

Archeologické dědictví české krajiny

Identifikace a dokumentace pomocí leteckého laserového skenování

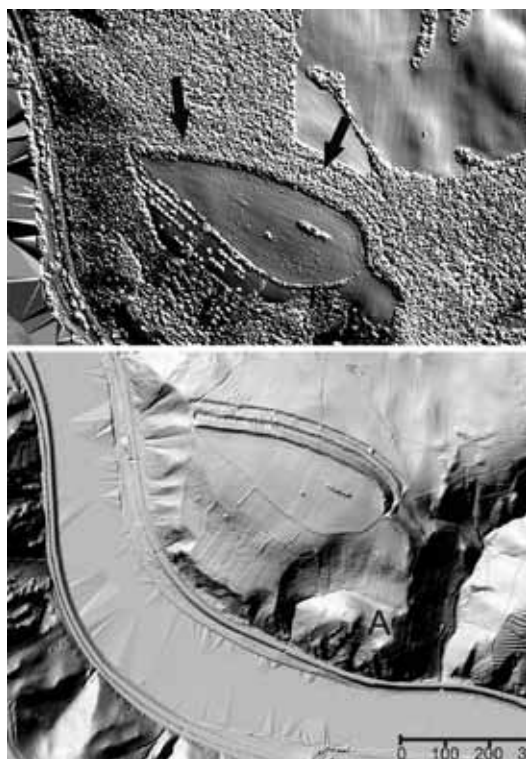
MARTIN GOJDA

Sedm let uplynulo od doby, kdy na stránkách Vesmíru vyšla informativní studie o kvalitativně nových možnostech, které pro potřeby průzkumu, dokumentace a mapování archeologického dědictví nabízejí nejmodernější technologie (Vesmír 85, 614, 2006/10). Jejich prostřednictvím se zásadním způsobem zvyšuje rychlost a kvalita vyhledávání a výškopisného (trojrozměrného) mapování zemského povrchu, na němž jsou zachovány relikty pravěkých a historických aktivit našich předchůdců. V textu oné studie jsem vyjádřil přesvědčení, že se tato metoda či data, která jsou jejím produktem, dostanou urychleně do popředí zájmu české archeologie. Naznačil jsem rovněž, že reálnému využití lidarových dat v archeologii bude s velkou pravděpodobností ještě po nějaký čas stát v cestě překážka v podobě vysokých finančních nároků na jejich pořízení. V této souvislosti je potěšitelné, že přesně tři roky poté, co článek vyšel, získala naše archeologie poprvé možnost realizovat projekt založený na leteckém lidarovém skenování.¹ Zatímco tehdy v článku zveřejněné ilustrace byly přejaty ze zahraničních zdrojů, nyní již můžeme prezentovat obrazové výstupy pořízené výlučně nad naším územím.

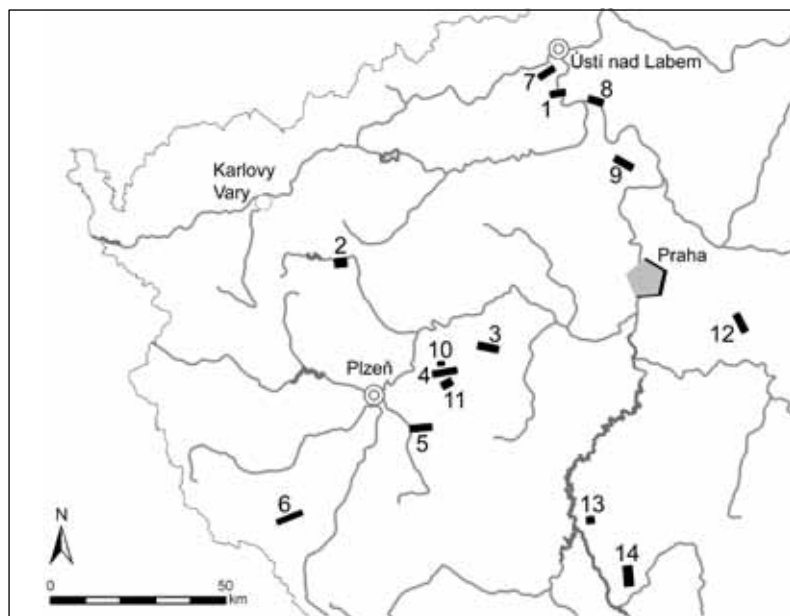
1. Rozmístění jednotlivých krajinných transektů (polygonů) dokumentovaných v letech 2010 a 2011 leteckým laserovým skenováním.

Letecký lidar

Letecký lidar je – v užším slova smyslu – složitý přístroj sloužící k přesnému trojrozměr-



2. Hrádek u Libochovan (okres Litoměřice). Tato dvojice obrázků znázorňuje výškopisný model povrchu země, odvozený z leteckých lidarových dat pořízených nad ohybem Labe v oblasti tzv. České brány (Porta Bohemica); názorně dokládá naprosto zásadní význam dálkového laserového snímkování pro potřeby trojrozměrné dokumentace plošně rozsáhlých archeologických památek. Na obrázcích je pravěké až raně středověké hradiště ohrazené jednou z nejmohutnějších fortifikačních soustav u nás (dvojitý val a příkop). Dnes je situováno do zalesněného prostředí, přesto jej dálkové laserové snímkování zřetelně odhaluje a dokumentuje. Na horním obrázku je digitální model zemského povrchu včetně vegetace. Šípky ukazují na průběh opevnění, které je dokonale vidět na spodním obrázku (na digitálním modelu reliéfu bez vegetace). Digitální model reliéfu (DMR) © katedra archeologie Západočeské univerzity v Plzni.



nému mapování neomezeně velkých ploch zemského povrchu prostřednictvím laserového skenování. Lidar vysokou rychlostí emituje laserové paprsky, které se po dopadu na povrch země (resp. na vegetaci, budovy a povrch terénu) odrazí zpět do citlivého

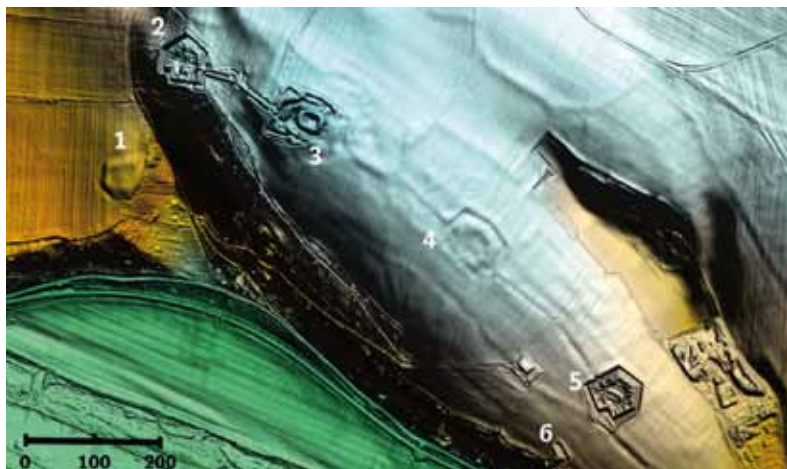
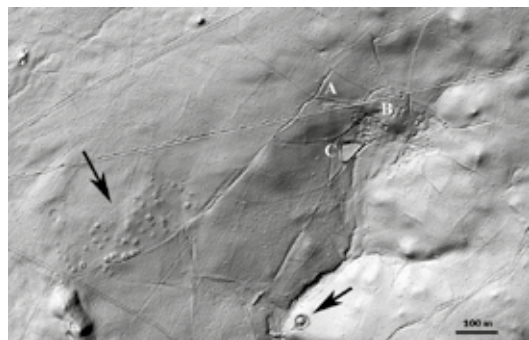
¹ Kromě autora tohoto příspěvku, který byl řešitelem projektu, se jako členové výzkumného týmu na jeho realizaci podíleli členové katedry archeologie FF ZČU v Plzni PhDr. Jan John, Ph.D. a Mgr. Lenka Starková, Ph.D.

detektoru. Čas, který uplyne mezi vypuštěním a návratem odraženého paprsku, slouží k výpočtu vzdálenosti mezi lidarem a zemským povrchem. Během každé vteřiny může být oskenováno a zaměřeno mnoho desítek tisíc bodů. Jejich hustota v ploše závisí na nastavených parametrech (výška a rychlost letu, rozsah překryvu skenovaných pásů) a dosahuje nejčastěji počtu 2–10 bodů na metr čtvereční. V případech, kdy je potřeba dosáhnout extrémně vysokého rozlišení výsledného digitálního modelu reliéfu, se tento počet zvyšuje i na více než 50 bodů.

V širším slova smyslu je vlastní lidar (skener) součástí systému několika dalších komponent, které jsou pro získání plnohodnotných dat nezbytné. Je to v první řadě nosič lidaru, jímž je buď menší letoun, nebo vrtulník (připomeňme, že paralelně s leteckým lidarem se stále častěji, a to včetně archeologie, využívají pozemní laserové skenery – stacionární i mobilní). Další součástí systému tvoří paralelně se doplňující navigační přístroje. Vysoce kvalitní stanice GPS umístěná na palubě letounu zajišťuje ve spojení s jeho vnitřním (tzv. inerciálním) navigačním systémem a s podporou sítě pozemních stanic GPS záznam okamžité polohy letadla. Geodetické údaje slouží k přesnému ukotvení skenovaného reliéfu v prostoru (každý laserový impuls je s velkou přesností vztažen k zvolenému souřadnicovému systému).

Laserové impulsy lidaru mají jednu velkou přednost – pronikají i skrz vegetaci, resp. využívají i nepatrných mezer mezi větvemi a listím stromů k pořízení záznamu vlastního reliéfu. Tato skutečnost nabízí archeologii rychlý a dostatečně přesný způsob identifikace a mapování tzv. antropogenního tvaru reliéfu čili nemovitých památek, které jsou na zemském povrchu zachované jako reliéfní vyvýšeniny a deprese. Mohou to být například valy a pří-

3. Kozelské polesí východně od Štáhlav (v okrese Plzeň-jih) je příkladem mimořádně dobře dochované zaniklé kulturní krajiny, v níž můžeme dokumentovat rozmanité stopy minulých lidských aktivit. Na stínovaném modelu reliéfu odvozeném z dat leteckého laserového skenování (provedeného v březnu 2010) je vidět početnou skupinu více či méně porušených pravěkých mohyl (vlevo), zaniklou středověkou vesnicí Javor (vpravo nahoře). A – radiálně uspořádaná pluzina čili zaniklá pole, B – intravilán, C – rybník a kruhové tvrziště Javor. Drobné bodové objekty v okolí vesnice představují převážně hromady větví (malé body), méně často milířiště (větší body). DMR © katedra archeologie Západočeské univerzity v Plzni.



4. Labská terasa východně od Litoměřic. Digitální model reliéfu terezínského předsunutého opevnění (vybudovaného po polovině 19. století), který je výsledným produktem lidarového (leteckého laserového) snímkování (v březnu 2011). Dokonale reprodukuje aktuální stav celé památky, resp. jejích dílčích složek. Zatímco polygonální forty č. 2, 3, 5 a 6 jsou dodnes zachovány v podobě antropogenního terénního reliéfu, pevnosti č. 1 a 4 byly před půl stoletím rozebrány a plocha, na níž stály, byla zplanýrována a začleněna do okolního pole. I přes desítky let trvající intenzivní orbu je jejich půdorys na lidarovém snímku dobře patrný. Zároveň je na snímku výborně zachycena rozsáhlá síť zaniklých cest a náspů, z nichž některé byly pravděpodobně součástí popisovaného opevňovacího systému; severně a východně od fortu 3 jsou patrné stopy zásahů do povrchu terénu (těžba?). Osvětlení areálu neboli poloha digitálního slunce od severovýchodu, 45° nad obzorem. DMR © katedra archeologie Západočeské univerzity v Plzni.

kopy pravěkých hradišť a středověkých tvrzišť, mohly, zaniklé středověké a novověké vesnice, výrobní zařízení (ve velkém počtu zejména milířiště, v menší míře také sklářské hutě) a opuštěné komunikace (úvozy). Právě tyto součásti archeologického dědictví jsou uchovány převážně v prostředí zalesněné krajiny. Jejich tradiční čili na zemi prováděné dohledávání, geodetické zaměřování, evidence a dokumentace jsou sice o něco přesnější, ale méně efektivní, tedy pomalé a drahé.

Ve vyspělých evropských zemích se letecké lidarové skenování používá v archeologii zhruba od začátku našeho století, i když výrazný nárůst počtu projektů je patrný až od poloviny minulého desetiletí (nejvíce se zatím uplatňuje v Anglii, Irsku, Francii, Německu, Belgii a Rakousku). V posledních několika letech se letecké lidarové snímkování pro účely výzkumu a ochrany archeologického dědictví začalo uplatňovat i v bývalých socialistických zemích. Nejdále je v tomto směru Slovinsko a pomalu se této metody začíná využívat také v Polsku a v bývalé NDR.

Lidarové skenování v České republice

V České republice se naskytla možnost aplikovat výškopisné mapování pro potřeby výzkumu české pravěké a historické krajiny teprve nedávno. Jako první byl na území České republiky realizován projekt *Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímkování (LIDAR)*. Směřoval k testování možností leteckého laserového snímkování v podmínkách české krajiny a ke zhodnocení jeho budoucí role v procesu sběru dat, mapování a dokumentace území s výskytem nemovitých památek. Jeho nositelem byla katedra archeologie Západočeské univerzity v Plzni.

Prof. PhDr. Martin Gajda, CSc., (*1956) vystudoval archeologii a historii na Filozofické fakultě UK. Od roku 2003 působí na katedře archeologie Západočeské univerzity v Plzni (v letech 2005–2011 jako vedoucí) a je také řádným profesorem Univerzity kardinála Stefaana Wyszyńskiego ve Varšavě. V Archeologickém ústavu AV ČR, Praha, v. v. i., vede dlouhodobý program dálkového archeologického průzkumu a je kurátorem tamního Archivu leteckých snímků.



5. Pohled asi 20 metrů od východního okraje fortu 3 směrem k vrchu Křemín, který uzavíral celý systém na jeho východním konci (A), k dosud reliéfně zachovanému fortu 5 (lesík na horizontu nad písmenem B) a k zaniklému fortu 4 (C), který se jeví jako světleji zbarvená mírná terénní vlna. Snímek z 25. března 2011 © Martin Gojda.

padočeské univerzity v Plzni, probíhal v letech 2010–2011 a přinesl řadu zajímavých výsledků jak v oblasti heuristické (zviditelnění mnoha dosud neznámých památek a jejich následná evidence) a dokumentační (trojrozměrné mapy a plány různorodých objektů spojených s minulými sídelními aktivitami), tak interpretační (např. výklad vzájemných vztahů památek a jejich bezprostředního okolí, hledání pravidelností – struktur – v prostorových vztazích jednotlivých složek někdejších sídelních areálů).

Výběr území, které se stalo předmětem našeho zájmu, byl výsledkem jednak interního

Tab 1. Zájmová území lze rozdělit do dvou skupin:

A. Plochy, které v požadované kvalitě dosud nebyly laserově skenovány. Primární data zde byla pořízena z grantových prostředků a z nich byla pokryta také filtrace dat. Celkem bylo zvoleno 14 testovacích polygonů o celkové rozloze 123 km². Záměrně byly zvoleny oblasti s vyšším počtem dochovaných antropogenních terénních reliktů, převážně v zalesněném prostředí. Jedná se o první větší soubor dat leteckého laserového skenování, který byl u nás pořízen přímo pro potřeby archeologie, a zahrnuje široké spektrum v terénu dochovaných památek (mohylová pohřebiště, hradiště, těžební areály, hrady, tvrzíště, zaniklé vesnice a jejich pluziny, úvozové systémy, reduty atd.). Pracovní názvy a rozlohu jednotlivých polygonů ukazuje tabulka.

B. Území, pro něž existují lidarové snímky z jiných, nearcheologických projektů. Vybrána byla oblast výškové a morfologicky členité Děčínské vrchoviny (Národní park České Švýcarsko), která se svými přírodními parametry výrazně odlišuje od většiny krajinných typů osídlovaných v minulosti.

číslo	pracovní označení polygonu	rozloha (km ²)	rok skenování
1	Porta Bohemica	4	2010
2	Vladař	9	2010
3	Lišná	12	2010
4	Březina	13	2010
5	Štáhlavsko	11	2010
6	Kdyňsko	11	2010
7	Habrovany	8	2011
8	Třeboutice	8	2011
9	Podřipsko	11	2011
10	Přívětice	2	2011
11	Sloupek	6	2011
12	Černokostecko	10	2011
13	Kučer	4	2011
14	Hemera	14	2011

projednávání uvnitř řešitelského týmu a jednak konzultací se specialisty z jiných archeologických institucí. Oproti původním plánům nasnímkovat každý rok jeden rozsáhlý areál byla upřednostněna varianta pořádit snímky většího počtu plošně nevelkých polygonů, protože tak bylo možno zachytit větší krajinnou rozmanitost zkoumaného souboru a památek v něm zastoupených (viz tabulku I).

Součástí práce s výsledky analýzy lidarových dat bylo také jejich srovnání s dokumentací evidovaných archeologických lokalit (Archeologická databáze Čech a Archiv nálezočných zpráv Archeologického ústavu AV ČR, Praha, v. v. i.). Pracovali jsme rovněž s ikonografickými prameny a se starými mapami, zejména s těmi, které vznikly při prvním, tzv. josefském mapování a při druhém, tzv. Františkově vojenském mapování. Nejdůležitější je ovšem následná práce v terénu, při níž jsou objekty zjištěné na lidarových snímcích ověřovány prostřednictvím povrchového průzkumu.

První projekt svého druhu na území České republiky byl koncipován tak, aby prokázal potenciál uvedené metody a její efektivitu z hlediska identifikace a dokumentace nemovitého archeologického dědictví v jeho kvalitativní (druhové) rozmanitosti a v různorodých krajinných typech (lesním prostředí, otevřené krajině, nížinách včetně intenzivně oraných ploch, pahorkatinách ap.). V průběhu dvou let se podařilo na reprezentativním vzorku ploch s kumulací evidovaných nemovitých archeologických památek, na nichž bylo navíc možno očekávat odhalení objektů dalších, prokázat tušený potenciál metody leteckého laserového průzkumu aplikovaného v našem prostředí. Hrubá lidarová data získaná v relativně vysokém rozlišení na celkové ploše 123 km² tvoří kvalitní základnu pro moderní evidenci a výškopisnou (trojrozměrnou) dokumentaci georeferencovaných stop pravěkých, středověkých a novověkých sídelních aktivit. Informační potenciál tohoto datového souboru byl částečně vytěžen v průběhu projektu a jeho další zhodnocení bude probíhat v letošním roce, kdy bude k tisku připravena tematická monografie o aplikaci metody v prostředí českého kulturní krajiny. ☞

K DALŠÍMU ČTENÍ

- Cowley D. (ed.): Remote Sensing for Archaeological Heritage Management, EAC Occasional Paper No. 5. Archaeolingua, Budapest 2011.
- Crutchley S.: The Light Fantastic. Using Airborne in Archaeological Survey. English Heritage Publishing, Swindon 2010.
- Devereux B. J., Amable G. S., Crow P.: Visualisation of lidar terrain models for archaeological feature detection. *Antiquity* 82, 470–479, 2008.
- Gojda M., John J. a kol.: Archeologie a letecký laserový průzkum krajiny. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2012.
- Gojda M., John J., Starková L.: Archeologický průzkum krajiny pomocí leteckého laserového skenování. *Dosavadní průběh a výsledky prvního českého projektu, Archeologické rozhledy* 63, 680–698, 2011.