



Akademie věd České republiky

**Teze doktorské disertační práce k získání vědeckého titulu
„doktor věd“ ve skupině věd historických**

**Archeologie a dálkový průzkum
Historie, metody, prameny**

Komise pro obhajoby doktorských disertací
v oboru archeologie

Jméno uchazeče: Martin Gojda

Pracoviště uchazeče: Archeologický ústav AV ČR, Praha, v.i.i

Praha, říjen 2016

ÚVOD

Dosavadní praxe a dosažené výsledky rozsáhle koncipovaných i skromnějších archeologických výzkumných projektů dokládají, že pro pochopení rozmanitých vztahů jak uvnitř minulých společností, tak i mezi nimi a okolním životním prostředím má zásadní důležitost práce s různorodými druhy pramenů. Především zkoumání sídelních forem a procesů, hustoty a struktury osídlení mladšího pravěku a středověku je nejproduktivnější v případech, kdy se do takového výzkumu zapojují jak rozmanité nedestruktivní postupy (takové, které se uplatňují buď na velké ploše – krajině, nebo naopak na malém prostoru, např. na pravěkém sídlišti), tak tradiční exkavační - dnes převážně vzorkovací - postupy. Jejich vzájemná kombinace přináší obvykle více světla do celkového poznání minulosti, protože do výzkumu dovoluje integrovat kvalitativně odlišná data. Každý z nich vypovídá obvykle o více či méně odlišných aspektech života minulých společností a přispívá tak k dosažení syntézy, založené na co nejúplnějších souborech pramenů.

Nedestruktivní (též neinvazivní) metody archeologického výzkumu tvoří v současné době důležitou složku nejen záchranných akcí, vyvolaných potřebou chránit archeologickou složku kulturního dědictví. V posledních letech postupně přebírají hlavní roli v teoreticky koncipovaných (tzv. badatelských) projektech založených na vyhledávání a shromažďování pramenů z oblastí, které nejsou ohroženy stavebními zásahy. Díky těmto projektům došla v posledních letech evropská archeologie k důležitému poznání. Zjistilo se, že stopy dávnověkých sídelních aktivit nejsou v prostoru rozmístěny v podobě jednotlivých nalezišť (lokalit), nýbrž že v sídelních zónách jsou rozprostřeny prakticky kontinuálně. To, co dřívější bádání považovalo za prázdný prostor mezi výraznými koncentracemi archeologických pramenů (zejména artefaktů - výrobků zhotovených lidskou

rukou), tedy mezi tzv. nalezišti - vykazuje všudypřítomné známky osídlení. K odhalení tohoto palimpsestu, těchto hustě rozmístěných památek pohřbených pod povrchem země nás může přivést pohled z výšky. Přitom v principu nezáleží na tom, pozorujeme-li krajinu vlastníma očima z letadla či z vyvýšeného místa přímo na zemském povrchu, anebo na obrazových datech pořízených z vesmíru, které si můžeme prohlížet v digitální podobě na osobním počítači. Za určitých okolností a při splnění některých podmínek se před námi vynořují celá sídliště, polní systémy, cesty a hranice, pohřebiště a kultovní areály, výrobní zařízení či pozůstatky pevnostních systémů. Rozborem těchto snímků a pomocí dalších metod terénního výzkumu můžeme určit, zda jednotlivé objekty byly propojeny vzájemnými vztahy a fungovaly současně, anebo jestli reprezentují využití krajiny v dobách navzájem vzdálených.

I. HISTORIE

I. 1. Detekce neznámého a vidění souvislostí. Vývoj a proměny dálkového průzkumu v novodobé historii

Pozorovat jakoukoli realitu z odstupů znamená vidět ji jednak v její celistvosti a jednak v kontextu okolního světa, což obecně vzato umožňuje nahlédnout její složitost. Přinejmenším to platí o pozorování tak komplexní složky reálného světa, jakou je povrch Země. Její nekonečně dlouhý vývoj byl kontinuálně ovlivňován přirozenými (geologickými, klimatickými) procesy a lidským impaktem, který z přírodního prostředí učinil kulturní krajinu. Tyto procesy formovaly charakter zemského povrchu a neustále proměňovaly jeho zdánlivou stabilitu a neměnnost. Jeho důležitou vlastností, jíž zásadním způsobem odhalil pohled z dálky, je schopnost uchovat a za určitých podmínek zviditelnit stopy svého předchozího vývoje a minulých podob, a to buď přímo v

terénním reliéfu či pod jeho povrchem. Čím starší jsou tyto stopy, tím hlouběji se nacházejí, čím hlouběji jsou uloženy, tím obtížněji – a často jen z většího odstupů – je možné je zachytit.

Základní etapy v historii dálkového průzkumu:

1. *konec 18. – první polovina 19. století:* první etapu charakterizuje balonová vzduchoplavba a provádění dálkového průzkumu bez použití záznamového média, resp. fotografického přístroje; 2. *Druhá polovina 19. století (1858 – 1909).* Tato etapa je vymezena datem pořízení první fotografie zemského povrchu z ptáčích perspektiv, resp. z balonu (1858) a nejstaršími známými snímky krajiny exponovanými z letadla těžšího než vzduch (1908-09).

3. *První polovina 20. století.* V tomto období začaly být pořizovány první fotografie exponované z letadla těžšího než vzduch, během 1. světové války došlo ke zkonstruování prvních výkonných leteckých fotografických kamer, později k zavedení fotomateriálů, umožňujících termální snímání terénu v infračerveném spektrálním pásmu; je vynalezen radar.

4. *Druhá polovina 20. století – současnost.* Toto 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 snímání, 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 snímání zařízení, tzv. skenerů, které díky svým technickým parametrům umožňují kontinuální, rychlý a bezpečný přenos dat z vesmíru na Zem. V souvislosti s těmito trendy se také šíří aplikace multispektrálního a později hyperspektrálního snímání.

Možnosti dálkového průzkumu jsou pak v posledních dvou desetiletích minulého století obohaceny o další důležité inovace. Jsou to navigační přístroje GPS, umožňující velmi přesné polohopisné a výškopisné fixování kteréhokoli místa na zemském povrchu prostřednictvím speciálního satelitního systému, dále geoinformační systémy (GIS), jejichž význam spočívá primárně v možnostech analytického zpracování geografických a prostorových dat (dálkového průzkumu) a v jejich grafickém vyjádření, a konečně tzv. (letecké) lidary, přístroje skenující pomocí laserových paprsků zemský povrch z výšky, čímž je možné dosáhnout velmi přesného trojrozměrné zmapování zemského povrchu – včetně míst pokrytých lesy.

I. 2. Letadlo, fotografie a průzkum z ptačí perspektivy – vznik a počátky (od konce 18. století do soumraku Belle Epoque)

Pravděpodobně nejstarší a z hlediska věrnosti zobrazení dobově nejdokonalejší ilustrace archeologických, resp. pravěkých nemovitých památek znázorněných imaginárně při pohledu z výšky, pořídil v první třetině 18. století významný anglický antikvář William Stukeley (monografie o Stonehenge, obsahující také pohled na tuto stavbu z výšky). Teprve v osmdesátých letech 18. věku se díky startům prvních balónů objevují nejstarší ilustrace zobrazující krajinu skutečně – nikoli imaginárně – viděnou a pozorovanou z ptačí perspektivy.

Z pohledu archeologie a výzkumu historické kulturní krajiny prostřednictvím dálkového průzkumu měla doba přelomu 19. a 20. století zásadní důležitost. Právě tehdy se poprvé uplatnilo přesvědčení o smysluplnosti dokumentovat z výšky stavebně historické památky, především starověké urbánní jednotky ve Středomoří a (jen s několikaletým zpožděním) pravěké a

středověké areály v severní polovině Evropy. I když se v celkovém pohledu jednalo o nemnoho prakticky dotažených akcí, byl to skutečný začátek éry dálkového archeologického průzkumu a leteckého snímkování v jeho prospěch.

I. 3. Dálkový průzkum Země, letecké a družicové snímkování ve službách vědy a vojenských složek: od první světové války po současnost

Tato kapitola sleduje proces, jímž se na pozadí rozvoje letectví, kosmonautiky a technologického pokroku v oblasti fotografického a elektronického záznamu ubíral rozvoj dálkového průzkumu, tedy vysoce kvalifikovaného sběru informací o povrchové vrstvě Země z odstupu stovek metrů až mnoha set kilometrů a jejich zhodnocení pomocí vyspělých zpracovatelských zařízení a interpretačních postupů.

I. 4. Základní vývojové etapy v používání metod dálkového průzkumu a fotografování nemovitých archeologických památek a historické krajiny z výšky

Tato kapitola je věnována historii hlavního tématu knihy, tedy sledování vývoje procesu směřujícího k poznání minulosti kulturní krajiny a v ní uchovaného archeologického dědictví prostřednictvím jeho identifikace a dokumentace z výšky. Přináší pohled do procesu tohoto poznání v průběhu postupného zdokonalování dvou základních nástrojů, které jsou jeho zprostředkovatelem, tedy létajícího zařízení a kamery. Jejich technický vývoj a postupné přibližování nakonec vedlo k jejich rozsáhlému uplatnění v rozličných oblastech vědy a výzkumu jak v civilní, tak ve vojenské oblasti, uplatnění založeném na potenciálu fotografie a letounu v jejich vzájemné kombinaci.

Text této kapitoly shrnuje nejdůležitější momenty v rozvoji ARS, sumarizuje jeho dílčí vývojové etapy v kontextu doby, v níž probíhal, a především s ohledem na základní trendy ve vědeckém rozvoji, jichž dokázal efektivně využít ve prospěch archeologického poznání minulosti. Vývoj oboru je v následující části této kapitoly rozčleněn do několika etap, jejichž začátky chápeme jako jeho historické mezníky, které znamenaly jeho posun v kvalitě a v teritoriálním rozšíření.

I. 4. 2. Počátky leteckého snímkování stavebně historických a archeologických památek a první objevy z výšky (od 19. století do začátku první světové války)

I. 4. 3. První světová válka: průlom do rozvoje dálkového průzkumu a jeho využití při odhalování relikvů historické krajiny

I. 4. 4. Mezi světovými válkami: vznik letecké archeologie a dynamický rozvoj metod vizuálního průzkumu krajiny z malých výšek

I. 4. 5. Dálkový archeologický průzkum do poloviny 20. století v Americe a na Dálném východě

I. 4. 6. Od druhé světové války do šedesátých let dvacátého století: intenzivní letecký průzkum a budování fotoleteckých archivů

I. 4. 7. Vývoj leteckoarcheologického průzkumu od šedesátých let do pádu Železné opony

I. 4. 8. Počátky a rozvoj družicové archeologie

I. 4. 9. Dálkový archeologický průzkum na přelomu tisíciletí.
Obecně můžeme poslední čtvrt století historie DAP označit za etapu, která pro tento obor otevřela zásadně nové možnosti.

Jsou spjaté především s novými či výrazně vylepšenými technologiemi, resp. se zařízeními určenými ke sběru dat (jejich efekt spočívá zejména ve výrazném zvýšení rozlišovacích schopností dat dálkového průzkumu) a se softwarovými produkty využitelnými k jejich analýze a ukládání. Ve stručném přehledu uvedme alespoň *družicové snímky s velmi vysokým (submetrovým) rozlišením*, které pořizují družicové systémy provozované soukromými společnostmi a které se také u nás dočkaly zasloužené pozornosti, *laserové letecké snímače známé pod označením LiDAR* a *skenery pro termovizní infračervené snímání terénního povrchu*. Nezpochybnitelný význam má také zveřejnění a bezplatná dostupnost dat dálkového průzkumu Země (letecké a satelitní snímky) na internetových portálech (např. Google Earth, který byl spuštěn roku 2005, nebo český mapový server <http://www.mapy.cz>), prezentovaných většinou formou (georeferencovaných) ortofotomap. Velkou důležitost pro zefektivnění práce během průzkumných letů má uvolnění amerického *navigačního družicového 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, které slouží k ukládání polohy snímače v okamžiku expozice snímku do jeho datové karty (u některých aparátů jsou již jejich integrální součástí).

Připomenout je také třeba zásadní rozšíření možností pro zpracování dat dálkového průzkumu prostřednictvím *geoinformačních systémů (GIS)*, 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 fotoarchívů.

Pokud bychom chtěli charakterizovat ohraničení poslední etapy našeho přehledu na jejím konci, pak by jím nepochybně byl vstup již zmiňované revoluční technologie leteckého lidarů (dálkového laserového skenování) do archeologie. Proces jeho extenzivního rozšiřování a uplatňování v tomto oboru začal v polovině minulého desetiletí a dosud pokračuje.

I. 4. 10. České země 1990 – 2015

Uvolnění restriktivních opatření v oblasti leteckého snímkování po r. 1989 se stalo bezprostředním podnětem k zahájení úvah o možnosti zapojit konečně letecký průzkum a fotografování do praxe české archeologie. V současnosti – dvacet pět let po zahájení programu letecké archeologie a po její integraci do činnosti ústředního archeologického pracoviště - konstatujeme, že tato disciplína se stala uznávanou součástí české archeologie a evropského dálkového archeologického průzkumu. Jejím využití se dnes v naší zemi v různé míře věnovalo a věnuje zhruba deset pracovišť (Archeologický ústav AVČR, ústavy archeologické památkové péče, muzea), tři univerzitní katedry mají kurz letecké archeologie ve svém studijním programu.

II. METODY

II. 1. Úvod. Definice dálkového průzkumu v archeologii a studiu historické krajiny, jeho základní charakteristiky, terminologie a teoretické základy

Činnosti spojené s interpretací obrazových pramenů, s vizuálním archeologickým průzkumem krajiny a pořizováním dokumentačních snímků (archeologických, stavebně historických) památek z výšky lze označit souhrnným pojmem **dálkový archeologický průzkum (DAP)**. Pojem DAP integruje kromě letecko-archeologických aktivit také práci s (obvykle digitálními) obrazovými daty pořizovanými většinou z velké výšky (jednotek až stovek kilometrů) prostřednictvím přístrojů, jejichž nosičem jsou buď speciálně k tomu uzpůsobená letadla, raketoplány nebo družice; v poslední době se stále častěji uplatňuje také průzkum z malých výšek pomocí dálkově řízených létajících prostředků se snímacími přístroji upevněnými na jejich konstrukci (drony, UAV, oktoptéry apod.). Tato data jsou produktem dálkového průzkumu Země (DPZ), mezioborové disciplíny, jejímž úkolem je získávat informace o Zemi pro rozličná odvětví vědy. Její podstata spočívá v bezkontaktním sběru informací o terénu a objektech na něm ležících. Na rozdíl od klasické letecké fotogrammetrie, která se zabývá především geometrickým zpracováním obrazových záznamů (ortorektifikace a georeference), DPZ sleduje v první řadě interpretační, sémantickou stránku dat.

Dálkový archeologický průzkum chápeme jako obor, který ve své náplni integruje *dva aspekty: průzkumný a dokumentační*. Takovéto vymezení DAP předpokládá, že vedle vlastní prospekce archeologických objektů a komponent nás zajímají i ty kategorie kulturní krajiny, které není třeba detekovat (z

výšky identifikovat), protože jsou více či méně dobře zachované a viditelné. Jsou to např. historická jádra měst a vesnic, jejich plužiny, opevněná sídla, komunikace aj. V tomto pojetí je dálkový archeologický průzkum nedílnou součástí krajinné archeologie a historie. Poznatky získané metodami DAP jsou pro analýzu a rekonstrukci zaniklé krajiny v mnoha případech rozhodující, protože díky jejich velkému prostorovému záběru lze s jejich pomocí hledat a rekonstruovat vazby mezi sídelními jednotkami, jejich hospodářským zázemím a okolním přírodním prostředím.

Všechny prameny archeologického poznání, 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 uskutečňovaném z malé výšky (letecké fotografie, lidarová data) nebo z vesmíru (satelitní snímky). Z toho vyplývá, že aktivity týkající se obrazových pramenů pořizovaných z výšky a používaných k různým archeologickým účelům (výzkum, ochrana památek, resp. prospekce, dokumentace a mapování) jsou data dálkového průzkumu. Z tohoto pohledu se jeví jako nejvhodnější termín označující tyto aktivity **dálkový archeologický průzkum (DAP)**. Zahrnuje *leteckou archeologii (vizuální letecký průzkum a šikmé snímkování), analýzu a interpretaci vertikálních fotografií, panchromatických, multispektrálních a hyperspektrálních, termálních snímků a lidarových (event. dalších) dat, jejich transformaci do map a plánů a konečně ukládání do archivů a databází.*

II. 2. Cíle dálkového archeologického průzkumu. Potenciál, základní charakteristiky a využití dat DAP

Informace získané některou z metod DAP slouží primárně potřebám studia pravěké a historické (míněno středověké, novověké a industriální) krajiny a pozůstatků aktivit člověka v ní. Za hlavní cíle tohoto oboru považujeme:

1. plošný průzkum krajiny z výšky, sledující identifikaci dosud neevidovaných archeologických památek, buď částečně zachovaných, nebo nezachovaných v podobě terénního reliéfu;
2. dokumentaci kulturní krajiny, zejména rozmanitých kategorií nemovitých památek, ale také reliktnů původního přírodního prostředí a projevů tafonomie krajiny – zejména takových, které mají vztah k uspořádání minulých lidských sídel;
3. získávání informací z leteckých a družicových snímků, pořizovaných za jiným účelem než je archeologická prospekce a studium historické krajiny;
4. evidenci, uložení a odbornou analýzu získaných dat, jejich využití v teoreticky založeném výzkumu minulosti a v ochraně kulturního dědictví. V této oblasti se data dálkového archeologického průzkumu využívají zejména k řešení otázek sídelní a krajinné archeologie, tj. např. k výzkumu způsobů využití krajiny a ke studiu forem sídel, hustoty osídlení a struktury sídelních areálů v minulosti.

DAP rovnoměrně přispívá do třech základních oblastí, které charakterizují náplň soudobé archeologie. Tyto oblasti jsou:

(1) *Tvorba pramenné základny.* DAP, v dlouhodobém ohledu především letecký průzkum, významně rozšiřuje heuristické možnosti archeologie.

(2) *Řešení teoretických témat.* Dálkový archeologický průzkum není jen souborem čistě prospekčních metod,

předcházejících terénnímu výzkumu, nýbrž autonomní disciplínou sledující svěbytné poznání archeologických pramenů. Bývá nedílnou součástí výzkumu zaměřeného na poznání regionálních dějin osídlení, sídelní dynamiky, na identifikaci uzlových bodů pravěké sídelní sítě a analýzu vztahů mezi areály. Možnosti DAP k řešení takových témat jsou často rozhodující v tom smyslu, že jejich metodami shromažďované prameny přinášejí soubor dat (jehož vlastnostmi jsou především početnost a různorodost), který v určitém krajinném prostředí (např. na dobře vyvinutých říčních terasách nebo mělkých křídových půdách) nelze obvykle jiným způsobem shromáždit.

(3) *Ochrana kulturního dědictví.* Cílem letecko-archeologických projektů zaměřených na ochranu a dokumentaci nemovitých archeologických a stavebně historických památek je systematické monitorování zájmového území, vyhledávání a evidence dosud neznámých historických objektů a jejich dokumentace (a to jak v detailu, tak v krajinném kontextu) pomocí fotografie, případně filmu. Letecké snímkování slouží jednak ke sledování stavu památek, resp. změn, k nimž u nich v průběhu času dochází, jednak k jejich možné identifikaci na zemi (v terénu) a k zaměření jejich polohy. To umožňuje zkvalitnit praktickou a legislativní ochranu nemovitých památek.

II. 3. Principy zviditelnění pozůstatků minulých lidských aktivit (nemovitých památek)

Prakticky každý umělý zásah do povrchu země zanechává stopy, které jsou buď trvale (dlouhodobě) nebo příležitostně identifikovatelné. Skutečnost že tyto stopy jsou mnohem lépe než z pohledu ze země zjistitelné při pozorování z výšky a že velký odstup od povrchu terénu zároveň umožňuje vyčlenit z nestrukturované změti různorodých interferencí na zemském

povrchu jednotlivé složky (objekty, komponenty) je hlavní příčinou vzniku a rozvoje DAP. K rozpoznání principu zviditelnění stop minulých lidských aktivit díky jejich specifickým vlastnostem a efektům, vzniklým jako výsledek postdepozičních procesů, došlo již před mnoha staletími.

Příznaky, které indikují nemovitě objekty (na povrchu země v destruované podobě, resp. zahloubené pod povrch), můžeme rozdělit na *přímé* a *nepřímé (zástupné)*. Přímé indikátory se projevují jednak odlišným zbarvením půdy nad objekty, které jsou zcela ukryty pod povrchem země (tzv. *půdní příznaky*), jednak světelnými efekty – stíny – které kopírují reliéf terénu včetně reliktních tvarů objektů antropogenního původu (tzv. *stínové příznaky*). Do druhé skupiny řadíme příznaky, které jsou výsledkem zviditelnění pod terénem pohřbených antropogenních objektů díky jejich ekofaktovým vlastnostem, zejména obsahu živin a rozdílné teplotě výplní. Sem řadíme především *příznaky porostové* (vegetační) a dále např. *vyprahlostní, sněžné a vlhkostní*.

Během poměrně intenzivního, téměř čtvrt století probíhajícího letecko-archeologického průzkumu širokých říčních údolí a teras v nížinách české kotliny, prováděného autorem v rámci vědecko-výzkumného programu Archeologického ústavu AV ČR, byla získána řada poznatků, týkajících se procesu tvorby vegetačních příznaků – které jsou absolutně nejčastějším indikátorem pod zemí ukrytých objektů - na různých druzích kulturních plodin. Při pokusu o zobecnění dosavadních zkušeností můžeme konstatovat, že žádná z identifikovaných lokalit nebyla zviditelněna porostovými příznaky v každém roce, v němž probíhala prospekce. Na některých lokalitách byly porostové příznaky pozorovány 2-3 roky po sobě, na jiných pouze každý třetí až pátý rok. V průměru přinesla pozorování při každoročně opakovaných náletech na zhruba 50 vybraných lokalit doklady o zviditelnění pohřbených objektů archeologického původu třikrát až čtyřikrát v

desetiletém cyklu. Nejlépe zviditelňovaly podpovrchové objekty ječmen a vojtěška, slaběji pšenice a jen ojediněle – v případech hlubokých a širokých příkopů – kukuřice. Oproti dřívějším obavám o slabém potenciálu řepky olejné se ukázalo, že je potřebné provádět systematický průzkum i nad ní. V době vrcholného rozkvětu této plodiny byly v ojedinělých případech zachyceny velmi dobře linie a ohrazení (včetně hrobové jámy uprostřed), které bylo možné pozorovat – i když nezřetelně - i po odkvětu. Naše zkušenosti ukazují, že frekvence výskytu a kvalita zviditelnění objektů jsou nejvíce závislé na mocnosti ornice, resp. na jejím úbytku vlivem eroze. Dokladem toho je pozemní měření mocnosti ornice na některých polohách, kde se porostové příznaky objevovaly častěji než každý druhý rok (např. Straškov 1 – poloha s jejich absolutně nejčastějším – téměř každoročním - výskytem, Ledčice 2, Rovné 1), a to na různých druzích obilovin. Méně jasné jsou důvody absence porostových příznaků po většinu mnohaletého letecko-průzkumného cyklu u některých lokalit, kde objektivní podmínky pro jejich výskyt byly splněny (suché klima, vhodné plodiny), ale přesto se nad těmito lokalitami objevily pouze výjimečně (např. Ledčice 1, Jiřice 1, Tišice 4). Několik málo lokalit (např. Skupice 1 s evidovaným rondelem a půdorysy nadzemních dlouhých neolitických domů; Jiřice 1 s malým dvojitým příkopovým ohrazením) bylo opakovaně zviditelněno během prvních pěti – deseti let, ale potom se na nich příznaky mnoho let (8 – 10) nevyvinuly, a teprve v posledních dvou – třech letech se opět projevíly.

II. 4. Druhy dálkového archeologického průzkumu a data jimi dosažená

Tato kapitola se podrobně věnuje jednotlivým aspektům aktivních a pasivních postupů při získávání, zpracování a interpretaci obrazových dat pořizovaných z výšky jak speciálně pro potřeby výzkumu minulosti (přesněji za účelem

výzkumu minulých podob kulturní krajiny a stop lidských sídelních aktivit), tak pro potřeby jiných oborů (jimi získané produkty je možno využít, tj. analyzovat a interpretovat, pro účely archeologie a historie).

II. 4. 1. Aktivní pozorování zemského povrchu formou vizuálního letecko-archeologického průzkumu

Tradiční pojetí dálkové archeologického průzkumu lze prakticky ztotožnit s pojmem letecká archeologie. Od dob zrození a průkopnických počátků intencionálně prováděné fotoletecké dokumentace stavebně historických a archeologických památek v časech první světové války, a v poválečné době na ni navazujícího průzkumu, byl až do poslední třetiny dvacátého století tento způsob jedinou možnou cestou, která nabízela archeologům pohled na krajinný palimpsest z výšky a umožňovala jim odhalovat vrstevnatý odraz lidského impaktu ukrytý v povrchové vrstvě země. Ještě donedávna byl vizuální letecko-archeologický průzkum z malých výšek bezkonkurenčně nejdůležitější metodou DAP a šikmé letecké fotografie jakožto produkt tohoto způsobu prospekce nejčastěji využívaným pramenem archeologického poznání pořizovaným z výšky. Teprve od počátku našeho století, kdy se začala pořizovat družicová data s velmi vysokým rozlišením, kdy se objevila metoda dálkového laserového skenování velkých geografických celků a poté, co družicové snímky a kolmé letecké fotografie doslova zaplavily internetové mapové servery, význam aktivního leteckého průzkumu poněkud poklesl.

Letecký archeologický průzkum (prospekce) z malých výšek je činnost zaměřená na vyhledávání, identifikaci, evidenci a dokumentaci pohřbených (skrytých pod povrchem země) a viditelných (patrných v terénním reliéfu) pozůstatků historické krajiny antropogenního a přirozeného původu. Za určitých okolností je velmi efektivním (relativně rychlým, kvalitním a

nedestruktivním) způsobem získávání informací o charakteru a rozšíření lidských aktivit od pravěku do současnosti. Aby se informace získané leteckým průzkumem, které jsou uloženy na šikmých leteckých fotografiích, vědecky zhodnotily, musejí být náležitě zpracovány a transformovány ze své původní (tj. šikmým pohledem zkrácené) podoby.

II. 4. 2. Využití obrazových dat dálkového průzkumu Země

Zatímco šikmé letecké fotografie jsou v podstatě jediným druhem obrazových dat pořizovaných aktivně, tedy přímo, během vizuálního leteckého průzkumu prováděného archeologem, všechny ostatní produkty dálkového průzkumu použitelné při studiu minulosti jsou získávány prostřednictvím rozmanitých snímacích zařízení, připevněných na nosiči operujícím v požadované výšce a pracujícím obvykle v předem nastaveném a víceméně plně automatizovaném režimu. Na jejich pořízení se archeolog (krajinný historik) přímo nepodílí a informace o změnách způsobených na zemském povrchu minulými lidskými aktivitami jsou mu zprostředkovány v podobě analogových snímků a/nebo digitálních dat vyjádřených čísly či obrazy, vytvořenými jejich grafickým převodem. Přitom jak letadla, tak družice dnes mohou pro účely speciálního záznamu obrazových informací používat prakticky stejné technologie, např. vícepásmové skenery, digitální videokamery, radarové systémy, termovizní kamery. Jejich pozorování a interpretací tak archeolog provádí výzkum formálně odlišný od aktivního interpretačního průzkumu uskutečňovaného v průběhu prospekčního letu. Vzhledem k tomu, že dálkový průzkum pořizuje v naprosté většině případů obrazy rozsáhlých území celoplošně, nikoli výběrově (tak pouze tehdy, jedná-li se o jednorázové zakázky pro tematicky a teritoriálně zaměřené výzkumné projekty, jakým je např. letecké laserové skenování pro účely krajinné archeologie), můžeme mluvit o analytickém charakteru práce s těmito obrazy.

Obor, který se zabývá shromažďováním a zpracováním informací o jevech a objektech na zemském povrchu – a patří proto mezi geoinformační technologie - je u nás označován jako *dálkový průzkum Země* (DPZ). Je to soubor metod založených na fyzikálních principech, resp. na interakci elektromagnetického záření se zkoumaným objektem, přičemž data produkovaná DPZ jsou zpracovávána matematicko-fyzikálními postupy. DPZ je založen na automatizovaném sběru dat pomocí elektromagnetického záření, a to jednak fotografickými kamerami (dnes již prakticky nevyužívanými) a jednak přístroji nazývanými (obrazové skenující) radiometry (měřiče záření). Nositelem informace v DPZ je *elektromagnetické záření (radiace)* tvořené elektromagnetickými vlnami (podle druhu vlnových délek se jedná o data *panchromatická, infračervená, termální, mikrovlnná* aj.), přičemž jeho základním zdrojem je rotační pohyb atomů v molekulách. Přenos elektromagnetické energie zajišťují částice hmoty nazývané fotony. Záření je jednou z forem hmoty, jehož vnější projevy je možné popsat jako přenos energie a, spolu s ní, také informací prostřednictvím elektromagnetického pole vytvářeného hmotnými objekty.

II. 4. 3. Družicové snímkování, satelitní panchromatická a multi/hyperspektrál. data a jejich informační potenciál v současné archeologii

Žádná jiná forma DPZ nemá takový informační potenciál a není tak efektivní (především v rychlosti sběru komplexních dat, disponujících prostorovými a tematickými informacemi prakticky o každém místě na Zemi) jako průzkum vedený z vesmíru. Ten má na rozdíl od dalších forem DPZ výhodu dokumentovat jakoukoliv část Země v různém rozlišení a měřítku, navíc v dalších oblastech spektra než pouze ve viditelné části elektromagnetického záření (tedy v infračervené, tepelné a mikrovlnné). Je stále zřetelnější, že

také pro výzkum kulturní krajiny a archeologického dědictví je tento obor nezastupitelný – již pouze proto, že je to často jediná možnost, jak památky identifikovat (odhalit jejich dosud neznámou existenci), mapovat a dokumentovat. Mnohé (zejména plošně rozsáhlé) oblasti v odlehlých částech zeměkoule, které jsou z přirozených důvodů nepřístupné, podobně jako země, jejichž vládnoucí režimy neumožňují provádění jiné formy archeologického výzkumu a dálkového průzkumu, jsou v tomto ohledu plně závislé na datech kosmického DPZ.

Tato kapitola podrobně seznamuje s družicovými systémy používanými v DPZ, a to podle druhu a rozlišovacích schopností radio/spektrometrů, které jsou nainstalovány na jejich družicích (optické, radarové; snímky nižšího, vysokého a velmi vysokého prostorového rozlišení), dále se zpracováním a analýzou satelitních dat, s výsledky projektu autorova projektu, jehož náplní bylo srovnání potenciálu družicových snímků a šikmých leteckých fotografií na vzorku území ČR (Terezínská kotlina a severní břeh Labe, Kolínsko a údolí Chomutovky v Podkrušnohoří) a konečně s využitím družicových snímků v zahraničních projektech české archeologie.

II. 4. 4. Data dálkového průzkumu Země pořizovaná z letadel

Vedle šikmých leteckých snímků, které pořizují sami archeologové během průzkumných letů v malých výškách (a které proto nelze řadit k produktům DPZ, jejichž akvizice probíhá v kontinuálním automatickém režimu) se od samých počátků DAP využívají paralelně – v různých zemích a dobách s různou intenzitou – letecké fotografie kolmé (vertikální), označované nejčastěji jako letecké měřické snímky (LMS). Z hlediska způsobu jejich nabytí archeology jde o pasivní

způsob sběru primárních dat, který má oproti aktivnímu heuristickému přístupu řadu výhod i nevýhod. Jejich zpracování a zhodnocení pro potřeby archeologického výzkumu využívá kromě některých speciálních kroků stejných postupů, s nimiž se pracuje v případě šikmých fotografií. Kromě černobílých a barevných fotografií jsou však v současnosti letadla stále častěji využívána také k pořizování multi- a hyperspektrálních dat (zejm. v infračerveném a termálním pásmu, mimo viditelnou část spektra), takže práce s nimi je zase blízká práci s družicovými snímky.

II. 4. 5. Letecké laserové (lidarové) skenování

V průběhu první dekády tohoto století byla evropská archeologie svědkem nástupu a rychlého rozšíření nového fenoménu, který ve velké míře ovlivňuje prakticky všechny součásti procesu archeologického poznání sídelních aktivit člověka v minulosti. V oblasti terénního výzkumu - identifikace, dokumentace a mapování - nemovitých památek se v posledních letech stále výrazněji prosazuje moderní metoda leteckého skenování krajiny (LLS), známá ponejvíce pod anglickým akronymem LiDAR (lidar = Light Detection and Ranging) a zkratkou ALS (Airborne Laser Scanning). Podstatou jejího významu pro archeologii je dosažení georeferencovaného výškopisného záznamu antropogenních tvarů terénního reliéfu na zemském povrchu pomocí zařízení, které využívá energie světelného zdroje, koncentrovaného do formy laserových paprsků. Nástupem této komplexní technologie se zásadním způsobem obohacuje výzkum kulturní (pravěké a historické) krajiny. Je to zejména proto, že tímto způsobem realisticky zmapovaný a v trojrozměrném podání zviditelněný zemský povrch se prezentuje jako plocha rozsáhle poznamenaná jak přírodními procesy (např. změny v umístění říčních koryt/meandrů, erozivní a akumulační procesy), tak téměř nepřetržitým výskytem v reliéfu dochovaných stop dlouhodobého působení člověka, jako

skutečný palimpsest dokladů všech možných – výlučných i každodenních – činností našich předchůdců.

Aplikace leteckého lidarů se stává jedním z nejefektivnějších způsobů výzkumu takového prostředí, v němž jsou na povrchu terénu zachovány relikty minulých lidských aktivit spojených se sídlením a exploatací krajiny, například příkopy a valy hradišť, mohylová pohřebiště, zaniklé středověké a novověké vesnice a jejich pluzina, opuštěné těžební areály, rybníky, komunikace, milíře, polní opevnění atd. Zásadně významnou předností této metody dálkového průzkumu je její uplatnitelnost v zalesněném prostředí, kde jiné postupy v oblasti DPZ (většinou) selhávají.

Kolem poloviny minulého desetiletí se na území České republiky uskutečnily první kampaně cíleného skenování vybraných regionů pro potřeby vědecko-výzkumných projektů. První komplexně pojatý a metodicky koncipovaný projekt české archeologie zaměřený na využití potenciálu leteckého laserového skenování (LLS) zemského povrchu uskutečnila pod vedením autora v letech 2010-11 katedra archeologie Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni za finanční podpory Grantové agentury ČR. V České republice se jeho provedením naskytla možnost uplatnit vyspělou a na dlouhou dobu nepochybně nejkomplexnější metodu mapování krajiny s reliéfně dochovanými pozůstatky minulých lidských aktivit, a otestovat tak možnosti, které pro jejich identifikaci, evidenci a dokumentaci LLS nabízí. Shodou okolností pak bylo možné na konkrétním příkladu zhodnotit její efektivitu z hlediska vynaložených prostředků a kvality dosažených výsledků, a to v porovnání s náklady na pořizování dat pro tvorbu digitálního výškopisného modelu klasickou geodetickou cestou. Projekt *Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3-D snímání* tematicky navazoval na

tehdy již dvacetiletou tradici českého dálkového archeologického průzkumu.

II. 5. Metody a prameny prohlubující výpověď dat dálkového archeologického průzkumu

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. V současné době (a o to více 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, 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.

Potenciál dat dálkového průzkumu se znásobuje tehdy, je-li do procesu analýzy, interpretace a mapování integrováno více druhů těchto dat. Zkoumáme-li např. památku dochovanou v podobě antropogenního tvaru reliéfu, přináší využití vícero druhů dat dálkového průzkumu do celkové syntézy výrazně pozitivní efekt. Vzhledem k poměrně široké druhové škále neinvazivních metod a k jejich neustále rostoucí (technické) kvalitě je dnes dokonce řada archeologických výzkumů vedena výlučně jejich prostřednictvím.

Z nedestruktivních metod je v této kapitole stručně představen *výzkum antropogenních tvarů terénního reliéfu, povrchový*

průzkum sběrem, archeogeofyzika a archeobiologické metody, pozornost je věnována také potenciálu historické kartografie pro studium minulých krajín.

III. PRAMENY

III. 1. Zdroje fotoleteckých a družicových dat pro potřeby archeologie a krajinné historie

Obrazové prameny/data (letecké – kolmé a šikmé – fotografie, družicové a lidarové snímky), které jsou potenciálními nositeli informací o vývojových procesech kulturní krajiny a o projevech lidských (sídlních) aktivit, jsou v zásadě dvojího původu. Na jedné straně se jedná o prameny pořizované primárně se záměrem zachytit na nich archeologické památky a další projevy související se sídleními procesy a podobou krajiny v minulosti, na druhé straně o data pořizovaná z jiných než výše uvedených důvodů, která ale mají nemalý potenciál zachytit objekty odborného zájmu pro potřeby krajinné archeologie a historie. Následující kapitoly přináší přehled o kolekcích deponovaných v archivech leteckých fotografií, o jejich rozsahu, kvalitě zpracování a dostupnosti na internetových portálech, a to v globálním měřítku

III. 1. 1. Archívy spravované archeologickými, muzejními a památkovými institucemi

III. 1. 2. Archívy historických leteckých a satelitních snímků

III. 1. 3. Internetové mapové portály s leteckými a družicovými snímky (Google Earth, NASA World Wind, mapy.cz)

III. 2. Základní kategorie archeologických pramenů identifikovatelných dálkovým průzkumem

Základním parametrem, jehož prostřednictvím jsou při letecko-archeologickém průzkumu identifikována archeologicky pozitivní místa, je morfologie (tvar) objektů. Veškeré příznaky - ať přímé či nepřímé - se projevují tak, že kopírují půdorys objektu skrytého pod povrchem nebo reliéfně zachovaného v destruované podobě. Pro potřeby klasifikace útvarů evidovaných při leteckém průzkumu rozlišujeme dvě základní skupiny: bodové/plošné objekty, tj. útvary rozmanitých, většinou však geometricky pravidelných tvarů, a liniové objekty, tj. buď samotné linie, nebo liniemi vymezený prostor. *Klasifikace a interpretace* útvarů dokumentovaných na leteckých fotografiích a na družicových a lidarových snímcích je jednou z nejdůležitějších součástí DAP. Vyžaduje od archeologa znalost morfologické škály nemovitých objektů pravěkého/historického stáří v zájmovém území tak, jak byla postupně zjištěna generacemi badatelů při terénních výkopech. Kromě toho je třeba také rozumět kontextu, tj. vztahům jednotlivých objektů ke krajině a vůči sobě navzájem.

III. 2. 1. Bodové a plošné objekty

III. 2. 2. Liniové útvary

III. 3. Relikty minulých sídelních aktivit ve světle dálkového archeologického průzkumu a letecké fotografie

Závěrečná kapitola přináší průřez té části pramenné základny evropské pravěké a historické archeologie, k jejímuž utváření významným způsobem přispěl (a nadále přispívá) dálkový archeologický průzkum. Jedná se přitom o období více než sedm tisíciletí dlouhé (platí pro střední Evropu). Na jeho počátku, tedy v neolitu, dochází k definitivnímu přechodu člověka od lovecko-sběračského k zemědělskému způsobu získávání obživy a s tím souvisejícím přechodem k usdlému způsobu života, k zakládání trvalých osad a k budování pevných (dřevěných zahloubených a/nebo nadzemních)

obytných jednotek. Domy prvních zemědělců jsou z chronologického hlediska nejstarší komponentou kvalitativně velmi rozsáhlé škály nemovitých památek, které prostřednictvím vegetačních příznaků odhaluje DAP; památek, reflektujících sídelní aktivity rozmanitého charakteru, kterým se naši předkové během pravěkého, středověkého a novověkého vývoje věnovali, jejichž prostřednictvím reagovali na výzvy přírody, zajišťovali trvalý materiální a duchovní rozvoj jedinců a společenských jednotek (rodin, vesnických komunit), utvářeli sociální vztahy a vytvářeli kulturní krajinu.

III. 3. 1. Mladší pravěk (neolit, eneolit, doba bronzová, doba železná, protohistorie)

III. 3. 2. Komponenty strukturované krajiny Římské říše

III. 3. 3. Středověk

III. 3. 4. Novověk

III. 3. 5. Projevy přírodních procesů a současných zásahů do povrchové vrstvy země

III. 4. Závěr

Při tempu, jímž se vyznačuje současný rozvoj metod využitelných archeologií při výzkumu minulosti, je zřejmé, že vytvořit syntézu oboru tak rozsáhlého jakým je dálkový archeologický průzkum je úkol nejen časově náročný, ale v nemalé míře také nevděčný. Týká se to především metodologické části syntézy, jejíž aktuálnost v mnoha ohledech rychle zastarává. I když asi nelze v oblasti DAP očekávat v nejbližší době příchod nového systémového obohacení srovnatelného se dvěma vpravdě revolučními inovacemi - s nástupem družicového snímkování Země a leteckého laserového skenování krajiny – pouhé vylepšování

těchto metod probíhá s dynamikou dříve nevídanou. Proto si je autor vědom, že zanedlouho bude druhý oddíl této knihy věnovaný metodám DAP potřeba brát jako výpověď o stavu tohoto oboru v polovině druhého desetiletí tohoto století, respektive jako doklad bezprecedentní rychlosti vědeckého pokroku v době, v níž žijeme. Rezignovat na vytváření oborové syntézy kvůli tomuto vědomí rychlého zastarávání heuristických a analytických nástrojů, stejně jako kvality shromažďovaných dat – což platí nejen o dálkovém archeologickém průzkumu, nýbrž i v obecné rovině – by ovšem nebylo relevantní. Když ne z jiného důvodu, tak z potřeby opakovaně formulovaného kritického zhodnocení potenciálu nově dostupných nástrojů přejímaných archeologií z přírodních a technických věd.

DAP, jak to ostatně vyplývá i z příslušných částí této práce, zůstává metodou výzkumu, která – má-li být efektivní – musí být v zájmovém území aplikována systematicky, to znamená opakovaně. Obzvláště letecká vizuální prospekce je typicky kumulativní metodou shromažďování dat. Je to proto, že při interakci podmínek způsobujících efekt zviditelnění pohřbených objektů většinou nedochází k jejich naplnění v optimální míře. K této situaci dochází pouze ojediněle, v relativně dlouhých intervalech. Není proto jiné cesty než se zaměřit na dlouhodobý systematický průzkum, přičemž ideálem je spíše decentralizace takové činnosti (menší regiony jsou pravidelně monitorovány regionálními archeology, kteří dobře znají krajinu a topografii pravěkých památek; jedinou zemí, kde tento model víceméně funguje, je Velká Británie). Přitom je ovšem třeba prosazovat letecký průzkum a samozřejmě i další postupy DAP v rámci zřetelně definovaných regionálních projektů zaměřených na poznání dějin a/nebo struktury osídlení, a samozřejmě na evidenci a ochranu archeologických památek.

Je zřejmé, že tak jako v dosavadní stoleté historii dálkového průzkumu krajiny za účelem poznávání jejího pravěkého a historického rozměru a z důvodů evidence, mapování a dokumentace archeologických, stavebně historických a urbanistických památek bude DAP i v dalších desetiletích plnit roli důležitého nástroje přispívajícího významnou měrou k ochraně archeologického dědictví a k poznávání života našich předchůdců.

Literatura

- Agache, R. – Bréart, B. 1975: Atlas D'archeologie aerienne de Picardie. Amiens> Société des Antiquaries de Picardie.
- Agapiou, A. – Alexakis, D. D. – Sarris, A. – Hadjimitsis, D. G. 2014: Evaluating the potential of Sentinel-2 for Archaeological Perspective, *Remote Sensing* 6, 2176-2194.
- Agapiou, A. – Hadjimitsis, D. G. – Sarris, A. – Georgopoulos, A. – Alexakis, D. D. 2013: Optimum temporal and spectral window for monitoring crop marks over archaeological remains in the Mediterranean region, *Journal of Archaeological Science* 40, 1479-1492.
- Aldred, O. - Hreiðarsdóttir, EÓ - Sveinbjarnarsson, Ó GA 2010: Aerial archaeology in Iceland: on the precipice. In: *Archaeologia Islandica* 8, 111-121.
- Bálek, M. – Unger, J. 1996: Ohrazené středověké vesnice na jižní Moravě, *Archaeologia historica* 21, 429-442.
- Barber, M. 2011: A History of Aerial Photography and Archaeology. Swindon: English Heritage.
- Bewley, R. H. - Crutchley, S. P. - Shell, C. A. 2005: New light on an ancient landscape: lidar survey in the Stonehenge World Heritage Site. *Antiquity* 79, 636-647.
- Bourgeois, J. – Meganck, M. – Semey, J. 2005: Almost a century of aerial photography in Belgium. An overview. In: Bourgeois, J. – Meganck, M. (eds.): Aerial Photography and Archaeology 2003. A Century of Information. Ghent: Academia Press, 37-48.
- Braasch, O. 2002: Goodbye Cold War! Goodbye bureaucracy? Opening the skies to aerial archaeology in Europe, in: Bewley, R. - Rączkowski, W. (eds), Aerial Archaeology. Developing Future Practice, NATO Science Series,

- Amsterdam - Berlin - Oxford - Tokyo - Washington, DC (IOS Press), 19-22.
- Braasch, O. – Musson, C. – Bewley 2003: Freeing the skies for air Photography, *AARGnews* 26, 31-32.
- Bradford, J. 1957: Ancient Landscapes. Studies in Field Archaeology. London: Bell.
- Brophy, K. – Cowley, D. et al. 2005: From the Air. Understanding Aerial Archaeology. Stroud: Tempus.
- Cowley, D. - Standring, R.A. - Abicht, M. J. 2010: Landscapes through the lens: an introduction. In: Cowley, D. - Standring, R.A. - Abicht, M. J. (eds.): Landscapes through the Lens. Aerial Photographs and Historic Environment (Occasional Publication of the Aerial Archaeology Research Group No. 2) Oxford: Oxbow Books, 1-6.
- Crawford, O.G.S. 1929: Air-Photography for Archaeologists. London: H.M.Stationery Office.
- Crawford, O. G. S. - Keiller, A. 1928: Wessex from the Air, Oxford: The Clarendon Press.
- Doneus, M. 2013: Die hinterlassene Landschaft – Prospektion und Interpretation in der Landschaftsarchäologie. *Mitteilungen der Prähistorischen Kommission*, Band 78. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Gojda, M. 2013a: Archeologické dědictví české krajiny. Identifikace a dokumentace pomocí leteckého laserového skenování, *Vesmír* 92, 18-20.
- Gojda, M. 2013b: Výzkum, dokumentace a mapování novověkých polních opevnění prostřednictvím letecké prospekce, fotografie a laserového skenování. In: Gojda, M. – John, J. a kol.: Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 38-48.
- Gojda, M. 2014: Testing the potential of airborne LiDAR scanning in archaeological landscapes of Bohemia: strategy, achievements and cost-effectiveness. In: Kamermans, H. – Gojda, M. - Posluschny, A. G. (eds.): A Sense of the Past. BAR Int. Ser. 2588, 83-91. Oxford: Archaeopress.
- Gojda, M. a kolektiv 2010: Studie k dálkovému průzkumu v archeologii. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Gojda, M. (ed.) 2004: Ancient Landscape, Settlement Dynamics and Non-Destructive Archaeology. Czech Research Project 1997-2002. Praha: Academia.

- Gojda, M. - Hejzman, M. 2012: Cropmarks in main field crops enable the identification of a wide spectrum of buried features on archaeological sites in Central Europe, *Journal of Archaeological Science* 39, 1655-1664.
- Gojda, M. – Trefný, M. a kol. 2011: Archeologie krajiny pod Řípem. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Hejzman, M. – Součková, K. – Gojda, M. 2013: Prehistoric settlement activities changed soil pH nutrient availability, and growth of contemporary crops in Central Europe, *Plant and Soil* 369, 131-140.
- Helles Olesen, L. 2004: Aerial archaeology in Denmark, *AARGnews* 28, 28-35.
- Hesse, R., 2012: Using Lidar-Derived Local Relief Models (LRM) as a New Tool for Archaeological Prospection. In: Kluiwing, S. J. – Guttman-Bond, E. B. (eds), *Landscape Archaeology between Art and Science – From a Multi- to an Interdisciplinary Approach*, Landscape & Heritage Series, Proceedings. Amsterdam: Amsterdam University Press, 369-379.
- John, J, 2008: Počítačová podpora a dokumentace terénních reliktů v archeologii. Macháček J. (ed.): Počítačová podpora 2. Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- John, J. – Gojda, M. 2013: Ex caelo lux. Principy leteckého laserového skenování a jeho využití pro dálkový archeologický průzkum. In: Gojda, M. – John, J. a kol.: Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 8-20.
- Kennedy, D. – Bewley, R. 2009: Aerial archaeology in Jordan, *Antiquity* 83, 69-81.
- Kennedy, D. - Bishop, M. C. 2011: Google Earth and the archaeology of Saudi Arabia. A case study from the Jeddah area, *Journal of Archaeological Science* 38, 1284-1293.
- Kobyliński, Z. 2005: Archeologia lotnicza w Polsce. Osiem dekad wzlotów i upadków. Warszawa: PMA + IAEPAN.
- Kokalj, Ž. - Zakšek, K. - Oštir, K. 2011: Application of sky-view factor for the visualisation of historic landscape features in lidar-derived relief models. *Antiquity* 85, 263–273.
- Kovárník, J. 2004: Nově zjištěná pravěká příkopová ohrazení na Moravě, *Ve službách archeologie* 5, 11-40.

- Křivánek, R. – Gojda, M. 2010: Půdní a geologické podmínky při leteckém a geofyzikálním průzkumu, *Živá archeologie – REA* 11, 92-95.
- Kuna, M. 2004: Prostorová archeologie, in: *Nedestruktivní archeologie*. In: Kuna, M. a kol. Praha: Academia, 445-490.
- Kuna, M. 2004b: Práce s prostorovými daty. In: Kuna, M. a kol: *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia, 379-443.
- Kuna, M. a kolektiv 2004: *Nedestruktivní archeologie*. Praha: Academia.
- Kuna, M. a kolektiv 2015: *Archeologický atlas Čech*. Praha: Academia.
- Lasaponara, R. – Masini, N. 2014: Beyond modern landscape features. New insights in the archaeological area of Tiwanaku in Bolivia from satellite data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 26: 464-471.
- Madry, S. 1987: A multiscale Approach to Remote Sensing in a temperate regional Archaeological survey. In: Crumley, C. L. – Marquardt, W. H. eds.), 173-235. San Diego: Academic Press.
- Mlekuž, D. 2013: Messy landscape: lidar and the practices of landscaping. In: Opitz, R. S. – Cowley, D. C. (eds.): *Interpreting Archaeological Topography*. Oxford: Oxbow Books, 88-99.
- Musson, C. – Palmer, R. – Campana, S. et al. 2013: Flights into the Past. Aerial Photography, photo Interpretation and Mapping for Archaeology, Aerial Archaeology Research Group Occasional Publication No. 4.
- Newhall, B. 1969: *Airborne Camera. The World from the Air and Outer Space*. New York: Hastings House.
- Opitz, R. S. 2013: An overview of airborne and terrestrial laser scanning in archaeology. In: Opitz, R. S. – Cowley, D. C. (eds.): *Interpreting Archaeological Topography*. Oxford: Oxbow Books, 13-31.
- Opitz, R. S. – Cowley, D. C. (eds.) 2013: *Interpreting Archaeological Topography*. Oxford: Oxbow Books.
- Palmer, R. 2004: Origins and early history of AARG: a celebration of our first 21 years – and an excuse to look forward, *AARGnews* 28, 10-23.
- Parcak, S. 2009: *Satellite Remote Sensing for Archaeology*. London – New York: Routledge.

- Rączkowski, W. 2002: Archeologia lotnicza – metoda wobec teorii (Aerial archaeology – method in the face of theory). Poznań: Wydawnictwo naukowe UAM.
- Riley, D. N. 1987: Air Photography and Archaeology. London: Duckworth.
- Scollar, I. - Tabbagh, A. - Hesse, A. - Herzog, I. 1990: Archaeological Prospecting and Remote Sensing in Archaeology, Cambridge: Cambridge University Press.
- Sedláček, Z. – Vencel, S. 1975: Zpráva o leteckém snímkování na Kolínsku, *Archeologické rozhledy* 27, 151-158.
- Shell, C. 2002: Airborne high-resolution digital, visible, infra-red and thermal sensing for archaeology, in: Bewley, R. - Rączkowski, W. (eds), *Aerial Archaeology. Developing Future Practice*, NATO Science Series, Amsterdam - Berlin - Oxford - Tokyo- Washington, DC: IOS Press, 181-195.
- Smrž, Z. 2012: Polní opevnění z roku 1813 v trati Mašov (Maschow) na západním okraji Loun. In: Černá, E. – Kuljavceva Hlavová, J. – Sýkora, M.: *Archeologické výzkumy v severozápadních Čechách v letech 2009 – 2010 - Příspěvky k pravěku a rané době dějinné severozápadních Čech* 18, 195-203. Most: Ústav archeologické památkové péče.
- Smrž, Z. – Hlušík, A. 2007: Polní opevnění z roku 1813 mezi Postoloprty a Budyní nad Ohří: výsledky letecké
- Šmejda, L. 2009: Mapování archeologického potenciálu pomocí leteckých snímků Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- Štular, B. - Kokalj, Ž. - Oštir, K. - Nuninger, L. 2012: Visualization of lidar-derived relief models for detection of archaeological features. *Journal of Archaeological Science* 39/11, 3354-3360.
- Verhoeven, G. - Doneus, M. 2011: Balancing on the borderline - A low-cost approach to visualise the Red Edge shift for the benefit of aerial archaeology, *Archaeological Prospection* 18, 267-278.
- Wilson, D. R. 2000: Air Photo Interpretation for Archaeologists. London: Stroud. (2. vyd.)

Seznam prací M. Gajdy k tématu dálkového archeologického průzkumu

Monografie

- 1997: Gajda, M. 1997: Letecká archeologie v Čechách Praha (Archeologický ústav AV ČR), 62 str. + katalog.
- 2000: Gajda, M. 2000: Archeologie krajiny. Praha (Academia), 238 str.
- 2004: Gajda, M. a kol. 2004: Ancient Landscape, Settlement Dynamics and Non-Destructive Archaeology. Czech Research Project 1997-2002. Praha (Academia), 484 str.
- 2013: Gajda, M. - John, J. et al. 2013: Archeologie a letecké laserové skenování krajiny. Plzeň (Západočeská univerzita v Plzni), 254 str.
- 2016: Gajda, M. 2016: Archeologie a dálkový průzkum. Historie, metody, prameny. Praha: Academia (v tisku), 430 str.

Kapitoly v monografiích

- 2004: Gajda, M. 2004: Letecká archeologie a dálkový průzkum. In: Nestrutivní archeologie (Kuna, M. a kol.) – kap. 3 (str. 49-115). Praha (Academia).
- 2007: Gajda, M. 2007: Landscape Archaeology. In: Encyclopedia of Life Supporting System: Archaeology 1 (D. Hardesty ed.), *Eolss Publisher Co, Oxford/UNESCO*, 198-226 – *internetová aplikace*.
- 2013: Gajda, M. 2013: Výzkum, dokumentace a mapování novověkých polních opevnění prostřednictvím letecké prospekce, fotografie a laserového skenování. In: Gajda, M. – John, J. (eds.): Archeologie a letecké laserové skenování krajiny, 38-48.
- 2013: Gajda, M. – John, J. 2013: Projekt Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D snímkování (LIDAR). Jeho cíle a dosažené výsledky (J. John – spoluautorství). In: Gajda, M. – John, J. (eds.): Archeologie a letecké laserové skenování krajiny, 21-36.
- 2013: John, J. – Gajda, M. 2013: Ex caelo lux. Principy leteckého laserového skenování a jeho využití pro dálkový archeologický průzkum. (J. John – spoluautor). Gajda, M. –

- John, J. (eds.): Archeologie a letecké laserové skenování krajiny, 8-19.
- 2014: Gojda, M. 2014: Testing the potential of airborne LiDAR scanning in archaeological landscapes of Bohemia: strategy, achievements and cost-effectiveness. In: Kamermans, H. – Gojda, M. - Posluschny, A. G. (eds.): A Sense of the Past. BAR Int. Ser. 2588, 83-91. Oxford (Archaeopress).
- 2015: Gojda, M. 2015: Nedestruktivní metody výzkumu. Dálkový průzkum. In: Gojda, M. – Hladký, J. – Janál, J. – Jančo, M. – Milo, P. - Lisá, L. – Petřík, J. – Prokeš, L. Odborné a metodické publikace 59, 30-36. Kroměříž (Národní památkový ústav).
- 2017: Gojda, M. 2017: Approaches to prehistoric settlement analysis and landscape reconstruction in central-eastern Europe. In: Arnold, B. (ed.): The Oxford Handbook of the Archaeology of the Continental Celts. Oxford (Oxford University Press), v tisku.

Edítované sborníky

- 2001: Darvill, T. - Gojda, M. (eds.): One Land, Many Landscapes.. British Archaeological Reports (BAR) Int. series 987. Oxford.
- 2010: Gojda, M. a kolektiv 2010: Studie k dálkovému průzkumu v archeologii. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- 2014: Kamermans, H. – Gojda, M. - Posluschny, A. G. (eds.) 2014: A Sense of the Past. BAR - International Series 2588. Oxford: Archaeopress.

Články v zahraničních odborných časopisech a sbornících (od r. 2006)

- 2006: Gojda, M. 2003: Large prehistoric enclosures in Bohemia: the evidence from the air. In: Enclosing the Past: inside and outsider in prehistory (A. Harding – S. Sievers – N. Venclová eds.), *Sheffield Archaeological Monographs 15*, 5-19. J.R. Collis Publications: Sheffield.

- 2006: Gojda, M. 2003? The archeology of lowlands: a few remarks on the methodology of aerial survey. In: Landscape Ideologies (T. Meier ed.), 117-123. Archaeolingua, Series Minor 22. Budapest.
- 2011: Gojda, M. 2011: Remote sensing for the integrated study and management of sites and monuments - a Central European perspective and Czech case study. In: D. Cowley (ed.): Remote Sensing for Archaeological Heritage Management, EAC Occasional Paper No. 5. Budapest: Archaeolingua, 215-227.
- 2012: Gojda, M. - Hejzman, M. 2012: Cropmarks in main field crops enable the identification of a wide spektrum of buried features on archaeological sites in Central Europe, *Journal of Archaeological Science* 39, 1655-1664 (časopis s impakt faktorem).
- 2013: Hejzman, M. – Součková, K. – Gojda, M. 2013: Prehistoric settlement activities changed soil pH nutrient availability, and growth of contemporary crops in Central Europe, *Plant and Soil* 369, 131-140 (časopis s impakt faktorem).
- 2001: Gojda, M. 2001 Archaeology and landscape studies in Europe: approaches and concepts. In: *One Land, Many Landscapes* (Darvill, T. – Gojda, M. eds.), BAR International Series 987. Oxford, 9-18.
- 2002: Gojda, M. 2002 Aerial Archaeology in Bohemia at the turn of the twenty first century: integration of landscape studies and non-destructive archaeology. In: *Aerial archaeology. Developing future practice* (Bewley, B. – Raczkowski, W. eds.). Amsterdam- Berlin- Oxford – Tokyo -Washington D. C: IOS Press, 68-75.
- 2006: Gojda, M. 2003: Large prehistoric enclosures in Bohemia: the evidence from the air. In: Enclosing the Past: inside and outsider in prehistory (A. Harding – S. Sievers – N. Venclová eds.), *Sheffield Archaeological Monographs* 15, 5-19. J.R. Collis Publications: Sheffield.
- 2006: Gojda, M. 2003? The archeology of lowlands: a few remarks on the methodology of aerial survey. In: Landscape

- Ideologies (T. Meier ed.), 117-123. Archaeolingua, Series Minor 22. Budapest.
- 2011: Gojda, M. 2011: Remote sensing for the integrated study and management of sites and monuments - a Central European perspective and Czech case study. In: D. Cowley (ed.): Remote Sensing for Archaeological Heritage Management, EAC Occasional Paper No. 5. Budapest: Archaeolingua, 215-227.
- 2017: Gojda 2017 (in press): The value of complementarity. Integrating the evidence from air survey and ALS in Bohemia, *Archaeological Prospection (časopis s impakt faktorem)*.

Články v odborných časopisech a sbornících vydávaných v ČR (od r. 2007)

- 2007: Gojda, M. 2007? Letecká archeologie a dálkový průzkum v prvním roce projektu Archeologie krajiny Podřipska. In: Opomíjená archeologie 2005 – 2006 (Křišťuf, P. – Šmejda, L. – Vařeka, P. eds.). Plzeň, 19-25.
- 2008: Gojda, M. 2008: Archiv leteckých snímků Archeologického ústavu AV ČR v Praze (1992 – 2007). Archeologické rozhledy 60, 144-146.
- 2008: Gojda, M. 2008: Archiv leteckých snímků Archeologického ústavu AV ČR v Praze (1992 – 2007). In: Archeologické výzkumy v severozápadních Čechách v letech 2003–2007. Sborník k životnímu jubileu Zdeňka Smrž (E. Černá – J. Kuljavceva Hlavová eds). Most, 409-417.
- 2008: Gojda, M. 2008: Post-medieval to early modern military landscape of Bohemia. Earthworks and buried monuments in the view of air survey, Akta Fakulty filozofické Západočeské univerzity v Plzni 2, 9-20.
- 2009: Gojda, M. 2009: Military activities on Rome's frontier: the evidence of aerial archaeology. In: V. Salač – J. Bemmann (eds.): Mitteleuropa zur Zeit Marbods. Praha – Bonn, 577-594.
- 2009: Gojda, M. 2009: Vysokoškolské kurzy letecké archeologie a dálkového průzkumu v České republice, Archeologické rozhledy 61, 142-144.

- 2009: Gojda, M. – John, J. 2009: Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech - Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat. *Archeologické rozhledy* 61, 467-492. *emica* 5, 335-344.
- 2010: Křivánek, R. – Gojda, M. 2010: Půdní a geologické podmínky při leteckém a geofyzikálním průzkumu, *Živá archeologie – REA* 11, 92-95.
- 2011: Gojda, M. – John, J. – Starková, L. 2011: Archeologický průzkum krajiny pomocí leteckého laserového skenování. Dosavadní průběh a výsledky prvního českého projektu, *Archeologické rozhledy* 63, 680-2012:
- 2012: Gojda, M. 2012: Význam moderních metod dálkového průzkumu pro studium, dokumentaci a mapování historické krajiny českých zemí. Relikty fortifikační architektury v krajině (Terezín). In: E. Chodějovská – R. Šimůnek (eds.): *Krajina jako historické jeviště. K poctě Evy Semotanové*, str. 319-346. Praha: Historický ústav AV ČR.
- 2013: Gojda, M. 2013: Výzkum, dokumentace a mapování novověkých polních opevnění prostřednictvím letecké prospekce, fotografie a laserového skenování. In: Gojda, M. – John, J. (eds.): *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*, 38-48.
- 2013: Gojda, M. – John, J. 2013: Projekt Potenciál archeologického výzkumu krajiny v ČR prostřednictvím dálkového laserového 3D skenování (LiDAR), jeho cíle a dosažené výsledky. In: Gojda, M. - John, J. et al.: *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*, 21-37. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
- 2013: John, J. – Gojda, M. 2013: Ex caelo lux. Principy leteckého laserového skenování a jeho využití pro dálkový archeologický průzkum. In: Gojda, M. - John, J. et al.: *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny*, 21-37. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 8-19.

Summary

This book brings the most extensive monographic work produced in the Czech Republic on the broad spectrum of themes concerning archaeological remote sensing of past human settlements and landscapes, and one of two most complex syntheses of archaeological remote sensing on the central European territory published in the last few decades.

The book is divided into three parts of which Part I follows upon the development and current trends in this type of research in Europe and the surrounding regions (Near East, North Africa) which played a crucial role in its emergence and early stages of research, and which were studied by European researchers. At the same time it also evaluates the contributions made by American remote survey oriented especially towards the so-called satellite archaeology. Part II brings a series of chapters which concern methodology and the meaning of both traditional and current methods of remote sensing (techniques of data acquisition and the ways through which data gathered by them are processed, edited and included into research and heritage management projects). Part III brings in its first part a global overview of the most important archives of air- and spaceborne photographs (of those taken purposely for the research and management of archaeological and architectural heritage, as well as those which contain military and civilian images, most of which were taken during war conflicts, such as World Wars I and II) and of web portals on which many photographic collections are freely available. In its second half Part III informs about principle categories of archaeological sources identifiable by means of remote sensing. Its final chapter brings an overview upon the relics of the past settlement activities in the light of archaeological remote sensing and aerial photography.

The volume follows upon the author's previous monographs (1997, 2000 and 2004) and upon a number of papers and articles published in both domestic and foreign journals and international proceedings during the last twenty five years. The three earlier books are further elaborated upon and this volume complements them with new results, details and facts, adding especially a range of examples of archaeological landscapes, sites and remains, where remote sensing strongly advanced our knowledge about European settlement history and cultural landscape from prehistory to the recent times.

This work is a result of a work launched by the author at the beginning of 1990', on the basis of which we can argue that remote sensing should become a standard component of professional archaeology, and no longer be seen as attractive but unnecessary part of recording and documenting of new archaeological data. The author believes that this is already the case thanks to the work of a few Czech professionals and some academic and heritage management institutions. It is best proved by the projects which gained public funding for the development of aerial archaeology on one hand, and by recent process of integrating remote sensing into university educational and research programmes.

Translated by M. Baumanová and M. Gojda