

Proměny krajiny z nadhledu

Informace o změně a vývoji krajiny mohou být získávány různými způsoby a metodami. Tradičně sběr dat probíhá v terénu přímým pozorováním, měřeními, shromažďováním vzorků, mapováním apod. Cenné informace o změnách krajiny poskytuje již po několik desetiletí ale též tzv. vzdálené pozorování, dálkový průzkum Země (DPZ), který probíhá bez přímého fyzického kontaktu s krajinou. Toto pozorování může být realizováno z nadhledu několika desítek či stovek metrů nebo i ze vzdáleného vesmíru. V tomto článku uvádíme příklady studií zaměřených na hodnocení změn krajiny, které by se neobešly bez využití technologií a dat dálkového průzkumu Země.

Dlouhodobé proměny krajinné mozaiky a využívání krajiny

Dá se říci, že historie vzdáleného pozorování se začala odvíjet v podstatě už s objevem fotografie v roce 1839. Za první milník dálkového průzkumu Země lze považovat rozvoj leteckého snímkování a jeho využití pro civilní účely v období 20.–30. let 20. století (plošné letecké snímkování, využití snímků v lesnictví a zemědělství). Archivní letecké snímky jsou dnes velice cenným zdrojem pro sledování historického stavu krajiny a jejího dlouhodobého vývoje. Zásadní dlouhodobé změny české kulturní krajiny jsou patrné v zemědělských oblastech. První snímky ze 30. let 20. století zachycují jemnou krajinnou mozaiku s drobnými pásovitými poličky. Tato mozaika odpovídala tradiční historicky vyvinuté pozemkové držbě – soukromému zemědělství, kdy na půdě hospodařili výhradně vlastníci. Významná změna krajinné mikrostruktury z jemné mozaiky na hrubozrnou krajinu velkých lánů je patrná ve snímcích po kolektivizaci, která probíhala od konce 50. let 20. století do počátku 70. let 20. století (obr. 1). Letecké snímky zachycují ale i množství dalších změn krajiny, jako jsou důsledky těžební činnosti, (sub)urbanizace, změny říčních toků i zatopení území velkými vodními nádržemi, opouštění a zarůstání půdy (např. v důsledku změny vlastnických vztahů, vzniku vojenských újezdů, extenzifikace zemědělského hospodaření) nebo změny v chráněných územích – třeba rozrůstání kosodřeviny na úkor travních porostů po skončení hospodaření v současné bezzásahové zóně Krkonošského národního parku (Potůčková a kol., 2021). Ukázky všech těchto změn na leteckých snímcích není možné prezentovat v rámci tohoto

článku, ale je možné je najít na příkladu mnoha území na webových stránkách projektu MK ČR (NAKI II) *Dědictví zmizelých krajin: identifikace, rekonstrukce, zpřístupnění* (www.zaniklekrajiny.cz/atlas) nebo v publikacích, které jsou výstupem tohoto projektu (Kupková a kol., 2019).

Pozvolné změny biodiverzity cenných přírodních území

Letecké snímkování nedokáže vždy poskytnout data s dostatečným prostorovým a časovým rozlišením. Hodnocení některých změn krajiny vyžaduje pořizování dat několikrát za sezonu ve velkém prostorovém detailu, kdy je velikost pixelu (nejmenšího obrazového prvku) v řádu jednotek centimetrů. K perspektivním technologiím monitoringu v tomto případě patří drony. Drony mohou nést různé typy snímacích zařízení (multi-spektrální, hyperspektrální či termální kamery, ale i třeba LiDAR). Jejich velkou výhodou je operativnost pořizování dat (možnost snímat mnohokrát za sezonu, prakticky kdykoliv za vhodného počasí) s velmi vysokým prostorovým rozlišením i množstvím pořizovaných spektrálních pásem, z nichž je následně možné získat informaci nejen kvalitativní (o tom, co se na zemském povrchu nachází), ale i kvantitativní (například obsah chlorofylu či vody v listoví indikující zdravotní stav vegetace).

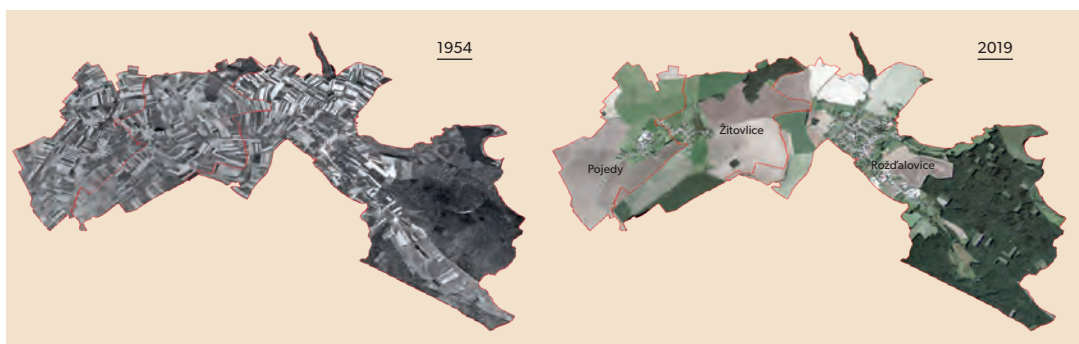
Příkladem, kdy jsou drony s výhodou využívány k hodnocení změn biodiverzity krajiny, je studie probíhající v Krkonošském národním parku zaměřená na vývoj metod monitoringu vegetace s využitím DPZ. Výzkumný tým TILSPEC (www.tilspec.cz) z katedry aplikované geoinformatiky a kartografie PřF UK ve spolupráci se Správou KRNAP již 4 roky pořizuje pro krkonošskou

Lucie Kupková
Lucie Červená
Jakub Lysák
Markéta Potůčková
 Univerzita Karlova,
 Přírodovědecká fakulta,
 katedra aplikované geo-
 informatiky a kartografie;
 lucie.kupkova
 @natur.cuni.cz

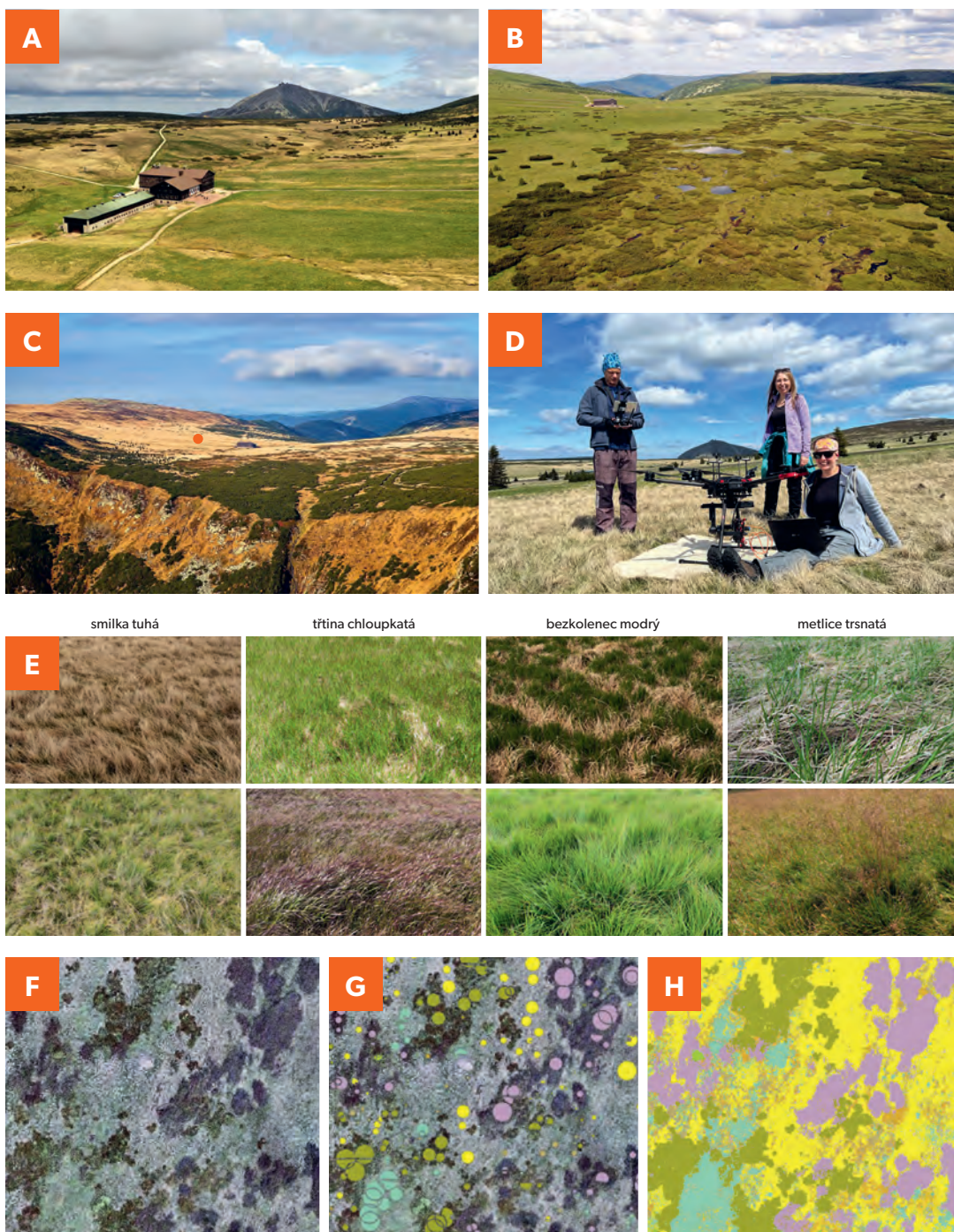
Abstract

Changes of landscape from above. The paper provides examples of studies using remote sensing data from different platforms (satellite, aeroplane and drone) for landscape change analysis. Long-term changes in the landscape mosaic in the Polabí region are analysed using archival and contemporary aerial data. The high operability and very high spatial resolution of the drone data allow monitoring of changes in vegetation species diversity in the Krkonoše Mts. tundra. Combination of satellite data with extensive spatial coverage with spatially detailed data from drones allow for real-time monitoring of fire in České Švýcarsko national park.

Obr. 1 Dlouhodobé proměny krajinné struktury v Polabí – katastry Rožďalovice, Žitovlice, Pojedy. Jemnou mozaikou úzkých pásovitých políček nahradily otevřené velké polní lány. Zdroj: Letecké měřické snímky VGHMÚř Dobruška, © MO ČR, 2019; Ortofoto 2019 © Český úřad zeměměřický a katastrální, www.cuzk.cz.



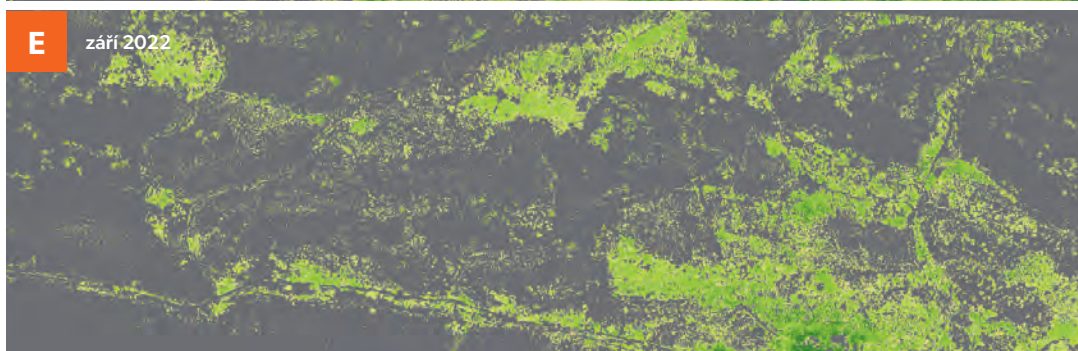
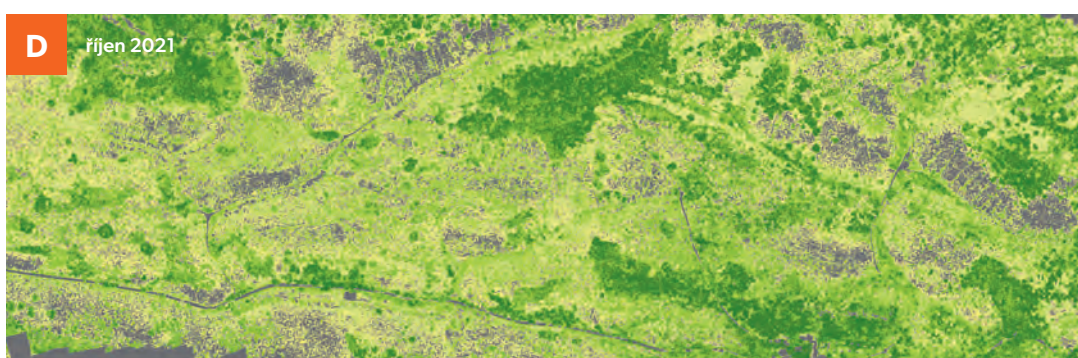
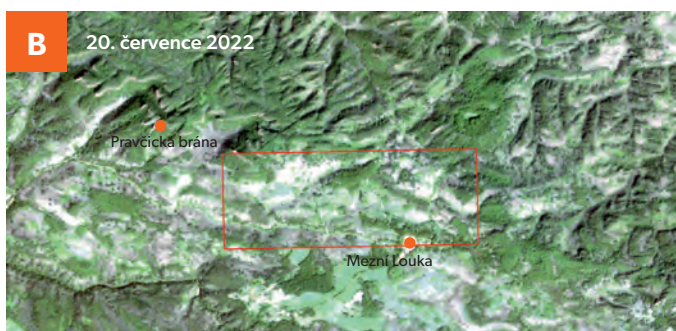
Obr. 2 Výzkum změny biodiverzity vegetace v Krkonošském národním parku s využitím dronů. A, B – okolí Luční boudy, kde členové týmu PiF UK TILSPEC (D) provádějí monitoring a výzkum změn v rozšíření různých typů vegetace. Pro trvalou plochu na Bílé louce (oranžová tečka na obrázku C) byla pořízena multispektrální a hyperspektrální (F) optická a LiDARová data. Zároveň bylo botaniky zjištěno rozšíření vegetace v terénu – představuje tzv. trénovací a validační data (polygony na obrázku G). Sledovány jsou zejména čtyři travní druhy (E). Cílem je ověřit hypotézu, že ubývá smilka tuhá, rozšiřují se ostatní druhy travin a snižuje se biodiverzita. Obrazová data z dronu je vhodné pořizovat vícekrát za sezonu, protože fenologické změny vegetace (E) v průběhu času zvyšují přesnost klasifikace snímků. Klasifikace je automatický proces, který rozřídí vegetaci do kategorií na základě zmíněných trénovacích dat z terénu (klasifikační výstup je na obrázku H). DPZ tak umožní efektivní monitoring změn vegetace v krkonošské tundře do budoucna. Zdroje obrázků: autoři, Martin Lukeš (C).



- smilka tuhá
- třtina chloupkatá
- bezkolnec modrý
- metlice trsnatá
- metlička křivoloká
- ostřice Bigelowa
- smrk ztepilý



Obr. 3 Monitoring následků požáru v národním parku České Švýcarsko. (A) Snímek z dronu (září 2022) dokumentuje následky požáru, zejména poškození lesních porostů v území katastru Mezná u Hřenska a v jeho okolí. Rozsah požáru naznačují snímky z družicového systému PlanetScope: B – před požárem 20. července 2022; C – po požáru 3. srpna 2022. Požár, který se v této oblasti rozšířil zejména mezi 25. a 28. červencem 2022, pohltit značnou část vegetace. Červený rámeček na snímcích B a C označuje území, kde byla pořízena detailní data dronem využitá k hodnocení změny vegetace (viz obrázky D a E).



Změnu vegetace lze dobře vizualizovat s využitím tzv. vegetačního indexu NDVI (normalizovaný diferenční vegetační index), který využívá ke zvýraznění vegetace vlastnosti odrazivosti v červené (R) a infračervené (NIR) části spektra. Zdravá vegetace má zvýšenou odrazivost v blízkém infračerveném pásmu a nižší v červeném pásmu. Hodnoty NDVI se pohybují od -1 do 1, přičemž nižší hodnoty jsou charakteristické pro území bez vegetace (šedá barva), hodnoty blízké 1 značí hustou zdravou vegetaci (tmavá zelená). Zdroje obrázků: Planet.com (B, C), ostatní snímky autoři.

Tab. 1 Srovnání parametrů snímání a vlastností dat pořízených z družice, letadla a dronu

Platforma	Výška nad zemí	Rozloha snímaného území	Prostorové rozlišení	Cena dat	Hlavní výhody	Hlavní nevýhody a problémy
družice	stovky km	až do globální/kontinentální úrovně	metry až stovky metrů	některá volně dostupná × komerční drahá	pravidelné snímání, systematické průběžné mapování v období mnoha let, globální pokrytí, stabilní platforma	nákladný vývoj a start, nízké prostorové rozlišení, oblačnost
letadlo	stovky metrů až několik km	regionální úroveň (stovky km ²)	centimetry až metry	relativně drahá	relativně flexibilní, poměrně velké území s vysokým prostorovým rozlišením, různé senzory najednou	nákladné, oblačnost, nutné plánování a povolení letu, nestabilní platforma
dron	desítky až stovky metrů	lokální až regionální úroveň (až stovky hektarů)	jednotky až desítky centimetrů	relativně levná	flexibilní, kompaktní, velmi vysoké prostorové rozlišení, využití různých senzorů, relativně levné	krátká výdrž baterií, oblačnost a vítr, nutné plánování a povolení letu, nestabilní platforma



Obr. 4 Některé z dronů, pomocí nichž byla pořízena data pro analýzy prezentované v tomto článku – nahore DJI Phantom 4 Multispectral, dole dron s vertikálním startem a přistáním Atmos Marlyn s kamerou MicaSense Altum. Foto: autoři.

tundru v okolí Luční boudy 4× za sezonu optická data z dronu s velikostí pixelu 3 cm pro vybrané trvalé plochy o velikosti 100×100 m s různými typy vegetace. Cílem monitoringu je zjistit, zda dochází v krkonošské tundře ke změnám biodiverzity. Sledováno je zejména rozrůstání některých expanzivních travních druhů (obr. 2), které mohou být příčinou snižování biodiverzity, rozrůstání kosodřeviny, vřesu a brusnicové vegetace. Monitorovány jsou také změny v cenných krkonošských rašeliništích či změny v posunu horní hranice lesa, které mohou být důsledkem globální změny klimatu (Kupková a kol., 2021).

Rychlé změny krajiny v důsledku přírodních živlů

Drony mohou být velmi užitečnou operativní technologií i v případě sledování průběhu a následků působení přírodních živlů, jako jsou povodně, větrné kalamity či požáry. To se velice dobře ukázalo například v případě letošního lesního požáru v národním parku České Švýcarsko. Drony zde jednak významně pomáhaly s lokalizací ohnisek požáru pomocí termokamer, a to i v nepřístupných oblastech, čímž přispěly k efektivnějšímu zvládnutí tohoto přírodního živlu. Pomocí dronů je možno sledovat též stav vegetace v národním parku po požáru a její následnou obnovu. Požářem byla postižena i osada Mezní Louka, kde tým TILSPEC ve spolupráci se Správou národního parku České Švýcarsko pořídil data z dronu shodou okolností rok před požářem. Území jsme nasnímali také po požáru v letošním září. Srovnáním snímků z let 2021 a 2022 je možné detailně vyhodnotit míru poškození vegetace (obr. 3).

Srovnání stavu území před požářem a po požáru v menším prostorovém detailu umožňují též družicová data. Vhodná jsou pro tuto analýzu

zejména data ze systému družic Dove společnosti Planet (www.planet.com). Tyto družice pořízují data pro území celé zemské pevniny každý den. Časovou řadu dat a možnost každodenního pozorování narušuje často oblačnost, která v případě optických dat zakrývá neproniknutelně zemský povrch. Reálně tak nejsou bezoblačná data v našich klimatických podmínkách k dispozici každý den, ale většinou jen pro jednotky dnů v rámci každého měsíce. Stav širšího území v datech PlanetScope s velikostí pixelu 3 m před požářem a po požáru zachycuje obr. 3.

Z uvedených příkladů je patrné, že každý zdroj dat DPZ – data z dronů, letecká a družicová data – má své výhody a nevýhody (tab. 1). Data pro konkrétní úlohu je tedy nutné volit dle jejich vlastností. Dobrou zprávou je, že využívání dat DPZ při hodnocení změn krajiny nabývá na významu a tato data (zejména volně dostupná družicová data z družic Landsat a Sentinel) se stávají běžným podkladem pro dlouhodobé sledování změn krajiny i pro monitoring v reálném čase využitelný v případě nebezpečných živelných událostí.

Literatura a zdroje dat

- KUPKOVÁ, L., BIČÍK, I., CHROMÝ, P. (2019): Land use/cover changes in selected regions in the world. Volume XIV, IGU Commission on LUCC, Univerzita Karlova, Praha.
- KUPKOVÁ, L., ČERVENÁ, L., POTŮČKOVÁ, M., LYSÁK, J., ŠAŠKOVÁ, M., ŠROLLERŮ, A., KLINEROVÁ, T., BOBEK, P., MÜLLEROVÁ, J. (2021): Vegetation of the tundra in the Krkonoše Mts. – Past, present and future. Annual Report 2021.
- POTŮČKOVÁ, M., KUPKOVÁ, L., ČERVENÁ, L. a kol. (2021): Towards resolving conservation issues through historical aerial imagery: Vegetation cover changes in the Central European tundra. Biodiversity and Conservation, 30(12), 3433–3455.

Poděkování

Příspěvek vznikl jako výstup projektu DG18P02OVV008 „Dědictví zaniklých krajin: identifikace, rekonstrukce a zpřístupnění“ (www.zaniklekrasiny.cz), který je podpořen v rámci Programu na podporu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity Ministerstva kultury (NAKI II).



Obloha

Barvy nebe

Pestrý svět ledových krystalů v atmosféře

Najdeme v Česku tmavou oblohu?

2

Tento soubor (článek) je vlastnictvím časopisu Geografické rozhledy a podléhá právní ochraně. ■ Vydavatel i nakladatel časopisu si vyhrazují právo článek zveřejňovat na webových stránkách a sociálních sítích časopisu za účelem propagace časopisu. ■ Dílo není určeno ke komerčnímu využití. Smí se šířit, pokud jsou korektně uvedeny údaje o autorovi, článku a jako zdroj citován časopis Geografické rozhledy.