



národní
úložiště
šedé
literatury

Ověření geologických poměrů podél čedičových žil zadržujících povrchové a podzemní vody na území CHKO Kokořínsko-Máchův kraj. Závěrečná zpráva

Adamovič, Jiří
2017

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-358336>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 04.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

Geologický ústav AV ČR, v.v.i.



**Ověření geologických poměrů podél čedičových žil
zadržujících povrchové a podzemní vody na území
CHKO Kokořínsko – Máchův kraj**

Závěrečná zpráva

**Geologický ústav AV ČR, v. v. i.
Rozvojová 269, 165 00 Praha 6**

**Ověření geologických poměrů podél čedičových žil
zadržujících povrchové a podzemní vody na území
CHKO Kokořínsko – Máchův kraj**

Závěrečná zpráva

*Praha
únor 2017*

Geologický ústav AV ČR, v. v. i.
Rozvojová 269, 165 00 Praha–Lysolaje

Ověření geologických poměrů podél čedičových žil zadržujících povrchové a podzemní vody na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj

Závěrečná zpráva

č. úkolu GLÚ AV ČR: 7464

.....
Prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc.
Ředitel GLÚ AV ČR

.....
Mgr. Jiří Adamovič, CSc.
Hlavní řešitel

.....
Prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc.*

GLÚ AV ČR zřízen na základě usnesení 3. zasedání prezidia ČSAV ze dne 7. 2. 1990 s účinností od 1. 3. 1990.

Organizace je zapsána v rejstříku veřejných výzkumných institucí vedeném MŠMT ČR, spis. zn.: 17113/2006-34/GLÚ.

Živnostenské oprávnění k IČ 67985831 vydala Městská část Praha 6 pod čj. MCP6 058113/2011.

*Pavel Bosák. Osvědčení o odborné způsobilosti č. 1845/2004 projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech ložisková geologie a zkoumání geologické stavby podle zákona č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky MŽP č. 206/2001Sb.

Geologický ústav AV ČR, v. v. i.
Rozvojová 269
165 00 Praha 6–Lysolaje

Ověření geologických poměrů podél čedičových žil zadržujících povrchové a podzemní vody na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj

Závěrečná zpráva

Zprávu připravili:

Mgr. Jiří Adamovič, CSc.

spolupráce:

doc. RNDr. Jaromír Ulrych, DrSc.

Mgr. Jan Rohovec, PhD.

Jana Rajlichová

externí spolupráce:

RNDr. Josef Peroutka (geofyzika)

Odběratel:

Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

Kaplanova 1931/1,

148 00 Praha 11 – Chodov

Anotace/abstrakt:

Vliv žilných těles vulkanitů, zvláště pak bazaltoidů, na oběh podzemních a povrchových vod v pískovcovém prostředí je známý. Subvertikální žíly působí jako hydraulické bariéry, a to zvláště v případě, kdy jsou rozloženy na jílovou hmotu. Výtlačná úroveň pro podzemní vody před touto bariérou je vyšší než za ní, což vede za příznivých podmínek ke vzniku pramenných vývěrů. Povrchová voda bývá zadržována před hřbety silicifikovaného a proželeznělého pískovce, vytvořeného v důsledku hydrotermálních procesů podél žíly. Na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj nebyla od jejího vyhlášení souvislost výskytu pramenů, podmáčených území a vodních ploch s žilami vulkanitů uvažována. V tomto směru bylo na území CHKO revidováno 8 lokalit s předpokládaným bariérovým účinkem žil vulkanitů na oběh povrchových vod (rybníky, mokřady) a 7 lokalit s předpokládaným bariérovým účinkem žil vulkanitů na oběh podzemních vod (prameny). Na těchto lokalitách byla upřesněna geologická stavba, přičemž byla zvláštní pozornost věnována průběhu a horninovému složení žil vulkanitů. Přítomnost vulkanitů byla ověřena povrchovým geomagnetickým měřením. Výsledky byly korelovány s hydrologickými poměry na lokalitě a učiněny závěry ohledně hydraulického účinku vulkanických těles. Současně byly zjištěny hydrochemické poměry 20 pramenů na území CHKO. Výsledky studie budou sloužit AOPK ČR jako podklady pro ochranu povrchových a podzemních vod nebo pro nastavení pravidel při případných úpravách povrchových vodotečí a vodních děl.

Zpráva je volně šiřitelná.

Doporučená forma citace:

Adamovič J., Ulrych J., Rohovec J., Rajlichová J., Peroutka J. (2017): *Ověření geologických poměrů podél čedičových žil zadržujících povrchové a podzemní vody na území CHKO Kokořínsko–Máchův kraj. Závěrečná zpráva. – Nепublikovaná výzkumná zpráva, Geologický ústav AV ČR, v. v. i. pro Agenturu ochrany přírody a krajiny ČR: 1–100, 5 příloh. Praha.*

© Geologický ústav AV ČR, v. v. i. Praha.

Obsah

1. Úvod	... 9
2. Geologická podstata řešené problematiky	... 10
3. Použitá metodika	... 16
4. Výsledky geologického a geofyzikálního průzkumu: popis studovaných lokalit s bariérami pro povrchovou vodu	... 19
4.1. Doksy-Staré Splavy – hráz Máchova jezera	... 19
4.2. Břehyně – hráz Břehyňského rybníka	... 30
4.3. Zahradky – hráz Novozámeckého rybníka	... 37
4.4. ČL-Okřešice, Žizníkov – hráz bývalého Okřešického rybníka	... 43
4.5. ČL-Žizníkov – okolí Heřmanického rybníka	... 49
4.6. Doksy-Staré Splavy – hráz bývalého Baronského rybníka	... 54
4.7. Bezděz – hráz Mariánského rybníka	... 58
4.8. Holany – bývalý Litický rybník	... 60
5. Výsledky geologického a geofyzikálního průzkumu: popis studovaných lokalit s bariérami pro podzemní vodu	... 63
5.1. Vojtěchov – pramen Stříbrník a pramen v Boudecké rokli	... 63
5.2. Sedlec, Kokořínský důl – prameny V Pramínku	... 69
5.3. Blatce-Dolní Houska – pramen Pšovky za č.p. 42	... 72
5.4. Bezděz – pramen a podmáčená území s. od vrcholu Bezdězu	... 75
5.5. Břehyně – pramen U Flesla	... 79
5.6. Hradčany – pramen na s. patě Císařského vršku	... 84
5.7. Břehyně – prameniště Jordán	... 88
6. Výsledky analýz chemického složení pramenných vod	... 90
7. Závěr	... 92
8. Literatura	... 95

Seznam textových obrázků

Obr. 1. Schéma přínosu železa hydrotermálními roztoky vystupujícími podél žíly bazaltoidu.

Obr. 2. Schéma rozčlenění kolektoru v sedimentární pánvi v důsledku přínosu železem bohatých roztoků podél zlomů a podél žil vulkanitů.

Obr. 3. Ovlivnění oběhu povrchových a podzemních vod v pískovcovém prostředí přítomností žil vulkanitů.

Obr. 4. Položka „Celková analýza vody“ z ceníku České geologické služby. Uvedeny jsou detekční limity a metody stanovení pro jednotlivé ionty.

Obr. 5. Digitální model reliéfu v okolí hráze Máchova jezera na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G).

Obr. 6. Staveniště při rekonstrukci výpustního zařízení ze dne 24. 1. 2015, pohled z provizorní bariéry do odtokové strouhy (po proudu Robečského potoka).

Obr. 7. Geologická situace (půdorysný plánec) v místě výpusti z Máchova jezera, zachycená během rekonstrukce výpustního zařízení dne 19. 12. 2014.

- Obr. 8. Hlavní žíla vulkanitu v pravé stěně výpustní strouhy.
- Obr. 9. Hlavní žíla vulkanitu v pravé stěně výpustní strouhy. Východní kontakt žíly s tektonickým rýhováním.
- Obr. 10. Mikrofotografie bazaltoidu ze západnější žíly vystupující ve strouze v hrázi Máchova jezera, bod 9649.
- Obr. 11. Východní žíla vulkanitu v pravé stěně výpustní strouhy, stav 24. 1. 2015.
- Obr. 12. Sufozní dutina vytvořená podél drenážní trasy vod sledujících soubor puklin v levé stěně strouhy, v předpolí východní žíly vulkanitu (tedy východně od ní).
- Obr. 13. Prostorové vztahy mezi východnější žílou vulkanitu, puklinatostí a zastiženou sufozní dutinou na východním konci výpustní strouhy.
- Obr. 14. Prostorové vztahy mezi východnější žílou vulkanitu a puklinatostí na východním konci výpustní strouhy.
- Obr. 15. Žíla bazaltoidu odkrytá za domem č.p. 103 v Jezerní ulici.
- Obr. 16. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.1. Doksy-Staré Splavy – hráz Máchova jezera.
- Obr. 17. Digitální model reliéfu v oblasti mezi Doksy a Břehyní na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G).
- Obr. 18. Tefrifonolitová žíla (vpravo) odkrytá ve výpustní strouze v hrázi Břehyňského rybníka, bod 13109.
- Obr. 19. Vnitřní a vnější železité výstelky při jv. kontaktu tefrifonolitové žíly odkryté ve výpustní strouze Břehyňského rybníka.
- Obr. 20. Mikrofotografie tefrifonolitu ze žíly vystupující ve výpustní strouze v hrázi Břehyňského rybníka.
- Obr. 21. Tefrifonolitová žíla (vytěžená, vlevo) na jižním svahu Mlýnského vrchu, bod 13115.
- Obr. 22. Detail vnitřní železité výstelky při sz. kontaktu žíly, jejíž součástí jsou puchýřkovité až hroznovité náteky čistého goethitu (FeOOH).
- Obr. 23. Detail vnitřní železité výstelky při jv. kontaktu žíly. Její povrch je skulptovaný a má vzhled popraskané chlebové kůrky.
- Obr. 24. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.2. Břehyně – hráz Břehyňského rybníka a na lokalitě 5.7. Břehyně – prameniště Jordán.
- Obr. 25. Hráz Novozámeckého rybníka při pohledu od Staré pošty na sever.
- Obr. 26. Pohled na zčásti obnažené těleso hráze Novozámeckého rybníka při opravě v listopadu 2015.
- Obr. 27. Výpustní strouha Novozámeckého rybníka (Novozámecká průrva) je zasekaná do pískovců svrchní části jizerského souvrství vlevo od hráze.
- Obr. 28. Puklina orientace asi $120/90^\circ$ v pravé stěně Novozámecké průrvy má na povrchu vertikálně protažené zbytky železitých výplní.
- Obr. 29. Mikrofotografie trachybazaltu z balvanu na vrchu *Hölzelberg* u Zahrádek.
- Obr. 30. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.3. Zahrádka – hráz Novozámeckého rybníka.
- Obr. 31. Znázornění Okřešického rybníka v mapě 1. vojenského mapování (1781–83).
- Obr. 32. Plocha bývalého Okřešického rybníka severně od Okřešic.
- Obr. 33. Západní výpust z bývalého Okřešického rybníka prorazila přírodní hráz a v její ose odkryla žílu bazaltoidu.

- Obr. 34. Mikrofotografie bazaltoidu z místa vyobrazeného na předešlém snímku; podle popisu jde o olivinický nefelinit.
- Obr. 35. Lom při západním konci hřbetu Lískového vršku.
- Obr. 36. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.4. Česká Lípa-Okřešice, Žizníkov – hráz bývalého Okřešického rybníka.
- Obr. 37. Geologická mapa okolí lokalit 4.4 (býv. Okřešický rybník) a 4.5 (Heřmanický rybník), aktualizovaná na základě nových geologických pozorování a geofyzikálních měření.
- Obr. 38. Žíla bazaltoidu o mocnosti 40 cm, ukloněná strmě k Z, odkrytá lomem v z. části návrší Kluček u Heřmaniček.
- Obr. 39. Mikrofotografie olivinického nefelinitu z žíly na předchozím snímku.
- Obr. 40. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.5. Česká Lípa-Žizníkov – okolí Heřmanického rybníka.
- Obr. 41. Baronský rybník (vypuštěný) na mapě 1. vojenského mapování (1781).
- Obr. 42. Provádění geomagnetických měření v prostoru bývalého Baronského rybníka v únoru 2017.
- Obr. 43. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.6. Doksy-Staré Splavy – hráz bývalého Baronského rybníka.
- Obr. 44. Situace na lokalitě 4.7. Bezděz – hráz Mariánského rybníka.
- Obr. 45. Nenápadný pahorek *Webers Hügel* na levém břehu Litického potoka je ve své severozápadní části (na foto vpravo) tvořen tělesem intruzivní brekcie bazaltoidu.
- Obr. 46. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.8. Holany – bývalý Litický rybník.
- Obr. 47. Budova vodárny u jímacího objektu Stříbrník.
- Obr. 48. Voda odtékající z vodárny na Stříbrníku je bohatá na ionty Fe^{2+} , které se v mokřadu pod výtokem srážejí do podoby sloučenin s Fe^{3+} .
- Obr. 49. Sníženina s úlomky křemence a bazaltoidu nad vodárnou Stříbrník ve Vojtěchově, bod 2929.
- Obr. 50. Mikrofotografie křemence z balvanu odebraného nad vodárnou Stříbrník ve Vojtěchově.
- Obr. 51. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.1. Vojtěchov – pramen Stříbrník a pramen v Boudecké roklí.
- Obr. 52. Tvar tělesa bazaltoidu nad vodárnou Stříbrník – detail na základě geomagnetických měření.
- Obr. 53. Dolní část rokle V Pramínku s drobnou vodotečí.
- Obr. 54. Mikrofotografie olivinického bazaltu z úlomku ve svahu rokle V Pramínku v místě magnetické anomálie.
- Obr. 55. Geomagnetický profil a žíla vulkanitu na lokalitě 5.2. Sedlec, Kokořínský důl – prameny V Pramínku.
- Obr. 56. Studánka z pískovcových štuk za domem č.p. 42 v Dolní Housce.
- Obr. 57. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.3. Blatce-Dolní Houska – pramen Pšovky za č.p. 42.
- Obr. 58. Lom v olivinickém nefelinitu ssv. od vrcholu Bezdězu.
- Obr. 59. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.4. Bezděz – pramen a podmáčená území s. od vrcholu Bezdězu.

Obr. 60. Digitální model reliéfu v okolí Zlatého vrchu a pramene U Flesla na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G).

Obr. 61. Mikrofotografie augititu ze sv. svahu Cikánské skály jz. od pramene U Flesla.

Obr. 62. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.5. Břehyně – pramen U Flesla.

Obr. 63. Digitální model reliéfu v okolí pramenu v Hračanech na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G).

Obr. 64. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.6. Hradčany – pramen na s. patě Císařského vršku.

Seznam příloh

Příloha 1. Lokalizace bodů geologické dokumentace, krajních bodů geomagnetických profilů a pramenných vývěrů. Systém WGS84/Bpv, měřeno přístrojem Garmin GPSMAP 60CSx, nadmořské výšky po korekci na nejbližší zaměřené kóty.

Příloha 2. Fázová analýza rozložených žil vulkanitů z území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj metodou RTG difrakce

Příloha 3. Odběrové listy vod z pramenů na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj a NPP Peklo

Příloha 4. Chemické složení vod odebraných z pramenů na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj a NPP Peklo. Lokalizace vzorků viz odběrové listy v Příloze 3.

Příloha 5. Přehled denních úhrnů srážek ze stanic Mšeno a Česká Lípa (ČHMÚ) za období 8. až 29. listopadu 2016

1. Úvod

Tento dokument vznikl na základě smlouvy (Dotační titul 08371/SOPK/16) mezi Agenturou ochrany přírody a krajiny České republiky a Geologickým ústavem AV ČR, v.v.i. ze dne 22. 8. 2016 s plánovanou dobou realizace srpen 2016 – březen 2017. Předmětem smlouvy je vytvoření studie na ověření geologických poměrů podél čedičových žil zadržujících povrchové a podzemní vody na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj. Znalost geologické podmíněnosti vzniku a udržitelnosti povrchových i podzemních rezervoárů na území CHKO je důležitá z několika hledisek. Mezi nejdůležitější patří 1. zajištění podmínek přirozeného vývoje přírodních ekosystémů včetně vodních a mokřadních ekosystémů, 2. zajištění udržitelnosti zdrojů podzemní a povrchové vody, 3. získání podkladů pro rozhodování orgánů ochrany přírody v případě lidských zásahů do povrchových vodotečí a vodních děl.

Koncepce studie vychází z principu velmi slabé příčné propustnosti žil vulkanitů (zejména bazaltoidů), kdy takové žíly v jinak dobře propustném pískovcovém prostředí vytvářejí bariéry pro podzemní vodu. Jako takové **zásadně ovlivňují** směr a intenzitu proudění podzemních vod v křídových kolektorech. V důsledku zpevnění okolního pískovce se tento efekt přenáší i na bariéry pro povrchovou vodu.

Tento princip byl v minulosti pro oblast severních Čech mnohokrát popsán (např. MÜLLER 1928, 1933, ŠTĚPÁN 1932), v posledních desetiletích však není věnována náležitá pozornost jeho praktickému uplatnění, například při modelování oběhu podzemních vod. Hydraulické účinky žil vulkanitů na oběh podzemních vod se pak dostávají do popředí až v případě řešení náhlých situací, např. při predikci šíření kontaminantů v podzemních a povrchových vodách. Důležitost detailní znalosti průběhu žil bazaltoidů se také projevila při rekonstrukci výpusti Máchova jezera na přelomu let 2014/2015, kde žíly tvoří přírodní bariéru pro průsakovou vodu uvnitř hráze.

Znalost přítomnosti a tvaru vulkanických těles na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj není přitom ideální. Mnohá tělesa bazaltoidů nejsou ve stávajících geologických mapách zakreslená, přestože tvoří povrchové výchozy nebo jsou indikována svými doprovodnými produkty. U těles již vymapovaných většinou chybí informace o jejich tvaru, často není ani známo, zda se jedná o žílu, peň nebo jiný intruzivní tvar. Podrobný geofyzikální průzkum vulkanických těles metodou povrchové magnetometrie, který je schopen v antropogenně nepřilíživém terénu tvary intruzí indikovat, je prováděn jen příležitostně. V poslední době byl na území CHKO použit při geologickém mapování v rámci sanace uranového ložiska Stráž (COUBAL A KOL. 1993, 1994, COUBAL & ADAMOVIČ 1995) nebo v rámci řešení výzkumných projektů (např. ADAMOVIČ A KOL. 2001, ADAMOVIČ 2002a, b).

Cílem této studie je proto provedení revize geologické stavby (hlavně přítomnosti a tvaru žil bazaltoidů) v místech vybraných vodních nádrží a pramenných vývěrů na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj, a to jak zaniklých, tak i stávajících. Kromě ověření průběhu těles vulkanitů geologickými a geofyzikálními metodami má být součástí studie i horninová charakteristika zjištěných vulkanitů a stanovení chemického složení vod z pramenných vývěrů na území CHKO.

Z cíle studie vyplynula i použitá metodika. Na jednotlivých lokalitách byl zjištěn vliv těles vulkanitů na lokalizaci vodního díla nebo pramene, průběh a tvar těles byl vymapován a dle možností i geofyzikálně ověřen. Výsledné mapy jsou součástí závěrečné zprávy. Na základě

toho byl popsán účinek tělesa na okolní pískovec a způsob ovlivnění oběhu podzemní či povrchové vody. Vulkanické horniny byly petrograficky popsány a pojmenovány – alespoň tam, kde se podařilo odebrat reprezentativní vzorek nerozložené horniny. Minerální fáze byly v některých případech zpřesněny pomocí práškové RTG difrakce – především právě tam, kde byla hornina značně rozložená a nebylo možné zhotovit výbrus. Při interpretaci způsobu ovlivnění proudění vody byl vzat v úvahu i chemismus pramenných vod. Jako prioritní byly vybrány žíly v hrázi Máchova jezera a Břehyňského rybníku, žíla u pramene U Flesla u Břehyně nebo žíla u pramene Stříbrník v Kokořínském dole. Celkem bylo zpracováno 8 lokalit s předpokládaným bariérovým účinkem žil vulkanitů na oběh povrchových vod (rybníky, mokřady) a 7 lokalit s předpokládaným bariérovým účinkem žil vulkanitů na oběh podzemních vod (prameny).

2. Geologická podstata řešené problematiky

Skalní podloží na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj je tvořeno sedimenty české křídové pánve, ve výchozech především pískovci jizerského souvrství. Souvrství bylo vymezeno ČEACHEM A KOL. (1980), jeho litologická náplň a stratigrafické rozdělení bylo naposledy popsáno ADAMOVIČEM (1994) a ULIČNÝM A KOL. (2009). V mapách se jizerské souvrství nejčastěji dělí na spodní, střední a svrchní část (např. ADAMOVIČ 1997). Každá z těchto částí představuje nahoru hrubnoucí sekvenci o mocnosti 70–100 m, začínající naspodu prachovitými jemnozrnnými pískovci až prachovci a nahoře zakončenou hrubozrnnými pískovci se slepencovými polohami. V podloží pískovců jizerského souvrství jsou prachovce bělohorského souvrství, v nadloží pak vápnité prachovce, jílovce až slínovce teplického souvrství. Jizerské souvrství tak jako celek v této části pánve představuje 200–270 m mocné těleso tvořené téměř výhradně pískovci.

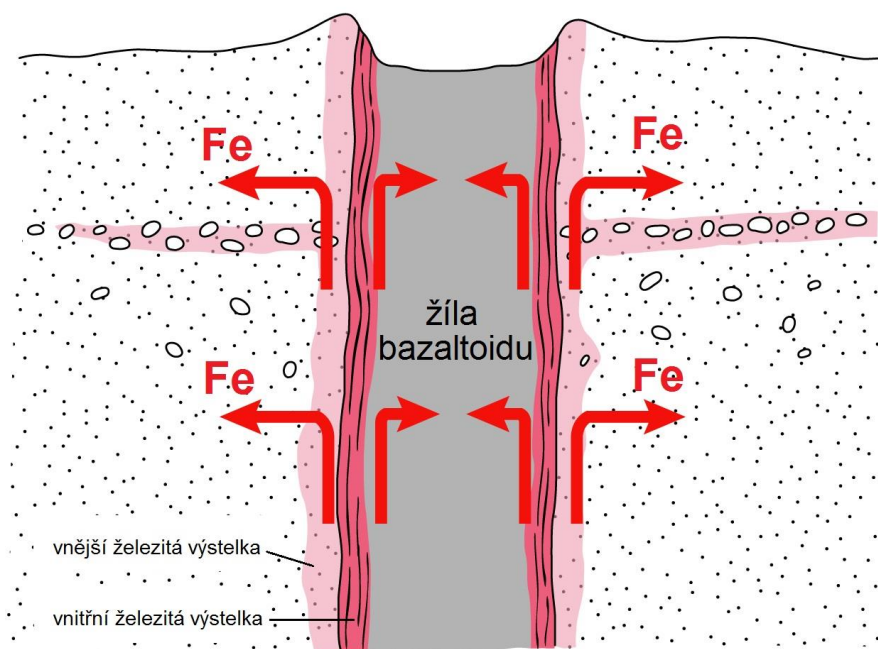
V hydrogeologickém členění české křídové pánve jsou podzemní vody jizerského souvrství klasifikovány jako kolektor C (HERČÍK A KOL. 1999). V místě, kde je jizerské souvrství překryto izolátorem teplického až březenského souvrství může být hladina kolektoru C napjatá (Českolipsko, Českokamenicko, Děčínsko). Na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj jde jen o velmi malé úseky ležící severně od okřešického a úštěckého zlomu: jihozápadně od Zákup a v okolí Ronova. Jinak je hladina kolektoru C volná a leží několik desítek metrů nad bazí souvrství, z hlediska litostratigrafického uvnitř spodního nahoru hrubnoucího cyklu označovaného jako spodní část jizerského souvrství. Průběh hydroizohyps sleduje směr vrstev a piezometrická úroveň se uklání ve směru zapadání vrstev: v jižní části CHKO v okolí Kokořína a Mšena generelně k JJZ, v severozápadní části CHKO v okolí Blíževedel a Zahrádek k J, a v severovýchodní části v okolí Hradčan a Bezdězu k JV (např. HERČÍK 1981, 1985). Odlišnými směry odvodnění kolektoru C se vyznačují dílčí kry ve zlomových pásmech, které mohou být rotované do různých směrů. K odklonu lokálních směrů odvodnění kolektoru C od celkového trendu může dojít i v místech, kde hladina podzemní vody vychází na povrch (na Robečském potoce u Starých Splavů, v místech vzduť hladiny na přirozených bariérách i např. na Břehyňském potoce).

V okrajových částech pískovcového tělesa jizerského souvrství přecházejí pískovce na bazích nahoru hrubnoucích cyklů až do vápnitých prachovců. Tyto horniny mají vlastnosti hydrogeologických izolátorů a souvislý kolektor C člení na několik částí. Na „zavěšené“ kolektory, hydraulicky nekomunikující s hlavní hladinou kolektoru C, zde mohou být vázané

určité objemy podzemních vod. Projevují se výskytem údolních pramenů i v místech vysoko nad bazí jizerského souvrství, např. u Obroku a Pavliček, severně od Mšena i jinde.

V nejsvrchnější křídě a v terciéru do sedimentární výplně české křídové pánve na mnoha místech proniklo magma, jehož výstup souvisel s příhodným napětovým vývojem území v předpolí Alp a Karpat (COUBAL A KOL. 2015). Proniky bazaltoidních žil na konci křídě (stáří 80–61 mil. let; ULRYCH & PIVEC 1997, ULRYCH A KOL. 2014) souvisejí s otevřením výstupových drah směru SV–JZ až SSV–JJZ při stlačení zemské kůry v tomto směru. Jednalo se o ultrabazické horniny ze svrchního pláště, jen slabě ovlivněné korovým materiálem – o horniny tzv. polzenitové formace. Zahrnují polzenity s.s., olivinické melilitity a melilitické olivinické nefelinity. Téměř výhradně jde o pravé žíly, méně jsou zastoupena tělesa intruzivní brekcie. Další proniky magmat různého složení souvisejí s několika fázemi tahového napětí ve svrchním eocénu a v oligocénu (40–23 mil. let), které též formovaly příkopovou strukturu oherského riftu. Z této doby pocházejí tělesa intruzivní brekcie bazaltoidu, bazaltoidní pně a pravé žíly různých směrů, jejichž mocnost se pohybuje od několika decimetrů až po mnoho metrů (KOPECKÝ in KLEIN 1963, SHRBNÝ 1989, 1992). Horninově jde o olivinické bazalty, tefrity a bazanity, augitity a limburgity, ale také různé foidity (nefelinity, analcimity, hauynity). Kyselejší magma vytvořilo tělesa fonolitů a trachytů – pravé a ložní žíly i mohutná lakolitová tělesa dnes tvořící krajinné dominanty území CHKO (Vlhošť, Vrátné hora, Nedvězí).

Veškerá tělesa vulkanitů vmístěná do pískovců jsou do různé míry alterovaná – rozložená na směs jílových minerálů a minerálů železa. V případě větších těles jsou postiženy jen tenké zóny podél jejich kontaktů, ale žíly o mocnosti do 2 m jsou běžně rozloženy v celé své mocnosti. Jde o hydrotermální alteraci, která jen těsně následovala samotný pronik magmatu do pískovce. V době intruze byly pískovce jizerského souvrství zvodnělé a pronik magmatu v nich nastartoval krátkodobý, ale intenzivní oběh řízený tepelným polem v blízkosti intruze. Podél subvertikálních žil došlo k vytvoření konvekčních cel, kdy ohřátá voda stoupala z větší hloubky podél kontaktu s žilou a chladnější voda ve větší vzdálenosti od žíly klesala od stropu pískovcového tělesa (případně od zemského povrchu) k jeho bázi. Na své vzestupné dráze byly hydrotermální roztoky nabohacené různými rozpuštěnými složkami, z nichž některé se podél kontaktu vulkanit/pískovec ukládaly. Nejnapadnějším jevem je **hydrotermální proželeznění**. Výsledným produktem jsou nově vysrážené oxihydroxidy železa: goethit a hematit, méně často pak lepidokrokít (ADAMOVIČ 2001, 2002c). Podél kontaktu žíly se straně pískovce vytvořila až několik decimetrů mocná zóna, v níž tyto minerály (někdy spolu s oxidy manganu) tvoří výplňový tmel v pískovci. Tato zóna se v tomto kontextu označuje jako vnější železitá výstelka (MÜLLER 1914). Na straně vulkanitu se novotvořené minerály železa kombinují s produkty zjílovění – kaolinitem, montmorillonitem, případně dickitem. V mnoha případech – zejména v okolí Doks – jsou celé žíly původních bazaltoidů rozložené na směs oxihydroxidů železa a jílových minerálů. V případě žil fonolitu a tefrifonolitu, chudých na primární minerály obsahující železo, převládá kaolinit nad goethitem. Tato červě až fialově zbarvená směs byla v 16.–18. století na území CHKO těžena jako železná ruda (např. KÜHN 1999). K vnější výstelce přiléhá na straně vulkanitu hnědá lupenitá krusta o mocnosti zpravidla jen několik centimetrů, tvořená převážně goethitem, označovaná jako vnitřní železitá výstelka (MÜLLER 1914).

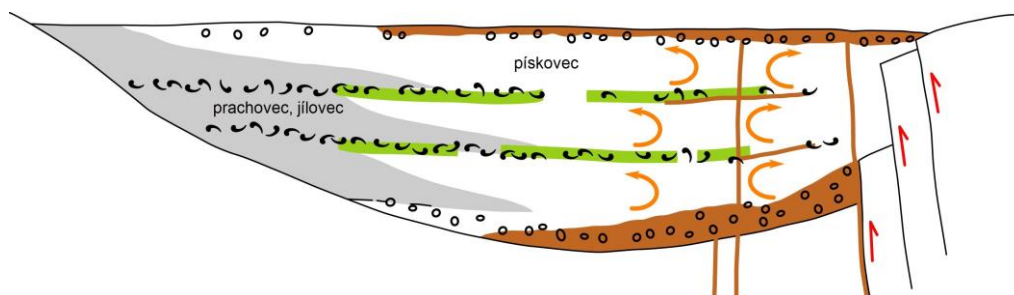


Obr. 1. Schéma přínosu železa hydrotermálními roztoky vystupujícími podél žíly bazaltoidu. Minerály železa srážející se z roztoků pronikají jak do pískovce v plášti žíly, tak do samotné žíly. Na kontaktu žíla/pískovec tak dochází ke vzniku vnější, resp. vnitřní železité výstelky. Kromě kontaktů žil se proželeznění soustředí i do více propustných poloh v pískovci, kudy vedou přednostní dráhy migrace roztoků.

Alterované žíly vulkanických hornin, a zejména bazaltoidů, jsou příčně zcela nepropustné pro podzemní vodu. Rozložené (ale i nerozložené) žíly představují bariéru pro proudění podzemních vod a ve směru hydraulického gradientu před nimi dochází ke vzduť hladiny. V rozsáhlých kolektorech typu jizerského souvrství jsou spolu se smykovými zlomy zodpovědné za jejich rozčlenění na jednotlivé bloky se samostatným oběhem podzemních vod. K netěsnostem může docházet v místech, kde je žíla příčně segmentovaná. Takové diskontinuity v rámci subvertikálních žil jsou dvojího druhu: 1) vzájemné kulisovité odsedání žilných segmentů, způsobené mírnou divergencí směru preexistujících tektonických ruptur v době proniku magmatu vůči směru maximálního tektonického napětí v téže době, 2) příčné porušení žil na zlomech s převážně horizontální složkou pohybu. Diskontinuity prvního druhu prakticky nenarušují bariérový účinek celého žilného tahu, protože konce jednotlivých žilných segmentů (angl. *dyke tips*) se prostorově překrývají a jsou navíc propojeny sítí drobných puklin s hydrotermálními produkty, především oxihydroxidy železa. V případě diskontinuit druhého druhu je situace jiná: v místech příčného porušení žil může podél zlomů a doprovodných drcených pásem docházet k hydraulické komunikaci napříč žilnému tahu a k soustředěnému toku podzemních vod z bloku s vyšší piezometrickou úrovní do bloku s nižší piezometrickou úrovní.

Dalším hydraulickým efektem souvisejícím s přítomností subvertikálních žil bazaltoidu v jinak propustném pískovcovém prostředí je soustředění toku podzemních vod do směru paralelně s hydraulickou bariérou (tedy žilou a hydrotermálně přeměněným pískovcem v jejím lemu). Dochází k němu tam, kde směr hydraulického gradientu probíhá šikmo vůči směru žíly. Směry toku podzemních vod se v předpolí žíly stáčí do směru rovnoběžně s žilou a v zóně několika metrů před žilou dochází k řádově vyšším průtokům. V mnoha případech je

výsledkem vymytí pojiva (jílová základní hmota, křemitý tmel na kontaktech zrn) z pískovce do té míry, že pískovec ztrácí svou soudržnost. Dochází zde k jevu označovanému jako sufoze. Ztekucené písky podél kontaktů žil pak logicky působí značné problémy při provádění důlních prací, případně mohou vytvářet prosedliny na zemském povrchu blízko žíly. Soustředěný tok podzemních vod se může podílet na vzniku endorheických depresí, do nichž se následně soustřeďuje jak podzemní, tak srážková voda (okolí Břehyně).



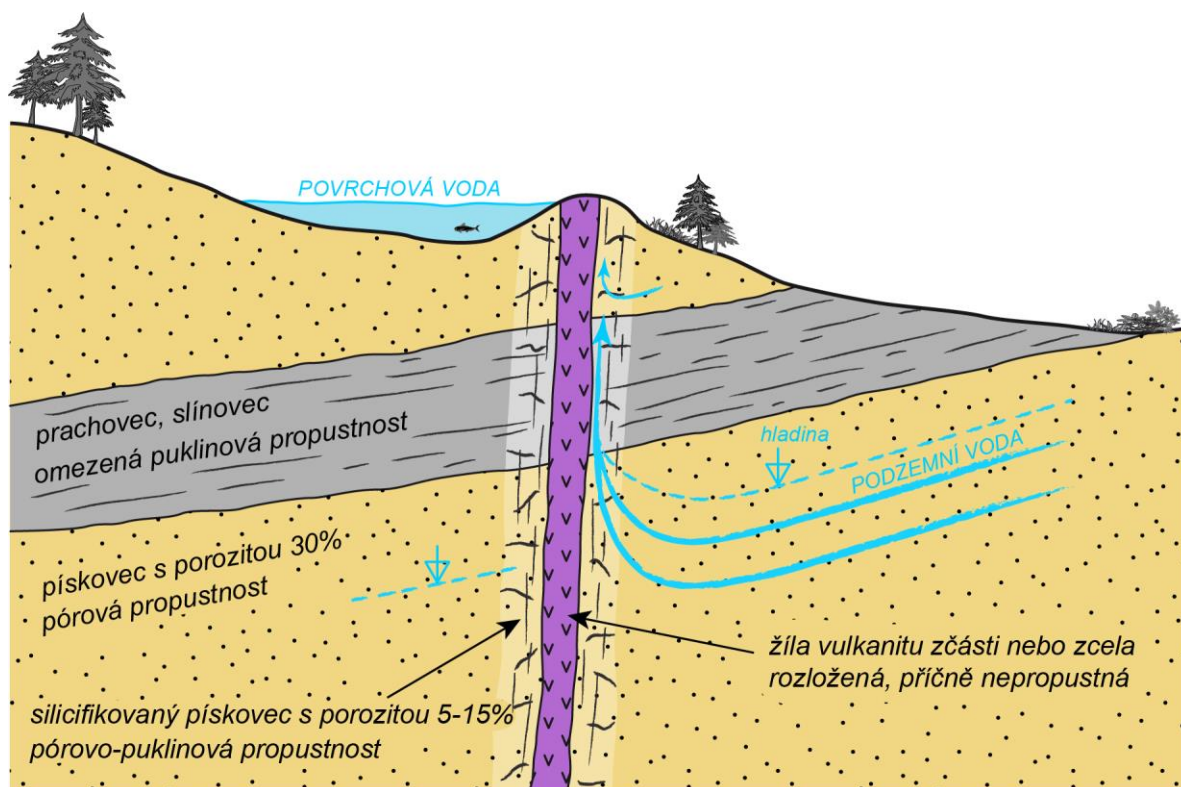
Obr. 2. Schéma rozčlenění kolektoru v sedimentární pánvi v důsledku přínosu železem bohatých roztoků podél zlomů a podél žil vulkanitů. Po vytvoření vertikálních i subhorizontálních hydraulických bariér nadále dochází k omezenému oběhu podzemních vod jen v rámci jednotlivých bloků. Podle ADAMOVIČE (2005).

Bariérový efekt rozložených žil bazaltoidu se výrazně projevil při těžbě i sanaci na uranových ložiscích Stráž a Hamr. Ignorování tohoto efektu zvláště v počátcích hlubinné těžby vedlo k řadě havárií, z nichž nejvýznamnější blo zatopení dolu č. 1 na ložisku Hamr v roce 1973 (PAZDÍREK 1991). Z neznalosti byla důlní chodbou přetnuta jen cca 20 cm mocná žíla Anežka, tvořená rozloženým polzenitem. Za žilou byla vzdutá hladina o několik metrů, což stačilo ke zvýšené drenáži s postupnou tvorbou kaverny široké asi 1 m a zabírající oba kontakty žíly včetně žíly samotné. Kaverny se během několika dní rozšířila na výšku 20 m a neznámou délku o celkové kubatuře asi 10 000 m³ vyplaveného písku.

Přidaný hydraulický účinek vykazují pískovce na samém kontaktu žil vulkanitů, jejichž propustnost je redukována nejen v důsledku druhotné cementace oxihydroxidy železa (viz výše), ale také v důsledku redistribuce oxidu křemičitého tepelným, chemickým a mechanickým působením pronikajícího magmatu. Zvláště polzenitová a fonolitová magmata se vyznačují silnou alkalizací podzemních vod ve svém okolí. Při vysokých hodnotách pH (pH >9) dochází k rozpouštění–korozi křemenných zrn pískovce a uvolnění SiO₂ do roztoku. Ve vzdálenosti několika metrů od žíly pak v důsledku ochlazení těchto roztoků a snížení jejich pH ředěním s okolními vodami dochází ke zpětnému vysrážení SiO₂ v pískovci v podobě obrůstů křemenných zrn euhedrálním křemenem (pomalé srážení) nebo v podobě opálového nebo chalcedonového výplňového tmelu (rychlé srážení). Produktem této **hydrotermální silicifikace** jsou pak zóny málo propustného silicifikovaného pískovce až křemence, sledující samotný kontakt žíly ve vzdálenosti několika metrů až cca 20 m (např. HAVRÁNEK & ADAMOVIČ 2005, MALÝ A KOL. 2006). Při zvětrávání se pak z pískovců v této zóně vytvoří nápadné skalní zdi. Na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj lze tento jev pozorovat nejlépe podél velkých fonolitových těles (Vrátenská hora), ale i podél žil bazaltoidů (Dubová hora, Supí hora, NPR Swamp na břehu Máchova jezera). I slabší stmelení křemítkami hmotami však postačuje k tomu, aby podél žil vulkanitů došlo k vytvoření lineárně protažených hřbetů, vyvýšených jen o 1–5 m nad své okolí, které mohou za příhodných

geografických podmínek tvořit bariéry pro povrchovou vodu. K tomu může postačovat i slabší zpevnění v důsledku redistribuce SiO_2 na tektonických strukturách smykového charakteru, vytvořených při proniku magmatu. Soubor těchto jevů označujeme termínem **dynamická silicifikace**; zahrnuje drobné smykové zlomy a soubory deformačních proužků (angl. *deformation bands*) vzhledu „křemenných žilek“ (FOSSEN A KOL. 2007, ADAMOVIČ A KOL. 2010). Tyto struktury vytváření při zvětrávání pozitivní skalní reliéf a mohou tvořit systémy stylu „krabičkovitého vyvětrávání“. Tyto jevy jsou notoricky známé ze Supí hory u Osinalic (SÝKORA 1948), ale jsou široce rozšířené na celém území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj.

K výše uvedenému je třeba dodat, že zvláště rozložené žíly polzenitových vulkanitů nejsou mnohdy doprovázené vůbec žádným zpevněním okolního pískovce. Naopak, na kontaktu byla v dříve realizovaných průzkumných rýhách (COUBAL A KOL. 1994) někdy zjištěna jen brekciace okolního pískovce, bez známek proželesnění či silicifikace. V takových případech se průběh žíly vyznačuje spíše negativním reliéfem: žíla prochází na dně plochých sníženin a při překračování hřbetů tvoří nízká sedla.



Obr. 3. Ovlivnění oběhu povrchových a podzemních vod v pískovcovém prostředí přítomností žil vulkanitů. Subvertikální žíly fungují jako nepropustná bariéra pro podzemní vodu. Oběh podzemních vod je určen hydraulickým gradientem; ten je ukloněn ve směru zapadání vrstev. Před bariérou (žilou vulkanitu) dojde ke vzduť hladiny podzemní vody minimálně o několik metrů oproti úrovni hladiny za žilou. Pokud je směr hydraulického gradientu šikmý ke směru žíly, dojde k usměrnění toku podzemní vody rovnoběžně s žilou. Před žilou může také dojít k vystoupaní podzemní vody až na zemský povrch za vzniku pramenných vývěřů, což může usnadnit brekciace horniny pláště žíly.

Pískovce v plášti žil zpravidla tvoří na povrchu lineárně protažené hřbety, které mají tendenci zadržovat povrchovou vodu; prosakování vody skrz takovou pískovcovou hráz zabraňuje především těsnící účinek samotné žíly v ose hřbetu. Před hřbetem se tak tvoří mokřady a přirozené vodní plochy.

Na více místech v CHKO Kokořínsko – Máchův kraj byly v minulosti tyto plochy přeměněny na rybníky.

Žíly bazaltoidů a s nimi související hřbety zpevněného pískovce byly na Dokesku v minulosti hojně využívány jako přirozené hráze při zakládání rybníční sítě, zvláště na Robečském a Hradčanském potoce, na což poukazovali již MÜLLER (1912, 1914, 1928) a ŠTĚPÁN (1932). Průběh žil bazaltoidů kromě toho na celém území CHKO určuje distribuci pramenných vývěrů (MÜLLER 1933), ať už jde o důsledek vzduší hladiny křídového kolektoru C nebo vzduší hladin dílčích, „zavěšených“ kolektorů uvnitř kolektoru C. Souborné schéma ovlivnění oběhu povrchových a podzemních vod těsnícím účinkem bazaltoidních žil je na obr. 3.

3. Použitá metodika

Pro účely této studie byly vytipovány lokality na území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj, z nichž bylo již v minulosti popsáno ovlivnění oběhu povrchových nebo podzemních vod žilami vulkanitu, ale i takové, kde bylo možné toto ovlivnění předpokládat. Terénní geologický průzkum byl proveden v srpnu až prosinci 2016. Dokumentovány byly především výchozy/odkryvy vulkanických hornin, na nichž bylo zjišťováno protažení a tvar tělesa a byl popsán charakter kontaktu s okolním pískovcem (pokud byl přístupný), litologie vulkanitu a okolního pískovce, alterační a tektonické jevy ve vulkanitu a okolním pískovci. Byly odebrány vzorky čerstvého a rozloženého vulkanitu.

Na terénní geologický průzkum navazoval na jednotlivých lokalitách povrchový geomagnetický průzkum. Předcházela mu reinterpretace starších aeromagnetických map i starších map magnetických indikací povrchového průzkumu. Použití povrchové magnetometrie pro určení průběhu a tvaru těles vulkanitů ospravedlňuje kontrast mezi magnetickou susceptibilitou (MS) vulkanických hornin a pískovce. Typické hodnoty MS pro bazaltoidy se pohybují mezi 20–80 [SI] v důsledku přítomnosti ferromagnetického magnetitu Fe_3O_4 , případně dalších magnetických minerálů. Hodnoty MS pro fonolity dosahují 0,8–12, pro železité pískovce 0–0,4, pro křemenný pískovec jsou hodnoty blízké nule. Vysokých hodnot MS dosahují i přeměněné (zjilovělé) vulkanity; v případě této studie je za ni zodpovědná přítomnost zbytkového magnetitu i ferromagnetického maghemitu $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ jako jeho alteračního produktu. Přítomnost těchto minerálů v rozložených byla ověřena fázovou analýzou odebraných vzorků metodou práškové RTG difrakce – viz níže.

Geomagnetická měření provedla firma RNDr. Josef Peroutka z České Lípy protonovým magnetometrem Geometrics G 816 v období srpen 2016 až únor 2017. Profily povrchového geomagnetického měření byly naplánovány kolmo na protažení předpokládaného vulkanického tělesa, obecně ale tvořily nepravidelnou síť, protože průběhy profilů se již v průběhu měření operativně modifikovaly na základě výsledků již naměřených profilů. Krajní body profilů stejně jako zjištěné magnetické anomálie byly zaměřovány pomocí GPS (viz Příloha 1), profily byly krokovány a vzdálenosti později zpřesňovány interpolací na údaje z GPS. Základní krok měření byl 5 m, v místech zjištěných anomálií se zahustil až na 0,5 m. Základní krok na zpřesňujících profilech byl 2,5 m. V místě zjištěné anomálie byl vždy stanoven lokální směr jejího protažení, aby bylo možné snáze interpretovat směr žilných těles mezi profily, případně též identifikovat odskočení průběhu žíly. V případě jednoznačné interpretace zjištěné magnetické anomálie jako projevu tělesa vulkanické horniny byly ihned zjišťovány geologické známky přítomnosti tělesa v terénu (např. vyhledávání úlomků vulkanitů, jílu apod.) a případně odebrán horninový vzorek. Jednotlivé magnetické indikace byly vynášeny do mapy 1:5000 a z naměřených hodnot byly vyneseny křivky, které posloužily při interpretaci mocnosti, tvaru a sklonu magneticky indikovaného tělesa vulkanitu. Přitom bylo využito standardních postupů (GRUNTORÁD 1985).

Souborné výsledky geologického a geofyzikálního průzkumu jsou souborně znázorněny v mapách pro každou studovanou lokalitu. Mapy zobrazují průběh interpretovaných těles vulkanitů (žíly, pně, tělesa intruzivní brekcie), v místech křížení s geomagnetickým profilem je uvedena hodnota zjištěné amplitudy magnetické anomálie. Mapy rovněž zobrazují prvky disjunktivní tektoniky (většinou zlomy), zjištěné na základě průzkumu. Při geologickém i geofyzikálním průzkumu byl hlavní důraz kladen na zjištění prostorového vztahu těles

vulkanitů k vodním nádržím, zamokřeným územím a pramenným vývěřům. Tento vztah je také znázorněn na mapách pro každou studovanou lokalitu.

Odebrané vzorky vulkanitů byly předmětem petrografického studia leštěných výbrusů. S použitím polarizačního mikroskopu Olympus BX51 v opické laboratoři Geologického ústavu AV ČR, v.v.i., byly v procházejícím (přímém i polarizovaném) světle popisovány tyto znaky: struktura, velikost a minerální složení vyrostlic, charakter a minerální složení základní hmoty, mikroskopické známky alterace horniny. Fotografie byly pořizovány s pomocí digitální kamery Olympus DP 70. Popisy minerálního složení hornin i mikrofotografie jsou součástí popisu jednotlivých lokalit v kapitole 4.

Zvláště v případě silně alterovaných hornin byly provedeny analýzy fázového složení metodou práškové RTG difrakce. Analýzy byly provedeny v rentgenové laboratoři Geologického ústavu AV ČR, v.v.i. na difraktometru Bruker D8 Discover. Použitý byl silikonový lineární detektor LynxEye a germaniový primární monochromátor, poskytující záření $\text{CuK}\alpha_1$ ($\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$). Sběr dat byl proveden v rozsahu $2\theta = 5 - 80^\circ$ s krokem 0.019° a načítáním 1 s na každý krok. Interpretace minerálních fází byla provedena s pomocí programu Diffra. Evaluation (Bruker AXS GmbH, Karlsruhe, Německo; 2011). Výsledky analýz v podobě interpretovaných difraktogramů jsou součástí Přílohy 2.

Součástí studie jsou chemické analýzy vod z 20 pramenných vývěřů z území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj a z NPP Peklo. Vzorkování proběhlo ve dnech 27.–29. listopadu 2016, ve srážkově klidném období, při teplotách vzduchu kolem 0°C . Vzorky byly odebírány do PE lahví o objemu 1 l. Odebírané objekty (prameny, studánky, plošné vývěry) byly popsány co se týče charakteru zdroje, odtoku, případně rozměrů rezervoáru, u studánek byl popsán objekt zastřešující pramen. Podle času nutného k naplnění lahve 1 l byla vypočtena vydatnost zdroje. Při odběru byla změřena teplota vzduchu i vody. Pomocí pH-metru Greisinger GPH 014 byla změřena kyselost vody. Voda byla na místě popsána podle vizuálního a čichového vjemu, případně byly poznamenány nečistoty viditelné ve vodě. Odběrové listy pro jednotlivé objekty jsou součástí Přílohy 3, výsledky chemických analýz jsou celkově uvedeny v Příloze 4. Pro období tří týdnů před odběrem (8.–29. listopadu) byly získány údaje o srážkách po jednotlivých dnech ze srážkoměrných stanic Českého hydrometeorologického ústavu ve Mšeně a v Dubé – viz Příloha 5. Objekty byly zaměřeny pomocí GPS, jejich polohy jsou uvedeny v odběrových listech.

Chemické analýzy vod byly provedeny v akreditované Centrální laboratoři České geologické služby (ing. V. Zoulková). Celková analýza vody zahrnuje následující stanovení: Li, Na, K, NH_4 , Mg, Ca, Mn, Zn, Fe, Al, F, Cl, HCO_3 , SO_4 , NO_3 , pH a konduktivitu. Na rozborů vod je laboratoř vybavena těmito přístroji: pH-metr firmy Radelkis, pXmetr, konduktometr, rtuťový analyzátor AMA 254, absorpční fotometr Perkin-Elmer Hitachi 200 a Perkin-Elmer Lambda 10, kapalinový chromatograf s UV detekcí Shimadzu LC-6A a iontový chromatograf s vodivostním detektorem Alltech 650, plamenové AA spektrometry Perkin-Elmer 3100 a Perkin-Elmer AAnalyst 100, AA spektrometr s elektrotermickou atomizací Perkin Elmer 4100 a emisní optický spektrometr s indukčně vázaným plazmatem IRIS Advantage Thermo Jarrell Ash, analyzátor celkového organického uhlíku a dusíku Tekmar-Dohrmann Apollo 9000. Konkrétní metoda použitá pro stanovení jednotlivých iontů je uvedena v záhlaví tabulky s výsledky (Příloha 4). Detekční limity a metody stanovení pro jednotlivé ionty vyplývají z obr. 4.

321 – Celková analýza vody (akreditace)			min. objem	mez st.	cena
			500 ml	viz tabulka	804 Kč
složka	mez st. [ppm]	pozn.	složka	mez st. [ppm]	pozn.
Ca	0,01	FAAS nebo ICP-MS	Cl⁻	0,15	HPLC
Mg	0,01	FAAS nebo ICP-MS	NO₃⁻	0,3	HPLC
Na	0,01	FAAS nebo ICP-MS	SO₄²⁻	0,5	HPLC
K	0,01	FAAS nebo ICP-MS	NH₄⁻	0,02	fotometricky
Mn	0,005	FAAS nebo ICP-MS	alkalita	0,5	titračně
Zn	0,01	FAAS nebo ICP-MS	pH		ISE
Fe	0,05	FAAS nebo ICP-MS	vodivost	0,05 μS/cm	konduktometrie
Al	0,2	FAAS nebo ICP-MS	vzhled		
F⁻	0,02	ISE			

Obr. 4. Položka „Celková analýza vody“ z ceníku České geologické služby. Uvedeny jsou detekční limity a metody stanovení pro jednotlivé ionty. Zdroj: <http://www.geology.cz>.

4. Výsledky geologického a geofyzikálního průzkumu: popis studovaných lokalit s bariérami pro povrchovou vodu

4.1. Doksy-Staré Splavy – hráz Máchova jezera

Situace

Máchovo jezero je vodní nádrž o ploše 284 ha mezi Doksy a Starými Splavy v místě, kde se stýkají Břežňanský potok od východu a Okenský potok od jihu. Dále po proudu se vodoteč označuje jako Robečský potok. Romantizující název „Máchovo jezero“ se začal používat ve 30. letech 20. století, tradiční název je Velký Dokeský rybník (něm. *Hirschberger Großteich*) nebo jen Velký rybník. Vývoji názvu se podrobněji věnoval PANÁČEK (2000).

Založení Máchova jezera se připisuje Karlu IV. a datuje se do roku 1366 (WURM 1887, PANÁČEK 2000). Hráz ve Starých Splavech je 9,4 m vysoká, její délka v koruně je 130 m (VLČEK ED. 1984). Při jižním konci hráze je asi 140 m dlouhá výpust z rybníka, zcela zahlabená do pískovcového podloží. Výpust zároveň sloužila jako náhon na mlýn, který stál pod hrází. Poprvé je připomínán k roku 1460 a byl v provozu až do roku 1966 (KOLKA 2014). Nátok do výpusti byl upraven v roce 1972 (stavba kašnového přelivu) a znovu zcela přestavěn v roce 2015.

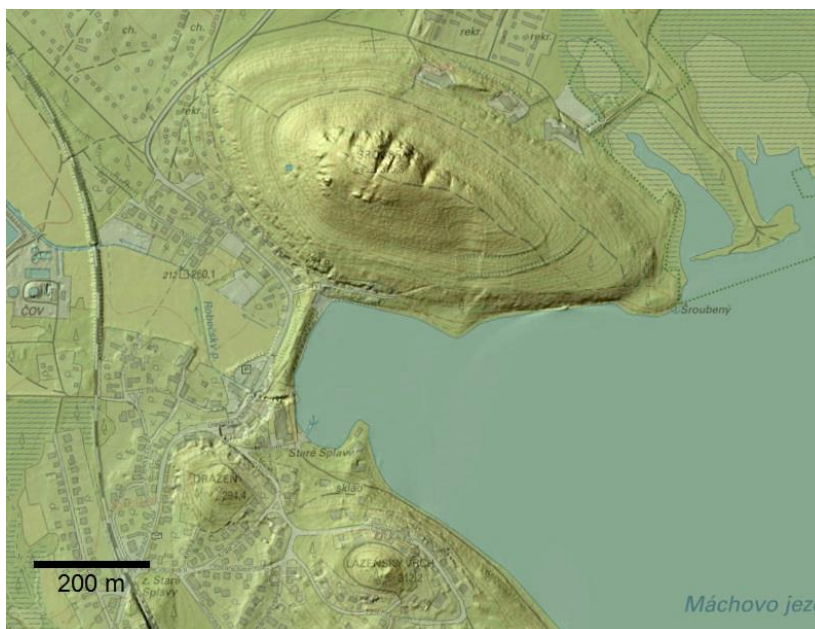
Přestože se hráz dnes považuje za sypanou, lze předpokládat, že v jejím směru se ještě před založením rybníka táhl pískovcový hřbet, který působil jako přirozená bariéra pro povrchovou vodu. Sníženina v tomto hřbetu u hájovny Horní Tenlesík severně od vrchu Šroubený byla místem, kudy rovněž odtékala voda z rybníka a byla zde do pískovce rovněž vysekána odtoková strouha (QUAIßER & ZIMMERMANN 1921). Podle některých autorů (MÜLLER 1912, 1914) byla tato strouha zpočátku hlavní výpustí z rybníka, ještě před proražením hráze ve Starých Splavech. Každopádně zde mohl být přirozený odtok celé zaplavované oblasti na soutoku Okenského a Břežňanského potoka ještě před vybudováním rybníka. Podle WURMA (1887) v těchto místech stával hamr na zpracování železné rudy. Přítomnost přirozené hráze před založením rybníka potvrzují zjištění DOHNALA (1961): na základě sond do rybníčního dna zjistil, že před dobudováním hráze ve 14. století zde byla rašeliniště s volnou vodní hladinou, byť v podstatně menším rozsahu než pozdější rybník.

Geologická situace

V prostoru hráze se nachází soubor žil vulkanitů, které propojují návrší Drážeň (294,4 m, *Draschen*) na jihu a vrch Šroubený (375,3 m, *Schraubenberg*) na severu. V důsledku hydrotermálního zpevnění okolního pískovce se v ose žilného tahu vytvořil nápadný, i když nevysoký hřbet (obr. 5). V dalším severním pokračování pak tento žilný tah pokračuje žilou Malého Dubu (přehledná mapka viz ADAMOVIČ 1997). Generelní směr v celém jeho průběhu je 23°.

Na přítomnost žily vulkanitu v hrázi Máchova jezera poprvé poukázal MÜLLER (1912, 1914). Popsal její průběh a zmínil rovněž pramenné výskyty podél této žily, v pozdější z těchto dvou

prací také průběh žíly kartograficky znázornil. Žílu v ose hráze propojil s žilou na západním vrcholku vrchu Drážeň a poukázal na přítomnost dalších paralelních žil dále na východ, z nichž jedna prochází přes vrchol Lázeňského vrchu (u MÜLLERA *Draschen-Hauptgipfel*, t.j. 370 m východně). Na vrchu Šroubený předpokládal rovněž dvojici žil 30 m vzdálených, ačkoliv na jejich přítomnost usuzoval jen podle otevřených puklin v pískovci.



Obr. 5. Digitální model reliéfu v okolí hráze Máchova jezera na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G). Zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální, obarvený stínovaný reliéf, <http://ags.cuzk.cz/dmr/#>

Horninu MÜLLER (1914) petrograficky určil jako „hauynický čedič“ na základě studia vzorku ze západního vrcholku vrchu Drážeň: pozoroval zde augit, amfibol, olivín a hauyn ve sklovité základní hmotě. V žíle ve výpusti z rybníka pozoroval vyrostlice amfibolu, augitu a rozložený olivín. Předpokládal stejné složení horniny od vrchu Drážeň přes vrchol Šroubeného až po hájovnu Horní Tenlesík.

Z poznatků Müllera vycházeli všichni pozdější autoři, kteří v okolí Doks mapovali. KLEIN (1963) a KLEIN ED. (1993) v úseku Drážeň–Šroubený prakticky úplně převzali geologickou mapu MÜLLERA (1914). KLEIN (1963) převzal i MÜLLEROVA petrografická pozorování a horninu označil jako hauynit. V úseku mezi vrchem Šroubený a hájovnou Horní Tenlesík však Klein vulkanit v terénu nenašel a pokračování žíly v tomto úseku do mapy nezakreslil. Toto opomenutí zrevidovali autoři podrobné (1:10 000) geologické mapy, vytvořené pro s.p. Diamo na základě povrchového geofyzikálního měření (COUBAL A KOL. 1993). Potvrdili – v souladu s dřívější mapou MÜLLERA – průběh žíly v ose nízkého návrší SSV–JJZ mezi Šroubeným a hájovnou Horní Tenlesík, nyní zastavěného chatami rekreačního zařízení. Na vrcholu Šroubeného předpokládali na základě geofyzikálních měření izometrické těleso bazaltoidu. Dosavadní poznatky ke geologické stavbě lokality byly pak shrnuty ADAMOVIČEM (1997).

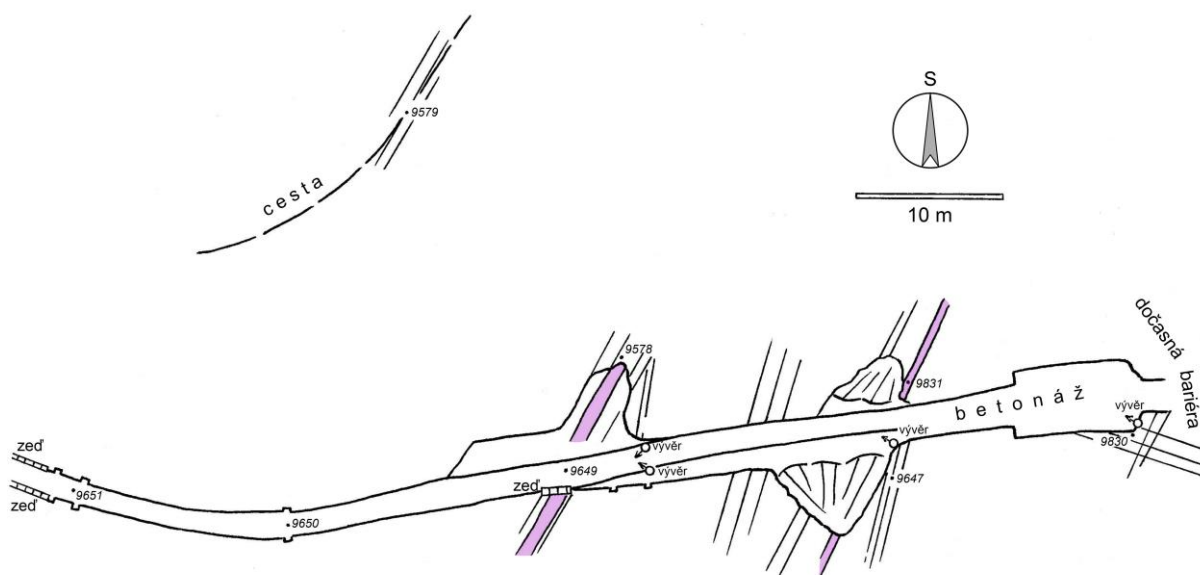
Nové geologické poznatky

Cenné poznatky pro novou interpretaci geologické stavby byly získány v průběhu rekonstrukce výpusti Máchova jezera v listopadu 2014 až lednu 2015. Akci „Oprava výpustního zařízení v NPP Swamp“ prováděla Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Vyhodnocení poznatků získaných v průběhu stavby je obsaženo v rámci této studie. V uvedeném časovém rozmezí byl rybník vypuštěn a v místě kašnového přelivu byla vyhloubena stavební jáma pro nový objekt výpustního zařízení. Šířka původní strouhy ze 14. století byla v tomto asi 15 m dlouhém úseku rozšířena zhruba na trojnásobek, celá strouha se díky nízkému stavu vody stala přístupnou pozorování s výjimkou rozšířené části, kde byla již na dně provedena betonáž (obr. 6). Při návštěvě 19.12. byl odtok z rybníka zcela uzavřen (částečné napouštění rybníka) a strouha odváděla jen průsakovou vodu v objemu asi 50 l/s. Této situace bylo využito k terénní dokumentaci celé strouhy – geologická situace je znázorněna na obr. 7.



Obr. 6. Staveniště při rekonstrukci výpustního zařízení ze dne 24. 1. 2015, pohled z provizorní bariéry do odtokové strouhy (po proudu Robečského potoka). Foto J. Adamovič.

Hlavní žíla vulkanitu, známá již MÜLLEROVI (1912), byla pozorovatelná asi 42 m pod provizorní bariérou na návodní líci hráze, v místě nejvyšší partie hráze (body 9578, 9649). V levé stěně strouhy je subvertikální úsek s žilou zcela vyzděn pískovcovými štuky v šířce 197 cm. Šířka zdi nejspíše zahrnuje i drcený pískovec západně od žíly. Na východě zeď šířku vlastní žíly příliš nepřesahuje, jak ukazují zachované příkontaktní železité výstelky v přiléhající pískovcové skále. V pískovci východně od žíly jsou též vyvinuty šikmé pukliny s dynamickou silicifikací. Srovnáním s polohou žíly v protilehlé, pravé stěně strouhy vyplývá směr žíly 30°.



Obr. 7. Geologická situace (půdorysný plán) v místě výpusti z Máchova jezera, zachycená během rekonstrukce výpustního zařízení dne 19. 12. 2014. Fialovou barvou jsou znázorněny žíly vulkanických hornin, dokumentační body jsou číselně označeny. Bližší komentář v textu.

Stejná žíla je lépe odkryta v pravé stěně strouhy, kde není stěna vyzděná – obr. 8. Samotná žíla zde má mocnost 90 cm a je v celé mocnosti rozložená na šedookrový jííl, který se směrem ke kontaktům mění na načervenalý až fialový jííl. Západní kontakt žíly doprovází vnitřní železitá výstelka tvořená křemenem chudým železivcem (tedy proželezňelým vulkanitem) o mocnosti 2–4 cm a vnější železitou výstelkou o mocnosti 10 cm. Na východním kontaktu je vyvinuta jen vnější železitá výstelka v mocnosti 10 cm, zčásti rozdělená do dvou struktur, oddělených smykovou plochou $300/81^\circ$ s výrazným rýhováním $214/32^\circ$, vykazujícím šikmý levostranný posun (obr. 9). Smyková plocha je paralelní s kontaktem samotné žíly.

Ze středu žíly byl odebrán vzorek nejméně rozložené horniny. V hornině lze rozeznat původní ofitickou strukturu, kontury vyrostlic jednotlivých minerálů jsou ale stěží patrné a minerály jsou silně kaolinizované (obr. 10A). Jen na základě tvaru krystalů lze soudit na přítomnost olivínu a pyroxenu, ve středu skvrn železitého oxidického pigmentu jsou zbytky krystalů magnetitu či jiného Fe-Ti minerálu. Základní hmota je zcela kaolinizovaná. Fázová analýza metodou práškové RTG difrakce (Příloha 2) ukázala přítomnost goethitu $\alpha\text{-FeOOH}$, kaolinitu $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (jílový minerál) a anatasu TiO_2 . Ve významném množství byl zjištěn také fosforečnan vzácných zemin florencit. Titanomagnetit a amfibol odrážejí původní minerální složení horniny, byly však zjištěny jen v malém množství. Zjištěné údaje nejsou v rozporu se starším určením horniny jako hauynitu.

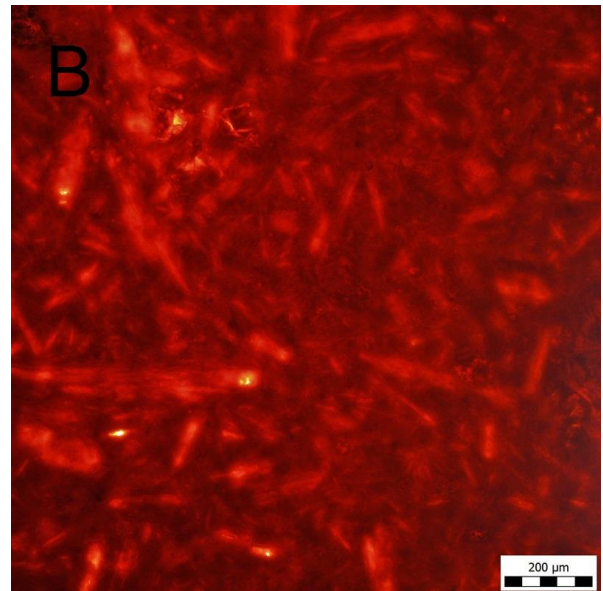
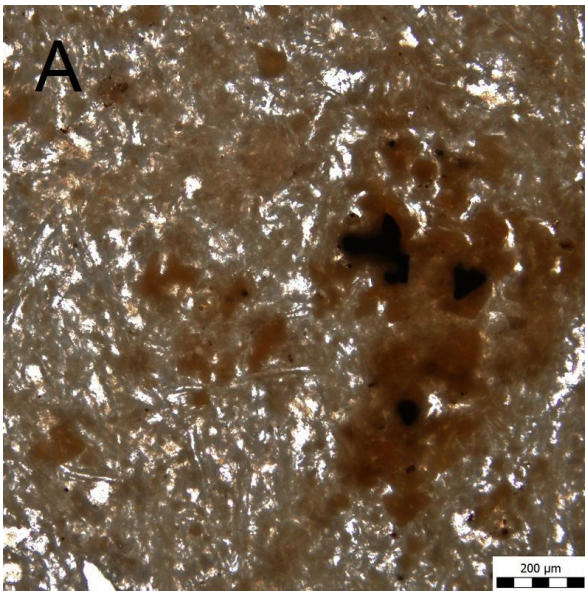
Vnitřní výstelka ze západního kontaktu žíly je původně bazaltoidní vulkanickou horninou, v níž je základní hmota zcela goethitizovaná a z vyrostlic lze rozeznat jen vyrostlice pyroxenu, menší zrna olivínu a tabulkovité krystaly živců (obr. 10B). Fázová analýza metodou RTG difrakce (Příloha 2) ukázala přítomnost goethitu $\alpha\text{-FeOOH}$ a kaolinitu $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (jílový minerál), v menším množství anatas TiO_2 a maghemit $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (Příloha 2).



Obr. 8. Hlavní žíla vulkanitu v pravé stěně výpustní strouhy. Bod 9649, celkový pohled k SSV. Foto J. Adamovič.



Obr. 9. Hlavní žíla vulkanitu v pravé stěně výpustní strouhy. Východní kontakt žíly s tektonickým rýhováním. Bod 9649, pohled k V. Foto J. Adamovič.

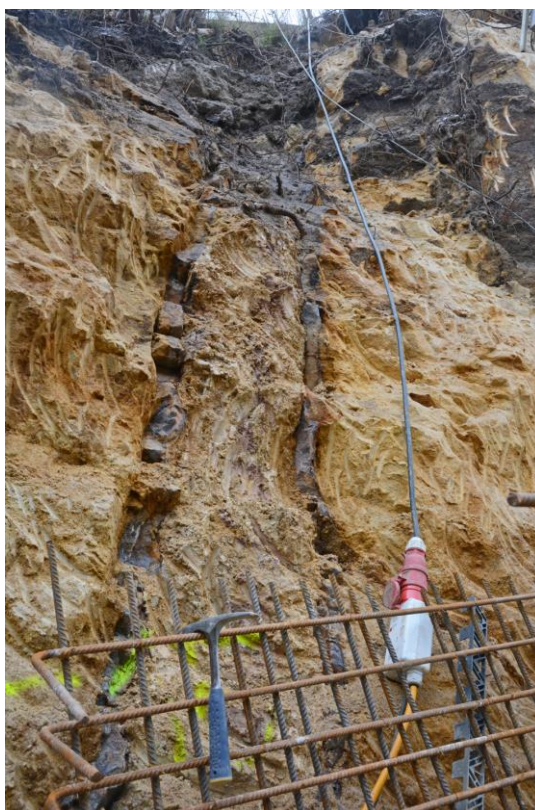


Obr. 10. Mikrofotografie bazaltoidu ze západnější žíly vystupující ve strouze v hrázi Máchova jezera, bod 9649. A. střed žíly, vzorek Kok 243. B. vnitřní železitá výstelka ze západního kontaktu žíly, vzorek Kok244. Přímé procházející světlo. Hornina je téměř zcela rozložená – kaolinizovaná a goethitizovaná. Foto J. Adamovič.

Asi 20 m pod provizorní bariérou byla v pravé stěně rozšířené strouhy zastižena další (tedy východnější) žíla vulkanitu, rozložená na krémově žluto-šedý jíl (bod 9831, obr. 11). Její mocnost je zde 56 cm, na západním kontaktu má vnitřní výstelka mocnost 1 cm a vnější výstelka 3 cm, na východním kontaktu má vnitřní výstelka mocnost 1–3 cm a vnější výstelka 4 cm. Orientace žíly je 297/80°. Žíla je součástí asi 2 m širokého drceného pásma téže orientace, jehož pukliny jsou vyhojené oxihydroxidy železa. Z něj k jihu vybíhá úzké (cca 0,5 m) drcené pásmo ukloněné strmě do směru 285°. Obě drcená pásma jsou dobře patrná i v levé stěně strouhy, ve spodní části této stěny je však žíla vulkanitu nepřístupná z důvodu překrytí přemístěným úlomky tektonicky podrceného pískovce.

Ze středu žíly v pravé stěně byl odebrán vzorek na fázovou analýzu. Fázová analýza metodou práškové RTG difrakce (Příloha 2) ukázala přítomnost kaolinitu $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (jílový minerál) a anatasu TiO_2 , absence goethitu odpovídá krémové barvě vzorku. Ve významném množství byl zjištěn také fosforečnan vizmutu waylandit. Zjištěný magnetit odráží původní minerální složení horniny, byl však zjištěn jen v malém množství.

Vnitřní výstelka ze západního kontaktu žíly obsahuje hlavně goethit $\alpha\text{-FeOOH}$, méně kaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. V podřadném množství byl – stejně jako ve středu hlavní žíly – zjištěn také fosforečnan vzácných zemin florencit a spolu s ním anatas TiO_2 (Příloha 2).



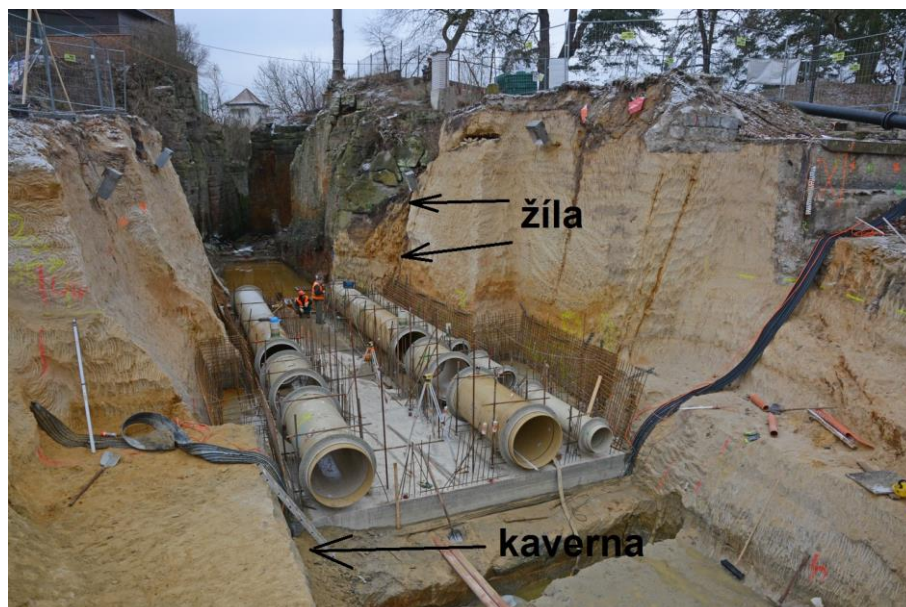
Obr. 11. Východní žíla vulkanitu v pravé stěně výpustní strouhy, stav 24. 1. 2015. Bod 9831, celkový pohled k SV. Foto J. Adamovič.

V levé stěně strouhy bezprostředně pod provizorní bariérou se kříží výrazný soubor puklin orientace 205/85° (bod 9830), vyplněných oxihydroxidy železa, s příčnými puklinami. V tomto místě dochází k vývěrům vody z rybníka, prosakující pod bariérou skrz pískovcový masiv.

V polovině ledna 2015 zde byla zjištěna asi 1,5 m hluboká dutina vyplněná ztekuceným pískem (obr. 12), později sanovaná cementací. Dutina je zřejmě dokladem soustředěného toku prosakující vody v předpolí východnější žíly vulkanitu, a je tedy sufozního původu. Prostorové vztahy struktur zastižených na východním konci strouhy jsou patrné z obrázků 13 a 14.



Obr. 12. Sufozní dutina vytvořená podél drenážní trasy vod sledujících soubor puklin v levé stěně strouhy, v předpolí východní žíly vulkanitu (tedy východně od ní). Bod 9830. Pohled k J, stav 24. 1. 2015. Foto J. Adamovič.



Obr. 13. Prostorové vztahy mezi východnější žilou vulkanitu, puklinatostí a zastiženou sufozní dutinou na východním konci výpustní strouhy. Úsek s vybetonovaným dnem strouhy a položenými trubkami bezprostředně navazuje na kašnový přeliv výše proti proudu, v tuto chvíli odstraněný. Pohled k Z, po proudu Robečského potoka, stav ze dne 24. 1. 2015. Foto J. Adamovič.



Obr. 14. Prostorové vztahy mezi východnější žilou vulkanitu a puklinatostí na východním konci výpustní strouhy. Pohled k VSV, proti proudu Robečského potoka, v pozadí dočasná bariéra. Stav ze dne 24. 1. 2015. Foto J. Adamovič.

Nově provedená geologická dokumentace okolí hráze Máchova jezera navázala na předchozí činnost autora v této oblasti (souhrn viz ADAMOVIČ 1997). Nové informace přinesly především dvě lokality. Na jižním konci hráze a na jejím západním svahu (bod 9579) vystupuje v cestě drčené pásmo, v němž jsou patrné železité pískovce i lupenité jílovité železovce sledující ruptury směru 30° . Jílovité železovce představují rozložený vulkanit, který zde však nevystupuje v podobě čerstvé nebo jílovitě rozložené horniny (zřejmě přesuceno pískem). Přesto lze tento výchoz považovat za další, tedy třetí a nejzápadnější žílu vulkanitu. V samotné výpustní strouze, ležící 30 m jihozápadně – bod 9651, nebyla tato žíla zastižena. Buď jde o žilný segment, který jižním směrem nepokračuje, nebo je ve strouze zakryta vyzdívkou. Z důvodu silně narušeného magnetického pole (plot, budovy) nelze tento výskyt vulkanitu ověřit metodou pozemní magnetometrie.

Rozsáhlý odkryv v 70 cm mocné žíle bazaltoidu byl zaznamenán v Jezerní ulici za jižním koncem hráze, u domu č.p. 103 (bod 9543, obr. 15). Žílu lze sledovat výše po svahu, kde navazuje na výskyt na vrcholu Drážeň (294,4 m). Blíže k silnici má žíla směr 48° a uklání se k JV pod úhlem $85\text{--}90^\circ$, 10 m od silnice (za domem) je směr žíly 30° a je vertikální. Tento ohyb v průběhu žíly je jasně pozorovatelný i na odkryvu. Hornina je v celé mocnosti rozložená na fialový jílu s úlomky pískovce. U silnice není na jv. kontaktu železitá výstelka přítomna, zatímco na sz. kontaktu tvoří vnitřní a vnější železitá výstelka výraznou desku o mocnosti 7 cm. Dále od silnice se objevuje železitá výstelka i na jv. kontaktu. Na severním konci odkryvu, tedy na kraji silnice, probíhá paralelně s žílou jv. od ní puklina $118/83^\circ$, utínaná drčeným pásmem orientace $33/82^\circ$. Vztah samotné žíly k tomuto drčenému pásmu není pozorovatelný, lze se ale domnívat, že i žíla je na tomto pásmu (zlomu) dislokována, podle přízlovového vleku jde o pravostranný horizontální posun. Po vynesení do mapy lze soudit, že jde o stejnou žílu (resp. žilný segment), která byla zastižena při východním konci strouhy na bodu 9831 (srv. obr. 7), geologické poměry mezi oběma místy jsou však skryté pod zástavbou.

Fázová analýza rozložené horniny ze středu žíly metodou RTG difrakce (Příloha 2) ukázala dominanci křemene SiO_2 , která odráží klastickou příměs z hostitelské horniny. Z minerálů železa je přítomen goethit $\alpha\text{-FeOOH}$, maghemit $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ a pravděpodobně v malém množství i hematit $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Významnější je i podíl kaolinitu $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ a anatasu TiO_2 , podobně jako ve vzorcích z hráze. Zajímavá je přítomnost markazitu – ortorombického sulfidu železa FeS_2 , který je stabilní jen v redukčním prostředí.

Terénní poznatky v kombinaci s výsledky pozemních geomagnetických měření jsou zohledněny v interpretaci geologické stavby a průběhu žil bazaltoidů na obr. 16.



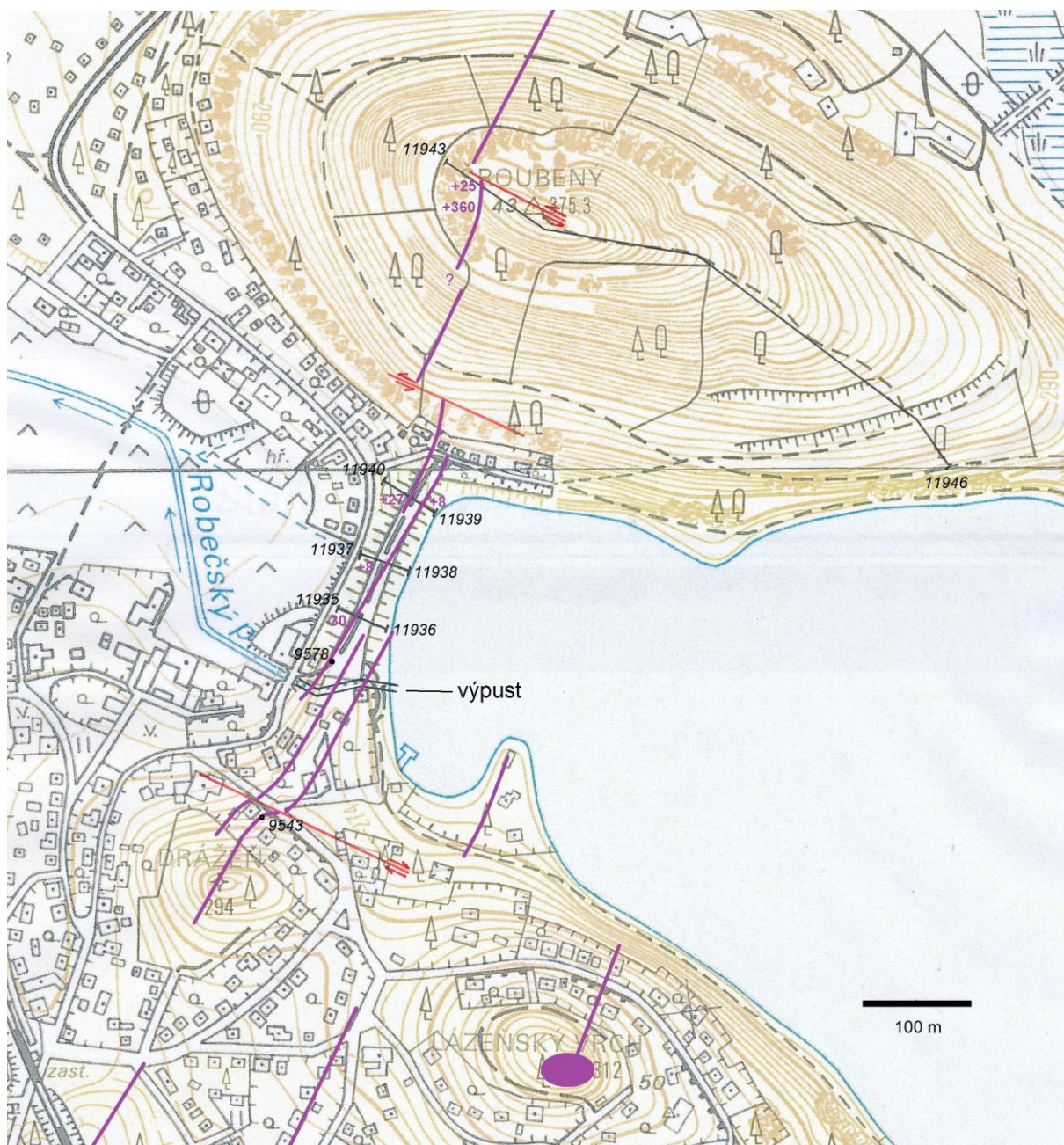
Obr. 15. Žíla bazaltoidu odkrytá za domem č.p. 103 v Jezerní ulici. Bod 9543, pohled k JZ. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena v prostoru hráze a na vrchu Šroubený. Měření v prostoru hráze se musela vyrovnat s několika druhy rušivých vlivů. Antropogenní deformace magnetického pole byly způsobeny zejména: 1) železným oplocením výpusti z rybníka, 2) silnicí západně od hráze, 3) kanalizací v příkopu paralelně se silnicí, 4) dráty nadzemního elektrického vedení. Proto zde byly profily voleny jako krátké, soustředěné na korunu hráze. Jižně od odtokové strouhy nebylo možné měření provádět vůbec kvůli rušivému vlivu zástavby. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 16.

profil 11935–11936

západní konec profilu narušený blízkostí silnice a kanalizace, 8 m od z. konce profilu anomálie -30 nT může indikovat přítomnost žíly (zakončení dílčího segmentu?), jinak bez anomálií



Obr. 16. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.1. Doksy-Staré Splavy – hráz Máchova jezera. Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií.

profil 11937–11938

v celém profilu se hodnoty snižují od Z k V (celkem o 80 nT), zřejmě vlivem antropogenního narušení; 40 m od z. konce profilu na nejvyšším bodu hráze úzká anomálie +8 nT. Ta je interpretována jako žíla vulkanitu (fonolit?).

profil 11939–11940

15 m od v. konce profilu (bezprostředně pod zídou) anomálie +8 nT směru 199°, 26 m od v. konce profilu (bezprostředně před cestou na temeni hráze) anomálie +27 nT směru 205°. Obě anomálie jsou interpretovány jako žíly vulkanitu nižší magnetické susceptibility (fonolity?).

profil 11943–11946

51 m od z. konce profilu anomálie +25 nT, směrem na J od profilu zesiluje na +360 nT, naopak s. od profilu bez anomálií; lineární protažení této anomálie ve směru 179° zjištěné na profilu se směrem na jih mění na 190° a ještě dále na J na 198°; zbytek profilu je bez anomálií z výjimkou rozkolísání magnetického pole o hodnoty do 5 nT kolem vrcholu. Anomálie je interpretována jako žíla bazaltoidu, která přichází na hřbet Šroubeného od jihu a je zde zlomově ukončena. Prohnutí žíly (resp. segmentu žíly) blízko jejího severního konce lze vysvětlit jako přízломový vlek podél zlomu VJV–ZSZ s funkcí levostranného horizontálního posunu. Rozkolísání pole na vrcholu je zřejmě antropogenního původu – je zde vyrovnaná vyhlídková plošina.

Závěr

V úseku mezi vrchy Drážeň a Šroubený, t.j. ve vlastním tělese hráze, byla všemi dosavadními autory předpokládána přítomnost jediné žíly bazaltoidu, která má přímý průběh, bez příčného zlomového porušení. Již od práce MÜLLERA (1912) je tato žíla považována za přirozenou hydraulickou bariéru pro povrchové i podzemní vody oblasti mezi Doksy a Starými Splavy. Současným geologickým a geofyzikálním průzkumem byla tato představa modifikována a doplněna; nová zjištění však zásadním způsobem nemění základní tezi o bariérovém účinku žil vulkanitů pro povrchové a podzemní vody na lokalitě.

Nová geologická zjištění:

1) Žilný tah hráze Máchova jezera sestává z nejméně tří, ale spíše čtyř žil vulkanitu, většinou bazaltoidu. Tyto žíly nejsou souvislé, ale mají kulisovitý charakter. Osa celého žilného tahu prochází tělesem hráze (23°), ale směry jednotlivých segmentů (v průměru 30°) se od této osy mírně odchylují. Podle nových geomagnetických měření a terénní dokumentace prochází hrázi v celé její délce vždy alespoň jedna žíla.

2) Jak ukazuje odkryv žíly bazaltoidu za domem č.p. 103 v Jezerní ulici ve Starých Splavech, na severní patě vrchu Drážeň jsou žíly pravostranně dislokovány na zlomu směru ZSZ–VJV zhruba o 20 m, dislokaci doprovází přízломový vlek. Porušení horizontálním posunem opačné vergence lze interpretovat na jižním úpatí Šroubeného a na vrcholovém hřbetu Šroubeného.

3) Prakticky v celé mocnosti jsou žíly hydrotermálně rozložené na krémově šedý nebo fialový jílový tvořený kaolinitem, anatasem a fosfáty; místy jsou přítomny oxihydroxidy železa (goethit, maghemit, příp. hematit), vácně sulfidy železa (markazit). Byť jsou žíly na kontaktech vždy doprovázeny vnějšími železitémi výstelkami (t.j. železitém pískovcem), nelze vzhledem k šedému zbarvení a složení rozkladných produktů a málo výrazným magnetickým anomáliím vyloučit, že v některých úsecích jsou žíly tvořené spíše fonolitem či tefrifonolitem.

4) Jak vyplývá z nových geomagnetických měření na vrchu Šroubený, přichází na vrchol od jihu jen jedna žíla bazaltoidu a dále na sever nepokračuje, resp. je zde zlomově ukončena,

pravděpodobně levostranně posunuta. Dříve předpokládaná přítomnost izometrického tělesa bazaltoidu na vrcholu nebyla potvrzena.

5) Původní horninu červenavě zbarvených rozložených žil lze na základě dřívějších petrografických popisů označit za olivinický nefelinit.

Na základě nových zjištění je třeba opustit jednoduchou představu jediné, průběžné žily bazaltoidu v hrázi Máchova jezera. Současný stav poznání ukazuje na přítomnost 3–4 žil vulkanitů, které nejsou souvislé. Vyskytují se zde diskontinuity obou typů popsaných v kapitole 2: 1) vzájemné kulisovité odsedání žilných segmentů, 2) příčné porušení žil na zlomech s převážně horizontální složkou pohybu, zčásti duktilního charakteru (přízломový vlek), s maximální amplitudou pohybu cca 20 m. V případě diskontinuit druhého druhu může podél zlomů docházet k hydraulické komunikaci napříč žilnému tahu. Na základě dosavadních poznatků se však nezdá, že by k příčnému zlomovému porušení žil došlo v tělese hráze. Hráz Máchova jezera je tak možno považovat za typickou ukázkou přirozené hydraulické bariéry.

Závěry pro ochranu přírody: Odhlédneme-li od narušení systému člověkem v místě hráze Máchova jezera (proražení strouhy, nově cementové injektáže v okolí výpustního zařízení), tvoří zjištěný soubor žil bazaltoidu přirozenou bariéru pro povrchovou i podzemní vodu v celém úseku Drážeň – Šroubený – hájovna Horní Tenlesík. Povrchová voda má tendenci se zdržovat východně od souboru žil, což se odráží v tvorbě mokřadů jižně od Šroubeného (dnes jsou zatopené rybníkem) a severovýchodně od Šroubeného. Podzemní voda kolektoru C má vzhledem k jihovýchodním úklonům vrstev tendenci se zdržovat západně od souboru žil. Potencionálními cestami hydraulické komunikace napříč bariérou (např. pro šíření kontaminantů) jsou zlomy směru ZSZ–VJV na severní patě vrchu Drážeň a na jižní patě vrchu Šroubený, v dalším severním pokračování pak zlom téhož směru přes hájovnu Horní Tenlesík.

4.2. Břehyně – hráz Břehyňského rybníka

Situace

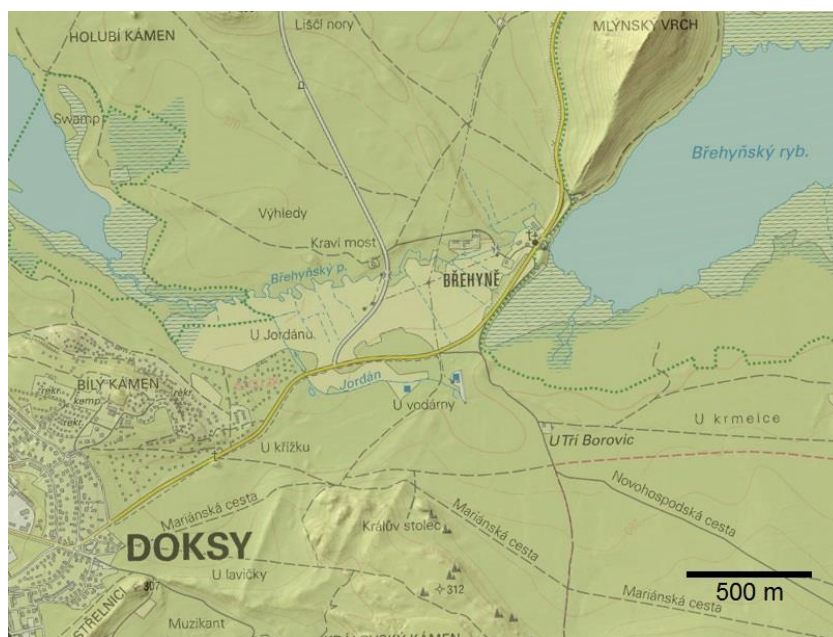
Břehyňský rybník je vodní nádrž o rozloze 90,3 ha mezi Doksy a Starými Splavy v pramenné oblasti Břehyňského potoka, jeho hladina leží kolem 272 m n.m. Rybník je součástí NPR Břehyně–Pecopala, vyhlášené v roce 1987, ale ochrany v podobě přírodní rezervace požíval již od 20. let 20. století. Před rokem 1945 se rybník označoval jako *Heideteich* nebo *Heidemühlteich*, vývoj názvu přehledně podává PANÁČEK (2000). Rybník zásobují tři pramenné oblasti: území jižně od rybníka historicky zvané *Im Dobischen* s pramenem U Flesla (viz B5), prameny v oblasti Černého močálu u bývalé vsi Strážov východně od rybníka a voda z tzv. Dolního Pustého rybníka směrem na Hradčany (WURM 1887, ADAMOVIČ 1997). Rašeliniště po obvodu Břehyňského rybníka má rozlohu přibližně 200 ha a mocnost rašeliny a slatiny zde dosahuje až 2 m (DOHNAL 1961).

Přesná doba založení Břehyňského rybníka není známa, ale pravděpodobně spadá přibližně do stejné doby jako založení Máchova jezera (1366), byť se někdy udávají neověřená data založení ze 13. století. Hráz v Břehyni je sypaná, v koruně je 140 m dlouhá (VLČEK ED. 1984). Podobně jako u Máchova jezera leží výpust na jižním konci hráze a je zcela zahloubená do pískovcového podloží. Výpustní průrva v délce asi 40 m se za stavidlem

větвила na náhony na mlýn a na pilu, dnes je výpust přezděná a odvádí vody potoka v přímém směru. Mlýn pod hrází je poprvé připomínán k roku 1460. Pila byla v provozu minimálně do roku 1945 (KOLKA 2014).

Geologická situace

Hráz Břehyňského rybníka je ve své jz. části tvořena asi 120 m dlouhým pískovcovým hřbetem, protaženým ve směru SV–JZ. Tento hřbet je podmíněn přítomností 2 m mocné žíly tefrifonolitu ve své ose. Není to v okolí jediný výskyt vulkanických žil tohoto směru: hráz rybníka leží na spojnici tzv. střelniční žíly v Doksech, tvořené bazickou žilnou horninou blízkou camptonitu („wesselitem“, ULRYCH A KOL. 2014), a mohutnou žilou tefrifonolitu na Mlýnském vrchu nad Břehyní (ULRYCH A KOL. 1998). Díky zpevnění okolního pískovce hydrotermálními procesy doprovázejícími proniky vulkanitů jsou všechny tyto výskyty morfologicky výrazné – tvoří nápadné pískovcové hřbety o výšce až 20 m – viz obr. 17. Morfologií hřbetů je rovněž zvýrazněno prohnutí žíly wesselitu v sv. zakončení střelniční žíly a její rozmrštění do tří paralelních žil směru SSV–JJZ v prostoru Králova stolce. V oblasti Králova stolce byl průběh žil ověřen metodou pozemní magnetometrie již dříve (COUBAL A KOL. 1993).



Obr. 17. Digitální model reliéfu v oblasti mezi Doksy a Břehyní na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G). Zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální, obarvený stínovaný reliéf, <http://ags.cuzk.cz/dmr/#>

Žílu odkrytou ve výpustní strouze z Břehyňského rybníka i mocnou žílu (až 10 m!) téže horniny na Mlýnském vrchu popsal MÜLLER (1914) a petrograficky ji určil jako fonolit. Kartograficky ji znázornil jako souvislou od jižního konce Břehyňského rybníka až po severní patu Mlýnského vrchu. KLEIN (1963) žílu na JZ ukončil již na hřbetu na jz. konci hráze a označil ji za sodalitický trachyt. Území se věnovali také COUBAL A KOL. (1993) při podrobném geologickém mapování, ale průběžnost žíly v ose hráze spolehlivě vyřešena nebyla.

ULRYCHEM A KOL. (1998) a ADAMOVIČEM (2001) byla podrobně zdokumentována část žíly vybíhající na úbočí Mlýnského vrchu. Žíla je zde (odpovídá bodu 13115) asi 5 m mocná, ukloněná strmě k ZSZ, doprovázená až 10 cm mocnými železitými výstelkami (vnitřní i vnější, podle RTG difrakce goethit), na několika místech levostranně odskočená na příčných zlomech v amplitudě prvních metrů. V tomto úseku je téměř zcela rozložená na jílu (podle RTG difrakce kaolinit, podřízeně montmorillonit) a vytěžená. Na základě petrografických a chemických analýz byla hornina zařazena mezi tefrifonolity.

Cílem současného průzkumu bylo především zjistit, zda žíla tefrifonolitu odkrytá v jz. části hráze Břežyňského rybníka pokračuje severovýchodním směrem v podloží nasypané části hráze a je propojena s žilou na Mlýnském vrchu. Dále ověřit, zda žíla pokračuje též jihozápadním směrem do prostoru prameniště Jordán.

Nové geologické poznatky

Žílu lze dobře pozorovat na odkryvu ve výpustní strouze z rybníka (bod 13109, obr. 18, viz též obr. 29 u MÜLLERA 1914). Ze situace je patrné, že žíla prochází nejvyšší částí hřbetu. Je subvertikální, 3 m mocná, doprovázená vnější železitou výstelkou, na jv. kontaktu i vnitřní železitou výstelkou (t.j. železitě rozloženým vulkanitem, obr. 19). Blízko kontaktů je hornina zcela rozložená na okrový až krémový jílu, větší část žíly je však tvořena jen slabě navětralou jemnozrnnou horninou světle šedé barvy. Hodnoty magnetické susceptibility žilné horniny jsou v rozmezí 5,08–5,24, magnetická susceptibilita železitých výsterek na jv. kontaktu žíly je podstatně nižší (0,24–0,32). Hrubozrnný křemenný pískovec jihovýchodně od žíly je v zóně několika metrů protkán smykovými puklinami se silicifikací (deformační proužky), které vznikly jako dynamický efekt při proniku magmatu do pískovce; jsou zhruba rovnoběžné s kontaktem žíly.

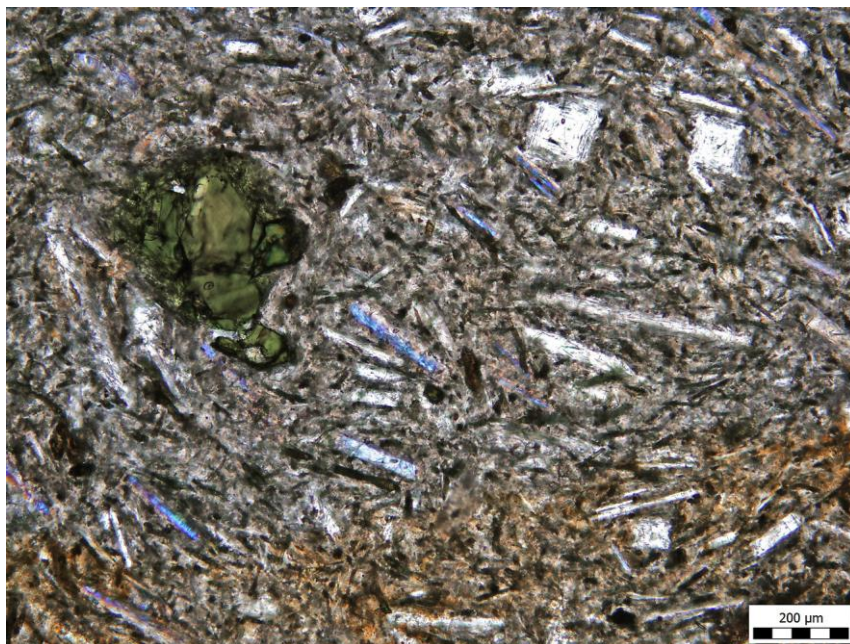


Obr. 18. Tefrifonolitová žíla (vpravo) odkrytá ve výpustní strouze v hrázi Břežyňského rybníka, bod 13109. Ve většině své mocnosti je žíla jen mírně navětralá, nápadná je deskovitá odlučnost žíly rovnoběžně s kontakty. Pohled k S. Foto J. Adamovič.



Obr. 19. Vnitřní a vnější železité výstelky při jv. kontaktu tefrifonolitové žíly odkryté ve výpustní strouze Břehyňského rybníka. V pravé polovině snímku je vidět poměrně čerstvý tefrifonolit na druhém břehu strouhy. Bod 13109, pohled k J. Foto J. Adamovič.

Na vzorku odebraném blízko středu žíly je ve výbrusu (obr. 20) patrná trachytická struktura s fluidálně uspořádanými lištami draselného živce (sanidinu či anortoklasu). Mezi vyrostlicemi jsou klinopyroxen, amfibol a místy velké hexagonální krystaly hauynu nebo noseanu. Základní hmota je sklovitá, s draselným živcem a klinopyroxenem, v menší míře je zastoupen apatit a opakní Fe-Ti minerál (zřejmě magnetit). Toto minerální složení je v souladu s dřívějším zařazením horniny mezi tefrifonolity.



Obr. 20. Mikrofotografie tefrifonolitu ze žíly vystupující ve výpustní strouze v hrázi Břehyňského rybníka. Zkřížené nikoly. Bod 13109, vzorek Kok356. Foto J. Adamovič.

V opuštěném lomu na jižním svahu Mlýnského vrchu (bod 13115) má žíla celkový směr 32° a mocnost 5–7 m (obr. 21). Lze tady dobře pozorovat vnitřní železité výstelky (tedy proželeznělý okraj samotné žíly), lupenité, na straně vulkanitu s puchýřkovitými útvary čistého goethitu nebo s vyvinutou skulptací vzhledu chlebové kůrky (obr. 22, 23). Hodnoty magnetické susceptibility slabě navětralého tefrifonolitu jsou v rozmezí 5,49–7,33. Jílovitě rozložený tefrifonolit tvoří okrajovou část žíly, bezprostředně sousedící s vnitřní, příp. vnější železitou výstelkou. Jde o krémově zbarvenou jemnozrnnou horninu, vzhledem připomínající psací křídou. Na odebraném vzorku byla provedena fázová analýza metodou RTG difrakce, která v zásadě potvrdila dříve uváděné minerální složení (Příloha 2). Obsahuje draselný živec (sanidin), kaolinit a montmorillonit.



Obr. 21. Tefrifonolitová žíla (vytěžená, vlevo) na jižním svahu Mlýnského vrchu, bod 13115. V pískovcích při sz. kontaktu žíly jsou zde pozorovatelné vnitřní a vnější železité výstelky o mocnosti až 10 cm. Vzorek jílovitě rozloženého vulkanitu byl odebrán na dolním konci skal vpravo. Pohled k JZ.
Foto J. Adamovič.



Obr. 22. Detail vnitřní železité výstelky při sz. kontaktu žíly, jejíž součástí jsou puchýřkovité až hroznovité náteky čistého goethitu (FeOOH). Bod 13115. Foto J. Adamovič.



Obr. 23. Detail vnitřní železitě výstelky při jv. kontaktu žíly. Její povrch je skulptovaný a má vzhled popraskané chlebové kůrky. Bod 13115. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena v prostoru hráze a jejího jz. pokračování. Měření v prostoru hráze se musela vyrovnat s několika druhy rušivých vlivů. Antropogenní deformace magnetického pole byly způsobeny zejména: 1) silnicí severozápadně od hráze, 2) dráty nadzemního elektrického vedení nízkého napětí (zvýšení magnetického pole cca o 10 nT), 3) přítomností budov na jižním (č.p. 280) a severním (č.p. 279) konci hráze. Profily byly voleny ve směru kolmo na hráz, mezi silnicí na SZ a břehem rybníka na JV, a omezily se na místa bez rušivých vlivů. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 24.

profil 13104–13106

začátek profilu na Z narušený blízkostí silnice a elektrickým vedením, 35 m od začátku profilu anomálie +20 nT směru 40°, její intenzita na jih rychle klesá. Je s určitou opatrností interpretována jako žíla tefrifonolitu blízko svého jz. zakončení. Zbytek profilu bez anomálií.

profil 13107–13107a

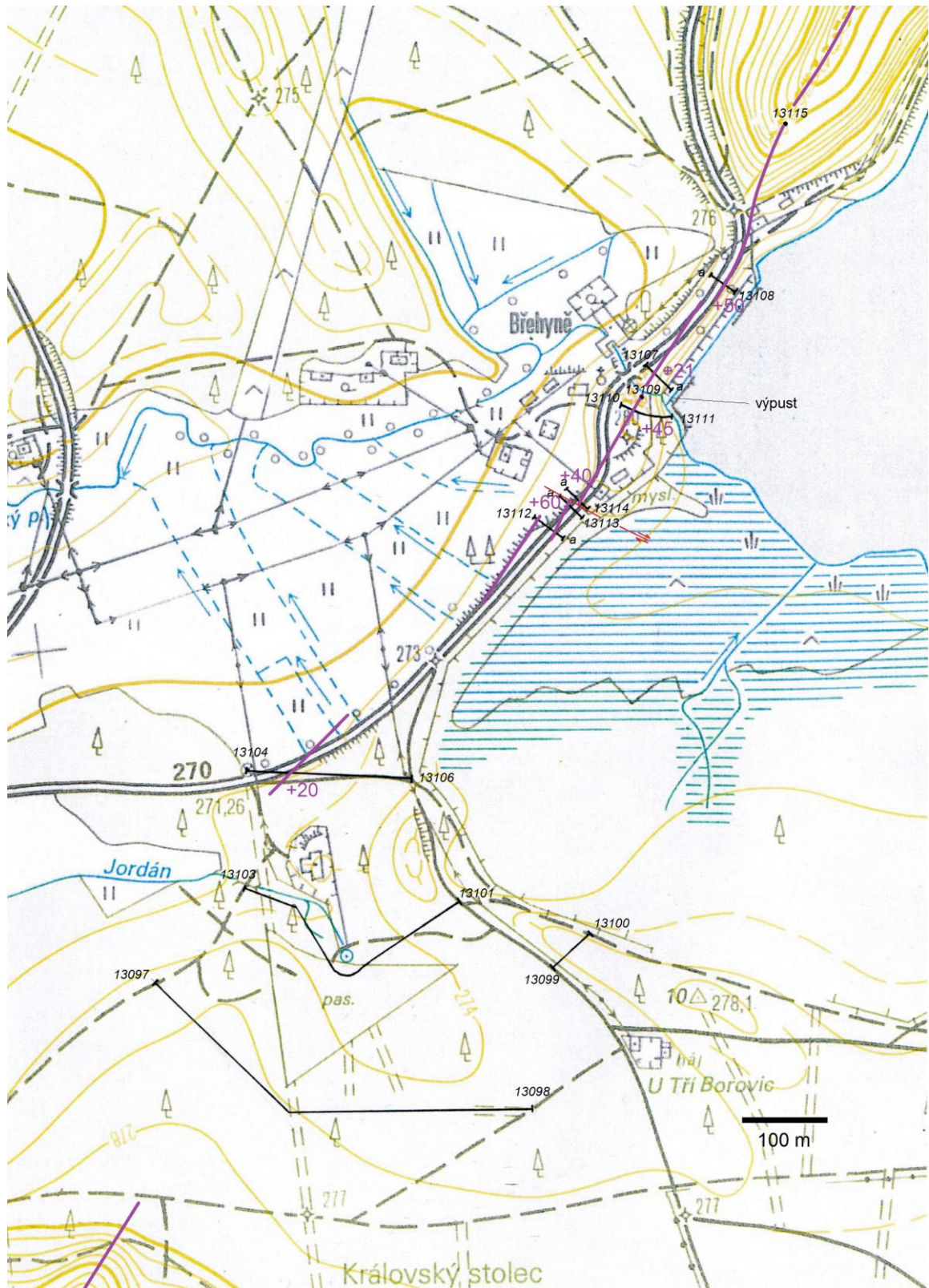
6 m od začátku profilu na SZ anomálie větší než 21 nT, její amplitudu nelze přesně určit pro narušení magnetického pole na začátku profilu

profil 13108–13108a

9 m od začátku profilu na JV, při jv. kraji silničky k hájovně, anomálie +50 nT, interpretovaná jako subverikální žíla tefrifonolitu

profil 13110–13111

8 m od začátku profilu na SZ, 3 m sz. od dubu na vrcholu hřbetu, anomálie +45 nT, interpretovaná jako subverikální žíla tefrifonolitu



Obr. 24. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.2. Břehyně – hráz Břehyňského rybníka a na lokalitě 5.7. Břehyně – prameniště Jordán. Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií.

profil 13112–13112a

3 m od začátku profilu na SZ (tedy 6 m od okraje hlavní silnice anomálie +15 nT, 30 m od začátku profilu na SZ (tedy na jv. kraji silničky k domu č.p. 280) anomálie +10 nT. Zjištěné anomálie nejsou průkazné vzhledem k celkově narušenému poli.

profil 13113–13113a

22 m od začátku profilu na JV a 6 m jv. od kraje hlavní silnice anomálie +60 nT, interpretovaná jako subverikální žíla tefrifonolitu

profil 13114–13114a

14 m od začátku profilu na JV a 18 m jv. od kraje hlavní silnice anomálie +40 nT, interpretovaná jako subverikální žíla tefrifonolitu. Anomálie mívá na linii vysazených smrků hned sv. odtud. Mezi profily 13113 a 13114 je žíla evidentně pravostranně dislokována o cca 5 m.

Závěr

Müllerem (1912, 1914, 1928) je žíla v hrázi Břežyňského rybníka předkládána jako ukázkový případ přirozené bariéry pro podzemní (a zčásti i povrchovou) vodu. Jak ukazuje terénní dokumentace i povrchová geomagnetická měření, lze se s tímto názorem plně ztotožnit. Žíla byla potvrzena od odbočky k hájovně U tří borovic z hlavní silnice na JZ v celém průběhu hráze až k hájovně (č.p. 279) na patě Mlýnského vrchu na SV; dále pak pokračuje na hřbet Mlýnského vrchu. Lokální snížení bariérového účinku žíly nelze vyloučit v místech, kde je žíla příčně dislokována na zlomech ZSZ–VJV, např. mezi profily 13113 a 13114 a zřejmě i mezi profily 13112 a 13113.

Závěry pro ochranu přírody: Žíla tefrifonolitu v ose hráze Břežyňského rybníka plní stejnou funkci jako soubor žil v hrázi Máchova jezera. Je přirozenou bariérou pro povrchovou i podzemní vodu v úseku mezi prameništěm Jordán na JZ a severní patou Mlýnského vrchu na SV, tedy na vzdálenost 1,8 km. Povrchová voda má tendenci se zdržovat jihovýchodně od žíly, což je právě pramenná oblast Břežyňského potoka, dnes zaplavená vodou Břežyňského rybníka. Nepropustné dno rybníka i okolních mokřadů tvoří vrstva rašeliny a slatiny, usazená ještě před založením rybníka. Z tohoto hlediska lze zdržovací schopnost žíly hodnotit jako dlouhodobou. Co se týče podzemní vody křídového kolektoru C, její hydraulický gradient se sklání spolu s úklony vrstev k jihovýchodu, a voda tohoto kolektoru je tak zdržována severozápadně od žíly. Potencionálními cestami hydraulické komunikace napříč bariérou (včetně možných cest šíření kontaminantů) jsou drobné příčné zlomy směru ZSZ–VJV (např. u č.p. 280).

4.3. Zahrádky – hráz Novozámeckého rybníka

Situace

Novozámecký rybník je vodní nádrž na Robečském potoce mezi Jestřebím a Zahrádkami. Má rozlohu 128,3 ha, jeho maximální hladina je udávána na 258,4 m n.m. (VLČEK ED. 1984). Hráz v obci Zahrádky měří v koruně 110 m (obr. 25). Rybník je významný výskytem vodního ptactva, jeho ochrana byla vyhlášena již roku 1933, od roku 1992 je spolu s přilehlými

mokřady národní přírodní rezervací. Před rokem 1945 se rybník označoval jako *Hirnsner Teich* podle osady *Hirnsen* kolem staré poštovní stanice na jižním konci hráze. Doba jeho založení není známa, uvádí se vznik v době Karla IV. a souvislost se založením Zahrádek (např. SCHALLER 1787), v roce 1479 (VLČEK ED. 1984) nebo v roce 1790 (GRABER 1903). Poslední letopočet, vytesaný na skále blízko výpusti, je zřejmě jen datací opravy výpustního zařízení, protože rybník nepochybně existoval již dříve. Stejně nepravděpodobné je ovšem i středověké založení rybníka, protože první zmínka o něm pochází až z roku 1617 (PANÁČEK 2000).

Jižní část hráze je přirozená, tvořená pískovcovým hřbetem vybíhajícím od domků osady *Hirnsen* k severu. Skrz tuto část hráze odvádí vodu z rybníka tzv. Novozámecká průrva – strouha zasekaná do levého břehu rybníka před hrází a opatřená stavidlem. Její hloubka se udává na 14 m, šířka kolem 7 m a délka 175 m (WURM 1887). Obloukovitě obchází vlastní těleso hráze z jihu. Dostavěný úsek hráze je tak velmi krátký (110 m) uvážíme-li, že průměrná šířka údolní nivy Robečského potoka pod hrází je 200–250 m. Podle GRABERA (1903) mohlo být na stavbu hráze použito pískovce, který byl vylámán při budování Novozámecké průrvy. ŠTĚPÁN (1932) pokládal naopak celou hráz za přírodní, t.j. pískovcovou, a Novozámecký rybník za původní jezero zadržené touto hrází. Podle něho byla hráz jen uměle navýšena. Tomu by odpovídalo i tvrzení HANTSCHELA (1885) a WURMA (1887), že odtok vody z rybníka původně obstarávaly tři hluboké „zářezy“ přímo v hrázi, a strouha obcházející hráz z jihu byla prosekána až později (za Karla IV.) kvůli obavám z protržení hráze.

Těleso hráze bylo částečně odkryto při opravě v listopadu 2015, kdy se ukázalo, že hráz skutečně není čistě umělým tělesem a že její jádro tvoří rezavě zbarvený pískovec (obr. 26). Tím se potvrdilo tvrzení ŠTĚPÁNA (1932) a Novozámecký rybník se tak zařadil do podobné kategorie jako Máchovo jezero a Břežňanský rybník; zbývá jen zjistit, zda je pískovcový hřbet ve svém jádru zpevněn žilou vulkanitu.



Obr. 25. Hráz Novozámeckého rybníka při pohledu od Staré pošty na sever. Po hrázi je vedena silnice I-9 na Českou Lípou. Foto J. Adamovič.



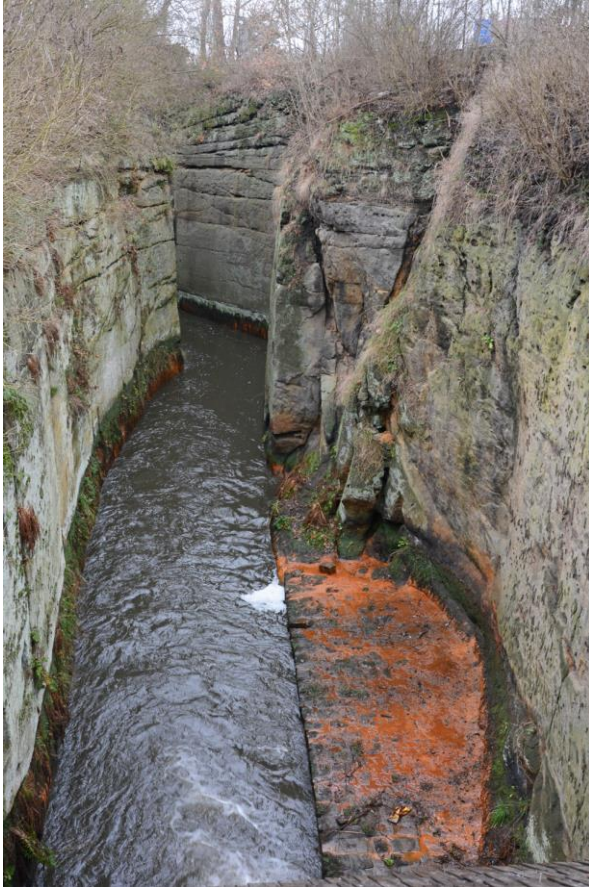
Obr. 26. Pohled na zčásti obnažené těleso hráze Novozámeckého rybníka při opravě v listopadu 2015. Oproti údajům v literatuře není hráz sypaná (alespoň v tomto úseku), ale její jádro je tvořené pískovcem. Pohled k S. Foto J. Adamovič.

Geologická situace

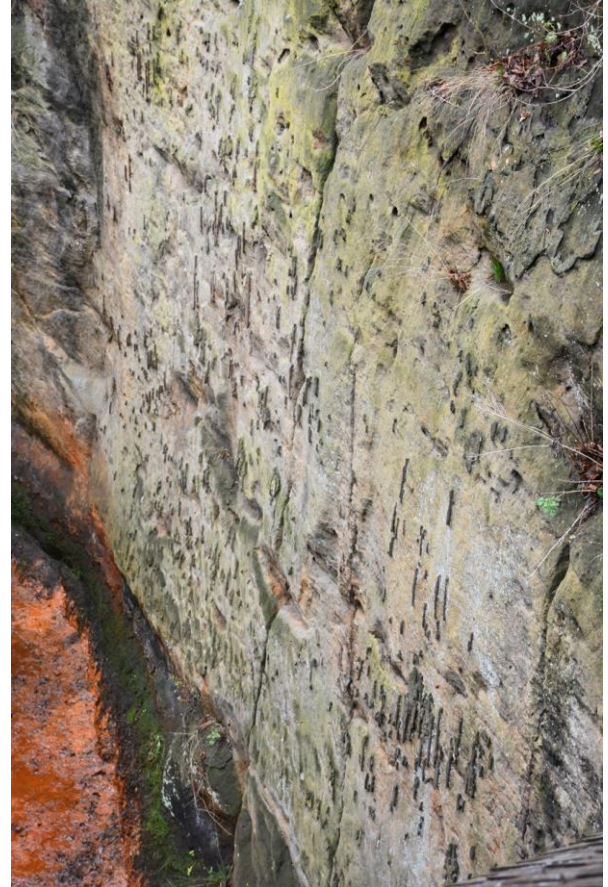
Hráz Novozámeckého rybníka je vybudována v pískovcích svrchní části jizerského souvrství. Ty se v těchto místech vyznačují vrstevními plochami (klinofornami) ukloněnými pod úhlem 10–15° k JJZ, hlavní hranice sedimentárních jednotek jsou ale ukloněny 1–2° k J. O přítomnosti žíly vulkanitu v ose hráze nikdo z dřívějších autorů neuvažoval. Nejbližším vulkanickým tělesem je bývalý vrch *Hölzelberg* severně od hráze (dnes kóta 294,3 Holice a 292,5 U státní silnice; WURM & ZIMMERHACKEL 1882). Těleso bazaltoidu s vodorovně sloupcovitou odlučností a objemnými xenolity křídových hornin bylo v 19. století intenzivně těženo, což vedlo k zarovnání původního skalnatého vršku (GRABER 1903); dnes je v tomto místě pole bez jediného výchozu. KLEIN (1963) těleso zakresluje jako izometrické a přisuzuje mu složení trachybazaltu. Možné pokračování tohoto tělesa do prostoru hráze bylo nově zjišťováno pomocí terénní dokumentace a povrchového geomagnetického měření.

Nové geologické poznatky

Jak je patrné v severním boku hráze, probíhá hráz paralelně se zónou intenzivnější puklinatosti (bod 11524), pukliny mají železité povlaky a orientaci 111/87°. Na stejné puklině byla založená Novozámecká průrva v jižním boku hráze. Sama průrva je z důvodu vysokého průtoku vody nepřístupná a v době trvání projektu nebyl rybník vypuštěn, takže nebylo možno stěny podrobněji zdokumentovat. Z tělesa stavidla lze však pozorovat v pravé stěně výpusti subvertikální puklinu směru 30° s železitou výplní (svise protažené pásy), bod 10997. Voda prosakující podél této pukliny sráží na dně průrvy povlaky oxidhydroxidů železa (obr. 27 a 28). Proželeznění na puklinách tohoto směru a červené zbarvení pískovce v hrázi ukazují na možnou komunikaci s tělesem bazaltoidu na býv. vrchu *Hölzelberg*. Přítomnost intruzivního tělesa rovněž indikují balvany rovnoměrně silicifikovaného středně zrnitého křemenného pískovce až křemence, pokrývající povrch návrší půleného silnicí I-9 na severním konci hráze (body 11520, 11525).



Obr. 27. Výpustní strouha Novozámeckého rybníka (Novozámecká průrva) je zasekaná do pískovců svrchní části jizerského souvrství vlevo od hráze. Při hloubení se využilo puklin směru 30°. Bod 10997, pohled k JJZ. Foto J. Adamovič.

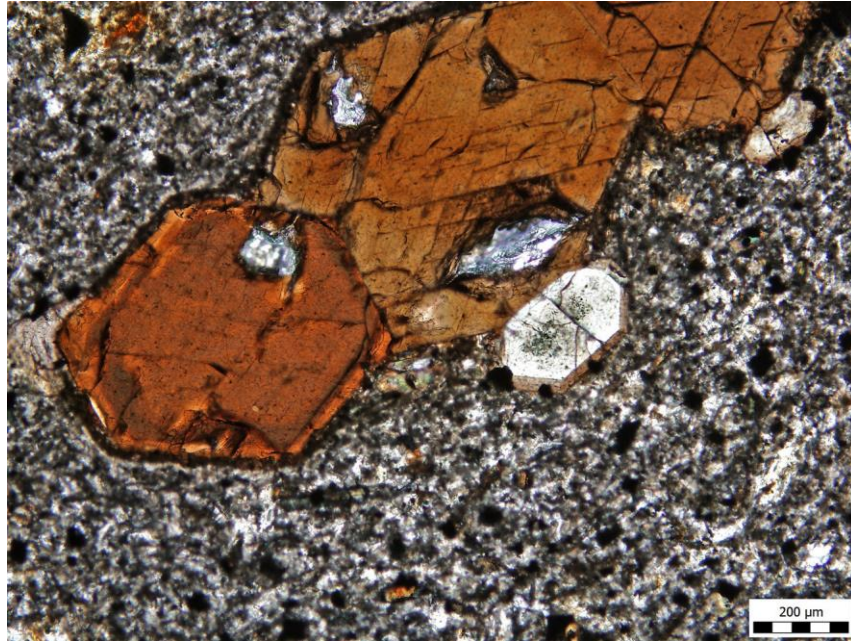


Obr. 28. Puklina orientace asi 120/90° v pravé stěně Novozámecké průrvy má na povrchu vertikálně protažené zbytky železitých výplní. Ty zpravidla indikují kontakt s tělesem bazaltoidu. Bod 10997, pohled k JZ. Foto J. Adamovič.

Na bývalém vrchu *Hölzelberg* nevystupují dnes žádné vulkanické horniny. Vzorek byl odebrán z balvanu bazaltoidu v místě magnetické anomálie na profilu 11984–11985 (viz níže). Hodnota magnetické susceptibility horniny je 26,8. Byl zhotoven výbrus (obr. 29), na němž je patrná porfyrická, místy až ofitická struktura horniny s hemikrystalickou základní hmotou. Z vyrostlic je zdaleka nejhojnější amfibol, do velké míry opacitizovaný, mnohem méně zastoupený je olivín. V základní hmotě je velmi hojný opakní Fe-Ti minerál (zřejmě magnetit), pyroxen, draselný živec a rozložený hexagonální minerál (nefelin? sodalit?). Toto minerální složení odpovídá trachybazaltu a lze tak potvrdit starší určení „sodalitický trachybazalt“ (Klein 1967), byť sodalit nebyl spolehlivě určen.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena severně od hráze. Prakticky vyloučeno bylo měření v prostoru přemostění silnice I-9, kde v důsledku přítomnosti ocelových výztuží a svodidel hodnoty kolísaly v hodnotách stovek nT. Z důvodu antropogenního ovlivnění dále nebylo možno měřit na samotné hrázi a na silnici jižně od hráze, tedy v místech předpokládaného průběhu žíly. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 30.



Obr. 29. Mikrofotografie trachybazaltu z balvanu na vrchu *Hölzelberg* u Zahrádek. Zkřížené nikoly. Geomagnetický profil 11984–11985, vzorek Kok303. Foto J. Adamovič.

profil 11982–11983

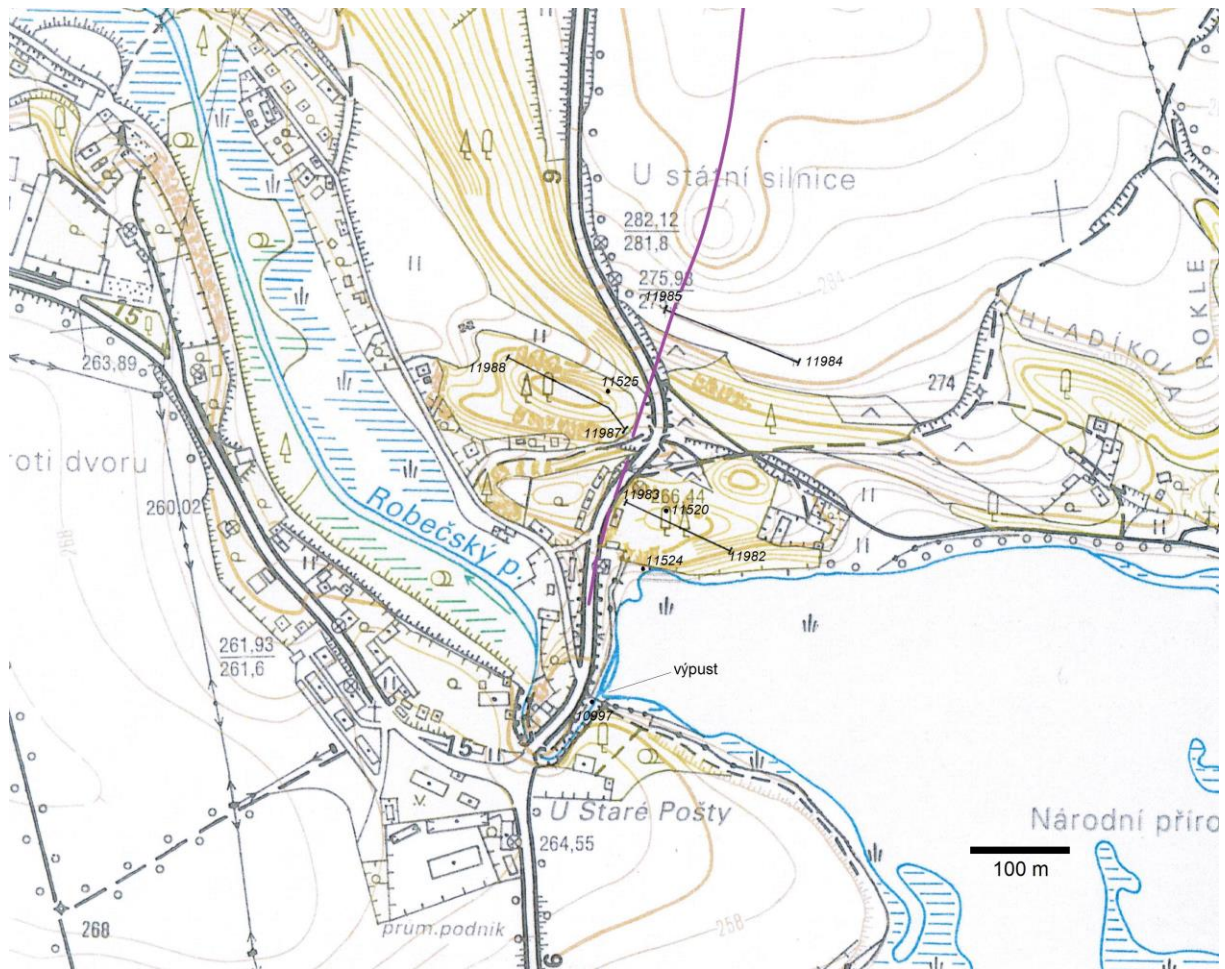
výraznější anomálie nezaznamenány, ale v posledních 20 m na z. konci profilu zjištěno plynulé snížení intenzity magnetického pole o 100 nT. Protože profil bylo třeba na Z ukončit z důvodu blízkosti budovy/silnice, není jasné, zda je toto snížení způsobeno vlivem těchto objektů, nebo zda jde o minimum doprovázející hledanou žílu vulkanitu z východu.

profil 11984–11985

při postupu od V na Z hodnoty intenzity magnetického pole rostou již od jedné třetiny profilu, maxima +400 nT je dosaženo 10 m před z. koncem profilu; anomálie je výrazná a široká, bez doprovodného minima, maximum je protaženo ve směru 193°. Anomálii interpretujeme jako žílu bazaltoidu o mocnosti nejméně 5 m.

profil 11987–11988

začátek profilu je narušený blízkostí silnice/mostu (10 m od přemostění hodnoty o 970 nT nižší oproti normálu), od poloviny profilu dále na Z hodnoty ustálené, bez anomálií.



Obr. 30. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.3. Zahrádky – hráz Novozámeckého rybníka. Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu.

Závěr

Povrchovým geomagnetickým měřením bylo potvrzeno, že žíla bazaltoidu z bývalého vrchu *Hölzelberg* severně od hráze Novozámeckého rybníka pokračuje jižním směrem k silnici I-9 a má takový směr, že by mohla pokračovat až do hráze rybníka. Přítomnosti žíly bazaltoidu v hrázi nasvědčuje také skutečnost, že hráz – alespoň ve většině své délky – je tvořena pískovcovým hřbetem, v němž se uplatňují pukliny vyhojené oxihydroxidy železa. Přítomnost žíly bohužel nelze ověřit ani geomagneticky (narušené magnetické pole), ani terénní dokumentací (nepřístupnost výpusti z rybníka). Pokud však žíla nepokračuje až do tělesa hráze, pokračují sem její doprovodné hydrotermální produkty (proželeznění), které rovněž působí částečným bariérovým účinkem na podzemní i povrchové vody. I bez potvrzení přítomnosti žíly v tělese hráze tak můžeme předpokládat přírodní zadržování povrchových vod (vznik přirozené nádrže menší rozlohy) před pískovcovým hřbetem v místě dnešní hráze ještě před jejím vybudováním.

Závěry pro ochranu přírody: Pískovce v hrázi Novozámeckého rybníka mají sníženou příčnou propustnost v důsledku vyhojení puklin oxihydroxidy železa a případně i v důsledku

proniku bazaltoidního magmatu. Fungují tak jako nedokonalá přirozená bariéra pro povrchovou vodu zadržovanou v Novozámeckém rybníku. Bariérový účinek může být ještě zesílen žilou bazaltoidu směru S–J z vrchu *Hölzelberg*, snad pokračující až do hráze. Účinek žíly na oběh podzemních vod v křídovém kolektoru C není v tomto případně nijak zásadní, protože žíla je téměř rovnoběžná se směrem hydraulického gradientu v tomto kolektoru. Pro trvalé zachování vodní plochy v prostoru Novozámeckého rybníka považujeme za důležité vzít v potaz bariérový efekt železitých výplní, popřípadě samotné žíly bazaltoidu, při jakékoliv budoucí rekonstrukci hráze – zvláště takové, která by stavebně zasahovala do osní části hráze.

4.4. Česká Lípa-Okřešice, Žizníkov – hráz bývalého Okřešického rybníka

Situace

Okřešický rybník se nacházel severně od obce Okřešice, jihovýchodně od České Lípy, v poloze dnes označované „Na okřešickém rybníku“. Jde o pramennou oblast Žizníkovského potoka, jehož vody odtud odtékají severním směrem. Před rokem 1945 nesl rybník označení *Aschendorfer Teich* podle tehdejšího názvu Okřešic. Doba jeho založení není známa. V roce 1887 měl rozlohu 4,17 ha (WURM 1887), ale tou dobou byl již do velké míry zazemněný. Podle zákresu v mapě 1. vojenského mapování z let 1780–83 lze jeho tehdejší výměru odhadnout na 21 ha (obr. 31). Během 20. století pokračovalo zazemňování rybníka, později byly vytvořeny i meliorační rýhy s cílem umožnit na ploše bývalého rybníka zemědělskou činnost (obr. 32). Plocha rybníka byla v 80. letech přetata železničním náspem trati Česká Lípa – Zákupy a Zákupy – Doksy; ucpání propustků pod náspem přispělo k částečnému obnovení mokřadů (SÝKOROVÁ & VIŠŇÁK 2009) a roku 2008 byla v jv. části původního rybníka vyhlášena PP Okřešické louky s mokřadní květenou. Do této části zasahuje svým rozšířeným rozsahem také CHKO Kokořínsko – Máchův kraj.

Hráz je převážně přírodní, zčásti zřejmě dosypaná, protažená ve směru V–Z, o délce 330 m. Výška hráze dosahuje 5–7 m. V nejužší části je v přírodní hrázi proražena 90 cm široká výpust s vodním cejchem (bod 11888). Podle zachovaných dráží byla osazená dvojicí stavidel. Dnes je výpust zčásti zasypaná a voda z mokřadu je skrz ni vedena trubkami. O 200 m dál na západ je v koruně hráze vysekaná další výpust, jejíž dno leží o 5 m výš než dno hlavní výpusti. Patrně sloužila jako jalová strouha (bod 11887). Nadmořská výška hladiny potoka v hlavní výpusti je 256 m, nadmořská výška koruny hráze v průměru 262 m. Od hlavní výpusti směrem na východ plní funkci hráze hřbet Lískového vršku (něm. *Haseldamm*), protažený stejným směrem.



Obr. 31. Znárodnění Okřešického rybníka v mapě 1. vojenského mapování (1781–83). Zdroj: <http://oldmaps.geolab.cz>.



Obr. 32. Plocha bývalého Okřešického rybníka severně od Okřešic. Pohled k SV. Foto J. Adamovič.

Geologická situace

Dno bývalého Okřešického rybníka je pod kvartérními sedimenty tvořeno prachovci a jílovcí teplického až březenského souvrství. Hlavní část hráze je však tvořená pískovci teplického až březenského souvrství, tzv. žizníkovským kvádrem – celková situace viz obr. 37. Jde o šedý vrstevnatý, převážně středně zrnitý pískovec. Na Lískovém vršku na východě jsou již pískovce překryty nadložními prachovci a jílovcí březenského souvrství. Již WURM (1887) upozornil, že v ose nápadného hřbetu tvořícího hráz Okřešického rybníka je přítomna žíla vulkanitu. Z Lískového vršku popsal také četné příkontaktní jevy na kontaktu žíly a okolních jílovců (WURM 1901, 1914, 1916) včetně výskytu porcelanitů. Situaci v porcelanitovém lomu na západním konci Lískového vršku uvedl GRABER (1904) sloupečkovitý rozpad jílovců na

kontaktu s žilou. Žílu bazaltoidu v hrázi Okřešického rybníka kartograficky znázornil až KLEIN (1963) v celkové délce 1,5 km, horninu označil za olivinický nefelinit. V mapě KLEINA (1963) a KLEINA ED. (1991) žíla ve svém průběhu střídavě naduřuje a opět se ztenčuje.

Přítomnost žíly vulkanitu v morfologicky výrazném hřbetu, zadržujícím vodu bývalého Okřešického rybníka i vodu dnešních mokřadů, je dřívějšími pracemi dostatečně prokázána. Cílem aktuálního výzkumu bylo zjistit morfologii tělesa (jedna nebo více žil?, větvení?) a ověřit spojitý průběh žíly v celé délce hráze.

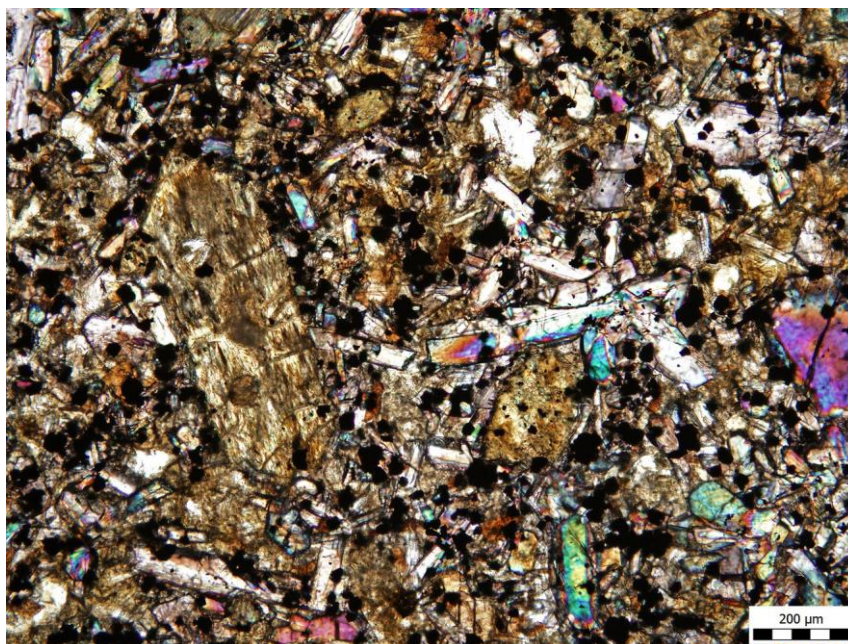
Nové geologické poznatky

Subvertikální žíla bazaltoidu o mocnosti 1,5 m je odkrytá ve středu hráze v západní výpusti z rybníka (bod 11887, obr. 33). Kontakty žíly jsou zjílovělé a tektonizované, bez výraznějších železitých výstelek, hornina ve středu žíly je poměrně čerstvá.

Podle výbrusu (obr. 34) má hornina porfyrickou strukturu, základní hmota je chloritizovaná a karbonatizovaná (původně sklovitá?). Téměř veškeré vyrostlice náleží pyroxenu, místy s přesýpátkovými strukturami nebo srůsty do podoby vějířků. Dále je přítomen olivín a chloritizovaná slída (zřejmě biotit). V základní hmotě lze rozeznat nefelin, pyroxen, apatit a opakní Fe-Ti minerál, zřejmě magnetit. Tato zjištění odpovídají dřívějšímu určení horniny olivinický nefelinit. Stejný bazaltoid lze pozorovat v malém lomu východně od hlavní výpusti (bod 11889). Na Lískovém vršku byl bazaltoid těžen v několika lomech. Z nich nejzajímavější je západní lom (bod 11891, obr. 35) s 10 m dlouhou a až 2,2 m vysokou stěnou, otočenou k jihozápadu. Ve stěně je odkrytá přes 1,8 m mocná žíla sloupcovitě odlučného bazaltu, ukloněná pod úhlem 45° k severu. V podloží ji doprovází tenčí žíla o mocnosti 30–60 cm. V jejich blízkosti podlehly okolní jílovce příkontaktní přeměně – byly vypálené na porcelanit. Jedná se o šedou až béžovou horninu, na puklinách rezavou, s lasturnatým lomem.



Obr. 33. Západní výpust z bývalého Okřešického rybníka prorazila přírodní hráz a v její ose odkryla žílu bazaltoidu. Bod 11887, pohled k V. Foto J. Adamovič.



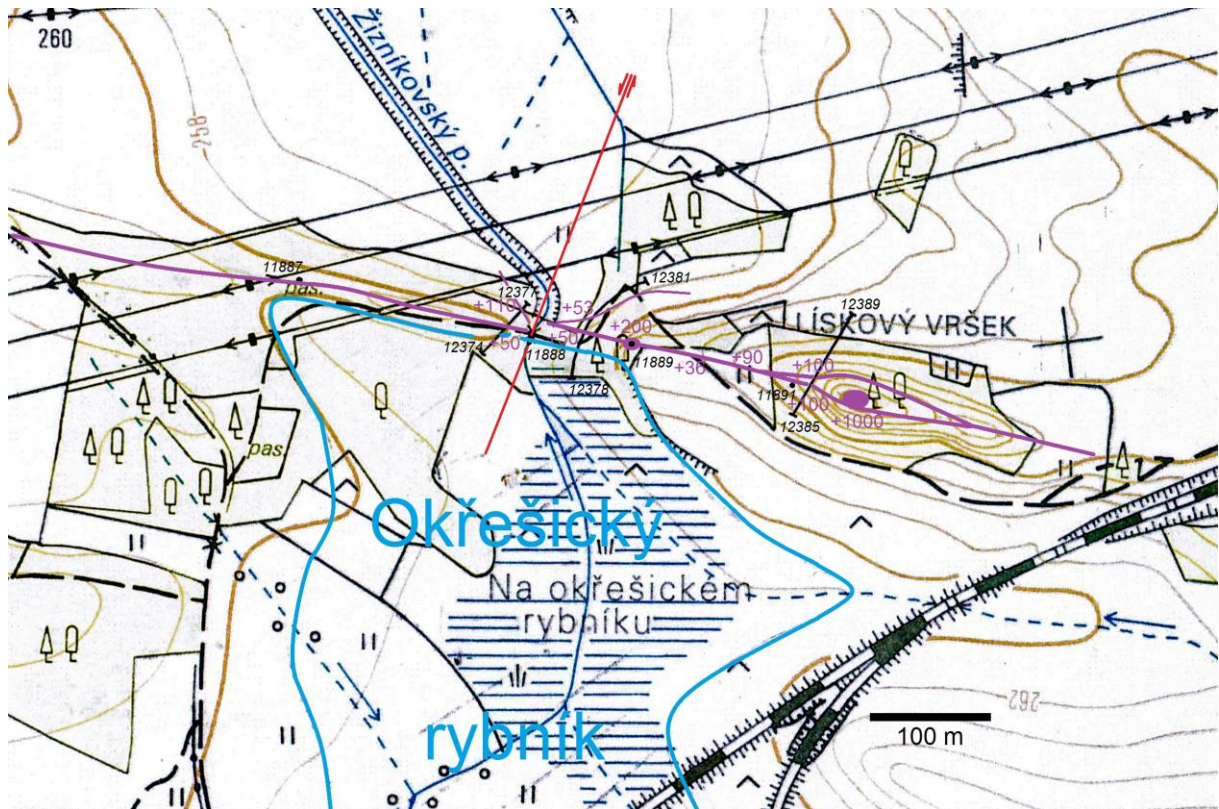
Obr. 34. Mikrofotografie bazaltoidu z místa vyobrazeného na předešlém snímku; podle popisu jde o olivinický nefelinit. Zkřížené nikoly. Vzorek Kok299. Foto J. Adamovič.



Obr. 35. Lom při západním konci hřbetu Lískového vršku. Odkryta je žíla bazaltoidu, ukloněná pod úhlem 45° k severu, v jejím podloží je tenčí odžilek stejné orientace (na něm kladívko). Okolní jílovce jsou přikontaktně přeměněné na porcelanit. Bod 11891, pohled k S. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Povrchová geomagnetická měření byla provedena západně a východně od hlavní výpusti z rybníka a dále na východním okraji tzv. porcelanitového lomu na Lískovém vršku. Měření západně od výpusti probíhala v blízkosti drátů vysokého napětí, na ostatních profilech nebylo magnetické pole lidskou činností ovlivněno. Profily byly voleny ve směru kolmo na hráz. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vynesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 36.



Obr. 36. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.4. Česká Lípa-Okřešice, Žizníkov – hráz bývalého Okřešického rybníka. Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií. Vyznačeny jsou rovněž terénní dokumentační body, na které je odkazováno v textu. Modrá čára vyznačuje obvod původního rybníka.

profil 12374–12377

24 m od j. začátku profilu (t.j. 4 m s. od vrcholu hřbetu) zjištěna anomálie intenzity magnetického pole +50 nT a směr 282°. Na J k ní přiléhá minimum začínající již na začátku profilu a dosahující až -120 nT 2,5 m j. od vrcholu hřbetu. Další anomálie 44 m od začátku profilu a 2,5 m před jeho koncem má hodnotu +110 nT a směr 330°, po stranách nemá minima. Jižní anomálie je projevem žíly bazaltoidu ukloněné pod středním úhlem k S, severní je pravděpodobně také žilou bazaltoidu, subvertikální.

profil 12378–12381

30 m od j. začátku profilu (t.j. 20 m s. od vrcholu hřbetu) zjištěna anomálie intenzity magnetického pole +50 nT směru 105°. Na J k ní přiléhá minimum začínající již na vrcholu hřbetu a dosahující až -40 nT. Další anomálie 41 m od začátku profilu na cestě má hodnotu +53 nT a směr 255°, po stranách nemá minima. Jižní anomálie je projevem žíly bazaltoidu ukloněné pod středním úhlem k S, severní je projevem subvertikální žíly bazaltoidu. Detailní měření v místě severní anomálie ukázalo, že žíla je místy kulisovitě zdvojená a na západě se přimyká k jižní žíle. Jižní žíla východním směrem pokračuje na větší těleso na bodě 11889 s magnetickým projevem +200 nT a průběhem ve směru 98°.

profil 12385–12389

38 m od j. začátku profilu (t.j. na vrcholu hřbetu) zjištěna anomálie intenzity magnetického pole +100 nT směru 105°. Na J k ní přiléhá minimum začínající již na začátku profilu a dosahující až -235 nT. Hned 5 m s. od této anomálie +100 nT je další, stejné amplitudy. Severně od obou maxim je minimum dosahující hodnoty -90 nT 20 m s. od vrcholu hřbetu. Další průběh profilu bez anomálií. Jižní anomálie je projevem žíly bazaltoidu ukloněné pod středním úhlem k S, severní je projevem žíly bazaltoidu ukloněné pod středním až vyšším úhlem k J. Měření na hřbetu dál na východ ukázala divergenci obou maxim symetricky kolem vrcholu hřbetu, se současným zvyšováním jejich amplitudy až na +1000 nT.

Závěr

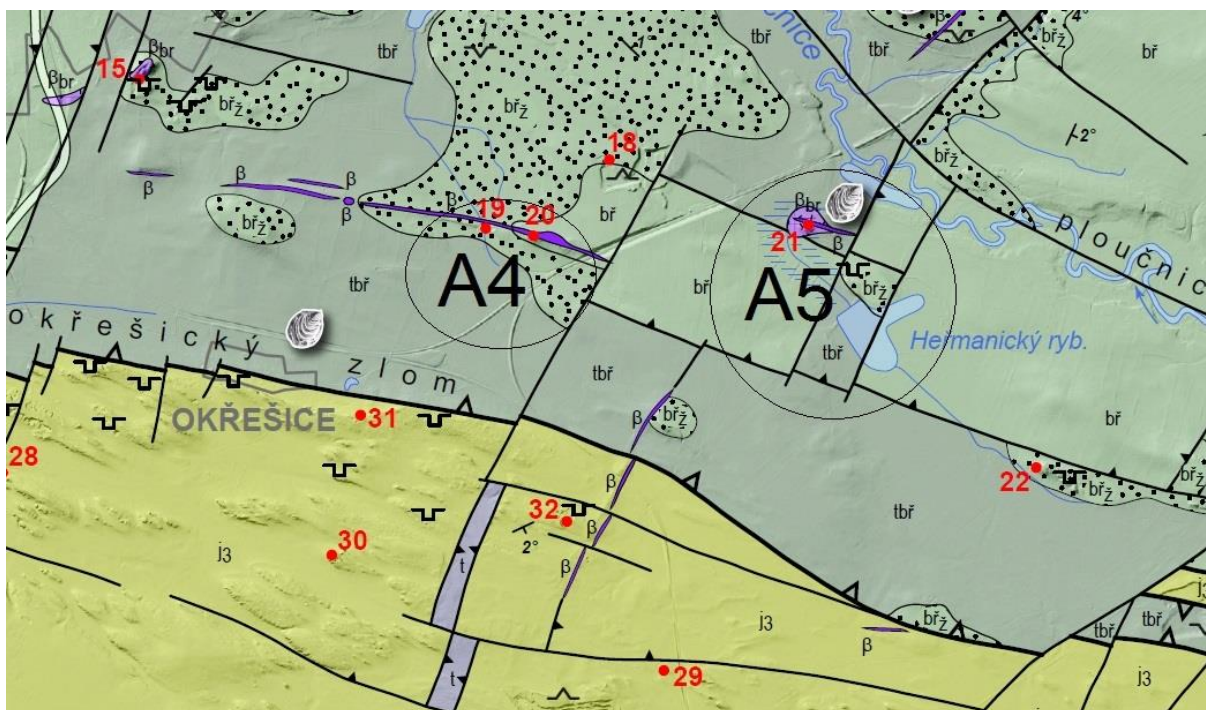
Terénní průzkum v kombinaci s povrchovým geomagnetickým měřením prokázal přítomnost dvojice žil bazaltoidu 5–20 m od sebe, protažených rovnoběžně s osou hráze. Jižnější žíla probíhá zhruba po vrcholu hráze, severnější na jejím severním svahu. Jižnější žíla je tvořená sloupcovitě odlučným olivinickým nefelinitem, 1,5–3 m mocná, a je ukloněná pod středním úhlem k S (je např. zastižena na bodě 11891). Severnější žíla je subvertikální nebo spíše ukloněná k J (střední a strmý úhel), zhruba stejně mocná. Protože se žíly ve vertikálním řezu protínají ve tvaru „X“, mohou v hlubším erozním řezu splývat do jediné žíly. Jediným místem, kde se žíly zdají být zlomově porušené, je místo s hlavní výpustí z rybníka: na základě geomagnetických měření se zdá, že jižní žíla je levostranně horizontálně posunuta o 5–10 m podél zlomu směru SSV–JJZ. Základem pro bariérový účinek na povrchovou vodu je hřbet slabě silicifikovaného pískovce; ten by však vzhledem k téměř úplné absenci železitého tmelu nebyl příčně nepropustný, a kritickou redukcí příčné propustnosti zde tak zajišťují samotné žíly bazaltoidu.

Závěry pro ochranu přírody: Dvojice žil bazaltoidu v ose hráze bývalého Okřešického rybníka je přirozenou bariérou pro povrchovou i podzemní vodu v celé oblasti mezi Okřešicemi a Lískovým vrškem. Povrchová voda má tendenci se zdržovat jižně od těchto žil, což v minulosti velmi usnadnilo vybudování rybníka. Zatěsnění hráze osazením stavidla v místě hlavní výpusti by dnes vedlo – i přes snížení akomodačního prostoru v rybníční pánvi v důsledku zazemnění – k opětovnému vytvoření nádrže s volnou vodní hladinou a potencionální hloubkou až 5 m. Nepropustné dno mokřadů tvoří prachovce a jílovce a v jejich nadloží pak vrstva rašeliny a slatiny neznámé mocnosti (dosud nezkoumáno). Z tohoto hlediska lze zdržovací schopnost žil hodnotit jako dlouhodobou; jakékoliv snahy o úplné vysušení území by byly neúspěšné. Plocha rybníka byla nepochybně mokřadem či jezerem ještě před jeho založením. Co se týče podzemní vody křídového kolektoru C, její hydraulický gradient se sklání spolu s úklony vrstev velmi mírně k severovýchodu, a voda křídového kolektoru C je tak – stejně jako povrchová voda – zdržována jižně od obou žil. Podzemní voda kolektoru D je zde nevýznamná. Potencionální cestou hydraulické komunikace napříč bariérou (včetně případného šíření kontaminantů) je příčný zlom směru SSV–JJZ v místě hlavní výpusti.

4.5. Česká Lípa-Žizníkov – okolí Heřmanického rybníka

Situace

Heřmanický rybník je vodní nádrž o rozloze 15,5 ha jižně od Heřmaniček jv. od České Lípy, jeho hladina leží 258 m n.m. Před rokem 1945 se rybník označoval jako *Hermsdorfer Teich* nebo *Güsseteich*, druhý název odkazuje na mlýn na Ploučnici asi 2 km východně. Rybník leží v pramenné oblasti bezejmenné vodoteče ústící do Ploučnice mezi Heřmaničkami a Žizníkovem. Celá oblast s nelokalizovanými prameny a mokřady zabírá plochu 2,6 × 1,1 km a je odvodňovaná k SZ. Pod Heřmanickým rybníkem byl v ohybu potoka kolem návrší Kluček (276,5 m, *Klutschenberg, Klütschenberg*) rybník označovaný jako *Klutschenteich* (zaniklý), severně odtud pak Maxův rybník (*Maxteich*, dnes obnovený). Podle WURMA (1887) je Heřmanický rybník poprvé připomínán roku 1575.



Obr. 37. Geologická mapa okolí lokalit 4.4 (býv. Okřešický rybník) a 4.5 (Heřmanický rybník), aktualizovaná na základě nových geologických pozorování a geofyzikálních měření. Převzato z rukopisu ADAMOVIČE (2017, v tisku). Legenda: j₃ – jizerské souvrství, svrchní část (pískovce), tbř – teplické až březenské souvrství (prachovce, jílovce), bř – březenské souvrství (prachovce, jílovce), bř_z – březenské souvrství, pískovce žizníkovského kvádru, β – bazaltoid, β_{br} – brekcie bazaltoidu. Červenými čísly jsou označené geologicky významné lokality.

Geologická situace

Kvartérní sedimenty jsou vedle holocenních humolitů tvořené též pleistocenními fluvialními štěrkopísky pertoltické terasy Ploučnice (riss), které tvoří vyšší partie reliéfu a byly v okolí místy těženy. Jejich podloží tvoří vápnité prachovce a jílovce březenského souvrství. Kra přepálených vápnitých jílovců byla dříve odkryta jako uzavřenina v bazaltoidní brekcii na Klučku. Z ní popsal GRABER (1904) fosilní faunu typickou pro březenské souvrství. Eliptické

návrší k. 268,4 nad samotnou hrází Heřmanického rybníka je však tvořené pískovci březenského souvrství (tzv. žizníkovský kvádr). Tvoří malou tektonickou kru, nakloněnou pod úhlem 2° k jihovýchodu. Geologická a tektonická situace je znázorněna v aktualizované mapě okolí na obr. 37. Vrch Kluček je tvořen východo–západní žilou bazaltoidu, protínající těleso intruzivní brekcie. Horninu na Klučku petrograficky popsali WURM & ZIMMERHACKEL (1882) jako olivinický bazalt. Stejně označuje tuto horninu KLEIN v mapě (1963) i v ložiskové inventarizaci (1967).

Cílem současného průzkumu bylo zjistit možnou přítomnost skrytých žil vulkanitů, které by lemovaly podmáčené území ze SV, případně i otestovat přítomnost skryté žíly vulkanitu v hrází Heřmanického rybníka.

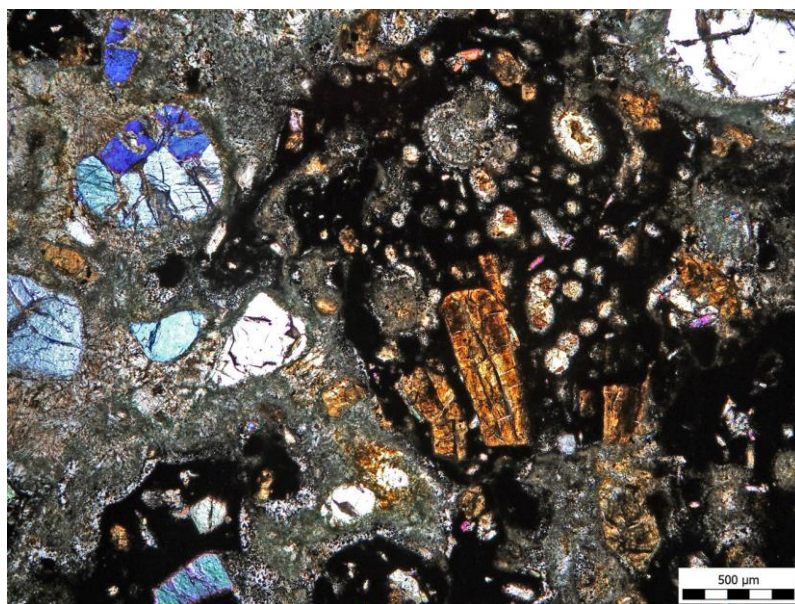
Nové geologické poznatky

Žíla černého bazaltoidu na Klučku je 0,4–1 m mocná, přibližného směru východ–západ (bod 12324). Na několika místech se směr žíly náhle mění na sever–jih; tyto změny směru mají někde charakter spojité (vrásové) deformace, jinde jde o zlomové porušení žíly z doby, kdy byla ještě v poloplastickém stavu. Bělavý kalcit tvoří výplně dutinek v brekcii, výplně puklin na kontaktu žíly a okolní brekcie i puklin přecházejících z brekcie do žíly. Sama bazaltová žíla se rozpadá na sloupce, kolmé na její kontakty. Nejsou patrné žádné známky alterace nebo hydrotermálního rozložení. Pokračování žíly zřejmě sleduje těžební rýha směru východ–západ na sousední, východnější elevaci (bod 12325). V jižní stěně rýhy lze opět pozorovat těleso brekcie s xenolity křídových sedimentů, do něhož pronikla 3 m mocná žíla kompaktního bazaltu směru sever–jih. Z dostupných odkryvů není jasné, zda jde o hlavní žílu, prohnutou do příčného směru, nebo o zcela jinou žílu. Obecně platí, že přestože žíla Klučku v zásadě vyplňuje rupturu směru V–Z, má místy tak složitý průběh, že její další pokračování lze bez geofyzikálního ověření jen těžko předvídat.



Obr. 38. Žíla bazaltoidu o mocnosti 40 cm, ukloněná strmě k Z, odkrytá lomem v z. části návrší Kluček u Heřmaniček. Nápadná je sloupcovitá odlučnost s osami sloupců orientovanými $120/9^\circ$. Bod 12324, pohled k SV. Foto J. Adamovič.

Na vzorku odebraném z žíly na bodě 12324 je ve výbrusu (obr. 39) patrná brekciovitá struktura bazaltoidní horniny s významným podílem klastických zrn křemene. Bazaltoid obsahuje chloritizované vyrostlice pyroxenu různých generací včetně křížových vyrostlic a goethitizovaný olivín ve sklovité základní hmotě s pyroxenem a opakními zrny Fe-Ti minerálu, zřejmě magnetitu. Četné jsou drobné dutinky, druhotně vyplněné zeolity a kalcitem. Minerální složení horniny je stejné jako na lokalitě 4.4. I bez pozitivní identifikace nefelinu ji proto spíše řadíme mezi olivinické nefelinity než olivinické bazalty.

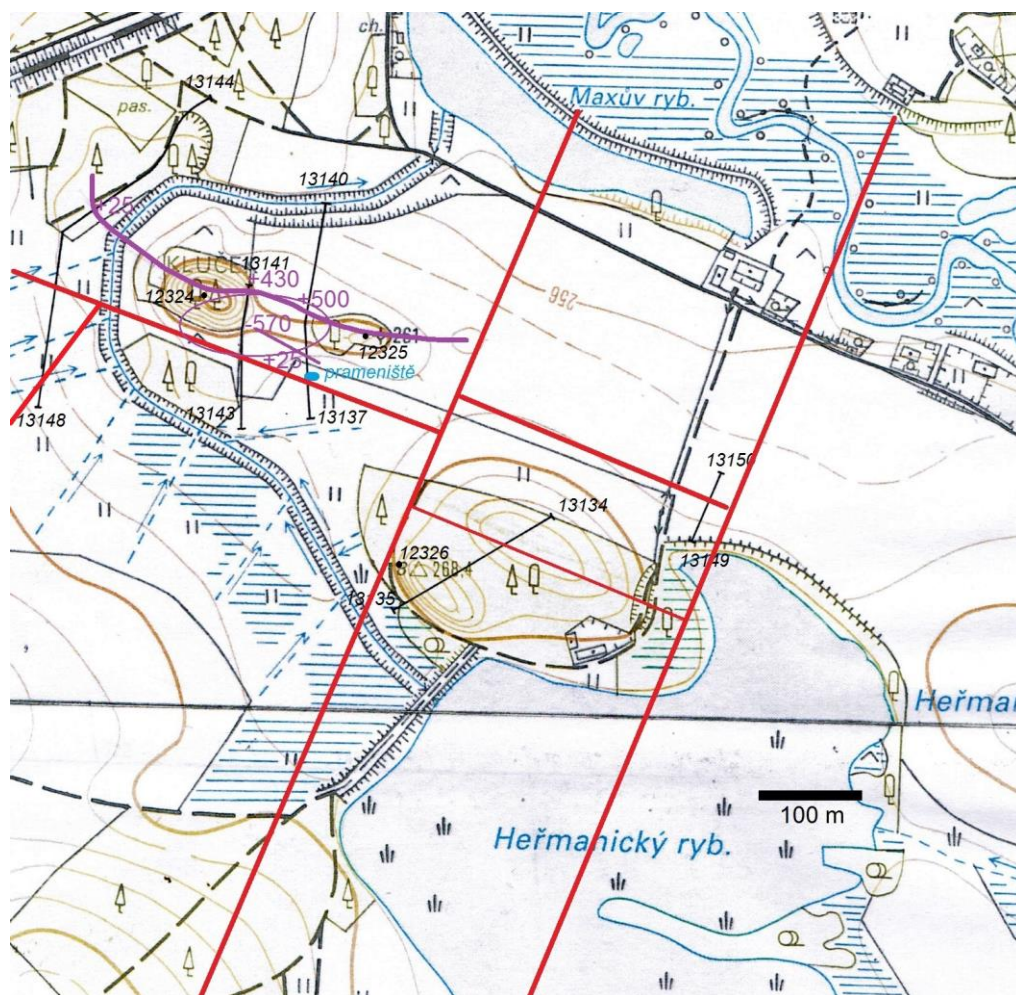


Obr. 39. Mikrofotografie olivinického nefelinitu z žíly na předchozím snímku. Byť se hornina jeví makroskopicky jako kompaktní, vykazuje spíše brekciovitou strukturu s vysokým obsahem křemenných zrn, pocházejících z okolního pískovce. Zkřížené nikoly. Bod 12324, vzorek Kok322. Foto J. Adamovič.

V severním okolí hráze je na řadě míst (výchozy, lomy) dobře odkrytý pískovec žizníkovského kvádru březenského souvrství. Na bodu 12326 mají skalní výchozy výšku až 8 m. Pískovec je jemnozrný až středně zrnitý, výše v něm přibývá hrubých zrn. Tato oblast pískovcových výchozů je podle terénního mapování zlomově omezena na západě, severu a východě oproti nadložním prachovcům březenského souvrství, na jihu přechází do podložních prachovců teplického až březenského souvrství. Oblast je součástí žizníkovské kry s úklony vrstev cca 1° k SV.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena severně od hráze a v oblasti bazaltoidní žíly V–Z na Klučku. Linie profilů byly voleny tak, aby se pokud možno vyhnuly ohrazeným pastvinám. Profil přes hřbet Klučku musel být na S ukončen přechodem přes vysokotlaký plynovod (hodnoty až 50 222 nT, t.j. 1070 nT nad normál) se sloupky katodické ochrany; i dále na východ plynovod ruší měření v blízkosti silnice Žizníkov–Heřmaničky. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vynesemím interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 40.



Obr. 40. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.5. Česká Lípa-Žizníkov – okolí Heřmanického rybníka.

Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií. Vyznačeny jsou rovněž terénní dokumentační body, na které je odkazováno v textu.

profil 13134–13135

Profil bez výraznějších magnetických anomálií. Zhruba 60 m od sv. konce profilu dojde k náhlému poklesu intenzity magnetického pole o 10 nT. Tato změna je interpretovaná jako zlom směru ZSZ–VJV.

profil 13137–13140

38 m od začátku na j. konci přechází profil přes prameniště, za nímž intenzita magnetického pole roste až do vzdálenosti 52 m, kde je anomálie +25 nT protažená do 297°; odtud na S intenzita prudce klesá, až dosáhne nejnižší hodnoty -570 nT 5 m severně od vrcholu hřbetu. 20 m za vrcholem hřbetu, t.j. 120 m od počátku profilu, je maximum +500 nT protažené do směru 115°; od něj na sever hodnoty pozvolna klesají. Obě kladné anomálie interpretujeme jako místa, kde se k povrchu přibližují žíly bazaltoidu. Severnější z nich má mocnost kolem 5 m, minimum jižně od ní je způsobeno ukloněním žíly pod středním úhlem k S.

profil 13141–13143

2,5 m od začátku profilu na S vrchol magnetické anomálie +430 nT, protažený do 112°, za ním hodnoty rychle klesají do minima -570 nT. Toto minimum v sobě zřejmě skrývá magnetický projev jižnější žíly na předchozím profilu. Minimum přejde do normálních hodnot až na j. konci profilu.

profil 13144–13148

hodnoty intenzity magnetického pole plynule stoupají od začátku profilu na SV až k anomálii +25 nT (směr 9° a 154°) 170 m za začátkem. V dalším průběhu stálé, vysoké hodnoty až k místu druhé překonávané strouhy, kde náhle poklesnou až o 70 nT (směr 67°) a za ní pomalu vyrostou jen o 30 nT. Mírného, plochého maxima +10 nT hodnoty dosáhnou v místě třetí strouhy; maximum je zde mírně protaženo do směru 220°. Anomálii +25 nT interpretujeme jako západní pokračování (zakončení?) žíly Klučku a vysoké hodnoty pokračující až k druhé strouze jako rozsah intruzivní brekcie bazaltoidu. Anomálie +10 nT je zřejmě způsobena železitémi hmotami na ruptuře směr 220°, spojující lokality 4.4 a 4.5; nelze vyloučit ani přítomost žíly bazaltoidu nedosahující k povrchu.

profil 13149–13150

Profil je bez magnetických anomálií s výjimkou severního konce, kde je narušen průběhem plynovodu.

Závěr

Geologický a geofyzikální průzkum prokázal poměrně složitou tektonickou stavbu na lokalitě s několika zlomy směru ZSZ–VJV a směru SSV–JJZ. Přes hráz rybníka ani přes pískovcovou kru severně od hráze zřejmě neprochází žádná žíla vulkanitu. Na severu podmáčené území omezuje žíla Klučku (olivinický nefelinit), která má směr zhruba 110° a podle geomagnetického průzkumu se uklání pod středním úhlem k S. Proniká tělesem intruzivní brekcie bazaltoidu, které zasahuje ještě alespoň 150 m západně od vrcholu Klučku. Drobnější žíly pozorovatelné v lomech na Klučku leží v podloží této hlavní žíly. Geomagnetická měření poskytují indicii o propojení žíly Klučku a žíly Lískového návrší zlomem směru SV–JZ s vysráženými železitémi hydrotermálními produkty.

Závěry pro ochranu přírody: Žíla olivinického nefelinitu na Klučku je plně zodpovědná za vznik mokřadů pod hrází Heřmanického rybníka. Hřbet Klučku se podílí na vytvoření hydraulické bariéry pro odtok povrchové vody. Hlavní žíla i vedlejší žíly bazaltoidu jsou i bariérou pro podzemní vodu – při úklonu vrstev k SV vyvěrá část podzemní vody podél jz. kontaktu žil, jak ukázal geomagnetický profil 13137–13140. Vyvěrající voda pochází buď z kolektoru D1, odpovídajícího žizníkovskému kvádru březenského souvrství, nebo až z kolektoru C (jizerské souvrství). Na nepropustném podloží (jílovce, prachovce) nemůže zasakovat a drží se na povrchu. V případě vod z těchto vývěrů lze očekávat jen slabé ovlivnění v důsledku kolísání srážek. Na druhou stranu se nezdá, že by jakákoliv tělesa vulkanitů zpevňovala hráz Heřmanického rybníka ani hráz bývalého rybníka *Klutschenteich*. Z důvodu velké rozlohy území nebylo časově možné provést podobně podrobný průzkum v celé zamokřené oblasti, která zasahuje na východ až k silnici Srní–Zákupy.

4.6. Doksy-Staré Splavy – hráz bývalého Baronského rybníka

Situace

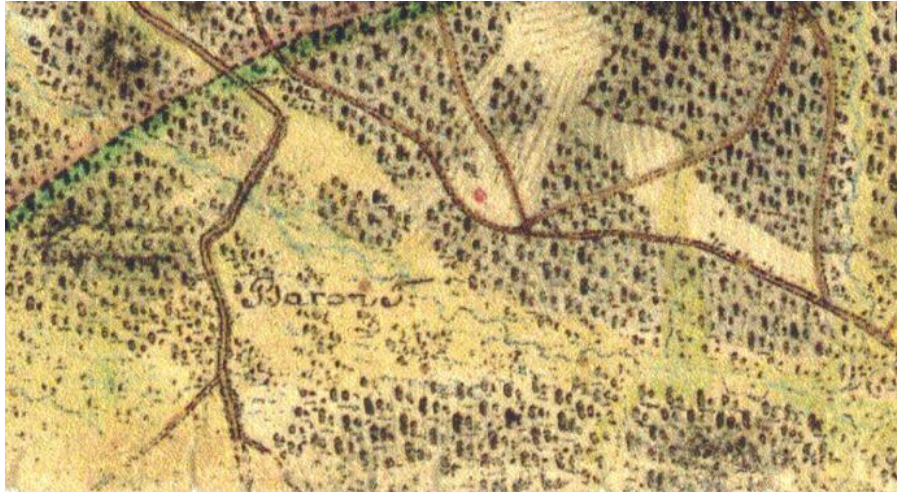
Baronský rybník (něm. *Baronteich*) se nacházel východně od Konvalinkového vršku (290,4 m, *Zaukenberg*) a severně od Dlouhého vršku (297,3 m) sz. od Starých Splavů. Zde je podmáčená pánev, jejíž voda je odváděná propustky pod železničním náspem do Robečského potoka. Původní rozlohu rybníka lze odhadnout na 25 ha s hladinou na úrovni zhruba 260 m n.m. Baronský rybník je poprvé připomínán v l. 1713–1722 (PANÁČEK 2000), v mapách 1. vojenského mapování (verze z roku 1781) je ale už zakreslený jako vypuštěný. Z této mapy (viz obr. 41) je patrné, že před stavbou železniční tratě (1867) nedocházelo ke komunikaci mezi pánví Baronského rybníka a Robečským potokem, jako je tomu dnes. Voda z prostoru Baronského rybníka odtékala přirozenou vodotečí k západu, severně od Konvalinkového vršku. Z mapy vyplývá, že hráz rybníka (a současně cesta) směřovala od SSV na východní konec Konvalinkového vršku.

Území je součástí NPP Jestřebské slatiny, vyhlášené roku 2012. Stav vegetace, včetně slatinné, v podmáčeném území bývalého Baronského rybníka popsal STUDNIČKA (2001).

Geologická situace

Prostor Baronského rybníka leží na jemnozrnných pískovcích spodní části jizerského souvrství. V nadloží pískovců jsou usazené pleistocenní eolické písky s hranci železitých pískovců a v jejich nadloží holocenní humolity. Od ostatních vodních ploch v okolí (Máchovo jezero, Novozámecký rybník) se okolí Konvalinkového vršku liší tím, že díky vysoké tektonické pozici této kry je povrchová voda přímým pokračováním hladiny podzemní vody křídového kolektoru C (báze pískovců jizerského souvrství leží v nedalekém vrtu J-262932 v hloubce jen 35,4 m, t.j. v nadmořské výšce 226 m). Ve vzdálenosti 1 km z. od vrcholu Konvalinkového vršku je tato vysoká kra omezena zlomy a žilami bazaltoidů směru SSV–JJZ na vrchu Dědek (270 m). Vrstvy jsou ukloněné generelně k JV, hladina podzemní vody v této kře je tedy vzdouvaná bariérovým účinkem žilného tahu mezi vrchem Drážeň a Malým Dubem v hrázi Máchova jezera východně odtud – viz lokalita 4.1. Ke vzduťi přispívá rovněž jílovitě rozložená žíla bazaltoidu směru SSV–JJZ, procházející přes východní vrchol Dlouhého vršku, ihned za východním koncem Baronského rybníka. Byla vymapovaná MÜLLEREM (1914) a potvrzená KLEINEM (1963) a COUBALEM A KOL. (1993). Podle těchto autorů prochází po hřbetu Dlouhého vršku další žíla bazaltoidu ve směru SZ–JV. Na Konvalinkovém vršku samotném nebyl výskyt vulkanitu nikdy zaznamenán.

Snahou současných prací bylo ověřit přítomnost žíly v ose Dlouhého vršku a případně zjistit možnost jejího dalšího pokračování na západ (severozápad). Takováto žíla by mohla fungovat jako hydraulická bariéra, zabraňující podzemnímu odvodnění Baronského rybníka do Robečského potoka. STUDNIČKA (2001) dokonce uvádí, že „masív Konvalinkového vršku pokračuje podél trati směrem ke Starým Splavům a je nesporně významnou bariérou pro podzemní i povrchovou vodu“, své tvrzení však nijak nedokládá.



Obr. 41. Baronský rybník (vypuštěný) na mapě 1. vojenského mapování (1781). Zdroj: <http://oldmaps.geolab.cz>.

Nové geologické poznatky

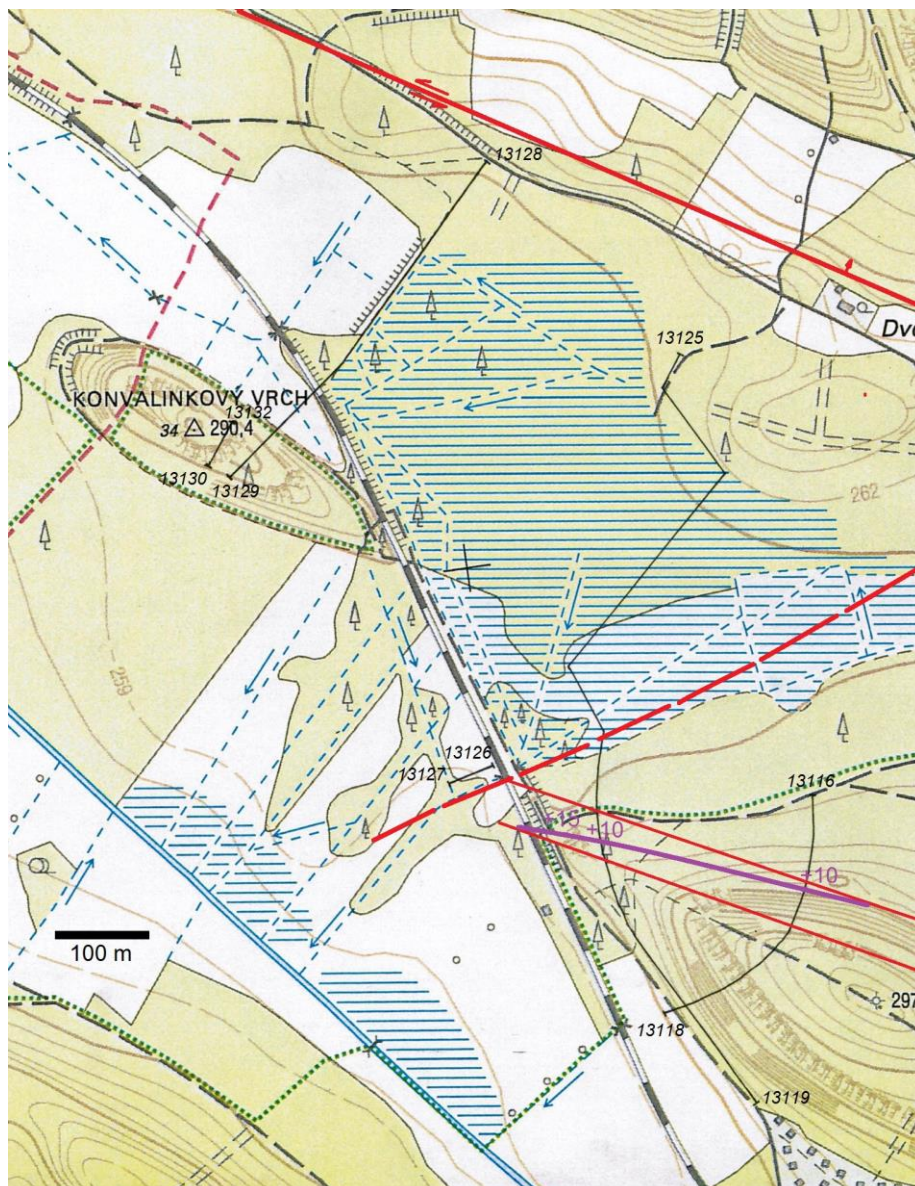
Na hřbetu Dlouhého vršku ani na hřbetu Konvalinkového vršku nebyly při terénní dokumentaci zjištěny žádné náznaky přítomnosti žil vulkanitů.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Profily povrchového geomagnetického měření byly vedeny kolmo na hřbet Dlouhého vršku a na hřbet Konvalinkového vršku. Profil na Konvalinkový vršek vedl po předpokládaném tělese hráze bývalého rybníka. Jeden z profilů také přešel zamokřené území původního Baronského rybníka od J k S; měření byla provedena v období mrazu a sněhové pokrývky v únoru 2017 (obr. 42). Měření se musela vyrovnat s rušivým vlivem železnice a s umělou linií anomálií v cestě podél jv. části profilu 13119–13125. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 43.



Obr. 42. Provádění geomagnetických měření v prostoru bývalého Baronského rybníka v únoru 2017. Profil 13119–13125. Foto J. Adamovič.



Obr. 43. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.6. Doksy-Staré Splavy – hráz bývalého Baronského rybníka. Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií.

profil 13116–13118

hodnoty intenzity magnetického pole rostou od S k J až po dosažení maxima 107 m od začátku profilu na S, po mírném poklesu o 5 nT dosáhnou dalšího maxima o 25 m dál na J, po dalším mírném poklesu o 5 nT pak pokračují v růstu, který se stočením profilu k JZ zpomalí. Růst intenzity magnetického pole jižním směrem interpretujeme nakloněním celé kry k SSV, zlomy v trendu růstu považujeme za drobné zlomy směru ZSZ–VJV. Severnější zlom je, zdá se, proniknut tenkou žilou bazaltoidu o anomálii 10 nT.

profil 13119–13128

v jz úseku profilu (podél cesty) vykazuje magnetické pole mírný nárůst sz. směrem, detaily ale těžko hodnotit z důvodu narušení pole antropogenními vlivy (zřejmě kabel podél cesty). Profil se dále stočí k S a dosáhne maxima 320 m od svého počátku (anomálie 10 nT, směr

273°), které lze sledovat i západně od profilu – probíhá 7 m severně od skalky jz. pískovce, kde má směr 91°. Jde pravděpodobně o magnetický projev tenké žíly bazaltoidu směru V–Z. 26 m dál na S, kde profil přetíná cestu, dojde ke zdatnému poklesu o 20 nT a dále k S hodnoty klesají mírněji – tento pokles kopíruje trend v severní části předchozího profilu a i zde jej interpretujeme nakloněním celé kry k SSV. Po stočení profilu k SZ (t.j. 320 m od počátku) se hodnoty ustálí, což zřejmě odpovídá zlomovému omezení ukloněné kry na SZ. Ve zbytku profilu nebyly zaznamenány žádné anomálie.

profil 13126–13127

celý profil bez anomálií, růst intenzity magnetického pole jz. směrem. Profil na JZ předčasně ukončen z důvodu neprostopnosti terénu.

profil 13128–13129

s výjimkou snížených hodnot na 15 m na s. konci profilu je celý profil bez anomálií, stále hodnoty

profil 13130–13132

podrobnější profil s krokem měření 2,5 m, vše stále hodnoty bez anomálií

Závěr

Žíla na temeni Dlouhého vršku vymapovaná poprvé MÜLLEREM (1914) ve skutečnosti prochází severním úbočím vršku a směrově varíruje mezi V–Z a VJV–ZSZ. Lze ji vysledovat až na sz. konec vršku, další průběh je nejistý. Žíla leží v úzké kře protažené VJV–ZSZ, omezené zlomy s drobnými poklesy jižních ker. Severní svah Dlouhého vršku včetně nejjižnějšího cípu býv. Baronského rybníka leží na kře ukloněné k SSV, úklon lze odhadnout na cca 10°. Zbytek rybníka leží na kře s velmi mírným tektonickým úklonem k JV. Omezení strměji ukloněné kry na SZ je zřejmě zlomové, při dřívějších geofyzikálních pracích byla v tomto průběhu zjištěna zóna snížených odporů. Hydraulická funkce tohoto zlomu však není známa. V ose Konvalinkového vršku žádná žíla vulkanitu neprochází, není přítomna ani v ose předpokládané hráze Baronského rybníka, kterou sledovala sv. část profilu 13128–13129.

Závěry pro ochranu přírody: Vzhledem ke geologické/hydrogeologické pozici kry s býv. Baronským rybníkem (hladina kolektoru C se dostává nad úroveň zemského povrchu) je možno předpokládat, že před vytvořením hlubokých drenážních strouh (ve středověku?) zde existovalo větší množství povrchových vodních nádrží, zásobovaných pramennými vývěry, případně i jedna větší nádrž, protékající Robečským potokem. Co se týče konkrétně Baronského rybníka, oproti předchozím představám se ukázalo, že neexistuje žádná hydraulická bariéra, která by propojovala Konvalinkový vrch a Dlouhý vršek, a tvořila tak přirozenou hráz rybníka na JZ. Baronský rybník má však částečné hydraulické omezení z jižní strany – tvoří ho tenká žíla bazaltoidu procházející severním úbočím Dlouhého vršku i zlomy s ní zhruba rovnoběžné. Obojí mohou pokračovat dále západním směrem a v kombinaci se severními úklony kry na S od nich mohou zadržovat podzemní vodu v prostoru Baronského rybníka. Účinkem této žíly zřejmě docházelo k povrchové drenáži prostoru Baronského rybníka západním směrem, a nikoliv přímo do Robečského potoka, jak je znázorněno v mapě 1. vojenského mapování (obr. 41). Umělé odvodnění povrchové vody z oblastí Baronského rybníka mohlo být nasměrováno k jihu až spolu s výstavbou železnice a vytvořením propustků pod železničním náspem. Protože se přítomnost hydraulické bariéry

(žíly bazaltoidu) geomagneticky neprojevila v místě předpokládané původní hráze Baronského rybníka sv. od Konvalinkového vršku a tato „hráz“ nemá ani výrazné převýšení oproti okolí (cca 50 cm), nabízí se otázka, zda vůbec Baronský rybník existoval jako vodní plocha v hranicích, které jsou mu přisuzovány. Z hlediska šíření případné kontaminace je potřeba vzít v úvahu bezprostřední propojení povrchové a podzemní vody (kolektor C) na tomto úseku toku Robečského potoka.

4.7. Bezděz – hráz Mariánského rybníka

Situace

Mariánský rybník leží na krátkém pravostranném přítoku Okenského potoka mezi Okny a Oborou, hladinu má v nadmořské výšce 275 m. Jde o malý rybník s rozlohou přibližně 0,7 ha, na nějž dále proti proudu navazuje rašeliniště sycené prameny (DOHNAL 1961), jeho hladina leží kolem 272 m n.m. Od rozsáhlejších mokřadů lemujících Poselský rybník na Okenském potoce je oddělen sypanou hrází směru S–J o délce 50 m. Rybník je sevřený mezi dvojicí pískovcových návrší, tvořících jeho severní a jižní břehy. Založení rybníka je zřejmě novějšího data, rybník není zakreslen ani v mapě MÜLLERA (1914), ani v mapě 1:50 000 z r. 1928, poprvé ho připomíná KINSKÝ (1936). Původně mohl být součástí Poselského rybníka.

Geologická situace

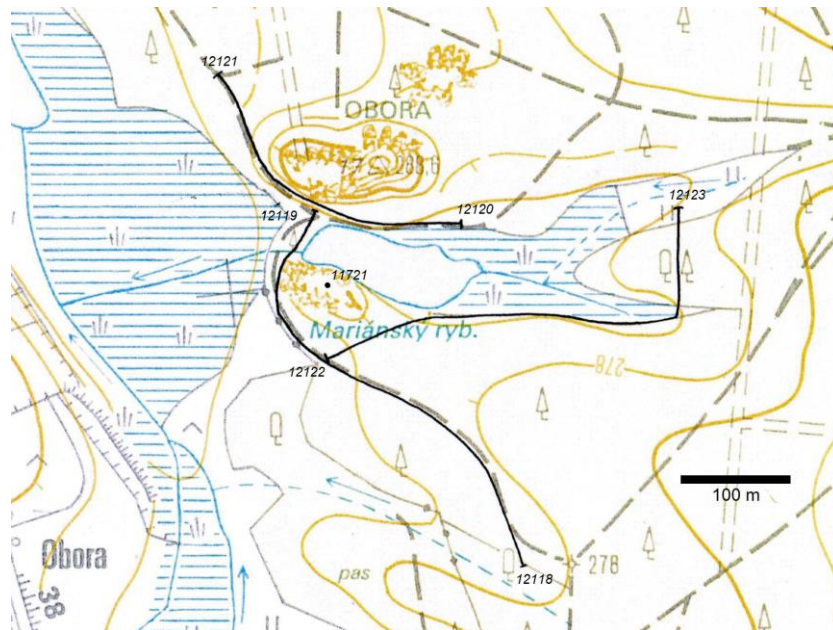
Pískovcové výchozy podél Mariánského rybníka jsou tvořené střední částí jizerského souvrství. Tělesa vulkanitů zde nebyla zjištěna MÜLLEREM (1914), ani pozdějšími autory.

Nové geologické poznatky

Pískovce střední části jizerského souvrství v levém břehu rybníka (návrší 291 m n.m., bod 11721) jsou středně zrnité, nahoru přibývá hrubých zrn a 1,5 m pod vrcholem je vyvinuta slepencová poloha. Ve spodní části skal se v důsledku zvětrávání vytvořily dvě úrovně s velkými eliptickými dutinami nad sebou. Nebyly pozorovány žádné jevy nespojitě tektoniky. Možné přítomnosti žíly bazaltoidu by nasvědčovala zvýšená pevnost pískovce, který byl vhodný na lámání stavebních kvádrů (štuk). Geomagnetická měření se zaměřila především na ověření možné přítomnosti žíly bazaltoidu v ose hráze.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena rovnoběžně s hrází (po cestě na hrázi) i na obou březích rybníku kolmo na hráz. Naměřené hodnoty intenzity magnetického pole jsou narušené na hrázi v krátkém úseku, kde je v hrázi vedena zatrubněná výpust z rybníka (hodnoty +160 nT). Jinde byl průběh měření bez rušivých vlivů. Situace geomagnetických profilů je na obr. 44.



Obr. 44. Situace na lokalitě 4.7. Bezděz – hráz Mariánského rybníka. Tělesa vulkanitů nebyla zjištěna. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů. Vyznačeny jsou rovněž terénní dokumentační body, na které je odkazováno v textu.

profil 12118–12119

celý profil s vyrovnanými hodnotami intenzity magnetického pole, bez anomálií (s výjimkou anomálie nad výpustí z rybníka – potrubí)

profil 12120–12121

celý profil s vyrovnanými hodnotami intenzity magnetického pole, bez anomálií

profil 12122–12123

celý profil s vyrovnanými hodnotami intenzity magnetického pole, bez anomálií

Závěr

Na lokalitě nebyly zjištěny žádné magnetické anomálie, které by mohly indikovat tělesa vulkanických hornin.

Závěry pro ochranu přírody: Při založení Mariánského rybníku nebylo využito žádných přírodních bariér pro podzemní nebo povrchovou vodu. Hráz rybníka jen zadržuje povrchovou vodu, které brání v zasakování do pískovcového podloží vrstva rašeliny o nízké propustnosti. Tok podzemní vody křídového kolektoru C v podloží rybníka není narušen žádnou hydraulickou bariérou. Při případných zásazích do rybníčního dna je důležité, aby nedošlo k narušení vrstvy rašeliny.

4.8. Holany – bývalý Litický rybník

Situace

Litický rybník byl vodní nádrž na Litickém potoce pod osadou Ráj, severně od silnice Holany–Litice. Rybník ležel v místech, kde se Litický potok zařezává do západní, plošší části hřbetu *Leintsch* (dnes Mlýnčí). Jeho rozloha, doba založení ani zániku nejsou jasné, v přehledu PANÁČKA (1999) rybník chybí. Rybník není zakreslen v žádné historické mapě, ale podle délky dobře zachované boční hráze na SZ lze předpokládat, že jeho maximální rozloha byla 3–4 ha. Pod názvem *Litnitzer Teich* ho zmínil GRUNERT (1884). Hráz leží v místě, kde se západně od potoka zvedá několik metrů vysoký kopeček *Webers Hügel* jako nejzápadnější výběžek návrší *Leintsch*. Osa hráze je šikmá k průběhu potoka a má směr přibližně SZ–JV. Místo hráze lze identifikovat podle toho, že břehy potoka jsou zde vyšší než jinde (zřejmě zbytky sypané hráze) a těsně před ní se potok klikatí a překonává mírný terénní stupeň.

Geologická situace

Litický rybník byl vybudován na jílovcích a prachovcích teplického až březenského souvrství jen 400 m severně od významného úštěckého zlomu (MÜLLER 1924b, KLEIN ED. 1991). Podle MÜLLERA (1924a, b, 1928) nebylo místo zvolené pro vytvoření hráze náhodné, protože hornina zde byla zpevněná tělesem intruzivní brekcie (v originále *Basaltschlot*) tvořícím kopeček *Webers Hügel* hned západně od potoka (obr. 45). MÜLLER (1924b) tento vulkanický výskyt v mapě vyznačil jako izometrický útvar. KLEIN A KOL. (1966) ani KLEIN ED. (1991) na lokalitě žádná tělesa vulkanitů nezakreslili.

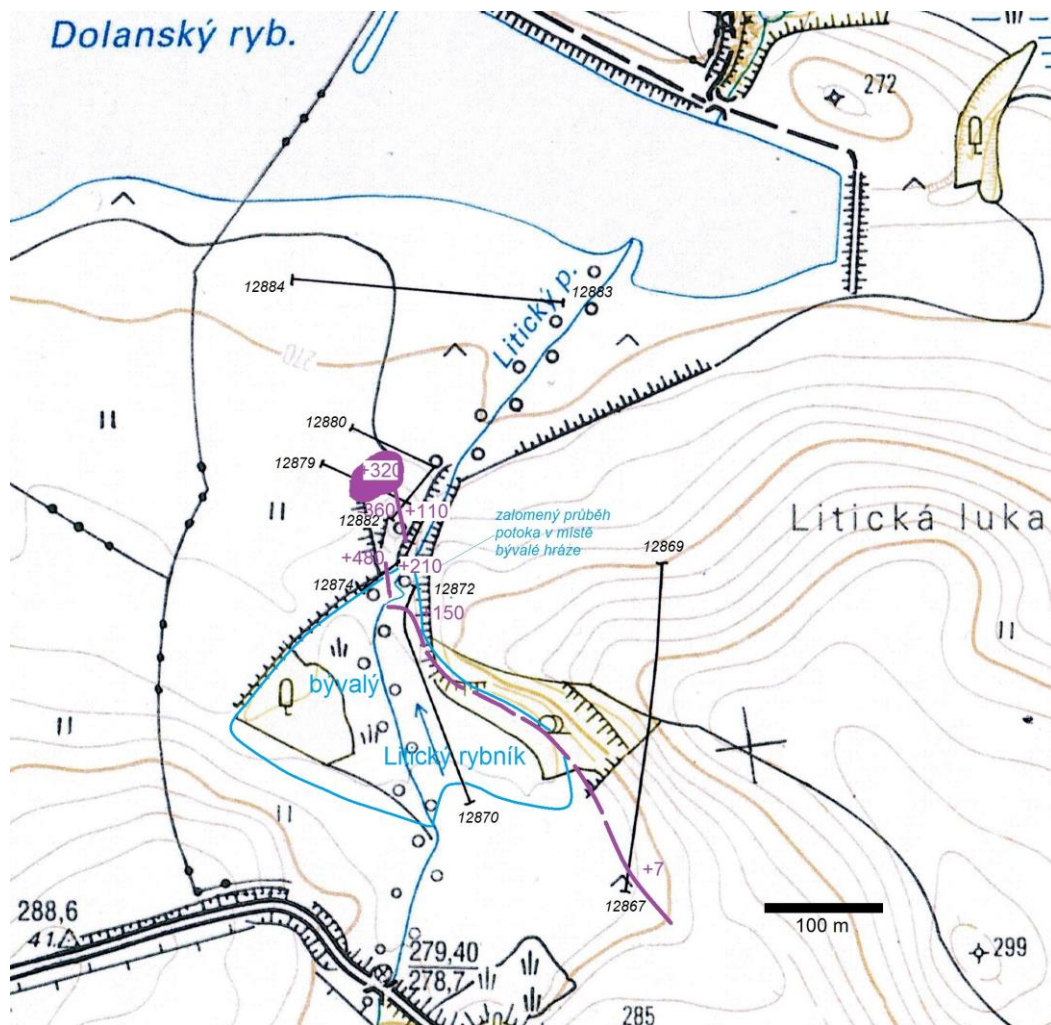
Na lokalitě nejsou patrné žádné horniny na výchozech, situaci bylo proto třeba ověřit metodou povrchové magnetometrie.



Obr. 45. Nenápadný pahorek *Webers Hügel* na levém břehu Litického potoka je ve své severozápadní části (na foto vpravo) tvořen tělesem intruzivní brekcie bazaltoidu. Hráz Litického rybníka byla vybudovaná na žíle, která z něj vybíhá k JJV. Pohled k J. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Geomagnetická měření byla provedena v prostoru hráze, východně a severně od ní. Měření se nesešla s rušivými vlivy antropogenního původu. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vynesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 46.



Obr. 46. Průběhy těles vulkanitů na lokalitě 4.8. Holany – bývalý Litický rybník. Tělesa vulkanitů jsou znázorněna fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Modrá čára vyznačuje obvod původního rybníka.

profil 12867–12869

15 m za začátkem profilu na J magnetická anomálie +7 nT, protažená do směru 344°, zbytek profilu bez anomálií. Anomálii interpretujeme jako tenkou, subvertikální žílu bazaltoidu.

profil 12870–12872

V celém průběhu profilu intenzita magnetického pole mírně roste, maxima dosáhne 15 m před severním koncem (těsně před zklíčením potoka), dál na S hodnoty rychle klesají. Tato anomálie má hodnotu 150 nT a směr 281°. Směrem na Z se rychle zvyšuje její hodnota

na +130 nT, za potokem dokonce +210 nT, se změnou směru na SSZ–JJV. Anomálii interpretujeme jako žílu bazaltoidu, ukloněnou strmě k J až JZ. Změna směru před potokem a za ním se zdá být nespojitá, s mírným přetržením průběhu žíly.

profil 12874–12879

profil je nejprve veden po boční hrázi rybníka k SV, pak se zalomí k SZ přes vrchol kopečku *Webers Hügel*. 32 m od začátku profilu na JZ je magnetická anomálie +480° ve směru 170°, 25 m za zalomením k SZ je anomálie +110° ve směru 347° a dále následuje ploché maximum intenzity magnetického pole s amplitudou +60 nT 41 m za zalomením profilu k SZ; toto maximum má osu do směru 18°, kam hodnota narůstá až na +320 nT, zatímco jižním směrem přechází do normálních hodnot. První dvě anomálie interpretujeme jako pokračování žíly z předchozího profilu (ovšem ve směru SSZ–JJV), třetí anomálii jako těleso intruzivní brekcie bazaltoidu, zhruba zabírající sz. část kopečku *Webers Hügel*.

profil 12880–12881

profil je nejprve veden severně od kopečku *Webers Hügel* k VJV, pak se zalomí k JZ na jeho vrchol. V prvním úseku se hodnoty blíží normálu, 20 m za zalomením k JJZ dosáhnou hodnoty minima -90 nT a 40 m za zalomením k JJZ maxima +180 nT. V jz. zakončení profilu je dosaženo hodnot -360 nT (výrazné minimum). Profil celkově ilustruje rozsah magnetického minima v lemu tělesa intruzivní brekcie, zaznamenané maximum přisuzujeme žíle bazaltoidu, která přichází k brekci od JJV a byla zaznamenána i na předchozích profilech.

profil 12883–12884

profil s vyrovnanými hodnotami intenzity magnetického pole, bez anomálií

Závěr

MÜLLEREM (1924, 1928) zmiňované těleso „*Basaltschlot*“ na kopečku *Webers Hügel* sz. od hráze bylo povrchovým geomagnetickým měřením potvrzeno. Zaujímá sz. část kopečku a má zřejmě charakter intruzivní brekcie bazaltoidu. Z něj vybíhá žíla bazaltoidu ukloněná strmě k ZJZ a segmentovaná na několik částí. Segmentace pravděpodobně není zlomovým porušením, ale byla vytvořená již při výstupu magmatu, které využilo různých, navzájem rovnoběžných ruptur. Celkový průběh této žíly má směr SZ–JV a leží asi 10 m jz. od osy předpokládané hráze. Tato koincidence vede k závěru, že hráz rybníka byla skutečně dobudována v místě, kde byly prachovce zpevněny blízkostí intruze a tvořily přirozenou bariéru pro povrchovou vodu. Po překročení potoka žíla bazaltoidu pokračuje dále k JJZ na vzdálenost nejméně 300 m; zda je i v tomto úseku segmentovaná, nebylo zjišťováno.

Závěry pro ochranu přírody: Žíla bazaltoidu na návrší *Leintsch* byla přirozenou bariérou pro povrchovou vodu a na Litickém potoce zřejmě vzdouvala hladinu ještě před založením rybníka. To se i dnes, po stržení (protržení?) hráze, odráží ve větším rozsahu mokřadů podél potoka nad hrází ve srovnání s úsekem pod hrází.

5. Výsledky geologického a geofyzikálního průzkumu: popis studovaných lokalit s bariérami pro povrchovou vodu

5.1. Vojtěchov – pramen Stříbrník a pramen v Boudecké rokli

Situace

Potok Pšovka je ve Vojtěchově dotován především skrytými vývěry, ústími přímo do údolní nivy. Několik pramenů vyvěrá v boku údolí, kde byly zachyceny studánkami. V současné době jsou nejvýraznější pramen Stříbrník v levém boku údolí na v. konci obce, pramen v pravém ústí Boudecké rokli na z. konci obce a studánka U Habešů v pravém boku údolí na z. konci obce. Další prameny jsou v ústí Planého dolu na severním okraji Vojtěchova. Lokalita leží na území PR Kokořínský důl.

Pramen Stříbrník leží v nadmořské výšce 244 m v místě, kde do Kokořínského dolu ústí Pivovarská rokli. Zde snad spolu s prameny z Planého dolu dříve napájel Pivovarskou tůň (též zvanou Stříbrník). Svůj velký význam měl už v 18. století, kdy se o něm jako o významném vodním zdroji zmínil SCHALLER (1790). Podle CINIBULKA (1911) se jednalo vlastně o dva prameny, přičemž ten blíž k Ráji se jmenoval Zlatý pramen.

V roce 1921 byl vypracován projekt na skupinový vodovod, zásobující Mšeno a jeho široké okolí vodou z pramenu Stříbrník, dokončen byl v roce 1923. Dnes voda ze Stříbrníku zásobuje 36 obcí (ZIMA 1950, JOHN A KOL. 1957, TICHÝ 1967). Původní přírodní pramen o vydatnosti 12 l/s a teplotě vody 8,5 °C (PODVOLECKÝ 1934) byl zesílen vyražením jímacích štol a před pramenem byla postavena vodárna (obr. 47 a 48). Komplex jímacích štol má dnes přístupnou délku 164 m a nachází se ve skalním masivu mezi budovou vodárny a ústím Pivovarské rokli (BRZÁK 1999). Chodby většinou vznikly rozšířením stávajících puklin. Většina byla vysekána v roce 1921, jak ukazují datace na stěnách.



Obr. 47. Budova vodárny u jímacího objektu Stříbrník. Datace 1923 ve štítu se vztahuje k dokončení skupinového vodovodu pro kokořínské obce a zprovoznění vodárny. Foto J. Adamovič.



Obr. 48. Voda odtékající z vodárny na Stříbrníku je bohatá na ionty Fe^{2+} , které se v mokřadu pod výtokem srážejí do podoby sloučenin s Fe^{3+} . Foto J. Adamovič.

Geologická situace

Vody pramenu Stříbrník i pramenu v ústí Boudecké rokle vyvěrají z pískovců vojtěchovského kvádru (pásmo VIII, střední část jizerského souvrství). Kokořínský důl včetně okolí Vojtěchova je pro stratigrafii svrchní křídly klasickou oblastí. Pracovali zde KREJČÍ (1869, 1870), FRIČ (1885) a Č. ZAHÁLKA (např. 1895, 1897a, b), výskyty vulkanitů zde zpracoval B. ZAHÁLKA (1905). Novou geologickou mapu 1:50 000 vytvořil kolektiv PRAŽÁKA ED. (1991) a podrobně zde mapoval ADAMOVIČ (1989, 1994). Nikdo z uvedených autorů v blízkosti pramene Stříbrník ani pramene v ústí Boudecké rokle nezaznamenal žádné těleso vulkanitu.

V roce 2007 zjistil SLÁVEK VALDA, pracovník Správy CHKO Kokořínsko – Máchův kraj v prostoru nad vodárnou Stříbrník výskyt bazaltové suti a na ní vázaný výskyt odlišné vegetace. Výskyt byl pozitivně ověřen a na něj navázal i povrchový geomagnetický průzkum, jehož interpretaci zde předkládáme.

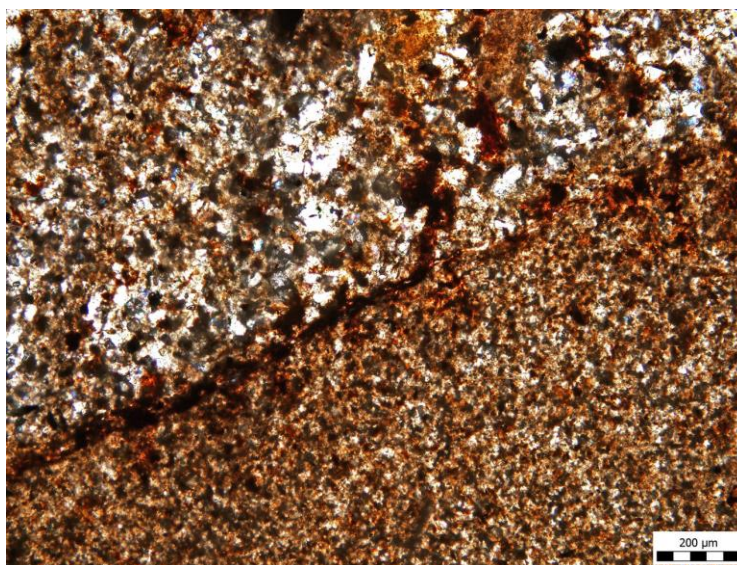
Nové geologické poznatky

V severních svazích návrší Nade mlejny jižně od Vojtěchova vystupují pískovce prvního kokořínského kvádru (FRIČ 1885) v nadmořské výšce 308–320 m. Přímo nad vodárnou Stříbrník se nachází plochá sníženina bez pískovcových skal, protažená do směru zhruba 20° . V horní části svahu jsou přítomny úlomky křemence a drť bazaltoidu s vyrostlicemi mafických minerálů (bod 2929, obr. 49). Pískovcové skály lemující tuto sníženinu na Z jsou porušené drceným pásmem s puklinami orientace $267/86^\circ$. Skály hned východně od sníženiny jsou porušené nedokonale vyvinutým souborem hustých puklin $65/79^\circ$, které dále na východ přecházejí do méně hustých, ale průběžných puklin $50/90^\circ$. Na jižním svahu hřbetu Nade mlejny podobná sníženina není a pokračování tělesa vulkanitu tam není patrné.



Obr. 49. Sníženina s úlomky křemence a bazaltoidu nad vodárnou Stříbrník ve Vojtěchově, bod 2929. Pohled k JZ. Foto J. Adamovič.

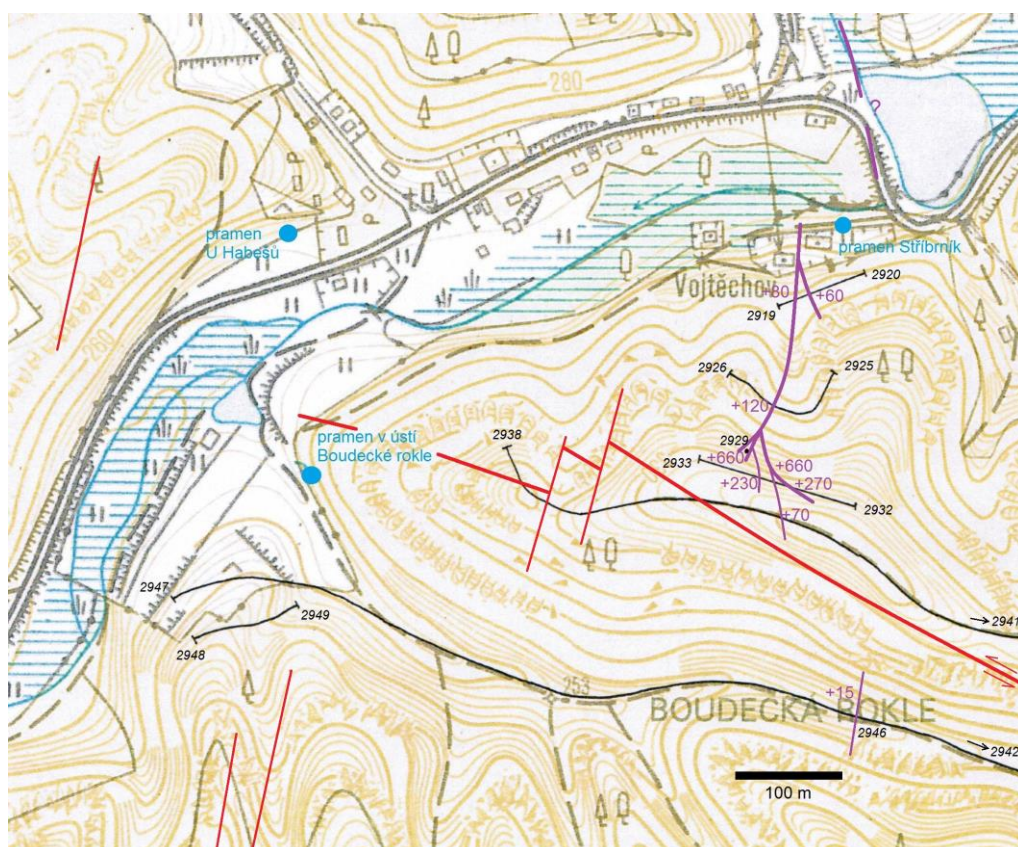
Vzorek odebraný v suti na bodě 2929 je tmavohnědou jemnozrnnou horninou, původně považovanou za bazaltoid. Ve výbrusu (obr. 50) se však ukázalo, že jde o křemencem odvozený od jemnozrnného křemenného pískovce/písku a vytvořený jeho druhotnou cementací SiO_2 . V křemenci se nachází ostrohranný útržek prachovce, rovněž silicifikovaného. Hnědé zbarvení je způsobeno vysokým obsahem železitého pigmentu v tmelu.



Obr. 50. Mikrofotografie křemence z balvanu odebraného nad vodárnou Stříbrník ve Vojtěchově. Patrná je hranice mezi původním jemnozrnným pískovcem (nahore) a prachovcem (dole), zvýrazněná oxihydroxidy železa. Bod 2929, vzorek Kok133. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena ve stráni nad vodárnou Vojtěchov a v Boudecké roklí. Měření nebyla významněji rušena antropogenními vlivy, vodovod spojující vodárnu a spodní vodojem s horním vodojemem na Romanově vede Pivovarskou roklí mimo prostor měření. Přehledná situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 51, tvar tělesa ve svahu nad vodárnou Stříbrník je podrobně vykreslen na obr. 52.



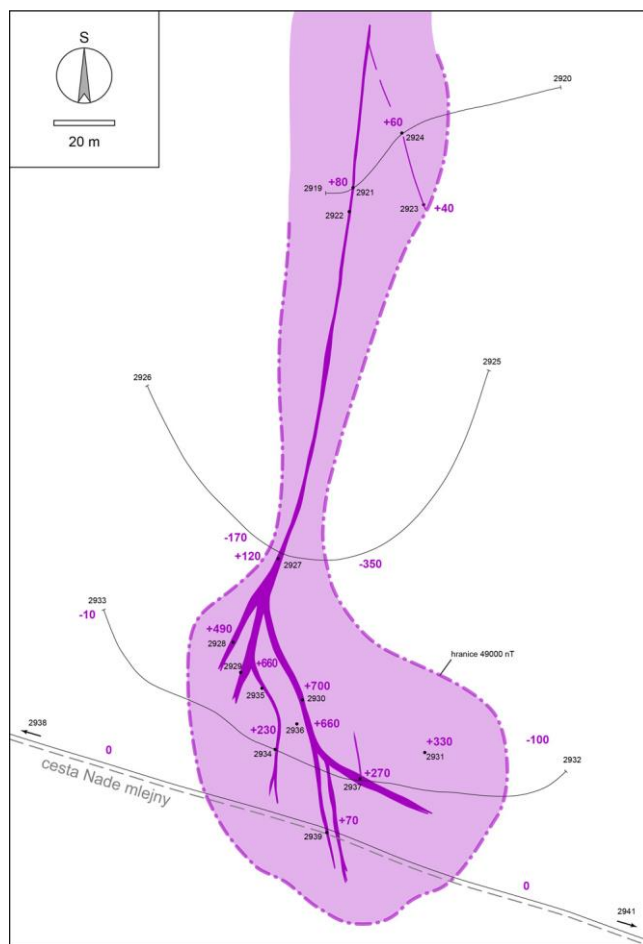
Obr. 51. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.1. Vojtěchov – pramen Stříbrník a pramen v Boudecké roklí. Vulkanity jsou znázorněny fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií.

profil 2919–2920

10 m od z. začátku profilu anomálie +80 nT směru 187°, 36 m od z. začátku profilu anomálie +60 nT směru 160°. Obě anomálie jsou interpretovány jako subverikální žíly bazaltoidu o mocnosti do 1 m.

profil 2925–2926

profil výrazně obloukovitého průběhu, po vrstevnici. 70 m od v. začátku profilu anomálie +120 nT směru 191° a dále na jih (kolem bodu 2929) 170°, oddělená z obou stran výranými minimy. Interpretujeme ji jako projev subvertikální žíly bazaltoidu o mocnosti 1–2 m.



Obr. 52. Tvar tělesa bazaltoidu nad vodárnou Stříbrník – detail na základě geomagnetických měření. Vulkanity jsou znázorněny fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů a bodů na pomocných (nevyznačených) profilech. V místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyvýšené místo s maximem suti bazaltoidu (zřejmě výchoz žíly) leží mezi body 2928 a 2929.

profil 2932–2933

profil mírně obloukovitého průběhu, po vrstevnici. Intenzita magnetického pole prakticky v celé délce přesahuje 49 000 nT a je tedy zvýšená alespoň o 40 nT proti normálu. 105 m od v. začátku profilu anomálie +270 nT směru 350°, o dalších 30 m dál anomálie +230 nT směru 168°. Obě anomálie jsou interpretovány jako subverikální žíly bazaltoidu o mocnosti 1–2 m.

profil 2938–2941

profil sledující cestu Nade mlejny, začíná na hraně skal asi 250 m z. od hlavního tělesa. 305 m od z. začátku profilu dvě anomálie +70 nT 3 m od sebe, protažené do směrů 346° a 167°. Anomálie interpretujeme jako zdvojenou subverikální žílu bazaltoidu o mocnosti do 1 m.

profil 2942–2947

na bodu 2946 dvě anomálie +15 nT 3 m od sebe, protažené do směru 7°. Anomálie interpretujeme jako zdvojenou subverikální žílu bazaltoidu o mocnosti do 0,5 m. Zbytek profilu bez anomálií.

profil 2948–2949

profil s vyrovnaným magnetickým polem, bez anomálií

Závěr

Bezprostředně západně od pramene Stříbrník prochází větvená žíla bazaltoidu zhruba ve směru S–J, a to v délce nejméně 450 m. Na severu možná překračuje údolí Pšovky – mohla být navrtána vrtem VT-1 v Planém dole (zde je v hloubce 51–52 m uváděn „šedý písčité slínovec“ uvnitř pískovců (HOPPE 1969). Na Stříbrníku by žíla dokonce mohla zpevňovat hráz Pivovarské tůně (viz „šedý slín“ v hloubce 15–16,9 m vrtu P-60 v tomto místě). Geomagnetická měření zde však bohužel nelze realizovat z důvodu antropogenního narušení magnetického pole. Jižním směrem přechází přes cestu na hřbetě Nade mlejný a dále se významně ztenčuje a zřejmě rozděluje. Lze ji na základě magnetických projevů vysledovat ještě v Boudecké rokli, ale v úseku mezi cesou Nade mlejný a dnem Boudecké rokly musí být dislokovaná, protože zachycené segmenty žíly na sebe nenavazují. Míra alterace horniny v okrajových partiích není známa (zakryto), ale ve střední části je hornina čerstvá.

Tato rozvětvená žíla působí jako hydraulická bariéra pro podzemní vodu a vzdouvá hladinu křídového kolektoru C východně od žíly. Nasvědčovalo by tomu soustředění pramenů do linie spojující Stříbrník s levým bokem Planého dolu (prameny *Herzigbrunnen*, *Schusterbrunnen*). Rozdíl hladin 4–5 m vyplývá ze srovnání vrtů západně a východně od žíly. Ve vrtu 100 m z. od vodárny je hladina podzemní vody v hloubce 8,5 m, t.j. cca 240 m n.m. (HERCOG 1965), východně leží pramen Stříbrník (244 m n.m.), vrt P-60 pod hrází rybníka (hladina 244 m n.m.) a vrt ST-1 100 m v. od vodárny v ústí Pivovarské rokly (hladina 245 m n.m.). Protože piezometrická úroveň klesá na lokalitě generelně k JJZ a svírá tak ostrý úhel s průběhem žíly, lze očekávat ještě výraznější účinek žíly jako laterální drenáže, odvádějící vody východně od žíly jižním směrem. Žíla bazaltoidu na Stříbrníku tak vysvětluje tvrzení PIŠTORY (1967), že „díky značnému tektonickému porušení, odděluje se část proudu podzemní vody [ve středním povodí Pšovky] a odtéká k JV soustavou puklin sudetské orientace.“

Další, podobnou žílu předpokládanou v ústí Boudecké rokly se geomagnetickým průzkumem nepodařilo nalézt a vývěry v ústí Boudecké rokly a U Habešů je potřeba vysvětlit jiným způsobem.

Závěry pro ochranu přírody: Vzduť hladiny křídového kolektoru C, která zde komunikuje s povrchem, přispívá k zamokření údolní nivy Pšovky v úseku (Konrádov–)Ráj–Stříbrník. Při provádění technických prací v pruhu Pivovarská rokly–Planý důl je potřeba zajistit, aby hydraulická bariéra nebyla narušena. K tomu by mohlo dojít např. vrtnými pracemi při nekvalitní cementaci v souvislosti s likvidací vrtu. Není vyloučeno, že podle vrtné dokumentace dva vrty již žilou prošly (VT-1, HOPPE 1969; P-60, Geofond V2748) a narušily tak těsnící účinek bariéry; současný stav těchto vrtů není znám.

5.2. Sedlec, Kokořínský důl – prameny V Pramínku

Situace

Rokle V Pramínku je levou pobočkou rokle V Kříži, která z levé strany ústí do Kokořínského dolu 1 km jižně od odbočky silnice k hradu Kokořín. Ve starších mapách nese název „Braminka“. V dolní části rokle vyvěrá drobný pramen, který se po několika desítkách metrů, po napojení na rokli V Kříži, zase ztrácí. Pramen není zachycen a zdá se, že jej tvoří spíš několik rozptýlených vývěrů na dně rokle v úseku asi 20 m. Z Kokořínského dolu vede rokli V Kříži k ústí rokle V Pramínku široká vozová cesta, která dále nepokračuje a v minulosti tak zřejmě sloužila pro zásobování pitnou vodou (ADAMOVIČ & SCHUBERT 2012). Před zavedením skupinového vodovodu v roce 1923 byl vývěr V Pramínku také hlavním zdrojem vody pro osadu Hradsko. Vývěry leží v nadmořské výšce 289 m, tedy 58 m nad hladinou Pšovky, na území PR Kokořínský důl.

Geologická situace

Voda V Pramínku vyvěrá na bázi druhého kokořínského kvádru (pásmo IX, svrchní část jizerského souvrství). Jako dílčí hydrogeologický izolátor zde v podloží vývěru funguje několik metrů mocný interval jemnozrnných prachovitých pískovců s polohami vápnných kongrecí (ZAHÁLKOVO pásmo IXa, viz Č. ZAHÁLKA 1895). Ve stejné úrovni ale v okolí prameny vyvinuty nejsou. Jedním z vysvětlení vývěrů v tomto místě by tak mohla být přítomnost hydraulické bariéry (žíly vulkanitu nebo zlomu s těsnícím účinkem), před níž by se mohl v této stratigrafické úrovni vytvořit málo vydatný „zavěšený“ horizont podzemní vody. V geologické mapě 1:50 000 PRAŽÁKA ED. (1991) ani podrobné mapě ADAMOVIČE (1989) není na lokalitě žádné těleso vulkanitu zaznamenáno.

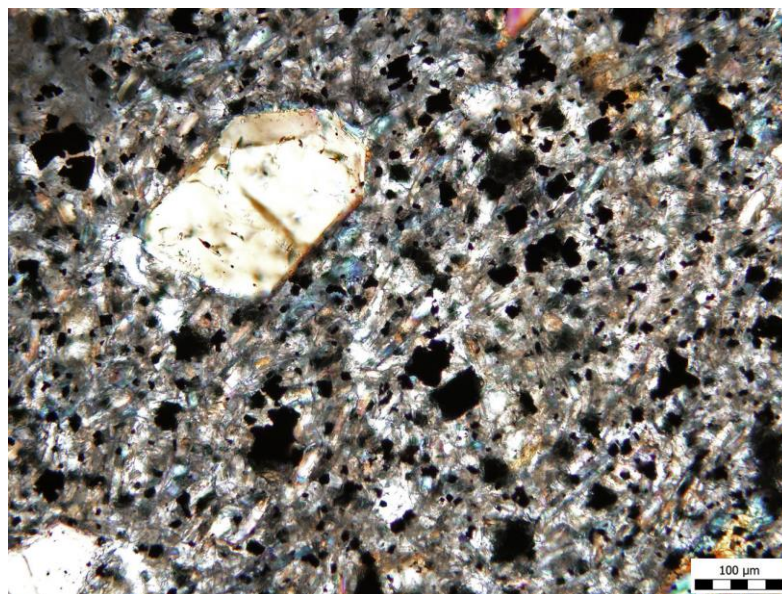


Obr. 53. Dolní část rokle V Pramínku s drobnou vodotečí. Pohled k SZ. Foto J. Adamovič.

Nové geologické poznatky

Geologické mapování ukázalo poměrně složitou tektonickou stavbu závěru rokle V Kříži. Na rozdíl od generelních úklonů vrstev asi 1° k JJZ se zde vytvořila kra o rozměrech 350×250 m, rotovaná k SV a omezená zlomy SV–JZ a SZ–JV. Ta je dále členěná drobnými zlomy stejných směrů. Například přes ústí rokle V Pramínku prochází zlom s poklesem sz. kry o 1 m, doprovázený hustou puklinatostí. Drcená pásma SZ–JV v ústí rokle V Pramínku ukazují na přítomnost zlomu tohoto směru v ose rokle, bez výškového skoku, ale s pravostranným horizontálním posunem o cca 40 m, jak lze odvodit ze vzájemného posunu ruptur v obou bocích rokle. Některé z těchto ruptur jsou drobnými zlomy s vertikální výškou skoku do 1,5 m. Na nejvýraznější ruptuře tohoto směru (bod 4281) v pravém boku rokle s orientací $298/81^\circ$ došlo k relativnímu poklesu jv. kry o 1 m. Na železité výplni zlomu jsou patrné jemné tektonické rýhy $267/80^\circ$. V levém boku rokle leží odpovídající ruptura níže (bod 4294) a došlo na ní k relativnímu poklesu jv. kry o 1,5 m. V pravém boku rokle lze v těchto místech vzácně najít úlomky slabě rozloženého bazaltoidu.

Zde odebraný vzorek ukazuje ve výbrusu (obr. 54) porfyrickou strukturu s jemnozrnnou základní hmotou. Vyrostlice jsou tvořené hlavně pyroxenem, dále jsou zde chloritizovaná, goethitizovaná a karbonatizovaná zrna olivínu. Základní hmota je bohatá na opakní zrna Fe-Ti minerálu (magnetit) a dále v ní lze rozeznat pyroxen. Časté jsou dutinky vyplněné karbonátem i karbonátové žilky. Horninu můžeme označit za olivinický bazalt.

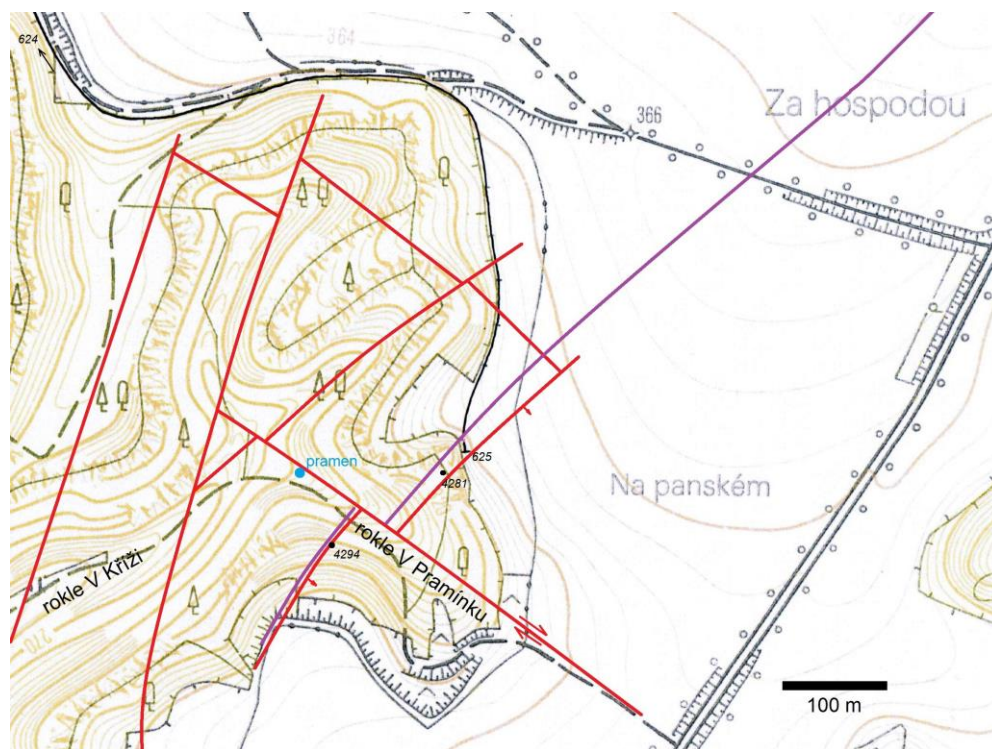


Obr. 54. Mikrofotografie olivinického bazaltu z úlomku ve svahu rokle V Pramínku v místě magnetické anomálie. Bod 4281, vzorek Kok201. Foto J. Adamovič.

V ústí rokle V pramínku byla v roce 2014 rozšiřována komunikace pro stahování dřeva. V zářezu cesty byly v akumulaci na dně rokle odkryty vrstvy různobarevného písku s bloky pískovce a hroudami šedého prachovitého jílovce. Odebraný vzorek jílovce byl v rámci této studie analyzován metodou XRD difrakce pro stanovení minerálních fází (Příloha 2, vzorek Kok 241). Zjištěné fáze nejsou typické pro rozložené vulkanity a spíše odpovídají jemnému křemennému kalu, usazenému na dně vodní nádrže. Protože zde pro existenci takové nádrže nejsou žádné indicie, půjde nejspíše o materiál dovezený odjinud.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Geomagnetické měření bylo provedeno na horní hraně rokle. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 55.



Obr. 55. Geomagnetický profil a žíla vulkanitu na lokalitě 5.2. Sedlec, Kokořínský důl – prameny V Pramínku. Vulkanity jsou znázorněny fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií.

profil 624–625

18 m před jižním koncem profilu úzká anomálie +20 nT směru 37°. Je interpretována jako tenká (do 0,5 m), subvertikální žíla bazaltoidu. Zbytek profilu bez magnetických anomálií.

Závěr

Byla potvrzena přítomnost žíly bazaltoidu, přetínající napříč roklí V Pramínku. Žíla pronikla do drčeného pásma ukloněného strmě k ZSZ až SZ, jehož součástí jsou i drobné zlomy. Do pravého boku rokle přichází žíla od SV, z prostoru rozsáhlejších těles bazaltoidu na návrší Na Průhoně (ADAMOVIČ 1989, 2002b). Pozice žíly v levém boku rokle nebyla geomagneticky ověřena, ale pravděpodobně je spolu se zlomy pravostranně odskočena o cca 40 m na zlomu SZ–JV, který vede v ose rokle. Žíla přetíná roklí jihovýchodně od pramenného vývěru. Protože nevychází nikde na povrch, lze předpokládat, že je téměř nebo zcela rozložena na jílu. Působí jako hydraulická bariéra pro podzemní vodu kolektoru C, konkrétně pro zavěšený

horizont podzemní vody naspodu svrchní části jizerského souvrství. Na vzniku prameniště se zde vedle žíly a méně propustného podloží podílejí také zlomy s redukovanou příčnou propustností (proželeznění), omezující menší kru ukloněnou k SV.

Závěry pro ochranu přírody: Zadržení podzemní vody dílčího kolektoru C žilou bazaltoidu směru SV–JZ vedlo v rokli V Pramínku k vytvoření pramenného vývěru sz. od žíly. Ztráta bariérového efektu technickými zásahy do žíly samotné nehrozí, při dalším odstraňování hmoty terénního stupně v ústí rokly do rokly V Kříži (jako se zčásti stalo již rozšířením komunikace v listopadu 2014) by však mohlo dojít ke snížení drenážní báze v rokli V Pramínku a okamžitému zasakování vody zde vyvěrající.

5.3. Blatce-Dolní Houska – pramen Pšovky za č.p. 42

Situace

Potok Pšovka pramení na katastru obce Blatce. Četné prameny, mokřady a rybníčky, které lze považovat za jednotlivé zdroje, jsou v osadách Blatečky, Blatečky–Schnellgrund, Tubož, Dolní Houska a v Černém dole, vybíhajícím směrem na Horní Housku. Prameny v této oblasti popsal ŠULC (2008). Pramenem nejvzdálenějším od soutoku jednotlivých zdrojů v Tuboži je zděná studánka za č.p. 42 (p. Stanislav Mynařík) v Dolní Housce, u cesty na Kblesko. Objekt leží v nadmořské výšce 324 m, tedy 15 m nad údolním dnem Houseckého dolu. Bližší údaje o objektu obsahuje Příloha 3, odběrový list 074. Jde o tradiční vodní zdroj pro tuto část Dolní Housky, v klenbě nese vrocení 1842 (obr. 56).



Obr. 56. Studánka z pískovcových štuk za domem č.p. 42 v Dolní Housce. Studánku lze považovat za pramen Pšovky. Foto J. Adamovič.

Geologická situace

Okolí studánky je tvořeno pískovci spodní části jizerského souvrství (pásmo V Č. ZAHÁLKY 1895). Jak ukazuje srovnání báze pískovců na obou stranách Houseckého dolu, prochází

v ose údolí zlom směru V–Z s relativním poklesem jižní kry. Báze pískovcového tělesa na lokalitě tak leží v nevelké hloubce cca 20 m a pramen přímo komunikuje s hladinou křídového kolektoru C. Zajímavostí je poloha pramene v „zavěšené“ poloze nad zamokřeným dnem údolí. To lze vysvětlit přítomností hydraulické bariéry mezi pramenem a dnem údolí, případně v kombinaci s hustým rozpuštěním nebo jinou preferenční cestou pro proudění podzemní vody v místě vývěru. Na lokalitě nejsou v dosavadních mapách (např. PRAŽÁK ED. 1991) zakreslena žádná tělesa vulkanitů.

Nové geologické poznatky

V okolí pramenu, jen o 2 m výše, jsou výchozy středně zrnitých pískovců jizerského souvrství. Na hřbetu jižně od pramenu byla při terénním průzkumu identifikována žíla černého porfyrického bazaltoidu směru V–Z. Na z. konci hřbetu byla tato žíla těžena v jámovém lomu (bod 511). Na j. patě hřbetu jsou balvany silicifikovaného pískovce, zřejmě produkt hydrotermální silicifikace v blízkosti žíly. Stejná hornina dále vystupuje v horní části plochého údolí S–J severně od pramenu (bod 4551). V levém boku tohoto údolí, tedy mezi bodem 4551 a pramenem a hned východně od profilu 2965–2967, je v pískovcích vyvinuto proželeznění, sledující pukliny a tvořící i samostatné impregnace v hornině (tzv. železité inkrustace). Tvar vulkanických těles byl ověřován metodou povrchové magnetometrie.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Geomagnetická měření se soustředila do pravého boku Houseckého dolu s cílem ověřit pokračování žíly bazaltoidu jižně od pramene a ověřit přítomnost dalších žilných těles. Profily byly vedeny v dostatečné vzdálenosti od zástavby tak, aby se vyhnuly významnějšímu antropogennímu narušení magnetického pole. Přehledná situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vynesení interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 57.

profil 2950–2953

první (jižní) polovina profilu vykazuje klesající intenzitu magnetického pole směrem k S (celkově pokles o 80 nT), může jít o vliv blízkých staveb. 15 m před koncem profilu na S anomálie +20 nT směru 55°, po zhruba 30 m se prudce stáčí do směru 134° a zesiluje na +40 nT, v dalším průběhu se stáčí k V. Anomálie 15 m před koncem profilu je interpretována jako tenká subverikální žíla bazaltoidu, zřejmě sledující drcené pásmo; v dalším průběhu na JV, resp. V má spíš průběh žíly ukloněné k S pod středním úhlem. Je levostranně odskočena o 10 m na zlomu směru zhruba S–J.

profil 2960–2962

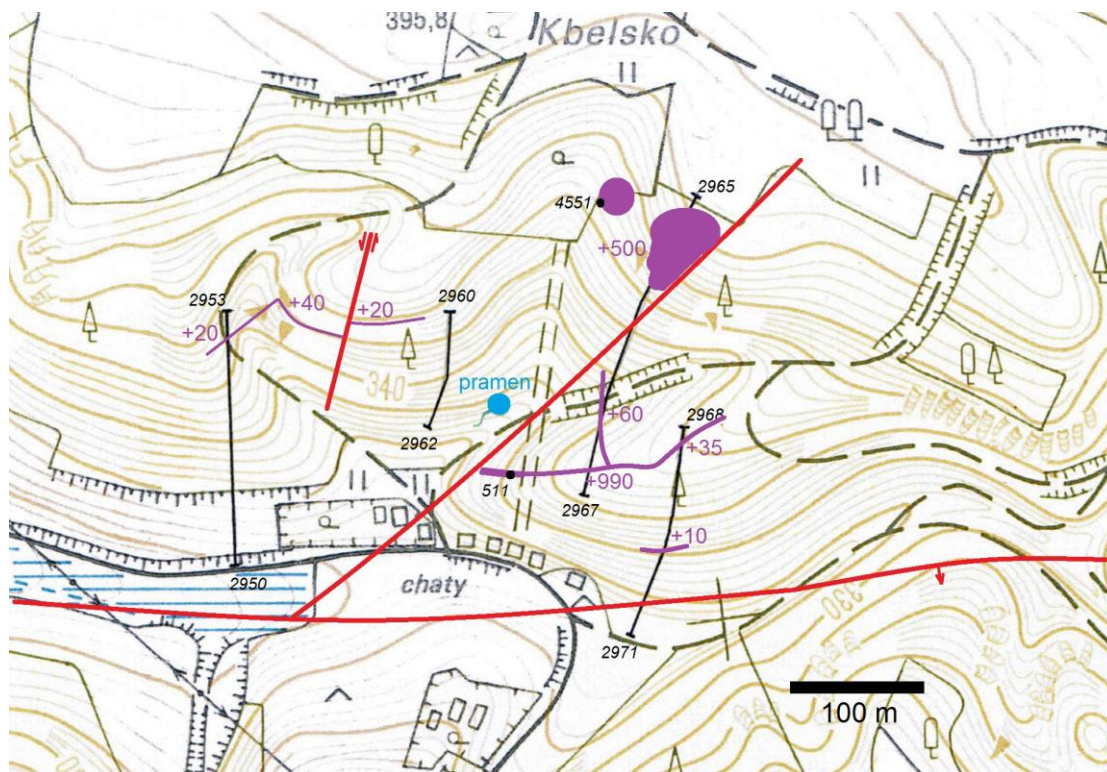
profil bez magnetických anomálií, ve druhé–jižní polovině hodnoty klesají jižním směrem; může jít o vliv blízkých staveb.

profil 2965–2967

profil zhruba od S k J. Prvních 10 m hodnoty nižší o 60 nT oproti normálu, pak rychlý nárůst až na +500 nT v metrů 10–60 m, zde též suť bazaltoidu. 25 m po překročení cesty v údolí anomálie +60 nT směru 5°, 10 m před koncem profilu na J a 5 m jižně od temene hřbetu je vrchol anomálie +990 nT, lemované po obou stranách minimy. Anomálie +990 nT je subvertikální žíla bazaltoidu V–Z o mocnosti asi 3 m, pozorovatelnou na výchozu, anomálie +60 nT je projevem slabší žíly z ní vybíhající k S.

profil 2968–2971

5 m od začátku profilu na S anomálie +35 nT směru 51° a 232°, s mělkými minimy po obou stranách, interpretovaná jako pokračování žíly bazaltoidu od Z. 75 m od začátku profilu na S anomálie +10 nT směru 265°, interpretovaná jako tenká subvertikální žíla bazaltoidu.



Obr. 57. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.3. Blatce-Dolní Houska – pramen Pšovky za č.p. 42. Vulkanity jsou znázorněny fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií.

Závěr

Geomagnetická měření potvrdila složitou tektonickou stavbu v místě, kde ze zlomu V–Z sledujícího dno Houseckého dolu vybíhají speřené ruptury (drobné zlomy a drčená pásma) k SV. Jak ruptury V–Z, tak ruptury SV–JZ jsou injikovány tělesy bazaltoidu – viz mapka na obr. 57. Z nich nejvýraznější jsou izometrická tělesa (pně?) v horní části mělkého údolí sv. od pramene a mohutná žíla V–Z jižně od pramene. Ta představuje hydraulickou bariéru pro podzemní vodu kolektoru C, přitékající od S. Na západě je ukončená na souboru ruptur směru SV–JZ, který využívá jako dráhy soustředěného odtoku vod i pramen Pšovky. Vysoká mineralizace vyvěrající vody Ca – HCO₃ typu svědčí o kontaktu s vápnatými prachovci bělohorského souvrství a ukazuje na možnou existenci úzké vyzdvižené kry, protažené V–Z.

Závěry pro ochranu přírody: Za lokalizaci pramene do pozice 15 m nade dnem údolí je zodpovědná žíla bazaltoidu směru V–Z mezi pramenem a údolím. K odvodnění svahu nad pramenem dochází jihozápadním směrem podél tektonické zóny SV–JZ. Až od místa, kde

tato zóna dosáhne dna údolí (tedy jz. od domu č.p. 42) je dno údolí zamokřené, výše je před přítokem podzemní vody chráněno zmíněnou žilou V–Z.

5.4. Bezděz – pramen a podmáčená území s. od vrcholu Bezdězu

Situace

Vrch Bezděz (603,5 m) patří mezi významné vrcholy CHKO Kokořínsko – Máchův kraj. Ve vyšší partii vrchů Bezděz a Malý Bezděz byla v r. 2009 vyhlášena NPR Velký a Malý Bezděz. Na s. a sv. svazích vrchu se na řadě míst mezi 380 a 408 m n.m. nacházejí zamokřené louky, na dvou místech i umělé vodní nádrže. Vývěry jsou většinou skryté a rozptýlené, 400 m ssv. od vrcholu kopce je pod Okružní cestou pramen o nízké vydatnosti, upravený jako studánka. Objekt leží v nadmořské výšce 408 m. Bližší údaje o objektu obsahuje Příloha 3, odběrový list 058. Na pramen navazuje koryto občasného vodního toku, zásobujícího malou vodní nádrž, jejíž hráz leží o 160 m dál po svahu.

Geologická situace

Podmáčená území na s. a sv. svazích Bezdězu se nacházejí přibližně v úrovni báze prachovců a slínovců teplického souvrství, v nadloží pískovců jizerského souvrství. Geologické mapování zde porováděli MÜLLER (1914) a KLEIN (1963), výsledky shrnul PRAŽÁK ED. (1993). Mapa KLEINA (1963) i PRAŽÁKA ED. (1993) v těchto místech problém nadmořské výšky báze teplického souvrství neřeší z důvodu zakrytí kvartérními sedimenty. Na základě inženýrsko-geologického průzkumu předpokládají DRTINA & RYBÁŘ (2005) v podloží zamokřených ploch přítomnost vápnitých jílovců a uvádějí, že v místech, kde občasně vodní toky dosáhnou pískovcového podloží, voda rychle zasakuje. Studánka na severním svahu je v jejich pojetí suťovým pramenem.

Vrstvy křídových sedimentů se uklánějí generelně k JV, ale přesnější měření úklonů na lokalitě nebyla provedena. Lze očekávat, že podobně jako v blízkosti dalších fonolitových těles bude detailní tektonická stavba složitější, s mnoha dílčími krami různých úklonů.

Vedle hlavního fonolitového tělesa Bezdězu zobrazili autoři ve svých mapách tělesa bazaltoidu, zhruba lemující jižní, východní a severní okraj znělcového tělesa. KLEIN (1962, 1963, 1967) horninu určil jako olivinický nefelinit. MÜLLER (1914, 1939) výskyty na J a na V propojil do souvislého tělesa, v textu upozornil na „tufitový“ charakter mnohých výskytů.

Nové geologické poznatky

Stanovení výškové úrovně báze teplického souvrství není z důvodu velké mocnosti kvartérního pokryvu snadné: nejvyšší pískovcové výchozy pod pramenem na ssv. svahu leží ve výšce 392 m n.m. (bod 12761), na vsv. svahu 383 m n.m. (bod 12750) a v obci Bezděz 408,5 m n.m. (sokl kostela Sv. Jiljí). Výchozy v obci však mohou být součástí jiné, tektonicky výše položené kry. Nejnižší výchozy prachovců v blízkosti pramene leží až ve výšce 430 m n.m. (zářez cesty – bod 12711).

Nefelinit byl dokumentován na dvou lokalitách, které byly známy již předchozím autorům a kde byla hornina lomově těžena. Ve středu lomu na bodě 12709 je hornina vesikulární, sloupcovitě odlučná, s osami sloupců orientovanými 68/46°. Ve stěně v z. části lomu je hornina čerstvější, podle nedokonale vyvinutých sloupců působí dojmem, že jde o žílu směru přibližně 147°. Bod 12769 je nejspodnějším z řady lomů, které leží ve svahu šikmo pod sebou a drží v terénu směr 167° (v terénu změřeno 153°). Osy sloupců v nefelinitu se v nižších lomech uklánějí k J pod středním úhlem, v nejvyšším lomu převážně k S nebo k J pod strmými úhly. Časté jsou i brekciované partie.



Obr. 58. Lom v olivinickém nefelinitu ssv. od vrcholu Bezdězu. Bod 12980, pohled k JZ. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena pod Okružní cestou na v. a sv. svazích Bezdězu tak, aby podchytila situaci v okolí podmáčených území a studánky ssv. od vrcholu. Měření na v. svahu je zřejmě ovlivněno liniovou stavbou nejasného původu. Situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vynesemím interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 59.

profil 12740–12750

10 m od jz. začátku profilu anomálie +1000 nT směru 149° a 286°, se dvěma maximy 2 m od sebe. Anomálii s určitou mírou opatrnosti označujeme za mocnou (5 m?) žílu bazaltoidu. Míří do okolí drenážní šachty na louce o 60 m níže.

85 m od jz. začátku profilu anomálie +30 nT směru 306°, interpretovaná jako tenká žíla bazaltoidu, ukloněná k ZSZ

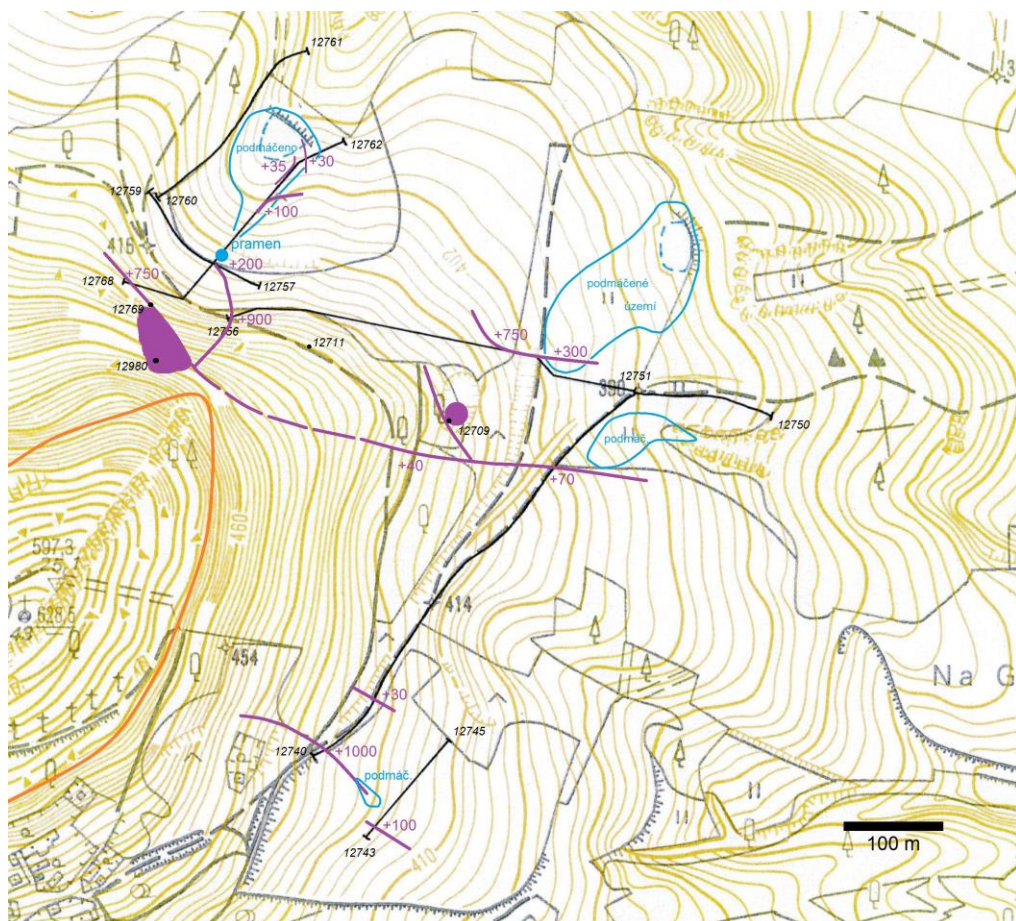
152 m od jz. začátku profilu vrchol ploché anomálie +30 nT s osou do směru 87°, interpretovaná jako ložní žíla fonolitu

267 m od jz. začátku profilu vrchol ploché anomálie +40 nT s osou ve směru ZSZ–VJV, směrem na VJV dál nepokračuje, interpretovaná jako ložní žíla fonolitu

376 m od jz. začátku profilu zdvojená anomálie +70 nT směru 270° a 97°, interpretovaná jako žíla bazaltoidu. Na Okružní cestě z. odtud zjištěna anomálie +40 nT směru V–Z, interpretovaná jako pokračování této žíly.

profil 12743–12745

10 m od jz. konce profilu anomálie +100 nT směru 122°. Může jít o žílu bazaltoidu, ale také o indikaci vodovodu, který rozváděl samospádem vodu od drenážní šachty na louce výše (sdělení p. Sommera, místostarosty Bezdězu).



Obr. 59. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.4. Bezděz – pramen a podmáčená území s. od vrcholu Bezdězu. Kontura tělesa fonolitu je přibližně znázorněna oranžovou linií, bazaltoidy jsou znázorněny fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu. Modře jsou znázorněny hranice podmáčených ploch.

profil 12751–12756

116 m od v. začátku profilu anomálie +200 nT směru 88°, interpretovaná jako žíla bazaltoidu

157 m od v. začátku profilu anomálie +750 nT směru 100° a 319°, interpretovaná jako tatáž žíla bazaltoidu, snad slabě segmentovaná během výstupu magmatu

5 m před z. koncem profilu anomálie +900nT směru 217° a 352°, interpretovaná jako mocná (cca 5 m) žíla bazaltoidu

profil 12757–12759

56 m od jv. začátku profilu anomálie +200 nT směru 130°, 3 m jv. on nejnižšího místa profilu, na jehož úrovni je vpravo pramen. Anomálie je interpretovaná jako žíla bazaltoidu.

profil 12760–12761

hodnoty intenzity magnetického pole rostou k SV – nejprve rychle, potom pomaleji, celkově o 85 nT. Jediná anomálie +5 nT je na úrovni hráze rybníka a je interpretovaná jako projev tělesa hráze.

profil 12762–12768

35 m od sv. začátku profilu anomálie +30 nT směru 352°, interpretovaná jako tenká žíla bazaltoidu

67 m od sv. začátku profilu anomálie +35 nT směru 220°, interpretovaná jako tenká žíla bazaltoidu

110 m od sv. začátku profilu anomálie +100 nT směru 223° a 80°, interpretovaná jako žíla bazaltoidu

175 m od sv. začátku profilu v místě pramenu střed anomálie -500 nT. Anomálie je příliš velká na to, aby byla způsobena stavbou studánky, je interpretovaná jako projev zakončení žíly bazaltoidu od JV.

15 m před z. koncem profilu anomálie +750 nT směru 140° a 318°, interpretovaná jako mocná žíla bazaltoidu, ukloněná pod středním úhlem k SV – jde nepochybně o projev tělesa nefelinitu odkrytého lomovou činností výše ve svahu.

Závěr

Z povrchových geomagnetických měření nelze rozhodnout, zda jsou propojené výskyty bazaltoidu ve vsi Bezdězu a na ssv. svahu kopce, jak je zakresluje MÜLLER (1914) – šlo by o prstenec, který by úzce lemoval znělcové těleso. Na druhou stranu je jasné, že lom v nefelinitu na v. svahu kopce je od tohoto případného tělesa oddělen – jde o samostatné těleso sblížené se dvěma žilami bazaltoidu, protaženými ve směru V–Z. Jižnější z obou žil se stočí k SZ a v místě ssv. zakončení fonolitového tělesa Bezdězu výrazně nabyde na mocnosti: těleso nefelinitu zde tvoří desku, uloněnou k SV a mocnou až několik desítek metrů. Z tohoto místa také vybíhají další žíly k SV až S, na zakončení (zlomovém?) jedné z nich je lokalizován pramen označený v této studii číslem 058. Pramen leží vysoko nad hladinou podzemní vody kolektoru C, a i přes určitý předpokládaný bariérový efekt žil bazaltoidu jv. od něj tak nemůže jít o vývěr vody z tohoto kolektoru. Spíše se zde stotožníme se závěrem DRTINY & RYBÁŘE (2005), že jde o pramen suťový, čemuž odpovídají i hydrochemické parametry pramenné vody (viz kap. 6, přílohy 3-4).

Ne zcela jistá je přítomnost žíly bazaltoidu SZ–JV na jv. úbočí Bezdězu. Výrazná magnetická anomálie pod jímací šachtou může mít antropogenní původ (údajný vodovod). Výraznější anomálie nad šachtou je interpretovaná spíše jako přírodní, kdy k podmáčení terénu v místě jímací šachty mohlo být způsobeno přítomností jílovitých rozkladných produktů bazaltoidu na bázi kvartéru.

Závěry pro ochranu přírody: Pokud na lokalitě ovlivňují žíly bazaltoidu svým těsnícím účinkem oběh podzemních vod, jde jen o částečné ovlivnění a o mělké podzemní vody. Rozsáhlejší mokřady na sv. a ssv. svazích Bezdězu jsou především podmíněny málo propustným dnem, tvořeným prachovito-písčitymi sedimenty na přechodu mezi jizerským a teplickým souvrstvím. V případě západnější vodní nádrže se mohl v omezené míře uplatnit těsnící účinek drobných žil bazaltoidu východně od ní; morfologický projev jedné z žil mohl být využit jako základ hráze této nádrže. V každém případě tyto nádrže zachycují dešťovou vodu a vodu ze suťových pramenů, nikoliv vodu křídového kolektoru C.

5.5. Břehyně – pramen U Flesla

Situace

Pramen U Flesla (něm. *Beim Flössel*) leží 3,3 km v. od Břehyně, jihozápadně od Zlatého vrchu (323,5 m, *Goldberg*), na okraji NPR Břehyně–Pecopala. Je jedním ze zdrojů zásobujících pánev Břehyňského rybníka, ze které odchází Břehyňský potok – viz též lokalita 4.2. Pramen leží v nadmořské výšce 279,7 m. Dřív měl podobu studánky a míval prý stálou vydatnost (PAUDLER A KOL. 1904). Vedle něj stávala hájovna. Dnes se jedná o prameniště, z něhož odtéká voda přírodní strouhou s přepadem. Hned níže, pod cestou pramen napájel (a stále napájí) malý rybník, dříve zvaný *Flösselteich*. Stejnomený rybník (*Flessteich*) je připomínán již k roku 1635, měl se ale nacházet mezi Strážovem a Zlatým vrchem dále na SV (WURM 1887). V Příloze 3 je pramen označen číslem 043.

Pramen leží v poměrně plochem reliéfu, nápadný je však hřbet SV–JZ spojující jižní okraj prameniště s vrcholem Zlatého vrchu na SV. Další podobný hřbet se táhne 100 m severozápadně od něj, tvoří vrcholek k. 290,1. Tato situace je nejlépe patrna na digitálním modelu reliéfu, vytvořeném na základě leteckého laserového skenování – obr. 60. Jihozápadně od pramene je návrší (293 m), označované v některých mapách jako Cikánská skála; to však již neleží v linii uvedených hřbetů.

Geologická situace

Okolí prameniště U Flesla je tvořeno pískovci střední části jizerského souvrství (KLEIN 1998), vrchol Zlatého vrchu zřejmě náleží již svrchní části jizerského souvrství. Hranice litologických rozhraní uvnitř křídý se uklánějí velmi mírně k JV. O vulkanitech v okolí se zmínil jako první KOŘISTKA (1869), který uvádí čedičový výskyt na Cikánské skále. Ten později potvrdil SCHEUMANN (1913) a MÜLLER (1914), nepopsali ale ani složení tělesa, ani jeho tvar. Jako nerozlišený bazaltoid je drobné těleso na Cikánské skále uvedeno též v mapě KLEINA (1998). Na Zlatém vrchu nikdo z dřívějších autorů neuváděl žádný vulkanický výskyt.



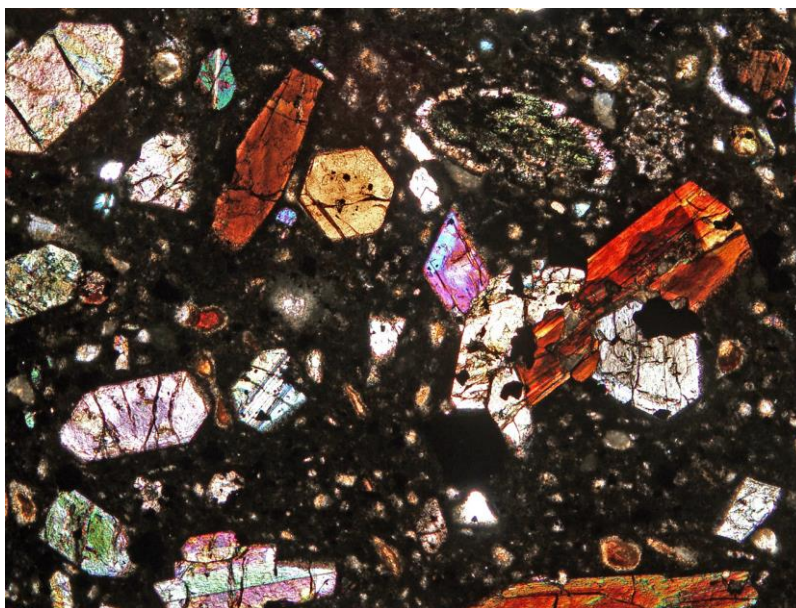
Obr. 60. Digitální model reliéfu v okolí Zlatého vrchu a pramene U Flesla na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G). Zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální, obarvený stínovaný reliéf, převýšení 10×, <http://ags.cuzk.cz/dmr/#>.

Nové geologické poznatky

Průběh hřbetů byl ověřován v terénu a byla provedena geologická dokumentace. Na sv. svahu Zlatého vrchu (bod 9242) byly zjištěny úlomky vnitřních i vnějších železitých výsterek, které dokládají přítomnost vulkanitu i přesto, že žádná pevná ani rozložená vulkanická hornina zde nebyla nalezena. Na jz. svahu Zlatého vrchu (bod 9246) se nachází rozsedlina směru 42°, doprovázená drceným pásmem. Byly zde nalezeny jevy příkontaktní přeměny pískovce a těžební jámy, ani zde ale nejsou přítomny úlomky vulkanitů. Na konci hřbetu vybíhajícího ze Zlatého vrchu k JZ jsou úlomky železitých pískovců. Také hřbet dále na JZ svědčí o skryté přítomnosti bazaltoidu: na jeho temeni jsou četné úlomky a bloky vnějších železitých výsterek (železitých pískovců), místy i čistého goethitu – bod 9255, jsou zde i kutací jámy. Asi 200 m sv. od pramene je cestou přeřat krátký hřbet směru 35° s úlomky vnějších i vnitřních železitých výsterek – bod 9257.

V bližším okolí pramene nejsou nikde přítomny úlomky vulkanitů ani železitých hmot. Jihozápadně odtud, na sv. úbočí Cikánské skály, je v zářezu cesty odkryt černý porfyrický bazaltoid (bod 12832). Četné úlomky téže horniny jsou na vrcholu Cikánské skály na bodě 12836. Na spojnici výskytu v cestě a na vrcholu kopce jsou kutací jámy, např. na bodě 12837.

Z výskytu v cestě sv. od vrcholu Cikánské skály (bod 12832) byl odebrán vzorek na petrografické studium. Ve výbrusu je patrná porfyrická struktura s jemnozrnnou až sklovitou, goethitizovanou základní hmotou. Větší vyrostlice patří amfibolu–kersutitu, menší vyrostlice pyroxenu. Ty mají místy zelená jádra a vyskytují se i v keříčkovitých shlucích. V základní hmotě lze rozeznat drobné krystaly pyroxenu. Hornina obsahuje drobné dutinky, vyplněné zeolity. Protože nebyl pozorován olivín (může být ale rozložený jako součást základní hmoty), označujeme horninu předběžně jako augitit.



Obr. 61. Mikrofotografie augititu ze sv. svahu Cikánské skály jz. od pramene U Flesla. Bod 12832, vzorek 339. Foto J. Adamovič.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena v celém pruhu mezi Zlatým vrchem a Cikánskou skálou s cílem ověřit, zda hřbety kopírují žíly bazaltoidů a zda jsou zde přítomna i další tělesa vulkanitů, která se morfologicky neprojevují. Profily byly vedeny zpravidla kolmo na průběh hřbetů. Měření nebyla významněji rušena antropogenními vlivy, výjimkou byly jen místy silné vrstvy štěrku navezeného na cesty s cílem jejich zpevnění a jižní břeh rybníčku, kde je cesta upravená pro nájezd vojenské techniky. Přehledná situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 62.

profil 12803–12806

20 m před j. koncem profilu (1 m před vrcholovou kótou) symetrická anomálie +35 nT směru 30°, v dalším pokračování 36°. Je interpretována jako subverikální žíla bazaltoidu o mocnosti cca 0,5 m.

profil 12810–12812

30 m od sz. začátku profilu symetrická anomálie +60 nT směru 219° v dalším pokračování na JZ se amplituda mírně snižuje. Je interpretována jako subverikální žíla bazaltoidu o mocnosti do 1 m.

profil 12813–12816

10 m od jv. začátku profilu úzká anomálie +25 nT směru 28°, 30 m od jv. začátku profilu (hřbítek) úzká anomálie +10 nT směru 45° - zdvojená, s maximy 2 m od sebe. Obě anomálie jsou interpretovány jako tenké, subvertikální žíly bazaltoidu.

profil 12817–12820

15 m od jv. začátku profilu (těsně před vrcholem hřbítku) úzká anomálie +30 nT směru 20°, 10 m před sz. koncem profilu (hned za cestou, u kutací jámy) anomálie +25 nT směru 206°

a 31°, s minimem na JV. První anomálii interpretujeme jako subverikální žílu bazaltoidu o mocnosti do 0,5 m. Druhou anomálii interpretujeme jako žílu bazaltoidu o mocnosti cca 0,5 m, ukloněnou pod středním úhlem k SZ.



Obr. 62. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.5. Břehyně – pramen U Flesla. Vulkanity jsou znázorněny fialovou barvou, tenčí fialovou čarou je vynesena kontura tělesa intruzivní brekcie. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Vyznačeny jsou též terénní dokumentační body, na něž je odkazováno v textu.

profil 12821–12824

na sz. začátku profilu hodnoty zvýšené o 10 nT. 90 m od sz. začátku profilu (hřbítek) anomálie +50 nT směru 44°, se slabým minimem na SZ. Směrem na SV amplituda roste na +130 nT. Dále 185 m od sz. začátku profilu (hřbítek) anomálie +70 nT směru 240°, s minimem na SZ. Obě anomálie jsou interpretovány jako žíly bazaltoidu, ukloněné pod středním úhlem k JV, o mocnosti cca 0,5 m.

profil 12825–12827

20 m od jv. začátku profilu (těsně před vrcholem návrší) úzká, symetrická anomálie +45 nT směru 225°. Anomálie je interpretována jako subvertikální žíla bazaltoidu o mocnosti cca 0,5 m.

profil 12828–12834

profil vedený po cestě od SZ k JV přes sv. úbočí Cikánské skály. Za křížením s asfaltovou cestou vedoucí k prameni U Flesla se intenzita magnetického pole sníží až o 100 nT a normálních hodnot opět pozvolna dosáhne až na jv. konci profilu.

76 m jv. od křížení s cestou k prameni anomálie +240 nT směru 223°, na SV nepokračuje, na JZ se stáčí do směru 355° a zvyšuje amplitudu na +350 nT. Anomálii interpretujeme jako žílu bazaltoidu o mocnosti 2–3 m, mírně periklinálně ukloněnou.

140 m jv. od křížení s cestou k prameni (na bodě 12832 – odkryv v bazaltoidu) anomálie +900 nT směru 19°, o 10 m dál anomálie +1300 nT směru 196°. Obě anomálie interpretujeme jako žíly bazaltoidu o mocnosti cca 3 m, ukloněné strmě k ZSZ.

profil 12835–12839

profil vedený esovitě od J k S přes vrchol Cikánské skály a prameniště U Flesla. Většina profilu je vedená územím se sníženými hodnotami intenzity magnetického pole o 100 nT; tyto nízké hodnoty jsou zvláště nápadné mezi profilem 12828–12834 a prameništěm. Normální hodnoty pole byly zjištěny až na s. konci profilu.

54 m od jv. začátku profilu (na vrcholu Cikánské skály) anomálie +1800 nT na hřbetu, protaženém do směru 10°. 15 m před křížením s profilem 12828–12834 anomálie +800 nT. Anomálie interpretujeme jako projev žíly bazaltoidu o mocnosti 2–3 m, na vrcholku až 10 m, ukloněnou strmě k ZSZ.

60 m za křížením s profilem 12828–12834 anomálie +40 nT směru 15°, ze západu lemovaná minimem, 3 m před křížením s asfaltkou vedoucí k prameni U Flesla anomálie +170 nT (zde též úlomky vnitřních železitých výstetek), lemovaná minimem na SZ. Obě anomálie interpretujeme jako projev žíly bazaltoidu o mocnosti cca 1 m, ukloněné pod středním úhlem k JV.

profil 12840–12842

40 m od jv. začátku profilu (hřbítok) úzká anomálie +5 nT, 10 m před sz. koncem profilu (hřbítok, vlevo kutací jámy) symetrická anomálie +30 nT směru 218°. První anomálii interpretujeme jako subvertikální žílu bazaltoidu o mocnosti cca 0,1 m. Druhou anomálii interpretujeme jako subvertikální žílu bazaltoidu o mocnosti do 0,5 m.

Závěr

V jz. sousedství pramene U Flesla opravňují plošně snížené hodnoty intenzity magnetického pole předpokládat přítomnost tělesa intruzivní brekcie bazaltoidu eliptického tvaru, protaženého ve směru S–J, s delším rozměrem 350 m. V této ploše se nevyskytují žádné pískovcové výchozy. Zdá se, že toto těleso zasahuje od JZ zčásti až do prameniště. Uvnitř tělesa bylo zjištěno několik žilných těles bazaltoidu. Na západě je to obloukovitá, periklinálně ukloněná (k SZ až Z) žíla, místy zdvojená, morfologicky tvořící spočinek na s. svahu Cikánské skály. Jak ukazují nízké hodnoty magnetického pole západně od ní, netvoří tato

žila západní okraj tělesa – ten probíhá min. 50 m dál na Z. Středem tělesa intruzivní brekcie prochází dvojice přímých, 3–10 m mocných žil bazaltoidu, ukloněných strmě k ZSZ, asi 10 m od sebe. Východnější z nich tvoří vrchol Cikánské skály. Asi 50 m východně od těchto žil prochází ve směru SSV–JJZ další žila bazaltoidu o menší mocnosti (do 1 m, na SV ještě méně). Prochází přímo přes prameniště asi 30 m jv. od výtoku z něj. Vybíhá zde z tělesa intruzivní brekcie a pokračuje k SV, kde tvoří osu mírného pískovcového návrší (bod 9257). Podle tvaru magnetických anomálií je ukloněná pod středním úhlem k JV. V místech, kde pronikla pískovcem, je železitě rozložená.

Pískovcovým hřbetem k. 290,1 prochází ve směru SV–JZ asi 0,5 m mocná žila směru SV–JZ (t.j. v ose hřbetu), doložená v délce 200 m. Nejmocnější je přímo na k. 290,1, ale i zde je zcela rozložená na směs oxihydroxidů železa a jílových minerálů. V malém rozsahu byla těžena jako železná ruda (kutací jámy). Rovnoběžně s ní, asi 100 m dál na SZ, prochází další žila bazaltoidu o mocnosti do 0,5 m a neznámé délce. Byla rovněž příležitostně těžena.

Rozložená žila bazaltoidu směru SV–JZ (lokálně až SSV–JJZ) o mocnosti kolem 0,5 m prochází přes vrchol Zlatého vrchu. Ve vrcholové partii vrchu je její průběh v terénu obtížně identifikovatelný, protože je jen velmi omezeně doprovázena železitými výstelkami. Její magnetický projev je však zřetelný a ukazuje na subvertikální sklon žíly. Jihozápadně od vrcholu je doprovázena výraznějším proželezněním a je morfologicky nápadná (hřbítek, kutací jámy). V jz. zakončení se rozmršťuje do dvou tenkých žil.

Všechny identifikované žíly bazaltoidu působí jako hydraulická bariéra pro podzemní vodu a vzdouvají hladinu křídového kolektoru C severozápadně od nich. Je pravděpodobné, že toto vzdutí hladiny vedlo v pleistocénu k vytvoření celé pánve Břehyňského rybníka jako endorrheické deprese. Žíly jsou zodpovědné za četné vývěry v prostoru pánve, na něž je vázaný výskyt rašlinišť a slatinišť. K lokalizaci pramenu U Flesla konkrétně přispěla alespoň 300 m dlouhá až 1 m mocná zjílovělá žila bazaltoidu SV–JZ, procházející přes prameniště a fungující jako hydraulická bariéra. Za 200 m dlouhým úsekem, v němž není bariérový účinek jistý z důvodu značného ztenčení až vyklínění žíly, pak pokračuje tato žila přes Zlatý vrch dál k SV. Na JZ zadržuje vodu v prostoru U Flesla mohutné těleso zjílovělé intruzivní brekcie bazaltoidu, které je s prameništěm v kontaktu.

Závěry pro ochranu přírody: Vzdutí hladiny křídového kolektoru C v předpolí žil bazaltoidu směru SV–JZ významně přispělo k lokalizaci pramenů dotujících pánev Břehyňského rybníka od JV a v důsledku toho i k vytvoření rašelinišť a slatinišť. Narušení bariérové funkce zjištěného žilného tahu by vedlo k poklesu hladiny podzemní vody s obtížně předvídatelnými účinky na režim povrchových vod v oblasti. Při případném provádění technických prací – zejména vrtných – v oblasti mezi Srážovem, Zlatým vrchem a Cikánskou skálou je proto potřeba zajistit, aby hydraulická bariéra nebyla narušena.

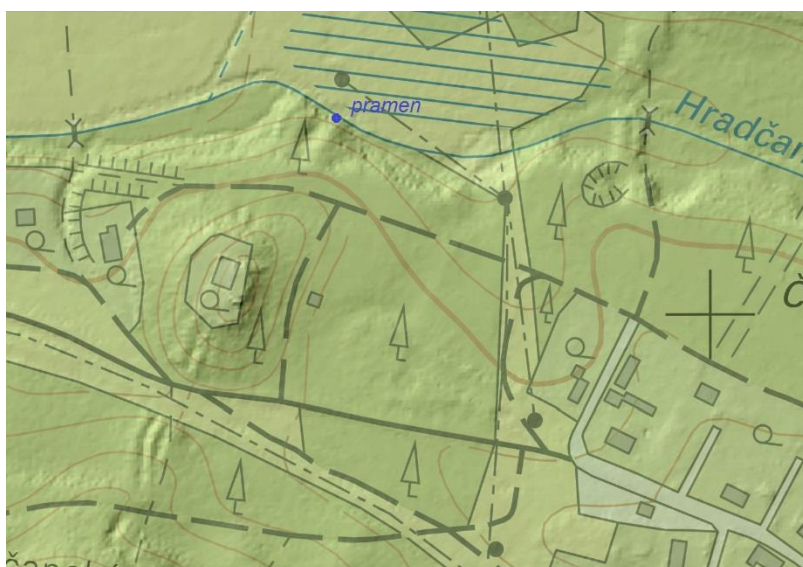
5.6. Hradčany – pramen na s. patě Císařského vršku

Situace

Mezi Doksy a Mimoní přitéká zleva do Ploučnice Hradčanský potok, jehož horní tok s rybníky a rašliništi východně od Hradčan je chráněn v podobě PR Hradčanské rybníky. Na dolním toku pod hrází Hradčanského rybníka v Hradčanech je potok dotován jediným známým pramenným vývěrem. Pramen o vydatnosti 1,5 l/s leží v nadmořské výšce 264 m na s. patě

Císařského vršku, je osazen přepadem a jeho voda po 2 metrech vtéká do Hradčanského potoka. Podrobněji je popsán v Příloze 3 jako objekt č. 039. Pramen není ve starší literatuře uváděn a nenese žádné jméno.

Ještě na konci 19. století zabíhala Ploučnice svým přírodním meandrem dále k V, takže pramen se nacházel v samém ústí Hradčanského potoka do Ploučnice (viz mapa MÜLLERA 1914). V místě pramenu jsou na břehu potoka patrné dva nízké hřbítky směru zhruba SSV–JJZ, se sníženinou mezi nimi. Pramen leží na s. konci východnějšího hřbítku – obr. 63. Ačkoliv původ sníženiny nad pramenem není zcela jednoznačný, směrem na JJZ lze tuto sníženinu sledovat až na temeno Havraní skály k. 331,1. V tomto úseku jde podle historických záznamů o stopy po těžbě vulkanické horniny – o kutací rýhu (HANTSCHHEL 1911). Staré dobývky jsou patrné i na jižním svahu Císařského vršku (280 m, *Kaiserberge*) hned jižně od pramene.



Obr. 63. Digitální model reliéfu v okolí pramenu v Hradčanech na základě leteckého laserového skenování (LIDAR 5G). Zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální, obarvený stínovaný reliéf, <http://ags.cuzk.cz/dmr/#>.

Geologická situace

Okolí Hradčan poprvé geologicky vymapoval MÜLLER (1914). Podrobný průzkum s mapováním v měřítku 1:10 000 zde proběhl v letech 1993–95 (COUBAL & ADAMOVIČ 1995, ADAMOVIČ 1997). Z výsledků tohoto průzkumu vychází v této oblasti i tištěná mapa KLEINA (1998). Litologii křídových sedimentů popsal ADAMOVIČ (1997).

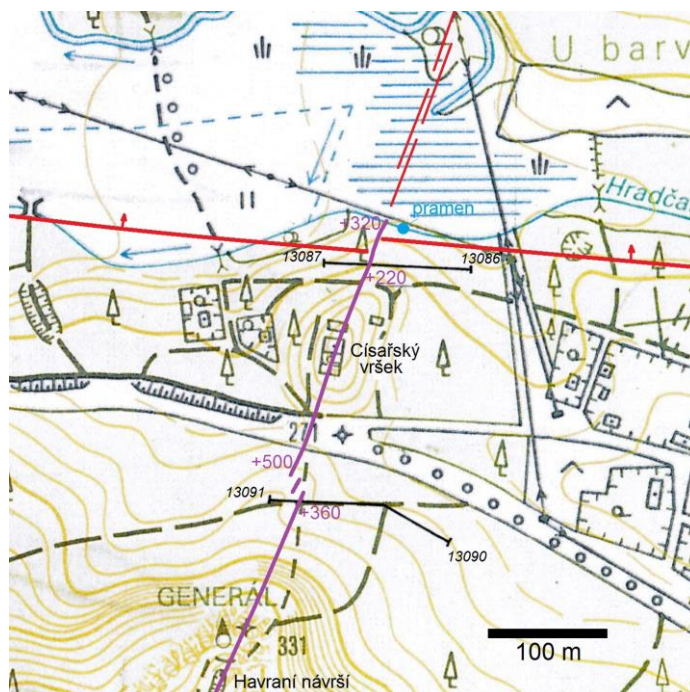
Údolím Ploučnice u Hradčan prochází několik zlomů směru přibližně ZSZ–VJV, které patří do zóny ploučnického zlomu. Spíše než k vertikálnímu pohybu podél nich docházelo k horizontálním posunům, ale západně od Hradčan, v místě křížení se strážským zlomem, dochází k rozčlenění na řadu drobnějších tektonických ker rozměrů stovek metrů. Levý, t.j. jižní, břeh Hradčanského potoka a Ploučnice v místě pramenu tvoří křemenné pískovce střední části jizerského souvrství (pásmo VIII Č. ZAHÁLKY 1916). Na pravém břehu severně odtud jsou ještě výchozy nejvyšších pískovců spodní části jizerského souvrství (pásmo V), což ukazuje na celkový relativní výzvih severní kry podél struktur ploučnického zlomu o cca 20 m. Ačkoliv hlavní rozhraní mezi tělesy křídových sedimentů vykazuje v oblasti tektonický

úklon asi 1° k JV, v rámci dílčích ker zóny ploučnického zlomu byly zaznamenány sklony až 3° k SZ i k JV.

Žilné těleso vulkanitu směru SSV–JJZ spojující Havraní návrší a Císařský vršek považoval MÜLLER (1914) za hauynit, přecházející na s. a na j. konci do monchiquitu. Žílu zakreslil jako souvislý tah na S až k Hradčanskému potoku. Vedle MÜLLERA horninu petrograficky popsal také WURM (1915): obsahuje sloupečkovité krystaly augitu ve sklovité základní hmotě s hauynem, magnetitem a biotitem, vzácný je olivín. Podle tohoto autora je žíla 2–3 m mocná, příčně sloupcovité odlučná. Podobný popis poskytl též SENGER (1929). Z popisu vyplývá, že hornina žíly je nerozložená a vytěžený materiál se používal jako štěrk na stavbu cest a silnic (viz též HANTSCHHEL 1911). KLEIN (1963, 1998) žílu rozčlenil do více segmentů, přičemž úsek na Havraním návrší považoval za sodalitický trachyt a úsek na Císařském vršku za hauynit.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření byla provedena v prostoru mezi pramenem a Císařským vrškem a dále jižně od silnice Hradčany–Veselí na jižním úpatí Havraního návrší. Jejich cílem bylo přesně zjistit vzájemný prostorový vztah žíly vulkanitu na Císařském vršku a pramene pod ním. Průběh profilů bylo třeba v obou prostorech přizpůsobit trasám elektrického vedení. Mezi oběma prostory by bylo měření rušeno účinkem tělesa silnice a staveb na Císařském vršku. Přehledná situace geomagnetických profilů s hodnotami zjištěných anomálií a vnesením interpretovaných těles vulkanitů je na obr. 64.



Obr. 64. Situace geomagnetických profilů a průběh těles vulkanitů na lokalitě 5.6. Hradčany – pramen na s. patě Císařského vršku. Vulkanity jsou znázorněny fialovou barvou. Tenkými černými čarami jsou znázorněny geomagnetické profily s číselným označením krajních bodů, v místech zaznamenaných anomálií magnetického pole je uvedena číselná hodnota amplitudy anomálie oproti normálovému poli v nT. Červeně je vyznačen průběh zlomových linií (silně) a puklinových pásem (tence).

profil 13086–13087

90 m od v. začátku profilu symetrická anomálie +220 nT směru 10°, v dalším průběhu k S se stáčí poněkud doprava na dno sníženiny a probíhá v její ose, současně roste amplituda na +320 nT. Anomálii interpretujeme jako subverikální žílu bazaltoidu o mocnosti cca 2 m.

profil 13090–13091

5 m za křížením cest a 25 m před koncem profilu na Z symetrická anomálie +360 nT směru 32°, na profilu se nachází 6 m východně od těžební rýhy. Severním směrem dvakrát odskakuje směrem k Z a její amplituda roste na +500 nT. Po druhém odskočení, t.j. asi 30 m severním směrem, se anomálie dostane do linie těžební rýhy a dále ji sleduje. Anomálii interpretujeme jako projev subvertikální žíly bazaltoidu o mocnosti 2–3 m.

Závěr

V okolí pramene v Hradčanech byl ověřen průběh žíly bazaltoidu (konkrétně hauynitu) v úseku mezi Havraním návrším na J a tokem Hradčanského potoka na S. Žíla má celkový směr 18°, směrově ale kolísá mezi 10 a 32°. Na severní patě Havraního návrší je segmentovaná s levostrannými odskoky pravděpodobně vzniklými již při intruzi žíly. Další příčná segmentace žíly, ať už magmatická nebo zlomová, nebyla zjištěna. Amplitudy anomálií odpovídají mocnosti žíly 2–3 m a jejich symetrický tvar ukazuje na subvertikální sklon žíly. Pokračování žíly severně od toku Hradčanského potoka nebylo zjišťováno, ale starší geomagnetická měření z let 1993–95 ho neindikují.

Překvapující je, že žíla neprochází východně od pramene, ale jasně západně: mezi pramenem a žilou je vzdálenost 13 m. Pokud by vyvěrající voda pocházela z pískovcové oblasti mezi Hradčany a Břehyní, která má nezpochybnitelné úklony kolem 1° k JV, musela by vyvěrat západně od žíly. Infiltrační území pro pramen v Hradčanech tak musí ležet severně odtud, mezi Hradčany a Borečkem. Předpokládáme pro toto území úklony 2° k J, již dříve naměřené 400 m s. od pramene. Malé vzdálenosti transportu podzemní vody a absenci karbonátů v infiltrační oblasti odpovídá také extrémně nízká celková mineralizace pramenné vody (kap. 6, příl. 3–4).

Žíla zřejmě pokračuje ještě na určitou vzdálenost severním směrem, kde může být jílovitě rozložená, a drénuje podzemní vodu kolektoru C ve směru rovnoběžně s žilou k JJZ. Těsnící funkci zde může hrát již dříve vymapovaný zlom V–Z, zhruba sledující tok Hradčanského potoka (ačkoliv se u něj předpokládal opačný smysl pohybu). Pokles severní kry o cca 20 m na tomto zlomu by vysvětlil i mírně zvýšenou teplotu vyvěrající vody (9 °C), protože by šlo o vodu z hlubšího kolektoru, která se na povrch dostala až podél žíly Havraního návrší a zlomu V–Z díky kombinovanému bariérovému účinku těchto struktur.

Závěry pro ochranu přírody: Pramen na severní patě Císařského vršku v Hradčanech je ukázkou povrchového vývěru podzemní vody podmíněného tektonickou stavbou území v kombinaci s hydraulickou bariérou žíly bazaltoidu. Mimořádnost dané geologické situace lze dokumentovat tím, že v okolí Hradčan jiný podobný pramen není. Lze předpokládat, že tektonická kra zásobující pramen v Hradčanech je do velké míry také plošně odvodňovaná Hradčanským potokem mezi hrází Hradčanského potoka na V a žilou Havraního návrší na Z.

5.7. Břehyně – prameniště Jordán

Situace

Jordán je společný název pro prameniště 600 m jz. od Břehyně a potok z něj vytékající na jz. okraji NPR Břehyně–Pecopala, vyhlášené v roce 1987. Potok protéká zamokřenou loukou a ústí zleva do Břehyňského potoka. V prostoru louky byl dříve rybník *Jordanteich* (WURM 1887, PANÁČEK 2000), dnes redukovaný na drobnou vodní plochu; hráz rybníka využívá dnešní silnice Doksy–Břehyně. Rybník je znázorněn na mapě 1. vojenského mapování (verze z l. 1781–83), na pozdějších mapách už je zakreslen jako vypuštěný. V prameništi i na louce níže jsou dnes jímací objekty pro dokeský vodovod. Prameniště leží v nadmořské výšce 272–273 m, podrobněji je zpracováno v Příloze 3 jako objekt 042. Dříve neslo místní pojmenování *Quellern* (BERNAU 1888, PAUDLER A KOL. 1904).

Geologická situace

Bezprostřední okolí prameniště Jordán je tvořeno křemennými pískovci spodní části jizerského souvrství (pásmo V Č. ZAHÁLKY 1916). Vyšší polohy v okolí, například výšina Králova stolce, je již tvořena jemnozrnnými a výše středně zrnitými pískovci střední části jizerského souvrství (ADAMOVIČ 1997, KLEIN 1998).

Prameniště leží ve sníženině mezi Mlýnským vrchem na S a Královým stolcem na J. Z oblasti Králova stolce do této oblasti přichází skupina tří žil bazaltoidu (wesselitu) směru SV–JZ. Díky hydrotermálnímu zpevnění okolního pískovce (silicifikace, proželeznění) je jejich průběh morfologicky nápadný – viz obr. 17. Severně od prameniště je vulkanitem injikována již jen jedna z ruptur: tefrifonolitové magma vytvořilo mocnou žilu, která zde mimo jiné tvoří hráz Břehyňského rybníka a je podrobně pojednaná jako lokalita 4.2. Všechny tyto žíly byly vymapovány již MÜLLEREM (1914) a později potvrzeny při podrobném mapování (COUBAL A KOL. 1993). Nedořešenou zůstala průběžnost jejich vulkanických výplní. Tuto otázku v souvislosti se vznikem pramenných vývěrů na Jordánu podrobně řešil MÜLLER (1935) v podrobné studii projektu zajištění zdroje pitné vody pro Doksy. Předpokládal propojení obou struktur souborem tenkých puklin „vyplněných zčásti znělcem, zčásti bazaltem, ale každopádně z největší části železnou rudou“. Celou strukturu považoval za hydraulickou bariéru (*eine unterirdische Staumauer*) a vznik pramene tím vysvětloval.

Výsledky provedených geomagnetických měření

Nová geomagnetická měření měla za cíl ověřit přítomnost vulkanických hornin v rupturách směru SV–JZ na prameništi Jordán; podle toho byl volen průběh měřených profilů. Měření byla provedena spolu s měřeními na hrázi Břehyňského rybníka a jejich výsledky jsou společně znázorněny na obr. 24. Magnetické pole je narušeno na malém prostoru (jímací objekty, vodovod), zato velmi silně (viz komentář u profilů).

profil 13097–13098

na z. začátku profilu umělé zvýšení intenzity magnetického pole o 120 nT (vodovod), jinak je na celém profilu magnetické pole velmi vyrovnané a bez anomálií. Přítomnost žil vulkanických hornin i o velmi malé mocnosti lze vyloučit.

profil 13099–13100

profil s vyrovnanými hodnotami magnetického pole s výjimkou zvýšení o 5 nT pod dráty elektrického vedení

profil 13101–13103

esovitě prohnutý profil přes prameniště, generelně ve směru od V na Z. Hodnoty magnetického pole místy kolísají v rámci ± 5 nT. Výraznější anomálie zjištěna 150 m od začátku při míjení jímacího objektu (vrt, betonový domek, železný plot); protože tato anomálie jižním směrem mizí, interpretujeme ji jako výsledek narušení magnetického pole těmito objekty. Na konci profilu jsou hodnoty narušeny přítomností vodovodu.

Závěr

Nový průzkum na lokalitě 5.7. Břehyně – prameniště Jordán nepotvrdil vulkanické propojení žil na Králově stolci a na Mlýnském vrchu. Jediná trasa, kde nelze přítomnost žíly vulkanitu vyloučit, je široká lesní cesta SV–JZ mezi prameništěm Jordán a Doksy: zde je magnetické pole natolik narušené průběhem vodovodního řadu, že případnou žílu není možné danou metodou identifikovat. Protože piezometrická úroveň v kolektoru C klesá na lokalitě generelně k JV, muselo by jakékoliv těleso vzdouvající hladinu na Jordánu procházet jihovýchodně od prameniště. Právě tam se podařilo přítomnost žil vulkanitů spolehlivě vyloučit. Bez přírodní hydraulické bariéry lze však vznik prameniště obtížně vysvětlit. Lze se sice stotožnit s představou MÜLLERA (1935) o využití železitých výplní ruptur proniknutých jinde vulkanitem, ale i tyto by musely procházet východně od prameniště. Proudění podzemních vod na kontaktu s železitémi hmotami odpovídá také vyšší obsah železa v pramenné vodě (příl. 3–4).

Závěry pro ochranu přírody: Ke vzniku pramenných vývěrů vody křídového kolektoru C na Jordánu zřejmě významně napomáhá hydraulická bariéra směru přibližně V–Z. Nejde zde přímo o žíly vulkanitu, ale o ruptury vyplněné oxihydroxidy Fe v jejich pokračování. Slatiniště v místě bývalého rybníka Jordán leží na propustných pískách/pískovcích a zadržení vody je zde možné jen díky vrstvě slatiny jakožto izolátoru; porušená této vrstvy by vedlo k částečnému nebo úplnému vysušení tohoto území. Z hlediska udržení mokřadní vegetace na Jordánu je rovněž třeba dodržovat limity pro odběr vody z jímacích vrtů na prameništi.

6. Výsledky analýz chemického složení pramenných vod

V rámci této studie bylo sledováno celkem 24 pramenných objektů. U čtyř z nich nebylo nakonec přistoupeno k odběru vzorku vody z důvodu přílišného znečištění a zákalu nebo z důvodu, že voda v pramenném rezervoáru měla stacionární charakter (to se odrazilo též v nižší teplotě vody, blížíci se teplotě vzduchu). Výsledky analýz jsou shrnuty v tabulce v Příloze 4. Pro každý pramen zvlášť je chemismus pramenné vody uveden také na zadní straně odběrového listu v Příloze 3.

Ve všech případech lze předpokládat, že odebraná voda má zdroj v křídovém kolektoru C (jizerské souvrství). Jen v případě pramenu na sv. svahu Bezdězu (058) lze předpokládat zdroj vody ve znělcové sutí, překrývající vápnité prachovce teplického souvrství. Podezření na suťový pramen v podobné dispozici je i v případě vysoko položeného zdroje v Nedvězí (066).

Odebrané vzorky vod se z hlediska hydrogeologické rajonizace (HERČÍK A KOL. 1999) dělí na dvě skupiny. Prameny na severu a severovýchodě patří do bilančního celku 3 Křída Českého středohoří, rajonu 4640 Křída Horní Ploučnice: vzorky 001, 006, 023, 030, 039, 042, 043, 058, 059. Všechny zbývající vzorky – z jižní části CHKO – jsou součástí bilančního celku 1 Křída pravostranných přítoků Labe mezi Brandýsem nad Labem a Lovosicemi, rajonu 4522 Křída Pšovky a Liběchovky.

Voda v kolektoru Cv obou rajonech je hydrochemicky charakterizovaná jako typu Ca-HCO_3 s rostoucí celkovou mineralizací ve směru proudění (generelně k JZ). HERČÍK A KOL. (1999) uvádějí pro rajon 4640 nárůst celkové mineralizace ze 100 mg/l u lužického zlomu na 350 mg/l u České Lípy a Doks. V rámci rajonu 4522 hodnoty celkové mineralizace narůstají jz. směrem až na hodnoty přes 500 mg/l, na jihovýchodě rajonu může typ Ca-HCO_3 přecházet do typu Ca-Mg-HCO_3 . Vody kolektoru A mají obdobný chemismus a mírně vyšší hodnoty celkové mineralizace, na Mělnicku přechází typ Ca-HCO_3 do typu Ca-Na-HCO_3 .

Tomuto generelu v zásadě odpovídají výsledky analýz odebraných pramenných vod. Ukazuje se však, že celková mineralizace a s ní především obsahy kalcia a bikarbonátového iontu mohou značně kolísat i na malé vzdálenosti v závislosti na geologické stavbě. Ojedinele se mohou vyskytovat i vody typu $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$: to je případ objektů 058 Bezděz a 074 Dolní Houska se silně mineralizovanou vodou s obsahy SO_4 přes 130 mg/l. Nárůst mineralizace a změna typu vody se odrážejí v hodnotách konduktivity. Přitom není jednoduchý vztah mezi obsahy SO_4^{2-} a HCO_3^- , tyto veličiny se chovají nezávisle na sobě.

Zkombinujeme-li geologické poznatky s hydrochemickými vlastnostmi odebraných vod, můžeme vzorkované vývěry rozdělit do několika skupin:

Vzorky **001** (Peklo U Lassmanna) a **006** (Peklo) se vyznačují vyššími teplotami vody, střední až vyšší mineralizací a anomálně vysokými obsahy kovů (Li, Na, Zn, ale i Mg, Mn). Pramen 001 leží na zlomu, podél něhož je voda kolektoru C vytlačována na povrch přes cca 150 m mocný úsek vápničitých prachovců v jeho nadloží. Vysoké obsahy kovů lze vysvětlit dosahem zlomu do podloží křídý, případně proniky těles vulkanitů do této struktury. Podobný charakter vody z pramene 006 může souviset s migrací stejných vod podél příčného zlomu. Redukční prostředí, z něhož voda pochází, indikují vysoké obsahy rozpuštěného manganu.

Vzorek **039** (Hradčany) je zajímavý velmi nízkou mineralizací (viz konduktivita 91 $\mu\text{S/cm}$) a nízkým obsahem bikarbonátu. Chemismus naznačuje, že jde o vodu rychlého oběhu

z křemenných pískovců. To koresponduje s geologickými závěry v kap. 5.6, které předpokládají infiltrační oblast v prostoru mezi Hradčany a Borečkem sv. od pramenu a krátký oběh.

Poměrně nízkými obsahy bikarbonátu a nižší celkovou mineralizací se vyznačují vzorky **042** (Jordán) a **043** (U Flesla). Ukazuje to, že voda se na své cestě setkala jen v malé míře s vápnatými pískovci a procházela především křemennými pískovci. Zvýšené obsahy železa ve vzorku 042 představují zřejmě železo v koloidní formě. Nízké obsahy manganu reflektují oxidické prostředí a vodu, která byla dlouhou dobu v kontaktu s atmosférou. Vyšší obsahy manganu ve vzorcích **059** (Okna) a **064** (Beškovský důl) naopak indikují, že jde o vody z redukčního prostředí (bělohorské souvrství), vystupující nahoru podél zlomů. Střední celkovou mineralizací, ale poměrně nízkými karbonáty se vyznačuje i vzorek **023** (Hvězda), který má však zvýšené obsahy Na, K a SO_4^{2-} ; byť vyvěrá na významném zlomu stejně jako vzorek 001, jeho voda zřejmě nepochází ze zakleslé severní kry, ale z vyzdvižené jižní kry, případně z kontaktu s dosud neznámým tělesem fonolitu.

Vzorky **030** (Dolní Heřmánky), **045** (Pavličky), **053** (Dubá–Obecní les), **069** (Medonosy), **070** (Osinalice), **098** (Vojtěchov), **100** (Vojtěchov Stříbrník) a **108** (Kokořínský důl) představují typické produkty prostředí křemenných pískovců s vložkami vápnatých pískovců. Celková mineralizace roste jižním směrem, a to zejména kvůli obsahu bikarbonátového iontu. Zvýšená teplota vody z objektů 069, 070 a 098 může indikovat vzestupný proud vody před hydraulickou bariérou, bez podrobného průzkumu nelze tento předpoklad dále komentovat.

Pramen **048** (Dubá) se vyznačuje vysokými obsahy bikarbonátu a kalcia, což je způsobeno zdržením vody v prostředí vápnatých pískovců na bázi střední části jizerského souvrství (Zahálkovo pásmo VI-VII). Zdržení souvisí s pozicí ve kře ukloněné k SZ, tedy protiklonně ke generelnímu sklonu vrstev. Vysoké obsahy dusičnanů a nezanedbatelný obsah amonného iontu zde dokládají mísení s povrchovými vodami, znečištěnými zemědělskou činností.

Prameny **058** (Bezděz) a **066** (Nedvězí) se vyznačují vysokou celkovou mineralizací s vysokými obsahy bikarbonátu, hořčíku a zvýšenými obsahy vápníku. Ve vodě 058 byl zjištěn i vysoký obsah sodíku. Geologická situace na těchto lokalitách ukazuje, že se jedná o prameny vyvěrající na patě fonolitových sutí v blízkosti hranice jizerského a teplického souvrství. Vyvěrající vody tedy sestupují sutí, ležící na vápnatých prachovcích teplického souvrství, což vysvětluje chemismus vod. Zvýšené obsahy lithia a zinku ve vodě 066, její zvýšená teplota (změřená při venkovních teplotách kolem 0 °C i při pomalé výměně vody v objemném rezervoáru v době měření vystavenému nízkým teplotám vzduchu) spolu se stálou vydatností tohoto zdroje naznačují, že pramen může být spoluzásoben vodou z hlubšího zdroje.

Studánka **074** na pramenu Pšovky v Dolní Housce má překvapivě vysokou celkovou mineralizací s vysokým obsahem bikarbonátu, síranů, Ca a Mg. Toto složení neodpovídá jednoduchému modelu, prezentovanému v kap. 5.3. Buď jde o vodu kolektoru A, vytlačovanou podél zlomu přes vápnaté prachovce bělohorského souvrství (izolátor A/C) do úrovně báze kolektoru A, nebo jde o puklinovou vodu z bělohorského souvrství. Druhé možnosti protiřečí stálá vydatnost zdroje v minulých desetiletích s častými přetoky ve srážkově mimořádných obdobích. Vysoké obsahy Li a Mg mohou být z podobného zdroje jako ve vzorcích 058 a 066, čemuž by odpovídal i vysoký obsah F. Nelze tedy vyloučit kontakt se skrytým tělesem fonolitu.

7. Závěr

Geologickými a geofyzikálními metodami bylo nově zpracováno 15 lokalit s předpokládaným výskytem žil vulkanitů fungujících jako bariéry pro podzemní nebo povrchovou vodu. Nové informace přineslo především podrobné pokrytí těchto lokalit povrchovým magnetickým měřením.

V případě osmi lokalit šlo o rybníky nebo o trvale podmáčená území, na nichž byly zřízeny rybníky v minulosti. Čtyři z nich jsou v povodí Robečského potoka. Na hrázích Máchova jezera a Břehyňského rybníka byly žíly vulkanitů známé již z dřívějších, protože jsou odkryté v umělých výpustních strouhách. Přesto byly zjištěny nové skutečnosti. Na základě dokumentace rekonstruované výpusti a geomagnetických měření byly v hrázi Máchova jezera ve Starých Splavech ověřeny 3–4 tenčí žíly vulkanitu, které nejsou průběžné, ale vystupují v kulisovitě uspořádaných segmentech. Jsou tvořené olivinickým nefelinitem, u jedné žíly nelze na základě slabého magnetického projevu vyloučit složení fonolitu nebo tefrifonolitu. Jsou však zcela rozložené na jílu (kaolinit) s anatasem a oxihydroxydy železa (goethit, maghemit, hematit), které se koncentrují do vnitřní výstelky při kontaktu žíly s pískovcem. Přítomny jsou i fosforečnany (waylandit, florencit). Z geologického hlediska je zajímavý markazit (FeS_2), zjištěný v jedné ze žil, protože jeho přítomnost ukazuje na rozklad žíly ještě v době, kdy v této úrovni křídového vrstevního sledu panovaly redukční podmínky. Na nejméně dvou místech jsou žíly příčně porušené mladšími zlomy, zdá se ale, že v samotném tělese hráze jsou zlomově neporušené a jejich soubor tak představuje účinnou hydraulickou bariéru. V hrázi Břehyňského rybníka se prokázala přítomnost jen jediné žíly tefrifonolitu, zčásti rozloženého na kaolinit. I zde se ale ukazuje, že žíla pokračuje v celé délce hráze. Při jižním konci je magneticky indikováno příčné odskočení žíly podle drobného zlomu; zde může být těsnost bariéry zčásti narušená. V případě Máchova jezera i Břehyňského rybníka se zdá, že jejich hráze fungovaly ještě před založením rybníka jako přirozené překážky pro povrchovou vodu, ve svém jádru zatěsněné proti průsakům žilami vulkanitů. Jejich hráze ze 14. století tedy nejsou sypané, ale jen dosypávané pro dosažení stejné výšky v koruně, případně místy (zlom u č.p. 280) uměle zatěsňované.

Nově se také ukazuje, že do stejné kategorie je nutno řadit i Novozámecký rybník. Geomagnetická měření prokázala, že směrem do hráze míří od severu žíla trachybazaltu z bývalého, dnes odtěženého vrchu *Hölzelberg*; přímo v hrázi ji bohužel nelze ověřit geomagneticky (narušené magnetické pole) ani geologicky (výpust je nepřístupná). Při obnažení středu hráze v roce 2015 se nicméně ukázalo, že i tato část hráze je tvořená pískovcem (nikoliv sypaná) a zřejmě i zde šlo o přirozený terénní útvar ještě před založením rybníka. Zda je tento pískovcový hřbet tvořený jen oxihydroxydy železa nebo přímo žilou vulkanitu, bude třeba ověřit při příležitosti vypuštění rybníka. Každopádně lze i tady předpokládat alespoň částečné přírodní zatěsnění proti průsakům.

V prostoru bývalého Baronského rybníka pod Starými Splavy je v přímém kontaktu s povrchem voda křídového kolektoru C. Na jihu je tento prostor hydraulicky oddělen od Robečského potoka žilou bazaltoidu směru V–Z; podle původních map se zdá, že tato žíla tvořila i terénní vlnu a spolu se sypanou hrází sv. od Konvalinkového vrchu uzavíraly prostor Baronského rybníka na J a na SZ. Původní situace byla ovlivněna vybudováním systému povrchových drenáží, zřejmě v souvislosti s výstavbou železniční trati v roce 1867.

Na dalších třech lokalitách byly rybníky založené na nepropustném podloží prachovců teplického a březenského souvrství a žíly vulkanitů zde plnily spíše úlohu morfologických elevací, než hydraulických bariér. Na Heřmanickém rybníku u Heřmaniček (ani na sousedním bývalém rybníku *Klutschenteich*) nebylo žádné těleso vulkanitu přímo využito při stavbě hráze, ale mohutná žíla olivinického nefelinitu ukloněná k S a doprovázená v podloží drobnějšími žilami v intruzivní brekcii tvoří přirozené severní omezení celé zamokřené oblasti a odděluje ji od toku Ploučnice. Na bývalém Okřešickém rybníku s. od Okřešic tvořilo hráz pískovcové těleso se souborem žil V–Z, ukloněných k S nebo k J; zde byl princip zadržení povrchové vody podobný jako na Máchově jezeře a i zde nebylo zřejmě potřeba hráz stavět nebo jakkoliv zatěšňovat. Na Litickém rybníku vsv. od Litic bylo pro stavbu hráze využito žíly bazaltoidu, která na SZ končí tělesem intruzivní brekcie. Hráz a žíla se prostorově zcela přesně nekryjí a lze předpokládat, že hráz rybníka byla vybudovaná v místě největšího zúžení údolí podél žíly, ale ne na žíle samotné.

V okolí Mariánského rybníka u Obory nebyla geomagnetickým průzkumem žádná tělesa vulkanitů nalezena.

Obraz ovlivnění oběhu podzemních vod významně doplňují zjištěné průběhy žil bazaltoidů v blízkosti pramenů. Ukázkovým příkladem je pramen Stříbrník ve Vojtěchově, který dodává vodu skupinovému vodovodu. Jeho poloha je určována rozvětvenou žilou bazaltoidu směru S–J západně od pramene. V místě jímacích štol proto dochází podél této bariéry k soustředěnému toku podzemní vody kolektoru C (jizerské souvrství), jejíž infiltrační oblast leží v Houseckých vrších. Pramenná oblast Pšovky v Dolní Housce leží v území, kde hladina kolektoru C je v kontaktu s povrchem; pramen za domem č.p. 42 je zde podmíněn kombinací žíly bazaltoidu V–Z a zlomu SV–JZ. Dalším pěkným příkladem bariérového efektu těles bazaltoidu v kolektoru C je okolí pramene U Flesla východně od Břehyně: pramen vyvěrá na vzduší hladiny podzemní vody před žilou augititu a mohutným tělesem intruzivní brekcie bazaltoidu. Žíly stejného směru pokračují dál na SV a zdá se, že jsou zodpovědné i za další vývěry (přímo na dně rašelinišť) a vedly k vytvoření pánve Břehyňského rybníka jako celku. Na prameništi Jordán jihozápadně odtud však přítomnost vulkanitu zjištěna nebyla, a je proto třeba připustit, že hladina kolektoru C zde může být vzduť jen díky impregnaci ruptur směru SV–JZ oxihydroxidy železa. Tyto ruptury jsou injikovány vulkanitem dál na JZ i na SV, kde tvoří hráz Břehyňského rybníka.

Hladina kolektoru C je vzduť také podél žíly Havraního návrší v Hradčanech. Zdejší pramenný vývěr se však nachází hned východně (nikoliv západně) od žíly, což vyžaduje revizi dosavadního názoru na tektonické úklony dílčích ker v pásmu ploučnického zlomu.

Voda kolektoru C vyvěrá za přispění žíly bazaltoidu kolmé ke směru proudění podzemní vody také v rokli V Pramínku mezi Sedlecem a Kokořínským dolem; nejde zde o vodu z hlavního kolektoru C, ale o vodu z dílčího, „zavěšeného“ kolektoru nad bazí svrchní části jizerského souvrství.

Mokřady na sv. a ssv. svazích Bezdězu jsou především podmíněny málo propustným dnem, tvořeným sedimenty na přechodu mezi jizerským a teplickým souvrstvím. Těsnící účinek zjištěných žil bazaltoidu se zde mohl uplatnit jen v omezené míře a jeho role v případě lokalizace pramene v zakončení jedné ze žil je také nepříliš jasná. Přesto poskytla geomagnetická měření na Bezdězu zásadní nové informace o geologické stavbě a sledu intruzivních událostí.

Pro potřeby ochrany přírody v území CHKO Kokořínsko – Máchův kraj vplynuly tyto závěry:

1. Těsnící účinek žil bazaltoidů i jiných vulkanitů lze na území CHKO doložit na mnoha příkladech.
2. Mimořádnou funkci plní žíly vulkanitů v hrázích Máchova jezera, Břehyňského rybníka a zřejmě i Novozámeckého rybníka. Jednak jsou zodpovědné za vytvoření pískovcového hřbetu, který fungoval jako přirozená zábrana odtoku povrchové vody ještě před založením rybníka, a jednak zabraňují průsakům vody skrz hráz. Narušení těsnící funkce žil v těchto místech by mohlo mít za následek zvýšení průsaků tělesem hráze s nepředvídatelnými důsledky pro udržení stálé vodní hladiny v těchto nádržích. Veškeré technické/stavební zásahy do těchto objektů by měly být prováděny po pečlivém zvážení a jen na základě maximální znalosti o geologické a geotechnické stavbě tělesa hráze. Podobnou funkci plnila žíla bazaltoidu v pískovcové hrázi bývalého Okřešického rybníka.
3. Žíly vulkanitů plnily svou úlohu i v případě rybníků (nebo bývalých rybníků) v nadloží nepropustných hornin – typicky prachovců teplického a březenského souvrství. Většinou postačovalo, že se podél nich vytvořil hřbet, který zabraňoval povrchovému odtoku vody. Tyto hráze nejsou tolik zranitelné jako hráze tvořené žilami v pískovcích.
4. Znalost průběhu žil vulkanických hornin spolu se znalostí sklonu vrstev v jizerském souvrství (t.j. sklonu piezometrické úrovně kolektoru C) je zásadní pro pochopení oběhu podzemních vod na území CHKO. Zvláště to platí tam, kde se hladina kolektoru C přibližuje zemskému povrchu a jakékoliv její vzduť se projeví výskytem pramenných vývěrů (okolí Břehyňského rybníka, údolí Robečského potoka pod Starými Splavy, údolí Ploučnice v okolí Hradčan). Díky těsnící funkci žil vulkanitů tak dochází na mnoha místech k přetoku z kolektoru C do povrchových vodotečí. Na některých místech (např. okolí Břehyně) je podzemní voda odváděná jedním směrem (v tomto případě k JV) až k prameni a odtud dál pokračuje jako povrchová voda opačným směrem (v tomto případě k SZ). Tato znalost je důležitá zejména v místech potenciálně ohrožených kontaminací podzemních vod.
5. Důležitá je znalost hydraulické funkce žil vulkanitů v blízkosti vodních zdrojů. Příkladem je žíla zadržující od západu podzemní vodu zásobující pramen Stříbrník ve Vojtěchově (zdroj pro skupinový vodovod). Žíla tvoří bariéru, která by v zájmu vydatnosti pramene neměla být narušená – je otázka, zda k částečnému narušení již nedošlo v důsledku provedených vrtných prací (viz kap. 5.1). Znalost hydraulické žíly je zde důležitá též pro vytipování rizikových oblastí z hlediska možné kontaminace vodního zdroje a s tím související vymezení pásma hygienické ochrany. Zohlednění těchto aspektů je namístě i u pramenů U Flesla (5.5) nebo v Hradčanech (5.6), které rovněž slouží jako příležitostné vodní zdroje.

8. Literatura

- ADAMOVIČ, J. (1989): Geologické poměry a faciální vývoj kvádrových pískovců Kokořinska. Diplomová práce. – Přírodovědecká fakulta UK Praha, 162 s. Praha.
- ADAMOVIČ, J. (1994): Paleogeography of the Jizera Formation (Late Cretaceous sandstones), Kokořín area, central Bohemia. – Sbor. geol. Věd, Geol., 46: 103-123.
- ADAMOVIČ, J. (1997): Vývoj poznání geologické stavby západní části VVP Ralsko. – Bezděz, 5: 85-146. Česká Lípa.
- ADAMOVIČ, J. (2001): Ferruginization in sandstones of the Bohemian Cretaceous Basin. – Ph.D. Thesis, Archiv Geologický ústav AV ČR Praha, 148 s. + přílohy.
- ADAMOVIČ, J. (2002a): Českolipsko. – In: Adamovič, J. & Cílek, V. (ed.), Katalog vybraných významných geologických lokalit pískovcových oblastí. Železivce české křídové pánve. Knihovna České speleologické společnosti, 38: 37-46. Praha.
- ADAMOVIČ, J. (2002b): Kokořinsko. – In: Adamovič, J. & Cílek, V. (ed.), Katalog vybraných významných geologických lokalit pískovcových oblastí. Železivce české křídové pánve. Knihovna České speleologické společnosti, 38: 7-36. Praha.
- ADAMOVIČ, J. (2002c): Shrnutí nových poznatků: co nám říkají o genezi železivců v české křídě. In: Adamovič, J. – Cílek, V. (ed.), Katalog vybraných významných geologických lokalit pískovcových oblastí. Železivce české křídové pánve. Knihovna České speleologické společnosti, 38: 146-151. Praha.
- ADAMOVIČ, J. (2005): Sandstone cementation and its geomorphic and hydraulic implications. – Ferrantia, 44: 21-24. Luxembourg.
- ADAMOVIČ, J. (2017, v tisku): Geologické poměry České Lípy. In Kratochvíl, J. (ed.), Česká Lípa. – Městský úřad Česká Lípa.
- ADAMOVIČ, J., MIKULÁŠ, R. & CÍLEK, V. (2010): Atlas pískovcových skalních měst České a Slovenské republiky. – Academia, 460 s. Praha.
- ADAMOVIČ, J. & SCHUBERT, A. (2012): Historie zapsaná do skal. Cesty zasekané do pískovcových skal v oblasti mezi Mšenem a Vidimí. – Památky Středních Čech, 26, 1, 29-38. Praha.
- ADAMOVIČ, J., ULRICH, J. & PEROUTKA, J. (2001): Geology of occurrences of ferruginous sandstones in N Bohemia: famous localities revisited. – Geologica Saxonica – Abh. Mus. Miner. Geol. Dresden, 46/47: 105-123. Dresden.
- BERNAU, F. (1888): Der politische Bezirk Dauba (umfallend die Gerichtsbezirke Dauba und Wegstädtl). – Dauba-Wegstädtler Bezirks-Lehrerverein, 588 s. Dubá.
- BRZÁK, P. (1999): Štola ve Vojtěchově – plán 1:200, doprovodný text. 2 s. Mšeno.
- CINIBULK, J. B. (1911): Průvodce údolím Kokořínským a Mšenským Švýcarskem. – Okrašlovací splek pro Mšeno a okolí, 192 s. Mělník.
- COUBAL, M. & ADAMOVIČ, J. (1995): Strukturně tektonické mapování zájmové oblasti. In Anton, J. a kol.: Geologické a geofyzikální mapování jihozápadního předpolí ložiska Stráž, etapa 1995. – Radium Liberec. MS Archiv Diamo Stráž p.R.
- COUBAL, M., ADAMOVIČ, J. & PAZDÍREK, O. (1994): Geologické a geofyzikální mapování jihozápadního předpolí ložiska Stráž, etapa 1994. Kniha II. Zpracování a výsledky geologických prací. – Radium Liberec. MS Archiv Diamo Stráž pod Ralskem.
- COUBAL, M., KLEIN, V., ADAMOVIČ, J. & PAZDÍREK, O. (1993): Geologické a geofyzikální mapování jihozápadního předpolí ložiska Stráž, Etapa II. – 1993. Geologické mapování a závěrečné geologické zhodnocení výsledků. – Radium Liberec. MS Archiv Diamo Stráž pod Ralskem.

- COUBAL, M., MÁLEK, J., ADAMOVIČ, J. & ŠTĚPANČÍKOVÁ, P. (2015): Late Cretaceous and Cenozoic dynamics of the Bohemian Massif inferred from the paleostress history of the Lusatian Fault Belt. – *J. Geodyn.*, 87: 26-49.
- ČECH, S., KLEIN, V., KRÍŽ, J. & VALEČKA, J. (1980): Revision of the Upper Cretaceous stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 55, 5: 277–296. Praha.
- DOHNAL, Z. (1961): Rašeliniště a slatiniště Polomených hor (Výsledky výzkumu z r. 1957–1958). – *Anthropozoikum*, 9 (1959): 241-276. Praha.
- FOSSON, H., SCHULTZ, R.A., SHIPTON, Z.K. & MAIR, K. (2007): Deformation bands in sandstone: a review. – *Journal of the Geological Society*, 164: 755-769. London.
- FRIČ, A. (1885): Studie v oboru křídového útvaru v Čechách, Paleontologické prozkoumání jednotlivých vrstev. III. Jizerské vrstvy. – *Archiv pro přír. prosk. Čech*, 5, 2: 1-132. F. Řivnáč, Praha.
- GRABER, H. V. (1903): Die Teichtalungen im Süden von B.-Leipa nebst faunistischen Beobachtungen auf dem Hirnsner Teiche. – 40. Jahresbericht der Staats-Realschule in B.-Leipa für das Schuljahr 1902-1903, 24 s. Česká Lípa.
- GRABER, H. V. (1904): Geologisch-petrographische Mitteilungen aus dem Gebiete des Kartenblattes Böhm.-Leipa und Dauba, Zone 3, Col. XI der österr. Spezialkarte. – *Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 54 Bd., 3-4: 431-460. Wien.
- GRUNERT, JOS. R. (1884): Heimatskunde des Auschaer Bezirkes. – *Auschaer Zweiglehrer-Vereine*, Druck und Verlag von F.W.Stopp in Tetschen-Bodenbach, 186 s. Ústěk.
- GRUNTORÁD, J. (1985): Principy metod užitých geofyziky. – *Státní nakladatelství technické literatury*, 190 s. Praha.
- HANTSCHHEL, F. (1885): Rundschau vom Spitzberge bei B.-Leipa (Kronprinzessin Stephanie-Aussichtsturm). – *Druck und Verlag von Dr. Hantschel & Co.*, 148 s. Česká Lípa.
- HANTSCHHEL, F. (1911): Heimatskunde des politischen Bezirkes Böhmisches Leipa. – *Selbstverlag*, 1180 s. Česká Lípa.
- HAVRÁNEK, P. & ADAMOVIČ, J. (2005): Prokřemenění pískovců na Milštejně v Lužických horách. – *Bezděz*, 14: 133-162. Česká Lípa.
- HERCOG, F. (1965): Projekt hydrogeologického průzkumu Kokořínského důlu a území severně Mělnické Vrutice v povodí Pšovky. – *Vodní zdroje Praha*, 14 s., příl. MS Česká geologická služba – Geofond.
- HERČÍK, F. (1981): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve. Výsledky I. fáze, věcná etapa A. – *MS Stavební geologie*, s.p. Praha.
- HERČÍK, F. (1985): Hydrogeologická syntéza české křídové pánve. Zpráva za II. fázi. – *MS Stavební geologie*, sp. Praha
- HERČÍK, F., HERRMANN, Z. & VALEČKA, J. (1999): Hydrogeologie české křídové pánve. – *Český geologický ústav*, 118 s., příl. Praha.
- HOPPE, P. (1969): Zhodnocení hydrogeologického vrtu ve Vojtěchově–Stříbrníku (Pšovka). – *Vodní zdroje n.p. Praha*, 7 s., 12 příl.
- JOHN, O., ZENGER, Z. M. & HELLMUTH-BRAUNER, V. (1957): Kokořínský důl. Přírodní rezervace a kulturní památky. – *Sportovní a turistické nakladatelství*, 38 s. Praha.
- KINSKÝ, B. (1936): Dubské Švýcarsko. Okolí Dubé, Doks, Máchova jezera, Bezděze, Mšena, Kokořina, Liběchova, Štětí, Ústěku a České Lípy. – *VI. nákl.*, 264 s. Semily.

- KLEIN, V. (1962): Geologické poměry území jižně a jihovýchodně od České Lípy. – Kand. dis. práce. Ústř. úst. geol., 313 s. Praha.
- KLEIN, V. (1963): Základní geologická mapa 1 : 50 000, list M-33-54-A Doksy. – Ústřední ústav geologický Praha. MS Archiv ČGS–Geofond.
- KLEIN, V. (1967): Zpráva o inventarizaci ložisek stavebních nerostných surovin na listu mapy M 33-54-A (Doksy). – Ústř. úst. geol., 20 s. + karty. MS Archiv Česká geologická služba Praha.
- KLEIN, V., ED. (1993): Geologická mapa ČR. List 02 - 42 Česká Lípa 1:50 000. – Český geologický ústav Praha.
- KLEIN, V. (1998): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 03-31 Mimoň. – Český geologický ústav Praha.
- KLEIN, V., BŮŽEK, Č., GABRIELOVÁ, N., HERCOGOVÁ, J., KOPECKÝ, L., MACOUN, J., OPLETAL, M., PRAŽÁK, J., ŘEHÁKOVÁ, Z. & ŠIBRAVA, V. (1966): Vysvětlivky k listu mapy 1:50 000 M-33-53-B – Ústěk. – Ústřední ústav geologický, 265 s. + příl., Praha. MS Archiv Česká geologická služba Praha.
- KOLKA, M. (2014): Technická zařízení na vodní pohon v Dubé, Doksech a okolí. – Národní památkový ústav, 256 s. Liberec.
- KOŘISTKA, C. (1869): Die Arbeiten der topographischen Abtheilung der Landesdurchforschung von Böhmen in den Jahren 1864–1866 enthaltend die Terrainverhältnisse, ein Höhenverzeichniss und eine Höhenkarte des Mittelgebirges, dann des Sandstein- und Schiefergebirges im nördlichen Böhmen. – Archiv der naturw. Landesdurchforschung von Böhmen. I. Band I. Abtheilung. In Commissions-Verlag bei Fr. Řivnáč, vi+268. Praha.
- KREJČÍ, J. (1869): Studien im Gebiete der böhmischen Kreide-Formation. I. Allgemeine und orographische Verhältnisse, sowie Gliederung der böhmischen Kreide-Formation. – Archiv der naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen. I. Band, Section II. Arbeiten der geologischen Section. In Commissions-Verlag bei Fr. Řivnáč: 39-179. Praha.
- KREJČÍ, J. (1870): Studie v oboru křídového útvaru v Čechách. I. Všeobecné a horopisné poměry, jakož i rozčlenění křídového útvaru v Čechách. – Archiv pro přírodovědecké proskoumání Čech, díl I, sekce II: 35-161. Praha.
- KÜHN, P. (1999): Povaha železných rud, těžených v minulosti na Českolipsku. – Bezděz, 8: 181-207. Česká Lípa.
- MALÝ, K. D., CAJZ, V., ADAMOVIČ, J. & ZACHARIÁŠ, J. (2006): Silicification of quartz arenites overlain by volcaniclastic deposits: an alternative to silcrete formation. – *Geologica Carpathica*, 57, 6: 461-472. Bratislava.
- MÜLLER, B. (1912): Die Entstehung der Seebecken im Gebiete des oberen Polzentaales in Nordböhmen. – *Int. Revue des ges. Hydrobiologie u. Hydrographie*, Suppl., Ser. I, 1-4. Leipzig.
- MÜLLER, B. (1914): Der Grossteich bei Hirschberg in Nord- Böhmen. Der Geologische Aufbau des Hirschberger Teichgebietes. – *Monographien und Abh. zur Internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, Bd. 5/III: 1-81. Leipzig.
- MÜLLER, B. (1924a): Das Hohlener Teichsystem. – *Wasserwirtsch. Mitt. Dtsch. Melior. - Verb. Böhmen*, 12, 5: 53-55. Praha.
- MÜLLER, B. (1924b): Der geologische Aufbau des Auschaer Rotlandes. – *Leitmeritzer heimatkundl. Arbeitsgemeinschaft*, 37 s. K. Pickert. Litoměřice.
- MÜLLER, B. (1925): Die geologische Sektion Hohlen des Kartenblattes Böhm. Leipa-Dauba in Nord-Böhmen. – *Sbor. Stát. geol. Úst. ČSR*, 5: 111-174. Praha.
- MÜLLER, B. (1928): Die geologischen Grundlagen der nordböhmisches Teichwirtschaft. – *Firgenwald*, 1, 2, 65-76. Liberec.

- MÜLLER, B. (1933): Basaltgänge als Grundwasserscheider, Quell-Linien und Mineralspender. – Zeitschr. d. Dtsch. geol. Gesellsch., 85, 7: 579-585. Berlin.
- MÜLLER, B. (1935): Geologisches Gutachten über die Trinkwasserversorgung von Hirschberg i.B. durch eine Brunnen-teufung bei der Jordanquelle unweit Heidemühl. MS Archiv ČGS Praha, 1-6, mapa, řezy.
- MÜLLER, B. (1939): Der Gesteinsaufbau der Bösige. – Jb. Dtsch. Gebirgsver. Jeschken- u. Isergebirge, 49: 1-8. Liberec.
- PANÁČEK, J. (1999): Rybníky v povodí Bobřího potoka na Českolipsku. – Acta onomastica, 40: 164-177. Praha.
- PANÁČEK, J. (2000): Rybníky v povodí Mlýnského potoka na Českolipsku. – Onomastické práce, 4: 389-399. Praha.
- PAUDLER, A., HAUDECK, J., ZANKER, J., LEIMER, J. & NEDER, E. (1904): Zur Quellenkunde II. – Mittheil. d. Nordböh. Exkursions-Klubs, 27, 4: 327-337. Česká Lípa.
- PAZDÍREK, O. (1991): Syntéza poznatků o tektonické stavbě strážského bloku s posouzením jejího vlivu na hydrogeologické poměry. – MS Archiv Diamo, s.p.; Stráž pod Ralskem.
- PIŠTORA, Z. (1967): Základní hydrogeologické problémy oblasti pravostranných labských přítoků Košáteckého potoka, Pšovky, Liběchovky, Obrtky, Úštěckého potoka a území západního okolí Litoměřic u Velkých Žernosek. – Vodní zdroje Praha, 24 s.
- PODVOLECKÝ, F. (1934): Podzemní vody a prameny v okolí Mělníka na území listu speciální mapy Mělník – 3853. Vodopis ČSR, řada VII., sešit 2, 59 s., 4 příl. Praha.
- PRAŽÁK, J. ED. (1991): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 02-44 Štětí. – Český geologický ústav Praha.
- PRAŽÁK, J. ED. (1993): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 03-31 Mladá Boleslav. – Český geologický ústav Praha.
- QUAIßER, J. & ZIMMERMANN, K. (1921): Vom ursprünglichen Ablauf des Hirschberger Großteiches. – Mitt. d. Nordb. Vereines f. Heimatf. u. Wanderpflge, 44, 1-2: 28-29. Česká Lípa.
- SENGER, A. (1929): Ueber einige Hauynophyre des oberen Polzengebietes. – Firgenwald, 2, 3: 78-81. Liberec.
- SHRBENÝ, O. (1989): Major and trace elements in Tertiary volcanics of the Lužické hory Mts. and the adjacent area, northern Bohemia. – Čas. Miner. Geol., 34, 3: 235-253. Praha.
- SHRBENÝ, O. (1992): Chemistry of Tertiary alkaline volcanics in the central-western part of the Bohemian Cretaceous Basin and the adjacent area. – Čas. Miner. Geol., 37, 3: 203-217. Praha.
- SCHALLER, J. (1787): Topographie des Königreichs Böhmen, darinn alle Städte, Flecken, Herrschaften, Schlößer, Landgüter, Edelsitze, Klöster, Dörfer, wie auch verfallene Schlößer und Städte unter den ehemaligen, und jetzigen Benennungen samt ihren Merkwürdigkeiten beschrieben werden. Fünfter Theil. Leutmeritzer Kreis. – Schönfeldsche Handlung, 308 s. Prag und Wien.
- SCHALLER, J. (1790): Topographie des Königreichs Böhmen, darinn alle Städte, Flecken, Herrschaften, Schlößer, Landgüter, Edelsitze, Klöster, Dörfer, wie auch verfallene Schlößer und Städte unter den ehemaligen, und jetzigen Benennungen samt ihren Merkwürdigkeiten beschrieben werden. Vierter Theil. Bunzlauer Kreis. – Joh. Ferd. von Schönfeld, k. k. priv. Hofbuchdrucker, 322 s. Prag und Wien.
- STUDNÍČKA, M. (2001): Jestřebská slatiniště – soustava ekologicky různých mikrolokalit (Ralsko). – Příroda, 8: 34-37. Praha.

- SÝKORA, L. (1948): Přírodní poměry Polomených hor a co z nich vyplývá pro ochranářství a hospodářské plánování. – *Ochrana přírody* 3, 3: 49-60. Praha.
- SÝKOROVÁ, J. & VIŠŇÁK, R. (2009): Okřešické louky – nová přírodní památka na Českolipsku. *Botanický průzkum*. – *Bezděz*, 18: 193-212. Česká Lípa.
- ŠTĚPÁN, V. J. (1932): Rybníky v Polomených Horách sev. Čech po stránce stavebně-technické a geologické. – VI. nákl., 11 s. Vodňany.
- ŠULC, F. (2008): Putování s říčkou Pšovkou Kokořínskem. – Pšovka, Okrašlovací spolek Kokořínska, 38 s. Blatce.
- TICHÝ, J. (1967): 600 let Mšena. Kapitoly z kroniky českého města. 93 s. Mšeno.
- ULIČNÝ, D., LAURIN, J. & ČECH, S. (2009): Controls on clastic sequence geometries in a shallow marine, transtensional basin: the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. – *Sedimentology*, 56, 1077–1114.
- ULRYCH, J., ADAMOVIČ, J., KRMÍČEK, L., ACKERMAN, L. & BALOGH, K. (2014): Revision of Scheumann's classification of melilitic lamprophyres and related melilitic rocks in light of new analytical data. – *J. Geosci.*, 59: 3-22. Praha.
- ULRYCH J., CAJZ V. & ADAMOVIČ J., EDS. (1998): Magmatism and rift basin evolution. Excursion Guide. Abstracts. IGCP 369 Workshop, Liblice, September 7-11, 1998. – Český geologický ústav, 98 s. Praha.
- ULRYCH, J. & PIVEC, E. (1997): Age-related contrasting alkaline volcanic series in North Bohemia. – *Chem. Erde*, 57: 311-336. Jena.
- VLČEK, V., ED. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. – Academia Praha, 316 s. Praha.
- WURM, F. (1887): Das Kummergebirge, die umliegenden Teiche und deren Flora. Festschrift zur Decennalfeier des Nordböhmisches Excursions-Clubs. – Nordböh. Exc.-Club, Česká Lípa. 92 s.
- WURM, F. (1901): Příspěvky ku kontaktním proměnám hornin v severních Čechách. – *Věst. II. sjezdu českých přírodopytcův a lékařů v Praze r. 1901*: 291-292. Praha.
- WURM, F. (1914): Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine der Böhm.-Leipaer Umgebung II. – *Verh. der k. k. geolog. Reichsanstalt*, 1914, 10: 248-257. Wien.
- WURM, F. (1915): Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine der B.-Leipaer Umgebung III. – *Verh. der k. k. geolog. Reichsanstalt*, 1915, 12: 217-227. Wien.
- WURM, F. (1916): Beiträge zur Kenntnis der Eruptivgesteine der B.-Leipaer Umgebung VII. – *Mitt. d. Nordb. Vereines f. Heimatf. u. Wanderpflege*, 39, 4: 179-184 (1-6). Česká Lípa.
- WURM, F. & ZIMMERHACKEL, P. (1882): Basalt- und Phonolithkuppen in der Umgebung von B.-Leipa. - Separat-Abdruck des Programmaufsatzes der Kommunal- Oberrealschule zu B.-Leipa. 32 s. Česká Lípa.
- ZAHÁLKA, B. (1905): O některých eruptivních horninách z okolí Mělníka a Mšena. – *Věst. Král. čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přír.*, 1905, 3: 1-79. Praha.
- ZAHÁLKA, Č. (1895): Pásmo IX křídového útvaru v okolí Řípu s poznámkou o geologických nárysech. Kokořínské podolí mezi Lhotkou a Kokořínem. – *Věst. Král. čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přír.*, 43: 1-27. Praha.
- ZAHÁLKA, Č. (1897a): Pásmo IX. útvaru křídového mezi Chocebuzy a Vidímí v Polomených horách. – *Věst. Král. čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přír.*, 1896, 12: 1-23. Praha.
- ZAHÁLKA, Č. (1897b): Stratigrafie křídového útvaru Řípské vysočiny a Polomených Hor. – *Věst. Král. čes. Spol. Nauk, Tř. mat.-přír.*, 1896, 18: 1-40. Praha.

- ZAHÁLKA, Č. (1916): Severočeský útvar křídový z Rudohoří až pod Ještěd. –VI. nákl., 98 s. Roudnice n. L.
- ZIMA, K. (1950): Geologické poměry jihozápadní části Polomených hor. – Sbor. Stát. geol. Úst. ČR, Geol., 17: 289-339. Praha.