

IDENTIFIKÁCIA ZMIEN URBANIZOVANEJ KRAJINY NA BÁZE ŠATELITNÝCH DÁT S VEĽMI VYSOKÝM ROZLIŠENÍM (VHR): ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE TRNAVA

Monika Kopecká, Konštantín Rosina*

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, monika.kopecka@savba.sk,
konstantin.rosina@gmail.com

Identification of changes in urbanized landscape based on VHR satellite data: study area of Trnava

The configuration of expanding cities and suburban landscape are now among the abundantly studied topics of geographical research. Such changes are observable using remote sensing data from different time horizons. The most dynamically developing sector of remote sensing is the use of VHR satellite data characterized by spatial resolution of about 1 m. The aim of this study is to document urbanization trends in a selected regional centre in Slovakia using the *Ikonos* and *WorldView2* VHR satellite data. The city of Trnava was chosen for the study area and the study period has been the last ten years. In order to assess the urbanizing trends the following processes were defined and assessed: urban expansion, urban infill and other changes of urbanized landscape.

Key words: land cover changes, VHR satellite data, urbanization, Trnava

ÚVOD

Mestá a ich bezprostredné okolie vždy patrili medzi dôležité faktory rozvoja jednotlivých regiónov. Vzhľadom na neustále sa zvyšujúci podiel obyvateľstva žijúceho v mestách a s ním súvisiacu koncentráciu spotreby prírodných zdrojov sa proces urbanizácie vo všeobecnosti považuje za jednu z najdôležitejších hybných síl globálnej environmentálnej zmeny. Európska komisia (European Commission 2006) konštatuje, že v súčasnosti 75 % európskej populácie žije v urbanizovaných areáloch, pričom podľa aktuálnych predpokladov tento podiel do roku 2020 vzrastie na 80 % (EEA 2010).

Pojem „urbanizácia“ nie je v odbornej literatúre chápaný jednotne. Antrop (2000) definuje urbanizáciu ako komplexný proces, ktorý transformuje vidiecku alebo prírodnú krajinu na sídelnú či priemyselnú, pričom sa vytvára hviezdovitá priestorová štruktúra v závislosti od prírodných podmienok danej lokality a dostupnosti rôznych druhov dopravných komunikácií. Weber a Puissant (2003) považujú urbanizáciu za územný a sociálno-ekonomický proces, ktorý spôsobuje zásadnú zmenu kategórií krajinnej pokrývky. V tomto kontexte je pojem urbanizácia používaný aj v našej štúdií. Na druhej strane, Bhatta et al. (2010a) odporúčajú v zmysle Clarka (1982) rozlišovať termíny „rast miest“ (angl. urban growth) a „urbanizácia“, pričom rast miest predstavuje priestorový a demografický proces, ktorý odráža zvyšujúci sa význam miest v dôsledku koncentrácie obyvateľstva a urbanizácia predstavuje sociálny proces bez väzby na konkrétny priestor, ktorý odráža zmeny v správaní a sociálnych vzťahoch obyvateľstva.

Konfigurácia rastúcich miest a prímestskej krajiny patrí k aktuálnym témam geografického výskumu. Nová priestorová štruktúra, ktorá vzniká v dôsledku

zmien vo využívaní prímestskej krajiny, sa vyznačuje vysokou dynamikou. Tieto zmeny je možné sledovať najmä využitím údajov diaľkového prieskumu Zeme (DPŽ) z viacerých časových horizontov. V uplynulom období sa pri sledovaní dynamiky rastu veľkých miest využívali najmä dáta zo satelitov s rozlíšením rádovo v desiatkach metrov, napr. Landsat, SPOT, Aster (Pham et al. 2011, Sarvestani et al. 2011, Belal a Moghanm 2011 a Weber a Puissant 2003). Ako príklad môžeme uviesť štúdiu autorov Michishita et al. (2012), ktorí charakterizujú a kvantifikujú zmeny urbanizovanej krajiny v štyroch mestách v okolí jazera Poyang v Číne s využitím časovej série údajov Landsat TM z rokov 1987, 1993, 1999, 2004 a 2009. Z intenzity zmien krajinnej pokrývky odvodzujú priemernú dennú zmenu medzi dvoma zvolenými rokmi a výsledky porovnávajú so sociálno-ekonomickými štatistickými ukazovateľmi s cieľom hodnotiť koreláciu medzi rozširovaním zástavby, rastom urbánnej populácie a HDP. Zo satelitných snímok LADSAT TM boli odvodené aj dátové vrstvy CORINE Land Cover, ktoré patria k najvyužívanejším zdrojom informácií o krajinnej pokrývke na území európskych krajín. Príkladom ich využitia pri hodnotení urbanizácie je štúdia Feranca a Soukupa (2013), ktorí na celoeurópskej úrovni analyzovali intenzitu urbanizácie ako jeden z tzv. tokov krajinnej pokrývky (land cover flows).

V súčasnosti najdynamickejšie sa rozvíjajúcim sektorom v rámci DPŽ je využívanie údajov zo satelitov s veľmi vysokým rozlíšením (VHR – very high resolution), ktoré sú charakterizované priestorovým rozlíšením rádovo 1 m. Tieto dáta sú dostupné spravidla v kombinácii panchromatického a multispektrálneho režimu a sú vhodné na podrobné mapovanie alebo aktualizáciu máp veľkých mierok 1:5 000 až 1:25 000. Umožňujú sledovať meniace sa sídla, nové priemyselné zóny a iné prejavy urbanizácie prírodného prostredia (Herold et al. 2005 a Kopecká et al. 2012).

Informácie o krajinnej štruktúre miest a ich okolia boli dlhodobo zaznamenávané nezávisle pomocou rozličných metód skúmania a bez akejkoľvek jednotnej koordinácie, čo neumožňovalo ich vzájomné porovnávanie. To bol jeden z dôvodov realizácie projektu Urban Atlas (European Commission 2011) s minimálnou mapovacou jednotkou 0,25 ha v urbanizovaných územiach európskych krajín. Mapované triedy sú na nižších hierarchických úrovniach rozlíšené podľa hustoty zástavby. Tento mapový produkt poskytuje veľmi dobré podklady pre komparatívne analýzy na celoeurópskej úrovni, avšak pri porovnaní dát z uvedeného atlasu s výsledkami získanými interpretáciou VHR satelitných dát v kontexte identifikácie sídelnej krajinnej pokrývky boli zaznamenané viaceré nezrovnalosti, napríklad nedostatočná tematická presnosť, častý výskyt cestných komunikácií s podlimitnou šírkou, resp. vynechanie vodných tokov v sídle (Kopecká et al. 2012). Iným príkladom monitorovania nárastu urbanizovaných areálov s využitím satelitných dát je aj projekt MOLAND – Monitoring Land-use/Cover Change Dynamics (Lavallo et al. 2000).

Dramaticky sa rozširujúca zástavba v najúrodnejších lokalitách vyvoláva aj na Slovensku zvýšený záujem nielen o sledovanie úbytku poľnohospodárskeho pôdneho fondu, ale aj dôsledkov zástavby na sídelný ekosystém a kvalitu života miestnych obyvateľov. Za hranicami súvislej mestskej zástavby (kompaktného mesta) dochádza k výraznej premene krajiny, ktorá sa mení v dôsledku výstavby nových rezidenčných areálov, areálov obchodných služieb, skladových

priestorov či priemyselných parkov. Nárast zastavaných plôch je sprevádzaný aj zmenou v poľnohospodárskom využití krajiny. Úbytok ornej pôdy, nárast poľnohospodársky nevyužívaných areálov či likvidácia trvalých kultúr (vinice a ovocné sady) sú javmi, ktoré pretvárajú prímestskú krajinu a spôsobujú jej trvalé zmeny. Z dlhodobého hľadiska boli dôsledky postupujúcej urbanizácie sledované na území mesta Nitra (Drgoňa 2004 a Boltižiar et al. 2013). Výrazné rozširovanie zástavby na Slovensku v rokoch 2000-2006 s využitím štatistických údajov a informácií z dátových vrstiev CORINE Land Cover (CLC) dokumentuje práca Feranec et al. (2010). Zmeny vo využití zeme v zázemí veľkých slovenských miest analyzovali Šveda a Vigašová (2010).

Vysoká koncentrácia obyvateľstva a zvyšujúci sa antropogénny tlak na sídelný priestor predstavuje hrozbu z hľadiska biodiverzity sídelných ekosystémov. Pre jej zachovanie je potrebné udržiavanie rovnováhy medzi pomerom zástavby a sídelnej zelene. V tejto súvislosti sa čoraz väčšia pozornosť venuje problematike nepriepustného prekrytia pôdy (*soil sealing*) budovaním obytných domov, hospodárskych, priemyselných a energetických stavieb, diaľnic, ciest a parkovísk (Weng 2012, European Commission 2006 a 2012, Kampouraki et al. 2006, Juráni et al. 2011 a Kopecká a Rosina 2012).

Z hľadiska ochrany pôdného fondu osobitnú úlohu zohráva najmä sledovanie živelného rastu miest (*urban sprawl*), ktorý sa prejavuje v type krajiny štruktúry s nízkou hustotou rozsiahlych urbanizovaných plôch vznikajúcich expanziou mesta spravidla do okolitých poľnohospodárskych oblastí. V zmysle Európskej komisie (2006) výraz „*sprawling cities*“ je v protiklade k výrazu „*compact cities*“ – priestorová štruktúra týchto miest poukazuje na neefektívne využitie priestoru a zdôrazňuje negatívne dôsledky nekontrolovaného rastu miest (European Commission 2006, p. 6). V teoretickej rovine sa definíciami extenzívneho rastu miest zaoberala Vigašová (2008).

Angel et al. (2007) a Bhatta et al. (2010b) považujú za charakteristické znaky živelného rastu miest nasledovné atribúty:

- 1) rozšírenie rozlohy mesta do okolia – k merateľným ukazovateľom patria rozloha zastavaných plôch, otvorených priestranstiev v rámci mesta a periférnej zóny (do 100 m od zástavby),
- 2) zníženie hustoty obyvateľov na jednotku plochy v rámci rozlohy mesta – indikátormi sú napríklad počet obyvateľov na jednotku zastavanej plochy, počet obyvateľov na jednotku urbanizovanej plochy,
- 3) suburbanizácia a znižovanie počtu populácie žijúcej a pracujúcej v centrách miest, kde sa spolu s hustotou zaľudnenia hodnotí vzdialenosť zastavaných plôch od centra mesta,
- 4) pokles „spojitosti“ mesta a fragmentácia otvoreného priestoru v jeho okolí (tzv. výstavba na „zelenej lúke), čoho dôsledkom sú relatívne veľké nezastavané plochy medzi mestom a novovzniknutou výstavbou,
- 5) zvýšenie kompaktnosti v dôsledku postupného vyplňovania priestoru medzi „prstovitými“ výbežkami mesta.

Jednotlivé zadefinované atribúty sa v procese urbanizácie uplatňujú na rôznych miestach v rozličnej miere. Zámerom štúdie je dokumentovanie uvedených trendov vývoja v podmienkach zvoleného krajského mesta na Slovensku, preto boli stanovené nasledovné parciálne ciele:

- a) definovať a klasifikovať typy zmien v urbanizovanom priestore,
- b) kvantifikovať rozsah zmien zástavby podľa zadefinovaných typov na báze VHR satelitných dát,
- c) vysvetliť príčiny zaznamenaných zmien v kontexte sociálno-ekonomického rozvoja mesta.

Ako záujmové územie bolo zvolené dynamicky sa rozvíjajúce mesto Trnava v časovom horizonte posledného desaťročia. Rozvoj priemyselnej výroby a podnikateľských aktivít bol v tomto období ovplyvnený významnými investíciami, ktoré mali dosah na rast mesta i celého regiónu (Feranec et al. 2010). Vzhľadom na obmedzené priestorové možnosti v centre a vo vymedzenom zastavanom území mesta vznikol zároveň tlak na zahusťovanie zástavby vo vnútri mesta na úkor sídelnej zelene.

METODIKA

Ako sme už uviedli, najdynamickejšie sa rozvíjajúcim sektorom v rámci DPZ je využívanie údajov VHR satelitných dát. V porovnaní s leteckými snímkami patrí k ich výhodám potenciálna dostupnosť pre vyšší počet časových horizontov, keďže národné letecké snímkovania majú v mnohých krajinách obmedzenú frekvenciu. Ako zdroj informácií o krajinnej pokrývke mesta Trnava sme použili snímky zo satelitov IKONOS (rok 2002) a WorldView 2 (rok 2011). Dáta sú získané pomocou panchromatického a multispektrálneho snímača (1 PAN a 4 MS), ktoré charakterizuje priestorové rozlíšenie 0,5 m PAN + 2 m MS (WorldView2) a 1m PAN + 4m MS (IKONOS).

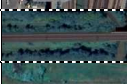
Proces hodnotenia zmien urbanizovanej krajiny pozostával z nasledovných krokov:

- príprava vstupných dát – VHR satelitných snímok,
- návrh legendy (tried krajinnej pokrývky) pre veľkú mierku v urbanizovanom priestore,
- digitalizácia a interpretácia mapy krajinnej pokrývky z roku 2011,
- tvorba mapy krajinnej pokrývky z roku 2002,
- tvorba mapy zmien krajinnej pokrývky metódou superpozície,
- klasifikácia a kvantifikácia zistených zmien,
- hodnotenie najvýznamnejších zmien a analýza ich príčin.

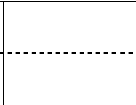
Identifikácia tried krajinnej pokrývky

Identifikované areály krajinnej pokrývky sú výsledkom vizuálnej interpretácie VHR satelitných dát. V rámci analýzy boli interpretované dve stavové vrstvy – 2011 a 2002. Najskôr bola vzhľadom na vyššie rozlíšenie a celkovo lepšiu vizuálnu kvalitu snímky interpretovaná vrstva 2011 zo snímky WorldView2. Následne metódou back-dating (Feranec et al. 2002) bola z tejto vrstvy odvodená stavová vrstva 2002 zo snímky IKONOS. Minimálna mapovaná jednotka bola $2\,500\text{ m}^2$ (šírka lineárnych prvkov viac ako 10 m). Výsledná vrstva zmien bola vytvorená intersekciou dvoch stavových vrstiev a elimináciou plošne najmenších polygónov (menej ako 500 m^2), ktoré obvykle neboli skutoč-

Tab. 1. Prehľad mapovaných tried krajinnej pokrývky

CLC – 3.úroveň	4. úroveň (Feranec a Otáhel 2004)	5. úroveň	Ukážka triedy
111 Súvislá sídelná zástavba	1111 Areály centra miest	11111 Areály centra miest mimo historického jadra	
	1112 Areály historického jadra miest	11121 Areály historického jadra miest	
112 Nesúvislá sídelná zástavba	1121 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami prevažne bez záhrad	11211 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami s výrazným podielom drevín	
		11212 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami s výrazným podielom trávnej vegetácie	
		11213 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami so záhradami	
	1122 Nesúvislá zástavba s rodinnými domami so záhradami	11221 Nesúvislá zástavba s rodinnými domami so záhradami	
121 Priemyselné a obchodné areály	1211 Priemyselné a obchodné areály	12111 Areály služieb	
		12112 Výrobné a skladovacie priestory	
	1212 Areály špeciálnych zariadení	12121 Areály špeciálnych zariadení	
122 Cestná a železničná sieť a príhlé areály	1221 Cestná sieť a príhlé areály	12211 Cesty a príhlé areály bez súvislej sprievodnej drevinovej vegetácie	
		12212 Cesty a príhlé areály lemované stromoradiami	
		12213 Diaľnica	
		12214 Cestná sieť v sídlach	
		12215 Autobusová stanica	
		12216 Sprievodná drevinová vegetácia cestných komunikácií	
		12217 Sprievodná trávnatá vegetácia cestných komunikácií	
	1222 Železničná sieť a príhlé areály	12221 Železničná sieť a príhlé areály	
		12222 Železničná stanica	
		12223 Sprievodná drevinová vegetácia železničných komunikácií	

pokračovanie tab. 1

124 Areály letísk	1241 Letiská s umelým povrchom vzletových a pristávacích dráh	12411 Letiská s umelým povrchom vzletových a pristávacích dráh	
	1242 Letiská s trávnatým povrchom vzletových a pristávacích dráh	12421 Letiská s trávnatým povrchom vzletových a pristávacích dráh	
132 Areály skládok	1321 Areály skládok pevných odpadov	13211 Areály skládok pevných odpadov	
	1322 Areály skládok kvapalných odpadov	13221 Areály skládok kvapalných odpadov	
133 Areály výstavby	1331 Areály výstavby	13311 Výstavba areálov bývania	
		13312 Výstavba areálov výroby a areálov služieb	
		13313 Vodohospodárska výstavba	
		13314 Výstavba komunikácií	
141 Areály sídelnej zelene	1411 Parky	14111 Parky	
		1412 Cintoríny	
	1413 Ostatná sídelná zeleň	14131 Ostatná sídelná zeleň	
		14132 Zeleň v strediskách výroby a služieb	
142 Areály športu a zariadení voľného času	1421 Areály športu	14211 Areály športu	
	1422 Areály zariadení voľného času	14221 Areály zariadení voľného času	

nými zmenami, ale tzv. sliver polygónmi. Pri vizuálnej interpretácii boli využité pásma RGB na vytvorenie kompozitnej snímky v skutočných farbách, ktorá bola pomocou metódy *pan-sharpening* zaostrená panchromatickým pásmom s vyšším rozlíšením.

Použitý postup umožňuje detailnú interpretáciu zmien krajiny s osobitných dôrazom na charakter a účel využitia zastavaných plôch, ako aj na sledovanie prejavov prirodzenej sukcesie na nevyužívaných plochách. Návrh legendy pre mapovanie krajinnej pokrývky vo veľkej mierke vychádzal z legendy CLC pre mierku 1:50 000 (Feranec a Oľahel' 1999) a čiastočne z práce Kopeckej (2006).

Keďže uvedená legenda nie je primárne zameraná na hodnotenie sídelnej krajiny, na účely identifikácie zmien urbanizovaného priestoru bolo potrebné legendu rozšíriť. K podrobnejšej klasifikácii sme pristúpili na úrovni triedy 1 – antropogénne povrchy (artificial surfaces). Prehľad mapovaných tried je uvedený v tab. 1. Podrobnejšie členenie tried bolo na piatej hierarchickej úrovni vyjadrené pomocou päťmiestnych kódov. K štvormiestnym kódom tried, ktoré neboli podrobnejšie členené, sa pridala na posledné miesto číslica 1. Súčasťou tabuľky sú aj výrezy z VHR satelitnej snímky, ktoré reprezentujú jednotlivé triedy vyskytujúce sa na záujmovom území.

Charakteristika tried rozšírenej legendy CORINE Land Cover pre 5. hierarchickú úroveň:

11211 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami s výrazným podielom drevinovej vegetácie – nesúvislo zastavané areály s viacbytovými domami, ktoré sa striedajú s areálmi stromov a krov (drevinová vegetácia je dominantná, priemet korún pokrýva viac ako 20 % nezastavanej plochy);

11212 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami s výrazným podielom trávinatej vegetácie – nesúvislo zastavané areály s viacbytovými domami, ktoré sa striedajú s areálmi trávnikov a kvetinových záhonov a so sporadickým výskytom drevinovej vegetácie (trávnatá vegetácia pokrýva viac ako 20 % plochy);

11213 Nesúvislá sídelná zástavba s viacbytovými domami so záhradami – nesúvislo zastavané areály s viacbytovými domami, v susedstve ktorých dominujú zeleninové záhrady, ovocné stromy a trávniky (záhrady tvoria minimálne 20 % z rozlohy areálu);

12111 Areály služieb – trieda reprezentuje areály škôl, univerzít, nemocníc, nákupné centrá vrátane prilahlých parkovísk, kultúrne inštitúcie a podobne;

12112 Výrobné a skladovacie areály – areály priemyselných podnikov, poľnohospodárskych družstiev, sklady, otvorené priestranstvá v rámci výrobného areálu so spevneným povrchom;

12211 Cesty a prilahlé areály bez súvislej sprievodnej drevinovej vegetácie – spevnené cesty v extraviláne, vrátane okraja cesty s bylinnou vegetáciou alebo so sporadicky sa vyskytujúcou drevinovou vegetáciou, vrátane prilahlých areálov (mosty, nadjazdy, parkoviská a pod.);

12212 Cesty a prilahlé areály lemované stromoradiami – spevnené cesty v extraviláne, vrátane prilahlých areálov (mosty, nadjazdy, parkoviská a pod.) a sprievodnej drevinovej vegetácie so šírkou menšou ako 10 m;

12213 Diaľnica – diaľničné jazdné pruhy s prípadnou vegetáciou medzi jazdnými pruhmi, vrátane prilahlých areálov (mosty, odpočívadlá) a s vegetáciou na diaľničnom násype, ktorej šírka je menšia ako 10 m;

12214 Cestná sieť v sídlach – cesty v rámci intravilánu vrátane chodníkov, príjazdov k rodinným domom, zatravnovaných plôch so šírkou menšou ako 10 m a pod.;

12215 Autobusová stanica – areál autobusovej stanice vrátane budovy stanice, zastávok, nástupných ostrovov a parkovísk;

12216 Sprievodná drevinová vegetácia cestných komunikácií – areály s dominanciou drevinovej vegetácie lemujúcej cesty a diaľnice so šírkou väčšou ako 10 m (priemet korún pokrýva viac ako 50 % rozlohy);

12217 Sprievodná trávnatá vegetácia cestných komunikácií – areály s trávnatou vegetáciou so sporadickým výskytom drevín, ktoré lemujú cesty a diaľnice so šírkou väčšou ako 10 m;

12221 Železničná sieť a príľahlé areály – železničná trať s príľahlými zariadeniami a príľahlou sprievodnou vegetáciou so šírkou menšou ako 10 m;

12222 Železničná stanica – areál železničnej stanice vrátane budov pre cestujúcich a železničnú administratívu, nástupíšť s príľahlými koľajnicami, chodníkov a príľahlých parkovísk pre osobné automobily;

12223 Sprievodná drevinová vegetácia železničných komunikácií – drevinová vegetácia lemujúca železničnú trať so šírkou väčšou ako 10 m (priemet korún pokrýva viac ako 50 % rozlohy);

12224 Sprievodná trávnatá vegetácia železničných komunikácií – trávnatá vegetácia lemujúca železničnú trať so šírkou väčšou ako 10 m;

13311 Výstavba areálov bývania – areály s výstavbou rodinných alebo bytových domov;

13312 Výstavba areálov výroby a areálov služieb – areály rozostavaných priemyselných objektov, výrobných hál, nákupných, vzdelávacích a kultúrnych centier (vrátane areálov s realizovanou skrývkou ornice);

13313 Vodohospodárska výstavba – areály s prebiehajúcou výstavbou alebo rozsiahlou rekonštrukciou vodných nádrží, rybníkov, kanálov, príp. iných vodohospodárskych diel;

13314 Výstavba komunikácií – areály s prebiehajúcou výstavbou alebo rozsiahlou rekonštrukciou cestných a železničných komunikácií;

14131 Ostatná sídelná zeleň – otvorené priestranstvá so synantropnou bylinnou vegetáciou spravidla v širšom okolí sídelných komunikácií, ktoré predstavujú priestory pre potenciálnu zástavbu. Môžu byť príležitostne využívané na kultúrne podujatia (napr. cirkus a kolotoče);

14132 Zeleň v strediskách výroby a služieb – súvislé trávnaté plochy, plochy s drevinovou vegetáciou, rudirálna vegetácia s ojedinelým výskytom menších budov a iných zastavaných plôch v rámci areálov výroby a areálov služieb. Do tejto triedy patria aj opustené, nevyužívané plochy s prejavmi prirodzenej sukcesie synantropnej vegetácie.

Hodnotenie zmien zástavby

V rámci hodnotenia zmien predstavuje nová zástavba zastavané areály, ktoré sa vyskytujú v druhom časovom horizonte – čase t_2 (v našom prípade rok 2011), ale nie v čase t_1 (rok 2002).

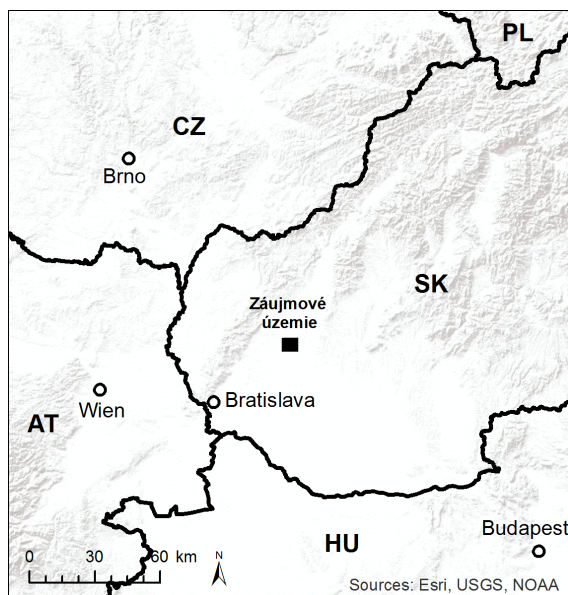
S cieľom zhodnotiť urbanizačné trendy boli zadefinované nasledovné typy zmien:

– *Rozširovanie zástavby* – proces charakterizovaný najmä konverziou tried poľnohospodárskej alebo lesnej krajiny (2xx alebo 3xx) na urbanizované areály (1xxxx). V rámci tohto procesu je možné rozlíšiť:

- a) postupné rozširovanie zástavby, pri ktorom dochádza k premenám tried 2xx alebo 3xx v susedstve tried 1xxxx,
- b) „skokovité“ rozširovanie zástavby, pri ktorom dochádza k premenám poľnohospodárskych alebo poloprírodných areálov, ktoré nie sú situované v bezprostrednom susedstve urbanizovaného priestoru (tzv. výstavba „na zelenej lúke“),
 - *Zahusťovanie zástavby* – tento proces je charakterizovaný konverziou existujúcej sídelnej zelene (triedy 141xx) a tried reprezentujúcich areály vo výstavbe (133xx) na 11xxx až 132xxx,
 - *Ostatné zmeny urbanizovanej krajiny* – areály zmien urbanizovaných areálov, ktoré neboli definované v predchádzajúcich dvoch kategóriách.

ZÁUJMOVÉ ÚZEMIE

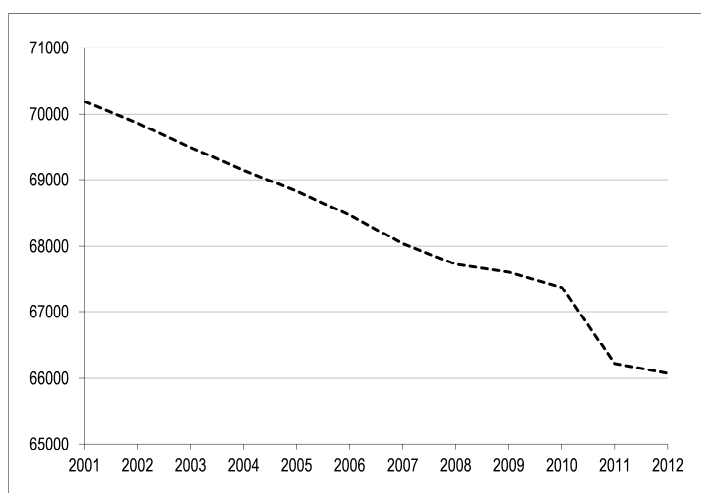
Krajské mesto Trnava s nadmorskou výškou 146 m v strede mesta leží medzi riekou Váh a pohorím Malé Karpaty v centrálnej časti Trnavskej tabule, ktorá je súčasťou Trnavskej pahorkatiny. Povrch územia Trnavskej tabule je relatívne plochý, charakterizujú ho široké zaoblené chrbty smerujúce k juho-východu, oddelené plytkými dolinami. V kvartérnych sedimentoch výrazne dominuje spraš, ktorá je pôdotvorným substrátom černoziemí vyskytujúcich sa v okolí mesta vo viacerých lokalitách v erodovanej forme. Vzhľadom na charakter reliéfu, polohu vo vzťahu k hlavnému mestu a kvalitnú dopravnú infraštruktúru ide o územie s vysokým potenciálom z hľadiska územného rozvoja. Limitujúcim faktorom rozvoja mesta je najmä výskyt pôd najvyššej bonity v jeho okolí. Záujmové územie má rozlohu približne 43 km² a jeho poloha je znázornená na obr. 1.



Obr. 1. Poloha záujmového územia

Mesto Trnava je situované približne 50 km na severovýchod od hlavného mesta Bratislava a približne 95 km od rakúskej metropoly Viedeň. Mesto Trnava leží na jednej z hlavných urbanizačných osí Slovenska, ktorá je tvorená považským pásovým osídlením od Bratislavy smerom na Žilinu. Túto hlavnú urbanizačnú os práve na území Trnavy križuje os vedľajšia, ktorá je jednou z dôležitých spojnic Slovenska s Českou republikou. Mesto sa člení na šesť mestských častí (Trnava stred, Trnava západ, Trnava sever, Trnava východ, Trnava juh a Modranka). Mestom prechádza diaľnica a hlavný železničný koridor spájajúci západ a východ SR.

Podľa výsledkov zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov v roku 2001 žilo v Trnave 70 286 obyvateľov, do konca roku 2012 sa tento počet znížil na 66 073. Demografický vývoj obyvateľstva mesta v sledovanom období dokumentuje obr. 2.



Obr. 2. Vývoj počtu obyvateľov mesta Trnava v rokoch 2001-2012 k 31.12.

Zdroj: Štatistický úrad SR.

VÝSLEDKY

Krajinná pokrývka Trnavy v rokoch 2002 a 2012

Na záujmovom území sme zaznamenali výskyt 37 tried krajinnej pokrývky, pričom antropogénne povrchy (1xxxx) reprezentuje celkovo 28 tried (tab. 2).

Trnava si v rámci svojho rozvoja až do súčasnosti zachovala charakter kompaktného mesta s pomerne jednoznačne rozmiestnenými funkciami. Najstaršie kráľovské mesto na Slovensku má svoje zachované historické jadro vymedzené hradbami na jeho východnej a západnej strane s rozlohou približne 2,3 ha (trieda 11121). Bezprostredne na historické jadro nadväzujú obytné zóny. Napriek tomu, že prevažná časť obyvateľov mesta žije na sídliskách vo viacbytových domoch, z hľadiska priestorovej štruktúry bytovej výstavby vo všetkých častiach mesta prevažujú lokality s rodinnými domami – trieda 11221 pokrýva

322 ha a súčasne je na mape krajinnej pokrývky zastúpená najvyšším počtom polygónov. Nárast tejto triedy v posudzovanom období predstavoval takmer 32 ha.

Tab. 2. Krajinná pokrývka záujmového územia v rokoch 2002 a 2011

Trieda	2002			2011			Zmena 2002-2011 (ha)
	Počet polygónov	Rozloha (ha)	Podiel (%)	Počet polygónov	Rozloha (ha)	Podiel (%)	
11111	7	7,65	0,18	5	8,03	0,19	0,37
11121	22	41,92	0,98	21	43,20	1,01	1,28
11211	33	64,32	1,50	33	64,71	1,51	0,39
11212	35	105,20	2,46	37	106,35	2,48	1,15
11213	8	7,48	0,17	8	6,94	0,16	-0,55
11221	153	290,24	6,78	162	322,20	7,53	31,97
12111	86	153,77	3,59	94	170,06	3,97	16,30
12112	43	337,05	7,87	41	498,35	11,64	161,29
12121	5	3,18	0,07	8	9,42	0,22	6,25
12211	8	17,29	0,40	7	40,99	0,96	23,70
12212	12	19,78	0,46	9	15,97	0,37	-3,81
12213	2	6,84	0,16	2	6,84	0,16	0,00
12214	6	148,45	3,47	7	155,96	3,64	7,51
12215	1	1,35	0,03	1	1,35	0,03	0,00
12216	18	16,80	0,39	20	17,36	0,41	0,56
12217	16	10,78	0,25	28	16,98	0,40	6,20
12221	4	62,06	1,45	4	63,50	1,48	1,44
12222	1	3,85	0,09	1	3,85	0,09	0,00
12223	13	13,82	0,32	11	10,16	0,24	-3,66
12224	4	3,39	0,08	3	2,32	0,05	-1,07
13211	2	8,18	0,19	2	16,62	0,39	8,45
13311	5	10,59	0,25	9	25,20	0,59	14,60
13312	1	4,01	0,09	7	50,41	1,18	46,41
13314	0	0,00	0,00	3	10,48	0,24	10,48
14111	20	57,06	1,33	20	63,02	1,47	5,96
14121	4	12,72	0,30	4	13,37	0,31	0,65
14131	26	43,35	1,01	22	46,35	1,08	3,00
14132	35	60,23	1,41	42	138,89	3,24	78,67
14211	13	47,59	1,11	13	47,40	1,11	-0,18
14221	6	13,63	0,32	6	13,56	0,32	-0,07
211	52	2 585,36	60,39	61	2 171,99	50,73	-413,37
221	1	2,75	0,06	1	2,75	0,06	0,00
231	1	1,05	0,02	2	1,50	0,03	0,44
242	19	39,39	0,92	16	36,25	0,85	-3,14
243	15	22,87	0,53	13	21,92	0,51	-0,95
311	2	12,91	0,30	2	12,91	0,30	0,00
411	2	9,03	0,21	2	9,03	0,21	0,00
511	8	20,12	0,47	9	19,85	0,46	-0,27
512	2	15,18	0,35	2	15,18	0,35	0,00
Spolu	691	4 281,25	100,00	738	4 281,25	100,00	0,00

V rámci urbanizovaných areálov najväčšiu rozlohu zaberajú výrobné a skladovacie priestory (trieda 12112 – celkovo 494 ha). Na tejto výmere sa značnou mierou podieľajú nové priemyselné podniky (napr. PSA Peugeot Citroën), závody vybudované v období socializmu, ktoré zmenili svoje pôvodné výrobné zameranie (napr. SACHS a Johns Manville), ako aj areály podnikov, ktoré v dôsledku výrazných spoločensko-ekonomických zmien natrvalo ukončili svoju výrobu (napr. cukrovar). Je potrebné zdôrazniť, že relatívne veľké plochy v nových areáloch výroby zaberá súvislá zeleň (14132), ktorá predstavuje priestory pre budúce rozširovanie priemyselných podnikov, alebo je dôsledkom prirodzenej sukcesie v areáloch starších firiem s redukovanou, resp. skončenou výrobnou činnosťou.

Z hľadiska vybavenosti mesta dôležitú úlohu zohrávajú areály služieb – okrem škôl a zdravotníckych objektov sú reprezentované najmä pribúdajúcimi nákupnými centrami s rozľahlými parkoviskami (12111). Vzhľadom na charakter územia podstatnú časť mesta obklopujú areály ornej pôdy (211) s intenzívnou poľnohospodárskou výrobou. Z ekologicky významných areálov s prirodzenou vegetáciou možno spomenúť chránený areál Trnavské rybníky (triedy 411 a 512) v juhozápadnej časti záujmového územia.

Rozširovanie zástavby

Často kritizovaným fenoménom je skutočnosť, že na Slovensku sa urbanizované územia rozrastajú na úkor poľnohospodársky najproduktívnejších pôd, pretože výstavba na nich je z ekonomického pohľadu najmenej náročná. Ako sme už uviedli, Trnava je situovaná v intenzívne využívannej poľnohospodárskej krajine, takže v okolí mesta prevažuje veľkoplošne obhospodarovaná orná pôda (trieda 211), ktorá pokrýva viac ako 50 % záujmového územia. Záujem zahraničných investorov o výstavbu na „zelenej lúke“ v uplynulom desaťročí viedol aj v okolí Trnavy k trvalému úbytku a fragmentácii najkvalitnejšej poľnohospodárskej pôdy, čoho dôkazom sú stovky hektárov trvale zabrané pre automobilový závod PSA Peugeot Citroën, rozsiahle obchodné centrá, ako aj priemyselný komplex neďalekého závodu firmy Samsung pri Voderadoch (situované za hranicou záujmového územia). Ide o príklady skokovitého rozširovania zástavby (*leapfrog*).

Na záujmovom území bolo v dôsledku rozširovania zástavby priebehu sledovaných desiatich rokov zabraných takmer 433 ha poľnohospodárskej pôdy (tab. 2). Najrozsiahlejší typ zmeny – celkovo viac ako 155 ha – predstavovala premena ornej pôdy na areály výroby, čiže konverzia triedy 211 na 12112, čo súviselo s výstavbou spomínaného automobilového podniku PSA Peugeot Citroën. Trieda 211 zaznamenala výrazné úbytky aj v dôsledku výstavby viacerých nových ulíc s rodinnými domami v mestskej časti Trnava-Modranka, v mestskej štvrti Kopánka v lokalite Kamenný mlyn (211-11221), ako aj v dôsledku výstavby viacerých veľkých nákupných centier (211-12111). Okrem nich nové areály služieb reprezentovali aj viaceré predajne automobilov v okrajových častiach mesta – pri sídlisku Linčianska a na Zavorskej ceste. Takmer 13 ha zabrala výstavba nových výrobných a skladovacích priestorov v iných okrajových častiach mesta, najmä v smere na Trstún a Suchú nad Parnou. Výrazné zábery poľnohospodárskej pôdy súviseli aj s budovaním cestnej siete s početným

mi kruhovými objazdmi v blízkosti PSA Peugeot Citroën, budovaním diaľničnej križovatky neďaleko mestskej časti Modranka a viacerých úsekov obchvatu mesta (211-12211), ako aj cestnej siete v novovzniknutých obytných lokalitách (211-12214). V sledovanom časovom horizonte bol preložený úsek železničnej trate v susedstve sídliska Prednádražie (211-12221).

K procesu rozširovania výstavby zaraďujeme aj konverziu ornej pôdy na areály s prebiehajúcou výstavbou (133xx) nových rodinných domov (Kopánka a Kamenný mlyn), obchodných centier v okrajových častiach mesta a výstavbu severného úseku obchvatu Trnavy. V tejto súvislosti je potrebné spomenúť, že časť zabranej ornej pôdy nebola zastavaná, ale stala sa súčasťou sídelnej zelene na otvorených priestranstvách (211-14131), resp. v novovytvorených priemyselných areáloch, najmä PSA Peugeot Citroën (211-14132). Takýto typ zmien bol zaznamenaný na celkovej rozlohe takmer 100 ha.

Ako vyplýva z tab. 3, takmer na 45 ha ornej pôdy v roku 2011 prebiehala výstavba areálov výroby a služieb (211-13312), čo dokumentuje pokračujúci trend postupného rozširovania mesta v periférnych oblastiach. Ďalšie zábery pôdy sú spôsobené výstavbou rodinných domov (211-13311) a pokračujúcou výstavbou cestnej infraštruktúry – severného obchvatu mesta (211-13314).

Zahustenie zástavby

Štruktúra sídelnej krajiny sa nemení len za hranicami kompaktnej mestskej zástavby, aj v rámci pôvodného sídelného priestoru dochádza k zmenám vo využívaní územia. Okrem otvorených priestranstiev, ktoré sú zahusťované novou výstavbou, sa menia aj rozsiahle plochy v opustených priemyselných areáloch (tzv. *brown fields*), ktoré môžu byť transformované na obchodno-administratívne centrá alebo môžu poskytnúť priestor pre novú rezidenčnú výstavbu. Ako vyplýva z tab. 4, na zahustenie výstavby malo vplyv najmä dokončenie výstavby, vrátane novej cestnej siete, v lokalitách rodinných domov (13311-11221) situovaných v štvrtiach Tulipán a Kopánka, ako aj dobudovanie novej výrobnéj haly v priemyselnom komplexe Johns Manville. Z hľadiska počtu zmenených areálov najdôležitejšie zmeny nastali v rámci triedy 14131 – ostatné zelené priestranstvá. Okrem výstavby multifunkčných obchodných komplexov (14131-12111) sme v susedstve sídlisk zaznamenali aj výstavbu moderných polyfunkčných budov v historickej časti mesta v bezprostrednej blízkosti budov niekdajšej Trnavskej univerzity a na Františkánskej ulici (14131-11121). Konverzia triedy 14131 na triedy 11211, 11212 a 13311 poukazuje na výstavbu nových bytových domov, ktoré pribudli na sídliskách Prednádražie a Družba. Tento proces zároveň indikuje zníženie podielu zelenej plochy na jedného obyvateľa daného sídliska. Plošne najrozsiahlejší úbytok tejto triedy (cca 4,5 ha) sme zaznamenali v prospech areálov služieb (12111), ktoré zahŕňali okrem nových obchodných centier a ich príslušných parkovísk aj výstavbu nového sídla Trnavského samosprávneho kraja.

K výraznému zahusťovaniu zástavby dochádza aj v areáloch výroby. Najvýraznejšie sa tento proces prejavil v areáli podniku SACHS (bývalé Trnavské automobilové závody), kde pribudlo niekoľko nových priemyselných objektov, mapovaných v rámci konverzie triedy 14132 na 12112, pričom tento typ zmeny predstavoval takmer 12 ha. Podobný trend zahustenia zástavby v rámci exitujúc-

Tab. 3. Rozširovanie zástavby na záujmovom území v období 2002-2011 (v ha)

2011 2002	11221	12111	12112	12121	12211	12214	12217	12221	12224	13211	13311	13312	13314	14111	14121	14131	14132	Súčet
211	17,01	9,41	169,04	6,25	22,04	5,03	9,40	1,84	0,20	1,47	23,95	44,91	10,16	0,45	0,65	16,77	80,70	419,29
221	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
231	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
242	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78
243	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	1,26
311	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
411	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
511	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
512	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Súčet	18,35	9,41	169,53	6,25	22,04	5,38	9,40	1,84	0,20	1,47	24,03	44,91	10,28	0,45	0,65	16,77	81,48	422,45

ceho areálu sme zaznamenali v dôsledku rozšírenia skladovacích a manipulačných priestorov v areáli spoločnosti, ktorá prevádzkuje najvýznamnejšiu skládku komunálneho odpadu na území Trnavy (14132-13211).

Tab. 4. Zahusťovanie zástavby na záujmovom území v období 2002-2011 (v ha)

2011 2002	11111	11121	11211	11212	11221	12111	12112	12214	13211	13311	13312	Súčet
13311	0,00	0,00	0,00	0,00	9,97	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	10,59
13312	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,01
14111	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
14121	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14131	0,00	1,09	0,39	1,24	0,00	4,49	2,42	0,54	0,00	1,17	0,73	12,06
14132	0,37	0,00	0,00	0,00	0,88	0,28	11,98	0,27	6,97	0,00	0,00	20,76
Súčet	0,37	1,09	0,39	1,24	10,85	5,20	18,40	1,44	6,97	1,17	0,73	47,85

Ostatné zmeny urbanizovanej krajiny

Prevažná časť ostatných zmien súvisela najmä s transformáciou pôvodne zastavaného priestoru v dôsledku zmeny jeho využívania. Plošne najrozsiahlejšou zmenou (takmer 18 ha) bola rekultivácia nevyužívaných – pôvodne zastavaných plôch v areáloch bývalých socialistických podnikov: Trnavských automobilových závodov, Cukrovaru P. Jilemnického a Štátneho majetku Prílohy (obr. 3). Zrekultivované areály pokryté súvislou vegetáciou sme považovali za konverziu triedy 12112 na 14132, plochy s prebiehajúcou rekultiváciou bez vegetačnej pokrývky boli mapované ako areály vo výstavbe (12112-13312).



Obr. 3. Príklad čiastočnej rekultivácie bývalého strediska poľnohospodárskej výroby (vľavo stav v roku 2002, vpravo stav v roku 2011)

Zaujímavým pozitívnym príkladom optimalizácie využívania krajiny bolo vybudovanie novej vilovej štvrte v priestore areálu bývalej čistiarny odpadových vôd (obr. 4), pričom pôvodný areál čistiarny zahŕňal aj plochy zelene (14132). Premena plôch zelene na rodinné domy a cesty v novej obytnej zóne (11221 a 12214) bola v rámci nášho hodnotenia zaradená do zahusťovania zástavby (tab. 4), premena zastavaných plôch tohto areálu na rodinné domy je v tab. 5 prezentovaná ako konverzia 12112 na 11221 s rozlohou 3 ha, premena 12112 na 12214 dokumentuje výstavbu ciest v tejto obytnej štvrti.

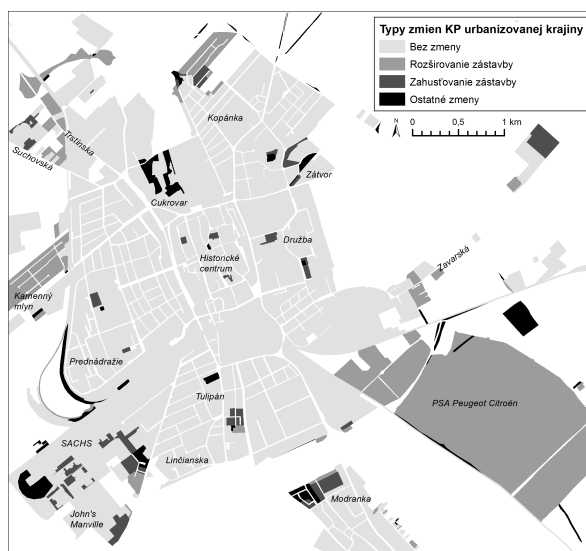
Iným príkladom účelného využitia nevyužívaného zastavaného priestoru bola premena areálu bývalého bitúinku, ktorý z väčšej časti poslužil na vybudovanie supermarketu s príľahlým parkoviskom (12112-12111) a na zvyšnej časti areálu bol postavený bytový dom (12112-11212).



Obr. 4. Premena areálu čistiarne odpadových vôd na vilovú štvrť v mestskej časti Trnava – Modranka
(vľavo stav v roku 2002, vpravo stav v roku 2011)

Detailná analýza mapovaných prvkov umožňuje poukázat' aj na postupný úbytok drevín pozdĺž cestných komunikácií v okolí mesta. Zmena 12212 na 12211 na viacerých miestach dokumentuje úseky ciest, kde bola v rámci ich rekonštrukcie odstránená sprievodná vegetácia, pozostávajúca prevažne z ovocných drevín. Výsadba náhradnej drevinovej vegetácie v extraviláne zaznamenaná nebola. Rozloha ostatných typov zmien, prezentovaných v tab. 4, bola menšia ako 0,5 ha.

Priestorovú štruktúru hodnotených typov zmien urbanizovanej krajiny dokumentuje obr. 5.



Obr. 5. Typy zmien zástavby na území Trnavy v rokoch 2002-2011

Tab. 5. Ostatné zmeny krajinej pokrývky na záujmovom území v období 2002-2011 (v ha) podľa jednotlivých tried krajinej pokrývky

2011 2002	11121	11212	11221	12111	12112	12211	12214	12216	12217	12221	12224	13312	13314	14111	14131	14132	211	243	Súčet
11212	0,00	x	0,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66
11213	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
11221	0,00	0,00	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,33
12112	0,00	0,57	3,07	0,84	x	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	4,78	0,00	0,00	0,44	17,83	0,10	0,00	28,46
12211	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	0,00	1,20
12212	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	2,33	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,69	0,00	3,60
12214	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
12216	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
12217	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,68	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	2,00	0,00	3,51
12221	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39
12223	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,24	0,00	0,00	1,42	0,07	0,00	0,00	0,00	3,67
12224	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,00	0,00	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	1,57
14111	0,00	0,00	0,00	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
14131	n	n	0,00	n	n	0,00	n	0,00	0,00	0,00	0,00	n	0,00	1,77	x	0,00	0,29	0,44	2,50
14211	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
14221	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
511	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,27
Súčet	0,19	0,57	3,07	1,68	1,89	3,07	0,83	0,68	0,24	1,01	0,31	4,78	0,30	6,15	0,85	17,89	4,47	0,44	48,41

n – hodnota je uvádzaná v tab. 4

ZÁVER

Údaje DPZ už dlhodobo patria k najvýznamnejším zdrojom informácií o dynamicky sa meniacej krajinej pokrývke v zázemí veľkých miest. Vysokou mierou rozlíšenia sa vyznačujú najmä VHR dáta, ktoré sme využili pri identifikácii zmien krajinej pokrývky na záujmovom území. Hoci urbanizácia môže byť z ekonomického hľadiska vnímaná ako zefektívnenie využitia priestoru, intenzívny rast miest spojený s nárastom nepriepustných povrchov patrí k najvýznamnejším ohrozeniam biodiverzity a najkvalitnejších pôd. Priestorové rozlíšenie objektov VHR dát, ktoré sa pohybuje rádovo v metroch, umožňuje podrobnú vizuálnu klasifikáciu antropogénnych povrchov a následné hodnotenie hlavných príčin záberov poľnohospodárskej pôdy podľa nového spôsobu využitia. V rámci tejto štúdie boli dáta z družíc Ikonos a WorldView2 využité v procese klasifikácie a hodnotenia zmien zástavby na území mesta Trnava, a to na úrovni procesov rozširovania zástavby, zahusťovania zástavby a ostatných zmien urbanizovanej krajiny.

Vo všeobecnosti sa predpokladá, že rast miest je spôsobovaný širokou škálou navzájom prepojených faktorov, medzi ktoré patria najmä dopyt po rozširovaní dopravnej infraštruktúry v dôsledku nárastu populácie, dopyt po väčšom životnom priestore, ako aj zmeny životného štýlu (EEA 2010). V prípade záujmového územia je potrebné zdôrazniť skutočnosť, že rozsiahly nárast zástavby bol zaznamenaný napriek postupnému poklesu počtu obyvateľov mesta Trnava. Z hľadiska hodnotených typov zástavby v posudzovanom období výrazne dominovalo rozširovanie zastavaných plôch na úkor ornej pôdy. Dôsledkom tohto procesu je nielen bezprostredná strata produkčných plôch zabraná zástavbou, ale aj fragmentácia pôvodne súvislej ornej pôdy, pričom niektoré fragmenty nie sú po výstavbe novej dopravnej štruktúry pre poľnohospodársku techniku dostupné. K pozitívam zintenzívnenia urbanizácie patrí najmä tvorba nových pracovných miest v novovybudovaných priemyselných a obchodných areáloch, ako aj zníženie dopravnej záťaže mesta v dôsledku vybudovania obchvatu. K lokalizácii nových priemyselných a komerčných aktivít, ako aj novej bytovej výstavby dochádza najmä na vonkajšom obvode vo väzbe na existujúci obchvat mesta, to znamená v priestore s dobrou dostupnosťou nielen z hľadiska centra mesta, ale aj z hľadiska regionálnych a nadregionálnych väzieb.

Obmedzené priestorové možnosti v centre a vo vymedzenom zastavanom území mesta sú hlavnými príčinami procesu zahusťovania zástavby, ktorý bol v sledovanom období spojený so značnými úbytkami plôch sídelnej zelene. Areály opustených priemyselných podnikov, dostatočne široká zeleň v okolí dopravných komunikácií, cintoríny, záhradkárske osady a záhrady pri rodinných domoch spolu s parkami vytvárajú priestor pre zachovanie biodiverzity urbánneho ekosystému. EEA (2010) upozorňuje na skutočnosť, že so znižovaním kvality života v centrách miest v dôsledku nadmerného zahusťovania zástavby a zlepšujúcou sa dopravnou dostupnosťou suburbánnych oblastí s výrazne nižšími cenami nehnuteľností môže súvisieť postupné vyľudňovanie niektorých mestských zón. Aj to je jeden z dôvodov na implementáciu prísnejších opatrení na zamedzenie neprimeranej likvidácie drevinovej vegetácie v meste Trnava a na cielenú starostlivosť o existujúce lokality so sídelnou zeleňou.

Zadefinované typy zmien urbanizovaného priestoru: rozširovanie zástavby, zahusťovanie zástavby a ostatné zmeny umožňujú porovnávanie charakteru a dynamiky urbanizácie na úrovni vybraných sídiel. Ako príklad možno spomenúť analýzu procesu urbanizácie bulharského mesta Burgas, kde na rozdiel od Trnavy v uplynulom desaťročí výrazne dominoval proces zahusťovania zástavby (Kopecká et al., v tlači). Nevýhodou prezentovanej vizuálnej klasifikácie urbanizovaného priestoru je najmä časovo náročná interpretácia satelitných snímok, ktorá vylučuje využitie prezentovaného prístupu na väčších územiach. VHR satelitné dáta zo záujmového územia je možné v ďalšom kroku využiť na testovanie objektovo orientovanej automatickej klasifikácie na báze základných tried krajiny pokrývky.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu č. 2/0006/13 „Zmeny kultúrnej krajiny: analýza procesov rozširovania zástavby a pustnutia poľnohospodárskej pôdy aplikáciou databáz o krajiny pokrývke“ v Geografickom ústave SAV za podpory grantovej agentúry VEGA.

LITERATÚRA

- ANGEL, S., PARENT, J., CIVCO, D. (2007). Urban sprawl metrics: an analysis of global urban expansion using GIS. Proceedings of ASPRS 2007 Annual Conference, Tampa, Florida May 7–11, [Online], Available: [URL:http://clear.uconn.edu/publications/research/tech_papers/Angel et al ASPRS2007.pdf](http://clear.uconn.edu/publications/research/tech_papers/Angel_et_al ASPRS2007.pdf) [accessed 12 November 2013].
- ANTROP, M. (2000). Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landscape Ecology*, 15, 257-270.
- BELAL, A. A., MOGHANM, F. S. (2011). Detecting urban growth using remote sensing and GIS techniques in Al Gharbiya governorate, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 14, 73-79.
- BHATTA, B., SARASWATI, S., BANDYOPADHYAY, D. (2010a). Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data. *Applied Geography*, 30, 91-111.
- BHATTA, B., SARASWATI, S., BANDYOPADHYAY, D (2010b). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, 30, 731-740.
- BOLTIŽIAR, M., BUGÁR, G., PETROVIČ, F. (2013). Krajinná ekologická interpretácia zmien krajiny mesta Nitra za ostatných 230 rokov. *Ekologické štúdie*, 4, 11-23.
- CLARK, D. (1982). *Urban geography: an introductory guide*. London (Croom Helm).
- DRGOŇA, V.(2004). Assessment of the landscape use changes in the city of Nitra. *Ekológia (Bratislava)*, 23, 385-392.
- EUROPEAN COMMISSION (2006). Urban sprawl in Europe: the ignored challenge, EEA Report, 10, 2006, [Online], Available: http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10 [accessed 12 November 2013].
- EUROPEAN COMMISSION (2011). Mapping guide for a European Urban Atlas, [Online], Available: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas/mapping-guide> [accessed 12 November 2013].
- EUROPEAN COMMISSION (2012). Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing SWD(2012), [Online], Available: http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/soil_sealing_guidelines_en.pdf [accessed 06 November 2013].
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2010). 10 messages for Europe. Urban ecosystems. Copenhagen 2010, [Online], Available: www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010 [accessed 12 November 2013].

- FERANEC J., OŤAHEĽ, J. (1999). Mapovanie krajinej pokrývky metódou CORINE v mierke 1:50 000: návrh legendy pre krajiny programu PHARE. *Geografický časopis*, 57, 19-44.
- FERANEC, J., ŠÚRI, M., CEBECAUER, T., OŤAHEĽ, J. (2002). Methodological aspects of landscape changes detection and analysis in Slovakia applying the CORINE land cover databases. *Geografický časopis*, 53, 271-288.
- FERANEC, J., KOPECKÁ, M., OŤAHEĽ, J., NOVÁČEK, J. (2010). Zväčšovanie zástavby na Slovensku v období 2000-2006. *Geographia Cassoviensis*, 4, 13-21.
- FERANEC, J., SOUKUP, T. (2013). Map presentation of changes in Europe's artificial surfaces for the periods 1990-2000 and 2000-2006. *Central European Journal of Geosciences*, 5, 323-300.
- HEROLD, M., COUCLELIS, H., CLARKE, K. C. (2005). The role of spatial metrics in the analysis and modelling of urban land use change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 369-399.
- JURÁNI, B., DLAPA, P., BEDRNA, Z., ŠTERUSKÁ, A. (2011). *Prekrytie pôdy (soil sealing) na Slovensku*. Bratislava (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského).
- KAMPOURAKI, M., WOOD, A. G., BREWER, T. (2006). The application of remote sensing to identify and measure sealed areas in urban environments. In Lang, S., Balschke, Th., Schöpfer, E., eds. *1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006)*, [Online], Available: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/4-C42/papers.htm> [accessed 12 November 2013].
- KOPECKÁ, M. (2006). Identifikácia a hodnotenie zmien krajiny vo veľkej mierke (na príklade okolia Trnavy). *Geografický časopis*, 58, 125-148.
- KOPECKÁ, M., ROSINA, K. (2012). Hodnotenie nepriepustného prekrytia pôdy (soil-sealing) na území mesta Trnava. *Geografické informácie*, 16, 192-203.
- KOPECKÁ, M., ROSINA, K., RÁBEKOVÁ, A. (2012). Urban expansion mapping based on VHR satellite imagery. In Bandrova, T., Konecny, M., Zhelezov, G., eds. *4th International Conference on Cartography and GIS: proceedings*, 1. Sofia (Bulgarian Cartographic Association), pp. 237-246.
- KOPECKÁ, M., VATSEVA, R., FERANEC, J., OŤAHEĽ, J., ROSINA, K. (2014). Urban land cover changes: case studies Trnava (Slovakia) and Burgas (Bulgaria). In Bičík, I., Himiyama, Y., eds. *Land use changes in selected regions in the world*, IX. Prague (IGU/LUCC, Faculty of Science, Charles University in Prague and Hokkaido University of Education, Asahikawa), pp. 49-55.
- LAVALLE, C., NIEDERHUBER, M., MCCORMICK, N., DEMICHEL, L. (2000). The MURBANDY/MOLAND Methodology and its potential to support sustainable city development. In Cremers, A. B., Greve, K., eds. *Proceedings of the 12th International Symposium "Computer Science for Environmental Protection: Environmental Information for Planning, Politics and the Publici"*, [Online], Available: http://enviroinfo.isep.at/UI%20200/LavalleC_110700.el.ath.pdf [accessed 12 November 2013].
- MICHISHITA, R., JIANG, Z., XU, B. (2012). Monitoring two decades of urbanization in Poyang lake area, China through spectral unmixing. *Remote Sensing of Environment*, 117, 3-18.
- PHAM, H. M., YAMAGUCHI, Y., BUI, T. Q. (2011). A case study on the relation between city planning and urban growth using remote sensing and spatial metrics. *Landscape and Urban Planning*, 100, 223-230.
- SARVESTANI, M. S., IBRAHIM, A. L., KANAROGLOU, P. (2011). Three decades of urban growth in the city Shiraz, Iran: A remote sensing and geographic information systems application. *Cities*, 28, 320-329.
- ŠVEDA, M., VIGAŠOVÁ, D. (2010). Zmeny vo využití zeme v zázemí veľkých slovenských miest. *Geografie*, 115, 413-439.
- VIGAŠOVÁ, D. (2008). Vybrané problémy definovania extenzívneho rastu mesta (urban sprawl). *Geographia Cassoviensis*, 2, 201-205.

- WEBER, C., PUISSANT, A. (2003). Urbanization pressure and modelling of urban growth: example of the Tunis Metropolitan Area. *Remote Sensing of Environment*, 86, 341-352.
- WENG, Q.(2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: requirements, methods and trends. *Remote Sensing of Environment*, 117, 34-49.

Monika Kopecká, Konštantín Rosina

IDENTIFICATION OF CHANGES IN URBANIZED LANDSCAPE BASED ON VHR SATELLITE DATA: STUDY AREA OF TRNAVA

The regional centre of Trnava is located between the River Váh and the Little Carpathian mountain range at 146 m a.s.l. in the central part of the Trnava Plain which is part of the Trnava Hill Land. Regarding the character of relief, position in terms of the capital and a good quality transport infrastructure, it is a territory with high potential for territorial development. The limiting factor for further expansion of the city is the occurrence of top quality soils in its environs. According to the Census of Population, Houses and Flats in 2001 the population of Trnava amounted to 70,286, and in 2012 it dropped to 66,073. IKONOS (2002) and WorldView 2 (2011) satellite images were used as an information source about land cover (LC) of the city of Trnava. The detailed LC map for 2011 is the result of local mapping applying the expanded CLC classes with the minimum mapped area of 0.25 ha and the minimum width of 10m. Tab. 1 brings a survey of mapped classes; 37 LC classes were identified in the territory of interest while urbanized areas are represented in total by 28 classes (Tab. 2). The new urban fabric was identified in the second time horizon – time t_2 (2011), and not in time t_1 (2002).

The following processes were defined with the aim of assessing the urbanization trends (Fig. 4):

- Urban expansion – process characterized by conversion of agricultural and forest land cover classes (2xx or 3xx) to urbanized areas (1xxxx),
- Urban infill – process of conversion of the existing settlement greenery (141xx) and classes of areas under construction (133xx) to 11xxx-132xxx,
- Other LC changes – areas of changed urbanized areas which were not defined in the previous two categories.

Almost 433 ha of farmland (Tab. 2) of the study territory were taken by the expanding urbanization in the course of the relevant ten years. The most extensive type of change (more than 155 ha) was that of arable land into production areas namely the conversion of class 211 to 12112 due to construction of the PSA Peugeot Citroën automotive plant. Distinct diminution of class 211 is also attributable to construction of new streets with single-family houses (211-11221) and several big shopping malls (211-12111). The structure of the settlement landscape has not changed beyond the boundaries of the compact urban fabric. Apart from open spaces filled in by new construction, large areas of abandoned industrial areas (brown fields) were also transformed into trade-administrative centres or new residential quarters (Tab. 3). The biggest diminution of class 14131 Other green areas (about 4.5 ha) was in favour of servicing areas (12111). Distinct urban infilling is also evident due to construction of new industrial structures mapped via conversion of class 14132 into 12112. This type of change represented almost 12 ha. Other changes were connected with re-cultivation and change of use of built-up areas.

