

Hajdúszoboszló Zöld-kékinfrastruktúra hálózat fejlesztését és fenntartását célzó stratégia

Hajdúszoboszló Város Önkormányzata



Hajdúszoboszló, 2026

Készítette: HBMFÜ Hajdú-Bihar Vármegyei Fejlesztési Ügynökség Nonprofit Kft.

Tartalom

Bevezetés.....	4
1 Előzetes vizsgálatok.....	6
1.1 Településtörténet, településszerkezet	6
1.2 Városi környezethez kapcsolódó jellemzők	10
1.3 A város szempontjából releváns éghajlatváltozási problémakörök és hatásviselők meghatározása, kitekintés 2050-ig	17
1.4 Akcióterületek meghatározása	24
1.5 Akcióterületek és értékelésük.....	26
1.6 Összefoglalás az akcióterületek értékeléséről és fejlesztési fókuszpontok meghatározása	36
2 Kék-és zöldinfrastruktúrát érintő pályázatok.....	41
3 Tervezés megalapozása, SWOT analízis.....	41
4 Tervezési javaslatok	46
4.1 Vízérzékenység a városokban - Városi szintű tervezői eszközök.....	46
4.2 Vízérzékenység a városokban - Tömb szintű tervezői eszközök.....	48
4.3 Vízérzékenység a városokban - Telek szintű tervezői eszközök.....	50
4.4 Javaslatok a fahelyek és zöldsávok védelmére városi utak mentén	55
4.5 Javaslatok a városi fák, fasorok állapotának javítására.....	61
4.5.1 Közmű- és egyéb vezetékek elrendezésének racionalizálása közterületen	61
4.5.2 Fák, mint a zöldinfrastruktúra közművei.....	61
4.5.3 Favédelem beépítése a tervezői, kivitelezői gyakorlatban	62
4.5.4 A várostűrő fák köre, javasolt növények.....	63
4.5.5 A városi fák telepítési követelményei	63
4.5.6 Talajjavítás, talajkeverékek alkalmazása.....	66
4.5.7 Fatörzsek és ültetőhelyek védelme.....	67
4.6 Zöldhomlokzatok – Függőleges zöldfelületek	70

4.6.1	Ökológiai előnyök	70
4.6.2	Társadalmi szerep és gazdasági hatás	72
4.6.3	Műszaki előnyök	73

Bevezetés

Hajdúszoboszló városa kiváló környezeti adottságokkal rendelkezik, területét három kistáj is érinti. Túlnyomó része a Hajdúság középtájon belül a Dél-Hajdúság kistájon fekszik (csak az északnyugati és keleti szöglete nyúlik át a Hajdúhátra), az összefüggő közigazgatási területtől térben is elválasztott nyugati rész pedig áthúzódik a Közép-Tisza-vidék középtáj, Hortobágy kistáj területére.

A város közigazgatási területén számos, különböző védettségi kategóriába sorolható érték osztozik. A belterületen is számos szépen fenntartott park, kiemelkedő, idős és fiatalabb fasor teszi változatossá a városi környezetet. A városvezetés a 2021-2027-es időszak Terület- és Településfejlesztési Operatív Program Plusz (TOP Plusz) forrásainak köszönhetően ennek az adottságnak megőrzését, társadalmi és gazdasági szempontú fejlesztését tűzte ki célul. A Stratégia létrejöttét a 2025-ös évben megjelent KEHOP_Plusz-2.2.1-25 „Zöld-kék infrastruktúra fejlesztések településeken (ERFA)” felhívás is indokolja. A pályázat keretében lehetőség adódik a zöldfelületek megújulására, továbbá a zöldfelületek társadalom és gazdaság számára szolgáltatott előnyei előtérbe kerülnek, várhatóan erősödik a terület zöld-kék infrastruktúra hálózata. Mindezek a napjainkban is tapasztalható, a klímaváltozáshoz köthető negatív hatások mérséklését, illetve az alkalmazkodás elősegítését támogatják.

A stratégia több célnak is meg kíván felelni. Egyrészt **szakmai megalapozását** jelenti a tervezett beavatkozásoknak, indokolja a kiválasztott fejlesztési területek szükségességét és további tervezési tanácsokat fogalmaz meg.

Emellett a munka keretében elindult egy **felmérésen alapuló összefoglaló** munka is, mely a város azon zöldterületeit mérte fel, amelyek karbantartásáról az önkormányzat gondoskodik. A tanulmány továbbá sorra veszi a helyi védettséggel bíró természeti értékeiket és területeit. Hajdúszoboszló zöldinfrastruktúra hálózatát a belterület vonatkozásában akcióterületekre osztottuk, a kijelölt zónák az aktuális Integrált Településfejlesztési Stratégiájában meghatározott akcióterületekkel összhangban kerültek kijelölésre. A térinformatikai rendszerben történő adatbázis kiépítés és megjelenítés segítséget nyújt a későbbi fejlesztések tervezési munkáiban. Az akcióterv a fentiekén túl a város hosszú távú **zöld stratégiáját** is jelenti, megfogalmazza a közeljövőben javasolt főbb beavatkozásokat, kijelöli a legfontosabb stratégiai irányokat.

A munka alapjait a Módszertani útmutató a zöld infrastruktúra fejlesztési és fenntartási akcióterv készítéséhez (2016) c. segédlet, Zöldinfrastruktúra útmutató - Segédlet

zöldinfrastruktúra fejlesztések tervezéséhez, megvalósításához (2024) c. segédlet jelentették, melynek ajánlásait a város adottságainak, a fejlesztés sajátosságainak figyelembevételével módosítottunk.

A zöldinfrastruktúra hálózat egy olyan koncepció, amely segít összekapcsolni az ökoszisztémákat, védi az ökoszisztéma-szolgáltatásokat, elősegíti a klímaváltozáshoz történő adaptációt, csökkenti annak hatásait.

Az Útmutató meghatározása szerint a jelen Stratégiánk jellegét tekintve egy olyan integrált terv, amely kiterjed:

- a település fejlesztésére,
- a klímavédelmi és klímaadaptációs intézkedésekre,
- a természeti erőforrások hosszú távú megőrzésére,
- az ökológia kapcsolatok fenntartására és fejlesztésére,
- a zöldfelület fenntartás műszaki és foglalkoztatási területére,
- a zöldfelület-gazdálkodásra,
- a zöldfelület-finanszírozásra,
- a csapadékvíz-gazdálkodásra,
- a szabadtéri rekreációra.

A dokumentum célja, hogy az Önkormányzat számára rendelkezésre álljon a település egészét átgondoló, ökológiai szemléletű, a zöldfelületeket integratív módon kezelő célrendszer, mely alapot ad a további fejlesztésekhez, tervezésekhez.

Az Előzetes vizsgálatok a város adottságainak feltárására irányultak, ezek alapozták meg a felmérés és elemzés módszertanát. A dokumentum keretében a zöld infrastruktúra elemek egyenként történő és a nagyobb területet (város közigazgatási területe, Városközpont) lefedő elemzését is elvégeztük. A SWOT elemzés összegzi a korábbi eredményeket, ami majd alapja lehet a város számára későbbi stratégiák meghatározásának.

1 Előzetes vizsgálatok

A fejezetben Hajdúszoboszló általános jellemzésén túl bemutatjuk a zöld infrastruktúra fejlesztés szempontjából fontos adottságokat. Az ehhez felhasznált információk korábbi stratégiákból, megalapozó tanulmányokból, KSH adattárakból származnak, melyeket személyes felméréssel és adatgyűjtéssel egészítettünk ki.

1.1 Településtörténet, településszerkezet

Hajdúszoboszló a Tisza elhagyott medrei és a Kösely-patak, Pece ér, Kadarcs és Hortobágy folyók által öntözött területen alakultak ki. Hajdúszoboszló jelentőségét a rajta áthaladó sóhordó út emelte ki. Hajdúszoboszló településszerkezetében koraközépkorig visszavezethető folytonosságot feltételezünk. A város első ránk maradt Beck Pál-féle térképén Hajdúszoboszló egy tipikus alföldi kétfeltek település képét mutatja, az 1608-ban letelepített hajdúság katona-paraszt életmódja által megkövetelt sajátosságokkal: a belsőséget körülölelő vizesárok és hajdúpalánk, valamint a templom külön erősítése a városon belül az állandó védekezésre való felkészülést szolgálták, míg az ólas kertek nagy száma és csekély beépítettsége a lovas katonasággal együtt folytatható, félnomád eredetű rideg állattartás dominanciájára utal. A szabályos utcahálózata tervszerű beépítésre utal, a beltek egyenlő nagyságúak voltak.

Hajdúszoboszló belső magja rendkívül zsúfolt volt. A Kösellyel párhuzamosan három utca alakult ki. A város északkeleti oldalán a házak utca nélkül álltak, kerítéssel nem voltak körülvéve és a járás telekről telekre történt. Az ún. Óvárosban rendkívül zsúfoltan lakott és élt a lakosság egészen a XVII. század közepéig. Mivel az állattenyésztés a zsúfolt beltekben nem volt lehetséges, a lakosság is szaporodott, így a XVIII. század kezdetétől fokozatosan a külsőségekbe, a kertekbe irányult a település.

A XIX. század mezőgazdasági fellendülése elsősorban a határművelésben hozott változást: az akkorra végleg elnéptelenedett környező falvak határát magába olvasztva a szántóterületeket terjesztették ki, és megindult a mocsarak lecsapolása. Ezzel a folyamattal párhuzamosan beindult az ólaskertek beépítése, a régi csapások, ösvények helyén a jórészt máig fennmaradt szabálytalan utcahálózat és a későbbi városrészek kialakulása, ezek neveikben máig őrzik eredetüket. A XX. század elejéig a város beépített területe sokat nőtt, inkább sűrűsödött, tagolódott. Hajdúszoboszló életében döntő változást hozott a szénhidrogén-kutatási program. A geológusok előzetes kutatásai után 1924. nyarán Bánomkert elnevezésű részén indult el. Ekkor kezdődött a Bánomkert beépítése, amely keleti irányba jelentős rekreációs üdülő célú területtel bővítette a várost. A Budapest – Debrecen országút kiépítésével a fürdőterület előkelő helyet

kapott a város szerkezetében. 1935-ben elkezdődött a gyógyintézeti rész kiépítése, két évre rá pedig az elfolyó meleg vizet felfogó mélyedésből – az egykori Pece-patakon kialakult tómeder helyén – csónakázótavat létesítettek, mintegy 40.000 négyzetméteres vízfelülettel. Ebben az időszakban épült ki a város későbbi keleti terjeszkedését lehetővé tevő Hőforrás utca az egykor mocsaras terület feltöltésével, amely az egyre nagyobb forgalmú vasútállomást kötötte össze a fürdő területével. A város szerkezetét érintő legjelentősebb változások 1960 után történtek: a fürdő területét jelentősen bővítették. Ezzel párhuzamosan megindult a szállodasor és a fürdőhöz kapcsolódó hétvégi házas terület kiépülése is. Az időszak iparfejlesztési törekvései a vasút mindkét oldalán jelentős kiterjedésű ipari területek létrehozását eredményezték. A város folyamatosan növekvő lakossága számára először a Hőforrás úton túli területen osztottak telkeket, majd a régi városközpont és a fürdő közötti területen megépült a lakótelep. A korszak településrendezési elképzeléseinek megfelelően szétrombolta a város e területének korábban kialakult szerkezetét. A korszak rendezési terveinek szabályozása következtében lassan megszűntek az eredeti úthálózat esetlegességei, szabályos utcaszélességek és többé-kevésbé szabályos telekosztás kezdett kialakulni. A termálvíz korán meginduló hasznosítása a település városképére rányomta bélyegét. Kialakult az a jellegzetesség, hogy két városközpont is létezik: a régi, a mai Hősök tere környékén, és az új, középpontjában a gyógyfürdővel.

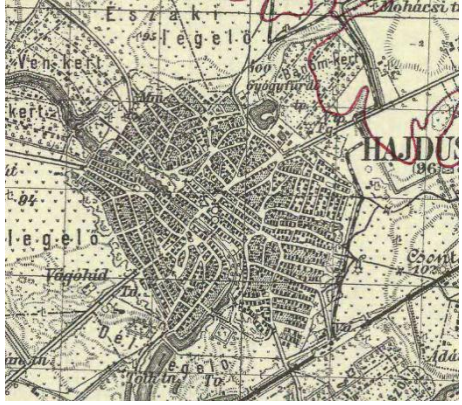
	
Hajdúszoboszló az első katonai felmérésen (1780-1784). Forrás: mapire.eu	Hajdúszoboszló a második katonai felmérésen (1806-1869). Forrás: mapire.eu

1. ábra Hajdúszoboszló az első és második katonai felmérésen

Hajdúszoboszló régi településmagjára a tervezett letelepítésből adódóan a szabályos úthálózati rendszer a jellemző. Az utak egymással párhuzamosak, melyek keskeny, hosszú tömböket fognak közre. A külső területek úthálózatát a halmazos településformából adódóan a zezgugos, szabálytalan úthálózati rendszer jellemzi, főbb elemei a lakosság és az állatállomány által

leggyakrabban használt járások egykori nyomvonalát követik. Az északi és a déli településrész úthálózati rendszere között kirajzolódó különbség oka az egykori Pece-parti részek vizenyősebb voltához való igazodás: az északi rész úthálózata centrális jellegű, több szárazulati központ köré szerveződött, míg a déli részen a párhuzamos utak rendszere folytatódik, hatalmas tömböket körülzárva, melyeket árkok, zsákutcák tárnak fel.

A település peremének tovább épülése logikus folytatása volt a belső területek szerkezetének, amely szerves kapcsolatban állt a település határával is. A két zóna közti határ az északi részen lényegében elmosódik. Az utcák vonalvezetése rendszerint enyhén ívelt, helyenként kisebb-nagyobb beszögellésekkel tagolt, a belső városrészben keskenyebbek, a külső részeken azonban kifelé haladva szélesednek. Az utcakép szellős, a beépítés rendszerint oldalhatáron álló, csak a központ közelében válik zárt sorúvá, hézagosan zárt sorúvá, ezzel párhuzamosan az utcakép is városiasabbá, rendezettebbé válik. Elsődleges hálózati elemként jelentkezik Hajdúszoboszlón a főutca (Dózsa Gy. u.-Szilfákajla u.-Debreceni u.), amely a város kevés határozott vonalvezetésű útvonalainak egyike. Másodlagos úthálózati elemként tekinthetők a már kialakult úthálózat besűrűsödéséért felelős „zugok” és az egykori patakmeder árkai. Az úthálózat ilyenfajta kialakulása a tervszerűtlen beépítés eredménye. Az elsődleges hálózatok és a besűrűsödést létrehozó másodlagos hálózatok adják a magyarázatát a látszólag szabálytalan, rendszertelennek tűnő halmazos alaprajz kialakulásának. Hajdúszoboszló tömbszerkezete a város belső, központi részein éppoly szabályosnak tekinthető, akár csak az úthálózat. Mivel ezek szoros összefüggésben állnak egymással, nem is lehet őket külön választani. A központ legnagyobb részén a kis méretű, többé-kevésbé szabályos telekosztás a jellemző. A tömbök kétsoros mélységűek, beépítettségük szabályosnak tekinthető. A telekhasználatban ennek megfelelően nem alakulhatott ki funkcionális tagozódás a lakó- és a gazdasági épületek, esetenként műhelyek, mindig a telek nagyságának, alakjának és a szomszédos telkek beépítésének függvényében helyezkednek el, a használhatóság szempontjából legracionálisabb elrendezésben. A településmagból kifelé haladva, a történelmileg később beépült területen is két teleksor a jellemző, de a telkek mérete sokkal nagyobb.

	
Hajdúszoboszló a harmadik katonai felmérésen (1869-1884). Forrás: mapire.eu	Hajdúszoboszló a negyedik katonai felmérésen (1896-1914). Forrás: mapire.eu

2. ábra Hajdúszoboszló a harmadik és negyedik katonai felmérésen

Az egysoros mélységű tömbök az egykori patakmeder mentén rajzolódnak ki. Itt már kialakulhatott a telekfelhasználás funkcionális tagolódása: Az utca felé a lakóház néz, a lakóház után, rendszerint azzal egybeépítve következnek a gazdasági épületek és a kertrészek. A várost a peremrészek a déli, délkeleti és részben a nyugati irányból szabályos téglalap alakú tömbök határolják, amik zárt beépítésűek, csak a külső, külterülethez csatlakozó telkek tömbjei nyitottak. A hagyományostól eltérő tömb és telekszerkezetet képvisel a fürdő és a vasút melletti ipartelepek területe. A köz- és magánterületek határa fellazul, elmosódik, a jellemzően nagy méretű épületek a tömbök belsejében, elszórtan helyezkednek el. Kisméretű, sűrűn beépített tömbök a város keleti részén, hétvégi házas beépítésű területen találhatóak. A települések terei általában az elsődleges települési hálózatok csomópontjaiban alakulnak ki. Minden tértípusnak, térformának jellemzője azonban a térhez kapcsolódó környezeti minőség, az épített környezet, valamint a funkcionális tartalom is. Hajdúszoboszló településformája a kertes település jellemzőit hordozza magán. Az úthálózat a régi településrészekben is őrzi a zegzugos eredeti településszerkezetet. Az utcák és térformái egymással szoros kapcsolatban állnak, egymást kölcsönösen feltételezik, a város terei valójában nem választhatóak el az utcahálózattól, azok elágazásainál, néha egy-egy eltérően beépített házhely mellett alakulnak ki. A városban rendkívül kevés a „klasszikus” térszituáció. Sokkal jellemzőbbek a rendkívül széles, önmagukban is térszerű, nagy zöldfelülettel bíró utcák, melyek legszebb példája a Szilfák alja gondosan parkosított, sétányszerűen kihelyezett szakasza, mely hosszú térsorrá fűzi fel a belváros Hősök tere és a fürdő előtti tér közötti szakaszt.

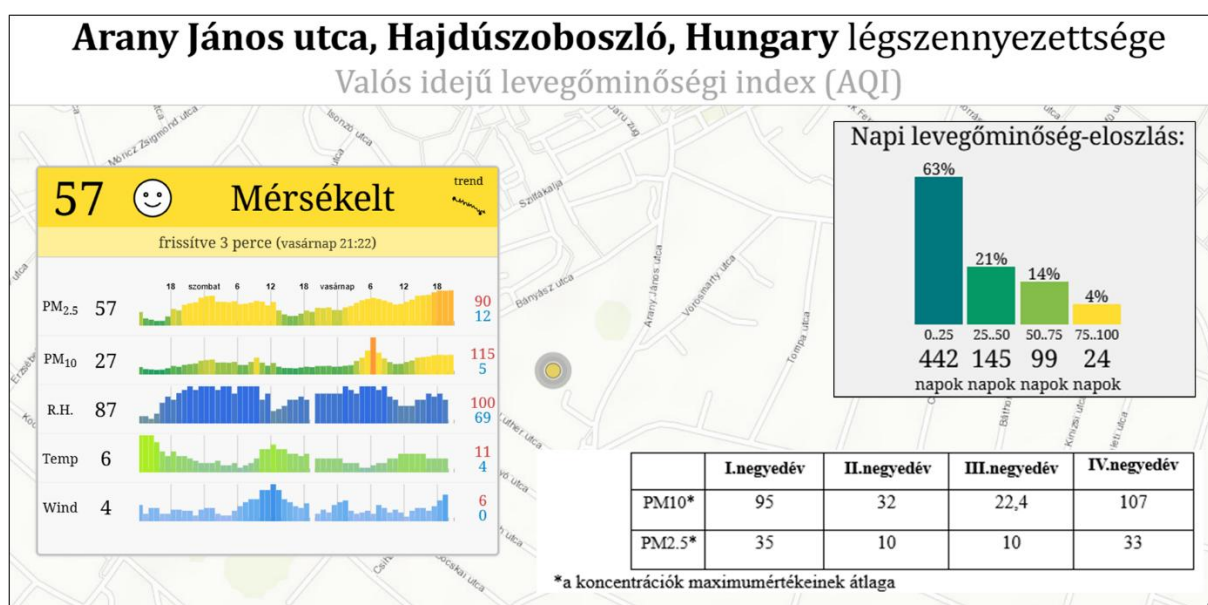
1.2 Városi környezethez kapcsolódó jellemzők

Az alábbiakban a városi környezethez kapcsolódó jellemzőket tekintjük át. A kiválasztott tényezők adatsoraiból Hajdúszoboszló levegőtisztaságára, hőmérsékletére és általános környezeti állapotára fókuszálunk.

Szálló por

A városban két darab szálló por (PM 10 és PM 2.5 frakció) mintavető ponton végeznek méréseket (World Air Quality, aqicn.org/station).

Az Arany János utcai mintavételi hely nagyobb forgalmú városi tengelyhez, gyűjtőúthoz és turisztikai csomópontához köthető. A mérések kezdete óta 63%-ban a legjobb minőségi kategóriába esik a levegőminőség, a napok 21%-a közepes, a gyengébb, illetve kifejezetten rossz kategória csak a napok kevesebb mind 20%-ában voltak jellemzőek. Ez azt jelzi, hogy rendszeresen előfordulnak terheltebb időszakok, nem elszigetelt eseményekről van szó.

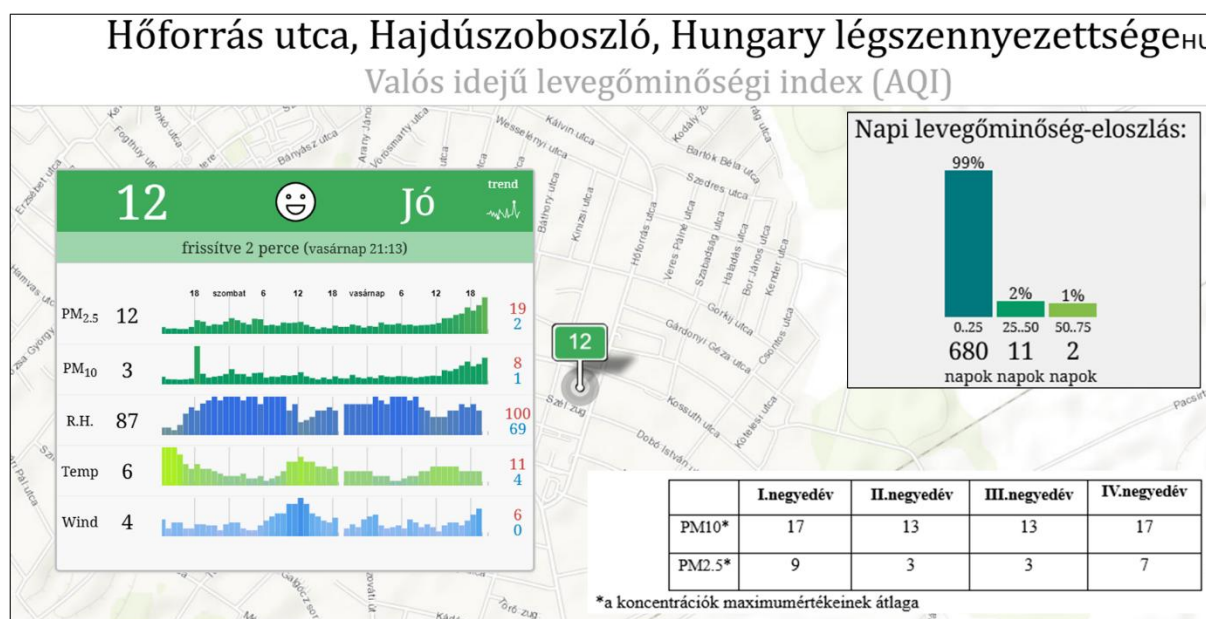


3. ábra Levegőminőségi adatok Hajdúszoboszlón, forrás: aqicn.org/station

A rosszabb napok száma (összesen közel 170 nap a közepesnél rosszabb tartományban) jelentős antropogén hatásra utal. Az I. és IV. negyedévben tapasztalt kiugró értékek a fűtési szezonhoz köthető emissziók, valamint a kedvezőtlenebb meteorológiai viszonyok (inverzió, szélcsend) egyértelműen megjelennek, tehát a szmoghelyzettel hozható összefüggésbe. A belvárosra jellemző az átmenő forgalom, parkolóterhelés, autóbuszos turizmus (fürdő, szállodák, rendezvények), szezonálisan megugró gépjárműszám (nyár, hosszú hétvégék). A nyári időszakban a turizmus, télen pedig a fűtési emissziók egyaránt hozzájárulhatnak a szennyezéshez. A nyári főszezon és az őszi–téli wellness időszak eltérő módon terheli a levegőt. A mintavételi pontunk adatai alapján a turizmushoz kapcsolódó forgalom kimutatható hatással

van a szállópor-koncentrációkra. A beavatkozási lehetőségek fókuszálhatnak a forgalomcsillapításra, parkolás átszervezésére, aktív közlekedési kapcsolatok erősítésére, továbbá a fasorok, zöldsávok telepítésére, felújítására.

A Hőforrás utcai helyszínen szinte folyamatosan kedvező a levegőminőség. A napok 99%-ában a legjobb minőségi osztályba (0–25) esik a levegőminőség. Csak nagyon elszórtan jelennek meg közepes vagy gyengébb napok (összesen 13 nap). Ez a pont stabilan jó levegőminőséget mutat, alacsony ingadozással. Ez a pont kevésbé érintett helyi kibocsátásokkal, illetve jobb a szellőzési és zöldfelületi környezete, kisebb a gépjármű-terhelés.



4. ábra Levegőminőségi adatok Hajdúszoboszlón, forrás: aqicn.org/station

A városrészben a lakófunkció az elsődleges, így kevésbé érzékeny a szezonális terhelésekkel szemben. Ez a mintavételi hely inkább referenciapontként szolgálhat a jó levegőminőséget biztosító városszerkezeti elemek azonosításához. A két pont közötti különbség jól alátámasztja, hogy a közlekedés és a turizmus térbeli koncentrációja közvetlenül hat a levegőminőségre, ezért a zöld-kék infrastruktúra fejlesztése nemcsak környezeti, hanem egészségügyi és turisztikai versenyképességi kérdés is.

Lakóingatlanokon végzett hulladékégetések

A problémát alapvetően az avar és kertihulladék kültéri égetése, valamint a fűtési szezonban a fűtőberendezésekben a települési szilárd hulladék illegális elégetése jelenti. Ennek a tevékenységnek a kapcsán az eljáró hatóság a járási építésügyi hivatal. Az előzőekben ismertetett tevékenységeket alapvetően jogszabályok is tiltják. Ezen túlmenően az avar és kerti hulladékégetést helyi rendelet is szabályozza, amely természetesen kötelmeket is tartalmaz a tevékenységgel kapcsolatban.

Állattartásból származó bűzforrások

A település múltjából adódóan az állattartásnak jelentős hagyományai vannak, amellyel kapcsolatban azért szükséges megemlíteni azt is, hogy ma már a mértéke korántsem akkora, mint 10 vagy éppen 20 évvel ezelőtt. Az állattartással kapcsolatban a 18/2003 (X.16.) önkormányzati rendelet meghatározza az állattartási tilalmakat és korlátozásokat. A rendelet szerint a gyógyhely és védőterületén ingatlanonként és állatfajonként egy darab, kedvtelésből tartott állat kivételével minden állat tartása tilos. Az állattartásból származó bűz természetesen alapvetően két okra vezethető vissza. Az egyik ok az, hogy vannak olyan állattartók, akik nagyobb mennyiségű állatot tartanak, amelyek eleve predesztinálják a bűz megjelenését. Ezen túlmenően a nyári időszak az, amely a kisebb állattartók esetén, a nyári melegben generál bűzből eredő problémákat.

A nyári időszakban a kiporzásból származó porterhelés

A település jelentős részén az utak már szilárd burkolattal rendelkeznek. A nyári időszakban, a száraz időjárási körülmények között azonban a burkolt útfelületeken jelentős mértékű porfelverődés tapasztalható. A fentiekben ismertetett problémák kezelése indokolt, mivel bár műszaki szempontból kisebb terhelést jelentenek, a lakosság számára jelentős környezeti és életminőségi problémát okoznak.”

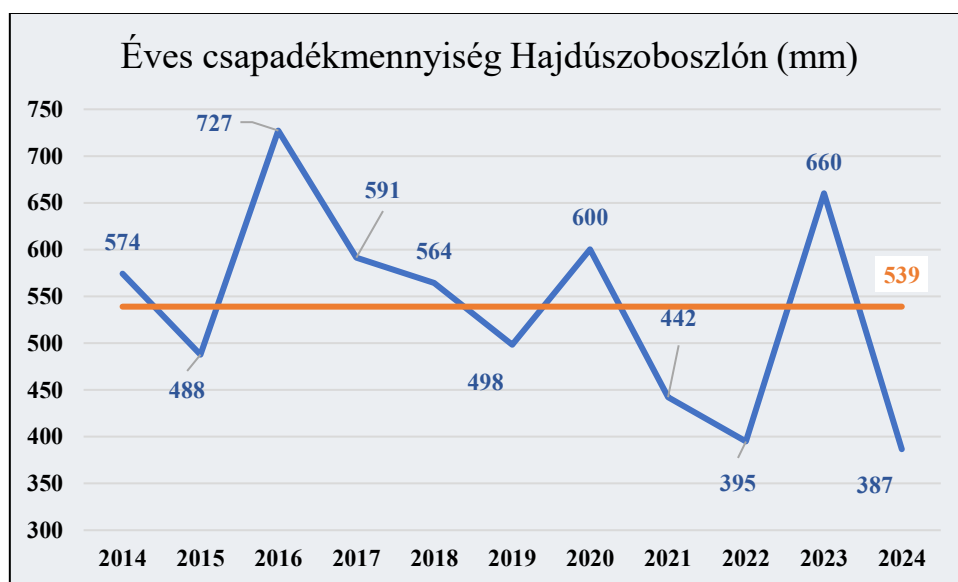
Csapadék és hőmérséklet adatok

A klímaváltozás negatív hatásai miatt a hőmérséklet és a csapadék adatok nyomon követése a lakosság körében is egyre nagyobb figyelmet kap. A szélsőséges időjárási eseményeket a lakosság valamennyi korosztálya megtapasztalja. Ugyanakkor nem mehetünk el a mellett a megállapítás mellett, hogy a hőmérséklet emelkedése, a csapadékok nem megfelelő eloszlása, az aszályos időszakok növekedése nem csak mezőgazdasági területeken, az erdőkben vagy épp a felszíni vizeknél okoz súlyos (gazdasági) károkat, hanem a települések zöldfelületi rendszerében is.

A HungaroMet adattárában elérhető csapadékadatok elemzése rávilágított, hogy az elmúlt évtizedben az éves csapadékmennyiségben egy csökkenő tendencia figyelhető meg, valamint a szélsőséges csapadékvizonyokat produkáló évek váltakozása is egyértelműen beazonosítható.

Az ábráról leolvasható, hogy a vizsgált időszakban átlagosan 539 mm csapadék hullott Hajdúszoboszlón. Az átlagtól való szabálytalan eltérést a táblázatok értékei is bizonyítják. A havi csapadékadatokat bemutató táblázatban a kék színnel a legcsapadékosabb éveket és hónapokat emeltük ki, piros színnel viszont a legszárazabb időszakokat jelöltük. Kijelenthető,

hogy a két legcsapadékosabb hónapokban akár az éves mennyiség 20-30%-a is leeshetett. A klímaváltozás egyik következménye, hogy a szélsőséges csapadékeloszlással jellemezhető időjárási események egyre gyakoribbá válnak. A települési vízgazdálkodásnak fel kell készülnie a szélsőséges helyzetekre, aminek ki kell térnie a hirtelen, rövid idő belül hulló magas csapadékmennyiségre és azok kártételeire, valamint a csapadékmentes, aszályos időszakok hosszának növekedésére.



5. ábra Csapadék mennyiség eloszlása Hajdúszoboszlón forrás: odp-met.hu

1. táblázat Az éves csapadékmennyiségek átlagtól való eltérése

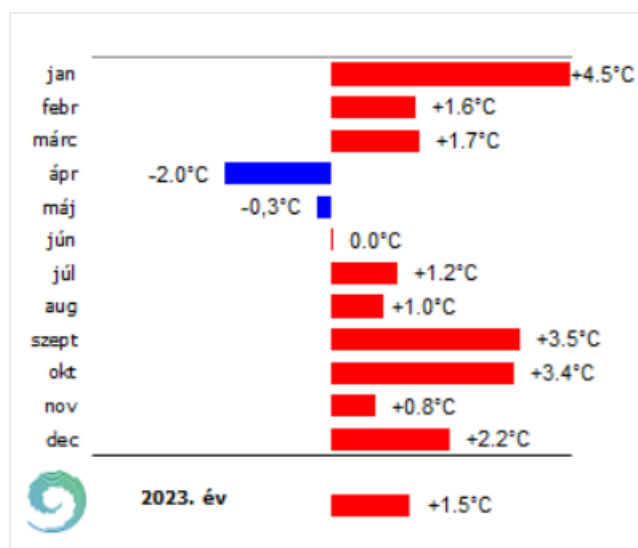
Év	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Eltérés	36	-51	188	53	25	-41	62	-97	-144	121	-152

2. táblázat Az éves csapadékmennyiségek havi bontásban

	január	február	március	április	május	június	július	augusztus	szeptember	október	november	december
2014	32	26	9	60	45	16	134	29	87	71	28	38
2015	43	15	11	12	62	44	19	96	53	82	43	8
2016	67	87	36	8	69	162	92	50	32	77	43	4
2017	26	38	20	41	34	87	57	44	65	32	52	96
2018	30	61	87	21	72	98	31	24	30	8	49	54
2019	46	8	11	48	88	43	62	10	46	13	81	43
2020	24	44	43	19	38	116	102	47	39	66	17	47

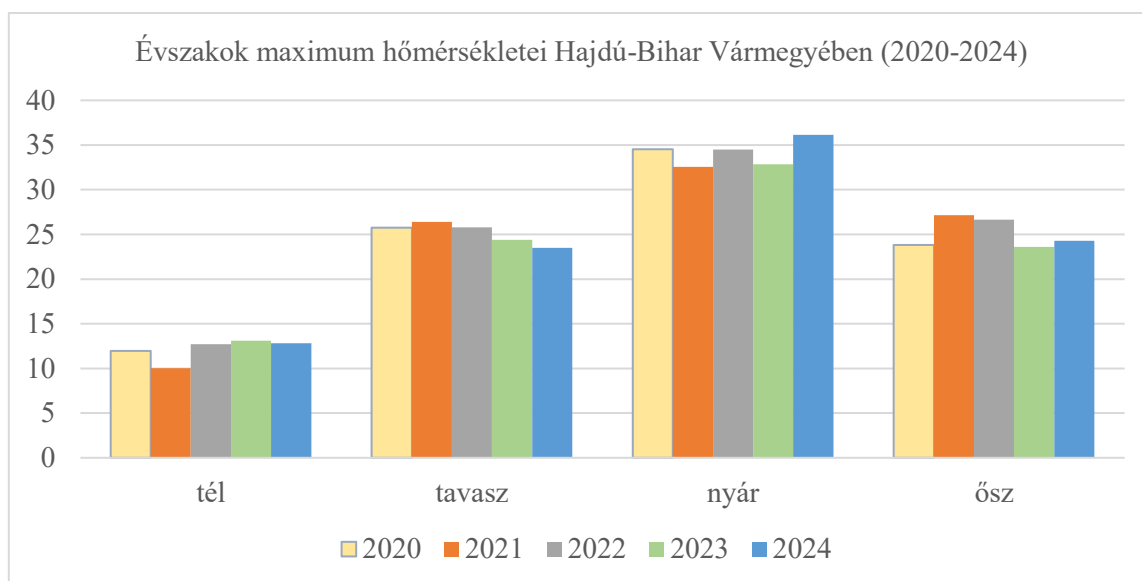
2021	51	39	17	63	72	6	18	47	13	13	49	54
2022	12	12	9	36	17	22	11	19	105	4	51	98
2023	59	15	53	44	42	79	37	59	36	39	132	65
2024	28	10	11	33	43	79	11	15	60	43	39	14

A levegőhőmérséklet tekintetében megállapítható, hogy 2023-ban kettő olyan hónap (április és május) volt, amikor az 1991-2020-as sokévi átlagnál alacsonyabb volt a középhőmérséklet (3. ábra). A többi tízből nyolc hónap legalább 1 °C-kal melegebb volt az 1991-2020-as normálnál. A legnagyobb különbség januárban adódott (+4,5°C), míg 3 °C-ot meghaladó anomáliát tapasztaltunk szeptemberben és októberben is. A 2023-as ősz a legmelegebb volt 1901 óta, melyhez hozzájárult, hogy a szeptember az 1., míg az október a 3. helyre került az 1901-2023-as időszakot felölelő sokéves adatsorban. A 2022/2023-as tél pedig a 2 legmelegebb lett ebben a 123 éves idősorban, melyben nagy szerepe volt a januárnak, ami szintén a 2. legmelegebb 1901 óta.



6. Az országos havi középhőmérséklet eltérése a sokévi (1991-2020-as) átlagtól 2023-ban (homogenizált, interpolált adatok alapján)

A 2020-2024 közötti időszak évszakainak maximumhőmérsékleteit átlagolva, azt a következtetés vonhatjuk le, hogy a téli és nyári évszakokban emelkedő trend figyelhető meg a hőmérséklet maximum értékeiben.



7. ábra Évszakok maximum hőmérsékletei Hajdú-Bihar Vármegyében (2020-2024, forrás: <https://odp.met.hu/>)

Talajvízszint vizsgálata

A Hajdúszoboszló területén elhelyezkedő 2631. jelű talajvízkút 2020–2025 közötti negyedéves adatai alapján a település talajvízviszonyai összességében stabilnak tekinthetők, ugyanakkor markáns szezonális ingadozást mutatnak. A mért értékek éven belül és évek között egyaránt érzékenyen reagálnak a csapadékviszonyokra, a párolgás mértékére, valamint az emberi vízhasználatra. Az idősor nem jelez tartós, lineáris csökkenő trendet, azonban egyes évek – különösen 2023 – alacsonyabb talajvízszintjei figyelmeztető jelként értelmezhetők. A 2024–2025-ös időszakban tapasztalható részleges regeneráció arra utal, hogy a rendszer még rendelkezik természetes utánpótlódási képességgel, de ez egyre inkább külső feltételekhez kötött. A negyedéves bontás alapján a talajvízszintek jellemzően az év második felében (III–IV. negyedév) magasabbak, míg az év elején (I. negyedév) alacsonyabb értékek dominálnak. Ez összefüggésbe hozható a téli csapadék késleltetett beszivárgásával, a vegetációs időszak magas párolgási veszteségeivel, valamint a nyári időszak megnövekedett vízigényével.

3. táblázat A talajvíz szintje 2020-2025 között negyedéves bontásban (forrás: data.vizugy.hu)

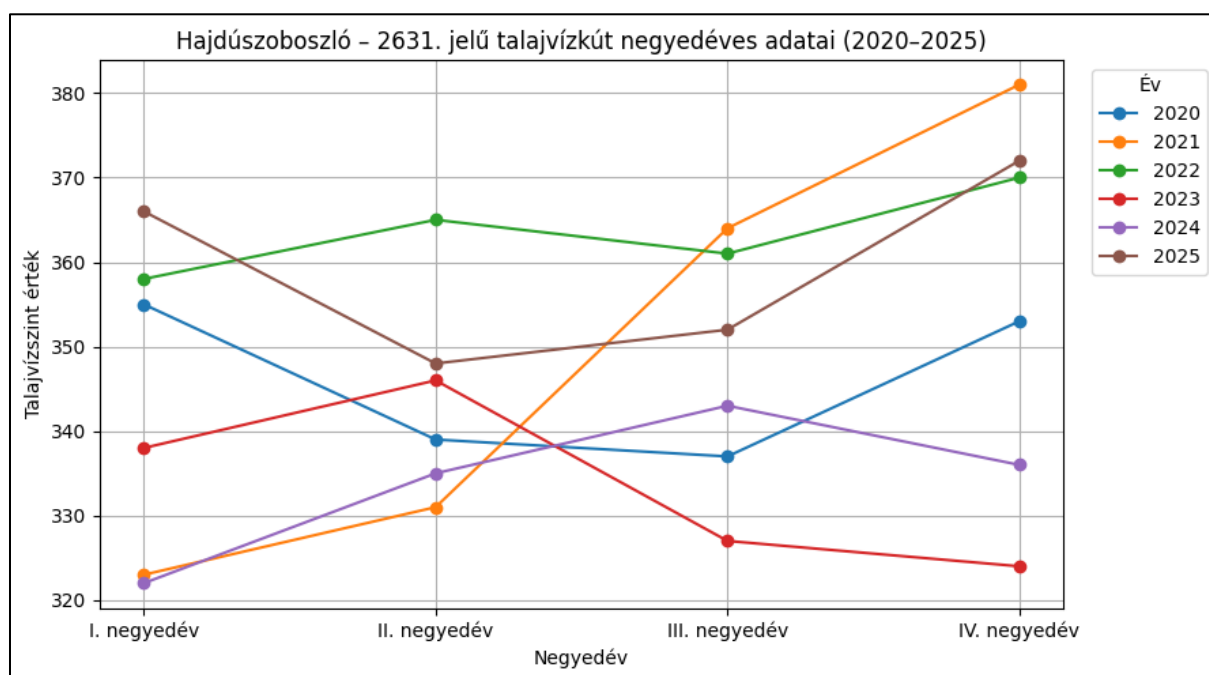
Év/Negyedév	I	II	III	IV	Éves átlag (cm)
2020	355	339	337	353	346
2021	323	331	364	381	350
2022	358	365	361	370	364

2023	338	346	327	324	334
2024	322	335	343	336	334
2025	366	348	352	372	360

Az évek közötti eltérések rámutatnak arra, hogy a talajvízrendszer működése egyre inkább kitett a szélsőségesebb időjárási eseményeknek, amelyek a klímaváltozás hatására gyakoribbá válnak.

A klímaváltozás következtében Hajdúszoboszló térségében is jellemzővé válik a csapadék időbeli egyenlőtlensége: hosszabb száraz időszakokat rövid, intenzív csapadékesemények szakítanak meg. Ezek az események a városi, burkolt felszíneken gyors lefolyást eredményeznek, miközben a talajvíz természetes utánpótlása korlátozott marad.

A 2631. jelű kút adatai alapján megállapítható, hogy a talajvízszint csökkenésének kockázata nem elsősorban az éves csapadékmennyiséghez, hanem annak hasznosulásához kapcsolódik. A beszivárgás csökkenése, a növekvő párolgás és a turisztikai, valamint városi vízhasználat együttesen fokozzák a rendszer sérülékenységét.



8. ábra Talajvízszint változások Hajdúszoboszlón 2020-2025 között, forrás: <https://data.vizugy.hu/>)

A talajvízkút adatai egyértelműen alátámasztják, hogy a zöld-kék infrastruktúra fejlesztése Hajdúszoboszlón nem csupán környezetvédelmi, hanem klímaadaptációs és vízgazdálkodási szükségszerűség. A csapadék helyben tartása, a beszivárgás növelése és a párolgási veszteségek csökkentése nélkül a jelenlegi kedvezőbb állapot hosszú távon nem garantálható.

A településfejlesztési döntések során ezért indokolt a természetalapú megoldások előtérbe helyezése, különösen a beépített, burkolt felületek által dominált városi környezetben.

1.3 A város szempontjából releváns éghajlatváltozási problémakörök és hatásviselők meghatározása, kitekintés 2050-ig

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) éghajlati adatbázisára támaszkodva megállapítható, hogy az éghajlati paraméterek a következő évtizedekben tovább módosulnak a város környékén (is). Míg az évi átlaghőmérséklet alakulásának irányában teljes összhang mutatkozik az egyes modellek eredményei között, addig annak mértékében megfigyelhetők némi eltérések, biztosnak látszik azonban, hogy már a következő évtizedek (2021-2050) átlagos éves hőmérséklete is mintegy 0,5 - 2 °C-kal haladhatja meg a XX. század végének (1971-2000) azonos értékeit. Az éves csapadékmennyiség várható alakulását tekintve ugyan kifejezetten bizonytalan eredményeket adnak a különböző modellek (egyesek az éves csapadékmennyiség csökkenését, míg mások annak növekedését vetítik előre), ugyanakkor egyeznek abban, hogy a csapadék évi eloszlása egyértelműen szélsőséesebbé válik, így az özvízszerű esőzések és az aszályos periódusok gyakorisága is minden bizonnyal nőni fog. Az éghajlati jellemzők változásai azonban nem önmagukban, hanem a természeti-társadalmi-gazdasági rendszerekre gyakorolt hatásaik révén jelentenek kihívást Hajdúszoboszló mindennapjaira a következő évtizedekben.

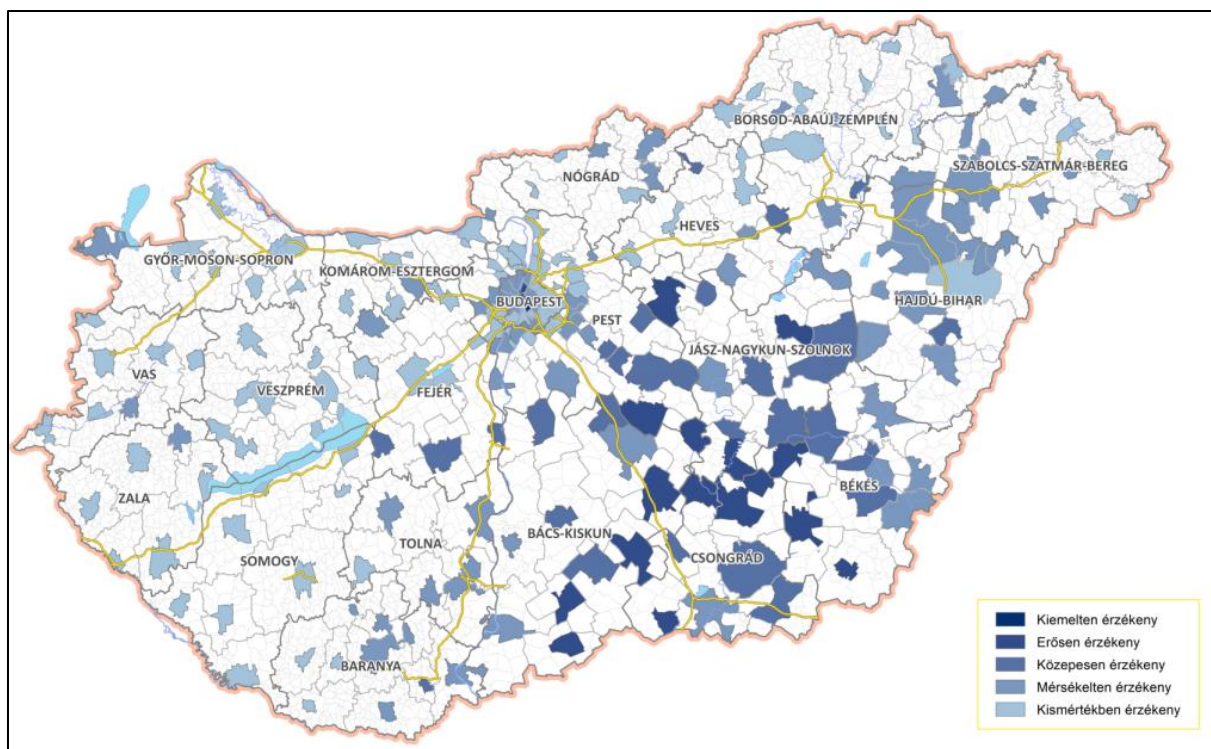
Az éghajlatváltozás nem kizárólag az évi átlaghőmérséklet növekedésében nyilvánul meg, hanem a szélsőséges időjárási események gyakoriságának fokozódásában is, amelyek közül az egyik legközismertebb és leginkább érezhető a nyári hőhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése. Hajdúszoboszló térsége az elmúlt évtizedekben az ország hőhullámokkal közepes mértékben sújtott térségei közé tartozott, évente átlagosan 10-12 napon haladta meg a napi középhőmérséklet a 25 °C-ot, ami komoly megterhelést jelent az emberi szervezet – különösen az idősek, csecsemők, valamint a szív-és érrendszeri betegségben szenvedők – számára. A hőségriadós napok számának jövőbeli alakulására a klímamodell-futtatások eredményeiből lehet következtetni. A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerben ALADIN regionális klímamodell alapján a 2021-2050-es időszakban 20-25 nappal nő a hőségriadós napok átlagos évi száma az 1961-1990 közötti bázisidőszakhoz képest. A szélsőségesen magas hőmérséklettel járó időszakokban statisztikai módszerekkel kimutatható a halálozások számának növekedése. A jövőre vonatkozó éghajlati projekciókat is figyelembe véve az valószínűsíthető, hogy – a hőhullámok intenzitásának és gyakoriságának

növekedése következtében – a hőhullámos napokon jelentkező többlethalálozás mértéke nőni fog, mint a kevésbé forró napokon. A szélsőséges hővel kapcsolatos kockázat tehát várhatóan nőni fog a következő évtizedekben Hajdúszoboszlón.

Az épületállomány három eltérő szempont mentén is kapcsolatban áll az éghajlatváltozással. Egyrészt az – elsősorban fűtési célú – energiafelhasználás révén meghatározó jelentőségű üvegházhatásúgázok-kibocsátónak minősül. Ugyanakkor a szélsőséges időjárási események (pl. szélviharok, a hőhullámok, a tartós fagyok, a szélsőséges csapadékesemények) és azok következményei (pl. villámárvizek, belterületi elöntések) változatos módon veszélyeztethetik az építmények, épületek szerkezetét, állékonyságát, tehát az épületállomány egyben „elszenvedője” is az éghajlatváltozásnak. Harmadrészt az épületek jellemzői közvetett módon a bent tartózkodók komfortérzetére, egészségére is hatnak, különösen az egyre gyakoribbá és intenzívebbé váló nyári hőhullámok idején lehet meghatározó tényező e szempontból az épületek túlmelegedése (vagy annak elkerülése megfelelő műszaki és egyéb megoldásokkal). Az egyes települések épületállományának éghajlatváltozással szembeni sérülékenysége tehát összességében elsősorban az alábbi tényezők függvénye:

- éghajlati paraméterek várható változása, különös tekintettel az extrém csapadékösszegű, extrém szellőkésekkel érintett, valamint jelentős hőmérsékleteséssel jellemezhető napok éves átlagos értékeinek várható változásaira;
- az épületek építési éve és falazati anyaga;
- a klímaváltozásra visszavezethető kedvezőtlen hatások megelőzését, kivédését szolgáló alkalmazkodóképesség mértéke (pl. lakosság koreloszlása, képzettségi szintje, jövedelmi viszonyai alapján).

A NATÉR keretében közelmúltban elkészült, a fenti tényezők együttes hatását vizsgáló értékelés megállapításai szerint az éghajlatváltozás következményei ugyan összességében kedvezőtlen hatást gyakorolhatnak Hajdúszoboszló lakóépületállományára a következő évtizedekben, e hatás mértéke azonban kismértékű. Az éghajlatváltozás épületszerkezet-károsító hatásai közül a városban mindenekelőtt az extrém (30 mm-t meghaladó) csapadékösszegű napok számának növekedésére kell felkészülni a klímamodell-projekciók alapján.

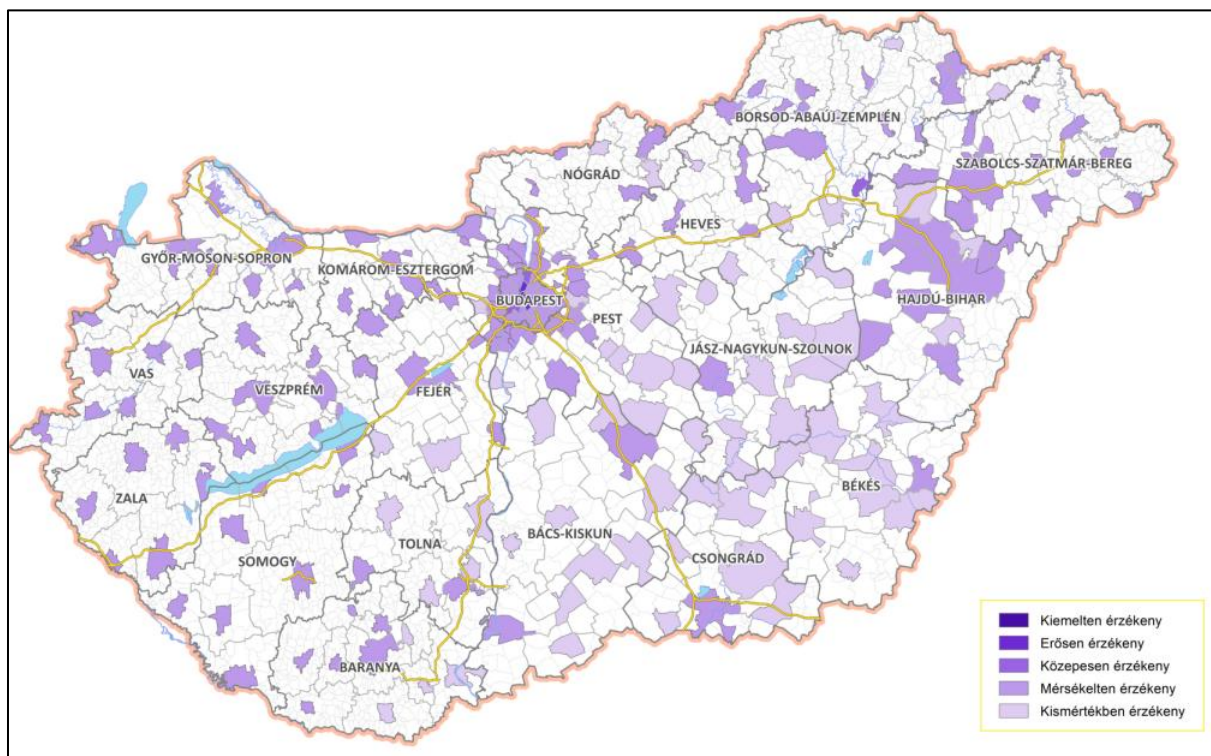


9. Épületérzékenység a 30 mm-t meghaladó csapadékeseményekkel érintett napok éves átlagos számának változásával szemben, forrás: Lechner Tudásközpont, 2018

Az egyre gyakoribbá váló lokálisan jelentkező extrém csapadékmennyiségek, annak következtében kialakuló belterületi elöntések kedvezőtlen hatásaival egyértelműen számolni kell a következő évtizedekben. Hirtelen és nagy mennyiségben összegyűlő csapadék elvezetése mind a magastetős, mind a lapostetős kialakítás esetében is növekvő problémát jelent. A korábbi tapasztalatokon nyugvó műszaki előírások szerint méretezett vízelvezető rendszerek sem minden esetben tudnak megbirkózni a rövid idő alatt lezúduló lokális csapadék gyors elvezetésével, ezáltal be-, ill. leáztatási károk növekedése várható. A városi elöntések számának növekedésével a pincék elöntése, valamint az alámosódás veszélye is fokozódó kockázatokat jelent. Az éghajlatváltozás során várható maximális széllesek növekedése elsősorban az épületek külső határoló szerkezeteit érinti, így a homlokzatot és a tetőn lévő szerkezeteket. A tartószerkezeti méretezés mellett a homlokzatokon a szerelt burkolatok és a nyílászárók, árnyékolók tekintetében kell problémákra számítani. A tetőn elsősorban a tetőfedő elemeknél és a vízszigetelő lemezeknél, illetve a tetősíkból kiálló elemeknél jelentkezhetnek problémák. A szélsőséges éghajlati események számának növekedése a térségben található épített környezeti értékeket is fokozottan veszélyezteti. Elsősorban az elhanyagolt, gondozatlan, idős - akár több száz éves -, nem ritkán külterületen álló épületek, építmények vannak veszélyben. Ezek közül is elsősorban a fedetlen vagy részlegesen fedett szerkezetű épületek és az

egyedülálló falszakaszok sérülékenyek, ahol az aprózódást és mállást erősítő extrém időjárás omlásokat és lassú pusztulást eredményez. A klimatikus események közül jelentősen károsítanak az erős széllesek, a csapadék- és fagykár, a tüzet is okozó villámlások, illetve a szélsőséges hőingadozás következtében fellépő aprózódás. A hajdúvárosokra jellemző gyűrűs- sugaras településszerkezet a város történeti örökségének része, s mint ilyen, településképi védelme releváns.

Az infrastrukturális elemeket elsősorban az extrém időjárási események fenyegetik, melyek rövidebb hosszabb időre lehetetlenné teszik ezen infrastruktúrák használatát, súlyosabb esetben károkat okoznak az infrastruktúrában. A leginkább veszélyeztetett elemek az „oszlopos” infrastruktúrák (villamosenergia-ellátás, távközlés távvezetékei, közvilágítási oszlopok), illetve a közlekedési infrastruktúra (közutak, járdák, vasúti pályák, hidak). Az oszlopos infrastruktúrákat elsősorban a heves széllesekkel járó viharok, a zúzmara, a vizes hóteher és az ónos eső ráfagyása fenyegeti, mert ezek következtében megrogynak, kidőlnek a tartószerkezetek.



10. Épületérzékenység a 85 km/h-t meghaladó széllesekkel érintett napok éves átlagos számának változása, forrás: Lechner Tudásközpont, 2018

Ezen kívül az erdős területeken a gyakoribbá váló erdőtűzek jelentenek veszélyt a hálózatokra. A villamosenergia-hálózatot ezen kívül a túlterhelések is veszélyeztetik, melyek ugyan nem

károsítják az infrastruktúrát, de áramkimaradások jelentkezhetnek a fogyasztóknál. Ilyen kimaradások főként a nyári időszakban várhatók: egyrészt a villámcsapások okozta túlfeszültségek miatt; másrészt a hőhullámok idején jelentősen megnövekvő villamosenergiaszükséglet következtében fokozódnak a villamosenergia-csúcsterhelések, miközben az átviteli hálózatok kapacitása, illetve az energiatermelés visszaesik. A közlekedési infrastruktúrát rövid távon leginkább a hirtelen lezúduló csapadék miatti elöntések veszélyeztetik, melyek akadályozzák a forgalmat. Az elöntések hosszabb távon károsíthatják az infrastruktúrát, mert a víz alámossa a közúti és vasúti pályákat, töltéseket. Ezen kívül is számos extrém időjárási esemény okozhat károkat: a hőhullámok miatt fokozódik az utak nyomvályúsodása, a sínek deformálódása; a fagypont körüli hőmérséklet és a változó halmazállapotú csapadék kátyúsodással jár; a tartósabb aszályok miatt pedig, a talajok tömörödése következtében megsüllyedhetnek a műtárgyak, utak. Összességében a kritikus infrastrukturális elemek közül elsősorban a villamosenergia-hálózat veszélyeztetett, amelyet a szélviharok rongálhatnak meg. Másodsorban az extrém csapadékok általi elöntések okozhatnak károkat a közlekedési infrastruktúrában

A belterületen nyílt árkos és zárt rendszerű a csapadékvíz elvezetés, aminek állapota összességében megfelelő. A csapadékvíz-elöntések a lakott területen előfordulnak, ennek oka részben kapacitáshiány, részben pedig a beépített és burkolt felületek arányának folyamatos növekedése. Szintén fokozza a problémát, hogy a magánterületről a csapadékvíz jelentős részét közterületre vezetik. A klímamodellek a jövőben csapadékok eloszlásának szélsőségesebbé válásával számolnak, tehát számolni kell a problémák gyakoribbá válásával is. A helyzet megoldása érdekében fontos a meglévő rendszer folyamatos karbantartása, takarítása. A magánterületeken és a közterületen keletkező csapadékvíz helyben való tárolása, szikkasztása, hasznosítása csökkentené a csapadékvíz elöntések gyakoriságát, és az aszályos időszakokban lehetővé tenné a közparkok, és a magánkertek öntözését is.

A klímaváltozás legveszélyeztetettebb eleme a természeti környezet, amelyet a természetes élőhelyek csökkenése, az erdők, fák károsodása mellett a szélsőségesebb csapadékesemények, az egyre hosszabb aszályos periódusok, az árvíz, elöntések, valamint a viharkárok is veszélyeztetnek. A megváltozott éghajlati viszonyok miatt az élőhelyek eltolódnak, a közösségek öfenntartó képessége csökken, az érzékenyebb fajok kihalnak. Magyarországon az egyik legnagyobb problémát az invazív és kártevő fajok elterjedése és a fajdiverzitás csökkenése jelenti.

A klímaváltozásból eredő általános szárazodás következtében fellépő hatások a terület egész élővilágát kedvezőtlenül befolyásolja. Ehhez járulnak hozzá a klimatikus szélsőségek, (szeszélyes csapadékeloszlás, szélviharok, kedvezőtlen téli időjárás), amelyek tovább károsíthatják a természeti értékeket. A meglévő értékek közül a szikes tavak tekinthetők a leginkább sérülékenyeknek, hiszen vízháztartásukat a módosuló csapadékviszonyok gyökeresen képesek átformálni. Szintén kiemelten érzékenyek a vizes élőhelyek, gyepek. A szántók esetében a klímaváltozás hatásaihoz sorolhatóak azok a tevékenységek, amelyekkel a gazdák igyekeznek alkalmazkodni a klímaváltozás hatásaihoz, ilyen lehet az öntözés kiterjesztése, vagy a növekvő vegyszerhasználat. Ugyanakkor a legkevésbé sérülékenyeknek a kunhalmok tekinthetők.

A Natura 2000 területek védelme érdekében a legfontosabb intézkedéseket a kezelési tervek tartalmazzák. Ezek közül azokat az intézkedéseket, előírásokat emeljük ki, amelyek a klímaváltozás hatásai szempontjából kiemelten fontosak, vagy más ágazatok alkalmazkodási tevékenysége során kell. A Hajdúszoboszlói szikes gyepek (HUHN20069) kiemelt jelentőségű természetmegőrzési területté nyilvánításakor az élőhelyvédelmi irányelv 4. cikkének (4) bekezdése alapján a terület természetvédelmi célkitűzései meghatározásra kerültek, valamint kiemelésre kerültek egyes jelölő értékek, amelyeket a kezelés során prioritásként kell kezelni. A Natura 2000 területen a természetvédelmi célkitűzés, hogy a jelölő közösségi jelentőségű élőhelyek (6260* - pannon homoki gyepek, 1530* - pannon szikes sztyeppék és mocsarak) legalább az alapállapot felmérés során tapasztalt nagyságban, karakterüket megőrizve, a területen található természetes, egyéb élőhelyeket is magában foglaló mozaik formájában, az azokat fenntartó gazdálkodás keretében fennmaradjanak. A terület élőhelyei maradjanak olyan állapotban, hogy a közösségi jelentőségű ürge (*Spermophilus citellus*) számára alkalmas élőhelyül szolgáljanak hosszú távon is. A megjelölt prioritások szerinti célállapot megvalósításakor arra kell törekedni, hogy a terület egyéb természetes, közösségi jelentőségű (de nem jelölő) élőhelyek kiterjedésének, karakterének, egységes táji megjelenésének, természetes biológiai sokféleségének fennmaradása is biztosítható legyen, különös tekintettel az ott előforduló, jelentős értéket képviselő védett fajok igényeire.

A célállapot eléréséhez rendelt célkitűzések:

- A további beépítések és beszántások hatósági úton történő megakadályozása.
- A legeltetési földhasználat támogatása a kaszálással szemben.
- Az érintett (a területet keresztező) és környező (alatta, fölötté levő szakaszok) Kösely meder jelenleginél kíméletesebb kezelése-fenntartása (kotrás, vízi növényzet irtása stb.)
- Védőövezet kialakítása a korábban létesített anyagnyerőhelyek és a szikes gyepek között.

A Fenntartási Terv megnevezi a veszélyeztető tényezőket:

Városi környezet, lakóterület, folyamatos városiasodás: A természet-megőrzési terület sok kilométer hosszúságban közvetlenül érintkezik Hajdúszoboszló belterületével. Ez a közelség általános zavarással jár. Más veszélyeztető tényezők háttérében is ez áll közvetett okként (pl. inert hulladék, szennyezések). A hulladék elhelyezések kisebb mértékben az Északi-legelő délkeleti szegélyén is előfordulnak. A jelölő élőhely kiterjedését csökkenti, illetve gyomosít. Elősegíti az élőhelyek degradációját.

Csatornázás és vízelvezetés: Az Északi-legelő északnyugati részén található szép, padkás, szikes-vízállásos legelő alján belvízcsatorna forrásága van, ami szükségtelenül csapol, és viszi el a kis kiterjedésű, ám értékes terület belvizeit.

Ipari és kereskedelmi területek: Inkább a Nyugati-legelőn jellemző. Annak város felőli szegélyén terjeszkedő ipari telephelyek és rendezetlen területek váltakoznak. A régi 4-es számú közút mellett bevásárlóközpont is létesült a terület szélében.

Talajszennyezés és szilárd hulladék, lakossági szilárd hulladék; egyéb diffúz felszíni vízszennyezés: Változó mértékű, a belterülethez közeledve, ill. annak szomszédságában fokozott. A jelölő élőhely kiterjedését csökkenti, illetve gyomosít. Elősegíti az élőhelyek degradációját. A város és Debrecen tisztított szennyvizeit felvevő, a területen átfolyó – mindamellet szennyezett vizű – Kösely hatása. A szennyezés belvizes években a Kösely medréből kiöntéssel kijut a szikes legelőkre

A víz visszatartása és a vízkivételek szabályozása fontos. A folyószabályozások után az Alföld szántóföldi művelésbe vonásával a klimatikus szélsőségek felerősödtek. A víztározók, "jóléti tavak", halastavak, vizes élőhelyek és erdőfelületek növelésével ez a hatás mérsékelhető. A folyamatos vízkivétel rendkívüli mértékben erősödik a megyében, melynek táj és ökoszisztéma szinten mindenképpen negatív hatása lehet a közeli jövőben. Ezért a felszíni vizek természetvédelmi szempontból is átgondolt visszatartása minden eddiginél jelentősebb cél kellene, hogy legyen. A folyamatos öntözés a talajra negatív hatással lehet, ugyanis az abban lévő ásványi anyagokat kioldhatja, lejjebb szállíthatja, ami a talaj terméketlenné válásához vezet hosszú távon. Nem csak vízvisszatartásra, hanem szárazabb klímához igazodó mezőgazdaságra is szükség lenne. Erdőterületek növelésénél, fasorok telepítésénél fontos, hogy ne természetközeli gyepterületeken történjen a beavatkozás. Gyepek folyosóinak létrehozásával, valamint a meglévő bokros mezsgyék megtartásával javítható a terület ökológiai állapota, élőhelyet találnak a madarak, ragadozók, gyérítve a mezőgazdasági kártevőket. A belterületen található, részben helyi védelemmel rendelkező zöld felületeket szintén elsősorban

a szárazság és az aszály veszélyezteti. Az önkormányzat kezelésében lévő közparkok egy részében az öntözés jelenleg is megoldott. Fontos ennek bővítése a hiányzó területek öntözésének megoldása, elsősorban a területen összegyűjtött csapadékvíz alkalmazásával. Összességében elmondható, hogy bár a védett természeti értékeket veszélyezteti a klímaváltozás, ennél jelentősebb a másodlagos veszélyeztetés, azaz amikor a mezőgazdaság, vagy vízgazdálkodás klíma elleni védelme érdekében hoznak olyan intézkedéseket, amelyek a természeti értéket veszélyeztetik. Ezért önálló intézkedések helyett az egyéb ágazatok intézkedéseit kell olyan módon megvalósítani, hogy azok figyelemmel legyenek a természeti értékekre is.

Ugyanakkor az erdőterületek fasorok, erdősávok pozitívan befolyásolják a környező területek mikroklímáját, fékezik a szél erejét, ezáltal lassítják a területek vízveszteségét és a széleroziót.

1.4 Akcióterületek meghatározása

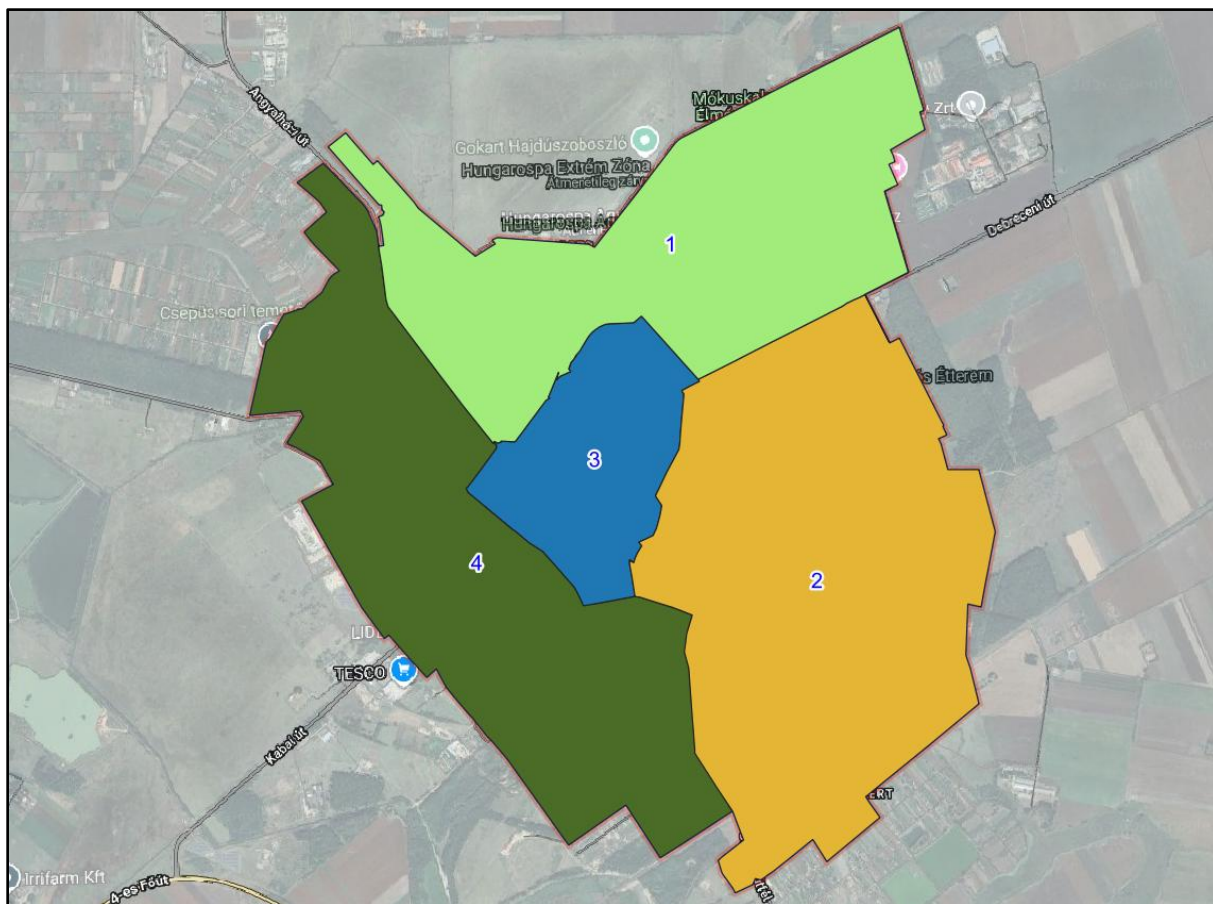
Az akcióterületek lehatárolása a Hajdúszoboszló zöld-kék infrastruktúráját bemutató tanulmány egyik kulcsfontosságú lépése volt, amelynek célja a város ökológiai hálózatának, vízhez köthető folyamatainak és zöldfelületi rendszereinek integrált értékelése és fejlesztési irányainak meghatározása. A kijelölés módszertana több, egymást kiegészítő tervezési dokumentum és térségi adottság szisztematikus összevetésén alapult.

Elsődleges kiindulópontot az Integrált Településfejlesztési Stratégia (ITS) akcióterületei jelentették, amelyek már korábban komplex városfejlesztési szempontok alapján kerültek meghatározásra. Ezek a területek – a városközpont rehabilitációja, a gyógyturisztikai zóna fejlesztése, illetve a lakóövezeti és gazdasági területek megújítása – olyan alapstruktúrát biztosítottak, amelyhez a zöld-kék infrastruktúra elemek hatékonyan illeszthetők. Az ITS által kijelölt térségek integrálása biztosította, hogy a zöld-kék infrastruktúra nem elszigetelt környezetvédelmi elemként, hanem a városfejlesztési célokkal összhangban jelenjen meg.

Második fontos alapfeltételt a Vízkárelhárítási terv adta, amely megadja a város különböző vízgyűjtő területeit, vízfolyásait, csapadékvíz-levezetési problémáit és a kritikus pontokat. A vízgyűjtők határvonalainak elemzése segítette annak feltárását, hogy hol szükséges a felszíni vízviSSzatartást, a talajba történő beszivárgást vagy a természetközeli vízelvezetést támogató fejlesztések kijelölése. A vízgyűjtőkre alapozott szemlélet lehetővé tette, hogy a javasolt beavatkozások ne csupán lokálisak, hanem hidrológiai szempontból is koherensek legyenek.

Harmadik lépésként a város utcahálózati és településszerkezeti vizsgálatai következtek. A fő közlekedési tengelyek, gyűjtőutak és lakóutcák rendszere lehetőséget kínált a zöldfolyosók kijelölésére, a faállomány erősítésére, valamint a gyalogos- és kerékpáros kapcsolatok zöldfelületi integrációjára. A településszerkezet alapján azonosíthatók voltak azok a pontok, ahol a közterületi kék-zöld elemek összekapcsolhatók – például parkok, vízfolyások és utcai zöldsávok mentén.

A fenti rétegek összevetésével, olyan akcióterületek kerültek kijelölésre, amelyek lehetőséget adnak a vízmegtartás, a biodiverzitás, a rekreáció és a városi klímaadaptáció komplex kezelésére és fejlesztésére. A módszertan lényege az átfedéseket kereső térbeli elemzés volt, amely biztosította, hogy a kijelölt zónák valódi ökológiai és települési értékek mentén határolódjanak le, és a fejlesztések hosszú távon is fenntartható, összehangolt rendszert alkossanak.



11. Akcióterületek Hajdúszoboszló belterületén

1.5 Akcióterületek és értékelésük

A belterületi akcióterületek térinformatikai elemzését a területhasználatra, a vonalas infrastrukturális elemekre és az NDVI-ra (zöldfelületi intenzitás) vonatkozóan végeztük el. Az akcióterületekről tervlapokat készítettünk, amelyeken külön-külön jelenítettük meg a három témakört. A kiválasztott tulajdonságok fontos jellemzői a városi környezetnek. A mesterséges felszínek eltérő hőhátartással rendelkeznek, más a felületükre érkező csapadékvizek mozgása, a párologtatást, a települési hősziget hatással nagymértékben képesek befolyásolni, annak mértékét negatív módon elmozdítani.

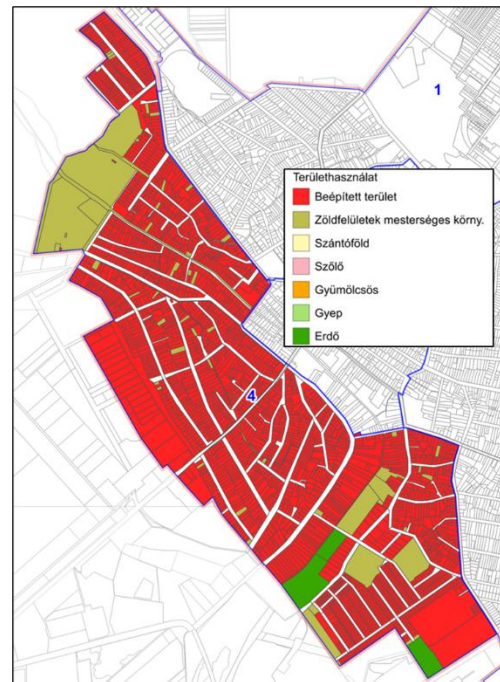
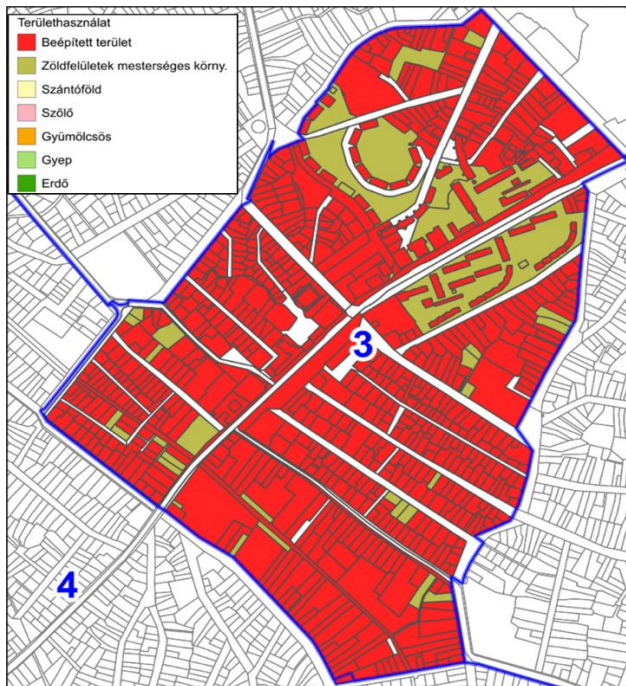
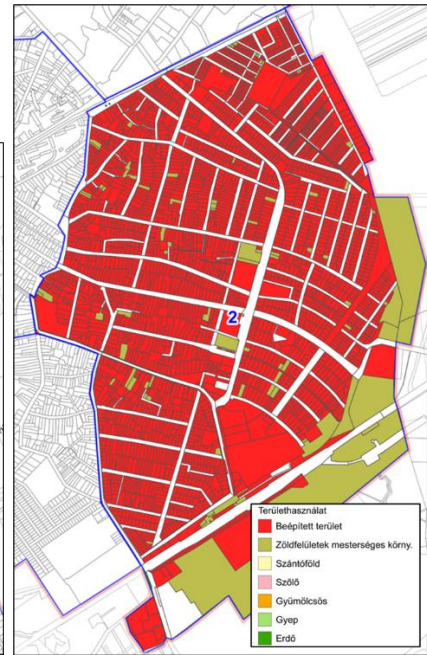
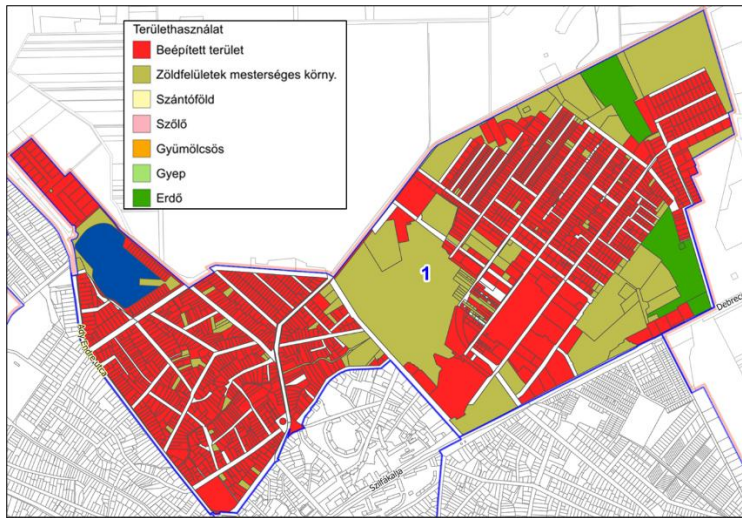
A beépítés jellege, területhasználat

A területhasználati tervlapokon 7 féle kategóriát különítettünk el, a térinformatikai adatállományból lehetőség volt meghatározni a beépített/mesterséges anyaggal fedett/burkolt terület és a beépítetlen/fedetlen felszínek arányát. Az adatállományunk lehetővé teszi, hogy külön határozzuk meg az épületek, vonalas létesítmények és egyéb, burkolt, mesterséges felületek pontos területét.

4. táblázat Burkolt és természetes felszínek aránya akcióterületenként (%-ban)

Akcióterületek	Beépített, burkolt %	Beépítetlen (zöldfelület fákkal) %	Beépítetlen (zöldfelület fák nélkül) %
1 – Észak	52	26	16
2 – Kelet és Dél-kelet	59	14	27
3 – Központ	89	4	7
4 – Nyugat	55	13	30

A táblázat adatai alapján szembetűnő, hogy a Központ (1.) a legnagyobb mértékben beépített akcióterület. A települési környezettel foglalkozó tanulmányok, kutatási eredményekre támaszkodva, már bemutatták azt a jelenséget, hogy egy város központi részében érvényesülnek a legnagyobb mértékben az emberi tevékenységek negatív hatásai. A beépítés magas arányán kívül ebbe a csoportba tartozik, hogy a közlekedésből származó légszennyezés itt a legmagasabb, a hősziget hatás itt érvényesül a legjobban, a csapadékvizeket itt vezetik el a legnagyobb arányban...stb. A centrumtól távolodva ezek a problémakörök veszítenek az erősségükből és a település külső peremén valamennyi környezeti elem esetében sokkal jobb állapot uralkodik.



A kapott eredményekből leszűrhető, hogy a 2. és 4 számú akcióterület is 60% alatti beépített területi aránnyal bír. Átfogóan megállapítható az akcióterületekről (1,2,4), hogy ugyan a beépítetlen felületek aránya hasonló mértékű, ugyanakkor a zöldfelületek megoszlásában szembetűnő különbségek vannak. Az akcióterületek területhasználati megoszlása jól kirajzolja Hajdúszoboszló egyes városrészeinek eltérő beépítettségi és zöldfelületi karakterét, ami alapvetően meghatározza a zöld- és kékinfrastruktúra-fejlesztések lehetséges irányait. Az 1. – Észak akcióterület viszonylag kiegyensúlyozott szerkezetű: a beépített, burkolt felületek aránya 52%, míg a beépítetlen zöldfelületek összesen 42%-ot tesznek ki, ebből jelentős, 26% a fákkal

borított terület. Ez a terület jó alapot kínál a meglévő zöldfelületi elemek összekapcsolására, zöldfolyosók erősítésére, valamint a csapadékvíz helyben tartását segítő kék infrastruktúra (pl. esőkertek, zöld árkok) fejlesztésére.

A 2. – Kelet és Dél-kelet akcióterület már erősebben beépített (59%), ugyanakkor a zöldfelületek aránya még mindig számottevő (41%). Feltűnő azonban, hogy a zöldfelületeken belül a fátlan területek aránya (27%) magasabb, mint a fás zöldfelületeké (14%). Ez arra utal, hogy itt elsősorban a fásítás, árnyékolást biztosító zöldfelületek növelése és a burkolt felületek „zöldítése” lehet kulcsfontosságú, különösen a hőszigetelés mérséklése és a csapadékvíz jobb hasznosítása érdekében.

A 3. – Központ akcióterület egyértelműen a legintenzívebben beépített városrész: a burkolt, beépített felületek aránya rendkívül magas, 89%, míg a zöldfelületek összesen mindössze 11%-ot képviselnek (ebből csupán 4% fás). Ez a terület zöld- és kékinfrastruktúra szempontból a legkritikusabb. Itt elsősorban kis léptékű, de nagy hatású beavatkozások jöhetnek szóba, mint a fasorok telepítése, zöldtetők, zöldfalak, valamint a burkolt felületek vízáteresztő megoldásokkal való kiváltása.

A 4. – Nyugat akcióterület a legnagyobb arányú beépítetlen területekkel rendelkezik (összesen 43%), azonban ezek túlnyomó része fátlan zöldfelület (30%), míg a fás területek aránya csak 13%. Ez a szerkezet kedvez a jövőbeni zöld- és kékinfrastruktúra-fejlesztéseknek, különösen új zöldfelületek, parkok, ligetes területek kialakítása, illetve vízmegtartó, természetközeli megoldások alkalmazása szempontjából.

Összességében megállapítható, hogy míg a központi terület esetében a zöld- és kékinfrastruktúra fejlesztése erősen korlátozott, addig az északi és nyugati akcióterületek jelentős potenciált hordoznak a zöldfelületi hálózat bővítésére és összekapcsolására. A keleti–délkeleti területen pedig a minőségi zöldfelület-fejlesztés, különösen a fásítás, lehet a fő irány. Az eltérő területhasználati arányok indokolják az akcióterületenként differenciált, célzott zöld- és kékinfrastruktúra-fejlesztési beavatkozásokat.

Vegetációs index - NDVI

A NDVI – zöldfelületi indexek táblázatban az éves átlagokat adtuk meg, pontosabb a 0-0,25 közötti alacsony értékek területi előfordulásukat akcióterületenként, valamint a maximális értéket.

5. táblázat NDVI értékek

Akcióterületek	NDVI 0-0,25	Legmagasabb érték
1 – Észak	58	0,47
2 – Kelet és Dél-kelet	68	0,44
3 – Központ	70	0,45
4 – Nyugat	61	0,44

A vegetációs indexek segítségével hatékonyan leírható a növényzet sűrűsége, jellege és dinamikája. Az értéke egy -1 és +1 közötti értéket vehet fel, ahol a vízfelület, a felhők és a hótakaró negatív értékeket mutatnak, a fedetlen talaj, a sziklák és a mesterséges felszínnek 0 körüli értékeket vesznek fel, míg a növényzet pozitív értékeket ad vissza. A vegetációs index a kultúrnövények állapotának és termőképességének mérésére bizonyítottan alkalmas, így a várható hozam előrejelzésének is fontos eleme. Emellett a növényzet sűrűségének diagnosztizálására is használható, ebből pedig a kelés, csírázás és a fejlődés egyenletességére, egyszóval az állomány egységességére is tudunk következtetni. A magasabb NDVI érték nem mindig jelent jót, a magasabb értékhez egészségesebb, jó nedvességtartalommal bíró növényállományt feltételezünk. Környezeti terhelés hatására nemcsak a növény vitalitása változik, de a növény spektrális tulajdonságai is, ami műholdak vagy repülőgépek fedélzetén elhelyezett szenzorokkal detektálható, majd ezután megjeleníthető és számszerűsíthető. A növényi stressz hatásának korai felismerése nagyon fontos a hatékony kezelési stratégia kidolgozásához. A károsodott, a környezeti stressz hatásoknak kitett növényzet összetételében, szerkezetében vagy tömegében bekövetkezett bármilyen változás a reflektancia viszonyok megváltozását vonja maga után. Ennek következtében a károsodott növények az egészséges állománytól elkülöníthetők, specifikus kezelésben részesíthetők.



Az NDVI-alapú vizsgálat jól kiegészíti az akcióterületek területhasználati elemzését, mivel számszerűen mutatja meg a zöldfelületek állapotát, vitalitását és területi arányait. Az alacsony NDVI-értékek (0–0,25) nagy aránya általában burkolt, beépített vagy leromlott állapotú zöldfelületekre, míg a magasabb maximum NDVI-értékek a jó kondíciójú, összefüggő növényzettel borított területek jelenlétére utalnak.

Az 1. – Északi akcióterület esetében az alacsony NDVI-értékű területek aránya 58%, ami a vizsgált területek közül a legkedvezőbb érték. Emellett itt jelenik meg a legmagasabb maximum NDVI-érték (0,47), ami arra utal, hogy ezen a területen nagyobb arányban fordulnak elő jó

állapotú, aktív zöldfelületek. Ez az akcióterület a zöld- és kékinfrastruktúra fejlesztése szempontjából stabil alapot jelent, ahol inkább a meglévő zöldfelületek megőrzése, összekapcsolása és ökológiai funkcióinak erősítése indokolt.

A 2. – Kelet és Dél-keleti akcióterületen az alacsony NDVI-értékek aránya már 68%, ami jelentős burkolt vagy gyengén vegetált felületekre utal. A maximum NDVI-érték (0,44) valamivel alacsonyabb, mint az északi területen, ami azt jelzi, hogy bár vannak jó állapotú zöldfoltok, ezek kiterjedése vagy minősége korlátozottabb. Itt a fejlesztések fókuszába a zöldfelületek növelése, a hőterhelés csökkentése és a zöldfelületi hálózat erősítése kerülhet.

A 3. – Központi akcióterület mutatja a legkedvezőtlenebb képet: az alacsony NDVI-értékű területek aránya 70%, ami erősen urbanizált, intenzíven beépített környezetre utal. Bár a maximum NDVI-érték viszonylag magas (0,45), ez inkább elszórt, izolált zöldfelületek jelenlétét jelzi. A központi területen ezért kiemelt jelentőségű a zöld- és kékinfrastruktúra fejlesztése: új városi zöldfelületek, fasorok, zöldtetők és vízhez kötődő elemek kialakítása, amelyek javíthatják a mikroklimát és az élhetőséget.

A 4. – Nyugati akcióterület esetében az alacsony NDVI-értékek aránya 61%, ami a központi és a keleti területnél kedvezőbb, de az északi területnél gyengébb helyzetet mutat. A maximum NDVI-érték (0,44) alapján itt is jelen vannak jó állapotú zöldfelületek, azonban ezek fejlesztési potenciálja további beavatkozásokat igényelhet, különösen az összefüggések és az ökológiai átjárhatóság javítása érdekében.

Összességében Hajdúszoboszló akcióterületei közül a központi és a keleti–délkeleti területek igénylik a legintenzívebb zöld- és kékinfrastruktúra-fejlesztést, míg az északi és nyugati területek inkább a meglévő zöldfelületi értékek megőrzésére és hálózatos fejlesztésére kínálnak lehetőséget. Az NDVI-értékek tudatos alkalmazása így megalapozott, adatvezérelt döntéstámogatást nyújt a fenntartható településfejlesztéshez.

Az NDVI-értékek fontos indikátorai a települési zöldfelületek mennyiségi és minőségi állapotának. Segítségükkel azonosíthatók a zöldhiányos területek, a leromlott állapotú növényzettel borított felszínek, valamint a jó ökológiai állapotú zöldterületek is. A települési környezetvédelemben az NDVI alapú elemzések hozzájárulnak a hőszigetetés csökkentését célzó beavatkozások tervezéséhez, a levegőminőség javításához, a csapadékvíz-gazdálkodás hatékonyságának növeléséhez és a biodiverzitás megőrzéséhez.

Vonalas infrastruktúra

A vizsgált vonalas infrastruktúra elemek – úthálózat, nyílt árkok, zárt csatornák, valamint ezek összesített vízelvezetési hossza – fontos mutatói a települési területhasználat intenzitásának, a felszíni vízmozgások kezelésének és a klímaadaptációs képességeknek. A mutatók lehetővé teszik az egyes akcióterületek összehasonlítását függetlenül azok abszolút méretétől, így jól jelzik az eltérő beépítési struktúrákat és vízgazdálkodási megoldásokat. Az adatok jól használhatók a zöld- és kékinfrastruktúra-fejlesztési beavatkozások megalapozásához, mivel rávilágítanak az egyes területek eltérő szerkezeti és vízgazdálkodási adottságaira. Az úthálózat és a teljes vízelvezetés adatokból generáltunk egy arányszámot, ami azt mutatja meg, hogy 1 km útra hány km vízelvezetés jut. A kapott értékek önmagukban nem adnak egyértelmű megállapítást az egyes akcióterületek, vagy akár az egész városra jellemző csapadékvíz-gazdálkodásra. Ugyanakkor az értékek között tapasztalható eltérések és a többi mutató együttes értékelése kijelölheti azokat az irányokat, amelyek segítenek eldönteni az akcióterületek fejlesztésének szükségességét.

6. Vonalas infrastruktúra sűrűsége m/hektár

Akcióterületek	Utak	Teljes vízelvezetés	Nyílt árkok	Zárt csatorna	Utak/Vízelvezetés aránya
1 – Észak	117	41	26	15	0,35
2 – Kelet és Dél-kelet	134	64	46	18	0,48
3 – Központ	141	44	5	39	0,31
4 – Nyugat	105	89	82	7	0,85

Az úthálózat sűrűsége az egyes akcióterületek eltérő urbanizáltságát tükrözi. A magasabb érték utal a magas vízzáró felületek arányára, ami fokozottabb felszíni lefolyást eredményez. Továbbá hozzájárul a városi hősziget hatás erősödéséhez. Nem elhanyagolható tény, hogy a vonalas infrastruktúra állagmegóvási, felújítási, egyéb karbantartási munkálatai költséges tevékenységek, amelyek az önkormányzat kötelező feladatai közé tartoznak. Az alacsonyabb útsűrűségű akcióterületek ezzel szemben kedvezőbb alaphelyzetben vannak, mivel nagyobb mozgástér áll rendelkezésre természet alapú megoldások (NBS – Nature Based Solutions) integrálására (4. akcióterület).

A táblázat egyik legfontosabb eleme a teljes vízelvezetési hálózat hossza, amely a nyílt árkok és zárt csatornák együttes értékéből adódik. Ezek aránya és sűrűsége alapvetően meghatározza az adott akcióterület: csapadékvíz-kezelési módját, ökológiai potenciálját, fenntartási költségeit és klímaadaptációs rugalmasságát. A nyílt árkos és zárt csatornarendszer között alapvető szemléletbeli különbségek vannak. A nyílt árkos vízelvezetés kiépítése jobban illeszkedik a természetes vízkörforgáshoz, különösen akkor mondható ez el, ha földmedrű árkokról beszélünk. Nagyobb lehetőséget ad a vízviisszatartásra, helyben történő elszikkasztásra. Ökológia szempontból is értékes, hiszen ökológiai folyosóként is működhet, továbbá kedvezőbb mikroklimát biztosít. A zárt csatornák dominanciája esetében viszont épp az ellenkezője várható, mint a nyílt árkos rendszer vonatkozásában. Sokkal gyorsabb a vízelvezetés, így nincs lehetőség a helyben történő elszívárgásra. Az ökológiai hasznosítása meglehetősen korlátozott. Gazdasági szempontból sem előnyös, hiszen magasabbak a beruházási és karbantartási költségek. Klímaváltozási szempontból a zárt rendszerrel rendelkező területek sérülékenyebbek, mivel a hirtelen lezúduló csapadék gyors elvezetése fokozza az elöntések és a túlterhelések kockázatát a rendszer alsóbb szakaszain.

1. akcióterület – Alacsony mértékben infrastruktúrált városi környezet

Az 1. akcióterületre jellemző az alacsony úthálózati sűrűség (m/ha), ami a beépítés lazább szövetére utal. A városi környezet mellé alacsony csapadékvíz-elvezetés kiépítés párosul, aminek közel 40%-a zárt csatornában kerül elvezetésre. Ez együtt jár a burkolt felületek jelentős arányával, ami fokozza a felszíni lefolyást és a városi hősziget-hatást.

A vízelvezetési rendszerben tehát a zárt csatornák és nyílt árkok aránya közelít az 50-50%-os megoszláshoz. Ez a szerkezet elsősorban gyors vízelvezetésre optimalizált, ugyanakkor a klímaadaptív csapadékvíz-gazdálkodás szempontjából lehetőségeket rejt magában. A csapadékelvezetési rendszer bővítése, zöld sávok fejlesztése, esővíz-visszatartó elemek integrálása a település szerkezetébe.

2. akcióterület – Vegyes szerkezetű, átmeneti karakterű, szabályozott városrész

A 2. akcióterület úthálózati mutatói is elég sűrű intenzitású beépítettséget jeleznek. Az infrastruktúra sűrűsége kiegyensúlyozottabb, mint az 1. területen, ami nagyobb mozgásteret biztosít a természet alapú megoldások számára. A vízelvezetés tekintetében a teljes vízelvezetési érték mérsékelt, a nyílt árkok és zárt csatornák aránya határozott eltérést mutat a nyílt árkok

javára. Ez a kettősség lehetőséget teremt arra, hogy a meglévő nyílt elemeket ökológiai és vízmegtartó funkciókkal erősítsék, a zárt szakaszok egy részét hosszabb távon nyílt, zöld megoldások váltsák ki. Klímaadaptációs szempontból a terület jó átalakítási potenciállal rendelkezik. Kisebb beavatkozásokkal jelentős hatás érhető el a csapadékvíz lefolyásának lassításával és a párolgási felületek növelésével.

3. akcióterület – Magas infrastruktúra-sűrűség, mérsékelt vízelvezetés

A 3. akcióterület úthálózati és vízelvezetési mutatói utalnak - nem váratlan módon - a legnagyobb mértékű urbanizáltságra. A város központi területén összpontosul az intézményi, szolgáltatói szektor, valamint a lakófunkció is jelen van. A várost kettészelő főút meghatározó elem a város szerkezetében. A vonalas infrastruktúrával való felszabdaltság kiemelkedő, a zárt csatornarendszer dominanciája magasan fölülmúlja a többi akcióterület ugyanezen mutatóját. A csapadékvíz gazdálkodás vonatkozásában az egyik leginkább fejlesztendő terület.

4. akcióterület – Peremterületi jelleg, tartalékokkal rendelkező rendszer

A 4. akcióterület úthálózati és vízelvezetési mutatói a legkevésbé intenzív infrastruktúra-használatra utalnak. Az alacsony m/ha értékek nagyobb, összefüggő nyitott területeket és alacsony beépítettséget jeleznek. A vízelvezetési rendszer kevésbé sűrű, döntően nyílt elemekkel operál és jelenleg még nem túlterhelt. Ez a terület kiemelten fontos a klímaadaptációs tartalékok megőrzése szempontjából. A jövőbeni fejlesztések során kulcsfontosságú: a túlzott műszaki beavatkozások elkerülése, a természetes vízmozgások fenntartása, a zöldfelületek vízgazdálkodási funkcióinak megőrzése. Gazdaságos zöldfelület-gazdálkodás szempontjából itt biztosítható a legnagyobb hatékonyság alacsony beruházási és üzemeltetési költségek mellett.

Akcióterületek összehasonlító értékelése a vonalas infrastruktúra alapján

A táblázat m/ha mutatói jól érzékeltetik az egyes akcióterületek eltérő beépítési intenzitását és vízgazdálkodási karakterét. Az utak, valamint a nyílt és zárt vízelvezetési elemek sűrűsége közvetlen kapcsolatban áll a csapadékvíz-kezelés módjával, a zöldfelületi rendszer terhelhetőségével és a klímaadaptációs képességgel. Az úthálózat sűrűsége alapján egyértelmű hierarchia rajzolódik ki az akcióterületek között. A magasabb m/ha értékekkel jellemezhető

területek erősen urbanizáltak, ahol a burkolt felületek dominanciája miatt fokozott a felszíni lefolyás, nagyobb a hőterhelés, valamint korlátozott a zöldfelületek vízmegtartó szerepe.

Ezzel szemben az alacsonyabb útsűrűségű akcióterületek kedvezőbb környezeti adottságokkal rendelkeznek, mivel a kisebb burkolt felület nagyobb beszivárgási és párologtatási potenciált biztosít. Ez a különbség meghatározza, hogy hol szükséges aktív beavatkozás, és hol elegendő a meglévő rendszer megőrzése és finomhangolása.

A teljes vízelvezetési hossz (m/ha) és azon belül a nyílt árkok–zárt csatornák aránya az egyik legfontosabb összehasonlítási szempont. Azokon az akcióterületeken, ahol a zárt csatornák aránya magas, a csapadékvíz-kezelés alapvetően műszaki szemléletű. Ez gyors vízelvezetést biztosít, ugyanakkor csökkenti a helyben tartott víz mennyiségét, és növeli az extrém csapadékesemények során a rendszer túlterhelésének kockázatát. A nyílt árkok nagyobb aránya ezzel szemben természetközelibb vízgazdálkodási megoldást jelent. Ezek az elemek lehetőséget adnak a beszivárgásra, a késleltetett lefolyásra, valamint a zöldfelületek öntözésének természetes támogatására. Az összehasonlítás alapján megállapítható, hogy az egyes akcióterületek eltérő klímaadaptációs érettségi szinten állnak: míg egyes területeken a vízelvezetési rendszer már most is integrálható a zöldfelületi hálózatba, más területeken strukturális átalakításra van szükség. Az alacsonyabb értékekkel rendelkező területek ezzel szemben nagyobb klímaadaptációs tartalékokkal bírnak. Ezeken a helyeken a cél nem a vízelvezetési rendszer bővítése, hanem annak tudatos integrálása a zöld- és kékinfrastruktúrába, például záportározók, esőkertek és sekély, növényesített árkok kialakításával. Az akcióterületek összehasonlítása rámutat arra is, hogy a nyílt vízelvezetési elemekkel kombinált zöldfelületek hosszú távon alacsonyabb fenntartási költséggel működtethetők, csökkentik a műszaki infrastruktúra terhelését, illetve egyszerre szolgálnak vízgazdálkodási, ökológiai és rekreációs célokat. Az erősen zárt rendszerekkel rendelkező területeken a zöldfelület-gazdálkodás költségesebb és sérülékenyebb, míg a nyílt rendszerekkel bíró akcióterületek fenntarthatóbb városüzemeltetési modellként értelmezhetők.

A táblázat adatai alapján az akcióterületek világosan elkülöníthetők aszerint, hogy mennyire műszaki, illetve mennyire természetalapú a vonalas infrastruktúrájuk. Ez az eltérés meghatározza a zöld- és kékinfrastruktúra-fejlesztés prioritásait:

- a magas infrastruktúra-sűrűségű területeken a funkcióváltás és zöldítés,
- a közepes értékű területeken az optimalizálás és integráció,
- az alacsony sűrűségű területeken pedig a megőrzés és tudatos fejlesztés

jelenti a leginkább klímaadaptív és gazdaságos megközelítést. A Központi akcióterület magas úthálózati és zárt csatornás ellátottsága miatt elsősorban a burkolt felületek csökkentését, a vízvisszatartást és a zöldfelületi elemek integrálását igényli. A Nyugati akcióterület ezzel szemben erős nyílt árkos rendszerével kiemelt potenciált hordoz a természetközeli kékinfrastruktúra-fejlesztések számára. Az Északi, illetve a Kelet és Dél-keleti területek átmeneti jellegük miatt rugalmasan fejleszthetők, ahol a meglévő infrastruktúra zöld- és kék elemekkel való megerősítése hozzájárulhat a klímaadaptációs és élhetőségi célok eléréséhez.

1.6 Összefoglalás az akcióterületek értékeléséről és fejlesztési fókuszpontok meghatározása

Összefoglalás az akcióterületek értékeléséről

Az alábbiakban összegzésre kerültek a vizsgált tényezők és pontszámaik. Az osztályozási értékek megadják, hogy az adott akcióterület hányadik helyen van egy vizsgált paraméter alapján. A végső összesítésből kirajzolódik, hogy a Központi terület van a legrosszabb helyzetben az elemzések majdnem mindegyikében a legrosszabb helyezéseket érte el. Ezzel szemben a Nyugati akcióterület kiválóan teljesített, bár a fásítás növelése leginkább ezen a területen a legszükségesebb. A Kelet és dél-keleti, valamint az Északi területek hasonló értékelést kaptak, ugyanakkor kiemelhető, hogy beépítettségben, a növényállomány állapotában és a teljes vízelvezetésben komoly eltérések vannak.

7. táblázat Az akcióterületek értékelésének összefoglalása

Akcióterület/Vizsgált tényező	Beépített, burkolt %	Beépítetlen (zöldfelület fákkal) %	Beépítetlen (zöldfelület fák nélkül) %	Teljes beépítetlen	NDVI 0-0,25
1-Észak	1	1	3	2	1
2-Kelet és dél-kelet	3	2	2	3	3
3-Központ	4	4	4	4	4
4-Nyugat	2	3	1	1	2
Akcióterület/Vizsgált tényező	Legmagasabb NDVI érték	Utak	Teljes vízelvezetés	Nyílt árok	Zárt csatorna
1-Észak	1	2	4	3	2
2-Kelet és dél-kelet	3	3	2	2	3
3-Központ	2	4	3	4	4
4-Nyugat	3	1	1	1	1
	Összesen				
1-Észak	20				
2-Kelet és dél-kelet	26				
3-Központ	37				
4-Nyugat	16				

A városok saját éghajlatukat alakítják. A lokális klímától való eltérést létrehozó legfontosabb tényezők a természetes felszínt helyettesítő burkolat és mesterséges anyagok. Ezek változásokat eredményeznek a bioszférában (a nagyobb beépítettség kevesebb biológiailag aktív felszínt jelent), a sugárzási egyenlegben, a szélviszonyokban, a páratartalomban és a hőmérsékletben. A városi fák és erdők elkerülhetetlenül ki vannak téve ezen elemeknek, valamint szerepet játszanak a szabályozásukban is mind lokális, mind regionális szinten. Minden egyes fa egyenként befolyásolja a városi mikroklimát, módosítja az energia egyenleget. Ezért annak érdekében, hogy fenntartható legyen a zöldfelületek pozitív hatása, fontos odafigyelni, hogy a városklíma milyen mértékben veszélyezteti a vegetatív felszínt. Az emberi tevékenység nagyrészt közvetetten ugyan, de hatást gyakorol a vegetációban bekövetkező változásokra. Leginkább módosító tényező a hőmérséklet! A megemelkedett városi hőmérséklet káros hatásai közül a legdrasztikusabb, hogy egyes hazánkban is megtalálható fajok úgy védekeznek a kiszáradás ellen, hogy lelassítják életfunkciójukat. Ez viszont jelentős probléma, hiszen ilyen esetben a fotoszintézis is lelassul, ezáltal kevesebb oxigént termelnek, és szennyező anyagot

kötnek meg. A vegetációs időszak alatt, legfőképpen nyáron, megjelenik a zöldfelületek módosuló vízháztartásának problémája is. A forráság és a közeli burkolt felszínről érkező sugárzás hatására fokozódik a növények párologtatási kényszere, kellő nedvességtartalmukat hamar elveszítik. Még jobban rontja a helyzetet, hogy a városi körülmények következtében, azaz a beépítettségéből eredően a talajvíz szintje métereket süllyedhet, lehetetlenné téve a felvételét. A nagymértékű aszfaltborítottság hatására a csapadék nagy hányada pedig elvezetődik a csatornákon, el sem jut a növényzetig, amely azonban a megnövekedett párologtatás miatt már vízutánpótlásra szorulna. Egy másik, a városi növényzetet károsító elem a légköri szennyezőanyagok jelenléte. Egyik növényfaj sem áll ellen teljes mértékben a szennyezésnek, tűrőképességük függ az adott szennyezőanyagtól, az egyed fejlettségi szintjétől, a lombtalan időszak adott szakaszától, illetve a helyszíntől. A káros anyagok, mint az ózon, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, szerves anyagok és szállópor különféle növénybetegségekért felelősek. A légszennyezettség hatására a talaj szennyezettsége is megnő, s a levegőben lévő kén és nitrogén-oxidok magas értéke miatt a talaj elsavanyodása következik be. A legyengült növényi szervezet érzékenyebb a növényi kórokozókkal és a parazitákkal szemben is.

A városi hősziget vagy az egyéb környezetkárosító hatások elkerülése érdekében olyan fajokat kell telepítenünk, melyek nagyobb szárazságtűrő képességgel rendelkezik és a szennyezőanyagokkal szemben ellenállóságot mutat. Célszerű, ha a fákat csoportosan ültetik, nem pedig egyesével, hiszen így a fák árnyékoló hatása jobban érvényesül és a körülöttük lévő mikroklíma is hűvösebb lesz.

Fejlesztési fókuszpontok meghatározása

A korábbi fejezetek vizsgálatai elsődlegesen az egyes akcióterületekre koncentráltak, ugyanakkor a város releváns stratégiai dokumentumainak áttekintése alapján megállapítható, hogy az azonosított problémakörökre választ adó beavatkozások több esetben túlmutatnak az akcióterületek lehatárolásán. A vizsgálati részek összefoglalják azokat a fejlesztési irányokat, amelyek mentén a beavatkozások indokoltak, azonban a tényleges fejlesztési helyszínek nem minden esetben esnek egybe azokkal a területekkel, ahol a konkrét tájhasználati konfliktusok jelentkeznek.

Ebben az összefüggésrendszerben értelmezhető a **Csónakázó-tó** és a település belterületét átszelő **Belső-Kösely** vízrendszerének kapcsolata is. Hajdúszoboszló északkeleti részén elhelyezkedő Bánomkert csapadékvizei a fürdő területén található Csónakázó-tóba kerülnek

bevezetésre, ahonnan egy átemelő segítségével jutnak tovább a csapadékvíz- és használtvíz-elvezető hálózatba, majd a város határában elhelyezkedő Sós víztározó tavon keresztül a Kösely-főcsatornába. A Csónakázó-tó befogadóként egyaránt fogadja a fürdő sós vizeit és a Bánomkert irányából érkező csapadékvizeket, míg a belterületi csapadékvizek elsődleges befogadója a Kösely-főcsatorna.

A térségi vízrendezési beavatkozások keretében megépült, a várost elkerülő főcsatorna-szakasz következtében a belterületi holtág Belső-Kösely néven önálló vízgyűjtővé vált, amely a belterület fő mentesítő elemeként funkcionál. A város egyes belterületi részein, különösen mértékadó csapadékos időszakokban, a talajvízszint a felszín közelébe emelkedik; magas talajvízállású területek elsősorban a Belső-Kösely mentén, valamint a Csónakázó-tó levezető csatornájának térségében azonosíthatók.

A fürdőből származó sós víz a befogadóba történő bevezetést megelőzően a Malom sori és a Surányi János utcai csatornákon keresztül jut el egy záportározó funkciót is betöltő rendszerszakaszba, ahol jelentős mértékű hígulás megy végbe. A Csónakázó-tó sajátos szerepéből adódóan a városi csapadékvizek és a fürdő használt termálvizei folyamatos hatást gyakorolnak a terület vízháztartási viszonyaira; ennek következtében az elmúlt évtizedek során a tó jelentős mértékben feliszaposodott, medertérfogata csökkent.

A tómeder kapacitásának növelése ugyanakkor komplex megoldási lehetőségeket kínál a város vízgazdálkodási kihívásainak kezelésére. A használt fürdővízhez irányított csapadékvizek elősegítik a keveredési folyamatokat, ezáltal csökkentik a sótartalom koncentrációját. A Csónakázó-tó vízkészlete kiemelt szerepet játszik a Belső-Kösely vízpótlásában is.

A tanulmány korábbi fejezeteiben meghatározásra kerültek azok a beavatkozási pontok, amelyek révén klímaadaptív városi csapadékvíz-gazdálkodás valósítható meg. Az állandó vagy tartósan fennálló vízfelületek hozzájárulnak a városi hőszigetelés mérsékléséhez, míg a lassú, késleltetett beszivárgás elősegíti a talajvízszint csökkenésének ellensúlyozását. A várost átszelő Belső-Kösely a csapadékvizeken túlmenően a Csónakázó-tóból is kaphat utánpótlást, így a tó kapacitásának növelése és területének esetleges bővítése érdemben támogatja a település hosszú távú vízmegtartási és klímaadaptációs törekvéseit.

Szent István park

Hajdúszoboszló idegenforgalmi városrészében elhelyezkedő Szent István park a város egyik kiemelt közhasználatú közterületi egysége, amely egyszerre lát el rekreációs, turisztikai és városszerkezeti funkciókat. A terület jelenlegi burkolati, zöldfelületi és funkcionális kialakítása azonban csak részben képes megfelelni a növekvő turisztikai igényeknek, valamint a

klímaváltozásból fakadó környezeti kihívásoknak, ezért indokolt egy komplex, integrált szemléletű megújítás. A park burkolt sétányainak és zöldfelületi rendszerének átfogó újra tervezése lehetőséget teremt a közterület térbeli, ökológiai és használati minőségének egyidejű javítására. A fejlesztésnek ki kell terjednie a járulékos közműrendszerek – különösen a csapadékvíz-elvezetés – korszerűsítésére, valamint az utcabútorok és közterületi elemek egységes, funkcióorientált megújítására. A terület funkcionális újragondolása során kiemelt szempont a szabadtéri rendezvények, ideiglenes árusítások és fesztiválok rugalmas, ugyanakkor szabályozott elhelyezése, a szabadtéri színpad megfelelő pozicionálása és használhatóságának javítása, továbbá a jelenleg alulhasznosított vagy funkciótlan parkolók megszüntetése.

A tervezési adottságok figyelembevételével kiemelt környezeti célként fogalmazható meg a városi belterületen a burkolt felületek arányának csökkentése és a zöldfelületek kiterjedésének növelése. A vízáteresztő burkolatok alkalmazása, valamint a megújított és diverzifikált növényállomány telepítése elősegíti a csapadékvíz helyben tartását és talajba történő beszivárgását, ezáltal mérsékli a csapadékcúcsokból származó felszíni lefolyást, és hozzájárul a települési vízháztartás kiegyensúlyozásához. A csapadékvíz-megtartó és hasznosító megoldások lehetőséget biztosítanak arra, hogy a park növényállományának öntözése részben helyben gyűjtött csapadékvízből történjen, csökkentve ezzel az ivóvíz-felhasználást és a közüzemi terhelést. A meglévő zárt csapadékvíz-elvezető rendszer egyes szakaszainak leválasztása és a csapadékvíz egy tervezett tározóba történő átvezetése (pl. a „lepke tető” felületéről összegyűlő csapadékvíz) tovább erősíti a helyben történő vízviisszatartás és hasznosítás integrált rendszerét, hozzájárulva a klímaadaptációs célok megvalósításához. A Szent István park megújítása a klímaadaptáció szempontjából is jelentős beavatkozás. Az összefüggő zöldfelületek, a fásított területek és a párologtató felületek növelése hozzájárul a városi hőszigethatás mérsékléséhez, javítja a mikroklimatikus viszonyokat, valamint növeli a közterület komfortját a nyári, extrém hőhullámok idején. A természetalapú megoldások alkalmazása révén a park nem csupán rekreációs térként, hanem a város klímaadaptív zöld-kék infrastruktúra hálózatának aktív elemeként is működik.

Összességében a Szent István park komplex megújítása hozzájárul Hajdúszoboszló idegenforgalmi városrészének fenntartható fejlődéséhez, erősíti a település zöldfelületi rendszerének folytonosságát, valamint hosszú távon támogatja a város környezeti, gazdasági és társadalmi alkalmazkodóképességét.

2 Kék-és zöldinfrastruktúrát érintő pályázatok

A kék-és zöldinfrastruktúra fejlesztéséhez az Önkormányzat saját pénzügyi forrás biztosításán túl különféle pályázati konstrukciókat vehet igénybe. Az önkormányzatok számára a Terület-és Településfejlesztési Operatív Program (TOP_Plus), valamint Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP_Plus) felhívásai adnak lehetőséget a települési környezet javításához. A projektek civil szervezetekkel, konzorciumpartnerekkel közösen is megvalósíthatók. Az alulról szerveződő, a lakosság körében megfogalmazódott fejlesztési igények és ötletek támogatandók, hiszen a kezdeményezők sokszor az egyes problémakörök elszenvedői is egyben. A civil szerepvállalás erősítése a hatékonyabb projektmegvalósítást eredményezi.

A stratégia írásakor az alábbi felhívás érhető el az önkormányzatok számára: „Zöld-kék infrastruktúra fejlesztések településeken „KEHOP_Plus-2.2.1-25”. A pályázat átfogó célja a természetalapú megoldásokkal zöld-kék infrastruktúrát létrehozó vagy helyreállító beruházások már fennálló települési problémák kezelésére. A problémakörök öt önállóan támogatható projektelembe kerültek kifejtésre.

- Vízügyi vízvisszatartás, vízmegtartó-kapacitás növelése, kapcsolódó területhasználat-váltás,
- Vízfolyások revitalizációja, lefolyáscsökkentés, lefolyáslassítás, vízkormányzás,
- Esővízgyűjtés, esővíz-visszatartás, csapadékvíz-gazdálkodás és egyéb helyi vízforrásokkal való gazdálkodás megújítása,
- Fenntartható csapadékkezelő rendszerek,
- Mikroklíma szabályozás, csapadékvíz beszivárogtatás mellett.

3 Tervezés megalapozása, SWOT analízis

A tanulmányunk vizsgálati fejezetei (1.1–1.6) egyértelműen igazolták, hogy Hajdúszoboszló belterülete nem egységesen kezelhető városszerkezeti és környezeti rendszer, hanem eltérő adottságú, eltérő beavatkozási igényű akcióterületekre tagolódik. Ebből következően a 4. fejezetben bemutatott tervezési eszközök nem általános receptként, hanem célzottan, akcióterületenként differenciálva alkalmazhatók hatékonyan. Az alábbiakban az egyes akcióterületekhez rendelve kerülnek bemutatásra azok a városi, tömb- és telekszintű tervezési eszközök, amelyek az adott terület problémáira és potenciáljaira a leginkább adekvát válaszokat

adják. Az eszközök között tudatos átfedések jelennek meg, hiszen a városi zöld-kék infrastruktúra hálózati logikája ezt szükségessé teszi.

1. akcióterület – Északi akcióterület (kiegyensúlyozott szerkezet, hálózatos kialakítási potenciál)

Az északi akcióterület vizsgálatai alapján megállapítható, hogy a terület nem kritikus állapotú, ugyanakkor zöldfelületi és vízgazdálkodási rendszere széttagolt, a meglévő elemek közötti kapcsolatok gyengék. A terület ezért elsősorban hálózatos szemléletű beavatkozásokat igényel, nem intenzív új zöldfelület-létesítést. Ebben az akcióterületben a 4. fejezet eszközei összekötő, finomhangoló szerepet töltenek be, a cél nem az új rendszerek létrehozása, hanem a meglévők hatékonyabb működtetése.

Elsődlegesen alkalmazandó eszközök:

- 4.1 Városi szintű vízérzékeny tervezési eszközök
Az utcahálózat, parkok és nyílt árkok mentén kialakítható zöldfolyosók lehetőséget adnak a csapadékvíz lefolyásának lassítására és a párologtató felületek növelésére.
- 4.2 Tömbszintű vízérzékeny megoldások
Tömbbelsőben esőkertek, ideiglenes vízviasszatartó zöldfelületek alakíthatók ki, amelyek csökkentik a zárt csatornarendszer terhelését.
- 4.4 Városi utak menti fahely- és zöldsávvédelem
A meglévő fasorok megőrzése és kiegészítése kulcsfontosságú az ökológiai és klimatikus kapcsolatok erősítésében.

2. akcióterület – Kelet és Dél-keleti akcióterület (átmeneti jelleg, zöldhiányos szerkezet)

A keleti és dél-keleti akcióterület esetében a vizsgálatok egyértelműen kimutatták a magas burkolt felületi arányt, az alacsony NDVI-értékeket és a fás zöldfelületek hiányát. A terület klímaadaptációs sérülékenysége jelentős, ezért itt aktív zöldfelületi beavatkozásokra van szükség. Ebben az akcióterületben a 3. fejezet eszközei hiánypótló és enyhítő funkciót töltenek be, a cél a zöldfelületi deficit csökkentése és az élhetőség javítása.

Elsődlegesen alkalmazandó eszközök:

- 4.2 Tömbszintű vízérzékeny tervezési eszközök
A sűrűbb beépítés ellenére a tömbszint lehetőséget ad zöldudvarok, esőkertek és részben burkolatcsökkentett belső terek kialakítására.

- 4.3 Telekszintű vízmegtartó megoldások

Családi házas és átmeneti területeken kulcsszerepet kap a telken belüli csapadékvíz-hasznosítás, szikkasztás és zöldfelület-növelés.

- 4.5 Városi fák, fasorok állapotának javítása

Árnyékoló, párologtató zöldfelületek hiányában a fásítás az egyik leggyorsabban ható eszköz a hőterhelés csökkentésére.

3. akcióterület – Központi akcióterület (intenzíven urbanizált, kritikus állapotú városrész)

A központi akcióterület mutatja a legkedvezőtlenebb környezeti mutatókat: magas burkoltság, elszigetelt zöldfelületek, jelentős hősziget-hatás. Itt a tervezési eszközök nem kiegészítő jellegűek, hanem stratégiai beavatkozásokként értelmezendők. A központi akcióterületben a 3. fejezet eszközei funkcióváltást és rendszer-szintű átalakítást szolgálnak, nem pusztán környezetszépítést.

Elsődlegesen alkalmazandó eszközök:

- 4.1 Városi szintű vízérzékeny eszközök

A burkolt közterületek funkcióváltása (vízáteresztő burkolatok, zöldsávok, párologtató felületek) elengedhetetlen.

- 4.5 Városi fák, mint zöld infrastruktúra közművei

A fák itt nem esztétikai elemek, hanem alapvető klimatikus infrastruktúrák.

- 4.6 Zöldhomlokzatok és függőleges zöldfelületek

A talajkapcsolatos zöldfelületek korlátozott elérhetősége miatt a függőleges zöldítés kulcsszerepet kap.

4. akcióterület – Nyugati akcióterület (peremterület, klímaadaptációs tartalékok)

A nyugati akcióterület alacsony infrastruktúra-sűrűsége és jelentős nyílt területei miatt kiemelt stratégiai tartalékterületként értelmezhető. Itt a legfontosabb cél a meglévő rendszerek megőrzése. Ebben az akcióterületben a 3. fejezet eszközei megelőző és védelmi szerepet töltenek be.

Elsődlegesen alkalmazandó eszközök:

- 4.1 Városi szintű természetalapú vízgazdálkodási eszközök

A nyílt árkos rendszer megőrzése és ökológiai funkcióinak erősítése.

- 4.2 Tömbszintű, alacsony beavatkozású megoldások

A természetes vízmozgások fenntartása, túlzott műszaki beavatkozások elkerülése.

SWOT analízis

ERŐSSÉGEK	GYENGESÉGEK
• A város területét több kistáj érinti, változatos természeti háttérrel, amely erős alapot biztosít az ökológiai hálózat kialakításához. • A belterületen jelentős kiterjedésű, részben összefüggő parkok, fasorok és közkertek találhatók, amelyek már jelenleg is mikroklimatikus szabályozó szerepet töltenek be. • A zöldfelületek társadalmi elfogadottsága magas, a rekreációs funkciók és a városi identitás szempontjából kiemelt jelentőségűek. • A városszerkezetben jól azonosíthatók azok az utcák, közterek és zöldsávok, amelyek alkalmasak zöldfolyosók és vízérzékeny városi elemek kialakítására. • A talajvízrendszer jelenleg még képes a természetes regenerációra, ami megfelelő vízviszataratási és beszivárogtatási intézkedésekkel hosszú távon fenntartható. • A város rendelkezik Integrált Településfejlesztési Stratégiával és vízkárelhárítási tervvel, amelyekhez a zöld-kék infrastruktúra fejlesztések jól illeszthetők.	• A központi és turisztikailag intenzíven használt területeken magas a burkolt felületek aránya, amely fokozza a felszíni lefolyást és a városi hősziget-hatást. • A csapadékvíz-gazdálkodás jelentős részben gyors elvezetésre optimalizált, a zárt csatornák aránya több városrészben még mindig meghatározó. • A zöldfelületi rendszer sok helyen széttagolt, az ökológiai kapcsolatok hiányosak, különösen a tömbbelső és a közterületek között. • Egyes városrészekben a faállomány korosodott vagy leromlott állapotú, pótlása és hosszú távú fenntartása nem mindenhol megoldott. • A szezonális turisztikai terhelés (forgalom, parkolás, levegőminőség) időszakosan jelentős környezeti nyomást gyakorol a központi területekre. • A lakossági vízhasználat, a párolgási veszteségek és a beszivárgás csökkenése együttesen növelik a vízrendszer sérülékenységét.

• A stratégia elkészítését erős módszertani háttér és térinformatikai adatbázis támasztja alá, amely megalapozza a célzott beavatkozásokat	• A zöld- és kék infrastruktúra egyes elemei jelenleg még nem integráltak, hanem ágazati szemléletben működnek.
LEHETŐSÉGEK	VESZÉLYEK
• A természetalapú megoldások (NBS) széles körű alkalmazása lehetőséget teremt a klímaadaptáció, a vízgazdálkodás és a városi élhetőség együttes javítására. • A zöld-kék infrastruktúra hálózati szemléletű fejlesztése hozzájárulhat a városi hősziget-hatás csökkentéséhez és a biodiverzitás növeléséhez. • Az elérhető hazai és uniós pályázati források (TOP Plusz, KEHOP Plusz) stabil pénzügyi háttérrel biztosíthatnak a komplex beavatkozásokhoz. • A civil szervezetek és lakossági kezdeményezések bevonása erősítheti a társadalmi elfogadottságot és a hosszú távú fenntartást. • A zöld-kék infrastruktúra fejlesztése közvetlenül növeli a város turisztikai vonzerejét és versenyképességét. • A vízviSSzatartás és beszivárgás erősítése hosszú távon hozzájárulhat a talajvízszint stabilizálásához. • A térinformatikai alapú tervezés lehetőséget ad a beavatkozások hatásának nyomon követésére és adaptív módosítására.	• A hőhullámok gyakoriságának és intenzitásának növekedése fokozza a városi hőterhelést, különösen a zöldhiányos területeken. • A csapadék időbeli szélsőségei (hosszú aszályos időszakok és rövid, intenzív esőzések) növelik az elöntések és a vízhiány kockázatát. • A talajvízrendszer utánpótlódása egyre inkább külső feltételektől függ, ami hosszú távon bizonytalanságot jelent. • A nem integrált, szigetszerű fejlesztések csökkenthetik a zöld-kék infrastruktúra hálózati hatékonyságát. • A fenntartási források és kapacitások hiánya veszélyeztetheti a létrehozott zöldfelületek hosszú távú működését. • A turisztikai csúcsidőszakok túlhasználata degradálhatja a közterületek ökológiai és rekreációs értékeit. • A rövid távú, kizárólag műszaki szemléletű megoldások háttérbe szoríthatják a természetalapú beavatkozásokat.

4 Tervezési javaslatok

4.1 Vízérzékenység a városokban - Városi szintű tervezői eszközök

A kék-zöld infrastruktúra bővítése - Útfásítás (párologtatás/szikkasztás)

Az útsorfák kiemelt lineáris elemei a városi zöldinfrastruktúrának. Az útfásításnak különösen azokon a területeken nagy a jelentősége, ahol a sűrű beépítés miatt szinte egyáltalán nincs lehetőség zöldfelületen való szikkasztásra. A fák felveszik a talajból a vizet és nagy felületen elpárologtatják azt, ami akár 10°C-kal is hűtheti a levegőt a közvetlen környezetében. Az útsorfák élettartama általában jóval rövidebb, mint az erdei egyedeké. Mivel egy átlagos fa 20 éves kora körül éri el azt a koronaméretet, mikortól a városi klíma és ökoszisztéma igazán értékes elemévé válik, a lehető legkedvezőbb életkörülményeket kell biztosítani, hogy a fák megérjék ezt a kort.

Tervezés és kivitelezés:

Számos szakkönyv ismerteti a szakszerű fatelepítést, ezért erre a kiadványban nem térünk ki részletesebben. A klímaváltozás miatt egyre fontosabb, hogy megfelelő várostűrő, a kánikulát is átvészelő fajokat alkalmazzunk. Előnevelt, túlkoros egyedek alkalmazásával lerövidíthetjük a növekedési időt. Az útsorfának ajánlható fajok listája a Közterületi sorfák című kiadványban található. A burkolatban álló fák törzse körül törekedni kell rá, hogy a csurgó (a korona síkbeli vetülete) és egy méteres környezete vízáteresztő burkolatot kapjon, így a csapadékvíz lejuthat a fák gyökérzónájához. A csurgó zónájában mindenképpen meg kell akadályozni - ha kell, tereptárgyakkal, pollerrel vagy kiemelt szegéllyel - a parkoló autók által okozott talajtömörödést. A belvárosban a fásítás egyik leggyakoribb akadályozója a sűrű közműhálózat. A Zöldinfrastruktúra füzetek új kiadványa részletesen foglalkozik majd azokkal a legújabb technikai lehetőségekkel, melyek által ma már olyan helyekre is telepíthetőek fák, ahol a közművek miatt korábban ez nem volt elképzelhető.

Fenntartás:

Az első három évben elengedhetetlen a megfelelő karózás és a kellő víz- és tápanyag utánpótlás, a későbbiekben pedig a szükséges faápolási teendők elvégzése. Az építkezések során védeni kell a fák gyökérzónáját a roncsolódástól, a talajtömörödéstől és a vegyi anyagok, építőanyagok bemosódásától és kerülni kell a szórósó használatát télen!

Párologtató eszközök

A városi köztereken alkalmazott vízarchitektúrák a párologtatás révén hűtőhatást fejtenek ki környezetükre. Használatuk általában időszakos, szerepük a meleg időjárásban a lakosok

komfortérzetének javítása. A higiéniai előírások miatt ezek az eszközök csapvízzel üzemelnek, így valójában nem tartoznak szorosan az ökológikus eszközök közé, de kondicionáló hatásuk miatt mindenképpen említést érdemelnek. A párapapuk és ködfűvókák általában a forgalmas és nyáron forró, nagy burkoltságú tereken kapnak helyet, de gyakran alkalmazzák őket óvodák, iskolák udvarain is. A párologtató medencék és a burkolaton vékony víréteget képező megoldások megfelelő vízminőség mellett már csapadékvízzel is üzemeltethetők és jelentős mennyiségű vizet képesek elpárologtatni.

Szikasztás zöldfelületen és vízáteresztő burkolaton (szikasztás/továbbítás)

A városokban szintén stratégiai kérdés a felületek vízáteresztő képessége. A forgalmas városi területeken sokszor szükséges a szilárd burkolat - ám törekedni kell rá, hogy ez a szükséges mértéket ne lépje túl. Ahol a burkolás elengedhetetlen, még mindig alkalmazható vízáteresztő rétegrend. Ha a gyalogos burkolatok és a családi házas övezetek parkolósávjai vízáteresztő burkolatot kapnának, a lefolyó víz mennyisége városi szinten jelentősen csökkenthető lenne. A lejtésirány helyes megválasztása és a csapadék zöldfelületre vezetése is képes lényeges megtakarítást eredményezni.

Tervezés és kivitelezés

A vízáteresztő felületek alkalmazásánál ügyelni kell rá, hogy a vízzel együtt a szennyeződések is bemosódhatnak a talajvízbe, ezért használatuk csak olyan helyen megengedett, ahol a forgalomból adódó szennyezés nem túl magas (pl. családi házas övezetek alacsony forgalmú útjainak parkolósávjai, gyalogos felületek, játszóterek, sportpályák, kevésbé frekvenciált parkoló felületek). Porózus szőtt burkolat esetében ügyelni kell a környező burkolatok típusára is, mert a gyalogosok által lehordott finom por eltömítheti a szomszédos (pl. műgyantás stabilizált) burkolatot, a gyepfugás burkolat esetében a növényzet pusztulását is okozhatja. A gyepfugás burkolatokhoz a termett talaj vízszikkasztó képessége nem elégséges, ezért a fugát homokkal kevert földdel vagy az extenzív zöldtető keverékekhez hasonló kombinációval kell feltölteni. A "Vízáteresztő burkolatok" című kiadvány tájékoztatást nyújt a különböző burkolattípusokról és azok tulajdonságairól, tervezési és kivitelezési elveiről. Gyepfugás burkolat csak körültekintéssel, megfelelő környezetben alkalmazható, mert a hazai klímaviszonyok mellett nyáron könnyen kiszárad.

Fenntartás

A növényvel borított felületek fenntartása a klasszikus parkfenntartási rutinfeladatokat jelenti. A vízáteresztő burkolatok idővel eltömődhetnek, ezért szükség lehet a tisztításukra. Fontos szempont, hogy sem a tisztítás közben, sem bármilyen egyéb, a burkolaton zajló tevékenység közben nem használhatóak olyan anyagok vagy vegyszerek, amelyek veszélyt jelenthetnek a

talajvíz minőségére. A porózus szórt burkolatok pontszerű terhelés (pl. egy ráhajtó teherautó kereke) hatására betömörödhetnek és csökkenhet a vízáteresztő képességük, ezért ezt lehetőség szerint kerülni kell.

A víz továbbításának eszközei (továbbítás/párologtatás)

A burkolt felületekről a vizet lehetőleg zöldfelületre kell vezetni. A fenntartható csapadékvíz-gazdálkodás a felszíni vízelvezetést támogatja, mert az növeli a párolgást, kialakítása általában olcsóbb és fenntartása sokszor egyszerűbb. A víz zöldfelületre jutását segíthetjük süllyesztett szegéllyel vagy áttört szegélykialakítással, illetve nagyobb távolság esetén a vizet gyűjthetjük nyílt vápában. Ha nem áll rendelkezésre elegendő hely, használhatóak rácsos- vagy résfolyókák, esetleg pontszerű víznyelők. Egyes nagy kapacitású folyókák nem csak a víz elvezetésére, de ideiglenes tározására is használhatóak. Az elvezetett vizet lehetőség szerint egy közeli szikkasztóelembe (szikkasztóárokba vagy földalatti szikkasztóba), esetleg víztározóba érdemes továbbítani, és csak végső esetben a csatornába kötni!

Tervezés és kivitelezés

Süllyesztett szegély alkalmazásakor a burkolat széle egy rejtett megtámasztást, sokszor a burkolattal szintben lévő fém szegélyt kap, vagy a szélső, nagyobb méretű elemsor ül beton ágyazatban. Egyes esetekben azonban - esetleg éppen a zöldfelületek védelme érdekében - kiemelt szegély szükséges. Ilyen esetben javasolt a kiemelt szegélyt helyenként megszakítva kialakítani, hogy a víz a zöldfelületre jusson. A folyókákat és vápákat érdemes úgy kialakítani, hogy minél ritkábban tömődjenek el. Ha a folyókák messze esnek egymástól és várhatóan nagy sebességgel érkezik a csapadék, a víz útjába helyezett kövekkel vagy egyéb akadállyal lassíthatjuk a víz sebességét. A zöldfelületek magassága idővel a fagy és a növények hatására néhány centit emelkedik, ezt figyelembe véve kell megtervezni a vízelvezetéshez a terepet.

Fenntartás

A vízelvezető vápák, folyókák és átfolyók tisztításáról folyamatosan - de különösen az őszi lombhullás idején – gondoskodni kell. Már a folyóka kiválasztásánál érdemes figyelembe venni annak tisztíthatóságát és dugulásra való érzékenységet.

4.2 Vízérzékenység a városokban - Tömb szintű tervezői eszközök

Záportározó

A záportározók célja a csapadékból keletkező árhullám csúcshozamának ideiglenes visszatartása. A tározóban gyűjthető egy adott terület burkolatairól vagy a tetőről lefolyó, kevésbé szennyezett csapadékvíz. A tározóknak, a be- és az elvezetés speciális kialakítása nélkül csak korlátozott tisztító hatása van. Típusai a tározótavak, a tározómedencék és a

földalatti tározóterek. A tározótavak lehetnek ideiglenes vagy állandó vízborításúak. A tározótavak fontos szerepet tölthetnek be a vízfolyások vízminőségének és -mennyiségének szabályozásában is. A tározótér előtt általában egy ülepítőtér is szükséges, ahol a csapadékvízzel szállított lebegő részecskék leülepednek. A tárolt csapadék befogadója többnyire egy közeli patak. Az állandó vízborítású tavak jelentős ökológiai értékkel is rendelkezhetnek.

Tervezés és kivitelezés

A föld feletti záportározók kialakítása betonból, beton elemekből, agyagból vagy vízzáró műanyag fóliából történik, de egy idő után a tó akár saját magát is tömíteni tudja az eliszapolódással. Alakjuk többnyire művi és épületekhez, infrastruktúra elemekhez kapcsolódnak, de minden esetben ajánlott figyelembe venni a településképi illeszkedést. Az állandó vízborítottságú tavak javasolt mélysége az eutrofizáció csökkentése érdekében legalább 1,5 méter. A partfal meredeksége annak anyagától függ. A lejtés megválasztásánál ügyelni kell az erózióra, továbbá a be- és kifolyó környezetében külön betonvápával, kőszórással vagy biológiai rézsűstabilizációval javasolt védekezni ellene. A zsilippel kialakított bekötés mellett, amely a csatornába vagy élővízbe vezeti a vizet, javasolt vészkiömlőt is kialakítani. Városi környezetben ügyelni kell a balesetveszélyre, kisgyermek számára a nyílt vízfelület kockázatot jelenthet. Kisebb városi terek, belső udvarok csapadékjának gyűjtésére medencék is használhatóak, melyek esetenként jobban illeszkednek az épített környezetbe. A földalatti tározás történhet előregyártott elemekkel (pl. tófóliával burkolt szikkasztóládákkal, tartállyal) vagy beton tározó építésével. Méretük és alakjuk nagyon változatos lehet. A földalatti tározók a legköltségesebbek, így többnyire a helyhiány miatt kerülnek alkalmazásra. A víz változó szintje miatti nyomáskülönbség kiegyenlítésére szellőzőnyílásokat igényelnek, így ezeknek a településképhez illesztése is tervezői feladat.

Fenntartás

Az ülepítő tér kotrása a szedimentáció miatt időről időre esedékes, a tározóteret azonban csak korlátozottan szabad kotorni. Az ülepítő térben nem, de a tározóban már kiülepedő finom iszap adszorpciós képessége védelmet nyújt a nehézfémek talajvízbe kerülése ellen, ugyanakkor fokozatosan csökkenti a szivárogtató képességet. Ennek a helyreállítása miatt az időnkénti kotrás elkerülhetetlen. A tó műtárgyai rendszeres felülvizsgálatot igényelnek. A zsilippel kialakított bekötés mellett, amely a csatornába vagy élővízbe vezeti a vizet, javasolt vészkiömlőt is kialakítani.

Gyökérzónás víztisztítás (visszatartás/tisztítás/párologtatás)

A gyökérzónás víztisztító a természetes mocsarakat imitáló, a vizet tározó, valamint a talaj és a növényzet segítségével tisztító terület. Alkalmas lehet például az egyesített hálózat túlfolyóiból kijutó, vagy a csapadécsatornában gyűjtött víz tisztítására a befogadóba kerülés előtt. A víz előtisztítás után kerül a náddal borított területre, majd a talajrétegen lassan átszűrődve a gyökérzóna alatt lévő dréncsöveken keresztül távozik. A gyökérzónás tisztítók optimális működésének számos kritériuma van, ám ha ezek teljesülnek, hatékonyak és kevés beavatkozást igényelnek. Teljes tisztítóhatásukat a növényzet beálltától (kb. 3 év) fejtik ki.

Tervezés és kivitelezés

A növényzet mind az alul-, mind a túlhasználatra érzékeny, ezért törekedni kell a pontos méretezésre. A tisztítót a talajvíz védelmében vízzáró fólia választja el az altalajtól. A mocsárzóna mind az időszakos elöntést, mind a száraz periódusokat igényli, ezért az egyenletes vízellátás érdekében az aljzatnak tökéletesen vízszintesnek kell lennie. A fóliára fektetett finom kavicsrétegre egy vízszintes dréncső hálózatot fektetünk, amely az egyenletes vízkivezetést garantálja. A tökéletes szintezés érdekében csak merev műanyag csövek használata megengedett. Fektetés után geotextília csíkokkal érdemes letakarni a csöveket, mely megakadályozza a gyökerek benövését.

Fenntartás

Az előtisztító és a víz továbbítását szolgáló elemek rendszeresen felülvizsgálandóak, a lerakódásokat szükség esetén el kell távolítani. A dréncsövek tisztításához egyik végük a felszínre ér és nyitható. A vízminőség rendszeres ellenőrzést igényel.

4.3 Vízérzékenység a városokban - Telek szintű tervezői eszközök

Extenzív zöldtető (visszatartás/tisztítás/párologtatás)

Tervezés és kivitelezés

A zöldtetők felépítéséről és tervezési elveiről bő szakirodalom érhető el, valamint a gyártók és az építők is tájékoztatást nyújtanak a tervezéshez. A zöldtetőn mindig szükséges túlfolyót és a legmélyebb ponton lefolyót elhelyezni. A növényzet telepítésére a leggyorsabb megoldás a kész vegetációs szőnyeg vagy előnevelt növények használata. Magvetéssel is történhet az ültetés, de ez esetben a zárt növénytakaró kialakulása több időt igényel. A kifolyók fenntartására tisztítóakna szolgál, ahol eltávolíthatóak a lefolyó vízből kiüledett esetleges szennyeződések, növényi részek. A félintenzív tetők az extrém száraz időszakokban és közvetlenül a telepítés után öntözést igényelnek.

Fenntartás

A tető műszaki létesítményeit (a túlfolyókat, tisztítóaknát és a szigetelés állapotát) rendszeresen ellenőrizni kell. Egy extenzív zöldtető jól beállt növényzete nagyon kevés fenntartást igényel. Ha az élőhely összetétele az évek alatt erősen megváltozna és egy faj egyoldalúan kiszorítja a többit, szükség lehet a növények újratelepitésére vagy felülvetésre.

Intenzív zöldtető (visszatartás/tisztítás/párologtatás)

Az intenzív zöldtetők legalább kétszintű növényállománnyal rendelkező, magas fenntartásigényű, rekreációs használatra alkalmas zöldfelületek. A termőföld vastagsága legalább 25 cm, 120 cm-nél vastagabb termőréteg vastagság felett már fák ültetése is lehetséges. Az intenzív zöldtetők öntözést és rendszeres karbantartást igényelnek. A dúsabb növényzetnek megfelelően ökológiai értékük és vízvisszatartó szerepük is jelentősebb lehet, mint az extenzív tetőké, viszont alkalmazási területük szűkebb - a vastag talajréteg és nagyobb növénytömeg miatt nagyobb teherbírású födémszerkezetre van szükség.

Tervezés és kivitelezés

Intenzív zöldtető megfelelő teherbírású és maximum 10% lejtésű tetőn alakítható ki. Intenzív tetők tervezésénél és a növényválasztásnál figyelembe kell venni a szélnyomás hatását. A sekély talajrétegben gyökerező fákat a kitett zöldtetőkön kicsavarhatja a szél, ezért szükség lehet a növény földfeletti vagy -alatti rögzítésére.

Fenntartás

A fenntartási feladatok megegyeznek az extenzív zöldtetőével, kiegészítve a növényzettől függő klasszikus zöldfelület-fenntartási feladatokkal. Az intenzív zöldtetők rendszeres öntözést és intenzív ápolást igényelnek.

Kéktető (visszatartás/tározás/párologtatás)

Különösen a sűrű belvárosi környezetben lehet nagy jelentősége a lapostetők potenciális víztározó kapacitásának. A lapostetők felületét sekély medenceként hasznosítva jelentős mennyiségű csapadék tartható vissza, melynek nagy része elpárolog. Ezzel csökkenthető a csapadékcúcs és a városi hősziget effektus.

Tervezés és kivitelezés

Megfelelő teherbírású épületszerkezet esetén a kéktető kialakítása egyszerű és olcsó megoldás. Kéktető legegyszerűbben a 2%-nál kisebb lejtésű tetőkön alakítható ki, ennél nagyobb lejtés esetén osztóelemek építhetők be, melyek növelik a kapacitást és lassítják a lefolyást. Kritikus szempont, hogy a tető vízszigetelésének tökéletesnek kell lennie. A vízréteg vastagsága maximum 12 cm. A tározótér a szigetelés ballasztjaként sokszor mosott kavicsréteggel borított. A medencékhez hasonlóan szükség van lefolyóra, mellyel a tető vízteleníthető, és túlfolyóra, mely a tető kapacitásán felüli csapadékot vezeti el. A lefolyó víz bevezethető felszíni vagy

felszín alatti tisztító, szikkasztó elemekbe. A lassú lefolyás előnyös, mert növeli a párologást, de az algásodás megakadályozása érdekében a víz maximális tartózkodási ideje a tetőn 72 óra.

Fenntartás

A túlfolyó és lefolyó dugulásmentessége, valamint a tető szigetelésének épsége időről-időre ellenőrizendő. Elkoszolódás esetén a tározótér felülete vagy a kavicsréteg tisztításra szorulhat.

Zöldhomlokzat (szikkasztás/párologtatás)

A zöldfalak függőleges felületek növényekkel való borítását szolgálják. Két fő típusra oszthatóak. A természetes zöldhomlokzatok esetében a futónövények a talajban gyökereznek és innen kúsznak fel a falon vagy a falhoz rögzített támrendszeren. A mesterséges zöldfalak esetében a növények egy, a falra rögzített ültetőközegbe kerülnek, így kiépített öntözőrendszert igényelnek. Utóbbiak építése és fenntartása jóval költségesebb és a növények érzékenyebbek a téli fagyokra is. A zöldfalak az árnyékolással és párologtatással nyáron segítenek az épületek és a városi szabadterek hűtésében. A zöldfalak vízigényét csapadékvízből ajánlott biztosítani, ez szükség esetén csapvízzel kiegészítendő.

Szikkasztóárok (szikkasztás, továbbítás, párologtatás)

Ha az egyszerű zöldfelület kapacitása nem elegendő a lefolyás befogadására, a terület lesüllyesztésével ideiglenes tározásra is alkalmas területet, szikkasztóárkot hozhatunk létre. Az árkot borító gyepek sűrű gyökérzete megszűri a vizet. Az esőkert növényborítása elöntéstűrő évelő és fásszerű fajokból áll, így fenntartásigényesebb, de egyben dekoratívabb eleme lehet a zöldfelületeknek.

Tervezés és kivitelezés

A szikkasztóárok és esőkertek alapelve a felszín süllyesztése, formai kialakításuk bármilyen lehet. A kialakításukra alkalmas talaj vízszikkasztó képessége: $1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-5}$ cm/s között van, ha a talaj ennél kötöttebb, drénezésre is szükség van. Ha az árok vízmagassága maximum 30 cm-re méretezett, nem alakul ki tartós vízborítottság, amely tönkretenné a növénytakarót. A rézsűfelület az erózió megakadályozása és a könnyű fenntarthatóság érdekében maximum 1:4 meredekségű. Az árok hosszlejtése maximum 3%. Ennél nagyobb terepesés esetén az árok megszakítása vagy lépcsőzetes kialakítás javasolt, ahol magas vízállás esetén a csapadékvíz átbukhat a szintek között. Ha a víz koncentráltan, adott pontokon jut be a szikkasztóárokba, a műszaki kialakításkor – kellően sekély rézsűfelülettel, esetleg kőszórással vagy vápa kialakításával - gondoskodni kell a kimosódás megakadályozásáról. A növényekkel borított szikkasztók csak akkor látják el szerepüket, ha a növényzet már egybefüggő felületet képez és a gyökerek átszövik a földet - ezért kivitelezés során ezen elemeket ajánlott időben előbb elkészíteni, hogy mire a burkolatok elkészülnek, az árok működőképes legyen! Ellenkező

esetben az árkot az erózió fenyegeti, valamint az útról bemosódó finom por eliszapolhatja a feneket és tönkreteszi a szikkasztóképességet. A gyepesítés 8°C feletti hőmérsékletben történjen, lehetőleg a nyári száraz időszakon kívül. A növénytelepítés ideje lerövidíthető előregyártott gyepszőnyeg fektetésével. Az építés során kerülni kell a nehézgépek használatát, áthaladását vagy építőanyagok tárolását a szikkasztóárok területén, mert a tömörödött talaj nem képes vízszikkasztásra! A szikkasztóárok extenzív gyepfelülettel is kialakíthatók, mely csupán évi 1-2 kaszálást igényel. Még nem zajlott nagyobb kutatás szikkasztóárok speciális gyepkeverékeire és az esőkertek Magyarországon alkalmazható növényfajaira, ezért ajánlott, kipróbált magkeverékekkel egyelőre nem rendelkezünk. A kiadvány függelék kísérleti jelleggel tartalmaz egy fajlistát olyan növényekről, melyek feltételezhetően alkalmasak lehetnek esőkerti növénynek Magyarországon.

Fenntartás

A gyepes szikkasztóárok hasonló fenntartást igényel, mint egy normál gyepfelület. A gyep nyírásakor azonban ügyelni kell a talajtömörödés megelőzésére - a fűnyírás csak kézzel vagy könnyű gépekkel ajánlott, olyan időben, mikor a talaj nincs túlzottan átnedvesedve. Fontos, hogy a növénytakaró tömött és egybefüggő maradjon, ezért ha a gyep sérül, vagy a föld lemosódik, a növényzetet felülvetéssel helyre kell állítani. Emellett ügyelni kell rá, hogy minél kevesebb finom üledék rakódjon le az árok fenekére, ami eltömíti a pórusokat és csökkenti a szivárogtató képességet. Ez főleg az őszi lomb összetakarítását jelenti. Az esetenkénti gyepszellőztetés is segít a szikkasztóárok vízáteresztő képességének fenntartásában. A spontán megjelenő fásszárú növényzet eltávolítandó. Az esőkertek fenntartásához nagyobb kertészeti szaktudás és az adott növények ismerete szükséges.

Drénárok (szikkasztás)

A drénárok esetében az érkező csapadékvíz közvetlenül a drénrétegbe, majd onnan a környező talajrétegbe kerül. Előnyük a nagy kapacitás és az igen gyors vízfelvétel. Mivel a kavicsréteg felett nem található növényzet és finomabb talajréteg, a csapadékvíz hordalékaival együtt szűretlenül kerül a drénbe. Ez előbb-utóbb eltömíti a pórusokat, ezért a drénárok rendszeres tisztításra szorul. Emellett a szűretlen csapadékvíz a talajvíz minőségére is kockázatot jelenthet. Az említett hátrányok miatt ezen eszköz alkalmazása kevésbé javasolt.

Tervezés és kivitelezés

A drénárok méretezése a szükséges kapacitástól függ, a kulékavics töltést geotextília választja el a termett földtől. Szükség esetén az árok alsó felében dréncső vezethető, mely a többletvíz egy másik földalatti szikkasztóba vagy végső esetben a csatornába vagy kisvízfolyásba továbbítja.

Fenntartás

A drénárok hátránya, hogy eltömődhet, ezért néhány évente (a környezetből bemosódó szennyeződések mennyiségétől és típusától függően) tisztításra szorul. Az elkoszolódott felső kavicsréteget ki kell emelni, és a szennyeződések eltávolítása után visszahelyezni.

Föld alatti szikkasztás (szikkasztás)

A földalatti drénaknak helytakarékos megoldást jelentenek a csapadékvíz föld alatti szikkasztására magas burkoltság esetén. Főbb típusai a szikkasztóládák, dréncsövek és a drénkutak. Kialakítása általában költségesebb és jelentős földmunkát igényel, de lehetőséget ad a szikkasztásra akár burkolt parkolófelületek alatt is. A drénkutak funkciója egy vízzáró talajréteg "átdöfése" is lehet, így a csapadékvíz ezen átjutva a mélyebb rétegekbe juthat. A talajvízszintet pontszerűen megemelhetik, ezért épületek környezetében körültekintéssel alkalmazandóak.

Tervezés és kivitelezés

A szikkasztótér méretét a szükséges kapacitás határozza meg, a környezettől a talaj bemosódásának megakadályozására geotextília választja el. Ha a szikkasztótérre burkolat kerül, fontos az altalaj megfelelő tömörítése és a terhelésnek megfelelő vastag teherbíró réteg kialakítása a szikkasztóládák vagy dréncsövek alatt/felett. Az eszközöknek fagyhatár alá kell kerülniük. Ha a víz nem a felső talajrétegen átszűrődve kerül a drénrétegbe, hanem egy mesterséges befolyón keresztül, mindig gondolni kell a bejutó víz előszűrésére tisztítóakna beépítésével, ahonnan csak az üledéklerakódás és az olajleválasztás után jut tovább a csapadékvíz a drénbe. A földalatti szikkasztóterek mindig rendelkeznek túlfolyóval, mely a vizet egy másik szikkasztótérbe, vagy más megoldás hiányában a csatornába vezeti. A szikkasztóládás és dréncsöves szikkasztó kapacitása az elemek sorolásával tetszőlegesen alakítható. A drénkút alulról nyitott, általában perforált falú beton vagy műanyag elemekből áll. Belsejében szükség esetén geotextília akadályozza meg a talaj bemosódását. Ennek az eszköznek a kialakítása a legolcsóbb és legkisebb helyigényű, ugyanakkor a pontszerű vízszintes kiterjedés miatt igen jelentősen emelheti közvetlen környezetében a talajvízszintet.

Fenntartás

A szikkasztók ülepítője és a drénkút rendszeres ellenőrzést és tisztítást igényel. Egyes előszűrő berendezések már képesek érzékelni és digitálisan is jelezni, ha a kiülededett olaj és üledék kritikus szintet ér el. A földalatti drénaknak állapotát legalább évente egyszer szükséges ellenőrizni a kontrollaknán keresztül és eltávolítani az esetleges szennyeződések. Dugulás esetén magasnyomású vízzel átmosható a rendszer. A tisztításhoz semmilyen, talajvízre veszélyes vegyszer nem használható!

Előregyártott víztározók (szikasztás)

A földalatti előregyártott víztározó elemek általában 1-10 m³ kapacitásúak, de több elem összekapcsolásával ennél nagyobb kapacitás is elérhető. Kiépítési költségük a talajmunka miatt nagy. Általában egy épület közvetlen környezetében, a tetővíz gyűjtésére telepítik, mely aztán újrahasznosítható öntözésre vagy szürkevízként wc öblítésre. Magyarország klimatikai viszonyai miatt sajnos jelentős vízszintingadozással kell számolni a tározóban, így racionális beruházási költségek mellett nem képes teljes mértékben kiváltani a csapvíz használatot. A felszíni tározók általában kisebbek és családi házas környezetben a legjellemzőbbek. Előnyük egyszerű telepíthetőségük (közvetlenül csatlakoztathatóak az ereszcatornára), ám csekély kapacitásuk miatt nagyobb területeken nem befolyásolják jelentősen a vízgazdálkodást.

Tervezés és kivitelezés

A tartály méretét a víztározó területe szabja meg. Mivel a tározók tisztítása körülményes, mindenképpen ajánlott könnyen fenntartható előszűrő beépítése. A tartályt túlfolyóval kell ellátni. A föld alatt tározott víz felhasználásához szivattyú szükséges, melyet érdemes szárazon elhelyezni, mivel a bűvárszivattyúk gyakrabban hibásodnak meg. A tervezés és kivitelezés fázisai mérettől és anyaghasználattól függően eltérőek lehetnek, ezért ehhez a gyártó nyújt segítséget.

Fenntartás

A szűrő rendszeres tisztítása minden tározó esetén lényeges.

4.4 Javaslatok a fahelyek és zöldsávok védelmére városi utak mentén

A fákra és zöldsávokra ártalmas körülmények mérséklése

A városi ártalmakra válaszként adható megoldások és hatásaik bemutatása előtt fontos kihangsúlyozni a rendszerszintű gondolkodás fontosságát. Egy-egy elem kiragadása és alkalmazása nem fogja meghozni az elvárt sikereket és a működőképes zöldsávokat, fasorokat. A zöldsávok és fahelyek sikerének kulcsa a hosszú távú tervezésen múlik, melynek alapja a zöldfelületek és fák városi szerepének megfelelő értékelése. Előnyösen változhat a hozzáállás, ha úgy tekintünk ezekre, mint zöld közmű vagy mint zöld épület. Ezt a megfelelő tervezési folyamatot szükséges kiegészítenünk a városi hatásokat mérséklő objektumokkal vagy folyamatokkal ahhoz, hogy 50-100 év múlva az általunk telepített fasorok még mindig pompázhassanak nagyvárosaink utcáin. Egyes hatások, mivel azok egy nagy rendszer elemei, csak mérsékelhetők (pl. városi szél vagy forróság), míg más hatások megfelelő tervezés és odafigyelés mellett akár elkerülhetők is (pl.: sózás hatásai, törzs megsértése).

A városi levegő – légszennyezés és városi szél negatív hatásainak mérséklése

Fák, fasorok telepítése esetén, a tervezési fázisban szükséges lehet a szélirányokra és a szél erősségre vonatkozó adatok vizsgálata és értékelése. Kiemelten fontos ez olyan városi utak esetén, melyek a kül- és belterületeket egyenes vonalban kötik össze, irányuk megegyezik az uralkodó szél irányával, vagy ismert ventillációs csatornát, szélcsatornát képeznek. Az útmenti fák kiválasztása során az ellenállóbb, légszennyezésre kevésbé érzékeny fajokat válasszuk elsősorban. A széltörés szempontjából is fontos a szilárdabb, kevésbé törékeny faegyedeket választani és fahely kialakításnál mindenképpen gondolni kell a fák rögzítésére, karózására, támogatva a fa stabilitását a begyökeresedésig.

A városi vízkörforgás javítása

A városok vízkörforgásának javításakor alapvető cél a természeteshez hasonló folyamatok részleges visszaállítása. Ennek első és legfontosabb lépése a lehulló csapadék talajba való elszívárogtatása, annak csatornahálózat általi, azonnali elszállítása helyett. A talajban elszikkasztott esővíz így hozzájárul a talajvíz megfelelő szinten tartásához, párologtatással a városi makroklíma javításához és a növényzet kondicionálásához is. Városi utcák és utak mentén a vízáteresztő burkolatok alkalmazásával, zöldfelületek létesítésével és nagy lombkoronát nevelő fák telepítésével tudunk jelentős mennyiségű csapadékvizet helyben tartani, ugyanis ezek tudják azt elszikkasztani, felvenni és elpárologtatva visszajuttatni a légkörbe. Kialakíthatók ugyanakkor további speciális zöldsávok és fahelyek, melyek kifejezetten a lehulló csapadékvíz elszívárogtatására és hasznosítására alkalmasak, tehermentesítve ezzel a csatornahálózatot. Rendszer szintű alkalmazásuk esetén az egész város klímájára ki tudják fejteni hatásukat.

A városi hősziget – forróság hatásainak mérséklése

Több zöldfelület és kevesebb burkolat alkalmazásával, a csapadékvíz helyben tartásával már teszünk a városi hősziget mérsékléséért. A párologtató felületek és a fejlődő, egyre több árnyékot adó növényzet hatására javul a mikroklíma, mérséklődik a nyári forróság érzése lokálisan. A forróság egyedi fahelyekbe telepített fákra és zöldsávokra gyakorolt hatásainak enyhítését is tervezési szinten kell elkezdeni. Mivel a városi levegő a visszaverődő napsugárzás, a légszennyezés és a párologtatás hiánya miatt forró és száraz, a növényalkalmazásnak ezekhez a viszonyokhoz kell alkalmazkodni. A mesterségesen kijuttatott víznek, az öntözésnek is nagy szerepe van a forróság csökkentésében, hisz élteti a szomjazó növényeket, melyek később árnyékot adnak és párologásával hőt von el a környezetétől. A rendszeres, nagy mennyiségű öntözés a még nem kiterjedt gyökérszettel rendelkező, fiatal fák esetében a legfontosabb. Ahol megoldható, célszerű lenne az ivóvíz minőségű víz helyett öntözőkutakat létesíteni és a

locsolást abból végezni. Mivel az öntözés eszköz- és munkaigényes feladat, ezért érdemes megfontolni az öntözőzsákok használatának szélesebb körben való elterjesztését, hisz azok a megfelelő mennyiségű vizet fokozatosan adják le a fának, anélkül, hogy az elfolya a felszínen, vagy hogy jelentős mértékben elpárologna. A lajtos kocsik egész nap járkák a várost és járó motorral várják ki minden egyes fánál, hogy azok megkapják a megfelelő vízmennyiséget. Ezalatt belsőégésű motorjaikkal fűtik környezetüket és káros anyagokat juttatnak a levegőbe. Ennek megfelelően a géppark időszerű megújításakor érdemes elektromos eszközökre váltani.

Városi talaj tömörödésének és szennyezés hatásainak mérséklése

A talaj az, amiben növényeink gyökereznek és táplálkoznak, ennek minősége kritikus a növények fejlődése szempontjából. Mivel a meglévő fák környezetében a talaj javítása elég nehézkes ezért a legfontosabb teendő, hogy a fák telepítésénél már a lehető legjobb minőségű és mennyiségű talajt biztosítsuk a növények számára. A tervezés megkezdésekor fontos megismerkedni a talaj tulajdonságaival. Ezt egy laboratóriumi talajvizsgálattal lehet megtenni, ami megmutatja a talaj fizikai és kémiai paramétereit, pH-ját, kötöttségét, mészt, ásványi nitrogén, felvehető foszfor és kálium tartalmát. A talaj paramétereinek megismerése után dönthetünk arról, hogy mekkora mértékű tápanyagutánpótlás vagy talajcsere szükséges. Városi körülmények között ritkán fordul elő a jó minőségű talaj, így a fasori fák és útmenti zöldsávok esetében teljes talajcserével kell számolni. Amennyiben a talaj nagyon rossz minőségű, sittel, építési törmelékkel teli, akkor a fahelyek méretét is növelni kell, annak érdekében, hogy a beleültetett fa begyökeresedése után is jól érezze magát és ne rekedjen meg a fahelyben. A talajcsere történhet termőfölddel, termőföld és komposzt vagy szerves trágya (ebben az esetben nagyon fontos az érett trágya használata a gyökérkárosodás elkerülése érdekében) vagy alginitt vagy műtrágya keverékével. Speciális talajkeverékeket is lehet alkalmazni, mind például mesterséges váztalajt, melynek hozzáadott értéke is van teherhordó képessége miatt. Amennyiben a talaj tömörödésére számítunk a későbbiekben, különösen érdemes ennek alkalmazását megfontolni, de függesztett burkolattal vagy fahelyvédelemmel is megelőzhető a későbbi taposási kár. A tömörödött talaj szinte mindenütt megfigyelhető, utólagos fahelyvédelem alkalmazásával, például alacsony kerítéssel ez a hatás meglévő fák esetében is mérsékelhető. Meglévő fák talajjavítási módszereiről részletes leírások Lukács Zoltán Faápolás című könyvében olvashatók. A talaj szennyezése legfőképpen az utak sózásából és a kutyák károsításából fakad. Ezek ellen a tervezett és meglévő fák esetében is lehet kiemelt szegéllyel, alacsony kerítéssel védekezni.

A gyökér védelme

A gyökerek védelme részben élettér védelemmel, a talaj tömörödésének (taposás, ráparkolás) és egyéb károsítások (útsózás, kutyák) megakadályozásával küszöbölhető ki. Erre egy új telepítés tervezésénél mindenképpen gondolni kell, de meglévő fák életkörülményeit is tudjuk javítani ezek figyelembevételével. Meglévő fák esetében a favédelmi zónát érintő beavatkozások során kertészeti, faápolói szakfelügyelet szükséges, annak érdekében, hogy a fák a lehető legkisebb károsodással vészeljék át a környezetükben végzett átalakításokat és azért is, hogy a beavatkozást követően a fák még hosszú ideig biztonságban megtarthatóak legyenek, a baleseti kockázat mértéke minimális maradjon. A fák és zöldsávok föld alatti életterének, a gyökérzónájának védelme, a védelem mikéntje fontos szakmaközi kérdés. Folyamatos harc dúl a fejlesztések során a szükséges felületek, közművek, funkciók és a zöld város jövőképe között. Éppen ezért szükséges a városlakók, a döntéshozók és a közterülettervezésben résztvevő szakmák érzékenyítésére, hogy a fákra ne csak, mint törzs és korona gondoljunk, mely egy utca vagy tér szép kiegészítője, hanem mint „zöld közműre”.

A törzs védelme

A törzs sérülései legtöbb esetben figyelmetlenségre vagy szakszerűtlen kezelésre vezethetők vissza. Legfontosabb ezeknek a sérüléseknek a megelőzése, mely a törzs mechanikai védelmével, de akár társadalmi kommunikációval, ismeretterjesztéssel is megvalósulhat. Amennyiben sérülés keletkezett a fa törzsen elsődleges annak szakszerű sebkezelése, hogy megelőzzük a fa állapotromlását. Fiatal fáknál törzsfestéssel, jutaszövettel óvhatjuk a törzset a napperszeléstől vagy a hirtelen felmelegedés-lehűlés okozta fagylécek kialakulásától. Műanyag törzsvédőrács alkalmazása vagy fatányér kialakítása javasolt azoknál a fáknál, amik gyeppen lesznek telepítve, hogy a fűkasza által okozott sérüléseket elkerüljük. Favédőráccsal, kiemelt növényággal és fa körüli növényalkalmazással is óvhatjuk a fa törzsét, de a leghatásosabb, ha teljes fahelyvédelmet alkalmazunk alacsony kerítéssel vagy pollerekkel.

Meglévő fáknál is megoldható a kiemelés, alacsony kerítés és pollerek alkalmazása. A növénytelepítés sem kizárt meglévő fák környezetében, azonban a megvalósíthatóság erősen függ a fa gyökereinek elhelyezkedésétől. Ha a gyökerek felszín közeliek, akkor nem biztos, hogy az évelők vagy cserjék ültetése kivitelezhető.

A korona védelme

A korona egészségének megóvása a gondos és körültekintő tervezéssel kezdődik. A fahely pontos pozícióját és a fának a helyét úgy kell meghatározni, hogy számolunk a fajra, fajtára jellemző koronamérettel és azt összevetjük a közúti úrszelvény kiterjedésével a kandeláberek, kamerák hatékony működéséhez szükséges helyigénnyel és a légvezetékek biztonsági

távolságával. A fák helyét mindezeket figyelembe véve, összehangoltan kell meghatározni, hogy elkerüljük a jövőben a drasztikus gallyazást és csonkolást. Így már a tervezésnél óvjuk a fát, megelőzünk számtalan károsodást és a fenntartási költséget is jelentősen csökkenteni tudjuk. A telepítést követően szakszerű metszésekkel és folyamatos fenntartással tudjuk óvni a fa koronáját. Az alakító metszés kiemelt fontosságú fiatal fák esetében, ennek a segítségével lehet a vesszőket jó irányba terelni és megelőzni a későbbi vastag ágak eltávolítását, mert azok belógnak az úrszelvénybe vagy kitakarják a lámpákat, biztonsági kamerákat. Az idősebb fák metszése során nagy figyelmet kell fordítani a szakszerűsége és a sebkezelésre, fáink hosszútávú és biztonságos megőrzése érdekében. Koronában történő beavatkozásokat a madarak költési időszakában, tehát március 15. és augusztus 15. között nem szabad végezni.

Utak síkosságmentesítése – sózás hatásainak mérséklése

A sózás út menti növényzetre gyakorolt hatásainak mérséklése a növényzet elhelyezésén, fizikai védelmén, a választott növények tűrőképességén és a sózás technológiáján múlik. Az ipari konyhasó (NaCl) alkalmazásának csökkentése lenne az elsődleges megoldás a növényzet, a fém szerkezetek, a beton és az aszfalt károsításának elkerülése érdekében. A nátrium-klorid (NaCl) helyett más anyagok alkalmazását kell előnyben részesíteni, mint például a kálium-klorid, a magnézium-klorid, a kalcium-klorid, a homok, a zeolit és ezek különböző arányú keverékei. A parki utak síkosságmentesítését a műtrágyaként elterjedt pétisó alkalmazásával is meg lehet oldani. A sók precíz és folyadékformában történő kijuttatása, homokkal vagy más szemcsés anyaggal történő keverése csökkenti a káros hatásokat. Továbbá a kora tavaszi nagy mennyiségű öntözés a talaj átmosásával mérsékli a negatív hatásokat. Ehhez viszont szükséges, hogy a talaj jó vízáteresztő képességű, tömörödésmentes legyen (URBAN, 2010). Az átöblítő öntözés után gondoskodni kell a tápanyag-utánpótlásról, hiszen a sóval együtt a többi tápanyag is kimosódhat a talajból. Fizikai eszközökkel is csökkenthető a zöldsávba jutó só mennyisége, erre főként a kiemelt szegélyek és a vízhatlan lemezzel leválasztott fenntartósáv alkalmas.

Kutyák kártételének csökkentése

A kutyák kártételét elsősorban a kutyatartók érzékenyítésével és tudatosságuk növelésével lehet mérsékelni. Az ismeretterjesztés hatására az embereknek egyértelművé válhat, hogy milyen károkat okoznak a kutyák a zöldfelületekben. Ennél szigorúbb módszer a kutyák által okozott kártétel pénzbüntetéssel való szankcionálása és ennek kitáblázása. A kutyák kártétele olyan fizikai eszközökkel is csökkenthető, melyek meggátolják, hogy a kutyák a fahelybe vagy zöldsávba menjenek. Elterjedt továbbá konstruktív és alternatív megoldás a kutyák számára kijelölt, vízáteresztő burkolattal ellátott illemhely, melynek nincs a közelében károsítható zöldfelület.

Fenntartásra vonatkozó javaslatok

Különböző zöldfelületek fenntarthatóbb kialakítása, kezelése vevő növények alkalmazására. Zöldfelületeink fenntartásánál probléma, hogy a tervezők legtöbbször nem rendelkeznek kellő rálátással arra, hogy az általuk tervezett növényágyat kik, milyen ismeretekkel, milyen gyakorlattal és milyen anyagi forrásokból fogják fenntartani. Ennek javítása érdekében érdemes a tervezés folyamán előre gondolni a fenntartásra, kommunikálni a jövőbeni fenntartókkal. A cél, hogy minél kisebb költség ráfordítással, minél nagyobb esztétikai élményt nyújtsanak és kedvező környezeti hatást fejtsenek ki zöldfelületeink. A megfelelő fafajok kiválasztásához a tervezésben jó támpontot nyújt a Közterületi Sorfák Jegyzéke. A helyi adottságokhoz jól megválasztott fafajjal és a gondosan megtervezett, valamint kivitelezett fahellyel jelentősen csökkenteni tudjuk a későbbi fenntartás mértékét és növeljük a fa vitalitását. Azonban a telepítést követő években a fokozott figyelem nem megspórolható, a legfontosabb munka ekkor a fa öntözése és metszése. Az öntözések során a fák gyökereihez 40-60 liter víz kijuttatása szükséges, mely általában lajtoskocsiról történik és időigényes munkafolyamat. A fák koronájának alakító metszésének elvégzésével megelőzhető, hogy a vesszők olyan irányba nőjenek, ahol később megvastagodott ágként már útban vannak, például az utak úrszelvényében. Beállt fáknál minimális a metszési munka majd idős fáknál ismét gyakrabban végzendő feladatnak számít, hiszen a környezetbiztonság érdekében egyes ágait szükséges lehet eltávolítani. Minél rendszeresebben kell elvégezni a szükséges metszési, visszavágási feladatokat, hogy minél kisebb keresztmetszetű ágakat kelljen eltávolítani. A városi talaj tápanyagszegénysége és tömörödöttsége miatt a talajszellőztetésről és a tápanyagutánpótlásról is rendszeresen gondoskodni kell. A fahelyben kialakuló talaj tömörödöttséget meg kell előzni fahelyvédelemmel, mesterséges váztalajjal vagy más megoldással. A fenntartási és faápolási feladatok nyilvántartását javasolt összehangolni a fakataszterrel és egy informatikai rendszerben kezelni azokat. Ezáltal könnyen tervezhetővé válnak a fával kapcsolatos munkafolyamatok telepítéstől a fenntartási feladatokon át a szükséges kivágásig. Ezzel a módszerrel a munka pénzügyi tervezése is megoldható és akár a növényvédelmi anyagszükséglet is kiszámolható. Cserje, évelő, egy- és kétnyári felületeknél lehetőség szerint az intenzív típusú növényágyakkal szemben a fenntarthatóbb, a klimatikus viszonyoknak megfelelő fajokkal kialakított felületeket érdemes előnyben részesíteni. Egy- és kétnyári növényágyak alkalmazása nagyon attraktív, de kimondottan drága és munkaigényes, ezek kialakítása csak a kiemelt látogatottságú területeken javasolt. Az újonnan egyre népszerűbbé váló ökológikus zöldfelületek sokkal fenntarthatóbbak, kialakításuknál szem előtt tartják a városi klíma viszonyait és a növénytársulások ökológiai szerepét. A hazai gyepfenntartásban az

extenzív gyepek jellemzőek, melyek évi 4-6 kaszálása eredményeként nyírt, nagyjából gyommentes területet képeznek. Ezek kevesebb, de megfelelő időben történő kaszálással átalakíthatók lehetnének ökológiai szempontból nagyságrendekkel jobb, magasabb esztétikai értékű, biodiverz virágos gyepfelületekké. A növényvédelem is fontos eleme a fenntartásnak, ugyanakkor nem egyszerű a kivitelezése. Alapvető fontosságú a növényvédelemben a megelőzés, melynek kulcsa a változatos növényalkalmazás, a növények életfeltételeinek javítása, az azokat érő sérülések elkerülése, a fenntartás során a higiéniai szabályok betartása (pl.: eszközfertőtlenítés) és a megfelelő utókezelések, sebkezelések alkalmazása. Másrészt szükséges a kártevők és a kórokozók pontos ismerete, megfigyelése, monitorozása, az, hogy növényvédelmi szakirányító döntsön a szükséges védekezés időpontjáról és mikéntjéről, hosszú távon gondolkodva és tervezve.

4.5 Javaslatok a városi fák, fasorok állapotának javítására

4.5.1 Közmű- és egyéb vezetékek elrendezésének racionalizálása közterületen

Az új, zöldmezős beruházásoknál vagy ipari területek rekultivációja során helyet kell biztosítani a közműsávnak és a zöldsávnak is, a jövőbeli terjeszkedéseket is figyelembe véve! E két sávnak meg kell férnie egymás mellett. Figyelembe kell vennie a közművek elhelyezhetősége mellett a minimum 1,5 m, de ideálisan szélesebb közműmentes zöldsávok, előkertek kialakíthatóságát. Mindezek mellett új komplex szemlélet szükséges a felszín alatt elhelyezendő közművek szabályozására. A közművek elhelyezésének lehetőleg közterületen kell helyet biztosítani. A beépített, illetve beépítésre szánt övezeteknél a közterületek kialakítását, szabályozását, méretét úgy kell meghatározni, hogy az a teljes közműellátás feltételeinek is megfeleljen, még akkor is, ha belátható időn belül, akár hosszabb távon is csak a részleges (csatorna hiányos) közműellátás biztosítható.

4.5.2 Fák, mint a zöldinfrastruktúra közművei

A fakataszter leghasznosabb helye az e-közmű területén, önálló rétegekként képzelhető el. A városi zöldinfrastruktúra három alapvető feltétele az önkormányzati szakember (kertész, tájépítész) pozíció általánossá tétele, a zöld vagyon felértékelése és amortizációjának meghatározása, felújítási alapképzés.

4.5.3 Favédelem beépítése a tervezői, kivitelezői gyakorlatban

A gyalogos és gépjárműforgalom homogén, tömör alapot kíván, a közművek védőtávolságaikkal együtt helyigényesek, alépítményeik relatív sérülékenyek. A föld felett figyelembe kell venni a láthatóságot, a kamerák látószögét, a bevilágítást, az utak ürszelvényét és a föld feletti vezetékek védőtávolságát is. Ezen fizikai paraméterek tekintetbe vételével kell a fákat telepíteni a városban. Tervezés során törekedni kell elegendő hely biztosítására a fák számára a föld felett és alatt egyaránt. Számolni kell azzal, hogy a gyökerek a kedvező kondíciójú területek felé fognak terjedni, növekedni. A tömörödött talaj esetén a gyökerek keresni fogják a lazább, levegősebb részeket a földben, így előfordulhat, hogy felnyomják a burkolatot vagy belenőnek a kedvezőbb körülményeket biztosító közműárkokba, különböző alépítményekbe. A belenövés a víz- és csatornahálózat esetében fokozottan okozhat problémát, mivel a vezetékek felszínén pára csapódhat le, ami vonzza a gyökereket, a csatornahálózat egyes elemeinek műszaki állapota pedig nem gátolja meg a csőhálózat repedésein, illesztési hézagain át a gyökérzet benövését a csatornába. A legbiztosabb módja, hogy a gyökerek növekedésének irányát befolyásoljuk, az az, ha miközben a berendezési sávban sávós árkokkal fellazítjuk és speciális rétegrendekkel, évtizedekre biztosítjuk ezekben a sávokban a lazább talajszerkezetet, közben beépített fizikai akadállyal eltereljük a különböző védendő műszaki infrastruktúrák közeléből a gyökérzetet, illetve drénrendszerekkel és talajlazítással ösztönözzük őket a helyes irányba történő növekedésre. A sekélyen elhelyezkedő közművek szempontjából kifejezetten előnyös, ha a fák gyökerei mélyebb talajrétegekben

találják meg az ideális körülményeket, viszont ehhez az is szükséges, hogy a fa gyökereinek megfelelő körülményeket biztosítsunk. Tehát akkor lehet a fa gyökerét mélyebb rétegekbe vezetni, ha ott a megfelelő közeg található. A közművekkel sűrűn átszőtt közterületeken előrelépést jelenthet a fásításban, ha a közműszolgáltató a közműnyilatkozatban előír különböző védelmi technológiákat (védőcsövezés, gyökérgát, közművektől való izolációt segítő ültetődobozok alkalmazása stb.). A jövőbeli beruházások esetében segítséget jelentene, ha már a tervezési diszpozícióban számolni kellene a meglévő fák védelmének és a fatelepítésnek járulékos költségeivel az extrém városi helyszíneken is. Az engedélyezési terv készítés vagy a bejelentési kötelezettség a fatelepítésre a mainál tudatosabb fásítást eredményezne, mert az figyelembe veszi és kötelezően leegyezteti a közműszolgáltatók alépítményeit és a felszín feletti létesítményeket (világítás, forgalomirányítás, utak ürszelvénye, kamerák látószöge stb.).

4.5.4 A várostűrő fák köre, javasolt növények

A várostűrés elsősorban lég- és talajszennyezés tűrést, valamint a száraz (arid- és semiarid) körülményeket és a talajlevegőtleniséget, sziket tűrő fafajokat feltételez. A várostűrésnek vannak fokozatai, illetve a tapasztalatok és a kórokozók megjelenése rendszeresen módosítja (általában szűkíti) a szóba jöhető fajok számát. Ma már kizárólag őshonos fákról a városfásításban lehetetlen beszélni, a városi klíma ugyanis olyan mértékben extrém sokkot jelent a fák számára, hogy bizonyos esetekben a fásítás csak exóta, rezisztenciára nemesített kertészeti fajtákkal vagy egyenesen invazív fajokkal oldható meg.

4.5.5 A városi fák telepítési követelményei

A fák telepítésénél előforduló probléma, hogy ahol 2-3 szintél magasabb házak épülnek zárt sorosan, ott a fák fényfelé dőlve növekednek ferdén. Ebben az esetben a forgalmat is akadályozhatják, illetve balesetveszélyt is jelenthetnek. Ilyenkor oda kell figyelni a korona könnyítésére, különösen a dőlés irányával megegyező oldalon. Emellett a fa környezetében történő földmunkák során figyelni kell, hogy a támasztógyökerek nehegy megsérüljenek, mivel a fa instabillá válhat. A fény szempontjából a 10 m-nél alacsonyabb beépítés az ideális. A fejlődésének szempontjából fontos, hogy ne legyen vízhiányos a terület, ha mégis az akkor öntözéssel segítsük a növényt. Jogszábaályi előírás alapján minden fának legalább 1,5 x 1,5 m (azaz 2,25 m²) ültetőhelyet kell biztosítani, amely a nagyméretű lombkoronaméret miatt fontos. A telepítés után biztosítani kell a megfelelő vízutánpótlást, amelyet mostanában y fatörzsre cipzározható vízadagoló zsákokokkal is elősegítik (ez egyébként a fatörzs mechanikai védelmét is szolgálja).

Fasorok esetén burkolt városi környezetben ideálisnak az a telepítés mondható, ahol a teljes berendezési sávban, minimum 1,5 m szélességben megtörténik a talajcsere mesterséges váztaalajjal vagy függesztett burkolati rendszer segítségével az ültetőárok alja barázdált-lazított, a fölsőleges víz elvezetésére és a vízpótló, növekedésserkentő gyökéröntözésre drén és dréncső rendszer (esetleg csepegtető automata öntözés) áll rendelkezésre, a törzsvédelem és a szélteher elleni védelem kalodával vagy karózással megoldott, a törzs és a gyökérnyak környezetét mechanikailag vagy növénytelepítéssel védik a fűkaszá, a parkolás, az állatok által okozott mechanikai károk ellen, a fatelepítés a helynek megfelelő várostűrő fákkal történik, a kezdeti begyökeresedést gyökérhormon és mikorrizza kezeléssel, tápanyagutánpótlással,

vízutánpótlással segítik, a telepítés növényélettanilag megfelelő időpontban szakszerűen történik, a gyökér-korona egyensúlyt beállító metszések megtörténnek.

Az újonnan telepített fákat a cél érdekében a begyökeresedésig (3-5 év) öntözni, telepítéskor és közvetlenül utána mikorrhizával, tápsó utánpótlással és gyökérnövekedés-serkentő hormonnal kezelni kell, ezért az öntözéshez célszerű az ültetőgödör aljáig leérő dréncsöveket telepíteni a fák mellé, a földlabda alá és ezen keresztül biztosítani számukra a megfelelő vízutánpótlást. A dréncsővel benedvesített altalaj ösztönzi a gyökerek mélyebbre húzódását és a tápanyagutánpótlásba (öntözővízben oldott műtrágya) is besegíthet. A dréncsővezés azonban a gyökérzet kiszáradásához is vezethet, abban az esetben, ha a dréncső nincs megfelelően ledugózva. A ledugózást benedvesített ronggyal is pótolni lehet. A kiszáradás ellen telepítéskor biztosítani kell az ún. gyökér - korona egyensúlyt, azaz a koronát a földlabdához kell metszéssel igazítani, a földlabdázás előtti korona felére, harmadára metszéssel, hogy a kevés gyökérzet biztonsággal el tudja látni vízzel a leveleket és ne száradjon ki. A fák locsolása szükséges, különösen a kevés vízáteresztő felülettel rendelkező területeken. Szintén a kiszáradás elkerülése érdekében a fák gallyazását, a vezérágakhoz és a fa statikai egyensúlyát biztosító csonkolások során csak a vegetációs időszakon kívül, október végi lombhullástól március közepi rügyfakadásig lehet elvégezni. A kisebb lombkorona alakító metszések a nyár második felében, a költési időszak lezárulta után is végezhető. A begyökeresedést követően (3-5 év) a rendszeres öntözés elhagyható, abban az esetben, ha a fát valódi talajkapcsolattal rendelkező környezetben telepítettük (tehát esélye van a gyökereivel elérni a talajvíz közeli talajrétegeket). Ám a felszíni csapadék beszivárgás biztosítása ez esetben sem elhanyagolható szempont, éppen ezért, ha a fa nem egy széles, burkolat nélküli zöldsávba van telepítve, a vízáteresztő burkolatok biztosítása a fa minél kiterjedtebb környezetében növeli annak fejlődési és túlélési esélyeit. A térkövezett járdák, ahol gyalogos teherbírásra méretezett alépítmények vannak, kifejezetten alkalmasak lennének a berendezési sávban ültetett fasorok vízháztartásának javítására. Csak a járdák, illetve adott esetben az aszfalt helyett beton térkővel vagy nagykockakővel kirakott, de vízáteresztő módon kialakított parkolósávok nagyságrendekkel képesek növelni a fásítások sikerességét a belvárosi környezetben. Ehhez azonban a zúzottkő vagy homokos kavics alépítmények teherbíró tömörítését kell szakszerűen elvégezni. A fahelyen kiásott ültetőgödör az alkalmazott hazai gyakorlat szerint általában 1x1x1 m kialakítású, ahol városi környezetben teljes vagy részleges talajcserét követően istállótrágya és humuszos termőföld feltöltés történik, elősegítve a kezdeti begyökeresedést. Ez azonban sok esetben nem bizonyul elégségesnek. A kiültetési tapasztalatok azt mutatják, hogy különösen a belvárosokban, történeti városrészekben, ahol az ültetőgödört körülvevő feltalaj bolygatott, építési törmelékkel,

túltömörödött, silány hulladéktalajokkal, szóástól szikes rétegekkel teli, ott célszerű kisebb mélységű 0,7 m-es, de horizontálisan kiterjedtebb ültetőgödröket, fasor esetében pedig összefüggő árkot ásni és ott teljes talajcserét végezni. A humuszos termőtalajbetöltés burkolt környezetű fahelyen, áttaposás vagy fák közötti parkolás esetén utóbb nagy talajtömörödést okoz, ezért a városi környezetben célszerűbb lenne zúzott kő, mikorrhiza kialakulását és gyökérnövekedést serkentő készítmények és humuszos talaj 70-30%-os vagy 80-20%-os keverékével egy olyan, a gyökerek vastagodása, növekedése által folyamatosan fellazított közeg alkalmazása, ahol a tömörödés nem okoz talajlevegőtleniséget, biztosítja a csapadékvíz beszivárgást és kis mértékben a fölösleges víz drénezését is. Ezt a módszert a skandináv és az angolszász területeken már másfél évtizedes tapasztalattal alkalmazzák sikerrel: a fasorok telepítésénél nem ültetőgödrökben, hanem sávos ültetőárkokban cserélik a talajt a fent ismertetett módon, ún. mesterséges váztalajokra. A kedvező nyugat-európai tapasztalatok miatt célszerű lenne rendszerszinten áttérni a túlburkolt városi környezetben a mesterséges váztalajok alkalmazására az egyszerű termőföld betöltésről.

A talajlevegő a talajélet egyik feltétele. A fák gyökérzetének is szüksége van talajlevegőre, amely csak akkor biztosított, ha a fa környezetében lévő terület nem tömörödött. Mivel a parkolás, gépjárműhasználat nyomással, az útburkolatok szózása pedig szikesítéssel képez tömörödött, víz- és légzáró réteget a talajfelszínen, ezért a fa gyökérzete környezetében ez ellen védekezni kell. A nátriumsók használatát a járdák síkosságmentesítésében egy ideje tiltja a fásszárú növények védelméről szóló kormányrendelet, helyette a zeolitos, kálium és magnéziumsós illetve homokszórásos technológiák vannak elterjedőben, a gépjármű burkolatok szózása továbbra is nátriumsóval történik, így a berendezési sávban található fák talajainak elszikesedése probléma maradt. A fahely, zöldsáv burkolatlan területének parkolás általi tömörödését, kiemelt szegéllyel, alacsony kerítéssel árnyéktűrő évelők vagy cserjék telepítésével lehet biztosítani. Közterületen korlátozott azoknak a vegyszereknek a köre, amelyeket a kórokozók és kártevők ellen be lehet vetni, a közterületi permetezést szigorú időbeli és hatóanyagkorlátok jellemzik. Újabban a biológiai védekezés (kártévők és kórokozók természetes ellenségeinek mesterséges elszaporítása) jelenti a legkorszerűbb védekezési fajtát a vegyszeres védekezéssel szemben, ez azonban Magyarország közterületein még gyerekcipőben jár. Ezért is fontos, hogy minél kevesebb stressz hatásnak tegyük ki a városi fákat, hogy azok erősebbek, vitálisabbak és ellenállóbbak legyenek. Az injektálós növényvédelem máshol már jól bevált módszer sokkal hatékonyabb növényvédelmet jelent a nagy lombkoronájú, nehezen megközelíthető fák esetében is, miközben az egészségügyi

kockázatok is jóval alacsonyabbak. A hatóanyag nem permet formájában, hanem a vízszállító sejtekbe injektált módon, speciális eszközzel kerül befecskendezésre a fa törzsébe, s a vízkörforgás révén a fa koronájának legfelső részeit is eléri. Ez a módszer nagy segítség lehet a városban még mindig szép számmal élő, de igen beteg vadgesztenyék, platánok, hársak, japánakácok betegségeinek kezelésében és a kórokozók elleni védelemben. Az injektálásos növényvédelem alkalmazásához közterületen eseti növényvédelmi szakhatósági engedélyek szükségesek és csak növényvédelmi szakember (szakmérnök, növényorvos, vagy állandó növényorvosi felügyelet alatt „zöldkönyves” növényvédős szakember) végezheti. A fiatal fákat a begyökeresedésig karózni kell, hogy a szélterhelés ne fordítsa ki őket az ültetőhelyről. A karózás, a támrendszerek a fatörzs parkolás, vandálok elleni védelmét is szolgálják. A karózás lehet egy, kettő vagy háromirányú karózás. A háromirányú karózás egyben a törzsvédelmet is biztosítja. Út mellé kerülő fák esetén ezért a háromirányú karózás biztosítása szükséges. Egyirányú vagy kétirányú karózást inkább parki környezetben, kisebb forgalmi terhelés mellett lehet alkalmazni. Újabban a beültetett fák törzsének alsó, gyepszíni részét a gyökérnyakig mechanikai védelemmel (általában PVC cső) is ellátják a motoros fűkaszák károsítása ellen. Ugyanilyen jó megoldás a fa közvetlen környezetének betelepítése árnyéktűrő cserjékkel vagy talajtakarókkal, illetve a kitányérozott fa vastag mulccsal való takarása, amely szükségtelenné teszi a fűkaszálást a fa közvetlen környezetében. A fűkasza acél vagy erősebb damilos sodronya képes ugyanis a fiatal fa kérgét körben felsértve egészen a háncs alá, a kambiumig, vagy a vízszállító sejtekig behatolni, így megszakítva a háncs- és a fasejtek kapcsolatát a gyökér és a lombkorona között, ami a fa legyengüléséhez, végül szélsőséges esetben a fa kiszáradásához, pusztulásához is vezethet, de mindenképpen olyan mechanikai sérüléseket okoz, amelyen keresztül a vírusok, baktériumok, gombák bejuthatnak az élő szövetekbe

4.5.6 Talajjavítás, talajkeverékek alkalmazása

A városokban jellemző a bolygatott, építési törmelékkel feltöltött talaj. A fokozott közlekedési igény hatására a talaj szerkezete is megváltozott és olyan mértékben tömörödött a feltalaj, hogy sokszor alig átjárható a gyökerek, a víz és az oxigén számára. A burkolatok alatt a talaj tömörítve van, hogy a teherbírási követelményeknek és műszaki szabványoknak megfeleljen. Ez azt eredményezi, hogy a fák gyökereinek növekedéséhez sokszor csak nagyon kis mennyiségű hasznos talaj jut, megfelelő mennyiségű víz, tápanyag és oxigén nélkül. Becslések szerint a városi fák ebben a környezetben csak 7-10 évig élnek, jobb talaj kondícióval viszont akár 50 évig is kifejthetik pozitív hatásukat. Kutatások eredményeként hoztak létre egy új

ültetőközeget, a mesterséges váztalajt. A mesterséges váztalaj osztályozott, kőzúzalék és termőtalaj keveréke. A szögletes felületű kövek egymásra támaszkodnak, ezáltal jól tömöríthető, teherbíró és egyben porózus réteget képeznek, melynek réseit a tápanyagokkal dúsított, jó minőségű termőföld tölti meg. Nagyon fontos, hogy a kőzúzalék osztályozott, nulla frakciótól mentes legyen. Az első nagy különbség a hazai gyakorlattal szemben, hogy itt nem ültetőgödörben, hanem az egész járda alatt végighúzódnak ültetőárokban gondolkoznak a szakemberek. Az árok alján az altalajt fellazítják, hogy az könnyebben be tudja fogadni a gyökereket és az elszikkasztandó vizet, majd 2x 30 cm vastagságban 100-150 mm frakciójú osztályozott zúzottkővet fektetnek az árok aljába. Mindegyik réteg tetejére földet szórnak és azt magasnyomású és kevés mennyiségű vízzel a résekbe mossák, majd 100 g/m² hosszú hatású trágyát szórnak rá. A talaj minden esetben kiváló minőségű, gyommentes, gyorshatású ásványi trágyával ellátott, kis agyagtartalmú, könnyen bemosható, közepes-magas humusztartalmú, pH 6-7-es kémhatású. A faveremben ezt a réteget termőföld követi, a burkolat alatti területeken egy 20 cm vastag levegőztető, teherhordó réteg, 32-63 mm frakciójú osztályozott zúzottkőből, amibe földet nem kevernek. Ezt követi a geotextil, a 0-4 vagy 0-8-as zúzottkő ágyazóréteg és végül a burkolat. A fahelyet feltöltik kiváló minőségű földdel, amibe telepítik a fát. Az ültetés nélkülözhetetlen eleme a fahelyet szegélyező betonelem és a levegőztető/öntöző akna. A betonelem egy előregyártott elem, amely egy vagy akár két részből is állhat. Lehatárolja a fahelyet, kiváltja a szegélyelemeket, melynek a beton alapozása feleslegesen helyet foglal el a fa életteréből. Ugyanakkor utat enged a gyökereknek, hogy azok szétterüljenek a talajban. A levegőztető és öntöző akna a zúzottkőves rétegig nyúlik le, amit oxigénnel lát el és bevezeti a burkolatról összegyűlt vizet az ültetőgödörbe. Így az kvázi egy szikkasztóárokként részt vesz a város csapadékvíz gazdálkodásában. Kötött, agyagos altalaj esetén dréncsövet is fektetnek az ültetőgödör aljába és a túlfolyót bekötik a csatornába.

4.5.7 Fatörzsek és ültetőhelyek védelme

A fatörzs védelméről már a telepítéskor gondoskodni kell, mivel a fiatal, vékony kéreggel rendelkező fák a legsérülékenyebbek. A parkoló autók, a letámasztott kerékpárok és az indokolatlan közterületi vandalizmus is károsíthatja őket. A közterületek fenntartása során általánosan alkalmazott eszköz a fűkasza, amely gyorsan, súlyos sérüléseket okozhat a fáknek. A kéreg alatt található háncsnak fontos élettani szerepe van, a tápanyagok szállításában vesz részt. Így annak sérülése esetén a fa tápanyagellátása felborul és a sebeken keresztül kórokozók fertőzhetik meg a fát, mely annak legyengüléséhez, pusztulásához vezethet. A fák töve körüli

tányérozás nem csak a vizet segít megtartani, de a fűkasza által okozott sérülésektől is megvédheti a fát, amennyiben gyommentesen van tartva. 8 cm vastag mulcs réteg már képes megakadályozni a gyommagvak begyökeresedését. A törzs védelme egyszerűen és olcsón műanyag törzsvédőkkel is megoldható, melyeket a telepítés során kell a fák törzsén elhelyezni. A későbbiekben a törzs vastagodását le kell követni, a törzsvédőt vastagabbra cserélni, megelőzve, hogy azok egymásba nőjenek. Fiatal fák törzsvédelmét és egyben vízellátását szolgálhatja felcipzározható vízadagoló zsák. A fatörzsvédő rács komplexebb védelmet nyújt a fák számára. Megkíméli a fát a fűnyírás okozta károktól, és egyéb fizikai sérülésektől, mentesíti például a kerékpártárolóként való használatától, a parkoló autók okozta sérülésektől és nem hagy teret a vandalizmusnak. Ez a megoldás költséges, de bizonyos helyzetben indokolt.

A teljes fahely védelmét szolgálhatja a fahely körüli alacsony kerítés, faveremrács vagy kiemelt szegély. Ez egy fizikai határt képez a növény számára kijelölt hely és az intenzíven igénybevett, városi környezet között. A fatörzset és a gyökereket egyaránt óvja, mivel a lehatárolás következtében nem tömörödik a talaj, az porózus szerkezetű, levegős marad és így a csapadékvíz is hatékonyabban vezeti el. A laza talaj, a letaposás korlátozása és a kutyák kirekesztése lehetőséget biztosít talajtakarók, évelők és alacsony cserjék alkalmazására is. A fahely védelmét szolgáló kerítés 45-60 cm magas, minden oldalról zárt, vagy az út felől nyitott, lehetőleg nem akadályozza a víz zöldfelületbe történő elvezetését. A kiemelt szegély áttörésével a burkolatra hullott csapadék is bejuttatható a zöldfelületbe. Közmű- és közútreakstrukció, épületbontás és építés esetén a meglévő fák mechanikai védelméről a törzs kalodázásával kell gondoskodni. Ugyancsak a fa védelmét szolgálja, hogy a 4-5 méteres környezetében történő földmunka csak kézi erővel biztosítható, figyelve arra, hogy a fa 5 cm-nél vastagabb támasztógyökereit a földmunkák során ne vágják el, mert ezzel a fa statikai egyensúlya akár kritikus módon is megváltozhat. A munkák során tapasztalt vezérágak törzssérüléseit, hasadt vagy eltört ágakat azonnal kezelni kell szabályos metszlapok és sebkezelők segítségével. A fa környezetében végzett munkálatok során a fa folyamatos öntözéséről, a levelek portalanításáról gondoskodni szükséges. Az ún. integrált utcabútorok szintén alkalmasak lehetnek a fatörzs és a fahely mechanikai védelmére. A fahelyet lehatároló utcabútorok lehetnek ülőhelyek, aljnövényzet, talajtakarók ültetését biztosító elemek, reklámhordozó felületek, kerékpártámaszok, közműszekrényeket rejtő elemek, arcultképző plasztikák. Szerepük városi környezetben azért kiemelt, mert megoldást nyújtanak több funkció betöltésére.

A fák gyökerei számos problémát okozhatnak a különböző építményekben, infrastruktúra elemekben, különösen városi környezetben, ahol minden sokkal sűrűbb elrendezésben

található, mint városon kívül. A gyökerek gyakran felnyomják a burkolatot, nemkívánatos helyekre nőnek be –miközben keresik a saját fennmaradásukhoz szükséges feltételeket– és ezáltal megrongálhatnak épített elemeket. Ezen kártételek kiküszöbölésére fejlesztették ki a gyökérgátat (root barrier) és a gyökerterelőt (root guidance), melyek funkciójukban hasonlítanak egymáshoz, mind a kettő determinálja a gyökér növekedését, mégis jelentős különbséggel teszik ezt. A gyökérgát (root barrier) leggyakrabban rugalmas és tartós HDPE fóliából készül, sima felületű és különböző szélességű tekercsekben beszerezhető. Áthathatatlan gátat képez a gyökereknek, melyek annak felületén megrekednek és a cserepes növények esetében már jól ismert körkörösön növő gyökerek jelensége tapasztalható.

Ezen tulajdonsága miatt nagyon fontos, hogy a gyökérgátat ne telepítsük túl közel a fához, mert a pányvázó gyökerek a fólia falánál megrekedve, nem tudják alátámasztani és ezáltal stabilizálni a fát. Általános szabályként elmondható, hogy a gyökérgát akkor alkalmazható, ha minimálisan két méter távolság megvan a gyökérgát és a fa törzse között. De az optimális távolság a fa kifejlett állapotú törzsméretjének a háromszorosa. Amennyiben ez nem biztosított, akkor gyökerterelőt kell alkalmazni. A gyökerterelő (root guidance) a gyökérgáthoz képest plusz függőleges barázdákat tartalmaz, melyek a fák gyökereit mélyebb rétegekbe tereli és úgy biztosítja a gyökérmentes zóna kialakítását, hogy közben a fa stabilitásának létrejöttét nem korlátozza, mivel a gyökerek a gyökerterelő alját elérve szétterülnek. Ezen tulajdonságának köszönhetően a földlabdát körülölelő változatok is készülnek belőle. Az alkalmazhatóság feltétele azonban, hogy laza, nem tömörödött talajt is biztosítsuk a fának, hiszen nehéz, masszív, a levegő és víz számára alig átjárható talaj nem biztosítja az alapvető életfeltételeket a növényeknek. A 30-60 cm magas változatok hozzájárulnak az útburkolat és a felszínközeli közművek védelméhez, megakadályozzák, hogy a gyökerek a felszín közelében tobzódjanak, felnyomják a burkolatot, balesetveszélyt és fenntartási problémát generálva. A gyökérlabda közvetlen közelében ez a méret preferált, hogy a gyökereknek, melyek ritkán mennek mélyebbre 1 méternél városi környezetben legyen lehetőségük szerteágazni. A 90-120 cm magas elemek hatékonyan alkalmazhatók a közművek védelmében. A gyökérgát és a gyökerterelő sem engedi át a vizet, ezért tervezés során elengedhetetlen, hogy számoljunk a talajvíz magasságával. A legtöbb fa nem szereti a pangó vizet, ezért szükséges minimum 20 cm távolság tartása a gyökérvédő elemek és talajvíz szintje között.

4.6 Zöldhomlokzatok – Függőleges zöldfelületek

4.6.1 Ökológiai előnyök

A mikroklíma kedvező befolyásolásával a városi hősziget hatás csökkentése, a levegőminőség javítása és a biodiverzitás növelése sorolható a legfontosabb ökológiai előnyök közé.

Mikroklíma befolyásolása

A különböző növények levelei felületük méretétől, érdességétől, valamint a helyi viszonyoktól függően a globális sugárzás 5–30%-át áteresztik, 5–30%-át visszaverik, mintegy 10–50%-a pedig hőátadással, illetve sugárzással távozik, 5–20%-át fotoszintézissel hasznosítják, és 20–40%-át fordítják transzspirációra. Ráadásul a növények az általuk felvett vízmennyiség mindössze 1–2%-át használják fel élettani folyamataikhoz, a többit (elsősorban a gázcsere nyílásaikon keresztül) elpárologtatják. Ezek miatt jelentős mikroklíma-szabályozó hatással rendelkeznek. A párologó víz hőt von el a levegőből, ezért annak hőmérséklete csökken. Ezt a folyamatot használják ki az evaporatív (vagy párologtató) hűtés során. A természetben számos esetben hasonló folyamatok játszódnak le, így a növény élettani folyamatai során is. A levélzet párologtatása hőt von el a környezettől, ezáltal nemcsak párasítja, de hűti is azt. Minél szárazabb a levegő és minél magasabb a léghőmérséklet, annál intenzívebb a párologás. Ezt a hatást tovább fokozhatja a függőleges ültetőközegű zöldhomlokzatok hőtároló- és párologtatóképessége. Egy 2008-as drezdai kísérlet adatai szerint egy előnevelt borostyánból épített zöldfal egyetlen négyzetmétere több mint 1 m³ vízpárát juttatott a levegőbe egy év leforgása alatt (Schröder, 2008). Egy, a Debreceni Egyetemen 2013-ban lefolytatott kutatás kimutatta, hogy a nyári 3 hónap alatt az egynyári növényekkel telepített zöldhomlokzatok párologtatása akár 250–350 liter/m² is lehet. A legmelegebb nyári hónapokban ez jelentős hűtőhatást jelenthet, hiszen 1 l víz párologása 627 W energiát képes elvonni a levegőből. A fenti folyamatok természetesen annál erőteljesebbek, minél nagyobb, kiterjedtebb a levélfelület. Már 100–200 m²-nyi zöldfelület is érezhető hűtőhatással rendelkezik, melynek révén akár 3–4 °C léghőmérséklet-különbség is kialakulhat a zöldfelület környezetében. A zöldtetőkhöz képest azonban kedvező különbség, hogy a zöldhomlokzat nem a felette vízszintesen elhelyezkedő rétegekben fejti ki hatását, hanem a homlokzattal párhuzamosan, ami ráadásul légmozgás megindulását is eredményezheti. Ez javítja a hűtés hatásfokát, és segíti a belső terek szellőztetését. Sok kisebb területű, sokrétű, egymással összefüggő vegetációs háló hatékonyabb, mint egyetlen nagyobb felület, ugyanis a hőmérséklet- és légcsere a

peremzónákban bonyolódik le. A zöldtetők egyik legnagyobb előnyeként tartják számon a csapadékvíz-visszatartást. A zöldhomlokzatok esetén elsősorban a gyűjtött csapadékvíz vízutánpótlásként történő felhasználása bír jelentőséggel.

Levegőminőségre gyakorlat hatás

A nagyvárosok légszennyezettségének mértéke jelentős, különösen a szállópor és a légnemű szennyezőanyagok tekintetében.

Finompor megkötése

A közterületeket borító zárt, szilikát burkolatok, az épületek külső térelhatároló szerkezeteinek hőmérséklete (különösen a vörös, fekete színű, cserépfedés magastetők, fémlemezfedések vagy a fekete szín csapadékvíz elleni bitumenes lemez szigetelésű lapostetők stb.) nyári napon jelentősen meghaladhatja a léghőmérsékletet. Ez a felmelegedés függőleges irányú légmozgást hoz létre, ami a homlokzatok előtt jelentősebb, mint a tetők felett. A felszálló meleg levegő felkavarja a megüledett szilárd szennyeződések, melyek a levegőben kavarnak és a nyitott ablakon keresztül a belső térbe is bejuthatnak. Bár a levegő szilárd szennyeződésének nagy része természeti eredetű (pl. vulkáni tevékenység, kőzetek eróziója, erdőtüzek stb.), az emberi tevékenységgel összefüggő, jelentősebb egészségügyi kockázatot hordozó szennyezés (pl. koromszemcsék) közvetlenül környezetünkben koncentrálódik. Magyarország középső és keleti területein, Európa más területeihez képest is kimagasló a szállópor-koncentráció, ami fokozza a szív- és légzőszervi megbetegedések (szívinfarktus, hörghurut, asztma, tüdőrák) kockázatát. A zöldhomlokzatok levélfelülete kiszűri a károsanyag-részecskéket, a por megül a felületen, megkötődik, majd az esővel eltávozik. A függőleges légáramlásban a zöldhomlokzatok növényei turbulens áramlatokat hoznak létre, ami fokozza a porszűrést. A zöldhomlokzat akár közvetlenül a keletkezés szintjén is már képes megkötni a keletkező szállóport, ezáltal csökkenhet a felszálló levegővel a belső terekbe beáramló szennyeződés. Egy városi erdő felett 200–1000-szer kevesebb, a városi park felett 5-ször kevesebb, míg egy fasorral kialakított úton 3-szor kevesebb porszennyezés mérhető, mint egy növényzet nélküli utcában (Kursche et al, 1982). Más adatokkal, egy fasorral ellátott utcában közel 3000, míg egy fasor nélküli utcában 10 000– 20 000 porszemcse található levegőliterenként. Ezt átszámítva fűfélével kialakított extenzív zöldtetőre az az eredmény, hogy a levélfelület közel 2 kg port köt meg tető m² -enként (Haluza, 2010), és ezzel egyenértékű lehet egy zöldhomlokzat levélfelületének pormegkötő képessége is. Másképp megközelítve 5 db 5×20 m-es, azaz 100 m² nagyságú zöldfal akár 1 t szállóport is megköthetne évente, ami jelentősen befolyásolhatja a levegőminőséget.

Légnemű károsanyag megkötése, oxigéntermelés

A növények a fotoszintézis során szén-dioxidot használnak fel és oxigént bocsátanak ki. Egy 10–15 cm vastag levélszőnyeget alkotó borostyánfal esetén a falfelület minden egyes négyzetméterén 3–5 m² levélfelület található. Ennek oxigéntermelése évente kb. 1,7 kg is lehet (Schröder, 2008), valamint egy konténeres előnevelt borostyán zöldfal esetén évi 2,4 kg szén-dioxid megkötését mérték levélfelület m²-enként (Schröder, 2008). De a levélfelületek más gáz-halmazállapotú károsanyagokat is megkötnék, elsősorban a kén-dioxidot. A légnemű szennyezőanyagok a levelekben raktározódnak, s ősszel a levélhullással a talajra/talajba kerülnek.

Biodiverzitás növelése

A városok területének növekedésével nemcsak a növények szorulnak ki, hanem számos állatfaj is elveszti természetes élőhelyét. Az épületek vízszintes és függőleges felületeinek növényzettel való burkolásával nem elhanyagolható mennyiségű új életteret teremthetünk számukra, ami növelheti a városok faunájának biodiverzitását. Az épületek felületein kialakított zöldfelületek számos állatfaj számára otthonként szolgálhatnak, átteleléshez, szaporodáshoz optimális környezetet, védelmet, sőt élelmet biztosíthatnak. Bár ezek a felületek nem helyettesítik a többszintű növénytársulásokat, mégis jelentős számú rovarfaj és madárfaj spontán betelepülése figyelhető meg, köztük akár különlegesen ritka, értékes fajok egyedei is.

4.6.2 Társadalmi szerep és gazdasági hatás

A zöldhomlokzat egy olyan élő alkotás, mely folyamatosan változik, az idő múlásával a növényzet átalakul és fejlődik, ezáltal a háromdimenziós felület magában hordozza a negyedik dimenziót is. Ettől válik különleges képzőművészeti alkotássá, amely a tervezőt és szemlélőt, egyaránt inspirálja. A sűrűn beépített városi környezetben megjelenő zöldfelületek megnyugtató, természetközeli élményt idéznek, jelentősen csökkentik a stresszt, javítják az életminőséget. A természet színei, formái, árnyalatai, a virágok illata pszichológiai, érzelmi hatást is gyakorolnak a szemlélőre.

A zöldhomlokzatok előnyei között meg kell még említeni:

- a függőleges zöldfelületek esztétikai hatásai fokozottan érvényesülnek, hiszen például a zöldtetőkhöz képest sokkal inkább szem előtt vannak, jobban láthatók;
- zöldhomlokzatok függőleges közösségi kertként való kialakításával (haszonnövények telepítése is lehetséges) bevonhatók a lakók is a fenntartásba, így helyi közösségek alakulhatnak ki;

A zöldinfrastruktúra más elemeihez hasonlóan a zöldhomlokzatokra is igazak az egészségügyi és gazdasági előnyök.

A zöldhomlokzatok közvetlen gazdasági előnyei:

- a kedvező műszaki tulajdonságok az épület üzemeltetésével, a homlokzat felújításával kapcsolatos költségeket csökkenthetik, ami az épület teljes életciklusának tekintetében igen kedvező;
- a kúszónövényekkel kialakított zöldhomlokzatok fenntarthatóság szempontjából is kedvezőek (pl. a szén-dioxid elnyelés révén csökkentik az épület széndioxid kibocsátását), különböző számítások alapján gazdasági megtérüléssel is számolni lehet;

és a közvetett gazdasági előnyök;

- ingatlanérték-növelés;
- branderősítés, turisztikai vonzerő stb.

4.6.3 Műszaki előnyök

A zöldhomlokzatok kitettségüktől, méretüktől, valamint az alkalmazott taxonoktól függően szolgálhatják az adott építmény védelmét a domináns szelektől, lehűléstől, túlzott globális sugárzástól, lebegő, illetve gáznemű szennyezőanyagoktól, amihez az alább részletezett kedvező tulajdonságok jelentősen hozzájárulnak.

Csapadék elleni védelem

A burkolatként kialakított, zárt felületet adó függőleges gyökérszónás és ültetőedény-soros rendszerek védik a hátszerkezetet a csapóesőtől, így a hátszerkezet akár száraz is maradhat. A kúszónövények levéltakarója leginkább a kettősfedésű, kiselemes tetőfedésekhez, illetve homlokzatburkolatokhoz hasonlít: a levelek rendszere „zárt” felületet hoz létre, mely így szélmentes időben a többi rendszerhez hasonlóan a csapadék ellen védő hatással rendelkezik. Szeles időben a szél torlónyomása bejuttathatja a csapadékot a kúszónövények „felborzolt” levelei és a hézagosan elhelyezett ültetőedények között egészen a hátszerkezetig, de csak csökkentett mértékben. A száradást segíti a növény és a hátszerkezet közötti átszellőzés.

Energetikai szerep

Nyári hővédelem

Kéthéjű, átszellőztetett falszerkezetek esetén a falszerkezet és a burkolat közötti légréteg fontos tulajdonsága a nyári hőcsillapítás. A sugárzó hőátadás következtében a légrétegben a levegő a külső léghőmérsékletnél melegebb, a kéményhatás következtében felfelé áramlik, míg alulról a

„hűvösebb” külső levegő áramlik a helyébe. Ez a légáramlat hűti a hátszerkezetet, csökkenti annak felmelegedését és kellemesebb komfortérzet alakul ki a belső terekben.

Ez a hatás kialakul a burkolatként, megfelelő légréssel szerelt függőleges gyökérzónás és ültetőedénysoros rendszerek esetén is.

A növények levelei a napfény hatására automatikus, napérzékelő, mozgó lamellaként a fény felé fordulva megemelkednek, optimálisan árnyékolnak. A megemelkedő levelek és a hátszerkezet között kialakul a „kéményhatás”, azaz megindulhat a légmozgás, így kúszónövényekből kialakított „növényburkolat” esetén a hűtőhatás – bár kisebb mértékben, de – külön átszellőző légrés nélkül is létrejön.

Egy külső fal felületi hőmérséklete anyagától, színétől függően nyári napokon jelentősen a léghőmérséklet fölé, akár 40–60 °C-ra is emelkedhet a déli órákban. A növények a külső léghőmérsékletnél jellemzően nem melegednek fel jobban, míg a növényzet mögötti falszerkezet felületi hőmérséklete a léghőmérséklet alatt marad. Ezt igazolták a külföldi kísérletek mellett a BME-n végzett kísérletek (Pataky, 2016) eredményei is. Ennek elsődleges oka, hogy a növények árnyékoló hatása miatt a levelek felületére érkező direkt szoláris sugárzás töredéke éri a falszerkezetet, ami már lényegesen kisebb mértékben melegíti fel a homlokzat felületét. A hátszerkezet felületi felmelegedésének csökkenéséhez hozzájárul még a párologtatás és a kialakuló légmozgás. Mivel a növényzet hőmérséklete jellemzően a léghőmérséklet alatti vagy a közeli értéket vesz fel, így lényegesebb akadályoztatás nélkül lehetővé teszi az épület éjszakai lehűlését is.

A növényzet árnyékoló, hűtő hatása a beltér hőkomfortjára, adott esetben hűtésére (ezzel kapcsolatban az épület energiafelhasználására és szén-dioxid kibocsátásra is) komoly hatással van. Különösen fontos ez üvegezett felületek esetén. A BME kutatási eredményei szerint (Szalai et al., 2016) különböző növényekből kialakított zöldárnyékolókkal a vászon árnyékolóval megegyező vagy annál kedvezőbb PMV (Predicted Mean Vote = várható hőérzeti érték) és PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied = kedvezőtlen hőérzet várható százalékos valószínűsége) értéket lehet elérni a belső térben. Ennek következtében a beltéri alacsonyabb léghőmérséklet adott esetben már a növényalkalmazás révén előállhat, illetve a megfelelő beltéri hőkomfort eléréséhez kevesebb energiabevitelre van szükség.

Téli hővédelem

A téli hővédelemben jelentős hatása van annak, hogy a növényzet (és szerkezeti elemei) védőernyőként szolgál a homlokzat előtt. Ez azt jelenti, hogy sugárzásos hőcsere nem a külső falfelület és a kb. -50–-70 °C hőmérsékletű égbolt között jön létre, hanem a külső falfelület és

a legfeljebb léghőmérsékletre hűlő növényfelület között. Így a falszerkezet hőmérséklete magasabb, mint a léghőmérséklet, ami jelentősen csökkenti a hőveszteséget. Emiatt korábban már pusztán örökzöld kúszónövények alkalmazása esetén is akár 5–38%-os fűtési megtakarítást is feltételeztek. Ez a hatás legfeljebb meglévő (jellemzően a 2000-es évek előtt épült) alacsony hőszigetelő-képességű falszerkezetek esetén tapasztalható.

Új épületek esetén azonban más a helyzet. A klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében az Európai Parlament és Tanács az épületek energiafogyasztásának jelentős csökkentését írta elő 2010-ben (EPDM, 2010). Ez alapján készült el a hazai rendelet (20/2014. (III. 7.) BM rendelet), mely szerint lépcsőzetes bevezetéssel kizárólag közel nulla energiaigényű és széndioxid kibocsátású épületek épülhetnek, mely elvet a jelentős felújítások esetén is be kell tartani. Az így kialakított épületek esetén a falszerkezetek igen jó hőszigetelő-képességűek, ezért a zöldhomlokzatok hőveszteség-csökkentő hatása lényegesen kisebb.

A lombhullató kúszónövények esetén a lomb elvesztése lehetőséget nyújt arra, hogy a napsütötte homlokzatokat a téli nap felmelegítse, ezáltal csökkentse azok lehűlését, illetve késleltesse a hőleadást, és ezáltal járul hozzá a hőveszteség-csökkenéshez. Függőleges felület mellett a hőmérséklet-különbség, illetve az abból származó sűrűségkülönbség következtében élénk légmozgás és ezzel együtt nagyobb hőátadási tényező alakul ki. Az épület szél okozta hővesztesége az épület fekvésétől, kitettségétől, alakjától és szerkezeti kialakításától függően elérheti akár a teljes hőveszteség 50%-át. Alapvető érdek tehát a homlokzatok szél okozta hűtőhatásának csökkentése, ami valamennyi zöldhomlokzattípus esetén létrejön. Még kúszónövények esetén is, ahol a szél hatására a zárt, egyenletes növésű növényzet levélzete megemelkedhet. A levelek turbulens áramlatok létrehozásával csökkentik a függőleges fal előtt a szél hűtőhatását. A hűtőhatás csökkentés változatos növésű, erős ágrendszerű lombhullató kúszónövények esetén még lombkorona nélkül is jelentős lehet télen.

Élettartam-növelés

A növények levelei (és a kiegészítő szerkezetek) által létrehozott „zárt” felület védi a hátszerkezetet a nap UV-sugárzásától, azaz annak öregítő hatástól. A csapadék és az UV-sugárzás elleni védelemnek köszönhetően megfigyelhetők olyan kúszónövénnyel borított homlokzatok, melyeket 30-70 év alatt sem kellett a növényzet mögött felújítani. Tapasztalatok alapján a festett falak, vakolatok élettartama akár 2-3-szorosára is nőhet. A hőcsillapítás, az árnyékolás hatására csökken a hátszerkezet hőmozgása, kisebb feszültségek keletkeznek, ami az UV-sugárzás elleni védelemmel együtt lassítja a hátszerkezet öregedését, így a szerkezetek hosszabb élettartamúak lehetnek.

Hangszigetelés

Ma még nagyon kevés kutatás foglalkozik a zöldhomlokzatok akusztikai hatásával, így tudományosan, mérési eredményekkel még nem igazolt az a kedvező hatás, amit tapasztalni vélünk növények környezetében. Az eddig végzett kutatások során a 125–1250 Hz közötti vizsgálati tartományban gyakran rontóhatás jelentkezett, míg 4000–10 000 Hz közötti vizsgálati tartományban akár 2–10 dB-es javítást is mértek (pl. Wong et al., 2010). Magas frekvenciák esetén ezek az értékek már figyelembe vehetők lennének, azonban mindaddig, amíg az elméleti számítás modelljét nem állítják fel, vagy tényleges, különböző típusú zöldhomlokzatokon végzett laboratóriumi és helyszíni vizsgálatok nem készülnek, a zöldhomlokzatok hangszigetelő képességéről pontos képet nem kapunk. Vélelmezhető, hogy a levelek képezte „rendezetlen felület” elsősorban hangcsillapítási/hangelnyelési képességével csökkentheti a köztereken kialakuló közlekedési zajt/hangnyomásszintet, míg az épületek külső térelhatároló szerkezetei léghanggátlásánál legfeljebb a nagyobb tömegű függőleges ültetőközeggel kialakított zöldhomlokzatoknak lehet kedvező hatása.

