

Modely pre



biodiverzitu
do roku 2050

Radoslav Považan a kolektív

Modely pre biodiverzitu do roku 2050

Radoslav Považan a kolektív

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
Slovenská agentúra životného prostredia

2022

Editor: Radoslav Považan

Autori: Radoslav Považan¹, Peter Pastorek², Jozef Nováček², Ľuboš Balážovič¹

¹ Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28A, 974 01 Banská Bystrica

² Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Námestie Ľudovíta Štúra 1, 812 35 Bratislava, pobočka Tajovského 28A, 974 01 Banská Bystrica

Recenzenti: Ján Černecký, Juraj Švajda

Grafika: Viktória Ihringová

zdroj grafík použitých v publikácii: www.123rf.com

Odporúčaná citácia: Považan, R. (ed.), Pastorek, P., Nováček, J., Balážovič, Ľ. 2022. Modely pre biodiverzitu do roku 2050. Banská Bystrica: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Slovenská agentúra životného prostredia. 59 s.

Podakovanie: Zostavovateľ a autori publikácie by chceli vysloviť veľké poďakovanie všetkým, ktorí sa akýmkoľvek spôsobom podieľali na tvorbe tohto diela, najmä kolegovi Petrovi Kapustovi zo Slovenskej agentúry životného prostredia.

© Ministerstvo životného prostredia SR,
Slovenská agentúra životného prostredia, 2022

Náklad: 150 ks
ISBN: 978-80-8213-059-4

Obsah

6	ZHRNUTIE
7	1 ÚVOD
9	2 METODIKA
19	3 VÝSLEDKY
19	3.1 Frekvenčné mapy (heat maps)
25	3.2 Vyhodnotenie sledovaného obdobia a výpočet prognózy do roku 2054
35	3.3 Priestorové modelovanie časových horizontov krajinej pokrývky pre roky 2030 a 2054
44	4 ZÁVER A DISKUSIA
47	ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

Zhrnutie

Spracovaná publikácia prináša nový pohľad do budúcnosti prírody Slovenska z hľadiska zmien vo využívaní krajiny, pričom využíva 5 historických časových horizontov európskeho programu mapovania krajiny pokrývky Corine Land Cover (CLC). Práca nadväzuje na publikáciu Scenára pre prírodu Slovenska do roku 2050 a dopĺňa prevažne kvalitatívne údaje o kvantitatívny a priestorový rozmer. Na základe minulých a súčasných trendov modeluje zmeny súvisiace s prírodou a biodiverzitou zo strednodobého (do roku 2030) a dlhodobého hľadiska (do roku 2054).

Keďže publikácia je spôsobom prípravy s pohľadom do budúcnosti novátorskou, venuje viac priestoru nastaveniu a vysvetleniu metodického prístupu. Medzi hlavné výstupy patria:

- **frekvenčné mapy (heat maps)** identifikujúce oblasti s najvýraznejšími zmenami krajiny pokrývky a zmenami v samotnom využívaní krajiny medzi rokmi 1990 a 2018;
- **výmery vybraných tried CLC v roku 2030 a 2054** (2 hraničné hodnoty + 1 priemerná hodnota) založené na extrapolácii trendov a vyhodnotenie zmien v porovnaní so súčasnosťou;
- **priestorová identifikácia oblastí s výraznejším trendom sledovaných zmien** (napr. zmena drevinového zloženia lesa, zmena v pokrývnosti lesných biotopov, zmeny týkajúce sa kvantity ornej pôdy, identifikácia miest s rozširovaním zastavaného územia a vzniku nových človekom vybudovaných umelých plôch, prírastok/úbytok trvalých trávnych porastov (TTP), atď.);
- **sumarizačné mapové vyhodnotenie za roky 2030 a 2054;**
- **vyhodnotenie typov zmien krajiny a jej využívania do rokov 2030/2054** (referenčný rok je posledný dostupný CLC, čiže rok 2018): urbanizácia (LCF1), intenzifikácia poľnohospodárstva (LCF2), posun k extenzívnej forme poľnohospodárstva (LCF3), zalesnenie (LCF4), odlesnenie (LCF5), fragmentácia a opustenie od tradičných foriem obhospodarovania poľnohospodárskej časti krajiny a s tým súvisiace zmeny (nárast, pokles, fluktuálny trend).

Frekvenčné mapy (heat maps) boli pripravené so zohľadnením váhy zodpovedajúcej veľkosti jednotlivých zmenových polygónov. Týmto spôsobom na základe podkladov CLC vznikli mapy identifikácie zmien:

- z ihličnatých lesov na listnaté lesy
- z ornej pôdy na iný typ krajiny pokrývky
- z lúk a pasienkov (TTP) na iný typ krajiny pokrývky
- z ľubovoľného typu krajiny pokrývky na krajinnú pokrývku obsahujúcu rozširovanie zastavanej časti územia a vzniku nových človekom vybudovaných umelých plôch

Údaje o zastúpení typov krajiny pokrývky boli využité pre **stanovenie trendov do roku 2054**. Cieľom bolo určiť základnú prognózu vývoja zastúpenia krajiny pokrývky. Na základe historických údajov CLC (počínajúc rokom 1990) sú prostredníctvom štatistických prognostických metód vypočítané budúce odhadované výmery na roky 2024, 2030, 2036, 2042, 2048 a 2054.

Modelovanie priestorového rozloženia krajiny pokrývky a jej využívania do roku 2054 vychádza z rastrovej vrstvy CLC 2018 pre územie celého Slovenska, štatistických prognóz trendov vývoja jednotlivých typov krajiny pokrývky do roku 2054 a niektorých ďalších pomocných priestorových GIS vrstiev. Modelovanie prebiehalo v postupných krokoch, pričom predchádzajúci modelovaný horizont slúžil ako základná vstupná priestorová GIS vrstva pre modelovanie ďalšieho časového horizontu. Veľkosť **zmeny plochy** jednotlivých typov krajiny pokrývky voči ploche referenčnej vrstvy je kvantifikovaná v tabuľkách štatistických trendov vývoja. Výstupom modelovania sú **spojité priestorové GIS vrstvy časových horizontov rokov 2030 a 2054**.

Súčasťou publikácie je množstvo názorných ukážok v podobe obrázkov, máp, grafov a tabuliek.

1 Úvod

Príprava modelov pre biodiverzitu do roku 2050 nadväzuje na spracovanú publikáciu Scenáre pre prírodu Slovenska do roku 2050 (Považan & Filčák (eds.), 2020) vydanú Ministerstvom životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) a Slovenskou agentúrou životného prostredia (SAŽP) v roku 2020. **Jedná sa o prípravu kvantitatívnych údajov založených na využití priestorových údajov základného (Business as usual – BAU scenára) do roku 2050¹.** Uvedený scenár je spracovaný kvalitatívne a naratívne v danej publikácii. **Dvoma základnými časovými míľnikmi pre publikáciu je rok 2030 (strednodobý horizont) a rok 2054 (dlhodobý horizont).**

Základný scenár pre prírodu do roku 2050 predpokladá, že v globálnych, európskych a národných ekonomických a sociálnych trendoch (a megatrendoch), ako aj v súvisiacich prioritách ľudí sa nevyskytnú výrazné zmeny a zvraty. Starostlivosť o prírodu a jej zdroje a trendy v technológiách, hospodárstve, demografii alebo politikách nebudú meniť súčasnú trajektóriu, môže však dôjsť k ich zrýchleniu alebo spomaleniu. V oblasti biodiverzity to predpokladá ďalšie postupné zhoršovanie stavu, čo vedie k ohrozeniu základov hospodárstva, kvality života a zdravia. Nepredpokladajú sa zásadnejšie zmeny smerom k udržateľnému životu, najmä zmeny v systémoch výroby a spotreby. Jeho ďalšie základné charakteristiky sú nasledovné:

Spoločnosť a inštitúcie: EÚ zostáva svetovým lídrom v environmentálnej oblasti. Rezort životného prostredia naberá na dôležitosť aj kompetenciách. Zvyšovanie sociálnych a adaptačných nákladov spojených so zmenou klímy a degradáciou životného prostredia vytvára tlak na verejné rozpočty. Demografické trendy a rastúca sociálna polarizácia vedú k ďalšiemu nárastu populizmu a radikalizmu.

Stav prírody v roku 2050: Ciele v oblasti ochrany a zastavenia straty biodiverzity sa nedosiahli. Na Slovensku sa v niektorých územiach podarilo obnoviť časť degradovaných ekosystémov a zjednodušil sa systém chránených území, ale pokračuje tlak na ďalšie neudržateľné využívanie prírody a jej zdrojov. Adaptácia na zmenu klímy sa darí len čiastočne a za cenu vysokých nákladov.

Využívanie krajiny: Neudržateľný tlak na využívanie prírodných zdrojov (lesníctvo, poľnohospodárstvo, priemysel, energetika, cestovný ruch a služby) sa prejavuje v nezvratných zmenách na väčšine územia.

Demografia: Mierny pokles obyvateľstva Slovenska a starnutie populácie. Koncentrácia produktívneho obyvateľstva v mestských aglomeráciách, vyľudňovanie vidieka.

Hospodárstvo: Trhové hospodárstvo s posunom k hospodárstvu založenom na službách a outsourcingu väčšiny priemyselnej výroby a časti služieb. Materiálová efektívnosť, posun k minimalizácii odpadu.

Poľnohospodárstvo: Protichodné trendy: posun k bioprodukcii (slabší) a posun k veľkovýrobe potravín (silnejší). Zmeny životného štýlu, odliv ľudí z vidieka a poľnohospodárskej krajiny. Rast ceny potravín vplyvom zmien na globálnom/európskom trhu posilňovaný následkami zmeny klímy.

Lesy a lesné hospodárstvo: Zmena klímy zásadne ovplyvňuje druhovú skladbu lesov, znižuje sa najmä zastúpenie smreka, na jeho miesto prichádzajú listnaté dreviny (napr. buk a javor). V zmiešaných lesoch postupne vypadávajú ihličnany a na ich miesto nastupujú ďalšie listnaté stromy ako dub, javor, jaseň, brest, ale aj agát. Privatizácia a koncentrácia vlastníctva. Cena dreva rastie. Rozpor medzi produkčnými a mimoprodukčnými funkciami. Narastá podiel náhodnej ťažby, fragmentácia biotopov.

Voda a vodné hospodárstvo: Juh Slovenska trpí výrazným suchom. Zhoršená dostupnosť vodných zdrojov vs. zvyšujúce sa riziko povodní. Zvýšený obsah nežiaducich látok a ťažko rozložiteľných chemických zlúčenín.

Scenáre pre prírodu Slovenska

¹ v publikácii Scenáre pre prírodu Slovenska sme zvolili cieľový rok 2050, v prípade publikácie Modely pre biodiverzitu je to rok 2054 z dôvodu 6-ročných cyklov spracovania CLC

Cieľom publikácie je vytvoriť z kvantitatívnych priestorových údajov základný scenár vývoja v krátkodobom a strednodobom horizonte a identifikovať zmeny typov krajiny a jej využívania vo vzťahu k biodiverzite a jej ochrane.

Základným vstupom pre analýzy a tvorbu modelov boli vrstvy krajinej pokrývky a jej využitia z európskeho programu mapovania krajinej pokrývky Corine Land Cover (CLC). Ten je súčasťou Pan-Európskeho komponentu aktivity COPERNICUS. Jednou z hlavných úloh tohto programu je mapovanie stavu a zmien krajinej pokrývky európskych štátov pomocou údajov získaných z diaľkového prieskumu Zeme – zo satelitných snímok. Údaje CLC, ktoré boli v čase prípravy publikácie dostupné, sa zaraďujú do 5 časových horizontov (1990, 2000, 2006, 2012, 2018). Kvôli obsahovej kompatibilite a časovej nadväznosti sú cenným zdrojom poznania zmien krajinej pokrývky (krajinej dynamiky) a aktuálnom využívaní krajiny človekom.

Na základe historického, takmer 30-ročného vývoja tohto údajového setu, sme sa pokúsili namodelovať približne 30-ročný vývoj do budúcnosti. Zameranie je sústredené na to, ako asi bude o 30 rokov vyzerať krajinná pokrývka a využitie krajiny na Slovensku, ak budú súčasné trendy krajinej dynamiky ďalej pokračovať a nedôjde k zásadnej zmene. Predpokladáme, že závery kvalitatívnej analýzy (scenáre) a kvantitatívnej analýzy (modely) základného scenára sú porovnateľné.



2 Metodika

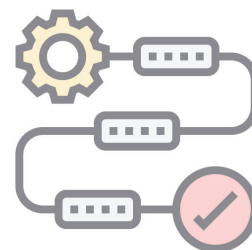
Na tvorbu prognostických modelov boli najmä z hľadiska dostupného časového radu vytvoreného jednotnou metodikou využité priestorové vrstvy CLC na roky 1990, 2000, 2006, 2012, 2018. Pri hodnotení bola braná do úvahy aj existujúca publikácia historických zmien krajinej pokrývky (Feranec et al., 2018).

Základné vstupné údaje:

- európske priestorové GIS vrstvy CORINE land cover (CLC)² – 1990, 2000, 2006, 2012, 2018;
- z toho odvodené priestorové GIS vrstvy “stability územia”.

Koncept hierarchického členenia typov krajinej pokrývky (ďalej len krajinná pokrývka) je vyhovujúci pre hodnotenie vývoja zmien z hľadiska viacerých úrovní:

1. úroveň – Urbanizované a technizované plochy (umelé plochy) – prinášajú pohľad na ľudskou činnosťou zmenené prírodné plochy (urbanizácia);
2. úroveň – Poľnohospodárske plochy – prináša pohľad prevažne na poľnohospodárske využívanie územia;
3. úroveň – Lesné a poloprírodné plochy – poskytuje pohľad na lesné územie, ktoré je využívané na produkciu drevenej hmoty (hospodársky využívané lesy), ale aj na územie, ktoré nie je výrazne zasiahnuté ľudskou činnosťou;
4. úroveň – Zamokrené plochy;
5. úroveň – Vodné plochy.



Základné výstupy:

- **frekvenčné mapy (heat maps)** identifikujúce oblasti s najvýraznejšími zmenami krajinej pokrývky a zmenami v samotnom využívaní krajiny medzi rokmi 1990 a 2018;
- **výmery vybraných tried CLC v roku 2030 a 2054** (2 hraničné hodnoty + 1 priemerná hodnota) založené na extrapolácii trendov a vyhodnotenie zmien v porovnaní so súčasnosťou;
- priestorová **identifikácia oblastí s výraznejším trendom sledovaných zmien** (napr. zmena drevinového zloženia lesa, zmena v pokryvnosti lesných biotopov, zmeny týkajúce sa kvantity ornej pôdy, identifikácia plôch s rozširovaním zastavaného územia a vzniku nových človekom vybudovaných umelých plôch, prírastok/úbytok trvalých trávnych porastov (TTP), atď.);
- sumarizačné **mapové vyhodnotenie za roky 2030 a 2054**;
- **vyhodnotenie typov zmien krajiny a jej využívania do rokov 2030/2054** (referenčný rok je posledný dostupný CLC, čiže rok 2018): urbanizácia (LCF1), intenzifikácia poľnohospodárstva (LCF2), posun k extenzívnej forme poľnohospodárstva (LCF3), zalesnenie (LCF4), odlesnenie (LCF5), fragmentácia a opustenie od tradičných foriem obhospodarovania poľnohospodárskej časti krajiny a s tým súvisiace zmeny (nárast, pokles, fluktuálny trend).

Na prehľadnú identifikáciu vybraných trendov v období 1990 – 2018 boli vytvorené tzv. “hot spot” mapy s využitím kartografickej metódy **heat map** (frekvenčná mapa). Takáto mapa prezentuje rôznymi farebnými odtieňmi oblasti s rôznou koncentráciou/hustotou bodov (obr. 1). Väčšia koncentrácia bodov zobrazuje vyššiu intenzitu z hľadiska frekvencie javu na určitom území. V prípade hľadania určitých trendov v zmenách krajinej pokrývky a využitia krajiny mapa slúži na identifikáciu oblastí, v ktorých sa skúmané trendy prejavujú najviac. Metóda pracuje s bodovými údajmi a priestorové vrstvy CLC, ktoré vyjadrujú zmeny, majú plošný charakter, bolo potrebné najskôr vygenerovať bodovú vrstvu zmien.

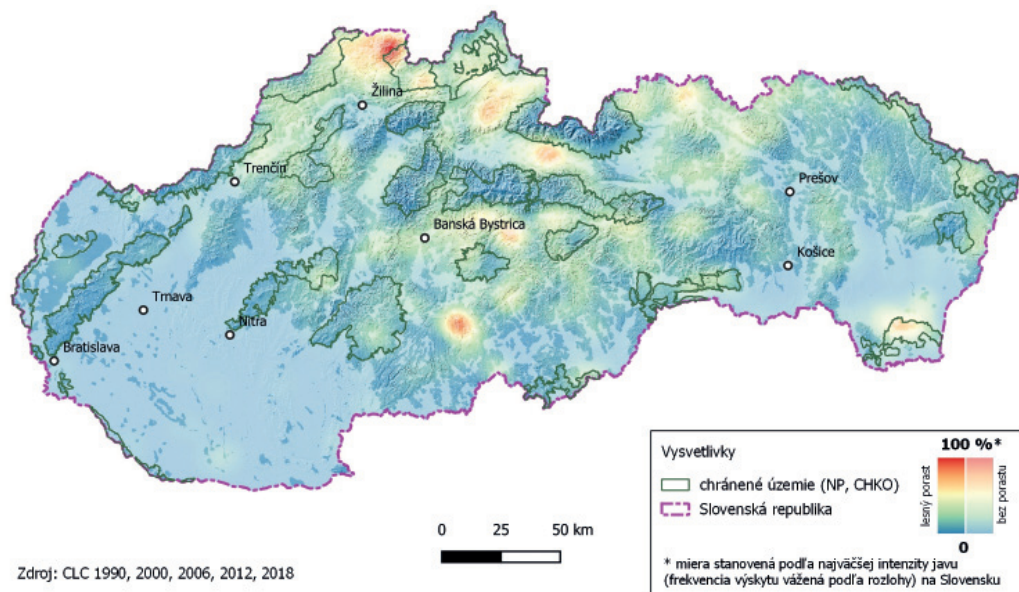
2 <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>

Priestorová vrstva zmien bola vytvorená ako vrstva centroidov zmenových polygónov CLC (vektorové vrstvy s presnosťou 5 ha a min. 100 m) spoločne za všetky časové horizonty. Frekvenčná mapa (heat map) bola vytvorená so zohľadnením váhy zodpovedajúcou veľkosti jednotlivých zmenových polygónov³.

Týmto spôsobom vznikli mapy identifikácie zmien:

- z ihličnatých lesov na listnaté lesy;
- z ornej pôdy na iný typ krajinej pokrývky;
- z lúk a pasienkov (TTP) na iný typ krajinej pokrývky;
- z ľubovoľného typu krajinej pokrývky na krajinnú pokrývku obsahujúcu rozširovanie zastavenej časti územia a vzniku nových človekom vybudovaných umelých plôch).

Obr. 1: Príklad frekvenčnej mapy (heat map), mapa identifikácie oblastí s úbytkom TTP v období 1990 – 2018



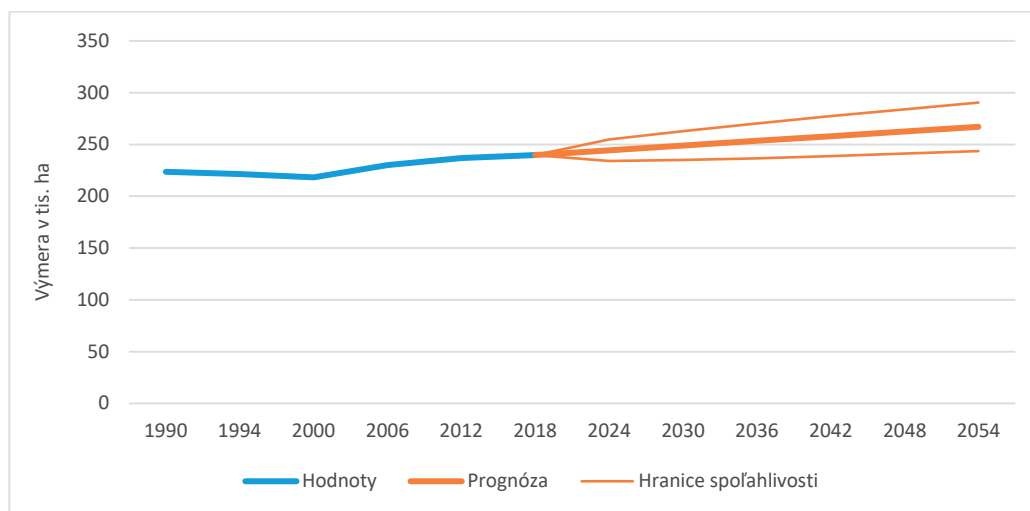
Údaje o zastúpení typov krajinej pokrývky boli využité pre **stanovenie trendov do roku 2054**⁴. Pri inventarizácii európskej krajinej pokrývky v roku 2006 bolo rozhodnuté, že časový interval medzi jednotlivými inventarizáciami sa zmení na periódu 6 rokov. Sumárne údaje za jednotlivé časové horizonty pre celonárodnú úroveň a pre jednotlivé okresy boli získané analýzou vstupných vektorových údajov CLC. Vzhľadom na odstup medzi časovými horizontami CLC 1990 a CLC 2000 (10 rokov) boli vypočítané hodnoty pre odvodený časový horizont roku 1994: $CLC_{1990} + ((CLC_{2000} - CLC_{1990}) / 10) * 4$

Cieľom bolo určiť základnú prognózu vývoja zastúpenia typov krajinej pokrývky CLC. V tejto etape sa neuvažovalo o zložitejších prognostických modeloch. Využitá bola funkcia FORECAST.ETS v programe Excel. Funkcia na základe historických údajov vypočítava budúcu odhadovanú hodnotu, pričom využíva algoritmus exponenciálneho vyrovnávania. Hodnoty prognózy boli vypočítané pre jednotlivé triedy a na roky 2024, 2030, 2036, 2042, 2048 a 2054. Parameter sezónnosti bol zvolený na 6 a interval spoľahlivosti 95 %, čím sa automaticky vypočítali hodnoty dolnej a hornej hranice spoľahlivosti (obr. 2). Pre odhad presnosti modelovaného výhľadu je možné použiť štatistické ukazovatele priemernej absolútnej odchýlky (MAE), štandardnú chybu (RMSE),

³ Využitá bola štatistická metóda *Kernel density Estimation* s viacerými parametrami. Metóda bola použitá ako nástroj na rýchle nájdenie množstva (frekvencie) zmien. Parametre boli nastavené na identifikáciu najväčších zmien, avšak medzi jednotlivými triedami je to neporovnateľné, lebo množstvo zmien v nich je rôzne. Dôležitá bola interpretácia identifikovaných zmien, nakoľko aj malá zmena v jednej triede môže byť ďaleko významnejšia ako veľké množstvo zmien v iných triedach.

⁴ výpočet prognózy pre 6-ročný interval

priemernú absolútnu škálovanú chybu (MASE) a symetrický priemer absolútnej percentuálnej chyby (SMAPE).⁵



Obr. 2: Zobrazenie hodnôt pre stanovenie trendov (v tomto prípade ukážka rastového trendu v triede 11X)

Modelovanie priestorového rozloženia krajinej pokrývky do roku 2054 – kategórie CLC pokrývajú všetky typy krajinej pokrývky od zastavaných území až po prirodzené územia s minimálnym zásahom ľudskej činnosti. Na území Slovenska bolo v časovom období 1990 – 2018 mapovaných 32 z celkového množstva 44 identifikovaných typov krajinej pokrývky v EÚ.

Analýza a vyhodnotenie vstupných údajov prebiehalo v dvoch rovinách. **Štatistické vyhodnotenie výmery jednotlivých typov krajinej pokrývky CLC a generovanie trendov budúceho vývoja výmery jednotlivých kategórií** v 6-ročných intervaloch do roku 2054. Takto vygenerované trendy zobrazujú pravdepodobný **vývoj výmery v tabuľkovej a grafickej forme do roku 2054**.

Modelovanie priestorového rozloženia čiastočne využíva údaje získané zo štatistickej analýzy a hodnotenia typov krajinej pokrývky, rozdeľuje kategórie CLC do skupín podľa možnosti modelovania a pridáva ďalšie vstupy, ktoré umožňujú vygenerovať výstupný model.

Pri priestorovom modelovaní je potrebné zohľadniť prebiehajúce prirodzené prírodné procesy a zmeny spôsobené ľudskou činnosťou. **Časť prírodných procesov je možné na základe dlhodobých pozorovaní (a záznamov z nich) modelovať** (napr. sukcesné procesy v nelesných biotopoch alebo postupná premena lesných biotopov). Časť prírodných zmien krajiny spôsobených náhlymi a do značnej miery náhodnými procesmi nemožno vopred priestorovo lokalizovať a teda ani priestorovo modelovať ich budúci výskyt (napr. povodne, veterné kalamity alebo požiare). Pre úplnosť treba dodať, že existujú povodňové mapy alebo mapy požiarneho rizika, ale pre ich charakter náhodnosti (divokej karty) sme ich nebrali pri modelovaní trendov do úvahy. Takéto náhle zmeny krajiny a jej pokrývky spúšťajú nový vývoj zasiahnutého územia.

Pri zmenách spôsobených ľudskou činnosťou je modelovanie oveľa náročnejšie a niekedy až nemožné. Tieto zmeny sú z časového hľadiska oveľa dynamickejšie, často priestorovo náhodné a ich vznik je podmienený externými spoločenskými faktormi, ako sú napr. ekonomické, politické, alebo bezpečnostné potreby spoločnosti. Takéto zmeny prostredia nie je možné v modernej spoločnosti dodatočne priestorovo modelovať bez využitia ďalších podkladov a postupnosť "zdroj zmeny -> dotknuté územie -> proces zmeny -> zmenené územie" je často modifikovaná. Do procesu zmien v krajine zasahujú aj ďalšie externé faktory, napr. územný plán a ďalšie, ktoré pre svoju náročnosť a komplexnosť nie sú do opísaného modelu zahrnuté.

⁵ MAE sa využíva k hodnoteniu predpovedí blízkych skutočností. RMSE má väčšiu citlivosť k veľkým chybám, je užitočná v situáciách pri nežiaducich veľkých chybách. Hodnoty RMSE môžu nadobúdať hodnoty rovné alebo väčšie ako hodnoty MAE. Čím je rozdiel väčší, tým je väčšia variácia v jednotlivých chybách. Ukazovateľ MASE sa používa na určenie presnosti modelu a predstavuje podiel hodnoty MAE a hodnoty MAE naivného modelu. Naivný model je model, ktorý predikuje hodnotu v časovom bode ako predchádzajúcu historickú hodnotu. Škálovaním podľa tejto odchýlky možno vyhodnotiť presnosť modelu v porovnaní s naivným modelom. Ak je hodnota MASE väčšia ako 1, znamená to, že tento model je horší ako naivný model. Čím je hodnota menšia, tým je lepší model v porovnaní s naivným modelom.

Pri príprave údajov CLC pre generovanie priestorových údajov pre časové horizonty 2030 a 2054 sa jednotlivé typy krajiny pokrývky rozdelili do 4 skupín podľa možnosti generovania ich priestorového rozloženia v budúcich časových horizontoch:

1. Typy krajiny pokrývky, ktorých priestorové rozloženie v budúcich časových horizontoch je možné generovať na základe pripravených štatistických trendov a teda existuje k týmto zmenám dostatok údajov. Do tejto kategórie patrí 19 z celkového množstva 32 kategórií. Príkladom sú *listnaté lesy* (311), *ihličnaté lesy* (312) a *zmiešané lesy* (313). Vygenerované štatistické **trendy zachytávajú znižovanie plošnej výmery ihličnatých lesov** a rozširovanie výmery zmiešaných a listnatých lesov. Tento trend je známy a na základe neho je možné predikovať vývoj do budúcnosti.

Typy krajiny pokrývky 1. skupiny:

- 112 – *nesúvislá sídelná zástavba*
- 121 – *priemyselné a obchodné areály*
- 141 – *sídelná vegetácia*
- 142 – *areály športu a zariadení voľného času*
- 211 – *nezavlažovaná orná pôda*
- 221 – *vinice*
- 222 – *ovocné sady*
- 231 – *trávne porasty, lúky a pasienky*
- 242 – *mozaika polí, lúk a trvalých poľnohospodárskych kultúr*
- 243 – *prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie*
- 311 – *listnaté lesy*
- 312 – *ihličnaté lesy*
- 313 – *zmiešané lesy*
- 321 – *prirodzené lúky*
- 322 – *vresoviská, slatiny a kosodrevina*
- 324 – *prechodné lesokroviny*
- 332 – *skalné biotopy*
- 333 – *plochy pokryté riedkou vegetáciou*
- 411 – *mokrade*

2. Typy krajiny pokrývky, ktorých priestorové rozloženie sa v čase a priestore vzhľadom na územie Slovenska mení minimálne berúc do úvahy minimálnu jednotku veľkosti polygónu v CLC (25 ha) – tieto sú prevzaté z mapovania CLC 2018. Do tejto kategórie patrí 8 z celkového množstva 32 typov. Príkladom sú *súvislá sídelná zástavba* (111) alebo *vodné toky* (511). Za súvislú sídelnú zástavbu je považovaná zástavba, pri ktorej viac ako 80 % plochy je pokrytej stavbami alebo umelým povrchom. Na Slovensku je táto kategória tvorená predovšetkým historickými centrami miest, a v období rokov 1990 – 2018 nevykazovala rast, keďže moderná výstavba nie je tak výrazne zapojená ako historické centrá miest. *Vodné toky* sú prirodzene stabilné s určitou dynamikou a je veľmi nepravdepodobné, že by v súčasnosti alebo blízkej budúcnosti významné vodné toky vznikali, zanikali alebo zásadne zmenili svoje korytá. Je nutné poznamenať, že tieto typy krajiny pokrývky sú v súčasnosti na mnohých miestach zmenené oproti minulosti, ale presnosť mapovania podkladu CLC tieto zmeny nedokáže zachytiť.

Typy krajiny pokrývky 2. skupiny:

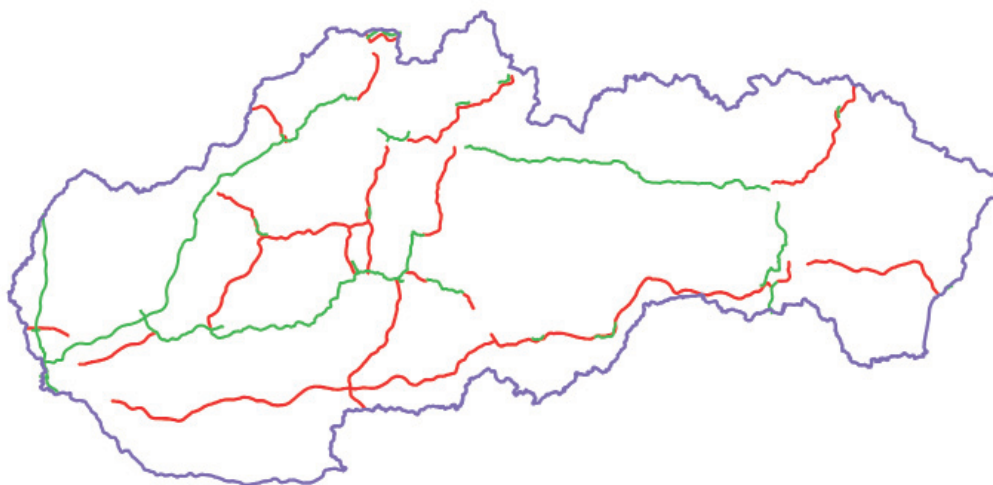
- 111 – *súvislá sídelná zástavba*
- 123 – *prístavy*
- 124 – *letiská*
- 131 – *banské územia*
- 132 – *skládky*
- 412 – *rašeliniská*
- 511 – *vodné toky*
- 512 – *vodné plochy*

3. Typy krajiny pokrývky, ktorých priestorové rozloženie v budúcich časových horizontoch je náročnejšie modelovať a ich priestorové rozloženie je mapované na základe dokumentovaných pripravovaných budúcich aktivít. Do tejto kategórie patria 2 z celkového množstva 32 typov krajiny pokrývky. Najlepšie reprezentujú túto skupinu *stavebné areály* (133). Je náročné modelovať plochy umiestnenia stavebných areálov v budúcich obdobiach, ale veľké stavby ako napr. vodné diela alebo diaľnice a rýchlostné cesty sú pripravované a zdokumentované aj pre vzdialenejšie časové obdobia. Tento dočasný typ krajiny pokrývky sa po ukončení stavby transformuje na inú kategóriu napr. na *cestnú a železničnú sieť* (122) pozri obr. 3.

Typy krajinej pokrývky 3. skupiny:

122 – cestná a železničná sieť a príhlé plochy

133 – stavebné areály



Obr. 3: Existujúca sieť (zelená farba) a pripravovaná výstavba diaľnic a rýchlostných ciest (červená farba)

4. Typy krajinej pokrývky, ktorých priestorové rozloženie v budúcich časových horizontoch je náročnejšie modelovať, ich výskyt je ťažšie predvídať a iné údaje použiteľné pre ich modelovanie sú limitované. Do tejto kategórie patria 3 z celkového množstva 32 tried. *Duny a piesky* (331) boli do tejto skupiny zahrnuté preto, lebo narážajú na limity mapovania CLC (vymizli z mapovania v roku 2000 alebo 2006). Sú tiež plošne malé a z uvedených dôvodov neboli ďalej analyzované. Najlepšie reprezentuje túto skupinu trieda 334 – *spáleniská*. Reálne nie je možné predpovedať výskyt plošne rozsiahlych požiarov ani na jeden rok dopredu a preto nie je možné modelovať uvedenú triedu v budúcich časových horizontoch. Existujú sice mapy požiarneho rizika, ktoré hovoria o zvýšenej pravdepodobnosti jeho vypuknutia (napr. po kalamite, po ťažbe), ale nemožno ich presnejšie priestorovo predvídať. V tomto iteratívnom modeli, kde každá nasledujúca modelová vrstva vychádza z predchádzajúcej, je nevhodné odhadovať a aplikovať náhodnú lokalitu výskytu nejakého javu, ktorá sa následne prenesie do ďalších časových radov, preto sa náhodné javy (hoci s vyššou pravdepodobnosťou) nebrali do úvahy.

Triedy 4. skupiny:

241 – *jednoročné plodiny asociované s trvalými poľnohospodárskymi kultúrami*

331 – *duny, piesky*

334 – *spáleniská*

Postup spracovania údajov pre modelovanie časových horizontov 2030 a 2054

Pripravený model využíva pre modelovanie rastrové priestorové vrstvy a tabuľky s pripravenými vstupnými údajmi. Modelovací skript vyžaduje harmonizovaný súradnicový systém, priestorový rozsah (extent) a rozlíšenie pre všetky vstupné priestorové údaje. Uniformné spracovanie vstupných údajov umožňuje pristupovať k priestorovým údajom priamo pomocou X a Y súradnice bodu v rasti bez potreby prepočítavania na geografické súradnice GIS vrstvy. Použité rastrové vrstvy boli uložené vo formáte GeoTiff v súradnicovom systéme S-JTSK (Greenwich) / Krovak East North (EPSG:5514) s rozlíšením 25 x 25 m. Okrem technickej prípravy a uniformného formátovania vrstiev bolo potrebné jednotlivé vstupné vrstvy skontrolovať a upraviť aj z hľadiska kvality údajov. Priestorové a tabuľkové vstupné údaje:

- vrstva Corine Land Cover 2018 (CLC 2018);
- vrstva zmien typov krajinej pokrývky CLC 133 – *stavebné areály* časového horizontu 2018 na iné kategórie CLC;
- vrstva kategórie CLC 133 – *stavebné areály* po roku 2018;
- vrstva veľkoplošných chránených území (2020);
- vrstva maloplošných chránených území (2020);
- vrstva území európskeho významu (2020);
- tabuľka štatistických trendov do roku 2054;
- krížové tabuľky zmien výmer jednotlivých typov krajiny CLC.

Úprava vrstvy CLC 2018 pred vstupom do modelovacieho skriptu

Ako hlavná vstupná vrstva pre modelovanie priestorových údajov pre časové horizonty 2030 a 2054 bola použitá vrstva CLC 2018. Pri analýze a logickej kontrole oficiálnej vrstvy CLC 2018 boli nájdené chyby v mapovaní CLC kategórií. Tieto chyby sa týkali nesprávneho určenia typu krajinej pokrývky:

- Zastavané územie mesta Partizánske bolo nesprávne zaradené do *súvislej sídelná zástavby* (111) a bolo potrebné ho preradiť *nesúvislej sídelnej zástavby* (112).
- V katastrach obcí Tesárske Mlyňany, Veľké Vozokany a Čierne Kľačany bolo nesprávne zaradené teleso diaľnice do *nesúvislej sídelnej zástavby* (112) a bolo potrebné preradiť ho do kategórie – *cestná a železničná sieť a príslušné plochy* (122).
- Trieda *jednoročné plodiny asociované s trvalými poľnohospodárskymi kultúrami* (241) bola uvedená nesprávne. Na území SR boli v rámci tejto krajinej pokrývky identifikované 2 polygóny, ktoré jednoznačne patria do kategórie *prevažne poľnohospodárskych plôch s výrazným podielom prirodzenej vegetácie* (243).

Zmeny vo vrstve CLC 2018 si vyžiadali aj úpravu výmer dotknutých typov krajiny v tabuľke štatistických trendov.

Príprava vstupnej vrstvy zmien stavebných areálov (133)

Uvedený typ krajinej pokrývky je špecifický v tom, že lokalizáciu je problematické modelovať, a že sa v čase dokončenia stavebných činností funkčne mení na iný typ krajinej pokrývky na celej svojej ploche. Z tohto dôvodu bolo potrebné ako jeden zo vstupov pre modelovanie vytvoriť samostatnú vrstvu stavebných areálov z časového horizontu vrstvy CLC 2018. Tá obsahuje informácie o zmene vo výmere stavebných areálov z časového horizontu 2018 v budúcich časových horizontoch. Vrstva bola vytvorená kontrolou a interpretáciou stavebných areálov CLC 2018 nad aktuálnymi satelitnými snímkami dotknutých území. Následne bola plochám priradená hodnota typu krajinej pokrývky, na ktorú sa stavebný areál zmení v nasledujúcom časovom horizonte. To zabezpečilo zaradenie stavebných areálov do správnych typov krajinej pokrývky v modelovaných časových horizontoch rokov 2030 a 2054.

Príprava vstupnej vrstvy plánovaných stavebných areálov v časovom horizonte 2030

Vrstva zmien *stavebných areálov* (133) z časového horizontu CLC 2018 umožňuje mapovať funkčné zmeny už existujúcich stavieb na iné typy krajinej pokrývky. Nakoľko modelovanie nových vznikajúcich plôch stavebných areálov pre budúce časové horizonty je problematické, bolo potrebné vytvoriť vstupnú vrstvu obsahujúcu pripravované stavby pre budúce časové horizonty. Ako vstupné podklady pre tvorbu vrstvy boli hodnotené verejné informácie o plánoch na výstavbu vodných diel, železníc a výstavbu siete diaľnic a rýchlostných ciest. Pri vyhľadávaní údajov nebola nájdená žiadna komplexná dokumentácia o plánovanej výstavbe vodných diel alebo železničných úpravách v rozsahu potrebnom pre toto hodnotenie. Podrobné vyhľadávanie čiastkových plánov a ich spájanie by bolo časovo a kapacitne náročné a preto sa pri modelovaní použili iba vrstvy výstavby diaľnic a rýchlostných ciest. Výstavba diaľnic a rýchlostných ciest má podrobný plán a harmonogram výstavby a preto boli do vstupnej vrstvy stavebných areálov pre tento časový horizont použité plánované úseky výstavby cestných komunikácií. Keďže všetky stavebné areály v časovom horizonte 2030 sú plánované výstavby cestných komunikácií, umožňuje to jednoduchú zmenu na kategóriu 122 – *cestná a železničná sieť a príslušné plochy* v modelovanom časovom horizonte 2054.

Príprava vstupných vrstiev chránených území

Lokalizácia chránených území a krajinná pokrývka sú významné faktory, ktoré ovplyvňujú priestorové rozmiestnenie a zmeny kategórií CLC. Ide predovšetkým o zmeny vznikajúce ľudskou činnosťou. Napríklad *nesúvislá sídelná zástavba* (112), ktorá má rastúci trend, je obmedzená v svojom plošnom rozširovaní reguláciou stavebných činností a ochranou prírody v chránených územiach vyššieho stupňa alebo v chránených územiach sústavy Natura 2000. Ako vstupné vrstvy pre modelovanie boli spracované do rastrovej podoby vrstvy tzv. maloplošných chránených území (MCHÚ) so stupňami ochrany, veľkoplošných chránených území (VCHÚ) so stupňami ochrany a území európskeho významu sústavy Natura 2000 (bez ohľadu na stupeň ochrany).

Úprava tabuľky štatistických prognóz za územie SR pred vstupom do modelovacieho skriptu

Tabuľku štatistických prognóz trendov za územie SR bolo potrebné pred vstupom do skriptu upraviť tak, aby boli zachytené zmeny pri oprave chýb vo vstupnej vrstve CLC 2018. Z toho dôvodu bolo potrebné upraviť hodnoty všetkých dotknutých typov krajinej pokrývky v riadku tabuľky v časovom horizonte 2018 a následne prepočítať hodnoty budúcich trendov.

Zmenami boli dotknuté:

- 111 – súvislá sídelná zástavba
- 112 – nesúvislá sídelná zástavba
- 122 – cestná a železničná sieť a príľahlé plochy
- 241 – jednoročné plodiny asociované s trvalými poľnohospodárskymi kultúrami
- 243 – prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie

Ďalej bol do tabuľky priradený riadok s informáciou pre modelovací skript, do ktorej zo 4 skupín pre modelovanie patrí uvedená kategória CLC.

Príprava krížových tabuliek zmien jednotlivých typov krajinej pokrývky CLC v časových horizontoch rokov 1990 – 2018

Pre potreby modelovania krajinej pokrývky v budúcich časových horizontoch je potrebné poznať nielen predpokladanú výmeru jednotlivých typov krajinej pokrývky v budúcich časových horizontoch, ale aj procesy zmien, ktoré ovplyvňujú priestorovú lokalizáciu. To následne umožní stanoviť poradie modelovania jednotlivých typov krajinej pokrývky pre čo najlepšie zachytenie trendov zmien v krajine. Informácie o procesoch je možné získať analýzou zmien typov krajinej pokrývky v časových horizontoch 1990 – 2018. V rámci tejto analýzy boli vyhodnotené zmeny jednotlivých buniek rastrových vrstiev z 2 hľadísk:

1. na aké typy krajinej pokrývky sa konkrétna kategória CLC mení pri znižovaní jej plochy;
2. z akého typu krajinej pokrývky konkrétna kategória CLC vzniká pri zväčšovaní svojej plochy.

Opis funkcie modelovacieho skriptu

Skript pre modelovanie časových horizontov rokov 2030 a 2054 prebiehal na **princípe postupného modelovania typov krajinej pokrývky** na základe vstupných priestorových údajov a tabuliek. Skript najprv priamo prenesie kategórie CLC patriace do 2. skupiny z roku 2018 do časových horizontov rokov 2030 a 2054.

Výmery typov krajinej pokrývky patriacich do 3. skupiny sa do časových horizontov rokov 2030 a 2054 vložili zo samostatných vstupných rastrových vrstiev. Vrstvu zmien stavebných areálov (133) z roku 2018 prepočítanú na iné kategórie CLC skript previedol do modelovaných časových horizontov. Táto vrstva obsahuje údaje o tom, na aké typy krajinej pokrývky sa zmenia plochy stavebných areálov aktuálne v časovom horizonte 2018. Podobne, ako pri predchádzajúcej vrstve, bola do údajových vrstiev všetkých horizontov skopírovaná aj vrstva *stavebných areálov* po roku 2018 a následne boli upravené aj masky časových horizontov. Táto vrstva obsahuje informácie o plánovaných diaľničných úsekoch a je v časovom horizonte roku 2030 označená *stavebný areál* (133), avšak v roku 2054 je označená už ako *cestná a železničná sieť a príľahlé plochy* (122), pretože je predpoklad, že v týchto časových horizontoch bude už plánovaná výstavba diaľnic ukončená.

Typy krajinej pokrývky patriace do 4. skupiny neboli mapované v budúcich časových horizontoch a boli prenesené do pracovnej vrstvy horizontu roku 2030 ako *prechodné lesokroviny* (324) – je to typický príklad triedy, cez ktorú prebieha úspešný vývoj smerom ku klimaxovým spoločenstvám. Pred spracovaním 19 kategórií CLC, ktoré boli zaradené do 1. skupiny, bolo potrebné upraviť ich výmery v tabuľke štatistických trendov. Hodnoty pre jednotlivé typy krajinej pokrývky v tabuľke štatistických trendov boli vypočítané štatistickými metódami a nebrali do úvahy priestorové obmedzenie výmery Slovenska a preto bolo potrebné ich hodnoty prepočítať tak, aby sa celková plocha zostávajúcich 19 modelovaných typov krajinej pokrývky rovnala zostávajúcej voľnej ploche územia Slovenska. Po úprave hodnôt sa vytvorili modely pre samotné typy krajinej pokrývky.

V procese modelovania konkrétneho typu krajinnej pokrývky skript najskôr identifikoval (na základe rozdielu výmery vo vstupnej rastrovej vrstve a hodnote v upravenej tabuľke trendov) o koľko sa bude výmera danej vrstvy zväčšovať alebo znižovať. Následne skript určil hranice (hraničné body) konkrétneho typu krajinnej pokrývky. Z týchto hraničných bodov sa odstránili tie, kam sa daný typ krajinnej pokrývky z určitého dôvodu nemôže rozširovať (alebo nemôže ustúpiť pri kategóriách, ktoré sa znižujú). Toto odstránenie predstavuje zaradenie limitujúcich faktorov pri zmenách konkrétnych tried. Príkladom je *nesúvislá sídelná zástavba* (112), ktorá by sa nemala zásadne rozširovať na plochy chránených území s 3., 4. a 5. stupňom ochrany, alebo na úkor výskytu *vodných tokov* (511). Podobne *vegetácia v sídlach* (141), ktorej výmera sa znižuje z dôvodu rozširovania *nesúvislej sídelnej zástavby* (112), pravdepodobne nebude ustupovať z plôch súčasne vyhlásených za chránené územia (v skutočnosti ich bolo veľmi málo). Zostávajúce hranice po zohľadnení limitujúcich faktorov definovali miesta, kde sa môže dotknutá hranica rozširovať alebo znižovať. Ak bol počet bodov hranice typu krajinnej pokrývky nižší ako počet bodov s potrebnou zmenou, zmenila sa celá hranica typu krajinnej pokrývky a tento proces sa opakoval. V prípade, že počet bodov hranice typu krajinnej pokrývky je nižší ako počet bodov s potrebnou zmenou, skript pracoval stochasticky a vybral náhodné body hranice rastra, ktoré sú zmenené. Pri rozširovaní územia konkrétneho typu krajinnej pokrývky menili body hodnotu na kód danej kategórie, ktorá sa rozširovala a pri znižovaní plochy triedy sa hodnota bodov menila na hodnotu najpočetnejšej kategórie (okrem kategórie, ktorá sa mení) dotýkajúcej sa daného bodu. To zabezpečilo, aby nevznikali prázdne miesta – pri znižovaní jednej kategórie sa automaticky rozširovala susedná kategória.

Pre proces postupného modelovania jednotlivých kategórií bolo dôležité poradie modelovania jednotlivých typov krajinnej pokrývky – namodelované vrstvy sú z hľadiska procesu modelovania v danom prístupe nemenné. Pre poradie modelovania jednotlivých kategórií bolo potrebné zohľadniť viacero dôležitých faktorov. Sú to informácie o zmenách z krížových tabuliek jednotlivých typov krajinnej pokrývky, štatistický trend konkrétnej kategórie (či je rastúci alebo klesajúci), celková výmera, plocha zmeny konkrétnej kategórie a nakoniec aj najčastejšie umiestnenie kategórie v reťazci zmien⁶. Ako prvé boli modelované typy krajinnej pokrývky, ktoré majú klesajúci trend a sú na okraji logického rozloženia reťazca kategórií a ich zmien. Príkladom sú *vegetácia v sídlach* (141) a *skalné biotopy* (332).

Vegetácia v sídlach (141) tvorí malé ostrovčeky často obkolesené *nesúvislou sídelnou zástavbou* (112). (Pozn. ak by bola kategória 141 modelovaná až po kategórii 112, mohla by nastať situácia, keď by kategória 112 pri svojom rozširovaní pohltila príliš veľkú časť kategórie 141 a súčasne by zamedzila možnosti jej úpravy a rozšíreniu pri následnom modelovaní kategórie 141).



⁶ Predstavuje poradie modelovania jednotlivých tried. Konkrétny príklad predstavujú nižšie opísané triedy sídelnej vegetácie a skalné biotopy.

Skalné biotopy (332) tvoria na Slovensku ostrovčeky v najvyšších horských územiach a štatistický trend ich výmery je klesajúci. Plochy holých skál sú postupne obsadzované predovšetkým *riedkou vegetáciou* (333) a *prírodnými lúkami* (321), ale aj *vresoviskami*, *slatinami* a *kosodrevinou* (322) a *ihličnatými lesmi* (312).

Výber modelovaných tried sleduje predovšetkým logické rozloženie kategórií v reťazci zmien a čiastočne kopíruje 1. hierarchickú úroveň rozdelenia kategórií CLC (pozri tabuľku č. 1).

Ako prvé boli modelované kategórie urbanizovaných a priemyselných plôch a modelovaním týchto kategórií je ukončené modelovanie urbánnych plôch.

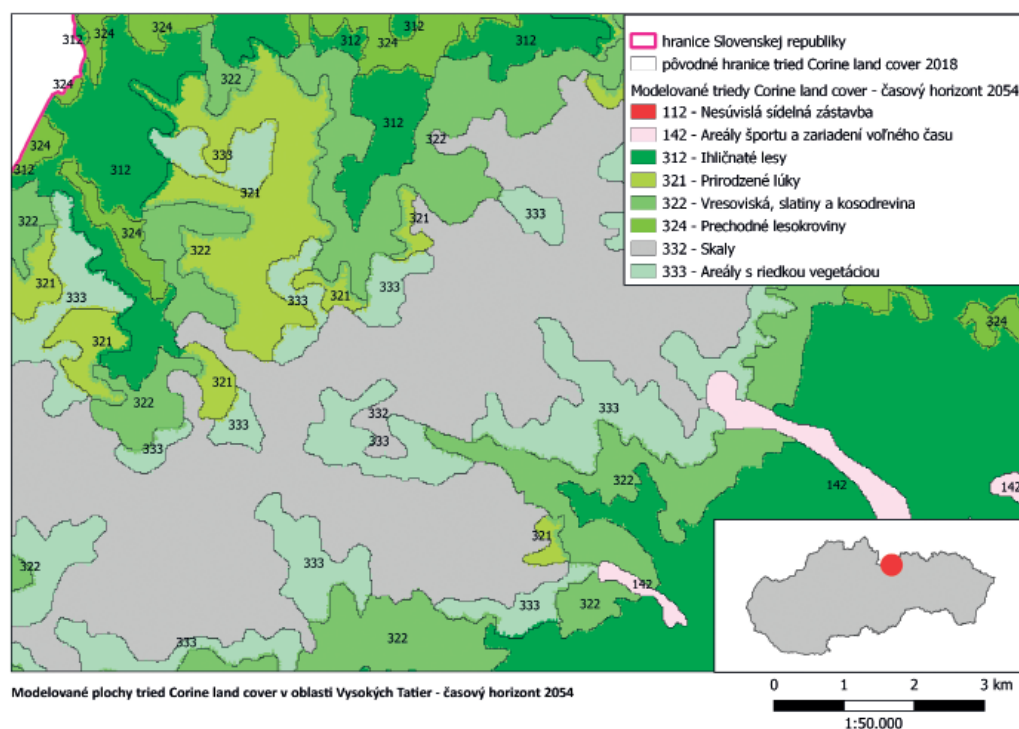
Ako ďalšie sa modelovali *vinice* (221) a *ovocné sady* (222). Obe tieto kategórie sú plošne malé a ich trend je klesajúci. Keďže boli modelované medzi prvými, bolo zabezpečené, že pri modelovaní ich znižujúcej sa výmery, bola možná zmena ich okrajových areálov na relevantné kategórie CLC.

Následne boli modelované vybrané typy krajinej pokrývky vyskytujúce sa predovšetkým v horskom a vysokohorskom prostredí a tvoriace na seba nadväzujúcu skupinu. Ako počiatočná kategória sa tu použila kategória 332 – *skalné biotopy*, na ktorú v horskom prostredí nadväzujú kategórie 333 – *plochy s riedkou vegetáciou*, 321 – *prírodné lúky* a 322 – *vresoviská, slatiny a kosodrevina*. Kosodrevina má ako jediná z tejto skupiny stúpajúci trend výmery a rozširuje plochu na úkor všetkých ostatných tried z tejto skupiny.

Tabuľka č. 1: Poradie pri modelovaní

Poradie pri modelovaní	Typ krajinej pokrývky	Trend
1	141 – <i>vegetácia v sídlach</i>	klesajúci
2	112 – <i>nesúvislá sídelná zástavba</i>	stúpajúci
3	121 – <i>priemyselné a obchodné areály</i>	stúpajúci
4	142 – <i>areály športu a zariadení voľného času</i>	stúpajúci
5	221 – <i>vinice</i>	klesajúci
6	222 – <i>ovocné sady</i>	klesajúci
7	332 – <i>skalné biotopy</i>	klesajúci
8	333 – <i>plochy s riedkou vegetáciou</i>	klesajúci
9	321 – <i>prírodné lúky</i>	klesajúci
10	322 – <i>vresoviská, slatiny a kosodrevina</i>	stúpajúci
11	411 – <i>mokrade</i>	klesajúci
12	312 – <i>ihličnaté lesy</i>	klesajúci
13	211 – <i>nezavlažovaná orná pôda</i>	klesajúci
14	231 – <i>trávne porasty, lúky a pasienky</i>	klesajúci
15	243 – <i>prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie</i>	klesajúci
16	242 – <i>mozaika polí, lúk a trvalých poľnohospodárskych kultúr</i>	stúpajúci
17	313 – <i>zmiešané lesy</i>	stúpajúci
18	311 – <i>listnaté lesy</i>	stúpajúci
19	324 – <i>prechodné lesokroviny</i>	klesajúci

Obr. 3a: Ukážka zobrazenia modelovania priestorového rozloženia časového horizontu 2054 a jeho porovnanie s vrstvou Corine Land Cover 2018



Ďalšou modelovanou skupinou boli *mokrade* (411) v malých plochách rozptýlené na celom území Slovenska s koncentrovanými väčšími plochami mokradí v južných a juhovýchodných rovinatých oblastiach a na Orave. Metodika mapovania Corine Land Cover neuvažuje s plošne malými prvkami, preto je táto trieda lokalizovaná hlavne v územiach s väčšou výmerou mokradových biotopov. Trieda má výrazne klesajúci trend a jej modelovaním pred územiai tvorenými poľnohospodárskou pôdou, lesnými a trávnatými porastami sa umožnilo zníženie výmery tejto triedy na úkor všetkých týchto tried.

Poslednou a plošne najväčšou skupinou boli kategórie pokrývajúce poľnohospodársku pôdu, lesné biotopy a trvalé trávne porasty. Ako posledná bola modelovaná kategória 324 – *prechodné lesokroviny*, ktorej výmera má klesajúci charakter. Výsledný areál kategórie je v podstate zvyškom po vymodelovaní všetkých ostatných kategórií. **Pri klasickej sukcesii územia smerujúcej od travných spoločenstiev cez postupné zarastanie územia krovínami až k lesným spoločenstvám, je kategória 324 významným medzistupňom.** Keďže bola vytváraná ako posledná, umožnilo to čiastočné modelovanie sukcesných zmien územia. Kategórie s klesajúcim trendom výmery sa pri ústupe na hraniciach s kategóriou 324 menili práve na túto kategóriu. Príkladom je kategória 231 – *trávne porasty, lúky a pasienky*, ktorá sa sukcesiou mení na kategóriu 324 a naopak – kategórie s rastúcim trendom plochy ako napr. 311 – *listnaté lesy* alebo 313 – *zmiešané lesy* sa môžu rozširovať na úkor tejto kategórie – ide o bežný proces zmeny lesokrovín na les.

Uvedený proces modelovania bol vykonaný pre každý modelovaný časový horizont, pričom ako hlavná vstupná vrstva pre skript slúžil vždy predchádzajúci modelovaný časový horizont. Pre modelovaný časový horizont roku 2030 je to rastrová vrstva CLC 2018, pre časový horizont roku 2054 je to namodelovaná vrstva roku 2048. Takýto spôsob modelovania využíva menšie rozdiely vo výmere a zabezpečuje prenos náhodných prvkov namodelovaných zmien medzi jednotlivými časovými horizontmi. Výstupom skriptu sú rastrové vrstvy modelovaných časových horizontov rokov 2030 a 2054 vo formáte GeoTiff a kontrolné rastrové vrstvy masiek časových horizontov rokov 2030 a 2054, ktoré umožňujú kontrolu spracovania celého územia SR (obr. 3a).

3 Výsledky

Výsledkom sú tri typy grafických výstupov, ktoré na seba vzájomne nadväzujú: **1. príprava frekvenčných máp (heat maps)**, ktoré v grafickej podobe zachytávajú vybrané trendy v období 1990 – 2018; **2. stanovenie trendov do roku 2054** na základe štatistických analýz; **3. modelovanie priestorového rozloženia tried CLC** v spojitych vrstvách časových horizontov rokov 2030 a 2054.

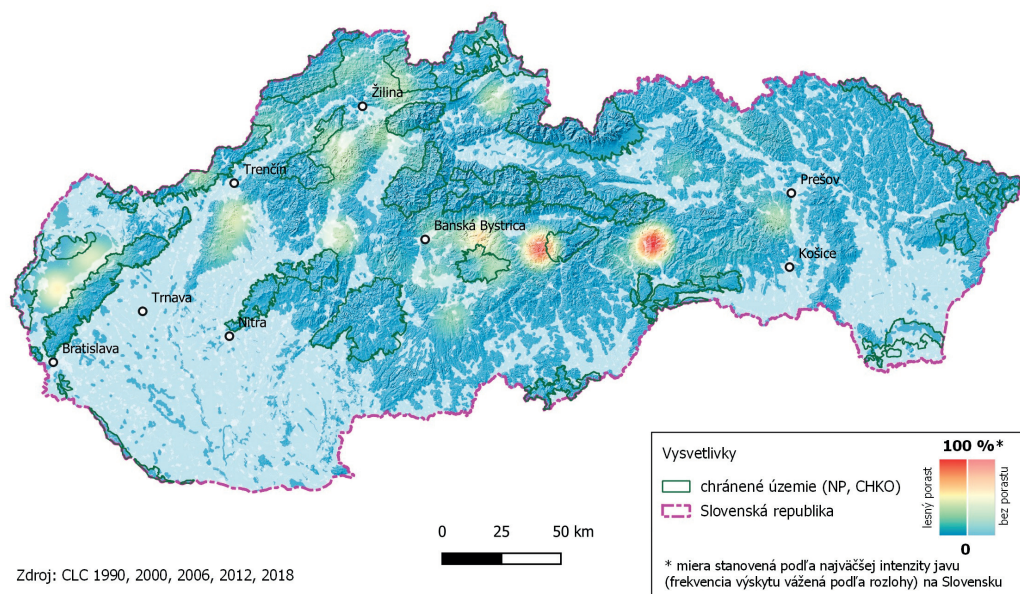
3.1 Frekvenčné mapy (heat maps)

Lesy (31x)

Prognóza podľa BAU scenára do roku 2050 (Považan & Filčák (eds.), 2020): Lesy prešli premenou v druhovej skladbe. Znížilo sa najmä zastúpenie smreka, na jeho miesto prichádzajú listnaté dreviny (napr. buk a javor). V zmiešaných lesoch postupne vypadávajú ihličnany a na ich miesto nastupujú ďalšie listnaté stromy, ako dub, javor, jaseň, brest, ale aj agát. Aj kedysi dominantná drevina ako buk postupne stráca veľkú časť svojho potenciálneho distribučného rozsahu (SHMÚ, 2010; Thurm et al., 2018). V južnej polovici Slovenska sa čoraz viac prejavuje sucho a časť lesných porastov tam nadobúda lesostepný až stepný charakter. Viac sa prejavuje hnojivý efekt CO₂, rastie množstvo biomasy, ale tento proces zvyšuje spotrebu vody (MŽP SR & SHMÚ, 2017).

Trendy podľa typov krajinnej pokrývky (porovnanie zmien medzi rokmi 1990 a 2018)

Už porovnanie súčasných zmien ukazuje na prechod *ihličnatých lesov* (312) smerom k (311). Jedným z dôvodov je zrejme zmena klímy, ktorá prináša zmenu teplotného režimu a distribúcie zrážok. Najvýraznejšie zmeny v krajinnej pokrývke sú identifikované v Revúckej vrchovine a Volovských vrchoch, menej výrazné na Borskej nížine, Považskom Inovci, Kysuckej vrchovine, Malej Fatre, Veporských vrchoch, Šarišskej vrchovine a Oravskej vrchovine (obr. 4). Možno sa domnievať, že zväčša ide o prechod umelých smrekových monokultúr na stanovištne a klimaticky vhodnejšie spoločenstvá biotopov s vyšším zastúpením listnatých drevín, prípadne s menším zastúpením ihličnanov. Môže sa jednať o cielené zalesňovanie alebo prirodzené zmladenie zo stanovištne pôvodnej semennej banky (napr. prirodzené zmladenie po ťažbe clonným rubom)⁷.

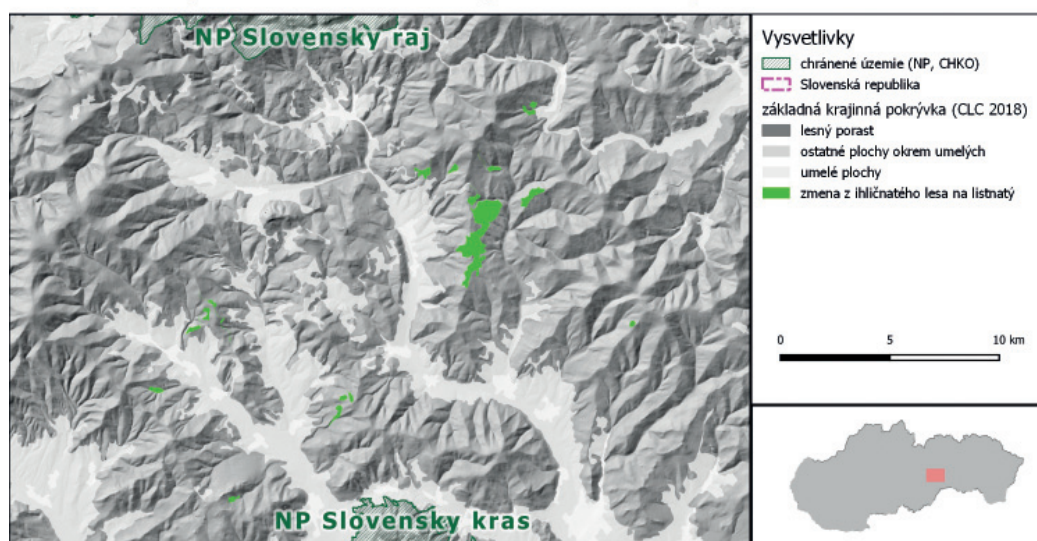


Obr. 4: Porovnanie zmien z ihličnatých lesov na listnaté (1990 – 2018)

⁷ Cieľom použitého postupu bolo nájsť plochy, kde sa daná zmena vyskytuje s najväčšou frekvenciou. Pre bližšiu interpretáciu možno použiť mapu prirodzenosti lesov alebo výskytu disturbancií resp. zohľadniť abiotické faktory (sklon, nadmorská výška a pod).

Identifikované “hotspots” na národnej úrovni možno detailne zobraziť v nasledujúcom príklade (obr. 5).

Obr. 5: Detail zmien z ihličnatých lesov na listnaté (1990 – 2018) v Revúckej vrchovine a Volovských vrchoch



Zdroj: CLC (1990, 2000, 2006, 2012, 2018); ŠOPSR (2020); GKÚ (2020)

Zaujímavé by bolo taktiež porovnanie súčasných zmien *ihličnatých lesov* (312) smerom k *zmiešaným* (313). Pri tomto modelovaní sme však narazili na limity CLC, kde v jednotlivých časových radoch sú v niektorých územiach zmiešané lesy interpretované ako ihličnaté (prevaha ihličnanov) alebo listnaté lesy (prevaha listnatých drevín). Tento trend sme pre uvedené fakty nevyhodnotili.

Trend úbytku ihličnatých lesov v prospech listnatých a zmiešaných lesov je identifikovateľný aj z výsledkov predikčných nástrojov. V strednodobom horizonte (do roku 2030) je kalkulovaný predpokladaný nárast listnatých lesov o 3 % a zmiešaných lesov o 13 % v porovnaní s referenčným rokom (2018). Predpokladaný úbytok ihličnatých lesov v tomto horizonte je 5 %. V dlhodobom horizonte (do roku 2054) je predpokladaný úbytok ihličnatých lesov až 16 %, pričom predpokladáme nárast rozlohy listnatých lesov o 8 % a zmiešaných lesov až 34 %.

Lúky a pasienky (23x)

Prognóza podľa BAU scenára do roku 2050 (Považan & Filčák (eds.), 2020): Pokračujúca zmena tradičného poľnohospodárstva v súvislosti so zmenou životného štýlu. V málo obývaných oblastiach, ktoré nie sú ekonomicky zaujímavé pre produkciu potravín, ustúpila kultúrna krajina, rozšírili sa teplomilné, často invázne druhy, opustená krajina spustla, znížila sa plocha a kvalita mokradí. Na druhej strane, narástol podiel krovín a samovoľne zalesnených plôch. Ústup kultúrnej krajiny, šírenie inváznych druhov, opustenie a pustnutie krajiny, nárast zalesnených plôch najmä vplyvom sekundárnej sukcesie.

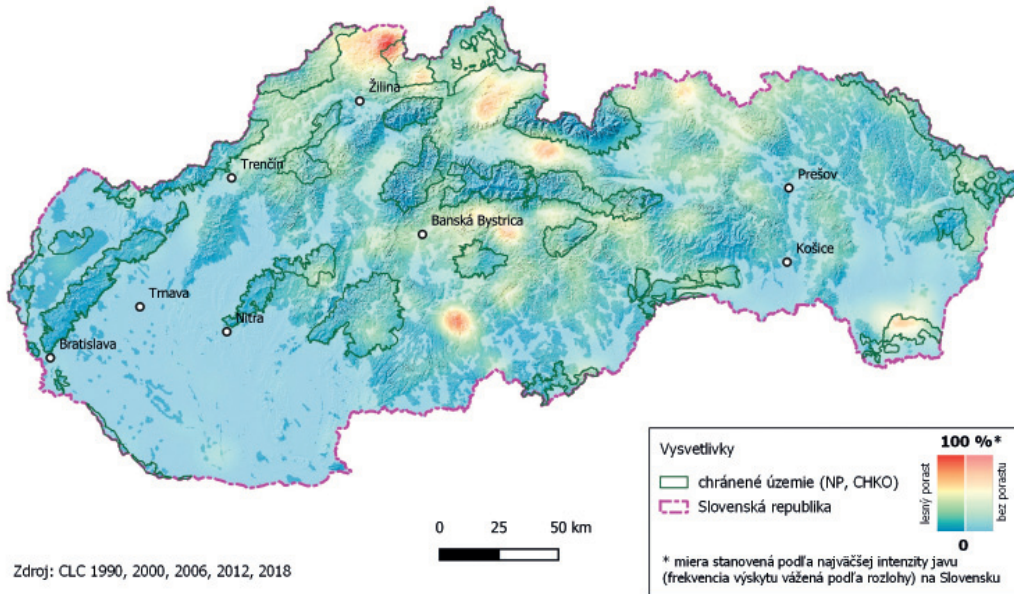
Trendy podľa typov krajinej pokrývky (porovnanie zmien medzi rokmi 1990 a 2018)

Súčasný trendy poukazujú na ubúdanie *lúk a pasienkov* (23x). Tieto zmeny sú najvýraznejšie na Kysuciach, Orave, Javorí, Ostrôžkach, Horehróní, v Pieninách, Latorici či Poloninách. Plošne najviac úbytku výmery je v dôsledku nástupu drevín (sekundárna sukcesia alebo zalesňovanie) alebo naopak, z dôvodu návratu k tradičnému obhospodarovaniu s vytváraním pestrej krajinej mozaiky.

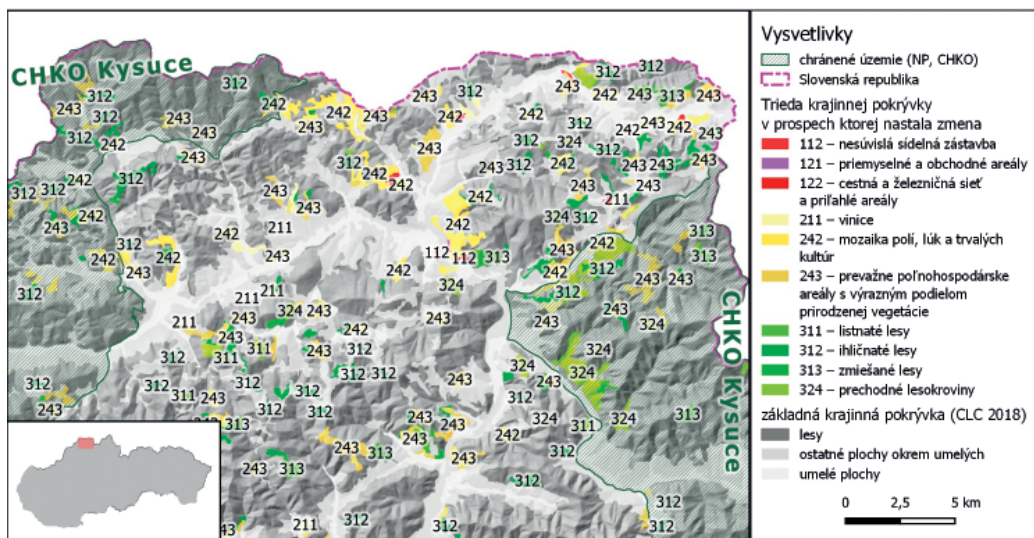
Pri bližšom skúmaní “hotspots” na národnej úrovni možno detaily znázorniť v nasledujúcich príkladoch (obr. 6, 7, 8, 9 a 10).

Plošne rozsiahlejšie plochy úbytku lúk a pasienkov možno pripísať najmä sukcesii, opusteniu od tradičných foriem hospodárenia (324 – *prechodné lesokroviny*). Na druhej strane sa jedná o návrat k tradičnému obhospodarovaniu (242 – *mozaika polí, lúk a trvalých kultúr* resp. 243 – *prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným zastúpením prirodzenej vegetácie*), s čím v menšej miere súvisí aj rozorávanie (211 – *nezavlažovaná orná pôda*), najmä v 90. rokoch. Vplyv sukcesie resp. zalesňovania predstavuje početná mozaika menších polygónov (312 – *ihličnaté lesy*, 313 – *zmiešané lesy*). Pre rozlíšenie zarastania (spontánnej sekundárnej sukcesie) a úmyselnej aktivity človeka (zalesňovanie) by bola potrebná ďalšia analýza na lokálnej úrovni.

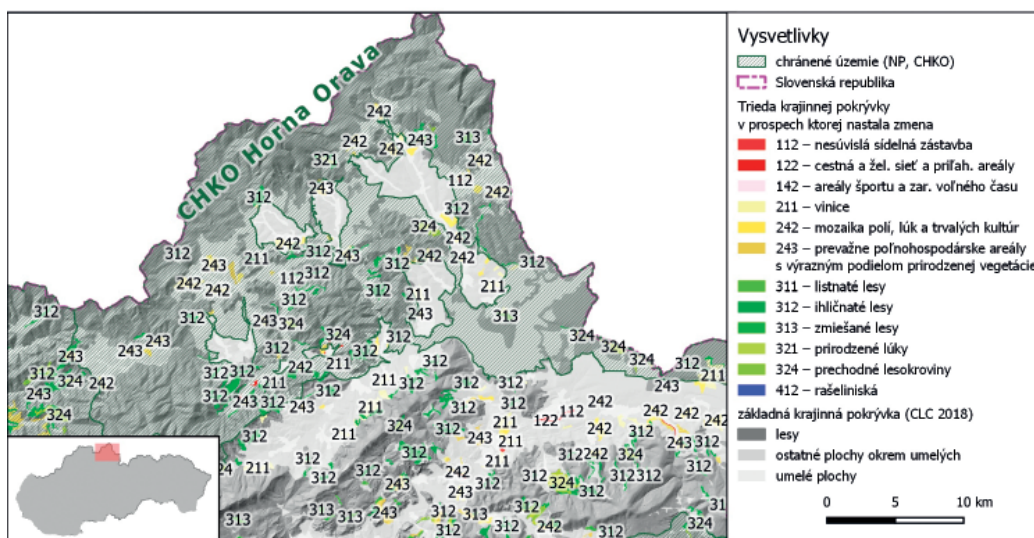
Obr. 6: Úbytok plochy lúk a pasienkov (1990 – 2018)



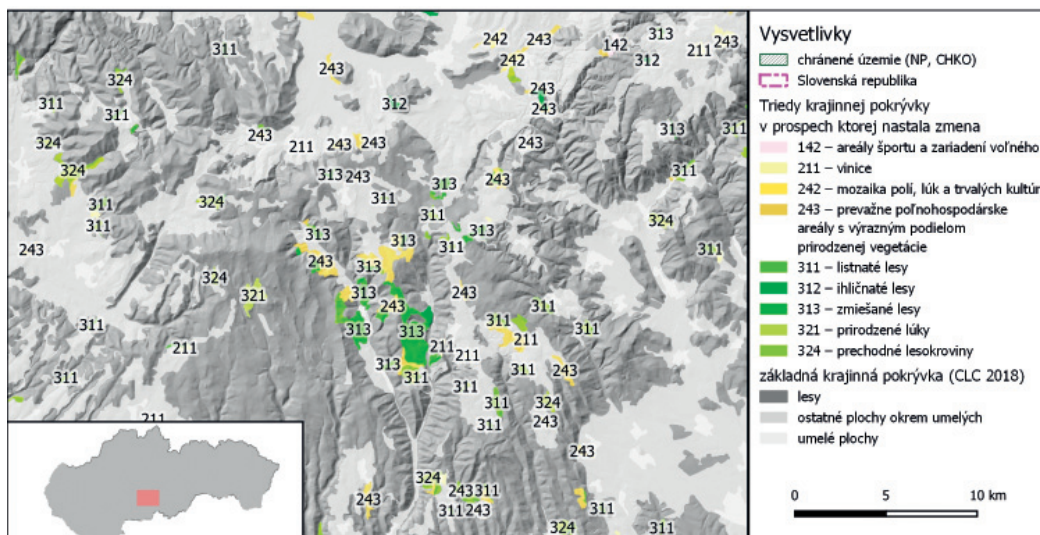
Obr. 7: Detail úbytku lúk a pasienkov (1990 – 2018) na Kysuciach



Obr. 8: Detail úbytku lúk a pasienkov (1990 – 2018) na Orave



Obr. 9: Detail úbytku lúk a pasienkov (1990 – 2018) v Javorí a Ostrôžkach

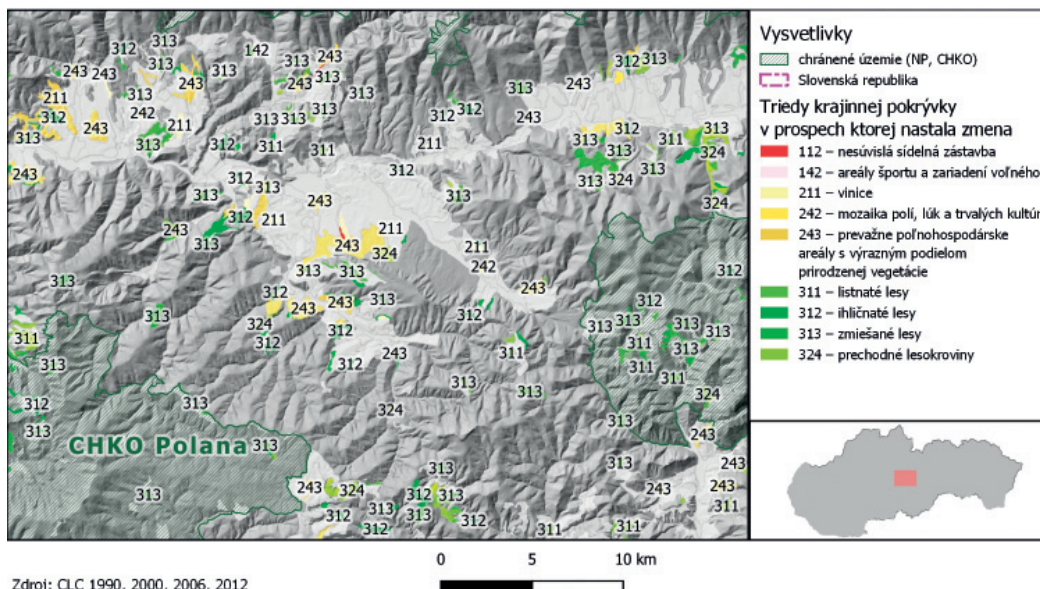


Zdroj: CLC (1990, 2000, 2006, 2012); ŠOPSR (2020); GKÚ (2020)

Podobne ako na Kysuciach, aj na Orave plošne rozsiahlejšie plochy úbytku lúk a pasienkov je zapríčinený sekundárnou sukcesiou (324 – *prechodné lesokroviny*). V porovnaní s Kysucami však na Orave možno pozorovať oveľa väčšiu mozaikovitosť, teda viac maloplošných polygónov. Vplyv sukcesie resp. zalesňovania predstavuje početné zastúpenie menších polygónov (312 – *ihličnaté lesy*, 313 – *zmiešané lesy*). O návrate k tradičnému hospodáreniu hlavne na Hornej Orave svedčia krajinné mozaiky (242 – *mozaika polí, lúk a trvalých kultúr*), príp. rozorávanie lúk a pasienkov (211 – *nezavlažovaná orná pôda*), najmä v 90. rokoch.

V regióne Javoria a najmä Ostrôžok dochádza k výraznejšiemu zarastaniu TTP (313 – *zmiešané lesy*, 311 – *listnaté lesy* a 324 – *prechodné lesokroviny*), čo súvisí so zanechaním obhospodarovania a vyludňovaním lazníckych oblastí. V menšej miere je to prechod k zastúpeniu rozptýlenej vegetácie (243 – *prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie*).

Obr. 10: Detail úbytku lúk a pasienkov (1990 – 2018) na Podpoľaní a Horehroní



Zdroj: CLC 1990, 2000, 2006, 2012

Na Podpoľaní a juhozápadnej časti Slovenského rudohoria prevažuje sukcesia na TTP a ich prechod smerom k lesom (311 – *listnaté lesy*, 312 – *ihličnaté lesy* a 313 – *zmiešané lesy*), zvlášť v okolí Poltára to súvisí zrejme so zanechaním hospodárenia a vyludňovaním vidieka. Na Horehroní v okolí Brezna je to posun od TTP smerom k extenzívnejším poľnohospodárskym plochám (243 – *prevažne poľnohospodárske areály s výrazným podielom prirodzenej vegetácie*). Ďalej na východ, v okolí Polomky a Závadky nad Hronom možno pozorovať rozsiahlejšie zalesnené plochy (312 – *ihličnaté lesy* a 313 – *zmiešané lesy*).

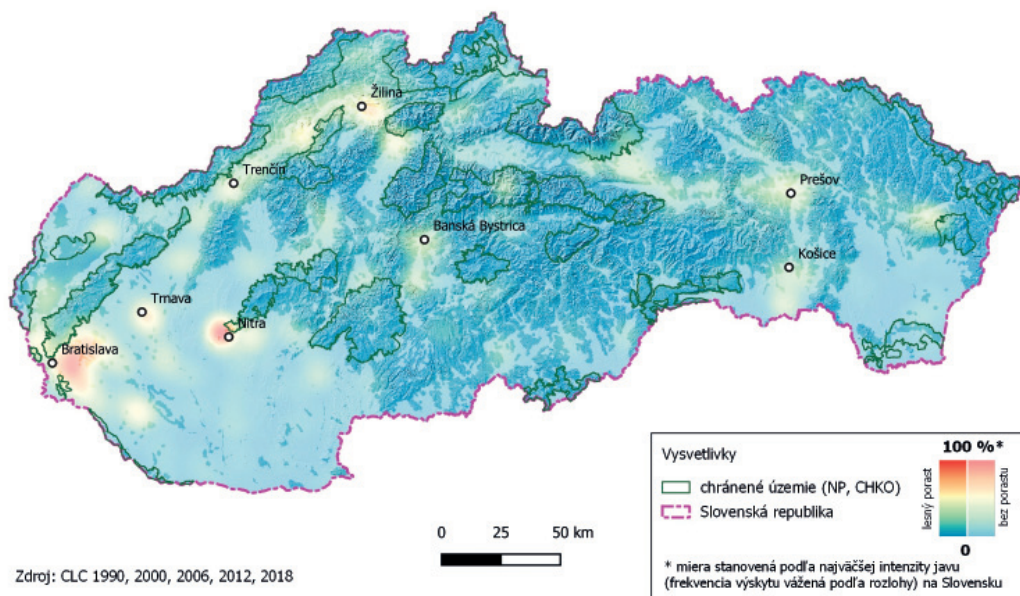
Urbanizovaná (sídelná) zástavba (11x)

Prognóza podľa BAU scenára do roku 2050 (Považan & Filčák eds., 2020): Miera vývoja populácie a urbanizácie sa vyvíjala pomerne konštantne v súlade s trendmi zo začiatku tohto storočia (Bleha et al., 2013a,b). Do roku 2050 sa celkový počet obyvateľov Slovenska znížil a zväčšila sa koncentrácia v dvoch urbánnych póloch – na západe Slovenska a v súmestí Košice-Prešov. Menší rast zaznamenala aj oblasť Popradu a Tatier. Zmena hospodárenia na vidieku, vo viacerých regiónoch stráca obyvateľstvo a obyvateľstvo starne (juh stredného Slovenska, prihraničné regióny východného Slovenska) v kontraste s mestskými aglomeráciami.

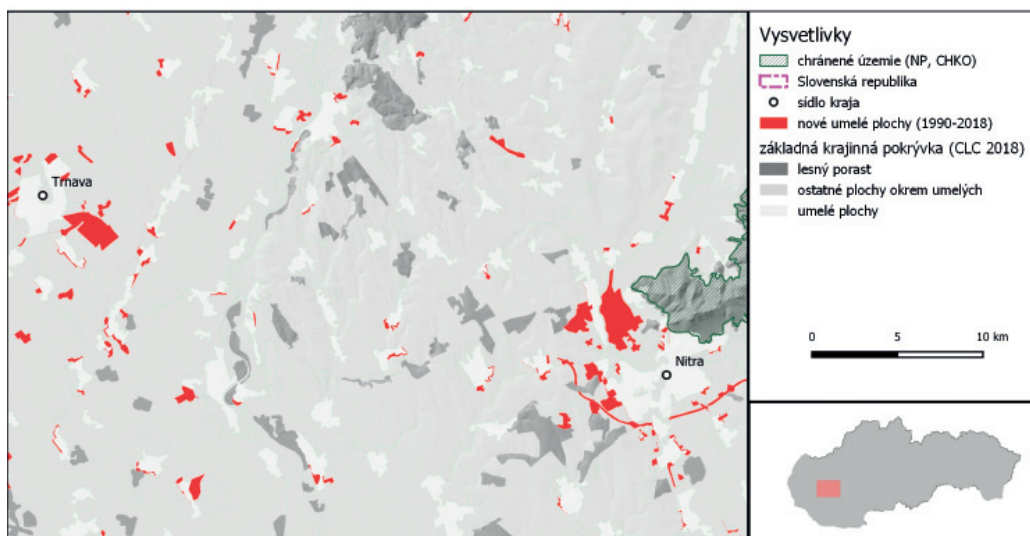
Trendy podľa typu krajiny pokrývky (porovnanie zmien medzi rokmi 1990 a 2018)

Zobrazené súčasné trendy sa ukazujú v súlade s očakávaním. Urbanizovaná zástavba rastie najmä v okolí väčších miest s dominantným postavením Bratislavy, ale aj Nitra, Žiliny, Košíc, Prešova a ďalších väčších miest (obr. 11). Pre biodiverzitu mimoriadne významné a nepriaznivé sa javia zmeny v podtatranskej oblasti (tlak na ochranné pásmo Tatranského národného parku) a v Nízkych Tatrách dokonca priamo v Demänovskej doline (Jasná), v ktorej zástavba vstupuje priamo do chránených území s vyšším stupňom ochrany.

Pri zmenách rôznych typov krajiny pokrývky na zastavanú plochu sa jedná takmer výlučne o zaberanie ornej pôdy, najmä tried 211 – nezavlažovaná orná pôda a 243 – prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie.



Obr. 11: Rozširovanie sídelnej zástavby (1990 – 2018)



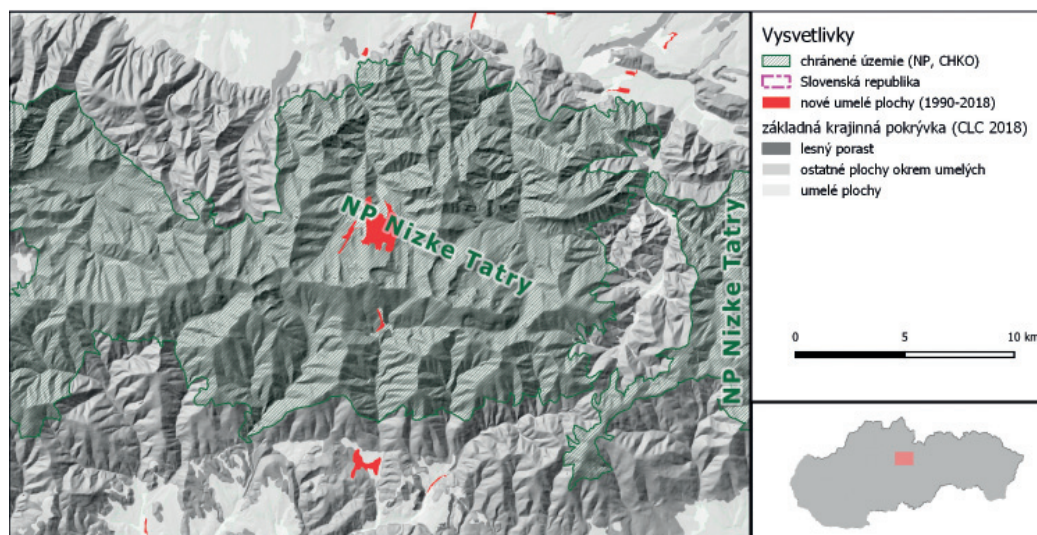
Obr. 12: Detail úbytku ornej pôdy v dôsledku rozširovania sídelnej zástavby v okolí Trnavy a Nitra v rokoch 1990 – 2018 (112)

Zdroj: CLC (1990, 2000, 2006, 2012, 2018); ŠOPSR (2020); GKÚ (2020)

Na obr. 12 vidieť pribúdanie zástavby v okolí krajských miest Nitra a Trnava a tiež rozptýlené nové sídla v tomto území. V prípade Nitry sa jedná najmä o vybudovanie veľkého priemyselného areálu pre potreby automobilky Jaguar Land Rover, v južnej časti mesta je to vybudovanie obchvatu mesta na rýchlostnej ceste R1. Podobne aj v Trnave sa vybuďoval veľký priemyselný areál, kde našla sídlo automobilka PSA Peugeot Citroen.

Na obr. 13 vidieť ako zástavba vstupuje aj do chránených území. V území NP Nízke Tatry možno identifikovať výrazné pozmenené plochy v Demänovskej doline (zástavba) a aj priamo v Jasnej (budovanie lyžiarskeho strediska). V tomto prípade sa jedná o typický príklad konfliktu medzi urbanizáciou a ochranou prírody.

Obr. 13: Detail rozširovania sídelnej zástavby v Nízkych Tatrách (1990 – 2018)



Zdroj: CLC (1990, 2000, 2006, 2012, 2018); ŠOPSR (2020); GKÚ (2020)

Orná pôda (21x)

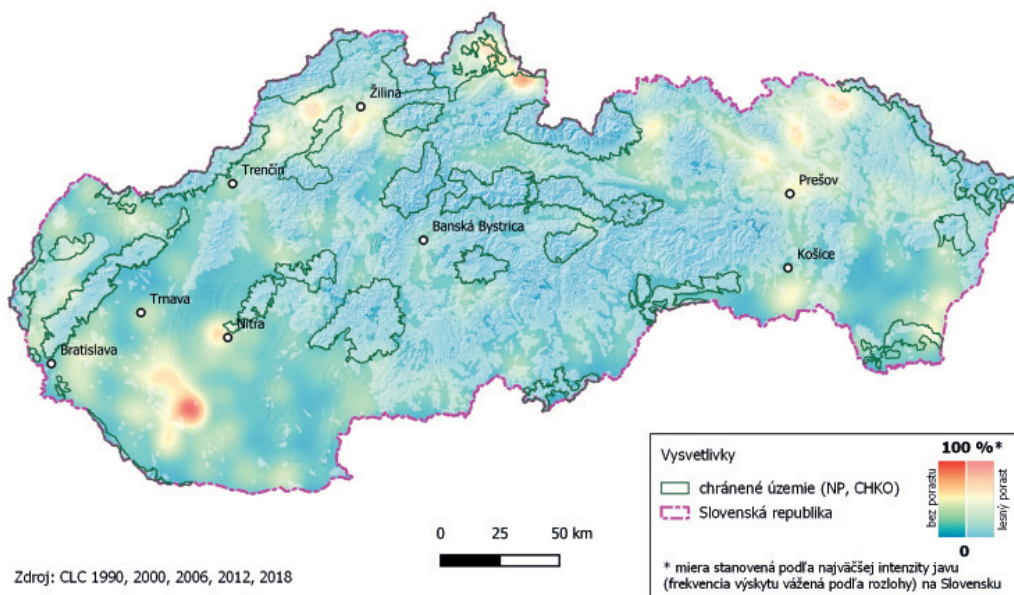
Prognóza podľa BAU scenára do roku 2050 (Považan & Filčák eds., 2020): Protichodné trendy: posun k bioprodukcii (slabší) a posun k veľkovýrobe potravín (silnejší). Zmeny životného štýlu, odliv ľudí z vidieka a poľnohospodárskej krajiny. Degradácia poľnohospodárskej pôdy v súvislosti s nepriaznivými procesmi – erózia, zhutňovanie, zvyšovanie obsahu chemických látok v pôde, zhoršovanie stavu pôdnych organizmov a najmä častejší nedostatok vody (dôsledky sucha, dezertifikácia – zvýšenie potenciálnej evapotranspirácie a zníženie pôdnej vlhkosti). Dochádza aj k zasoľovaniu pôd, najmä na Podunajskej a Východoslovenskej nížine.

Trendy podľa typu krajinej pokrývky (porovnanie zmien medzi rokmi 1990 a 2018)

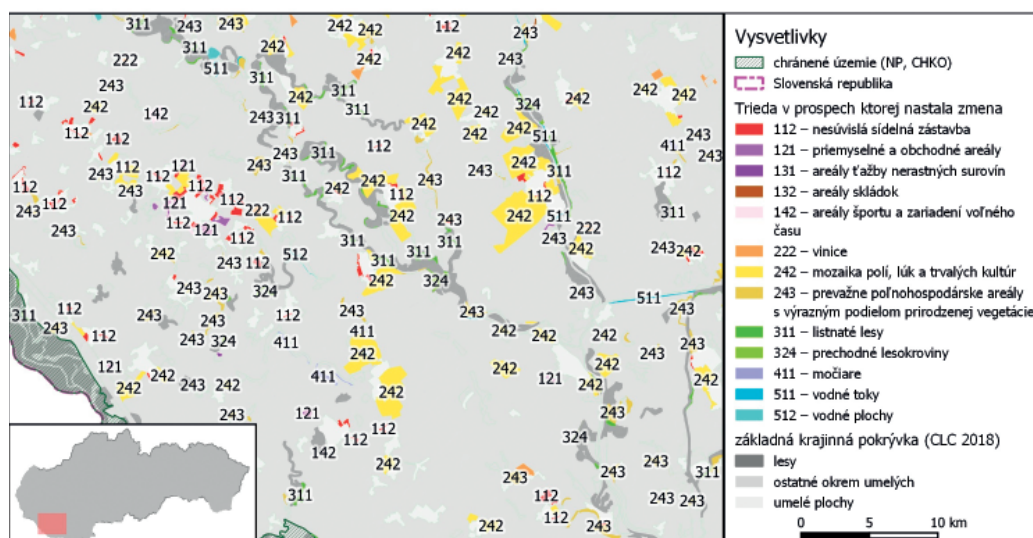
Vo všeobecnosti prevažuje úbytok ornej pôdy. Súčasný trendy ukazujú na jej najväčší úbytok na Podunajskej nížine, ale aj strednom Považí, Orave a Šariši (obr. 14).

Ornej pôdy na Podunajskej nížine plošne najvýznamnejšie ubúda na úkor *mozaiky polí, lúk a trvalých kultúr* (242), čo možno hodnotiť pozitívne, keďže to zvyšuje diverzitu krajiny. Ďalej sú to prevažne *poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie* (243), v menšej miere zalesňovanie/zarastanie (311 – *listnaté lesy*) a najmä v okolí sídiel ich rozširovanie (112 – *nesúvislá sídelná zástavba*; obr. 14, 15).

Obr. 14: Úbytok ornej pôdy (1990 – 2018)



Obr. 15: Detail úbytku ornej pôdy na Podunajskej nížine (1990 – 2018)



3.2 Vyhodnotenie sledovaného obdobia a výpočet prognózy do roku 2054

Urbanizované plochy a priemyselné areály (umelé povrchy) – 1xx

Urbanizovaná (sídelná) zástavba (11x)

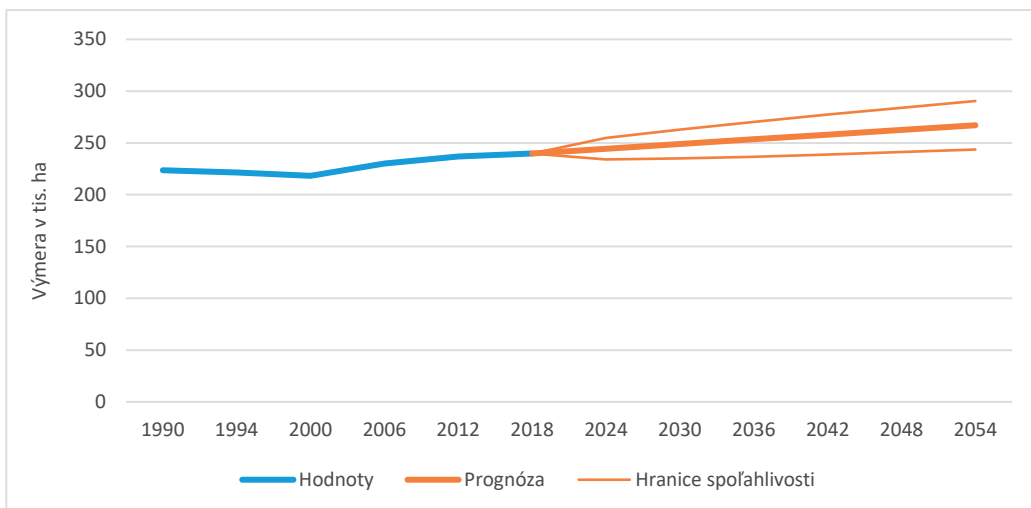
Za hodnotené obdobie sa **výmera sídelnej zástavby zvýšila** o 16 127,75 ha čo je približne 0,33 % výmery štátu. Do roku 2030 sa predpokladá zvýšenie o ďalších 9 182,06 ha (0,19 %) a do roku 2054 o 27 262,06 ha (0,56 %) oproti referenčnému roku (obr. 16).⁸ Najväčšiu zastavanosť v referenčnom roku má Bratislavský kraj (8,41 %), nasleduje Trnavský (6,98 %) a Nitriansky (6,71 %). Najvyšší predpokladaný rast do roku 2054 je v Bratislavskom kraji (2,15 %), nasleduje Trenčiansky (1,02 %) a Žilinský (0,87 %). Vyrovnaný trend je predpokladaný v Košickom kraji. V ostatných krajoch je mierne rastúci. Celková hodnota MASE je 0,81 a najnižšia hodnota je v Bratislavskom kraji (0,45).

⁸ zmeny tried CLC medzi rokmi 1990, 2018, 2030 a 2054 ku konkrétnym triedam uvádzame v tabuľke na konci podkapitoly

Tretiu úroveň tvorí *súvislá sídelná zástavba* (111) a *nesúvislá sídelná zástavba* (112). Súvislá sídelná zástavba je charakteristická pre väčšie mestá, v ktorých sa sústreďuje obyvateľstvo (pracovné príležitosti) a narastá tlak na zástavbu plôch s vegetáciou. Výskyt v niektorých menších mestách a výrazný nárast v časovom horizonte 2012 je v súvislosti s nadhodnotením pri interpretácii (napr. Partizánske), pričom hodnota miery presnosti predpovedí je nad hodnotu 1 (1,16), to znamená, že model je menej spoľahlivý ako naivný model.

Dynamika *nesúvislej sídelnej zástavby* (112) má spoľahlivejšiu výpovednú hodnotu. Hodnota MASE je 0,80 a naznačuje presnejšiu predpoveď ako pri *súvislej sídelnej zástavbe* (111). Za hodnotené obdobie sa výmera zvýšila o 15 680,74 ha (0,32 % z výmery Slovenska). Do roku 2030 je predpoklad ďalšieho 0,18 %-ného nárastu a do roku 2054 nárastu 0,54 % z výmery Slovenska oproti referenčnému roku. Je však potrebné brať do úvahy, že nesúvislá sídelná zástavba v sebe zahŕňa značnú časť plôch pokrytých vegetáciou a teda je menším rizikom pre biodiverzitu a jej ochranu ako súvislá sídelná zástavba.

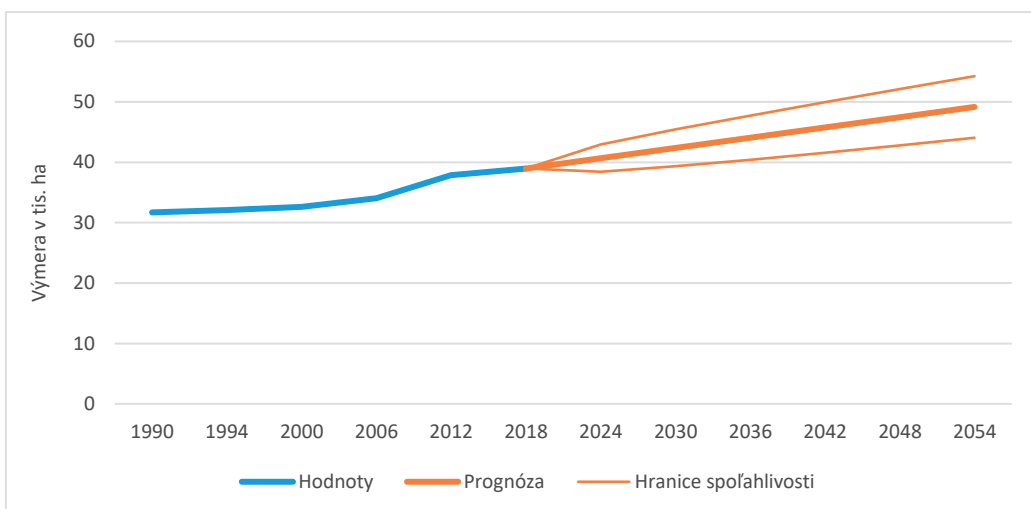
Obr. 16: Trend a prognóza zmeny výmery urbanizovanej sídelnej zástavby (11x)



Priemyselné, obchodné areály a dopravná infraštruktúra (12x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera kategórie zvýšila** o 7 257,03 ha čo je približne 0,15 % výmery štátu. Do roku 2030 sa predpokladá zvýšenie výmery o ďalších 0,07 % a do roku 2054 o 0,21 % oproti referenčnému roku (obr. 17). Najväčšie zastúpenie v referenčnom roku je identifikované v Bratislavskom kraji (2,97 %), nasleduje Trnavský (1,07 %) a Košický kraj (0,90 %). Najvyšší predpokladaný rast do roku 2054 je v Bratislavskom (0,89 %), Žilinskom (0,28 %) a Prešovskom kraji (0,27 %).

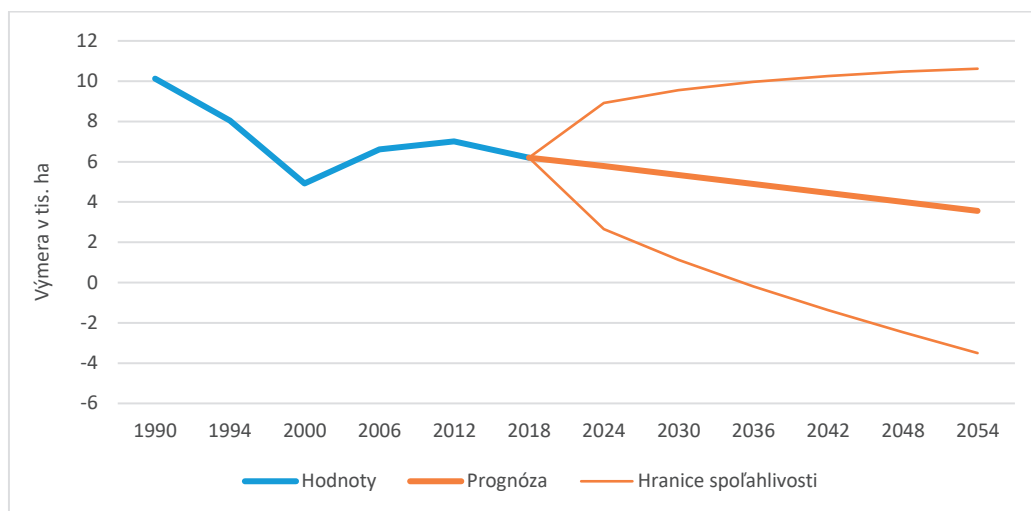
Obr. 17: Trend a prognóza zmeny výmery priemyselných, obchodných areálov a dopravnej infraštruktúry (12x)



Tretiu úroveň tvorí kategória 121 – priemyselné a obchodné areály, 122 – cestná a železničná sieť a príslušné plochy, 123 – prístavy a 124 – letiská. Vzhľadom na charakter kategórií 123 a 124 nie je u nich predpoklad výraznej dynamiky, keďže budovanie rozsiahlejších areálov týchto kategórií t.j. min. 25 ha, podlieha dlhodobému strategickému plánovaniu. Doterajšie zaznamenané zmeny vo výmere súvisia so spresňovaním geometrie resp. ich interpretácie. Predpokladaný rastúci trend je najmä v kategóriách 121 a 122. Hodnota MASE pre kategórie 121 – 0,8 a 122 – 0,41, indikuje presnejšiu kalkulovanú prognózu ako pri kategóriách 123 a 124.

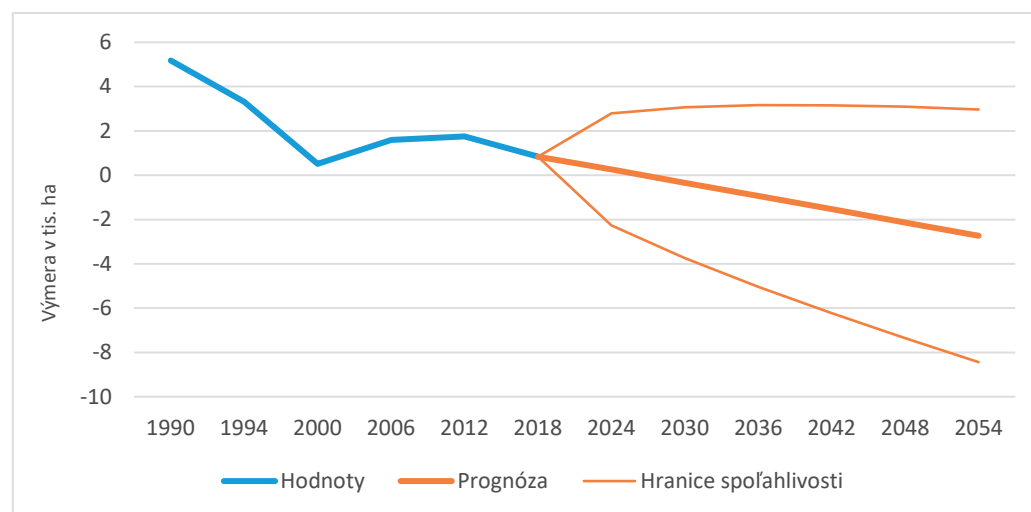
Banské územia, skládky a iný typ výstavby (13x)

Za hodnotené obdobie sa **výmera kategórie znížila** od roku 1990 do roku 2018 o 3 924,48 ha, čiže približne o 0,08 % výmery štátu. Najväčšie zastúpenie je v Bratislavskom kraji (0,31 %), nasleduje Trenčiansky (0,24 %) a Košický kraj (0,23 %). Do roku 2030 sa predpokladá mierny klesajúci trend a zníženie výmery o ďalších 0,02 % a do roku 2054 o 0,05 % oproti referenčnému roku (obr. 18). Klesajúci trend je predpokladaný v Trnavskom a Bratislavskom kraji. Len mierne rastúci trend je predpokladaný v Trenčianskom a v Banskobystrickom kraji. V zvyšných krajoch je predpokladaný rastúci trend.



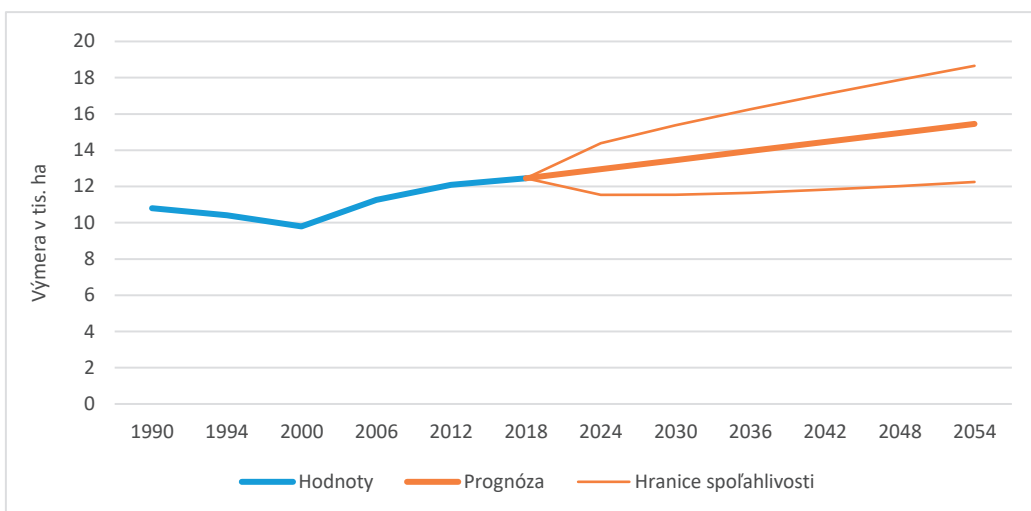
Obr. 18: Trend a prognóza zmeny výmery banských území, skládok a iného typu výstavby (trieda 13x)

Tretiu úroveň tvoria *banské územia* (131), *skládky* (132) a *iné typy výstavby* (133). Rastúci trend je predpokladaný v kategórii 131. Za hodnotené obdobie sa výmera zväčšila o 557,07 ha. Vyrovnaný trend sa predpokladá pri kategórii 132. Zaujímavou je kategória 133, ktorú je potrebné chápať ako doplnkovú kategóriu, čiže plochu nemožno jednoznačne zaradiť do niektorej z iných kategórií – napr. sídelná zástavba alebo priemyselný areál a pod (obr. 19). Za hodnotené obdobie klesla výmera tejto kategórie o 4 344,41 ha (0,09 %). Táto kategória má najnižšiu hodnotu MASE (0,75).



Obr. 19: Trend a prognóza zmeny výmery iného typu výstavby (133)

Obr. 20: Trend a prognóza zmeny výmery sídelnej vegetácie (14x)



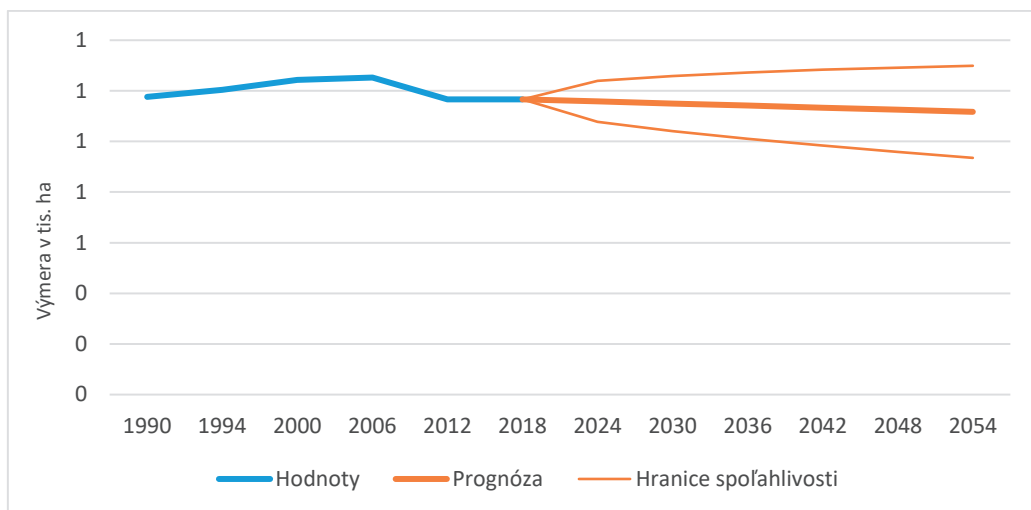
Sídelná (nepoľnohospodárska) vegetácia (14x)

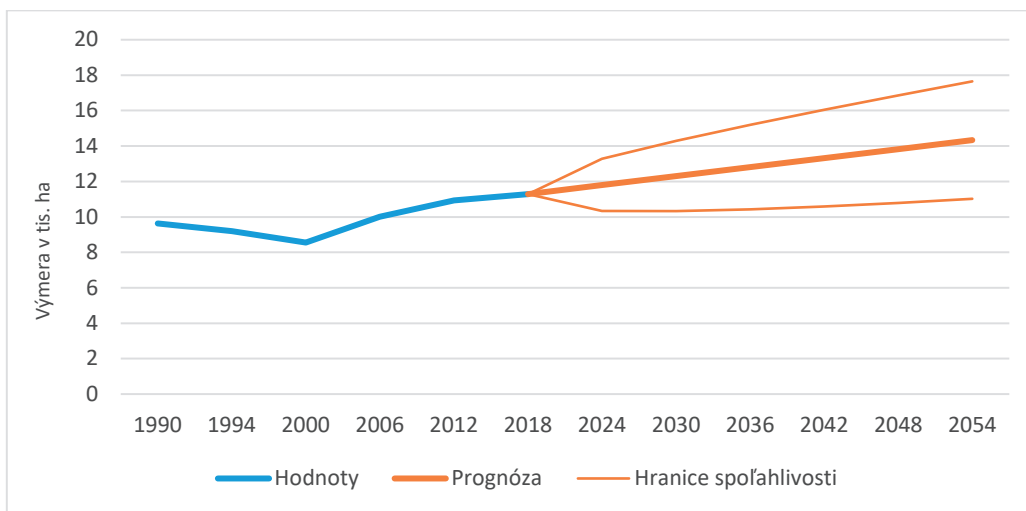
Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera zvýšila** o 1 642,51 ha, čo predstavuje asi 0,03 % výmery štátu. Trieda je najviac zastúpená v Bratislavskom kraji (0,85 %). Nasleduje Žilinský (0,34 %) a Trnavský kraj (0,33 %).

Do roku 2030 sa predpokladá rastúci trend a zvýšenie výmery o ďalších 0,02 % a do roku 2054 o 0,06 % oproti referenčnému roku na celonárodnej úrovni (obr. 20). Vyrovnaný až mierne rastúci trend je predpokladaný v Žilinskom kraji, mierne rastúci je v Prešovskom. V ostatných krajoch okrem Košického, kde je predpokladaný klesajúci trend, je identifikovaný výrazne rastúci trend.

Tretiu úroveň tvorí *sídelná vegetácia* (141) a *areály športu a zariadení voľného času* (142). Pre kategóriu 141 je predpokladaný mierne klesajúci trend (obr. 21) a naopak rastúci trend pre kategóriu 142 (obr. 22).

Obr. 21: Trend a prognóza zmeny výmery sídelnej vegetácie (141)



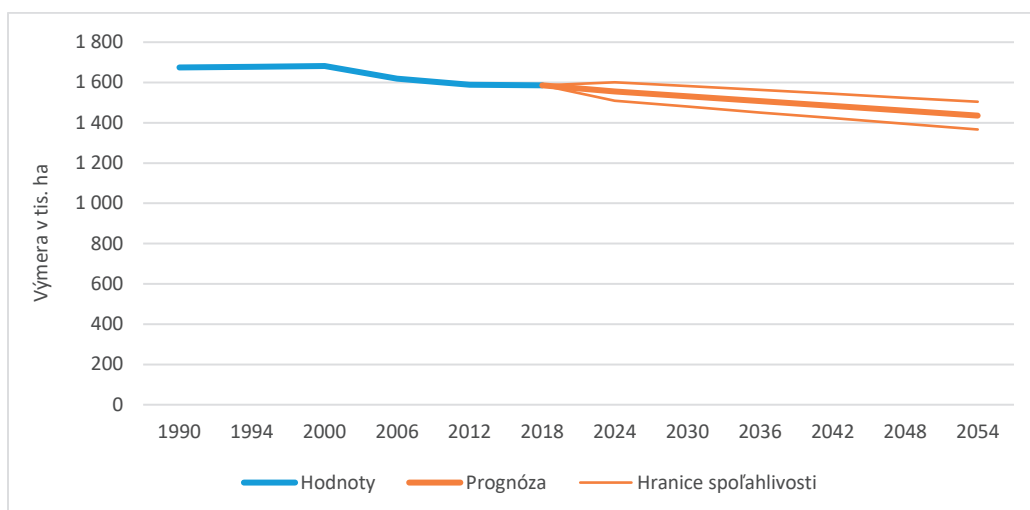


Obr. 22: Trend a prognóza športové areály

Poľnohospodárske plochy (2xx)

Orná pôda (21x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera ornej pôdy znížila** o 88 027,12 ha, čo predstavuje 1,80 % výmery štátu (obr. 23). Najväčšie zastúpenie k výmere kraja má Nitriansky (66,13 %) a Trnavský kraj (65,38 %). Nad 30 % výmery kraja má zastúpenie Bratislavský (37,44 %) a Košický kraj (36,51 %). Zastúpenie medzi 20 – 30 % majú nasledovné kraje – Banskobystrický (21,40 %), Prešovský (20,84 %) a Trenčiansky kraj (23,81 %). Najnižšie zastúpenie – pod 20 %, má Žilinský kraj (11,12 %). Do roku 2030 sa predpokladá klesajúci trend a zníženie výmery o 1,12 % a do roku 2054 o 3,07 % oproti referenčnému roku. Mierne klesajúci trend je predpokladaný v nasledovných krajoch – Bratislavský, Prešovský a Trnavský. V ostatných krajoch je identifikovaný výrazný klesajúci trend.

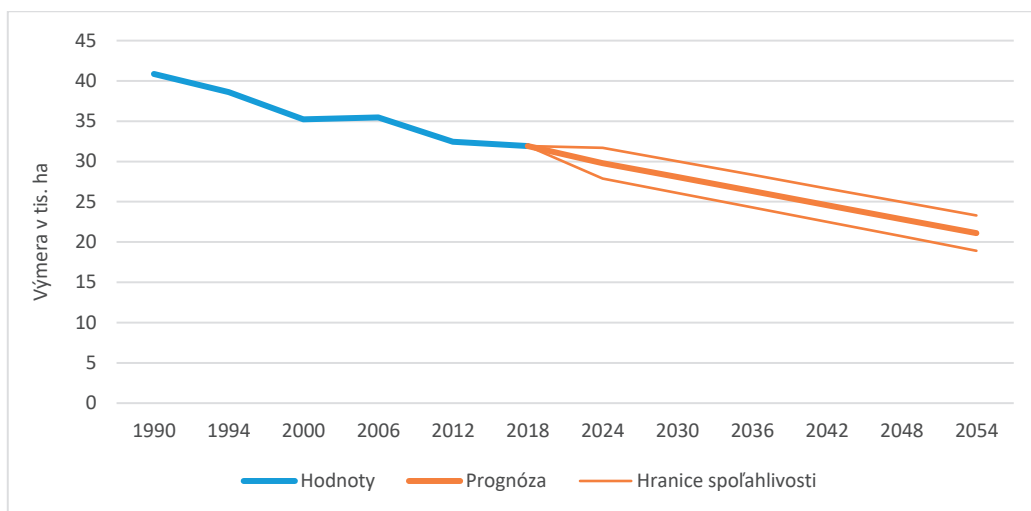


Obr. 23: Trend a prognóza zmeny výmery ornej pôdy (21x)

Trvalé poľnohospodárske kultúry (22x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera znížila** o 8 948,32 ha, čo je približne 0,18 % výmery štátu (obr. 24). Bratislavský kraj (2,65 %) má najväčšie zastúpenie. Nasleduje Nitriansky (1,47 %) a Trnavský kraj (1,20 %). Do roku 2030 sa predpokladá klesajúci trend a zníženie výmery o 0,08 % a do roku 2054 o 0,22 % oproti referenčnému roku. Vyrovnaný trend je predpokladaný v Trenčianskom kraji. Okrem Prešovského kraja, kde je predpokladaný rastúci trend, je v ostatných krajoch predpokladaný klesajúci trend.

Obr. 24: Trend a prognóza zmeny výmery trvalých poľnohospodárskych kultúr (22x)

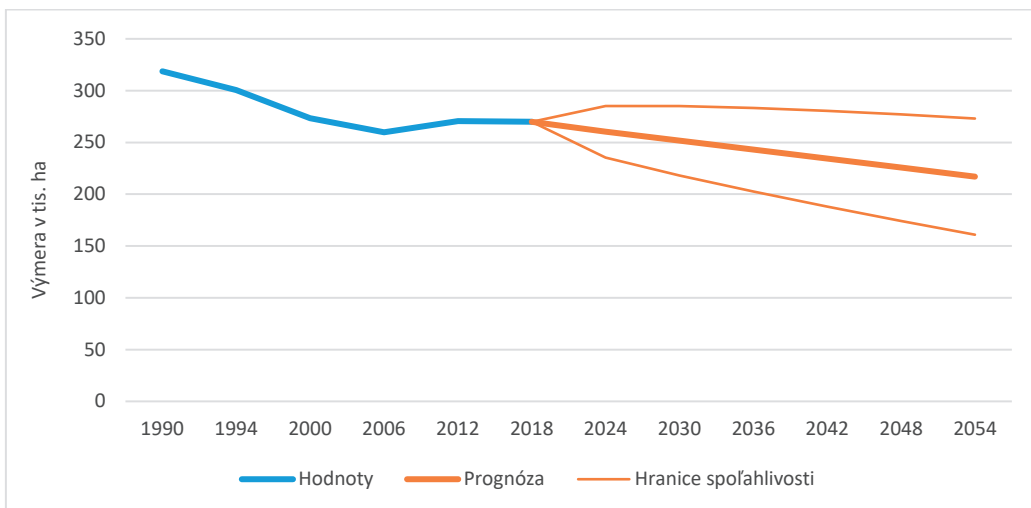


Z tretej úrovne na Slovensku boli interpretované *vinice* (221) a *ovocné stromy a ovocné sady* (222). Za hodnotené obdobie je väčší pokles kategórie 221 (0,15 %) ako kategórie 222 (0,04 %).

Trvalé trávne porasty (23x)

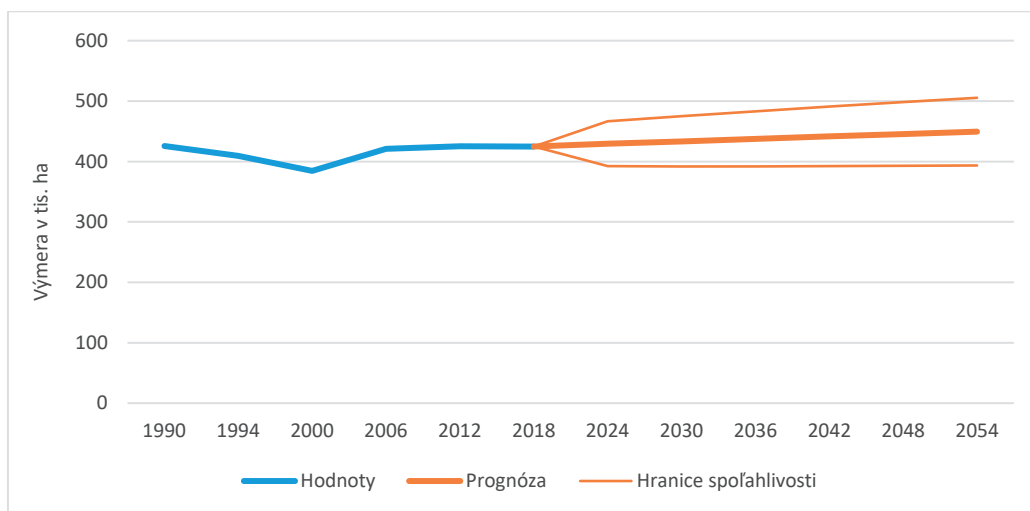
Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera znížila** o 48 743,41 ha, čo predstavuje približne 0,99 % výmery štátu (obr. 25). Z celkovej výmery územia SR k referenčnému roku kategória zaberá 269 904,60 ha (5,51 %). Z krajov má najväčšie zastúpenie k výmere kraja Žilinský kraj (10,03 %). Nasleduje Prešovský (7,85 %) a Bratislavský kraj (6,81 %). Do roku 2030 sa predpokladá klesajúci trend a zníženie výmery o ďalších 0,37 % a do roku 2054 o 1,08 % oproti referenčnému roku. Výrazný klesajúci trend je predpokladaný v Banskobystrickom, Košickom a Žilinskom kraji. Mierne klesajúci trend je v Prešovskom kraji. Vyrovnaný trend je predpokladaný v Trenčianskom kraji. Mierne rastúci trend je predpokladaný v Nitrianskom a výrazný rastúci trend v Bratislavskom a Trnavskom kraji. Tretiu úroveň tvoria *lúky a pasienky* (231).

Obr. 25: Trend a prognóza zmeny výmery trvalých trávnych porastov (23x)



Heterogénne poľnohospodárske plochy (24x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera znížila** o 701,32 ha, čo znamená približne 0,01 % výmery štátu (obr. 26). V referenčnom roku je výmera 424 895,60 ha (8,67 %). Najväčšie zastúpenie k výmere kraja má Banskobystrický kraj (11,09 %), nasleduje Trenčiansky (10,26 %) a Prešovský kraj (9,63 %). Do roku 2030 sa predpokladá rastúci trend a zvyšovanie výmery o 0,18 % a do roku 2054 o 0,51 % oproti referenčnému roku. Vyrovnaný trend je predpokladaný len v Trenčianskom kraji. V Banskobystrickom a Prešovskom kraji je predpokladaný mierne klesajúci trend. Mierne rastúci trend je v Žilinskom a Trenčianskom kraji. V ostatných krajoch je identifikovaný výrazný rastúci trend.



Obr. 26: Trend a prognóza heterogénnych poľnohospodárskych areálov (24x)

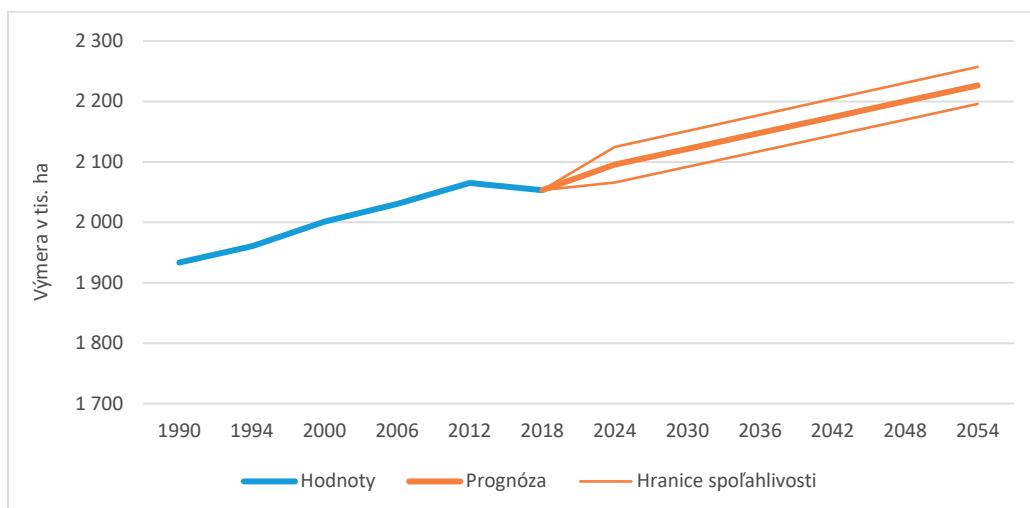
V tretej úrovni bola na Slovensku hodnotená *mozaika polí, lúk a trvalých poľnohospodárskych kultúr* (242) a *prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie* (243).

Lesy a poloprirodzené biotopy (3xx)

Lesy (31x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera⁹ zvýšila** o 121 014,62 ha, čo predstavuje 2,47 % výmery štátu (obr. 27). K referenčnému roku bola výmera lesov 2 201 543,32 ha (44,91 %). Najväčšie zastúpenie k výmere kraja má Žilinský kraj (60,23 %), nasleduje Banskobystrický (55,29 %) a Prešovský kraj (54,45 %). Do roku 2030 sa predpokladá rastúci trend a zvyšovanie výmery o 0,99 % a do roku 2054 o 2,88 % oproti referenčnému roku. Okrem Prešovského kraja, kde je predpokladaný len veľmi mierne rastúci trend, je jasne rastúci trend vo všetkých krajoch.

Výmera lesov síce dlhodobo narastá, avšak dôležité je sledovať aj kvalitu prírastku. Z ochrannárskeho hľadiska pribúdajú hlavne sukcesné štádia, mladé lesy a rovnako bola za posledné obdobie výrazne postupne narušená kvalita starých existujúcich lesov.

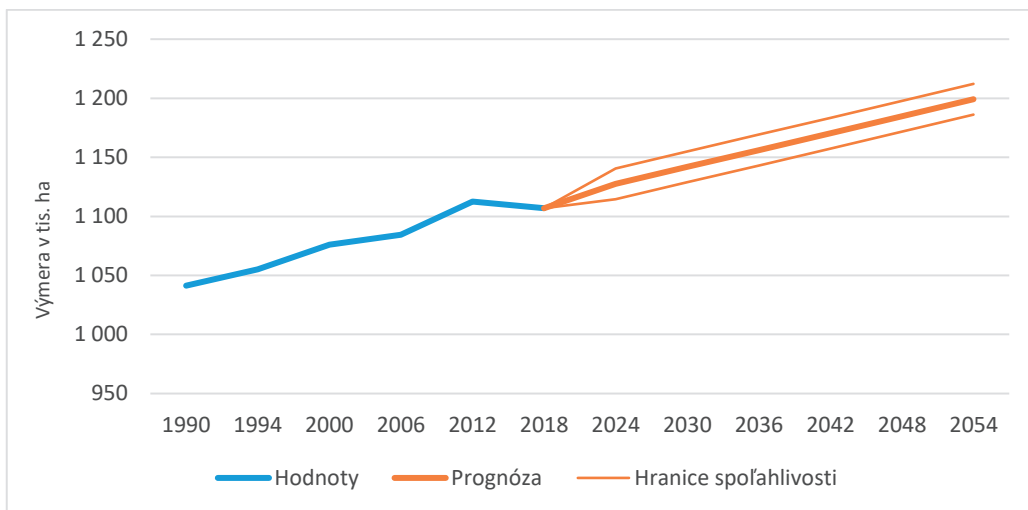


Obr. 27: Trend a prognóza zmeny výmery lesov (31x)

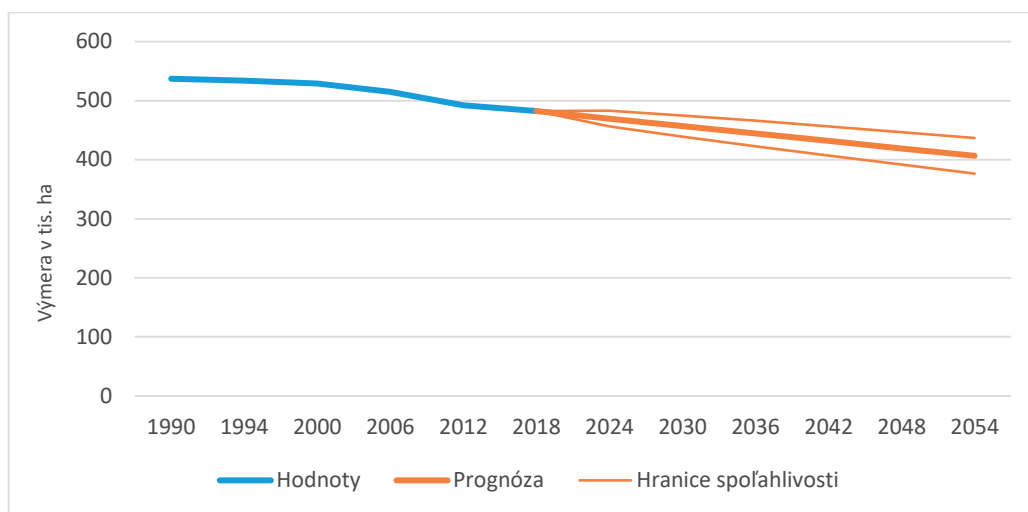
9 Výmera triedy druhej úrovne 31 – lesy bola navýšená o výmeru triedy tretej úrovne 324 – prechodné lesokroviny, patriacej do triedy druhej úrovne 32 – kroviny alebo trávne areály z dôvodu, že do tejto triedy patria plochy, na ktorých z dôvodu hospodárenia bol les odstránený a opätovne vysadený. V danom čase však plochy 324 nepredstavujú vzrastlý les. Podotýkame, že trieda 324 je veľmi diskutovaná najmä medzi lesníkmi, keďže oni pojem „lesokroviny“ nepoužívajú. Sú to tiež plochy na ktorých bol les, len bol odstránený, no stále je to lesný pozemok a môže byť medzičasom už opätovne zalesnený. Zaujímavé by bolo zhodnotenie, koľko 324 vzniklo z triedy 243 alebo 242 príp. 321.

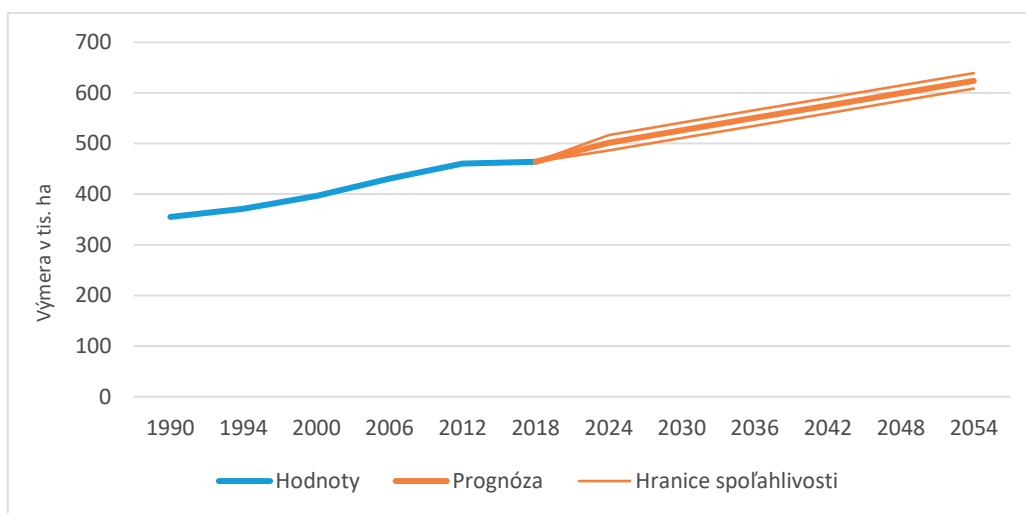
Do tretej úrovne patria *listnaté lesy* (311), *ihličnaté lesy* (312) a *zmiešané lesy* (313). Za hodnotené obdobie sa **výmera kategórie 311 zvýšila o 1,34 %, 313 o 2,22 %**. **V kategórii 312 sa výmera zmenšila o 2,66 %**. Plochy z kategórie 312 sa “presunuli” do kategórie 311 a 313. **Rastúci trend sa predpokladá v kategóriách 311 a 313. Klesajúci trend sa predpokladá pre kategóriu 312.** Do roku 2030 je predpokladaný nárast kategórie 311 (obr. 28) o ďalších 34 884,72 ha (0,71 %) a do roku 2054 o 92 274,07 ha (1,88 %) oproti referenčnému roku. V kategórii 312 (obr. 29) je predpokladaný pokles do roku 2030 o 25 378,52 ha (0,52 %) a do roku 2054 o 75 754,79 ha (1,55 %) oproti referenčnému roku. Predpokladaný nárast je aj v kategórii 313 (obr. 30). Do roku 2030 je predpoklad zmeny výmery o 62 090,71 ha (1,27 %) a do roku 2054 o 159 833,24 ha (3,26 %) oproti referenčnému roku.

Obr. 28: Trend a prognóza zmeny výmery listnatých lesov (311)



Obr. 29: Trend a prognóza zmeny výmery ihličnatých lesov (312)





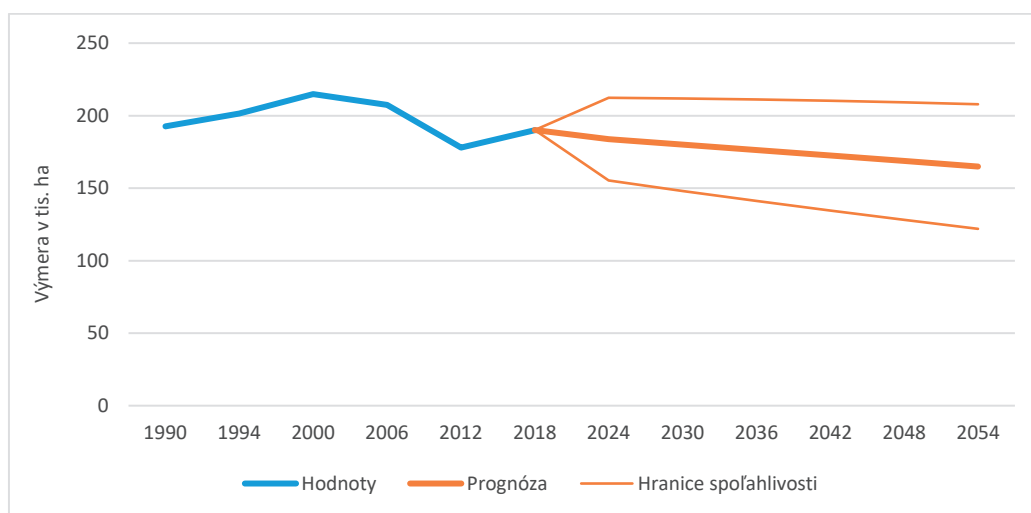
Obr. 30: Trend a prognóza zmeny výmery zmiešaných lesov (313)

Kroviny, prirodzené lúky, vresoviská a kosodrevina (32x)

Výmera v referenčnom roku je 41 808,94 ha (0,85 %) a za sledované obdobie rokov 1990 až 2018 **klesla** o 3 797,82 ha, čo predstavuje 0,08 % výmery štátu (obr. 31). Najvyššie zastúpenie je v Žilinskom kraji (2,63 %), nasleduje Prešovský (1,14 %) a Banskobystrický kraj (1,13 %). Do roku 2030 sa predpokladá klesajúci trend a znižovanie výmery o 0,03 % a do roku 2054 o 0,09 % oproti referenčnému roku. Mierny klesajúci trend je predpokladaný v Banskobystrickom kraji. V ostatných krajoch je predpokladaný rastúci trend.

Do tretej úrovne patria aj *prechodné lesokroviny* (324). Táto kategória predstavuje najmä mladé lesné dreviny (listnaté aj ihličnaté), vysadené po výruboch alebo rôznych kalamitách, ďalej sú to lesné škôlky, prirodzené vývojové formácie lesa (krovitá a bylinná vegetácia s rozptýlenými stromami), prípadne krovité formácie na opustených lúkach, pasienkoch a po výruboch lesa pre vedenie vysokého napätia. Vzhľadom na charakter kategórie 324 (vysvetlené vyššie) bola výmera tejto triedy odčítaná.

V rámci tretej úrovne bola na Slovensku interpretovaná okrem kategórie 324 aj kategória *prirodzené lúky* (321) a kategória *krajinnej pokrývky obsahujúca vresoviská a kosodrevinu* (322).



Obr. 31: Trend a prognóza zmeny výmery krovín, prirodzených lúk, vresovísk a kosodreviny (32x)

Holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie (33x)

Výmera v referenčnom roku je 11 922,30 ha (0,24 %). Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera znížila** o 59,26 ha. K výmere kraja tento typ krajinnej pokrývky najväčšie zastúpenie v Prešovskom kraji (0,96 %), nasleduje Žilinský (0,29 %) a Košický kraj (0,09 %).

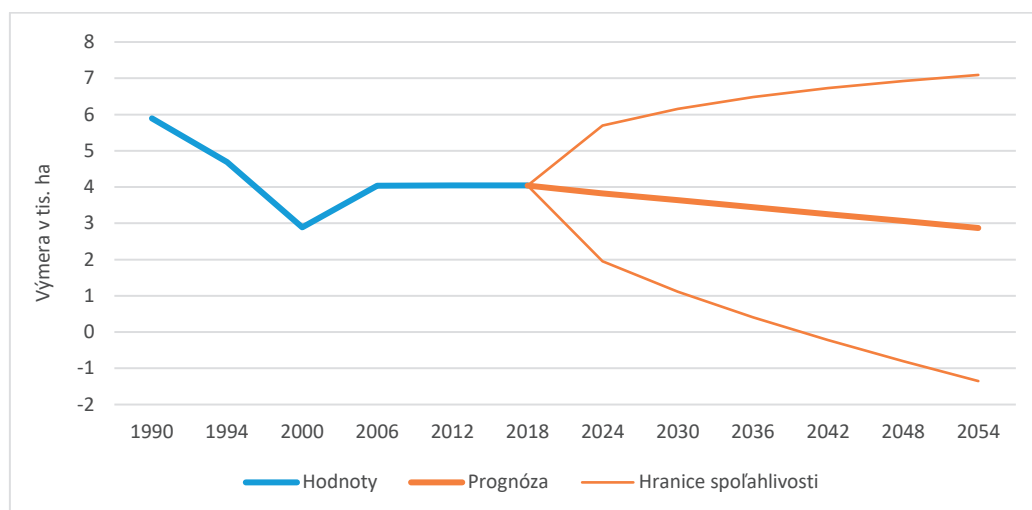
Na Slovensku boli interpretované nasledovné typy krajinej pokrývky 3. úrovne: *duny, piesky* (331); *skalné biotopy* (332); *plochy s riedkou vegetáciou* (333) a *spáleniská* (334). Zastúpenie kategórií 331, 332 a 333 vzhľadom na ich charakter nepodlieha výraznej dynamike. Zmeny vo výmere súvisia prevažne s použitím presnejších podkladov a teda neodrážajú reálnu zmenu, ale predovšetkým zmenu v interpretácii výsledkov hodnotenia krajinej pokrývky v jednotlivých obdobiach. Výskyt spálenísk je nesystematický, mení sa v čase. Prognóza tejto úrovne preto nebola realizovaná.

Mokrade (4xx)

Vnútrozemské mokrade (41x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera vnútrozemských mokradí znížila** o 1 853,88 ha. Do roku 2030 sa predpokladá klesajúci trend a znižovanie výmery o ďalších 405,03 ha a do roku 2054 o 1 170,59 ha oproti referenčnému roku (obr. 32). Košický kraj má najvyššie zastúpenie vnútrozemských mokradí. Na Slovensku sa typy krajinej pokrývky delia na nešpecifikované *mokrade* (411) a *rašeliniská* (412). Pri tejto kategórii je potrebné zdôrazniť, že identifikácia mokradí prostredníctvom satelitných snímok aj napriek novodobému prístupu je stále značne limitovaná. Mokrade často predstavujú maloplošné prvky, ktoré prostredníctvom metodiky prípravy CLC (veľkosť polygónov a automatizované priradenie) nemožno zachytiť a preto interpretácia výsledkov tejto kategórie môže byť do značnej miery skreslená oproti skutočnosti. Napriek uvedenému a na základe všeobecných poznatkov je predpoklad, že výmera mokradí má klesajúci trend a tento bude do budúcnosti pokračovať aj vzhľadom na dôsledky ľudskej činnosti v území a následky zmeny klímy.

Obr. 32: Trend a prognóza zmeny výmery vnútrozemských mokradí (41x)



Vodné plochy a vodné toky (5xx)

Vnútrozemské vodné plochy a vodné toky (trieda 51x)

Za hodnotené obdobie od roku 1990 do roku 2018 sa **výmera zvýšila** o 10 013,68 ha. Trnavský kraj má najvyššie zastúpenie (2,02 %), nasleduje Bratislavský kraj (1,48 %). Na území Slovenska sa z 3. úrovne vyskytujú *vodné toky* (511) a *vodné plochy* (512). Pri vodných tokoch možno predpokladať, že zmeny v zastúpení súvisia s ich presnejšou interpretáciou v novších verziách CLC. Pri vodných plochách môže dynamika triedy súvisieť s budovaním malých vodných elektrární a rovnako dôležitú úlohu zohrávajú zmeny v hodnoteniach jednotlivých periód prípravy CLC. Podobne ako pri mokradiach, aj pri vodných plochách a vodných tokoch, najmä rozlohou menších (malé vodné toky, menšie vodné plochy) je problém pri použití CLC evidentný. Zmeny v takom malom rozsahu v zmysle metodiky prípravy CLC nemožno úplne zachytiť (25 ha polygón je najmenšie rozlíšenie). Napriek tomu sú dynamika týchto ekosystémov a zmeny v nich mnohopočetné, na mnohých miestach zásadné, avšak zo súčasných údajov je ich interpretácia značne náročná – kvôli limitácii v presnosti a rozlíšení podkladových údajov.

Sumárne porovnanie zmien medzi referenčnými rokmi v jednotlivých triedach CLC prináša tabuľka č. 2.

Tabuľka č. 2: Zmeny jednotlivých tried CLC medzi rokmi 1990 – 2018 a 2018 – 2054

ROK / OBDOBIE	1990	2018	2054	1990 – 2018	2018 – 2054	1990 – 2054
VÝMERA (ha)						
Urbanizovaná (sídelná) zástavba (11x)	223 662,32	239 790,07	267 052,13	16 127,75	27 262,06	43 389,81
				7,21%	12,19%	19,40%
Priemyselné, obchodné areály a dopravná infraštruktúra (12x)	31 696,42	38 953,45	49 149,58	7 257,03	10 196,13	17 453,16
				22,90%	32,17%	55,06%
Banské územia, skládky a iný typ výstavby (13x)	10 126,29	6 201,81	3 559,39	-3 924,48	-2 642,43	-6 566,91
				-38,76%	-26,09%	-64,85%
Sídelná (nepoľnohospodárska) vegetácia (14x)	10 808,63	12 451,14	15 450,45	1 642,51	2 999,31	4 641,83
				15,20%	27,75%	42,95%
Orná pôda (21x)	1 673 869,91	1 585 842,79	1 435 527,26	-88 027,12	-150 315,54	-238 342,65
				-5,26%	-8,98%	-14,24%
Trvalé poľnohospodárske kultúry (22x)	40 862,04	31 913,72	21 104,94	-8 948,32	-10 808,78	-19 757,10
				-21,90%	-26,45%	-48,35%
Trvalé trávne porasty (23x)	318 648,00	269 904,60	216 968,92	-48 743,41	-52 935,67	-101 679,08
				-15,30%	-16,61%	-31,91%
Heterogénne poľnohospodárske plochy (24x)	425 596,91	424 895,60	449 679,48	-701,32	24 783,88	24 082,57
				-0,16%	5,82%	5,66%
Lesy (31x)	1 933 488,59	2 053 277,48	2 226 547,44	119 788,90	173 269,95	293 058,85
				6,20%	8,96%	15,16%
z toho: listnaté (311x)	1 041 339,35	1 106 876,31	1 199 150,38	65 536,96	92 274,07	157 811,03
				6,29%	8,86%	15,15%
ihličnaté (312x)	537 124,54	482 404,14	406 649,35	-54 720,40	-75 754,79	-130 475,19
				-10,19%	-14,10%	-24,29%
zmiešané (313x)	355 024,69	463 997,03	623 830,28	108 972,34	159 833,25	268 805,59
				30,69%	45,02%	75,71%
Kroviny, prirodzené lúky, vresoviská a kosodrevina (32x)	192 646,87	190 074,77	164 894,73	-2 572,09	-25 180,04	-27 752,14
				-1,34%	-13,07%	-14,41%
Holiny s riedkou vegetáciou alebo bez vegetácie (33x)	11 981,56	11 922,30	11 770,95	-59,26	-151,35	-210,61
				-0,49%	-1,26%	-1,76%
Vnútrozemské mokrade (41x)	5 894,15	4 040,26	2 869,67	-1 853,88	-1 170,59	-3 024,47
				-31,45%	-19,86%	-51,31%

3.3 Priestorové modelovanie časových horizontov krajinej pokrývky pre roky 2030 a 2054

Modelovanie vychádza z rastrovej vrstvy CLC 2018 pre územie Slovenska, štatistických prognóz trendov vývoja jednotlivých typov krajinej pokrývky CLC do roku 2054 a ďalších vrstiev, ktoré zachytávajú známe a predpokladané zmeny typov krajinej pokrývky.

Vytvorením percentuálneho vyjadrenia zmien jednotlivých typov krajinej pokrývky je možné získať predstavu o prebiehajúcich procesoch v krajine. Príkladom môže byť trend znižovania

Tabuľka č. 3: Percentuálne vyjadrenie zmien ihličnatých lesov smerom k iným typom krajinej pokrývky v rokoch 1990 – 2018

Zmena v typoch krajinej pokrývky	Počet bodov rastra	% zmeny
312 (ihličnaté lesy) -> 111 (súvislá sídelná zástavba)	1	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 112 (nesúvislá sídelná zástavba)	12 270	0,41
312 (ihličnaté lesy) -> 121 (priemyselné a obchodné areály)	1 268	0,04
312 (ihličnaté lesy) -> 122 (cestná a železničná sieť a príslušné plochy)	246	0,01
312 (ihličnaté lesy) -> 124 (letiská)	23	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 131 (banské územia)	2 565	0,09
312 (ihličnaté lesy) -> 132 (skládky)	108	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 133 (stavebné areály)	683	0,02
312 (ihličnaté lesy) -> 141 (vegetácia v sídlach)	349	0,01
312 (ihličnaté lesy) -> 142 (areály športu a zariadení voľného času)	18 568	0,62
312 (ihličnaté lesy) -> 211 (nezavlažovaná orná pôda)	27 700	0,93
312 (ihličnaté lesy) -> 221 (vinice)	1	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 222 (ovocné sady)	4	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 231 (lúky a pasienky)	100 562	3,36
312 (ihličnaté lesy) -> 242 (mozaika polí, lúk a trvalých poľnohospodárskych kultúr)	5 269	0,18
312 (ihličnaté lesy) -> 243 (prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie)	78 346	2,62
312 (ihličnaté lesy) -> 311 (listnaté lesy)	62 808	2,10
312 (ihličnaté lesy) -> 313 (zmiešané lesy)	467 727	15,62
312 (ihličnaté lesy) -> 321 (prirodzené lúky)	9 509	0,32
312 (ihličnaté lesy) -> 322 (vresoviská, slatiny a kosodrevina)	9 160	0,31
312 (ihličnaté lesy) -> 324 (prechodné lesokroviny)	2 193 040	73,24
312 (ihličnaté lesy) -> 332 (skalné biotopy)	2	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 333 (plochy s riedkou vegetáciou)	134	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 334 (spáleniská)	897	0,03
312 (ihličnaté lesy) -> 411 (mokrade)	36	0,00
312 (ihličnaté lesy) -> 511 (vodné toky)	477	0,02
312 (ihličnaté lesy) -> 512 (vodné plochy)	2 665	0,09
Spolu	2 994 418	100

výmery ihličnatých lesov na Slovensku. Podľa tabuľky štatistických trendov **sa pre ihličnaté lesy (312) znížila výmera medzi rokmi 1990 až 2018** z 8 593 924 bodov rastra (537 120,25 ha) na 7 717 774 bodov rastra (482 360,88 ha). Jedná sa o **celkový úbytok 54 760 hektárov**. Aj keď sa celková plocha ihličnatých lesov znížila, nedochádzalo počas uvedeného obdobia len k zániku plôch s týmto typom krajinej pokrývky, ale **vznikli aj nové plochy ihličnatých lesov**. Tabuľka č. 3 zobrazuje plošné a percentuálne vyjadrenie zmien ihličnatých lesov na iné kategórie CLC v období rokov 1990 až 2018. **Až v 73 % prípadov (zmeny bodov rastra) sa ihličnaté lesy zmenili**

Tabuľka č. 4: Percentuálne vyjadrenie zmien iných typov krajinej pokrývky na ihličnaté lesy (313) v rokoch 1990 – 2018

Zmena v typoch krajinej pokrývky	Počet bodov rastra	% zmeny
112 (nesúvislá sídelná zástavba) -> 312 (ihličnaté lesy)	15 240	0,72
121 (priemyselné a obchodné areály) -> 312 (ihličnaté lesy)	1 827	0,09
122 (cestná a železničná sieť a príslušné plochy) -> 312 (ihličnaté lesy)	61	0,00
124 (letiská) -> 312 (ihličnaté lesy)	597	0,03
131 (banské územia) -> 312 (ihličnaté lesy)	2 032	0,10
132 (skládky) -> 312 (ihličnaté lesy)	286	0,01
133 (stavebné areály) -> 312 (ihličnaté lesy)	198	0,01
142 (areály športu a zariadení voľného času) -> 312 (ihličnaté lesy)	19 493	0,92
211 (nezavlažovaná orná pôda) -> 312 (ihličnaté lesy)	58 065	2,74
221 (vinice) -> 312 (ihličnaté lesy)	5	0,00
222 (ovocné sady) -> 312 (ihličnaté lesy)	160	0,01
231 (lúky a pasienky) -> 312 (ihličnaté lesy)	301 929	14,25
242 (mozaika polí, lúk a trvalých poľnohospodárskych kultúr) -> 312 (ihličnaté lesy)	5 823	0,27
243 (prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie) -> 312 (ihličnaté lesy)	182 344	8,61
311 (listnaté lesy) -> 312 (ihličnaté lesy)	67 839	3,20
313 (zmiešané lesy) -> 312 (ihličnaté lesy)	295 044	13,93
321 (prírodné lúky) -> 312 (ihličnaté lesy)	27 292	1,29
322 (vresoviská, slatiny a kosodrevina) -> 312 (ihličnaté lesy)	7 495	0,35
324 (prechodné lesokroviny) -> 312 (ihličnaté lesy)	1 129 542	53,32
332 (skalné biotopy) -> 312 (ihličnaté lesy)	23	0,00
333 (plochy s riedkou vegetáciou) -> 312 (ihličnaté lesy)	1 091	0,05
411 (mokrade) -> 312 (ihličnaté lesy)	356	0,02
412 (rašeliniská) -> 312 (ihličnaté lesy)	161	0,01
511 (vodné toky) -> 312 (ihličnaté lesy)	55	0,00
512 (vodné plochy) -> 312 (ihličnaté lesy)	1 306	0,06
Spolu	2 118 264	100

prechodné lesokroviny (324) a to buď vplyvom ťažby dreva alebo prírodných javov, ako napr. vetrové a lykožrútové kalamity, ktorých výskyt zrejme znásobuje zmena klímy. Významný je aj viac ako 15 %-ný prechod na *zmiešané lesy* (313). Možno sa domnievať, že sa jedná o postupné prestavby porastov resp. zmeny drevinového zloženia (prírodné aj človekom podporené) na klimaticky stabilnejšie.

Tabuľka č. 4 ukazuje na spôsob vzniku nových plôch *ihličnatých lesov* (312) v rokoch 1990 až 2018. Aj v tomto prípade je **najvýznamnejšia zmena spojená s prechodnými lesokrovinami, ktoré sa zmenili v 53 % prípadov na ihličnaté lesy (312). Tu možno predpokladať opakované zalesnenie a premenu nelesného územia na ihličnatý les.** Ďalšími významnými typmi krajinej pokrývky,

z ktorých vznikajú nové ihličnaté lesy, sú **trvalé trávne porasty (TTP), lúky a pasienky so 14 % (zrejme sekundárna sukcesia TTP v okolí jestvujúcich ihličnatých lesov), zmiešané lesy (313)** s takmer 14 % a *prevažne poľnohospodárske plochy s výrazným podielom prirodzenej vegetácie (243)* s takmer 9 %.

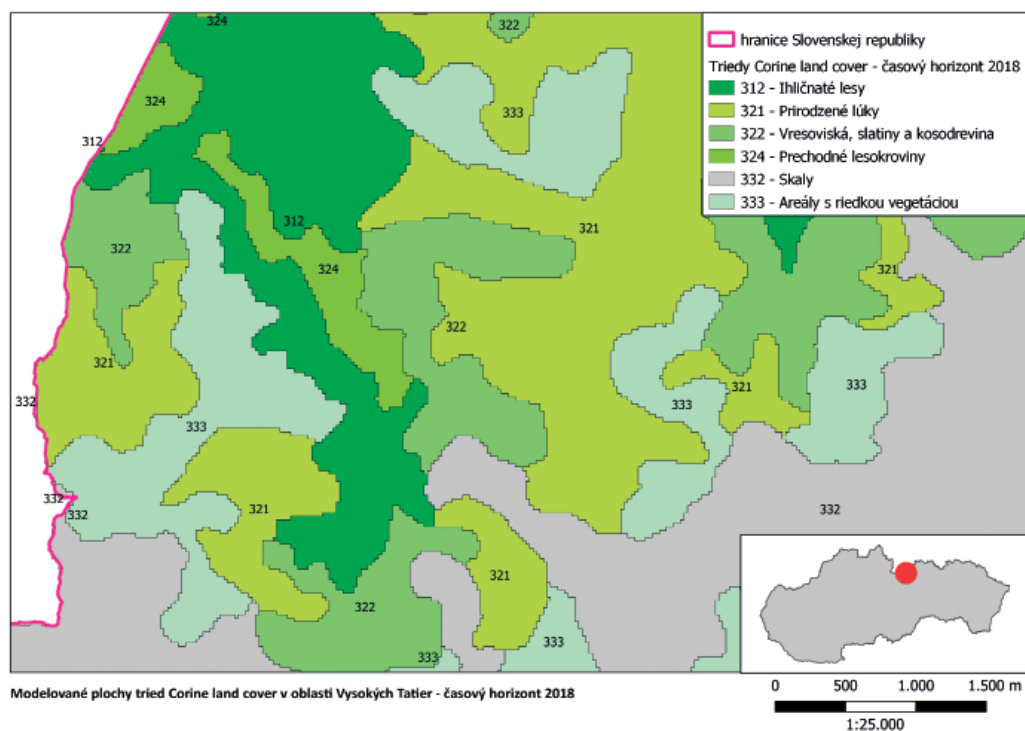
Celková plocha zmien, pri ktorých vznikali ihličnaté lesy, je 2 118 264 bodov rastra (132 391,5 ha) oproti 2 994 418 bodom rastra (187 151,125 ha), pri ktorých sa výmera ihličnatých lesov znižovala. **Táto skutočnosť potvrdzuje trend ubúdania plochy ihličnatých lesov na Slovensku (v tomto prípade o 54 760 ha).** Porovnaním percentuálneho vyjadrenia zmien je možné zistiť informácie o procesoch, ktoré ovplyvňujú ihličnaté lesy najviac. **Najväčšiu váhu má cyklický proces zmien kategórie 324 – prechodné lesokroviny => 312 ihličnatý les => 324 prechodné lesokroviny, ktorý pravdepodobne súvisí so zalesňovaním a ťažbou dreva (plánovanou aj náhodnou).** Rovnako možno zistiť ďalšie súvislosti ako napr. **313 zmiešaný les => 312 ihličnatý les => 313 zmiešaný les, čo môže súvisieť so subjektivitou hodnotenia pri mapovaní CLC v jednotlivých časových horizontoch, 324 prechodné lesokroviny => 312 ihličnatý les => 313 zmiešaný les ako ukážka sukcesie územia na ihličnatý les s jeho neskorším prechodom na zmiešaný les.** Vzájomnou analýzou tabuliek viacerých typov krajinej pokrývky možno určiť aj komplexnejšie súvislosti o zmenách v krajine.

Pre potreby priestorového modelovania časových horizontov rokov 2030 a 2054 boli percentuálne zmeny 19 modelovaných typov krajinej pokrývky spracované do tabuliek vyjadrujúcich percentuálne zmeny konkrétnej kategórie CLC na iné typy krajinej pokrývky.

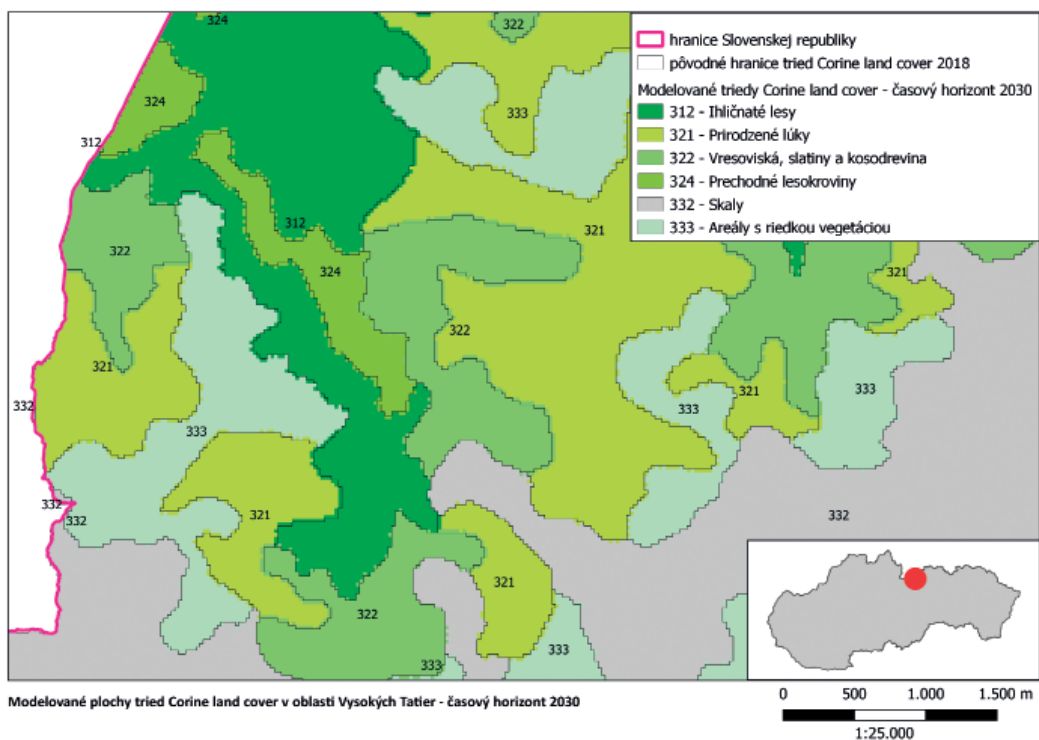
Vysoké Tatry

V horských oblastiach Vysokých Tatier zachytáva model zmeny v kategóriách 332 – *skalné biotopy*, 333 – *plochy s riedkou vegetáciou*, 321 – *prirodzené lúky*, 322 – *vresoviská, slatiny a kosodrevina*¹⁰ a kategórii 312 – *ihličnaté lesy*. Všetky z uvedených typov krajinej pokrývky okrem *kosodreviny (322)* majú klesajúci trend výmery, a preto je v tejto oblasti **výrazný hlavne trend rozširovania kosodreviny**. V celkovom kontexte Slovenska je zaujímavý aj **trend úbytku výmery prirodzených lúk (321), ktorý v tejto oblasti harmonizuje s trendom rozširovania kosodreviny**, čo je pri vizuálnom porovnaní časových horizontov rokov 2018, 2030, 2054 jednoznačne viditeľné (obr. 33, 34 a 35). Posuny v rozšírení ostatných kategórií sú spôsobené hlavne poradím ich spracovania počas modelovania. Tie však nie sú také výrazné ako trend rozširovania kosodreviny, pretože celkové plochy zmien jednotlivých kategórií sú pomerne malé a na rozsiahlejšom území sa vizuálne neprejavia.

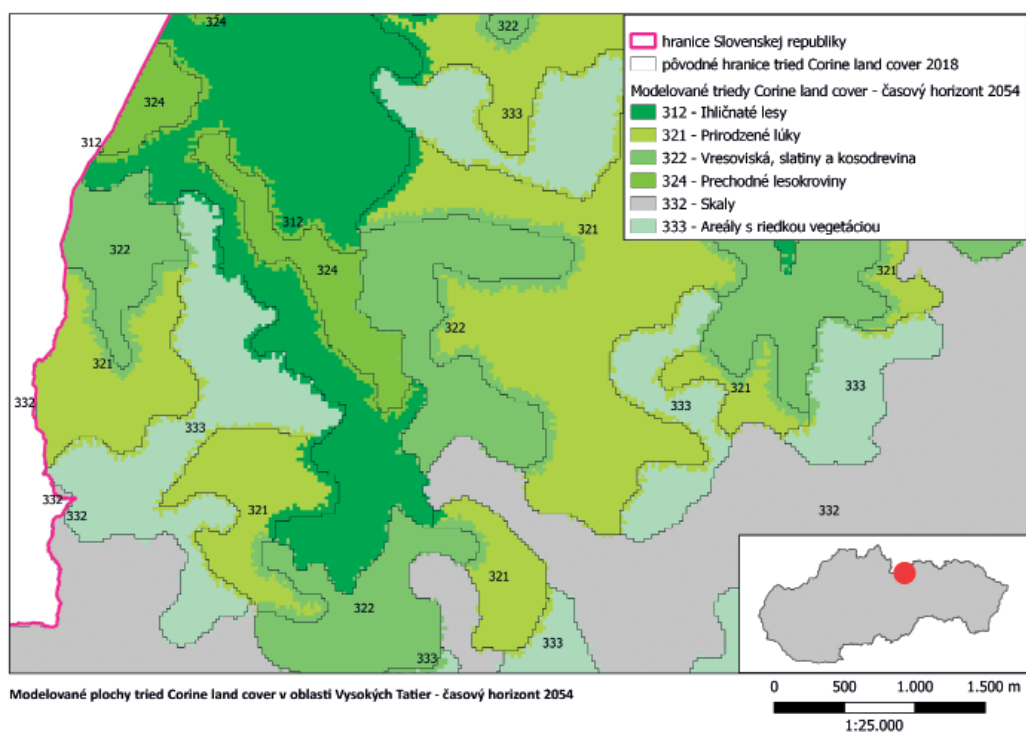
Obr. 33: Vstupná vrstva modelu Corine Land Cover 2018



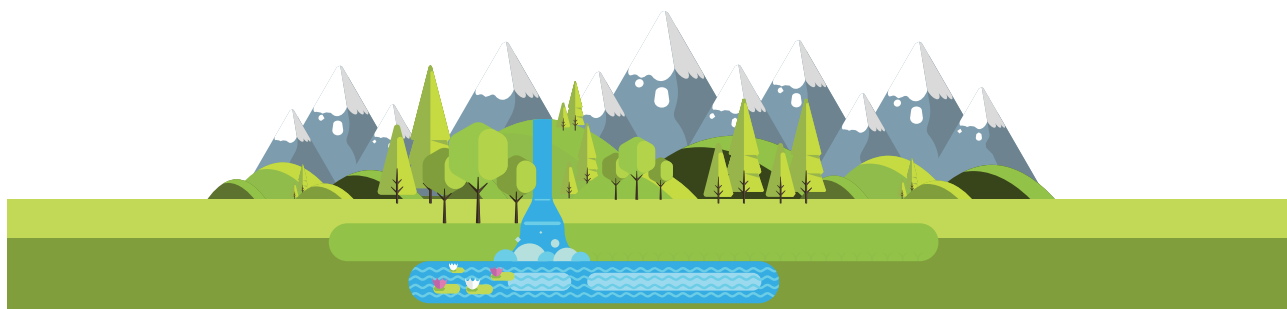
10 v horských oblastiach Slovenska ide v tomto prípade výlučne o kosodrevinu



Obr. 34: Modelovaný časový horizont roku 2030



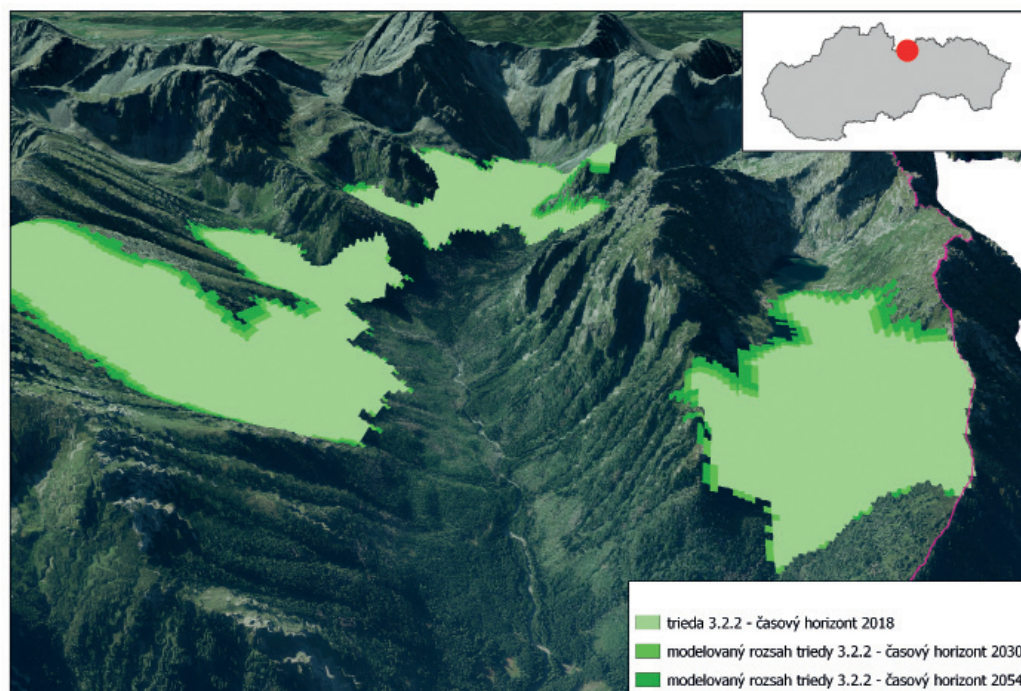
Obr. 35: Modelovaný časový horizont roku 2054



3D vizualizácia rozširovania kosodreviny (322) v závere Bielovodskej doliny

Bielovodská dolina sa na predchádzajúcom opisovanom území Tatier nachádza v ľavej hornej časti (SZ). 3D vizualizácia tohto územia zachytáva modelovaný trend rozširovania plôch kosodreviny v závere Bielovodskej doliny (obr. 36).

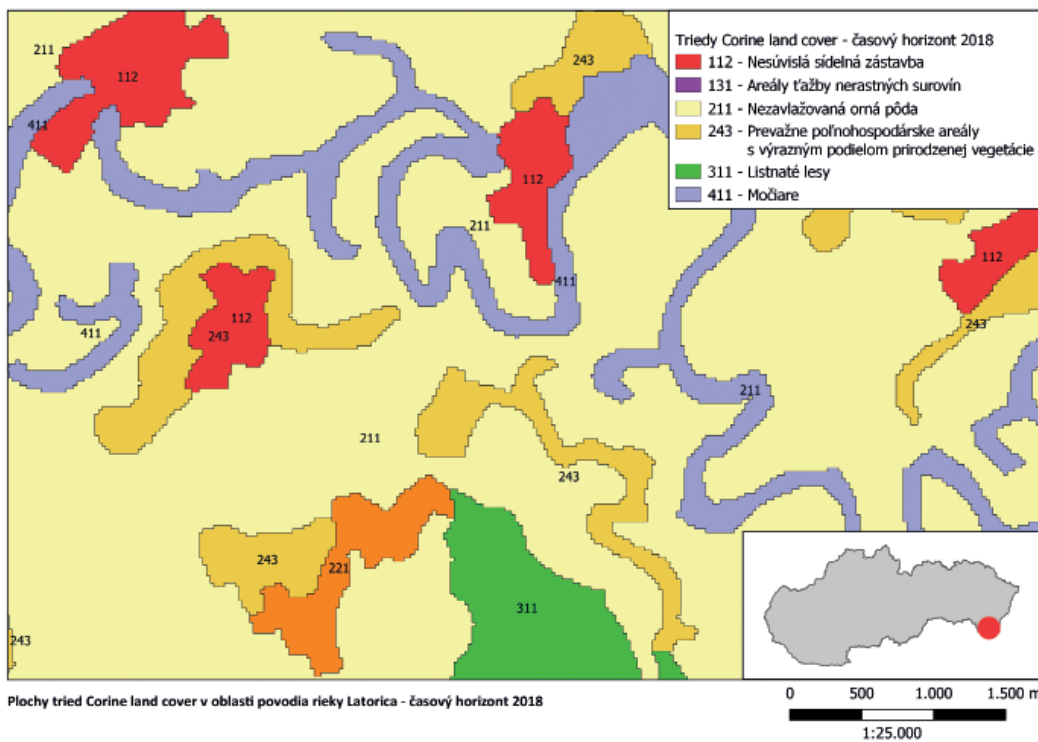
Obr. 36: 3D vizualizácia rozširovania kosodreviny (322) v závere Bielovodskej doliny v rokoch 2018, 2030 a 2054



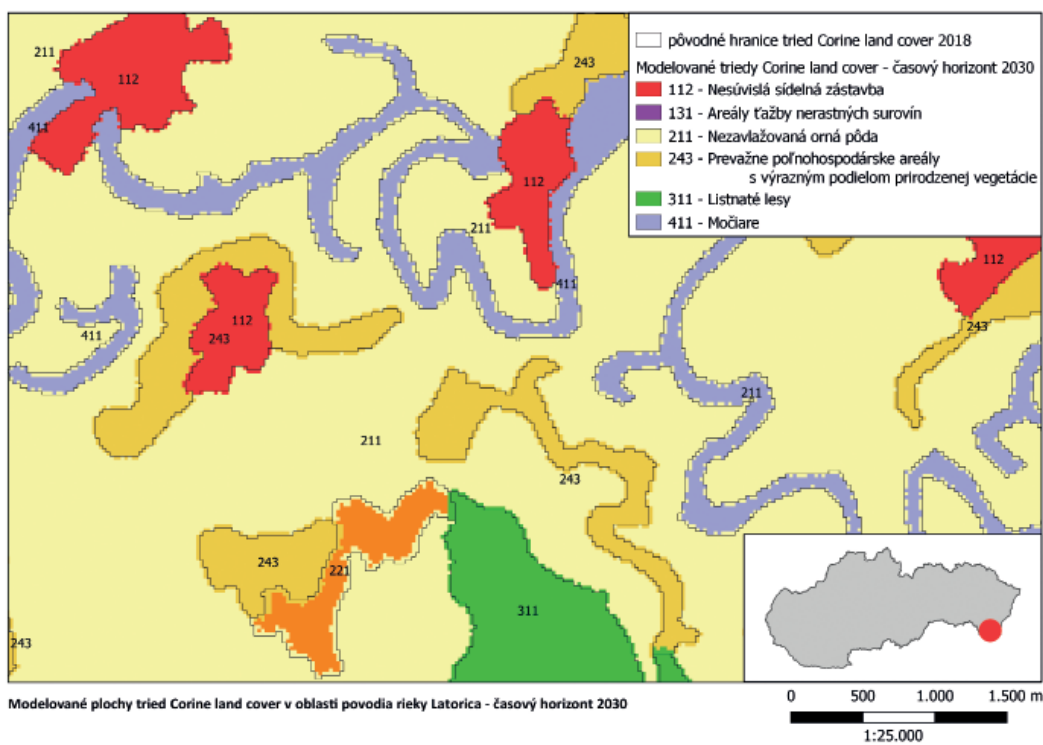
Mokrade v okolí rieky Latorica

Ďalšou kategóriou s veľmi výrazným trendom zmeny výmery sú *mokrade* (411). Ich plošne najväčší výskyt je vo vrstvách CLC zmapovaný v povodí rieky Latorica na juhovýchode Slovenska, kde sú tvorené predovšetkým mŕtvymi ramenami rieky Latorica (obr. 37, 38 a 39). Štatistický trend predpokladá výrazný úbytok plochy mokradí čo je na modelovaných vrstvách dobre viditeľné¹¹.

¹¹ Úbytok mokradí na tejto úrovni sa prejavuje aj v dôsledku nesúrodosti údajov CLC medzi jednotlivými rokmi, aj ako dôsledok ľudskej činnosti a zrejme aj následok zmeny klímy. Presnejšie odlišenie jednotlivých vplyvov (príspevkov) by vyžadovalo podrobnejšie mapovanie.

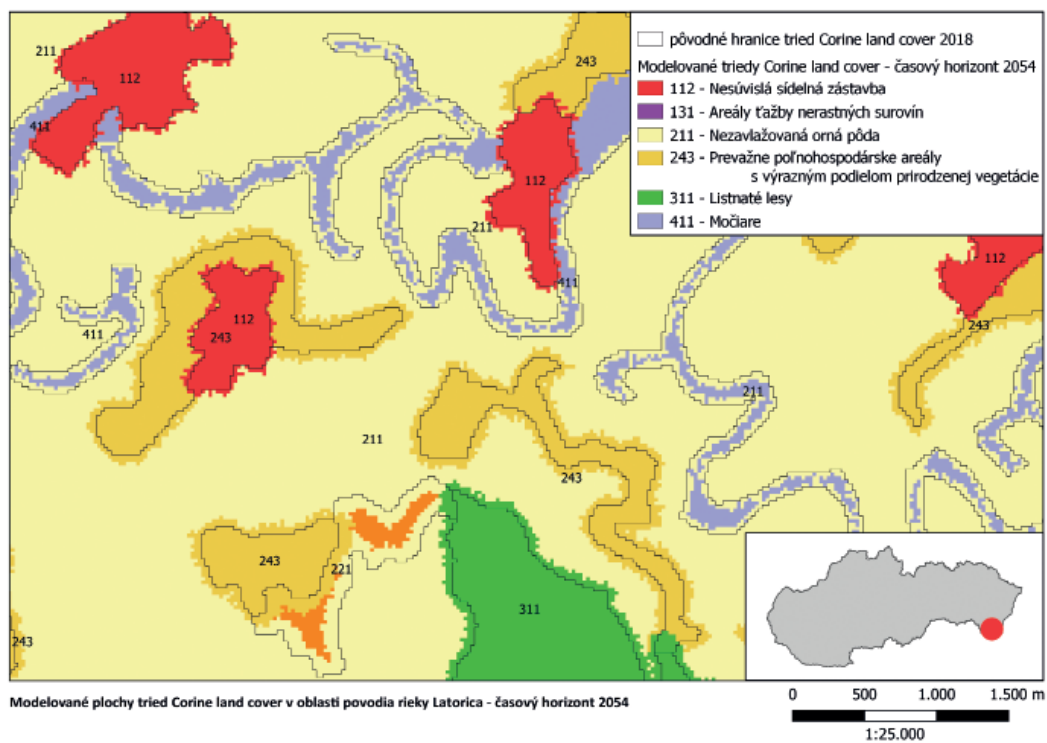


Obr. 37: Vstupná vrstva modelu Corine Land Cover 2018



Obr. 38: Modelovaný časový horizont 2030

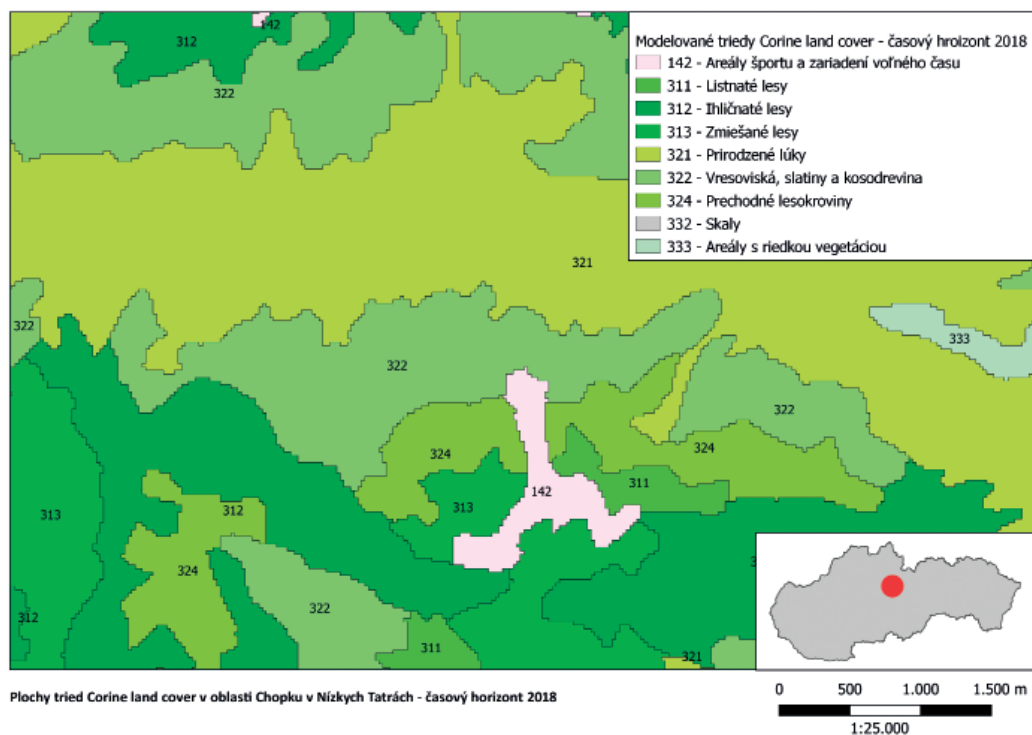
Obr. 39: Modelovaný časový horizont 2054



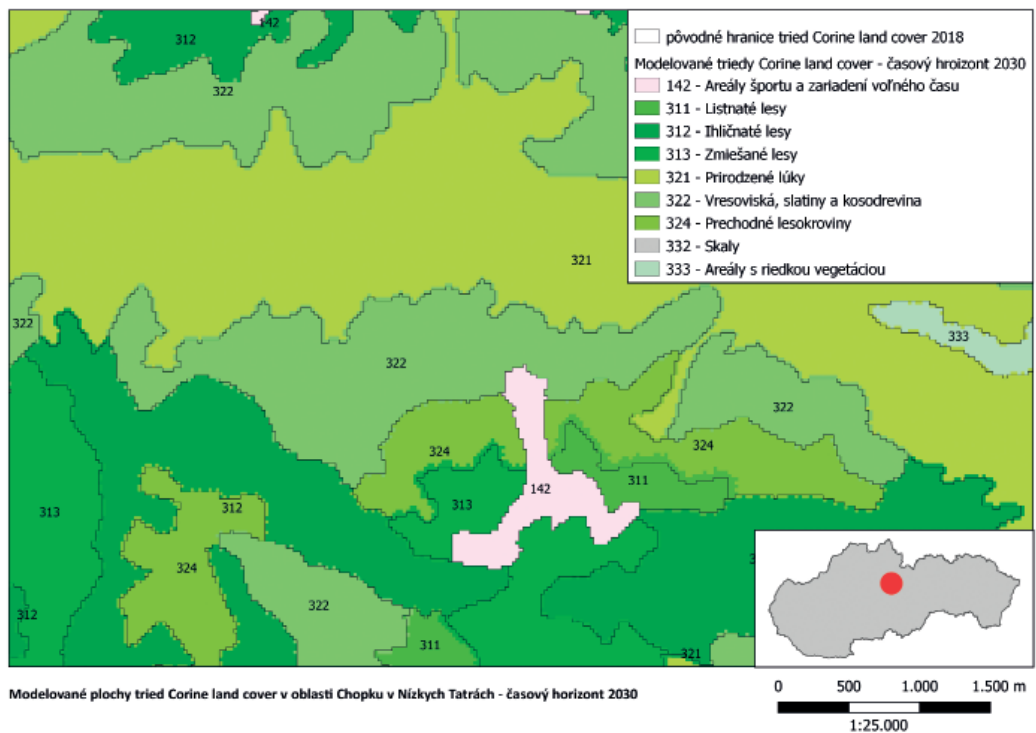
Nízke Tatry – Chopok

Oblasť Nízkych Tatier je horská oblasť, ktorá sa na rozdiel od Tatier nevyznačuje výraznými skalnými štítovými formáciami. Aj najvyššie polohy tohto horstva sú prevažne pokryté prirodzenými lúkami alebo riedkou vegetáciou. *Skalné biotopy* (332) sa vyskytujú v menšej miere na severných úbočiach. Aj v tejto oblasti je výrazný trend zníženia výmery triedy *prírodných lúk* (321) na úkor *kosodreviny* (322) v oblasti hlavného hrebeňa. V tejto oblasti sa prejavil aj trend ústupu *skalných biotopov* (332), ktorá je v tejto oblasti postupne nahradená *prírodnými lúkami* (321). V tomto konkrétnom prípade, sa prejavuje aj slabá stránka modelu využívajúceho ako vstupy predovšetkým číselné údaje štatisticky modelovaných trendov bez ďalších údajov, pretože

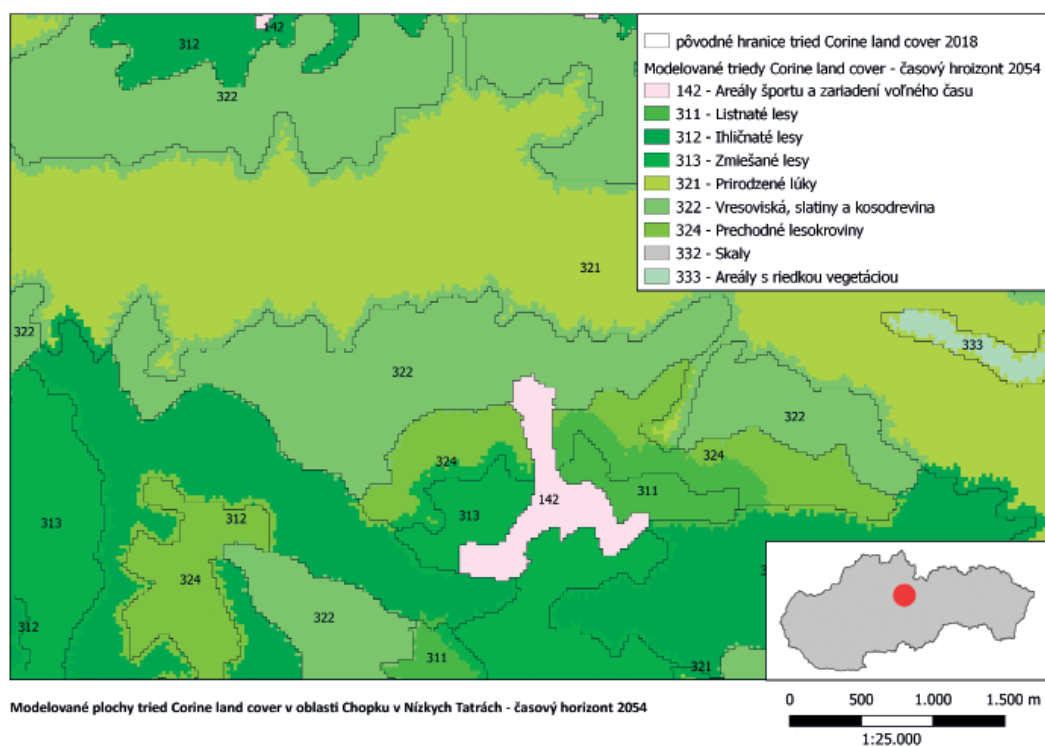
Obr. 40: Vstupná vrstva modelu Corine Land Cover 2018



je nepravdepodobné, aby bol postup prirodzených lúk na skalné územia tak výrazný, nakoľko sa jedná o exponované plochy s veľmi veľkým sklonom. Určitú expanziu trávnych biotopov možno pozorovať najmä na sutinách v ich okrajových oblastiach s nevelkou expozíciou. V oblasti Nízkych Tatier majú výrazné zastúpenie aj lesy. V území sú podľa CLC zastúpené *listnaté lesy* (311), *ihličnaté lesy* (312) a *zmiešané lesy* (313). Listnaté a zmiešané lesy majú stúpajúci trend výmery, ich plochy sa rozširujú. Ihličnaté lesy ustupujú predovšetkým na úkor zmiešaných lesov, ktoré tvoria prirodzený medzistupeň vertikálneho rozloženia lesných porastov medzi listnatými a ihličnatými lesmi. Modelované časové horizonty zobrazujú posuny v rozšírení lesných porastov a ústup plôch ihličnatých lesov na južných svahoch Nízkych Tatier (obr. 40, 41 a 42).



Obr. 41: Modelovaný časový horizont 2030



Obr. 42: Modelovaný časový horizont 2054

4 Záver a diskusia



Publikácia predstavuje nový pohľad do budúcnosti z hľadiska hodnotenia zmien vo využívaní krajiny, pričom využíva 5 historických časových horizontov európskeho programu mapovania krajiny pokrývky Corine Land Cover. Práca nadväzuje na spracovanú publikáciu Scenáre pre prírodu Slovenska do roku 2050 a dopĺňa prevažne kvalitatívne údaje o kvantitatívny a priestorový rozmer.

Prináša viacero výstupov, medzi ktoré patria najmä frekvenčné mapy (heat maps), tabuľkové a štatistické vyhodnotenie zmien krajiny pokrývky a na základe doterajšieho vývoja predikuje vývoj v tejto oblasti do roku 2054.

Frekvenčné mapy (heat maps) ukazujú na trend prechodu *ihličnatých lesov* (312) smerom k *listnatým lesom* (311). Jedným z dôvodov je pravdepodobne zmena klímy, ktorá prináša okrem iných faktorov aj zmeny teplotného režimu a distribúcie zrážok. Najvýraznejšie zmeny sú identifikované v Revúckej vrchovine a Volovských vrchoch, menej výrazné na Borskej nížine, Považskom Inovci, Kysuckej vrchovine, Malej Fatre, Veporských vrchoch, Šarišskej vrchovine a Oravskej vrchovine. Súčasný trendy poukazujú taktiež na ubúdanie trvalých *trávných porastov* (23x). Tieto zmeny sú najvýraznejšie na Kysuciach, Orave, Javorí, Ostrôžkach, Podpoľaní alebo Horehroní. Plošne najviac strát predstavuje zarastanie (sekundárna sukcesia alebo zalesňovanie) alebo naopak, návrat k tradičnému obhospodarovaniu s vytváraním pestrej krajiny mozaiky. *Urbanizovaná zástavba* (11x) rastie najmä v okolí väčších miest s dominantným postavením Bratislavy, ale aj Nitry, Žiliny, Košíc, Prešova a ďalších väčších miest. Pre biodiverzitu mimoriadne významné a nepriaznivé sú zmeny v podtatranskej oblasti (OP TANAPu) a v Nízkych Tatrách v Demänovskej doline a Jasnej, kde zástavba vstupuje priamo do chránených území aj s vyššími stupňami ochrany. Vo všeobecnosti prevažuje úbytok *ornej pôdy* (21x). Súčasný trendy ukazujú na jej najväčší úbytok na Podunajskej nížine, ale aj strednom Považí, Orave a Šariši.

Modely výmer vybraných typov krajiny pokrývky do rokov 2030 a 2054 ukazujú nasledovné:

- *Urbanizovaná (sídelná) zástavba* (11) sa pravdepodobne bude ďalej zvyšovať do roku 2030 o 9 182,06 ha (0,19 %) a do roku 2054 o 27 262,06 ha (0,56 %) oproti referenčnému roku 2018.
- *Orná pôda* (21x) do roku 2030 bude naďalej klesať o 1,12 % a do roku 2054 o 3,07 % oproti roku 2018.
- *Trvalé trávne porasty* (23x) do roku 2030 pravdepodobne poklesnú o 0,37 % a do roku 2054 o 1,08 % výmery oproti referenčnému roku.
- Pri *lesoch* celkovo (31x) je pravdepodobný nárast ich výmery do roku 2030 o 0,99 % a do roku 2054 o 2,88 % oproti referenčnému roku 2018, publikácia však nehodnotí kvalitu prírastku. Iná je situácia v kategóriách 311 – *listnaté lesy*, 312 – *ihličnaté lesy* a 313 – *zmiešané lesy*. Územia s ihličnatými lesmi sa presúvajú k listnatým a zmiešaným lesom. Do roku 2030 je predpokladaný nárast kategórie 311 o ďalších 34 884,72 ha (0,71 %) a do roku 2054 o 92 274,07 ha (1,88 %) oproti referenčnému roku. V kategórii 312 sa predpokladá pokles do roku 2030 o 25 378,52 ha (0,52 %) a do roku 2050 o 75 754,79 ha (1,55 %) oproti referenčnému roku. Predpokladá sa nárast aj pri zmiešaných lesoch. Do roku 2030 je predpoklad nárastu o 62 090,71 ha (1,27 %) a do roku 2054 o 159 833,24 ha (3,26 %) oproti referenčnému roku.
- Pri *mokradiach* (41x) sa predpokladá klesajúci trend a znižovanie výmery do roku 2030 o ďalších 405,03 ha a do roku 2054 o 1 170,59 ha oproti referenčnému roku.

Hodnotenie typov zmien krajiny do rokov 2030/2054 prebiehalo v dvoch rovinách. Štatistické vyhodnotenie plochy jednotlivých kategórií CLC a generovanie trendov budúceho vývoja plochy jednotlivých typov krajiny pokrývky v 6-ročných intervaloch do roku 2054. Takto vygenerované trendy zobrazujú pravdepodobný vývoj plochy jednotlivých tried v tabuľkovej a grafickej forme do roku 2054. Bližšie analýzy ihličnatých lesov potvrdzujú trend ubúdania plochy ihličnatých lesov na Slovensku. Porovnaním percentuálneho vyjadrenia zmien možno zistiť informácie o procesoch, ktoré ovplyvňujú triedu. Najväčšiu početnosť má cyklický proces zmien kategórií 324 – *prechodné lesokroviny* => 312 *ihličnatý les* => 324 *prechodné lesokroviny*, ktorý pravdepodobne súvisí so zalesňovaním a ťažbou dreva (plánovanou aj náhodnou). Rovnako možno zistiť ďalšie súvislosti ako napr. 313 *zmiešaný les* => 312 *ihličnatý les* => 313 *zmiešaný les*, čo môže mať predovšetkým prepojenie so subjektívnym hodnotením pri mapovaní CLC v jednotlivých časových horizontoch, ďalej 324 *prechodné lesokroviny* => 312 *ihličnatý les* => 313 *zmiešaný les* ako

ukážka sukcesie územia s prechodom na ihličnatý les a postupnou následnou zmenou na zmiešaný les. Názorne sú spracované ukážky zmien krajinej pokrývky s úzkou väzbou na biodiverzitu na regionálnej a lokálnej úrovni – územie Vysokých Tatier (vrátane 3D vizualizácie Bielovodskej doliny), Latorica a Nízke Tatry – Chopok.

Výstupné priestorové vrstvy modelovaných časových horizontov sú extrapoláciami založenými na vrstve aktuálneho časového horizontu CLC, štatistickej analýze vývoja typov krajinej pokrývky a použitom modeli. Aj keď bol použitý model špecificky postavený na analýze vstupných údajov, nemožno zachytiť všetky procesy zmien v krajine a realisticky ich všetky namodelovať. Použitý model sa sústredil predovšetkým na modelovanie dlhodobých prírodných procesov zmien v krajine na území celého Slovenska. Použitie tohto modelu pre iné územie napr. územie konkrétneho kraja alebo okresu by si vyžadovalo podrobnú analýzu zmien jednotlivých kategórií CLC v konkrétnom území a využitie získaných informácií pri modelovaní výstupu. Procesy zmien sa výrazne líšia v urbanizovanej, poloprírodnej vidieckej a prírodnej krajine. Analýzou a využitím údajov za územie celého Slovenska boli potlačené špecifiká jednotlivých typov krajiny a regiónov Slovenska ich “spriemerovaním”, to spôsobilo zjemnenie výrazných regionálnych trendov, ale súčasne umožnilo modelovať prírodné procesy na rozsiahlom území. Zjemňovanie trendov je výrazné predovšetkým v oblastiach so známymi a silnými iniciátormi zmien v krajine, ako napr. zmeny krajiny v okolí veľkých sídel (ako sú Bratislava a Košice) a ich satelitných oblastí. V týchto oblastiach sú hlavnými činiteľmi zmien v krajine zvyšovanie hustoty obyvateľstva, jeho pravidelné presuny a s tým spojený nárast urbanizácie a zaberanie poľnohospodárskej pôdy na stavebné účely. Tento trend je vidieť aj v analýze štatistických trendov časových horizontov rokov 1990 – 2018. Použitý model využíva štatistické informácie pripravené za celé územie Slovenska a preto je napr. v oblasti Bratislavy modelovaný rozvoj *nesúvislej sídelnej zástavby* (112) menej výrazný a v okolí mesta je na modelovaných vrstvách možné pozorovať rozširovanie triedy *listnatých lesov* (311), ktorých výmera rastie v rámci celého Slovenska. V skutočnosti, je však podobný rozvoj tejto kategórie v blízkosti veľkej mestskej aglomerácie ako je Bratislava veľmi nepravdepodobný. Tento problém možno odstrániť len modelovaním menších priestorových jednotiek, napr. okresov a s tým spojenou štatistickou analýzou zmien a trendov, ako aj špecifickým návrhom poradia modelovania jednotlivých kategórií CLC, ktoré lepšie odzrkadľujú trendy danej oblasti. Ďalším limitom použitého prístupu je rozlíšenie CLC (25 ha na polygón), ktoré neumožňuje vernejšie interpretovať plošne menšie triedy. Len okrajovo možno hodnotiť *vinice* (221), *ovocné sady* (222) a najmä *mokrade* (411), *skalné biotopy* (332) alebo *prechodné lesokroviny* (324). Mokrade majú podľa tabuľky štatistických trendov výrazne klesajúci trend spôsobený pravdepodobne nadhodnotením plochy pri interpretácii tejto kategórie v časovom horizonte CLC 1990. Následná korekcia výmery v neskorších časových horizontoch spôsobila dojem výrazne klesajúceho trendu tejto kategórie pri výpočte štatistických trendov pre budúce obdobie. Pri *skalných biotopoch* (332) sa prejavuje slabšia stránka modelu využívajúceho ako vstupy predovšetkým číselné údaje štatisticky modelovaných trendov bez ďalších doplnkových údajov. Je nepravdepodobný tak výrazný postup prirodzených lúk na úkor skalných biotopov, ako naznačuje model, nakoľko sa jedná o exponované plochy s veľmi veľkým sklonom. Určitú expanziu trávnych biotopov možno pozorovať najmä na sutinách v ich okrajových oblastiach s nevelkou expozíciou. Špecifickou kategóriou je trieda *prechodných lesokrovín* (324). Tvorí dôležitý medzistupeň pri zmenách lesných, ale aj nelesných typov krajiny. Jej modelovanie je v použitej metodike zredukované na postupné rozširovanie alebo ubúdanie plochy na jej hraniciach. V prípade rozširovania sa jedná predovšetkým o jej rozširovanie na úkor trvalých trávnych porastov, v prípade jej ubúdania o postupnú zmenu na lesné porasty na územiach, kde hraničí s lesnými biotopmi. V reálnej krajine sú zmeny oveľa dynamickejšie a neprebiehajú len na hraniciach, ale na celej ploche. V priebehu 12 – 18 rokov (2 alebo 3 šesťročné intervaly modelovania štatistických zmien) by sa všetky existujúce výmery prechodných lesokrovín zmenili na mladé lesné porasty. Vznik nových plôch je spôsobený predovšetkým ľudskou činnosťou alebo extrémnymi prírodnými podmienkami a ich vznik a výskyt je náročné predpokladať.

Nemenej dôležitým výstupom publikácie je **spracovanie metodických postupov** na modelovanie budúcnosti v kontexte biodiverzity. Pri hodnotení typov zmien krajiny do budúcnosti tento prístup extrapoluje výstupy na základe priestorového rozloženia typov krajinej pokrývky CLC a modelovaných štatistických trendov na území celej Slovenskej republiky. Ide o jednoduchý metodický postup, ktorý má viacero limitujúcich faktorov. Už modelovanie územia Slovenska ako celku pôsobí ako jeden z limitujúcich faktorov modelovania a metodického postupu. Aplikovanie štatistických trendov vývoja jednotlivých na územie Slovenska spôsobuje homogenitu pri rozložení zmien, pričom zmeny typov krajinej pokrývky majú v niektorých prípadoch výrazné regionálne charakteristiky. Napríklad zmeny vo výmere *ornej pôdy* sa regionálne líšia v okolí Bratislavy, poľnohospodárskej krajine juhozápadného Slovenska alebo podhorskej krajine Liptova. Zmeny v týchto troch oblastiach sú výrazne ovplyvňované faktormi ako napr. rozširovanie zástavby, zmeny hospodárenia na poľnohospodárskej pôde alebo zarastanie (sukcesia). Zníženie homogenity

a prínos regionálneho charakteru zmien by bolo možné dosiahnuť aplikovaním použitej metodiky na vhodné menšie priestorové celky v rámci Slovenska, ako sú napr. okresy alebo orografické celky, s následným mozaikovým zložením jednotlivých čiastkových území do celku. Takýto spôsob spracovania však vyžaduje výpočet štatistických trendov vývoja pre všetky čiastkové územia.

Práca predstavuje priekopnícke dielo modelovania budúcich zmien krajiny s dôrazom na prírodu a biodiverzitu. Prináša viaceré nové poznatky a identifikuje pravdepodobné zmeny krajinej pokrývky, ktoré budú mať vplyv na biodiverzitu. Použité metodické postupy možno v budúcnosti zlepšiť využitím ďalších vstupných vrstiev (napr. vrstva sklonu reliéfu, ktorý tvorí výrazný limitujúci faktor pre zmeny v krajine). Zaujímavé by bolo aj využitie umelej inteligencie pre priame modelovanie zmien v krajine. Takéto modelovanie by umožňovalo modelovať aj typy krajinej pokrývky, ktoré nemožno modelovať použitým metodickým postupom. Ďalšími možnosťami je zameriavať sa len na vybrané kategórie a modelovať ešte presnejšie tie zmeny, do ktorých výrazne vstupujú aj ďalšie hnacie sily (napr. zmena klímy má vplyv na postupnú premenu ihličnatých lesov na zmiešané či listnaté) alebo tieto zmeny modelovať na nižších úrovniach (regionálna, lokálna). Inou veľkou oblasťou zostáva modelovanie alternatívneho vývoja (scenárov), ktoré zohľadňujú zmenu smerovania spoločnosti a jej vplyvu na biodiverzitu, krajinu a životné prostredie.



Zoznam bibliografických odkazov

Bleha, B., Šprocha, B. & Vaňo, B., 2013a. Prognóza vývoja obyvateľstva v okresoch SR do roku 2035. Bratislava: Prognostický ústav SAV, 97 pp., ISBN 978-80-89019-25-0.

Bleha, B., Šprocha, B. & Vaňo, B., 2013b. Prognóza populačného vývoja Slovenskej republiky do roku 2060. Bratislava: INFOSTAT, 81 pp., ISBN 978-80-89398-23-2.

Feranec, J., Oľahel, J., Kopecká, M., Nováček, J. & Pazúr, R., 2018. Krajinná pokrývka Slovenska a jej zmeny v období 1990-2012. Rec. F. Petrovič, J. Kolář. Bratislava : Veda, 160 pp., ISBN 978-80-224-1648-1. APVV-15-0136 : PEDO-CITY-KLIMA. Vplyv nepriepustného pokrytia pôdy na klímu miest v kontexte klimatickej zmeny. Vega č. 2/0096/16 : Zmeny vo využívaní poľnohospodárskej krajiny: hodnotenie dynamiky a príčin pomocou údajov o krajinskej pokrývke a vybraných environmentálnych vlastností).

MŽP SR & SHMÚ, 2017. 7th National Communication of the Slovak Republic on Climate Change. MŽP SR, SHMÚ, Bratislava. 228 pp. Dostupné na: https://www.minzp.sk/files/oblasti/politika-zmeny-klimy/7nc_svk.pdf

Považan, R., Filčák, R. (eds.), Chrenko, M., Mederly, P., Špulerová, J., Ivanegová, B., Kadlečík, J., Kapusta, P., Gusejnov, S., Švajda, J., Šťastný, P., Viestová, E. & Černecký, J., 2020. Scenáre pre prírodu Slovenska. Príroda a biodiverzita Slovenska do roku 2050: Alternatívne scenáre a implikácie pre verejnú politiku. Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenská agentúra životného prostredia, 114 pp., ISBN: 978-80-8213-012-9.

SHMÚ, 2010. Prejavy klimatickej zmeny na Slovensku. Dostupné na: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1379>

Thurm, E., Hernández, L., Baltensweiler, A., Rasztovits, E., Bielak, K., Zlatanov, T., Hladnik, D., Balic, B., Freudenschuss, A., Büchsenmeister, R., & Falk, W., 2018. Alternative tree species under climate warming in managed European forests. *For. Ecol. Manag.* 430, 485-497. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112718307266>





ISBN: 978-80-8213-059-4