

Hodnotenie zmien krajiny na Slovensku s využitím údajov CORINE Land Cover

Nováček, J., Kopecká, M., Oťaheľ, J., Feranec, J.: Assessment of Land Cover Changes in Slovakia Using CORINE Land Cover Data. *Životné prostredie*, 2019, 53, 2, p. 88 – 90.

CORINE Land Cover data is a very valuable source of information on the European landscape and its dynamics. The content compatibility and time sequence makes it possible to analyse and assess the overall changes in land cover; and this enables us to examine the heterogeneous structure and almost 30-year development of the Slovak landscape. The temporal-spatial characteristics of these changes in land cover over almost three decades confirm a mixed trend of urbanisation and expectation that development of future environmental activities will provide even greater significance to this presented knowledge of Slovak land cover and its changes.

Key words: CORINE Land Cover, land cover flows, land cover changes, deforestation, urbanisation

Zmeny krajiny vyplývajú predovšetkým z aktivít spoločnosti v závislosti od politických a ekonomických stimulov, ale aj z účinkov extrémnych prírodných javov, akými sú záplavy povrchovými tokmi, veterné a lykožrútové kalamity, zemetrasenia, prívalové zrážky, zosuny pôd a pod. Zmeny sú preukazné od lokálnej až po globálnu úroveň, súvisia najmä s rozširovaním sídelnej, komerčnej a dopravnej zástavby alebo so zmenami v štruktúre lesných porastov a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Môžeme ich identifikovať prostredníctvom fyziognomických prejavov krajiny, ktoré sú už dlhodobo priestorovo a časovo zaznamenávané metódami diaľkového prieskumu Zeme. Zvlášť letecké a satelitné snímky sa stali nenahraditeľným zdrojom informácií o zmenách krajiny, osobitne o zmenách jej fyzického stavu, reprezentovaného krajinnou pokrývkou.

Informačný potenciál satelitných snímok bol významným stimulom pri schválení programu CORINE (*Coordination of Information on the Environment*), osobitne projektov CORINE Land Cover (CLC). Realizácia týchto projektov, zameraná na inventarizáciu krajinnnej pokrývky v Európe, začala pod gesciou Európskej environmentálnej agentúry (EEA) v roku 1985 v Portugalsku. Do riešenia projektov sa zapojilo 39 štátov Európy a doteraz bolo spracovaných päť údajových súborov o krajinnnej pokrývke za roky 1990, 2000, 2006, 2012 a 2018 (CLC 1990 až CLC 2018) a jej štyroch zmenách (CLCC) v obdobiach 1990 – 2000, 2000 – 2006, 2006 – 2012 a 2012 – 2018 (Feranec et al., 2016). Použitá jednotná legenda, ako aj konzistentné postupy identifikácie 44 tried krajinnnej pokrývky Európy umožňujú sledovať dynamiku krajiny v jednotlivých štátoch a porovnávať zmeny na celoeurópskej úrovni. Údaje CLC a CLCC Slovenska sú dostupné prostredníctvom webovej mapovej služby (WMS) a ukladacej služby (WFS), ktoré prevádzkuje na svojich serveroch Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP). Služby WMS a WFS sú štandardom vyvinutým združením *Open Geospatial Consortium*

(OGC). Odkaz na stiahnutie údajov je súčasťou metadát registra priestorových údajov – RPI (<https://rpi.gov.sk>).

Údaje o krajinnnej pokrývke (CLC a CLCC) za jednotlivé európske štáty sú na stránkach EEA programu Copernicus (<https://land.copernicus.eu>) po zaregistrovaní k dispozícii vo vektorovom (ESRI a SQL databáza) aj v rastrovom formáte (GeoTIFF s veľkosťou pixla 100 a 250 m) (Feranec a kol., 2018).

Využitie týchto údajov je veľmi široké vo sférach hodnotenia rôznych vplyvov na krajinu, plánovania a manažmentu krajiny, ochrany prírody, analýzy dopadov zmien klímy a tiež v environmentálnej výchove a vzdelávaní. (Feranec a kol., 2018).

Zmeny krajiny a metódy ich hodnotenia

Dynamika zmien urbanizovanej krajiny, najmä rozširovania zástavby na úkor poľnohospodárskych areálov, patrí k najvýznamnejším trendom vývoja kultúrnej krajiny v Európe (Antrop, 2004). Záujem o výskum týchto procesov potvrdzujú aj viaceré projekty EEA, týkajúce sa hodnotenia postupu zástavby (*soil sealing*), ako sú CLC, *Urban Atlas*, *Urban Soil Sealing Layer*, *Global Human Settlement* (Kopecká a kol., 2015). Špecifickosť zmien vidieckej krajiny možno z dlhodobého hľadiska považovať za súčasný „zápas“ medzi jej urbánnymi a rurálnymi časťami. Tento unikátny typ zmeny krajiny nadobúda dynamiku, dôsledkom je pretváranie poľnohospodárskej krajiny. Analýza príčin zmien v európskych štátoch potvrdila kombináciu hlavne politických/inštitucionálnych, kultúrnych a prirodzených/priestorových základných hybných síl, ktorých výsledkom sú najmä: urbanizácia, intenzifikácia v poľnohospodárstve a lesníctve a pustnutie poľnohospodárskej pôdy (Plieninger et al., 2016).

Údaje o krajinnnej pokrývke CLC z piatich časových horizontov poskytujú informácie o jej zmenách v celoeurópskom kontexte. Dostupnosť týchto údajov prispela k novým prístu-

pom hodnotenia krajiny napr. v rámci environmentálnych a ekonomických aspektov, diverzity, modelovania a pod. (Feranec et al., 2010, 2016; Feranec a kol., 2018; Pazúr et al., 2014). Tieto možnosti vyplývajú zo skutočnosti, že krajinná pokrývka odráža biofyzikálny stav reálnej krajiny. Jej analýza poskytuje informácie o výskyte a rozlohe tried CLC a ich zmenách v období 1990–2018, ale predovšetkým o procesoch, ktoré sa uskutočnili v Európe.

Postup aplikovaný Haines-Youngom a Weberom (EEA, 2006) kategorizuje zmeny krajinnnej pokrývky do tzv. „tokov“ (*land cover flows* – LCFs), ktoré odrážajú v nej prebiehajúce procesy. Zmeny tried CLC druhej hierarchickej úrovne možno rozdeliť do tokov, ktoré reprezentujú sedem významných procesov identifikovateľných v krajine (Feranec et al., 2010; 2012):

- *urbanizácia (zástavba, LCF 1)* – tok, ktorého súčasťou sú zmeny tried poľnohospodárskej krajiny (triedy orná pôda, trvalé kultúry a areály tráv), lesnej a poloprírodnej krajiny (triedy lesy, kroviny alebo trávne areály a holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie), zamokrených areálov (trieda vnútrozemské mokrade) a vôd (trieda vnútrozemské vody) na urbanizované areály (výstavba budov na bývanie, vzdelávanie, zdravotnú starostlivosť, šport a rekreáciu a tiež priemyselné, obchodné a dopravné areály a pod.);
- *intenzifikácia poľnohospodárstva (LCF 2)* – tok reprezentujúci zmeny krajinnnej pokrývky s nižšou intenzitou využitia na triedy s vyššou intenzitou využitia, napr. zmeny prírodných areálov (triedy kroviny alebo trávne porasty, holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie, vnútrozemské mokrade) na poľnohospodárske areály, alebo zmeny areálov poľnohospodárskej krajiny s nižšou intenzitou využitia (napr. triedy areály tráv a heterogénne poľnohospodárske areály) na triedy s vyššou intenzitou využitia (napr. triedy orná pôda a trvalé kultúry);
- *extenzifikácia poľnohospodárstva (LCF 3)* – tok reprezentujúci zmeny krajinnnej pokrývky asociované s vyššou intenzitou využitia (triedy orná pôda a trvalé kultúry) na triedy s nižšou intenzitou využitia (areály tráv, heterogénne poľnohospodárske areály, kroviny alebo trávne porasty a holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie);
- *zalesnenie (LCF 4)* – tok reprezentujúci regeneráciu lesov – rozširovanie lesov výsadbou alebo prirodzenou regeneráciou (zmeny tried orná pôda, trvalé kultúry, areály tráv, heterogénne poľnohospodárske areály, holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie a vnútrozemské mokrade) a triedy lesy a holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie);
- *odlesnenie (LCF 5)* – tok reprezentujúci zmenu triedy lesy na iné triedy krajinnnej pokrývky (triedy orná pôda, trvalé kultúry, areály tráv, heterogénne poľnohospodárske areály, kroviny alebo trávne areály, holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie a vnútrozemské mokrade) alebo poškodenie lesov, napr. zápoj korún stromov je menší ako 30 %. Tu treba upozorniť, že zmeny lesa na

prechodné lesokroviny (trieda 324), často reprezentujúce prirodzenú alebo človekom podmienenú obnovu lesa, charakterizujeme v zmysle prístupu CLC ako „odlesnenie“;

- *výstavba vodných nádrží (LCF 6)* – tok reprezentujúci zmeny najmä tried poľnohospodárskej krajiny a lesnej krajiny na areály vnútrozemských vôd;
- *ostatné zmeny (LCF 7)* – spôsobené rôznymi antropogénnymi aktivitami, napr. rekultiváciami opustených areálov povrchovej ťažby nerastných surovín, ďalej opustených skládok rôzneho odpadu, neklasifikované zmeny a pod. Detailnejšie charakteristiky tokov LCF sú uvedené v štúdiu Feranec et al. (2010).

V dôsledku celosvetového nárastu zástavby a s tým súvisiacich environmentálnych problémov sa v rámci hodnotenia vyššie uvedených trendov zvýšená pozornosť venuje najmä dynamike urbanizácie. Urbanizované areály totiž reprezentujú nielen spoločenské, ekonomické, politické či kultúrne centrá, ale aj obrovské zdroje znečisťujúcich látok a odpadu, vyznačujú sa koncentráciou nepriepustných povrchov a mestskými ostrovmi tepla, ktoré prispievajú ku globálnej zmene klímy. Vo všeobecnosti urbanizácia predstavuje komplexný transformačný proces, ktorého dôsledkom sú jednak demografické a sociálne zmeny, ale tiež fyziognomické a funkčné premeny krajiny. Tie sa prejavujú najmä rozširovaním zástavby rezidenčných, priemyselných, komerčných a komunikačných areálov.

Dokumentovanie zmien krajiny v prospech urbanizácie

Tento príspevok je zameraný na dokumentovanie zmien krajiny v prospech urbanizácie (LCF 1). Rozsah zmien charakterizujúci LCF 1 bol sumarizovaný v rámci štvorcovej siete 1 × 1 km pre štyri časové obdobia: 1990 – 2000, 2000 – 2006, 2006 – 2012 a 2012 – 2018. Do úvahy boli vzaté iba štvorce, v ktorých sa vyskytla zmena krajinnnej pokrývky v prospech urbanizácie. Veľkosť tohto typu zmeny sa vyjadřila v hektároch (ha). Treba poznamenať, že napr. aj najmenšia identifikovaná zmena 5 ha je reprezentovaná farebným označením celého štvorca 1 km², čo spôsobuje jej vizuálne nadhodnotenie.

Zmena LCF 1 1990 – 2000 predstavuje referenčnú hodnotu pre daný štvorec. Na základe porovnania referenčnej hodnoty s hodnotou veľkosti zmeny viažucej sa na tri nasledujúce časové horizonty, bolo možné identifikovať nasledujúce trendy:

- *rastúci trend* (zmeny identifikované v štvorcoch dosiahli zakaždým väčšiu alebo rovnakú hodnotu, ako bola referenčná hodnota zmeny; na obrázku na str. 3 obálky sú takéto štvorce znázornené červenou farbou);
- *klesajúci trend* (zmeny identifikované v štvorcoch dosiahli zakaždým menšiu hodnotu, ako bola referenčná hodnota zmeny, alebo v nasledujúcich dvoch časových horizontoch zmeny nenastali; na obrázku na str. 3 obálky sú takéto štvorce znázornené modrou farbou);
- *zmiešaný trend* (minimálne v dvoch nasledujúcich obdo-

Tab. 1. Prehľad zmien krajiny pokrývky v „toku“ urbanizácia (LCF 1) na Slovensku v rokoch 1990 – 2000, 2000 – 2006, 2006 – 2012 a 2012 – 2018

Typ zmeny	1990 – 2000		2000 – 2006		2006 – 2012		2012 – 2018	
	ha	ha/rok	ha	ha/rok	ha	ha/rok	ha	ha/rok
Urbanizácia	5 333,28	666,66	3 292,16	658,43	6 972,82	1 394,56	3 486,88	697,38

biach nastala zmena oproti referenčnej hodnote a táto bola striedavo raz väčšia alebo menšia, príp. zmena v jednom období nenastala; na obrázku na str. 3 obálky sú takéto štvorce znázornené cyklámenovou farbou).

Pri analýze výskytu zmien sa identifikovali aj štvorce, v ktorých nastala zmena iba v jednom období, na obrázku na str. 3 obálky sú takéto štvorce znázornené sivou farbou.

Trendy urbanizácie (LCF 1) v období 1990 – 2018

Podľa údajov z katastra nehnuteľností na Slovensku narástla rozloha zastavaných plôch medzi rokmi 1990 – 2018 o 89,41 % (z pôvodných 125 108 ha na 236 979 ha). Vzhľadom na odlišnú rozlišovaciu úroveň, definície tried a spôsob generovania údajov CLC bola v roku 1990 rozloha urbanizovaných areálov 276 402 ha a do roku 2018 vzrástla na 297 395 ha, čo predstavuje nárast o 7,59 %. Rozsah zmien LCF 1 v jednotlivých časových horizontoch dokumentuje tab. 1.

Ako vyplýva z obrázka na str. 3 obálky, proces urbanizácie prebiehal vo všetkých krajoch Slovenska, pričom dominoval najmä v zázemí krajských a väčších okresných miest. Vo väčšine lokalít bol nárast urbanizovaných areálov zaznamenaný len v jednom časovom horizonte, čo neumožňuje jeho hodnotenie z aspektu definovaných trendov. Typickým príkladom bola výstavba diaľničných úsekov D1 medzi Hornou Stredou a Ladcami, Považskou Bystricou a Žilinou, Liptovským Hrádkom a obcou Hybe, diaľničných úsekov D3 v okolí Žiliny a Čadce a úsekov rýchlostnej cesty R1 medzi Nitrou a Zlatými Moravcami.

Napriek vysokej intenzite záberov poľnohospodárskej pôdy v uplynulých desaťročiach je rastúci trend, ktorý by dokumentoval kontinuálny proces výstavby v rámci jednej lokality, málo výrazný. Objavuje sa len v okrese Bratislava IV a lokálne v okresoch Malacky, Senica, Martin a Prešov. Klesajúci trend, ktorý dokumentuje postupné znižovanie intenzity výstavby v jednej lokalite, bol ojedinele zaznamenaný v okrese Malacky, Senec a Dunajská Streda.

Zmiešaný trend, reprezentujúci dlhodobý proces urbanizácie v jednej lokalite, či už s väčšou alebo menšou intenzitou v rôznych obdobiach, má výrazné zastúpenie najmä v širšom zázemí hlavného mesta. Súvisí najmä s kontinuálnym nárastom zástavby rodinných domov v obciach v okresoch Senec a Pezinok. V zázemí krajských miest je tiež reprezentovaný rozširujúcimi sa obchodnými a logistickými centrami.

* * *

Údaje CLC sa stali pre záujemcov o poznanie krajiny Slovenska a jej dynamiky cenným zdrojom originálnych informácií. Ich obsahová kompatibilita a časová nadväznosť dovoľujú analyzovať a hodnotiť zmeny krajiny pokrývky a prostredníctvom nich sledovať jej heterogénnu štruktúru. Nová údajová vrstva CLC 2018 rozširuje možnosti interpretácie prezentovaných trendov 30-ročného vývoja krajiny Slovenska. Predpokladáme, že v procese rozvoja rôznych environmentálnych aktivít v budúcnosti ešte narastie význam získaných poznatkov o krajiny pokrývke a jej zmenách.

Príspevok je jedným z výstupov vedeckého projektu č. 2/0023/2019 Dynamika krajiny pokrývky ako indikátor zmien krajiny, podporeného Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ a SAV.

Literatúra

- Antrop, M.: Landscape Change and the Urbanisation Process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 67, p. 9 – 26.
- EEA: Land Accounts for Europe 1990 – 2000. Towards Integrated Land and Ecosystem Accounting. EEA Report 11. Copenhagen: European Environment Agency, 2006, 108 p.
- Feranec, J., Jaffrain, G., Soukup, T., Hazeu, G.: Determining Changes and Flows in European Landscapes 1990 – 2000 Using CORINE Land Cover Data. *Applied Geography*, 2010, 30, p. 19 – 35.
- Feranec, J., Soukup, T., Hazeu, G., Jaffrain, G.: Land Cover and its Change in Europe: 1990 – 2006. In: Giri, C. (ed.): Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2012, p. 285 – 301.
- Feranec, J., Soukup, T., Hazeu, G., Jaffrain, G. (eds.): European Landscape Dynamics: CORINE Land Cover Data. Boca Raton: CRC Press, 2016, 337 p.
- Feranec, J., Oťaheľ, J., Kopecká, M., Nováček, J., Pazúr, R.: Krajinná pokrývka Slovenska a jej zmeny v období 1990 – 2012. Bratislava: Veda, vydavateľstvo SAV, 2018, 160 s.
- Kopecká, M., Rosina, K., Oťaheľ, J., Feranec, J., Pazúr, R., Nováček, J.: Monitoring dynamiky zastavaných areálov. *Geographia Slovaca* 30. Bratislava: Geografický ústav SAV, 2015, 98 s.
- Pazúr, R., Lieskovský, J., Feranec, J., Oťaheľ, J.: Spatial Determinants of Abandonment of Large-Scale Arable Lands and Managed Grasslands in Slovakia During the Periods of Post-Socialist Transition and European Union Accession. *Applied Geography*, 2014, 54, p. 118 – 128.
- Plieninger, T., Draux, H., Fagerholm, N., Bieling, C., Bürgi, M., Kizos, T., Kuemmerle, T., Primdahl, J., Verburg, P. H.: The Driving Forces of Landscape Change in Europe: A Systematic Review of the Evidence. *Land Use Policy*, 2016, 57, p. 204 – 214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.04.040>

Ing. Jozef Nováček, jozef.novacek@gmail.com
RNDr. Monika Kopecká, PhD., monika.kopecka@savba.sk
prof. RNDr. Ján Oťaheľ, CSc., otahel@savba.sk
doc. RNDr. Ján Feranec, DrSc., feranec@savba.sk
 Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava