

## *Význam moderních metod dálkového průzkumu pro studium, dokumentaci a mapování historické krajiny českých zemí. Relikty fortifikační architektury v krajině (Terezín)*

### ÚVOD

Jedním z primárních úkolů historické geografie, oboru integrujícího do své náplně různorodé prameny z oblasti věd o minulosti člověka a o projevech lidských sídelních aktivit v prostoru, je poznání kontinuity a proměn krajiny, tedy v podstatě přírodního prostředí, jehož podobu ovlivňoval v průběhu času svojí přítomností člověk.<sup>1</sup> Vlivem přírodních procesů a lidského impaktu poznamenala prakticky každá doba charakter konkrétní krajiny a přispěla tak k formování toho, co od dob Maitlandových bývá označováno pojmem krajinný palimpsest.<sup>2</sup> Dešifrování tohoto palimpsestu, resp. identifikace jednotlivých

1 Pokusím vymezit a definovat pojem krajina bylo v poslední době na stránkách odborných publikací věnováno nemalé úsilí; z rozsáhlé bibliografie uvedme namátkou např. Václav CÍLEK, *Krajina vnitřní a vnější*, Praha 2002; Martin GOJDA, *Archeologie, společnost a univerzitní vzdělání. Poznámky k aktuálním trendům*, AR 60, 2008, s. 755–768; Martin KUNA, *Prostorová archeologie*, in: *Nedestruktivní archeologie*, red. Martin Kuna, Praha 2004, s. 445–490; Vojen LOŽEK – Václav CÍLEK, *Krajina jako přírodní a kulturní fenomén*, in: *Střední Čechy. Příroda, člověk, krajina*, Praha 2004; Jiří LÖW – Igor MÍCHAL, *Krajinný ráz, Kostelec nad Černými Lesy 2004*; Václav MATOUŠEK, *Třebel. Obraz krajiny s bitvou*, Praha 2006. Poměrně rozsáhlý přehled soudobých názorů na pojem krajina uvádí Zdeněk KUČERA, *Krajina v regionech, region v krajině*, in: *Regiony – časoprostorové průsečíky?*, red. Robert Šimůnek, Praha 2008, s. 47–63.

2 Frederic William MAITLAND, *Domesday Book and Beyond: Three essays in the Early History of England*, Cambridge 1897; Martin GOJDA, *Archeologie krajiny*, Praha 2000, s. 55–59; Mark GARDINER – Stephen RIPPON, *Introduction: The Medieval Landscapes of Britain*, in: *Landscape History after Hoskins*, vol. 2, *Medieval Landscapes*, ed. C. Dyer, Bollington 2007, s. 1–8.

Zatímco většina vsí zůstala nevelkými obcemi, poměrně bouřlivý vývoj prodělala česká část rozděleného Gmündu. Spolu s Dolními Velenicemi, Českou Cejlí a Josefskem byla k 1. prosinci 1922 sjednocena do obce České Velenice (i když se pro ni navrhovaly i jiné názvy, např. Masarykov) a zároveň povýšena na město, které se záhy rychle rozvíjelo.<sup>23</sup> V roce 1935 byl proto postaven i nový kostel, zasvěcený sv. (tehdy blahoslavené) Anežce České. První volby starosty a zastupitelstva proběhly koncem roku 1923. Železniční provoz na rakouských úzkorozchodkách, byť s různými omezeními, tu fungoval až do roku 1927, resp. tranzitně až do přeložení trasy na Litschau kvůli „železné oponě“ roku 1951. Stejně tak až do 50. let byly některé obce zásobovány například elektřinou a vodou z rakouského území.

Od roku 1938 se celé „české“ Vitorazsko stalo součástí nacistického Německa (konkrétně župy Niederdonau). Z Českých Velenic se opět stal Gmünd-Bahnhof, resp. Gmünd III, za „spojení“ ovšem zaplatil mj. v březnu 1945 velkým náletem amerického letectva, který si vyžádal na tisíc obětí. Na konci 2. světové války bylo 7. 5. 1945 Vitorazsko dobyt sovětskou armádou a opět připadla jeho západní část k ČSR podle stavu hranic z roku 1937, přičemž zde došlo k několika politováníhodným excesům vůči německému obyvatelstvu (Tušť).<sup>24</sup> Mnohem větší zásah do rázu krajiny a vůbec celého života na Vitorazsku ale znamenalo nastolení komunistického režimu v Československu, vytvoření hraničního pásma a faktické uzavření hranic v letech 1949–1989, i když právě v této oblasti fungovaly hraniční přechody v Halámkách (silniční) a Českých Velenicích (železniční). K návratu plného života do regionu ale mohlo dojít až po roce 1989 a definitivně pak vstupem ČR do schengenského prostoru, kdy se celé Vitorazsko stalo konečně prostorem, kde hranice je pouhou čarou na mapě.

23 Výnos ministerstva vnitra ČSR, č. 85 374, z 1. prosince 1922. – „*Nazvěmež nové město, které kol nádraží sloučíme a postavíme, „Masarykov“*“ (A. KALBÁČ, *Vitorazsko* (jako pozn. 5), s. 43–44).

24 Ján MLYNÁRIK, *Tragédie Vitorazska 1945–1953. Poprava v Tušti, Třeboň 2005*.

projevů (forem) sídelních aktivit a jejich vzájemných časoprostorových vztahů uvnitř tohoto palimpsestu, je pak úkolem několika oborů – humanitních stejně jako přírodovědných – přispívajících ke studiu krajiny, resp. speciálních metod a postupů, které tyto obory používají. Jestliže historická geografie pracuje s prostorem prakticky na všech velikostních úrovních (místa, regiony, historicky utvářené administrativní celky, území států), pak v procesu poznání a rekonstrukce minulých krajin přiřazuje tento záběr některým druhům pramenů prioritní význam. Mezi ně nepochybně patří obrazová data různého typu, která podávají grafickou formou informace o podobě konkrétního prostoru v době, kdy byl jeho obraz zachycen. Vedle leteckých fotografií mají pro potřeby historické geografie z této skupiny pramenů největší význam stará mapová díla. Je nespornou zásluhou jubilatky, že díky své dosavadní vědecko-výzkumné práci jednak výrazně posunula úroveň znalostí o starých mapách a jednak pozvedla povědomí o jejich významu jak mezi odborníky, tak u širší veřejnosti.

Předmětem této studie je pokus o zhodnocení informačního potenciálu dat tzv. dálkového průzkumu pro studium fenoménu historické (středověké, novověké, raně moderní) krajiny. V globálním měřítku máme co do činění s početně snad vůbec nejrozsaáhlejším – a zároveň nejméně využitým – druhem obrazových dat, s nimiž lze v procesu výzkumu historické krajiny pracovat.<sup>3</sup> Právě data dálkového průzkumu tvoří jeden z oněch druhů pramenů, které pro studium historické (stejně tak ovšem i pravěké) krajiny mají klíčový význam a jejichž potenciál teprve čeká na své vědecké a badatelské zhodnocení. Práce je uvedena stručným přehledem základních metod dálkového průzkumu a druhů dat pořizovaných v jeho procesu, její hlavní část pak tvoří shrnutí možností, které pro výzkum české historické krajiny nabízí identifikace, dokumentace a výškopisné mapování nemovitých památek prostřednictvím leteckého laserového (lidarového) skenování. V závěrečné kapitole je na konkrétním příkladě doložen význam metody založené na kombinaci různých druhů obrazových dat, resp. kolmých historických a šikmých současných leteckých fotografií, leteckých lidarových snímků a dokumentačních fotografií pořizovaných na zemi.

Shromažďování a analýza dat dálkového průzkumu pro potřeby studia pravěkých a historických sídel a krajiny je v posledních dvou desetiletích integrální součástí výzkumného programu pražského Archeologického ústavu AV ČR a v posledních osmi letech také katedry archeologie Filosofické fakulty

3 Podle nedávných odhadů lze počet leteckých (převážně kolmých) fotografií uložených v archívech leteckých snímků po celém světě odhadovat na řádově desítky milionů (Michael DONEUS – Christian MAYER, GIS-Based Archiving of Aerial Photographs and Archaeological Sites, in: Archaeological Prospection. Fourth International Conference on Archaeological Prospection, ed. Michael Doneus – Alois Eder-Hinterleitner – Wolfgang Neubauer, Wien 2001, s. 90–96 – uvádějí počet až 100 milionů.). Přibližně polovinu z toho tvoří fondy z období 2. světové války.

Západočeské univerzity v Plzni. Studie přibližuje některé z novějších výsledků dosažených při práci na projektech obou uvedených institucí.

## HISTORIE, METODY A ZÁKLADNÍ DRUHY DAT DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU A JEJICH VYUŽITÍ PRO VÝZKUM HISTORICKÉ KRAJINY

Cílené pozorování zemského povrchu pohledem z výšky a jeho následné vyhodnocení bylo poprvé prakticky využito pro účely vojenské špionáže. V první polovině devadesátých let 18. věku byly ve Francii vytvořeny armádní jednotky, jejichž úkolem bylo provádění letecké prospekce z balonů. S jejich nasazením se počítalo při Napoleonem plánované invazi do Anglie, prakticky byly využity např. v průběhu tažení jeho armády do Egypta. Pro tyto počátky je charakteristické, že senzorem evidujícím z výšky pozorované skutečnosti bylo lidské oko, obraz zemského povrchu nemohl být zaznamenán – a tudíž opakovaně studován – prostřednictvím fotografického média. Mohl být krátkodobě uložen do individuální lidské paměti či ve zkrácené podobě zaznamenán na papír formou grafického výstupu (plánku, mapy) nebo textu. První etapu tedy v zásadě charakterizuje balonová vzduchoplavba a provádění dálkového průzkumu bez použití fotoaparátu. Poměrně dlouhý vývoj fotografického aparátu by krátce před polovinou 19. věku završen konstrukcí použitelnou (byť zpočátku s nemalými obtížemi) v gondole balonu. Do této etapy, vymezené datem pořízení první fotografie zemského povrchu z ptačí perspektivy po polovině předminulého století a nejstaršími známými snímky krajiny exponovanými z letadla těžšího než vzduch (první dekáda 20. století), můžeme klást začátky rozvoje opakovaně uplatňovaného dálkového průzkumu a letecké fotografie.

Obě světové války znamenaly netušený rozvoj technických možností v oblasti letectví a fotografie, který dálkový průzkum beze zbytku využívá a zásadním způsobem tak zvyšuje svůj potenciál jak pro vojenské, tak pro vědecké účely. V tomto období došlo ke zkonstruování prvních výkonných leteckých kamer (během 1. světové války), k zavedení fotomateriálů umožňujících termální snímání terénu v infračerveném spektrálním pásmu a k sestavení radaru, zařízení, které se ve výzkumu krajiny uplatňuje od poslední třetiny minulého století.

Termín *dálkový průzkum* (*remote sensing*) byl poprvé použit E. Pruttem z U. S. Office of Naval Research roku 1960.<sup>4</sup> Z hlediska historie to bylo relativně pozdě; od dob, kdy byly pořizeny první letecké (přesněji balonové) fotografie

4 Josef HNOJIL, Od klu ke GISům. Jak historie formovala základy současných geoinformačních technologií, GEOinformace 3, 2005, www.GEOinformace.cz.

uplynulo tehdy již jedno století (připomeňme, že vůbec první balonové snímky pořídil roku 1858 proslulý francouzský fotograf a nadšený propagátor aviatiky C. F. Tournachon).<sup>5</sup> Právě v této době, patnáct let po skončení 2. světové války, se nesmírně dynamicky rozvíjel moderní vědecký výzkum, umocněný soupeřením dvou tehdejších velmocí USA a Sovětského svazu v časech studené války. Nástup a rozvoj nových technologií a postupů vedl tehdy k významnému přerodu – k zavádění počítačů a s tím souvisejícím přechodem k digitalizaci. Právě dálkový průzkum těžil z těchto nových možností beze zbytku.

Současné období je charakterizováno několika zásadními proměnami celé soustavy technické podpory fungující v oblasti dálkového průzkumu. Za dvě nejzásadnější změny lze označit přenesení dálkového průzkumu ze vzduchu do vesmíru (nástup družicového snímkování, které znamená zásadní kvalitativní posun informačního potenciálu dat dálkového průzkumu, produkujících nyní informace využitelné v nebývale širokém spektru oborů) a již zmiňovaný nástup digitalizace. Na poli dálkového průzkumu souvisí tento posun s vývojem a zaváděním nové kategorie snímacích zařízení, tzv. skenerů, které díky svým technickým možnostem umožňují kontinuální, rychlý a bezpečný přenos dat z vesmíru na Zem. V souvislosti s těmito trendy se také rozšířila aplikace multispektrálního a později hyperspektrálního snímkování. Možnosti dálkového průzkumu byly pak v posledních dvou desetiletích minulého století obohaceny o další důležité inovace. Byly to navigační přístroje GPS, umožňující velmi přesné polohopisné a výškopisné fixování kteréhokoli místa na zemském povrchu prostřednictvím speciálního satelitního systému, geoinformační systémy (GIS), jejichž význam spočívá primárně v možnostech analytického zpracování geografických dat (dálkového průzkumu) a jejich grafickém vyjádření, a konečně tzv. lidary, přístroje pro velmi přesné trojrozměrné mapování zemského povrchu – včetně míst pokrytých vegetací.<sup>6</sup>

Budeme-li posuzovat dálkový průzkum jako činnost, jejímž účelem je získávat informace o povrchu Země, je třeba dodat, že předmětem našeho zájmu mohou být jednak *statické* a jednak *dynamické* prvky. Prvně jmenované zahrnují jak přírodní fakty, tak artefakty (převážně nemovitě výrobky, které zhotovil člověk

bez ohledu na to, zda ručně či pomocí přístrojů). Dynamickými prvky rozumíme takové, jejichž stabilita na zemském povrchu je buď nulová, nebo (častěji) krátkodobá. Právě sem bychom zahrnuli ty komponenty, jejichž pozorování, evidence a hodnocení stály na samém počátku zájmu člověka o průzkum povrchu Země z výšky – pohyby vojsk a dočasná vojenská zařízení. Bezpochyby lze zájem vojenských složek o poznání rozmístění nepřátelských zbraní a jednotek a jejich snahu prakticky tento zájem naplnit prostřednictvím možností, které doba nabízela, označit za nejstarší aktivity na poli dálkového průzkumu Země.

Počátky dálkového průzkumu té složky prostředí, již svými sídelními aktivitami ovlivnil člověk (a proměnil tak *přírodní krajinu*, tedy prostor, v němž je lidský impakt minimální, na *kulturní krajinu*, čili prostředí, jehož podoba a fungování je výsledkem intenzivního plošného tlaku lidských společenství na přírodu z důvodů její exploatace),<sup>7</sup> můžeme spojit s rozvojem zájmu o letecké snímkování architektonických památek a urbánních celků antického starověku v Itálii a pravěkých lokalit na některých dalších místech Evropy na konci 19. a začátku 20. století. Ničemně systematicky vedené průzkumy historické krajiny, jejichž cílem byla letecká fotodokumentace a mapování většinou silně porušených antických stavebních památek, se uskutečnily až během první světové války v pouštních oblastech Předního východu. Mnohé ze starověkých civilních staveb a vojenských zařízení byly tehdy evidovány vůbec poprvé.<sup>8</sup> Velmi brzy po ukončení války rozvinul letecký průzkum krajiny britský badatel Osbert G. S. Crawford, který stanovil základní principy zviditelňování reliktních sídelních aktivit a rozvinul metodiku jejich shromažďování a zpracování.<sup>9</sup> Byl to ostatně on, kdo v Evropě zorganizoval a uskutečnil první systematicky vedený a následně publikovaný projekt leteckého průzkumu zaměřený na identifikaci, fotografickou dokumentaci a mapování reliktních (pravěkých, historických) krajin.<sup>10</sup>

Ve střední Evropě (bývalé Československo, Maďarsko, Německo, Polsko) se letecký průzkum kulturní krajiny v meziválečném období omezoval na fotografování pravěkých reliéfně zachovaných lokalit (hlavně hradišť) a středověkých architektonických památek; nemalá pozornost byla věnována také letecké fotodokumentaci známých lokalit, na nichž se v té době prováděly terénní výzkumy.

5 Martin GOJDA, Výročí dvou průkopníků letecké fotografie a dálkového průzkumu, AR 60, 2008, s. 784–786.

6 Podrobněji k současným technologickým inovacím na konci této kapitoly. Syntézu historie dálkového průzkumu a jejího uplatnění ve výzkumu zaniklých krajin a sídel přinesli u nás naposledy Martin GOJDA, Vývojové trendy dálkového průzkumu v archeologii střední Evropy, in: Studie k dálkovému průzkumu v archeologii, red. Martin Gojda, Plzeň 2010, s. 8–12 a Ladislav ŠMEJDA, Mapování archeologického potenciálu pomocí leteckých snímků, Plzeň 2009. Podrobně se přehledem vývoje letecké archeologie na území České republiky zabývala nedávno Jana PLATICOVÁ, Studium sídelních struktur a dálkový průzkum Země. Události a trendy v našich zemích, Acta Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni 4, 2010, s. 303–324.

7 K tomu např. Jiří SÁDLO – Dagmar DRESLEROVÁ – Václav CÍLEK – Pavel HÁJEK – Petr POKORNÝ, Krajina a revoluce, Praha 2005.

8 Naposledy k tomu podrobně Martin GOJDA, Military activities on Rome's Frontier: the Evidence of Aerial Archaeology, in: Mitteleuropa zur Zeit Marbods, ed. Vladimír Salač – J. Bemann, Praha – Bonn 2009, s. 577–594.

9 Podrobněji k osobnosti Osberta G. S. Crawforda srov. M. GOJDA, Výročí dvou průkopníků (jako pozn. 5).

10 Osbert G. S. CRAWFORD – Alexander KEILLER, Wessex from the Air, Oxford 1928.

Nejvíce v tomto směru vyniká rozsáhlá kolekce balonových fotografií, které byly pořízeny nad hradištěm v polském Biskupinu v letech 1935–1939. V Německu se viditelné pozůstatky památek systematicky snímkovaly péčí společnosti Hansa Luftbild (od roku 1928) a prostřednictvím německé Luftwaffe (od roku 1935).<sup>11</sup> Pozornost zaslouží také pokusy Rakušanů, kteří začali ve dvacátých a třicátých letech pořizovat letecké fotografie, interpretovat kolmé snímky a vynášet objekty a areály pravěkého a historického původu na nich zachycené do map.<sup>12</sup>

Od německé okupace do pádu Železné opony byly možnosti zahrnout letecké fotografování památek v našich zemích do náplně historických oborů značně omezené. V podstatě jedinou smysluplnou možností, jak sem integrovat potenciál dálkového průzkumu, bylo provádět analýzy a rozbor leteckých měřických (kolmých) snímků uložených v archivu někdejšího Vojenského topografického ústavu v Dobrušce.<sup>13</sup> Péčí moravských badatelů M. Bála a J. Kovárníka to přineslo objevy několika pravěkých lokalit, především velkých neolitických areálů ohrazených příkopy (tzv. rondelů) i několika objektů mladších.<sup>14</sup> Za zmínku zcela jistě stojí publikace několika monografií zaměřených na historii některých charakteristických prvků české historické krajiny, zejména měst. Tyto práce, založené na prezentaci památek pomocí pohledů z výšky ukázaly, jak dobře jsou zachována například historická jádra mnoha českých měst a jak je letecká fotografie důležitým dokumentačním nástrojem historické topografie a urbanistiky. Kolekce leteckých fotografií pořízená v šedesátých letech minulého století slovenským fotografem Eugenem Vasiliakem a později publikovaná má dnes dokumentační hodnotu historického obrazového pramene primárního významu. Přináší totiž autentické svědectví o celkovém stavu architektonické (ojetině také archeologické) komponenty českého a slovenského kulturního dědictví v období tzv. reálného socialismu, před velkými změnami porevoluční

11 Otto BRAASCH, *Bemerkungen zur archäologischen Flugprospektion in West und Ost*, in: *Aus der Luft. Bilder unserer Geschichte. Luftbildarchäologie in Zentraleuropa*, ed. Judith Oexle, Dresden 1997, s. 29–37; Zbigniew KOBYLINSKI, *Archeologia lotnicza w Polsce. Osiem dekad wzlotów i upadków – Aerial Archaeology in Poland*, Warszawa 2005; Dariusz KRASNODĘBSKI, *Polish Aerial Photos 1923–1929*, in: *Air Photography and Archaeology 2003. A Century of Information*, ed. Jean Burgeois – Marcel Meganck, Gent 2005, s. 113–119.

12 Michael DONEUS – Alois EDER-HINTERLEITNER – Wolfgang NEUBAUER, *Archaeological Prospection in Austria*, in: *Archaeological Prospection. Fourth International Conference on Archaeological Prospection*, ed. Michael Doneus – Alois Eder-Hinterleitner – Wolfgang Neubauer, Wien 2001, s. 11–33.

13 Luděk BŘOUŠEK – Libor LAŽA, *55 let vojenské geografie v Dobrušce*, *Vojenský geografický obzor* 1, 2006, příloha 1.

14 Miroslav BÁLEK – Vladimír PODBORSKÝ, *Začátky letecké archeologie na jižní Moravě*, in: *50 let archeologických výzkumů Masarykovy univerzity na Znojemsku*, red. Vladimír Podborský, Brno 2001, s. 69–94; Jaromír KOVÁRNÍK, *15 let letecké archeologie na Moravě (a v bývalém Československu) 1983–1998*, *Přehled výzkumů* 40, 1999, s. 406–419.

éry, které se větší či menší mírou dotkly nejen samotných nemovitých památek, ale také prostředí, v němž se nacházejí.<sup>15</sup>

Teprve poté, co se koncem osmdesátých let střeoevropské země sovětského politického bloku dokázaly zbavit svěřací kazajky komunismu, můžeme hovořit o začátku historicky nové éry dálkového průzkumu pro potřeby archeologie a potažmo i historické geografie. Rozsáhlá území se stala cílem průzkumu místních archeologů, kteří měli touhu odhalit v těchto krajích – leteckou prospekci nedotčených – stopy po neznámých sídelních areálech, identifikovat dosud nepoznané druhy nemovitých památek, objevit prostřednictvím nedestruktivního dálkového průzkumu zaniklou podobu pravěké, středověké a novověké krajiny. Někteří z nich si počátkem devadesátých let pozvali zkušené zahraniční experty ze zemí s dlouholetou tradicí (Velká Británie, Německo a Francie), kteří je zacvičovali do tajů letecké archeologie, především do její praktické stránky: do činnosti při průzkumném letu a do letecké navigace pomocí map (stanice GPS se např. u nás začaly uplatňovat až od poloviny devadesátých let) a učili je zejména rozlišovat porostové a půdní příznaky antropogenního původu od příznaků přirozených či způsobených současnou exploatací krajiny. Je třeba dodat, že očekávání, která byla profesionální komunitou spojována s rozvojem letecké archeologie po pádu Železné opony, se naplnila. Od té doby se pro tento obor otevřely nové možnosti spjaté především s novými či výrazně vylepšenými technologiemi, resp. se zařízeními určenými ke sběru dat (jejich efekt spočívá zejména ve výrazném zvýšení prostorového rozlišení dat dálkového průzkumu) a se softwarovými produkty využitelnými k jejich analýze a ukládání. Ve stručném přehledu uvedme alespoň družicové snímky s velmi vysokým (submetrovním) rozlišením, které pořizují soukromé družicové systémy (k nim podrobněji dále) a které se také u nás konečně dočkaly zasloužené pozornosti,<sup>16</sup> laserové letecké snímače známé pod označením LiDAR či ALS (viz další kapitola) a skenery pro termovizní infračervené snímání terénního povrchu.<sup>17</sup> Nezpochybnitelný význam má také zveřejnění a bezplatná dostupnost dat dálkového průzkumu Země (letecké fotogrammetrické a satelitní snímky) na internetových serverech (např. Google Earth, <http://www.mapy.cz>), prezentovaných většinou

15 Dobroslav LÍBAL, *Starobylá města v Československu*, Praha 1970; Václav MENCL – Eugen VASILIÁK, *Města, hrady a zámky*, Praha 1970. K elektronické reedici Vasiliakových snímků ze šedesátých let minulého století podrobněji Martin GOJDA, *Nad městy, hrady a zámky: Česko a Slovensko*, AR 53, 2001, s. 843–845.

16 Martin GOJDA – Jan JOHN, *Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech. Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat*, AR 61, 2009, s. 467–492.

17 Collin SHELL, *Airborne High-Resolution Digital, Visible, Infra-red and Thermal Sensing for Archaeology*, in: *Aerial Archaeology. Developing Future Practice*, ed. Robert Bewley – Wladzimir Rączkowski, Amsterdam – Berlin – Oxford – Tokyo – Washington 2002, s. 181–195.

formou georeferencovaných ortofotomap.<sup>18</sup> Velkou důležitostí pro zefektivnění práce během průzkumných letů mělo uvolnění systému GPS z režimu vojenského využití do sféry civilní. Významně zkrátilo letový čas potřebný k monitorování určitého prostoru (odpadla potřeba permanentního sledování trasy navigací pomocí papírových map), umožnilo ukládat zájmové body (objevených a dokumentovaných míst na zemském povrchu) do paměti stanice GPS a také zaznamenávat (a následně do mapy vynášet) trasu každého letu, eventuálně si trasu včetně zájmových bodů v přístroji předem připravit a nechat se pak po ní přístrojem navigovat. Vývoj GPS pokročil do té míry, že dnes se používají příruční stanice napojené na fotoaparát (zatím jen na některé typy), které slouží k ukládání polohy snímače v okamžiku expozice snímku do jeho datové karty.

Připomenout je také třeba zásadní rozšíření možností pro zpracování dat dálkového průzkumu prostřednictvím geoinformačních systémů, zakomponovaných do studia krajiny a přírodního prostředí v minulosti před zhruba dvěma desetiletími. Konečně opomenout nelze ani nástup digitální fotografie, která umožňuje pořizovat prakticky nekonečné množství vysoce kvalitních snímků během letu, jejich okamžité a rychlé zpracování bezprostředně po přistání a samozřejmě i možnost rychlého kopírování původních fotografií v kvalitě originálu a jejich uchovávání v různých typech databází a fotoarchivů.

Metody dálkového průzkumu a podoby jeho produktů (dat), sloužících jako pramenná základna výzkumu pravěké, středověké i novověké, lze členit do několika kategorií. Následující přehled je pokusem pojmenovat základní charakteristiky nejdůležitějších z těchto pramenů.

*Šikmé letecké fotografie* jsou výsledkem nejstarší a dodnes velmi rozšířené (tedy tradiční) metody dálkového průzkumu a fotografování krajiny. Dálkový průzkum uplatňovaný při odhalování nemovitých památek v krajině se vyvinul do relativně autonomního oboru letecké archeologie jako soubor postupů, které jsou zaměřeny do dvou hlavních oblastí. Je to v první řadě identifikace a dokumentace dosud nevidovaných (nemovitých) památek. Po mnoho desetiletí, od Crawfordových pionýrských pokusů ve dvacátých letech minulého století, je v tomto ohledu nejběžnějším způsobem detekce stop minulých lidských aktivit vizuální prospekce povrchu země pozorovatelem (nejčastěji archeologem) z malého letadla a jejich dokumentace pořizovaná fotografickým přístrojem držným v ruce. Při tom se využívá principu zviditelnování pohřbených (pod povrch země zcela zahloubených) nemovitých objektů pomocí přímých (zejm.

18 Ladislav ŠMEJDA, *Letecká archeologie a internetové zdroje dat: situace v České republice*, in: *Opomíjená archeologie 2005–2006*, red. Petr Křišťuf – Ladislav Šmejda – Pavel Vařeka, Plzeň 2007, s. 255–260.

půdních) a nepřímých (zejm. porostových) indikátorů, a struktur částečně pohřbených (tj. zachovaných v podobě velmi nízkých reliéfních vyvýšenin a mělkých depresí zachovaných na povrchu země, např. zaniklých středověkých vesnic a polních systémů). Druhou oblastí, v níž se pořizování šikmých leteckých fotografií realizuje, je systematické či nahodilé snímkování památek zachovaných v podobě výrazného antropogenního reliéfního tvaru (mohyly, valy a příkopy hradišť/tvrzišť/hradů, úvozové cesty, milířiště), historických staveb, urbánních celků, případně dalších kategorií historické krajiny. Jeho účelem je dokumentace příslušné památky z výšky, což umožňuje analyzovat její umístění v bezprostředním a širším okolí, monitorovat její stav a sledovat změny, které ji transformují (většinou negativně) a které jsou způsobeny jak přirozenými procesy, tak lidským faktorem. Pravděpodobně nejrozsáhlejší archiv tohoto druhu u nás vlastní Archeologický ústav AV ČR.<sup>19</sup>

Šikmé letecké fotografie jsou prakticky jediným druhem dat dálkového průzkumu, který si pořizují specialisté v oblasti výzkumu pravěké a historické krajiny sami. Jsou obrazovým dokumentem o aktuální podobě konkrétních – přímých či zprostředkovaných – stop minulých lidských sídelních aktivit a i když je nutné provádět jejich analýzu (s cílem dohledat v nich všechny viditelné komponenty a interpretovat je), jsou vždy nositelem informace o alespoň jedné konkrétní (archeologické, architektonické, urbanistické, krajinotvorné atd.) památce, kvůli níž byly pořizeny. Z výše uvedených důvodů jsou šikmé letecké snímky nejméně početným typem dat dálkového průzkumu; jeho informační potenciál je však velmi vysoký.

*Kolmé (měřické, fotogrammetrické) snímky* jsou naproti tomu nejpočetnějším nositelem dálkově zaznamenaných obrazových informací o zemském povrchu.<sup>20</sup> Na rozdíl od šikmých fotografií, které umožňují realitě bližší prostorové vnímání objektů na nich zachycených, jsou tyto sice „plošné“, protože však jsou pořizovány fotogrammetricky, je jejich primární výhodou, že jen minimálně zkreslují skutečnost, resp. velikost a tvar jednotlivých objektů a vzdálenosti mezi nimi. V zásadě můžeme vyčlenit historické (pro území Československa a České republiky období od třicátých do osmdesátých let 20. století) a současné fotografie (od devadesátých let 20. století po současnost).

Prvně jmenované snímky jsou pro naše území uloženy v archivu Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu v Dobrušce (VGHMÚř), který spravuje největší archiv historických leteckých měřických snímků v České

19 Martin GOJDA, *Archiv leteckých snímků Archeologického ústavu AV ČR v Praze (1992–2007)*, AR 60, 2008, s. 144–146. Informace o možnostech pracovat s jeho fondy viz [www.arup.cas.cz](http://www.arup.cas.cz) – archivy – úsek leteckých snímků.

20 Srov. pozn. 3.

republice a který vznikl roku 2003 jako nástupnická organizace bývalého Vojenského topografického ústavu. Jeho posláním je tvorba a správa standardizovaných geodetických, kartografických a geografických primárně vojenských podkladů, map a databází sloužících pro potřeby armády České republiky. Všechny materiály archivu, včetně leteckých měřických snímků, jsou majetkem Ministerstva obrany, tedy státu. Letecké měřické snímky zde uložené byly pořizovány nejčastěji ve formátech 18×18 cm (zvláště raně historické snímky), 23×23 cm (současný standard) a výjimečně i 30×30 cm. Dnes jsou k dispozici ve formě černobílých kontaktních fotokopii v lesklé či matné povrchové úpravě a dále jako negativy nebo diapozitivy na polyetylenové fólii v rozměrech formátu originálu, v případě fotokopii i jako jejich zvětšeniny. Další možností je, zejména v poslední době, dodání černobílých i barevných tzv. rastrových ekvivalentů leteckých měřických snímků s různým rozlišením v nekomprimovaném formátu TIFF.<sup>21</sup>

Prvořadý význam v možnosti studovat českou krajinu na historických kolmých leteckých fotografiích má nedávno spuštěný mapový server České informační agentury životního prostředí (CENIA), který umožňuje prohlížet celé území České republiky na snímcích z let 1953–1954. Server byl vytvořen v rámci projektu Národní inventarizace kontaminovaných míst (NIKM), který byl zaměřen na identifikaci kontaminovaných areálů v proměnách poválečného období prostřednictvím klasifikace a interpretace dat dálkového průzkumu Země.<sup>22</sup>

Nejvýznamnějším současným producentem a poskytovatelem měřických leteckých fotografií je společnost Geodis Brno, která již od devadesátých let 20. století opakovaně provádí kompletní blokové snímkování České republiky. S jejich produkty přichází do styku rozsáhlá řada uživatelů serveru Google Earth, protože letecké snímky použité tam pro české země jsou právě daty, která pořídila a vlastní uvedená společnost. Letecké měřické snímky Geodisu byly fotografovány ve třech kampaních (2002–2003, 2004–2006 a 2007–2009); fotografie ze dvou z nich jsou také umístěny na nejpoužívanějším českém mapovém portálu [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz). Ten je nabízí ve formě digitálních ortorektifikovaných a georeferencovaných snímků (resp. z nich odvozených barevných ortofotomap) v sub-metrovém prostorovém rozlišení až 20 cm/pixel ([www.geodis.cz](http://www.geodis.cz)).

Z hlediska archeologie mají kolmé letecké snímky velký význam. Vytváření map a plánů z rektifikovaných kolmých fotografií – a to jak historických, tak současných – v obecné rovině poskytuje představu o nezanedbatelném potenciálu kolmých snímků pro studium minulé krajiny, jejichž význam stoupá s počtem roků, v nichž byl zkoumaný transekt plošně snímkován. Jejich hlavní předností je relativně přesný polohopis, tedy umístění areálů/objektů jak v ohledu

absolutním (poloha v systému zeměpisných koordinátů), tak relativním (vzájemné prostorové vztahy vymapovaných entit). Jistou výhodou kolmých georeferencovaných snímků je také to, že například pravěká sídla identifikovatelná na nich pomocí porostových příznaků lze bezprostředně hodnotit z hlediska jejich krajinné topografie. Zásadní význam má pak možnost sledovat na nich přítomnost plošně rozsáhlých liniových systémů antropogenního původu, resp. stop zaniklé podoby přirozené krajiny (zejména říčních systémů), postupné degradace zemského povrchu (eroze), případně i kvartérně geologických poměrů. Výsledné produkty jsou však také zatíženy různými faktory, které vyplývají jednak ze stále ještě relativně malého prostorového rozlišení analyzovaných ortosnímků (v porovnání se šikmými snímky pořizovanými fotoaparáty poloprofesionální kvality z malých výšek), což nezanedbatelně snižuje možnost správně interpretovat změny na povrchu země, projevující se jinou barvou/tónem šedi ve srovnání s okolím (objekty archeologického původu, důsledky moderních aktivit, zejm. zemědělských, projevy kvartérně geologického složení podpovrchových vrstev a erozních procesů).<sup>23</sup>

Z hlediska historické a sídelní geografie, tedy v oblasti výzkumu historické – středověké i novověké – krajiny, spatřujeme význam kolmých fotografií především v tom, že vzhledem k jejich dlouhodobému opakovanému pořizování (u nás od meziválečného období přibližně dvakrát za desetiletí) umožňují tyto obrazové prameny sledovat velkoplošné – „systémové“ – proměny krajiny (tzv. krajinná mozaika, landuse) resp. její kulturně historické podoby (např. proměna české krajiny prvních dvou poválečných desetiletí v důsledku združstevňování a kolektivizace zemědělského venkova).<sup>24</sup> Zároveň mají potenciál dokládat tyto změny v detailu rozmanitých kategorií historické krajiny (hrady, zámky, kláštery, městská jádra, vesnická zástavba, komunikace atd.) a jejich bezprostředního i širšího zázemí (např. parková úprava zámeckých areálů, komponovaná krajina v okolí raně (?) novověkých šlechtických sídel). Představují tak významné prameny pro multitemporální analýzu obrazových informací o konkrétním místě na povrchu Země.

Dalším druhem obrazových dat, která přináší dálkový průzkum (DPZ) a která patří mezi jeho nejdůležitější produkty, jsou *družicové (satelitní) snímky*.<sup>25</sup> Nemá smysl se o nich na tomto místě dlouze rozepisovat, protože jejich využitelnost v oblasti výzkumu historické krajiny je srovnatelná s kolmými leteckými

23 Potenciál kolmých leteckých fotografií pro identifikaci a mapování pravěkých sídelních areálů a možnostem jejich využití pro studium pravěké sídelní topografie zhodnotil u nás poprvé nedávno L. Šmejda, *Mapování* (jako pozn. 6).

24 K tomu přehledně Pavel HÁJEK, *Jde pevně kupředu naše zem. Krajina českých zemí v období socialismu*, Praha 2008.

25 Lena HALOUNOVÁ – Karel PAVELKA, *Dálkový průzkum Země*, Praha 2005.

21 <http://www.geoservice.army.cz>, srov. též <http://www.rick.cz/geoo4.html>.

22 Lze jej otevřít na adrese <http://kontaminace.cenia.cz>.

snímky. Toto konstatování nicméně platí o družicových historických a současných panchromatických snímcích, ale moderní družicové systémy nabízejí dnes standardně také data pořizovaná v různých spektrálních pásmech, která mohou odhalit skutečnosti nedetekovatelné na černobílých panchromatických – leteckých i satelitních – snímcích. Využití právě tohoto jejich rozměru je z pochopitelných důvodů využitelné v krajinné a sídelní archeologii, resp. ve výzkumu pravěké krajiny.<sup>26</sup> Základním parametrem, který kvalifikuje družicová data, je technická kvalita měřicí aparatury. Pro detekci archeologických památek má největší význam jejich prostorové a spektrální rozlišení. V civilní sféře jsou dnes dostupné snímky s prostorovým rozlišením nízkým (km), středním (1000–100 m), vysokým (100–10 m) a velmi vysokým (metry a méně). Dnes volně dostupné snímky ze špionážních systémů, datované do šedesátých a sedmdesátých let 20. století (zejm. CORONA, Zenit – KVR-1000), mají prostorové rozlišení 3–1 m. V dosavadní historii využití dat kosmického DPZ v projektech zaměřených na identifikaci, dokumentaci a ochranu archeologického dědictví se uplatnila data ze všech tří základních typů družicových zařízení – z klasických fotografických komor, digitálních senzorů (skenery, spektrometry) a zobrazujících radarů. První ucelené zhodnocení potenciálu družicových snímků v české archeologii pravěku, založené na datech z vlastních výzkumů, bylo publikováno teprve nedávno.<sup>27</sup> V České republice dlouhodobě funguje společnost Gisat s.r.o.,<sup>28</sup> která nabízí prodej všech komerčně dostupných družicových dat a též přehled o aktuálním stavu v oblasti tzv. dálkového průzkumu Země. Družicové snímky je možno objednávat také prostřednictvím společnosti ArcData Praha.<sup>29</sup>

Poslední – nejmodernější – metodě dálkového průzkumu a jejím datům se věnujeme samostatně v následující části příspěvku.

Závěrem této kapitoly zdůrazněme, že všechny prameny poznání krajin minulosti, které identifikujeme na leteckých, družicových či lidarových snímcích, jsou výsledkem naší interpretace, založené na vizuálním pozorování/analýze zemského povrchu, který byl zachycen pomocí rozličných senzorů. Jako taková jsou tato data výsledkem dálkového průzkumu bez ohledu na to, zda uskutečňovaného z malé výšky (letecké fotografie, lidarová data) nebo z vesmíru (satelitní snímky). Z toho, co bylo dosud napsáno, vyplývá, že aktivity týkající se obrazových pramenů pořizovaných z výšky a během výzkumu krajiny používaných k různým účelům (výzkum a ochrana památek, resp. vyhledávání pohřbených

26 Sarah H. PARCAK, *Satellite Remote Sensing for Archaeology*, London – New York 2009.

27 M. Gojda – J. John (jako pozn. 16), tam též podrobný přehled družicových systémů, jejichž produkty jsou nejčastěji v archeologii využívány.

28 <http://www.gisat.cz>.

29 <http://www.arcdata.cz>.

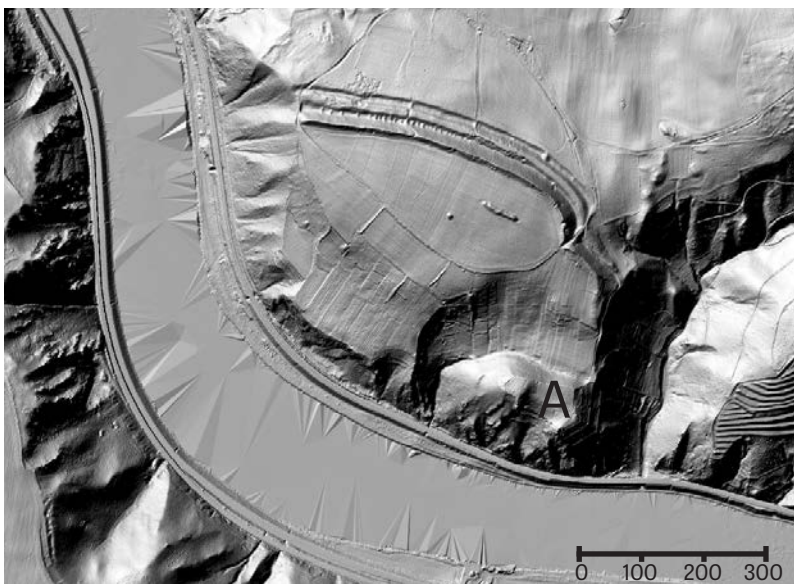
a v terénním reliéfu dochovaných reliktních sídelních aktivit, jejich dokumentace a mapování) přinášejí prameny, jejichž informační potenciál je pro studium historické krajiny nepostradatelný.

## AKTUÁLNÍ VÝZKUM ČESKÉ HISTORICKÉ KRAJINY: POTENCIÁL MAPOVÁNÍ A TVORBY DIGITÁLNÍHO MODELU RELIÉFU POMOCÍ LETECKÉHO LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ

V průběhu prvního desetiletí tohoto století se především v britských, francouzských, italských, německých a rakouských projektech zaměřených na výzkum pravěké a historické krajiny objevil nový fenomén. Řeč je o metodě leteckého (dálkového) laserového skenování (LLS; jde o český překlad v zahraničních publikacích nejčastěji používaného označení této metody termínem *airborne laser scanning – ALS*), která zásadním způsobem zefektivňuje – zkvalitňuje, zrychluje a koneckonců zlevňuje – výškopisné mapování a tvorbu digitálního 3D modelu terénního reliéfu. Jedná se o složitý systém zařízení, jehož hlavní komponentu tvoří lidar (též LiDAR – *light detection and ranging*), přístroj, který spolu s radarem patří mezi tzv. aktivní radiometry. Na rozdíl od pasivních radiometrů – opticko-mechanických a elektronických skenerů a skenujících mikrovlnných radiometrů – používají tyto přístroje k měření vlastností zemského povrchu svůj vlastní zdroj elektromagnetického záření, v případě lidaru laserové paprsky.

Lidar měří vzdálenost mezi vlastním přístrojem (složeným z laseru a skenovacího zařízení) umístěným na vodorovně se pohybujícím nosiči (letadle) a zemským povrchem měřením časového intervalu, který uplyne po vypuštění a odrazu laserového paprsku a který odpovídá vzdálenosti měřeného bodu od přístroje. Během jedné sekundy změří až čtvrt milionu (obvykle mnoho desítek tisíc) bodů zemského povrchu, přičemž hustota bodů změřených lidarem se obvykle pohybuje mezi jedním a dvaceti (maximálně až kolem šedesáti) na čtvereční metr. V principu je tento způsob měření dobře znám z pozemního mapování terénu prostřednictvím tzv. totálních stanic, v archeologii dnes běžně používaných, a ze zaměřování archeologicky odkrytých situací pomocí pozemního 3D skeneru, které se při terénních výzkumech uplatňuje stále častěji i u nás. Ve spojení se stanicí GPS umístěnou na palubě nosiče (letadla či vrtulníku) a s podporou pozemní sítě stanic GPS pracuje lidar s velkou relativní polohovou přesností – kolem 10 cm. Podobně je tomu u výškopisu.<sup>30</sup>

30 Podrobně o principu a technických parametrech lidarů zejm. Tomáš DOLANSKÝ, *Lidary a letecké laserové skenování* = *Acta Universitatis Purkynianae* 99, Ústí nad Labem 2004.



**Obr. 1** Pravěké hradiště Hrádek u Libochovan (okr. Litoměřice). Digitální model reliéfu (DMR) vytvořený z dat leteckého laserového skenování (březen 2010) jedné z nejmohutnějších pravěkých fortifikací v Čechách. Dvojitý příkop a val je ve skutečnosti pokryt listnatým lesem. Písmeno A indikuje polohu Tříkřížového vrchu, pravděpodobně akropole tohoto opevněného objektu umístěného nad ohybem Labe v místech, které se nazývá Brána Čech (Porta Bohemica).

Obrovskou předností lidarů je ovšem jeho schopnost vidět skrze vegetaci a pomocí algoritmů vytvářet digitální výškopisný model terénního reliéfu (DMR), ukrytého pod vegetací (lesy, sady, parky, souvislý keřový a travní porost /srov. obr. č. 1/). Jak ukazují dosavadní projekty zaměřené na výzkum terénního reliéfu v oblastech s hustým výskytem pravěkých a středověkých sídelních komponent, je lidar schopen přesně zmapovat i nepatrné terénní převýšení a deprese, které často ani ze země nejsou rozeznatelné pouhým okem. Týká se to především starých polí, respektive záhonů a mezí, které v průběhu staletí vlivem pastvy a především orby zanikají. Pro zvýraznění sebenepatrnějších terénních elevací navíc slouží možnost použít stínování pomocí uměle nastavovaného azimutu a sklonu zdroje světelných paprsků („digitálního slunce“). Na tomto principu se již více než osmdesát let provádí letecký archeologický průzkum, založený na prospekci a fotodokumentaci tzv. stínových příznaků – tedy dlouhých stínů vrhaných reliéfními pozůstatky nemovitých památek za nízkého slunečního světla (tj. za úsvitu či před soumrakem).

Ve srovnání s leteckou fotografií nabízí tedy lidar dvě zásadní technická vylepšení. Tím prvním je „snímkování“ a velmi přesné kopírování (mapování) terénního reliéfu jak v otevřené, tak v zalesněné krajině; tím druhým možnost provádět laserové skenování terénu v kteroukoli denní dobu a přitom si získané snímky nastavit tak, jako by byly pořízeny za ideálních světelných podmínek. Navíc je třeba zdůraznit, že možnosti lidarů se významným způsobem dají zhodnotit zpracováním jím pořízených dat v prostředí GIS s jeho škálou analytických postupů a možnostmi trojrozměrného zobrazení krajiny.<sup>31</sup>

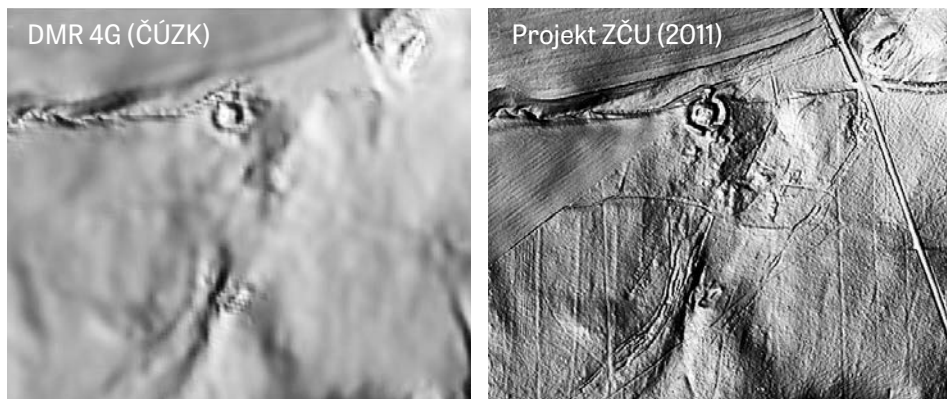
Aplikace lidarů a využití jeho potenciálu ve výzkumu pravěké a historické krajiny se slibně rozvíjí a již dnes je jasné, že laserové skenování se dříve či později stane nejefektivnějším způsobem průzkumu a dokumentace kulturní/historické krajiny – tedy takového prostředí, v němž jsou na povrchu terénu zachovány relikty pradávných lidských aktivit spojených se sídlením a exploatací krajiny, například příkopy a valy pravěkých hradišť, mohylová pohřebiště, zaniklé středověké a novověké vesnice a jejich pluzžina, opuštěné těžební areály, rybníky, komunikace, milíře, polní opevnění. Tyto druhy nemovitých památek jsou v naprosté většině případů zachovány v zalesněných terénech (v mnohem menší míře v otevřené krajině), která je ale ušetřena dlouhodobě praktikované orby. Ta má na většinu antropogenních pozůstatků nejvíce devastující účinek. Jak ovšem dokládají aktuální výsledky leteckého laserového snímkování, je možné i v zemědělsky dlouhodobě kultivované bezlesé krajině tímto způsobem detekovat a dokumentovat některé památky, ačkoli vizuálním povrchovým průzkumem jejich stopy nenevidujeme. Může se přitom jednat dokonce i o časově velmi vzdálené areály a objekty (např. pravěká pole v okolí proslulého megalitického objektu Stonehenge),<sup>32</sup> ačkoliv většinou jde spíše o areály, k jejichž destrukci došlo relativně nedávno (příklad raně moderního opevnění severně od Terezína je představen v další kapitole).

V České republice se teprve nedávno naskytl možnost aplikovat zde prezentovanou sofistikovanou metodu výškopisného mapování pro potřeby výzkumu české pravěké a historické krajiny, otestovat možnosti, které pro jejich identifikaci, evidenci a dokumentaci tato metoda nabízí a zhodnotit její efektivitu z hlediska vynaložených prostředků a kvality dosažených výsledků. Prvním projektem realizovaným na území České republiky, který v plné míře směřuje k testování možnosti leteckého laserového snímkování v podmínkách české

31 K možnostem lidarů v krajinné a sídelní archeologii naposledy přehledně Simon CRUTCHLEY – Peter CROW, *The light fantastic. Using airborne lidar in archaeological survey*, Swindon 2010; v naší odborné literatuře přehledně Martin GOJDA, *Lidar a jeho možnosti ve výzkumu historické krajiny*, AR 57, 2005, 806–809.

32 Robert BEWLEY – Simon C. CRUTCHLEY – Colin A. SHELL, *New light on an ancient landscape: lidar survey in the Stonehenge World heritage Site*, *Antiquity* 79, 2005, s. 636–647.





**Obr. 2** Štíhlíce (okr. Kolín), zaniklá ves, hospodářský dvůr, část plužiny (?) a tvrziště Lažany. Srovnání kvality prostorového rozlišení digitálního modelu reliéfu (DMR) 4. generace (který je možno za poplatek objednat u Českého úřadu zeměměřického a katastrálního) a DMR téže lokality vytvořeného v rámci projektu *Potenciál archeologického výzkumu krajiny ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímkování (LIDAR)*. Průměr okrouhlého tvrziště činí asi 60 metrů; areál byl skenován koncem března 2011. Katedra archeologie Západočeské univerzity v Plzni.

krajiny a ke zhodnocení jeho budoucí role v oblasti heuristiky (identifikace a evidence), mapování a dokumentace území s výskytem nemovitých památek je *Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3-D snímkování (LIDAR)*. Nedávno ukončený projekt, jehož nositelem byla Západočeská univerzita v Plzni (resp. Katedra archeologie tamní Fakulty filozofické), 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).<sup>33</sup>

Pro výzkum české historické krajiny má ovšem zásadní význam skutečnost, že v nedávné době zahájila Česká republika tvorbu nového výškopisného mapování státu. Vzhledem k nedostatkům a v některých ohledech i k zastaralosti

a malé přesnosti dosud využívaných datových modelů ZABAGED a tzv. digitálních modelů reliéfu dvouapůlté a třetí generace bylo koncem minulého desetiletí rozhodnuto vytvořit novou kvalitní geografickou datovou infrastrukturu, jednotnou a standardizovanou pro celé území České republiky. Ta má sloužit potřebám armády, krizových štábů (modelování přírodních jevů), orgánů státní správy a územní samosprávy a pro mezinárodní účely ve smyslu požadavků evropské směrnice INSPIRE. Dlouho očekávané celoplošné laserové skenování České republiky bylo nedávno zahájeno v rámci projektu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany České republiky a Ministerstva zemědělství České republiky<sup>34</sup> a lidarové snímky ve formě DMR – zatím pouze v omezeném rozlišení tzv. čtvrté generace výškopisu České republiky – je možné objednat u ČÚZK, je podle všeho zřejmé, že ke zpřístupnění první série snímků s výrazně vyšším rozlišením (tzv. páté generace /srov. obr. č. 2/) tímto způsobem pořízených lidarových dat dojde zhruba za 1–2 roky.

## ZÁVĚR: VÝHODY INTEGRACE ROZLIČNÝCH DRUHŮ DAT DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU DO STUDIA KULTURNÍ KRAJINY MINULOSTI

Dosavadní zkušenosti ukazují na jednoznačně pozitivní přínos dat dálkového průzkumu pro evidenci, dokumentaci a mapování jak dílčích kategorií kulturní krajiny, tak i větších krajinných celků ovlivněných více či méně rozsáhlými aktivitami člověka. Z předchozích kapitol je dobře patrné, že v současné době (a o to víc v blízké budoucnosti) představují tato data širokou škálu kvalitativně rozmanitých pramenů, uložených v početně velmi rozsáhlých souborech. Každý z nich disponuje – byť v různé velké míře – informacemi, bez nichž se výzkum pravěké a historické krajiny prakticky neobejde. Prokazatelný význam má v tomto smyslu jejich potenciál zachytit v podobě obrazu tvar/formu, velikost, umělecké ztvárnění a stav zachování dokumentovaných památek a jejich prostorový kontext. Kromě tohoto vizuálního aspektu je samozřejmě také třeba zmínit jejich kartografický rozměr, který naprostou většinu z nich opravňuje být základním prvkem mapování, k čemuž ostatně měřické letecké fotografie slouží kontinuálně od dob 1. světové války, u nás pak od meziválečného období. Pro 3D vizualizaci kulturních krajín má význam práce s tzv. stereodvojci (kolmé snímky pořizované s určitým překryvem umožňují, aby je pomocí stereoskopu bylo možné pozorovat a analyzovat v trojrozměrné podobě), pro přímé výškopisné mapování

<sup>33</sup> Podrobně k jeho průběhu a dílčím výsledkům Martin GOJDA – Jan JOHN – Lenka STARKOVÁ, *Dálkový archeologický průzkum a 3D mapování krajiny pomocí lidarů. Dosavadní průběh a výsledky prvního českého projektu*, AR 63, 2011, s. 680–698.

<sup>34</sup> Karel BRÁZDIL, *Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky*, *Geodetický a kartografický obzor* 55/97, 2009, s. 145–151.





**Obr. 4** Soustava polního opevnění severního předmostí Terezína identifikovaná v roce 1997 díky vegetačním příznakům na obilí (ječmen). Fotografie byla pořízena 30. 7. 2002. Pohled od jihovýchodu. Všechny zde použité šikmé letecké snímky byly pořízeny autorem ve výšce 250–300 m nad terénem.



**Obr. 5** Polygonální luneta, situovaná bezprostředně u severního břehu Labe jižně od fortu č. IV (obr. 3). Její půdorys je vykreslen prostřednictvím odlišného zbarvení obilí, rostoucího nad jejím obvodovým příkopem (vegetační příznaky).

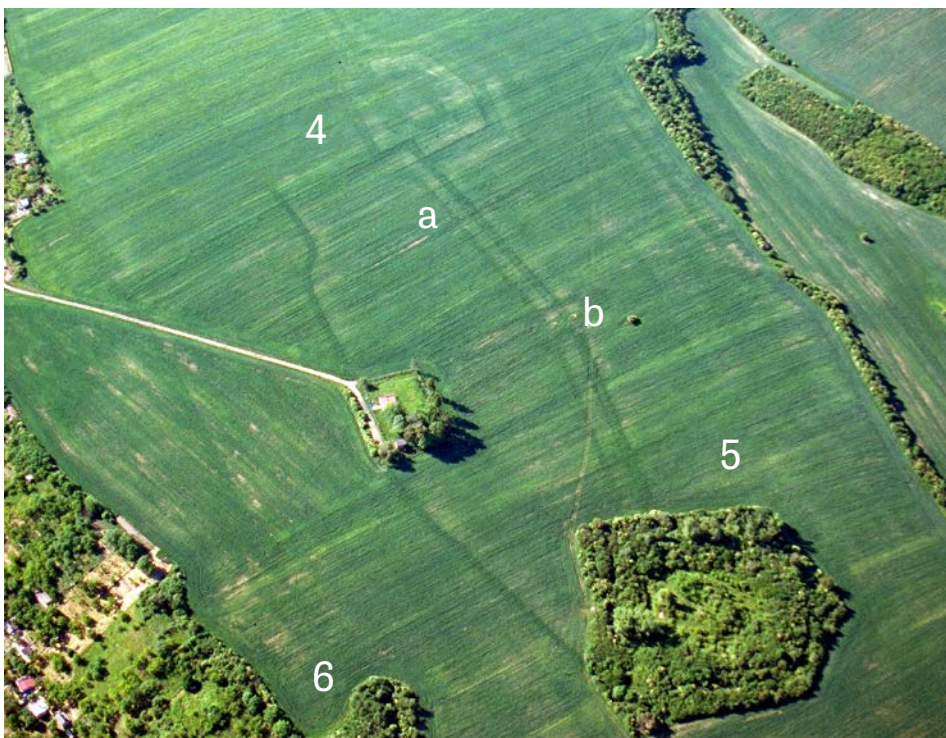


**Obr. 6** Letecký měřický snímek zachycující celkový stav opevnění v polovině padesátých let 20. století (1954). V této době byly ještě všechny forty včetně spojovací linie zachovány v terénním reliéfu; interní část (plocha uvnitř valů, nikoliv obvodový příkop) některých z nich (zřetelně objekt 2 a 5) byla již částečně zavezena. Fotografie mimo jiné dobře dokládá, jak v okolí opevnění stále ještě převládá starší mozaika menších soukromých polí, již teprve později vystřídaly velké plochy polí státních statků a zemědělských družstev Zdroj: VGHMÚř (dostupné na <http://kontaminace.cenia.cz> – projekt NIKM).

obr. č. 6). V současné době je objekt 4 zcela odstraněn a prostor, který zaujímal, se stal součástí okolního pole. Do nedávné doby vládlo přesvědčení, že jeho pozůstatky jsou spolu se spojovacím příkopem dokonale zplanýrované a vlivem trvale aplikovaných agrotechnických postupů (orba, vláčení) zachytitelné půdorysně pouze prostřednictvím porostových příznaků, fotograficky dokumentovaných při leteckém průzkumu – poprvé v roce 1997 (srov. obr. č. 4 a 7). Tento předpoklad se zdály potvrzovat také pozemními snímky, které autor tohoto příspěvku pořídil na lokalitě v posledních letech; povrch pole, na němž je umístěn fort 4, nese vizuálně jen stěží patrné nerovnosti, které dokládají existenci zaniklého objektu (srov. obr. č. 8). Teprve výpověď dvou dalších pramenů z oblasti dálkového průzkumu doložila, že popisované objekty jsou ve skutečnosti stále ještě zachované ve velmi nízkém reliéfu a ani po dvě až tři desetiletí trvající orba je nedokázala úplně zarovnat s okolním terénem (ostatně podobného zjištění bylo dosaženo např. po provedení detailní plošné nivelace čtyřúhelníkového ohrazení z doby železné u Rakovic na Písecku, které bylo také indikováno na povrchu pole prostřednictvím vegetačních

Ještě na vojenských topografických mapách (souřadnicový systém S-42) z roku 1977 jsou zachyceny pevnosti 3–5 (včetně spojovací linie dvojitého příkopu) jako v terénu zachované objekty (těžko ovšem říci, v jakém stavu zachovalosti se ve skutečnosti nacházely) a tento stav je zachycen také na leteckém měřickém snímku z poloviny padesátých let minulého století (srov.

Plzeň 2008, s. 9–20; stručně o tomto obranném systému v kontextu tereziánské pevnosti Vladimíra RÁKOSNÍKOVÁ, Historické plány pevnosti Terezín ve vídeňském Kriegsarchivu – archivní studie, Zprávy památkové péče 69, 2009, s. 376–384, zde s. 382.



**Obr. 7** Detailní pohled na pevnosti 4–5 (a část redanu č. 6), na dnes již zaniklou spojovací linii opevnění a cestu, vedoucí paralelně s příkopem z jižního okraje fortu 5. a – cesta; b – příkop (vegetační příznaky). Pohled od jihovýchodu, výřez z obr. č. 4.

příznaků).<sup>36</sup> Nejprve byl tento fakt zjištěn během průzkumného letu koncem prosince 2009, kdy se díky poloze slunce, které se v té době nacházelo těsně nad obzorem, podařilo pořídit šikmé fotografie zkoumaného opevnění, které mají velkou výpovědní hodnotu. Extrémně nízko situovaný zdroj světelných paprsků dokázal i u vizuálně nerozpoznatelných terénních nerovností vykreslit pomocí tzv. stínových příznaků přesný půdorys zaniklého fortu i ostatních zdánlivě zcela zarovnaných součástí opevnění (srov. obr. č. 9). Nepatrná, přesto určitá nejistota, zda se nejedná spíše o půdní než o stínové příznaky, vzala za své, když v rámci již zmiňovaného projektu Západočeské univerzity v Plzni došlo k pořízení lidarových snímků celého tohoto systému předsunutého opevnění (srov. obr. č. 10).

<sup>36</sup> Martin KUNA – Martin TOMÁŠEK, Povrchový výzkum reliéfních tvarů, in: Nedestruktivní archeologie, red. Martin Kuna, Praha 2004, s. 237–296 (obr. 7.1).



**Obr. 8** 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 (zelený lesík na horizontu nad písmenem B) a k zaniklému fortu 4 (C), který se jeví jako světleji zabarvená mírná terénní vlna. Foto autor (25. 3. 2011).

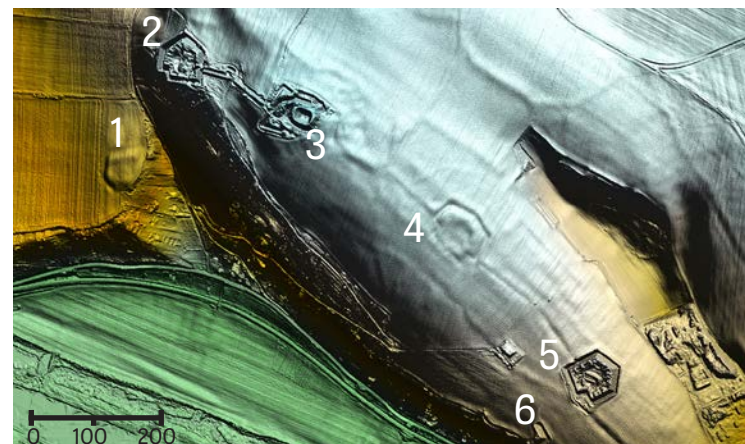
Někde na půli cesty procesu zániku se nachází objekt 3, z něhož byla dosud odstraněna pouze asi čtvrtina, opět zachytitelná pomocí vegetačních příznaků. V tomto případě se jeví jako tmavší klikatá linie v odstraněném jihovýchodním nároží fortu (srov. obr. č. 4, vpravo od číslice 3). Na leteckých snímcích vidíme dobře také zaniklou cestu sledující jižně od pevnostního systému jeho západovýchodní osu. Vychází z objektu 5 a západně od něj na ní nasedá ohrazený prostor zhruba čtvercového půdorysu (srov. obr. č. 7, v jeho středu), který v dobové projektové dokumentaci není zaznamenán a je tedy pravděpodobně mladší a s předmostím terezínského pevnosti nesouvisí. Porostové příznaky vykreslily také zaniklou redutu č. x (srov. obr. č. 5), která se na celkovém plánu pevnostního systému (srov. obr. č. 3) nachází na pravém břehu Labe přímo pod objektem 4.

Informace obsažené v datech, které byly pořízeny několika metodami dálkového průzkumu (letecké kolmé/měřické fotografie, šikmé snímky pořizované fotoaparátem držným v ruce z nízko letícího letadla, digitální model reliéfu získaný pomocí dálkového laserového skenování, topografická mapa), pomohly v případě terezínského předsunutého pevnostního systému:

1. *Hodnotit stav této památky v době, kdy její celistvost byla v podstatě ještě neporušena, tedy přibližně jedno století po vybudování celého areálu (padesátá léta 20. století), a zachytit tak původní podobu jeho jednotlivých částí. Týká se to např. liniového útvaru propojujícího jednotlivé forte, který je možno na dotyčné*

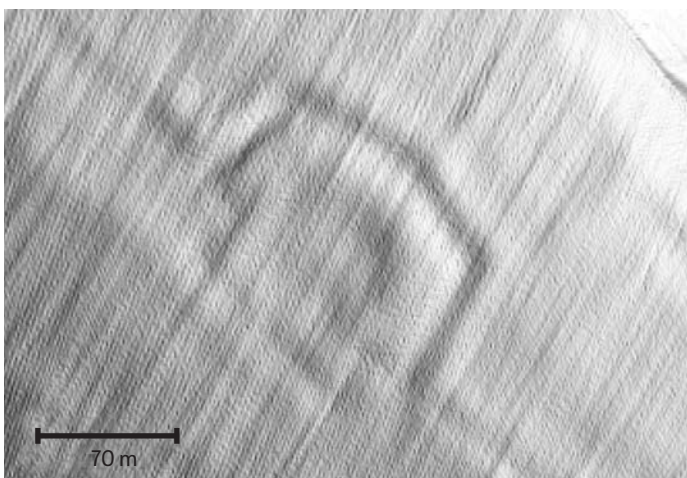


**Obr. 9** Předstunutá linie terežínského opevnění zviditelněná díky dlouhým stínům, zvýrazňujících i nepatrné rozdíly ve výšce terénního reliéfu, resp. zplanýrovaných valů a zaplněných příkopů. Foto autor (26. 12. 2009).



**Obr. 10** Digitální model reliéfu terežínského předstuného opevnění, který je výsledným produktem lidarového (leteckého laserového) snímování tohoto areálu (březen 2011). Dokonale reprodukuje aktuální stav celé památky, resp. jejích dílčích komponent. Zároveň je na něm výborně zachycena rozsáhlá síť zaniklých cest a naspů, z nichž některé byly pravděpodobně součástí popisovaného opeňovacího systému; severně a východně od fortu 3 jsou patrné stopy zásahů do povrchu terénu (těžba?). Osvětlení areálu – poloha digitálního slunce: severovýchod, 45° nad obzorem. Projekt *Potenciál archeologického výzkumu krajiny ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímování (LIDAR)*. Katedra archeologie Západočeské univerzity v Plzni.

**Obr. 11** Detailní pohled na fortové objekty 4 a 5 na historické kolmé fotografii z r. 1954 (výřez z obr. 6) umožňuje srovnání jejich tehdejšího a současného (obr. 7) stavu. Zdroj: VGHMÚř v Dobrušce (dostupné na <http://kontaminace.cenia.cz> – projekt NIKM).



**Obr. 12** Detailní pohled na zplanýrovaný fort 4 (vlevo), jehož půdorys je patrný ve velmi nízkém terénním reliéfu, při povrchovém průzkumu vizuálně téměř neidentifikovatelném. Jeho zviditelnění umožnilo nízké sluneční světlo pozdního zimního odpoledne (26. 12. 2009, 15:30 hod.). Vpravo je zachycena západní polovina objektu 5, který je zcela pokryt vzrostlou vegetací.

**Obr. 13** Digitální model reliéfu fortu 4 odvozený z lidarových dat. Tmavší zbarvení jeho centrální části svědčí o terénní depresi, podobně jako v případě obvodového příkopu (výřez z obr. 10).



**Obr. 14** Fotografie pořízená na dně obvodového příkopu fortu 5, který je dodnes prakticky zcela zakonzervován v původní podobě. Příkop obepíná tento objekt, jehož severojižní osa dosahuje délky cca 170 m, v délce půl kilometru. Foto autor (6. 4. 2007).

fotografii charakterizovat jako hlinitý násep (val), dnes prakticky zaniklý, k němuž po obou stranách přiléhá cesta. V kombinaci s výpovědí především šikmých fotografií (konkrétně těch, které zachycují porostové příznaky) a lidarového snímku lze původní situaci rekonstruovat tak, že linie přiléhající k valu na jeho severní straně je zasypaným příkopem (srov. obr. č. 7b), a linie na straně opačné byla nejspíše komunikací zahloubenou pod úroveň zdejšího terénu (srov. obr. č. 7a). Tato linie je na fotografiích, které ilustrují půdorys zahloubených částí pevnostního systému dokonale vykreslenými konturami, viditelně tenčí a odpovídá svojí šířkou linii paralelní, jižně situované a dnes zaniklé cesty, která ještě před půl stoletím byla funkční (srov. obr. č. 11).

2. *Sledovat postup destrukce jednotlivých objektů a aktivity, které tam probíhaly.* Z tohoto pohledu je nejzajímavější skupina fortů 3–5. Letecké snímky a digitální

## Změny funkcí české krajiny a jejich dopad na využití ploch. Modelová území Košťálkov, Abertamy – Hřebečná, Rudná, Živohošť, Moravské Slovácko

Venkovská krajina Česka byla po staletí jen pozvolna pozměňována ve směru stále narůstající rozlohy zemědělského využití. Jak uvádí Lipský, lesy pokrývaly na přelomu prvního a druhého tisíciletí asi 80 % rozlohy dnešního území Česka.<sup>1</sup> Od té doby se rozsah zemědělské půdy trvale pozvolna zvětšoval, přes občasné výkyvy, aby svého maxima dosáhl v devadesátých letech 19. století, kdy představoval přes 60 % rozlohy země. Zemědělská půda představovala dlouhou dobu klíčový přírodní zdroj a hlavní základnu bohatství společnosti. Nástup industrializace v konci 18. století se zásadním způsobem promítl do rozsáhlých změn všech sfér společnosti, kromě jiného i významným dopadem na charakter zemědělství a tím i krajiny a do způsobů jejího využití.

Modernizaci zemědělství provází rostoucí intenzifikace zemědělství za současné regionální diferenciaci a specializaci jednotlivých oblastí. Uvolnila se dominující lokální a mikroregionální uzavřenost zemědělské výroby a spotřeby. Nové způsoby hospodaření ovlivňující produkční specializaci jednotlivých farem byly vedle velikosti farmy závislé i na její poloze.<sup>2</sup> Po vytvoření nových dopravních systémů nadregionální a nadstátní úrovně bylo možné zemědělské přebytky úrodnějších oblastí (převážně levněji vyrobené) dopravovat na regionální, státní a dokonce mezistátní a mezikontinentální vzdálenosti. Zároveň se změnila organizace společnosti a její územní uspořádání, neboť se stále více prosazovaly urbanizační trendy.<sup>3</sup> Narůstající počet městského obyvatelstva vyžadoval

1 Zdeněk LIPSKÝ, *Krajinná ekologie pro studenty geografických oborů*, Praha 1999, s. 129.

2 Leoš JELEČEK, *Zemědělství a půdní fond v Čechách ve 2. polovině 19. století*, Praha 1985.

3 Jiří MUSIL, *Urbanizace v socialistických zemích*, Praha 1977.

model reliéfu odvozený z lidarových dat zde dokládají, že se k jejich (původně snad kompletnímu?) odstranění, resp. zplanýrování, zdejší lidé rozhodli ne dříve, než sto let po jejich vybudování. U těchto tří objektů máme doložen příklad (rozsáhlého) komplexu, jehož části prošly rozdílným procesem praktického zacházení generací, které jej zdědily jako nepotřebnou (a z praktických důvodů zřejmě nechtěnou) součást krajiny, v níž žily a již exploatovaly. Objekt 4 byl kompletně rozebrán a místo, kde stával, nenese po něm při pozorování terénu z povrchu země téměř žádné stopy změněného reliéfu (srov. obr. č. 8, 11, 12, 13). Podobný osud potkal také propojovací linii valu/příkopu/cesty a mimo sledovanou trojici fortů ještě také objekt 1. Naproti tomu fort 3, umístěný západně od předchozího, začal být rozebírán někdy v době mezi léty 1977 (vojenská mapa 1 : 50 000) a 1997 (nejstarší šikmé letecké fotografie) a to, jak bylo uvedeno v předchozím textu, v jihovýchodním nároží, kde se projevují vegetační příznaky zasypaného příkopu obíhající val tohoto fortu. Jeho planýrování ale bylo přerušeno, později byl v jeho jádře vybudován betonový bazén (pravděpodobně kvůli zásobování vodou rozsáhlé zahrádkářské kolonie situované na svahu terasy, na níž se celé opevnění nachází), jehož funkce ale skončila někdy před rokem 1997. Konečně objekt nejvýchodnějšího fortu (5), resp. jeho obvodové násypy a příkopy, zůstaly dodnes prakticky nedotčeny (srov. obr. č. 7, 14). Na fotografii z roku 1954 je patrné, že interiér objektu byl v té době již zčásti zavezen (nebo jeho zavážení v té době probíhalo; podobně tomu bylo u fortu 2) a konfrontace tohoto pramene se současným stavem dokumentovaným prostřednictvím lidarového snímku ukazuje, že se od té doby již nic dalšího s objektem nedělo a že tedy zůstal prakticky v původním stavu.

3. *Klást si otázku, proč a za jakých okolností došlo pouze k částečnému zplanýrování pevnostní linie a zda původní záměr směřoval k jejímu kompletnímu odstranění* (kvůli zemědělskému využití poměrně rozsáhlých ploch, které celý stavebně obranný systém pokrýval?). Pokud tomu tak bylo, lze se ptát, co způsobilo rezignaci na řešení tohoto problému. Odpovědi bychom mohli najít celou řadu, ale pravděpodobně lze vysvětlení hledat v přílišné časové a finanční náročnosti takového destruktivního projektu, k čemuž jejich realizátorům mohla (zásadním?) způsobem přispět zkušenost s kompletně provedenou likvidací fortů 1 a 4.

Je evidentní, že dalším krokem při hledání odpovědí na otázky kolem terezínského předsunutého opevněného systému by bylo zapojení výpovědi dalších druhů pramenných opor, a to psaných dokumentů, případně také osobního svědectví těch, kteří byli dlouhodobými pozorovateli či dokonce spolutvárci poválečných osudů této jedinečné památky, která se výrazně zapsala do tvářnosti zdejší krajiny. To je ale již téma jiného projektu, který by její příběh, sledovaný v tomto příspěvku prostřednictvím dat dálkového průzkumu, nepochybně obohatil.