a dehidrogenáz enzim jelenlétében redukálódik, sötét vörös trifeml-fonnazánná alakul át, amit fotometriás módszerrel megmérünk.

A TTC és IPF fény érzékenysége miatt az egész vizsgálatot szórt fény alatt kell végezni (Veres et al., 2013).

A tetőről előre meghatározott helyekről 25 pontban mintát vettünk (2. táblázat, 23.-24. ábra). A talajmintából 1 gr mennyiséget zárható kémcsövekbe mértünk, hozzáadtunk 1,5%-os TTC-ből 1 millilitert, majd vortexeltük és a kémcsöveket lezárva 30°C-on 24 órán keresztül inkubáltuk.

Az inkubációs idő lejártá után minden kémcsőbe 4 ml metanolt adtunk és alaposan összeráztuk, majd tovább inkubáltuk szobahőmérsékleten 2 órán át sötétben (időközönként összeráztuk a kémcsöveket). A talaj-szuszpenziót (6 ml) leszűrtük és a tiszta felülúszót mértük blankkel szemben 546 nm-en (piros szín). Előzetesen készítettünk egy kalibrációs standard görbét, amelynek segítségével kiszámítottuk a végleges értékeket.

Talajszkenneres vizsgálatok

A talajminták elemzése az Agrocres Soilcres Scannerrel (26. ábra) történt. Az AgroCares Scanner egy kézi hordozható eszköz, amely közeli-infravörös (NIR) technológia alkalmazásával, az AgroCares Globális Talaj Adatbázisához csatlakozva képes pontosan meghatározni a vizsgált talaj jellemzőit, tápanyagtartalmát. A használt AgroCares alkalmazástól függően valós időben tesztelhető a talajban lévő tápanyagtartalom: a mért adatok a szkennelhez vásárolt földrajzspecifikus alkalmazáson keresztül bekerülnek egy adatbázisba és a SoilCares Advisor Europe mobilalkalmazás jelzi az összes nitrogén (N), a rendelkezésre álló foszfor (P) (Mehlich 3) és a cserélhető kálium (K) szintjét, a pH-t, a szerves anyag százalékos arányát, a talajhőmérsékletet és a kationcserélő kapacitást (CEC), és egyidejűleg jelentést készít a talaj tápanyagigényéről (*agrocres.com*).

26. ábra: Agrocares Soilcares Scanner, talajszkenner
(Forrás: agrocares.com)



A mintavételi helyeket a zöldtetőn növénycsoportonként jelöltük ki, a mintákat pedig egy szintből vettük, a jellemző gyökérzónából, a talaj felső 30 cm-es szintjéből. A szkenner (26. ábra) segítségével a mintából nyert adatok bekerültek a rendszerbe és az eredményeket táblázatos formában bocsájtották a rendelkezésünkre.

4. EREDMÉNYEK

4.1 A vizsgálati helyszín közvetlen környezete

A Városliget a 100 hektárnyi területével Budapest második legnagyobb közparkja a XIV. kerületben. A területen található zöldelemekkel - kb. 6500 fa, számtalan cserje, és nagy kiterjedésű gyepfelületek – és a kék elemet képviselő tavakkal a város zöldinfrastruktúrájának jelentős részét alkotva, jelentős szerepet játszik a város életében mind a környezet-, mind a klíma védelemben. Így kiemelten fontos mi történik a területén és a közvetlen környezetében. A 2016-ban a kormány által elindított a terület fejlesztési/átalakítási projekt óriási ellenállást váltott ki nemcsak Budapest város lakossága, hanem a vidék körében is és azonnal igen nagy társadalmi és sajtó visszhangot kiváltó eseménnyé vált. Ebben a társadalmi környezetben indultak meg a beruházások.

Napjainkban azonban már a Városligetről szóló hírek jelentős részben pozitívak és leginkább valami új díjról, elismerésről számolnak be. A Liget Budapest Projekt megvalósításáért, egyben a Liget teljes zöldfelületének fenntartásáért a Városliget Zrt. felelős.

Az induláskor tapasztalható közhangulattal éles ellentétként nemzetközi szinten elismerések érték/érik a projektet:

- 2017-ben a Liget Projekt Európából egyedülként szerepelt a MIPIM 2017 Best Futura Mega Project (a legnagyobb és legátfogóbb fejlesztéseket bemutató kategória) díj jelöltjei között. A MIPIM az ingatlan szakma "Oscarja", és ezen a versenyen a projekt a világ négy legjobbja között szerepelt, mint az egyetlen európai nagyprojekt.
- 2018-ban a londoni International Property Awards-on már a tervek alapján a Néprajzi Múzeumot választották a világ legjobb középületének, és emellett elnyerte a Best Architecture fődíjat is.
- 2019-ben pedig a Magyar Zene Háza (tervezte: Sou Fujimoto) nyerte el ugyancsak a International Property Awardson a világ legjobb középülete címet.
- 2020-ban a Millennium Ház (Olof Palme Ház), a Városliget egyik legrégebbi és leglenyűgözőbb épületének műemléki rekonstrukciója a FIABCI Hungary ingatlanfejlesztési nivódíját nyerte el.

A fejlesztés még korántsem zárult le, folyamatban van az új Nemzeti Galéria építése a Pritzker-díjas japán SANAA (Sejima and Nishizawa and Associates) építésziroda tervei alapján az egykori Petőfi Csarnok helyén, újjá születik a Közlekedési Múzeum is, amelynek

városligeti épületét a Pfaff Ferenc által jegyzett 1896-os eredeti tervek felhasználásával állítják helyre.

Ebbe a monumentális koncepcióba illeszkedik szervesen a Néprajzi Múzeum épülete, melyet északon zöld parkosított területek és múzeumok, azon túl autóparkolók; keleten zöld parkos területek; délen és nyugaton a jelentős forgalmú utak, illetve lakó- és kereskedelmi épületek határolnak.

4.2. A beruházási terület előkészítése

A múzeum a Dózsa György út É-i oldalán, az Ötvenhatosok terén található a Benczúr utca vonala és a Dvorzsák sétány közötti területen. A terület közepén álló '56-os emlékmű a helyén maradt az épület elkészülte után is. A beruházás megkezdésekor az építési terület 2/3 része rendezvényterként és parkolóként hasznosított, kiskockakő burkolattal ellátott terület (27. ábra) volt, míg az ÉK-i harmada aszfaltozott gyalogos burkolatokkal feltárt zöldfelület. A gyepfelület kitaposott, bolygatott felszínű, járdával és kavicsal felszórt foltokkal szabdálva. A területen a cserjeszint szinte teljes mértékben hiányzott állatok számára nem biztosított élőhelyet, ideértve a madarak fészkelő helyeit is. Az építkezés előtti zöldfelületi lefedettség 3215 m² volt, a fejlesztés utáni zöldfelületi lefedettség pedig több mint 200%-kal 7100 m² -re nőtt.

27. ábra: Az új Néprajzi Múzeum építési helyszíne és az épület látványterve www.neprajz.hu alapján



A Népművészeti Múzeum helyszíne az építkezés megkezdése előtt



A Népművészeti Múzeum látványterve

Az épület tervezett területére, ill. az azt körbevevő 6 m-es zónába eső fákra fakataszter és részletes favizsgálat készült, ellenőrizve és frissítve a Főkert Zrt. által nyilvántartott adatbázist. A területen a beruházás tervezésekor élő 16 egyed fajtája, törzs- és koronamérete rögzítésre, majd törzs-, korona-, gyökér- és általános egészségi állapot alapján osztályozásra készült.

A vizsgálatok alapján a tervezett épület közelében 4 db nagyméretű fa került megtartásra. Egy idős platán esetében annak mérete (törzsátmérő = 125 cm) nem teszi lehetővé az átültetést, további 3 db fa (2 db tölgy és 1 db platán) átültetése kockázatosnak tűnt, ezért az eredeti helyükön maradtak. Az építéssel járó földmunkáknál e fák megtartása fokozott figyelmet kapott, a fák környezetében más technológiát alkalmazva készült a résfalazás. Az építkezés során különös óvatossággal folytak a munkálatok a fa környezetében. Mind a négy fa megóvása sikerrel járt, továbbra is az eredeti élőhelyükön találhatóak.

A többiterületen lévő fáról favizsgálati jelentés, az átültetésre, kivágásra jelöltek esetében ökológiai kockázat elemzés készült. Átültetésre kerül 11 darab fa és egy darab cserje.

Az építkezés megkezdése előtti szakértői elemzések szerint: *„a fejlesztési tervek kertészeti és tájépítészeti elemei a terület ökológiai értékének javulását jelentik. A javasolt ültetési minta megfelelő fenntartás esetén támogathatja a helyi jelentőségű biológiai sokféleséget.”*

4.3 A Néprajzi Múzeum bemutatása

Az épület tervezésére nemzetközi pályázatot hirdettek meg, amelyek értékelési szempontjai a meglévő környezetbe, a megkezdett/megvalósított városligeti fejlesztésekbe, különösen a zöldterületekbe illeszkedést vették figyelembe:

- változások a meglévő zöldfelületben,
- a létrejövő a zöldfelület jellemzői,
- lehetőségek a tető, ill. homlokzat zöldesítésre,
- a biodiverzitás létrejöttének lehetősége.

Végül a magyar NAPUR Architect építész iroda tervei alapján készült el a 33.000 négyzetméteres, lendületes, modern vonalvezetésű épület, amelyet az intézmény alapításának 150. évfordulója évében, 2022-ben adtak át az érdeklődők részére. Az épület hatvan százaléka a föld felszíne alatt helyezkedik el, tetőkertje pedig a környező fák magasságáig emelkedik.

A Néprajzi Múzeum egyes megközelítések szerint a Városliget egyfajta kapujaként is szolgál: itt található a park és a város.

Kialakításánál fokozott figyelmet kellett fordítani a Liget zöldtető felületének alakulására: a komplex parkfejlesztési projektnek jogszabályi kötelezettsége van arra, hogy a Városliget összesített zöldfelületének minimum a beavatkozás előtti szinten kell maradnia, semmiképpen nem csökkenhet. Azzal, hogy az épület tetején 7300 négyzetméternyi növényzettel borított felület került kialakításra, ami a 7.185 m² nagyságú zöldtetőből és 115 m² a belső udvarokban található kiemelt növénykazettákból adódik össze, elvileg növekedett a park zöldfelülete, mivel magának az épületnek egy része volt a kockakövel borított parkoló helyén létesült. A képet árnyalja, hogy a Városligetben a fejlesztési projekt során több épület is kialakításra került, ami befolyásolja a zöldfelület összességét.

A Magyarországon kuriózumnak számító homorú ívű zárófödémén kialakított zöldfelület az épület közepén a kapcsolódó járószintek magasságáról indulva 22 m-t emelkedik az építmény két rövid oldali vége felé. Az épület középső részén egy megközelítően 96 m széles, burkolt felület osztja három részre a területet. A burkolattól a Hősök tere felé eső tetőfelület kapta a „zajos oldal”, míg az Ajtósi Dürer sor felé eső a „csendes oldal” elnevezést. Az épület adottságainak figyelembevételével kellett a telepítendő növényzetet megtervezni úgy, hogy mind a négy évszakban díszítő értékük legyen. A homorú tetőfelületből és az épület tájolásából adódóan a „zajos oldalt” éri erősebb napsütés, a „csendes oldal”, valamivel védettebb. Az épületben szerkezetileg megtámasztott helyekre fák kerültek ültetésre, az uralkodó északnyugati széliránynak megfelelő rögzítés kialakításával.

Az egyedülálló megoldású zöldtető által biztosított rekreációs terület nem csak a népművészet iránt érdeklődőkre gyakorol vonzerőt, hanem az egyedi megoldások iránt érdeklődők, vagy egyszerűen csak pihenni vágyó park látogatók számára is.

4.4 Az épület intenzív zöldtető kivitelezésének menete

A vizsgált zöldtető a Dvorzsák sétány és a Benczur utca vonala között megépült Néprajzi Múzeum tetején helyezkedik el, a teljes zöldfelület födémén került kialakításra.

Rétegrend kialakítás

A zöldtetők egyik legfontosabb lépése a megfelelő rétegrend kialakítása, aminek a szakszerű elvégzésével sok később esetleg kialakuló probléma megelőzhető.

A vizsgált intenzív zöldtető felépítése az alábbi rétegekből áll:

- cm vastagságban ásványi mulcs került kiszórásra a cserje és évelő, díszfű kiültetések legfelső rétegében (5/32 FZKA szemcseméretű bazaltzúzalék), a gypsőnyeggel borított területeken ez a réteg elhagyásra került
- 41,5 cm vastagságban intenzív zöldtető ültetőközege
- Nem szőtt műanyagfátyol szűrőréteg min. 200g/m² (FL 200 szűrő geotextília)
- 25 mm vtg. perforált, kétirányban dombornyomott, vízmegtartó, vízáteresztő, felületszivárgó műanyaglemez
- 300 g/m² műanyagfilc védőréteg
- hőszigetelés
- vízszigetelés
- monolit vasbeton zárófödém

A zöldtető kertészeti kivitelezése a vízszigetelések ellenőrzése után kezdődhetett csak el. A szigetelés felső fizikai védelmét egy jó vízmegtartó képességgel is bíró védő geotextília látja el, amely keresztirányban 10 cm-es, hosszirányban 20-25 cm-es átlapolásokkal került lefektetésre (PL 500 védő geotextília). Terítésnél a szélterhelés miatt, ideiglenes leterhelésről kellett gondoskodni. A mechanikai védőrétegre került közvetlenül a felületszivárgó lemez. A lemezek lefektetése a tető legmagasabb pontjaitól indulva lefelé cserépfedésben rakva az összefolyók irányába történt. A magasabban fekvő táblák ráfeksznek az alacsonyabban fekvőkre átfedéssel, ezáltal a felszíni csapadék egyik tábláról a másikra átfolyva, lassabban jut el a tetőösszefolyókhoz.

A dréntáblák lefektetése után a szűrőréteg (FL 200 szűrő geotextília) terítése következett. A szűrő geotextília feladata a talajszemcsék kimosódásának megakadályozása.

A szűrőrétegre került az intenzív tetőkerti közeg, amely számos fizikai és kémiai követelménynek kellett megfelelnie:

- Leiszapolható frakció: max. 20 tömeg%
- Maximális vízfelvétel: min. 45 térfogat%
- Szervesanyag tartalom: 3,0–6,0 tömeg%
- Vízzel telített térfogattömeg: ca. 1500 kg/m³
- pH érték: 7,5-8,0.

A közeg geotechnikai szakértő által 2017. októberében bevizsgálásra került. A vizsgálati eredmények alátámasztották, hogy az ültetőközeg a maximális 17°-os tetőhajlásszög mellett a legkritikusabb keresztmetszvényben is kellően állékony, lecsúszási esély nem áll fent.

A kész bekevert közeg előzetesen az épület melletti vízszintes területen került deponálásra. A talajszintről toronydaru segítségével került a közeg a tetőre. A daruzásnál 1 m³ -es alulról nyitható fémkonténereket használtak. A tetőn több deponálási hely került kijelölésre, ahonnan sugárirányba, fentről lefelé haladva történt a közeg több rétegben való szétterítése. Első ütemben egy 10 cm vastagságú réteg került kialakításra a földm terület északi oldalán (zajos oldal), így lesúlyozva a felületszivárgó műanyaglemezeket és a geotextíliát.

A tető kitettsége miatt gondoskodni kellett a megfelelő villámvédelemről, ezért a zöldtetőközeg alsó 5cm-es rétegében futó, felfogórendszer és villámvédelmi összekötő hálózat került kialakításra. Ez a villámvédelmi rendszer az épület védelmét 100%-an ellátja, de a tetőn tartózkodó személyek villámcsapások elleni védelmét nem biztosítja (vihar esetén ki kell üríteni a tetőt).

Az MSZ EN 60305-3:2011 villámvédelmi szabvány a következőket írja elő:

„E.5.2.4.2.8 A talajjal borított épületszerkezetek védelme...”

Azon épületek, építmények részére, melyek teteje max. 0,5 m-es talajréteggel borítottak és melyen rendszeresen tartózkodhatnak személyek, a veszélyes lépésfeszültségek megelőzése érdekében 5x5 m-es hálósztású felfogórendszer kialakítása szükséges.”

Végezetül a maradék 30 cm -es réteg került a tetőre, amelyet a drain-lemez védelme érdekében kizárólag kézi és motoros talicskával terítettek szét.

A kivitelezés során végzett szemrevételezések során az derült ki, hogy az közeg homogenitása, elsősorban a szervesanyag tekintetében nem kielégítő, szükségessé vált plusz szervesanyag bevitele a közegbe. A több lehetséges anyag közül végül növényi komposzt került kiválasztásra, amely a tetőn került hozzáadásra a közeghez. A több alkalommal elvégzett keverés elégséges homogenitást eredményezett (a megfelelő keverést nagyban nehezítette a villámvédelmi háló jelenléte).

A terület kitettsége, az intenzív használata és a kiemelt esztétikai szempontok miatt az egész zöldtetőn automata öntözőrendszer került kiépítésre.

Az öntözés gyepfelületek esetén földbe süllyesztett szórófejekkel, az évelő és cserjefelületeknél pedig csepegtető csövek segítségével valósul meg. A közegbe kísérleti jelleggel talajnedvességmérő szenzor lett telepítve, amely a közeg felső 30 cm -ét vizsgálja. (A felhasznált adatsorokban a szenzor mérési adatai nem szerepelnek, a műszer kalibrálási problematikája miatt.)

A teljes évelő és cserjefelületek közegének takarására ásványi mulcsot használtunk: 5/32 FZKA szemcseméretű bazaltzúzalékot átlagosan 6 cm vastagságban. A zöldtetők esetében csak olyan közeteket lehet alkalmazni, amelyek semleges pH-val rendelkeznek és fagyállóságuk jó, mivel mállásuk következtében a zöldtető szűrőgeotextíliát eltömíthetik. A tető kitettsége, elsősorban az extrém szélviszonyok miatt a szerves mulcsok lehetősége (faapríték, fenyőkéreg) nem került számításba. A mulcsozással szemben támasztott alapvető elvárások, hogy csökkentse gyomnövények arányát és a párolgási veszteséget, védje a közeget az erózióval és deflációval szemben, valamint kedvezően befolyásolja a közeghőmérsékletet.

Növénytelepítés

A tervezés során a növények kiválasztásakor számos speciális feltételnek kellett megfelelni, amelyek túlmutattak csupán az esztétikai megjelenésen. A következő szempontok voltak a meghatározók (Környezetredezés szakági műszaki leírás, 2017):

- Korlátozott közegvastagság (41,5 cm)
- Az épület ferde hajlású tetője (maximum 17° vagyis 29%) miatt fenntartási munkák elvégeztetősége, a csapadék- és öntözővíz megtartás
- Fokozott kitettség (szélnyomás, napsütésnek)
- alacsony magasságú takarás, megfelelő zárás

A gyepfelületek a „zajos oldalon” összesen 1.837 m²-en, a „csendes oldalon” 1.608 m²-en kerültek kialakításra. A gyepszőnyeg típusának kiválasztásánál kiemelt szempont volt, hogy olyan fűfajokat tartalmazzon a termék, amelyek jó stressztűrők és alacsony vízigényűek (pl.: *Festuca sp.*, *Poa pratensis*). A gyepszőnyeg telepítése előtt a közeg felületén rostált komposztos termőföld került eltérítésre az optimális gyökeresedés elérése érdekében.

A speciális adottságokat figyelembevéve a következő növénycsoport típusok kerültek meghatározásra:

- díszfüvek,
- virágos évelők,
- alacsony növekedésű örökzöldek,
- tavaszi hagymás évelők.

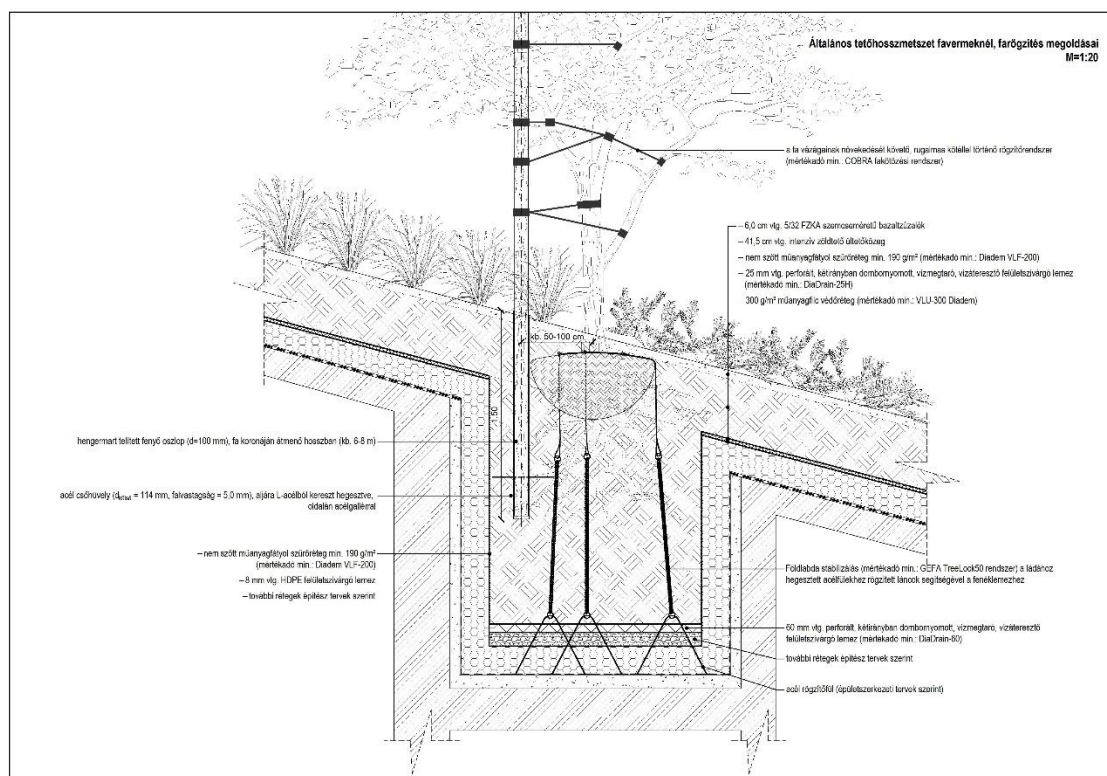
A fák számára építészetiileg kialakított vasbeton fávermekbe 50% -ban tetőkerti talajkeverék + 50% -ban termőföld (granulált marhatrágyával dúsított) keveréke került, a speciális ültető helyek mélysége 1,24–2,98 m között változik. A fafajok kiválasztásánál több szempontot figyelembe kellett venni. A korlátozott gyökeresedési tér, a tető terhelhetősége, valamint a

szélnyomásra való érzékenység miatt tágtűrűsű, közepes növekedési erélyű hazai flórában előforduló fák kerültek kiválasztásra, beültetésre:

- mezei juhar (*Acer campestre*),
- tatárjuhar (*Acer tataricum*) és
- virágos kőris (*Fraxinus ornus*) alfajai.

A földlabdás kiszerezésben érkező fák speciálisföldfelszín alatti rögzítéséről kellett gondoskodni. A favermekbe előzetesen kialakított fülekhez lehetett rögzíteni a földlabdát rögzítő acéllánc hevedereket, ezzel biztosítva a fák állékonyosságát. A tető kitettsége miatt az esetleges szélkár csökkentése érdekében a fák törzsei is kikötésre kerültek, a fák mellett kialakított csőhüvelybe helyezett körmart akácfa oszlopokhoz. A kikötéseket rugalmas kötözőanyaggal látták el, hogy a fa ne kerüljön statikus állapotba, ezzel gátolva a statikailag fontos gyökérérzóna kialakulását.

28. ábra: általános hosszmetset favermeknél, farögzítés megoldásai
(Forrás: építési kivitelezési terv, metszetek, Garten studio, 2017)



Talajbiológiai beavatkozások

A kivitelezés folyamán a megrendelő készíttetett egy külső szakértői dokumentációt, amelynek célja azon beavatkozási és monitoring javaslatok megfogalmazása volt a zöldtető közegével kapcsolatosan, amelyek elvégzésével a közeg a növényi élethez szükséges

talajtani funkciókat még hatékonyabban elláthassa. A korábban elfogadott építési kivitelezési terv környezetrendezés szakági műszaki leírása nem tért ki talajbiológiával kapcsolatos paraméterekre. Az elkészült technológiai utasítás (Csernozjom Kft. dr. Vona Márton) megoldást is javasolt a kritikus biológiai paraméterek okozta problémákra. A zöldtetőre telepítendő növényzet gyökérzete számára elengedhetetlen, hogy a közeg megfelelően ellátott legyen, nem csak a talajban jelen lévő baktériumokkal, hanem gombafonalakkal- mikorrhizával is, amelyet talajoltással segítettünk elő.

A baktérium törzsekkel való talajoltással a növények gyökérzónáját, vagyis a rizoszférát célozzuk meg. Ebben a folyamatban mikroorganizmusokat juttatunk a talajba, melyek a növények gyökereinek közvetlen környezetében telepednek meg, kolonizálják annak felületét. Ebből a kapcsolatból úgy a növények, mint a mikroorganizmusok profitálnak. A növények különböző szerves anyagokat választanak ki, melyekkel "táplálják" az őket kiszolgáló mikrobiális közösséget. A mikroorganizmusok az anyagcsere termékeik segítségével számos módon támogatják a kultúrnövények életfolyamatait. Ezen kapcsolatok létrejöttének előnyei:

- biokontroll hatás
- biológiailag aktív anyagok termelése
- felvehető tápanyagok biztosítása (nitronmegkötés)
- talajszerkezet javítás (baktériumtörzsek által termelt kötőanyagok termelése (exopoliszacharidok))

Az ültetőközeg felső 20 cm -ének fellazítását követően BactoFil® került egyenletesen kipermetezve a közegre. A kijuttatást a közeg alapos átkeverése követte, majd ismételt baktérium felhordás és beforgatás.

29. ábra: közeg oltása és beforgatása, 2021.07.07,
(Forrás: Daoda Zoltán)



Az évelők, fák és cserjefajok telepítésénél természetes eredetű mikorrhiza gombákat tartalmazó mikrobiológiai készítmény (Symbivit®) került alkalmazásra, lágyszárúak esetében 30 g/növény, fák és cserjefajoknál 60g / növény mennyiségben.

A mikorrhiza gombák és a növények között szimbiózis, vagyis kölcsönösen előnyös partnerkapcsolat alakul ki. A növény fotoszintetizált cukrokkal és egyéb szerves anyagokkal látja el a gombát, míg a gomba hatalmas felszínű micéliumával növeli a növény gyökereinek víz- és tápanyagfelvételi képességét. Ez a kölcsönösen előnyös kapcsolat segíti mind a növény, mind a gomba növekedését és túlélési esélyét.

A gypszönyegezést és növénytelepítést követően a teljes zöldfelület élő algából készült biostimulátor készítménnyel lett kezelve (Algafix®) 2l/ ha dózisban.

Az élő algák körülményektől függően akár napokig is élhetnek a levél felületén, ezáltal a bennük lévő növényi hormonok (citokin, kinetin) sokkal gyorsabban be tud jutni a leveleken keresztül a növénybe. A citokinek a sejtosztódást, a sejtek differenciálódását és a színtestek érését serkentik, ezáltal biztosítva többek között a növény jó stressztűrő képességét.

4.5 A talajvizsgálat eredményei

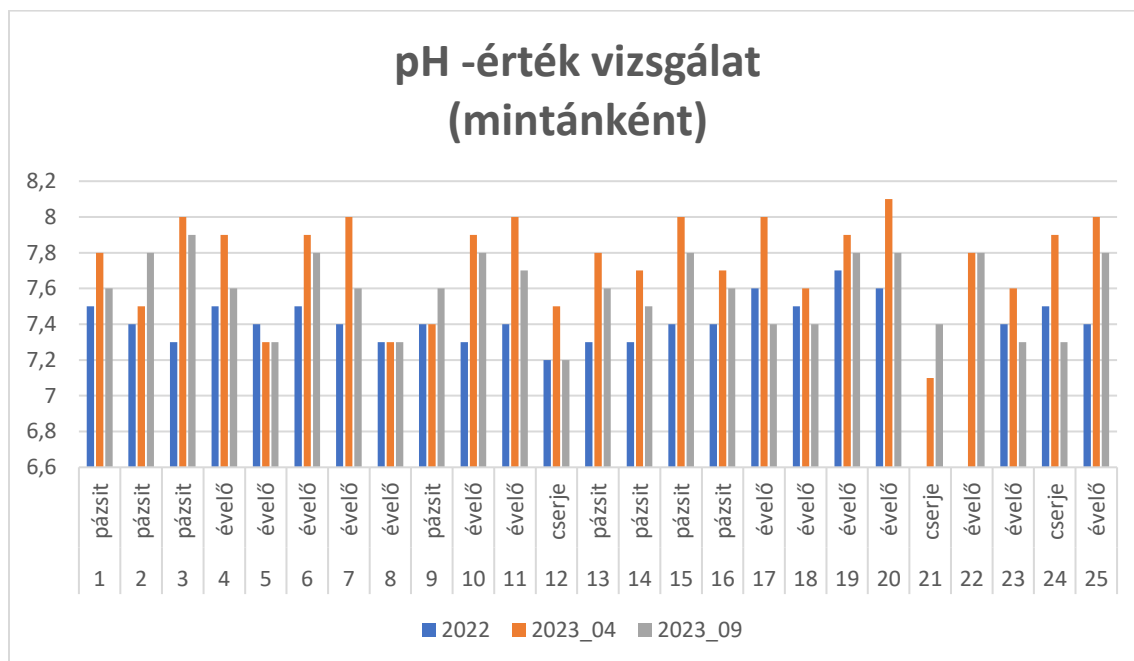
A zöldtetők, kertek és általában a tereprendezés széles körben elterjedt megközelítése a *karbantartáson*, vagyis a gondozás és a ráfordítások rutinszerű alkalmazásán alapul. Véleményem szerint a karbantartás jobb, mint a semmi, de nem elegendő. Ez egy olyan megközelítés, amelyet a fenntartó kényelme vezérel, nem pedig a zöld rendszer egészsége. Ha egyszerűen "karbantartjuk" a zöldtetőt műtrágyát alkalmazva és a növényeket meghatározott ütemterv szerint újratelepítve akkor nem vesszük figyelembe azokat a jeleket, amelyek jelzik a közeg állapotát és igényeit és az eredmény akár egy mentésre váró zöldtető is lehet. A megfelelő zöldtető-gondozással ezt el lehet kerülni. Ezen elvem szerint kezdtem meg a munkám a Néprajzi Múzeum zöldtetőjének üzemeltetéséért felelős szakemberként, már az átvételkor megvizsgáltatva a közeg állapotát.

Vizsgálati adataimat növényalkalmazásonként csoportosítottam és ennek megfelelően ábrázoltam grafikusan a szemléletesség érdekében.

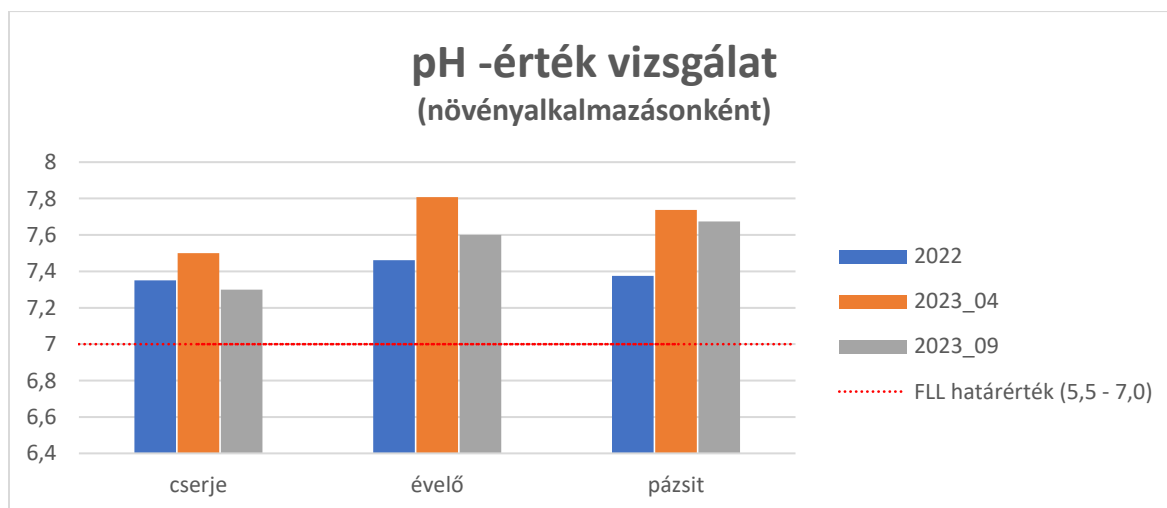
A talaj tápanyagszolgáltató képességét alapvetően meghatározza a *talaj kémhatása* (pH érték), ami befolyásolja a tápelemek mobilizálódását, illetve immobilizációját. A tápelemek szélsőséges mobilizációja a növényre toxikus hatással lehet, illetve, ha egyes elemek felvehetetlenné válnak a növény számára, akkor hiánybetegségek léphetnek fel. A pH hatással van a talajban lakó élőlények élettevékenységre és ezáltal szerves anyagok

átalakulására. A vizsgált talajminták pH értékeit mintavételi pontonként a 30. ábra növényalkalmazásokként pedig a 31. ábra tartalmazza.

30. ábra: Talajminták pH értékei mintavételi pontonként
(saját adatok alapján)



31. ábra: Talajminták pH értékei növény alkalmazásonként
(saját adatok alapján)



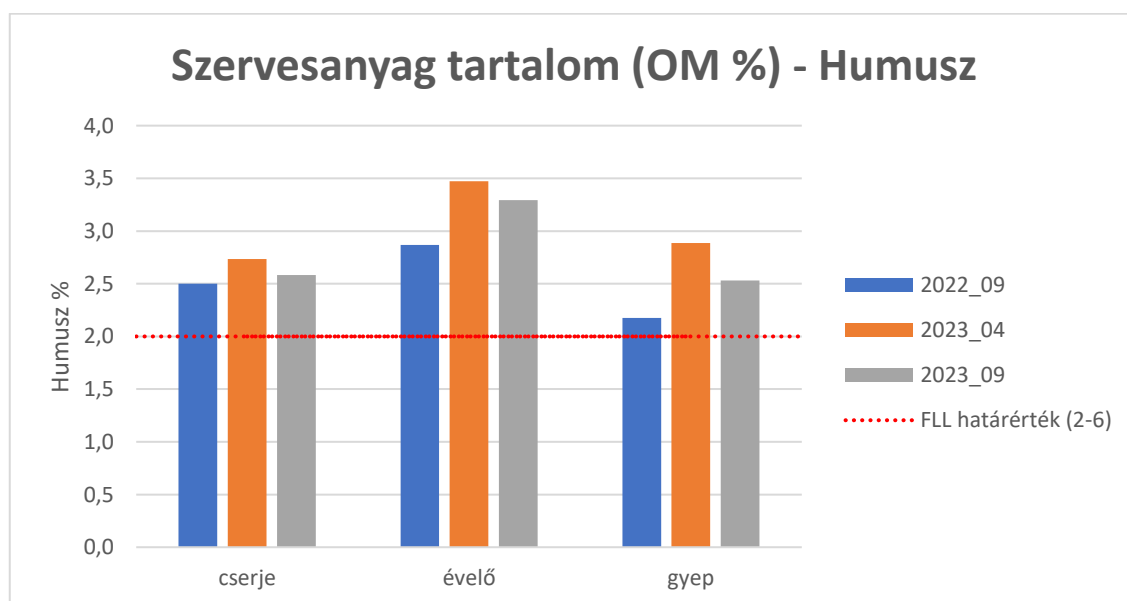
A Német FLL szabvány az intenzív zöldtető közegeknél 5,5-7,0 közötti pH értéket javasol. Az optimális tartomány a szántóföldi növénytermesztésben: 5,5-8 között van.

A kivitelezés kezdetén a közeg „kiindulási” pH értéke semleges 7,38 volt. A szervesanyag utánpótlás növényi komposzttal lett megvalósítva, amely megemelte az indulási pH értéket. 2023 áprilisi mérések eredményei alapján közeg gyengén lúgos tartományba tartott.

A talaj teljes szervesanyagát élő (mikroorganizmusok, talajlakó állatok) és élettelen (humuszanyagok, elhalt növényi és állati maradványok) szervesanyagok alkotják. A talaj fő szervesanyag utánpótlását a növényi maradványok adják. A tető műszaki leírásában javasolt FLL szabvány (2-6 tömeg %) a zöldtetőközeg szervesanyagtartalmára tér ki, nem pedig a humusztartalmára. A közeben található humusznak és agyag-humusz komplexeknek összetett szerepük van: tápanyagforrás a mikroorganizmusok számára, növényi tápanyagoknak (N) raktározója, megfelelő fizikai szerkezetet biztosít, valamint a közeg hő és vízgazdálkodását kedvezően befolyásolja.

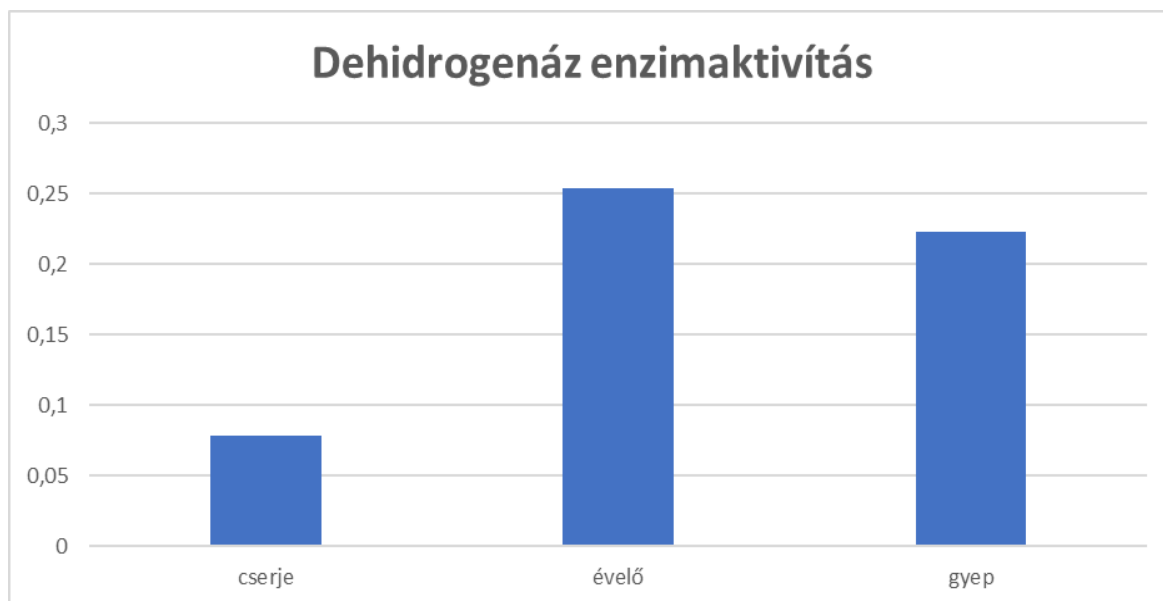
A talaj humusztartalmát talajszkennerrel vizsgáltam (32. ábra). A műszer a szerves kötésű C-tartalmat méri. A talaj szerves anyagainak C-tartalmát átlagosan 58%-nak tekinti, a mért szerves C-t 100/58, azaz 1,72-vel szorozva, lehet megkapni az összhumusz-tartalmat tömeg %-ban.

32. ábra: a vizsgált közeg szervesanyag (humusz) tartalmának alakulás (saját adatok alapján)



A növények számára másik fontos elem a tápközeg *mikroorganizmus* tartalma. A talajélet mikrobiális aktivitásának a dehidrogenáz enzimaktivitás egyik legjobb mutatója. A közegben jelen pillanatig még csak egy alkalommal végeztem enzimaktivitás mérést, ezért egyelőre nincs összehasonlítási alapom, tendenciákat nem tudok meghatározni. A vizsgálatok jelenleg azt bizonyítják, hogy van mikrobiológiai aktivitás a közegben (33. ábra). A cserjéknél a legkisebb az aktivitása, ez azzal magyarázható, hogy a földlabdás cserjefajok gyökérfejlődésének intenzitása jóval elmarad a lágyszárúakhoz képest, az aktivitás pedig általánosan a rizoszférában a legmagasabb.

33. ábra: A vizsgált közeg mikrobiális aktivitása
(saját adatok alapján)



A gyepfelületeknél megfigyelhető volt, hogy a gyökérzetre nagy mennyiségű talajszemcse tapadt, amely mikorrhiza gomba jelenlétére utal (34. ábra). A mikorrhiza gomba ragasztó-anyagai (glomalin) cementálják, összetartják a szemcséket, tapadást biztosítanak a gyökér felületéhez.

34. ábra: Minta a vizsgált gyep gyökérzetéből
(Forrás: saját készítés)

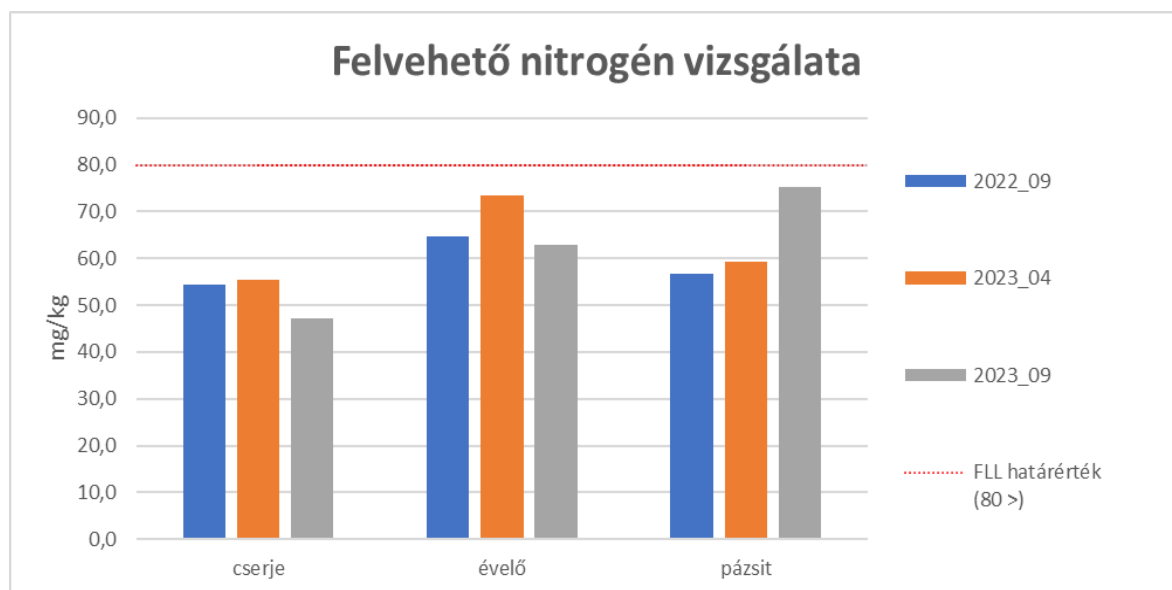


A *nitrogén* körforgás fontos jellemzője, hogy leginkább szerves anyagokhoz, szerves szénvegyületekhez kapcsolódik, ezért a talajokban több mint 99%-ban szerves formában

(növényi maradványok, humusz, mikroorganizmusok) van jelen. A mikróbák szerves nitrogénből, a növények számára is felvehető ásványi nitrogént (nitrát, nitrit, ammónium) állítanak elő.

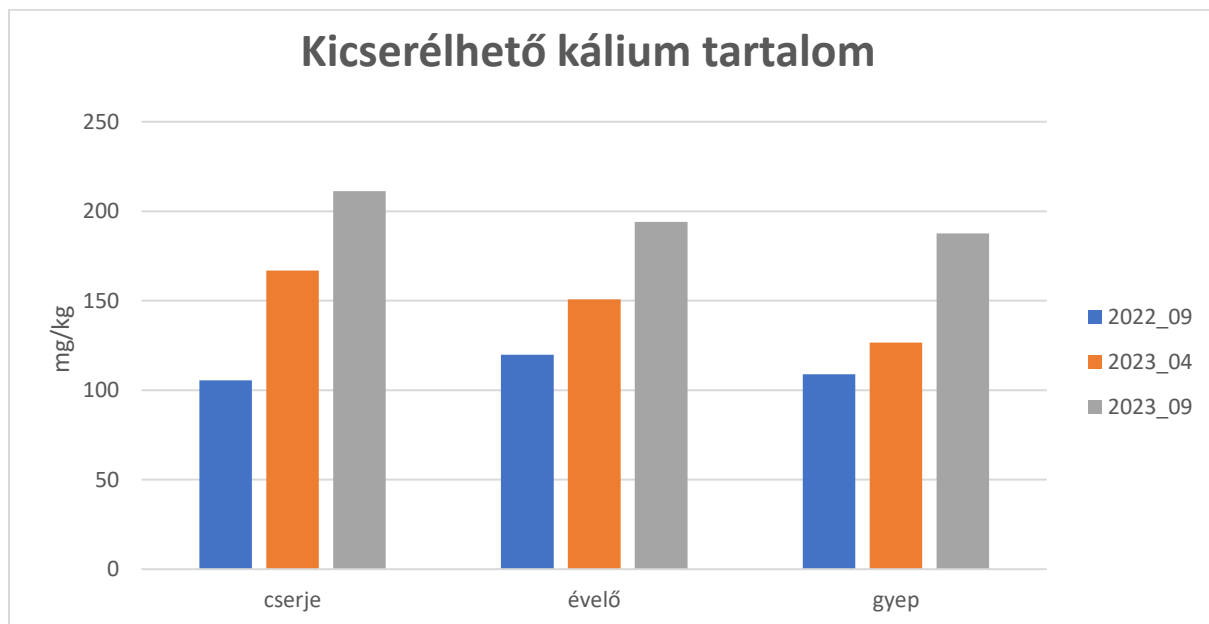
A talajszkenner a növények számára felvehető, labilis szerves N-frakciót méri, az eredmények a 35. ábrán láthatók.

35. ábra: a vizsgált közeg nitrogéntartalma
(saját adatok alapján)



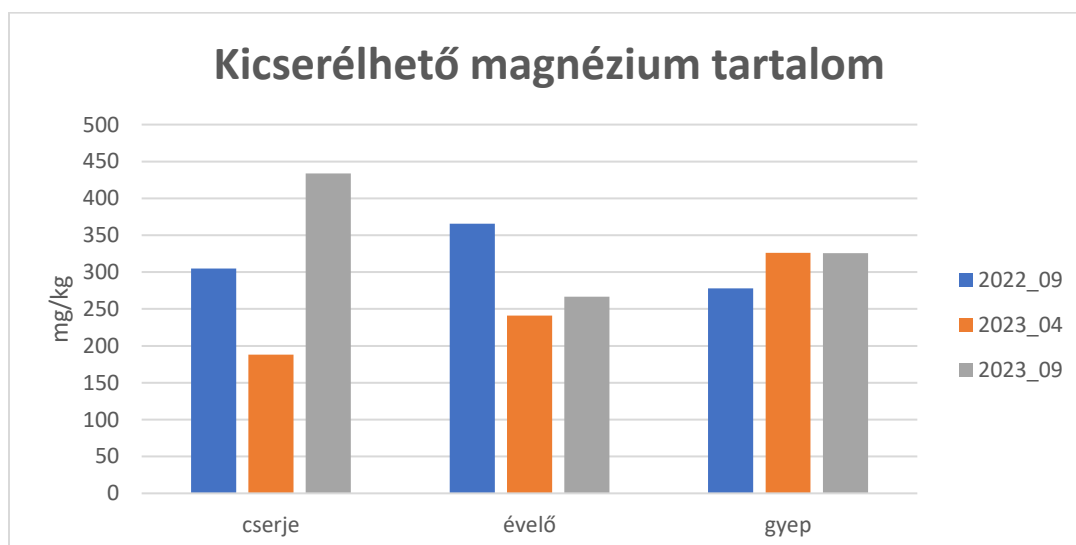
A talajszkennerrel a kicserélhető kálium tartalom mérhető, amely a szervesetlen agyagásványok és a szerves anyag negatív töltésű helyeihez kötött hidratált ion alakban fordul elő. A talajok káliumszolgáltató képessége általában egyenes arányban van az agyagfrakció mennyiségével. Az agyagfrakció mennyiségével együtt jár a talaj adszorpciós kapacitásának a növekedése is. Az agyagásványok adszorpciós kapacitásának növekedésével általában növekszik az egységnyi talajra vonatkoztatott kicserélhető módon adszorbeált kálium mennyisége is, ezáltal kedvezőbb feltételek jönnek létre a kálium felvételére. (Láng, 1962) A kicserélhető K^+ ion tartalom jelzi leginkább a növény számára hozzáférhető K_2O tartalmat. A minta mérési időszakokban jellemző kálium tartalmát a 36. ábra szemlélteti.

36. ábra: a vizsgált közeg kálium tartalma
(saját adatok alapján)



A talajokban átlagosan 0,5% *magnézium* található, amely túlnyomó részben karbonátok és szilikátok formájában van jelen. A szilikátokból a magnézium nehezen hasznosul, a karbonátokból ezzel szemben- könnyebben szabaddá válik. Növényi táplálkozás szempontjából a vízzoldható és kicserélhető magnézium mennyiség a meghatározó. A talajszkenner által mmol/kg mértékegységben meghatározott magnézium értéket a moláris tömeggel, 24,31-gyel megszorozva és a töltéssel, 2-vel osztva megkapjuk a mg/kg értéket, amely mértékegységben a 37. ábrán bemutatott adatok szerepelnek.

37. ábra: A vizsgált közeg magnézium tartalma
(saját adatok alapján)



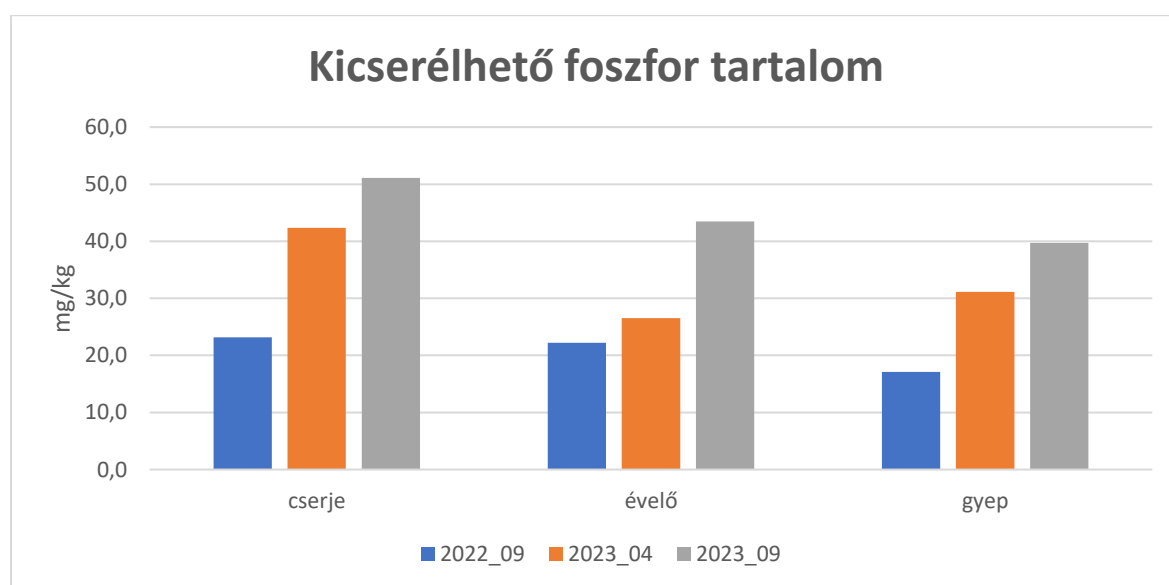
A talajban található teljes foszfor mennyiségnek 90%-a kötött és oldhatatlan formában van jelen (0,1-1 kg/ha foszfor a talajoldatból közvetlenül felvehető.). A talaj teljes foszfortartalmának csak 10-20%-a felvehető a növények számára.

A talajszkenner a talajban megtalálható Mechlin 3 oldószerrel feltárt felvehető foszfor (mg/kg) mennyiségét adja meg.

A talajminták foszfortartalmának vizsgálata Magyarországon legtöbbször, ammónium-laktát (AL) kivonatból történik, amelynek csak bizonyos hányada felvehető a növény számára. A talajban lévő foszfor tényleges felvehetősége több tényezős folyamat, amely függ a talaj hőmérsékletétől, nedvességtartamától, kémhatásától és biológiai aktivitásától.

A grafikonon (38. ábra) ábrázolt adatok 0-20 cm -ben mért átlagértékek, amelyeket három időpontban mértünk.

38. ábra: a vizsgált közeg magnézium tartalma
(saját adatok alapján)



5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A bemutatott vizsgálati eredményeimből egyértelműen kiderül, hogy megéri nem csak a zöldfelületek fenntartási rutin szerint hozzáállni a zöldtetőkhöz, hanem előre megtervezett módon talajközeg vizsgálatokat is elvégezni egyrészt a tápanyag utánpótlás megalapozott tervezéséhez másrészt az esetleges anomáliák időben feltárásához.

A kivitelezés kezdetén a közeg „kiindulási” *pH értéke* semleges 7,38 volt. A szervesanyag utánpótlás növényi komposztal lett megvalósítva, amely megemelte az indulási pH értéket. 2023 áprilisi mérések eredményei alapján közeg gyengén lúgos tartományba tartott.

A nem megfelelő homogenitás eredményezheti a nagyobb eltéréseket, ahol a közeg nagyrészt szervesanyag komponenseket tartalmaz ott alacsonyabb a pH), a komposztos területeken pedig kiugróan magas. Az alkalmazott komposzt (Főkert City komposzt) kémhatása 7.9 pH volt. 2023 októberre a talaj pH csökkent, semleges tartományba esett (a közeg savanyodási tendenciáit vetíti előre.).

A közeg pH értékének jelenlegi változása véleményem szerint nem számottevő, de figyelni szükséges.

A talajok *humusztartalmának* értékelését a fizikai tulajdonságaik figyelembevételével kell megtenni. A tető intenzív fenntartási technológiájából adódóan, élettelen szervesanyag minimális mértékben marad a tetőn. A fűnyírás nyesedék összegyűjtésre, az elhalt növényi részek a vegetációs időszak kezdetén lemetésésre kerülnek, illetve a teljes zöldfelület folyamatosan gyommentesen tartjuk.

A humusz % -ban 2022-ről 2023-ra megfigyelhető növekedés az elültetett dísnövények kertészeti ültetőközegeiből oldódó humusz anyagokkal magyarázható. A gyepszőnyeg terítése előtt a közegre komposztos termőföld lett terítve). A cserjék nagyrésze földlabdás kiserelésben érkezett, itt a humusztartalom jóval alacsonyabb, mint a kertészeti ültetőközegek esetében, az évek közötti kisebb eltérés ezzel magyarázható.

A talajvizsgálati eredmények alapján elmondható, hogy a közeg humusztartalma megfelelő.

A talaj *nitrogén tartalmának* mérése alapján elmondható, hogy mindhárom mérés esetén megfigyelhető, hogy a 2022-es évhez képest 2023-ra emelkedett a felvehető nitrogén tartalom, amely a közeg nem megfelelő homogenitásából adódik. A közeghez adott plusz növényi komposzt a felső 15-20 cm -hez lett bekeverve, a teljes 40 cm mélységű keverést a villámvédelmi háló akadályozta. A felső rétegből való oldódás okozhatja a felvehető nitrogénszint emelkedését. 2023-ban a cserjék és évelők esetében bekövetkezett nitrogénszint csökkenés a növények nitrogén felvételével magyarázható. A gyepek

nitrogénszintjének lineáris emelkedése az évente több alkalommal történt műtrágyázással magyarázható. Összességében elmondható, hogy a mineralizálható nitrogén (PMN) igen magas, a gyepeknél kijuttatott plusz nitrogén nagy része mobilis, ezáltal a növény kevésbé hasznosul.

A kálium tekintetében elmondható, hogy a műtrágyával végzett további tápanyagutánpótlás kifejezetten indokolatlan. A magas magnézium tartalom blokkolja a növények káliumfelvételét, ennek eredményeképpen mennyisége a közegben folyamatosan emelkedik. A kálium és a magnézium közötti kapcsolatban tapasztalható együttműködő hatás a szinergizmusból antagonistikus jellegűvé változhat. A káliumnak nincs gátló hatása a magnézium felszívódására egy bizonyos határig - sőt, ténylegesen segíti azt (szinergikus jelenség) -, azonban egy meghatározott koncentráció felett megakadályozza a magnézium bejutását a növénybe (antagonisztikus hatás).

A magnézium tartalom vizsgálati eredményekkel kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy a magyarországi zöldtetőközegek fő összetevője az acélgyártás egyik mellékterméke a vörös salak, ami a vasérc nemfemes összetevőiből és adalékanyagokból álló szintetikus közet. Tartalmaz kalcium-szilikátot (Ca_2SiO_4), kalcium-oxid (CaO), vas-oxid (FeO) és kalcium-ferrit ($\text{Ca}(\text{FeO}_2)_2$) elegyét ("szilárd olvadékát"). A kohósalakkal ellentétben környezetre gyakorolt szennyező hatása nincs (Richards et al., 1993).

Ez alkotja a vizsgált talajközeg egy részét is, magas magnézium tartalommal. Ez magyarázatot ad a közeg kiugróan magas magnézium értékeire és a jövőbeni tápanyagutánpótlás során figyelembe kell venni.

Javaslataim

Az FLL szabványban foglalt pH értékek túl „nagyvonalúak”, ezt szükséges pontosítani, jobban lehatárolni, hogy a fenntartás hatékonyabban legyen tervezhető. Az intenzív zöldtetők növényeinek tápanyagfelvételét nagyban meghatározza a közeg kémhatása. Az általánosan a semleges (7,2-6,8) pH-érték körül optimális a tápanyagokfelvétel. A zöldtetőkkel foglalkozó szakemberek gyakran szembesülnek a közegkeverékek elsavanyodásával kapcsolatos problémával. Fontos további kutatásokat végezni annak érdekében, hogy felmérjük, meddig tart ez a tendencia, valamint hogyan reagálnak a növények ennek a káros folyamatnak a következményeire.

A probléma megoldásához szükséges a közegek sav-bázis pufferképességének mélyebb ismeretén túl, magas pufferkapacitású, az elsavanyodásra kevésbé hajlamos komponensek használata.

Az intenzív zöldtetőközegek szervesanyag tartalma a kiindulási értékekhez képest a későbbiekben jelentősen már nem emelhető, kiváltképpen akkor, ha ásványi mulcs került felhasználásra.

Potenciálisan megoldás lehet nagy szervesanyag-tartalmú talajjavító ásványok zöldtetőkön való alkalmazása.

Kevésbé kutatott téma a zöldtetőknek az átfolyó víz minőségére gyakorolt hatása. A közeg gyenge vízmegtartó képessége miatt a csapadék fokozza a tápelemek kimosódását, amelyet a szervesanyagtartalom emelésével csökkenthető lenne. Egy hatékony kiegészítő lehet a bioszén, amely főként közvetett hatást gyakorol a talaj nitrogénáramlására. A bioszén alkalmazásával csökkenthető a nitrogén kimosódása, elősegíthető a nitrogén kötődése, így javulhat a nitrogén felhasználása.

A zöldtetők esetében alkalmazott vörös salak magasabb magnézium tartalmát a közeg összetevőinek megadásakor jelezni szükséges, illetve ennek megfelelően kell az egyéb alkotó elemeket meghatározni, hogy a tápanyag utánpótlások tervezések valid adatokra támaszkodhassanak.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A zöldtetők haszna vitathatatlan, hiszen jelentős mértékben járulnak hozzá környezetünk védelméhez, otthonosabbá tételéhez, a megváltozó klimatikus viszonyok kiegyenlítéséhez azáltal, hogy jelen vannak városainkban. Építésének tendenciája már Magyarországon is terjedőben van, de mind a szakmai, mind a szabályozási, mind a megvalósítási - beruházási támogatás fokozása szükséges.

Dolgozatomban Budapest egyik leggrandiózusabb zöldtető megoldását vizsgálom, ami a Néprajzi Múzeum földémszerkezetén került megvalósításra a Városliget zöldfelület megőrzési tervének és Budapest zöldterület növelési stratégiájának részeként.

Mint Városliget Zrt. munkatársa feladataim közé tartozik a vizsgált zöldtető fennmaradásának biztosítása. Munkámban a zöldtető szükségességét, létesítését és az ültetőközegek állapotát elemeztem. Az intenzív zöldtető fenntartását 2022-ben vettük át a kivitelezőtől. A megfelelő tápanyagutánpótlási terv elkészítéséhez szükségesnek ítéltém meg a közegek aktuális mikro és makróelemeinek pontos ismeretét ezért szakértői vizsgálatot terveztem meg.

Az első talajszkenneres vizsgálatot 2022 szeptemberében végeztük és az eredmények ismeretében a gyepfelületekre betervezett őszi kálium túlsúlyos műtrágya helyett egy foszforban és káliumban szegény típust választottunk.

A 2023 -as év elején ismételt talajvizsgálatot végeztünk, az eredmények azt mutatták, hogy a kálium és magnézium szintje emelkedett, a foszfor megfelelő szinten van. A vizsgálati eredmények alapján a gyepfelületeknél „indító” nitrogén túlsúlyos műtrágyát szórtunk ki, minimális kálium tartalommal, az évelő és cserjefelületeket pedig algakészítménnyel permetezzük le mivel a 2022-es év nyara rendkívül aszályos és hőhullámokban gazdag volt és törekedtünk a légköri szárazság stresszhatásának elkerülésére.

A zöldfelületek egész évben vitális állapotot mutattak, hiánybetegségekre utaló tüneteket nem tapasztaltunk. A gyepfelületek őszi tápanyagutánpótlását ismételten elvégeztük burkolt hosszú hatástartalmú műtrágyával, hogy megfelelő kondícióval kerüljön át a pázsit felület a télbe.

A következő években továbbra is folyamatosan monitoringozni szükséges a zöldtető közegeinek paramétereit. A külső hatásokra, illetve a közegek állapotjellemzőiben történt változásokra leggyorsabban a gyepfelületek reagálnak. Az évelő felületek, különös tekintettel a díszfűvek jól tolerálják a tető extrém klimatikus viszonyait. A fás szárúak

tápanyagfelvételében jelentkező anomáliák, sok esetben, az észlelést követően már nagyon nehezen visszafordítható, ezért kiemelten fontos a megelőző specifikus talajvizsgálatok megléte. A tendenciákat továbbra is folyamatosan nyomon kell követni, a pH változás, K és Mg tartalom tekintetében.

Kiemelten fontos a jövőben egy a magyar klimatikus viszonyokra adaptált saját zöldtetőkre vonatkozó szabvány elkészítése.

Végezetül pedig munkám eredményességének szemléltetésére a 39.-40. ábrák mutatják az elemzett zöldterület dolgozat lezáráskori állapotát. Látható, hogy a növények az őszi időjárásnak megfelelő kondícióban várják a telet.

39. – 40. ábrák: A Néprajzi Múzeum zöldtető növényzete
(saját készítésű fotók)



7. IRODALOMJEGYZÉK

14/2005. (VIII. 10.) Budapest Hegyvidék XII. kerületi Önkormányzat rendelete a Budapest Hegyvidék XII. kerület Városrendezési és Építési Szabályzatáról

253/1997. (XII.20) Kormányrendelet az országos településrendezési és építési követelményekről, 5. számú melléklet: A tetőkertek és a vízfelület beszámítása a telekre előírt zöldfelületbe

Raji, B., Tenpierik, M.J., van den Dobbelsteen, A. (2015): The impact of greening systems on building energy performance: a literature review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45 (2015), pp. 610-623

Belügyminisztérium – VÁTI Nonprofit Kft. (2011): Klímabarát városok – Kézikönyv az európai városok klímaváltozással kapcsolatos feladatairól és lehetőségeiről, Belügyminisztérium – VÁTI, Budapest

Besir, A. B. – Cuce, E. (2018): Green roofs and facades: A comprehensive review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 82, Part 1, February 2018, Pages 915-939 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.106> Get rights and content

Budapest főváros önkormányzat (2013): Budapest 2030 Hosszú távú városfejlesztési koncepció,

Molineux, C.J., Fentiman, C.H., Gange, A.C. (2009): Characterising alternative recycled waste materials for use as green roof growing media in the UK, *Ecol Eng*, 35 (2009), pp. 1507-1513

Silva, C.M., Gomes, M.G., Silva M. (2016): Green roofs energy performance in Mediterranean climate *Energy Build*, 116 (2016), pp. 318-325

Darázs G., Hajdu I., 2013. Miért célszerű ösztönözni a zöldsítek építését? LV. Georgikon Napok. 2013. szeptember 26-27. Keszthely. p. 558-567

Dezsényi, P. (2021): A zöldsítek jelene és jövője Magyarországon, *Zöld városok Európában* kiadvány

Dezsényi, P. (2022): Zöldsítek ültetőközege és vegetációja a szakmai szabályozás tükrében, *Zöld Épületszerkezetek Konferencia – ÉMSZ*

Ecogardens.com (n.a): What Is the Best Green Roof Media Type?, <https://info.ecogardens.com/blog/what-is-the-best-green-roof-media-type> (2022. 10.17)

ELTE: Városi hősziget vizsgálatok műholdas és állomási mérések alapján, <https://nimbus.elte.hu/kutatas/varosklima.html>

Feng, H., Hewage, K. (2014): Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings, *Energy Build*, 75, pp. 281-289

G.-y Qiu, L.I. H-y, Q.-t Zhang, C. Wan, X.-j Liang, X.-z Li (2013): Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture, *J Integr Agric*, 12, pp. 1307-1315

Greenpeace: Élhető, klímabarát Budapest 2030, A Greenpeace Magyarország javaslatcsomagja, <https://www.greenpeace.org/hungary/elheto-klimabarat-budapest-2030/>

GRO (2014): The GRO Green Roof Code, Green Roof Code of Best Practice for the UK

Horváth, S. (n.a): Zöldtetők leggyakoribb hibái, és azok elkerülése, BME, <https://docplayer.hu/41728464-Zoldtetok-leggyakoribb-hibai-es-azok-elkerulese.html>

Institute for Economics & Peace (IEP) (2020) Ecological Threat Register 2020: Understanding Ecological Threats, Resilience and Peace. September 2020, 48.

Irga et al (2021): Green Roof & Solar Array – Comparative Research Project Final Report July 2021, University of Technology Sydney

Jones, D. L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., Deluca, T. H., Murphy, D. V. (2012) Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. *Soil Biol. Biochem.* 45. 113–124.

Jószainé, P.I. (2007): Zöldfelület-gazdálkodás, parkfenntartás, Mezőgazda Kiadó, pp 134-135

Kuchta, D. M (2022): What's the Difference Between Global Warming and Climate Change?, Treehugger, https://www.treehugger.com/global-warming-vs-climate-change-6503933?hid=160bfd259bb05eeef54c377034ecdcd761a9b77&did=876627-20221122&utm_campaign=treehugger-daily_newsletter&utm_source=treehugger&utm_medium=email&utm_content=112222&cid=876627&mid=102590097377&lctg=196391884

Kulich, G. (2019): Zöldfelületvédelem kihívásai egy nagyberuházás megvalósulásakor, különös tekintettel a favédelemre, SZIE Kertészettudományi Kar, szakdolgozat

Láng, I. (1962): Über den Antagonismus von Kali und Kalzium in einigen Pflanzen auf kalkhaltigen Sandböden in Ungarn. *Agrochimica.* 6. 358-365. 1962

Lehmann, J., Da Silva Jr, J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W. & Glaser, B., 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil.* 249. 343–357.

Marzluff, J.M., Alberti, M., G. Bradley, W. Endlicher, C. Ryan, E. Shulenberger, U. Simon, C. ZumBrunnen (2008): *Urban Ecology. An International Perspective on the Interaction between Humans and Nature*, Springer Science+Business Media LLC, Boston, MA (2008)

Ongjerth R., Szilágyi K., Berbekár É., Kristóf G., Zöld A., Szegedi S., Mika J., Bartholy J., Pongrácz R., Bozsó B., Lohász C., Baranka Gy., Gál T., Gulyás Á., Kántor N., Makra L.,

Unger J., Kohán Z., Péti M., Rideg A. (2011): Városklíma kalauz, Magyar Urbanisztikai Tudásközpont Nonprofit Kft.

Pál J. (n.a): Zöldtetők és zöldhomlokzatok, Levegő Munkacsoport, <https://mek.oszk.hu/13700/13754/13754.pdf>

Rékási, M., & Uzinger, N. (2015). A bioszén felhasználásának lehetőségei a talaj tápanyag-utánpótlásában–Szemle. *Agrokémia és Talajtan*, 64(1), 239-256.

Richards I.G. – Palmer J. P. – Barratt P. A. (1993): The Reclemation of Former Coal Mines and Steelworks. – *Studies in Environmental Science*; 56. pp. 253-279

Spalart, R. (1804-1811): Babylon: the city (above); the hanging gardens of Babylon

Stefanics, B., Ráskai-Kiss D., Sógor, G. (2021): Fahelyek és zöldsávok védelme a városi utak mentén, *Zöldinfrastruktúra füzetek* 6., Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatal

Szőke, A (2015): Extenzív zöldtetők, és azokon alkalmazott egyes Sedum fajok komplex értékelése, doktori (PhD) értekezés, Corvinus Egyetem

Thalmann, A. (1968): Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid. *Landwirtschaft. Forsch.* 21:249–258.

United States Environmental Protection Agency (EPA): Learn About Heat Islands <https://www.epa.gov/heatlands/learn-about-heat-islands>

UrbanGreen (n.a): The social and economic importance of green and blue areas, <https://www.urbangreenbluegrids.com/social/>

Veres Zs., Kotroczó Zs., Magyaros K., Tóth J. A., Tóthmérész B. (2013): Dehydrogenase Activity in a Litter Manipulation Experiment in Temperate Forest Soil. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 9: 25–33.

VGF&HKL (2009): Zöldülő tetők, Víz, gáz és fűtéstechika, 6. sz

Yuan, J. H. & - XU, R. K. (2011) The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic ultisol. *Soil Use Manage.* 27. 110– 115

[1]

(https://api.ligetbudapest.hu/files/lead_image/image/1375/md_b2520bb0eae297eed52fa7f24cc187c3.jpg)

[2] <https://talajreform.hu/tudasbazis/a-ph-ertekek-ertelmezese-egy-talajvizsgalatban/>

Nyilatkozatok

Konzulensi nyilatkozat**NYILATKOZAT****Kulich Gábor**

(név) (hallgató Neptun azonosítója: AASQ99)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
szakdolgozatot 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 javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

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



belső konzulens

Nyilatkozat a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről**NYILATKOZAT****szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről**

A hallgató neve: KulichGábor
A Hallgató Neptun kódja: AASQ99
A dolgozat címe: A NÉPRAJZI MÚZEUM TETŐKERTJÉNEK ÜLTETŐKÖZEG VIZSGÁLATA
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agrárkörnyezettani Tanszék

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

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 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