

**MOŽNOSTI VYUŽITIA MODERNÝCH MERACÍCH
A ZOBRAZOVACÍCH METÓD
PRI VÝSKUME PSEUDOMONTÁNEHO PODZEMIA**

**POTENTIAL OF A MODERN MEASURING AND IMAGING METHODS
IN RESEARCH OF PSEUDOMONTANEOUS UNDERGROUND**

Pavel HRONČEK¹

¹ Brusno, Kúpeľná 83/114, 976 62, email: phroncek@gmail.com

Abstract

Pseudomontaneous relief shapes are shapes that feature all of the corresponding characteristics typical for montaneous shapes, but they did not originate for the purposes of mining nor as a result of mineral resources extraction. Pseudomontaneous shapes are any objects and shapes located underground and created by using the procedures employed in mining (e.g. by digging of underground areas and shapes), yet the causes, requirements and, above all, the purpose of their origin is different than the extraction of mineral resources. They are e.g. tunnels, cellars, wells, underground tunnels, tombs, storages and many others.

Nowadays beside underground mines and caves while researching pseudomontaneous anthropogenic relief shapes we use increasingly modern measuring and imaging methods. As a result of their correct technical and methodological use and application in the research we can take into consideration accurate space 3D models appropriate to apply them for further additional research and for practice. Before making 3D models there should be underground geodesy from which it is possible to preform various modelling in different programs (e.g. Therion). Regarding this there is a future progressive use of direct 3D scanning of underground spaces. When creating 3D views of pseudomontaneous underground relief, still it has an important role to make professional spatial drawings.

Key words: underground pseudomontaneous relief forms, measuring and imaging methods, 3D models

Úvod

Pod pojmom podzemie, respektíve podzemný priestor chápeme dutý priestor vytvorený prírodnými procesmi alebo činnosťou človeka (antropogénnymi procesmi) v zemskej kôre, t. j. pod zemským povrchom. Tento priestor, bez ohľadu na svoju veľkosť, pôvod, tvar a vlastnosti je zo všetkých strán, alebo aspoň v prevažnej väčšine obklopený okolitou horninou, respektíve materiálom v ktorom sa nachádza (HRONČEK 2013, 2015b).

Prírodzene vytvorené podzemie sa označuje ako jaskyňa. Človekom vyrazené a vybudované podzemie sa často označuje aj ako antropogénne alebo umelé podzemie. Základné či fundamentálne delenie umelého podzemia sa odvíja od jeho pôvodu (genézy – genetická klasifikácia) (HRONČEK, RYBÁR & WEIS 2011), resp. hospodárskeho určenia a využitia na banské (montánne) podzemie a nebanské (pseudomontánne) podzemie (HRONČEK 2013, 2015b). Banské (ťažobné, montánne) podzemie bolo vyrazené priamo pri ťažbe nerastných surovín alebo bolo jeho vyrazenie (vybudovanie) podmienené hlbinnou ťažbou nerastných surovín.

Nebanské podzemie môžeme teda charakterizovať ako umelé podzemie nesúce zodpovedajúce typické vlastnosti pre banské podzemie ale primárne nevzniklo pre účely baníctva alebo ako výsledok ťažby nerastných surovín. Znamená to, že sem patria všetky podzemné objekty a tvary vytvorené činnosťou vykonávanou banským spôsobom (čiže razením podzemných priestorov a tvarov), ale príčiny, požiadavky a predovšetkým účel ich vzniku je iný ako ťažba nerastných surovín. Môžeme teda konštatovať, že toto podzemie vzniklo jednoznačne banským razením chodieb, šacht, komínov, komôr, kavern, pilierov a množstva iných tvarov. Podzemný umelo vyrazený priestor sa v závislosti od pevnosti a stability horninového prostredia druhotne spevňuje vybudovaním podzemnej stavby. V závislosti od hospodárskeho využitia sú realizované z rôznych stavebných materiálov dreva, kameňa, tehly, betónu prípadne i železobetónu. Vyrazená hornina dopravená na povrch zvyčajne nie je odpadom, ale druhotne sa využíva ako dôležitá stavebná surovina, pri úprave terénu, výstavbe komunikácií a pod.

Osobitnú skupinu tvorí podzemie budované v sypkých nestabilných horninách, prípadne v plytkom nadloží, kde sa využívali techniky výstavby podzemia vo výkopoch, odkopoch či v terénnych depresiách. Po vykopaní jamy sa podzemie „postavilo“ s využitím murárskych techník a opätovne sa zasypalo. Takto sa budovali stredoveké a rannonovoveké pivnice, odvodňovacie chodby, krypty, vodné štôlne a pod. (HRONČEK 2013, 2015b, HRONČEK & SENČEK 2015).

Cieľ a metodika

Cieľ práce je analyzovať možnosti využitia moderných meracích a zobrazovacích metód pri výskume a vizualizácii pseudomontánneho podzemia. Popísať metódy podzemnej geodézie, ktorá slúži na získanie vstupných dát (počas práce v teréne) pre moderné 3D zobrazovacie techniky podzemia. Poukázať na možnosti interdisciplinárnej implementácie zabehnutých metód pri výskume v iných odboroch.

V záverečnej časti štúdie je cieľom predstaviť príkladovú štúdiu komplexného výskumu pseudomontánneho podzemia hradu Ľupča, ako jedinečného podzemného objektu medzi hradným podzemím na Slovensku.

Metodiku výskumu pseudomontánneho podzemia s využitím „klasických“ metodických postupov môžeme parciálne nájsť v starších geomorfologických prácach všeobecne zameraných na antropogénnu geomorfológiu. Napr. v diele poľského odborníka M. Klimaszewského (KLIMASZEWSKI 1961), alebo českých geomorfológov L. Zapletala (ZAPLETAL 1968, 1969) a J. Demeka (DEMEK 1987) či J. Mazúreka, ktorý je považovaný za nestora Slovenskej antropogénnej geomorfológie (MAZÚREK 1965, 1987, 1989, 1991, 1992, 1998). Z poľských autorov sa danej problematike venovali aj novšie práce napr. autorov Z. Podgórskeho (PODGÓRSKI 1999, 2001) a J. Wójcika (WÓJCIK 1996).

Z mladších slovenských autorov sa problematike montánnych tvarov antropogénneho reliéfu vo svojich prácach dlhodobo venuje P. Hronček. Sú to napríklad práce (HRONČEK 2002, 2008, 2009, 2011, 2013, 2014, 2015c).

Jedna z posledných slovenských vedeckých prác k problematike pseudomontánnych tvarov vyšla v roku 2011. Práca detailne a komplexne spracúva vedecký aparát antropogénnej geomorfológie s dôrazom na montánnu antropogénnu geomorfológiu. Bola napísaná autorským kolektívom v zložení Dr. P. Hronček, prof. P. Rybár a Dr. K. Weis (HRONČEK, RYBÁR & WEIS 2011), ktorá vyšla ako vysokoškolské učebné texty pre študentov TU v Košiciach Fakulty baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií.

Doposiaľ poslednou komplexnou prácou detailne pojednávajúcou o metodických postupoch výskumu a možnostiach detailných analýz pseudomontánnych antropogénnych tvarov reliéfu je monografická práca P. Hrončeka (HRONČEK 2015b)

Pri výskume pseudomontánnych tvarov antropogénneho reliéfu je možné využiť práce domácich a českých autorov: M. Holeca a kolektívu (HOLEC et al. 1962), J. Mencla a V. Mencla (MENCL & MENCL 1962), J. Straku (STRAKA 1966), L. Zapletala (ZAPLETAL 1968, 1969), M.

Buceka a J. Bartáka (BUCEK & BARTÁK 1989), F. Klepsatela, P. Kusého a A. Kopáčíka (KLEPSATEL, KUSÝ & KOPÁČIK 1998), F. Klepsatela a J. Chabroňovej (KLEPSATEL & CHABROŇOVÁ 1999), F. Klepsatela, P. Kusého a L. Maříka (KLEPSATEL, KUSÝ & MAŘÍK 2003), F. Klepsatela (KLEPSATEL 2004), F. Klepsatela, L. Maříka a M. Frankovského (KLEPSATEL, MAŘÍK & FRANKOVSKÝ 2005), anonym (ANONYMUS 2006), J. Bartáka (BARTÁK 2006, 2009, 2010), J. Bartáka a kolektívu (BARTÁK et al 2007), P. Příbyla a J. Bartáka (PŘIBYL & BARTÁK 2011), P. Hrončeka (HRONČEK 2015) a P. Hrončeka a R. R. Senčeka (HRONČEK & SENČEK 2015)

Zo zahraničných prác sú to predovšetkým najnovšie práce vedecké monografické práce, štúdie a správy: J. Bartáka, I. Hrdinu, G. Romanceva a J. Zlámala (BARTÁK, HRDINA, ROMANCEV & ZLÁMAL eds. 2007), J. Bartáka a J. Pruška (BARTÁK & PRUŠKA 2011), C. A. Brebbiu, D. Kalimpakosa a P. Procházku (BREBBIA, KALIAMPAKOS & PROCHÁZKA eds. 2008), E. Brocha (BROCH 2003, 2006a, 2006b, 2007, 2010), E. Brocha a E. Moea (BROCH & MOE 2000), E. Brocha, A. M. Myrvanga a G. Stjerna (BROCH, MYRVANG & STJERN 1996), J. Carmodyho a R. Sterlinga (CARMODY & STERLING 1993), S. Durmievčovej (DURMIEVIČ 1999), R. W. Henna (HENN 2003), E. Hoeka (HOEK 2001), D. Kolymbasa (KOLYMBAS 2008), V. Kučeru (KUČERA 1985, 2009), J. Zhaoa, J. N. Shirlawa a R. Krischnana (ZHAO, SHIRLAW & KRISCHNAN eds. 2000) a monografie spracované kolektívom autorov (Kolektív 1981, 1986, 1988, 2003, 2004, 2005, 2007, 2011).

Lokalizácia a využitie „klasických“ metód pri výskume podzemia

Perspektívy skúmania podzemia vychádzajúc z historiografie vidíme predovšetkým v dvoch základných oblastiach. Prvá oblasť je postupné systematické spracovanie, zatiaľ nespracovaných archívnych fondov. Oproti nebanskému podzemiu je situácia vo výskume omnoho priaznivejšia pri banskom podzemí, aj keď zďaleka nie ideálna. Výskum historického banského podzemia je na Slovensku v súčasnosti len v počiatkoch. Druhou oblasťou sú spracované archívne fondy. Perspektívy vidíme najmä v dohľadani informácií o nerealizovaných, alebo dnes už neexistujúcich a kolektívnou pamäťou zabudnutých projektoch, či reálnych, alebo len plánovaných. Problémy v tejto oblasti spočívajú predovšetkým v rozptýlenosti archívnych dokumentov v rôznych našich a zahraničných inštitúciách – archívoch, múzeách, knižniciach a podobne a v jazykovej nedostupnosti, keďže historické dokumenty sú písané starou nemčinou, maďarčinou a latinčinou.

Priamou a nevyhnutnou nadstavbou „klasického“ **historického (archívneho) výskumu** podzemia je podrobný terénny výskum, s využitím metodických postupov historicko-geografického výskumu. Je nevyhnutné využívať aj pomocné vedné disciplíny, ako sú kultúrna antropológia, dejiny kultúry a umenia, toponomastika a topológia. Pri výskume je tiež nevyhnutné využiť etnografiu, dejiny vedy a techniky či hydronýmiu.

Pri **historicko-geografickom výskume** (IVANIČKA 1983, DEMEK 1987, JANČURA & MALINIAK 2004, HRONČEK 2014) je možné využiť štyri základné metodické postupy, ktoré je bez väčších problémov možné transformovať pre potreby štúdia historickej krajiny a jej prvkov: retrospektívna metóda, metóda historických prierezov, rekonštrukčná metóda, metóda krajinnohistorickej syntézy a stratigrafická metóda (JANČURA & MALINIAK 2004).

Musíme pripomenúť, že využitie „klasických“ výskumných metód si vyžaduje ich implementáciu v počítačovom prostredí, kde je možné robiť rôzne analýzy, prognózy a modelovania. Nové výdobytky vedy a techniky prinášajú nové možnosti výskumu a poznávania čo je nevyhnutné aplikovať aj výskume podzemia. Pri výskume sa musíme na jednotlivé podzemné tvary, ako objekty vedeckého výskumu pozeráť komplexne a širokospektrálne. V týchto intenciách musíme využívať aj moderné výskumné metódy prevzaté z rôznych, viac či menej príbuzných vedných odborov. Systematickým výskumom by sme dosiahli podrobné poznanie skúmanej problematiky s metódami, ktoré sú v jednotlivých vedách využívané niekoľko desaťročí. Tu však zohráva dôležitú rolu pri dosiahnutí cieľa výskumu správny výber požadovanej metódy. Toto si vyžaduje od výskumníka nielen dobré odborné vedomosti ale predovšetkým jeho zručnosti z práce v teréne (HRONČEK 2014).

Pri použití vybraných metód z toho ktorého vedného odboru závisí od profesijného zloženia výskumného kolektívu. Na základe našich praktických skúseností sa nám javia ako najvhodnejšie metódy prevzaté z archeológie, montanistiky a samozrejme aj z počítačových vied.

Klasická archeológia je značne limitovaná svojimi možnosťami a to predovšetkým v husto zastavaných sídlach. Čiastočné, záchranné výskumy sú veľmi potrebné a postupne pomáhajú vyskladať mozaiku histórie. Problematické ostávajú miesta, kde nie je možné archeologický výskum vykonať a to či už s priestorových, časových alebo ekonomických dôvodov. Určitým východiskom sú nové výdobytky vedy a techniky, predovšetkým také, ktoré označujeme za nedeštruktívne. Tieto postupy umožňujú pomerne presne odhadovať situáciu pod povrchom bez toho, aby bol nutný deštruktívny zásah, respektíve pomáhajú presnejšie vymedziť potencionálnu oblasť výskumu a tým sústrediť všetky prostriedky a účelnejšie ich

využiť. Archeológia tieto metódy už dlhšie plnohodnotne využíva, avšak ich hlavnou nevýhodou je predovšetkým ekonomická náročnosť.

Nedeštruktívne archeologické metódy (KUNA et al. 2004, GOJDA 2000, GOJDA, JOHN at al. 2013):

- Diaľkový výskum (analýza družicových snímok, analýza kolmých leteckých snímok a prospekcia z nízko letiaceho lietadla, alebo dronu)
- Aplikácia prírodovedných metód (geofyzikálne meranie, detekcia kovov, geochemické analýzy)
- Povrchový prieskum (povrchový prieskum a výskum antropogenných tvarov reliéfov, geobotanická indikácia a povrchový zber)
- Obmedzený zásah

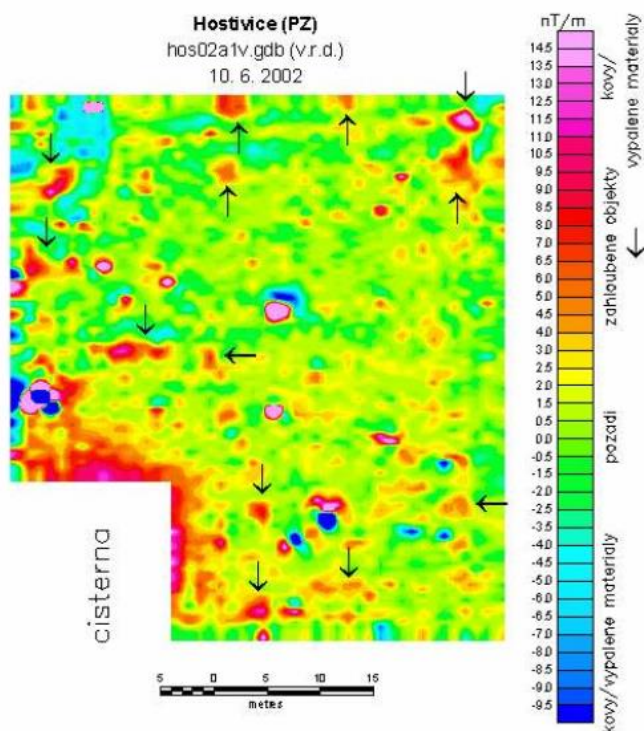
Použitie konkrétnej metódy je závislé od cieľa výskumu, konkrétneho terénu a ďalších faktorov. Pre aktívne vyhľadávanie podzemných priestorov sa ako najvhodnejšie nedeštruktívne metódy javia povrchový prieskum a geofyzikálne metódy.

Povrchový prieskum je založený na vyhľadávaní určitých špecifických anomálií. Pri podzemných priestoroch sú to napríklad povrchové depresie, ktoré naznačujú, že v podzemí mohlo dôjsť k usadnutiu, alebo zosuvu horniny do prázdneho priestoru. Na povrchu vznikne preliačina. V prírode sa takto prejavujú jaskynné systémy, ktorých veľké podzemné dómy už nevydržia nápor nadložia a prepadnú sa. Podobne sa prejavujú aj vydolované priestory po nerastnom bohatstve, avšak i ďaleko menšie podzemné priestory môžu spôsobiť nadzemné zmeny. V mestách je možné sledovať rôzne nerovnosti hlavne na rovných asfaltových cestách, alebo vydláždených plochách. Už mierne depresie môžu, ale nemusia poukazovať na podzemný priestor, avšak ich dlhodobá absencia skôr poukazuje na to, že pod povrchom sa duté priestory nenachádzajú.

Geofyzikálne metódy (KUNA et al. 2004, TIRPÁK, J. 2010) predstavujú výrazné rozšírenie možností archeologického výskumu. Pri vyhľadávaní ešte existujúcich podzemných priestorov sa využívajú najmä tieto metódy:

- Geoelektrické metódy – ide o súbor metód, ktoré sa môžu od seba v princípoch značne odlišovať. Ide však o meranie elektrického poľa Zeme a jeho anomálií prostredníctvom prirodzených alebo umelých geoelektrických polí. V archeológii sa využívajú najmä geoelektrické jednosmerné odporové a elektromagnetické metódy, z nich pri vyhľadávaní podzemných priestorov sa využíva najmä Ground penetrating radar.

- Gravimetria – sleduje tiažové pole Zeme a rozloženie hmoty s rozdielnymi hustotami. Ide o veľmi vhodnú metódu práve na vyhľadavanie nezaplnených priestorov pod zemským povrchom.
- Geotermické metódy – termometria – využíva rôzne lokálne zmeny v teplote. Táto metóda sa využíva hlavne pri podzemných priestoroch, ktoré sa nachádzajú plytko pod povrchom, avšak je ťažko využiteľná v mestských aglomeráciách, pokiaľ nevieme od selektovať vedľajšie teplotné faktory.



Obr. 1: Geofyzikálny prieskum Archeologického ústavu Akadémie vied ČR v Prahe (autor RNDr. Roman Křivánek). Červenou farbou sú zobrazené pôvodne zahĺbené objekty pod súčasným povrchom

Fig. 1: Geophysical survey of the Archaeological Institute of the Academy of Sciences (Czech Republic) in Prague (author RNDr. Roman Křivánek). Red are showing originally recessed objects below the present surface

Vyššie popísané metódy slúžia najmä na nájdenie, čiže lokalizáciu podzemných priestorov. Základným predpokladom ich ďalšieho výskumu je evidencia súradníc vchodov do týchto priestorov. Najjednoduchšou a najdostupnejšou metódou na meranie zemepisnej polohy

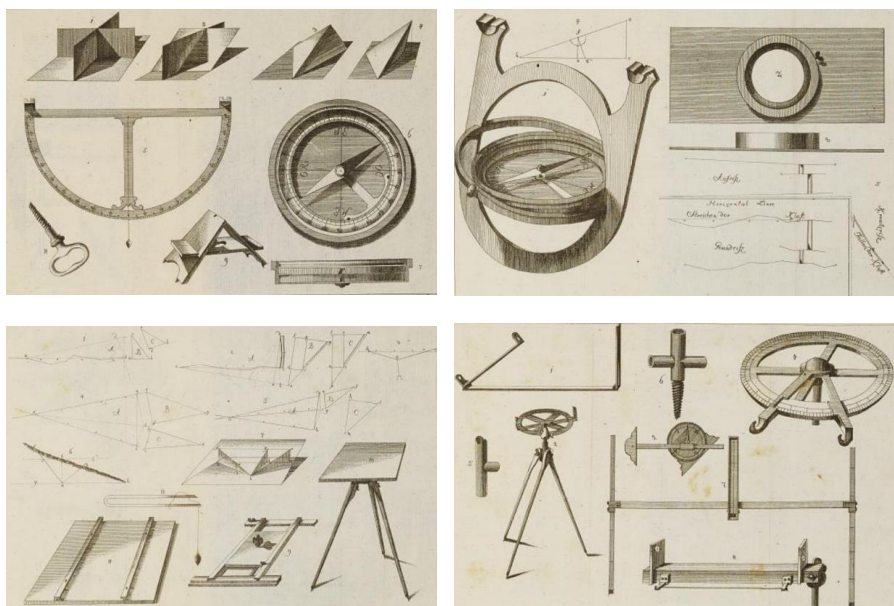
objektov je použitie bežného GPS prijímača (turistického, alebo zabudovaného v mobilnom telefóne). Typická presnosť týchto prístrojov pri určení polohy je 3 – 10 metrov. Geodetické GPS dosahujú rádovo až centimetrovú presnosť. Súradnice vchodov, prípadne iné objekty záujmu, je vhodné evidovať v špecializovanom geografickom informačnom systéme (GIS). Voľne je širiteľný a jednoducho použiteľný program QGIS je on-line dostupný na adrese <http://www.qgis.org>. Ak sú objektom priradené atribúty (napr. typ objektu, datovanie a pod.), je možné v GIS robiť následné analýzy.

Mapovanie podzemných priestorov

Pre výskum podzemných priestorov, či už banských ale aj nebanských je nenahraditeľná **podzemná geodézia**. Metodika mapovania podzemných priestorov vychádza primárne z metodiky povrchovej geodézie a kartografie. Aplikácia týchto metód však musí zohľadňovať rôzne špecifiká vyplývajúce z podzemných priestorov. Hlavným rozdielom oproti geodézii je nevyhnutnosť prispôbiť jednotlivé metódy merania (bodov, dĺžok a uhlov) podzemnému priestoru, ktorý je ohraničený okolitou horninou. Základný rozdiel oproti klasickej kartografii, ktorej úlohou je zobrazovanie trojrozmerného Zemskeho povrchu do roviny (mapy), je v tom, že v podzemí je potrebné zobrazovať (premietať do roviny) dutý priestor. Vo všeobecnosti musíme rátať s tým, že podzemie môže mať zložitú priestorovú štruktúru. Najbližšie k tomuto procesu má banské meračstvo. Problematikou banského meračstva sa zaoberajú napr. práce F. Čechuru a K. Neseta (ČECHURA & NESET 1956), L. Kovaniča, J. Matouša a A. Mučku (KOVANIČ, MATOUŠ & MUČKA 1990), E. Kubečku (KUBEČKA 1992), Z. Hochmutha (HOCHMUTH 1995) j. Hromasa a J. Weigla (HROMAS & WEIGEL 1997). Z novších prác je to napríklad práca M. Budaja (BUDAJ 2007). Vedecké základy banského meračstva boli položené práve na území Slovenska v 18. storočí Johann Möhling v učebnici banského meračstva *Anleitung zur Markscheidekunst*, ktorá vyšla tlačou v roku 1793 (MÖHLING 1793).

Möhling Johann (1762 – ?) po krátkom pôsobení v Kremnici sa opäť vrátil do Banskej Štiavnice, kde začal pôsobiť na Banskomeračskom úrade na Vindšachte ako pomocník banského merača Hornej Bíberovej štôlnie. Už predtým viedol v zime cvičenia z banského meračstva v kresliarni Banskej akadémie v Banskej Štiavnici a v lete na Vindšachte. V roku 1798 sa J. Möhling stal prísediacim Hlavného komorskogrófskeho úradu a prvým riadnym profesorom banského meračstva, matematiky, mechaniky a baníctva na Baníckej akadémii. J. Möhling prednášal banské meračstvo do roku 1805, keď bol preložený do Leobenu v Štajersku.

Spomínanú učebnicu banského meračstva vydal ešte v roku 1793 počas pôsobenia v Kremnici. Táto učebnica je zaujímavým obrazom o úrovni banskomeračskej vedy a techniky z konca 18. storočia. Okrem základných matematických výpočtov, základov geometrie, kreslenia, trigonometrie, meračstva a meračských metód, uverejnených v publikácii autor zakreslil aj mapový kľúč mapových značiek.



Obr. 2: Prístroje určené na podzemné meračstvo z druhej polovice 18. storočia (MÖHLING 1793)

Fig. 2: Apparatus for underground surveying of the second half of the 18th century (MÖHLING 1793)

Podrobnejšiu metodiku mapovania podzemia môžeme nájsť v špecializovanej vedeckej literatúre, či už zameranú na banské meračstvo alebo na mapovanie jaskýň, ktorú je možné aplikovať aj na nebanské (pseudomontánne) podzemie.

Typický postup merania podzemia zahŕňa dve nadväzujúce základné činnosti: zameranie polohy sústavy meračských bodov (polygónový ťah) a podrobné mapovanie detailov (BUDAJ 2006, 2007). Pri vykreslení mapy slúži polygónový ťah ako kostra okolo ktorej sa zakresľujú detaily získané podrobným mapovaním. Meranie polygónového ťahu je zložitý v členitých podzemných priestoroch. Polohy meračských bodov nie je možné merať v podzemí pomocou satelitnej navigácie (GPS). (Existuje však analogická experimentálna technológia pre podzemie s využitím štyroch dodatočných prijímačov umiestnených na zemskom povrchu pozri: <http://www.karstworlds.com/2011/01/underground-gps-finally-possible.html>). Je preto

nevyhnutné použiť tradičné geodetické metódy merania uhlov a dĺžok. Charakter a členitosť podzemných priestorov zväčša neumožňuje použiť na stanovenie polohy bodov trianguláciu, pretínanie vpred, spätné pretínanie a pod. najvhodnejšou a často jedinou vyhovujúcou metódou je len meranie otvorených alebo uzavretých polygónových ťahov. Spravidla sa merajú dve uhlové hodnoty (vodorovný a zvislý uhol) a jedna dĺžková hodnota (BUDAJ 2006, 2007).

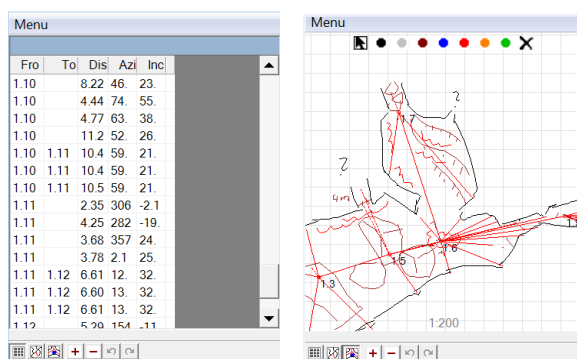


Obr. 3: Merací prístroj DistoX (vľavo) a vreckový počítač (vpravo), na ktorom je možné nakresliť mapu priamo v jaskyni v programe PocketTopo (zdroj: <http://paperless.bheeb.ch/DuPfull.JPG>)

Fig. 3: DistoX measuring device (left) and the handheld computer (right), on which you can draw a map directly in a cave in the program PocketTopo (source: <http://paperless.bheeb.ch/DuPfull.JPG>)

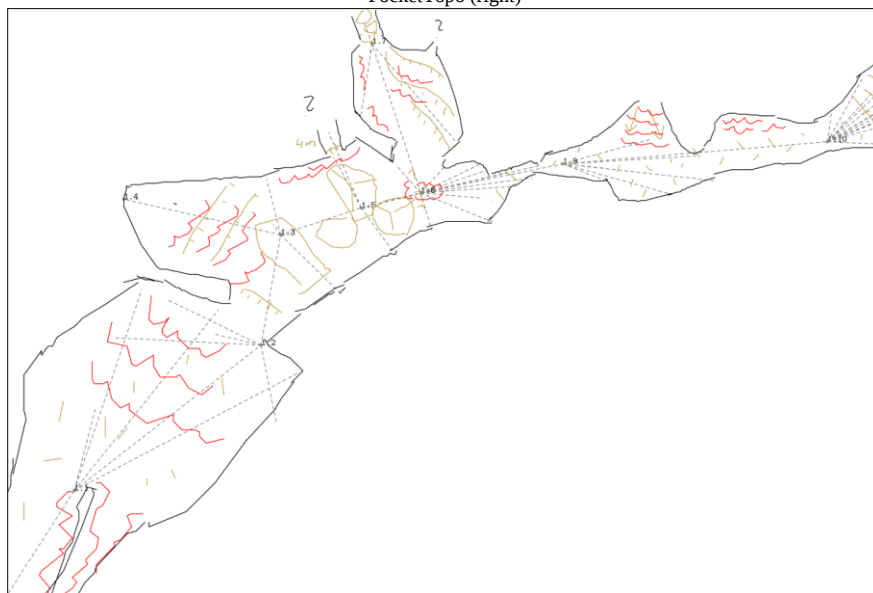
Meranie dĺžok a uhlov v podzemí je možné realizovať prostredníctvom nasledovných metód:

- geodetické metódy s vysokou presnosťou s použitím totálnej stanice, prípadne 3D scanneru. Tieto je možné použiť najmä v dostatočne priestraných priestoroch.
- speleologické metódy s použitím kompasu, sklonomeru a diaľkomeru majú rádovo nižšiu presnosť ako geodetické metódy. Sú dobre použiteľné aj v tesných priestoroch, strmých chodbách aj zvislých šachtách; nedajú sa však použiť v blízkosti feromagnetických látok (napr. železo). Od roku 2008 je k dispozícii merací prístroj DistoX (pozri: <http://paperless.bheeb.ch>), ktorý digitálne v jednom kroku zmeria azimut, sklon aj dĺžku a bezdrôtovo prenesie namerané hodnoty do vreckového počítača, na ktorom je možné pracovnú verziu digitálnej mapy nakresliť priamo v podzemí.
- potápačské metódy v zaplavených priestoroch.



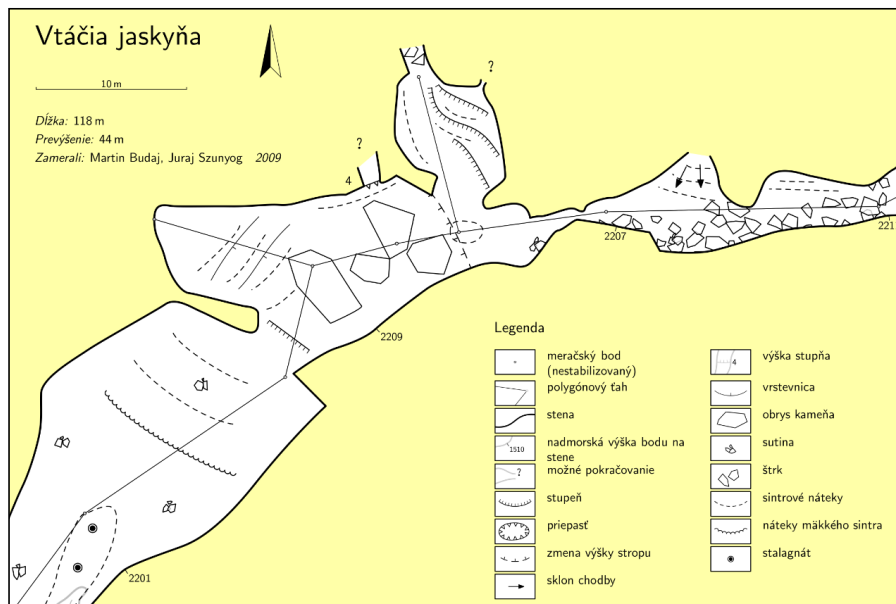
Obr. 4, 5: Spracovanie polygónového ťahu v programe PocketTopo (vľavo) a kreslenie mapy (poľného náčrtu) v programe PocketTopo (vpravo)

Fig. 4, 5: Processing of survey lines in the program Pocket Topo (left) and drawing maps (sketch) in the program PocketTopo (right)



Obr. 6: Náčrt časti Vtáčeja jaskyne na planine Jakupica v Macedónsku, výstup z programu PocketTopo

Fig. 6: Sketch of the Avian cave on the plain Jakupica in Macedonia, output from PocketTopo



Obr. 7: Výrez výslednej mapy Vtácej jaskyne spracovanej v programe Therion

Fig. 7: The section of resulting map of Avian cave, processing in Therion

Trojrozmerné modelovanie podzemných priestorov

Pri tvorbe ľubovoľného 3D modelu podpovrchového objektu je prvým krokom, na začiatku celého procesu modelovania (podobne ako v prípade modelovania digitálneho terénneho modelu) získať čo možno najpresnejšiu interpretáciu fyzických bodov, línií a plôch prostredníctvom sústavy trojrozmerných súradníc jednotlivých bodov tvoriacich túto plochu, alebo plášťa 3D telies. Ich digitálna reprezentácia teda môže pozostávať v najjednoduchšom prípade z ich bodovej (x, y, z), alebo vektorovej reprezentácie (priebeh línií, alebo izočiar povrchu). Základom každej takejto transformácie je predchádzajúci výber lokálneho alebo globálneho súradnicového systému, do ktorého sa budú súradnice jednotlivých bodov prevádzvať. Všeobecne používaným karteziánskym súradným systémom stále zostáva systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej, hoci pre rôzne aplikácie môže byť vhodný rôznych súradnicový systém, npr. Gauss-Krüger, UTM, prípadne lokálny súradný systém.

V prípade analógových podkladov (ako sú pôdorysné mapy, bokorysy, nárysy, atď.) je prvým krokom ich vektorizácia, teda prevod skenovaných podkladov do vektorovej podoby a následná registrácia vektora do lokálneho súradného systému. Pokiaľ registrujeme do globálneho súradného systému, tento proces sa nazýva aj georeferencovanie. Po

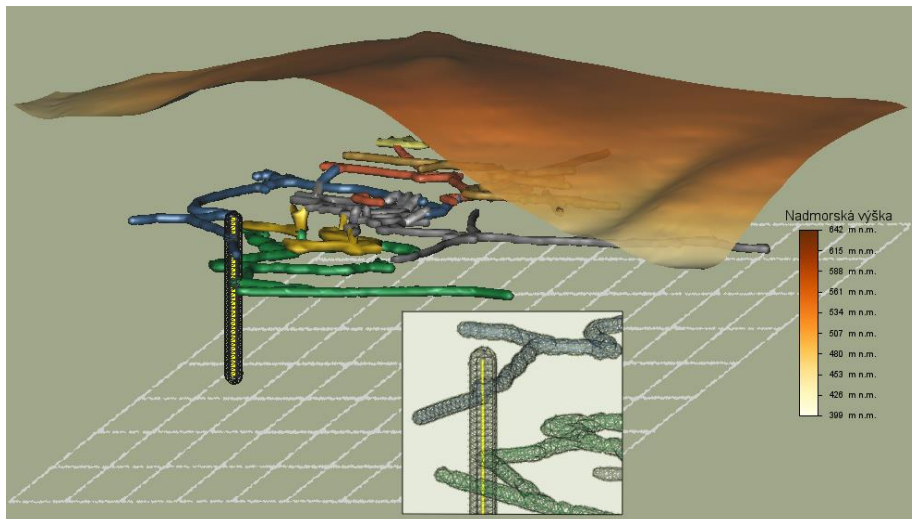
georeferencovaní je možné údaje uložiť v ľubovoľnom formáte podporovanom GIS alebo CAD programami (WEIS & KUBINSKÝ 2014).

Osobitnou kapitolou je spracovanie starých banských máp alebo iných historických podkladov, pri ktorých vekom mohlo dôjsť k deformácii pôvodného formátu vysušením a následnou kompresiou. V tomto prípade je nutná viacbodová neafinná transformácia skenovaného podkladu ešte pred jej registráciou do súradného systému, pri ktorej sa rôzne vzdialené a rozmiestnené body na skenovanom podklade transformujú na nové pozície (v skutočnosti vlastne na pôvodné, nedeformované) zachovávajúc tak skutočnú (pôvodnú) geometrickú osnovu predlohy (pôvodne pravouhlá sieť získa opäť svoju ortogonalitu).

Tento proces, nazývaný aj ako warping (spatial adjustment) je ale náročný a je nutné vedieť identifikovať párové lícovací body, stotožniteľné na historickom ako aj na súčasnom podklade. Výhodné je použiť napr. uzly kartografickej siete, samozrejme pokiaľ sú k dispozícii, alebo si ich skutočné súradnice vieme zistiť a overiť napr. mapovaním. Ďalšími možnými komplikáciami sú nutné opravy v orientácii priebehu línií spôsobené dlhodobou časovou zmenou polohy magnetického pólu, alebo zmena pôvodného výškového systému z Jadranského na dnes používaný Baltský horizont Bpv. Tieto opravy robíme podľa aktuálneho časového odstuhu dobových údajov a času aktuálneho spracovania. Hodnoty magnetickej deklinácie sú pre jednotlivé historické obdobia známe.

Po registrácii takto ošetrovaných údajov je možné ich priamo využiť pri modelovaní reálnych tvarov 3D objektov v ľubovoľnom zo širokého spektra modelovacích softvérových nástrojov. Spôsob vizualizácie celej kompozície je potom závislý už len od možností konkrétneho softvérového produktu (WEIS 2012).

Ako príklad uvádzame ukážku kompozície reálneho reliéfu a podzemného banského diela (*Baňa Všešsvätých v Hodruši*) s detailom na drátený model stien vydobytých priestorov, ktorý spracoval Karol Weis. Obrázok demonštruje možnosti tvorby kompozície použitím digitálneho modelu reliéfu (3D plocha), línií (3D čiar), drôtených modelov stien banského diela (opäť 3D čiary) a farebné oplášťovanie týchto stien (3D plochy s rôznymi použitými farbami). Medzi štandardné možnosti dnes patrí nasvietenie kompozície z ľubovoľného smeru a z rôznej výšky nad horizontom, alebo generovanie rezov s akoukoľvek priestorovou definíciou plochy rezu.

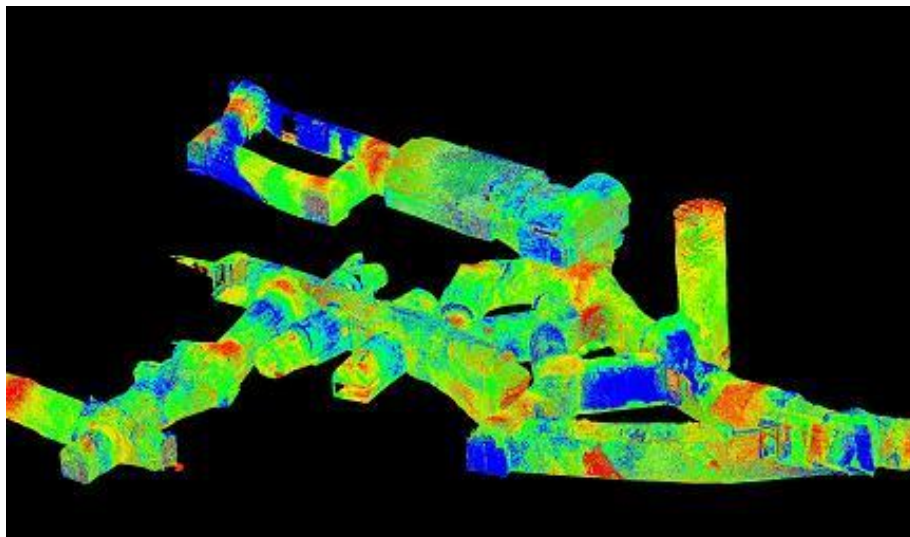


Obr. 8: Baňa Všechnsvätých v Hodruši, 3D model podzemných priestorov s reálnym reliéfom a s detailom vydobytých priestorov (Weis 2012)

Fig. 8: Mine Všechnsvätých in Hodruša, 3D model of the underground spaces with real relief and detail underground space (Weis 2012)

V súčasnosti patrí medzi najmodernejšie a najprogressívnejšie metódy výskumu podzemia laserové **3D scanovanie**. Ide o geodetickú metódu zberu priestorových údajov, pri ktorej sa v priestore zamerajú milióny bodov v pravidelnom uhlovom rozstupe, tzv. mračno bodov (point cloud) v priebehu niekoľkých desiatok sekúnd. Tie miesta, ktoré nie sú viditeľné v členitom podzemí z jedného stanovišťa sa zamerajú z nasledujúceho. Jednotlivé zamerané stanovišťa sa prepájajú pomocou tzv. Vlíčovacích bodov, ktoré sa nachádzajú vo vzájomne sa prekrývajúcich oblastiach. Vlíčovacie body musia byť zamerané inou geodetickou metódou umožňujúcej ich umiestnenie do požadovaného referenčného systému. Na technických vlastnostiach použitého skenera závisí miera detailu zamerania a relatívna presnosť v milimetroch a na štruktúre a presnosti vlíčovacích bodov (JIRIKOVSKÝ & KŘEMEN 2013).

Po spracovaní zameraných údajov je výsledkom 3D priestorový digitálny model meranej (skenovanej) časti podzemia. Vytvorený model s milimetrovou presnosťou umožní z neho vytvárať presné mapy podzemia, prevádzať na ňom ďalšie merania, vytvárať rezy a profily. Po ďalšom spracovaní je v 3D modeli možné robiť virtuálne prehliadky či prelety, čo umožní virtuálnu turistiku aj prostredníctvom internetového pripojenia.



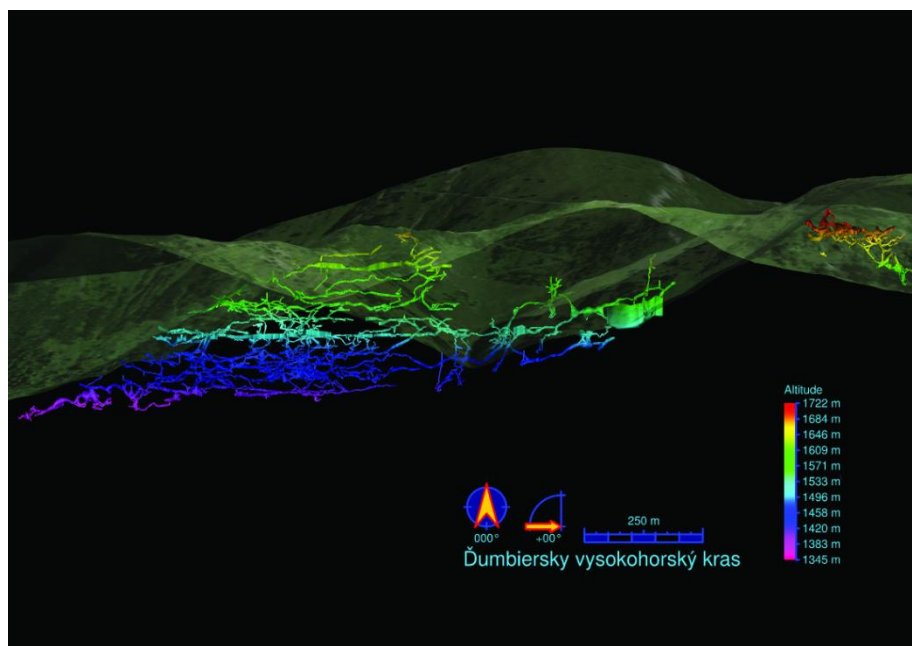
Obr. 9: Digitálny model časti jihlavského podzemia (Česká republika) získaný skenovaním podzemných priestorov 3D skenerom (zobrazenie v pseudofarbách). Model vytvorili Tomáš Jiříkovský a Tomáš Křemen v roku 2013

Fig. 9: The digital model of the Jihlava underground (Czech Republic) obtained by scanning the underground space with 3D scanner (view pseudocolor). Model created Jiříkovský Tomas and Křemen Tomas 2013

V súčasnosti je možné využiť 3D modely podzemia v rôznych počítačových programoch, ktoré sú mnohokrát voľne dostupné na internete. Ako príklad uvedieme **program Therion**, ktorý bol vyvinutý slovenskými jaskyniarimi Stachom Mudrákom a Martinom Budajom, pre potreby jednoduchého ale predovšetkým dostupného 3D modelovania jaskynných podzemných priestorov. V tomto programe boli spracované napr. 3D modely Jaskyne mŕtvych netopierov, Izbica, Bystrianska, Demänovských jaskýň, Mesačný tieň, Čachtická a mnohé ďalšie (pozri: <http://therion.speleo.sk/index.php>).

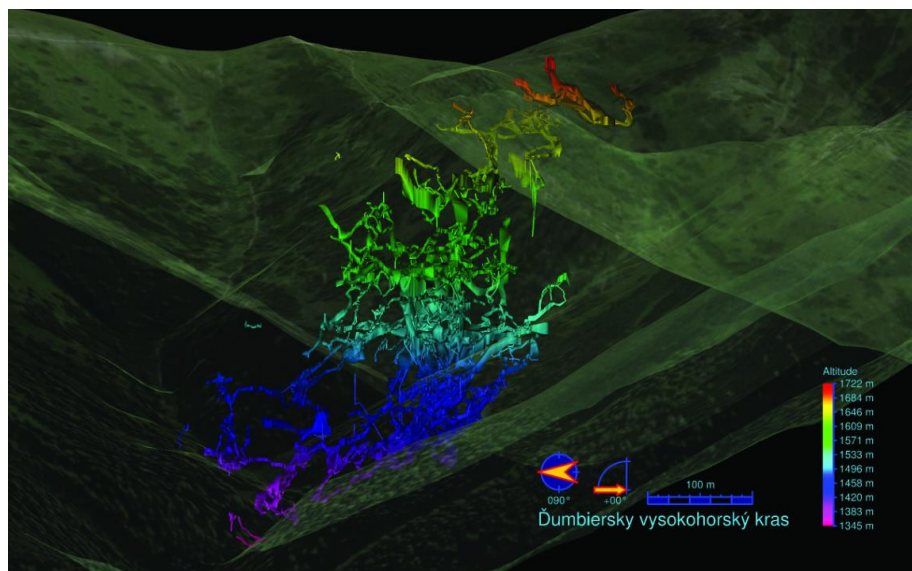
Práca na programe sa začala v roku 1999 pôvodne slúžil na vytváranie jednoduchých počítačových máp jaskýň, ktorý bol postupne dopracovaný na vytváranie zložitých 3D modelov podzemia (BUDAJ 2006, 2007, BUDAJ & MUDRÁK 2008). Therion je kompletný programový balík, ktorým je možné spracovať dáta z prieskumu, vygenerovať mapy podzemia a v konečnej fáze aj 3D modely. Umožňuje tiež rôzne analýzy, zobrazenia a vyhodnocovania podzemných priestorov. Môže pracovať na širokej škále platforiem ako je Linux, Windows či Mac OS X. Je voľne dostupný bez poplatkov, vrátane zdrojového kódu. Je umiestnený na serveri. <http://therion.speleo.sk>.

Therion je možné v plnom rozsahu aplikovať aj pre výskum, zhotovovanie máp a 3D modelovanie nebanského podzemia.



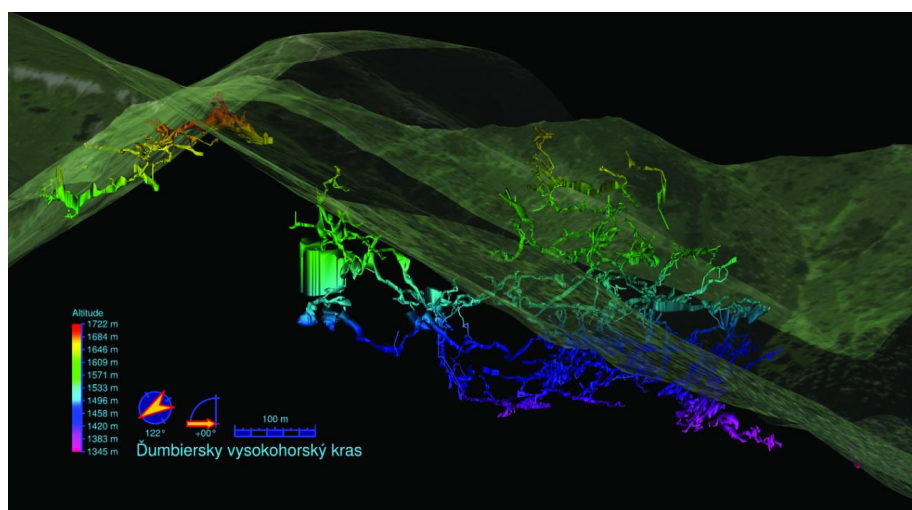
Obr. 10: 3D model podzemných priestorov jaskyne Mŕtvych netopierov a jaskyňa Studeného vetra. Bokorys s modelom reálneho reliéfu, pohľad na sever (autor Stacho Mudrák)

Fig. 10: 3D model of the underground spaces Dead Bats cave and Cold winds cave. Side view with a model of a real relief, view on north (author Stacho Mudrák)



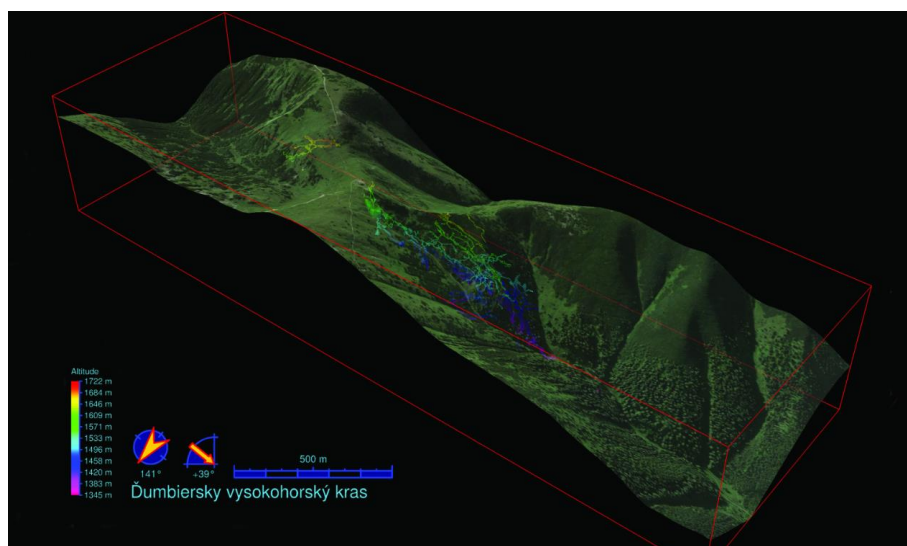
Obr. 11: 3D model podzemných priestorov jaskyne Mŕtvych netopierov a jaskyňa Studeného vetra. Bokorys s modelom reálneho reliéfu, pohľad na východ (autor Stacho Mudrák)

Fig. 11: 3D model of the underground spaces Dead Bats cave and Cold winds cave. Side view with a model of a real relief, view on east (author Stacho Mudrák)



Obr. 12: 3D model podzemných priestorov jaskyne Mŕtvych netopierov a jaskyňa Studeného vetra. Bokorys s modelom reálneho reliéfu, pohľad na juhovýchod (autor Stacho Mudrák)

Fig. 12: 3D model of the underground spaces Dead Bats cave and Cold winds cave. Side view with a model of a real relief, view on southeast (author Stacho Mudrák)



Obr. 13: „Letecký pohľad“ na juhovýchod na jaskyňu Mŕtvych netopierov a jaskyňu Studeného vetra s 3D modelom reálneho reliéfu (autor Stacho Mudrák)

Fig. 13: „Aerial view“ on southeast on Dead Bats cave and Cold winds cave with 3D model of a real relief (author Stacho Mudrák)

Odborné historické obrazové rekonštrukcie

Napriek rozvoju digitálnych technológií a PC modelovania je historický obraz (kresba, maľba, schéma, náčrt) dôležitým a podľa našich praktických skúseností nenahraditeľným vizualizačným výstupom pri zobrazovaní reálneho historického podzemia, a predovšetkým zaniknutého a v súčasnosti neexistujúceho podzemia. Pri odborných historických obrazových rekonštrukciách je ideálne keď výskumník je aj zručným kresliarom či maliarom, aby svoje vedomosti a poznatky z komplexného výskumu podzemia vedel aj zakresliť. Pokiaľ výskumník nie je dobrý umelec zostaví náčrt, do ktorého vloží všetky relevantné historické fakty, ktoré získal o skúmaných podzemných priestoroch počas ich archívneho a terénneho výskumu. Tento náčrt dá potom prekresliť na finálny obraz. Pri kreslení musí na umelca dozerieť, aby sa v konečnom vizualizačnom výstupe nestratila historická validita. Je možné zhotoviť výstupy aj z rôznych časových období a následne ich vzájomne porovnávať.

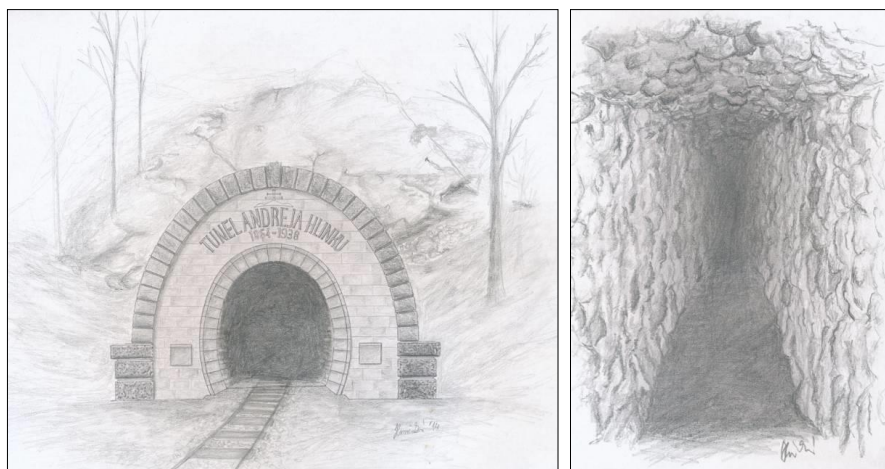
Oproti historickým obrazovým prameňom (obrazov, malieb, kresieb), ktoré si vyžadujú od historika (výskumníka) kritický prístup, aby v obraze odlišili historickú realitu od fantázie autora, sa tento negatívny jav pri odborných historických obrazových rekonštrukciách stráca.

Takéto obrazové rekonštrukcie sú samonosné výstupy ako výsledok celého vedeckého výskumu (HRONČEK 2014).



Obr. 14, 15: Kelemenov tunel z roku 1928 v doline Predajninske Čelno vo Veporských vrchoch je jediným tunelom vyrazeným na lesných cestách na Slovensku. Rekonštrukcia pôvodného stavu (vľavo) a súčasný stav (vpravo) (zostavil P. Hronček, ilustrácia B. Hrončeková, 2015)

Fig. 14, 15: Kelemen tunnel in 1928 in the valley Predajninske Čelno in Veporské vrchy hills, the only tunnel excavated on forest roads in Slovakia. Reconstruction of the original form (left) and current form (right) (compiled by P. Hronček, illustration B. Hrončeková, 2015)

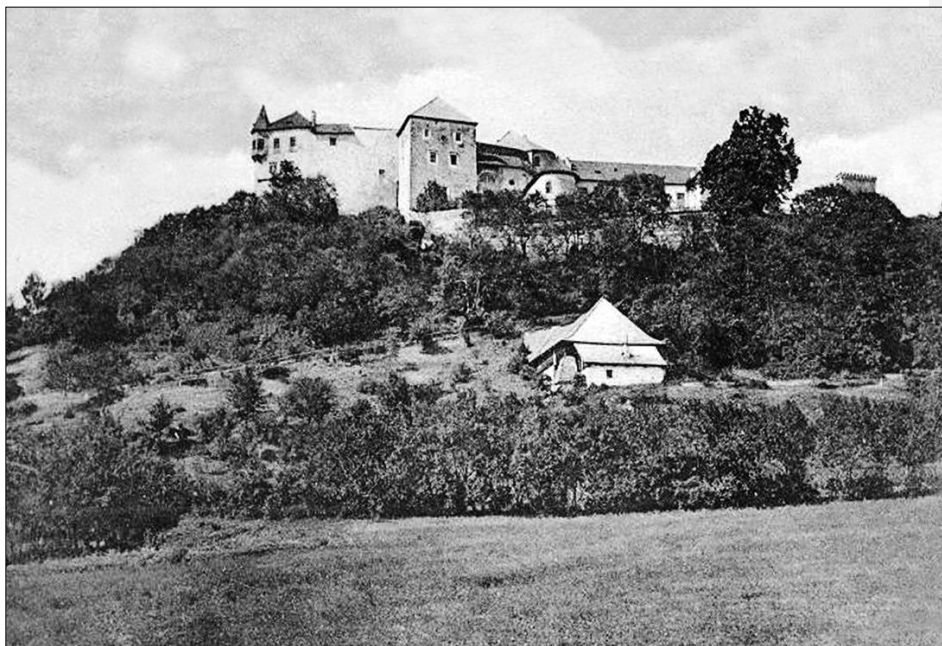


Obr. 16, 17: Rekonštrukcia pôvodného stavu banskobystrického portálu najdlhšieho slovenského železničného tunela (Čeremošianskeho), pôvodne nazývaného tunel A. Hlinku (vľavo) a rekonštrukcia pôvodnej stredovekej kanalizačnej štólne pod mestom Banská Bystrica (vpravo, zostavil P. Hronček, ilustrácia B. Hrončeková, 2015)

Fig. 16, 17: The reconstruction of the initial state of the Banská Bystrica portal on the Slovak longest railway tunnel (Čeremošné tunnel), originally called the A. Hlinka tunnel (left) and reconstruction of the original medieval of the sewer tunnel beneath the Banská Bystrica town (right, compiled by P. Hronček, illustration B. Hrončeková, 2015)

Záver – ukážka komplexného výskumu pseudomontánneho podzemia na príklade podzemia hradu Ľupča

Pravdepodobne bezprostredne po tatárskom vpáde počas vlády kráľa Bela IV. začala výstavba nového kráľovského hradu Ľupča. Hrad ležal cca 10 km východne od sídla Banská Bystrica v severovýchodnej časti Zvolenskej kotliny na výraznom skalnom brale vystupujúcom nad nivu Hrona. Bralo vystupuje na pravej strane rieky do nadmorskej výšky 410 m n. m. Jeho výstavba sa pravdepodobne začala v súvislosti so strážením dôležitej stredovekej cesty Via magna vedúcej dolinou Hron a práve v súvislosti s touto cestou je hrad prvýkrát nepriamo doložený roku 1250 pod názvom *Liptza* (HRONČEK 2015a). Pre nový hrad bolo potrebné vyčleniť vlastné územie a zabezpečiť tak materiálnu základňu pre život na hrade. Toto sa vyčlenilo zo Zvolenského panstva a stalo sa základom Ľupčianskeho hradného panstva. Išlo zhruba o priestor medzi slobodným kráľovským banským mestom Banská Bystrica a neskorším kráľovským mestom Brezno. Územie Ľupčianskeho panstva nebolo stabilné a v priebehu histórie sa menilo (TOMEČEK 2004).



Obr. 18: Hrad Ľupča začiatkom 20. storočia na historickej pohľadnici. Na svahu sa nachádza dom, cez ktorý sa vstupuje do hradného podzemia (pivnica, chodba a studňa)

Fig. 18: Ľupča castle on early 20th century on historical postcards. On the slope is a house, through which enters the castle's underground (cellar, corridor and well)

Dôležitý dátum v súvislosti s hradom je rok 1255, kedy tu kráľ Belo IV., ktorý sem často chodil na poľovačky vydal výsadnú listinu pre Banskú Bystricu (*nova villa Bystriciensis prope Lipche*). Hrad bol majetkom uhorských kráľov a kráľovien až do roku 1490, kedy ho získali aj s panstvom Dóciovci. Od druhej polovice 16. storočia hrad často menil svojich majiteľov. V súčasnosti je hrad v majetku Železiarní Podbrezová a. s., ktoré ho kompletne zrenovovali a najstaršiu časť sprístupnili verejnosti (HRONČEK 2015a).

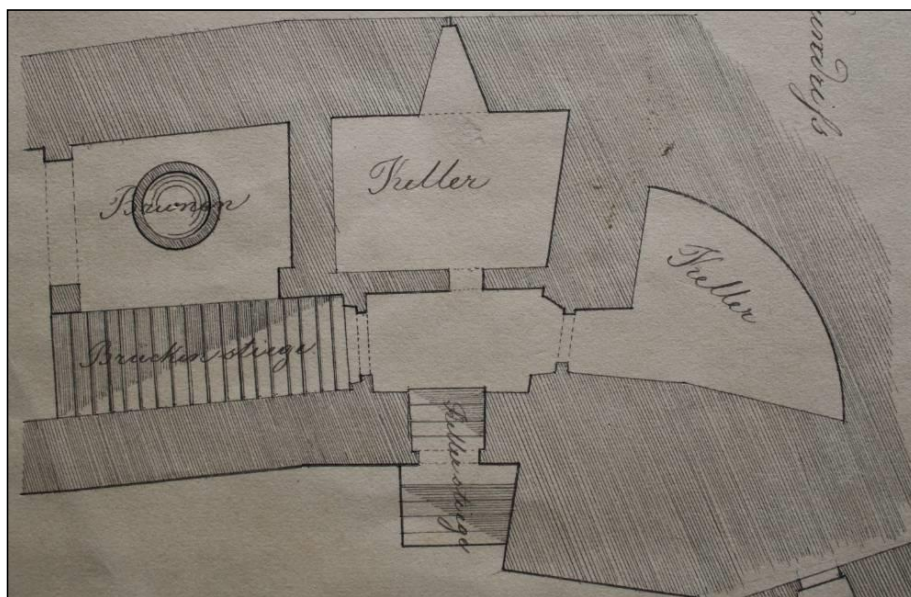


Obr. 19: Podzemie hradu Lipča na katastrálnej mape z konca 19. storočia (ŠÚBA Banská Štiavnica, inv. č. 12 503)

Fig. 19: Underground of Lipčá castle on the cadastral map from the end 19th century (Central State Mining Archive Banská Štiavnica, inv. n. 12 503)

Najstaršia zachovaná centrálna architektonická časť – pôvodná hranolová obytná veža tzv. donjon v centre zástavby hradu má svoje základy v druhej polovici 13. storočia. V roku 1443 hrad výrazne poškodilo zemetrasenie a po tomto roku sa začala stavať aj jeho severná časť. Pri výstavbe bolo značne upravené aj skalné bralo. Do brala bolo zasekaných niekoľko pivničných miestností. V jednej z nich, ktorá je celá vyrazená v brale bolo neskôr, už v novoveku väzenie. Dnes označované ako mučiareň. Skalný masív tvoriaci steny hradného podzemia je hrubý až 6 m. Celkove bolo do brala vysekaných niekoľko plošín a čiastočne aj múrov pivníc najstaršej časti hradu. Na jednej z plošín v suterénnych priestoroch bola

vybudovaná mohutná miestnosť, v ktorej bola vyrazená hradná studňa (PLAČEK & BÓNA 2007). Studňu mohli začať raziť hneď od prvopočiatkov budovania hradu v 13. storočí. Pravdepodobnejšie je asi predpokladať razenie studne až na konci 15. storočia, kedy začali rozsiahlu stredovekú prestavbu hradu Dócyovci. Tento dátum sa nám javí ako reálny, pretože aj chronodendrologická analýza pozostatkov drevenej konštrukcie vrátku nad studňou kladie vek týchto drevených prvkov na prelom 15. a 16. storočia.



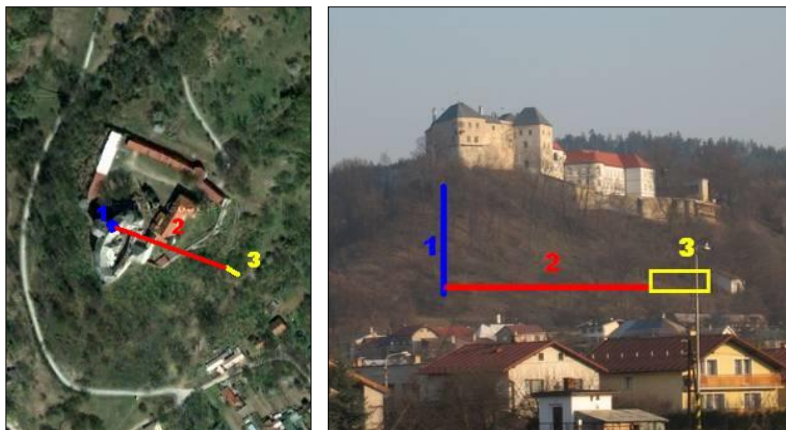
Obr. 20: Hradné pivnice so studňou vysekané do hradného brala, plán z roku 1855 (ŠÚBA Banská Štiavnica, inv. č. 12 504)

Fig. 20: Castle cellars with a well carved out in the castle rock, plan of 1855 (Central State Mining Archive Banská Štiavnica, inv. n. 12 504)

Vo vzťahu k hĺbke studne sa v priebehu histórie vynorilo množstvo správ, ktoré sú v stanovení jej hĺbky často výrazne nadsadené. Prvýkrát o hĺbke studne píše Matej Bel, v prvej polovici 18. storočia v diele *Notitia Hungariae novae historico geographica*. V druhom zväzku zaznamenal, že do hradnej studne padal kameň cca 20 sekúnd (BEL 1736). Zaujímavý opis hradnej studne sa zachoval od historika Františka Viťazoslava Sasinka z druhej polovice 19. storočia, ktorý publikoval v *Letopise Matice Slovenskej*. O hradnej studni píše, že je vysekaná do skaly v najstaršej časti hradu. Zrub v najvyššej časti bol vysekaný z tvrdého kameňa. Pôvodne dosahovala takú hĺbku, že siahala na nivu Hrona a kameň na jej dno padal až 20

blokov nad sebou. Mohutné kamenné články obmurovky boli vytesané z vápenca do zakriveného tvaru. Kamenné bloky boli dlhé 50 cm, vysoké 42 cm a hrubé 22 cm. Do súčasnosti sa zachoval len spodný rad kamenných blokov, na ktorom je osadená bezpečnostná mreža. Nad studňou sa zachovalo torzo veľkej konštrukcie na čerpanie vody. Vek dubového zariadenia je chronodendrologicky datovaný na koniec 15. storočia.

Priemer ohlubne a telesa studne je do hĺbky 3 m kruhový s priemerom 1,2 m. V hĺbke 3 metre, už v telese hradného brala, profil pozvoľne prechádza do tvaru nepravidelného obdĺžnika. Takýto tvar so stranami cca 2 x 2,4 m pokračuje až na dno studne. Studňa má zachované zaujímavé tvary na stenách, ktoré sú pozostatkami po jej ručnom razení. Pravidelné vrypy vytvorené sekáčom (železkom) a kladivkom pripomínajú dekoračnú výzdobu. Ich šírka je 2 – 3 cm a dĺžka dosahuje až 30 cm a hĺbka do 0,5 cm. Na stenách sa zachovali aj obdĺžnikové otvory, do ktorých sa vkladali popri stene priečne brvná, na ktorých bol umiestnený etážový systém rebríkov. Rebríky začínali pri otvore do bočnej chodby a zostupovali až na dno. Slúžili na čistenie studne, ktorá sa pravidelne využívala až do roku 1873, kedy bola pri rekonštrukciách hradu sčasti zaháňaná stavebným odpadom. Základný tvar studne a pôvod jej vzniku je totožný so stredovekými banskými šachtami aké sa zachovali v okolí Banskej Bystrice v Španej Doline a v Ľubietovej.



Obr. 22, 23: Schematický náčrt vyrazených podzemných priestorov hradu Lúča.
Legenda: 1 hradná studňa, 2 štôľňa (podzemná chodba) a 3 pivnica

Fig. 22, 23: Schematic drawing of the underground spaces minted under Lúča castle.
Legend: 1 castle well, 2 adit (underground passage) and 3 cellar

V hĺbke 45 m sa na južnej stene studne nachádza vstup do podzemnej chodby (štôľne). Štôľňa vedie juhozápadným smerom. V prameňoch sa udáva jej výrazne nadsadená dĺžka 112

m, čo je pravdepodobne myslené aj v súčte s pivnicou do ktorej ústi. Jej skutočná dĺžka je 54 m a v súčte s pivnicou a so stavbou pred jej vstupom je dĺžka podzemia 102 m. Chodba nie je vyrazená v rovnej línii ale je mierne esovite prehnutá tak, že pri jej vstupe nie je možné vidieť jej vyústenie do studne a naopak.



Obr. 24, 25, 26, 27: Hradná studňa (foto P. Hronček)

Fig. 24, 25, 26, 27: Castle well (photo P. Hronček)

Chodba je vyrazená len v hrubom, neopracovanom približne eliptickom profile so šírkou 1,2 až 1,6 m a výškou 1,6 až 1,8 m. Vstup do chodby je z pivnice 1,2 m nad jej dnom a prostredníctvom pivnice a hospodárskej stavby vyúsťuje na povrch na južnom svahu hradného kopca. To, že skutočné rozmery podzemnej chodby sú kratšie ako je udávané a tiež to, že sa do nej nevstupuje priamo z komnát hradu nijako neznižuje jej jedinečnosť a zaujímavosť. Chodba je jedinou zachovanou, priechodnou a historicky vierohodnou „tajnou“ chodbou na viac ako 300 slovenských hradoch.



Obr. 28, 29, 30: Podzemná chodba (foto P. Hronček)

Fig. 28, 29, 30: Underground passage (tunnel, adit) (photo P. Hronček)

Dobu jej vyrazenia predpokladáme až v druhej polovici 16. storočia počas rozsiahlej rannonovovekej renesančnej prestavby hradu majiteľom a obchodníkom Pavlom Rubigallom, ktorý ho získal v roku 1570 (PLAČEK & BÓNA 2007). Chodba bola vybudovaná pravdepodobne v spojitosti s postavením domčeka na južnom svahu hradného vrchu v rokoch 1570 – 1578 (ORAVSKÝ 1990). Ďalším faktorom podporujúcim predpoklad, že chodba bola vyrazená práve v tomto období je ten, že Pavol Rubigall pochádzal z Banskej Štiavnice z baníckej rodiny a mal aj kvalitné banícke vzdelanie. Bol vynikajúci banícky odborník, čo potvrdzuje aj to, že bol vybraný do rady odborníkov vypracúvajúcich banský zákonník Bergordnung, ktorý aj preložil z latinčiny do nemčiny.

Aké boli dôvody vybudovanie podzemnej štôľne (chodby) z hradnej studne a na čo slúžila môžeme predpokladať na základe terénneho výskumu podzemia hradu. Mohlo ísť o únikovú – tajnú chodbu, ale v neprospech tohto využitia hovorí jej vyústenie v otvorenej krajine priamo pod hradom. Uvažuje sa, že slúžila ako stavebná štôľňa počas hĺbenia studne. Tento predpoklad

môžeme tiež vylúčiť, pretože v stredoveku by takéto budovanie pomocnej stavebnej štôlne bolo tak finančne a časovo náročné, že by sa minulo účinku. V tomto období bol všetok kameň získaný pri razení pivníc, chodieb a aj studní na hradnom vrchu vyťahovaný a využívaný ako dôležitý stavebný materiál.

Ďalší predpoklad je, že štôľňa bola vyrazená ako prístupová chodba k studni, z ktorej sa získavala kvalitná voda pre syrárňu na južnom svahu hradného kopca. V neposlednom rade môžeme predpokladať, že chodba slúžila na chladenie pivnice, do ktorej privádzala chladný vzduch zo studne. Neopracovanie stien chodby by mohlo naznačovať aj to, že nebola nikdy definitívne dokončená alebo potvrdzovať jej pôvodné využitie práve na chladenie priľahlej pivnice a druhotne aj na naberanie vody zo studne. Na túto funkciu by postačoval aj neopracovaný profil zabezpečený len geomorfologickou odolnosťou vápencových hornín, na čo poukazuje aj fakt, že chodba je priechodná aj v súčasnosti.



Obr. 31, 32: Hradná pivnica (foto P. Hronček)

Fig. 31, 32: Castle cellar (photo P. Hronček)

Zachované podzemné priestory pivnice syrárne sú dlhé 50,8 m vrátane častí budovaných v odkope a stavby domčeka pred pivnicou. Razená časť pivnice, do hradného brala je dlhá 29,8 m, široká 10 m a max. vysoká 3,8 m. Zaklenutá je tehlovou valenou klenbou, ktorá je spevnená šiestimi mohutnými valenými rebrami vyčnievajúcimi do priestoru 70 cm. Objem pivnice je 577 m³. Objem vyrazeného priestoru pred jeho obmurovaním bol cca 1200 m³. Na úpätí svahu hradného kopca, kde bola hornina zvetraná, bola časť pivnice vybudovaná v odkope. Dĺžka tejto časti je 11,9 m. Od razenej časti sa nápadne odlišuje svojím architektonickým vzhľadom. Tento priestor je zaklenutý sústavou krížových a lomených klenieb, ktoré vytvárajú tri súbežné samostatné priestory. Na úrovni prístupovej cesty v nadmorskej výške 414 m. n. m. pri úpätí svahu bola vybudovaná vstupná budova pred samotnou pivnicou. Budova s pultovou strechou

má kamenné múry hrubé 1,7 m. Tieto múry nesú mohutnú valenú klenbu vysokú 3 m. Budova je široká tak, ako celá pivnica a podzemné priestory predlžuje o 9,1 m.

Dodnes stojaci domček na južnom snahu hradného vrchu je pozostatkom pôvodne väčšej stavby, ktorá je viditeľná ešte na projektoch z roku 1907 a na pohľadniciach zo začiatku 20. storočia. Podrobné projekty podzemia hradu sú uložené v Štátnom ústrednom banskom archíve vo fonde – Hlavný komorskogrófsky úrad, zbierka máp a plánov, inv. č. 12 511, Plán hradu Zólyomlipcze. Budova slúžila, ako už bolo uvedené, ako syrárň a bryndziareň. Opísané priestory architektonicky zaujímavej pivnice slúžili ako skladovacie priestory na dozrievanie syra. Vynikajúcu mikroklimu pivnice využívalo miestne roľnícke družstvo až do konca 20. storočia, kým sa v roku 2002 nestal hrad majetkom Železiarní v Podbrezovej.



Obr. 33, 34, 35, 36, 37: Budova pred hradnou pivnicou a vstupné podzemie do pivnice (foto P. Hronček)

Fig. 33, 34, 35, 36, 37: Building before castle cellar and entrance underground into the cellar
(photo P. Hronček)

V súvislosti so stavebnou činnosťou na hrade vedenou Pavlom Rubigallom, začiatkom 17. storočia sa v ústne tradovaných legendách zachovalo niekoľko opisov existencie podzemných chodieb. Jedna mala viesť zo studne popod Slovenskú Ľupču, cez katolícky

kostol, starú radnicu, popod námestie až na Bránu a mala končiť až v kláštore na Doncii (vzdušná vzdialenosť 1,3 km). Kláštor, pôvodne pred zmenou toku Ľupčice ležal na jej pravom brehu na západnom okraji obce. V polovici 20. storočia bol tok Ľupčice prevedený na západný okraj kláštora do starého mlynského náhonu, ktorý bol vykopaný koncom 17. storočia. Pôvodný tok bol postupne zasypaný (HRONČEK 2007). Na základe pôvodnej trasy Ľupčice považujeme za veľmi málo pravdepodobnú existenciu takto dlhej podzemnej chodby, pretože podkopanie pôvodného toku by bolo technicky náročné a neekonomické. Ďalšia dlhá chodba mala viesť do doliny Moštenického potoka (vzdušná vzdialenosť 1,65 km) do priestoru mlyna v lokalite Mlynčok. Tu mala ústiť na povrch, niekde pri skalnej ihle zvanej Mních. Medzi obyvateľmi sa tradovala aj existencia chodieb, ktorých výstavba by bola ešte náročnejšia. Hovorí sa o chodbe vyúsťujúcej pri Hrone či až za Hronom, niekde na Zelenove, ďalšia mala ústiť niekde v doline za hradom smerom na Podkonice, chodba viedla vraj aj do Příboja.

Literatúra a pramene

- ANONYMUS 2006: Tunelové názvoslovie, Technické podmienky. – Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií, Sekcia dopravnej infraštruktúry, Bratislava, 25 p.
- BARTÁK, J. 2006: Vývoj podzemního stavitelství v České republice. – In *Tunel*, roč. 15, č. 1, pp. 2 – 14.
- BARTÁK J. 2009: Podzemní stavby. – ČVUT v Praze, Stavební fakulta, Katedra geotechniky, Praha, 25 p. Dostupné on-line: <http://departmens.fsv.cvut.cz>.
- BARTÁK, J. 2010: Vývoj podzemního stavitelství v České republice. – In *Silnice a železnice*, č. 2, On-line časopis, ISSN 1803-8441. Dostupné on-line: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-podzemniho-stavitelstvi-v-ceske-republice/>
- BARTÁK, J. a kol. 2007: Podzemní stavitelství v České republice. – SATRA, Praha, 318 p.
- BARTÁK, J., HRDINA, I., ROMANCEV, G. & ZLÁMAL, J. (eds.) 2007: *Underground Space. – The 4th Dimension of Metropolises. International Tunnelling and Underground Space Association*, Prague, 2064 p. ISBN 0415408075.
- BARTÁK, J. & PRUŠKA, J. 2011: Podzemní stavby. – ČVUT, Stavební fakulta, Praha, 170 p.
- BEL, M. 1736: *Notitia Hungariae novae historico geographica. – Tomus secundus*, Viennae. 408 p.
- BREBBIA, C. A., KALIAMPAKOS, D. & PROCHÁZKA, P. (eds.) 2008: *Underground spaces - design, engineering and enviromental aspects. – WITpress*, Southampton, UK, 224 p. ISBN 978-1-84564-125-2.

- BROCH, E. 2003: Use of the underground in Norway. – Pp. 1 – 14. In Publication No. 9 Norwegian Underground Storage (103 pp.), Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- BROCH, E. 2006a: Use of rock caverns in urban areas in Norway. – Sharm El-Sheikh, Egypt, November 2006: International Symposium on Utilization of Underground Space in Urban Areas, International Tunnelling and Underground Space Association, 13 p. Dostupné on-line: <http://www.ita-aites.org/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/Organisation/Members/MemberNations/Egypt/PapersSharm2006/kn05.pdf>
- BROCH, E. 2006b: Use of rock caverns in urban areas in Norway. – Sharm El-Sheikh, Egypt, November 2006: International Symposium on Utilization of Underground Space in Urban Areas, International Tunnelling and Underground Space Association, Power-Point presentation, 37 p. Dostupné on-line: http://www.ita-aites.org/fileadmin/filemounts/general/pdf/ItaAssociation/Organisation/Members/MemberNations/Egypt/Sharm2006/kn2_1.pdf
- BROCH, E. 2007: Use of the Underground in the City of Trondheim, Norway. – In 11th ACUUS Conference: “Underground Space: Expanding the Frontiers”, September 10. – 13. 2007, Athens – Greece, pp. 6.
- BROCH, E. 2010: Tunnels and Underground works for Hydropower projects, lessons learned in home country and from projects worldwide. – Muir wood lecture, april 2010, International Tunnelling and Underground Space Association, Avignon, France, 20 p. ISBN 978-2-9700624-4-8.
- BROCH, E. & MOE, E. 2000: Use of rock caverns in urban areas. – Pp. 269 – 276. In ZHAO, J., SHIRLAW, J., N. & KRISCHNAN, R. (eds) 2000: Tunnels and Underground Structures. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 696 p. ISBN 90-5809-1716.
- BROCH, E., MYRVANG, A. M. & STJERN, G. 1996: Support of large rock caverns in Norway. – In Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 11, Issue 1, pp.11 – 19.
- BUCEK M. & BARTÁK J. 1989: Podzemní stavby. – Skriptum, ČVUT, Praha, 222 p.
- BUDAJ, M. 2006: Therion – kompletne mapy z počítača. – Spravodaj SSS, roč. XXXVII., č. 2, pp. 44 – 47.
- BUDAJ, M. 2007: Generovanie aktualizovateľných máp jaskýň pomocou systému Therion. – UK v Bratislave, prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a diaľkového prieskumu Zeme, Rigorózná práca, 82 p.
- BUDAJ, M. & MUDRÁK, S. 2008: Therion – Digital Cave Maps. – In Spelunca, Fédération Française de Spéléologie, Lyon, č. 33, pp. 138 – 141.

- CARMODY, J. & STERLING, R. 1993: *Underground Space Design – A Guide to Subsurface Utilization and Design for People in Underground Spaces.* – International Thomson Publishing company, New York, USA, 328 p. ISBN-10: 047128548X.
- ČECHURA, F. & NESET, K. 1956: *Kurs důlního měřictví.* – Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 489 p.
- DEMEK, J. 1987: *Úvod do štúdia teoretickej geografie.* – Bratislava : SPN, 241 p.
- DURMIEVIČ, S. 1999: The future of the underground space. – In *Cities*, Volume 16, Issue 4, August 1999, pp. 233 – 245.
- GOJDA, M. 2000: *Archeologie krajiny. Vývoj archetypů kulturní krajiny.* – Academia, Praha, 238 p.
- GOJDA, M. & JOHN, J. et al. 2013: *Archeologie a letecké laserové skenování krajiny.* – Katedra archeologie Filozofická Fakulta Západočeské Univerzity, Plzeň, 255 p.
- HENN, R., W. 2003: *AUA Guidelines for Backfilling and Contact Grouting of Tunnels and Shafts.* – American Society of Civil Engineers, London, UK, 248 p. ISBN 0-7277-2983-7.
- HOEK, E. 2001: *Design of large underground caverns.* – 30 p. Dostupné on-line: <http://www.rocscience.com/hoek/pdf/Design%20of%20large%20underground%20caverns.pdf>.
- HOLEC M. et al. 1962: *Příručka pro lomaře.* – Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 336 p.
- HOCHMUTH, Z. 1995: *Mapovanie jaskýň.* – Liptovský Mikuláš, Slovenská speleologická spoločnosť, 1. vyd., 80 p.
- HROMAS, J. & WEIGEL, J. 1997: *Základy speleologického mapování.* – Praha, Česká speleologická společnost, 96 p.
- HRONČEK, P. 2002: *Antropogénne formy reliéfu v okrese Veľký Krtíš.* – A grafik, Banská Bystrica, 100 p.
- HRONČEK, P. 2007: *Transformácie vodných tokov v okolí Slovenskej Ľupče.* – In *Geografická revue*, FPV UMB, Katedra Geografie, ročník 3., č. 1, pp. 67 – 94.
- HRONČEK P. 2008: *Antropogénne prierazy Ipeľskej kotliny.* – In *Monitoring biotických a abiotických zložiek životného prostredia*, TU Zvolen, pp. 60 – 68.
- HRONČEK P. 2009: *Vodný tunel a transformácie vodstva v Juhoslovenskej hnedouhoľnej panve v doline Starej rieky,* – Pp. 275 – 280. In HRONČEK, P., MALINIAK, P., MIČKO, P., KAZANSKÝ, R. (eds.): *Z dejín vedy a techniky stredoslovenského regiónu*, ÚVV UMB Banská Bystrica, 299 p.

- Hronček P. 2011: Výstavba vodných elektrární a transformácie vodstva na strednom Pohroní. – In ŽILÁK, J. & Hronček, P. (eds.): Zhistória technicko-hospodárskeho využitia vodných tokov na strednom Pohroní. CVV UMB, VHF UMB, B. Bystrica, pp. 123 – 138.
- Hronček, P. 2013: Underground pseudomontaneous relief shapes as geotouristic objects. – In Acta geoturistica, Volume 4, number 2, pp. 31 – 41,
- Hronček, P. 2014: Možnosti využitia interdisciplinárnych výskumných metód v histórii, pri výskume historickej krajiny a historických krajinných prvkov. – In Zborník Kysuckého múzea 16/2014, Čadca, Kysucké múzeum, pp. 21 – 64.
- Hronček, P. 2015a: Dejiny do začiatku 20. storočia. – In Hronček, P. a kol.: Monografia obce Lučatín, Obec Lučatín, 248 p.
- Hronček, P. 2015b: Typológia a metodické analýzy podpovrchových pseudomontánnym antropogénnym tvarov reliéfu. – Rukopis, 88 p.
- Hronček, P. 2015c: Analýzy podpovrchových pseudomontánnym antropogénnym tvarov reliéfu vytvorených do polovice 20. storočia. – Rukopis, 116 p.
- Hronček P., Rybár P. & Weis K. 2011: Montánný turizmus – Kapitoly z antropogénnej geomorfológie. – Skriptum, TU Košice, Fakulta BERG, Ústav geoturizmu, Košice, 96 p.
- Hronček, P. & Senček, R. R. 2015: Podzemie Banskej Bystrice a okolia. – V tlači.
- Ivaníčka, K. 1983: Základy teórie a metodológie socioeconomickej geografie. – Bratislava : SPN, 432 p.
- Jančura, P. & Maliniak, P. 2004: Poznámky ku stavu výskumu historických krajinných štruktúr na Slovensku. – In Historické krajinné štruktúry. Poniky : Partner, 2004, pp. 16 – 24.
- Jiříkovský, T. & Křemen, T. 2013: Laserový 3D skener v podzemí. – In Tecnicall, roč. 2013, č. 1, ČVUT Praha, p. 3.
- Klepsatel F. 2004: Podzemní stavby II. – Skriptum, ES STU, Bratislava, 199 p.
- Klepsatel F. & Chabronová J. 1999: Vodohospodárske podzemné stavby. – Skriptum, SvF STU, Bratislava.
- Klepsatel F., Kusý P. & Kopáček A. 1998: Podzemní stavby I. – Skriptum, SvF STU, Bratislava, 326 p.
- Klepsatel F., Kusý P. & Mařík L. 2003: Výstavba tunelu ve skalních horninách. – JAGA group, s. r. o., Bratislava, 230 p.
- Klepsatel F., Mařík L. & Frankovský M. 2005: Městské podzemní stavby. – JAGA group, s. r. o., Bratislava, 285 p.

- KLIMASZEWSKI, M. 1961: Formy utworzone wskutek niszczonej i budujacej działalności człowieka. – In Geomorfologia ogólna. Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa, pp. 496 – 498.
- Kolektiv 1981: Norwegian Hard rock tunneling, Publication No. 1. – Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 101 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 1986: Norwegian Road tunneling, Publication No. 4. Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 108 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 1988: Norwegian tunneling Today, Publication No. 5. – Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 117 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 2003: Norwegian Underground Storage, Publication No. 9. – Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 103 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 2004: Norwegian Urban tunneling, Publication No. 10. – Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 112 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 2005: Norwegian tunneling, Publication No. 14. – Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 48 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 2007: Underground constructions for the Norwegian oil and gas industry, Norwegian tunneling, Publication No. 16. – Norwegian Tunnelling Society, Oslo, Norway, 181 p. Dostupné on line: <http://www.tunnel.no/index.php?c=188&kat=Publications>
- Kolektiv 2011: Moving Coal Stocks Underground in Helsinki. – Company Atlas Copco, Helsinki, Finland, pp. 70 – 72. Dostupné on line: <http://www.yitgroup.com/docs/yit-group-documents/2011/04/14/Moving%20Coal%20Stocks%20Underground%20Helsinki%20%28139%20kt%29.pdf>
- KOLYMBAS, D. 2008: Tunnelling and Tunnel Mechanics. – A Rational Approach to Tunnelling. Springer, Berlin, 439 p. ISBN 978-3-540-25196-5.
- KOVANIČ, L., MATOUŠ, J. & MUČKA, A. 1990: Důlní měřictví. – Praha, SNTL, 1. vyd., 440 p.
- KUBEČKA, E. 1992: Geodézie a důlní měřictví. – Ostrava, VŠB, 1. vyd., 370 p.
- KUČERA, V. 1985: Typologie inženýrských staveb pro architektky. – ČVUT, Stavební Fakulta, Praha, 132, p.

- KUČERA, V. 2009: Architektura inženýrských staveb. – Grada Publisching, Praha, 320 p.
- KUNA, M. et al. 2004: Nedeštruktivní archeologie., Teorie, metody a cíle. – Academia, Praha, 555 p.
- MAZÚREK, J. 1965: Antropogénne tvary reliéfu v Kremnickej banskej oblasti. – In Sborník Pedagogického inštitútu v Martine, 2, pp. 131 – 152.
- MAZÚREK, J. 1987: Vplyv ťažby nerastných surovín na prírodné prostredie štiavnickej banskej oblasti. – In Stredné Slovensko 6, Osveta, Martin, pp. 7 – 48.
- MAZÚREK, J. 1989: Ťažobný prírodno-technický systém v banskej oblasti Špania Dolina – Staré Hory. – In Stredné Slovensko VIII., B. Bystrica, pp. 23 – 68.
- MAZÚREK, J. 1991: Prírodno-technické systémy a ich vplyv na krajinu Cerovej vrchoviny. – In Stredné Slovensko X., Osveta, Martin, pp. 213 – 245.
- MAZÚREK, J. 1992: Montánne formy v Malachovskej banskej oblasti. – In Acta universitatis Mathaei Belii B. Bystrica, č. 1, pp. 149 – 166.
- MAZÚREK, J. 1998: Banská činnosť a jej vplyv na krajinu Stredného Slovenska. – In Geografické informácie No 5, FPV UKF, Nitra, pp. 23 – 33.
- MECHATSCHKE, F. 1964: Anthropogene Einflüsse und Formen. – In Geomorphologie, 8. vyd.
- MENCL J. & MENCL, V. 1962: Štôlna a tunely. – STVL, Bratislava.
- MÖHLING, J. 1793: Anleitung zur Markscheidekunst. – Viedeň, 166 p.
- ORAVSKÝ, H. 1990: Slovenská Ľupča. – Osveta, Martin, 334 p.
- PLÁČEK, M. & BÓNA, M. 2007: Encyklopédia slovenských hradov. Slovart, Bratislava, 392 p.
- PODGÓRSKI, Z. 1999: Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu Pojezierza Chelmińskiego do początku XVII. wieku w wyniku budowy i funkcjonowania młynów wodnych. – In Przegląd Geograficzny, T. LXXI., z. 1 – 2, pp. 111 – 126.
- PODGÓRSKI, Z. 2001: Antropogeniczne zmiany rzeźby terenu na obszarze Polski. – In Przegląd Geograficzny, T. 73, z. 1 – 2, pp. 37 – 56.
- POKORNÝ, K. 2007: Odkrytá tajemství podzemních chodeb. – Nakladatelství ARSCI, Praha, 267 p.
- PŘIBYL P. & BARTÁK J. 2011: Tunely na pozemních komunikacích. – ČVUT, Praha, 384 p.
- SASINEK, F., V., 1874: Zvolensko Ľupčanský zámok. – In Letopis Matice Slovenskej, roč. XI., sv. 2, Matičný spis číslo 38, Kníhtlačiarsky účastinársky spolok, Turčiansky sv. Martin, pp. 5 – 18.
- STRAKA J. 1966: Podzemní stavby. – SNTL, Praha, 444 p.
- TIRPÁK, J. 2010: Geofyzikálne metódy v archeológii: metódy nedeštruktívneho prieskumu. – Univerzita Konštantína Filozofa, Archeologický ústav SAV, CD-ROM.

- TOMEČEK, O. 2004: História obce. – Pp. 13 – 32. In HRONČEK, P. a kol.: Monografia obce Svätý Ondrej nad Hronom – Brusno. Obecný úrad Brusno, 159 p.
- Weis, K. 2012: Geograficky orientovaný portál banského turizmu Slovenska. – In Geografická revue roč. 8, č. 1 pp. 114 – 211.
- WEIS, K. & KUBINSKÝ, D. 2014: Analýza zmien objemu Halčianskej vodnej nádrže vplyvom erózie ako podklad pre manažment v povodí. – Geografie, 119, č. 2, pp. 126 – 144.
- WÓJCIK, J. 1996: Przekształcenia rzeźby powstałej pod wpływem górnictwa węglowego w Walbrzychu i okolicy, 1865–1990. – In Przegląd geograf. Tom LXVIII, z. 1 – 2, pp. 181 – 191.
- ZAPLETAL, L. 1968: Geneticko-morfologická klasifikace antropogénních forem reliéfu. – In Acta universitatis Palackianae Olomucensis tom 23, Geographica - Geologia. SPN, Praha, 23, pp. 239 – 426.
- ZAPLETAL L. 1969: Úvod do antropogénní geomorfologie I. – Skriptum, Univerzita Palackého, Olomouc, 278 p.
- ZHAO, J., SHIRLAW, J., N. & KRISCHNAN, R. (eds.) 2000: Tunnels and Underground Structures. – A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 696 p. ISBN 90-5809-1716.