

ANALÝZA ŠTRUKTÚRY MESTSKEJ ZELENÉ A JEJ ZMIEN V CENTRE BRATISLAVY

Hana Stanková*, Dávid Matula**

* Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, Vedecký park Univerzity Komenského, Univerzita Komenského v Bratislave, stankova@fns.uniba.sk

** Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a DPZ, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava

Analysis of the urban green space structure and its changes in Bratislava city centre

Urban areas are currently facing the consequences of climate change such as floods, droughts, heat waves or increased formation of urban heat islands. To deal with these challenges, growing attention has been paid to the potential role of urban green spaces (UGS). Moreover, green spaces located close to where people live are contributing to restoring mental fatigue, serving as a resource for physical activity, reducing mortality and reducing the stress level. The UGS in Bratislava city has been mapped recently using high resolution Sentinel-2A satellite data. The present study aims to examine the UGS structure in Bratislava city centre in more detail using very high resolution orthophotomaps, as well as identify the UGS changes in the years 2003 to 2013 and reveal the main processes contributing to changes. The area of green spaces decreased by 11 ha during the 10 year period, with the soil sealing being the most important process responsible for 54% of change.

Key words: urban green space, classification system, change detection, city centre, Bratislava, Slovakia

ÚVOD

Problematika mestskej zelene (angl. urban green space, UGS) sa v súčasnosti dostáva stále viac do popredia, predovšetkým v súvislosti s adaptáciou na prebiehajúce klimatické zmeny. Pod pojmom mestská zeleň (MZ) rozumieme časť prostredia mesta, t. j. vegetáciu spojenú so zastavaným územím mesta, s urbanizovanou, priemyselnou a obhospodarovanou krajinou (Dobručka 2009). K pojmu MZ však môžeme nájsť v domácej aj zahraničnej literatúre veľa synonymických výrazov a definícií, ako napr. zeleň, urbánna zeleň, sídelná zeleň, zelená infraštruktúra a pod. Tieto termíny charakterizujú v širšom alebo užšom význame obvykle to isté, aj keď pohľad na skúmaný jav sa mení. Najstručnejšiu definíciu pre MZ poskytuje Šupuka (1984), ktorý pod ňou rozumie plochy umelo zakladané alebo výrazne ovplyvnené človekom, napr. mestské parky, aleje, rekreačné plochy, atď. V podobnom zmysle sa pojem MZ používa aj v zahraničnej literatúre. Napríklad Schipperijn et al. (2010) označujú ako MZ všetky verejné a verejne prístupné otvorené priestranstvá pokryté do veľkej miery vegetáciou, ktoré môžu byť navrhnuté človekom alebo môžu mať prírodný charakter. Z hľadiska územného plánovania sa MZ často definuje ako územie bez architektonického využitia. Napríklad vo Veľkej Británii pracovná skupina pre MZ prijala definíciu, ktorá zahŕňa okrem samotných zelených plôch aj iné prvky mestského prostredia, ako sú námestia, trhoviská, športoviská alebo vodné plochy (Urban Green Space Taskforce 2002). MZ teda môžeme chápať v užšom alebo širšom slova zmysle, pričom užšie chápanie pred-

stavuje plochy pokryté zelenou vegetáciou (prírodnou alebo umelo vysadenou a udržiavanou), kým širšie chápanie zahŕňa aj iné otvorené verejné priestranstvá a otvorené plochy určené na šport a rekreáciu.

Zeleň má v mestskom prostredí nezastupiteľnú úlohu, medzi jej hlavné funkcie patrí produkcia kyslíka a redukcia znečistenia ovzdušia, redukcia hlučnosti, poskytovanie tieňa a ochrany pred vetrom, poskytovanie životného prostredia pre vtáky žijúce na stromoch, zvyšovanie estetickej kvality mestského prostredia, rekreačná funkcia, ako aj aplikácia v architektúre (Rafiee et al. 2009). Od využívania MZ sa tiež očakáva zlepšovanie zdravotného stavu a kvality života mestského obyvateľstva. Rôzne vedecké štúdie dokázali, že zeleň prispieva k zotaveniu z mentálnej únavy, slúži ako zdroj pre fyzickú aktivitu, redukuje úmrtnosť a takisto aj úroveň stresu (Schipperijn et al. 2010). V súčasnosti sa mnoho vedeckých štúdií venuje úlohe MZ pri adaptácii na zmenené klimatické podmienky, či už prostredníctvom znižovania teploty a eliminácie tzv. mestských ostrovov tepla (napr. Emmanuel a Loconsole 2015), alebo prostredníctvom vyrovnávania emisií oxidu uhličitého, predovšetkým v prudko rastúcich čínskych a indických mestách (napr. Chen 2015). Funkcie MZ pri zmierňovaní dosahov klimatických zmien komplexne hodnotili Demuzere et al. (2014).

Keďže zeleň v mestách sa často nachádza v lokalitách s výhodnou polohou, pri rastúcej intenzite zástavby sa dostáva do konfliktu s rôznymi investičnými zámermi, čo vedie k rozličným občianskym iniciatívam bojujúcim za záchranu zelene. Rovnako rastie aj záujem inštitúcií štátnej a verejnej správy o MZ. V rámci Európskej únie sa funkciami MZ a kvalitou života v urbánnych oblastiach zaoberalo viacero výskumných projektov (napr. Greenscom, Greenspace, BUGS, RUROS a URGE). Európska komisia vypracovala osobitnú stratégiu pre zelenú infraštruktúru, ktorá je zameraná na rozvoj zelene v urbánnych a rurálnych oblastiach Európy (European Commission 2013). S koncepčným prístupom k riešeniu otázky MZ sa v posledných rokoch môžeme stretnúť už aj na Slovensku. Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP) zaradila výmeru zelene v sídlach ako jeden z indikátorov trvalo udržateľného rozvoja (SAŽP 2015). Vo viacerých mestách sú súčasťou správnych orgánov oddelenia MZ (v Bratislave vzniklo v roku 2008), ktoré zabezpečujú okrem iných úloh aj starostlivosť o zeleň vo vlastníctve alebo v správe mesta. Mesto Bratislava sa tiež zapojilo do českého projektu Stromy pod kontrolou, ktorý je zameraný na inventarizáciu a zverejňovanie informácií o verejnej zeleni, predovšetkým stromoch. Databáza stromov je dostupná na mapovom portáli projektu (Mapový portál Stromy pod kontrolou 2016).

S cieľom klasifikovať MZ bolo vo svete vypracovaných viacero klasifikačných systémov. K najčastejšie používaným klasifikačným systémom v Európe patrí anglický klasifikačný systém PPG17 (Green Spaces Typology in England) a škótsky klasifikačný systém PAN65 (Types of Space Scotland), v rámci Európskej únie však zatiaľ nedošlo k tvorbe jednotného metodického prístupu. V USA je štandardom klasifikačný systém P17 (Urban Green Space System), v Číne Draft National Standard a v Japonsku klasifikácia Gaoyuan Rangzhong (Wenzheng 2013). Prevažujú hierarchické klasifikačné systémy, ktoré umožňujú mapovanie v rôznych mierkach a jednoduchú generalizáciu.

V rámci Slovenska sa donedávna MZ mapovala len v rámci širšie koncipovaných európskych projektov mapovania krajiny pokrývky CORINE Land Cover (CLC) a Urban Atlas (UA). Legendy tretej hierarchickej úrovne CLC (Feranec et al. 2007), ako aj legenda UA (European Union 2011) však obsahujú iba dve triedy

zahŕňajúce MZ. Rozšírenú verziu legendy CLC obohatenú o štvrtú hierarchickú úroveň vypracovali Feranec a Oťahel (1999), ktorú Kopecká a Rosina (2014) doplnili o piatu hierarchickú úroveň určenú na mapovanie vo veľkých mierkach s minimálnou mapovacou jednotkou (MMU) 0,25 ha. Navrhnutá legenda obsahuje viacero tried MZ a bola aplikovaná v záujmovom území Trnava. Najpodrobnejší klasifikačný systém MZ nedávno vypracovali Rosina a Kopecká (2016) s cieľom mapovať MZ z družicových údajov Sentinel-2A s priestorovým rozlíšením 10 m. Autori definovali celkovo 15 tried MZ z hľadiska jej využitia obyvateľstvom, stupňa kultivácie človekom, ako aj z hľadiska relatívnej polohy voči iným urbánnym objektom.

Na mapovanie MZ podľa dohodnutých klasifikačných systémov sa obvykle využívajú štandardné metódy mapovania krajiny pokrývky. Najjednoduchšiu metódu predstavuje počítačom podporovaná vizuálna interpretácia údajov diaľkového prieskumu Zeme v prostredí GIS, ktorá v súčinnosti s metódou aktualizácie umožňuje aj presnú a relatívne rýchlu identifikáciu zmien (Feranec et al. 2007). Výhodou tejto metódy je pomerne jednoduché určovanie funkcií MZ. Automatizované metódy sú vhodné najmä v prípade mapovania rozsiahlejších území alebo v prípade potreby presného určenia pokrytia územia zeleňou. Funkcie MZ sa v procese automatizovaného mapovania určujú pomerne ťažko, a to aj s využitím podporných informácií. Z tradičných metód automatizovanej klasifikácie založených na pixeloch sa najviac využíva kontrolovaná klasifikácia v spojení s postklasifikačným porovnaním na detekciu zmien MZ (napr. Rafiee et al. 2009 a Zhang et al. 2015). Vzhľadom na nárast produkcie satelitných údajov s veľmi vysokým rozlíšením sa v poslednom desaťročí rozšírila pri mapovaní MZ aj aplikácia klasifikačných metód založených na objektoch (napr. Walker a Briggs 2007, Moskal et al. 2011 a Puissant et al. 2014). Príkladom využitia poloautomatizovaných metód mapovania MZ je metodika Rosinu a Kopeckej (2016), ktorú aplikovali Vátseva et al. (2016) s cieľom detailnej analýzy priestorovej štruktúry MZ v mestách Bratislava a Sofia. Kopecká et al. (2017) hodnotili pomocou tejto metodiky ekosystémové služby MZ v mestách Bratislava, Trnava a Žilina. Pomerne nový zdroj údajov pre mapovanie MZ predstavujú údaje leteckého laserového skenovania, ktoré využil napríklad Smreček (2013) na inventarizáciu stromov a krov v centre Zvolena.

Predkladaný príspevok sa zameriava na využitie tradičných metód vizuálnej interpretácie a aktualizácie na podklade ortofotomáp s veľmi vysokým rozlíšením s cieľom analyzovať a hodnotiť MZ v centre hlavného mesta SR Bratislavy. Prvým čiastkovým cieľom príspevku je adaptácia klasifikačného systému MZ navrhnutého v práci Rosinu a Kopeckej (2016) pre potreby mapovania vo väčších mierkach. Druhým čiastkovým cieľom je identifikácia a klasifikácia typov zmien MZ podľa navrhutej legendy MZ a posledným čiastkovým cieľom je kvantitatívna analýza a hodnotenie zmien MZ v centre Bratislavy počas obdobia rokov 2003 až 2013.

METODIKA

Pri mapovaní MZ v centre Bratislavy sme za základ zobrali klasifikačný systém navrhnutý v práci Rosinu a Kopeckej (2016), ktorý sme adaptovali na mapovanie vo väčších mierkach s využitím digitálnych ortofotomáp s veľmi vysokým rozlíšením (tab. 1). Klasifikačné systémy MZ používané vo svete často obsahujú triedy typické pre určité krajiny alebo oblasti, preto je pri neexistencii jednotného štandardu lepšou voľbou použitie klasifikačného systému prispôbeného našim podmien-

Tab. 1. Návrh klasifikačného systému na mapovanie MZ z digitálnych ortofotomáp s veľmi vysokým rozlíšením, vytvorený adaptáciou klasifikačného systému Rosinu a Kopeckej (2016)

Kód a názov triedy	Popis
1 Udržiavaná (umelá) mestská zeleň (MZ)	
1.1 Udržiavané parky (2)	Areály s podielom stromovej vegetácie viac ako 50 % so spevnenými chodníkmi a trávnikmi.
1.2 Cintoríny (3)	Areály cintorínov prevažne pokryté vegetáciou.
1.3 Verejné záhrady (4)	Areály s trávnikmi a záhonmi pravidelného tvaru, kríkmi, cestičkami a rozptýlenými stromami. Patria sem parkové záhrady (s podielom stromovej vegetácie menej ako 50 %), botanické záhrady a komunitné záhrady.
1.4 MZ na verejných priestranstvách	Zeleň na verejných priestranstvách, ako sú námestia, ulice a promenády, tvorená predovšetkým stromovými alejami, skupinkami stromov a trávnikmi.
1.5 MZ v okolí bytových domov (6)	Verejná zeleň v rezidenčných zónach medzi bytovými domami a/alebo malými komerčnými budovami.
1.6 MZ v okolí rodinných domov (7)	Zeleň v rezidenčných zónach medzi rodinnými domami, pozostávajúca najmä zo súkromných záhrad.
1.7 MZ v areáloch verejných inštitúcií (8)	Zeleň v oblastiach s určitými verejnými službami, ako sú nemocnice, univerzity, školy, internáty, múzeá a galérie, knižnice, divadlá, ZOO a pod. V tejto triede nie sú zahrnuté športové zariadenia ani zariadenia obchodu a služieb.
1.8 MZ v areáloch komerčných inštitúcií	Zeleň v areáloch určených primárne na komerčné účely, ako sú sídla a pobočky štátnych a súkromných spoločností a zariadenia obchodu a služieb. Táto trieda zahŕňa úžitkovú zeleň v okolí kancelárskych budov, obchodných centier, ubytovacích a rekreačných zariadení a pod.
1.9 Zeleň v areáloch športových zariadení (9)	Areály zelene využívané pre športové a rekreačné účely, prevažne pokryté trávou, ako napr. futbalové a golfové ihriská, detské ihriská, atletické ovály, dostihové dráhy a iné.
1.10 Zeleň brehov riek, kanálov a jazier (5)	Areály zelene v okolí riek, kanálov, nádrží a jazier.
1.11 Zeleň v okolí cestnej a železničnej siete (12)	Areály pokryté trávou alebo inou vegetáciou pozdĺž ciest, diaľnic a železníc.
1.12 Zeleň v areáloch priemyselných podnikov (13)	Areály pokryté vegetáciou v podnikoch s priemyselnou produkciou, skladovacích priestoroch, logistických centrách a pod.
1.13 Zeleň v areáloch letísk (14)	Areály zelene na letiskách v okolí štartovacích dráh.

Pokračovanie tab. 1

2 Poľnohospodársky využívaná MZ

2.1 Mozaika polí, lúk a trvalých kultúr (10)	Areály s malými súkromnými parcelami s jednoročnými plodínami, pasienkami, úhorom a/alebo trvalými kultúrami. Patria sem malé súkromné polia pri rodinných domoch a záhradkárske osady.
2.2 Orná pôda, trvalé kultúry a pasienky (11)	Poľnohospodárske areály so znakmi kultivácie. Patria sem areály ornej pôdy, vinice, ovocné sady a pasienky.

3 Prírodná a poloprírodná MZ

3.1 Mestské lesy/neudržiavané parky (1)	Areály s podielom stromovej vegetácie viac ako 50 % bez znakov kultivácie a bez spevnených ciest/chodníkov.
3.2 Ruderálna vegetácia (15)	Areály pokryté trávnyimi porastami, krami a/alebo rozptýlenou stromovou vegetáciou bez znakov nedávnej kultivácie. Areály sú obyčajne heterogénne, zaraďujeme sem trávne porasty, trávne porasty so stromami a krami a opustené plochy.

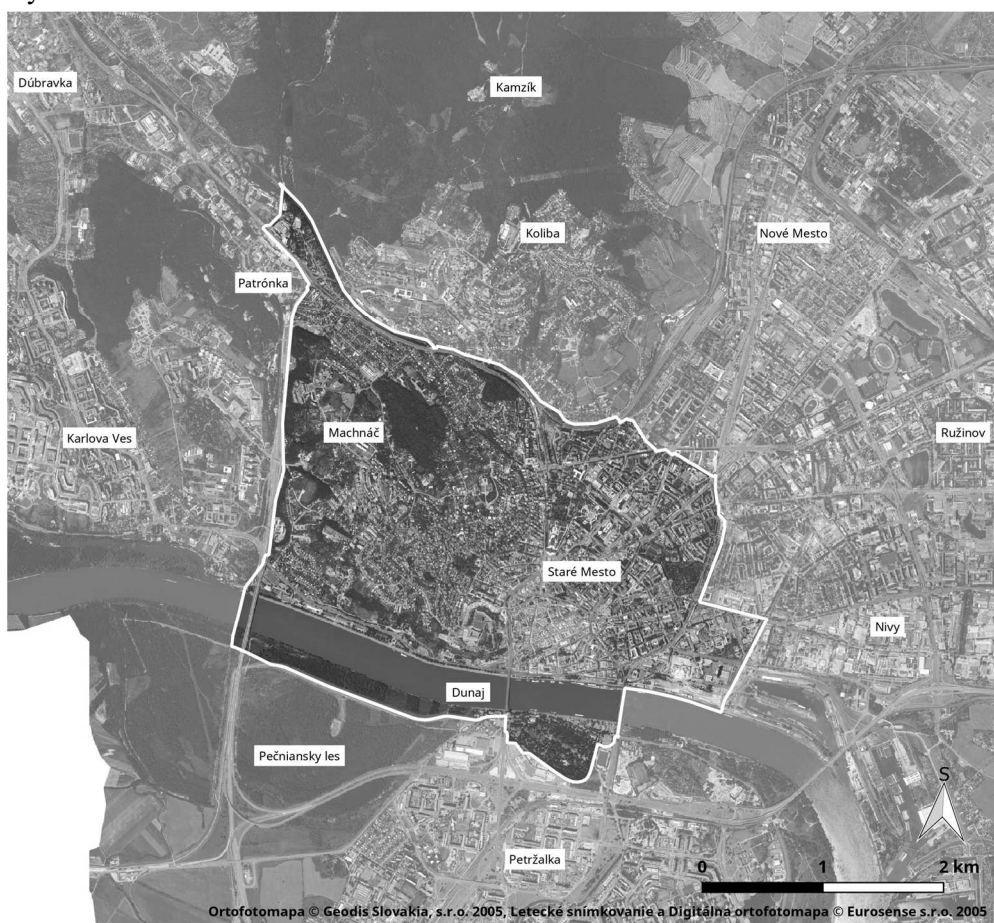
Poznámka: V zátvorkách sú uvedené čísla tried klasifikačného systému Rosinu a Kopeckej (2016). Doplnené triedy sú znázornené kurzívou.

kam. Areály zelene v mestskom prostredí môžeme zaradiť do troch hlavných kategórií – areály umelej zelene človekom vysadenej, resp. udržiavanej, areály zelene využívané primárne na poľnohospodárske účely a areály prírodnej a poloprírodnej (neudržiavanej alebo málo udržiavanej) zelene. Všetky tri kategórie zelene sú v mestskom prostredí človekom vytvorené a ovplyvňované, líšia sa však primárnym účelom a intenzitou zásahov človeka. Areály umelej zelene sú zväčša vytvárané s cieľom skvalitnenia mestského života a sú človekom intenzívnejšie udržiavané. Patria sem napríklad parky, záhrady, vybavenosť zeleňou v okolí bytových a rodinných domov či rôznych verejných aj komerčných inštitúcií. Naopak, primárnym účelom poľnohospodársky využívannej MZ je pestovanie plodín. Tieto areály sú takisto človekom intenzívnejšie udržiavané a patria sem predovšetkým záhradkárske osady a poľnohospodárska pôda v okolí miest. Posledná kategória prírodnej a poloprírodnej MZ predstavuje areály zelene menej ovplyvnené človekom, ktoré vznikli prirodzeným zarastaním nevyužívaných areálov (ruđerálna vegetácia), alebo boli človekom vysadené, ale v súčasnosti nie sú intenzívne udržiavané (mestské lesy a lesoparky).

Do týchto troch kategórií sme zaradili 15 tried klasifikačného systému Rosinu a Kopeckej (2016) spolu s dvomi doplnenými triedami MZ na verejných priestranstvách (1.4) a MZ v areáloch komerčných inštitúcií (1.8). Trieda MZ na verejných priestranstvách (1.4) zahŕňa predovšetkým areály líniovej zelene na uliciach a promenádach, ako aj menšie areály prevažne stromovej zelene na námestiach, ktoré nie sú parkami. Zeleň v okolí kancelárskych budov, sídiel firiem, obchodných centier a zariadení služieb sme zaradili do triedy MZ v areáloch komerčných inštitúcií (1.8). Potreba doplnenia uvedených tried do klasifikačného systému vyplynula z vyššieho rozlíšenia podkladových údajov DPZ umožňujúceho väčšiu detailnosť mapovania. Pri mapovaní MZ v centre Bratislavy bola aplikovaná MMU 300 m²,

čo zodpovedá priestorovej rozlišovacej schopnosti údajov Základnej bázy GIS (ÚGKK SR 2013).

Ako záujmové územie pre aplikáciu klasifikačného systému sme zvolili centrum hlavného mesta SR. Záujmové územie bolo vymedzené zo severnej, západnej a východnej strany hranicami mestskej časti Staré Mesto a z južnej strany od mosta Lafranconi po most SNP dunajskou hrádzou, od mosta SNP po Starý most Sadom Janka Kráľa a od Starého mosta po most Apollo ľavým brehom Dunaja (obr. 1). Rozšírenie záujmového územia na južnej strane umožnilo zahrnúť do hodnotenia areály zelene na oboch brehoch Dunaja, často využívané obyvateľmi aj návštevníkmi centra Bratislavy na rekreačné a športové aktivity. Takto vymedzené územie mesta predstavuje jeho širšie centrum. Centrum mesta v užšom ponímaní by malo poskytovať špecifické funkcie a vyznačovať sa centralitou, ako uvádzajú Ondoš a Korec (2004), ktorí vymedzili centrum Bratislavy pozostávajúce z 21 urbanistických obvodov.



Obr. 1. Poloha záujmového územia v rámci Bratislavy

Mapovanie MZ nadväzovalo na výsledky diplomovej práce Matulu (2015), ktorý mapoval zeleň na území celej Bratislavy kombinovanou metódou objektovo-orientovanej klasifikácie a vizuálnej interpretácie digitálnej ortofotomapy z roku 2003, pričom ako klasifikačný systém použil katalóg tried objektov ZB GIS (UGKK SR, 2013). Na vybranom záujmovom území centra Bratislavy sme všetky objekty MZ v procese vizuálnej interpretácie zaradili do tried podľa navrhnutého klasifikačného systému MZ, pričom sme okrem vlastných vedomostí o danom území využívali aj prídavné informácie ako napr. mapový klient ZB GIS, nástroj Google Street View, informácie z literatúry a pod. Pri interpretácii areálov tried 1.8, 1.9 sme zjednodušene určovali tiež prístupnosť areálu MZ pre verejnosť na základe prítomnosti oplotenia. Areály tried 1.6, 1.12, 1.13 a 2.1 sme považovali za súkromnú zeleň, areály ostatných tried za verejne prístupnú zeleň. Detailné zisťovanie prístupnosti všetkých zelených plôch by si vyžadovalo terénny prieskum.

Podobným spôsobom prebiehala aktualizácia vrstvy MZ z roku 2003 na stav v roku 2013. Ako podklad sme využili ortofotomapy Bing Aerial z voľne dostupnej webovej mapovej služby Bing Maps od firmy Microsoft. Bing mapy sú spolu s Google Maps, OpenStreetMap a ďalšími webovými mapovými službami (WMS) prístupné v technologickom prostredí QGIS prostredníctvom zásuvného modulu OpenLayers, ktorý využíva knižnicu OpenLayers na zobrazovanie WMS služieb. Uvedené riešenie využíva voľne dostupné programy a technológie, čo robí aktualizáciu starších mapových podkladov prístupnú pre široký okruh používateľov. Problematické pri takomto postupe môže byť datovanie ortofotomáp z voľne dostupných mapových služieb. Približné obdobie snímkovania však môžeme určiť podľa v tom čase prebiehajúcich stavebných zásahov. Napríklad developerský projekt Panorama City je na ortofotomapách Bing v počiatočných štádiách výstavby, ktoré boli podľa webovej stránky projektu realizované na jeseň 2013.

Nasledujúcim krokom bola detekcia zmien MZ počas rokov 2003 až 2013 topologickým prekrytím oboch vrstiev MZ, pričom sme vylúčili zmeny menšie ako 150 m². Na rozdiel od detekcie zmien krajinej pokrývky, vrstvy MZ nepokrývajú celé záujmové územie, preto okrem zmien medzi areálmi MZ môže dochádzať aj k vzniku, resp. zániku areálov MZ. Pri celkovom počte 17 tried MZ môže teoreticky dôjsť k 272 rôznym zmenám medzi areálmi MZ a vzniku, resp. zániku 17 tried MZ, čo predstavuje spolu až 306 rôznych zmien. Väčšina z týchto teoretických zmien sa pri prekrytí reálnych vrstiev nevyskytne, ale výsledný počet zmien sa môže pohybovať v niekoľkých desiatkach, čo sťažuje konvenčnú vizualizáciu, ako aj interpretáciu výsledkov. Z tohoto dôvodu sa pristupuje k agregácii zmien do skupín, napríklad na základe príbuznosti procesov, ktoré zmeny v krajine spôsobili, alebo charakteristických stavov krajiny po uskutočnených zmenách (Cebecauerová a Cebecauer 2005). Vychádzajúc z navrhutej legendy MZ sme identifikovali päť základných typov zmien podľa procesov prebiehajúcich v mestskom prostredí:

1) Izolácia pôdy zastavaním (soil sealing) – predstavuje zánik areálov všetkých tried MZ na úkor výstavby, t. j. prekrytie povrchu pôdy nepriepustnými materiálmi. Teoreticky môže MZ zaniknúť aj v prospech vodných plôch alebo tokov, takéto prípady sú však v našich mestách zriedkavé.

2) Vznik umelej MZ – predstavuje zakladanie a budovanie nových areálov umelej MZ, ktoré môžu vzniknúť na pôvodne zastavaných areáloch (vznik tried 1.x) alebo na areáloch poľnohospodársky využívaných či prírodnej a poloprírodnej MZ (zmena tried 2.x a 3.x na 1.x).

3) Transformácia umelej MZ – predstavuje konverziu jednej triedy umelej MZ na inú triedu umelej MZ (zmeny medzi triedami 1.x). Príkladom môže byť vybudovanie futbalového ihriska v areáli školy (zmena triedy 1.7 na triedu 1.9).

4) Vznik/transformácia poľnohospodársky využívanej MZ – zahŕňa vznik a transformáciu poľnohospodársky využívaných areálov v mestskom prostredí (vznik tried 2.x, zmena tried 1.x a 3.x na 2.x, zmeny medzi triedami 2.x). Ako príklad môžeme uviesť zakladanie viníc na predtým neudržiavaných areáloch zarastených trávnyimi porastami a krami (zmena triedy 3.2 na triedu 2.2). Vznik viníc a poľnohospodársky využívaných areálov na pôvodne zastavaných areáloch je teoreticky tiež možný, ale na rozdiel od opačného procesu veľmi ojedinelý.

5) Sekundárna sukcesia – zahŕňa rôzne štádiá sekundárnej sukcesie na neudržiavaných areáloch, od prvých štádií zarastania opustených plôch po zbúraní budov ruderálnou vegetáciou alebo zarastania opustenej poľnohospodárskej pôdy burinovou vegetáciou, až po neskoršie štádiá zarastania neudržiavaných areálov krami a stromami (vznik tried 3.x, zmena tried 1.x a 2.x na 3.x, zmeny medzi triedami 3.x).

Rozdelenie zmien do uvedených typov je bližšie špecifikované v konverznnej tabuľke zmien (tab. 2).

Uvedený metodický postup umožnil detailné hodnotenie zmien rôznych typov MZ spojené s identifikáciou kľúčových procesov pôsobiacich v záujmovom území. Vytvorené mapy MZ a jej zmien sme sprístupnili pre verejnosť na mapovom portáli VP UK (Mapový portál projektu VP UK 2016), ktorý umožňuje porovnanie priestorových údajov o MZ so širokou paletou ďalších priestorových údajov o krajine pokrývke, znečistení ovzdušia či zdravotnom stave obyvateľstva. Funkcionálna mapového portálu je bližšie popísaná v práci Benovej a Feciskanina (2014).

VÝSLEDKY

Základný prehľad o priestorovej distribúcii MZ v centre Bratislavy v roku 2013 podáva mapa na obr. 2 (podrobnejší prehľad ponúkajú výstupy na mapovom portáli VP UK). Štruktúra MZ v centre Bratislavy sa v období rokov 2003 až 2013 výrazne nezmenila (tab. 3). Najväčšiu rozlohu zaberali súkromné záhrady v okolí rodinných domov (1.6) a mestské lesy/nekultivované parky (3.1), ktoré spolu tvorili takmer polovicu rozlohy MZ. Tieto typy MZ sú lokalizované takmer výlučne v západnej, kopcovitej časti študovaného územia. Západná časť centra Bratislavy je teda celkovo zelenšia a menej zastavaná. Najväčším nekultivovaným parkom v tejto časti mesta je Horský park. Vyše 10 % celkovej rozlohy MZ zaberá zeleň brehov riek, kanálov a jazier (1.10) sústredená predovšetkým v južnej časti študovaného územia na brehu rieky Dunaj z petržalskej strany. Významná z hľadiska rozlohy je aj MZ v okolí bytových domov (1.5) a MZ v areáloch verejných inštitúcií (1.7). Spomedzi verejných inštitúcií v centre Bratislavy sa najviac zelene nachádza v okolí Bratislavského hradu, takisto aj školy, ako napr. STU na Radlinského ulici alebo VŠVU na Drotárskej ulici, sú vybavené zeleňou. Verejne prístupná MZ v podobe parkov (1.1), cintorínov (1.2) a verejných záhrad (1.3) je lokalizovaná najmä vo východnej a južnej časti študovaného územia. Najväčšiu kultivovanú rekreačnú plochu predstavuje Sad Janka Kráľa s rozlohou vyše 23 ha, ktorý spolu s príľahlou zeleňou na petržalskom brehu rieky Dunaj tvorí významnú rekreačnú oblasť pre obyvateľov a návštevníkov centra Bratislavy. Najväčším cintorínom je Ondrejský cintorín a najväčšia verejná parková záhrada sa nachádza na námestí Slobody.

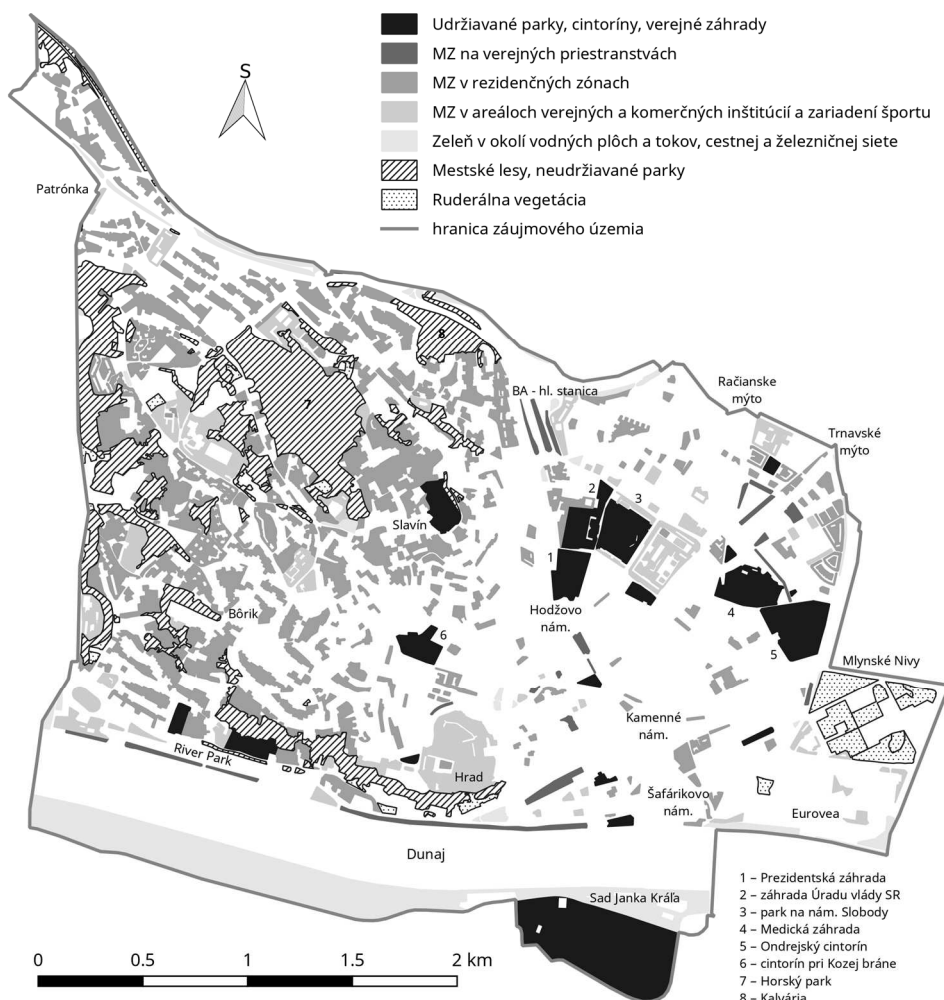
Tab. 2. Konverzná tabuľka zmien tried MZ

		2013																	
	zánik	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	2.1	2.2	3.1	3.2	
2003	vznik	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	5	5	
	1.1	1	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.2	1	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.3	1	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.4	1	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.5	1	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.6	1	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.7	1	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.8	1	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	4	4	5	5	
	1.9	1	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	4	4	5	5	
	1.10	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	4	4	5	5	
	1.11	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	4	4	5	5	
	1.12	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	4	4	5	5	
	1.13	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	4	4	5	5
	2.1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	4	5	5
	2.2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	0	5	5
	3.1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	0	5
	3.2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	5	0

Vysvetlivky:

0 bez zmeny

1	izolácia pôdy zastavaním (soil sealing)
2	vznik umelej MZ
3	transformácia umelej MZ
4	vznik/transformácia poľnohospodársky využívanej MZ
5	sekundárna sukcesia



Obr. 2. Mestská zeleň v centre Bratislavy v roku 2013

Pomerne veľkú rozlohu zaberala v rokoch 2003 až 2013 ruderalná vegetácia (3.2), počas sledovaného obdobia sa však zmenila jej lokalizácia. Kým v roku 2003 sa opustené plochy zarastajúce vegetáciou nachádzali najmä v kopcovitej západnej časti územia, v roku 2013 sa najväčšia plocha ruderalnej vegetácie (vyše 12 ha) nachádzala vo východnej časti v areáli bývalej továrne Kablo oproti autobusovej stanici Mlynské Nivy. V tomto areáli investor plánoval výstavbu projektu Twin city, ktorá však začala až v roku 2014. Najmenšiu rozlohu spomedzi areálov MZ zaberala zeleň v areáloch a športových zariadení (1.9).

Tab. 3. Rozloha a podiel jednotlivých tried na rozlohe MZ v centre Bratislavy v rokoch 2003 až 2013

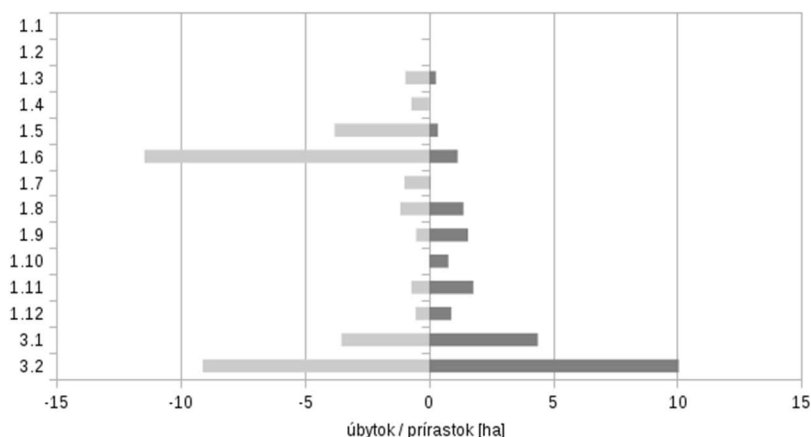
Kód	Rozloha (ha)		Podiel na rozlohe (%)	
	2003	2013	2003	2013
1.1	29,94	29,94	7,40	7,60
1.2	13,98	13,98	3,45	3,55
1.3	12,75	12,07	3,15	3,06
1.4	8,33	7,62	2,06	1,93
1.5	38,19	34,74	9,43	8,82
1.6	103,50	93,18	25,57	23,65
1.7	31,21	30,25	7,71	7,68
1.8	6,73	7,73	1,66	1,96
1.9	2,05	2,82	0,51	0,72
1.10	43,72	44,79	10,8	11,37
1.11	8,01	8,36	1,91	2,12
3.1	91,40	92,25	22,58	23,42
3.2	15,30	16,23	3,78	4,12
Spolu	404,86	393,96	100,00	100,00
VP	292,48	291,19	72,24	73,91

Vysvetlivky: VP – verejne prístupná MZ.

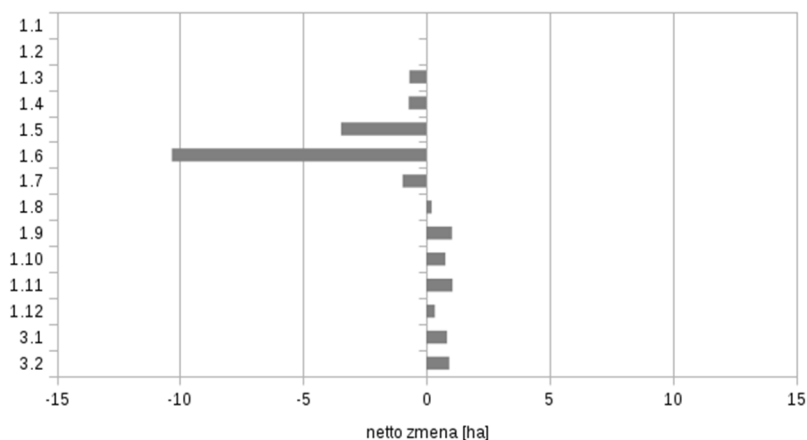
V roku 2013 tvorila MZ celkovo 36 % z rozlohy študovaného územia, čo je podľa očakávaní menej ako priemerná hodnota na celom území Bratislavy, kde bol v roku 2015 zaznamenaný podiel MZ až 46,5 % (Kopecká et al. 2017). Z celkovej rozlohy MZ v centre mesta tvorí viac ako 70 % verejne prístupná zeleň, zvyšnú časť predstavuje súkromná zeleň situovaná predovšetkým v záhradách rodinných domov.

V sledovanom období sa celková rozloha zelene zmenšila zo 405 ha v roku 2003 na 394 ha v roku 2013, čo predstavuje pokles o takmer 11 ha. Najväčší úbytok nastal v triede MZ v okolí rodinných domov (obr. 3), nasledovanej triedou ruderalnej vegetácie, ktorá však zaznamenala ešte väčší prírastok, takže celková bilancia zmien (netto zmena) bola pozitívna (obr. 4). Trieda ruderalnej vegetácie prešla najväčšími zmenami spomedzi všetkých sledovaných tried. Pomerne vysoký prírastok aj úbytok rozlohy sme identifikovali tiež pri triede mestské lesy/neudržiavané parky a významný úbytok nastal aj pri MZ v okolí bytových domov. Mestské parky ani cintoríny sa v sledovanom období nezmenili.

Najväčší absolútny pokles rozlohy nastal v už spomínanej triede MZ v okolí rodinných domov, výrazne klesla takisto rozloha MZ v okolí bytových domov. Negatívnu bilanciu zmien sme zaznamenali aj v triedach MZ v areáloch verejných inštitúcií, MZ na verejných priestranstvách a verejných záhrad. Rozloha zelene v ostatných triedach (s výnimkou mestských parkov a cintorínov) vzrástla.



Obr. 3. Prírastky a úbytky jednotlivých tried MZ
v centre Bratislavy v rokoch 2003 až 2013



Obr. 4. Netto zmeny jednotlivých tried MZ
v centre Bratislavy v rokoch 2003 až 2013

Detailná analýza zmien MZ (tab. 4) umožnila identifikovať najvýznamnejšie zmeny a procesy v študovanom území. Plošne najväčšiu zmenu predstavoval už spomínaný zánik MZ v okolí rodinných domov. Takmer výlučne išlo o zánik súkromných záhrad (v mnohých prípadoch neudržiavaných) na úkor výstavby nových rodinných domov a bytoviek. Výstavba prebiehala najmä na nezastavaných parcelách v kopcovitých častiach Starého Mesta v blízkosti Horského parku, Kalvárie, Bôrika a Železnej studienky. V prospech výstavby zanikli tiež niektoré lesné porasty (bytové domy pri Drotárskej ceste, začínajúca výstavba na Žižkovej ulici, rozostavaná budova na Chalupkovej ulici a pod.) a plochy ruderálnej vegetácie (bytové domy na Drotárskej ceste, administratívna budova CEOP v Slávičom údolí, rodinné domy). MZ v okolí bytových domov musela na niektorých miestach ustúpiť výstavbe polyfunkčných budov (City Business Centre na Karadžičovej ulici) alebo

Tab. 4. Zmeny MZ v centre Bratislavy v rokoch 2003 až 2013 (v ha)

2013																
	zánik	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	3.1	3.2	spolu	úbytok
vznik	-	0	0	0,27	0	0,34	0,29	0	2,36	0,06	1,78	0,89	0	10,06	16,05	-
1.1	0	29,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29,94	0
1.2	0	0	13,98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,98	0
1.3	0,96	0	0	11,80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,75	0,96
1.4	0,39	0	0	0	7,62	0	0	0	0,32	0	0	0	0	0	8,33	0,71
1.5	3,81	0	0	0	0	34,38	0	0	0	0	0	0	0	0	38,19	3,81
1.6	11,45	0	0	0	0	0,02	92,03	0	0	0	0	0	0	0	103,50	11,47
1.7	0,28	0	0	0	0	0	0	30,22	0	0,71	0	0	0	0	31,21	0,99
1.8	1,69	0	0	0	0	0	0	0	5,05	0	0	0	0	0	6,73	1,69
1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,05	0	0	0	0	2,05	0
1.10	0,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43,01	0	0	0	43,72	0,71
1.11	0,24	0	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	7,47	0	0	7,75	0,27
3.1	3,36	0	0	0	0	0	0,17	0	0	0	0	0	87,87	0	91,40	3,53
3.2	4,05	0	0	0	0	0	0,69	0	0	0	0	0	4,38	6,17	15,30	9,12
spolu	26,95	29,94	13,98	12,07	7,62	34,74	93,18	30,25	7,73	2,82	44,79	8,36	92,25	16,23		33,27
prírastok	-	0	0	0,27	0	0,36	1,15	0,03	2,68	0,77	1,78	0,89	4,38	10,06	22,37	

Poznámka: Sivou farbou sú zvýraznené zmeny väčšie ako 1 ha.

d'alších obytných budov (Tajovského ulica). Spolu počas desiatich rokov zaniklo takmer 27 ha MZ, ktorá ustúpila výstavbe. Proces zániku areálov MZ sme preto charakterizovali ako izoláciu pôdy zastavaním (soil sealing; tab. 5). Tento typ zmeny bol jednoznačne najvýznamnejší spomedzi identifikovaných typov zmien a podieľal sa na viac ako polovici celkovej rozlohy zmien MZ.

Tab. 5. Typy zmien MZ v centre Bratislavy v rokoch 2003 až 2013

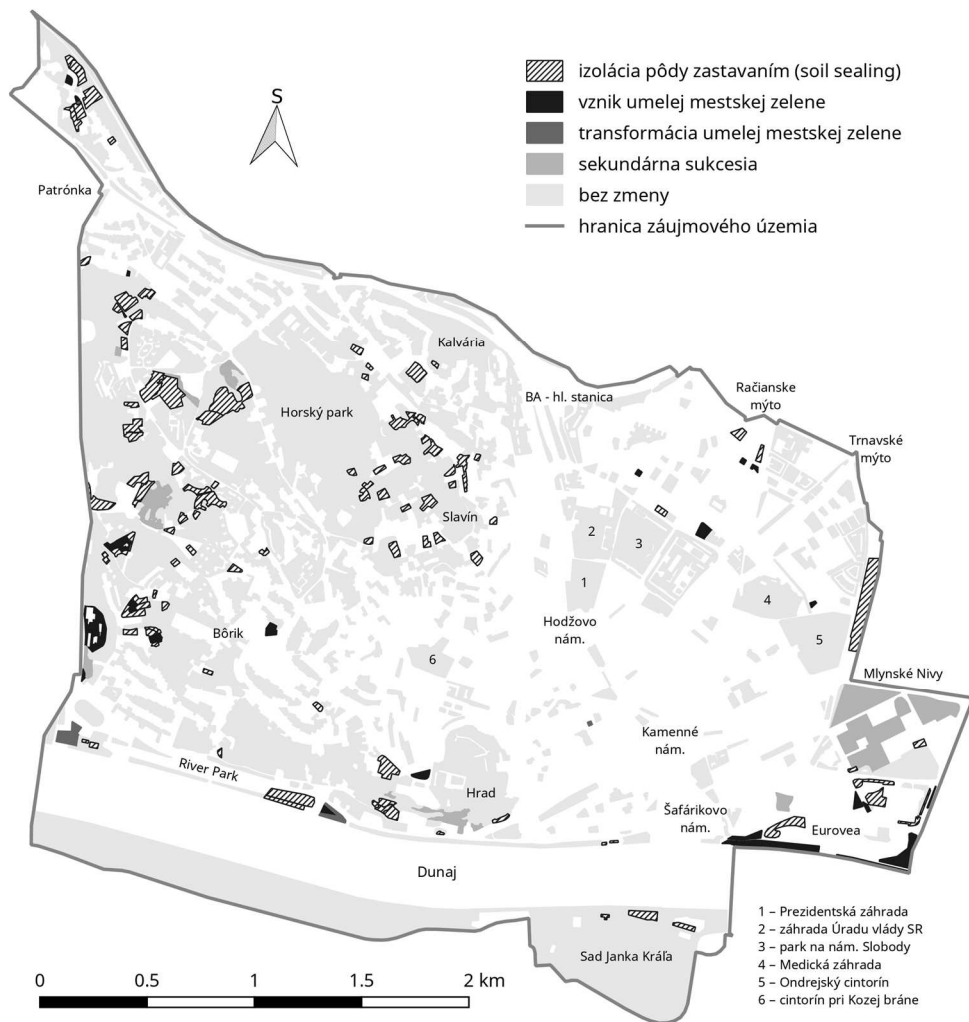
	Názov	Rozloha (ha)	Podiel (%)
0	bez zmeny	371,58	-
1	soil sealing (izolácia pôdy zastavaním)	26,95	54,64
2	vznik umelej MZ	6,85	13,90
3	transformácia umelej MZ	1,08	2,20
5	sekundárna sukcesia	14,44	29,27
Zmeny spolu		49,32	100,00

Ďalším významným typom zmeny bola sekundárna sukcesia, ktorá sa prejavila na 14 ha. Vo svojich raných štádiách predstavuje sekundárna sukcesia protiklad k procesu zástavby, pretože k nej dochádza najčastejšie po zbúraní budov, keď sa daný areál prestane využívať (väčšinou dočasne). V centre Bratislavy došlo v období rokov 2003 až 2013 k zbúraní viacerých budov v areáli bývalej továrne Kablo, čo prispelo k vzniku vyše 10 ha ruderalnej vegetácie. Neskoršie štádiá sukcesných procesov sme zaznamenali v západnej časti územia, ale takisto na južných svahoch hradného vrchu, kde trávne porasty postupne zarastajú krovinami a stromami. Je potrebné poznamenať, že možnosti identifikácie prirodzenej sukcesie z ortofotomáp sú obmedzené a na presnú identifikáciu jednotlivých štádií sukcesie by bol potrebný odborný terénny prieskum.

Okrem prírodnej a poloprírodnej MZ vznikala v období rokov 2003 až 2013 aj umelá MZ, predovšetkým na brehoch rieky Dunaj v areáli nákupného strediska Eurovea. K výsadbe novej zelene došlo aj v areáli ubytovacieho zariadenia Generálneho riaditeľstva Zboru väzenskej a justičnej stráže (GR ZVJS) v Mlynskej doline, ktoré však nie je prístupné pre verejnosť. Takisto pribudla jedna komunitná záhrada na Sasinkovej 21. Najmenej výrazným procesom bola v sledovanom období transformácia umelej MZ, teda zmeny medzi jednotlivými triedami umelej MZ. Spolu prešlo zmenami až 49 ha MZ.

Celkový pohľad na priestorové rozloženie zmien MZ prebiehajúcich v centre Bratislavy v sledovanom období ponúka mapa na obr. 5. K izolácii pôdy zastavaním dochádzalo predovšetkým v svahovitej západnej časti územia, ale takisto aj v južnej časti v blízkosti rieky Dunaj. Nová MZ vznikala najmä na západnom a východnom okraji študovaného územia. V historickom centre mesta nedochádza k významným zmenám, keďže jeho štruktúra je viacmenej stabilná. Na Hlavnom námestí došlo v sledovanom období k výrubu dvoch väčších stromov, ktoré boli nahradené mobilnou zeleňou v kvetináčoch, takéto drobné zmeny však boli pod rozlišovacou úrovňou mapovania. Detailné mapovanie bodovej a líniovej zelene sa

realizuje terénnym prieskumom, obhliadku jednotlivých stromov vykonávajú pracovníci magistrátu hlavného mesta z oddelenia životného prostredia a mestskej zelene.



Obr. 5. Typy zmien MZ v centre Bratislavy v rokoch 2003 až 2013

DISKUSIA

Pri hodnotení MZ je potrebné brať do úvahy, že nie všetky areály zelene sú prístupné verejnosti. Najrozsiahlejšie zelené plochy v mestskom prostredí obyčajne predstavujú súkromné záhrady (Mathieu et al. 2007). Tento typ MZ prevažuje aj v Bratislave, a to nielen v centre, ale na území celého mesta (Kopecká et al. 2017). Súkromné záhrady majú vďaka svojej rozlohe veľký vplyv na mikroklimu mesta a subjektívne vnímanie teplôt, ako aj na biodiverzitu. Z hľadiska environmentálne-

ho zdravia sú však dôležitejšie verejné zelené plochy, ktoré poskytujú miesto na zotavenie a relax pre široké vrstvy obyvateľstva. Patria medzi ne mestské lesy a parky, cintoríny, verejné záhrady, MZ na verejných priestranstvách, MZ v areáloch verejných inštitúcií, ako aj MZ brehov riek, kanálov a jazier a MZ v okolí cestnej a železničnej siete. Väčšina areálov MZ v okolí bytových domov je takisto verejne prístupná. Prístupnosť zelene v areáloch komerčných inštitúcií a športových zariadení závisí od typu prevádzky. Neprístupné môžu byť napríklad oplotené areály niektorých sídiel firiem, hotelov, rekreačných zariadení a komerčných športových prevádzok.

Dôležitosť určovania prístupnosti MZ pre verejnosť sa ukázala pri hodnotení zmien, keď sme zaznamenali pokles o 11 ha, z toho však len 1,3 ha tvorila verejne prístupná zeleň. Pokles rozlohy súkromnej zelene sa v drvivej väčšine týkal zastavania bývalých záhrad v západnej časti mesta. Ako uvádza Suška (2012), v tejto časti mesta ide tradične o výstavbu nadštandardných a luxusných bytov. Prírastok bytov v období rokov 2003 až 2009 v MsČ Bratislava-Staré Mesto bol pritom približne na úrovni prírastku v rokoch 1996 až 2003, kým v ostatných častiach Bratislavy sa stavebná aktivita v poslednom hodnotenom období zvýšila. Autor tento fakt vysvetľuje súťažou rezidenčnej zástavby v konkurencii s ďalšími funkciami charakteristickými pre centrá miest, ako aj obmedzenia vyplývajúce z rešpektovania plošnej pamiatkovej ochrany.

Jedným z problematických aspektov hodnotenia zmien MZ je posudzovanie sekundárnej sukcesie, ktorá predstavuje dynamický proces a v tomto kontexte nemôžeme jednoznačne hovoriť o prírastkoch zelených plôch. K raným štádiám sukcesie obvykle dochádza na miestach zbúraných budov v prechodnom období, keď vlastníak pozemku alebo investor zhromažďuje finančné zdroje a vybavuje potrebné povolenia na výstavbu. Typickým príkladom je areál bývalej továrne Kablo, kde v období rokov 2003 až 2013 vzniklo vyše 10 ha porastov ruderalnej vegetácie, avšak hneď v nasledujúcom roku 2014 začala výstavba projektu Twin City s navrhnutými zelenými plochami predovšetkým na strechách a v interiéri budov. Po zohľadnení tejto skutočnosti sa celkový pokles rozlohy MZ bude pohybovať na úrovni okolo 20 ha a úbytok rozlohy verejne prístupnej MZ dosiahne najmenej 11 ha.

Neskoršie štádiá sukcesie zase často nastávajú na pozemkoch, ktoré sú v katastri nehnuteľností evidované ako vinice alebo záhrady, ale reálne sa na tento účel nevyužívajú a postupne zarastajú krovinami a lesom. K takýmto prípadom dochádza nielen v centre mesta, ale najmä v jeho okrajových častiach, kde sa vlastníci pozemkov buď nevedia dohodnúť, alebo ešte častejšie pozemok zámerne nechávajú nevyužitý, pričom sa usilujú o jeho zmenu na stavebný pozemok a následný predaj za vyššiu cenu. Uvedený trend sa v meste Bratislava prejavuje najmä na svahoch Malých Karpát, kde dochádza k pustnutiu a následnému zastavaniu areálov viníc. Podľa Šušku (2012) vzniklo len v rámci troch projektov vilových domov v najlukratívnejšej časti takmer 400 bytov. Sekundárna sukcesia sa okrem toho prejavuje aj na pozemkoch vo vlastníctve mesta, ktoré nemajú špecifické využitie, najmä z dôvodu lokalizácie v prudkom svahovitom teréne, preto nie sú udržiavané a postupne zarastajú (napr. južné svahy hradného vrchu).

Zistené poznatky o poklese rozlohy MZ sú v súlade s výsledkami štúdií niektorých autorov, ktoré boli realizované automatizovanými metódami na väčších územiach. Raffie et al. (2009) identifikovali pokles rozlohy MZ v iránskom meste Mashad v období rokov 1987 až 2006 o vyše 30 km². Autori hodnotili tiež krajinné

vzory a zistili nárast izolovanosti a fragmentácie areálov MZ. Podobný prístup zvolili Zhang et al. (2015) pri štúdií z územia čínskeho hlavného mesta Peking, kde v období rokov 2000 až 2010 poklesla rozloha MZ až o 199 km². V globálnom meradle však podiel MZ v čínskych mestách v období rokov 1989 až 2009 vzrástol, ako uvádzajú autori štúdie realizovanej na vzorke 286 čínskych miest (Zhao et al. 2013). Na základe lineárnej regresnej analýzy autori odhalili pozitívny vplyv urbanizácie na pokryvnosť zeleňou v mestách, čo sa môže zdať na prvý pohľad v rozpore s inými štúdiami, avšak vysvetlením môžu byť dlhodobé investície do zelenej infraštruktúry v kombinácii s podporou plánovania a politik. K podobným záverom dospeli aj Dallimer et al. (2011) v prípadovej štúdií vysoko urbanizovaného regiónu Anglicka, kde v 12 z 13 miest rozloha MZ v rokoch 1991 až 2006 vzrástla, avšak väčšina nárastu sa udiala do roku 2001, po ktorom rozloha MZ naopak klesala. Zmena trendu súvisela s politickou reformou z roku 2000, ktorá favorizovala zahusťovanie zástavby. Uvedená štúdia je príkladom responzívnej povahy zmien mestskej krajiny a dokazuje zásadný vplyv politického rozhodovania na životné prostredie obyvateľov mesta.

Na území Slovenska množstvo zelene v mestských sídlach donedávna sledovala SAŽP (2015), pričom od roku 2007 do roku 2012 zaznamenávala mierne rastúci trend. Štúdia zmien urbanizovaných areálov na území Bratislavského kraja aplikáciou údajov Urban Atlas (Pazúr et al. 2015) ukázala tiež nárast rozlohy areálov MZ v rokoch 2006 až 2012, na ktorom sa však podieľali predovšetkým okresy Malacky, Pezinok a Senec poznačené procesom suburbanizácie. V okresoch Bratislava I až V neboli zaznamenané výrazné prírastky ani úbytky MZ.

Nevýhodou predchádzajúcich štúdií MZ a jej zmien je absencia informácií o štruktúre MZ a povahe jej zmien. Typológia MZ je najviac rozvinutá v mestskej samospráve a v odbornej literatúre vo Veľkej Británii. V prípadovej štúdií z mestskej aglomerácie Merseyside autori Pauleit et al. (2005) rozlíšili sedem tried MZ a porovnaním leteckých snímok z roku 1975 a 2000 zistili pokles rozlohy MZ vo všetkých mestách, pričom za najvýznamnejšiu príčinu strát MZ označili zástavbu súkromných záhrad. Dalším významným procesom bola zástavba predtým nevyužívaných parciel v hustejšie zastavaných častiach mesta. Uvedené výsledky sú v súlade s výsledkami hodnotenia zmien MZ v centre Bratislavy. Súvislosť ubúdania zelene s procesom zástavby podčiarkujú aj výsledky štúdie Kopeckej et al. (2015), ktorá hodnotila zmeny hustoty zástavby na báze celoeurópskych údajových vrstiev HRL Imperviousness. Na území okresu Bratislava I bol len v rokoch 2006 až 2009 zaznamenaný nárast nepriepustných plôch až o 15 ha.

Hodnotenie MZ nie je úplné bez jej posúdenia vo vzťahu k obyvateľstvu. Zeleň totiž patrí k dôležitým faktorom kvality mestského života. Zmeny v mestskom prostredí Bratislavy po roku 1989 a vnímanie týchto zmien obyvateľmi hodnotili napríklad Ira (2003) a Ira a Andráško (2008). Bratislava je často svojimi obyvateľmi vnímaná ako mesto s nedostatkom zelene a zelených plôch v porovnaní s inými európskymi mestami. Chýbajú tu široké promenády s alejami stromov alebo veľký park v širšom centre mesta. Pri výstavbe nových polyfunkčných budov alebo bytových domov sa zeleň väčšinou plánuje len v najbližšom okolí budov, nevznikajú žiadne nové parky s vyrastenou zeleňou a zachovanie existujúcich parčíkov je často výsledkom občianskeho aktivizmu. Málo projektov tiež počíta so zelenými strechami. Na druhej strane Bratislava profituje z blízkosti Malých Karpát, ktoré poskytujú dostatok priestoru na rekreáciu v prírodnom prostredí. Objektívnejšiemu hodnoteniu MZ vo vzťahu k obyvateľstvu by pomohlo napríklad určenie podielu

MZ a verejne prístupnej MZ v jednotlivých základných sídelných jednotkách a porovnanie týchto údajov s výsledkami sčítania obyvateľstva, domov a bytov, určenie časovej dostupnosti väčších areálov zelene, identifikácia areálov s vyrastenou stromovou zeleňou s najväčšími mikroklimatickými a ozdravnými účinkami a podobne.

ZÁVER

MZ na území Bratislavy bola nedávno komplexne zmapovaná na podklade satelitných snímok Sentinel-2A s vysokým rozlíšením (Rosina a Kopecká 2016 a Vátseva et al. 2016). V predkladanom príspevku sme sa zamerali na detailnejšie mapovanie priestorovej distribúcie a štruktúry MZ v centre Bratislavy a analýzu časových zmien MZ v rokoch 2003 až 2013. Na tento účel sme klasifikačný systém MZ navrhnutý v práci Rosinu a Kopeckej (2016) adaptovali na mapovanie vo väčších mierkach s využitím ortofotomáp s veľmi vysokým rozlíšením. Na základe upraveného klasifikačného systému sme navrhli konverznú tabuľku, ktorá umožňuje agregáciu zmien do piatich základných typov podľa procesov prebiehajúcich v mestskom prostredí. Výsledky mapovania MZ a jej zmien v centre Bratislavy sme publikovali pre verejnosť prostredníctvom webových mapových služieb na mapovom portáli projektu VP UK. Popísaný metodický postup je možné aplikovať pri mapovaní zmien MZ v ďalších častiach Bratislavy, ďalších mestách Slovenska alebo okolitých krajín. Realizácia postupu nevyžaduje proprietárny softvér a ako podkladové ortofotomapy sa dajú použiť voľne dostupné webové mapové služby.

Výsledky mapovania ukázali, že v roku 2013 sa zeleň v centre Bratislavy rozprestierala na 394 ha, z toho 291 ha tvorila zeleň prístupná verejnosti. Takmer polovicu rozlohy MZ zaberali súkromné záhrady pri rodinných domoch a mestské lesy/nekultivované parky. Oproti roku 2003 došlo k poklesu rozlohy MZ o takmer 11 ha, na ktorom mala najväčší podiel výstavba nových rodinných domov a bytoviek v areáloch súkromných záhrad. Izolácia pôdy zastavaním (soil sealing) bola najvýznamnejším procesom spôsobujúcim zmeny MZ a tvorila viac ako polovicu z celkovej rozlohy zmien. Ďalej v študovanom území prebiehali procesy sekundárnej sukcesie, pri ktorých nevyužívané plochy zarastali ruderalnou vegetáciou. Na lukratívnych pozemkoch však spravidla ide len o dočasný proces, k trvalému zarastaniu vegetáciou dochádza len na ťažko prístupných plochách. Celkovo môžeme pozorovať trend postupného ubúdania MZ a zahusťovania zástavby predovšetkým v menej zastavanej časti centra mesta. Najväčším prínosom z hľadiska MZ bol pre centrum mesta projekt Eurovea, ktorý vytvoril pre obyvateľov nové zelené plochy na nábreží Dunaja. V rámci adaptácie na prebiehajúce klimatické zmeny by si malo hlavné mesto dôslednejšie chrániť zelené plochy a posudzovať investičné projekty z hľadiska benefitov pre širší okruh obyvateľstva, nielen pre majiteľov nových bytov alebo nájomcov kancelárskych priestorov. Preto bude analýza MZ vo vzťahu k obyvateľstvu mesta Bratislava cieľom nášho ďalšieho výskumu.

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci projektu Univerzitný vedecký park Univerzity Komenského v Bratislave – 2. fáza, kód ITMS 313021D075, a projektu APVV-0326-11 Hodnotenie kvality geografických informácií pre tvorbu environmentálnych rozhodnutí.

LITERATÚRA

- BENOVÁ, A., FECISKANIN, R. (2014). Hodnotenie webových mapových aplikácií so zameraním na environmentálne zdravie a riziká z hľadiska ich kompozície a funkčnosti. *Acta Geographica Universitatis Comenianae*, 58, 193-227.
- CEBECAUEROVÁ, M., CEBECAUER, T. (2005). Špecifické vizualizácie zmien krajiny pokrývky ako nástroj poznávania krajiny. *Kartografické listy*, 13, 34-42.
- DALLIMER, M., TANG, Z., BIBBY, P. R., BRINDLEY, P., GASTON, K. J., DAVIES, Z. G. (2011). Temporal changes in greenspace in a highly urbanized region. *Biology Letters*, 7, 763-766.
- DEMUZERE, M., ORRU, K., HEIDRICH, O., OLAZABAL, E., GENELETTI, D., ORRU, H., BHAVE, A. G., MITTAL, N., FELIU, E., FAEHNLE, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107-115.
- DOBRUCKÁ, A. (2009). *Metodické prístupy k hodnoteniu vegetačných plôch v urbánnom prostredí*. Doktorská dizertačná práca, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra.
- EMMANUEL, R., LOCONSOLE, A. (2015). Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK. *Landscape and Urban Planning*, 138, 71-86.
- EUROPEAN COMMISSION (2013). *Building a Green Infrastructure for Europe*, [Online]. Dostupné na: http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf [cit: 23-11-2016].
- EUROPEAN UNION (2011). *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, [Online]. Dostupné na: <https://cws-download.eea.europa.eu/local/ua2006/UrbanAtlas2006mappingguidev2final.pdf> [cit: 23-11-2016].
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. (1999). Mapovanie krajiny pokrývky metódou CORINE v mierke 1:50 000: návrh legendy pre krajiny programu Phare. *Geografický časopis*, 51, 19-36.
- FERANEC, J., HAZEU, G., CHRISTENSEN, S., JAFFRAIN, G. (2007). Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy*, 24, 234-247.
- CHEN, W. (2015). The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: a nationwide estimate. *Cities*, 44, 112-120.
- IRA, V. (2003). The changing intra-urban structure of the Bratislava city and its perception. *Geografický časopis*, 55, 91-107.
- IRA, V., ANDRÁŠKO, I. (2008). Quality of life in the urban environment of Bratislava: two time-spatial perspectives. *Geografický časopis*, 60, 149-178.
- KOPECKÁ, M., ROSINA, K. (2014). Identifikácia zmien urbanizovanej krajiny na báze satelitných dát s veľmi vysokým rozlíšením (VHR): záujmové územie Trnava. *Geografický časopis*, 66, 247-267.
- KOPECKÁ, M., ROSINA, K., OŤAHEL, J., FERANEC, J., PAZÚR, R., NOVÁČEK, J. (2015). Monitoring dynamiky zastavaných areálov. *Geographia Slovaca*, 30, 1-98.
- KOPECKÁ, M., SZATMÁRI, D., ROSINA, K. (2017). Analysis of urban green spaces based on Sentinel-2A: case studies from Slovakia. *Land*, 6(2), 25.
- Mapový portál *Stromy pod kontrolou* (2016). [Online]. Dostupné na: <http://www.stromypodkontrolou.cz/map/> [ci: 23-11-2016].
- Mapový portál projektu *Vedeckého parku Univerzity Komenského v Bratislave* (2015). Enviromedicína pre 21.storočie – geografický info-systém a environmentálne zdravie, [Online]. Dostupné na: <https://uvp.geonika.sk/map/> [cit: 23-11-2016].
- MATHIEU, R., FREEMAN, C., ARYAL, J. (2007). Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery. *Landscape and Urban Planning*, 81, 179-192.

- MATULA, D. (2015). *Objektovo-orientovaná klasifikácia a hodnotenie mestskej zelene vo vzťahu k obyvateľstvu*. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Bratislava.
- MOSKAL, L.M., STYERS, D.M., HALABISKY, M. (2011). Monitoring urban tree cover using object-based image analysis and public domain remotely sensed data. *Remote Sensing*, 3, 2243-2262.
- ONDOŠ, S., KOREC, P. (2004). Prehľad a interpretácia stavebného vývoja centra Bratislavy v postsocialistickom období. *Geografický časopis*, 56, 153-168.
- PAULEIT, S., ENNOS, R., GOLDING, Y. (2005). Modelling the environmental impacts of urban land use and land cover change – a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71, 295-310.
- PAZÚR, R., KOPECKÁ, M., FERANEC, J. (2015). Changes of artificial surfaces of Bratislava in 2006 – 2012 identified by the Urban Atlas data. In Bičík, I., Himiyama, Y., Feranec, J., Kupková, L., eds. *Land use/cover changes in selected regions in the world, Vol. 11*, pp. 37-42.
- PUISSANT, A., ROUGIER, S., STUMPF, A. (2014). Object-oriented mapping of urban trees using random forest classifiers. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26, 235-245.
- RAFIEE, R., MAHINY, A. S., KHORASANI, N. (2009). Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11, 431-438.
- ROSINA, K., KOPECKÁ, M. (2016). Mapping of urban green spaces using Sentinel-2A data: methodical aspects. In Bandrova, T., Konečný, M., eds. *Proceedings of 6th International Conference on Cartography and GIS, 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria*. Sofia (Bulgarian Cartographic Association), pp. 562-568.
- SAZP (2015). *Zeleň v mestských sídlach*, [Online]. Dostupné na: <https://www.enviroportal.sk/indicator/detail?id=2161> [cit: 22-12-2016].
- SCHIPPERIJN, J., STIGSDOTTER, U. K., RANDRUP, T. B., TROELSEN, J. (2010). Influences on the use of urban green space – a case study in Odense, Denmark. *Urban Forestry and Urban Greening*, 9, 25-32.
- SMREČEK, R. (2013). Inventarizácia mestskej zelene z dát leteckého laserového skenovania. In Inspektor, T., Horák, J., Růžička, J., eds. *Zborník z konferencie GIS Ostrava, 21.-23.1.2013*. Ostrava (VŠB, Technická univerzita Ostrava), pp. 1-6.
- SUPUKA, J. (1984). *Základy tvorby parkových lesov*. Bratislava (Veda).
- SUŠKA, P. (2012). Produkcia vybudovaného prostredia v postsocialistickej Bratislave: podmienky, dynamika a územný prejav. *Geografický časopis*, 64, 155-179.
- ÚGKK SR (2013). *Katalóg tried objektov ZBGIS (verzia 2013.4)*, [Online]. Dostupné na: http://www.skgeodesy.sk/files/slovensky/ugkk/geodezia-kartografia/zb-gis/kto_zbgis_2013_4.pdf [cit: 24-11-2016].
- UGS TASKFORCE (2002). *Green spaces, better places*. Final Report of Urban Green Space Taskforce, [Online]. Dostupné na: <http://www.ocs.polito.it/biblioteca/verde/taskforce/gspaces.pdf> [cit: 23-11-2016].
- VATSEVA, R., KOPECKÁ, M., OŤAHEL, J., ROSINA, K., KITEV, A., GENCHEV, S. (2016). Mapping urban green spaces based on remote sensing data: case studies in Bulgaria and Slovakia. In Bandrova, T., Konečný, M., eds. *Proceedings of 6th International Conference on Cartography and GIS, 13-17 June 2016, Albena, Bulgaria*. Sofia (Bulgarian Cartographic Association), pp. 569-578.
- WALKER, J. S., BRIGGS, J. M. (2007). An object-oriented approach to urban forest mapping in Phoenix. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 73, 577-583.
- WENZHENG, S. (2013). *Landscape management for urban green space multifunctionality*. PhD thesis, University of Sheffield, Sheffield.
- ZHANG, B., XIE, G., WANG, S. (2015). Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff reduction in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, 140, 8-16.

ZHAO, J., CHEN, S., JIANG, B., REN, Y., WANG, H., VAUSE, J., YU, H. (2013). Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades. *Science of the Total Environment*, 442, 455-465.

Hana Stanková, Dávid Matula

ANALYSIS OF THE URBAN GREEN SPACE STRUCTURE AND ITS CHANGES IN BRATISLAVA CITY CENTRE

Bratislava, the capital of Slovakia, is often perceived by its residents as the city with the lack of greenery. The study contributes to the knowledge of structure, spatial distribution and temporal changes of the urban green spaces (UGS) in Bratislava city centre (Fig. 1). The UGS in Bratislava has been mapped recently using high resolution Sentinel-2A satellite data (Rosina a Kopecká 2016 and Vátseva et al. 2016). This study aims to examine the UGS structure in the city centre in more detail using very high resolution orthophotomaps, as well as identify and analyze the UGS changes in the years 2003 to 2013. To achieve these objectives, we have adapted the classification system designed by Rosina and Kopecká (2016) for the purpose of large scale mapping using very high resolution orthophotomaps (Tab. 1). Conversion table (Tab. 2) was designed to aggregate changes into 5 basic types (soil sealing, creation of artificial UGS, transformation of artificial UGS, creation/transformation of agricultural UGS and secondary succession). The UGS and its changes were visually interpreted, analyzed and published on the map portal of the Comenius University in Bratislava Science Park (<http://uvp.geonika.sk/map>).

In 2013, the UGS occupied 394 ha in Bratislava city centre, with 291 ha of publicly accessible greenery (Tab. 3). More than a half of the UGS area consists of urban greenery in family housing areas (1.6) and urban forests or uncultivated parks (3.1) concentrated in the western hilly part of the city centre (Fig. 2). The area of UGS decreased by 11 ha compared to 2003 (Fig. 4), with the largest decrease in areas of private horticultural gardens (1.6). Ruderal vegetation (3.2) also underwent major changes, experiencing gain and loss of around 10 ha (Fig. 3). The area of public accessible greenery decreased only slightly.

Detailed UGS change analysis (Tab. 4) revealed three main processes contributing to changes (Tab. 5). The most spatially explicit type of change (almost 27 ha) was soil sealing due to the expanding construction of family houses, multi-flat houses and commercial buildings, especially in the former unused gardens. By contrast, some unused spaces became overgrown with grass and shrubs, followed by trees (secondary succession). However, succession processes are only temporary, as they happen on expensive land in the city centre. A typical example is the area of the former factory Kablo, where almost 10 ha of grassland grew in place of the factory buildings. Since 2014 there has been ongoing construction of a new project Twin city, due for completion in 2017.

In addition to the soil sealing and secondary succession, creation of a new artificial urban greenery may be another process contributing to the UGS changes. EUROVEA Shopping Centre was the most important project for the city centre in terms of urban green, creating new green areas on the Danube embankment. Map of the UGS changes (Fig. 6) provides a general overview of the spatial distribution of the UGS change processes taking place in the centre of Bratislava in the years 2003 to 2013.

