Nové geodetické zaměření středověké studny hradu Karlštejna a její hydrogeologické souvislosti

New geodetic surveying of the medieval water well of the Karlštejn Castle and its hydrogeological context

Petr Chmel [1, 3], Jan Kotík [1, 2], Jan Rohovec [4], Karel Žák [4]

0. Abstract

The paper describes the history of exploration in the Karlštejn Castle water well in the 1965–1967 period compared with its modern geodetic survey in 2012. The well is 76.5 m deep and was constructed after 1348. During well construction in medieval times, the miners were not able to find sufficient water inflow into the well, so they constructed an artificial adit connecting the well with the Budňanský Creek flowing nearby. Today this connection is partly blocked by fill. The well has not been used since 1907 and water inflow from the creek into the well is restricted. The current stagnant water level in the well is about 18 m deeper than the water level of the creek. This indicates that the hydrogeological systems of the well and of the surface creek are partly independent. Similarities in the water chemistry demonstrate that there is permanent small inflow from the creek into the well. The well probably has deeper karst drainage, directed to the Berounka River and not along the valley, but most probably along a karstified zone in the limestone of Lower Devonian age.

1. Úvod

Středověká studna hradu Karlštejna je objektem mimořádným z hlediska stavebního a historického. Pozornost přitahuje jak svojí značnou hloubkou, tak i zajímavou hydrogeologickou situací. Horní část studny je fakticky nadzemní hradní věží nepravidelného hruškovitého půdorysu (tzv. Studniční věž). Věž je stavebně založena ve velmi strmém svahu, na boku z. skalnatého ostrohu Hradního vrchu nad Budňanským potokem (potok je také nazýván Mořinský nebo Karlštejnský; údolí se běžně nazývá Hluboký důl, též Údolí Hluboké). Na Studniční věž navazuje směrem do hloubky podzemní část studny, hloubená ve vápencovém skalním masivu. Ve 14. století přehrazovala Hluboký důl ve směru od paty Studniční věže až do spodní části svahu Javorky jednoduchá hradební zeď, ve dně údolí s uzavíratelnými vraty (Dvořáková a Menclová 1965, Menclová 1972, Durdík 2010). Podobné přehrazení existovalo i napříč Studeného dolu na opačné straně hradu.

Stavební huť budující hrad v polovině 14. století a havíři, kteří hloubili studnu, se zde setkali s pro ně jistě nečekanou krasovou hydrogeologií. I když hloubení studny přesáhlo dno údolí o více jak 26 m a začalo se již blížit úrovni hladiny ve vzdálené řece Berounce, přítok podzemní vody do studny byl nedostatečný. Nečekaná situace vedla k neobvyklému řešení – napájení studny vyražením boční chodby ve vyšší úrovni, směrem k nedalekému Budňanskému potoku. Ze studny se tak fakticky stala cisterna, napájená uměle z povrchového toku. Díky tomuto řešení, i díky svému významu obrannému (bez vody by stěží bylo možné hrad dlouhodobě hájit), hradní studna vždy stála v centru pozornosti. Za více jak 650 let její existence se o ní nahromadila řada nejrůznějších zpráv, měření a pověstí. Často je zmiňována i v beletrii. Ústřední úlohu hraje hradní studna například v historickém románu Antonína Wintera „Klíč ke Karlštejnu" z roku 1992.

Informace o způsobu napájení studny měla nepochybně značný strategický význam. Přítok vody z potoka do studny mohl být obléhateli hradu snadno otráven nebo přerušen. Informace o její konstrukci byla proto jistě utajována. Pověst popisující upálení dělníků pracujících při výstavbě hradu, aby nemohli vynést informace o jeho vnitřním uspořádání (viz níže, v přehledu historických údajů) proto může mít reálný základ.

Ve 20. století byla studna nejpodrobněji zkoumána a dokumentována v letech 1965 až 1967 členy tehdejší Krasové sekce Společnosti Národního muzea v Praze pod vedením J. Hromase a J. Kříže. V této etapě průzkumu byly také pořízeny přesné plány a řezy studnou, měřené pomocí běžných důlních mapovacích pomůcek, tedy pásma, závěsného kompasu, sklonoměru a tachymetrického teodolitu. Studna byla při této příležitosti vyčerpána a vyčištěna až do skalního dna. O průzkumu studny pořídila Československá televize dokumentární film.

V posledních letech probíhá ve studni každoročně sčítání zimujících netopýrů, takže zimní sestupy do ní jsou od roku 1998 pravidelné. Počet zimujících zvířat přesáhl při sčítání roku 2012 50 kusů. Zatím poslední fáze průzkumu a dokumentace hradní studny probíhala od počátku listopadu roku 2012. Během ní byly pořízeny nové plány studny a svislý řez věží i podzemní částí studny. Odebrané a analyzované vzorky vody, jak ze studny, tak i z Budňanského potoka, přispěly k poznání hydrogeologické funkce studny. I v roce 2012 byl sestup do studny dokumentován Českou televizí. Cílem tohoto příspěvku je stručně shrnout historii průzkumů studny, porovnat výsledky průzkumu a výzkumu v letech 1965–1967 a v letech 2012–2013 a diskutovat její hydrogeologickou situaci.

2. Geologická situace skalního ostrohu, ve kterém se nachází hradní studna

Studna je vyhloubena v pruhu téměř svisle upadajících vrstev vápenců spodního devonu (sklon vrstev mezi 80° a 90° k SSZ, směr vrstev 75°) ve spodních polohách dvorecko-prokopských vápenců

[1] Pragoaquanaut, Svatoslavova 9, 140 00 Praha 4; www.pragoaquanaut.cz
[2] Aquageodet Kotík, Petrské nám. 1186/1, 110 00 Praha 1 – Nové Město; aqg@volny.cz
[3] Speleoaquanaut, ČSS ZO 1-10, Ledařská 433/9, 147 00 Praha 4; www.speleoaquanaut.cz
[4] Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6 – Lysolaje; rohovec@gli.cas.cz; zak@gli.cas.cz

Poděkování: Děkujeme správě hradu Karlštejna, v zastoupení kastelánem Ing. J. Kubů, za umožnění průzkumu a výzkumu hradní studny. Účastníkům předchozího výzkumu studny v letech 1965–1967, zejména RNDr. J. Hromasovi, RNDr. J. Křížovi, CSc., a Mgr. V. Lysenkovi, děkujeme za poskytnutí archivních údajů a cenných informací o průzkumu z let 1965–1967, nezbytných k ucelenému zpracování historie studny. Dále děkujeme členům klubu Pragoaquanaut a Speleoaquanaut za čas věnovaný průzkumu a zpracování výsledků. Analýzy vod a vlastní sestavení článku proběhlo v rámci podpory RVO67985831 v Geologickém ústavu AV ČR, v. v. i. Úrovni rukopisu významně přispěly připomínky obou recenzentů, RNDr. J. Hromase a RNDr. J. Bruthanse, Ph.D.
Český kras (Beroun), XXXIX (2013), 29–44, 7 obr., 4 tab., 3 obrázky na barevné obálce časopisu
© Muzeum Českého krasu, p. o., Beroun
ISSN 1211-1643
ISBN 978-80-87708-04-0

pražského souvrství, stupeň prag (viz geologická mapa v měřítku 1 : 25 000, list Černošice, Havlíček, red., 1987; též uvedeno v řezech J. Hromase, J. Kříže a P. Hradeckého z let 1965 – 1967). Blízko hranice stratigrafických stupňů prag a lochkov se v prostoru podél jižního okraje hradeb hradu Karlštejna a dále zjz. od něj vyskytuje v nejsvrchnějším lochkovu poloha masivnějších čistých vápenců bez rohovců, která je zřejmě ekvivalentem tzv. spodních vápenců koněpruských. Tato poloha vykazuje výrazně vyšší míru krasové propustnosti a zkrasovění než podložní vápence kotýské s rohovci, nebo nadložní vápence dvorecko-prokopské s vložkami břidlic.

Strmě zapadající pruh vápencových vrstev je možné sledovat od hradu Karlštejna jak vsv. směrem do boku údolí směrem k Haknovci, tak i opačným zjz. směrem přes Javorku do prostoru jižně od Beranova lomu a dále na druhý břeh řeky Berounky do prostoru Tomáškova lomu. Na řadě míst tohoto úseku jsou ve strmě upadajících vápencích nejvyššího lochkovu vyvinuty hluboké propasťovité jeskyně (přehledně shrnuto Žákem, Jägerem a Komaškem in Hromas, ed., 2009). Konkrétně se jedná o Tomáškovu propast (lokální evidenční číslo jeskyně 17-006, kódy v celostátní databázi jeskyní JESO mají znaky navíc, ale věcně jsou shodné, v tomto případě je kód JESO K112 87 17-J-00006, dále uvádíme jen lokální evidenční čísla) v Tomáškově lomu, nedaleko východně od něj o Podtrať ovou jeskyni (17- 002) a Pavoučí jeskyni (17-004), a zejména v prostoru vrchu Javorka v blízkosti hradu Karlštejna o jeskyni Na Javorce (26-002), která je s hloubkou 129 m nejhlubší jeskyní v Čechách (Dragoun et al. 2011, 2013). V bezprostřední blízkosti hradní studny se ve vzdálenosti několik desítek metrů od ní jz. směrem, v opačném boku údolí, nacházejí drobné jeskyňky Dolní sklípek (26-004) a Horní sklípek (26-005). Další nepojmenovaná a neevidovaná krasová dutina byla zjištěna pod zástavbou ve dně údolí jv. od hradu (osobní sdělení O. Jäger). Tento zvýšený výskyt jeskyní v uvedeném vápencovém pruhu naznačuje, že vápencové polohy lokalizované blízko hranice lochkovu a pragu vykazují v tomto úseku zvýšenou krasovou propustnost.

3. Stručný přehled historických údajů týkajících se studny na Karlštejně.

Tento příspěvek je zaměřen na popis současného hmotného stavu hradní studny, tedy na objektivní údaje, které lze změřit nebo získat přímým pozorováním. Jeho zaměření není historické a cílem autorů nebylo dohledávat veškeré archivní údaje, týkající se starší historie karlštejnské hradní studny. Přesto uvádíme alespoň stručný přehled publikovaných historických dat o studni obsažených v běžně dostupných knižních publikacích a jejich stručnou diskusi. Přehled uváděných hloubek studny je v tabulce 1.

- 1348, 10. června: Tradičně uváděné datum položení základního kamene stavby Karlštejna. Pochází ale z nevěrohodné Hájkovy kroniky. Datum bývá často zpochybňováno, protože v tento den byli podle jiných zdrojů hlavní aktéři, tedy Karel IV. a arcibiskup Arnošt z Pardubic, na cestách mimo dosah Karlštejna.
- 1348 – 1365: Hlavní fáze výstavby hradu, včetně dokončování interiérů. Moderní výzkumy naznačují, že v průběhu výstavby se původní záměr řešení stavby a její náplň vyvíjely mnohem složitěji, než se donedávna soudilo (např. Chudárek 2010).
- 1348 – 1355: Vybudování hradní studny současně se stavbou hradu. Podle Augeho (1841) trvalo hloubení studny 7 až 8 let. Více sekundárních zdrojů uvádí, že studnu hloubili kutnohorští (nebo jílovští) havíři, a že když nenalezli dostatečný přítok do studny, vyrazili štolu do údolí a přeměnili studnu na cisternu. Z jakého primárního zdroje informace o původu havířů pochází, se nepodařilo zjistit. Stejně tak není jisté, zda nastala nějaká výraznější časová prodleva mezi vlastním hloubením studny a vyražením napouštěcí štoly.
- V době dokončování hradu: V místních lidových pověstech, zachycených písemně řadou sběratelů (s kritickými komentáři např. Kazda 1923) a mnohdy jimi značně dotvořených, je vysvětlován původ jména obec Mořina. Monografie Jůny (ed., 1928 – 1931, díl VI, str. 339) uvádí zkrácenou verzi pověsti, kterou zde přetiskujeme: *„Původní jméno vsi bylo Mořín. O tom se vypravuje pověst. Když byl hrad za 9 let vystavěn, nesmělo se vyzraditi vnitřní uspořádání hradu, sklepení a plány hradu. K odpočinku mělo hradní dělnictvo boudu i na Mořině (prý na místě statku č. p. 40). Sem bylo pozváno veškeré dělnictvo k hostině; hodovalo se a pilo. Když vše upadlo ve spánek, bouda prý byla zapálena a dělnictvo umořeno. Odtud prý jméno pozdější osady Mořín, Moříny, Mořina.“* Během stavby hradu se zde jistě vystřídaly stovky dělníků, jejichž upálení v jediné provizorní boudě není možné, tedy jistě se nemohlo jednat o „veškeré dělnictvo“. Například ale právě u horníků, razících napouštěcí štolu studny, což byla informace velkého strategického významu, je možné takový jejich osud teoreticky připustit. Pověst tedy může mít částečně reálný základ. V odlišných a autorsky dotvořených variantách byla pověst využita v řadě beletristických publikací, včetně variant uvádějících přímo upálení horníků hloubících studnu (například Palivec 1970). Řehoř (1998), bez uvedení zdrojů informací, popisuje řadu detailů z doby výstavby studny, které ale také zřejmě vycházejí hlavně z nejrůznějších pověstí a z beletrie. Zatímco za původce vlastní studny Řehoř (1998) považuje kutnohorské havíře, dodatečné vyražení napouštěcí štoly připisuje podle pověsti sirotkům z kamenických dílen pražské svatovítské hutě, kteří měli být po skončení práce pobiti při cestě zpět do Prahy nedaleko Ořecha. Podobně je vystavěn příběh historického románu Antonína Wintera „Klíč ke Karlštejnu“. Jiná verze pověsti popisuje ubití horníků na jejich cestě domů v lese u Litně kvůli značné hotovosti, kterou si za svoje služby odnášeli. Potom by to ale byli spíše horníci příbramští (dolování zde doloženo písemně od r. 1311), protože cestovat z Karlštejna jak do Kutné Hory tak i Jílového u Prahy přes Liteň by dávalo malý smysl. Žádný věrohodný historický údaj o původu horníků a jejich dalším osudu ale autoři neznají.
- 1357, 27. března: Založení kapituly a děkanství na Karlštejně (podrobně Gottfried 2007).
- 1422: Nejslavnější obléhání hradu Pražany a polskými oddíly pod vedením Zikmunda Korybutoviče. Hrad hájili purkrabí Zdeslav Tluksa z Buřenic a hradní hejtman Jan z Lestkova údajně se zhruba 400 osobami na hradě. Obléhání trvalo od 20. května do 11. listopadu (např. Sedláček 1889, Dvořáková a Menclová 1965; jiné zdroje uvádějí 8. listopadu). Po pozicích praků jsou dodnes patrné stopy na přilehlých výšinách, například na Javorce. Během tohoto obléhání mohlo dojít k znehodnocení vody ve studni. Sedláček (1889) k tomu uvádí: *„V měsíci červenci bylo obleženým zle, poněvadž jim Pražané vodu zkazili a oni proti tomu pomoci neměli. Nemohlo se to státi jiným způsobem, než nížepsaným. Kromě lidí řádu rytířského již dotčených bylo tu čeledi hradské 28, jiných střelců asi 48 a čeledi panoší, kněží uprchlých a jiných drahně, tak že počet lidstva se přibližoval ke čtyřem stům, jak Eneáš Sylvius udává.* [dále] *Pro tolik lidí nestačila voda ze studně a musila se tedy nová a nová pouštěti z Hlubokého dolu tím způsobem, jakož jsme při popise vypravovali. Snadno se tedy mohlo státi, že Pražané do potůčku smradů naháželi a tím vodu v studni zkazili.“* Podobnou informaci uvádějí i Dvořáková a Menclová (1965), k červenci 1422: *„Na hradě se stávala situace mezitím*

už kritickou, protože Pražanům se podařilo výkaly znečistit štolu, jíž se přiváděla do hradní studny voda.“ Tyto závěry však opět obsahují velký podíl interpretace, protože stejně dobře mohla být voda ve studni znehodnocena některou bečkou s fekáliemi, které byly na hrad metány praky. Studniční věž byla těžce ostřelována a jistě byla notně poškozená, takže obsah takové bečky mohl spadnout do studny. Současně je třeba ovšem konstatovat, že při mnoho měsíců trvajícím pobytu několika tisíc obléhatelů v těsné blízkosti hradu se kvalita vody v Budňanském potoce, zejména v letním období, musela výrazně zhoršovat. Kromě toho, periodické umělé napouštění studny z potoka je doloženo zejména zprávami z 18. a 19. století, dříve mohla být situace odlišná (k tomu níže v diskusi).

- 1487: Některé zdroje uvádějí v tomto roce částečný požár hradu. Za Rudolfa II. byl potom hrad významnou měrou přestavěn.
- 1661, 17. července: Balbín (1681, citováno podle výběru a překladu Tiché 1986) popisuje svoje zkoumání studny těmito slovy: *„Nejnižší místo v hradu zaujímá studně, jež si pro svou hloubku zasluhuje zvláštní zmínku. Když jsem totiž 17. července 1661 zkoumal hloubku vody, zjistil jsem 74 pražských stop vody a 244 stop od hladiny nahoru. Voda se čerpá velkým kolem, na němž je navinut řetěz o 1 805 podlouhlých železných článcích.“* Pokud přijmeme pro pražskou stopu (střevíc) často udávanou hodnotu 29,57 cm, vychází hloubka studny k vodě 72 m a na dno ještě dalších zhruba 22 m (tedy zřetelně více, než je realita, a to i kdyby B. Balbín měřil ne od podlahy, ale od osy kola nebo od jiného bodu ve věži).
- 1763, 21. dubna: Skočila do studny ze zoufalství Eva Nová, děvečka budňanského učitele (Auge 1841, převzato Sedláčkem 1889). Studna byla potom do dna vyčištěna havíři, při tom byla zjištěna na dně chodba 8 stop vysoká, (tj. asi 2,40 m) a 1,5 stopy široká (tj. asi 0,45 m), kam vede, nebylo zjišťováno.
- 1765: Studna byla v tomto roce měřena podle Sedláčka (1889): „*Roku 1765 vyměřili* (k hladině) *85 praž. loket, vody 33, rumu 27 loket, tedy všeho všudy 145 loket, neb 28 sáhův a 1 loket*“. Údaje uváděné k tomuto roku Sedláčkem jsou částečně zmatečné, protože do staročeského sáhu byly počítány tři pražské lokty, tedy přepočet na sáhy by měl udávat 48 sáhů + 1 loket a ne 28. Pokud vyjdeme z údajů v loktech a délky pražského loktu 59,76 cm, tak studna by měla celkovou hloubku 86,65 m, z toho vody 19,72 m a sedimentu 16,1 m.
- 1772: Oprava šlapacího kola (zřejmě vč. výměny hřídele) a dřevěného zařízení kolem studny (podle letopočtu AD 1772 na hřídeli kola).
- 1811: Podle Sedláčka (1889): *„Když otevřena r. 1811 podlaha ve věži vedle otvoru studně, přišli na dost hluboký sklípek, v němž se koule kamenná (o 26½ libry) a dvě železné (o 19 a 9½ libry) nacházely. K čemu ten sklípek býval, není nám známo. Na věži býval v 16. věku kus či dělo.“* Zpráva pochází primárně od Augeho (1841) a Sedláček ji jen převzal. Auge uvažoval i o tom, že dutina mohla být vězením a koule se mohly poutat k nohám zločinců. Dutina pod podlahou Studniční věže byla potom otevřena a dokumentována v lednu roku 1966.
- 1841: Před tímto rokem pravděpodobně proběhlo další měření studny, jehož výsledky uvádí Auge (1841) a cituje Sedláček (1889): *„Auge vyměřil k hladině 170, odtud ke dnu 120, celkem 290 střevíců, což by se asi 92 m vyrovnávalo; tak udána hloubka též v úředním inventáři hradu.“* Sedláček zde použil k přepočtu údaj pro vídeňský střevíc (31,61 cm), nikoliv pro český (29,57 cm). Tabulka 1 udává přepočet pro obě jednotky.
- 1841: Sedláček (1889) uvádí: *„Karlšteinská studnice má také své dějiny. Často tam spadaly okovy a nahromadilo se bahno; i vypočítalo se r. 1841, že by to bylo vody jen se 3, bahna však se 17 sáhů.“* Přepočet pro vídeňský sáh (189,65 cm) udává 5,69 m vody a 32,24 m bahna.
- asi 1841: Sedláček (1889) uvádí: *„Když asi r. 1841 nějaká Podlipská do studně spadla, zase byla vyčištěna a našli mnoho starých okovův a řetězů na několik for a přišli na dvě šíje: jedna jde pod prádelnu a druhá na stranu severozápadní, ale obě jsou krátké. Snad tu prvotně prameny hledali.“* Slovem šíje byla v té době označována štola.
- 1889: Sedláček (1889) uvádí v tomto roce, podle vlastních pozorování při návštěvách hradu: *„Nyní jest okov na provaze, ale ohromné kolo, kterým se voda vyšlapuje, zůstalo. Do studně jde šíje ve skále vytesaná, kterouž dobře i zvenčí rozeznati lze, stojíme-li v údolí pode hradem. Vždy dvakráte do roka zahradí se potok pod hradem tekoucí (na jaře a na podzim) a voda nadržená žene se šíjí touto do studně. Jest příjemné chuti na způsob studnic lučných a velmi studená.“*
- 1886–1899: Rozsáhlá oprava a částečná přestavba hradu, započala podle prvních návrhů F. Schmidta a J. Mockera, a potom pokračovala pod vedením architekta J. Mockera stavitelem J. Střelbou z Karlína. Práce pokračovaly i po Mockerově smrti až zhruba do roku 1905. Je prakticky jisté, že během těchto prací byla studna vyčištěna až do skalního dna a došlo k úpravě jejího napouštěcího systému (viz níže v diskusi), i když písemný doklad o tom se nám nepodařilo dohledat. Práce publikované v časovém intervalu od Mockerovy přestavby až do 2. světové války zpravidla proto uváděly správnou hloubku studny 76 m (např. Bělohlav 1912–1913, sine nomine 1921, Jůna ed., 1928–1931).
- 1928: V monografii Jůny (ed., 1928–1931, díl III, str. 19) je uvedeno: *„Studně je tesána ve skále a je nyní asi 76 m hluboká. Voda se vytahovala v okovu šlapáním ve velikém dřevěném kole. Od roku 1907, kdy byl zřízen vodovod, se vody ze studně neužívá.“* Jiné zdroje uvedly odlišná data zavedení vodovodu na hrad (publikované údaje jsou v intervalu 1908–1911). Citovaná velmi podrobná monografie ale vznikla krátce po zavedení vodovodu a kapitolu psal místní učitel, jistě obeznámený se situací, takže v ní uvedený časový údaj o zavedení vodovodu na hrad (r. 1907) považujeme za správný. Ještě mírně starší byl zřejmě požární suchovod do Hlavní věže (suché požární potrubí, které se mělo naplňovat vodou z nádrže na Kněží hoře jen v případě požáru).
- 1942: Podle Hromase a Kříže (1965) jsou data vyryta ve stěně v napouštěcí štole.
- 1950: Oprava šlapacího kola a dřevěného zařízení kolem studny. Letopočet a zkratka jmen vyryta na hřídeli kola (Hromas a Kříž 1965).
- 1960, 12. a 19. – 20. listopadu (uvedená data pocházejí z kroniky karlštejnských hasičů): Čištění studny hasiči z Karlštejna a Berouna. Záměrně jako zajímavý dokument přepisujeme celý text ze zprávy Hromase a Kříže (1965), včetně dobového označení účastníků zkratkou s. (soudruh; překlepy v původním textu byly opraveny): *„1960 – Čištění studny hasiči, v listopadu (přesný údaj na listině, která byla zanechána v lahvi ve štole vedoucí ze studny do údolí. Listina je uložena u s. Šefrny). Čištění prováděl Veřejný požární útvar v Berouně ve spolupráci s místní jednotkou PO. Vedoucí – velitel karlštejnských hasičů s. Menger, berounských hasičů s. Ježek. Dle jejich měření je studna hluboká 81 m. Podle vyprávění (s. Menger 1. listopadu 1965) pronikli hasiči do chodby 6 m nade dnem studny. Chodba prý vede strmě nahoru a zatáčí se vlevo, tj. pod hrad. Jistý hasič se dostal do vzdálenosti 15 m od vcho-*

du do štoly, zde uklouzl a vypadl zpět do studny. Nadporučík VB s. Hudlický tvrdí, že v chodbě jsou schody vedoucí až pod hlavní věž hradu! Chodba prý snad podle něj sloužila jako tajný východ z hradu. O akci hasičů je fotodokumentace u s. Šefrny. Zápisky o akci má s. Menger a snad berounský požární útvar – podle informace s. Ježka. Podle údajů jistého hasiče, říkal před čištěním v roce 1960 s. Hejtmánek, t. č. správce hradu, že za Heydrichiády byly do studně vhozeny zbraně. S. Hejtmánek měl osobní zájem o zbraň značky Flobert. Voda byla v roce 1960 čerpána ze studny ejektorem dvěma pumpami štolou do potoka. Čerpání trvalo 2 dny, „čištění" jeden den. Dle údajů s. Mengra bylo vytaženo především „několik kýblů mincí, z nichž větší část si hasiči rozebrali a zbytek prý věnovali do jakéhosi muzea" (podle telefonického rozhovoru se s. Mengrem 1. listopadu 1965). Podle údajů nadporučíka VB s. Hudlického bylo bahno ze studny vytahováno tímto způsobem. Hasičské lano bylo přehozeno přes hřídel šlapacího kola a tři hasiči tímto způsobem vytahovali kbelík celých 76 m nahoru (je proto nabíledni, kolik toho vytáhli!)." Nepřesné informace z akce hasičů realizované v roce 1960 o dlouhé chodbě vedoucí ze studny směrem k Hlavní věži byly hlavním motivem následného průzkumu v letech 1965 – 1967.

- (chybně uvedeno 1961), 19. – 20. listopadu: Podle Dvořákové a Menclové (1965) proběhly vyčerpání a průzkum studny. Autorky k tomu uvádějí: „*Podle posledního průzkumu, provedeného ve dnech 19. – 20. listopadu 1961 při čištění studny, vedly do ní tři štoly. První slepá ústila do ní ve výši 1,30 m nade dnem, druhá ve výši 6 – 7 m a třetí ve výši 22 m. Po vyčerpání vody, která sahala asi do výše 15 m nade dnem, byly štoly prozkoumány. Nejvyšší z nich byla vysoká asi 2 m a bylo ji lze sledovat v délce 25 m. Pak končila v sesutém terénu. Směřovala nejdříve k západu a pak k severozápadu k údolí Mořinského potoka.*" Jedná se o tutéž akci uváděnou Hromasem a Křížem (1965) a kronikou karlštejnských hasičů k listopadu roku 1960, což je tedy správný údaj. Uváděné výškové poměry odbočujících štol odpovídají situaci zjištěné v pozdější době. Hladina vody ve studni byla při tomto čištění zhruba o 10 m níže, než je hladina vody v potoce, ale asi o 7 m výše než při podrobném průzkumu v roce 1965, o kterém referujeme v samostatné kapitole. Ke hradní studni Dvořáková a Menclová (1965) dále uvádějí: „*Přestože studna byla v nejnižším místě hradu, musela být ještě 84 m hluboká, aby do ní dostali vodu. Napouštěla se dvakrát do roka z potoka protékajícího Hlubokým dolem, který se na tu dobu v horním toku přehradil, a voda se přiváděla do studny ve skále vytesanými štolami. Ve stavebních účtech hradu ze 17. a 18. stol. je několikrát zmínka o jejich klenbách. K ochraně vody, tak pracně získané, byla nad studnou postavena vysoká věž, v půdoryse hruškového tvaru, krytá strmou sedlovou střechou. Prostor studniční věže osvětlený třemi sdruženými okénky, neměl stropu, byl otevřený do krovu a jediným zařízením bylo velké dřevěné šlapací kolo, jímž se ze studny v okovech vytahovala voda.*" Tedy údaj hloubky je zde opět chybný, zřejmě převzatý ze Sedláčka (1889) a podobných starších zdrojů, nebo z nepřesného měření hasičů v roce 1960.
- 1974 – 1980: Rozsáhlá oprava Studniční věže a přilehlých částí hradeb, včetně injektáže jejich základů. Studniční věž byla v té době obestavěna lešením, práce byly dokončeny až v letech 1979 – 1980 opravou interiéru věže (zdroj: Kronika městyse Karlštejn; uložení Státní okresní archiv Beroun).

4. Průzkum a dokumentace studny v letech 1965 až 1967

Tato kapitola je zpracována zejména podle pracovní dokumentace, mapových a textových podkladů poskytnutých nám J. Hromasem (viz též Hromas 2010, str. 50 – 52; materiály jsou uloženy v souboru dokumentace Správy jeskyní ČR v Průhonicích). Další, velkou měrou se překrývající sada archivních dokumentů, vztahujících se k této akci, je uložena v archivu Národního muzea v Praze (osobní fond Jiří Kříž, karton č. 10). Tyto dvě nejúplnější dokumentace výzkumů studny v letech 1965 – 1967 obsahují i novinové články týkající se této akce, rozpracovaný a nikdy nepublikovaný rukopis J. Hromase, J. Kříže a P. Noska z roku 1967 a další materiály. Částečně vycházíme i z podkladů a informací získaných přímo od dalších účastníků tehdejší akce.

Průzkumu, výzkumu a dokumentace studny se tehdy účastnilo několik členů tehdejší Krasové sekce Společnosti Národního muzea (kromě J. Hromase a J. Kříže dále P. Hradecký, V. Lysenko, P. Nosek, J. Plzák, L. Schmittová – později Hradecká, a další) a pracovníci několika institucí (správa hradu – manželé Šefrnovi; Československá televize – V. Branislav, J. Kincl, M. Tomsa; Správa Koněpruských jeskyní – T. Mészáros; pracovníci Vojenských staveb a další). Část účastníků tehdejšího průzkumu je zachycena na fotografii v obrázku 1.

Obr. 1. Účastníci průzkumu karlštejnské hradní studny na fotografii z roku 1965. Zleva Pavel Nosek, Jiří Kříž, Jaroslav Hromas, Tibor Meszáros a kastelán hradu Karel Šefrna. Soubor dokumentace Správy jeskyní ČR, Průhonice.

Fig. 1. *Participants in exploration of the castle water well in 1965.*

Mapové podklady v měřítku 1 : 100 a 1 : 200 a zprávy o výzkumu byly předávány v letech 1966 – 1967 tehdejšímu Středisku státní památkové péče a ochrany přírody Středočeského kraje. V archivech nástupnické organizace, tedy Národního památkového ústavu, jsou ale uloženy pouze odvozené plány a řezy studní, které na základě mapových podkladů J. Hromase, J. Kříže a P. Hradeckého doplnila a vyhotovila tehdejší Geodézie (uložení: Národní památkový ústav, Ústřední odborné pracoviště Středních Čech, archivní svazek 307, Karlštejn-hrad, studna, zaměření č. 55 – 58, Geodézie 1965 – 1968). V podzemní části studny tyto podklady plně vycházejí z mapování J. Hromase, J. Kříže a P. Hradeckého, jen byly relativní hloubky přepočteny do výškového systému Jadran.

Celá akce započala dne 31. října 1965, kdy P. Jozífek a Z. Březina v Hlubokém dole odkryli zavalený vchod do napouštěcí štoly. Nalezli přitom láhev se zápisem o čištění studny v roce 1960, který byl předán správě hradu. Následujícího dne byl pomocí ručního vrátku a padákových popruhů (obr. 2) proveden první orientační sestup k hladině a započalo mapování studny. Sestup mohl být sledován a podporován i z napouštěcí štoly, která byla díky předchozímu otevření přístupná z vnějšku (obr. 3). Osmihodinovým čer-

Obr. 2. Spouštění účastníků výzkumu 1. listopadu 1965 do studny, s pomocí ručního vrátku a padákových popruhů. Na snímku je Petr Hradecký. Foto Z. Zůna.
Fig. 2. *Descent into the water well on November 1, 1965.*

Obr. 3. Charakteristický příčný profil napouštěcí štoly dokládá její středověký původ. Fotografie z roku 1965 nebo 1966, ze souboru dokumentace Správy jeskyní ČR, autorem fotografie zřejmě byli Z. Valeš nebo V. Stárka.
Fig. 3. *Characteristic cross-section of the medieval horizontal gallery connecting the water well with the adjacent surface creek.*

páním pomocí ejektoru byla hasiči VPÚ Beroun dne 4. listopadu snížena hladina ve studni o 2 m. Klesající hladina obnažila pod napouštěcí štolou v z. stěně ústí další krátké slepé štoly. Zbylých 4,8 m vody se podařilo odčerpat dne 16. listopadu. Přitom bylo obnaženo ústí další krátké chodby v s. stěně studny. Nad nánosy s řídkým bahnem zůstalo ještě asi 30 cm vody.

Další plánované práce, tedy vytěžení sedimentu ze studny a jeho archeologické zhodnocení, byly nemyslitelné bez elektrického vrátku. Ve zbylých listopadových dnech roku 1965 se podařilo, zejména díky kontaktům J. Kříže, dojednat spolupráci s Československou televizí, redakcí pořadů pro děti a mládež. Ta souhlasila s natočením dokumentu o čištění a výzkumu studny s tím, že finančně zajistí zapůjčení strojního vrátku i s obsluhou. V první polovině ledna roku 1966 byly po statickém zhodnocení podlahy Studniční věže upevněny ve věži dva těžní vrátky o nosnosti 800 kg a nad ohlubní studny byla postavena samostatná trámová konstrukce s kladkami. Během těžby sedimentu v lednu 1966, která probíhala vzhledem k nedostatečnému přívodu elektřiny na hrad a velké spotřebě vrátků hlavně v nočních hodinách, byly větší předměty z bahna vybírány hned na dně, drobnější byly získávány postupně plavením vytěženého materiálu na sítech na povrchu. Těžba sedimentu trvala zhruba dva týdny, mocnost bahna byla v průměru 1,34 m.

Při úplném vyčištění studny v lednu 1966 nebyla zjištěna na dně žádná dlažba, jejíž přítomnost naznačovali hasiči po částečném čištění studny v roce 1960. Dno studny je podle osobního sdělení J. Hromase skalní a velmi nerovné. Jeho nejnižší bod byl zjištěn v – 76,54 m pod podlahou Studniční věže (Hromas 2010). Dno ústí napouštěcí štoly do studny bylo zjištěno v – 53,42 m, dno štoly č. 2 v – 70,40 m, a dno štoly č. 3 v –74,13 m. Štoly č. 2 i č. 3 jsou krátké (cca 6 a 3 m) a mají jednoznačné skalní čelby. Hladina vody před čerpáním dne 1. listopadu 1965 byla v – 68,40 m, povrch sedimentu byl v – 75,20 m, tedy sedimentu bylo ve studni průměrně 1,34 m. Při výzkumu bahnitého sedimentu byly (podle sdělení J. Hromase) zjištěny převážně jen mince a další artefakty zhruba od závěru 19. století do roku 1965. Ojedinělými většími předměty byly předem avizované nálezy: malorážka (vhozena kastelánem hradu za protektorátu v době razií po atentátu na R. Heydricha) a tesařská širočina (spadla do studny při opravě krovu v roce 1950; údaj potvrdil p. Bohuslav, tehdejší kastelán hradu). Avizovaný zlatý náramek, který byl údajně ve studni již dříve bezvýsledně hledán na náklady majitelky, ani tentokrát nalezen nebyl. Vzhledem k absenci starších nálezů je zřejmé, že studna byla vyčištěna až do skalního dna během Mockerovy přestavby hradu v závěru 19. století.

Při ústí napouštěcí štoly do údolí Budňanského potoka byla v březnu roku 1967 pod vedením J. Kříže dokumentována cihelná šachtice ve stropě napouštěcí štoly, vedoucí do ní těsně před jejím ústím, a napouštěcí systém studny v prostoru mimo vlastní štolu. Zjištěný napouštěcí kanálek byl vybudován zřejmě během Mockerovy přestavby hradu v místě staršího dřevěného kanálku. Podle osobního sdělení J. Hromase je vybudován převážně z šedých, silně pálených cihel s vyraženým kolkem „M“. Uvnitř štoly je částečně i z betonu. Kanálek začíná těsně nad umělým stupněm v potoce,

Tab. 1. Přehled historických a současných měření hloubky karlštejnské hradní studny, údaje v historických délkových jednotkách přepočteny na metry (pražská stopa/střevíc 29,57 cm; vídeňská stopa/střevíc 31,61 cm; pražský loket 59,76 cm; český loket 59,16 cm; vídeňský loket 77,75 cm; staročeský sáh 179,3 cm; vídeňský sáh 189,65 cm).
Tab. 1. *List of depth data of the Karlštejn Castle water well obtained in different periods.*

Rok měření	Zdroj údajů	Hloubka k hladině [m]	Hloubka vody od hladiny k povrchu sedimentu [m]	Hloubka k povrchu sedimentu [m]	Mocnost sedimentu [m]	Celková hloubka na skalní dno [m]
1661	Balbín (1681)	72,2	21,9	94,0		
1765	Sedláček (1889)	50,8	19,7	70,5	16,1	86,7
1841	Auge (1841), přepočítáno pro pražskou stopu	50,3	35,5	85,8		
	Přepoč. Sedláček (1889), přepočítáno jako vídeňské stopy			92		
1841	Sedláček (1889)		5,69		32,24	
1928	Jůna et al. (1928–1931)					asi 76
1960	Hasiči VPÚ Beroun					81
1965	Hromas, Kříž a kol.	68,4	6,8	75,2	1,34	76,5
2012	Současný průzkum 2012	67,7	7	74,7		

zhruba 44 m od ústí štoly směrem proti proudu. Odtud byl kanálek veden v nepatrném spádu, souběžně s potokem, až do ústí štoly (plán kanálku je uložen v archivu Národního muzea, osobní fond J. Kříž, karton č. 10). Na stupni v potoce je dosud zachován dubový trám se žlábkem, do kterého zapadalo hrazení, umožňující zvýšit hladinu a zaplavit tak ústí napouštěcího kanálku. Bohužel fotodokumentace této poslední etapy průzkumu se ztratila, včetně zcizeného fotoaparátu. Po ukončení výzkumu byl vchod do napouštěcí štoly ze směru od potoka zazděn a současně byla opravena výplň velkého okna – umělého dodatečně proraženého vstupu, nacházejícího se při patě Studniční věže. Neexistuje žádný záznam o tom, že by studna po vyčerpání a vyčištění v letech 1965–1967 byla uměle napuštěna vodou z potoka.

5. Přehled prací a výsledků roku 2012 a 2013, metodika

Geodetické zaměření Studniční věže a údolí Budňanského potoka bylo provedeno v souřadnicovém systému S-JTSK, připojení bylo provedeno technologií globálního navigačního družicového systému (GNSS). Výškově bylo měření vyhodnoceno ve výškovém systému Bpv, připojení bylo provedeno trigonometrickou nivelací na nivelační body státní jednotné nivelační sítě (ČSJNS). Podrobné měření polohopisu a výškopisu bylo provedeno polární metodou ve 3. třídě přesnosti dle ČSN 013411 – Mapy velkých měřítek. Prostorové zaměření jednotlivých štol ve studni (vzdušných i zatopených) bylo provedeno metodou speleologického mapování a přeneseno do geodetických podkladů. Pro zaměření bodového pole byl použit přístroj značky SPECTRA PRECISION EPOCH 10, pro podrobné měření totální stanice SOKKIA PowerSET 3030R3, a standardní měřická speleovýbava (kompas, sklonoměr, pásmo) a laserový dálkoměr Leica DISTO D2. Hloubkové údaje jsou v tabulce 1, výpočet objemu zaplavené části studny v tabulce 2.

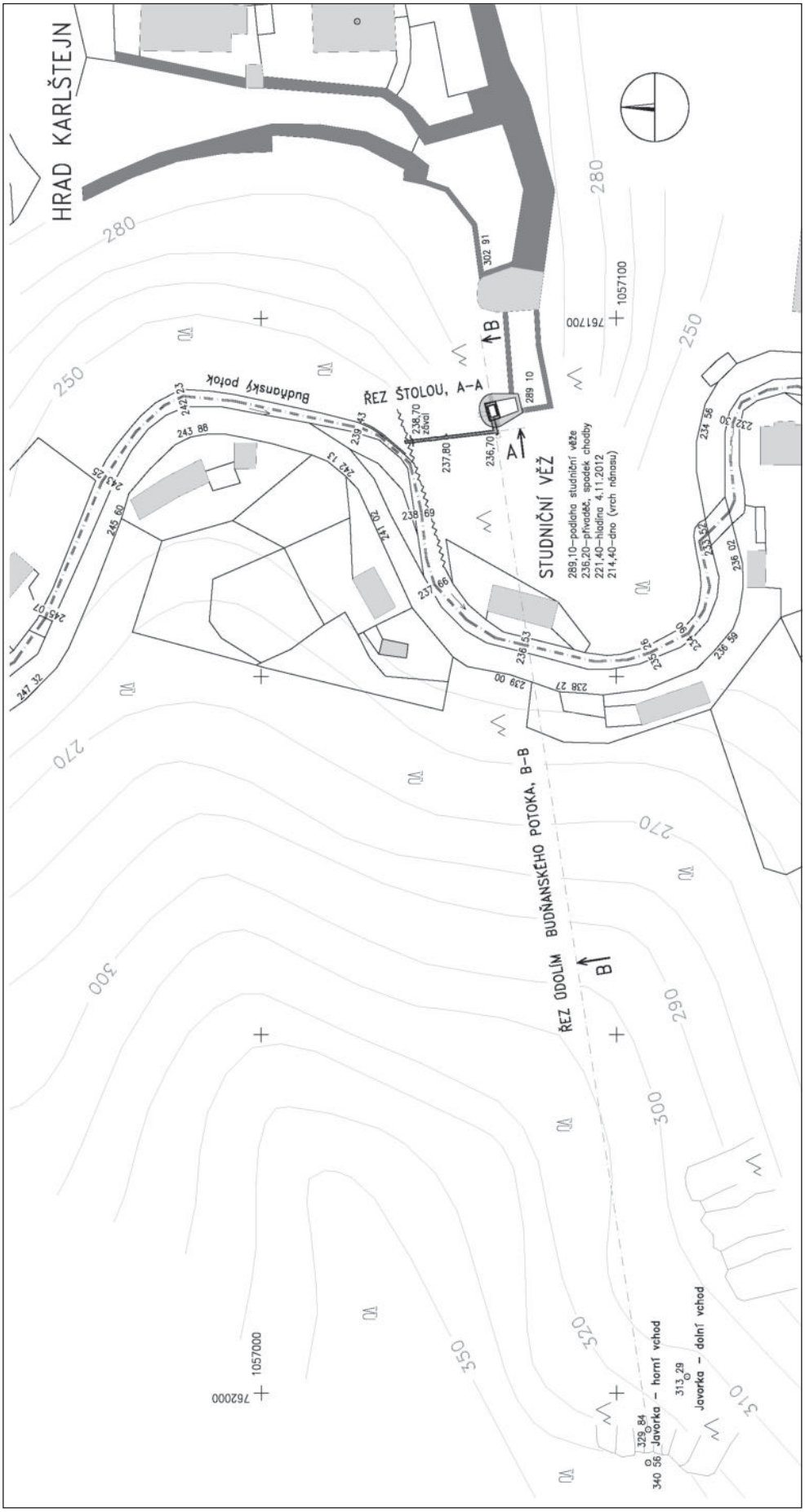
Analýzy vzorků vody ze studny a z Budňanského potoka byly provedeny v Geologickém ústavu AV ČR, v. v. i. Odebrané vzorky byly filtrovány přes membránové filtry o velikosti pórů 0,45 µm, okyseleny kyselinou dusičnou na koncentraci 2 % HNO_3. Hlavní

Tab. 2. Data k odhadu přítoku a odtoku vody do studny.
Tab. 2. *Data for estimation of inflow and outflow of water from the well.*

Objem zaplavené části dnes, při hladině v hloubce cca 68 m (v litrech)	42 650	Zaokrouhleně: 45 000 litrů
Objem po plném napuštění, hladina při ústí napouštěcí štoly v hloubce 53 m (v litrech)	130 760	Zaokrouhleně: 130 000 litrů

Přítok vody ($l.s^{-1}$)	Za den nateče litrů	Počet dnů na naplnění 45 000 litrů	Počet dnů na naplnění 130 000 litrů
0,001	86,4	521	1 505
0,005	432	104	301
0,01	864	52	150
0,05	4 320	10	30
0,1	8 640	5	15
1	86 400	0,5	1,5

prvky (Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Si) byly stanoveny technikou ICP-OES (optická spektroskopie s indukčně vázaným plazmatem), výsledky jsou uvedeny v mg prvku na litr vzorku v tabulce 3. Pokud byl obsah prvku nižší než detekční mez přístroje, je v tabulce udána polovina detekčního limitu a údaj je označen. Stopové prvky byly v roztoku analyzovány pomocí ICP-MS (hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem), údaje v tabulce 4 µg na litr vzorku, hodnoty nižší než detekční limit jsou zpracovány jako v případě předchozím. Obsah aniontů byl ve vzorcích stanoven chromatografií HPLC v hydrogenuhličitanovém pufru na anexové koloně,



Obr. 4. Situace hradní studny, zaměření roku 2012. Křížky souřadné sítě S-JTSK jsou po 100 m.
Fig. 4. *Map of the Karlštejn Castle water well and surrounding area, 2012 survey.*

s vodivostní detekcí vystupujících částic. Údaje pro Cl, NO_3, SO_4 jsou shrnuty v tabulce 3. Amonné kationty byly stanoveny kolorimetricky s užitím salicylát/dichlorkyanurátového činidla. Stanovení uhličitanu resp. hydrogenuhličitanu bylo provedeno v separátním, neokyseleném vzorku vody ze studně, acidobazickou titrací kyselinou sírovou, sledovanou pomocí pH elektrody.

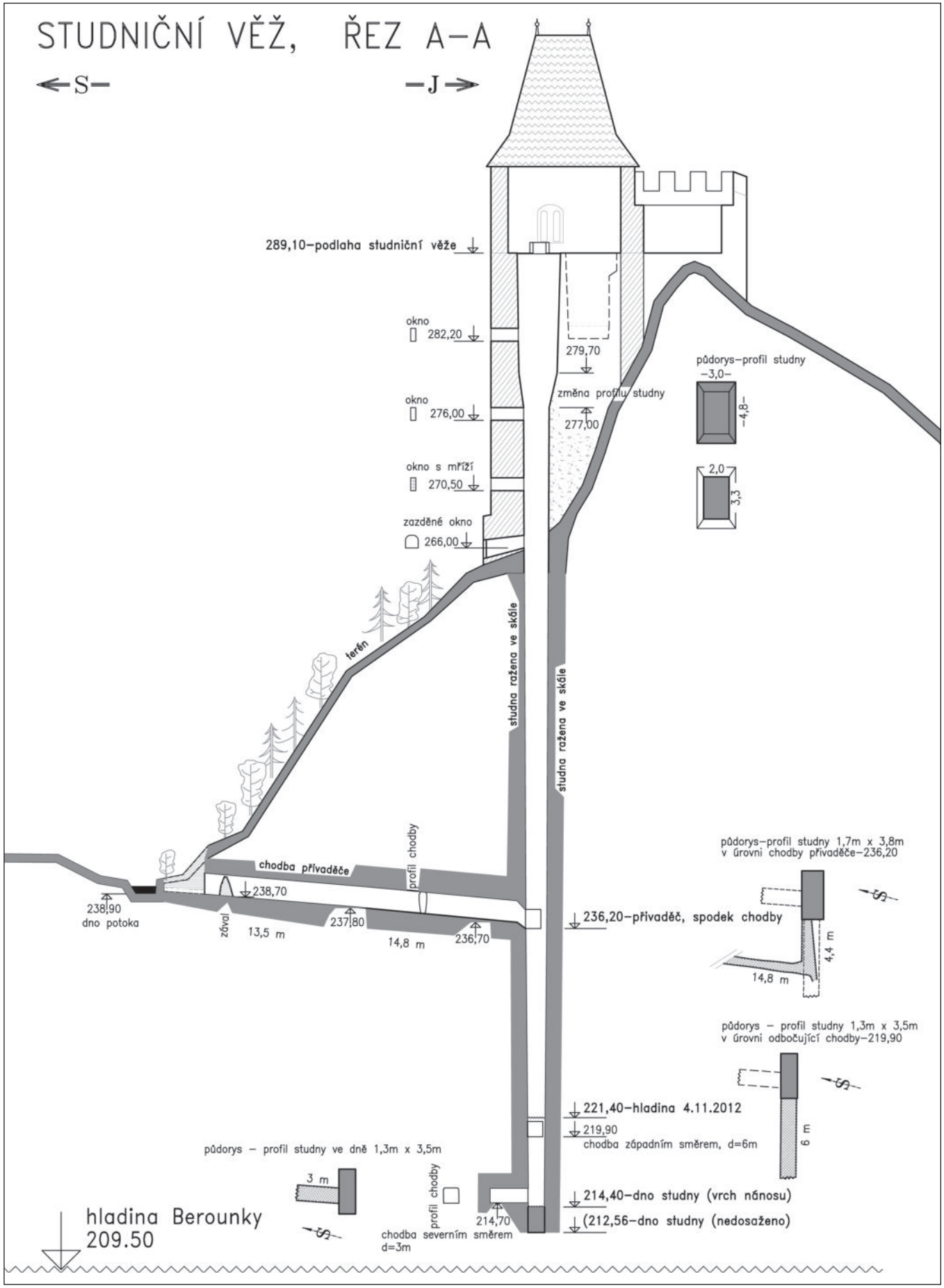
Časový průběh terénních prací:

- 4. listopadu 2012: Do karlštejnské studny se vracejí průzkumníci. Tentokrát tým složený ze speleopotápěčů, speleologů a zeměměřičů, vesměs členů potápěčských klubů Pragoaquanaut a Speleoaquanaut. Je to vůbec poprvé v historii hradu, co se někdo potápěl do studny.
- 24. března 2013: Průzkumníci se vracejí na lokalitu s cílem doměření vyústění napájecí štoly z povrchu. Dle geodetického měření spolu s fotografiemi z roku 1965 nalézají velmi přesně místo vyústění chodby.
- 31. srpna 2013: Doplnění měřických podkladů pro konstrukci přesnějšího řezu napříč údolím směrem na Javorku.
- 25. září 2013: Poslední odběr vzorků vody z potoka a z hradní studny.

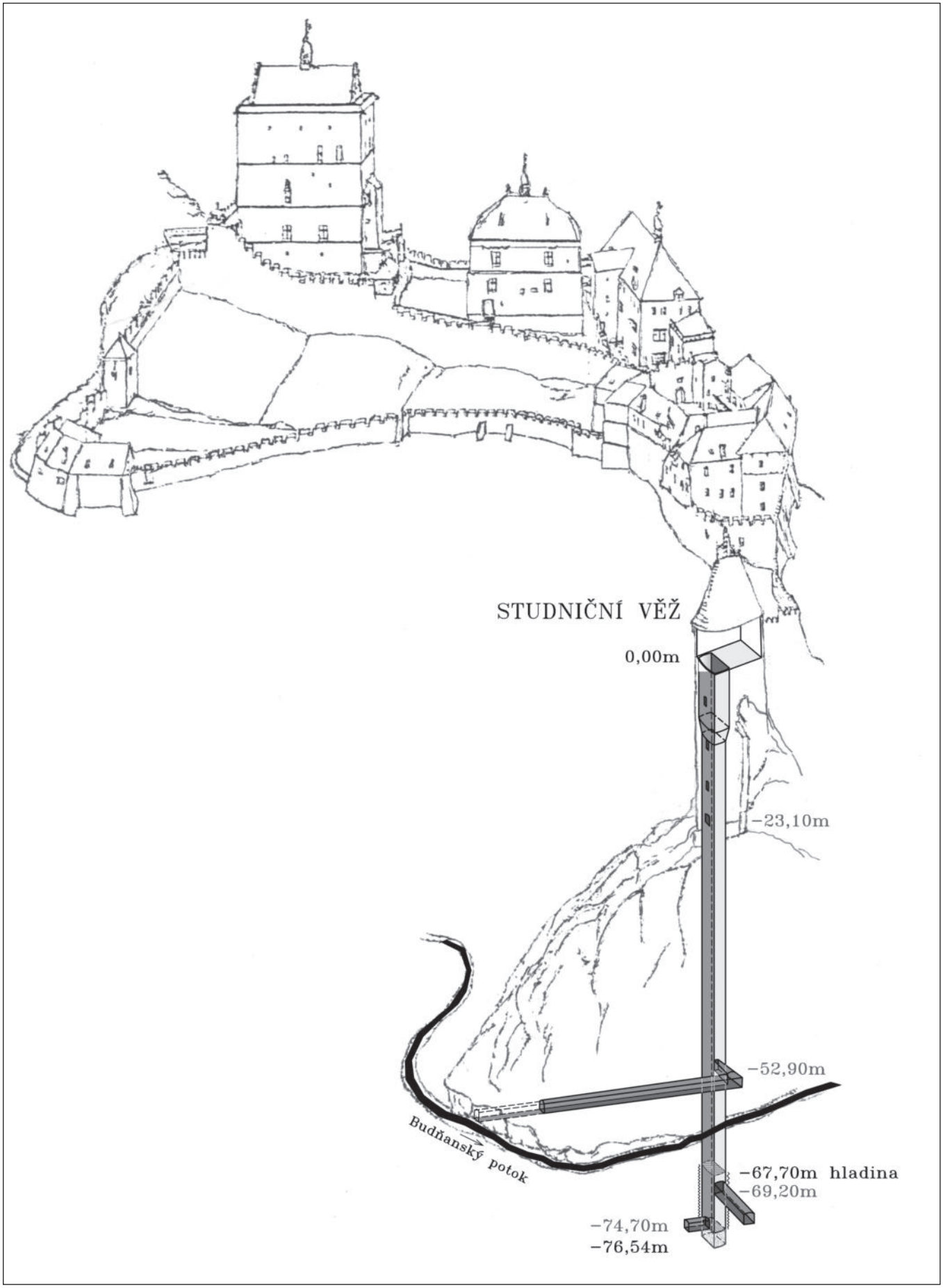
Pořízené plány a řezy studní ze současného mapování jsou ve velmi dobré shodě s plány z let 1965–1967 (resp. odvozenými plány Geodézie z let 1966–1968). Situace studny je zachycena v obrázku 4, řez ve zhruba severojižním směru v obrázku 5, vizualizace na obrázku 6.

6. Filmová dokumentace průzkumů studny

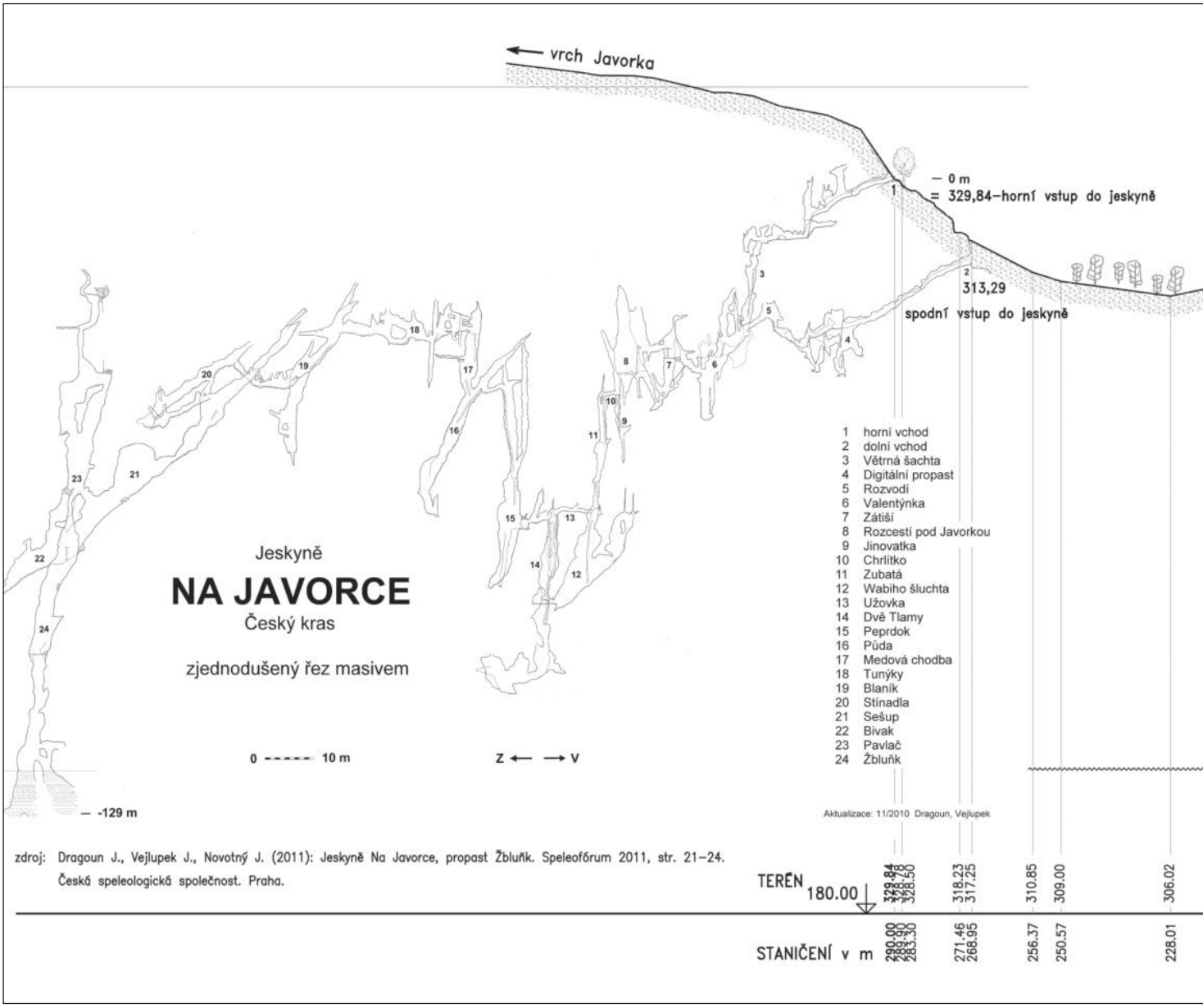
Z průzkumu v roce 1965 vznikl ve spolupráci s Československou televizí dokumentární film „Za Karlštejn krásnější“. Byl součástí tehdy velmi významného a populárního cyklu Zvědavá kamera. Scénář a dramaturgii připravili Vladimír Branislav a Jaro-



Obr. 5. Severojižní řez Studniční věží a hradní studnou, zaměření roku 2012.
Fig. 5. *North-south section through the Water Well Tower and the water well, 2012 survey.*



Obr. 6. Vizualizace výškových poměrů hradní studny.
Fig. 6. *View of the position of the castle water well.*

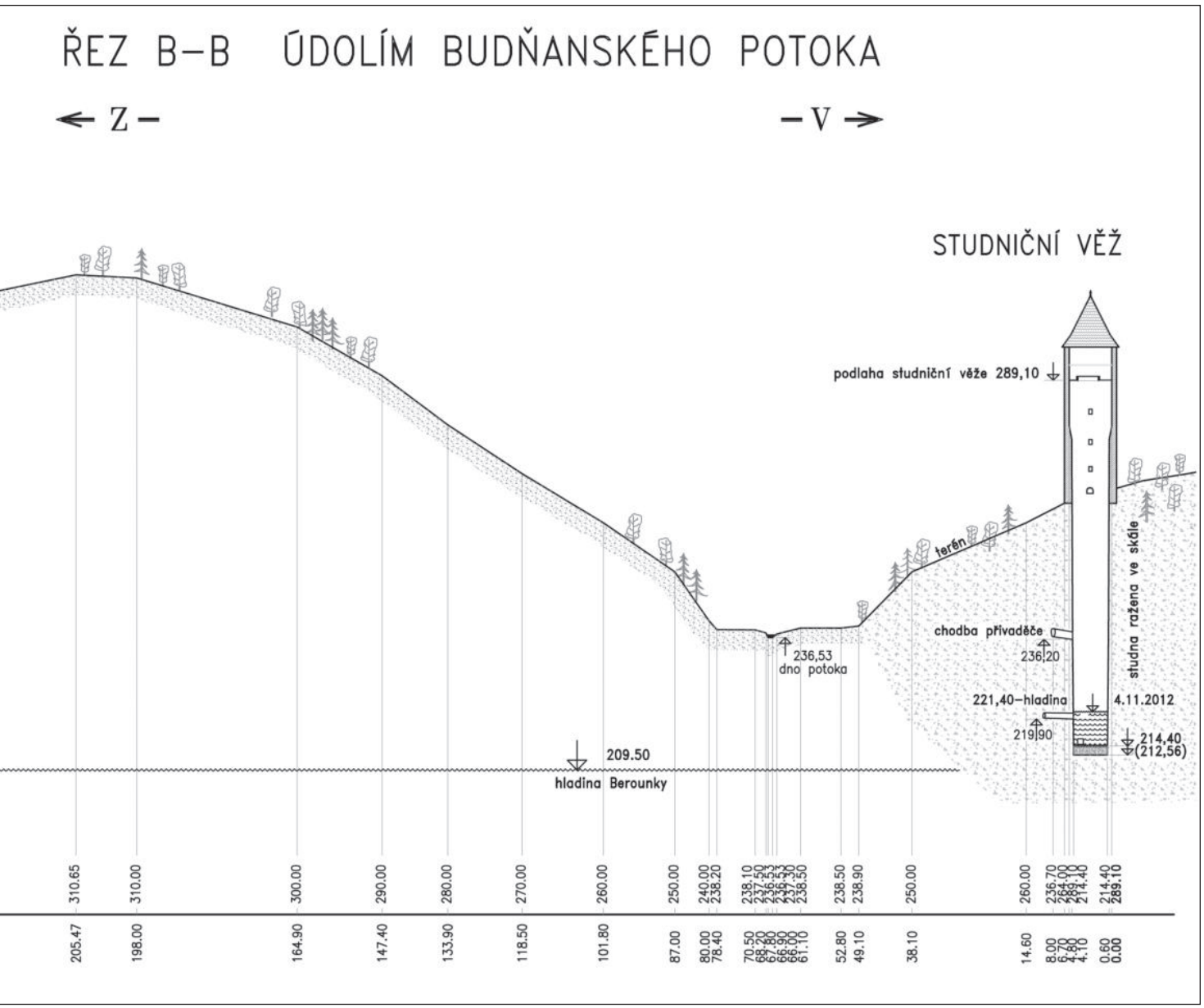


Obr. 7. Schématický řez Studniční věží a hradní studnou, údolím Budňanského potoka a jeskyní Na Javorce. Schématický řez jeskyní Na Javorce je podle Dragouna, Vejlupka a Novotného (2011).
Fig. 7. *Schematic section through the water well, adjacent Budňanský Creek valley, and the Javorka Hill, including the Na Javorce Cave. The cave section is taken from Dragoun, Vejlupek and Novotný (2011).*

mír Kincl, režii měl Milan Tomsa a za kamerou stál Jiří Volbracht. Jenom díky materiální pomoci od filmařů mohl být tehdy průzkum karlštejnské studny dokončen. Vlastní natáčení bylo realizováno ve dnech 13. až 20. ledna roku 1966. Přitom byla také otevřena podlaha před roubením studny a prozkoumána prázdná prostora, o které se zmiňuje Auge (1841). V rámci natáčení jeskyňáři slaňovali i z televizního vysílače Cukrák, aby divákům přiblížili hloubku, kterou budou ve studni překonávat. V dokumentu jsou i záběry z návštěvy štoly 14. pomocníků na Kaňku u Kutné Hory, kterou razili havíři podobným způsobem a ve stejném profilu jako napouštěcí štolu na Karlštejně. Dokument měl být vysílán 15. února 1966. Je uložen v archivu České televize (IDEC: 266 531 16256, TRC2037/2, stopáž 39:44).

Mimo jiné, již v této době lze hledat vztahy k účastníkům současného průzkumu, neboť V. Branislav natáčel v roce 1964 rovněž film na Černém jezeře, kde byly nalezeny bedny s údajnými nacistickými dokumenty. Po letech se potvrdilo podezření filmařů a ukázalo se, že se jednalo o dezinformační akci rozvědky. Na vyzvednutí beden se podíleli potápěči tehdejšího Svazarmu, přičemž stopy některých z nich lze objevit i v historii klubu Pragoaquanaut, jehož členové prováděli průzkum studny v roce 2012. O průzkumech karlštejnské hradní studny v letech 1965–1967 bylo referováno i v dalších médiích. Populární zpráva o výzkumu studny se objevila dokonce i v dětském časopise Pionýr, včetně fotografie z napouštěcí štoly na přebalu časopisu (Pionýr, leden 1966, roč. XIII, č. 5), nebo v časopise Zápisník 66 (Zápisník 66, magazín Hlavní politické správy Čs. lidové armády, roč. 10, č. 2, 22. ledna 1966).

Rovněž z průzkumu hradní studny v roce 2012 vznikl krátký amatérský film a průzkumníky ve studni zachytila ČT dokonce v přímém vstupu v rámci Studia 6 (dostupné v archivu iVysílání, dne 4. listopadu 2012).



7. Získaná data a jejich diskuse

7.1. Měřická data, morfologie studny, způsob hloubení studny a ražby štol

Všechna nově získaná data hloubky (v letech 1965–1967 a 2012–2013) jsou udávána od povrchu současné dřevěné podlahy Studniční věže (289,10 m n. m. ve výškovém systému Bpv). Profil studny je obdélníkový, přitom delší strana sleduje prakticky svisle zapadající vrstvy vápenců a kratší strana jde kolmo na vrstvy. V horní zděné části (Studniční věži) se půdorys postupně zmenšuje z 4,8 × 3,0 m na 3,3 × 2,0 m. V úrovni ústí napouštěcí štoly je ve skále hloubený půdorys 3,8 × 1,7 m, v nejhlubší části potom zhruba 3,5 × 1,3 m. Havíři hloubící studnu přitom delšími stranami studny sledovali vrstevní plochy prakticky svisle upadajících vrstev vápenců, a to i když byly mírně zprohýbány do drobné flexury. Jedině tak mohli zajistit dlouhodobou stabilitu stěn studny. Půdorys studny je poměrně velký i v její hluboké části. K obdélníkovému půdorysu vedly havíře hlavně vertikálně zapadající vrstvy vápenců, vliv ale mohla mít také použitá technologie hloubení. Obdélníkové středověké důlní jámy měly často samostatné těžní oddělení a vedle něj vydřevené lezné oddělení s žebříky (srovnej Velfl et al. 2007). Takové uspořádání by vysvětlovalo poměrně velký půdorys studny i v její hluboké části, pokud důvodem velkého půdorysu nebyla snaha vytvořit ve studni velkou zásobu vody. Ve vnitřním povrchu stěny Studniční věže jsou v nepravidelných intervalech zachovány kapsy po trámech povalů (z jedné z kapes ještě v roce 1965 čněl zbytek trámu). V hloubené části studny kapsy pro povaly nebyly zaznamenány (osobní sdělení J. Hromas), tedy existence lezného oddělení v celé hloubce studny je spíše nepravděpodobná. Nápadné kapsy po zakotvení dočasného dřevěného povalu jsou ale v úrovni ústí napouštěcí štoly. V každém případě však studnu hloubili profesionální havíři se zkušenostmi z rudních těžebních revírů. Kromě často v beletrii uváděných kutnohorských havířů jsou méně často

uvažováni i havíři z Jílového u Prahy (v beletrii například Palivec 1970). I tuto možnost je třeba brát v úvahu, protože právě v době výstavby Karlštejna se Jílové roku 1350 stává královským horním městem se znakem českého krále – korunovaným dvouocasým lvem, který tehdy nesl na hrudi počáteční písmeno K jména Karla IV. (Velfl et al. 2007).

Řehoř (1998) uvádí zcela mylnou informaci o tom, že při přeměně studny na cisternu byla její spodní část džbánovitě rozšířena. Žádné takové rozšíření ve studni není. Objem části od úrovně napouštěcí štoly po dno činí zhruba 130 m^3, tedy vytváří dostatečnou zásobu vody, která nemusela být dále zvětšována.

Dno ústí napouštěcí štoly do karlštejnské hradní studny je podle plánů J. Hromase, J. Kříže a kolektivu z let 1965–1967 v hloubce 53,42 m, podle zaměření z roku 2012 v hloubce 52,90 m. Napouštěcí štola vychází ze studny nejprve směrem k Z ve směru vrstev vápenců, a po 4,4 m se zhruba pravoúhle lomí k S napříč vrstev. Po 8 m je na poruchovém pásmu rozšíření a výlom stropu, k ústí štoly (resp. k závalu) zbývá dalších přibližně 14 m. Příčný profil je na většině průběhu obdobný typickým profilům chodeb středověkých rudných dolů (obr. 3), ražený technologií odpovídající době vzniku. Ve stěnách štoly jsou střídavě na pravé a levé straně vylámány malé niky, sloužící zřejmě na umístění hornického kahanu. Jsou zhruba ve stejné vzdálenosti od sebe, jako například v dědičné štole 14 pomocníků na Kaňku v Kutné hoře (osobní sdělení J. Kříž). Při vnějším konci napouštěcí štoly je jednak cihelnou klenbou zaklenutá stropní šachtice a směrem k potoku při dně štoly nejprve betonový žlábek a cihelný kanálek, dnes velkou měrou pod závalem. Ve své délce štola stoupá o necelé 3 m. Vnější cihelný kanálek směřující od ústí štoly dalších 44 m proti proudu potoka zřejmě během Mockerovy přestavby nahradil starší dřevěné potrubí, nebo jiný systém napouštění.

Hloubkové údaje pro počvu 6 m dlouhé štoly západního směru jsou 70,40 m (1965–1967) resp. 69,20 m (2012). Tato jen hrubě vylámaná štola směrem od studny také mírně stoupá, stejně jako výše položená napouštěcí štola. Zřejmě se jednalo o pokus nalézt přítok vody. Ústí třetí, 3 m dlouhé štoly severního směru je v 74,13 m (1965–1967) resp. 74,40 m (2012). Tato nejhlouběji lokalizovaná štola má odlišný charakter, je oproti ostatním kratší a o poznání širší.

Odchylky ve zjištěných hloubkách jednotlivých odboček mezi oběma měřeními jsou tedy v řádu decimetrů, což částečně vychází z toho, že během obou mapovacích akcí byly zaměřovány nestabilizované náhodné body v počvě štol. Co se hloubky studny od podlahy Studniční věže na její skalní dno týče, lze tedy s vysokou mírou jistoty tvrdit, že studna je hluboká 76,5 m (údaj změřený v roce 1966 po vyčištění do skalního dna). Akce v letech 1965–1967 se účastnilo několik profesionálních geologů, kteří nepochybně byli schopni rozlišit skalní dno studny od případných napadaných skalních bloků. Ve shodě celkové hloubky (76 m) jsou i údaje uvedené ve zdrojích publikovaných mezi Mockerovou přestavbou a 2. světovou válkou (viz přehled výše).

Starší historické údaje hloubky studny uváděné před rokem 1890 neodpovídají realitě. Zajímavé je, že jsou vesměs vyšší. Kromě nepřesnosti při měření nebo nepřesnosti měřidel může být příčinou i to, že obvykle nebylo udáváno, od kterého bodu ve Studniční věži byla hloubka měřena. Vůbec nejvyšší údaj hloubky, který autoři této zprávy nalezli, udává Ottův slovník naučný (sv. 13 z roku 1898, str. 1078–1084), kde je studna uváděná jako *„97 m hluboká, dříve však ještě hlubší.“* Chybné jsou ale i údaje z řady publikací z doby od 2. sv. války do současnosti, které zřejmě vyšly opět ze Sedláčka (1889), Augeho (1841) nebo jiných historických zdrojů. Od roku 1965 do roku 2012 se ve studni nahromadilo necelé dva metry sedimentu, tedy úroveň skalního dna nebylo možné při ponoru potápěče v listopadu 2012 ověřit.

Umělé napouštění studny ve zvolených obdobích dvakrát ročně, tedy praxe doložená pro 19. století, bylo jistě poměrně rychlé. Pokud by se do napouštěcí štoly odklonil celý průtok Budňanského potoka, trvalo při průtoku 10 l.s^{-1} naplnění zásoby 130 m^3 necelé 4 hodiny (srovnej tab. 2). Hodnotu 10 l.s^{-1} jsme pro tento výpočet užili jako běžný průtok potoka v jarním období. Na podzim dešťového roku 2013 protéká potokem u hradu zhruba 13 l.s^{-1} (měření na stupni do nádoby).

Při žádném z moderních sestupů do studny a napouštěcí štoly bohužel nebyly detailně zkoumány stopy po ražbě na stěnách chodeb, které by například mohly prokázat, zda napouštěcí štola byla ražena z vnějšku nebo ze studny, případně z obou stran. Samozřejmě mnohem pravděpodobnější je ražba ze studny směrem k potoku, v opačném případě by se jednak ražba štoly nedala utajit, a pracoviště v klesající štole by se zaplňovalo vodou (pokud by ovšem nebyla ražba z venku zahájena hloubením krátké svislé šachtice, která se nachází mimo potok). Stejně tak není známo, zda k vyražení napouštěcí štoly došlo vzhledem k nedostatečnému přítoku do studny ihned již během jejího dokončování, nebo zda byla tato štola vyražena až dodatečně, když množství vody ve studni nepostačovalo spotřebě během prvního období užívání studny. Že ražba štoly mohla být pozdější, se domníval například Auge (1841). V každém případě však spadá podle morfologie štoly a užité technologie její vyražení do středověku.

Co se Studniční věže týče, tak v jejím zdivu je (kromě novodobě upravených štěrbinových oken) v místě, kde na údolní straně nasedá zdivo věže na skalní masiv, jedno dodatečně prorážené širší okno. Spíše je to chodba, která je v líci věže na šíři cihly zazděná moderními strusko-cementovými cihlami. Počva této chodby je ukloněna směrem od studny. Zřejmě se jednalo o dodatečně prorážený otvor, sloužící k čištění studny. Nečistoty potom nemusely být vytahovány až do úrovně podlahy Studniční věže a mohly být vylévány na svah přímo pod věží. Tento otvor může pocházet až z Mockerovy přestavby hradu. Jeho vnější zazdívka byla opravena v letech 1965–1967.

Zařízení na vytahování okovu s vodou ze studny je v hlavních částech zachováno zřejmě ve stavu po rekonstrukci v roce 1772. Poměr obvodu cívky, na kterou se navíjelo lano, a obvodu vnitřku šlapacího bubnu naznačuje, že k vytažení okovu z hloubky 60 m bylo v bubnu zapotřebí ujít zhruba 330 m, ovšem značně „do kopce“. Historické údaje uvádějí, že „vyšlapání“ okovu trvalo v průměru 10 minut. Vytahovací zařízení je opatřeno brzdou pro spouštění okovu a ozubeným kovovým kolem, do kterého zapadala západka při vytahování okovu.

7.2. Přirozený přítok a odtok vody ze studny

O spotřebě vody na hradě ve středověku máme jen nepřesnou představu. Na většině hradů docházelo k zachycování dešťové vody ze střech, takže část spotřeby kryla dešťová voda. Spotřeba samotných obyvatel hradu byla nepochybně zřetelně nižší než u současného člověka, na druhou stranu však dost vody spotřebovala zvířata (koně a podobně) ustájená na hradě. Na Karlštejně existovaly kromě hlavního zdroje vody, hradní studny, vedle Velké věže také nádrže (cisterny) na dešťovou vodu. Uplatnění nacházely hlavně v době obléhání hradu. Jeho obranný systém byl koncipován tak, že se zničením spojovacích můstků hlavní budovy hradu od sebe oddělily, a Velká věž pak díky samostatné hradbě byla zcela izolována od okolního hradu.

Nádrže na dešťovou vodu u Hlavní věže později, když se voda z nich začala ztrácet netěsnostmi do podzemí, způsobily narušení statiky Velké věže, takže byly během Mockerovy přestavby vyplněny betonem a svah pod věží byl zpevněn, což je patrné dodnes. Otázkou zůstává, k čemu sloužila vyzděná jáma přiléhající k Císařskému paláci, situovaná hned u bývalé císařské kuchyně (dnes Malá hradní obrazárna) – původně mohla být také využívána na vodu, či mohla sloužit jako sýpka. Z dalších staveb souvisejících s využíváním vody lze jmenovat objekt prádelny, který stál těsně vedle Studniční věže a při Mockerově přestavbě byl odstraněn. Prádelna nepochybně využívala studniční vodu.

O současném přirozeném přítoku vody do hradní studny, resp. odtoku vody z ní, nejsou k dispozici prakticky žádné přesné údaje. Nepochybně jsou ale tyto toky velmi slabé. Od roku 1907 (zavedení vodovodu na hrad) bylo umělé napouštění studny z potoka přerušeno. V napouštěcí štole nebyl během opakovaných návštěv v posledních deseti letech nikdy patrný žádný tok vody, jen ojediněle drobnější louže ze skapové vody (osobní sdělení členů skupiny sčítající netopýry).

Vnější ústí napouštěcí štoly je v současnosti svým dnem několik desítek centimetrů nad hladinou potoka. Nemuselo tomu tak ale být vždycky, protože potoky se mohou poměrně rychle zařezávat do hloubky. V době výstavby hradu by spíše bylo logické vybudovat napouštěcí štolu tak, aby zasahovala do úrovně potoka nebo mírně pod něj, aby voda do ní mohla puklinami ve zvětralé povrchové vrstvě skály prosakovat trvale, nebo aby se napouštění dalo ovládat z bezpečného vnitřku napouštěcí štoly (např. v místě šachtice při jejím ústí, účel této šachtice fakticky neznáme). Vybudování celého systému tak, že by se napouštění ovládalo daleko mimo ústí štoly ve volně přístupném prostoru mimo hrad, je nepravděpodobné. Vybudování povrchového napouštěcího kanálku tedy může souviset až s pozdější dobou a přirozeným nebo umělým zahloubením koryta potoka. Na obrázku na straně 115 šestého dílu Sedláčkových hradů (těsně před Mockerovou přestavbou) je vidět zející ústí napouštěcí štoly, ve kterém leží dřevěná konstrukce, snad stavidlo nebo nějaký vyvrácený systém uzavření štoly. Ústí štoly se jeví jako zaplavené. Pokud by studna byla napouštěna kultivovaně (tedy jen ve zvolených obdobích napouštěcím kanálkem), stěží by se v ní nahromadilo do 19. století až 17 m sedimentu ($17 \times 4{,}55 = 77{,}4$ m^3). Údaj o tak velké mocnosti sedimentu ale také není zcela věrohodný, jednak byl Sedláčkem (1889) druhotně převzat z jiného zdroje, a potom bylo třeba přepočítávat staré jednotky na metry.

Po vyčerpání a čištění studny hasiči v roce 1960 byla do studny údajně uměle napuštěna voda, přitom jeden účastník uváděl napuštění sloupce 1 až 2 m, druhý 7 m vody (Hromas a Kříž 1965). V roce 1965 byla před zahájením čerpání hladina v hloubce 68,40 m, v roce 2012 v podobné hloubce 67,70 m. Při posledním odběru vzorku vody dne 25. září 2013 byla hladina zhruba v hloubce 67 m. Při půdorysu nejhlubší části studny $1{,}3 \times 3{,}5$ m je v jednom metru její hloubky (při zanedbání odboček) zhruba 4 550 litrů vody. Podle současného kastelána hradu (osobní sdělení ing. J. Kubů, 2013) v posledních 25 letech nebyla studna čerpána ani se do ní žádná voda nenapouštěla.

Příspěvek vodovodní vody, která se na demonstraci hloubky studny návštěvníkům hradu lije džbánkem do studny, se lze pokusit odhadnout. Pokud by to bylo 5 l týdně (ústní sdělení obsluhy u studny), představuje to za rok jen zhruba 260 l. Tedy metr hloubky studny by se touto cestou plnil více jak 17 let. Odpar v hluboké studni s prakticky 100 % vlhkostí hodnotíme jako nevýznamný. Od roku 1965 do roku 2012 by tedy teoreticky mohlo ve studni touto cestou přibýt něco přes 3 m sloupce vody.

Kromě toho je pravděpodobný (a zřejmě i významnější) také přítok do studny puklinami ve skalním masivu, skapovou vodou, případně štolou při vysokých povodňových stavech v potoce. Personál hradu uvádí, že po velkých srážkách a povodňových stavech vody v potoce je patrný rychlejší přítok vody do studny, někde v úrovni nad hladinou vody. Tedy lze pozorovat stále se čeřící hladinu ve studni od dopadajících kapek. Protože studna nebyla v posledních letech čerpána, musí mít nějaký přirozený odtok. Jinak by se hladina v ní musela během desetiletí, kdy je bez odběru vody, ustálit na úrovni podobné hladině nedalekého potoka. Tento odtok však musí být velmi slabý – když by byl výrazný, nepostačovalo by doplňování studny z potoka jednou za půl roku, jak se dělo v posledním období užívání studny.

Jak přítok, tak i odtok ze studny se lze pokusit na základě dostupných dat hrubě vypočítat (tab. 2). Pokud by přirozený přítok podzemní vody do studny byl větší než 0,1 l.s^{-1} (odpovídá zhruba 8 640 l denně) a studna současně neměla žádný výrazný odtok, tak by zřejmě k vyražení napouštěcí štoly vůbec nedošlo, protože voda ve studni by postačovala spotřebě. Z toho, že v praxi 19. století postačovalo napuštění studny 2× ročně současně bezpečně víme, že studna nemá ani žádný výrazný odtok. Pokud by měla odtok větší než 0,01 l.s^{-1}, tak by napuštěná zásoba „vytekla“ do krasového podzemí za kratší dobu, než byly periody napouštění. Z dvou analýz vody ve studni (viz níže v části 7.3.) provedených s téměř ročním odstupem současně vidíme, že se za toto období alespoň část vody ve studni obměnila. Rok 2013 byl srážkově bohatý, což se projevilo nižším obsahem některých rozpuštěných složek ve vodě potoka, a toto snížení se částečně odrazilo i ve vodě ve studni. Současný průměrný přirozený průtok vody studnou je tedy zřejmě někde mezi 0,01 a 0,001 l.s^{-1}.

Dosavadní data naznačují, že přirozená hladina ve studni bez odběru vody osciluje v poměrně širokém intervalu. V roce 1960/1961 byla zhruba o 10 m níže než je hladina v potoce a v roce 1965 a 2012 byla zhruba 17 až 18 m níže, než je hladina v potoce. Přirozenou oscilaci výšky hladiny dokládají nečistoty (víčka z PET lahví a podobně), zachycené nad úrovní hladiny na jejích stěnách (pozorováno při sestupu v roce 2012). Studna je tedy součástí samostatného hydrogeologického systému, sice s velmi malým průtokem, ale s vlastním odvodněním směrem k Berounce nejspíše ve směru vrstev vápenců pod vrch Javorka, a potom neznámými cestami k Berounce. Výška hladiny vody v ní je tedy udržována dynamickou rovnováhou mezi velmi slabým přítokem a velmi slabým podzemním odtokem ze studny, ve vazbě na úroveň hladiny v okolní krasové zvodni.

Pozoruhodná je mocnost sedimentu, který se ve studni nahromadil od roku 1966 (kdy byla studna vyčištěna podle sdělení účastníků této fáze průzkumu až do skalního dna) do současnosti (zhruba 1,9 m sedimentu). Při půdorysu nejhlubší části studny zhruba 4,55 m^2 to představuje zhruba 8,5 m^3 sedimentu. Je stěží představitelné, že by se toto množství sedimentu dostalo do studně s malými přítoky podzemních vod. Nabízí se několik možností vysvětlení. Plexisklo kryjící studnu bylo instalováno až počátkem 90. let 20. století, před tím byla studna necelých 30 let nekrytá. Záměrně do ní naházené kamínky, mince a další předměty mohou představovat značný podíl tohoto moderního sedimentu (orientačně v roce 2012 odebraný povrchový vzorek sedimentu obsahoval mince užívané do měnové odluky české a slovenské koruny v roce 1993). Při povodních na Budňanském potoce opakovaně docházelo také k zaplavení ústí napouštěcího kanálku a kalná voda se sedimentem mohla pronikat do studně. Lokální povodně byly časté v 70. i 80. letech 20. století, např. v srpnu 1974, květnu 1978, červenci 1981, kdy za 8 dní naprší v Karlštejně 137 mm, nebo čer-

venci 1988 (zdroj: kronika městyse Karlštejna). Ústí napouštěcího kanálku je nevysoko nad běžnou hladinou potoka, takže jeho zaplavení mohlo být poměrně časté. Dnes je v ústí kanálku zpevnění břehu vymleté erozí potoka a i jeho opačný konec v napouštěcí štole je pod závalem. Dalším možným vysvětlením rychlé akumulace sedimentu ve studni je nahromadění stavebního odpadu z opravy exteriéru a interiéru Studniční věže mezi lety 1974 a 1980.

Rychlost současného přirozeného přítoku do studny by bylo možné zjistit čerpacím nebo stoupacím pokusem. Ten by ale byl technicky poměrně náročný a v současné době na něj není k dispozici financování. K poznání hydrogeologických vztahů mezi studnou, potokem a okolním krasovým prostředím však může přispět diskuse výsledků chemických rozborů vody ve studni.

7.3. Interpretace chemismu vod

Z analýzy geologické a hydrogeologické situace vyplývá, že podzemní odtok vody z hradní studny, odpovědný za její nízkou hladinu vody, se odehrává nikoliv podél údolí Budňanského potoka, ale spíše ve směru horninových pruhů vápenců, tedy směrem pod vrch Javorka a dále neznámými cestami k řece Berounce. Hladina vody v podzemním jezeře v jeskyni Na Javorce (ev. č. 26-002), vzdáleném od hradní studny 500 m, se již nachází v rámci chyby měření na stejné výškové úrovni, jako hladina vody v Berounce. Dále ve směru vápencových pruhů se potom nacházejí jeskyně Dynamitka (25-025) a rozsáhlé Petzoldovy jeskyně (25-013), také s jeskynními jezery s hladinami zhruba v úrovni hladiny Berounky. Analýzy vzorků vody z hradní studny a z Budňanského potoka jsou obsaženy v tabulkách 3 a 4. Převzaté analýzy vody z jeskynních jezer v uvedených jeskyních jsou uvedeny pro srovnání.

Interpretace dat chemismu vody ze studny a z nedalekého potoka je komplikována faktem, že voda ve studni dlouhodobě stagnuje, což je dáno současným pomalým průtokem vody studnou. Ve stagnující vodě může docházet k řadě fyzikálně-chemických a chemických procesů (sedimentace zákalu se sorpcí prvků na sedi-

Tab. 3. Porovnání chemismu vody ze studny hradu Karlštejna s vodou Budňanského potoka a s některými publikovanými údaji o chemismu vod v jeskynních jezerech v okolí (Mengler et al. 2011); nest. – nestanoveno.
Tab. 3. *Comparison of water chemistry in the Karlštejn Castle water well and in the Budňanský Creek. Published data on water chemistry in adjacent cave lakes are taken from Mengler et al. (2011); nest. – not determined.*

Složka	Jednotka	Jeskyně Dynamitka, jezero 27. 12. 2010	Petzoldovy jeskyně, jezero 27. 12. 2010	Jeskyně Na Javorce, jezero 27. 12. 2010	Karlštejn, Budňanský potok u studny, 4. 11. 2012	Karlštejn, hradní studna, 4. 11. 2012	Karlštejn, Budňanský potok u studny, 25. 9. 2013	Karlštejn, hradní studna, 25. 9. 2013
Li^+	µg/l	*< 2.00*	*< 2.00*	4,20	10,7	31,5	nest.	nest.
NH_4^+	mg/l	*< 0.02*	*< 0.02*	< 0.02	nest.	nest.	*< 0.02*	*< 0.02*
Na^+	mg/l	3,02	1,02	7,00	29,31	25,70	13,20	18,04
Mg^{2+}	mg/l	19,78	12,45	29,94	22,35	13,61	20,98	13,94
Al	mg/l	*< 0.20*	*< 0.20*	*< 0.20*	0,03	0,04	*< 0,02*	*< 0,02*
K^+	mg/l	1,84	0,67	2,34	1,167	2,172	0,853	2,055
Ca^{2+}	mg/l	58,1	44,7	71,9	151,2	113,1	124,0	112,0
Mn^{2+}	µg/l	8,0	13,0	15,0	*< 0,02*	9,5	10,6	3,0
Fe	mg/l	0,05	0,07	0,11	*< 0,02*	*< 0,02*	0,0530	0,0520
Zn^{2+}	µg/l	*< 5.0*	13,0	*< 5.0*	0,605	*< 0,02*	nest.	nest.
$(HCO_3)^-$	mg/l	186,1	137,3	311,2	nest.	nest.	244,0	nest.
$(NO_3)^-$	mg/l	18,7	2,8	13,6	nest.	nest.	29,2	28,5
F^-	mg/l	0,21	0,21	0,09	nest.	nest.	nest.	nest.
SiO_2	mg/l	nest.	nest.	nest.	4,51	8,39	nest.	nest.
$(SO_4)^{2-}$ (HPLC)	mg/l	59,2	30,2	20,2	nest.	nest.	105,0	154,5
$(SO_4)^{2-}$ (ICP-OES)	mg/l	nest.	nest.	nest.	94,6	152,4	103,2	160,0
Cl^-	mg/l	4,18	1,88	15,84	nest.	nest.	29,3	24,0
P celkový	µg/l	56,7	29,8	89,4	812,2	207,3	411,4	197,3
pH		8,07	8,20	7,42	nest.	nest.	8,3	7,6
Kond.	µS/cm	392	271	503	nest.	nest.	525	500

Tab. 4. Porovnání chemismu vody ze studny hradu Karlštejna s vodou Budňanského potoka – další stopové prvky.
Tab. 4. *Comparison of the water chemistry in the Karlštejn Castle water well and in the Budňanský Creek, other trace elements.*

Stopové prvky	Jednotka	Karlštejn, Budňanský potok u studny, 4. 11. 2012	Karlštejn, hradní studna, 4. 11. 2012
Be	µg/l	*< 0,001*	0,004
Rb	µg/l	2,115	7,560
Sr	µg/l	452,3	445,3
Cd	µg/l	0,015	*< 0,002*
Cs	µg/l	*< 0,002*	0,015
Tl	µg/l	*< 0,01*	*< 0,01*
Pb	µg/l	0,025	0,106
Th	µg/l	*< 0,001*	*< 0,001*
U	µg/l	1,366	0,785
Cr	µg/l	0,243	0,700
Co	µg/l	0,132	0,101
Ni	µg/l	1,037	0,833
Cu	µg/l	1,040	3,298
Rozp. org. C (mg/l)		4,450	2,152

ment, srážení karbonátu, bakteriální odbourávání některých složek a další procesy). Jak bylo již uvedeno výše, lze očekávat, že vyšší dotace studny může nastávat při povodňových stavech a tedy vyšší hladině vody v potoce.

Voda ve studni má obsahy rozpuštěných složek dostatečně vysoké na to, aby se dalo bezpečně vyloučit, že se nejedná o dešťovou vodu bezprostředně nateklou do studny odněkud z její blízkosti. Chemismy vody z potoka a ze studny jsou si v řadě ohledů blízké, což podporuje představu a napájení studny vodou z potoka i v dnešním režimu. Zejména vysoké obsahy sodíku, chloridů a fosforu, zjištěné jak v potoce, tak i ve studni, dokládají vcelku jednoznačně dotaci studny povrchovou vodou potoka. Nižší obsah Ca a Mg ve studni oproti potoku může být způsoben srážením karbonátu ve stagnující vodě. Zřetelně vyšší obsah sulfátu ve studni oproti potoku může mít několik příčin, rozpouštění sulfátu ze stavebních materiálů, zejména z malty a betonu napadané do studně během oprav, nebo vyluhováním z injektáží základů hradeb. I vodovodní voda dolévaná na demonstraci hloubky studně má poměrně vysoký obsah sulfátu. Rozdíl hladin v potoce a ve studni ale nelze vysvětlovat odparem ve studni, protože potom by konzervativně se chovající složky (například Na, Cl) musely mít ve studni mnohem vyšší koncentraci než v potoce, což nepozorujeme.

Prostorové a výškové souvislosti mezi hradní studní, Budňanským potokem a jezerem v jeskyni Na Javorce, tedy ve směru uvažovaného proudění podzemní vody, jsou schematicky znázorněny v obrázku 7 (obrázek je na dvoustraně, str. 38–39). Celková vysoká mineralizace vody v hradní studni nemá v jeskynním jezeru jeskyně Na Javorce ani v dalších jeskynních jezerech ve stejném pruhu vápenců obdobu, tamní vody jsou mnohem méně mineralizované. Je tedy zřejmé, že voda, která zřejmě v malém množství proniká z potoka do hradní studny, včetně příspěvku vodovodní vody nalévané hrnečkem, a která se potom ztrácí ze stagnující zásoby ve studni někam dále do krasového podzemí, není dominantní složkou, která by tato jeskynní jezera sytila. Malý podíl vody z Budňanského potoka nebo z hradní studny je ale v jeskynním jezeře v jeskyni Na Javorce možný a pravděpodobný. Skutečné cesty pohybu vody v tomto hlubším krasovém odvodnění karlštejnské hradní studny a pod vrchem Javorkou tedy zůstávají zahaleny záhadou.

8. Závěr

Po 47 letech, na sklonku roku 2012, se do karlštejnské hradní studny vrátili speleologové, aby zde zopakovali průzkumy z let 1965–1967 za použití současné moderní techniky. Poprvé došlo ve studni k ponoru a dokumentaci její zaplavené části pomocí potápěčské techniky. Shoda map a řezů pořízených v 60. letech a v současnosti je vynikající. Účastníci současného průzkumu tak museli ocenit, jak obdivuhodně si počínali jejich předchůdci v 60. letech, kteří, opomineme-li časovou náročnost jejich akce, zaznamenali zcela přesně a pečlivě aktuální stav studny. Lze tedy potvrdit celkovou hloubku studny (od podlahy Studniční věže na skalní dno) odpovídající 76,5 m.

Hladina ve studni se při současném téměř úplném utěsnění spojovací štoly dlouhodobě udržuje na úrovni o mnoho metrů nižší, než je hladina v Budňanském potoce. Stav hladiny v roce 1965 a v roce 2012 byl podobný, zhruba 17 až 18 m pod úrovní hladiny vody v potoce. Dotaci studny vodou potoka i v dnešním režimu naznačují podobnosti v chemismu vody. Studna však nepochybně musí mít vlastní hlubší krasové odvodnění, jinak by ji časem voda přitékající z potoka, byť i v nepatrném množství, a voda dolévaná džbánkem zaplnila až do vyrovnání hladin s potokem. Cesty této hlubší drenáže karlštejnské hradní studny zůstávají dosud neznámé.

Literatura

- Auge F. (1841): *Beschreibung der kaiserlichen königlichen Burg Karlstein in Böhmen*. – 3. vydání. Gottlieb Haase Söhne: 1–62. Praha.
- Balbín B. (1679–1681): *Miscellanea historica regni Bohemiae*. – Citováno podle výboru a překladu Z. Tiché (1986), *Krásy a bohatství České země*. Panorama: 1–352. Praha.
- Bělohlav J. (1912–1913): *Karlův Týn*. – Vlastivědný sborník, 1912/1913, 1 (36): 1–24.
- Dragoun J., Vejlupek J., Novotný J. (2011): Jeskyně Na Javorce, propast Žbluňk. – *Speleofórum*, 30: 21–24. Česká speleologická společnost. Praha.
- Dragoun J., Žák K., Vejlupek J., Filippi M., Novotný J., Dobeš P. (2013): Na Javorce Cave – a new discovery in the Bohemian Karst (Czech Republic): unique example of relationships between hydrothermal and common karstification. – In: Filippi M., Bosák P. (Eds.), *Proceedings of the 16th International Congress of Speleology*, July 21–28, Brno, Volume 3: 179–184. Czech Speleological Society. Praha.
- Durdík T. (2010): 2. Karlštejn v kontextu hradní architektury Karla IV. – In: *Karlštejn a jeho význam v dějinách a kultuře:* 30–55. Národní památkový ústav. Praha.
- Dvořáková V., Menclová D. (1965): *Karlštejn*. – 17. svazek edice památky. Státní nakladatelství krásné literatury a umění: 1–276. Praha.
- Gottfried L. (2007): *Zakládací listina kapituly na hradě Karlštejně z 27. března 1357 a kapitoly z historie děkanství a kapituly karlštejnské*. – CD-ROM, vydala kapitula Karlštejn.

- Havlíček V. (1987, redaktor listu): *Základní geologická mapa ČSSR 1:25 000. List 12-414 Černošice*. – Ústřední ústav geologický. Praha.
- Hromas J. (2010): *Jeskyně – můj osud*. – Edice osudy. Upravila J. Špačková. Radioservis ve spolupráci s Českým rozhlasem: 1–172. Praha.
- Hromas J., Kříž J. (1965): *Přehled historických údajů týkajících se studny na Karlštejně, pro potřeby čsl. televize sestavili J. Hromas a J. Kříž*. – Nepublikovaná zpráva, uložení: soubor dokumentace Správy jeskyní ČR: 1–9. Průhonice.
- Hromas J., Kříž J., Hradecký P. (1967): *Karlštejn – hradní studna*. Složka s dokumentací průzkumu včetně mapové dokumentace: 1. část Vertikální řez B-B´1:100; 2. část Vertikální řez A-A´1:100; 3. část Půdorysy, horizontální a vertikální řezy 1:100; 4. část Situace napouštěcího zařízení 1:200. – Nepublikováno, uložení: soubor dokumentace Správy jeskyní ČR, Průhonice.
- Chudárek Z. (2010): 7. Stavební dějiny a funkční proměny hradu Karlštejna ve 14. století. – In: *Karlštejn a jeho význam v dějinách a kultuře*. Národní památkový ústav: 128–138. Praha.
- Jůna J. a redakční kruh učitelstva (1928–1931): *Monografie Hořovicka a Berounska, Díl I. až VII*. – Nákladem vlastním, tiskem České grafické unie a.s. v Praze.
- Kubů N. (2001): *Hrad Karlštejn*. – Národní památkový ústav. Praha.
- Kazda K. (1923): *Pověsti a staré tradice z Podbrdska*. – Díl I., nákladem vlastním, vytiskl Josef Šefl v Berouně v Čechách: 1–110. Beroun.
- Menclová D. (1972): *České hrady*. – Odeon: 1. díl 1–435, 2. díl 1–551. Praha.
- Mengler Z., Vlk L., Záviška M., Žák K., Martinek M. (2011): Petzoldovy jeskyně – nový významný speleologický objev v Českém krasu. – *Český kras*, XXXVII: 5–14. Beroun.
- Palivec V. (1970): *Pověsti karlštejnského podhradí*. – Středočeské knihkupectví a nakladatelství: 1–116. Praha.
- Řehoř T. (1998): Tajemná hradní studna. – *Historický obzor*, 9 (XI/XII): 271. Hostivice.
- Sedláček A. (1889): *Hrady zámky a tvrze Království Českého*. – Díl šestý, Tiskem a nákladem knihtiskárny Františka Šimáčka: 1–279. Praha.
- Velfl J., Hrabánková S., jančaříková I., Korený R., Kovařík J., Králová J., Kremla J., Kuchyňka Z., Morávek P., Nájemníková L. (2007): *Otisky času, Báňská činnost ve Středočeském kraji*. – Středočeský kraj: 1–135. Praha.
- Žák K., Jäger O., Komaško A. (2009): Český kras. – In: J. Hromas, Red.: *Jeskyně. Chráněná území ČR XIV* (editoři řady Chráněná území P. Mackovčin, M. Sedláček): 155–233. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Praha a EkoCentrum Brno.
- sine nomine (1921): *Karlštejn, průvodce po hradě a jeho okolí*. – Körbrův průvodce po Čechách, sv. 1, páté úplně přepracované vydání. Nakladatelství Pavla Körbra: 1–56. Praha.