

ZÖLDFELÜLET-INTENZITÁS VÁLTOZÁSAI BUDAPEST XIV. KERÜLETÉBEN

CHANGES IN GREEN SPACE INTENSITY IN BUDAPEST'S 14TH DISTRICT

JOMBACH SÁNDOR | ÜSZTÖKE LAURA | YASEEN N. HASSAN

ABSZTRAKT

Kutatásunk a "Zöldfelület-Intenzitás" (ZFI) mutatót alkalmazta annak érdekében, hogy jellemezze Zugló, Budapest XIV. kerületének 1992 és 2020 közötti zöldfelület-változásait. A ZFI mutató az NDVI indexre (Normalizált Vegetációs Index) épül, de az értékei orthofotóhoz igazítottak, és több nagyon nagy felbontású űrfelvétel felhasználásával ellenőrzöttek. A mutatót az elmúlt két évtizedben fejlesztettük, közzismertté tettük, és gyakran került alkalmazásra magyarországi városok zöldfelületeinek elemzésére az elmúlt tíz év kutatásaiban. A zöldfelületek változásának elemzése egy döntés-támogató tevékenység a település-tervezésben és -fejlesztésben. Segít meghatározni a változások mozgatórugóit és a változások hatását a városklímára, a beépített és burkolt felületekre, a városi élővilág fajaira, a honos, az inváziós és a dísznövényfajok szerepére a városi zöldinfrastruktúrában. Városökológiai szempontból ez a kutatás jobb és fenntarthatóbb tervezési megoldások megválasztását is támogatja.

Kulcsszavak: zöldfelület, növekedés, csökkenés, fejlesztés, átalakulás, felhagyás, változás, változás-foltok

BEVEZETÉS ÉS HÁTTÉR

A zöldfelületek felmérésére és elemzésére használt módszerek egyike a zöldfelület-intenzitás (ZFI) számítása, amely űrfelvételek és légifelvételek kombinált feldolgozásával segíti a zöldfelület térképezését és térinformatikai elemzését, értékelését. A módszer kifejezetten térségi

vagy települési szinteken történő hasznosításra került kifejlesztésre, de alkalmazható településrészek, sőt egyes tömbök zöldfelület-intenzitásának jellemzésére is.

A ZFI módszer első változata 2006-ban a "Pro Verde" projektben [1] került alkalmazásra, amely térinformatikai módszerekkel célozta meg a zöldfelületek térképezését, értékelését és monitorozási módszerének kidolgozását a főváros területére és annak várostervezési zónáira. A fővárosról és agglomerációjáról szóló zöldfelületi elemzési tanulmány - a projekt megalapozó tanulmánya [2], - elsőként használta az NDVI alapú úgynevezett "elméleti zöldfelület-számítási módszert".

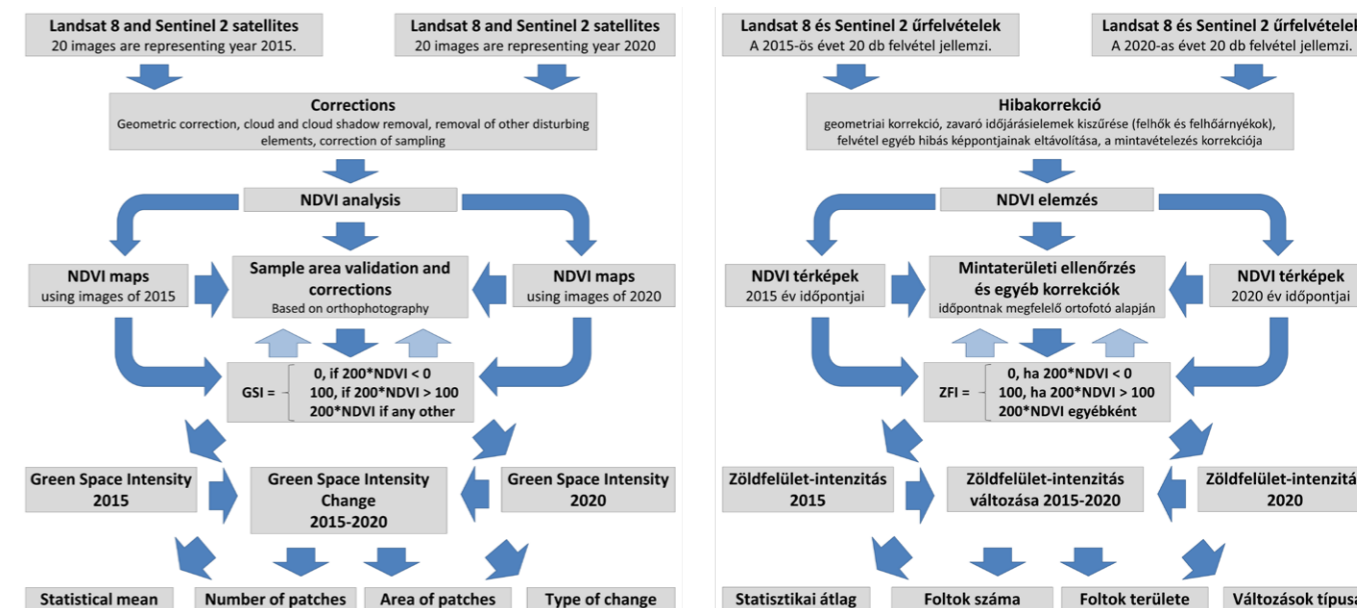
A korábbi zöldfelület-térképezési és elemzési munkák számos tapasztalattal gazdagították a felmérést, térinformatikai és vizuális képértelmezési, képinterpretációs tevékenységükkel [3], vagy „zöldfelületi arány” és „biológiai aktív felületek” kulcsszavak használatával [4] nyújtottak támpontokat az NDVI vegetációs index települési alkalmazásához. Az NDVI index a vegetáció felszínének biológiai aktivitását mutatja ki, ezért a módszerrel készülő publikációk 2006-ban és 2007-ben még a „zöldfelület biológiai aktivitása” címszóval kerültek nyomdába [5, 6, 7]. Mivel ezzel egy időben elkészült a területek biológiai aktivitásértékének számításáról szóló ÖTM rendelet [8], ezért a későbbiek során célszerűbbé vált egy ettől eltérő, ám a módszer lényegét is jobban visszaadó „zöldfelület-intenzitás” kulcsszó bevezetése és használata [9].

A zöldfelület-intenzitás (ZFI) elemzésének módszere számos tekintetben megújult, teszteken és mintaterületi



1. ábra/Fig. 1: Budapest XIV. kerülete és kerületrészei, tipikus madártávlati képekkel / Budapest's 14th district and its sub-divisions with names and typical bird's eye-view images

2. ábra/Fig. 2: Az űrfelvételektől a Zöldfelület-intenzitás területi statisztikai elemzéséig tartó adatfeldolgozási folyamat / Data processing from satellite images to territorial statistical analysis of Green Space Intensity



ABSTRACT

This research used the "Green Space Intensity" (GSI) index to describe the changes of green space within Zugló, Budapest's 14th district, from 1992 to 2020. The GSI index is based on the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), but the values have been revised and adjusted to high-resolution orthoimagery and validated by VHR satellite images. It has been developed over the last two decades, it is well known and has been used in the last ten years in research to analyse green spaces within the towns and cities of Hungary. Analysis of green space changes provides reasonable decision-support in urban planning and city development. It helps to define the drivers of change and the effects of changes on the urban climate, paved and built-up areas, the urban habitat of wild-life species and the role of endemic, invasive and ornamental plant species in the city's green infrastructure. From an

urban ecology perspective, this research supports better and more sustainable planning and design solutions.

Keywords: green space, growth, decrease, development, transformation, abandonment, change, change patches

INTRODUCTION AND BACKGROUND

Green Space Intensity (GSI) is one of the methods used for green space survey and analysis. It is applied to help mapping, geospatial analysis and assessment of green space, by using satellite images and aerial photographs. The method is developed for regional or urban scales, but can be applied to characterise green infrastructure within districts or blocks.

The first applied version of the GSI method was used in 2006 in the "Pro Verde" project [1], which aimed to map, assess and develop the monitoring method for green

3. ábra/Fig. 3: Zöldfelület-intenzitás (ZFI) térképek és változás-térképek Budapest XIV. kerületéből / Green Space Intensity (GSI) maps and Change maps for Budapest's 14th district

ellenőrzéseken finomodott, visszajelzések alapján került felülvizsgálatra. A zöldfelület-intenzitás (ZFI) megmutatja, hogy mekkora az adott területre eső zöldfelület síkbeli kiterjedésének aránya és egészségi állapotának mértéke. A módszer alapján úrfelvételek és ortofotók feldolgozásával készített adatbázis a zöldfelület kiterjedéséről és állapotáról egyaránt szolgáltat információt azzal, hogy egy nullától száz százalékig terjedő skálán megmutatja, milyen arányú a zöldfelület intenzitása egy adott területen. Elsősorban települési szintű fejlesztési vagy tervezési munkák megalapozására, döntés-támogatásra, a zöldfelületek állapotának és változásának monitorozására kívánja a legtöbb felhasználó alkalmazni. A felhasználási példák között szerepel a rekreációs igények kiszolgálása is [10].

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás a Zöldfelület-intenzitás (ZFI) és a Zöldfelület-intenzitás változásának térbeli elemzésén alapult. Az elemzéshez mind a 2015-ös, mind a 2020-as év jellemzésére 20-20 úrfelvételt használtunk fel (Landsat 8 és Sentinel 2 felvételek), továbbá felhasználtuk korábbi kutatások 8-8 felvételre (Landsat 4, 5, 8) épülő elemzési eredményeit 1992 és 2015 közötti időszakból. A Zöldfelület-intenzitás (ZFI) meghatározásához alapvetően a 2011-ben Jombach által publikált módszert alkalmaztuk [11]. A módszer a vegetáció biológiai aktivitásának kimutatására használt NDVI indexre épül [12], de azt mintaterületi tesztek során jelentősen átalakítja. A "Zöldfelület-intenzitás" (ZFI) a vegetáció jelenlétének és egészségi állapotának egyesített indikátora, amely százalékos értékeivel (0-100%-ig) egyetlen számértékkel mutatja meg milyen területi aránnyal és milyen vitalitással bír a növényzet egy adott terület-részen. Kutatásunk fókuszterülete Budapest XIV. kerülete, amely a főváros átmeneti zónájában található, de sok kertvárosi területe, kertesi családi házas övezete, zöldterülete és barnamezős területe is van. A kerületet hivatalosan nyolc kerületrészre bontja a kerületi szabályozás (1. Ábra).

A ZFI változás-elemzések 1992, 2005, 2010, 2015 évekre készültek kizárólag a 30 méteres térbeli felbontású Landsat felvételek felhasználásával [13] [14]. A jelenlegi kutatás többnyire 10 méteres felbontású Sentinel felvételeket használt fel, és a 2015-ös évet tekintette bázis évnak [15]. A feldolgozási folyamat lépéseit a 2. ábra szemlélteti. A módszer korlátja, hogy a vertikális zöldfelületeket (pl. zöldfalakat, zöld homlokzatokat) jelentőségüknél alacsonyabb igényességgel dokumentálja. Mindemellett

a cikk nem terjed ki az összes lehetséges területhasználat-változásra.

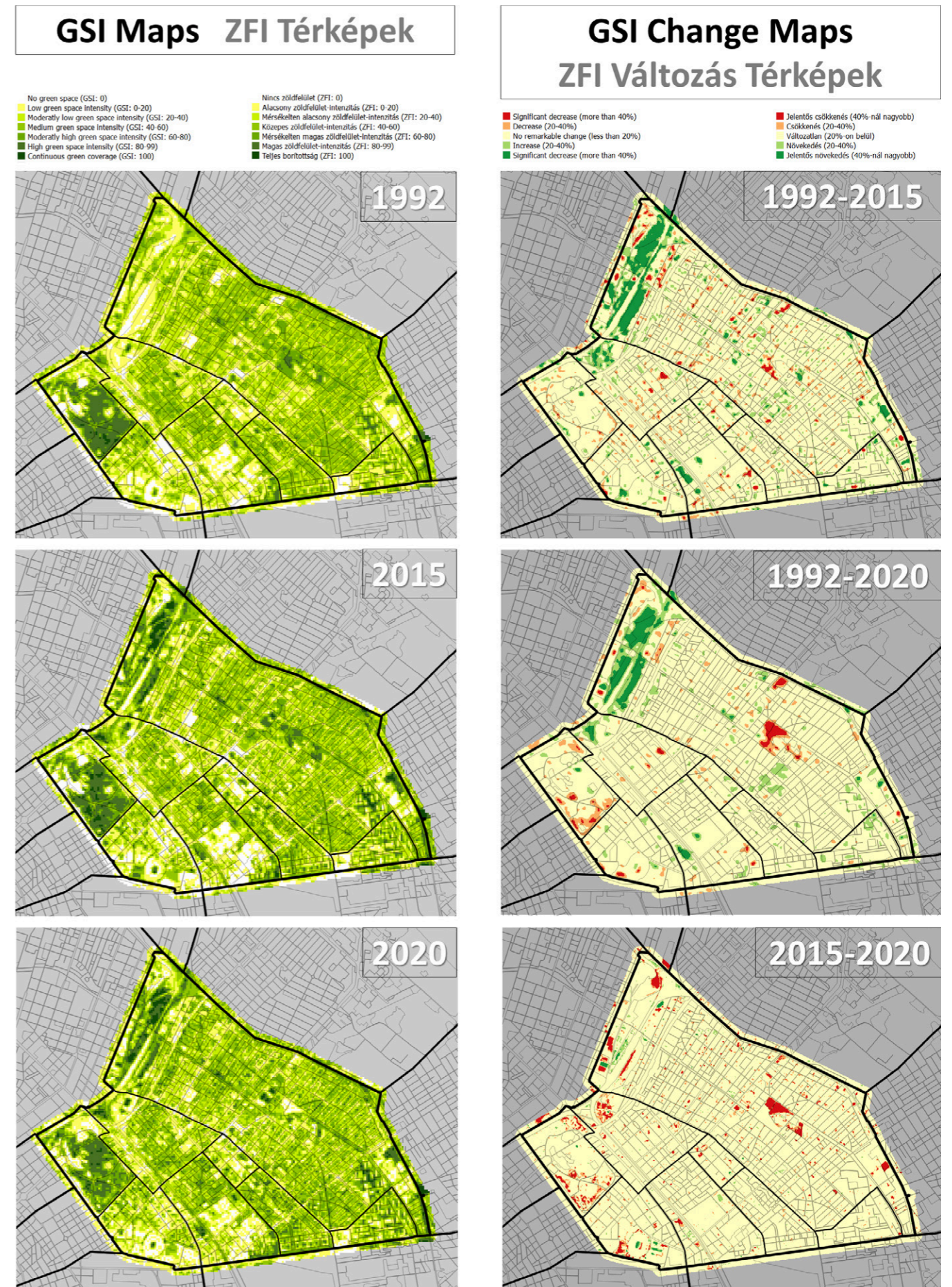
Az elemzés során a következő mutatókat vettük figyelembe:

- Zöldfelület-intenzitás (ZFI) értékek statisztikai átlaga (a zöldfelület-intenzitás értékek átlagértéke)
- ZFI változás statisztikai átlaga (a zöldfelület-intenzitás változásának átlagértéke)
- A ZFI változás-foltok száma (a 20%-os mértéket meghaladó változás-foltok száma)
- A ZFI változás-foltok területe (a 20%-os mértéket meghaladó változás-foltok területe)
- A ZFI növekedés-foltok száma (a 20%-os mértéket meghaladó növekedés-foltok száma)
- A ZFI csökkenés-foltok száma (a 20%-os mértéket meghaladó csökkenés-foltok száma)
- A ZFI növekedés-foltok területe (a 20%-os mértéket meghaladó növekedés-foltok területe)
- A ZFI csökkenés-foltok területe (a 20%-os mértéket meghaladó csökkenés-foltok területe)
- A változást kiváltó jelenség típusa (A használat, kezelés megváltozásából következtethető)

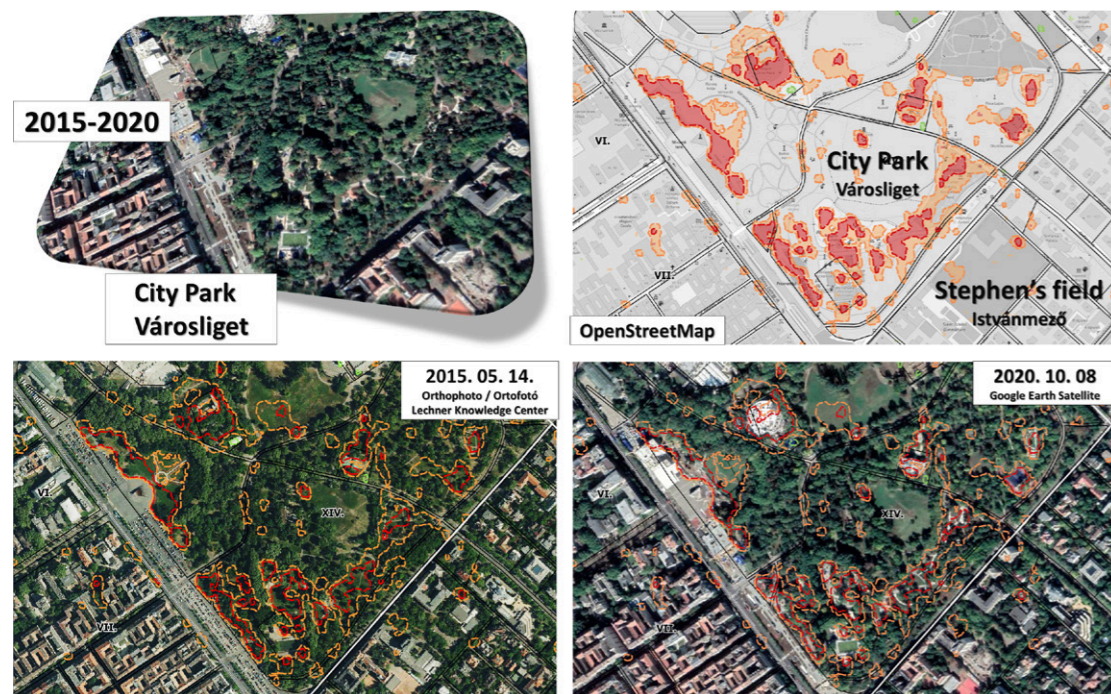
EREDMÉNYEK

A Zöldfelület-intenzitás (ZFI) változásának átlaga egy statisztikai számérték, ami megmutatja a változás-értékek átlagát, amit egy konkrét időszakban a felvételek alapján érzékeltünk. Ez a típusú elemzés a kerületben azt mutatta, hogy a ZFI 3%-kal növekedett (34%-ról 37%-ra) az 1992-2020 időszakban. A 28 évet tekintve ez a negyedik legmagasabb érték a főváros 23 kerülete közül. A 2015-2020 időszakban a ZFI változása azonban épp ellenkező tendenciát mutat. A zöldfelület-intenzitás 3,1%-kal csökkent. A pusztai statisztikai értékek alapján azt mondhatnánk hogy 28 év alatt összességében inkább növekedés történt, de a vizsgált időszak utolsó öt éve inkább erőteljes csökkenést hozott a zöldfelület-intenzitásban.

A kerületrészeket figyelembe véve a legmagasabb ZFI-változás Alsórákoson történt (átlag: +8,4%) 28 év alatt, köszönhetően a Rákosszentimre vasútállomás felhagyott területein a növényzet spontán növekedésének. A legalacsonyabb változásérték a Városliget városrészben volt (átlag 1992 és 2020 között: -5,7%) köszönhetően azoknak az építési munkálatoknak (4. ábra), amelyek az utolsó öt évben történtek (2015-2020 átlagos változása itt: -6,5%). Az egész kerületet és a kerületrészeket is tekintve a két időszak összehasonlításából is az 2015-2020 időszak a



4. ábra/Fig. 4: Változások a Városligetben a park átalakításának időszakában / Changes in City Park due to park reconstruction



kedvezőtlenebb zöldfelület-intenzitás vonatkozásában. Ez a térképeken is tisztán látható (3. ábra).

A változás átaga – mint mutató – a térbeli elemzés során kevésbé tűnt relevánsnak, mint a változás-foltok száma és területe. "Változás-foltoknak" azokat a sokszögletű lehatárolható foltokat tekintettük, ahol a ZFI 20%-nál nagyobb növekedést vagy csökkenést jelezte. A továbbiakban a területi elemzések a 20%-nál nagyobb mértékű "változás-foltokra" koncentráltak. A legkisebb méretű "változás-foltot" úgy lehet elképzelni mint egy nagyobb lombkoronájú fa kivágását, vagy egy intenzív zöldtető telepítését egy családi ház tetején (5. ábra).

A 2020-as év összevetése az 1992-es évvel azt mutatja, hogy a változás-foltok területe 2,37 km² volt, ami a terület 13,1%-a. Amennyiben a 2020-as évet a 2015-ös évvel hasonlítjuk össze a változás-foltokkal érintett terület 1,17 km², ami a terület 6,5%-a. A változás-foltok száma 994 volt az 1992-2015 időszakban, de a 2015-2020 időszakban már 2052 darabot ért el. Ez a növekedés lehet a jele az apróbb területű változások szaporodásának is, de részben a 2015 utáni képek nagyobb felbontásának köszönhető (Sentinel műhold, 10 m-es felbontással).

Az eredmények azt mutatják, hogy az időről-időre készülő változás-elemzések változás-foltjai átfednek egymással. Ez azt jelenti, hogy néhány terület, ami a zöldfelület csökkenését mutatta 1992-2015 időszakban, lehetséges, hogy a 2015-2020 időszakban már növekedést mutat és más területeken hasonló dolog történhet épp fordított irányban. Megjegyzendő, hogy a felhagyott Rákosrendező

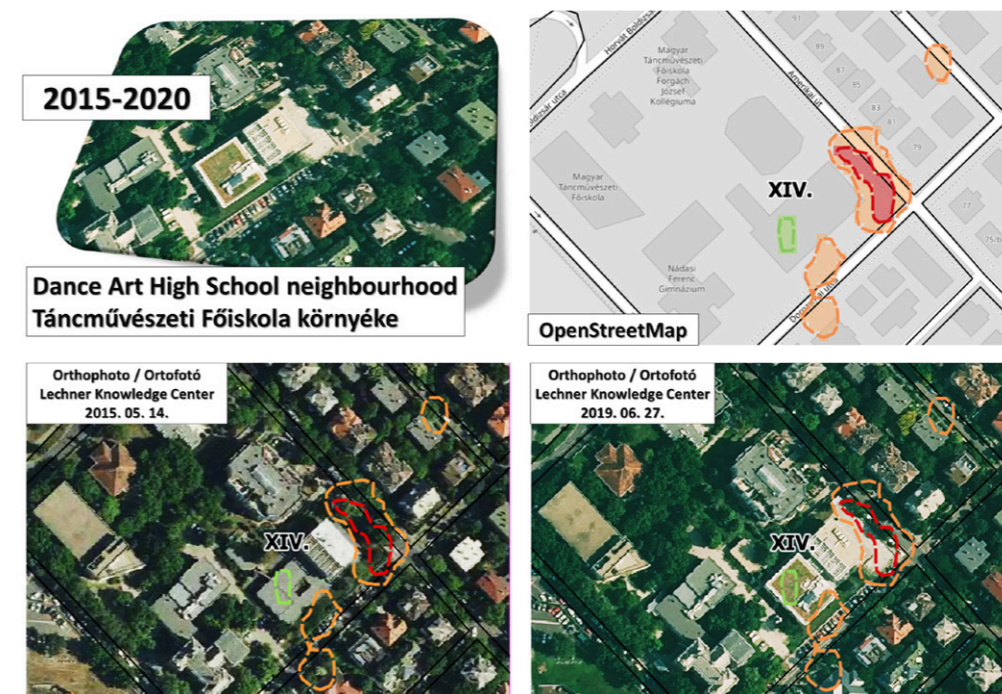
vasútállomás jelentős területét teszi ki az összes változás-foltnak valamennyi időszakban (12%-tól 30%-ig). Ez azt jelzi, hogy a korábbi vasútállomás és környezete kifejezetten "változásra hajlamos" része a kerületnek (6. ábra).

A 2015-2020 közötti változás-foltok átlagos kiterjedése 0,057 hektár (570 m²), és a legnagyobb foltok Alsórákos és Herminamező kerületrészekben találhatóak (6,6 hektáros területtel). A legjelentősebb változás Alsórákoson történt, ahol a Paskál lakóparkok épültek fel (9. ábra). Itt egy öt hektáros területű folt majdnem teljesen elveszítette zöldfelület-intenzitását 2020-ra.

A 2015-2020 közötti csökkenés-foltok száma (1521) majdnem háromszor akkora, mint a növekedés-foltok száma (531), míg a korábbi 23 év alatt ez a két szám nagyjából egyenlő volt (474 és 520). Ez azt jelenti, hogy az utolsó öt évben háromszor több csökkenés-folt keletkezett, mint növekedés-folt. Amennyiben a változás-foltok kiterjedését nézzük meg a 2015-2020 időszakra a mérleg még rosszabb. A csökkenés-foltok területe ötször nagyobb (0,99 km²), mint a növekedés-foltok területe (0,19 km²).

A 2015-2020 közötti időszakban Istvánmező kerületrésznél volt a legnagyobb területű növekedés-foltja a kerületrész összterületéhez viszonyítva (2,1%). A növekedés 45 foltban történt meg, főként a Puskás Ferenc Stadion környékén, ahol 2015-ben az átépítés már elkezdődött, és 2020 nyarára már majdnem teljesen kész állapotba került az új zöldfelületek egy része tekintetében (7. ábra). Ugyanakkor a 2015-2020 időszakban a csökkenő változás-foltok területe a Városligetben elérte a kerületrész

5. ábra/Fig. 5: A változás-foltok példái fakivágás és zöldtető-építés esetén / Examples of change patches for tree felling and green roof construction



space in Hungary's capital city. The preliminary study of the project [2] about Budapest and its agglomeration used the so-called "theoretical green space" calculation method based on NDVI values.

Previous green space mapping studies supported this research with numerous lessons learned, either through GIS application and visual interpretation activity [3] or using the keywords of "green space ratio" and "biologically active areas" [4], prompting researchers to adapt the NDVI to urban green space analysis. The NDVI and the method developed on the basis of NDVI show the biological activity of the green coverage. Accordingly, the publications of 2006 and 2007 used the term "biological activity of green space" [5, 6, 7]. At the same time, a ministerial decree [8] announced the "biological activity value" calculation method, and it then became more appropriate to introduce and use the term "Green Space Intensity" for satellite image-based green space mapping and calculations [9].

The Green Space Intensity (GSI) method has been developed and revised through sample area validations, tests and feedback. UAs an index, GSI shows the spatial ratio and health of vegetation within territorial units. The database generated from satellite images and orthophotos provides information about the territory and the vital condition of vegetation with one combined value. It ranges from zero to one hundred, and shows the intensity of the green space within the analysed territory. The method is generally used for decision-support regarding urban development plans, as a tool for green space analysis

and mapping, change mapping and spatial assessment of green spaces e.g. serving recreational needs [10].

MATERIALS AND METHODS

The research is based on the spatial analysis of Green Space Intensity (GSI) and the change in Green Space Intensity. The analysis used 20 satellite images (Landsat 8 and Sentinel 2) from 2015 and 2020, and it used the data and the results of the previous studies, which were using eight Landsat images (Landsat 4, 5 and 8) from the years 1992 and 2015. In order to define GSI, we used the method published by Jombach in 2011 [11]. The method is based on NDVI [12], which is widely used to indicate the biological activity of vegetation, but is revised through sample area tests. Green Space Intensity is a combined indicator of the presence and the health of vegetation. It shows the ratio and vitality of vegetation with one single value (ranging from 0 to 100%). The study focuses on Budapest's 14th district, which is in the capital's transitional zone, but it has many garden city areas, family houses with gardens, green areas and brownfield sites. The district is officially divided into eight sub-divisions (Figure 1).

The GSI change analysis was conducted for the years 1992, 2005, 2010 and 2015, using only Landsat images with 30 m spatial resolution [13] [14]. In the current study, we used Sentinel images with 10 m resolution and considered 2015 as a base year [15]. The data processing steps are shown in Figure 2. The limitation of the method is that vertical green surfaces (green walls, green facades) cannot

6. ábra/Fig. 6: Rákosrendező vasútállomás: A változékony környék / A change-prone neighbourhood: Rákosrendező railway station



11,8%-át. A legtöbb változás a középső, a déli és az északi részein történt. A növekedés-foltok (20% feletti ZFI növekedés) összesen egy hektárt érintettek, míg a csökkenés-folttal érintett területek (20% feletti ZFI-csökkenés) majdnem 16 hektárt is elértek 2020-ig (4. Ábra).

Az átalakulás alatt álló területek általában veszélyeztetik a szomszédos területek zöldfelületeit is, köszönhetően annak, hogy munkaterületként funkcionálnak. Még akkor is, ha a fejlesztési munkálatok célja, hogy végeredményben növeljék a zöldfelületet, az építési munkálatok befejezése után közvetlenül általában csökken a zöldfelület nemcsak a területen belül, hanem a környező területeken is (6. ábra). A zöldfelület növekedése csak nagyon kis számú befejezett projekt esetében figyelhető meg azonban. A zöldfelület-intenzitás növekedését csak akkor lehet tapasztalni és dokumentálni, amennyiben a növényzetnek időt adunk, és éveken át gondját viseljük. Felmerül a kérdés, hogy mit jelent az "éveken át"? A gyepes és gyomos zöldfelületek esetében lehet akár csak egy-két év, de fák esetében általában több mint öt évre van szükség, amíg a lombkorona növekedése érzékelhető az ültetést követően. Jelentős növekedés pedig általában 10 év után következik be, de ez sok tényezőtől függ (faj, helyi adottságok, fenntartás stb.).

A zöldfelület-intenzitást növelő "projektek" némelyike barnamezős beruházásból indul megújulás, mint a Dorozsmai utcai példa, ahol korábbi ipari terület alakult át két évtized alatt apartmanházas lakóterületté (Levendula Apartman) és kapcsolódó zöldfelületeivé. Hasonló

történt a Zöldváros Lakópark és a Porcelán Lakópark területén. A Levendula Apartman zöldfelületei kicsik ugyan, de legalább nagyobbak nevezhetők, mint korábban (8. ábra). Sok esetben elmondható, hogy – amíg az építkezési lendület alábbhagyott 2008 táján – a növényzet elfoglalta a területek egy részét, és adódhatott volna lehetőség arra is, hogy az ilyen területeken közcélú, minőségi zöldterület-fejlesztés induljon el, de nem volt elég erőteljes helyi érdek és szándék a zöldfelületek fejlesztésére. Szerencsére a közelben egy óvoda és egy irodaház is zöldtetővel rendelkezik – összesen 2250 m² területen. A zöldtető majdnem fele a 2015-2020 időszakban készült el, de mindkettő használata korlátozott.

Sajnálatosan több és nagyobb területen történt zöldmezős beruházás a kerületben. Ezek többnyire olyan beépítetlen zöldfelületeken valósultak meg, amelyek jó közlekedési kapcsolatokkal rendelkeznek, és például a Rákos-patak és a Paskál Termálfürdő vonzó környezetéhez tartoztak. Zöldinfrastruktúra-fejlesztési szempontból sajnálatosan, hogy ezek a lakónegyedek az utolsó hektárnyi zöldfelületeket élik fel a kerület egyetlen kisvízfolyása mellett, aminek a legerősebbek a kapcsolatai a főváros ökológiai hálózatához. Ezek a zöldfelületek rendelkeznek a legnagyobb potenciállal, hogy jó minőségű multifunkciós zöldfelületté fejlesszük őket. A legtöbb adódó lehetőséget már elszalasztottuk, és csupán néhány ilyen maradt meg.

A lakópark típusú lakóterületi fejlesztések több, mint 20 hektárnyi területet értek el a vizsgált 28 évben. A legjelentősebb példák ezek közül a Hermina Lakópark, a

7. ábra/Fig. 7: Sok változás-folt, kis nyereség a Puskás stadion környékén / Many change patches, limited gain of green spaces around Puskás Stadium



be mapped with the same significance as these surfaces appear in the cityscape. Of course, the type of change does not cover all possible land use change options.

In the analysis, we considered and used the following metrics to obtain results:

- Statistical mean of Green Space Intensity (GSI) (Average value of Green Space Intensity)
- Statistical mean of GSI change (Average of change values)
- Number of GSI change patches (Number of polygons with more than 20% GSI change)
- Area of GSI change patches (Area of polygons with more than 20% GSI change)
- Number of patches with GSI increase (Number of polygons with more than 20% GSI growth)
- Number of patches with GSI decrease (Number of polygons with more than 20% GSI loss)
- Area of patches with GSI increase (Area of polygons with more than 20% GSI growth)
- Area of patches with GSI decrease (Area of polygons with more than 20% GSI loss)
- Type of phenomenon causing GSI change (Based on the change in land use, maintenance)

RESULTS

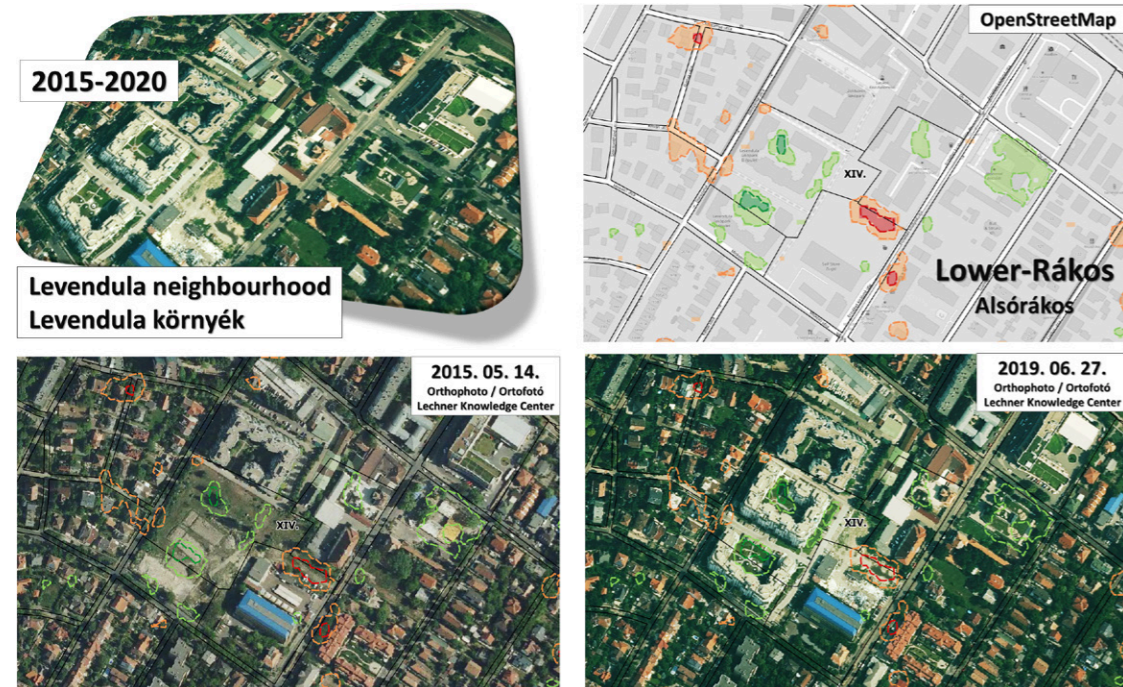
The mean value of Green Space Intensity (GSI) changes is a statistical value that shows the average of all GSI changes detected over a given time period. This analysis shows that Green Space Intensity grew by 3% (from 34%

to 37%) in the 14th district in the 1992-2020 period. This is the fourth best value among Budapest's 23 districts over the 28 years. In the 2015-2020 period, the GSI change mean value trended in quite the opposite direction. Green Space Intensity decreased by 3.1%. These numbers show that the mean of 28 years of change was mostly growth, but the last five of these 28 years predominantly registered a decrease in the mean GSI value.

Looking at district areas, the highest GSI change was in Lower Rákos (mean value: +8.4%) over 28 years, thanks to spontaneous vegetation growth in the abandoned railway station of Rákosrendező. The lowest change value in 28 years was in the City Park (mean value of 1992-2020: -5.7%), due to the construction works (Figure 4.) that occurred mostly in the last five years before 2020 (mean value reaching -6.5% in 2015-2020). Comparing the 1992-2020 period as a whole to 2015-2020, we can see that the latter certainly fared worse in terms of the GSI change for the whole district. This is shown in the maps (Figure 3.).

As an indicator, the statistical average (mean) seemed to have less relevance in the spatial analysis than the area and number of change patches. Change patches were considered the "polygons with changes of more than 20%", either an increase or decrease. The following analysis focuses on the territorial analysis of these change spots. The smallest "change patch" (more than 20%) can be explained or visualised as a big tree being felled or the development of an intensive green roof on the rooftop of a family house (Figure 5).

8. ábra/Fig. 8: Lakópark-fejlesztés az egykori barnamezős területen a Dorozsmai utcában / Development of a housing estate on a former brownfield site in Dorozsmai street



Paskál Lakópark és a Cordia Thermal Lakópark (9. Ábra). Az elmúlt években bejelentett "Zugló Városközpont" egy több, mint 6,5 hektáros fejlesztési terület. Jelenleg a terület "zöldfelület", és a beruházás a kerület új lakóterületi és irodaház központjaként került beharangozásra sétálóutcával, szokatlanul magas épületekkel. Ezzel a fejlesztéssel a kerület elveszíti a lehetőséget, hogy növelje a zöldfelület-intenzitást a központi kerületrészen.

A változás-foltokat 24 típusba soroltuk annak megfelelően, hogy milyen jelenség váltotta ki a zöldfelület-intenzitás változását. Az osztályozás a területhasználat-változásának, fejlesztésnek, esetleg felhagyásnak, vagy a zöldfelület használatában vagy kezelésében bekövetkezett változásnak megfelelően történt. A típusokat fényképes példákon keresztül sikerült összefoglalni és illusztrálni (1. és 2. táblázat). A leggyakoribb növekedés-típusok közé tartoztak a terület használatának felhagyása következtében fellépő spontán növekedés és a fák lombkoronájának növekedése. Előbbiek érintették a legnagyobb területet is, különösen az 1992-2015 és az 1992-2020 időszakban. A legkevesebb foltban a zöldtető-létesítése és a sportpályák új gyepterülete jelent meg a kerületben.

Az intenzitás-csökkenés foltjai közül a leggyakoribbak a parkolók létesítéséhez tartoztak. Sok kisebb foltban, sok helyen jelentek meg a kerületben közterületen is, de leginkább intézményi vagy magántulajdonban lévő telken belül. A legnagyobb kiterjedésű csökkenés-területet a zöldmezős lakóterületi beruházások és az összefüggő fás zöldfelületek megszűnése (kivágása) jelentette.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás célja az volt, hogy a nagy változási mértéket mutató XIV. kerületben úgy elemezzük a zöldfelület-intenzitás változásait, hogy meghatározzuk:

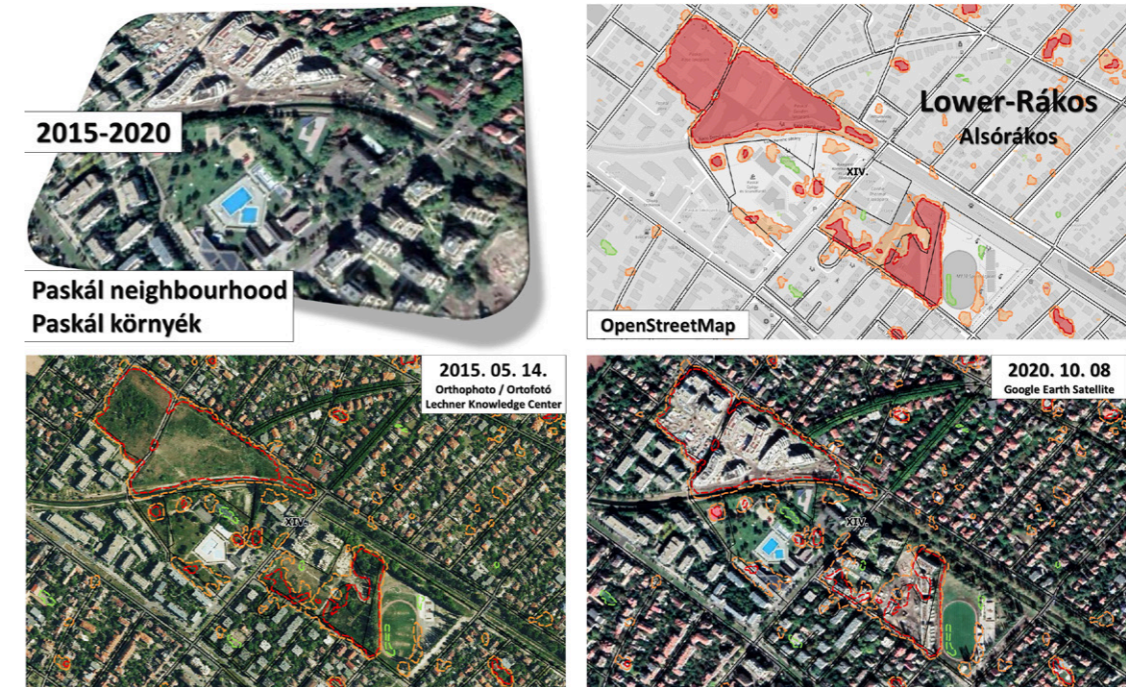
- a változás domináns irányát (statisztikai és területi statisztikai módszerekkel),
- a változások térbeli sajátosságait (a változás-foltok számának és területének felhasználásával),
- a változások jellegét (egyedi, használatra épülő tipizálással).

A kutatás eredményei két csoportban foglalhatók össze. A módszertani következtetések az eredményeket technikai szempontból mutatják be, a zöldfelület-intenzitás változásából fakadó következtetések a térképezési eredményeket a kerületi zöldinfrastruktúra-fejlesztés szempontjából értelmezik.

Módszertani eredmények és következtetések:

- A változás-foltok száma és területe gondosabban mutatja be a változások sajátosságait, mint a pusztán az átlaggal jellemzett zöldfelület-intenzitás értékek.
- A változások típusa több tanulsággal szolgál a tervezőknek és a beruházóknak, mint a zöldfelület-intenzitás változásának (GSI) összegzett statisztikai jellemzése egyetlen számértékkel.
- Az úrfelvételek felbontásának növekedése több megfigyelhető változási foltot ad, ezért a foltok száma magasabb a 10 méteres felbontású elemzésnél,

9. ábra/Fig. 9: Zöldmezős beruházás a Paskál Thermál Fürdő környéki lakóparkok építésekor / Greenfield investment of housing estates in the Paskál Thermal Spa neighbourhood



The results for 2020 compared to 1992 show that the area of change patches was 2.37 km², around 13.1% of the district. If we compare 2020 to 2015, the territory affected by change was 1.17 km², approximately 6.5% of the district. There were 994 change patches in the 1992-2015 period, but 2,052 polygons in the 2015-2020 period. This increase could also be a sign of more small changes in the last few years, but is partly the result of higher resolution images after 2015 (Sentinel satellite, 10 m spatial resolution).

The analysis shows that some of the change patches overlap with each other from time to time. This means that some areas that saw a decrease in greenery from 1992 to 2015 then saw an increase in the following period (2015-2020), and vice versa. It is remarkable that the area around the abandoned railway station of Rákosrendező accounts for a significant ratio in area terms of all the change patches (from 12% to 30%) in each time period. This means that the former railway station and its surroundings are a particularly "change-prone" part of the district (Figure 6).

The mean area of change patches in the 2015-2020 period was 0.057 hectares (570 m²), and the biggest change patches are found in the Lower-Rákos and Hermína-field sub-districts (covering a size of 6.6 hectares). The most intensive decrease occurred in Lower-Rákos, where the Paskál residential area was under construction (Figure 9). Here, a patch covering five hectares lost almost the entirety of its Green Space Intensity.

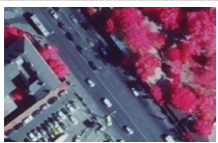
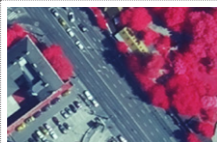

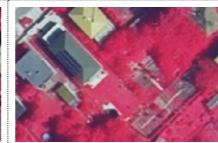
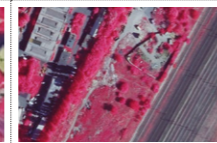
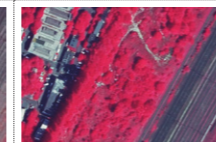
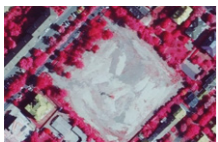

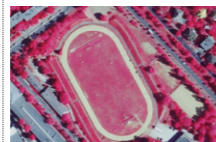
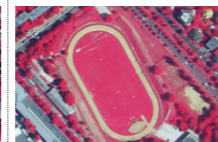
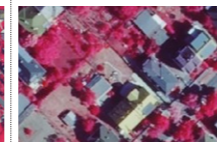
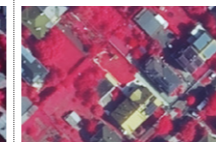
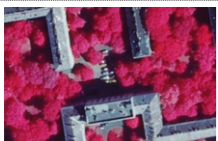
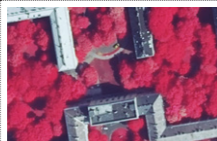
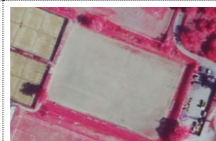
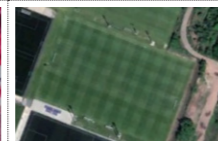
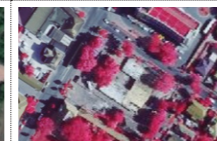
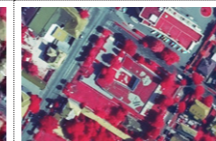
The number of land patches with a decreasing GSI (1,521) were almost three times higher than the number

with an increasing GSI (531) in the 2015-2020 period, while in the previous 23 years, these numbers were approximately equal (474 and 520). This means that in the last five years, there were three times as many sites recording a decrease than an increase. If we compare the territory covered by change patches in the 2015-2020 period, the situation is even worse. The land area with falling GSI was five times bigger (0.99 km²) than the area with rising GSI (0.19 km²).

In 2015-2020, the Stephen's field district part had the highest ratio of positive change patches as a percentage (2.1%) of the sub-division's area. Growth occurred in 45 patches mostly dominated by the neighbourhood of the Puskás Ferenc Stadium, which was under construction in 2015 and was almost complete with new green areas by 2020. (Figure 7) At the same time, in 2015-2020, the area of negative change patches reached 11.8% of the territory covered by the City Park. The most changes occurred in the central, southern and northern parts of the City Park. The area of patches affected by an increase in GSI (more than 20%) was approximately one hectare, and the area affected by a decrease in GSI (more than 20%) within the park totalled almost 16 hectares up to 2020 (Figure 4).

Sites under transformation usually endanger the neighbouring area's green spaces, owing to the fact that they are used as work areas. Even if the development project is intended to increase the area of green spaces, the construction works usually ruin the green space not just within the sites but in the neighbourhood more generally

1. táblázat/Table 1: Zöldfelület-intenzitás növekedés-típusok a XIV. kerületben / Types of growth in Green Space Intensity in the 14th District
A KÉPEK FORRÁSA: ORTOFOTÓ, LECHNER TUDÁSKÖZPONT / IMAGE SOURCE: LECHNER KNOWLEDGE CENTRE

Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás növekedését kiváltó jelenségek / Phenomena causing growth in Green Space Intensity	
Korábban / Earlier (2015)	Később / Later (2019)	Korábban / Earlier (2015)	Később / Later (2019)	Korábban / Earlier (2015)	Később / Later (2019)
1. Lombkorona növekedése / Canopy growth		2. Épület-bontás / Building demolition		3. Terület-használat felhagyása / Land abandonment	
					
4. Bolygatott terület spontán gyeperedése gyomosodása / Spontaneous grass and weed growth on disturbed area		5. Zöldfelület minőségi javulása / Improvement of green space quality		6. Zöldfelület minőségi javulása lakóterületen / Improvement of green space quality in residential areas	
					
7. Közhasználatú zöldfelület megújítás / Renewal of public green space		8. Sportpálya gyepesítése (kép forrása: Google Earth, 2020) / Lawn installation on sports fields (image source: Google Earth, 2020)		9. Zöldtető létrehozása / Creation of a green roof	
					

mint a 30 méteres felbontású elemzés esetén. Ezért a foltok számának növekedéséből nem feltétlenül kell következtetést levonni. A növekedés- és csökkenés-foltok egymáshoz viszonyított arányából azonban már indokolt és lehetséges is érdekes tanulságokat levonni.

A zöldfelület-intenzitás változásához kapcsolódó következtetések:

- Eltekintve az elhagyatott Rákosrendező pályaudvar területétől – ami spontán gyomosodást, cserjésedést, erdősülést produkált, és ezáltal alacsony minőségű zöldfelületeket hozott inváziós fajokkal – mindkét vizsgált időszakban (1992-2015 és 2015-2020) zöldfelület-intenzitás csökkenés történt. Ezt a területi statisztika eszközeivel és a változás-foltok területével is igazoltuk.

- A zöldfelület-intenzitás csökkenés-foltok számaránya az összes változási folt között jóval magasabb volt a 2015 és 2020 közötti években, mint az 1992-2015 közötti időszakban. A 2020-ig tartó időszakban a csökkenés-foltok területe is nagyobb, mint a növekedés-foltok területe. Ez azt jelenti, hogy az utolsó vizsgált öt évben a kerületben a korábbinál intenzívebb és egyértelműbb zöldfelület-intenzitás-csökkenés volt tapasztalható, mint korábban.
- A változások típusai azt mutatják, hogy a változásokat nagymértékben meghatározza a zöldfelület-használat, továbbá befolyásolja az erős beruházási potenciál és a zöldfelületek alkalmassága a lakossági vagy közlekedési fejlesztések kiszolgálására. A zöldmezős beruházások esetében nagy a kockázata a zöldfelület-intenzitás csökkenésének, de a barnamezős beruházásoknál van lehetőség a zöldfelület-intenzitás növelésére. ©

(Figure 6). Only a very limited number of completed projects show an immediate increase in green space. This is especially true since growth in Green Space Intensity can only occur and be documented if vegetation is allowed to grow or is specially taken care of for many years. The following question may therefore arise: What does "many" years mean? In the case of grassy or even weedy vegetation, it may be only one or two years, but in the case of trees, it usually takes more than five years until canopy growth can be detected after plantation. Significant growth usually comes after ten years, but it depends on many factors (species, local conditions, maintenance etc.).

Some of the "projects" aimed at increasing GSI may be brownfield regeneration projects, as is the case with Dorozsmai street where a former industrial site was transformed over two decades into a residential site comprising apartment buildings (Levendula Apartments) and related green sites. A similar process occurred in the Zöldváros and Porcelán housing estates over a longer period. The green spaces in and around Levendula Apartments are small, but they are at least bigger than before (Figure 8). In many cases, we could mention that vegetation took over the sites when construction work stopped around 2008, and quality green areas could have been developed for public use, but there was not sufficiently strong local interest or will to enhance green spaces. Luckily, a kindergarten and an office building nearby have green roofs covering an area of 2,250 m². Almost half of this was completed in the 2015-2020 period, but its use is restricted.

Unfortunately, there are more and larger examples of greenfield investments in the district. These mostly used open green spaces in the district close to good transport links and the appealing Rákos Creek and Paskál Thermal Spa neighbourhood. Sadly, in terms of urban green infrastructure development, these residential areas occupy the last remaining hectares of green spaces along the only watercourse in the district, which has the strongest links to the capital's ecological network. These green spaces have the strongest potential in the district to be developed into a multifunctional and high-quality green area. Most of these opportunities have been missed, and only a few remain.

The "housing estate" model of residential investments covered more than 20 hectares in the 28 years analysed. The most significant examples are the Hermina, Paskál and Cordia Thermal housing estates (Figure 9). The "Zugló City Centre" development site, announced recently, covers more than 6.5 hectares. The land was previously "greenfield" site, at present it is a construction site, and the investment has been heralded as the district's new residential and office centre, with a pedestrianised area and unusually high buildings. With this development, the

district will lose the opportunity to increase Green Space Intensity in its centre.

We classified the change patches into 24 types. The classification was based on the phenomena that caused the changes. These are related to land use changes due to development or abandonment, or to the change in the use or the maintenance of the green space. A summary and illustration of change types using orthophotos are provided in table 1 and table 2. The most frequent types of increase were spontaneous green growth due to the abandonment of areas and tree canopy growth. The abandonment type affected the largest areas in particular in the 1992-2015 and 1992-2020 periods. Growth changes relating to green roofs and sports fields appeared in the lowest number in the district.

Development of parking lots was the most frequent cause of a decrease in GSI. These appeared in many patches in various locations in public spaces, but particularly on private or institutional plots. The biggest area to register a decrease was affected by greenfield investments for residential use (housing estate development), and the felling of woodland.

SUMMARY

The goal of the research was to analyse the changes in Green Space Intensity based on satellite images in Zugló, Budapest's 14th district, and the areas making up the district. Specifically, this means that the objectives were:

- to determine the dominant direction of change (using statistical and territorial statistical methods)
- to describe the spatial characteristics of changes (by number and by territory of change patches)
- to categorise the changes in types (using a special classification by use of the area).

The results of the study can be summed up in two groups. The methodological conclusions show the results from a technical viewpoint, and the Green Space Intensity conclusions interpret the green infrastructure development of the district.

Methodological results and conclusions:

- The number and area of patches give more insight into the nature of changes than simply the mean of the Green Space Intensity (GSI) change.
- The change types provide more lessons to planners and developers than simply the summed statistical value of change in Green Space Intensity (GSI).
- The increase in satellite image resolution generated more change patches to be observed, which is why the number of patches is higher with the 10m resolution analysis than with the 30m resolution analysis. It is not therefore necessary to draw any conclusions from

2. táblázat/Table 2: Zöldfelület-intenzitás csökkenés-típusok a XIV. kerületben / Types of decrease in Green Space Intensity in the 14th District
A KÉPEK FORRÁSA: ORTOFOTÓ, LECHNER TUDÁSKÖZPONT / IMAGE SOURCE: LECHNER KNOWLEDGE CENTRE

Zöldfelület-intenzitás csökkenését kiváltó jelenségek / Phenomena causing decrease in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás csökkenését kiváltó jelenségek / Phenomena causing decrease in Green Space Intensity		Zöldfelület-intenzitás csökkenését kiváltó jelenségek / Phenomena causing decrease in Green Space Intensity	
Korábban / Earlier (2015)	Később / Later (2019)	Korábban / Earlier (2015)	Később / Later (2019)	Korábban / Earlier (2015)	Később / Later (2019)
10. Lakópark létesítése zöldmezős beruhásként / Construction of a residential area in greenfield investment		11. Parkoló kialakítása / Construction of a parking lot		12. Fás zöldfelület megszűnése / Felling of woodland area	
13. Rekreációs célú fejlesztés / Recreational development		14. Zöldfelület-fejlesztés túlnyomóan épített elemekkel / Green space development with pre-dominantly built elements		15. Ideiglenes zöldfelület-csökkenés / Temporary reduction of green space	
16. Sportcélú fejlesztés / Development for sports purposes		17. Műfüves vagy burkolt sportpálya létesítése / Construction of an artificial turf or paved sports field		18. Közterületi fakivágás / Felling of trees in public areas	
19. Lakóterületi építkezés / Residential construction		20. Korlátozottan látogatható intézmény parkoló-fejlesztése / Parking lot development for a restricted access facility		21. Közterületi parkoló területigénye / Area for public parking	
22. Fák ifjítása, visszametszése / Rejuvenation and pruning of trees		23. Erőteljes zöldfelület kezelés, visszavágás / Intensive green space management		24. Ipari, gazdasági v. kereskedelmi terület létesítése / Industrial, economic or commercial development	

the increase in the number of patches. However, it is worth drawing conclusions from the relative ratio of patches showing an increase or decrease.

Conclusions related to changes in Green Space Intensity:

- If we do not consider the area around the abandoned railway station of Rákosrendező, which provided spontaneous green growth and thus low quality green spaces with invasive species, in both analysed time periods (1992-2015 and 2015-2020), a loss in Green Space Intensity occurred. This was proven by territorial statistics tools and calculations regarding the area of change patches in the district.
- The ratio of patches showing a decrease in green space intensity among all change spots was much higher in the years from 2015 to 2020, than in the 1992-2015 period. In the later period, the area of spots

showing a decrease was also larger than those showing an increase. This means that in these five years, the district experienced more intensive loss in Green Space Intensity than previously.

- The types of changes show that the changes are driven predominantly by the use of green spaces and influenced by their strong investment potential and suitability especially for residential or transport developments. There is a high risk that greenfield investments lead to a decrease in Green Space Intensity, but brownfield investments have the potential to increase Green Space Intensity. ☉



This work is licensed under Creative Commons 4.0 standard licenc: CC-BY-NC-ND-4.0.

- 1 Studio Metropolitan (2006): Pro Verde! Budapest Zöldfelületi Rendszerének Fejlesztési Koncepciója és Programja (egyeztetett dokumentáció), (in English: Development Concept of Budapest's Green Space System) Studio Metropolitana Urbanisztikai Kutató Központ Kht. Budapest
- 2 Studio Metropolitan (2006): A zöldfelületi rendszer állapota és változása Budapest és Budapesti Agglomeráció területén 1990-2005, (in English: The status and changes of green space system in Budapest and in the Budapest Agglomeration) Studio Metropolitana Urbanisztikai Kutató Központ Kht. Budapest
- 3 Ökoplan Kft (1994): Budapest Digitális Zöldfelületi Kataszter, (in English: Green Space Cadastre of Budapest) Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatala Környezetvédelmi Ügyosztálya, Budapest
- 4 M. Szilágyi Kinga (1993): Település zöldfelületi rendszerének vizsgálati és értékelési módszerei (in English: Analysis and assessment methods of municipal green space system), Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Kert és Településépítészeti Tanszék, Budapest, Kandidátusi értekezés
- 5 Gábor Péter, Jombach Sándor, Ongjerth Richárd (2006): Budapest zöldfelületi állapotfelmérése űrfelvételek feldolgozásával (in English: Green space survey of Budapest with satellite image processing), 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest, 4. szám, pp.15-22.
- 6 Gábor Péter, Jombach Sándor, Ongjerth Richárd (2007): A biológiai aktivitás változása Budapesten és a Budapesti Agglomerációban 1990 és 2005 között, (in English: Green space change survey of Budapest with satellite image processing), 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest, 5. szám, pp.21-28.
- 7 Jombach Sándor (2007): Landsat image utilisation in Green Surface intensity Survey of Budapest, microCAD 2007 International Scientific Conference, Miskolci Egyetem Innovációs és Technológia Transzfer Centruma, Miskolc, pp 105-110
- 8 9/2007. (IV. 3.) ÖTM rendelet: a területek biológiai aktivitásértékének számításáról (in English: decree about the calculation of biological activity value of areas)
- 9 Péter Gábor, Sándor Jombach (2008): Zöldfelület Intenzitás és a városi hősziget jelenségének összefüggései Budapesten, (in English: Relations of Green Space Intensity and Urban Heat Island phenomenon in Budapest), Falu Város Régió, Budapest, 2008/1. szám Váti Kht. pp 31-36
- 10 M. Szilágyi Kinga, Báthoryné Nagy Ildikó Réka (2017): Urban Landscape Architecture – Green network research on recreational needs and social care, Városi Tájépítészeti – Zöldhálózat kutatások a rekreációs igények és a szociális ellátás tükrében, Journal of Landscape Architecture and Garden Art – 4D Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat. No. 46. 2017, 2-31
- 11 Jombach Sándor (2012): Térségi vagy települési szintű zöldfelület-intenzitás távérzékelési elemzésének módszere. (in English: Regional or municipal analysis methods of Green Space Intensity with remote sensing), 4D: Tájépítészeti és Kertművészeti Folyóirat Különszám, 219-232.
- 12 Gibson, Paul J. Power Clare H. (2000): Introductory Remote Sensing, Digital Image Processing and Applications, Routledge, London, 2000, pp117-118.
- 13 Jombach Sándor (2011): A 2010. évi Budapesti Zöldfelületi Intenzitás (ZFI) adatbázis leírása, (in English: Description of the Green Space Intensity dataset of Budapest in 2010), BCE, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, Budapest
- 14 Jombach Sándor (2011): Zöldfelület-intenzitás elemzése távérzékeléssel a Budapesti Agglomerációban, (in English: Analysis of Green Space Intensity with Remote Sensing in Budapest Agglomeration) Élhető Települési Táj Kutatási Program, BCE Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék
- 15 Budapest Főváros Önkormányzata (2017): Budapest Zöldinfrastruktúra Koncepciója I. és II. kötetek Helyzetelemzés és értékelés, koncepció. (in English: Green Infrastructure Concept of Budapest, Volume 1. and 2. Status report and assessment, Concept) Budapest, Budapest Főváros Önkormányzata