HODNOTENIE INTENZITY ĽUDSKÉHO VPLYVU NA VYUŽÍVANIE KRAJINY A JEJ VÝVOJ: PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA ENVIRONMENTÁLNE ZAŤAŽENEJ OBCE RUDŇANY

Matej Hruška, František Petrovič

Abstract

Understanding of the causes and consequences of land use/cover change (LUCC) is one of the prime goals of global change research. The vast majority of the LUCC in Slovenské rudohorie Mts is associated with the deposits of mineral resources that have resulted in an increase of the anthropogenic impact. These changes significantly affect the ecological landscape stability and cause its weakening. A coefficient of ecological stability related to land use categories assigning them a weighted score of ecological significance and a coefficient of antropogenic impact have been used to measure long-term land use changes. The cadastral territory of the municipality Rudňany was segmented by a regular grid of squares (with a real square size of 1 ha) to provide a uniform level of spatial detail and a comparison over time. Used grid method has shown that there was an increase in antropogenic impact on the landscape and the consequent reduction of its impact.

Keywords: landscape change processes, land use, antropogenic impact, ecological stability, environmental loads, Rudňany

Úvod

Ťažba nerastných surovín a opúšťanie poľnohospodárskej pôdy spôsobili rozsiahle zmeny využívania krajiny, ktoré sú typické pre kultúrnu krajinu Slovenského Rudohoria s dlhoročnou baníckou históriou a spracovávaním nerastných surovín. Kultúrnu krajinu, ktorá sa formovala v procese spájajúcom v sebe ľudské potreby s prírodnými zdrojmi a špecifické topografické vlastnosti s podmienkami životného prostredia. Zatiaľ čo niektoré ľudské aktivity zanechávajú v krajine len slabú odozvu, iné ostávajú viditeľné v priebehu stoviek rokov.

Zmeny krajiny vyjadrujú dynamickú interakciu medzi životným prostredím a socioekonomickými, ale aj kultúrnymi faktormi (Ramankutty a Foley, 1999; Antrop, 2005, Jakubcová a kol., 2016, Petrovič a Muchová, 2013, Michaeli a Boltižiar, 2010). Tieto zmeny významným spôsobom ovplyvňujú ekologickú stabilitu krajiny (Lipský, 2001), spôsobujú jej oslabenie a následne i pokles biodiverzity (Bezák a kol., 2016). Z týchto dôvodov sa v predmetnom článku zameriavame na preskúmanie intenzity ľudského vplyvu na vývoj využívania krajiny za posledných 190 rokov a jeho účinok na ekologickú stabilitu.

Analýza dlhodobých zmien využívania krajiny a ich porovnávanie s predchádzajúcimi obdobiami napomáha k lepšiemu pochopeniu vzťahov medzi rozhodovacím procesom vo využívaní krajiny, jeho potenciálnym vplyvom a kvantifikáciou tohto vplyvu (Kanianska a kol., 2014, Kozová a kol., 2018, Kubinský a kol., 2015, Leitmanová, Bažík, Muchová, 2015, Lieskovský a kol., 2017, 2018, Majorošová a kol., 2018, Muchová, Jusková, 2017, Špulerová a kol., 2015, Munteanu a kol., 2017). Čoraz častejšie sa stretávame s prácami, ktoré sa zaoberajú dlhodobými zmenami využívania krajiny. Tento zvyšujúci sa trend monitorovania zmien využívania krajiny na základe dostupných historických mapových údajov sa stal široko používaním nielen na Slovensku (napr. Suľovský a kol., 2017) a v Českej republike (Havlíček a Chrudina, 2013, Opršal a kol., 2016), ale aj v iných európskych krajinách (Bender, 2005, Domaas, 2007, Peloross a kol., 2009).

Teoreticko-metodické východiská

Priestorová analýza zmien využívania krajiny bola realizovaná na mapách vytvorených metódou manuálnej vektorizácie plôšok. Ako podkladové vrstvy sme využili: historickú mapu z II. vojenského mapovania za rok 1822 v mierke 1:28 800, vojenskú topografickú mapu s mapovaním v roku 1955 a v mierke 1:25 000 a farebnú leteckú ortofotosnímkou z roku 2013 s rozlíšením rastra 0,5 m verifikovanú terénnym výskum uskutočnením v priebehu roka 2016. Základom pri príprave priestorových údajov v prostredí ArcGis 10.1 (© ESRI) boli práce Mackovčin (2009), Skokanová (2009), Boltiziar a kol. (2016) a Muchová a Tárníková (2018). Výsledkom boli mapy využívania krajiny pri rešpektovaní minimálneho mapovaného areálu 0,8 ha. V mapách sme rozlišovali 6 kategórií využívania krajiny (KVK): orná pôda, lúky, pasienky, lesy, sídelná zástavba a ostatné plochy (bane a skládky odpadu).

Na posúdenie miery ekologickej stability sme využili metódu stanovenia koeficientu ekologickej stability – KES podľa Miklósa (1986), ktorý je založený na posúdení plošného zastúpenia stabilných a nestabilných KVK s prihliadnutím na ich ekologickú významnosť. Na základe výslednej numerickej hodnoty je krajina zaradená do určitého stupňa ekologickej stability (Petrovič, 2005). Koeficient má nasledovný tvar:

$$KES = \left(\frac{\sum_{i=1}^p p_i * k_{p_i}}{p} \right)$$

kde p_i je rozloha i -tej formy využitia krajiny v analyzovanej priestorovej jednotke, k_{p_i} je koeficient ekologickej významnosti kategórie využitia krajiny (orná pôda – 0,14; lúky – 0,62; pasienky – 0,68; lesy – 1,00; sídelná zástavba – 0,00; iné, napr.: bane a skládky odpadu – 0,14) a p je celková rozloha analyzovanej priestorovej jednotky.

Následne sme hodnotili úroveň ľudského vplyvu na krajinu a jej vývoj vypočítaním koeficientu miery antropického ovplyvnenia krajiny – KAO (Kupková, 2001), ktorý predstavuje pomer plôch s vysokou intenzitou využitia krajiny (orná pôda, sídelná zástavba a ostatná plocha) a plôch s menšou intenzitou využitia krajiny (lúky, pasienky, lesy):

$$KAO = \frac{(r_{OP} + r_{SZ} + r_{OSP})}{(r_L + r_P + r_{Le} + r_V)}$$

kde r_{OP} je rozloha ornej pôdy, r_{SZ} je rozloha sídelnej zástavby, r_{OSP} je rozloha ostatných plôch (napr.: bane, skládky odpadu), r_L je rozloha lúk, r_P je rozloha pasienkov, r_{Le} je rozloha lesa a r_V je rozloha vodných plôch. Rozloha sa vo všetkých prípadoch udáva v hektároch. Koeficient nadobúda hodnoty od 0, horná hranica neexistuje. Hodnota 1 je dosiahnutá vtedy, ak je rozloha oboch typov plôch v rovnováhe. Hodnota vyššia ako 1 znamená, že prevažujú plochy s vysokou intenzitou antropického využitia.

Konečný výpočet KES a KAO sme realizovali v pravidelnej štvorcovej sieti o reálnej veľkosti štvorca 1 ha (100 x 100 m). Veľkosť bola vybraná na základe prác Ivanová a kol. (2013), Muchová a Tárniková (2018). Výhoda tejto metódy spočíva v eliminovaní nejednoznačných výsledkov, ktoré môžu vzniknúť pri ploškách, líšiacich sa navzájom veľkosťou a tvarom.

Skúmané územie

Katastrálne územie je v rámci geomorfologickej oblasti Slovenského Rudohoria situované do celku Volovské vrchy, podcelku Hnilecké vrchy a severné časť do geomorfologickej časti Galmus (Mazúr a Lukniš, 1986). Geologické podložie je budované útvarmi staršieho a mladšieho paleozoika, mezozoika, terciéru a kvartéru. Útvary staršieho a mladšieho paleozoika sú bohaté na rudné žily, ktoré boli banícky využívané od stredoveku. Georeliéf je tvorený najmä eróznou-denudačnými svahmi, z ktorých ojedinele vystupujú tvrdoše. K najzaujímavejším formám reliéfu patria zvyšky rozsiahlejšej krasovej planiny v severnej časti katastra. Územie je odvodňované Rudnianskym potokom s dvoma väčšími ľavostrannými prítokmi do rieky Hornád. Z pôdnych typov majú najväčšie zastúpenie kambizeme, fluvizeme a v menšej miere rankre, rendzina a pararendziny (Krokusová a Čech, 2010). Aktuálna vegetácia je tvorená prevažne ihličnatými lesmi, ktoré boli počas ťažby a spracovania nerastov dlhé obdobie exploatované. K dominantnej drevine patrí smrek s prímесou borovice, smrekovca opadavého a miestami jedle (mapa 1).

Mapa 1: Lokalizácia katastrálneho územia Rudňany v rámci a) kraja a b) okresu

Map 1: Location of the cadastral area Rudňany within a) the region and b) the district

Výsledky

Pri spracovávaní druhotnej krajinej štruktúry je potrebné rozlišovať medzi súčasným a historickým využívaním krajiny. V našom prípade pozostávali mapy historického využívania krajiny z 20 plôšok (r. 1822), kde sme identifikovali 4 KVK a 46 plôšok (r. 1955), ktoré predstavovali 6 kategórií. Mapa zobrazujúca súčasné využívanie krajiny pozostávala zo 44 plôšok, v rámci ktorých sme identifikovali a zaznamenali 5 KVK.

Vo všetkých troch sledovaných rokoch (graf 1) zaberala kategória lesa najväčšiu rozlohu. V roku 1955 sa rozloha lesa znížila o 405,49 ha (32,45%) na úkor ornej pôdy (32%), pasienkov (28%), lúk (23%) a rozširujúcej sa sídelnej zástavby (16%). Výrazné zmeny v rozložení a rozlohe KVK môžeme pozorovať aj v roku 2013. Rozloha ornej pôdy klesla z pôvodných 131,56 ha v roku 1955 na nulu. K poklesu došlo aj v kategórii pasienkov o 81,98 ha a lúk o 59,7 ha. Tieto zmeny boli spôsobené najmä opúšťaním poľnohospodárskej pôdy, ktoré je úzko spojené so zalesňovaním. Najčastejšie sa tieto procesy vyskytujú v ťažko dostupných, hornatých územiach, ktoré nie sú vhodné pre veľkoblokovú poľnohospodársku produkciu (Skokanová a kol. 2016). Sídelná zástavba rástla napriek stavebnej uzávere vydanéj v roku 1970 ako reakcia na nekontrolovanú exploatáciu a úpravu rúd, ale aj najväčšie znečistenie životného prostredia.

Banskou činnosťou sa vytvorilo rozsiahle závalové pásmo Baniská tiahne sa od jamy Mier po jamu Poráč. Bane a skládky odpadu zaberali najväčšie plochy v roku 2013. Konkrétne ide o haldu jamy Západ, haldu jamy 5RP II (čiastočne rekultivovaná), rekultivované smetisko a závaly postupne zavázané elektrárenským popolčekom (Krokusová a Čech, 2007). Prijatie utlmeného programu ťažby a úpravy rúd a zrušenie stavebnej uzávery v roku 1995 vytvára predpoklady na revitalizáciu tohto bohatého banického osídlenia.

Graf 1: Priestorová rozloha kategórií využívania krajiny vyjadrená v hektároch (ha) za tri sledované časové horizonty

Graph 1: Area of land use categories in hectares for three time horizons

Prekrytím máp využitia krajiny pravidelnou štvorcovou sieťou o veľkosti štvorca 1 ha (100 x 100 m) sme získali 1 471 štvorcov. Z toho bolo 1 217 úplných a 254 neúplných, nachádzajúcich sa po obvode skúmaného územia. Hodnotením KES v pravidelnej sieti štvorcov sme zistili (tab. 1), že za celé sledované obdobie došlo takmer vo všetkých intervaloch, s výnimkou najvyššieho intervalu – výrazne stabilizovaná krajina, k nárastu a následne k poklesu ich počtu. Medzi rokmi 1822 a 1955 sme pozorovali zmenu hodnoty KES až v 908 štvorcoch. V roku 1822 bola krajina výrazne stabilizovaná až v 1 353 štvorcoch, čo bolo spôsobené značnou rozlohou kategórie lesa, ktorá zaberala 93,16% územia. Dynamická schopnosť krajiny udržiavať podmienky svojej existencie súvisela so spracovávaním vyťaženej rudy mimo územia katastra v Štefánskej Hute a Starej Vode. Rok 1955 sa vyznačoval viacerými zmenami. Dochádzalo k rozvoju obce a nárastu počtu obyvateľov. Vybudovaná bola triediareň a pražiareň známa pod menom Starý povrchový závod a železničné napojenie závodu na Markušovce. Všetky tieto zmeny sa odrazili v náraste počtu štvorcov v nižších intervaloch. Až o 148 štvorcov sa zvýšil interval výrazne nestabilizovanej krajiny, čo súviselo s rozširovaním sídelnej zástavby a objavením sa kategórii orná pôda a pasienky, zabierajúcich 18,41% územia. Druhý výraznejší nárast o 207 štvorcov bol v intervale stabilizovanej krajiny, ktorý súvisel s rozšírením sa lúk na úkor lesa. V roku 2013 došlo k opätovnému poklesu počtu štvorcov v nižších intervaloch

a nárastu v intervale výrazne stabilizovanej krajiny. Charakteristickými znakmi bolo vybudovanie Nového priemyselného závodu na úpravu rúd, dobudovanie mlynice a ortuľovne a rozširovanie ťažobných priestorov a s tým spojených hald, ktoré negatívne pôsobia na životné prostredie. Celkovo sme zaznamenali zlepšenie ekologickej stability krajiny, ktoré súviselo s prijatím útlmového programu ťažby a úpravy rúd a protiemisnými opatreniami v roku 1995.

Tab. 1: Počet štvorcov a rozloha (ha) prislúchajúca vybranému intervalu koeficientu ekologickej stability

Table 1: Number of squares and area of individual ecological stability intervals

KES	1822		1955		2013	
	štvorce	ha	štvorce	ha	štvorce	ha
<0; 0,20>	5	4	153	145,01	78	75,13
(0,20; 0,40>	3	3	61	59,73	35	33,34
(0,40; 0,60>	29	29	70	63,85	43	39,38
(0,60; 0,80>	81	73,68	288	249,98	146	127,99
(0,80; 1,00>	1 353	1 231,75	899	822,82	1 168	1 065,41

Výpočtom KAO sme zistili, že v priebehu celého sledovaného obdobia dochádzalo k zvyšovaniu a následne znižovaniu antopogénneho vplyvu na krajinu. Tieto výsledky sa vo veľkej miere zhodujú s výsledkami KES. Pri dôkladnejšom porovnávaní vytvorených máp ekologickej stability krajiny a antropického ovplyvnenia krajiny (mapa 2) môžeme sledovať určité väzby medzi štvorcami s výraznou stabilitou krajiny a štvorcami s vysokou intenzitou využívania a opačne. Najnižšie hodnoty KAO (tab. 2) boli vypočítané vo štvorcach s vysokým podielom stabilných plôch/nízkou intenzitou využívania (lúky, pasienky, lesy) a s nízkym až nulovým podielom nestabilných plôch/vysokou intenzitou využívania (orná pôda, sídelná zástavba a ostatná plocha). V tomto prípade šlo o 1 460 štvorcov v roku 1822, čo predstavuje 99,21% rozlohy územia, 1 170 štvorcov v roku 1955 (78,32%) a 1 296 štvorcov v roku 2013 (87,26%). Interval s hodnotou KAO väčšou ako 1,04 reprezentujúci vysokú intenzitu využívania bol v roku 1822 zastúpený 3 štvorcami. Celkovo sa najväčší antopogénny tlak prejavil v 202 štvorcach v roku 1955, čo predstavuje 14,8% územia a v 110 štvorcach v roku 2013 (8,09%). Síce došlo k poklesu o 92 štvorcov pod vplyvom opustenia poľnohospodárskej pôdy a jej postupného zalesňovania, ale ťažba nerastných

surovín a ich spracovanie sa výrazným spôsobom podpísali pod znečistenie životného prostredia. Pre čo najpresnejšie zachytenie rovnovážneho stavu vo štvorcoch bol zadefinovaný interval v rozmedzí 0,94 až 1,04. Medzi sledovanými časovými horizontmi sa podiel týchto štvorcov postupne zvyšoval od 3 v roku 1822 až k 6 v roku 2013.

Mapa 2: Koeficient ekologickej stability (vľavo) a koeficient antropického ovplyvnenia krajiny (vpravo) vypočítaný v štvorcovej sieti (100 x 100 m)

Map 2: Coefficient of ecological stability (on the left) and coefficient of antropogenic impact (on the right) calculated by a regular grid of squares (100 x 100 m)

Tab. 2: Počet štvorcov a rozloha (ha) prislúchajúca vybranému intervalu koeficientu antropogénneho ovplyvnenia

Table 2: Number of squares and area of individual antropogenic impact intervals

KAO	1822		1955		2013	
	štvorce	ha	štvorce	ha	štvorce	ha
<0; 0,20>	1 460	1 330,43	1 170	1 050,38	1 296	1 170,15
(0,20; 0,40>	2	2	36	32,74	23	22,85
(0,40; 0,60>	-	-	31	29,74	15	13,9
(0,60; 0,80>	4	4	22	21,07	14	13,92
(0,80; 0,94>	1	1	7	7	6	6
(0,94; 1,04>	1	1	2	2	6	6
> 1,04	3	3	202	198,46	110	108,45

Diskusia

Jednotlivé kategórie využívania krajiny/triedy krajinnej pokrývky (TKP) možno vnímať ako biotopy alebo komplexy biotopov (Tallis et al., 2011) s rôznym stupňom hemeróbie, ktorá predstavuje mieru antropogénneho vplyvu na vegetáciu alebo celkový ekosystém. Podľa Oťaheľa (2004) je pri hodnotení ekologickej stability krajiny dôležité poznanie krajinnej pokrývky, presnejšie jednotlivých TKP, ktoré umožňujú vyčleniť podiel biotických zložiek a stanoviť ich ekologickú významnosť. Východiskom je detailná identifikácia a zaznamenávanie objektov zemského povrchu na základe ich morfoštruktúrnych a fyziognomických vlastností vo veľkých mierkach. Z hľadiska detailizovania krajinnej pokrývky patria medzi cenné práce Falt'an a Saksa (2004), Falt'an a kol. (2011), Druga a Falt'an (2014), Druga a kol. (2015) a Oťaheľ a kol. (2017), ktoré prichádzajú s modifikáciou legendy Corine Land Cover a ucelenou legendou TKP na 5. hierarchickej úrovni. Určitou nevýhodou tejto metódy je identifikácie TKP len na základe súčasných a historických leteckých a satelitných snímok.

Ďalšou možnosťou, ktorá by mohla priniesť uspokojivejšie výsledky pri hodnotení vplyvu človeka na krajinu a ekologickú stabilitu je využitie konceptu hemeróbie. V podstate je hemeróbia obrátenou hodnotou k stupňu prirodzenosti ekosystému, ak sú ľudské zásahy reverzibilné. Klasifikovanie kultúrnej krajiny na základe odchýlky od prirodzeného klimaxového štádia spôsobenej antropogénnym

vplyvom nie je úplne novým nápadom. Svedčia o tom práce Jurko (1990), Walz a Stein (2014), Druga a Minár (2018). Ak by sme pri hodnotení ekologickej stability chceli využiť stupne hemeróbie, je potrebné spracovať ich do podoby váženého skóre, ktoré by zohľadňovalo stupeň ekologickej významnosti jednotlivých kategórií využívania krajiny/tried krajinnej pokrývky poskytujúcich biotopy rôznej kvality (Sowińska-Świerkosz, 2017).

Výsledky hodnotenia ekologickej stability krajiny a antropogénneho ovplyvnenia krajiny sa zhodujú s prácou Oťaheľ a kol. (2004), ktorí hodnotili krajinnú štruktúru okresu Skalica a s prácami Ivanová a kol. (2013) a Michaeli a kol. (2015) zaoberajúce sa zázemím Zemplínskej Šíravy. Sice v týchto prácach bolo hodnotenie realizované prostredníctvom TKP a koeficientu ekostabilizačnej schopnosti tried krajinnej pokrývky, ktorý vychádzal z myšlienky zastúpenia biotickej zložky v rámci identifikovaných tried, boli dosiahnuté rovnako vysoké hodnoty KES pre lesné a poloprirodné areály a areály v ich tesnej blízkosti. Zároveň sa potvrdilo, že štvorce s najvyšším stupňom ekologickej stability korešpondujú so štvorcami, v ktorých prevláda nízky stupeň využívania.

Záver

Aplikované metodické postupy nám umožnili jednoduchým spôsobom vyhodnotiť intenzitu ľudského vplyvu na krajinu a jej využívanie. Medzi hlavné zmeny využívania krajiny patrili urbanizácia, industrializácia (ťažba a spracovanie rúd), poľnohospodárska intenzifikácia, opúšťanie poľnohospodárskej pôdy a s tým úzke späté zalesňovanie. Tieto zmeny sa výrazným spôsobom podieľali na výsledných hodnotách ekologickej stability krajiny a jej priestorovom rozložení. Efektívnym nástrojom priestorovej analýzy ekologickej stability a antropogénneho vplyvu bola pravidelná sieť štvorcov, ktorá zabezpečila jednotnú úroveň podrobnosti a detailnosti. V priebehu sledovaného časového obdobia sme mohli pozorovať znižovanie ekologickej stability, resp. zvyšovanie antropogénneho tlaku a následne zvyšovanie ekologickej stability, resp. znižovanie antropogénneho tlaku. Existujú však možnosti prepracovania používaných metód s cieľom získania čo najpresnejších výsledkov o vlastnostiach druhotnej krajinnej štruktúry.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektu VEGA 1/0496/16 a KEGA 032UKF-4/2018.

Literatúra

ANTROP, M. 2005. Why landscapes of the past are important for the future. In *Landscape and Urban Planning*. vol. 70, pp. 21-34.

- BENDER, O. – BOEHMERB, H. J. – JENS, D. – SCHUMACHER, K. P. 2005. Using GIS to analyse long-term cultural landscape change in Southern Germany. In *Landscape and Urban Planning*. vol. 70, pp. 111-125.
- BEZÁK, P. – MITCHLEY, J. 2014. Drivers of change in mountain farming in Slovakia: from the socialist collectivisation to the Common Agricultural Policy. In *Regional Environmental Change*. vol. 14, pp. 1343-1356.
- BOLTIŽIAR, M. – OLAH, B. – GALLAY, I. – GALLAYOVÁ Z. 2016. Transformation of the Slovak cultural landscape and its recent trends. In *17th International Symposium on Landscape Ecology - Landscape and Landscape Ecology*. Location: Nitra, Slovakia, May 27-29, 2015. pp. 57-67.
- DOMAAS, S. T. 2007. The reconstruction of past patterns of tilled fields from historical Cadastral Maps using GIS. In *Landscape Research*. vol. 32, pp. 23-43.
- DRUGA, M. – FALŤAN, V. 2014. Influence of environmental drivers on the land cover structure and its long-term changes – case study of Malachov and Podkonice villages in Slovakia. In *Moravian Geographical Reports*. vol. 22, pp. 29-41.
- DRUGA, M. – FALŤAN, V. – HERICHOVÁ, M. 2015. Návrh modifikácie metodiky CORINE Land Cover pre účely mapovania historických zmien krajinej pokrývky na území Slovenska v mierke 1: 10 000 – príkladová štúdia historického k. ú. Batizovce. In *Geographia Cassoviensis*. roč. 9, č.1, s. 17-34.
- DRUGA, M. – MINÁR, J. 2018 Exposure to human influence – a geographical field approximating intensity of human influence on landscape structure. In *Journal of Maps*. vol. 14, no. 2, pp. 486-493.
- FALŤAN, V. – BÁNOVSKÝ, M. – BLAŽEK, M. 2011. Evaluation of land cover changes after extraordinary windstorm by using the land cover metrics: a case study on the High Tatras foothill. In *Geografie*. vol. 116, no. 2, pp. 156-171.
- FALŤAN, V. – SAKSA, M. 2007. Zmeny krajinej pokrývky okolia Štrbského plesa po veternej kalamite v novembri 2004. In *Geografický časopis*. roč. 59, č. 4, s. 359-372.
- HAVLÍČEK, M. – CHRUDINA, Z. 2013. Long-term land use changes in relation to selected relief characteristics in Western Carpathians and Western Pannonian basin – Case study from Hodonín District (Czech Republic). In *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. vol. 8, pp. 231-244.
- IVANOVÁ, M. – MICHAELI, E. – BOLTIŽIAR, M. – FAZEKAŠOVÁ, D. 2013. The analysis of changes ecological stability of landscape in the contrasting region of the mountain range and a lowland. In *13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013*. Albena, Bulgaria., vol. 1, 2013. pp. 925-938.
- JURKO, A. 1990. *Ekologické s socioekonomické hodnotenie vegetácie*. Bratislava: Príroda.
- JAKUBCOVA, A. – GREŽO, H. – HREŠKOVÁ, A. – PETROVIČ, F. 2016. Impacts of Flooding on the Quality of Life in Rural Regions of Southern

- Slovakia. In *Applied Research in Quality of Life*, vol. 11, no. 1 pp. 221-237.
- KANIANSKA, R. – KIREKOVÁ, M. – NOVÁČEK, J. – ZEMAN, M. 2014. Land-use and land-cover changes in rural areas during different political systems: A case study of Slovakia from 1782 to 2006. In *Land Use Policy*, vol. 36, pp. 554-566.
- KOZOVÁ, M. – DOBŠINSKÁ, Z. – PAUDITŠOVÁ, E. – TOMČÁKOVÁ, I. – RAKYTOVÁ, I. 2018. Network and participatory governance in urban forestry: An assessment of examples from selected Slovakian cities. In *Forest Policy and Economics*, vol. 89, pp. 31-41.
- KROKUSOVÁ, J. – ČECH, V. 2007. Transformácia banskej krajiny na príklade obce Rudňany. In *Zborník z konferencie Česká geografia v evropském prostoru*. České Budejovice. 2007, s. 1105-1111. ISBN 978-80-7040-986-2.
- KROKUSOVÁ, J. – ČECH, V. 2010 Selected aspects of transformation process and environmental conditions of mining villages after the stoppage of mining activities (on the example of Rudňany and Slovinky). In *Globalization and crises in modern economy. Lithuania*. ISBN 978-9955-18-507-9.
- KUBINSKY, D. – WEIS, K. – FUSKA, J. – LEHOTSKÝ, M. – PETROVIČ, F. 2015. Changes in retention characteristics of 9 historical artificial water reservoirs near Banská Štiavnica. In *Open Geosciences*, vol 7, no. 1, pp. 1-8.
- KUPKOVÁ, L. 2001. Data o krajine včera a dnes. In *GEOinfo 1/2001*, s. 16-19.
- LEITMANOVÁ M. – BAŽÍK, J. – MUCHOVÁ, Z. 2015. New methods for gathering the spatial data from land consolidation project. In *Acta Scientiarum Polonomorum – Formatio Circumiectus*, vol. 14, no. 1, pp. 125-133.
- LIESKOVSKÝ, J. – LIESKOVSKÝ, T. – PISCOVÁ, V. 2017. Physical accessibility and its role in landscape developmentthree historical analyses from South Slovakia. In *Landscape Research*, vol. 42, no. 5, pp. 498-507.
- LIESKOVSKÝ, J. – KAIM, D. – BALÁZS, P. – BOLTIŽIAR, M. – CHMIEL, M. – GRABSKA, E. – KIRÁLY, G. – KONKOLY-GYURÓ, E. – KOZAK, J. – ANTALOVÁ, K. – KUCHMA, T. – MACKOVČIN, P. – MOJSES, M. – MUNTEANU, C. – OSTAFIN, K. – OSTAPOWICZ, K. – SHANDRA, O. – STYCH, P. – RADELOFF, V. C. 2018. Historical land use dataset of the Carpathian region (1819–1980). In *Journal of Maps*, vol. 14, no.2, pp. 644-651.
- MACKOVČIN, P. 2009. Land use categorization based on topographic maps. In *Acta Pruhoniciana*, vol. 91, pp. 5-13.
- MAJOROŠOVÁ, M. – ŠTEFUNKOVÁ, Z. – BELČÁKOVÁ, I. – ŠKRINÁR, A. – MACURA, V. 2018. The effect of gabions on the Quality of a stream habitat. In *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 16, no. 3, pp. 3461-3472.
- MAZÚR, E. – LUKNIŠ, M. 1986. *Geomorfologické členenie SSR*. 1:500 000. 1. vyd. Bratislava: Slovenská kartografia, 1986.
- MICHAELI, E – BOLTIŽIAR, M. 2010. Selected Localities of Environmental Loads in the Slovak Republic. In *Geographia Cassoviensis*, vol. 4, no. 2, pp. 114-119.

- MICHAELI, E. – IVANOVÁ, M. – KOCO, S. 2015. The evaluation of anthropogenic impact on the ecological stability of landscape. In *Journal of Environmental Biology*. vol. 36, no. 1, pp. 1-7.
- MIKLÓS, L. 1986. Stabilita krajiny v ekologickom genereli SSR. In *Životné prostredie*. roč. 20, č. 2, s. 87-93.
- MUCHOVÁ, Z. – JUSKOVÁ, K. 2017. Stakeholders' perception of defragmentation of new plots in a land consolidation project: Given the surprisingly different Slovak and Czech approaches. In *Land Use Policy*. vol. 66, pp. 356-363.
- MUCHOVÁ, Z. – TÁRNIKOVÁ, M. 2018. Land cover change and its influence on ecological risk assessment of the ecological stability. In *Applied Ecology and Environmental Research*. vol. 16, no. 3, pp. 2169-2182.
- MUNTEANU, C. – KUEMMERLE, T. – BOLTÍŽIAR, M. – LIESKOVSKY, J. – MOJSES M. – KAIIM, D. – KONKOLY-GYURO, E. – MACKOVČIN, P. – MÜLLER, D. – OSTAPOWICZ, K. – RADELOFF, V. C., 2017. Nineteenth-century land-use legacies affect contemporary land abandonment in the Carpathians. In *Regional Environmental Change*. vol. 17, no. 8, pp. 2209-2222.
- OPRŠAL, Z. – KLADIVO, P. – MACHAR, I. 2016. The role of selected biophysical factors in long-term land-use change of cultural landscape. In *Applied Ecology and Environmental Research*. vol. 14, pp. 23-40.
- OŤAHEL, J. – FERANEC, J. – CEBECAUER, T. – PRAVDA, J. – HUSÁR, K. 2004. Krajinná štruktúra okresu Skalica: hodnotenie zmien, diverzity a stability. In *Geographia Slovaca*. vol. 19.
- OŤAHEL, J. – FERANEC, J. – KOPECKÁ, M. – FALŤAN, V. 2017. Modifikácia metódy CORINE Land Cover pre identifikáciu a zaznamenávanie tried krajinej pokrývky v mierke 1:10 000 na báze príkladových štúdií z územia Slovenska. In *Geografický časopis*. roč. 69, č. 3, s. 189-224.
- PETROVIČ, F. 2005. *Vývoj krajiny v oblasti štálového osídlenia Pohronského Inovca a Tribeča*. Bratislava: ÚKE SAV, 2005. 209 s. ISBN 80-969272-3-X.
- PETROVIČ, F. – MUCHOVÁ, Z. 2013. The potential of the landscape with dispersed settlement (case study Cadca town). In *Public recreation and landscape protection - with man hand in hand*. Brno 1.–3.5.2013. Brno: Mendlova univerzita, 2013. ISBN 978-80-7375-746-5, s. 199-204.
- RAMANKUTTY, N. – FOLEY, J.A. 1999. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. In *Global Biogeochemical Cycles*. vol. 13, pp. 997-1027.
- SKOKANOVÁ, H. 2009. Application of methodological principles for assessment of land use changes trajectories and processes in South-Eastern Moravia for the period 1836–2006. In *Acta Pruhoniciana*. vol. 91, pp. 15-21.
- SKOKANOVÁ, H. – FALŤAN, V. – HAVLÍČEK, M. 2016. Driving forces of main landscape change processes from past 200 years in Central Europe-differences between old democratic and post-socialist countries. In *Ekológia (Bratislava)*. vol. 35, no. 1, pp. 50-65.

- SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ, B. 2017. Application of surrogate measures of ecological quality assessment: The introduction of the Indicator of Ecological Landscape Quality (IELQ). In *Ecological Indicators*. vol. 73, pp. 224-234.
- SÚLOVSKÝ, M. – FALŤAN, V. – SKOKANOVÁ, H. – HAVLÍČEK, M. – PETROVIČ, F. 2017. Spatial analysis of long-term land-use development in regard to physiotores: case studies from the Carpathians. In *Physical Geography*. vol. 38, no. 5, pp. 470-488.
- ŠPULEROVÁ, J. – PISCOVÁ, V. – GERHATOVÁ, K. – BAČA, A. – KALIVODA, H. – KANHA, R. 2015. Orchards as traces of traditional agricultural landscape in Slovakia. In *Agriculture Ecosystems & Environment*. vol. 199, pp. 67-76.
- TALLIS, H. et al. 2011. *InVEST 2.4.4 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford.
- WALZ, U. – STEIN, C. 2014. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. In *Journal for Nature Conservation*. vol. 22, no. 3, pp. 279-289.

EVALUATION OF THE INTENSITY OF ANTROPOGENIC IMPACT ON LAND USE AND ITS DEVELOPMENT: A CASE STUDY OF THE ENVIRONMENTALLY-LOADED AREA RUDŇANY

Summary

Exploitation of mineral resources and agricultural land abandonment have caused extensive land use changes that are characteristic for cultural landscape of Slovenské Rudohorie Mts with a long history of mining and mineral processing. Cultural landscape have been shaped over time, in an interactive process linking human needs with natural resources and features in a specific topographic and spatial setting. Whereas some human activities only left a short imprint on the scenery, others remain visible over thousands of years. Analysis of long-term land-use changes and their comparison with the recent period helps us to understand the links between land use choices, their potential impact and the quantification of this impact. Changes in landscape structure have a significant effect on ecological stability, as well as contemporary biodiversity decline. Therefore, this article investigates the impact of human activities on the long-term land-use development over the last 190 years and its influence on ecological landscape stability.

Land-use changes of study area were analyzed using land-use maps created by on-screen digitization on the basis of old topographic maps and aerial photograph in the ESRI ArcGIS environment. As underlying layers were used: map from the 2nd Austro-Hungarian Military Survey in the scale 1:28 800 (1822), the Czechoslovak military topographic map in a scale 1:25 000 (1955) and aerial photograph with the raster resolution of 0.5 meters (years 2005 and 2009). Maps

distinguished six land-use categories: arable land, permanent grassland, pastures, forest, build-up area, other area (e. g. mine and dump sites). This method set relatively homogenous land-use spatial units at minima of 0.8 ha area. A coefficient of ecological stability (Miklós, 1986) related to land use categories assigning them a weighted score of ecological significance and a coefficient of antropogenic impact (Kupková, 2001) have been calculated. In addition to this, the study area was segmented by regular grid cells that were used as a means of spatial reference. While the land area of municipalities varies in size, and thus the calculated coefficients must always be considered as values relative to this area, the use of grid cell avoids the ambiguity of results based on different reference units. Moreover, the map representation provides a uniform level of detail.

Degrees of ecological stability (e.g. Petrovič, 2005) and intensity of antropogenic impact on landscape were distinguished by overlaying land-use maps with a regular 100 x 100 m grid cells. The results showed that ecologically negative changes clearly dominate in the 1955. Urbanization, industrialization, agricultural intensification, agricultural land abandonment (closely linked with afforestation via natural vegetation succession as well as artificial afforestation in areas) belong to the main changes in land use.

Mgr. Matej Hruška

Katedra fyzickej geografie a geoekológie
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Komenského v Bratislave
Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava
E-mail: hruska35@uniba.sk

prof. RNDr. František Petrovič, PhD.

Katedra ekológie a environmentalistiky
Fakulty prírodných vied
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre
Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
E-mail: fpetrovic@ukf.sk