



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta přírodovědně-humanitní
a pedagogická



MAPOVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ DAT ARCHEOLOGICKÝCH OBJEKTŮ

Bakalářská práce

Studijní program: B1301 – Geografie
Studijní obor: 1301R022 – Aplikovaná geografie
Autor práce: **Vít Jíra**
Vedoucí práce: doc. RNDr. Branislav Nižnanský, CSc.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vít Jíra**
Osobní číslo: **P11000710**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Aplikovaná geografie**
Název tématu: **Mapování a zpracování dat archeologických objektů**
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Navrhnout užití měřických zařízení v archeologii
2. Geodetická přesnost v archeologické dokumentaci
3. Metody zpracování geodetických dat v archeologii
4. Praktické ukázky měřených lokalit

Konstrukce dat: oficiální/neoficiální zdroje, terénní šetření a mapování

Konstrukce interpretací: třídění dat, výpočty, vysvětlení, porozumění, reprezentace

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 45 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. Kuna, M. a kol. 2004: Nedestruktivní archeologie Non-destructive Archeology. Praha: Academia
2. Kuna, M. 1999 : Využití GPS při zaměřování archeologických nemovitých památek, in: Beneš, A. - Michálek, J. - Zavřel, P. (eds.), Archeologické nemovité památky okresu České Budějovice I, Praha, 193-195.
3. Hanzelyová 1992 E. Hanzelyová: Geodézia a archeologická prax. Nitra 1992.
4. Macháček, J. (ed.): Počítačová podpora v archeologii. Brno 1997.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Branislav Nižnanský, CSc.
Katedra geografie

Datum zadání bakalářské práce: 19. listopadu 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 25. dubna 2014



doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.
děkan

L.S.



doc. RNDr. Branislav Nižnanský, CSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 22.4. 2014

Podpis: 

Poděkování

Děkuji doc. RNDr. Branislavu Nižňanskému, CSc. za pomoc při vedení bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Jaroslavu Hanzlovi za spolupráci při získávání údajů pro výzkumnou část práce. Samozřejmě musím poděkovat i všem ostatním, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomohli k dokončení této práce.

Anotace

Tato práce se zabývá využitím interdisciplinarity oboru aplikované geografie pro pracovní příležitosti v oblasti archeologických nálezů. Práce obsahuje popis a využití měřických strojů pro archeologické zkoumání v praxi, měřickou přesnost v archeologické dokumentaci definovanou vlastním terénním výzkumem, metody zpracování geodetických dat v archeologii a praktické ukázky měřených lokalit.

Klíčová slova: archeologie, přesnost, dokumentace, analýza dat

Annotation

This work deals with the use interdisciplinary field of applied geography for job opportunities in the field of archaeological finds. The work contains a description of the use of survey tools for archaeological research in practice, measuring accuracy in the archaeological documentation defined by its own field research, methods of processing geodetic data in archeology and practical examples of measured sites.

Keywords: archeology, accuracy, documentation, data analysis

Obsah

ÚVOD	12
1 MĚŘICKÁ ZAŘÍZENÍ V ARCHEOLOGII	13
1.1 Teodolit	14
1.2 Totální stanice	16
1.3 Globální polohové systémy	18
1.3.1 Princip metody	18
1.3.2 Využití GPS v archeologii	18
1.3.3 Výhody a omezení GPS v archeologii	19
1.4 3D Skenery	20
1.4.1 Využití 3D skeneru v archeologii	21
1.5 Dálkový průzkum země	22
1.6 Fotogrammetrie	24
1.7 Geofyzikální přístroje	24
1.8 Kombinace metod	25
2 GEODETICKÁ PŘESNOST V ARCHEOLOGICKÉ DOKUMENTACI	27
2.1 Geodetické standardizace a normy	27
2.2 Mapy a plány	28
2.3 Souřadnicové systémy	28
2.4 Geodetické metody zaměřování archeologických nálezů	29
2.4.1 Ortogonální metoda	30
2.4.2 Polární metoda	31
2.4.3 Tachymetrická metoda	31
2.4.4 Volné stanovisko	31
2.4.5 Protínání zpět	32
2.4.6 Polygonové pořady	32
2.5 Teorie chyb měření	32

2.5.1	Hrubé chyby a omyly	33
2.5.2	Náhodné a systematické chyby.....	33
2.5.3	Definice chyb při měření v terénu	33
2.6	Výběr vhodné lokality.....	37
2.6.1	Popis vybrané lokality	38
2.6.2	Postup terénních archeologických prací	38
2.6.3	Příprava profilu.....	40
2.6.4	Metodika měření.....	42
2.7	Měření totální stanicí.....	42
2.7.1	Výpočty získaných dat v terénu pomocí totální stanice	44
2.7.2	Popis totální stanice a měřických pomůcek.....	44
2.7.3	Hodnocení metody.....	45
2.8	Měření klasickým teodolitem.....	46
2.8.1	Popis teodolitu a měřických pomůcek využitých v práci	47
2.8.2	Výpočet bodů měřených teodolitem.....	48
2.8.3	Nivelace	48
2.8.4	Popis nivelačního přístroje a měřických pomůcek	49
2.8.5	Měření nivelačním přístrojem.....	49
2.8.6	Zpracování naměřených dat nivelace	50
2.8.7	Hodnocení metody.....	50
2.8.8	Porovnání metod.....	50
3	METODY ZPRACOVÁNÍ ARCHEOLOGICKÝCH DAT.....	52
3.1	Geoinformační nástroje v archeologickém výzkumu.....	52
3.1.1	Geografické informační systémy	52
3.2	Geodetická data a jejich role v archeologickém výzkumu.....	53
3.2.1	Možnosti zpracování v CADu a GEUSu	54
4	PRAKTICKÉ UKÁZKY MĚŘENÝCH ARCHEOLOGICKÝCH LOKALIT.....	55
4.1	Archeologický výzkum hromadných hrobů vojáků ze sedmileté války z prostoru Nerudova náměstí v Liberci.....	55

5	ZÁVĚR	58
6	ZDROJE	60
7	PŘÍLOHY	63

Seznam obrázků

Obr. 1 Časová osa vývoje techniky pro dokumentaci v archeologii	14
Obr. 2 Teodolit FET 500 Geo fENNL	15
Obr. 3 Zápisník měřených vodorovných směru	16
Obr. 4 Totální stanice SOKKIA SET 530RKT	17
Obr. 5 GPS Ashtech Promark 200 RTK.....	19
Obr. 6 Rozdíl mezi selektivní metodou a neselektivní metodou.....	20
Obr. 7 3D laserový skener Leica HDS 3000 propojený s notebookem.....	21
Obr. 8 Kite Aerial Photography	23
Obr. 9 Kombinace metod digitální fotogrammetrie a selektivní metody	26
Obr. 10 Kombinace metod digitální fotogrammetrie a selektivní metody	26
Obr. 11 Osy teodolitu	36
Obr. 12 Lokalizace Jeřmanské skály	37
Obr. 13 Řez archeologické sondy.....	38
Obr. 14 Polární metoda	42
Obr. 15 Archeologická sonda.....	43
Obr. 16 Totální stanice SOKKIA SET 530RKT	45
Obr. 17 Klasický teodolit Zeiss Theo020a.....	47
Obr. 18 Nivelace ze středu	48
Obr. 19 Leica SPRINTER 50	49
Obr. 20 Objevené hrobky, Nerudovo náměstí, Liberec.....	56
Obr. 21 Hromadný hrob, Nerudovo náměstí, Liberec.....	56
Obr. 22 důkaz neohleduplnosti nad dochováním archeologických nálezů	57
Obr. 23 Archeologický objev hromadného hrobu s dochovanou dětskou rakví	57

Seznam tabulek

Tab. 1: Měřické chyby	34
Tab. 2: Chyby z nedokonalosti postavení přístroje a signálu	34
Tab. 3: Strojové chyby	35
Tab. 4: Chyby z nedokonalosti postavení přístroje a signálu	36
Tab. 5: Propojení archeologických nalezišť	40
Tab. 6: Příčný profil	41
Tab. 7: Podélný profil.....	41

Seznam použitých zkratk

3D	-	trojdimenzionální neboli trojrozměrný
CAD	-	zkratka pro Computer Aided Design (počítačem podporované navrhování - software)
GIS	-	Geographic Information Systems (geografický informační systém)
GPS	-	Global Positioning Systém (Globální polohový systém)
S-JTSK	-	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
TUL	-	Technická univerzita v Liberci
UAV	-	Unmanned Aerial Vehicle (bezpilotní letoun)

Úvod

Archeologie je vědní obor, který ovlivňuje naši přítomnost interpretací minulosti, jež se může velmi často lišit od původního vědění. Mezi další obory, které rozvíjejí archeologii, patří geologie, historiografie, ale i samotná geografie. Vývojem techniky a rozsahu se archeologie propojuje s dalšími obory a otevírá tak příležitosti pro jiné vědní disciplíny, které se podílejí na znalosti naší historie.

Pro archeologické zkoumání je nejvyšší metou objevení významného nálezu, který pomůže odhalit klíčové otázky a souvislosti naší historie. V současnosti, kdy je mezioborové propojení s archeologií v začátcích, a přesto hraje klíčovou roli v dokumentaci, je velmi důležité definovat jistá kritéria, pro zachování nálezu dalším generacím v kvalitě, jež bude moci posloužit pro další bádání a analýzy.

Cílem práce je s využitím odborné literatury, konzultací s odborníky, kteří se podílejí na mezioborové spolupráci s archeology a vlastních praktických zkušeností z oboru analyzovat problém zpracování archeologických objevů. Dílčím cílem je zpracování celé archeologické úlohy a definovat tak kriteria pro přesnost v archeologické dokumentaci.

V první kapitole jsou přes obecné definice a praktické zkušenosti popsány měřické přístroje a metody pro zaměření archeologických nalezišť v krajině. V druhé části jsou zkoumány aspekty přesnosti v archeologii na geodetických a geografických základech. Ve třetí kapitole jsou popsány metody zpracování archeologických dat a poslední kapitola obsahuje praktickou ukázkou měřené archeologické lokality. Souhrn kapitol slouží jako vhodný model pro zkvalitnění mezioborové spolupráce v oblastech měření a zpracování archeologických objevů.

1 Měřická zařízení v archeologii

Archeologie hledá v krajině pozůstatky činnosti z dob minulých, ve které se archeologové se snaží určit pravděpodobný stav a souvislosti, které v minulosti vznikali a mohli tak ovlivnit současnou kulturu a funkčnost určité oblasti. Pracovní činnost, kterou archeolog provádí v terénu, je jen malá část celkového objemu práce. Nejdůležitější položkou je přesná kategorizace objevených nálezů a historické zařazení.

Ladislav Šmejda (2002) ve svém článku o modernizaci terénní praxe oboru archeologie dokládá, že každý archeologický objev je jedinečný a vlivem některých destruktivních výzkumů se ničí informační hodnota.

Práci v terénu a vyhledávání archeologických nálezů v objevené lokalitě si lze představit jako práci s rýčem, lopatou a dalšími pomůckami, které pomáhají odkrýt minulost. Hrubou práci vystřídají kartáčky a čistidla, která slouží pro jemné dohledání historických objektů. Další fází je dokumentace míst nálezů. Tato část práce zaznamenala v posledních několika dekádách největší technický vývoj. V archeologii je stále častěji využívána moderní měřicí technika jako jsou teodolity, totální stanice, 3D scannery, nivelační přístroje a metody dálkového průzkumu země. Přístroje určují přesnou polohovou a výškovou vlastnost měřeného objektu a tu lze pak snáze přenést do podrobné lokální mapy.¹

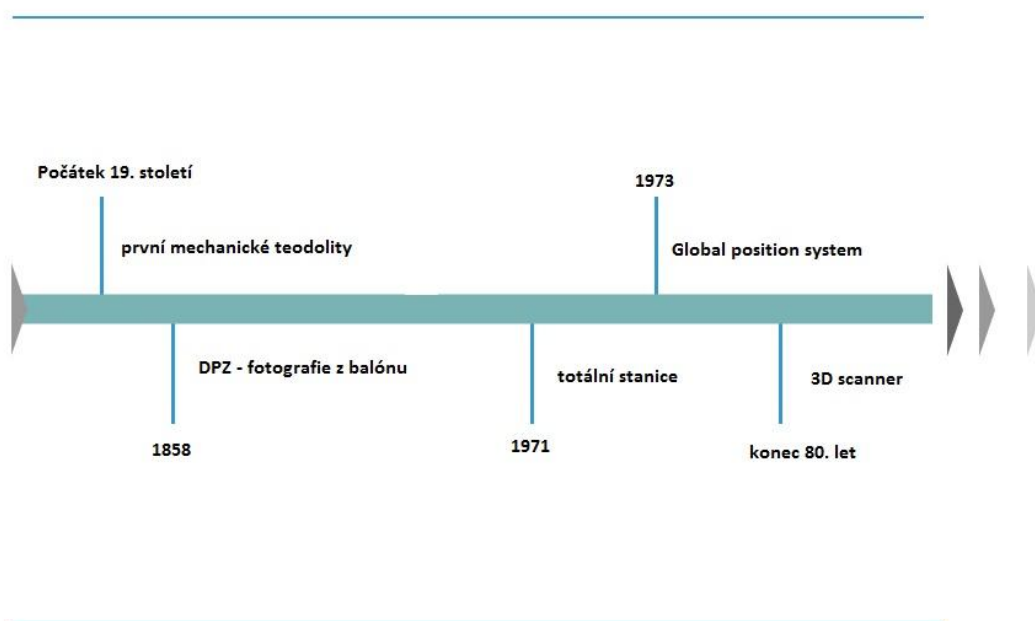
Před rokem 1971, kdy vznikla první totální stanice značky Zeiss, jak uvádí ve svém článku Marc Cheves (2003), bylo měření archeologických nálezů určováno pouze místně a s nízkou kvalitou. To bylo způsobeno především kvalitou mechanické techniky, jež byla hojně využívána. Hlavní pomůckou pro délkové měření bylo pásmo, které především různorodostí terénu nedosahovalo požadované přesnosti a spolehlivost výsledku tak nebyla příliš vysoká. Po roce 1971, kdy se začali vyvíjet první elektronické přístroje typu totálních stanic a GPS systémů se přesnost zvýšila natolik, že v současné době lze zpětně určit spolehlivost měřené lokality v délkových jednotkách, jež odpovídá milimetrům.²

Dle vlastních zkušeností vyžaduje měření v archeologii vysokou přesnost z důvodů nenahraditelných originálních dat, které jsou pořízeny přímo z terénu. Pokud jsou data nevyhovující, výsledek může ovlivnit další zpětné analyzování naměřených dat a jejich kategorizaci.

¹ HANZL, Jaroslav. Osobní rozhovor. Turnov, 16. 2. 2014.

² Měřická technika a pomůcky pro archeology. In: Měřická technika a pomůcky pro archeology [online]. [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.merim.cz/katalog/mericka-technika-a-pomucky-pro-archeology>

Problematiku přesnosti komentuje Ratiborský (2007) slovy: „Kromě fyzikálních veličin jsou pro geodetické práce důležité dvě základní měřické veličiny (úhel a délka). Z nich je možné určit geodetické pravoúhlé nebo polární souřadnice bodů, a ty vhodnými pomůckami zobrazit.“ Podle druhu, účelu, stupně vývoje a požadavků přesnosti, mohou být tyto pomůcky velmi jednoduché jako například olovnice nebo libela k určení svislých úhlů a vodorovné roviny. Mezi složité patří teodolit, totální stanice nebo 3D scanner (Ratiborský 2007 s. 42).



Obr. 1 Časová osa vývoje techniky pro dokumentaci v archeologii (zdroj: vlastní zpracování, Marc Cheves 2003)

1.1 Teodolit

Teodolit je geodetický přístroj pro přesné určení vodorovných a svislých úhlů (Čada 2007, kap. 4.4.). První mechanicko-optické teodolity vznikaly na počátku 19. století. Sloužily pro základní měření jednoduchých lokací v armádním, ale i strojírenském sektoru a pro měření geodetických prostorových souřadnic (Hánek 2000).

Přístroje rozdělujeme dle úhlové přesnosti a konstrukce. Přesnost měřických přístrojů dělíme do tří tříd, které definují kvalitu optiky v samotných přístrojích. V první třídě jsou teodolity nejvyšší přesnosti, kde úhly dokážeme měřit na desetiny až setinné vteřiny. Přístroje s vysokou přesností využíváme pro práce při určování geodetických základů, při velmi přesných

měřeních posunů staveb nebo přehradních nádrží. Využívané jsou také v astronomii. Druhou třídou jsou přístroje, na nichž se úhlové hodnoty čtou na vteřiny (šedesátinné nebo setinné). Přístroje jsou využívány pro práce v bodových polích, přesné vytyčování, deformace staveb a archeologické měření. Třetí třídu zahrnují přístroje, které měří s přesností na minuty. Přístroje jsou využívány pro běžné geodetické práce. Rozdělení teodolitu dle konstrukce dělí přístroje na optomechanické a elektronické. Optomechanické jsou ručně obsluhovány a čtení je analogové s ručním záznamem dat do zápisníku. Elektronické přístroje mají plně automatizovanou registraci dat přímo do paměti přístroje a následného převedení do počítače (Kuthanová 2006).



Obr. 2 Teodolit FET 500 Geo fENNL (zdroj: Měřicí optické přístroje, dostupné z <http://www.merici-opticke-pristroje.cz/teodolit-fet-500-geo-fennel>)

Využití teodolitu v archeologii

V archeologii byl využíván především v dobách před vývojem totálních stanic a globálních pozičních systémů, kdy měřené vodorovné a svislé úhly byly zaznamenávány do zápisníků, které se doplňily o ručně měřené délky. Václav Čada (2000) ve svém článku o měření pásmy popisuje, že délky byly nejčastěji měřeny kovovým pásmem, které odolávalo vnějším fyzikálním vlivům, jako jsou roztažnost a destrukce. Výsledné údaje pak byly doplněny do zápisníku a matematicky dopočítány.

Zápisník měřených vodorovných směrů

* Nomenklatura:	* Stanovisko: <i>centrické</i>	* Teodolit: <i>THEO 010 č. 386 29</i>
Číslo a název bodu: <i>A39</i>	Cíl: <i>excentrický</i>	postaven na <i>stěnu úhl. míra g.</i>
<i>Na Hlívkách</i>	Měřil: <i>J. Nový dne: 1.6.86</i>	Stav povětrnosti: <i>slunečno</i>

Směr na	Kada	1. skupina	Průměr skupiny Redukce	2. skupina	Průměr skupiny Redukce	3. skupina	Průměr skupiny Redukce	Průměr ze 3 skupin
* <i>Počátek Δ 40 St. Vavřinec</i>	I	0 00 12	00 14	67 33 10	33 12	133 66 03	66 06	
	II	200 00 16	00 00	267 33 14	00 00	333 66 09	00 00	* 0 00 00
* <i>30</i>	I	44 61 50	61 52	111 94 60	94 62	178 27 50	27 53	
	II	244 61 55	61 38	311 94 64	61 50	378 27 56	61 47	* 44 61 45
* <i>Počátek Δ 40</i>	I	0 00 07	00 10	67 33 16	33 18	133 66 07	66 10	
	II	200 00 13	99 96	267 33 21	00 06	333 66 12	00 04	* 0 00 02

Obr. 3 Zápisník měřených vodorovných směrů (zdroj: gis czu, dostupné z <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch05s02.html>)

1.2 Totální stanice

Totální stanice je elektro-optický přístroj, jenž kombinuje dvě části teodolitu a elektronický dálkoměr. Výhodou je přenos dat mezi počítačem a přístrojem. To zajišťuje rychlejší správu naměřených dat. Přístroj je tvořen alhydádou pod oběma konci dalekohledu. Display přístroje zobrazuje hodnoty vodorovného a šikmého úhlu a vodorovnou nebo šikmou vzdálenost mezi strojem a měřeným objektem. Psané položky jsou pouze základní výbavou a mění se s typem, kvalitou a vývojem měřických přístrojů. Totální stanice dělíme do dvou skupin dle přesnosti a využití. První skupinou jsou jednodušší stanice s přesností čtení kruhu 1-2mgon, naměřenou vzdáleností až 1,5km a přístrojovou přesností do 5mm. Přístroje označujeme jako elektronické tachymetry³ (Bittener 2003 s. 49–53).

³ Slovo tachymetrie je řeckého původu, kde je popisováno jako rychloměřičství (například Bronislav Kostka 2003, s. 2)

Hlavní náplň práce těchto přístrojů je dle Bronislava Kostky (2003, s. 2) tvorba polohopisných map doplněná o výškopisné kóty. Dle Miloslavi Kuthanové (2006) se přesnější přístroje odlišují především kvalitnějšími technickými parametry jako je dosah, přesnost a odchylka. Stroje mají také funkce pro popis bodů nebo doplnění fyzikálních hodnot, jež ovlivňují výsledná měření jako je například atmosferická korekce, zarovnání Země, transformace.

Využití totální stanice v archeologii

Dle vlastních zkušeností byla totální stanice důvodem velkého rozšíření geodetické působnosti ve všech jejích činnostech. V archeologii je to v současnosti nejvyužívanější pozemní technika. Důvodem častého využívání geodetů i samotných archeologů je finanční dostupnost a z časového hlediska se jedná o velmi rychlou metodu, která vytlačuje zastaralé metody polohopisné nivelace či měření opto-mechanickým teodolitem.

Výraznou výhodou je možnost zpracování v online režimu s využitím grafických procedur. Výstupy jednotlivých měření jsou základním kamenem archeologů, kteří výstupy využívají k dalším analýzám. Totální stanice byly základním technologickým kamenem pro vývoj 3D technologií, což potvrzuje ve svém odborném textu Miloslava Kuthanová (2006).



Obr. 4 Totální stanice SOKKIA SET 530RKT (zdroj: Vít Jíra, březen, 2014, vlastní zpracování)

1.3 Globální polohové systémy

Definici globálních polohových systémů komentuje Schenk (2003) slovy: „GPS je zkratka odvozená ze systému NVSTAR GPS, což je akronym z navigation systém with time and ranging – global position systém., tedy je to navigační systém, který může určit naši polohu v daném čase na Zemi, když máme potřebné zařízení.“

Globální poziční systém byl vyvíjen na přelomu 50. a 60. let 20. století. Hlavním důvodem bylo vytvořit systém pro vojenské účely, který by dokázal určit přesnou polohu kdekoli na Zemi a za jakéhokoliv počasí. Velký vliv na vznik systému bylo ukončení druhé světové války a následný vliv ministerstva obrany USA. GPS využívá 24 družic, které obíhají ve vesmíru kolem dané osy v rámci Země. Přesnost pozičních systémů se odvíjí od příkladů využití. Pro obyčejného člověka jsou odchylky v řádech desítek metrů, pro lodní navigace jsou to metry a pro archeologii je přesnost v řádech centimetrů. Přesnost není určena systémem GPS, ten pracuje ve všech sférách stejně. Významným činitelem přesnosti je druh přijímače a použitá technika (Schenk 2003).

1.3.1 Princip metody

Základní funkcí polohových systémů je určení přesné korekce souřadnicové polohy v reálném čase. Korekce poskytují referenční stanice, které přijímají signály z družic, a ty je dále v upraveném formátu přeposílají do roveru. Převod mezi referenčními stanicemi a roverem poskytuje radiomodem. V roveru poté dochází k porovnání známých souřadnic s přijatým signálem z referenčních stanic. Analýza porovnání signálu je založena na fázovém měření neboli dopplerovském posunu nosné vlny. Jednotlivé výpočty zpracovává software určený pro rychlý výpočet fázové ambiguity (Langley 1998).

1.3.2 Využití GPS v archeologii

Archeologie využívá GPS systémy, které dokážou vypočítat svou aktuální polohu na zemském povrchu výpočtem doby, za kterou dorazí signál z družic. Jedná se o aplikaci RTK (z angl. Real Time Kinematic), tedy kinematická metoda řešená v reálném čase, kterou ve svém článku popisuje (Jindra 1999, s. 13–16).

Výhodou je měření bez využití referenčních bodů, které slouží jako orientace v zpracovaném území a automatizací může systém využívat pouze jeden pracovník i v náročných podmínkách (Šmejda 2002).

1.3.3 Výhody a omezení GPS v archeologii

Proti klasickým měřickým metodám má GPS systém několik dalších výhod. Není nutná viditelnost mezi body, která je u klasických metod nepostradatelná z důvodu napojení do souřadnicového systému. Tím můžeme zpětně určit přesnou polohu měřené lokality. GPS není omezená denní dobou ani počasím. Měřené výsledky mají vysokou přesnost, která je v archeologii často dostačující.⁴

Dle vlastních zkušeností je využitelnost GPS v archeologické praxi často limitována lokalitou archeologického naleziště. Signál, který GPS z přijímačů získává, nesmí být blokován. Pokud se lokalita nachází v urbanizované zastavěné části, v lesním porostu nebo podzemí, nelze GPS využít. Dále musí být signál přijímán od daného počtu družic pohybujících se nad obzorem alespoň 15° (Schenk 2003).



Obr. 5 GPS Ashtech Promark 200 RTK (zdroj: Vít Jíra, březen, 2014)

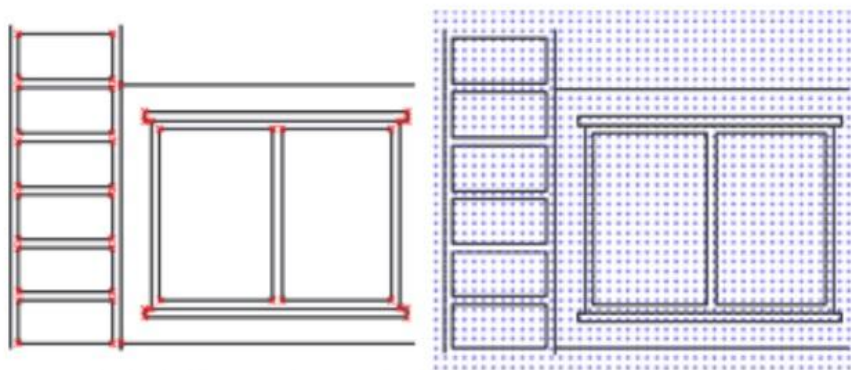
⁴ Družicové polohové systémy. In Využití GPS v geodezii archeology [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <http://www.sgs.edu.sk/HTML/gps.htm>

1.4 3D Skenery

Václav Smítka (2013, s. 8) ve své disertační práci o přesnosti skenovací technologie v geodézii a možnosti jejího zvyšování, dokládá, že 3D skener je přístroj, který dokáže bezkontaktní metodou určovat prostorové souřadnice. Výhody scanneru jsou natolik zřejmé, že se v archeologii staly nezastupitelnou součástí a jejich využití i přes finanční nákladnost je stále častější. Kromě klasických metod jako je využití totální stanice, fotogrammetrie, nivelační stroje je zde možnost využití 3D rozhraní, které dokumentaci památek v kvalitě posouvá dopředu. Hlavní myšlenkou skenerů je tvorba modelu reálného světa, který je pro kategorizace výsledkově dostačující.

Z vlastní zkušenosti je sběr dat velmi náročný a často se této techniky nevyužívá v plné míře. Důvodem může být odhalení archeologických nálezů na staveništi, kde pozastavení stavby hraje v neprospěch pořizovatele. Ten klade větší tlak na archeology a ti poté volí pro zaměření méně náročnou metodu.

Standardní metody se nazývají jako metody selektivní, u kterých je reálný obraz promítnut do generalizovaného modelu. Laserové skenování je naopak metodou neselektivní, kdy je měřen reálný obraz světa tak, jak byl stvořen a je tedy zachycena každá jeho část (Štoner, Pospíšil 2008).

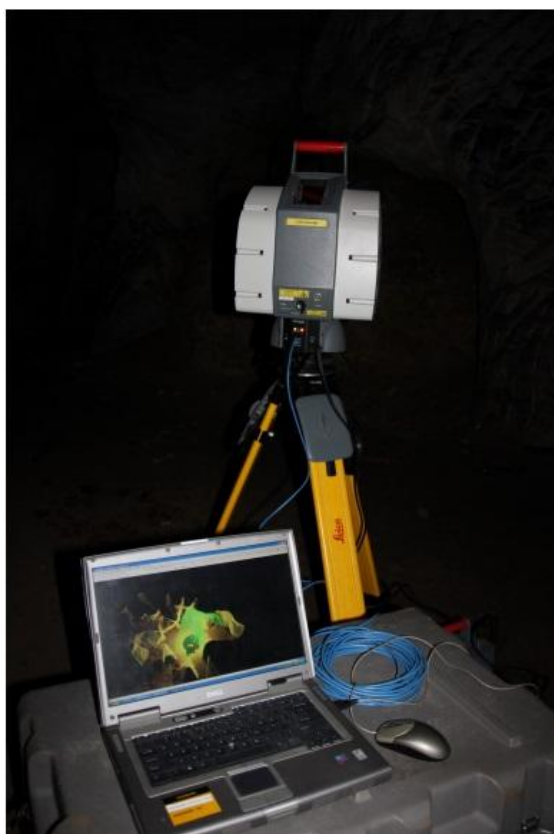


Obr. 6 Rozdíl mezi selektivní metodou a neselektivní metodou (zdroj: Štoner, Pospíšil, 2008)

Laserové skenování využívá pulsní technologii, kdy je během minut změřeno miliony bodů. Délky mezi strojem a měřeným objektem jsou určovány klasickou polární metodou. Stejnou metodu využívá totální stanice. Výsledkem přenesených dat jsou miliony bodů, které jsou speciálními programy spojovány a následně modelovány do trojrozměrných obrazců (Smítka, 2013 s. 10–16).

1.4.1 Využití 3D skeneru v archeologii

Rozdílnost kvality zaměření se liší typem použité skenovací techniky. Kvalitní skenovací laser určuje kvalitu odrazu bodu, odstín odraženého povrchu, nejdůležitějším faktorem a ukázkou proč je laserové skenování metodou budoucnosti, je možnost objevení souvislostí na měřeném objektu, které samotné lidské vnímání nepostřehne. Souvislosti jsou často objeveny až ve finálních fázích modelování a mohou pomoci při dalších archeologických a historických analýzách (Dreslerová, Frolík, Mikolášek 2008, s. 288).



Obr. 7 3D laserový skener Leica HDS 3000 propojený s notebookem (zdroj: Krejčí 2012)

1.5 Dálkový průzkum země

Dálkový průzkum Země byl na 16. kongresu International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (1988) komentován slovy: „*Dálkový průzkum Země je věda a technologie na získávání spolehlivých informací o fyzikálních objektech a jejich okolí pomocí záznamu, měření a interpretace snímků a digitálních záznamů, které se získávají pomocí nekontaktních snímacích systémů.*“

Dle Martina Gajdy a Jana Johna (2009), kteří ve své publikaci *Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech – Konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat* popisují vznik DPZ především s rozvojem fotografického a leteckého průmyslu.

DPZ neboli dálkový průzkum Země je nedestruktivní metoda, která se v archeologii začala více využívat od 80. let. V této době se jednalo především o metody letecké fotogrammetrie, která byla finančně využitelnější a technologicky dostupnější. V současné době se více než letecká fotogrammetrie využívají družicové snímky. Vývoj družicového snímkování započal v 50. letech, kdy důvodem byla někdejší studená válka, ve které začaly obě strany rozdělené Železnou oponou hledat způsob, jak získávat informace o zbraních hromadného ničení a vojenské aktivitě. Až v srpnu roku 1960 po několika neúspěšných pokusech na Zem dorazily první družicové snímky. Fototechniku, která je součástí družic, tvořily klasické fotokomory, televizní kamery, radiometry, které se rozdělují na aktivní a pasivní. Aktivní systémy mají vlastní zdroj záření, který po odrazu od objektu (Země) zaznamená jeho kvalitu. Mezi přístroje s aktivním systémem řadíme radary. Pasivní systémy využívají přirozených zdrojů záření, které nejčastěji pocházejí ze Slunce. Přístroje s pasivním systémem označujeme jako skenery. Klasifikace dat, která vznikla na oběžné dráze, je rozdělena dle kvality měřického aparátu, která je jinak označovaná jako rozlišovací schopnost. Základem jsou čtyři rozlišovací schopnosti, jež určují parametry nosičů a snímacích systémů. Spektrální schopnost je definována rozsahem spektra elektromagnetického záření a intervalů, jejichž hodnoty jsou snímány. Citlivost detektorů radiometru určuje radiometrická schopnost. Prostorová schopnost charakterizuje velikost jednotkového výřezu identifikovatelného na obrazovém záznamu, tím je považován jeden pixel. Časová rozlišovací schopnost určuje, jak často pořizuje systém fotografie ze stejného snímaného území (Gajda, John 2009).

Využití DPZ v archeologii

Dálkový průzkum Země patří k nejvýznamnějším způsobům sběru dat nedestruktivní archeologie. Výhodou je velikost území, jež je metoda schopna pojmout a často poskytne nový pohled na krajinu s archeologickou minulostí. (Parcak 2009 in Bruna, s. 37)

Archeologický dálkový průzkum Země nejčastěji využívá prostorovou a spektrální rozlišovací schopnost, jež využívá civilní snímky s velmi vysokým, vysokým, středním a nízkým rozlišením. Rozlišení se dělí dle přiblížení snímku k Zemi. Současné snímkování pro veřejnost dosahuje přesnosti okolo 0,10m (Gojda, John 2009). Přesnost špiónážních družic na přelomu 50. a 60. let 20. století byla zhruba 0,15m (Pavelka 2004, s. 9).

Do kategorie jednodušších DPZ systémů můžeme zařadit snímkování pomocí balónu. Nejčastěji byla metoda využívána na místech, kde nemohlo být využito letecké snímkování. Snímací systém v balónu je vybaven o GPS, který v době snímkování zaznamenává polohu a tím byla získána potřebná data. Pokud byl snímkovací systém bez GPS, využívána byla totální stanice, jež určovala polohu ze zemského povrchu dálkoměrem. Další metodou je snímací systém KAP (Kite Aerial Photography). Drak, který obsahuje snímací techniku a polohovací systém, je využíván velmi zřídka a nejčastěji v místech, kde jsou kvalitou nevyhovující snímky vytvořené jinými systémy (Bruna 2013).



Obr. 8 Kite Aerial Photography (zdroj: využití duální techniky dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/hamishfenton/6163716381/>)

1.6 Fotogrammetrie

Šteflová (2005) ve své diplomové práci *Užití fotogrammetrie v praxi* popisuje fotogrammetrii jako vědní obor zabývající se geometrickými tvary a rozměry objektů, které jsou zobrazeny na získaných snímcích.

Historicky je fotogrammetrie pro archeologický výzkum nezajímavá až do roku 1957, kdy Dr. Uki Helavou patentoval princip analytického stroje, jenž dokázal kombinovat vztah mezi geodetickými souřadnicemi a snímkem. Analytické stroje se začaly používat až po roce 1980, kdy již byla odpovídající výpočetní technika s datovým prostorem pro naměřená data (Bohm 2002, s. 3).

V současné době se na fotogrammetrické zpracování snímku využívají fotografie pořízené digitální cestou. Výhodou digitálně pořízených fotografií oproti klasické ruční metodě je libovolná úprava snímku, bez rizika, že dojde k deformaci fotografie (Šteflová 2005). Fotogrammetrické metody lze dále dělit do několika podkategorií. Dělíme je dle polohy stanoviště, dle počtu vyhodnocených snímků, dle způsobu zpracování snímku a dle druhu záznamu výstupních hodnot. (Bohm 2002, s. 5–6).

Využití fotogrammetrie v archeologii

Dle vlastních zkušeností archeologie využívá nejčastěji pozemně pořízené fotografie pro dokumentaci archeologických sond, které vytvářejí pomocí transformace přehledné vizuální a měřítkové výstupy. Letecká fotogrammetrie je nahrazována jednoduššími DPZ systémy v podobě ručně ovládaných balónů, draků nebo UAV⁵, jak bylo popsáno v předchozí kapitole. Důvodem jsou kvalitnější výstupní data a finanční dostupnost.

1.7 Geofyzikální přístroje

Mezi další nedestruktivní metody archeologie patří geofyzikální přístroje. V současné době jsou hojně využívány, v historii však nebyly původně zaměřené pro archeologii (Peterka 2011). Geofyzika se zabývá studiem fyzikálních polí v zemském tělese a v jeho okolí (na povrchu Země, v dolech, ve vrtech, na dně oceánů, ve vzduchu). Rozlišujeme pole přírodního původu (přírozená), mezi něž řadíme gravitační pole, elektromagnetické pole, tepelné pole či přirozenou radioaktivitu a pole uměle vyvolaná, ke kterým patří např. zemětřesení; samozřejmě

⁵ UAV je anglická zkratka pro Unmanned Aerial Vehicle neboli bezpilotní létatící prostředky (například Martin Řehák, 2012, s. 9)

vše se vztahující k Zemi. Fyzikálními parametry se tedy nepřímo měří geologické projevy.⁶ Výhodou geofyzikálních přístrojů je určení potenciálu šetřené lokality, která by jinak musela být rozkopána v celé délce. Mezi nejčastěji využívané metody geofyziky v archeologickém výzkumu patří aplikované elektromagnetické, geoelektronické a magnetometrické metody.⁷

Využití geofyziky v archeologii

V praxi je využívání geofyzikálních přístrojů méně časté. Důvodem je nejistota z neobjevených nálezů, které přístroj nemusí zaznamenat. Odraz předmětů, jež se nacházejí blíže povrchu, může utvářet klamný dojem či odchylku od skutečné reality. Výstupní data jsou navíc často shluk nic neříkajících bodů, které dokáže identifikovat jen školený odborník. Geofyzikální měření je tedy nejčastěji využíváno pro průzkum budoucích potenciálních výkopů, u kterých může i přes vysoké počáteční náklady ušetřit čas a peníze, jak popisuje ve své diplomové práci *Zpracování a vizualizace geofyzikálních dat v archeologii* Peterka (2011).

1.8 Kombinace metod

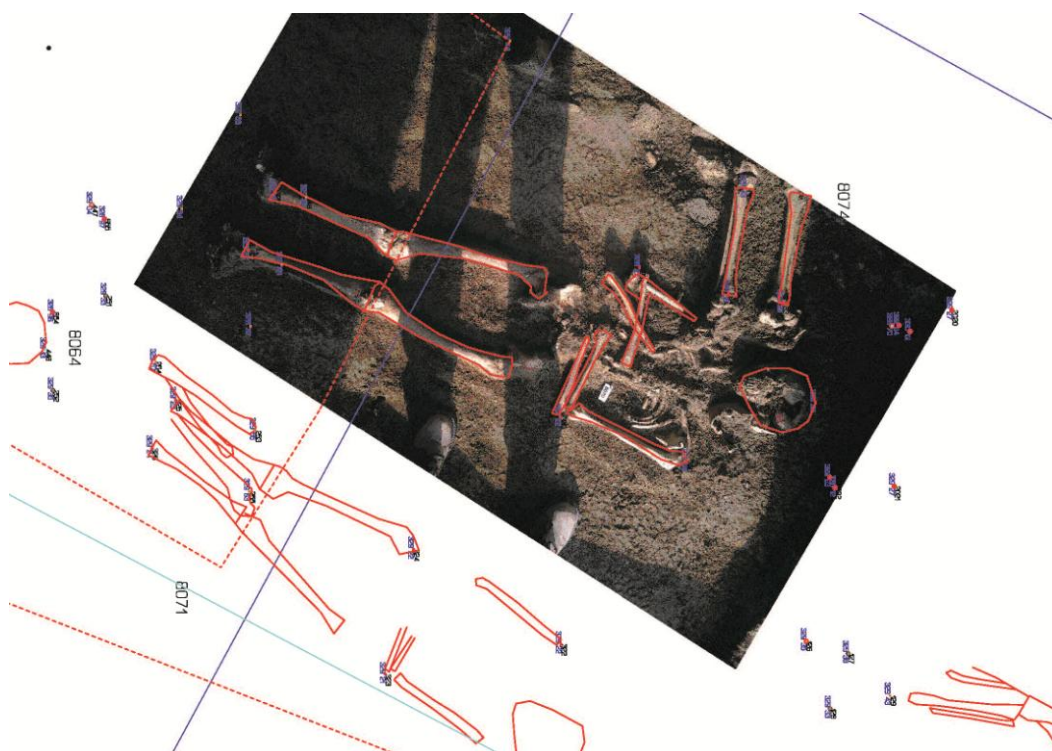
Dle vlastních zkušeností se v archeologii často setkáváme se situací, kdy nelze využívat připravenou techniku v plném rozsahu a je třeba přistoupit ke kombinaci metod, která nám vytvoří hodnotnější a kvalitnější konečný výsledek. Mezi hojně využívané patří kombinace přístrojů pro určování podrobných bodů a fotogrammetrického digitálního snímkování. Kombinací metod lze dosáhnout kvalitní vizualizace měřených archeologických lokací.

⁶ GeoWeb, Geofyzika, [online]. [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.gweb.cz/geologie/geofyzika/>

⁷ Archeologie na dosah, Archeologie a geofyzika, [online]. [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.archeologienadosah.cz/clanky/archeologie-geofyzika>



Obr. 9 Kombinace metod digitální fotogrammetrie a selektivní metody (zdroj: Vít Jíra, leden, 2014, vlastní zpracování)



Obr. 10 Kombinace metod digitální fotogrammetrie a selektivní metody (zdroj: Vít Jíra, leden, 2014, vlastní zpracování)

2 Geodetická přesnost v archeologické dokumentaci

Přesnost archeologické dokumentace jsme určovali terénním výzkumem, kde cílem bylo zaměření archeologické lokace totální stanicí a teodolitem. Výškový reliéf byl u teodolitu měřen samostatně nivelační metodou. Současný trend v archeologii se vyznačuje velmi přesným měřením s možností co největší časové úspory a minimální finanční náročnosti. Proto je použití vhodné metody pro měření základním kamenem celého archeologického výzkumu.

Výzkum a měření bylo provedeno za účelem porovnání geodetických metod, které se využívají pro sběr dat v archeologii. Pro zaměření byla využita totální stanice SOKKIA SET 530RKT, teodolit firmy Zeiss THEO 020A a nivelační přístroj Sprinter 50. Výsledky byly porovnávány a vyhodnoceny dle přesnosti zaměření, kvality výstupu a časové náročnosti obou metod.

2.1 Geodetické standardizace a normy

Zabezpečení odborných technických činností v geodezii, kartografii a katastru nemovitostí je dáno zákonem č.200/1994 Sb.⁸ o zeměměřičství a dalšími právními normami. Normy jistým způsobem ovlivňují celkovou náplň a organizaci práce zeměměřičů, proto je orientace v systému velmi důležitou složkou. Výkon zeměměřických činností se dělí na státní sektor (tedy zakázky, které vypisuje stát) a na ostatní měřické práce, jež vykonávají fyzické nebo právnické osoby. Pro práce v katastru, bodových polích a investiční výstavbě jsou ze zákona vyžadována zvláštní úřední oprávnění, která jsou udělována vysokoškolsky vzdělaným geodetům s několikaletou praxí (Kuthanová 2006).

V archeologii žádné normy pro geodetické měření neexistují. Důvodem je vliv minulého režimu, který vydával mapové podklady jen s potřebným povolením, a tak metodologický postup byl pouze individuální záležitostí, přesto omezený vyhláškami o geodezii a kartografii (Šimana 1971).

Po změně politického režimu vznikly zákony a normy, které jsme již popisovali v předchozím odstavci, ovšem v archeologii ke změnám nedošlo. V současnosti jsou archeologická díla odkázána na zkušenosti geodetů, kteří by měli lokality měřit dle geodetické přesnosti. Vznikají díla vysoké přesnosti, jež často pro jednotlivé archeologické výzkumy nejsou vyžadována. Problém vzniká na poli archeologů, kteří využívají dostupnosti geodetických přístrojů a geodetickou dokumentaci v terénu provádějí samostatně.

⁸ Zákon 200/1994 Sb. o zeměměřičství dostupné z <http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=42194&nr=200~2F1994~20Sb.&ft=pdf>

Ústup od předem daných směrnic samotných geodetů dává za vznik amatérským dílům, jež nemají společné technické parametry a prvky. V době, kdy amatérská díla vznikají, mají pro archeology dostatečnou určující hodnotu, ovšem z dlouhodobého hlediska se jedná o díla nepoužitelná. Využití technických znalostí zeměměřičů je žádoucí nejen z důvodů vytvoření kvalitních výstupů v podobě map a plánů, ale i pro budoucí badatele, kteří budou moci navázat na kvalitně zpracovaná měření a vytvářet další souvislosti, jež byly součástí naší historie (John 2008).

2.2 Mapy a plány

Mapa je zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, nebeských těles, kosmu či jejich částí, převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující podle zvolených hledisek polohu, stav a vztahy přírodních, socioekonomických a technických objektů a jevů⁹. Mapy řadíme do tří základních skupin. Jsou to mapy velkých (1: 500 – 1: 5000), středních (1: 10 000 – 200 000) a malých měřítek (menší než 1: 200 000). Při zobrazování mapy bereme v úvahu zakřivení Země, které mapový poklad skresluje. Dále je obsah terénu generalizován, a proto mapový výstup není věrný reálnému obrazu (Kuthanová 2006).

Uchovávání archeologických mapových podkladů začalo být v evropském měřítku významné až během první poloviny 19. století a v 70. letech téhož století vznikaly první pokusy o sjednocení metodického zpracování map (Vingatiová 1968). Archeologové využívají nejčastěji mapy velkých měřítek, jež zobrazují obraz terénu v potřebné kvalitě (Neustupný 2007).

Pro rekognoskaci terénu jsou využívány plány, které zobrazují plochu malého území a neuvažují zakřivení Země. Plány jsou zobrazovány ve velkých měřítkách, předměty zobrazují půdorys přibližující se realitě a značky, jež definují vlastnosti lokality.¹⁰

2.3 Souřadnicové systémy

Souřadnice bodů X a Y, které definují výsledky měřických prací, se určují v souřadnicových systémech. Souřadnicový systém je určen kartografickým zobrazením, referenčním bodem, referenční plochou, orientací sítě na referenční plochu a měřítkem sítě.

⁹ ČSN 730402 /národní definice/ Značky veličin v geodézii a kartografii, například dostupné z http://www.technicke-normy-csn.cz/730402-csn-73-0402_4_86654.html

¹⁰ Úvod to kartografie. In. Přednáška z předmětu Tématická kartografie [online]. [cit. 2014-01-22]. Dostupné z: http://gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/uvod_do_kartografie.pdf

V České republice byly pro mapování vytvořeny čtyři polohové souřadnicové systémy (systém stabilního katastru, vojenská triangulace, systém jednotné trigonometrické sítě katastrální S-JTSK a systém S-42) komentuje ve své publikaci *Geodézie 10* Ratiborský (2007, s. 179).

V současné době jsou archeologická měření převáděny do pravoúhlého souřadnicového systému S-JTSK. Souřadnicový systém navrhl a zpracoval Josef Křovák, který tak určil jednotné zobrazení pro celý stát (Čada 2007, kap 2.3.1.).

Specifickým natočením os, kde kladná osa X nabývá hodnot směrem k východu a osa Y směrem k jihu, vznikly plusové souřadnice pro celé území tehdejšího Československa. Korekce souřadnic na kladné hodnoty je výhodná pro rychlejší orientaci a snadnější výpočty, ovšem pro zpracování v jiných programech jako je GIS nebo CAD musí být souřadnice invertovány. Kladné hodnoty jsou převedeny na záporné a zaměněny musí být také samotné osy. Důvodem je časté nastavení vývojářských programů na předdefinovanou krtézskou soustavu, pro kterou je specifické jiné natočení os (Novák in Čibera 2011, s. 13).

Výšková nivelační síť je (osa Z) na území České republiky vytvářena od druhé poloviny 19. století. V té době byly všechny výšky vztahovány k systému Jadranského moře. Změna přišla po roce 1945, kde vlivem politického režimu došlo ke společnému vyrovnání sítě I. řádu se sítěmi okolních socialistických států, jež byly napojeny na vodočet v Kronštatu u Baltského moře. Výsledný výškový systém byl pojmenován *Balt po vyrovnání* a pro archeologické bádání je využíván i v současnosti (Blažek, Skořepa 2009).

2.4 Geodetické metody zaměřování archeologických nálezů

Geodetické metody nám pomáhají určit prostorové informace o zemském povrchu a objektech s nimi spojenými. Výsledné informace jsou závislé na výběru geodetické metody, která je úzce spojena s kvalitou konečného výstupu. Základem je nutná mezioborová spolupráce, která by měla upřesnit otázky týkající se polohy měřené krajiny a její vzájemné interakce, přesnosti měřických prací, znalostí archeologických a měřických postupů obou zúčastněných oborů a znalostí obvyklých zásad pro získávání informací v krajině (Čibera 2011, s. 14).

Důležitým aspektem pro výběr vhodné metody je finanční náročnost archeologického projektu. Velmi často bývá podmínkou – zaměření krajinných informací s optimálními náklady za krátký časový úsek. Rozsah geodetických úloh pak závisí na více podmínkách, které lze rozdělit do 2 skupin:¹¹

Archeologické

- urbanizace území (hustota objektů v daném prostoru)
- rozloha území
- časová náročnost

Geodetické

- hustota a kvalita geodetických sítí
- podrobnost, aktuálnost a kvalita datového modelu daného prostoru
- pokrytí území aktuálními mapami velkých a středních měřítek
- existence a stav katastru nemovitostí
- počet a struktura odborníků
- materiální, operační a logistická základna geodetických služeb

2.4.1 Ortogonální metoda

Mezi základní měřickou metodu patří ortogonální metoda, která podrobné body zaměřuje pomocí pravoúhlých souřadnic (staničením a kolmicí). Staničení je vzdálenost od počátku měřické přímky k místu kolmému směru na určovaný bod a její vzdálenost by neměla překročit 500 metrů. Kolmice je délka kolmá ke staničení a měřený bod. Délka kolmice by neměla překročit vzdálenost 30 metrů a vždy by měla být kontrolována oměrnými mírami.¹² Zaměření ortogonální metody je možné pevnou měřickou přímkou, která je hlavními body připojená na souřadný systém nebo volnou měřickou přímkou, jež je připojena na okolní body měřené v souřadném systému (Čada 2007, kap 8.2.).

Ortogonální metodu nejčastěji využíváme jako doplňkovou pro hlavní měřické metody. Častým příkladem jsou stísněné měřické podmínky v důlních nebo skalních prostorech, kde není možné doměřit vybrané podrobné body.

¹¹Tvar zemského tělesa a referenční plochy. In: Způsoby sběrů geodetických informací [online]. [cit. 2014-01-14]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch02s02.html>

¹² Konstrukční míra je měřená vodorovná vzdálenost dvou sousedních polohově určených bodů téhož předmětu měření; využívá se jako kontrolní, popř. konstrukční míra. (například: http://www.vugtk.cz/slovník/4033_omerna-mira)

Pomůckami pro měření ortogonální metody je pásma pro měření délek staničení a kolmic. Pro určování kolmosti se využívá pravoúhlý hranol nazývaný pentagon.¹³ V archeologii se ortogonální metoda využívá pro zaznamenávání polních náčrtů a profilů, které slouží pro snadnou orientaci při zpracování dat v kanceláři Šimana (1971).

2.4.2 Polární metoda

Polární metodou získáváme polohu bodu za pomoci polárních souřadnic. Mezi proměnné hodnoty polárních souřadnic řadíme vodorovné úhly a délky, které jsou měřeny od stanoviště k určovanému bodu (Čada 2007, kap 8.1.).

Měření je prováděno zaměřením na orientaci a následně na hledaný podrobný bod. Výsledným rozdílem vodorovného úhlu a délky lze za pomoci goniometrických funkcí získat souřadnice podrobného bodu. V archeologii je samotná polární metoda využívána velmi zřídka z důvodu absence výškových údajů. Délkové jednotky jsou u klasických teodolitů zaměřovány pásmem nebo opticky. Totální stanice vybavené o dálkoměrná zařízení, délku určují automaticky (Šimana 1971).

2.4.3 Tachymetrická metoda

Tachymetrická metoda se využívá pro současné měření polohopisu a výškopisu. Polohopisné podrobné body jsou určeny klasickými polárními souřadnicemi úhlem a délkou. Výškopis určujeme trigonometricky ze známých hodnot vertikálního úhlu a vodorovné délky. Přístroje pro měření výškopisu a polohopisu se nazývají tachymetry. Klasické tachymetry jsou vybaveny vodorovnými a svislými kruhy pro odečítání úhlů. Délkové míry lze měřit pomocí speciálních rysek v optice dalekohledu, které jsou cíleny na tachymetrickou lať. Pomocí daných konstant lze ručně dopočítat vodorovnou vzdálenost. V současné době jsou nejpoužívanější elektronické tachymetry nazývané totální stanice, které jsou namísto lať vybaveny o odrazný hranol. Výhodou využití totálních stanic je přesné měření na dlouhé vzdálenosti, vysoká přesnost a možná registrace dat přímo do stroje (Čada 2007, kap 15.2.).

2.4.4 Volné stanoviště

Metoda volného stanoviště je v zeměměřičství velmi používaná. Důvodem je možnost volby stanoviště na vybrané místo bez nutnosti husté geodetické sítě. Pro výpočet volného stanoviště stačí viditelnost na orientaci se známými souřadnicemi a vzdálenost na jednu z orientací.

¹³ Pravoúhlý hranol nazývaný pentagon je pětiboký hranol působí jako dvojice zrcadel svírajících úhel 45° (podle Čada 2007, kap. 4.3.2.)

Co se týče přesnosti, jedná o velmi stabilní úlohu, která vykazuje dobré výsledky i přes nedostatečné množství orientací a délek. V archeologii je metoda využívána v lokalitách bez možnosti velké manipulace se strojem a možností napojení na geodetickou síť. Další využití metoda nachází v rychlé kontrole správnosti polohových souřadnic na stanoviskách. Popisuje ve své publikaci *K přesnosti volného stanoviska* Martin Štoner (2012).

2.4.5 Protínání zpět

Metodu protínání zpět využíváme, pokud stojíme na stanovisku o neznámých souřadnicích a cílíme na tři body, u kterých souřadnice známe. Pro správný výpočet metody je třeba, aby stanovisko a měřené body neležely na opsané kružnici. Kružnice nazývaná nebezpečná, má vliv na správnost výpočtu a v takovém případě je metoda velmi nepřesná. Podobný systém je aplikován u vysílače GPS, se kterým v terénu hledáme souřadnice na povrchu Země, přičemž našimi orientacemi jsou družice ve vesmíru. Pro věrohodnost výsledků by úhly, které jsou u metody protínání zpět měřeny, měly dosahovat hodnot mezi $30 \text{ gon} < \omega_i < 270 \text{ gon}$ a určovaný bod by měl být uvnitř nebezpečné kružnice. V praxi je metoda využívána velmi zřídka vzhledem k náročnosti výpočtů a podmínek, které v terénu musíme splňovat pro přesné výsledné hodnoty (Čada 2007, kap 7.3.4.).

2.4.6 Polygonové pořady

Polygonový pořad je lomená čára vedená v krajině, jež vytváří zhušťování polohového bodového pole.¹⁴ V praxi se využívají pro přenášení polohových souřadnic do míst, kde nejsou dostupné body základního bodového pole (ZBPP) a body podrobného polohového pole (PBPP). V současnosti je pracné a časově náročné vedení polygonových pořadů nahrazováno měřením globálními pozičními systémy (GPS), které svojí přesností dokážou nahradit zhušťování pomocí polygonů. Polygony jsou rozděleny na základní a speciální typy. Využití v krajině je závislé na zkušenostech měřiče, dostupné technice a požadavků zadavatele (Ratiborský 2007, s. 204).

2.5 Teorie chyb měření

Dosáhnout potřebné přesnosti měření je závislé na kvalitě a spolehlivosti naměřených výsledků, ze kterých počítáme další veličiny. Vliv na výsledné hodnoty mají měřické chyby a vznikají při určování každého parametru. Geodetickými přístroji se nejčastěji měří úhly, délky, plochy, výšky.

¹⁴ Polygonové pořady. In: Seminář z geoinformatiky [online]. [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/literatura/polygonove-porady>

Důležité je, uvědomit si, že nikdy nedosáhneme stejného výsledku při opakování totožného měření. Je to způsobeno přírodními vlivy, naší zkušeností a znalostí krajiny. Chyby je možné minimalizovat počtem měření nebo vyrovnávacím počtem, ale nikdy se jich nelze zbavit trvale (Třasák 2012).

2.5.1 Hrubé chyby a omyly

Chyby lze rozdělit do několika skupin. První skupina chyb jsou omyly. Ty nejsou způsobeny vnějšími vlivy, ale nepozorností měřiče. Další skupinou jsou hrubé chyby, které jsou viditelné na první pohled a výsledkově jsou velmi rozdílné v porovnání s ostatními měřeními. Takové chyby jsou způsobeny vnějšími vlivy, jako je prudký vítr, který hýbe během měření se strojem nebo sluneční záření, které hýbe s obrazem ve stroji. Omylů a hrubých chyb se zbavujeme opakováním měření a vylučováním nejhoršího výsledku z řady.¹⁵

2.5.2 Náhodné a systematické chyby

Náhodné chyby mohou mít různou velikost i znaménko. Příkladem může být nepřesné cílení a centrace přístroje.

Systematické chyby jsou závislé na velikosti faktoru, který ovlivňuje několik měření jdoucích po sobě. Jedná se například o teplotu, která je nevyhovující po dobu celého měření. Hodnocení výsledků je do jisté míry závislé na časové jednotce. Systematické chyby mají v současné době největší vliv na celkovou kvalitu měření, jelikož se jejich velikost nedá přesně odhadnout. V celkovém počtu měření může být chyba stále navyšována, čímž převyšuje vliv náhodných chyb. Poté je výsledek závislý na kvalitě měření a vyloučení systematických chyb (Třasák 2012).

2.5.3 Definice chyb při měření v terénu

Naměřené veličiny získané v terénu jsou vždy v menší nebo větší míře zatíženy nevyhnutelnými chybami, které tvoří náhodné a systematické vlivy. Obecně chyby rozlišujeme na měřické, chyby z nedokonalosti postavení přístroje a signálu, strojové a chyby z prostředí (Čabelka 2012).

¹⁵ Chyby měření. In: Výukový materiál zpracovaný v rámci projektu „Výuka moderně“ online]. [cit. 201-12-01]. Dostupné z: <http://www.spssol.cz/DUMy/Management%20jakosti/3.sada/15%20%20Chyby%20m%C4%9B%C5%99en%C3%AD.pdf>

Měřické chyby ¹⁶		
Název chyby	Popis	Možné odstranění
Chyba z cílení	Chyba vznikající při cílení na objekt je závislá na tvaru cíle, tvaru rysek nitkového kříže především u starších měřických strojů, kontrastu obrazu, výkonnosti dalekohledu, na stavu ovzduší a na zkušenosti měřiče.	Velký vliv na odstranění má samotný měřič. Jeho znalost technických parametrů stroje a krajiny je pro velikost chyby zásadní.
Chyba z odečítání	Chyba je závislá na jemnosti dělení stupnice, odečítacím zařízení, kvalitě a zvětšovací schopnosti mikroskopu a měřiči.	Chyba vzniká u klasických teodolitů, kde je čtení měřených hodnot založené na mechanické činnosti.

Tab. 1: Měřické chyby (zdroj: měření vodorovných úhlů dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/prednasky/9.-mereni-uhlu>)

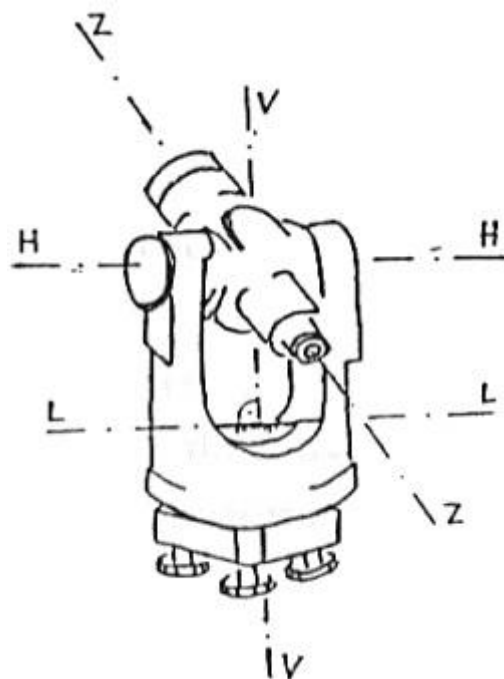
Chyby z nedokonalosti postavení přístroje a signálu		
Název chyby	Popis	Možné odstranění
Chyba z nedokonalé horizontace	Horizontální postavení přístroje ovlivňuje značnou část naměřených hodnot. Vyskytuje se nejčastěji při měření ve strmém terénu, kde je urovnání přístroje do horizontální polohy náročnější.	Nelze ji vyloučit měřickým postupem.
Chyba z nedokonalé centrace	Pečlivost centrace při měření roste s délkou záměry.	Nelze ji vyloučit měřickým postupem.
Chyba z nedokonalého postavení signálu	Pečlivost centrace signálu roste s délkou záměry.	Nelze ji vyloučit měřickým postupem.
Chyba z nestabilních podmínek pro měření	Pohyby stativu způsobené Sluncem nebo terénem.	Nelze ji vyloučit měřickým postupem.

Tab. 2: Chyby z nedokonalosti postavení přístroje a signálu (zdroj: Kuthanová, 2006, měření vodorovných úhlů dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/prednasky/9.-mereni-uhlu>)

¹⁶ Mezi měřické chyby patří nedokonalosti, které jsou způsobeny měřickou čtou. (zdroj: například Čábelka 2012)

Strojové chyby		
Název chyby	Popis	Možné odstranění
Chyba z excentricity alhidády	Vzniká tehdy, když osa alhidády neprochází přesně středem kruhu.	Vyloučíme ji měřením v obou polohách dalekohledu.
Chyba kolimační	není splněna podmínka ($Z \perp H$)	Měřením směru ve dvou polohách dalekohledu se vliv kolimační chyby vyloučí.
Chyba ze sklonu klopné osy dalekohledu	není splněna podmínka ($H \perp V$)	Chyba se vyloučí měřením v obou polohách dalekohledu.
Nepřesná rektifikace alhidádové libely	(není splněna podmínka $L \perp V$)	Chybu vyloučíme průběžnými servisními kontrolami přístroje
Chyba z nediametrální polohy indexů	Záměrná přímka Z neprochází alhidádovou osou V .	chyba je konstantní, takže každý vypočtený úhel, který je rozdílem dvou směrů, je od této chyby oproštěn.
Chyba z dělení kruhu	Horizontální nebo vertikální kruh je ražen strojově, a proto se mohou jednotlivé dílky stupnice vzdáleností od sebe mírně odlišovat.	Vliv této chyby se sníží měřením osnovy směrů ve skupinách na různých místech kruhu.
Chyba ze sklonu roviny limbu	Nosná otočná část přístroje může nedokonalostí výroby způsobovat chybné měření náhodných hodnot.	Chyba je u strojů nalezena velmi zřídka vzhledem k vysoké kvalitě výroby.
Runová chyba	Chyba je způsobena nepřesným zvětšením stupnice.	Runovu chybu lze vyloučit přesným měřením ve dvou polohách a skupinách.

Tab. 3: Strojové chyby (zdroj: Kuthanová, 2006, měření vodorovných úhlů dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/prednasky/9.-mereni-uhlu>)



Obr. 11 Osy teodolitu zdroj: *osové podmínky teodolitu, dostupné z <http://www.geodat.szm.com/zaujímavosti/stranky/ospodteo.htm>)*

Chyby z prostředí ¹⁷		
Název chyby	Popis	Možné odstranění
Chyba z refrakce	Chyba vznikne změnami fyzikálních veličin, které mají vliv na lom světelného paprsku	Chybu lze minimalizovat výběrem vhodných měřických podmínek
Chyba z vibrace	Chyba vznikne změnami fyzikálních veličin, které mají vliv na vibraci obrazu	Chybu lze minimalizovat výběrem vhodných měřických podmínek

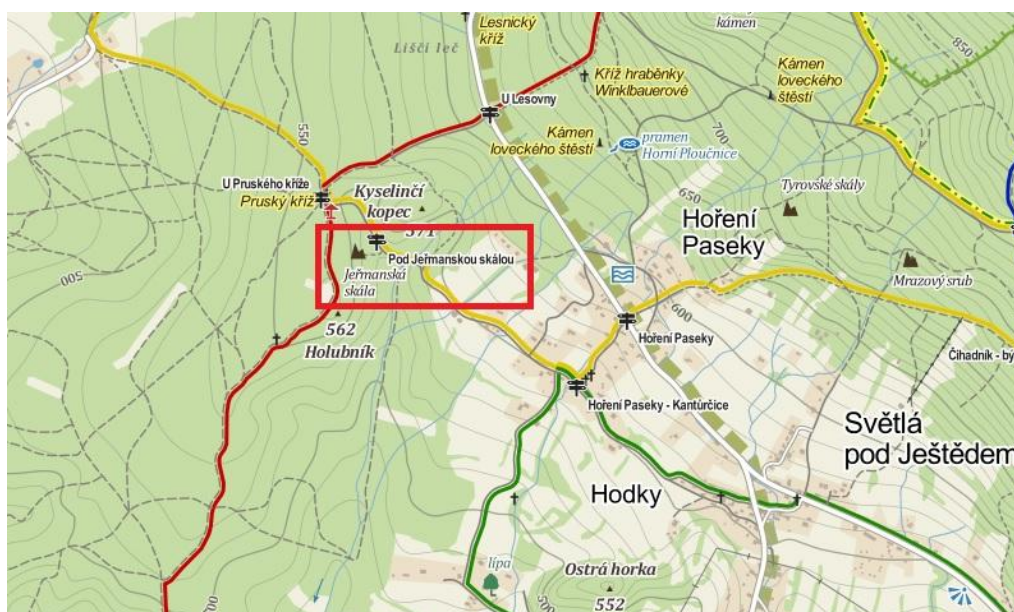
Tab. 4: Chyby z nedokonalosti postavení přístroje a signálu (zdroj: Kuthanová, 2006, měření vodorovných úhlů dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/prednasky/9.-mereni-uhlu>)

¹⁷ Chyby tvoří neznalost vlastností atmosféry v místě vedeného světelného paprsku vycházející z cíle k dalekohledu. Nehomogenní prostředí způsobuje změny v indexu lomu a refrakci paprsků, které způsobují chyby v měřených směrech. Světelný paprsek ovlivňují fyzikální veličiny. Nejčastěji se jedná o teplotu a tlak vzduchu (zdroj: například Sládková 2002).

2.6 Výběr vhodné lokality

Jako vhodnou lokalitu jsme si vybral pískovcový převis nazývaný Jeřmanská skála nebo také Cikánský převis Demek (1987). Území se nachází v katastrálním území Rozstání pod Ještědem, které je na území Libereckého kraje v Podještědí mezi obcemi Družcov a Světlá pod Ještědem.

Jedná se o nejvýše položené místo pravěkého osídlení v Pojízeří, které dle dochovaných archeologických nálezů bylo obýváno v mladší době kamenné před více než 6000 lety. Lokalita se vyznačuje členitostí reliéfu a předpokladem pro výběr byla historická minulost z archeologického hlediska a nízká frekventovanost. Strávením delší časové jednotky na území však ukázalo, že se jedná o často navštěvované turistické místo. Důvodem jsou nedaleké turistické trasy přístupné z vesnic Družcov, Hodky a Světlá pod Ještědem. Na konečné výsledky měření neměl vliv zvýšený zájem turistů (Pleiner 1978).



Obr. 12 Lokalizace Jeřmanské skály (zdroj: vlastní zpracován, mapy.cz)

2.6.1 Popis vybrané lokality

Jelikož je tento pískovcový převis volně přístupný turistům a není nijak chráněn, dochází tu ke značnému poškozování archeologických vrstev (např. zahlubováním novodobých ohnišť, zakopáváním odpadků, kopáním jam pro sklad topného dřeva atd.).

Archeologické pracoviště Severočeského muzea v Liberci, zde proto pro záchranu této lokality provedlo v roce 2013 záchranný archeologický výzkum, který byl částečně hrazen z Programu resortu cestovního ruchu, památkové péče a kultury Libereckého kraje.

2.6.2 Postup terénních archeologických prací

Na lokalitě byla vyměřena archeologická sonda metrové šíře zhruba v polovině převisu, která dokumentuje sled jednotlivých pravěkých i středověkých vrstev či novodobých zásahů.

Sonda byla rozměřena po čtvercích 50 x 50 cm, a takto byla po 10 centimetrech hloubkově a zároveň kontextově vybírána. Současně s výběrem zeminy byly kresleny profily a situace pro celkovou digitalizaci výzkumu.



Obr. 13 Řez archeologické sondy (zdroj: Vít Jíra, říjen, 2014)

Práce probíhaly v lesích daleko od přístupného elektrického napájení. Proto bylo nutné nasadit přenosnou centrálu pro osvětlení archeologického výzkumu. Dále byl elektrický proud využíván pro vrtací soupravu a napájení pro notebook. Celý obsah sondy, který tvořil zhruba 10m³ zeminy, byl v jednotlivých dnech po vybraných čtvercích a podle předem dané metodiky postupně prosíván přes síta. Zároveň byly provedeny geologické odběry jednotlivých hornin a půdních vzorků pro laboratorní analýzy. Dalším krokem bylo postupné odebírání vzorků pro environmentální analýzu a dále odebírání uhlíků pro radiokarbonové datování vybraného kontextu. Takto se systematicky postupovalo až na zvětralé skalnaté podloží, aby se zdokumentoval úplný profil výplně pod pískovcovým převisem. I přes zjištění, že ve značné části prostoru pod převisem došlo k nevratnému poškození původních archeologických vrstev, se podařilo archeologickým výzkumem zdokumentovat více jak tisíc artefaktů.¹⁸

Zhodnocení archeologických nálezů

Artefakty se dají rozřadit do čtyř období. Nejmladší nalezené období charakterizují střepy z pivních láhví, airsoftové kuličky, konzervy, alobalové folie a jiné pozůstatky z dob 20. století a mladší. Další etapu, která zastupuje období zhruba 17. století, byla definována nálezy glazované keramiky a kameniny. Postupným odkryvem dalších nánosů bylo objeveno období mladší doby bronzové. Tato epocha byla definována možnými ostatky popelnicových polí a zejména keramickými artefakty. Staří těchto nálezů je odhadováno na 3000 let. Posledním zachyceným obdobím je mladší doba kamenná. Dochované nálezy byly keramické fragmenty a především silicity glacigenní sedimenty. Odhadované stáří je mezi 6500 a 7000 lety. Neidentifikovatelných úštěpů, drobného výrobního odpadu a nástrojů je zde přes tisíc kusů, což na tak malé ploše prokazuje výrobní areál pazourkových nástrojů pro období prvních zemědělců v naší krajině (Macháčková 2001).

Shrnutí archeologického výzkumu

Včasný archeologický výzkum zachránil nejen část původní stratigrafie celkového osídlení převisu, ale nalezením unikátní kolekce silicity glacigenních sedimentů, můžeme doplnit mozaiku života našich neolitických předků. Starší než neolitické osídlení není pod převisem prokázáno. Vrstvy ve větší hloubce byly sterilní a nasedaly na rozvětraný povrch pískovcového odloží. I přes malý rozsah odkryvu je možné říci, že se podařilo poprvé zdokumentovat a přesně geodeticky zaměřit vývoj osídlení pod tímto unikátním převisem. Jedná se o malý fragment zatím nepříliš zkoumaného pravěkého sídliště, s dokladem neolitické výroby pazourkových nástrojů. Zcela jistě zde jsou další mimořádně cenné terény, které je nutné ochránit před zničením. Proto musí být veškeré případné zemní práce na dotčené lokalitě a

¹⁸ BRESTOVANSKÝ, Petr. Osobní rozhovor. Liberec, 9. 3. 2014.

zároveň v okolí s dostatečným předstihem hlášeny archeologickému pracovišti oprávněnému na okrese Liberec provádět záchranné archeologické výzkumy.¹⁹

Propojení archeologických nalezišť	
Název archeologického naleziště	Účel lokality
Příšovice	sídliště
Jeřmanská skála	výrobní areál
Frýdlantsko	Nejbližší výskyt silicity glacienních sedimentů transportovaného ledovcem, ale již průkazně na Frýdlantsku zpracovávaným, či manipulovaným.
Balt	primární výskyt silicity glacienních sedimentů – tzv. „pazourků“)

Tab. 5: Propojení archeologických nalezišť (zdroj: vlastní zpracování s využitím Brestovanský 1998, Macháčková 2001)

2.6.3 Příprava profilu

Součástí přípravných prací bylo rozvržení a stabilizace bodů, na kterých byl zaměřen podélný a příčný profil. Podélný profil byl určen z levé do pravé části skalního celku v podobném směru zaměřených výchozích stanovisek (č. 6,7). Příčný profil byl měřen z vnitřku skalního převisu, lemující archeologickou sondu směrem do lesního porostu. Profily zobrazují terénní členitost a tvar skalního převisu. Dále jsou doplněny o informaci jednotlivých výškových rozdílů mezi řezy. Profily byly zaměřeny totální stanicí klasickou geodetickou metodou z důvodu nepřístupnosti převisu pro ostatní měřické metody.²⁰

¹⁹ BRESTOVANSKÝ, Petr. Osobní rozhovor. Liberec, 9. 3. 2014.

²⁰ Vizuální zpracování příčných a podélných profilů je součástí příloh na CD

Příčný profil			
Terén		Skalní převis	
číslo bodu	výška bodu (m)	číslo bodu	výška bodu (m)
149	536,36	149	536,36
140	536,29	150	536,75
160	535,88	153	536,90
138	535,68	70	537,05
19	533,00	69	537,32
		72	537,52
		88	538,10
		95	538,94
		94	539,37
		129	539,99
		126	540,34
		127	540,86

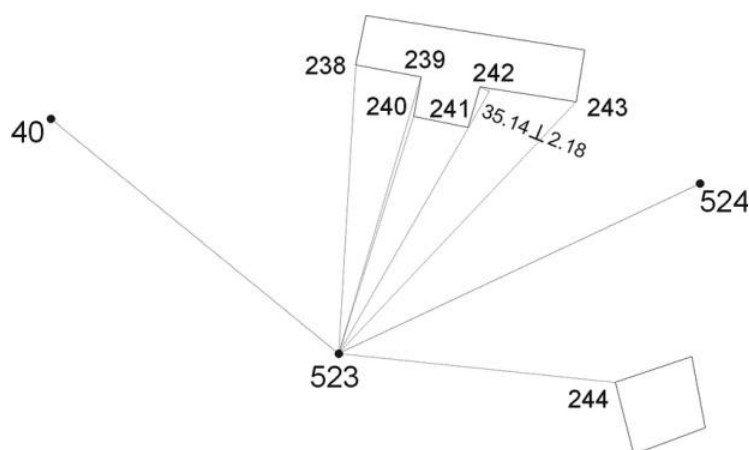
Tab. 6: Příčný profil (zdroj: vlastní zpracování)

Podélný profil			
Terén		Skalní převis	
číslo bodu	výška bodu (m)	číslo bodu	výška bodu (m)
20	537,70	20	537,70
21	536,98	79	537,65
22	536,76	86	538,41
23	536,58	87	538,39
24	536,44	89	538,28
25	536,29	90	538,14
26	536,33	62	537,80
161	536,29	99	537,74
160	535,88	113	537,16
40	536,01	114	536,95
		40	536,01

Tab. 7: Podélný profil (zdroj: vlastní zpracování)

2.6.4 Metodika měření

Pro zaměření podrobných bodů byla vybrána polární metoda, u které jsme získávali hodnoty horizontálních a vertikálních úhlů, a dále také vodorovné délky, které slouží jako hodnoty pro určování souřadnic podrobných bodů.



Obr. 14 Polární metoda (zdroj: měření polohoopisu, dostupné z <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch08.html>)

Jelikož se Jeřmanská skála nachází v hlubokém lesním porostu, nebylo možné určit stanoviška (základní měřické body) přímo v blízkosti skalního převisu. Proto jsme zvolili pastvinu vzdálenou zhruba 200m od místa měření a zde pomocí GPS vytvořili první stanoviška, které nám definovaly přesné souřadnice.

Z těchto stanovisek jsme vedli uzavřený polygonový pořad, který nám pomohl přenést již známé souřadnice přímo ke skále. Zde jsme zvolili dvě stanoviška, popsána čísly (6;7), která jsme označili geodetickým hřebem a okolí zvýraznili červenou barvou ve spreji pro případné pozdější dohledání. V této části pracovního postupu jsme začali měřit přístroji SOKKIA SET 530RKT, teodolit firmy Zeiss THEO 020A a nivelační přístroj Sprinter 50.

2.7 Měření totální stanicí

Před měřením podrobných bodů došlo k odstranění systematických chyb přístroje a nastavení fyzikálních parametrů, které měření zpřesňují. Ve stroji jsme zadali souřadnice zvolených stanovisek vedené v místním systému (6: Y=733.820; X=4815.207; Z=81.228 7: Y=735.196; X=4830.488; Z=81.64) a zvolili vhodnou orientaci.

Následně bylo zaměřeno 241 podrobných bodů, které tvořily výškopisný a polohopisný mapový podklad. Hustota naměřených bodů je dostatečná i pro další využití např. 3D modelace. Součástí naměřených podrobných bodů byla archeologická sonda, která byla hlavním cílem geodetického měření. Rozměry sondy byly na délku 5 metrů a na šířku 0,5 metrů. Po zaměření podrobných bodů byly doměřeny body podélného a příčného profilu. Pro rozlišení byly body číslovány následovně:

- stanoviště 6, 7
- podrobné body 1, 2,...,241
- body profilů (součástí podrobných bodů, odlišení pouze v registru)



Obr. 15 Archeologická sonda (zdroj: Vít Jíra, říjen, 2014)

2.7.1 Výpočty získaných dat v terénu pomocí totální stanice

Pro výpočet podrobných bodů bylo nutné transformovat naměřená data v GPS do souřadnicového systému S -JTSK. Polohu jsme udávali v prostorových souřadnicích. Přesněji se jedná o pravoúhlé souřadnice definované prvky x,y,z (Kostecký 1993, s. 133 –138). Výpočet bodů polygonu a podrobných bodů byl proveden dávkou v programu GEUS ver. 17.0. Součástí programu je grafické rozhraní, ve kterém byla data postupně zpracována.

2.7.2 Popis totální stanice a měřických pomůcek

Pro zaměření podrobných bodů jsme zvolili přístroj SOKKIA SET 530RKT. Jedná se o totální stanici, která umožňuje měření bez odrazného hranolu až do vzdálenosti 100m. Tato metoda byla pro zaměření Jeřmanské skály využita pouze pro přesné určení členitosti převisu, který je v několikametrové výšce. Ostatní podrobné body byly měřeny vždy na odrazný hranol.

Z měřických pomůcek jsme volili odrazný hranol na výtyčce vybavený o krabicovou libelu, který dosahuje dostatečné přesnosti pro měření podrobných bodů a kovové měřické pásmo pro určování výšky stroje.

Technické parametry přístroje:

Hmotnost: 5,1kg

Přesnost při bezhranolovém měření: $\pm(3\text{mm}+2\text{ppm})$

Přesnost při použití hranolů AP: $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$

Dosah dálkoměru na hranol AP: 5000m.

Dosah dálkoměru při bezodrazném měření: 100m a více.

Paměť: interní až na 10.000 bodů.



Obr. 16 Totální stanice SOKKIA SET 530RKT (zdroj: Vít Jíra, říjen, 2014)

2.7.3 Hodnocení metody

Metoda měření podrobných bodů totální stanicí je snadná a jednoduchá na přípravu. Důvodem je automatická registrace naměřených hodnot do přístroje. To vylučuje mnoho chyb měřiče, který nemusí kontrolovat a následně počítat zapsané údaje jako je tomu u klasických teodolitů nebo výškové nivelace, kde data nelze registrovat. Přesností je umístění měřeného bodu, který je neměnný a souřadnice jsou změřeny z místa, kde se odrazný hranol spojuje se zemským povrchem (Vraný 2007, s. 13).

Jistou nevýhodou je pořizovací cena totálních stanic, která je mnohonásobně vyšší než u klasických teodolitů a nivelačních přístrojů.

Výsledky i přes svou kvalitu velmi často generalizují terén. Selektivní metoda může být pro některé druhy archeologických výzkumů nepřijatelná a nahrazena metodou neselektivní.

2.8 Měření klasickým teodolitem

Teodolit, zvolený pro zaměření Jeřmanské skály byl nejvíce využíván v druhé polovině 20. století, proto neobsahuje přídavný přístroj pro měření délek.²¹ Měření vodorovných úhlů bylo měřeno metodou v obou polohách dalekohledu. Obě polohy měříme z důvodu vyloučení osových a některých přístrojových chyb, které by při jednoduchém měření v jedné poloze vznikly a mohly by tak ovlivnit porovnání konečných výsledků. Obě polohy jsou měřeny zacílením na levé rameno, kde čteme naměřenou hodnotu U_{L1} . Dále zacílíme na pravé rameno stále v první poloze a čteme hodnotu U_{P1} . Proložíme dalekohled a zacílíme na pravé rameno U_{P2} , abychom nemuseli měnit směr, a nakonec zacílíme na rameno levé v druhé poloze U_{L2} (Čada 2007, kap 4.4.). Výsledné úhly v první a druhé poloze byly vypočteny vztahem:

$$\pi_1 = U_{P1} - U_{L1}$$

$$\pi_2 = U_{P2} - U_{L2}$$

Tímto způsobem jsme zaměřili vodorovné úhly na podrobné body, které byly v rámci šetřeného území zvoleny přednostně. Jednalo se o body měřené archeologické sondy a generalizovaný reliéf.

Další fyzikální veličinou, která je důležitá pro výpočet polární metody, je délka. Klasický teodolit nedokáže měřit délky, proto jsme volili kovové pásmo, kterým jsme zaměřili délky mezi podrobnými body a stanovisky. Délky jsme měřili vodorovně vždy dvakrát metodou přeložením pásma; vyhneme se tak chybám z výroby a konstrukce pásma. Vodorovné délky jsme dosáhli pomocí olovnice, která pomáhá vyrovnat chyby měřičů při měření vodorovných vzdáleností.²²

²¹ Dálkoměr byl v tomto případě nahrazen měřickým kovovým pásmem.

²² Měřické úlohy. In: Měření délek pásmem (přímé měření délek mezi dvěma body pásmem) [online]. [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/GED/puchrik.l/geodezie/ulohy/pasmo.html>

2.8.1 Popis teodolitu a měřických pomůcek využitých v práci

Pro měření podrobných bodů teodolitem jsme vybrali optomechanický teodolit značky Zeiss THEO 020A. Dle přesnosti se teodolit řadí do kategorie minutových přístrojů. Minutové nebo také stavební přístroje jsou nejméně přesné teodolity, kde nejmenší dílek na úhlových kruzích je jedna nebo dvě setinné minuty (Kuthanová 2006).

Technické parametry přístroje:

Zvětšení dalekohledu: 25x

Minimální zaostření: 1,5m

Přesnost měření úhlů: $\pm 1.0\text{mgon}$

Kompenzátor: Ano

Hmotnost: 4,5 kg



Obr. 17 Klasický teodolit Zeiss Theo020a (zdroj: popis teodolitu, dostupné z <http://ceferistu.wordpress.com/2008/08/16/la-cererea/>)

2.8.2 Výpočet bodů měřených teodolitem

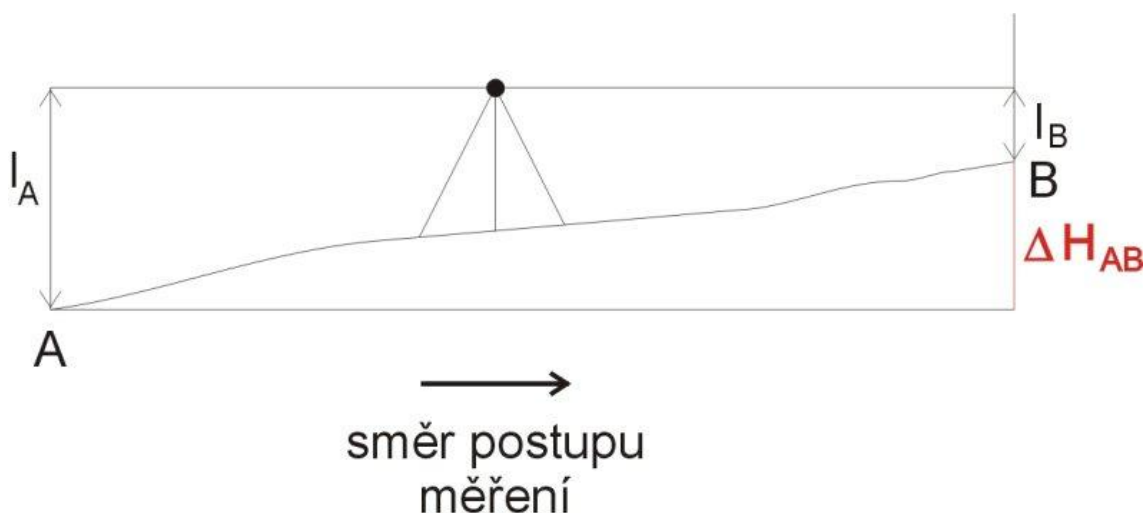
U klasických optomechanických teodolitů je registrace dat prováděna zápisem do zápisníku a chyby, které během měření vznikají, je nutné dodatečně dopočítat (Ratiborský 2007). Ručně zapsané naměřené hodnoty byly vypočítány a výsledkem byly vodorovné úhly. Následně byly tyto vodorovné úhly přepsány do elektronické podoby a doplněny o zprůměrované délky naměřené pásmem.

Výpočet podrobných bodů polohopisu byl proveden dávkou v programu GEUS ver. 17.0. Součástí programu je grafické rozhraní, ve kterém byla data postupně zpracována.

2.8.3 Nivelace

Jedná se o metodu měření výškových rozdílů mezi dvěma body (Vraný 2007). Nivelaci lze rozdělit na nivelaci kupředu a ze středu (Čada 2007, kap 11.1.). Nejčastěji se setkáváme s využitím metody nivelace ze středu, která odstraňuje odklon záměry od vodorovné osy přístroje a při delších záměrech také rozdíl mezi zdánlivým a skutečným horizontem (Hánek a kol., 2007). Niveláčnický přístroj stavíme do středu mezi měřené body, pomocí nich určujeme převýšení. Na body stavíme nivelační lať, na které je směr vodorovné roviny promítnut. Výškový rozdíl mezi měřenými body určíme ze vztahu:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = l_A - l_B = z - p$$



Obr. 18 Nivelace ze středu (zdroj: metody nivelace, dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch11s05.html>)

2.8.4 Popis nivelačního přístroje a měřických pomůcek

Pro zaměření výškových rozdílů byl využit přístroj Leica SPRINTER 50. Přístroj je přesné elektronické zařízení využívané pro přesné i technické nivelace. Po zaměření podrobného bodu jsou všechny potřebné informace ihned zobrazeny na display vlivem automatického odečítání, jež využívá princip výpočtu výšek pomocí latě s čárkovým kódem. Teleskopická nivelační lať, využitá pro zaměření podrobných bodů, měla délku 5m. Dále byla opatřena čárkovým kódem a z druhé strany klasickou stupnicí.

Systém přímého odečítání je výhodný pro úsporu času, kdy během měření nemusíme využívat lať s klasickou centimetrovou stupnicí, která je z důvodu čtení dílků na lati časově náročnější a méně přesná.



Obr. 19 Leica SPRINTER 50 (zdroj: leica digital levels, dostupné z: http://www.nsscanada.com/publish/digital_levels.htm)

2.8.5 Měření nivelačním přístrojem

Před samotným měřením jsme provedli zkoušku a rektifikaci nivelačního přístroje, který musí splňovat osové podmínky. Osa krabicové libely má být kolmá k vertikální ose. Vodorovné vlákno nitkového kříže má být kolmé k vertikální ose. Ostatní osové přístrojové podmínky urovnává kompenzátor, který se do potřebné polohy uvede působením zemské tíže (Čada 2007, kap 11.1.).

Převis pod Jeřmanskou skálou omezuje pohyblivost s měřicími přístroji, a proto bylo na šetřeném území zaměřeno jen několik nivelačních pořadů. Zbylé body byly měřeny plošnou nivelací, která se nejčastěji využívá pro doplnění výškopisu do polohopisných map. Základní složkou je polohopisný plán situace, který byl zaměřen klasickým teodolitem a slouží jako pomůcka pro zaměřování výšek konkrétních podrobných bodů (Hánek 2007).

2.8.6 Zpracování naměřených dat nivelace

Ručně zapsané naměřené hodnoty byly vypočítány a výsledkem byly vodorovné výškové hodnoty, které byly přepsány do elektronické podoby. Vyhodnocení metody bylo prováděno porovnáním výškových rozdílů mezi výškami naměřenými totální stanicí SOKKIA SET 530RKT a Leica SPRINTER 50.

2.8.7 Hodnocení metody

Měření polohopisných a výškopisných hodnot v rámci mapování lokality je metodou časově i měřicky náročnou. Polohopisné měření probíhalo zaměřením vodorovných úhlových záměr přístrojem Zeiss THEO 020a, který je v současné době využíván velmi zřídka z důvodu časové náročnosti měření. Další nevýhodou jsou často vzniklé měřické chyby, kterých se měřič během záměr dopouští. Důvodem je především mechanické čtení hodnot a následný zápis do předem připraveného zápisníku. Délkové jednotky byly měřeny pásmem současně při záměrech vodorovných úhlů. Pásmo bylo kovové a kalibrované, přesto jsou délkové jednotky ovlivněny centrací měřičů spolu s vodorovným kladem pásma.

Nivelační metoda určování výškových hodnot je velmi zdoluhavá, náročná a výškové měření pokrývá jen velmi malou část šetřené lokality. Proto nivelace není vhodnou metodou pro měření mapových podkladů.

2.8.8 Porovnání metod

Porovnáním metod měření totální stanicí a kombinované metody (klasický teodolit, nivelace, pásmo), byly zjištěny odlišnosti a nedostatky u obou metod. V celkovém hodnocení několika faktorů pozitivně dominovala metoda měření totální stanicí.

Časová náročnost měření

Měření totální stanicí je velmi pohodlné a jednoduché. Hodnoty jsou registrovány přímo do paměti stroje a ovládání přístroje je velmi intuitivní a jednoduché. Délka měření byla zhruba 2 hodiny. Měření zahrnovalo zaměřování archeologické sondy, příčných a podélných řezů a dále také celkový reliéf terénu. Dohromady 241 podrobných bodů.

Kombinovanou metodou byla zaměřena zhruba polovina podrobných bodů. Důvodem byla časová náročnost, kde zaměření 119 podrobných bodů trvalo 10 hodin. Jak už bylo řečeno nejvíce časově náročný byl mechanický zápis dat a měření dvěma přístroji pro zjištění polohových i výškových souřadnic.

Měření bylo rozděleno do dvou pracovních dnů. Frekvencovanost umožňovala měření pouze v ráno, vždy zhruba po pěti hodinách. Zaměřen byl velice generalizovaný reliéf terénu a archeologická sonda.

Za zmínku stojí fakt, že veškerá měření probíhala v dvojčlenném týmu. Pokud by měřická skupina obsahovala členů více, celková časová náročnost by měla klesající tendenci.

Časová náročnost v kanceláři

Jak už bylo řečeno, data z totální stanice byla převedena přímo ze stroje do programu GEUS ver. 17.0., kde byly podrobné body vypočteny metodou dávky. Podrobné body byly definovány atributy a vytvořen byl také vrstevnicový plán. Délka práce v kanceláři byla zhruba 5 hodin.

Délka práce při kombinované metodě byla zhruba 8 hodin. Práce s přepisováním naměřených dat do počítače trvala 4 hodiny a přiřazování atributů také zhruba 4 hodiny. Menší časová náročnost u přiřazování atributů byla způsobena nižší počtem naměřených podrobných bodů.

Kvalita naměřených dat

Pro bližší zkoumání naměřených dat, jejich kvalit a přesnosti by bylo třeba využít dalších měřických metod a počtu měřických opakování. Námi naměřené výsledky ukazují vyšší přesnost u měření totální stanicí a celkový výsledek se kladně přiklání k této metodě.

3 Metody zpracování geodetických dat v archeologii

Geodetické a geoinformatické zpracování dat dosáhlo v posledních letech velkého využití v různých oblastech, a proto není divu, že těchto kvalit začal využívat i tak konzervativní obor jakým je archeologie. Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, součástí archeologického výzkumu je tvorba dokumentace. V počátcích byla archeologická naleziště zaznamenávána skicami a nákresy, které neměly formální záležitosti, a proto pravou podstatu nákresu věděl jen sám autor. Vstupem geodezie do archeologického odvětví začaly vznikat první plány a mapy v měřítku, které mělo formální i kartografickou úpravu. Geodetické zaměřování je v současné době přítomné při každém archeologickém objevu a technologickým vývojem se vyvíjejí další aplikace v přidružených oborech (geografické informační systémy, dálkový průzkum Země, GPS), které napomáhají dovést dokumentaci archeologických objevů k dokonalosti (Bruna 2007).

3.1 Geoinformační nástroje v archeologickém výzkumu

Definici geoinformatiky komentuje Pravda (1994) slovy: „*Geoinformatika je vědecká disciplína, která zkoumá přírodní a socioekonomické geosystémy (jejich strukturu, interakce a dynamiku v časoprostoru) pomocí počítačového modelování na základě databází geografických poznatků.*“

Prvkem geoinformatiky je geoobjekt, který se vztahuje na určité území Země dle geometrie, topologie, tematiky a dynamiky. Geoinformatika působí v archeologii jako prostředek ke kvalitnějšímu výzkumu v terénu a následných datových analýz (Bárta, Bruna, Křivánek 2003).

3.1.1 Geografické informační systémy

Objemné datové modely, které vznikly a byly získány terénním šetřením, je možné v dnešní době strukturovat Geografickými informačními systémy (dále pouze GIS), které zahrnují prostorová a atributová data o všech nálezech a terénních souvislostech. Výhodou GIS je vizualizace dat, které fungují jako metodický nástroj pro studium prostorových vlastností. Digitální modely a odvozené vrstvy mohou pomoci při hledání souvislostí a vyhodnocení výsledků naší historie.²³

²³ Archeologický ústav Akademie věd ČR Brno, v.v.i. In: Geografické informační systémy [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: <http://www.marcomannia.cz/PAGES/GIS.html>

GIS má v poslední dekádě velmi pozitivní dopad na vývoj zpracování kvalitních archeologických dat. Nevýhodou ovšem zůstávají zdroje dat. Zpracovaná data často nedosahují kvalit, které rozhraní GIS poskytuje. Důvodem je zpracování dokumentace v terénu, která je u klasických plošných nálezů velmi různorodá. Především u starších výzkumů, které nejsou zpracovávány pro následné počítačové analýzy. Zde se zvyšuje časová náročnost zpracování, ale prostorové analýzy často nejsou požadované kvality. Archeolog by měl mít stále na paměti propojení dokumentace s originálem. Pokud budou základní částí archeologického výzkumu kresleny generalizovaně nebo jistým způsobem deformovaně, v prostředí GIS nemůžeme čekat přínosné metody, které za nás chyby opraví. Pro zpracování archeologických dat může být v dnešní době použito spousta aplikací a vhodných programů. Výsledkově by však měl být výzkum, co nejvíce dostupný a zpracován pro veřejnost, aby samotný koncový uživatel byl schopen porovnat textové zpracování výzkumu archeologů se svojí vlastní analýzou, jež si může v rámci zpracovaného programu sám ověřit (Thér 2008).

Dále Thér (2008) ve svém článku o *Využití GIS pro zpracování a publikaci plošných archeologických výzkumů: příklad neolitického sídliště v Mohelnici u Zábřehu* uvádí, že klíčem k úspěchu zpracování dat v rozhraní GIS jsou přípravné práce a postupy, které budou strukturovány, aby docházelo k propojení datových částí v geodatabázi. Výsledkem je komplexní dílo, které má vlastnosti celistvého výzkumu a pro koncového uživatele se jedná o velmi přehledný a širitelný produkt.

3.2 Geodetická data a jejich role v archeologickém výzkumu

V archeologii představují geodetická data nejčastěji polohopisná a výškopisná měření. Mapový podklad lze získat z topografických map nebo přímým měřením. (Bruna 2007).

Dle vlastních zkušeností jsou topografické mapy využívány pouze jako pomocné doplňkové mapy, využívané v rozsáhlých archeologických měřeních. Častěji se archeologové obražejí přímo na geodeta, který spolu se zaměřením archeologických sond zmapuje i část okolní krajiny. Geodetické měření a zpracování dat není konečná fáze dokumentace. Toto měření lze definovat pouze jako prostředek k cíli archeologů, kteří data dále zpracovávají až do konečné podoby. Pro geodetické zpracování naměřených hodnot jsou využívány geodetické nebo konstrukční programy, které jsou využívány pro klasické geodetické zpracování. Nejčastěji jsou data zpracována v programech CAD a Geus.

3.2.1 Možnosti zpracování v CADu a GEUSu

CAD systémy (Computer Aided Design) jsou programy určené pro prvopočáteční vývoj a technické zpracování naměřených dat. Data jsou vizualizována v dvojrozměrných prezentacích, ale je zde možnost zpracování ve 3D modelaci, nejčastěji v programu Autodesk Civil 3D. Zobrazení je možné v jakémkoliv měřítku a pohledu, který zvyšuje kvalitu výstupu a následný export lze nastavit shodného souřadnicového systému (Košťál in Čibera 2011, s. 36).

V posledních letech se některé CAD programy více přibližují a přizpůsobují GIS systémům, aby mohly vzájemně spolupracovat a integrovat data, která zlepšují kvalitu a produktivitu samotných výstupů (Brůna 2007).

GEUS systém byl vytvořen několika zkušenými odborníky a programátory pro základní potřeby českých zeměměřičů. Program je sestaven pro kancelářské i terénní práce, jež mohou být dále zpracovány až po konečné digitální soubory. Pro archeologickou dokumentaci je výhodou grafické menu, které je velmi intuitivní a jednoduché pro zpracování účelových map bez omezení počtu objektů a velikosti výkresu. Stejně jako u CADu je možnost exportovat ve vybraných formátech kompatibilních s jinými programy pro další správu archeologických dat.²⁴

²⁴ Více informací o programu dostupné z: <http://www.geus.cz/help/geusgr/index.html>

4 Praktické ukázky měřených archeologických lokalit

4.1 Archeologický výzkum hromadných hrobů vojáků ze sedmileté války z prostoru Nerudova náměstí v Liberci

Na počátku října roku 2011 byl objeven na Nerudově náměstí jeden z nejlépe zachovalých hromadných kostrových hrobů z období sedmileté války. Podle prvotního antropologického zhodnocení se jedná v některých případech o mladé muže ve věku zhruba 25 let, kteří leželi naházeni přes sebe v přibližně metr hluboké jámě. Ze zajímavých artefaktů se podařilo objevit kovové knoflíky z původního ústroje. Někteří jedinci měli na hlavě zbytky vlasů v podobě spletených copánků. V rohu jámy byla objevena dětská dřevěná rakev s ostatky dítěte zasypaného hoblinami. Přes celé víko malé rakve byl namalován kříž s jetelovitým ukončením. Všechny nálezy budou díky spolupráci se Statutárním městem Liberec, které výzkum této jedinečné archeologické lokality financuje, poslány k následnému laboratornímu zkoumání a zpracování. Dozvíme se tak zcela nové a jedinečné informace o vojácích, kteří se účastnili krvavých bojů v bitvě u Liberce. Bitva proběhla 21. dubna 1757 a skončila porážkou rakouského vojska. Podle různých údajů stálo proti sobě onen den 30 – 40 tisíc vojáků. Podle zatím neoficiálních údajů zahynulo nebo bylo zraněno 849 rakouských vojáků a 25 důstojníků, na pruské straně 625 vojáků a 30 důstojníků. Mrtví byli pochováni údajně za kostelíkem Sv. Jana Nepomuckého v Janově Dole a ranění převezeni mj. do vojenského lazaretu. Další vojáci umírali na následky svých zranění a po vypuknutí epidemie skvrnitého tyfu se počet úmrtí začal rapidně zvyšovat. Tito vojáci pak byli pochováváni do prostoru dnešního Nerudova náměstí. To vzniklo i se zástavbou až o čtvrtstoletí později, roku 1784 jako tzv. Filipovo město. Celkem bylo v letech 2002, 2003 a 2011 objeveno cca 70 pohřbených vojáků.²⁵

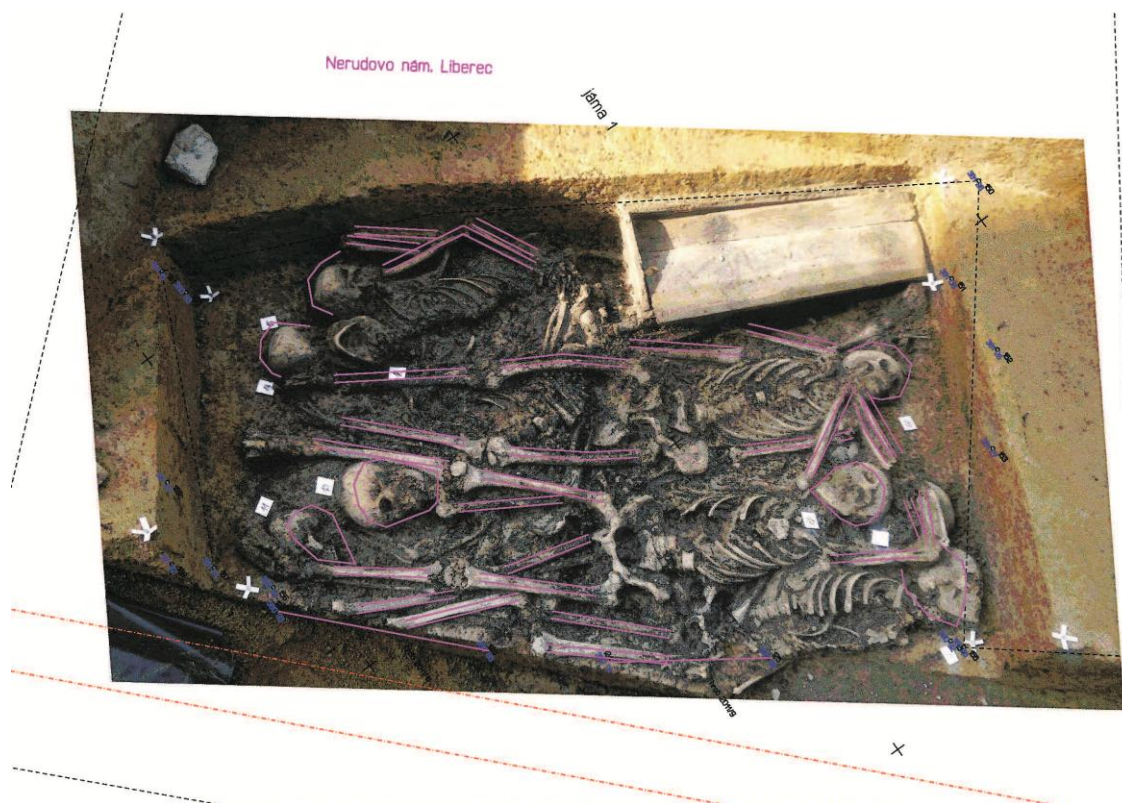
²⁵ BRESTOVANSKÝ, Petr. Osobní rozhovor. Liberec, 9. 3. 2014.



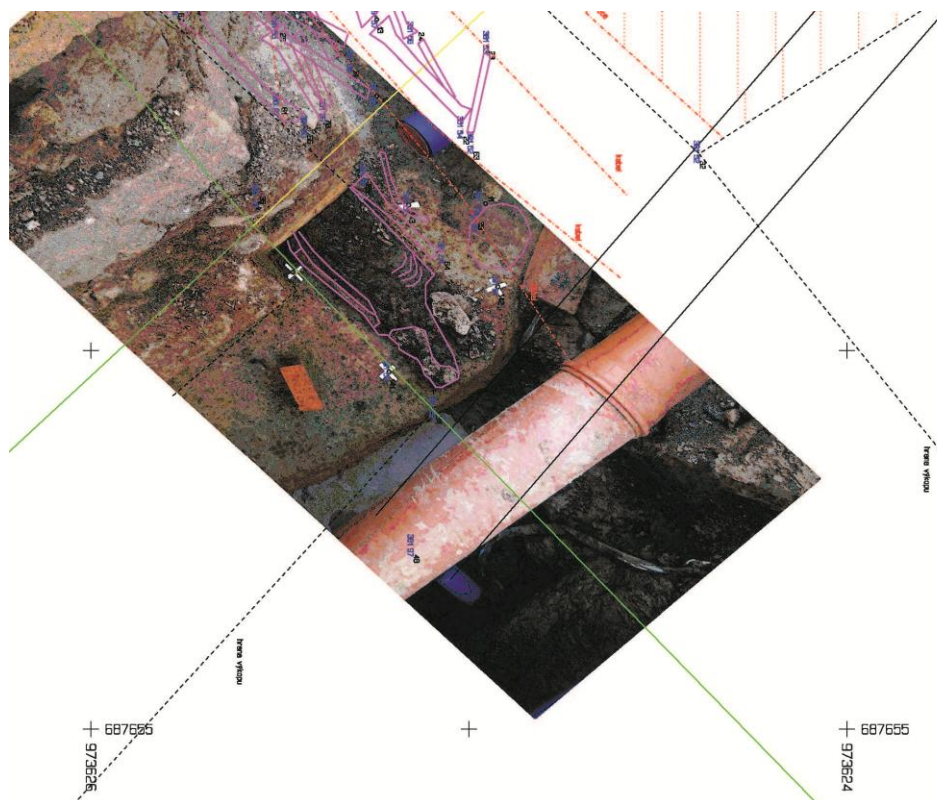
Obr. 20 Objevené hrobky, Nerudovo náměstí, Liberec (zdroj: Vít Jíra, 2013, vlastní zpracování)



Obr. 21 Hromadný hrob, Nerudovo náměstí, Liberec (zdroj: Vít Jíra, 2013, vlastní zpracování)



Obr. 23 Archeologický objev hromadného hrobu s dochovanou dětskou rakví, Nerudovo náměstí, Liberec (zdroj: Vít Jíra, 2013, vlastní zpracování)



Obr. 22 důkaz neohleduplnosti nad dochováním archeologických nálezů Nerudovo náměstí, Liberec (zdroj: Vít Jíra, 2013, vlastní zpracování)

5 Závěr

Cíle bakalářské práce - *zhodnocení kvality mapování a zpracování dat archeologických nálezů*, byly naplněny v první části práce určením využitelnosti a přesnosti měřických přístrojů pro sběr archeologických dat. V druhé části byla přesnost archeologické dokumentace demonstrována na terénním výzkumu. Ve třetí části je práce zaměřena na rozvoj interdisciplinarity v archeologickém zpracování dat pro zvýšení kvality finálních výstupů a poslední část je zaměřena na praktickou ukázkou měřené archeologické lokality.

V první části práce je řešena technologická stránka archeologického výzkumu. Poukázali jsme na možnosti získávání dat z archeologických nalezišť pomocí přístrojů či metod, které jsou v archeologii využívány. V této kapitole je řešena využitelnost jednotlivých přístrojů pro dokumentaci v krajině, kde je kladem důraz na kvalitu a přesnost zaměření z důvodu nenahraditelnosti archeologických dat. Součástí výzkumu v první kapitole byla vlastní zkušenost s vybranými měřickými přístroji.

V následující části, byla řešena praktická stránka archeologického výzkumu zaměřená na přesnost v archeologické dokumentaci. Pro demonstrování archeologické přesnosti jsme vybrali archeologickou lokalitu Jeřmanská skála. Archeologická sonda pod skalním převisem ukrývala fragmenty tisíce let staré, které byly zaměřeny totální stanicí a klasickým teodolitem doplněné nivelací. Naměřené hodnoty obou metod, byly zpracovány a porovnávány v rámci kvality a přesnosti výstupu. Z výsledků bylo patrné, že využití novodobé měřické techniky (totální stanice) je pro přesné zaměření archeologické sondy zásadní. Další pozitiva měla tato metoda v časové náročnosti zaměření v terénu i zpracování v kanceláři. Výsledkem je technický výkres, který ve formátu A1 zobrazuje *archeologickou lokalitu Jeřmanské skály*. Součástí výkresu je zaměření sondy, příčné a podélné profily a vrstevnicový obraz krajiny.

V další kapitole jsme popisovali geodetickou a geoinformační formu zpracování dat, která je v současné době pro archeologii nejvíce využívána. Porovnáváním obou metod jsme dospěli k závěru, že zpracování pomocí GIS je pro badatelskou a uživatelskou budoucnost konkrétní archeologické lokality výhodnější. Problém zůstává v poskytnutých vstupních datech (jak je popsáno v druhé kapitole), které často nedosahují takové kvality, aby zpracování v rozhraní GIS mělo uspokojivý finální výsledek. Díky tomuto je pak často využíváno geodetických metod zpracování, jež splňují účel v danou chvíli, ale pro budoucí bádání jsou výstupy nepoužitelné.

Důležitým výsledkem práce bylo propojení geodetických a geoinformačních postupů v archeologickém výzkumu. Dále se mi podařilo spojit s lidmi, jež se pohybují v archeologii a mému výzkumu *mapování a zpracování archeologických dat* věnovali bližší pozornost.

Toto vše vyústilo v několik osobních setkání, s možnostmi prezentovat výsledky naší práce na některém setkání archeologů v České republice.

6 Zdroje

BÁRTA, M., BRŮNA, V., KŘIVÁNEK, R., (2003): *Research at South Abusir in 2001-2002 – methods and results*. In: Památky Archeologické XCIV 2003. ISSN 0031-0506, s. 49 - 82.

BITTERER, L. GEODÉZIA. Žilina, 2003, s. 49–53, Dostupné z: <http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/g1/>

BLAŽEK, R. - SKOŘEPA, Z.: *Geodézie 3 (Výškopis)*. Praha, ČVUT 2009.

BÖHM, J. *Fotogrammetrie: Učební text*. Ostrava, 2002. Dostupné z: <http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Fotogrammetrie.pdf>

BRESTOVANSKÝ, P. *Osobní rozhovor*. Liberec, 9. 3. 2014.

BRŮNA, V. *Role geoinformatiky při archeologickém výzkumu v Egyptě*. 2007. Dostupné z: http://bruna.geolab.cz/files/egypt/geos_2007.pdf

BRŮNA, V. *Využití KAP (Kite Aerial Photography) při dokumentaci výzkumu v Abúsíru*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Filozofická fakulta, 2013. Dostupné z: http://bruna.geolab.cz/files/pes/Bruna_PES%20XI_2013.pdf

CIBERA, J. *Geodezie v archeologii*. Plzeň, 2011. Dostupné z: cadzone.dobo.sk/wp-content/Cibera-Jan-2011-Geodezie-v-archeologii.pdf. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.

ČABELKA, M. *Měření vodorovných úhlů: Seminář z geoinformatiky* [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/seminar-z-geoinformatiky/prednasky/9.-mereni-uhlu>

ČADA, V. *Geodézie : Přednášky z předmětu GENI* [online]. [Plzeň] : Západočeská univerzita, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky, 2007- [cit. 2013-12-10]. Dostupné z <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html-old/index.html>

DEMEK, J., 1987. *Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon*. Praha: Academia.

GEOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SERVER: *Geofyzika* [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.gweb.cz/geologie/geofyzika/>

GOJDA, M, JOHN, J. *Dálkový archeologický průzkum starého sídelního území Čech: konfrontace výsledků letecké prospekce a analýzy družicových dat*. Archeologické rozhledy, 2009, roč. 61, č. 3, s. 467-492. ISSN: 0323-1267

HANZL, J. *Osobní rozhovor*. Turnov, 16. 2. 2014.

HÁNEK, P. *K historii geodetických přístrojů v Čechách. K historii geodetických přístrojů v Čechách* [online]. 2000 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.zememeric.cz/8+9-00/historie.html>

HÁNEK, P. *Stavební geodézie*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 133 s. ISBN 978-80-01-03707-2.

- CHEVES, M. Editor's Desk: The First Total Station?. *Editor's Desk: The First Total Station?* [online]. 2003 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=1049>
- ISPRS Congress Kyoto 1988. Japan, 1988. Dostupné z: <http://www.isprs.org/congresses/kyoto1988/default.aspx>
- JINDRA, D. *GPS v dnešní geodetické praxi*, Zeměměřič plus, 1999, 1, č.3, s. 13-16
- KOSTECKÝ, J. *K převodu výsledků měření aparaturami GPS do souřadnicového systému S-JTSK*. 1993, roč. 37., s. 133-138.
- KOSTKA, B. *Cvičení č. 4 : Tachymetrie s TS – postup, výpočet, zpracování, podklad* [online]. 2003 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/~koska/publikace/soubory/Tachymetrie.pdf>
- KUTHANOVÁ, M. *Geodézie: Odborný učební text*. Liberec, 2006.
- LANGLEY, B. *RTK GPS*, *GPS World*, 1998, 9, č.9
- MACHÁČKOVÁ, L. PROSTŘEDNÍK, J.; *Záchranný výzkum neolitického výrobního okrsku v Ohrazenicích (okr. Semily)*. In: Otázky neolitu a eneolitu našich zemí. Pravěk NŘ-Supplementum 8, str. 140-190. Brno, 2001.
- MĚŘICKÁ TECHNIKA A POMŮCKY PRO ARCHEOLOGY. In: *Měřická technika a pomůcky pro archeology* [online]. [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.merim.cz/katalog/mericka-technika-a-pomucky-pro-archeology>
- MICROSOFT, 2007. Microsoft Office 2007. Redmond: Microsoft Corporation.
- NEÚSTUPNÝ, E. *Metoda archeologie*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2007. 206 s. ISBN 978-80-7380-075-8.
- PARCAK, SARAH, H.: 2009 *Satellite Remote Sensing for Archaeology*, London: Routledge.
- PAVELKA, K. 2004: *Dálkový průzkum Země 10: Operační systémy*. Vydavatelství ČVUT, Praha.
- PAVELKA, K., HALOUNOVÁ, L.: *Aktuální problémy fotogrammetrie a DPZ*, Praha :FSv ČVUT 2004. 175 s. sborník, ISBN 80-01-03171-3.
- PETERKA, I. *Zpracování a vizualizace geofyzikálních dat v archeologii*. Brno, 2011. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/173028/fi_m/dp_peterkai.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- PLEINER, R. a kol.; *Pravěké dějiny Čech*. Praha, 1978.
- PRAVDA, J. (1994): *O samostatnosti kartografie*. Kartografické listy, 2, s.51-59
- RATIBORSKÝ, J. *Geodézie 10*. Praha: česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005, 2. vydání. ISBN 80-01-03332-5

- ŘEHÁK, M. *Využití bezpilotních prostředků ve fotogrammetrii*. Praha, 2012. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2012/martin-rehak-dp-2012.pdf>. Diplomová práce. ČVUT.
- SCHENK, J. *Globální polohové systémy v geodézii*. Ostrava, 2003. Dostupné z: http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Globalni_polohove_systemy.pdf
- SLÁDKOVÁ, D. *Měření úhlů, směrů a rektifikace*. Ostrava, 2002. Dostupné z: http://igdm.vsb.cz/igdm/materialy/Mereni_uhlu.pdf. Učební text. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- ŠMEJDA, L. *Modernizace terénní praxe oboru archeologie*. [online]. 2002 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~smejda/gps-projekt/>
- SMÍTKA, V. *Přesnost 3D skenovacích technologií v geodézii a možnosti jejího zvyšování*. 2013. Disertační práce. ČVUT.
- ŠIMANA, M. 1971: *Geodesie v archeologické praxi*. Zprávy Čs. spol. arch. při Čs. akademii věd, Supplement, 9. Praha.
- ŠTEFLOVÁ, D. *Užití fotogrammetrie v praxi*. Olomouc, 2005. Diplomový práce. Univerzita Palackého.
- ŠTRONER, M. *K přesnosti volného stanoviska* [online]. Praha, 2012 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/ING2/volne_stanovisko.pdf
- ŠTRONER, M., POSPÍŠIL, J. *Terestrické skenovací systémy*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008, 185 s. ISBN 978-80-01- 04141-3.
- THÉR, R. 2008: Využití GIS pro zpracování a publikaci plošných archeologických výzkumů: příklad neolitického sídliště v Mohelnici u Zábřeha. In : Macháček, J. (ed) 2008: Počítačová podpora v archeologii II. Brno - Praha - Plzeň, 127-164.
- TŘASÁK, P. *Základy teorie chyb měření* [online]. 2012 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://inggeo.fsv.cvut.cz/wiki/doku.php?id=04_teorie_chyb:0401_zaklady_teorie_chyb_mereni
- VRANÝ, V. *Určení tvaru komunikace – porovnání geodetických metod*. Praha, 2007. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2007/vaclav-vrany-dp-2007.pdf>. Diplomová práce. České vysoké učení technické.

7 Přílohy

souradnice_klasicky_teodolit_a_nivelace.xlsx

souradnice_totalni_stanice.xlsx

fotografie_jermanska_skala_sonda

poster_jermaska_skala.pdf