



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai/Mérnöki/

Természettudományi és Szoftvertchnológiai Intézet

SAKDOLGOZAT

Városi faállomány-gazdálkodás támogatása térinformatikai eszközökkel

OE-AMK

Hallgató neve: Gyenis Katalin

2023

Hallgató törzskönyvi száma: T000708/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ALBA REGIA MŰSZAKI KAR

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Gécinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Gyenis Katalin Dalma

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: 1000/084-112904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: gécinformatikai szakirányok

Specializáció:

A dolgozat címe: Városi faállomány-gazdálkodás támogatása térinformatikai eszközökkel

A dolgozat címe angolul: Supporting urban tree management with geographic information systems

A feladat részletezése:

1. Városi kataszter fogalmának tisztázása, szerepe a faállomány-gazdálkodásban
2. Térbeli adatok a városi fák kataszterében, adattípusok, alkalmazható GIS rendszerek
3. Esőfelmérés: néhány városi kataszter bemutatása
4. A tapasztalatok összegzése, jövőbeli perspektívák felvázolása

Intézményi konzulens neve: Pödör Andrea Dr.

Külső konzulens neve: Dr. Jakobi Ákos

Munkahelye: ELTE Természettudományi Kar

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. 07. 10.

Beadási határidő: 2023. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2023. 05. 27.



[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2023. 05. 15.

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens



ÓBUDA EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar
Mérnök/Geoinformatikai/
Természettudományi és Szoftvertechnológiai Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott, Gyenis Katalin, szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Piliscsaba, 2023.május 10.


hallgató aláírása

TARTALOM

1	BEVEZETÉS.....	6
1.1	Fák a városi környezetben.....	6
1.2	A dolgozat célja	6
2	A TÉRBELI ELEMZÉSEK MEGHATÁROZÁSA	7
3	FAÁLLOMÁNY-GAZDÁLKODÁS VÁROSI KÖRNYEZETBEN.....	8
3.1	Fakataszter	8
3.2	Fakataszter készítésére alkalmas platformok	10
3.2.1	TopoXpress	10
3.2.2	Info-Garden szoftvercsalád	10
3.2.3	GreenSpaces	11
3.2.4	ArcGISOnline – Survey123	12
4	A KATASZTERKÉSZÍTÉS SORÁN ALKALMAZOTT ADATGYŰJTÉSI MÓDSZEREK:	13
4.1	Földi mérések.....	13
4.1.1	A felméréndő terület azonosítása	13
4.1.2	A felmérés módszertanának meghatározása	13
4.1.3	Adatgyűjtés	14
4.1.4	Adatelemzés	14
4.2	Távérzékelés.....	14
4.2.1	Légi felvételek, ortofotók	14
4.2.2	Hiperspektrális képalkotás	15
4.2.3	LiDAR	15
4.3	Egyéb térbeli adatok a faállománygazdálkodásban:.....	16
5	A FAKATASZTER A FAÁLLOMÁNY-GAZDÁLKODÁSBAN	16
5.1	Térinformatikai elemzések a fakataszter készítésében	17
5.1.1	A térinformatikai elemzés alkalmazása a városi fák leltározásában	17
5.2	A térbeli adatok integrálása, kihívások és megoldások	19
5.2.1	Kihívások	20
5.2.2	Megoldások	21
6	ESETTANULMÁNY.....	23
6.1	Felmérés és terepi felvételezés gyakorlati kivitelezése	25
6.2	Elemzések a kataszter elkészültét követően.....	28
6.2.1	Megjelenítés faállapot szerint kategorizálva:	29

6.2.2	Koreloszlás térképe:	29
6.2.3	Lombkoronafedettségi térkép és konfliktuskezelés.....	33
6.2.4	Diverzitás elemzés, fajmegoszlási térképek:	35
6.2.5	Ortofotó használata vízáteresztő felületek nagyságának vizsgálatához	37
7	ÖSSZEGZÉS, JÖVŐBEMUTATÁS	46
8	SUMMARY	50
	IRODALOMJEGYZÉK.....	51
9	ÁBRAJEGYZÉK	53

1 BEVEZETÉS

1.1 Fák a városi környezetben

Megfelelően tervezve és kezelve a városi fáknek számos környezeti, társadalmi és gazdasági előnye van. Létfontosságú szerepet játszanak az élhető, fenntartható és egészséges városok életében, javítják a levegő minőségét, csökkentik a hőmérsékletet, mérséklük a városok épített környezetének hőszigetelhetőségét, mérséklük a csapadékvíz-elvezetést, elősegítik a lakosság közösségi kohézióját és nem utolsósorban növelik az ingatlanok értékét. Ezen túlmenően a városi fák élőhelyet biztosítanak a madarak, rovarok és más vadon élő állatok számára, hozzájárulva a város általános biológiai sokféleségéhez.

A városok és ingatlantulajdonosok számára alapvető fontosságú, hogy tisztában legyenek zöldfelületeik értékével ahhoz, hogy hatékonyan kezeljék, gondozzák fáikat. Ennek elérése érdekében a városi fák kataszterbe vétele az első lépés, ugyanis a kataszter nélkülözhetetlen adatokat szolgáltat a zöldfelületkezelésben meghozandó döntéshozatalhoz. Az elmúlt évek gyors informatikai fejlődése következtében a geoinformatikai rendszerek is egyre fontosabb eszközzé váltak fakataszterek létrehozásában, mivel lehetővé teszik a térbeli adatok megjelenítését és elemzését.

1.2 A dolgozat célja

Ez a tanulmány a városi fakataszterek térbeli aspektusait vizsgálja, beleértve az adatgyűjtési módszereket, felhasználható szoftvereket a térbeli elemzési technikákat és a térbeli adatok integrálását. A kataszter térbeli aspektusainak vizsgálatakor figyelmet szentel a fák térbeli elhelyezésének lehetőségeire, melynek alapján a tervezésnél kijelölhetőek a prioritások és tervezési szükségletek. Vizsgálja a faállomány struktúráját, a fák térbeli elhelyezkedését, magasságát, koreloszlását, törzsátmérőjét, mely adatok a faápolás tervezésében segítenek ezáltal elősegítve egy egészségesebb faállomány létrejöttét. Vizsgálja a fák egészségi állapotát és környezeti tényezői és veszélyességét (törési, kidőlési kockázatok, épített környezetre való veszély stb.), mely a kataszter talán egyik legfontosabb információja a megrendelők számára.

A dolgozat bemutatja egy nagyváros egyik kerületének kataszterét.

Felvázolja a kataszterkészítéskor felmerülő felvételezési problémákat, melyek befolyásolhatják a rögzítésre kerülő adatok megbízhatóságát.

A kataszter készítésekor vizsgálja a döntési pontokat az adatgyűjtési módszerek vizsgálatával, a gyűjtendő adatok meghatározásával, az adatok elemzésekor felmerülő döntéseket (pl. hogyan értékeljük a fák állapotát, mely paramétereket kell figyelembe venni és hogyan kell összekapcsolni az adatokat a környezeti tényezőkkel, vizsgálja a prioritizálás lehetőségeit, mely fák szorulnak azonnali beavatkozásra, mely fáknek van szüksége ápolásra).

A dolgozat példákat ad a térbeli elemzések lehetőségére és rövid betekintést a kataszterben szereplő adatok és eredmények döntéshozókkal, szakemberekkel és lakossággal való hatékony kommunikálására tematikus térképek, diagramok bemutatásával.

Végezetül a dolgozat felvázolja a térinformatikai elemzések fakataszterben való felhasználásának jövőbeli irányait, és ajánlásokat fogalmaz meg az önkormányzatok számára a városi faállományok hatékony kezelése érdekében.

2 A TÉRBELI ELEMZÉSEK MEGHATÁROZÁSA

A térbeli elemzés olyan adatok elemzésének, megjelenítésének és értelmezésének módszere, amelyeknek földrajzi vagy térbeli összetevője van. Maga az adatgyűjtés önmagában semmire sem használható. Az adatok közt térbeli kapcsolatot kell teremteni, értelmezni és elemezni azokat.

A térbeli elemzés számos környezetben alkalmazható: földrajzi, ökológiai, várostervezési, marketing területen. Elemezhető az adatok térbeli mintája, például a földhasználat terén, a környezeti tényezők feltárására és elemzésére.

A térinformatikai szoftverek és eszközök felhasználásával olyan minták, kapcsolatok és tendenciák tanulmányozására van lehetőség, amelyek egy adott helyhez vagy helyekhez kötődnek. A faállományok térbeli megjelenítésével vizualizálhatók például a városi

zöldfolyosók, monitorozni lehet a hőszigetethatást, rámutathatunk azon konfliktuszónákra, hol a fák és pl. közművek kapcsolata a leginkább problémás.

A térbeli elemzés segít megérteni a valós világ számos jelenségének alapjául szolgáló összetett térbeli összefüggéseket, az elemzésekből kapott információk pedig hatékony segítséget nyújtanak a döntéshozatalban.

3 FAÁLLOMÁNY-GAZDÁLKODÁS VÁROSI KÖRNYEZETBEN

3.1 Fakataszter

Az éghajlatváltozással kapcsolatos fenntarthatósági célok elérésében a városok világszinten kulcsszerepet játszanak, mivel a városok az egyik legjelentősebb széndioxid-kibocsátással rendelkeznek, ugyanakkor itt él a lakosság nagy része [1]. A fakataszter a városi faállomány-gazdálkodás alapja, tulajdonképpen a fák leltárba vétele, melynek célja a pontos elhelyezkedés, alapadatok, egészségi állapotok rögzítésével a fenntartási munkálatok gyakorlati tervezésének és azok időbeli meghatározásának segítése.

A fák élettani állapotának, a fákon, vagy a fák környezetében végzett intézkedések szisztematikus dokumentálása lehetővé teszi a közlekedésbiztonság megteremtését, káresemények előfordulási valószínűségének előrevetítését, illetve esetleges károkozások esetére megfelelő bizonyítékot is szolgáltathat igazságügyi szakértés szükségessége esetén.

A fakataszterek a statisztikai adatokon keresztül értékes tervezési eszközök, és támogatást nyújtanak az erőforrások megfelelő beosztásához és az árajánlatok bekéréséhez, illetve az ápolási munkák megszervezéséhez, az építési területek favédelméhez, közműfektetéshez, útépítéshez. Fejlesztési tervek készítésénél pedig az ökológiai aspektusok figyelembevételét szolgálja.

Amíg az Észak-amerikai fakataszterek célja elsősorban a fák gazdaági értékelése (I-Tree felhasználásával az ökológiai szolgáltatást számszerűsítik), addig az európai országokban a kataszterkészítés inkább a fák egészségére, a faállományok állapotának nyomonkövetésére használják [2].

A kataszter készítése és kezelése a magyar jogszabályokban több helyen utalnak. Az 1996. évi LIII. törvény [3] a természetvédelemről általánosságban említi a zöldfelületek,

a természeti értékek és a természeti örökségvédelmét, de kifejezetten nem rendelkezik kataszter készítésről. A törvény általánosan meghatározza az erdők és más fás állományok védelmére vonatkozó követelményeket, amelyek fontosak lehetnek a fakataszter készítésénél. A törvény előírja például, hogy tilos az élőhelyek pusztítása vagy súlyos károsítása, biztosítani kell az erdők rendeltetésszerű használatát, a fajok védelmét és az ökológiai hálózatok fenntartását.

Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény [4] meghatározza az épített környezet védelmének és fejlesztésének általános szabályait. A törvény előírja, hogy az épített környezet alakítása során figyelembe kell venni a környezetvédelmi szempontokat, melyek között a fák védelme is fontos szempont.

Az erdőkről szóló 2009. évi XXXVII. [5] törvény általános szabályokat fogalmaz meg az erdők védelmére és kezelésére vonatkozóan. Bár a törvény elsősorban az erdőkre fókuszál, fontos jogszabály a városi fák védelme szempontjából is.

A 147/1992, (XI. 6.) Korm. rendelet [6] értelmében minden önkormányzatnak ingatlanvagyon-katasztert kell készítenie és fenntartania. A kormányrendelet azonban csak a közhasználatú zöldterületek feltüntetését írja elő, a fák nyilvántartásba vétele nincs külön megnevezve. Miután szabványos előírás nincs, az elkészült kataszterek adatbázisa eltérő. Így például Budapesten, ahol a kerületek egyes részei a Főkert gondozásában vannak más adatbázist használnak, mint a kerületek [7].

A magyar gyakorlattól eltérően a nyugat-európai országok szabványban rögzítik a fakataszterek tartalmi és formai követelményeit (pl.: ÖNORM L1122– Ausztria [8]). Magyarországon a Magyar Faápolók Egyesületén belül folyik egy egységes, mindenki számára elfogadható és megfizethető többlépcsős kataszterező metodika kidolgozása, de jelenleg ez még folyamatban van.

Miután nincs egységes szabályozás, minden önkormányzat szabadon értelmezi a kormányrendeletet, és kataszterkészítés során nem törekednek az egységes, egymással átjárható platformok kialakítására, pedig jó lenne, ha kialakulna egy szabályozott, átjárható informatikai platform, mely hatékonyan és hitelesen rögzíti a fák adatait, a rajtuk elvégzett vizuális vizsgálat eredményeit és időpontját.

3.2 Fakataszter készítésére alkalmas platformok

A közelmúlt gyors informatikai fejlődése a fák nyilvántartására alkalmas szoftverek terén is megmutatkozik. Számos terepi felvételezésre és adatnyilvántartásra alkalmas szoftver létezik, melyből a jelenleg elérhetők közül emelek ki néhány jelentősebbet.

3.2.1 TopoXpress

A TopoXpress magyar fejlesztésű GIS alkalmazás, melyet földmérők, térinformatikai szakemberek, erdészek terepi térképezési feladatainak segítésére fejlesztettek. de jól használható a városi fakataszter készítésére is. Alkalmas a terepi adatrögzítésre, mérések elvégzésére. Használatával lehetőség van offline terepi adatgyűjtésre, ami inkább erdészeti környezetben lehet fontos, illetve online munkára. A rendszer lehetővé teszi a felhő alapú munkát, mely megkönnyíti a párhuzamos munkavégzést, rendelkezik gyors tematikus térképezővel, GNSS mérési, kitűzési funkciókkal, mezőklkulátorral. Az elkészített adatbázis számos fájlformátumba exportálható, illetve már elkészült adatbázisokat is többféle formátumban importálhatunk. Az alkalmazás környezete a felhasználó által könnyen alakítható, mely lehetővé teszi a projektek ügyfélkörre szabását (más-más projekteken más attribútumsorral lehet dolgozni). Szabad felhasználású (open source) térképek, ortofotók és egyéb térképek, pl. közműtérkép a felhasználó által könnyen integrálható. Egyszerű szűrések a programon belül elvégezhetőek, de a kezelő felület kevésbé felhasználóbarát, az egyszerűbb elemzésekhez is kell egy alapszintű programnyelv ismerete. A szoftver windows és android környezetben egyaránt használható, az IOS termékeken azonban nem fut.

3.2.2 Info-Garden szoftvercsalád

Az Info-Garden szoftvercsalád több zöldfelület kataszterezésre alkalmas szoftvert tartalmaz (IG-Tree a fákra, IG-Cemetery temetőkataszterezésre, IG-Park a parkkataszter készítésére alkalmas). Az IG-Tree kataszterezési modult kifejezetten városi környezetre fejlesztették ki a városüzemeltetés számára. Rögzíti a fák széleskörű leíró, illetve faállapokra vonatkozó adatait. A háttérben tetszőleges mennyiségű fotó, vizsgálati jegyzőkönyv tárolható egy-egy fáról, melyek a fa adatlapján megjeleníthetőek. Részletesen nyilvántartja a fa környezetét, a Magyar Faápolók Egyesülete által szakmailag elfogadott módszerrel faértéket is számol.

Dinamikus feladatnyilvántartást tesz lehetővé, így nyomon követhetőek az egyes fákon elvégzett munkák. A fák automatikus adatlapszerkesztésével egyszerűsíti a hatósági munkát (fapótlás, fakivágási engedély), hatékonyá teszi a fasorfenntartás munkaszervezési, feladatkiadási, ellenőrzési feladatait. Az adatbázis minden paraméterére részletes, könnyen használható szűrési lehetőségeket biztosít. Az alkalmazásban könnyen készíthetők grafikonok a kiszűrt adathalmaz alapján.

Nagy előnye, hogy szűkített adatbázissal és korlátozott jogosultsággal lakossági felületé alakítható, amely más szintre emeli a lakossági kommunikációt lehetővé téve a hibabejelentést is. Bármely vektoros, raszteres segédterkép beintegrálható és használható a program háttérébe.

Hátránya, hogy az adatbázis szerkezet statikus, emiatt a felhasználók és rögzítők számára gyakran felesleges attribútumokat is tartalmaz, melyek a felvételezés idejét megnövelik, illetve hogy a program csak windowos környezetben működik.

3.2.3 GreenSpaces

A GreenSpaces az olasz R3 GIS vállalat által kifejlesztett platform, amely a környezeti fenntarthatósággal és a természeti erőforrásokkal való gazdálkodással kapcsolatos térbeli adatok kezeléséhez és elemzéséhez nyújt eszközöket. A platform lehetővé teszi a felhasználók számára a levegőminőséggel, vízminőséggel, biológiai sokféleséggel, földhasználattal és más környezeti tényezőkkel kapcsolatos adatok megjelenítését és elemzését is. Számos funkciót tartalmaz, például térképezést, adatvizualizálást, adatkezelést és jelentéstételt. A GreenSpaces a felhasználók széles körét célozza meg, beleértve a környezetvédelmi kutatókat, a természeti erőforrások kezelőit és a fenntarthatósági tanácsadókat. Úgy tervezték, hogy segítse a felhasználókat a zöldfelület kezeléssel és fenntarthatósággal kapcsolatos megalapozottabb döntések meghozatalában.

A korábban megemlített szoftverekhez képest itt eltérés, hogy a felület teljesen online, webes. A felhasználói jogkörök a megrendelők által személyre szabhatók és jelszóval védve megoszthatók.

Nagy előnye, hogy a terepi felvételezést két részre osztja. Első lépésben az fák alapadatai kerülnek felvételezésre (pozíció, faj, magasság, törzsátmérő stb.), melyet kevésbé képzett munkatársak is felvehetnek, a fák állapotának felvétele külön történik, ezt

jellemzően favizsgálói végzettséggel rendelkező munkatárs végzi. Ezt állapotfelvelet már vizuális favizsgálatnak nevezi kissé megtévesztő módon, mert a kataszterezés során nem teljeskörű vizuális vizsgálatot végzünk, csak egy rövid vizuális előszűrést. A GreenSpaces rendszerben a favizsgáló munkája szigorúan rögzítésre kerül, validálás után pedig már nem megváltoztatható, így igazságügyi perekben is felhasználható.

Hátránya, hogy már meglévő állományok bizonyos részei (favizsgálathoz tartozó adattartalmak, fotók, vizsgálati jegyzőkönyvek) csak fejlesztői segítséggel integrálhatók az adatbázisba, illetve, hogy IOS környezetben ez a program sem használható.

3.2.4 ArcGISOnline – Survey123

A Survey123 egyike az ArcGIS Online webalapú eszközének, amely lehetővé teszi felmérések és űrlapok létrehozását, megosztását és elemzését. A Survey123 az ArcGIS Online platform része, amely a térbeli adatok térképezéséhez, elemzéséhez és megjelenítéséhez szükséges eszközök és technológiák csomagja.

Segítségével felméréseket tervezhetünk és telepíthetünk az adatgyűjtéshez különböző forrásokból, többek között webböngészőkből, mobileszközökről és akár offline módon is. Használhatunk benne előre elkészített sablonokat, létrehozható saját egyéni felmérés, és a kérdéstípusok széles skáláját rendelhetjük hozzá úgy, mint szöveges, numerikus, dátum- és multimédiás kérdéseket.

Miután a Survey123 segítségével adatokat gyűjtöttünk, azokat az ArcGIS Online térképezési és elemzési eszközeivel elemezhetjük és megjeleníthetjük. Egyéni dashboardokat és jelentéseket hozhatunk létre, sőt a felmérési adatokat más GIS-adatforrásokkal is integrálhatjuk.

A Survey123 hatékony eszköz az adatok gyűjtéséhez, kezeléséhez és elemzéséhez, és különösen hasznos olyan szervezetek számára, amelyek sok embert foglalkoztatnak és sok helyről kell információt gyűjteniük a különböző helyszíneken.

4 A KATASZTERKÉSZÍTÉS SORÁN ALKALMAZOTT ADATGYŰJTÉSI

MÓDSZEREK:

4.1 Földi mérések

A földről végzett megfigyelések rögzítése a fakataszterkészítés fontos eleme. Ennek során egy adott területen lévő fákról gyűjtünk adatokat a talajszintről történő vizsgálattal. Ezek az adatok feltüntetésre kerülnek a kataszterben, ami segíthet a fák hatékony kezelésében. Az alábbiakban bemutatom a fák leltározása során végzett talajszintről való felmérésének néhány kulcsfontosságú lépését:

4.1.1 A felméréndő terület azonosítása

Ez a kataszterkészítés első lépése. A felméréndő terület lehet egy park, erdő vagy útsorfák. Jellemzően a teljes területtulajdon megismerése után megrendelővel való egyeztetés során jelölik ki a prioritások kijelölésével együtt.

4.1.2 A felmérés módszertanának meghatározása

A felmérés módszertana a felméréndő terület méretétől és összetettségétől, illetve a költségvetés nagyságától függ. Ebben a lépésben kerülnek meghatározásra a felméréndő adatok, illetve a felvételezéshez használt eszközök. A felméréndő faállomány paraméterei közvetlen hatással vannak a kataszter lehetséges felhasználására, ezért kiválasztásuk kulcsfontosságú. Östenberg tapasztalatai alapján Svédországban a település mérete erősen befolyásolja a kataszterek meglétét, ami a nagyobb városok arányaiban is nagyobb költségvetésével magyaráz [2]. Tapasztalataim szerint az ott gyűjtött adatokat inkább csak operatív feladatok segítésére használják, a fák értékelése nem ökoszisztéma-szolgáltatás fókuszú. Tapasztalataim szerint jelenleg Magyarországon is a kockázat fókuszú attribútumsor a jellemző a kataszterekre, mely összefüggésbe hozható a fák által okozott károk kezelésének költségvonzataival. Az ökoszisztéma szolgáltatás számolását megalapozó attribútumkor kevésbé jellemző, a fák gazdasági szempontú értékelése még új terület a zöldfelületkezelők számára.

4.1.3 Adatgyűjtés

A terepi felmérés során gyűjtött adatok jellemzően a fák leíró adatait, úgy, mint fafaj, famagasság, törzsmérő (1 méteres magasságban mérve), a fa egészségi állapota és minden egyéb releváns információ, például a károsodás vagy betegség jelei. Fontos, hogy az adatokat pontosan és következetesen rögzítsük egy szabványosított adatgyűjtő űrlap vagy szoftver segítségével. Lehetőség szerint minden adatot a legpontosabb eszközzel mérjük fel. Famagasság mérésére használható a Suunto famagasságmérő, mely egy optikai klinométer, Nikon Foresry, vagy TruPulse 360R lézeres távmérő. Ez utóbbi kettővel megfelelő távolságból sokkal pontosabb magasságok mérhetőek. Törzsmérő mérésére egyszerű kézi átlalót vagy digitális átlalót használhatunk. A mérés gyakorlata, hogy a fák törzsét két oldalról egymásra merőlegesen mérjük meg és a két mért adat átlagát adjuk meg törzsmérőként. Amennyiben lehetséges mindig mért adatot közöljünk a becslés helyett. Ez segít biztosítani, hogy az adatok megbízhatóak és könnyen elemezhetőek legyenek.

4.1.4 Adatelemzés

Miután az adatokat összegyűjtötték, elemezni kell azokat a minták és tendenciák azonosítása érdekében. Ezek az információk felhasználhatók a területen lévő fák kezelési tervének kidolgozásához.

A terepi felvételezés nem egyszeri tevékenység. Fontos, hogy a folyamatot rendszeresen megismételjük, hogy figyelemmel kísérhessük a faállományban bekövetkező változásokat, és ennek megfelelően kiigazíthassuk a kezelési terveket.

4.2 Távérzékelés

A kataszterkészítés során többféle távérzékeléses adatgyűjtési módszer is alkalmazható. Az alábbiakban a leggyakoribb módszerek közül mutatok be néhányat:

4.2.1 Légi felvételek, ortofotók

A légi fényképezés során egy adott területről műholdról, repülőgépről vagy drónról nagy felbontású felvételeket készítenek. Ezekből a képekből részletes

elemzések készíthetők a helyszínről, és felhasználhatók többek közt az egyes fák és jellemzőik azonosítására. Molnár és társai WorldView-2 és WorldView-3 multispektrális műholdfelvételek feldolgozásával határoztak meg fafajokat Debrecen belterületén [9]. Céljuk a főbb fafajok alapján történő osztályozás volt, illetve e két műholdfelvétel osztályozási pontosságának összevetése. mintaterületükön a WorldView-2 osztályozásánál jobb eredményeket értek el, ez valószínűleg annak köszönhető, hogy a referencia adatokat ehhez a képhez optimalizálták. Mintaterületükön 5 különböző fafajt különítettek el 67%-os átlagos pontossággal.

Pataki és társai szintén Debrecen területén készült látható tartományú ortofotót használtak zöldfelületek térképezésére jó eredménnyel [10]. Vizsgálták, hogy az elkészült ortofotó mennyire használható fás és lágyszárú növények elkülönítésére, de ennek pontosságát nem tartották kielégítőnek.

4.2.2 Hiperspektrális képalkotás

A hiperspektrális képalkotás során egy területről több különböző hullámhosszúságú képet készítenek, amelyek segítségével a növényzet egyes típusai azonosíthatók. Ez a módszer az egyes fák és fajaik azonosítására is használható. Jellemzően mezőgazdasági és erdészeti környezetben alkalmazzák, városokban a fajok diverzitása miatt a növényzet nemzetségszintű meghatározása nehézkes. Zhang és társai ugyanakkor beszámolnak nagyfelbontású RGB légifelvételek használatáról városi fák felvételezése kapcsán gépi tanulás (deeplearnig) felhasználásával [11]. Az általuk használt módszert a fák észlelésére és kvalitatív elemzésükre is használták

4.2.3 LiDAR

A LiDAR egy távérzékelési technológia, amely lézerpulzusok segítségével méri az érzékelő és a talaj közötti távolságot. Segítségével rendkívül pontos 3D térképek készíthetők egy területről, amelyek segítségével az egyes fák és jellemzőik is azonosíthatók. Használatával egyszerűsödik a fák törzsspozíciójának, törzsátmérőjének famagasságának és esetenként koronaátmérőjének pontos meghatározása, az egyes fák vizsgálatával pedig a közműhálózat vagy építmények és a fák közötti konfliktusok is értékelhetők. Czimber és társai beszámolnak

lézeres pontfelhő felhasználásáról fák törzsdetektálásánál, illetve más faegyed jellemzők automatizált kinyeréséről. Munkájuk elsősorban a törzsátmérők megadására koncentrál, melyek detektálásánál számos probléma adódhat (ferde állású törzs, borostyánnal befutott törzs). Kísérleti területükön 98%-o találati pontosságot és 2 cm körüli átlagos átmérő hibát értek el [12].

4.3 Egyéb térbeli adatok a faállománygazdálkodásban:

GPS-adatok: A GPS-adatok felhasználhatók a városi területen lévő fák pontos hely adatainak összegyűjtésére. A pontos törzspozíció ismerete segítséget nyújt a tervezési feladatoknál, de a fák helyes beazonosításához is elengedhetetlen.

Talajadatok: A talajadatok felhasználhatók a városi területek talajának minőségének és termékenységének értékelésére, ami hatással lehet a városi fák egészségére és növekedésére. Ezek az adatok felhasználhatók azon területek azonosítására, ahol további talajjavításokra lehet szükség a fák egészséges növekedésének támogatásához.

Éghajlati adatok: Az éghajlati adatok felhasználhatók az éghajlatváltozás városi erdőkre gyakorolt lehetséges hatásának értékelésére, és azon területek azonosítására, ahol további faültetésekre lehet szükség az emelkedő hőmérséklet és a változó időjárási minták hatásainak enyhítése érdekében.

Földhasználati adatok: A területhasználati adatok felhasználhatók azon területek azonosítására, ahol nagy az igény a városi fák iránt, mint például a parkok, lakóövezetek és kereskedelmi negyedek. Ezek az adatok felhasználhatók a faültetési munkák irányítására, valamint a karbantartási és kezelési tevékenységek rangsorolására.

Összességében a felmérés elvégzése a fák leltározásának és kezelésének kritikus eleme. Értékes információkat szolgáltat, amelyek alapján megalapozott döntéseket lehet hozni az adott terület fáinak kezeléséről és gondozásáról.

5 A FAKATASZTER A FAÁLLOMÁNY-GAZDÁLKODÁSBAN

A városi fák nyilvántartása, amennyiben az adatok naprakészek, sok oldalról segíti a faállományok kezelését.

- Egyszerűbbé válik a karbantartási igények azonosítása: A fakataszter segíthet azonosítani a metszést, fakivágást vagy egyéb karbantartást igénylő fákat. Ez az információ lehetővé teszi a faápolók számára, hogy az ápolási igények sürgőssége és súlyossága alapján rangsorolják és ütemezzék a munkákat.
- Lehetőséget nyújt a fák egészségi állapotának nyomon követésére, vizualizálhatók a „városi erdők” általános egészségi állapotának tendenciái. Ez az információ lehetővé teszi a szakemberek számára, hogy azonosítsák az előforduló kártevőket vagy betegségeket, és időben reagáljanak azokra, és végrehajtsák a kezeléseket. Egy-egy betegség vagy kártevő rendszeres megjelenésekor fontos támpontot ad célzott, preventív kezelések költségvetési és kivitelezési tervezésében és végrehajtásában.
- Megkönnyíti a faültetés tervezését: A fakataszter segíthet azonosítani azokat a területeket, ahol új fákat lehetne ültetni, és segítségével meghatározható, hogy mely fajok lennének a legalkalmasabbak a helyi körülményekhez. A fajokat úgy lehet kiválasztani, hogy bizonyos ökoszisztéma funkciókat előnybe részesítsenek. A fa várható mérete, élettartama és növekedési típusa további szempont a tervezés során. A faji, morfológiai és funkcióbeli diverzitás csökkenti a fák mortalitását és alacsonyabb fenntartási igényt is jelenthetnek [13]. Ezek az információk biztosíthatják, hogy az új fákat olyan helyekre ültessék, ahol jól fejlődhetnek.
- A nyilvánosság bevonásának támogatása: A fakataszter értékes eszköz lehet a lakossággal való kapcsolattartásban. A nyilvántartásból származó adatok megosztása a közösséggel segíthet a lakosoknak megismerni a fák értékét és megérteni kezelésük fontosságát és adott esetben az adatgyűjtés munkafolyamatába is bevonhatóak.

A fakataszter összességében olyan adatalapot biztosít, amely megalapozza a döntéshozatalt és irányítja az egészséges és fenntartható városi faállományok létrehozására irányuló erőfeszítéseket.

5.1 Térinformatikai elemzések a fakataszter készítésében

5.1.1 A térinformatikai elemzés alkalmazása a városi fák leltározásában

A térinformatika alkalmazása a városi fák felmérésének egyik fontos eszköze. A városi fák kataszterbe vétele és kezelése összetett feladat, mely a dokumentáció elkészítőtől a

faállomány kezelésének szervezéséig sok lépést foglal magában. A rögzített adatok térinformatikai elemzése ebben a kontextusban több ponton segíthet.

A fajok és a fák helyének azonosítása: A térinformatikai elemzés felhasználható a város zöldterületein található fák elhelyezkedésére és fajokra vonatkozó adatok gyűjtésére. Ezek az adatok felhasználhatók a területen található fajeloszlási diverzitás-térképének elkészítéséhez, amely gazdálkodási és tervezési célokra használható.

A fák egészségének és állapotának nyomon követése: A térbeli elemzés felhasználható a városi fák egészségének és állapotának időbeli nyomon követésére. Ez magában foglalhatja a fák átmérőjére, lombkoronaszintjére és általános egészségi állapotára vonatkozó adatok gyűjtését, valamint ezen adatok elemzését a tendenciák és minták azonosítása érdekében.

Lombkoronafedettségi térképezés: Térinformatikai elemzéssel olyan térképek készíthetők, amelyek megmutatják a fák lombkoronaszintjének kiterjedését. Ezek a térképek felhasználhatók a városi fákkal borított területeinek általános egészségi állapotának értékelésére és azon területek azonosítására, ahol további faültetésekre lehet szükség.

Kockázati térképezés: Ez az elemzés olyan térképek létrehozására használható, amelyek megmutatják a városi területen lévő fák által jelentett potenciális kockázatot. Olyan tényezőket foglalhat magában, mint a fajok, a fák kora és állapota, valamint az épített környezethez, közművekhez vagy más magas kockázatú területekhez való közelség.

A fák karbantartásának priorizálása: A térinformatikai elemzés segíthet a gazdálkodó szervezeteknek és faápolóknak a fák karbantartására irányuló munkák rangsorolásában azáltal, hogy azonosítja azokat a területeket, ahol a fának a legnagyobb szükségük van a figyelemre. Például a nagyméretű, idősebb fákat tartalmazó területek nagyobb figyelmet igényelhetnek, mint az olyan területek, ahol többnyire fiatalabb fák vannak. A prioritások meghatározásakor mindig elsődleges szempont a biztonság. Azok a fák, melyek élet vagy baleseti kockázatot hordoznak vagy kárt okozhatnak az épített környezetben mindig prioritást élveznek a faápolási munkák tervezésében. Ugyanakkor igen fontos az egészségmegőrzés szempontjait is figyelembe venni. A betegségek, kártevők korai felismerése és kezelése csökkentheti a betegségek terjedésének kockázatát.

A prioritizálásnál figyelembe kell venni a fák környezetben betöltött funkcióját, esztétikai szerepét is. Például, ha egy fa fontos árnyékoló funkcióval bír, a lomkorona kezelésekor ügyelni kell arra, hogy ezt a funkcióját sikerüljön megőriznie.

Végül megemlíthető a költség, mint prioritizáló tényező. Az önkormányzatok vagy egyéb zöldfelület kezelő szervezetek gyakran e szempontot veszik figyelembe leginkább a balesetveszély elhárítását követően. Ha a költségvetés korlátozott érdemes favizsgáló vagy faápoló szakember segítségét bevonni az elvégzésre kerülő munkák optimális beosztásához.

Hőtérképezés: A térinformatikai elemzés felhasználható olyan térképek létrehozására, amelyek megmutatják a hőszigeteket a városokban. Segítségével azonosíthatók azon területek, ahol további faültetésekre lehet szükség a városi hőszigetelés csökkentése érdekében.

A fák környezeti értékének bemutatása: A térbeli elemzés felhasználható a városi fák által nyújtott előnyök becslésére, például a légszennyezés csökkentésére, az árnyékolás biztosítására és a csapadékvíz-elvezetés mérséklésére. Ez az információ felhasználható a zöldfelületeken történő beruházások indoklására és a gazdálkodási döntések irányítására.

A nyilvánosság bevonása: A térinformatikai elemzés felhasználható olyan interaktív térképek és vizualizációk létrehozására, amelyek bevonják a nyilvánosságot a városi fák katasztrozálására irányuló munkákba. Például a város fáinak elhelyezkedését és fajtáit bemutató térképet online elérhetővé lehet tenni, lehetővé téve a lakosok számára, hogy felfedezzék és megismerjék a közösségükben található városi erdőket, vagy a frissen telepített fákat meg lehet jeleníteni, és azok gondozásába az első években be lehet vonni a lakosságot (öntözés, fahely gyommentesítés stb.). Bardóczi Sándor pozitív tapasztalatairól számol be a Budapest Fatár létrehozása kapcsán. A nyilvános fakataszter hibabejelentő funkcióval is bír, mely lerövidíti az utat a káresemény észlelése és a kezelésért felelő irányítók között [14].

5.2 A térbeli adatok integrálása, kihívások és megoldások

A térinformatikai adatok integrálása a fakataszterbe számos kihívással járhat, de vannak megoldások is e kihívások kezelésére.

5.2.1 Kihívások

A kataszter készítésekor számos probléma merülhet fel, melyeket még a tervezési folyamatban sorra kell venni a hatékony munkavégzés érdekében.

A felvételezésnek ilyen sarkalatos pontjai a következők lehetnek:

Helyszíni hozzáférés: A helyszíni felmérés során az alkalmazottak korlátozott hozzáférése az eszközököz (magasságmérő eszköz, terepi helymeghatározó eszköz, cloud hozzáférés) hozzájárulhat az adatok pontatlanságához vagy hiányosságához.

Az időjárás: Az időjárás és az évszakok változása szintén befolyásolja az adatok megbízhatóságát. A fák lombtalan állapota nehezíti a fajfelismerést, az esős, havas idő lassítja a munkát, illetve akadályozza egyes eszközök használatát.

Az adatgyűjtők tapasztalata: Ha az adatgyűjtők nem rendelkeznek megfelelő szakmai tapasztalattal, hibás adatokat gyűjtenek, mellyel fontos információt veszthetünk.

Technikai hibák: A felhasznált eszközök meghibásodása vagy a felhasznált szoftverek hibája szintén befolyásolja a végeredményt.

Az adatok túlzott általánosítása: A nem megfelelő mértékű általánosítás vagy a hiányos adatok miatt a kataszter lehet, hogy nem pontosan mutatja azt a képet, amit láttatni szeretnénk (pl.: fafajták eloszlása).

Természetes változások: A fák élő szervezetek, növekedésük és öregedési folyamataik változása miatt a faállomány állapota folyamatosan változik. Ha nem követjük ezeket a változásokat a kataszter elévül, érvényét veszti.

A kataszterben nem csak a felvételezés, hanem maguk az adatok is több kihívást foglalnak magukba. Ilyen többek közt:

Adatminőség: A térinformatikai adatok minőségi problémákkal, például hibákkal, következetlenségekkel és hiányzó értékekkel járhatnak. Ezek a problémák befolyásolhatják a városi fák leltárának pontosságát és megbízhatóságát.

Adatformátum: A térbeli adatok különböző formátumokban és fájltypusokban érkezhettek, ami megnehezítheti az adatok integrálását és elemzését.

Adatmennyiség: A térinformatikai adatok igen nagyok és összetettek lehetnek, ami kihívást jelenthet a tárolás és a feldolgozás során.

Adatvédelem: A térinformatikai adatok érzékeny információkat tartalmazhatnak, például magántulajdonok helyét, ami adatvédelmi kérdéseket vet fel.

5.2.2 Megoldások

Az adatgyűjtési problémákra különböző megoldásokat adhatunk, ezzel javítva a megbízhatóságot és pontosságot.

Helyszíni hozzáférés javítása: Az adatgyűjtőknek biztosítani kell a megfelelő hozzáférést a felvételezés helyszíneihez (pl. lezárt területen való munkánál), a szükséges engedélyek, védőfelszerelések biztosításával. A korlátozottan rendelkezésre álló eszközök esetében a megfelelő munkaszervezéssel optimalizálható az eszközfelhasználás.

Az időjárás figyelembevétele: A helyszíni felvételezés tervezésekor figyelembe kell venni a várható időjárást, és annak megfelelően kell időpontot választani. Sokat segít ebben, ha a teljesítési határidők megfelelően tágak.

Tapasztalat: Az adatgyűjtőknek megfelelő képzést kell kapjanak, illetve meg kell bizonyosodni arról, hogy rendelkeznek-e a szükséges tapasztalattal.

Technikai hibák javítása: Az eszközök rendszeres karbantartásával, ellenőrzésével és tesztelésével, valamint a szoftverek frissítésével ezek a hibák minimalizálhatók.

Az adatok pontosítása és javítása: Ha az adatok túlzottan általánosak vagy hiányosak, szükség lehet a javításokra. Ezt a folyamatot az adatgyűjtők visszajelzései alapján lehet tervezni. Fontos, hogy minden munka végeztével kellő időt szánjunk a visszaellenőrzésekre és hibajavításokra.

A természetes változások nyomonkövetése: fontos, hogy a kataszter a lehetőleg naprakész maradjon ahhoz, hogy pontosan tükrözzék a faállomány állapotát. Ez magában foglalja az adatok frissítését, a fák állapotának javítását.

Minőségellenőrzés: Az olyan minőségellenőrzési intézkedések, mint az adattisztítás, a validálás és a szabványosítás javíthatják a térbeli adatok pontosságát és megbízhatóságát.

Adatintegrációs eszközök: Az adatintegrációs eszközök, például a térinformatikai (GIS) szoftverek segíthetnek a különböző forrásokból származó térbeli adatok integrálásában és elemzésében.

Felhőalapú munka: A felhőalapú munka párhuzamos munkavégzést és költséghatékony megoldásokat kínálhat nagy mennyiségű térinformatikai adat tárolására és feldolgozására.

Adatvédelem: Az olyan adatvédelmi intézkedések, mint az anonimizálás és az adatmaszkolás segíthetnek a térinformatikai adatokban található érzékeny információk védelmében, illetve számos szoftver vagy szolgáltatás lehetőséget biztosít arra, hogy az az egyes felhasználókhoz különböző jogköröket rendeljünk (GreenSpaces, Survey123), ami differenciálja kik, milyen adatokhoz férhetnek hozzá.

6 ESETTANULMÁNY

A városi faállomány-gazdálkodás térinformatikai vonatkozásainak bemutatására Budapest egyik belső kerületét választottam.

Budapest VIII. kerülete, a Józsefváros Budapest egyik belső kerülete. Az egykori iparváros ma egyre inkább az éjszakai élet központjává válik, ahol az elmúlt években jelentős fejlesztések történtek. Ezeknek az intézkedéseknek köszönhetően a zöldfelületek és a parkok száma is növekedett.

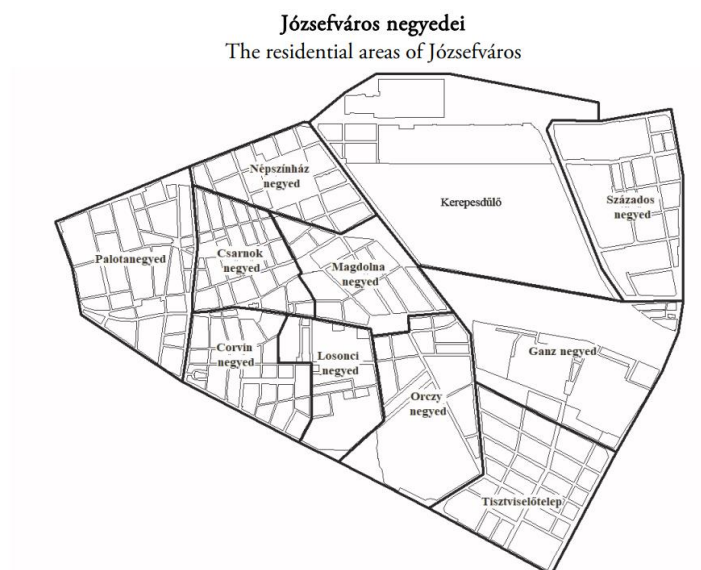
A kerületnek jónéhány parkja van, melyek közül a legnagyobb a Kerepesi temető, de nagy zöldfelülettel bír az Orczy kert is. Az utóbbi években a kerület számos parkja rekultiváción esett át. Várostervezési szempontból is figyelemre méltó tervezés és kivitelzés történt a Teleki téren (*1. ábra*), ahol a tervezési folyamatokba bevonták a lakosságot igényeik felmérésével és azok integrálásával. Az így létrejött tér nemcsak tájépítészeti szempontból, hanem a használhatósági szempontból is példaértékű.



1. ábra Budapest, Teleki tér [https://hirnyolc.hu/jozsefvaros/hateves-megszepult-teleki-ter-1500/]

Zöldterületek szempontjából a kerület több részre osztható (*2. ábra*).

- A belső területrészt az úgynevezett Palotanegyed, melyet a Kiskörút és a Nagykörút határol. Erre a területre jellemző, hogy a XIX.sz. végén XX. század elején épült bérházak szűk utcáit csak ritkábban töri meg egy-egy kisebb terecske. A faállományt itt a hely szűkossége miatt jellemzően dézsás, planténerbe ültetett fák alkotják. Az állomány fajban és egyedszámban szegényes, koreloszlása a fiatal fák felé tolódik el.



2. ábra Józsefváros negyedei [<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2019/06/ts590602.pdf>]

- Egy nagyobb egység a Nagykörút és a Kerepesi út közötti rész. Ide tartozik a Csarnok negyed, Corvin negyed, Népszínház negyed Magdolna negyed Losonci negyed és Orczy negyed. Az itteni utcák java faállomány nélküli, inkább csak a szélesebb utcákon vannak fasorok, de a terület bővelkedik a házsorokat megszakító terekkel, melyek nagysága jóval felülmúlja a Palotanegyed tereit. A faállomány itt már sokkal gazdagabb úgy fajaj, mint egyedszám tekintetében. A fák kora azonban inkább az idősebb egyedek felé tolódik el. Ez alól kivétel az újonnan felújított Teleki tér és Dobozi utca parkja, ahol a lakossági igényeket felmérve és velük együttműködve létrehozott új közparkok mind fajaj diverzitásban, mind koreloszlásban rendkívül gazdagok.
- A Kerepesi úttól a Hungária körútig tartó legkülső része a kerületnek jóval szélesebb utcákat tartalmaz. Ide tartozik a Százados úti Művésztelep, a Ganz negyed, a Tisztviselőtelep és a Kerepesdűlő. Az utcák szélesek, szinte mindenhol fákkal telepítettek, a közúti forgalom lényegesen alacsonyabb. Az itt található faállomány jellemzően előregedett, az állományalkotó fajok egyedszáma ugyan magas, de fajaj tekintetében szegényesebb.

Budapest belvárosára általánosan jellemző, hogy a faállomány előregedett [7]. Betudható ez annak, hogy a folyamatos fapótlás az elmúlt évtizedekben elmaradt. Tudjuk, hogy a fák, miután élő szervezetek adott életciklusuk van. Az ültetés utáni években viszonylag

kisebbségi odafigyeléssel is nagyjából biztonságos egyedeket tudhatunk magunkénak. Az idő előrehaladtával azonban a baleseti kockázatuk megnő, az erdészeti „vágásérettség” elérése után csak gondos odafigyelés mellett tarthatók bent idősebb egyedek, értékük gazdálkodási szempontból egyre csökken, hiszen a kockázatmentesítés nem csak a faápolások elvégzését jelenti, hanem a rendszeres favizsgálatok elvégzését is. Ezek alapján látható, hogy optimálisnak az a faállomány mondható, ahol a kivágásokat mindig új fák telepítése követi vagy még inkább megelőzi azt, biztosítva ezzel a kiegyenlített koreloszlását az állománynak. Tapasztalható ezirányú törekvés a terület részéről, de az új telepítések sokéves elmaradását nehéz helyrehozni.

6.1 Felmérés és terepi felvételezés gyakorlati kivitelezése

A zöldfelületekre vonatkozó információk segíthetik a gazdálkodó szervezeteket azzal, hogy feltárják a fafajok összetételét, méretét, elhelyezkedését és felméri és előre vetíti a lehetséges kockázatokat. A munka elindulása előtt a terület zöldfelületeket kezelő szervével meghatározásra kerültek azon területek, melyek a terület kezelésében állnak, kijelöltük azon utcákat, ahol a felvételezést el kell végezni. Nem kerültek a kataszterbe a Főkert által kezelt terek és utcák (pl. Kerepesi temető, Orczy kert, Baross utca stb.). Meghatároztuk a felvételezés adatbázisának struktúráját. Kiindulásnak a fák leíró adatai kerültek rögzítésre. A kataszterezés során felvételezésre került minden közterületi fa (ültetett és spontán nőtt), melynek 1 m magasságban mért törzsátmérője meghaladta a 10 cm-t. Az ültetett fák átmérőtől függetlenül kerültek felvételezésre. A fák fizikai paraméterein kívül elsődlegesen vizsgált szempont volt, hogy a további teendőket is meghatározzuk. A fák a felvételezés során egy gyors, vizuális előszűrésen estek át. Amennyiben indokolt, a favizsgáló további alaposabb/műszeres vizsgálatot írt ki.

A felvételezés során a terepi tablettákkal és rendelkezésre álló ingatlan térképek segítségével rögzítésre került a fa helye HD72/EOV Egységes Országos vetületben. A területről tavasszal készült ortofotót a kerülettől megkaptuk használatra, így a fák pozícióját ez alapján határoztuk meg. A pozíciók szubméteres pontosságához ez a módszer nem elégséges, tehát a felvett pozíciók inkább csak tájékozódásra alkalmasak. Amennyiben építkezés vagy közműfektetés miatt szükség van pontosabb törzspozíciókra, azt más geodéziai vagy távérzékelési technikákkal kell meghatározni.

A törzspozíciók meghatározása után rögzítésre kerültek a fák alapadatai: elvégeztük a fafaj meghatározását, és leíró adatainak felvitelét a térinformatikai rendszerbe. A fákról minden esetben fényképet is készítettünk, majd az átóval 1 méter magasságban (ha itt nem volt jellemző a méret akkor a mérési magasság feltüntetése mellett más magasságban) törzsátmérőt mértünk, illetve a famagasságmérő eszköz segítségével (Nikon Forestry) meghatároztuk azok magasságát, ezeket is rögzítve a felmérési rétegben.

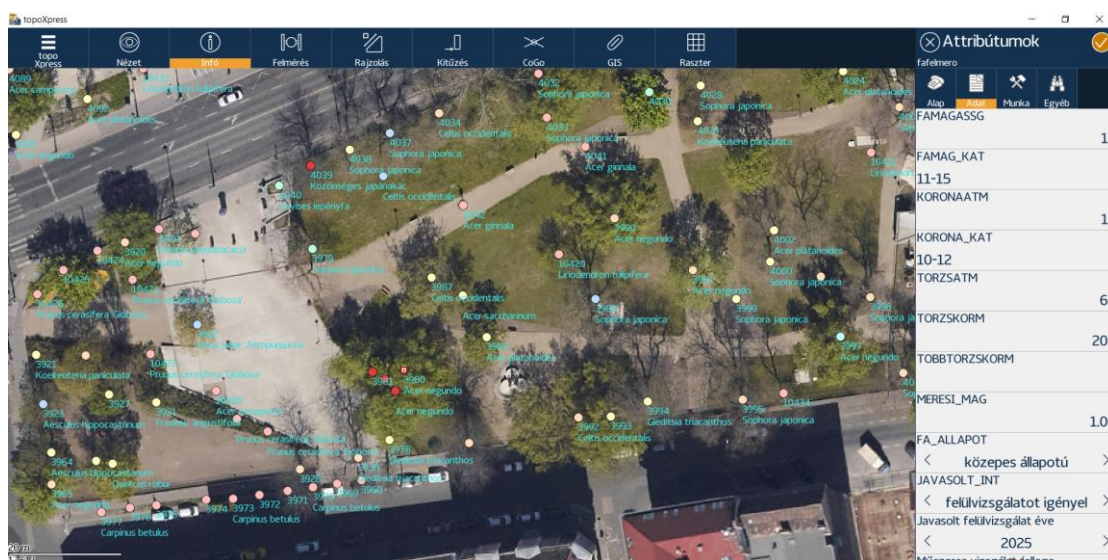
Az egyes fákról felvett adatok:

- Koordinátával adott pozíció
- Fa sorszáma, egyedi azonosító lapka (3. ábra), melyet a fák jelölésére fejlesztettek ki (nem okoz sérülést, együtt nő a fával, UV álló)
- Közterület neve
- Fafaj latin és magyar neve
- Törzsátmérő centiméterben megadva (1 méteres magasságban mérve)
- Famagasság méterben
- Koronaátmérő méterben
- Fa általános állapota
- Javasolt intézkedés
- Megjegyzés
- Fénykép



3. ábra Jelölőlapka

A terepi felvételezés során a topoXpress szoftvert használtuk, melyben a felmért teljes adatkör kezelhető, elemezhető. A fák GPS koordinátával vannak ellátva, a térképen a helyük fafajuk és sorszámuk alapján könnyen beazonosíthatók.



4. ábra Képernyőkép Józsefváros kataszteréből a 3980-as fa attribútumtáblájának részletével

A kiválasztott fáról minden adat külön táblázatban is rendelkezésre áll, ha kijelöljük a programban az adott elemet, fényképük az attribútumtáblából vagy a háttérkönyvtárból könnyen megnyitható (4. ábra).

A szoftver segítségével a felmért fák között többféle kategóriában lehet egyszerű szűréseket végezni. Lehetőség nyílik arra, hogy akár csak az egyes fafajokat jelenítsünk meg a térképen, vagy csupán bizonyos méretű fákat lássunk. Látjuk, hogy a kiválasztott fa milyen állapotban van, milyen fafajba tartozik, milyen beavatkozásokat célszerű azokon elvégezni. Ezek a paraméterek külön is feltüntethetők. Ha bármilyen változás történik az állományban, akár kivágásra, vagy épp metszésre kerül sor, esetleg új fát ültetünk, azonnal javítható az adatbázis. Ennek rendszeres vezetése a későbbiekben kiemelten fontos, különben a fakataszter “amortizálódik”, majd 1-2 éven belül teljesen értékét veszti.

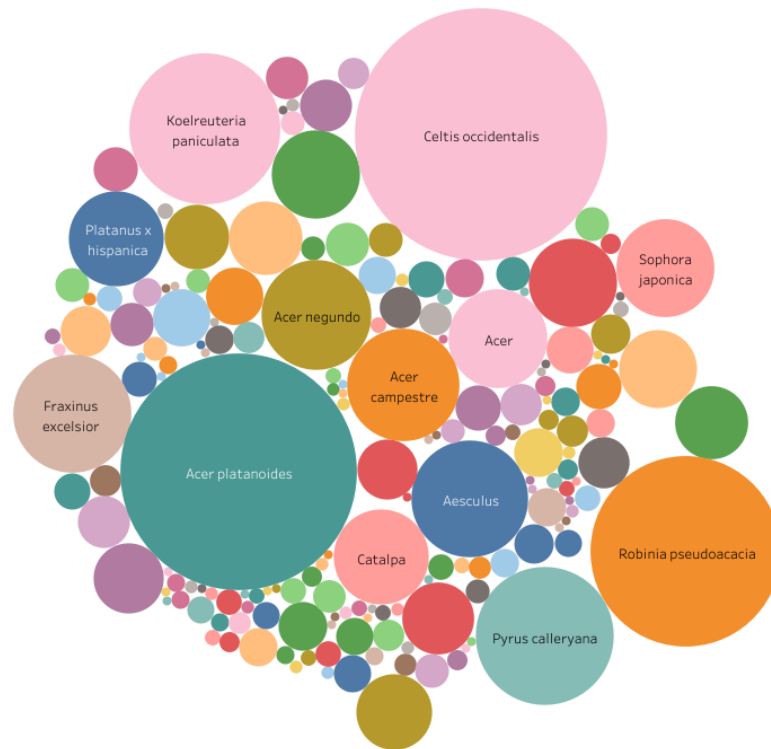
A fakataszterkészítési munka 3600 fa becsült darabszámával indult, mely a munka végére 5000 feletti darabszámmra nőtt.

A felmért 5390 fa 175 fafajhoz tartozik.

A fafajok előfordulásának megoszlást a következő infogarfikával (5. ábra) a megrendelők számára is látványosan lehet ábrázolni. Az ábrán látható buborékok az előfordulás mértékével arányos méretűek. A főbb állományalkotó fajok a korai juhar (*Acer platanoides*), nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*), fehérakác (*Robinia*

pseudoacacia), kínai díszkörte (*Pyrus calleryana*) és a bugás csörgőfe (*Koelreuteria paniculata*), mely mellett a többi faj előfordulásának mennyisége szinte eltörpül. Ehhez a megjelenítéshez a Tableau szoftvert használtam.

Józsefváros fafajainak megoszlása



5. ábra Józsefváros fafajai (Saját ábra)

6.2 Elemzések a kataszter elkészültét követően

Egy városi kataszter bemutatása során a legfontosabb, hogy az adatok érthetőek és könnyen áttekinthetőek legyenek, alkalmazkodjon a célközönség igényeihez, érdeklődéséhez. A jól áttekinthető módon történő bemutatás és a különböző adatok kombinálása lehetővé teszi, hogy kinyerjük az adatok közül a számunkra fontos információt.

A kataszter elkészülte után a kapott adatokból a szükséges elvégzendő munkák tervezésének és elvégzésének segítésére különböző tematikus térképeket hozhatunk létre.

A tematikus térképek hasznos eszközt jelenthetnek a városi fagazdálkodásban a fákkal kapcsolatos adatok megjelenítéséhez és elemzéséhez.

Ezen tematikus térképek egy része a topoXpress szoftveren belül is megjeleníthető. Az alábbiakban bemutatok néhány példát, melyek a gazdálkodó szervek és faápoló/favizsgáló kollégák közti gyorsabb és egyértelműbb kommunikációt teszik lehetővé.

6.2.1 Megjelenítés faállapot szerint kategorizálva:



6. ábra Képernyőkép a fák állapot szerinti megjelenítésével (Saját ábra)

A fák egészségi állapotuk szerinti színezésével (6. ábra) gyors képet kaphatunk a területen lévő közterületi fák kondíciójáról. Használhatók a leromló egészségi állapotú fák magas koncentrációjával rendelkező területek azonosítására, amelyek különleges figyelmet vagy kezelési stratégiákat igényelhetnek.

6.2.2 Koreloszlás térképe:

Várostervezés szempontjából, mint korábban említettem kiemelten fontos a faállomány koreloszlásának kiegyenlítése.

A készített kataszterekben a fák korát nem becsültük meg a helyszínen.

A fák életkorának meghatározására az ArcGISPro szoftvert használtam.

A faéletkor számítására számos módszer létezik. Magyarországon a legelterjedtebb a Magyar Faápolók Egyesülete által fejlesztett faértékszámító applikációban is alkalmazott Schmidt Gábor által készített számítási módszer.

Amennyiben nem ismert a fa pontos ültetési éve, a fa törzsátmérőjéből kell a fa korára visszakövetkeztetni. A termőhelyi adottságok és a növekedési erély ismeretében szorzószámokat rendelünk a fák törzsátmérőjéhez (7. ábra) [15].

Törzsátmérő-kor hányados, illetve szorzószámok [MFE ajánlás, 2012]			
Élőhelyi adottságok	Növekedési erély		
	Lassú növekedésű fajok	Átlagos növekedésű fajok	Gyors növekedésű fajok
Optimális termőhely	0,9	1,1	1,3
Elfogadható termőhely	0,85	1	1,15
Rossz termőhelyi adottságok	0,8	0,9	1

7. ábra Törzsátmérő - korhányados szorzószámok <https://faapolok.hu/wp-content/uploads/2014/05/Fakataszter-%C3%AAtmutat%C3%B3-20131.pdf> [15]

Az algoritmus a fákat növekedési erély szerint kategóriákba sorolja (lassú, átlagos és gyors növekedési kategóriákba) [16].

A szorzószám ismeretében a fa életkorát a törzsátmérő és a szorzó hányadosaként kapjuk meg.

Fontos megjegyezni, hogy ez csak egy becslő módszer, az egyes fajok tényleges növekedési erélye a környezeti tényezők, például talajtényezők, vízellátottság és éghajlati eltérések miatt a kalkulálttól eltérhetnek.

Józsefváros fáinak életkorát a termőhelyi adottságok és a fák növekedési erélyének ismeretében a törzsátmérő alapján lehetett megbecsülni. Ehhez két új attribútumot kellett a kataszter táblázatába tenni. A növekedési erélyre vonatkozó mezőben minden fajhoz hozzárendeltem a rá vonatkozó értéket [16]. Ehhez excel táblát használtam, mely tartalmazta a fajonkénti növekedési erélyt. Hozzáadtam az adatbázishoz és Join paranccsal a JV_Fa réteghez kapcsoltam. A kapcsoló mező a JV-Fa rétegben a „LATIN_NEV” az exceltáblában a „Faj” mező volt.

Ugyanígy csatoltam azt a táblázatot, melyben az élőhelyek osztályozása van utcánként felsorolva. Kapcsoló mező a „Közterület_neve” attribútum volt.

Létrehoztam egy új mezőt a korszorzónak és python kódolás segítségével kódolva megadtam a fákhhoz tartozó (élőhely és növekedési erély alapján megadandó) korszorzót.

A mezőkalkulátorban a korszorzó mező definiálásánál „korsz(!JV_Fa.NOVEKED!, !JV_Fa.ELOHELY_FA!)” opciót állítottam be.

A python kód a következő volt:

```
def korsz(x, y):
    if x==1 and y==5:
        return 1.3
    elif x==1 and y==4:
        return 1.225
    elif x==1 and y==3:
        return 1.15
    elif x==1 and y==2:
        return 1.075
    elif x==1 and y==1:
        return 1
    elif x==1 and y==0:
        return 0
    elif x==2 and y==5:
        return 1.1
    elif x==2 and y==4:
        return 1.05
    elif x==2 and y==3:
        return 1
    elif x==2 and y==2:
        return 0.95
    elif x==2 and y==1:
        return 0.9
    elif x==2 and y==0:
        return 0
```

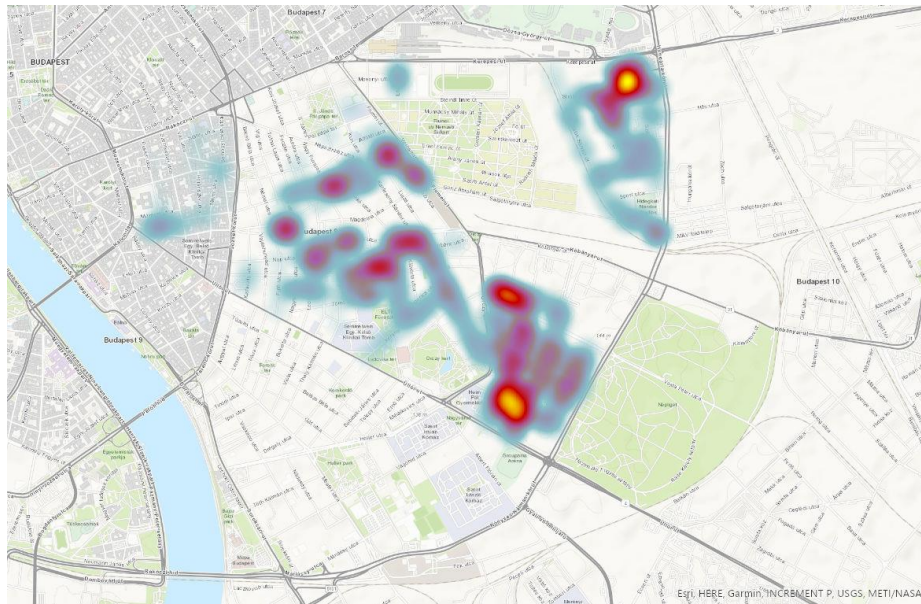
```

elif x==3 and y==5:
    return 0.9
elif x==3 and y==4:
    return 0.875
elif x==3 and y==3:
    return 0.85
elif x==3 and y==2:
    return 0.825
elif x==3 and y==1:
    return 0.8
elif x==3 and y==0:
    return 0
else:
    return 0

```

Az életkor kiszámításához a „(!JV_Fa.TORZSKORM!/2)*!JV_Fa.Korszorzo!” számítást adtam meg.

Az alábbi térképen (8. ábra) jól látszódnak azok a helyszínek, ahol a faállomány előregedett. Hosszútávú faápolási stratégia felállításából ezek a helyszínek kiemelten fontosak.



8. ábra A kerületi fák koreloszlásának hőterképe (Saját ábra)

6.2.3 Lombkoronafedettségi térkép és konfliktuskezelés

Városi körülmények között rendszerszintű problémát jelent a fák és a közművek, KRESZtáblák és egyéb közlekedésbiztonsági elemek konfliktusa (9. ábra). A közlekedési űrszelvények, légvezetékek, közvilágítás és a fény felé törekvés miatti statikai csonkolások folyamatosak, melyek az állomány gyors egészségi leromlásához vezetnek. A keletkezett metszetlapok potenciális fertőzési kapuk a farontó gombák és kártevők megtelepedésének, az újonnan, alvórügyekből nővő vízhajtások pedig megerősödve fokozott törési kockázattal járnak. Ha a fák koronaredukcióját nem szakszerűen végzik a veszélyek hatványozódnak csökkentve ezzel a fák várható élettartamát.

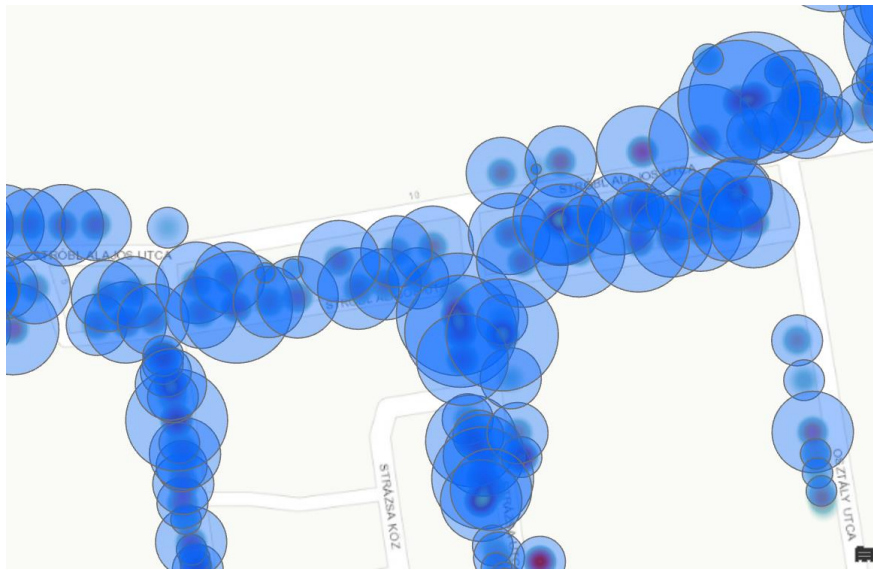


9. ábra Közműfektetés a Baross utcában [<https://old.jozsefvaros.hu/hir/75223/megmenekultek-a-baross-utcai-fak>]

Ennek megelőzésére alkalmasak a fák védelmi zónáját megjelenítő térképek, ahol a közműhálózatot a fák rétegével együtt megjelenítve láthatóak azok a konfliktus zónák, melyek külön odafigyelést igényelnek.

Bár általánosságban elmondható, hogy minél több fa van egy területen, annál jobb, de ezen belül fontos paraméter a lombkoronafedettség, mert ez játszik a legnagyobb szerepet a városi erdők ökológiai szolgáltatásában [13] (Calaza et al. 2018.). Azonosíthatók általuk az alacsony lombkoronafedettségű területek, segít az új telepítések rangsorolásában és a városi hőszigetelés kezelésében.

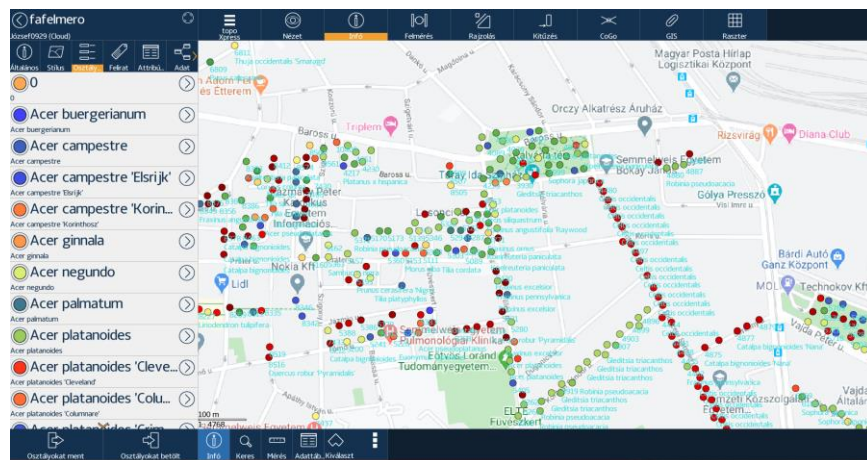
Mindkét információ térképi megjelenítéséhez alkalmasak a pufferzónák megjelenítése (10. ábra). A konfliktuszóna kijelölésére a koronacsurgó + 1,5 m-es védőzóna az általános, a lombkorona fedettséghez elég, ha a fák koronaátmérőjét vesszük alapul.



10. ábra Józsefváros kataszterterképének részlete a lombkorona átmérő megjelenítésével (Saját ábra)

6.2.4 Diverzitás elemzés, fajmegoszlási térképek:

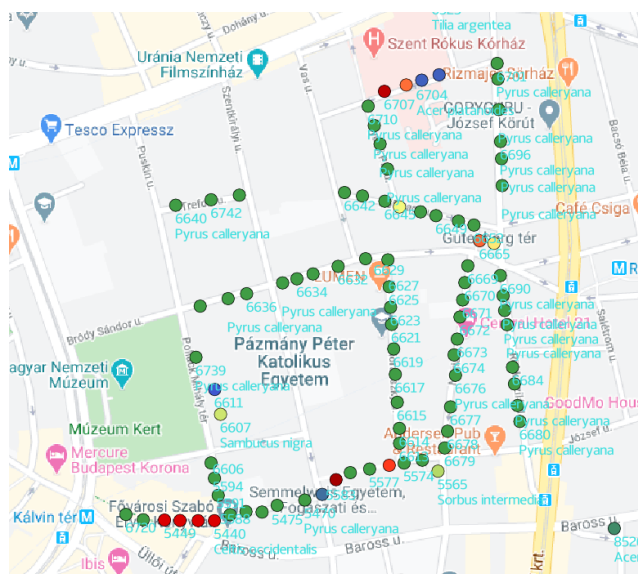
A Santamour-szabály, vagy „10 százalékos szabály” a fafajok, nemzetségek és családok optimális százalékos arányát fogalmazza meg. Eszerint egy faj legfeljebb 10, egy nemzetség legfeljebb 20, egy család legfeljebb 30 százaléka lehet a teljes állománynak [17]. A szabály célja a kártevők és kórokozók elterjedése elleni védelem. Ezek a térképek a különböző fafajok eloszlását mutatják egy adott területen belül. Használhatók az egyes fajok mintázatainak és klasztereinek azonosítására, segít a városi erdők tervezésében és kezelésében.



11. ábra Fajok szerinti színezés a kataszterben (saját ábra)

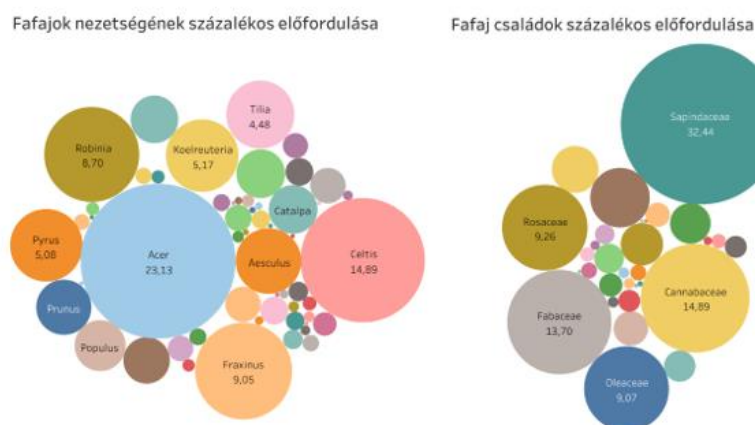
A megjelenítéshez a fák rétegének stílusát egyedire állítottam és a fafaj szerint osztályoztam a rekordokat (11. ábra). A térképen láthatóak egységes fasorok, illetve a fafajban diverzebb állományú parkok.

A Palota negyedben, a kerület belső részében (12. ábra) jól látható a biodiverzitás hiánya:



12. ábra A kerület fafajban szegényebb belső része

A fafajok Santamour-féle csoportosítását a kerületben a 13 ábrán láthatjuk:



13. ábra Fajjal nemzetségek és családok előfordulása Józsefvárosban (Saját ábra)

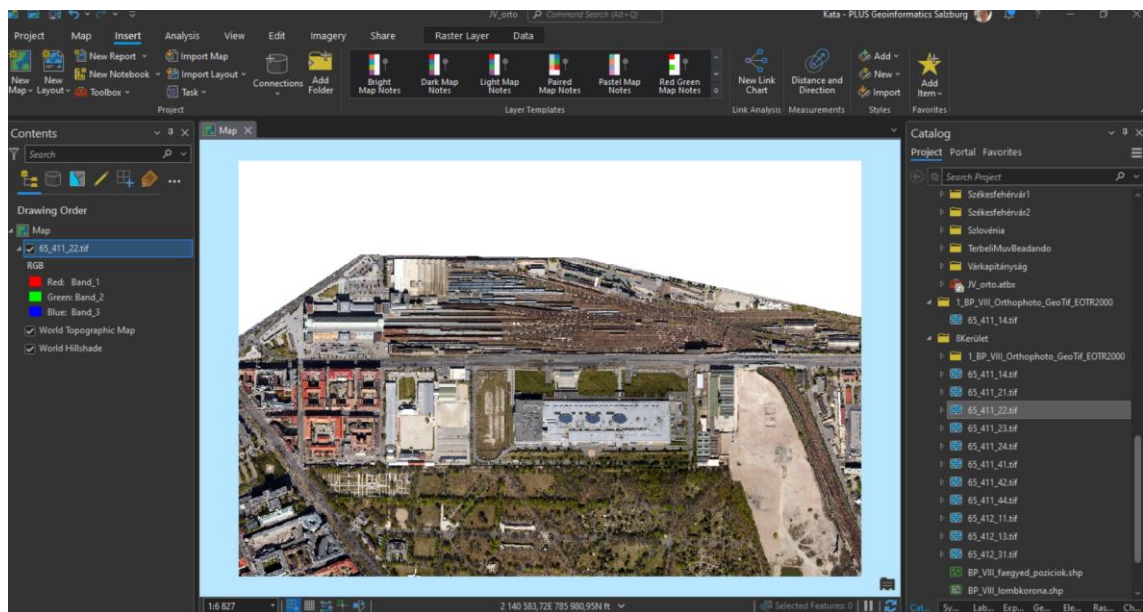
Az ábráról leolvasható, hogy a Sapindaceae családba tartozó juharok (*Acer sp.*) előfordulása növényegészségügyi szempontból kritikus.

6.2.5 Ortofotó használata vízáteresztő felületek nagyságának vizsgálatához

A raszteres adatok különböző forrásokból állhatnak rendelkezésre. Ezek lehetnek repülőgépek, műholdak, valamint manapság egyre gyakrabban a pilóta nélküli légi járművek, drónok. A drónok által készített felvételek finomabb felbontásra és további raszteres adatsávokra képesek, amelyek felhasználhatók a képosztályozásban, azonban fájl méretük gyakran igen nagy.

A bemutatott vizsgálathoz kisrepülővel készített ortofotót használtam. Miután a teljes területet borító ortofotó mérete túl nagy, csak az egyik képcsempével foglalkoztam (14. ábra).

A feladatot ArcGISPro 3.0-ban objektum alapú képosztályozással oldottam meg, a munkáról képenyőfotókat készítettem.



14. ábra Ortofotó Józsefvárosról: (65_411_22.tif)

Miután a térképhez adtam az ortofotót, szegmentálással a térben szomszédos, spektrálisan hasonló cellákat képi objektumba, szegmensekbe soroltam. Ezzel az eljárással a szomszédos képpontok halmazát vesszük figyelembe. Az algoritmus kiszámítja a képpontok átlagos értékét annak meghatározásához, hogy mely képpontok kerüljenek az egyes szegmensekbe. A kapott raszter sima, kevésbé részletgazdag. A képen a hasonló objektumokba kerülő területek jelennek meg. Ez a folyamat úgy általánosítja a területet,

hogy az összes jellemzőt egy nagyobb összefüggő területként tartja meg. Az eredmény a kép képpontjának átlagos színnel jelölt szegmesbe való csoportosítása.

Szegmentálás után a spektrális finomságok már nem láthatók.

Miután a szegmentálás beállításai nagyban befolyásolják az osztályozási eredmények minőségét, a szegmentált raszter létrehozásánál visszaellenőrzéseket kellett végezni a megfelelő végeredmény érdekében. A térbeli részletesség és a spektrális részletesség egymástól függetlenül módosítható, 1 és 20 közötti értékekkel. A szegmensek a beállításoktól függően nagyon különbözőek lehetnek.

A szegmentálással az osztályozás feldolgozási sebességét gyorsítjuk a finom térbeli felbontás miatti komplexitás és fájlméret csökkentésével. A részletesség csökkentésével csökkenthető a fájl méret.

- Az Imagery fülön kiválasztottam a raszter funkciót
- A raszter funkción belül a Segment Mean Shift funkciót használtam
- Névnek a Segment Shift 65_411_22.tif-et adtam
- A paraméter fülön a raszterhez kiválasztottam az ortofotót, a többi beállítást nem változtattam meg
- A Create a new layer paranccsal új réteget hoztam létre.

A szegmentálás után meg kellett vizsgálni, hogy az egyes szegmensek kellőképpen reprezentálják-e az osztályozandó jellemzőket. Akkor nevezhető sikeresnek, ha eltávolítja az objektum spektrális változékonyságának egy részét.

Többször módosítottam a szegmentálási beállításokat ahhoz, hogy értékelni tudjam, mennyire jól reprezentálja a képszegmentálás a vizsgált területet. A raszterek spektrális értékeinek eltérései miatt is fontos, hogy több beállítást is végezzünk ahhoz, hogy megfelelően szegmentált rasztereket hozzak létre.

A képszegmentálás beállításai után alkalmaztam azokat a szegmentált raszter létrehozásához, amelyet az objektumalapú képosztályozáshoz használhatok.

Ehhez a Segment Mean Shift (Spatial analyst tools) eszközt használtam.

A Segment Mean Shift eszközben beállítottam a következő paramétereket:

- Input Raster: 65_411_22.tif:
- Beállítottam a kimeneti adatkészletet: SMS_JV.tif
- Spektrális részletezés: 18
- Térbeli részletesség: 5
- Minimális szegmensméret pixelben: 40

Futtattam az analízist.

Eredményül megkaptam egy szegmentált rasztert, amely felhasználható az objektumalapú képosztályozáshoz szükséges tanulóterületek létrehozásához.

Ha pixelalapú képosztályozási technikát alkalmaznék, akkor egy pixelt csak a benne található spektrális érték alapján tudnék osztályozni. Ez az eljárás nem veszi figyelembe a környező pixeleket, emiatt a pixelek térbeli kontextusa elveszik. Így például az útburkolati jelek más osztályba kerülnének, mint az útburkolat maga.

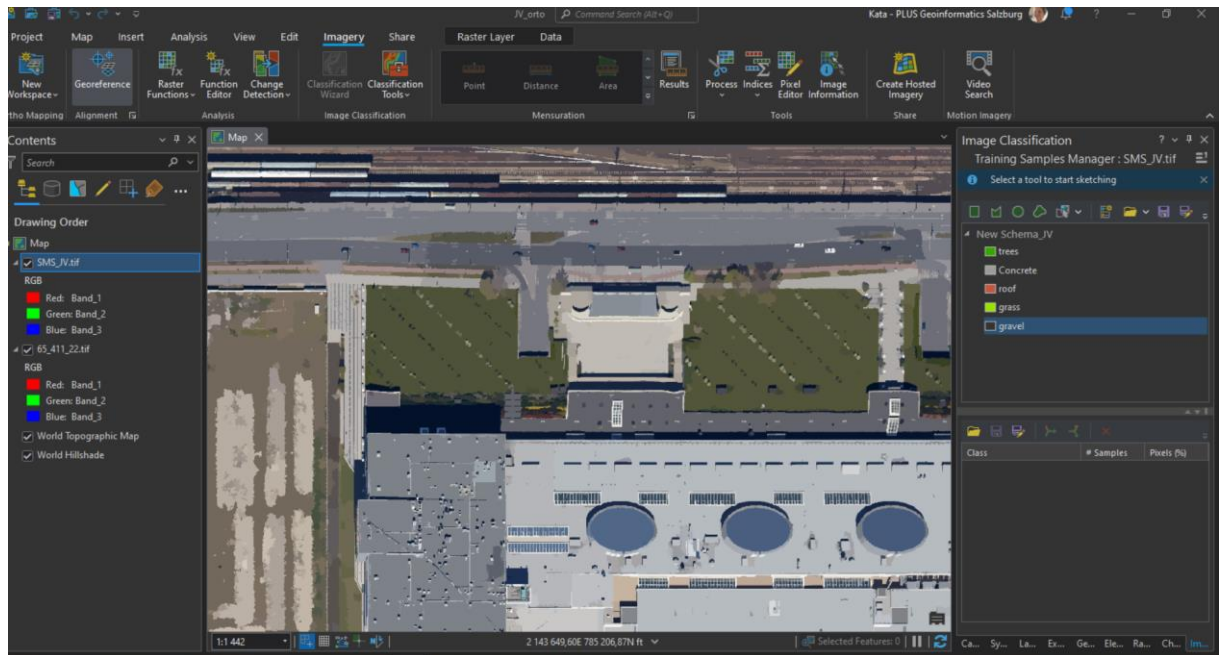
Az emberi percepció a pixel alapú osztályozással szemben nem csak a spektrális jellemzőket veszi figyelembe, hanem a képpontok osztályozásánál a pont térbeli környezetét is értékeli amikor azonosítja, hogy melyek ezek a jellemzők. Az útburkolati jeleket például az emberi szem érzékelése ugyanúgy az aszfalt részeként értelmezi.

Az objektumalapú képosztályozás ezt a képértelmezést utánozza, amikor a szomszédos pixelek értékeit használja környezetként és ennek mentén sorolja azokat osztályokba.

Az objektumalapú osztályozáshoz a legmegfelelőbb gyakorló mintáknak tartalmazniuk kell az összes olyan képpontot, amely egy-egy jellemzőt képvisel. Például a fák többféle árnyalatban is szerepelnek, illetve az útburkolat meghatározásához olyan tanulóterületet kell választani, amely tartalmaz útburkolati jeleket is.

Az ArcGIS Pro képosztályozási varázslója a felügyelt objektumalapú képosztályozás munkafolyamat lépésein keresztül halad előre a tematikus raszter előállításához. Az Image Classification Wizard az osztályozást folyamatát lépésről lépésre segíti.

SMS_JV tif rétegen az Imagery fülön a Classification toolban az Image classification/Training samples Manager/ New Schema_JV-t állítottam be.

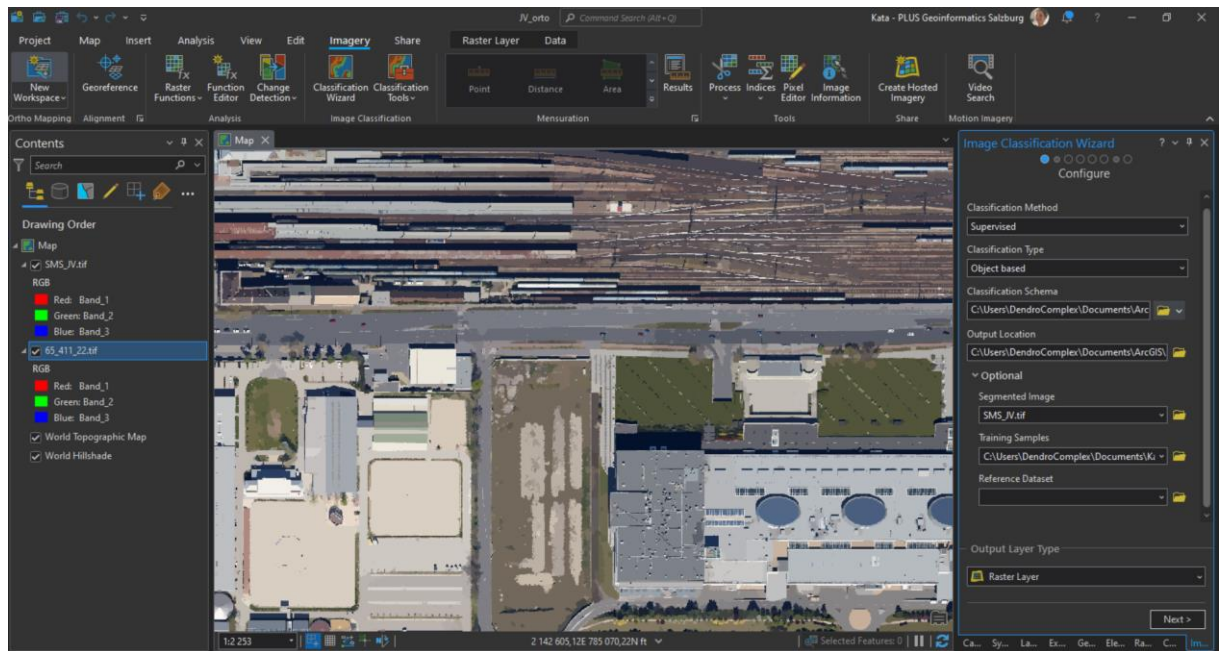


15. ábra Szegmentált raszter a tanulóterületek beállításához

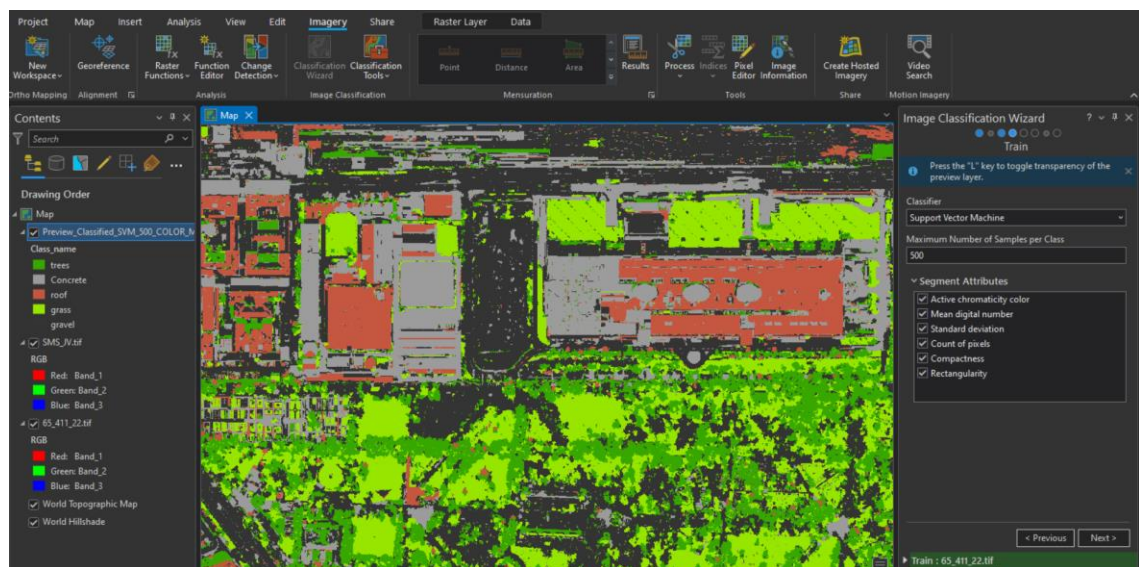
Tanulóterületek beállítása:

Alakzatválasztással kijelöltem a tanulóterületeket 5 kategóriában: fa, beton, tető, gyep és kavics (15. ábra).

A Klasszifikálást az Image Classification Wizard segítségével végeztem (16-17. ábra).



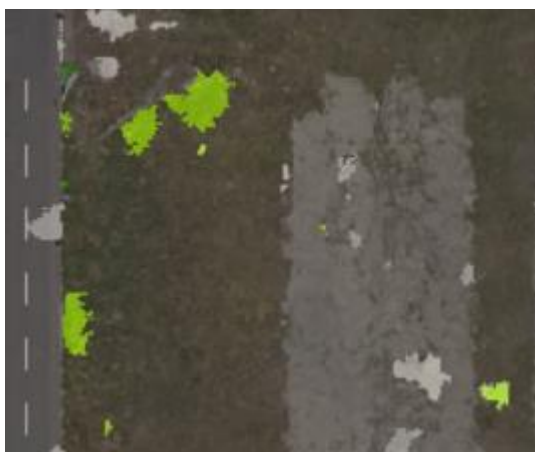
16. ábra A raster klassifikálásának lépései - konfiguráció



17. ábra A klasszifikált kép előnézete

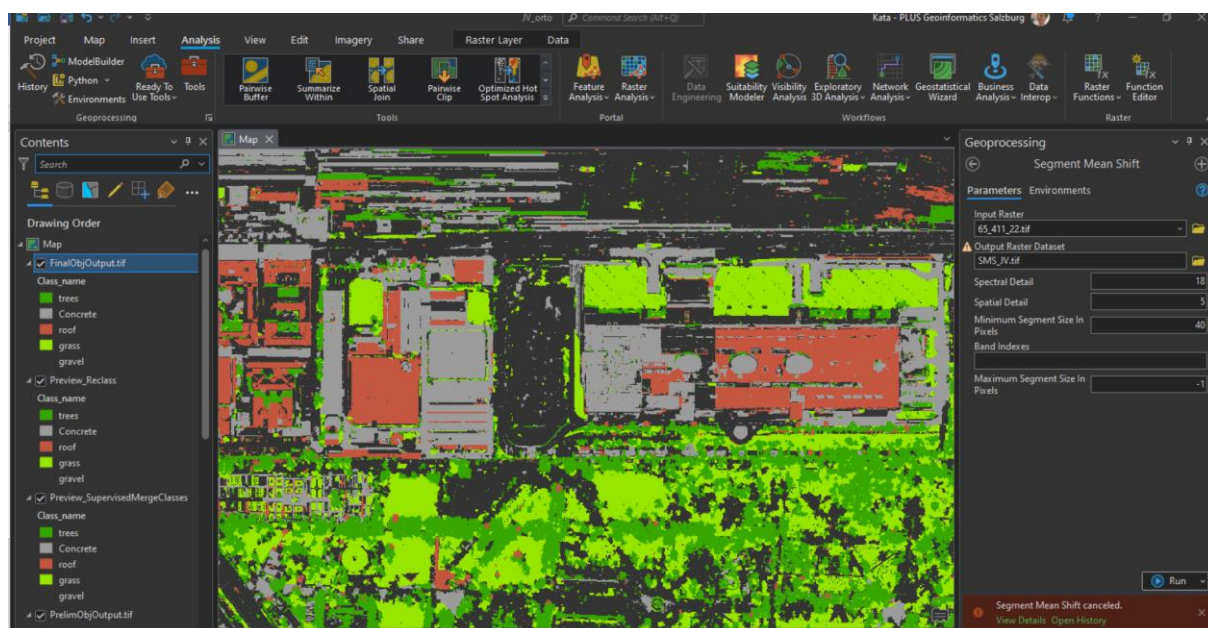
Átlátszóságot 40%-ra állítottam

Az alábbi részen (18. ábra) az algoritmus a gyepet kavicsnak értelmezte, de ez a vízáteresztés szempontjából most nem lényeges, ezért nem javítottam.



18. ábra Besorolási hiba (kavics és gyep elkülönítése)

A kapott végeredményem egy osztályozott raszter (19. ábra):



19. ábra Osztályozott raszter

Ahhoz, hogy megtudjuk a terület hány százaléka vízáteresztő, a rasztert poligonná kell alakítanunk.

Az Analysis fülön a Tools menüben kiválasztottam a reclassyfie (spatial analysis) parancsot.

Bemeneti raszternek az osztályozott raszterfájlt választottam.

A Reclassify alatt a Classify menüben az egyenlő intervallumú besorolást választottam, megadtam az osztályok számát, ami esetemben 5 volt.

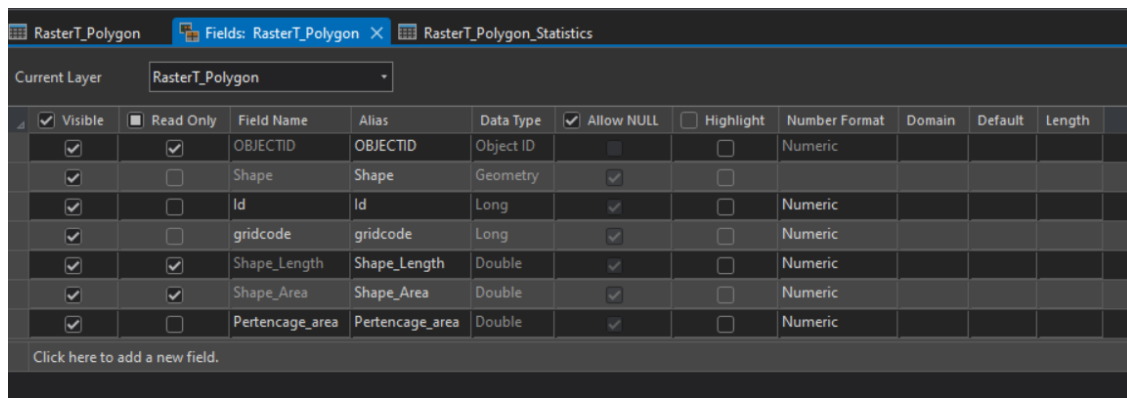
Kimeneti raszter a Reclass_final nevet kapta. Futtatás után a kapott reclassified rasztert poligonná kellett alakítani.

A Geoprocessing Toolsban a Raster to polygon (Conversion tool)-t alkalmaztam.

A futtatás előtt bejelöltem a Create multipart feature boxot.

Futtatás után a poligon réteghez új mezőt kellett adni az attribútumtáblában.

Az új mező a percentage_area nevet kapta (20. ábra):



	Visible	Read Only	Field Name	Alias	Data Type	Allow NULL	Highlight	Number Format	Domain	Default	Length
☒	☒	☒	OBJECTID	OBJECTID	Object ID	☒	☐	Numeric			
☒	☐	☐	Shape	Shape	Geometry	☒	☐				
☒	☐	☐	Id	Id	Long	☒	☐	Numeric			
☒	☐	☐	gridcode	gridcode	Long	☒	☐	Numeric			
☒	☒	☐	Shape_Length	Shape_Length	Double	☒	☐	Numeric			
☒	☒	☐	Shape_Area	Shape_Area	Double	☒	☐	Numeric			
☒	☐	☐	Pertencage_area	Pertencage_area	Double	☒	☐	Numeric			

20. ábra Új mező létrehozása

Ki kellett számolnom a képcsempe teljes területét:

A poligon réteg attribútumtáblájában a Shape_area mezőre kattintva a Summerize paranccsal összefoglaló statisztikát készítettem.

Input table: poligon réteg

Output tablenek poligon statistic nevet adtam.

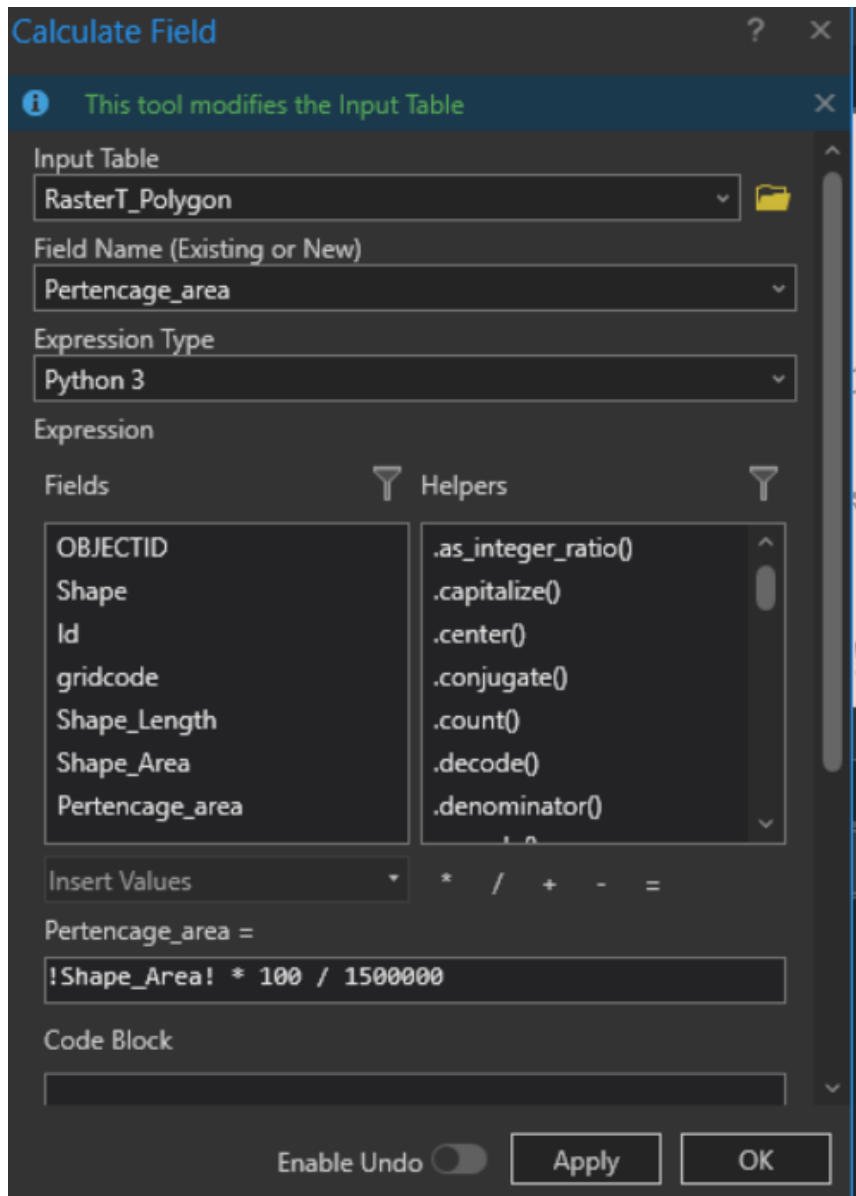
A futtatás után a kimeneti táblából kimásolható a SUM_Shape_Area érték (21. ábra):

Field:  Add  Calculate			Selection:  Select By Attributes 	
	OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Shape_Area	
1	1	5	1500000	
Click to add new row.				

21. ábra A teljes terület nagysága

Most lehetett az osztályozott térkép területeinek százalékos megoszlását kiszámolni:

A poligon attribútumtábláján az újonnan létrehozott mezőben a Field Calculatorban kiszámítottam a területek százalékos megoszlását Python kódolás segítségével (22. ábra):



22. ábra A mezőkalkulátor beállításai a területszámításhoz

A végeredmény látszódik a mező értékeiben:

Raster_T_Polygon X Fields: Raster_T_Polygon Raster_T_Polygon_Statistics							
Field: Add Calculate Selection: Select By Attributes Zoom To Switch Clear							
	OBJECTID *	Shape *	Id	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	Pertencage_area
1	1	Polygon	1	1	180681,859789	159998,975128	10,666598
2	2	Polygon	2	2	187117,185987	201517,945365	13,43453
3	3	Polygon	3	3	90068,005374	519051,164808	34,603411
4	4	Polygon	4	5	119930,376883	130171,578265	8,678105
5	5	Polygon	5	6	326490,459443	489260,336434	32,617356
Click to add new row.							

23. ábra Az egyes felszínborítástípusok százalékos megoszlása grid kód alapján

Vízáteresztő réteg az 1, 4, és 5 grid coddal ellátott poligonok, azaz a gyepek, fa és kavics borítású felszínek (23. ábra).

7 ÖSSZEGZÉS, JÖVŐBEMUTATÁS

A városi faállomány a zöld infrastruktúra legfontosabb alkotóeleme, mely számos problémára nyújt tájképi megoldást beleértve a klímaváltozást is. A faállomány-gazdálkodás terén az utóbbi években gyors informatikai fejlődés volt tapasztalható. A kataszterek térinformatikai kezelése, gyakorlata és technológiája alapvető fontosságú, hogy tovább fejlődjön. A tematikus térképek értékes eszközei lehetnek a városi faállomány-gazdálkodásnak, lehetővé téve a vezetők számára a fákkal kapcsolatos adatok vizualizálását és elemzését, a minták és trendek azonosítását, valamint a városi erdők kezelésével és tervezésével kapcsolatos megalapozott döntések meghozatalát.

Mint korábban említettem, Magyarországon jelenleg még nincs egységesen alkalmazott szabvány a városi fakataszterek létrehozásához, kezeléséhez, holott egy egységes rendszer kidolgozásával a városok kataszterei összekapcsolhatók lennének. Ez fokozná a faállomány-gazdálkodás hatékonyságát azáltal, hogy átfogóbb képet kapunk az ország faállományáról, annak összetételéről. A közös adatbázis csökkenthetné a redundáns adatbevitelt (önkormányzatok, építési hatóságok által készített adatbázisok), az eltérő adatok mennyiségét, melyek nehézséget okozhatnak a fák kezelésében és az adatok értelmezésében. Egy országos adatbázis lehetővé tehetné az állampolgárok számára is a

pontosabb és több információ elérését a környezetükben álló fákról, nyomon követhetik a fák állapotának változását, ápolási történetét vagy értesítést kaphatnának egyes beavatkozásokról. Ez elősegítené az állampolgárok edukációját és növelhetné a fák iránti felelősségvállalást is.

Segítségével részletgazdagabb információt kaphatunk egyes fafajok várostűrő képességéről, hatékonyabbá válhat az újabb fajták telepítése, és csökkenthető az ültetés utáni évek mortalitási rátája. Ezáltal növelhető a városi terek klímaváltozással kapcsolatos ellenálló képessége.

Amennyiben létrejönne egy szabványos adatstruktúra, lehetővé válna, hogy a zöldfelületek kezelésre és lekérdezése független legyen az adott szoftvertől, lehetőséget adva ezzel a szoftverek fejlesztésében részt venni kívánó összes piaci szereplőnek, megteremtve ezzel az egészséges piaci versenyhelyzetet.

A városoknak nagy fákra van szükségük, ezért a tervezés célja a fák méretének maximalizálása kell, hogy legyen. A nagyobb méretű fák ökológiai szolgáltatása akár nyolcszor nagyobb lehet a kis fákhoz képest [18]. A városi fák katasztere magában foglalja a városi területeken található fák elhelyezkedésére, fajára, méretére, állapotára és egyéb jellemzőire vonatkozó adatok gyűjtését. Elkészítésük egyre fontosabbá válik, mivel a városok igyekeznek kezelni és bővíteni zöldfelületeiket. A térbeli adatok tárolására, kezelésére és elemzésére szolgáló számítógépes alapú hatékony GIS kiváló eszköze a városi faállományok kezelésének és elemzésének.

A jövőben a GIS-technológia valószínűleg még nagyobb szerepet fog játszani a városi fák leltározásában. A távérzékelési adatok, például a nagy felbontású légi felvételek és a LiDAR-adatok egyre szélesebb körű elérhetőségével a városi fákra vonatkozó adatok gyűjtése egyszerűbbé és költséghatékonyabbá válik. A GIS lehetővé teszi az adatok kifinomultabb elemzését is, például a város azon területeinek azonosítását, ahol hiányosságok vannak a fák lombkoronájában, vagy ahol lehetőség van további fák ültetésére.

Az újonnan megjelenő mesterséges intelligencia (AI) széleskörű használata a térinformatikában, valószínűleg jelentős hatással lesz a városi fák kataszterezésére. A mesterséges intelligencia algoritmusainak segítségével automatizálható a távérzékelési

adatok elemzése, az egyes fák légi felvételek alapján történő azonosítása, sőt az egészségi állapotuk és állapotuk felmérése is. Ezáltal gyorsabbá és egyszerűbbé válik a városi fákra vonatkozó adatok gyűjtése, és a városok hatékonyabban kezelhetik a városi erdőket.

Manapság egyre több szó esik az okos városokról (Smart cities). Az okos városok koncepciójában az okos eszközök használatával tervezik a városokat fenntarthatóbbá, élhetőbbé tenni. Az egyik fontos terület, ahol a smart cities megközelítés jelentőséggel bír, pont a faállomány-gazdálkodás. Az okos városokban a fák állapotának és növekedési paramétereinek valós idejű monitorozását az érzékelők és szenzorok segítik. Az adatok gyűjtése és elemzése alapján a városvezetők könnyen azonosíthatják a problémás területeket, például a szárazságtól szenvedő fákat vagy az invazív fajokat, és hatékony intézkedéseket hozhatnak az állomány megóvása érdekében. A bejövő adatok és analitikai eszközök segítségével a fenntartók pontosabb becsléseket készíthetnek pl. az új faültetések optimális elhelyezéséről, az öntözési rendszerek időzítéséről, valamint az állomány fenntartásának és karbantartásának szükségességéről.

Az okos városok lehetőséget teremtenek a lakóközösségek bevonására is. A digitális platformok, applikációk és közösségi hálózatok segítségével a város lakói nyomon követhetik a faállomány állapotát, jelenthetnek problémákat, vagy adhatnak javaslatokat a faültetésekre és az állománykezelésre vonatkozóan. Ezáltal a városi lakosok aktív résztvevőkké válhatnak a faállomány védelmében.

Az okos város koncepciója világszerte terjedőben van és számos városban már valósággá vált. Európában Barcelona (Spanyolország) a smart city technológia alkalmazásának ikonikus példája. Ez a város kezdett el először kísérletezni a digitális technológiákkal [19]. Számos kezdeményezést indítottak el az energiamegtakarítás, közlekedési hatékonyság, hulladékkezelés és közösségi részvétel területén. Kiterjedt szenzorhálózatot telepítettek, melyek adatot szolgáltatnak mind a kormány, mind a magánszektor számára a közlekedésről, energiahasználatról, öntözésről. Az okostelefonok elterjedtebb használata miatt a technológia közvetlenebbül lép be a lakosok életébe.

Az egyik első termék, amit létrehoztak a „Decidim” (Mi döntünk) platform volt, amely lehetővé teszi a lakosoknak, hogy közvetlenül véleményt nyilváníthassanak adott

kérdésekben, ötleteket adhassanak egy egyszerű „hüvelykujj szavazással”. A beszámoló szerint ezek az alkalmazások 10-30%-kal tudták növelni az életminőséget.

A kataszterek adatstruktúrájában is várható változás. manapság egyre nagyobb szerepet játszik a rendszerek átjárhatósága. Emiatt jó lenne egy olyan rendszer kidolgozása, mely a zöldfelületek kezelőivel, önkormányzati alkalmazottak és térinformatikusok közös egyeztetése mentén születne, hogy a kataszter ne csak az esetleges jogszabályi kötelezettségeknek tegyen eleget, hanem valóban a munkaszervezést és stratégiai döntéseket támogathassa.

8 SUMMARY

Properly designed and managed urban trees have many environmental, social and economic benefits. They play a vital role in liveable, sustainable and healthy cities.

It is essential for cities and property owners to be aware of the value of their green spaces in order to effectively manage and care for their trees.

This paper examines the spatial aspects of urban tree inventories, including data collection methods, software that can be used, spatial analysis techniques and the integration of spatial data. In examining the spatial aspects of the inventory, attention is given to the spatial placement of trees, which can be used as a basis for identifying priorities and design needs in planning. It examines tree stand structure, spatial location, height, age distribution, trunk diameter, which will help in the planning of tree care to promote to have healthier trees. It examines the health of the trees and their environmental factors and hazards (risks of damage, felling, danger to the built environment, etc.), which is perhaps one of the most important pieces of information in the inventory for clients.

The paper presents an inventory of a district of a large city.

It outlines the recording problems encountered when preparing an inventory, which may affect the reliability of the data recorded.

It examines the decision points in preparing the inventory by looking at data collection methods, determining the data to be collected, the decisions that arise when analysing the data (e.g. how to assess the condition of trees, which parameters to consider and how to link the data to environmental factors, examining the options for prioritisation, which trees need immediate intervention, which trees need care).

The paper gives examples of the potential for spatial analysis and a brief insight into how to effectively communicate the data and results of the inventory to decision-makers, professionals and the public by presenting thematic maps and diagrams.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] S. Borelli és F. Pineda, „Urban forest in the global context,” *Unasylva*, pp. 3-10., 1 2018.
- [2] J. Östberg, B. Wiström és T. Randrup, „The state and use of municipal tree inventories in Swedish,” *Urban Ecosystems*, %1. kötet21, pp. 467-477, 2018.
- [3] „1996. évi LIII. törvény a természet védelméről, net.jogtar.hu,” Wolters Kluwer, [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600053.tv>. [Hozzáférés dátuma: 01 04 2023].
- [4] „1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről, net.jogtar.hu,” Wolters Kluwer, 01 04 2023. [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700078.tv>. [Hozzáférés dátuma: 01 04 2023].
- [5] „2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról, net.jogtar,” 05 04 2023. [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900037.tv#ljb0id702f>.
- [6] „147/1992, (XI.6.) Kormányrendelet, jogiportal.hu,” [Online]. Available: <http://www.jogiportal.hu/index.php?id=f15zcs1onosqu4ggs&state=20150401&menu=view>. [Hozzáférés dátuma: 13 04 2023].
- [7] S. Bardóczi, B. Stefanics, B. Szakács és K. Turcsányi, „Városi fák és közművek kapcsolata,” 2018. [Online]. Available: https://budapest.hu/Documents/V%C3%A1ros%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9si%20F%C5%91oszt%C3%A1ly/ZI_FUZETEK_fak_online.pdf. [Hozzáférés dátuma: 15 03 2023].
- [8] „ÖNORM L1122,” [Online]. Available: https://shop.austrian-standards.at/action/de/public/details/397452/OENORM_L_1122_2011_08_01. [Hozzáférés dátuma: 01 04 2023].
- [9] V. É. Molnár, E. Simon és S. Szabó, „Species level classification using images from WorldView-2 and WorldView-3 satellites, in a study area in Debrecen,” in *Debreceni Egyetemi Kiadó*, Debrecen, 221.
- [10] A. Pataki, L. A. Nagy, L. Bertalan és S. Szabó, „Zöldfelületek térképezése drón alapú légifelvételekből,” in *Debreceni Egyetemi Kiadó*, Debrecen, 221.
- [11] L. Zhang, H. Lin és F. Wang, „Individual tree detection based on High-Resolution RGB for urban forestry Applications,” *IEEE Access*, 05 04. 2022.
- [12] K. Czimmer és T. Tomor, „TLS pontfelhő feldolgozó dinamikus algoritmusok fejlesztése,” in *Debreceni Egyetemi Kiadó*, Debrecen, 2021.

- [13] P. Calaza, P. Carinanos, F. Montoya, J. Schwab és G. Tovar, „Building green infrastructure and urban landscapes,” *Unasylva*, pp. 11-21., 1 2018.
- [14] S. B. F. Bardóczi, „Facebook,” 26 01 2023. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/search/top/?q=bard%C3%B3czi%20budapest%20fat%C3%A1r>. [Hozzáférés dátuma: 12 04 2023].
- [15] V. Szaller, „Útmutató a fák nyilvántartásához és egyedi értékük kiszámításához,” 2013. [Online]. Available: <https://faapolok.hu/wp-content/uploads/2014/05/Fakataszter-%C3%A9Atmutat%C3%B3-20131.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 01 04 2023].
- [16] G. Schmidt, „Növények a kertépítészetben,” Budapest, Mezőgazda Kiadó, 2003, pp. 442-451.
- [17] F. Santamour, „Trees for urban planting: diversity, uniformity and common sense,” 2003. [Online]. Available: <https://agroforestry.org/the-overstory/144-overstory-126-trees-for-urban-planting-diversity-uniformity-and-common-sense>. [Hozzáférés dátuma: 30 03 2023].
- [18] „Large_tree_argument.qk4,” [Online]. Available: <https://www.arborillogical.com/media/2453/benefits-us-forest-service-the-large-tree-argument.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 01 04 2023].
- [19] Gavin, „Smart City Hub,” 14 04 2022. [Online]. Available: <https://smartcityhub.com/technology-innovation/barcelona-showcase-smart-city-dynamics/>. [Hozzáférés dátuma: 14 04 2023].

9 ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Budapest, Teleki tér [https://hirnyolc.hu/jozsefvaros/hateves-megszepult-teleki-ter-1500/]	23
2. ábra Józsefváros negyedei [https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2019/06/ts590602.pdf]	24
3. ábra Jelölőlapka	26
4. ábra Képernyőkép Józsefváros kataszteréből a 3980-as fa attribútumtáblájának részletével	27
5. ábra Józsefváros fafajai (Saját ábra)	28
6. ábra Képernyőkép a fák állapot szerinti megjelenítésével (Saját ábra)	29
7. ábra Törzsátmérő - korhányados szorzószámok https://faapolok.hu/wp-content/uploads/2014/05/Fakataszter-%C3%9Atnutat%C3%B3-20131.pdf [15]	30
8. ábra A kerületi fák koreloszlásának hőtérképe (Saját ábra)	33
9. ábra Közműfektetés a Baross utcában [https://old.jozsefvaros.hu/hir/75223/megmenekultek-a-baross-utcai-fak].....	34
10. ábra Józsefváros kataszterterképének részlete a lombkorona átmérő megjelenítésével (Saját ábra).....	35
11. ábra Fajok szerinti színezés a kataszterben (saját ábra).....	35
12. ábra A kerület fafajban szegényebb belső része	36
13. ábra Fa faj nemzetségek és családok előfordulása Józsefvárosban (Saját ábra).....	36
14. ábra Ortofotó Józsefvárosról: t (65_411_22.tif)	37
15. ábra Szegmentált raszter a tanulóterületek beállításához	40
16. ábra A raszter klasszifikálásának lépései - konfiguráció.....	41
17. ábra A klasszifikált kép előnézete	41
18. ábra Besorolási hiba (kavics és gyepek elkülönítése)	42
19. ábra Osztályozott raszter.....	42
20. ábra Új mező létrehozása	43
21. ábra A teljes terület nagysága	44
22. ábra A mezőkalkulátor beállításai a területszámításhoz	45
23. ábra Az egyes felszínborítástípusok százalékos megoszlása grid kód alapján	46