

Pavel Kalenda

Domnívám se, že článek L. Faltejska (2018) byl reakcí na publikované geofyzikální a proutkařské měření nad jeskyní Pekárna (Kalenda a kol. 2017, 2018), které mělo za cíl rozřešit generační problém pokračování / nepokračování Pekárny, současně představit možnosti zcela nového typu georadaru (Tengler 2014) a také nenápadně otestovat přesnost a spolehlivost výsledků telegnostického (proutkařského) průzkumu, kterou v dané oblasti prováděla skupina SE-3 (Slezák a kol. 2017).

Jako specializovaný užitý geofyzik, který se zabývá krasovou geofyzikou desítky let a také testoval virgulové měření řady proutkařů, si tímto dovoluji polemizovat s výše uvedeným článkem L. Faltejska a uvést na pravou míru některé informace, předkládané jako důvěryhodné, ověřené a podložené.

Hned v úvodu se píše o tom, že se dosud nepodařilo objevit žádnou geofyzikální metodu, která by nesporně detekovala podzemní dutiny. Toto není pravda. Existuje řada geofyzikálních a geotechnických metod, které jednoznačně dokáží detekovat podzemní dutiny ať již volné nebo vyplněné sedimenty. Všechny geofyzikální metody můžeme rozdělit na **integrální**, které měří nějaké fyzikální pole jako součet příspěvků anomálních polí od jednotlivých nehomogenit v širokém okolí a **bodové**, které nám dávají přesnou informaci o nehomogenitách, ale pouze v daném bodě. Většina z integrálních geofyzikálních polí (tíhové, elektromagnetické, elektrické) ubývá přibližně se čtvercem vzdálenosti od zdroje, takže v měřeném místě jsou detekovatelné anomálie nehomogenit z okruhu o poloměru srovnatelném s 10 násobkem převládající šíře hledaných anomálií. Reálný dosah většiny z těchto metod při hledání nehomogenit metrových rozměrů proto bývá první desítky metrů, kdy se hledaná anomálie jednak začne ztrácet v šumu a jednak začne být překrývaná anomáliemi, pocházejícími z jiných zdrojů. U těchto metod většinou není až tak problémem nalézt hledané anomálie (pokud má daná nehomogenita dostatečný kontrast měřeného parametru vůči okolí), ale správně je interpretovat, protože u potenciálových polí platí, že existuje celá řada možných modelů, jejichž anomálie jsou stejné nebo velice podobné naměřené anomálii a tím pádem obrácená úloha (hledání prostorového rozložení nehomogenit) není jednoznačná a tím pádem nemusí vůbec odpovídat realitě. Z integrálních metod můžeme jednoznačně detekovat podzemní dutiny například pomocí gravimetrie (Blecha a Kalenda 2004, Blecha a kol. 2005, Kalenda a kol. 2006). Klíčovými faktory možné detekce jsou rozměry dutiny, hloubka pod povrchem (místem měření) a kontrast objemové hustoty výplně dutiny vůči okolním horninám. Pokud je dutina prázdná, nehluboko pod povrchem a poměrně rozměrná, je anomálie měřitelná a dutina jednoznačně detekovatelná, přestože není možno jednoznačně interpretovat její tvar (Hrutka, 2006). Pokud je dutina například ve vápencích a je částečně vyplněna vodivým materiálem, je možno ji jednoznačně detekovat v příhodných podmínkách (nehluboko pod povrchem, velký odporový kontrast) celou řadou elektromagnetických (VDV), nebo odporových metod.

Co se týče bodových metod, tak ty mohou jednoznačně detekovat podzemní dutiny, ať už se jedná o geologické vrty a geofyzikální metody ve vrtech, nebo například o georadar. Nový

typ georadaru, který jsme použili při měření nad Pekárnou (Kalenda a kol. 2017, 2018), byl jednoznačně schopen detekovat odrazy od stropů nebo stěn jeskyní v hloubkách i přes 100 m. Poloha (a tím pádem i hloubka) stěn a stropu dutiny je (po migraci) jednoznačně lokalizovatelná. Takže není pravda tvrzení, že se dosud nepodařilo nalézt takovou geofyzikální metodu, která by nesporně umožnila detekovat podzemní dutiny. Samozřejmě, že nemůžeme nalézt dutiny, jejichž rozměry jsou zanedbatelné vůči hloubce, v nichž se vyskytují, nebo nemají dostatečný kontrast měřeného parametru (hustota, měrná vodivost, impedance, permitivita,) vůči okolním horninám.

S proutkem a proutkařením jsem se poprvé seznámil už na škole. Již Agricola ukázal, že staří havíři používali proutek jako jednu ze základních „geofyzikálních“ metod (viz vyobrazení z *Re de metallica libri XII*, 1556).



Obr. 1 - vyobrazení z Agricola (1556)

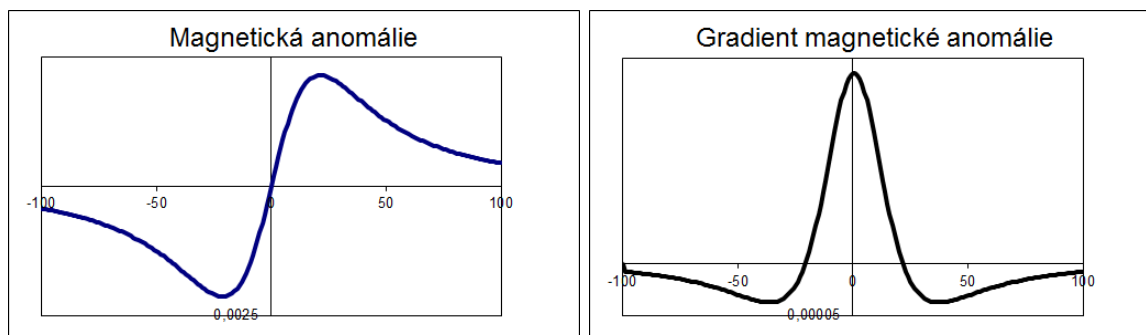
Důvod byl tehdy jednoduchý. Novodobé geofyzikální metody ještě nebyly vynalezeny. Na používání proutku jako jedné z prospekčních metod neměly valný vliv ani práce „skeptických osvícenců“ jako byl Ch.T. Delia (1773). Na fakultě také jeden z vyučujících geofyziků používal proutek jako svou osobní „kontrolní“ metodu, kdy detekované anomálie koreloval s výsledky proutkaření a řešil případné zjištěné rozpory. V Moravském krasu jsem sám udělal několik pokusů ověřit přesnost a spolehlivost výsledků proutkaření tak, abych mohl zefektivnit hledání horního jeskynního patra (ne vždy byly k dispozici drahé geofyzikální aparatury).

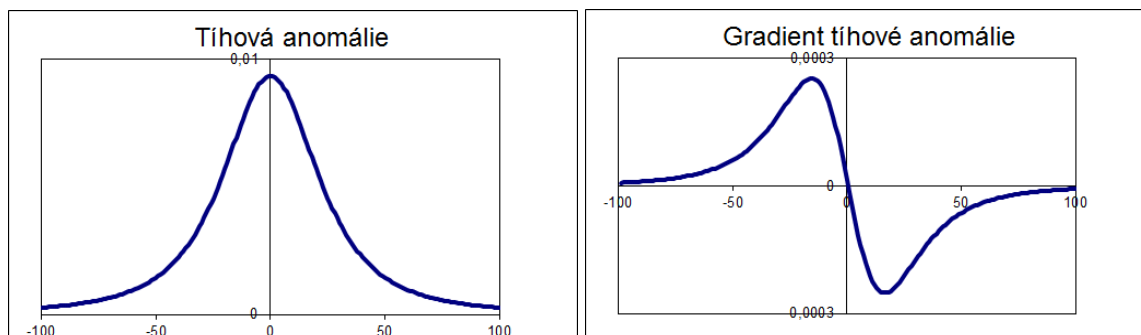
Jaké jsou tedy mé osobní zkušenosti s proutkem? Seznámil jsem se s celou řadou proutkařů, a přestože jsem měl tu nejlepší možnost se s proutkem naučit pracovat v terénu, nikdy se mi nepovedlo to, co jim. Proutek v mých rukách byl opravdu jen mrtvým předmětem a mé tělo nereagovalo s ním ani bez něj na nic, co jsem viděl při svých měřeních. Začal jsem sice vidět v terénu tvary zlomů, sesuvů, přesmyků, násunů, změny hornin, místa pramenů i vývěrů CO₂, ale s proutkem jsem je neviděl o nic lépe. Proto jsem se pokusil otestovat několik proutkařů při svých měřeních v Moravském krasu, kde jsem hledal nejprve pokračování známých jeskyní (Blecha a Kalenda 2004) a poté i jeskyní vysoké úrovně převážně pomocí metody Velmi Dlouhých Vln (VDV) (Kalenda a Duras, 2008, Kalenda a

kol. 2009). Našel jsem taková místa, kde se na peneplenizovaném povrchu Ostrovské plošiny nijak neprojevuje žádný zlom a na stejném profilu, na kterém jsem měřil pomocí VDV, jsem nechal proutkaře (vědomě testovaného) najít místo, kam bych sám interpretoval polohu hledaného zlomu (nebo vodivé struktury). Všechny tyto pokusy dopadly ve prospěch proutku (s dobrým proutkařem), protože polohu takto určeného zlomu (struktury) lokalizoval vždy přesněji než na 5 m, což byl můj krok při měření metodou VDV, se kterou jsem výsledky porovnával.

Druhý příklad úspěšného hledání podzemního kolektoru (průtočné jeskyně), který bych chtěl ukázat, byl z Ostrova u Macochy, kde jeden obyvatel chtěl mít na zahrádce vrt a v něm vodu, ze které by mohl zalévat zahrádku i při největších suchách. Neváhal zaplatit cca 1000 Kč/1 m vrtu. Dal si ale podmínku, že nebude platit suchý vrt. V partě vrtařů byl i pomocník s proutkem, který na zahrádce 30 x 30 m vytipoval místo a (předem) řekl, že je tam puklina korodovaná na šířku 50 cm a v ní je 2 m vody v hloubce 32 m. Tu hloubku bych (snad) určil i já po malém zamyšlení, protože pod Panskou skálou v Ostrově u Macochy se nachází mokřad, bývalý rybník a Estavela do Císařské jeskyně s hladinou vody v uvedené hloubce. Tato voda vtéká i pod Panskou skálu, jak je možno pozorovat například v Panáčkově jeskyni. Potíž je ale v tom, že odtokových kanálků směrem k Lopači (k JZ) není mnoho a odtokové jeskyně jsou poměrně řídké (ne více než 1 jeskyně na 10 – 30 m kolmého profilu). Tedy náhodně se trefit právě do této jeskyně je nemožné. Sám bych tuto úlohu pomocí VDV nedokázal vyřešit, protože stranová chyba lokalizace takové pukliny je větší než 5 m a hloubková chyba je okolo 15% z hloubky, kde se voda nachází, tedy cca 5 m. Vrtaři navrtali vrt do stanovené hloubky a podle toho, že majitel zahrádky zaplatil celý vrt a je spokojený, předpověď se vyplnila. Ve vrtu bylo skutečně 2 m vody a nad ní 1 m vzduchu v puklině široké pouhých 50 cm.

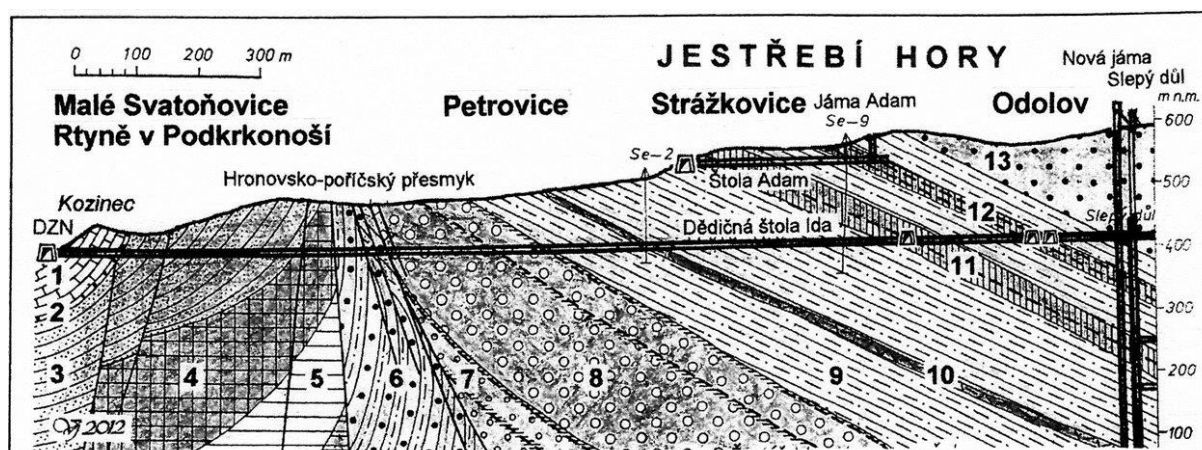
Co tedy pravděpodobně měří proutkař s virguli? Jaké fyzikální pole pravděpodobně detekuje? Nejlepší shoda proutku se ukazuje s elektromagnetickými metodami. V mém případě byla podobnost s výsledky metody VDV velice vysoká. V případě metody VDV se jedná po elektromagnetické pole vzdálených vysílačů (subhorizontální), které reaguje s vodivou nehomogenitou a siločáry se stáčí k vodiči (dolů), za kterým zase vycházejí na povrch (nahoru) (viz obr. 2a).



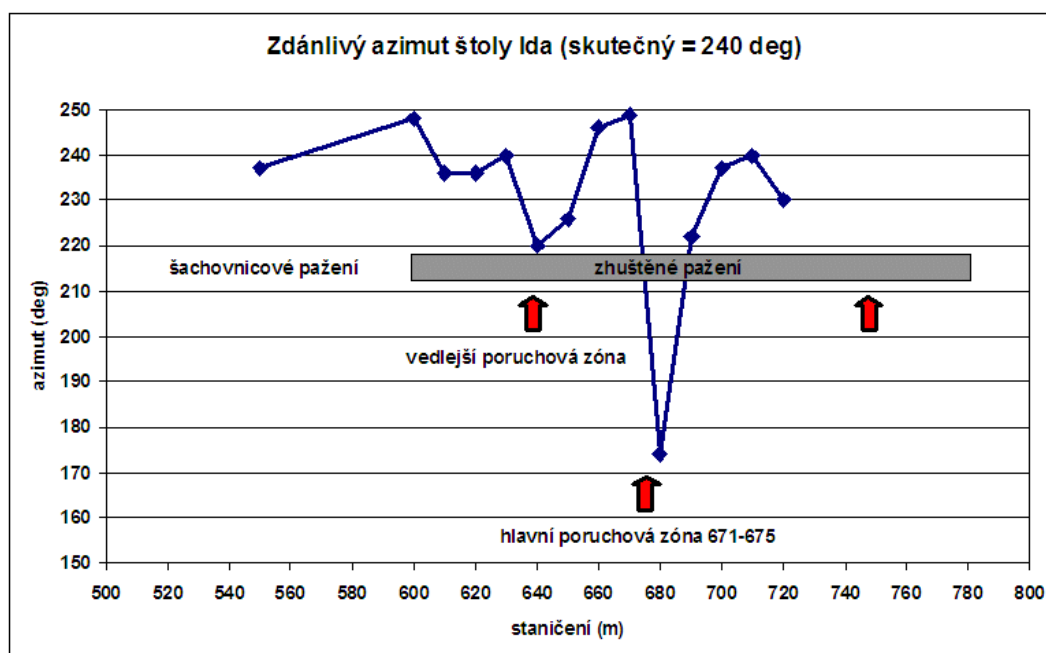


Obr. 2 – Magnetické a tíhové anomálie a jejich gradienty

Interpretátor (geofyzik) pak spočítá gradient této anomálie (obr. 2b) a podle jeho šířky a amplitudy pak oceňuje hloubku a fyzikální vlastnosti vodiče. Proutkař nedělá nic jiného. Chodí nad detekovanou anomálií (kde se mu virgule začne v rukách hýbat) a hledá největší gradient tak, že sleduje sílu, kterou musí působit na virguli proti jejímu pohybu. Dostane tedy stejný bod, jako geofyzik. Otázkou je jen, jaké primární elektromagnetické pole sleduje. Odpověď je jednoduchá – magnetické pole Země, které sice není ideálně subhorizontální, ale je dosti silné na to, aby otočilo střelkou kompasu. Na obrázku 4 je zdánlivý azimut štolý Ida (podle buzoly) v době, kdy jsem procházel cca 100 m pod povrchem Hronovsko-poříčskou tektonickou poruchou (obr. 3). Štola je přitom naprosto rovná ☺.



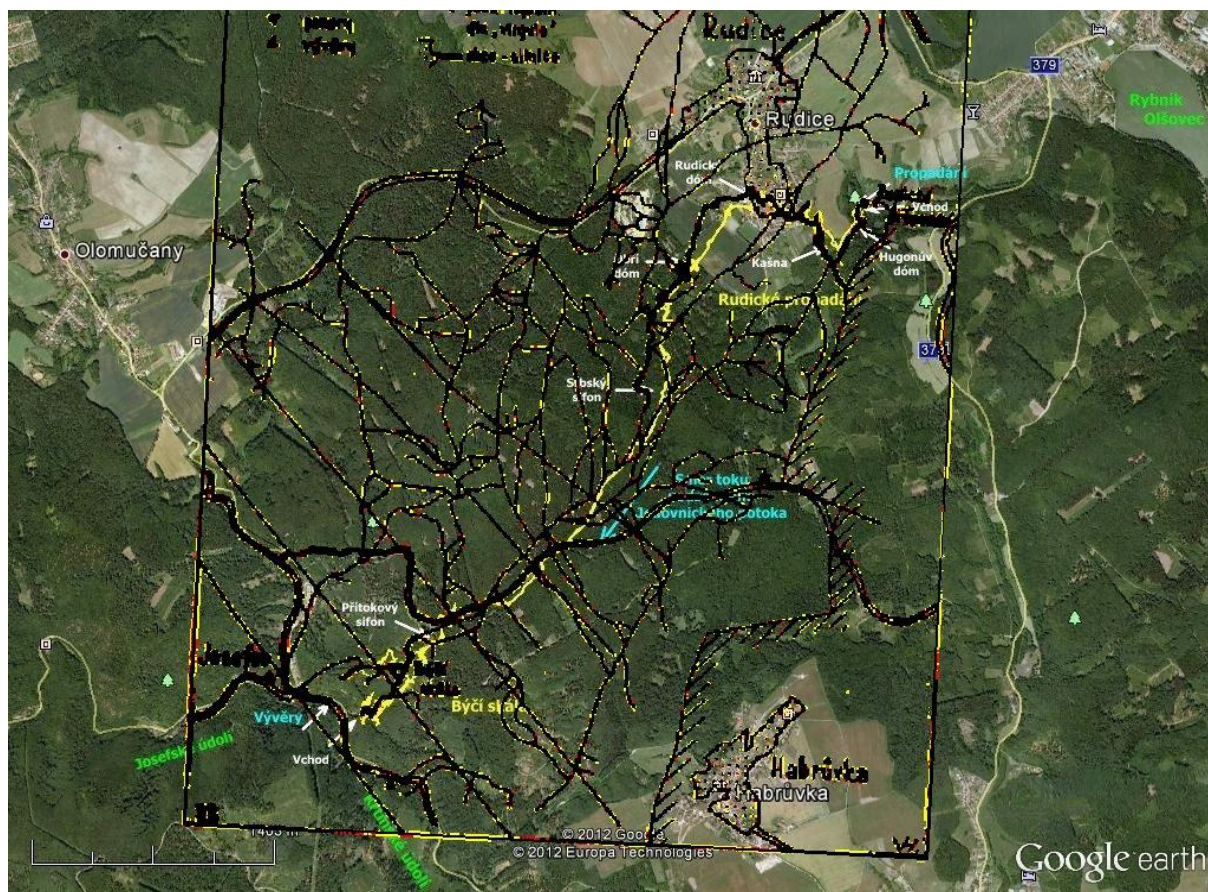
Obr. 3 – Geologický řez štolou Ida, která prochází Hronovsko-poříčskou poruchou (podle V. Jirásky)



Obr. 4 – Zdánlivý azimut štoly Ida mezi staničeními 550 m a 730 m. Měřeno buzolou uprostřed štoly a 1,5m nad kolejnicemi.

Je vidět, že se střelka kompasu pohybovala v rozmezí -5° až $+9^{\circ}$ před poruchou a -65° až 0° za poruchou. Dobře patrné byly polohy obou poruchových zón (640 m a 675 m) a snadno detekovatelné pomocí náhlé změny směru azimutu štoly (tedy lépe řečeno orientace magnetického pole v blízkosti poruchy).

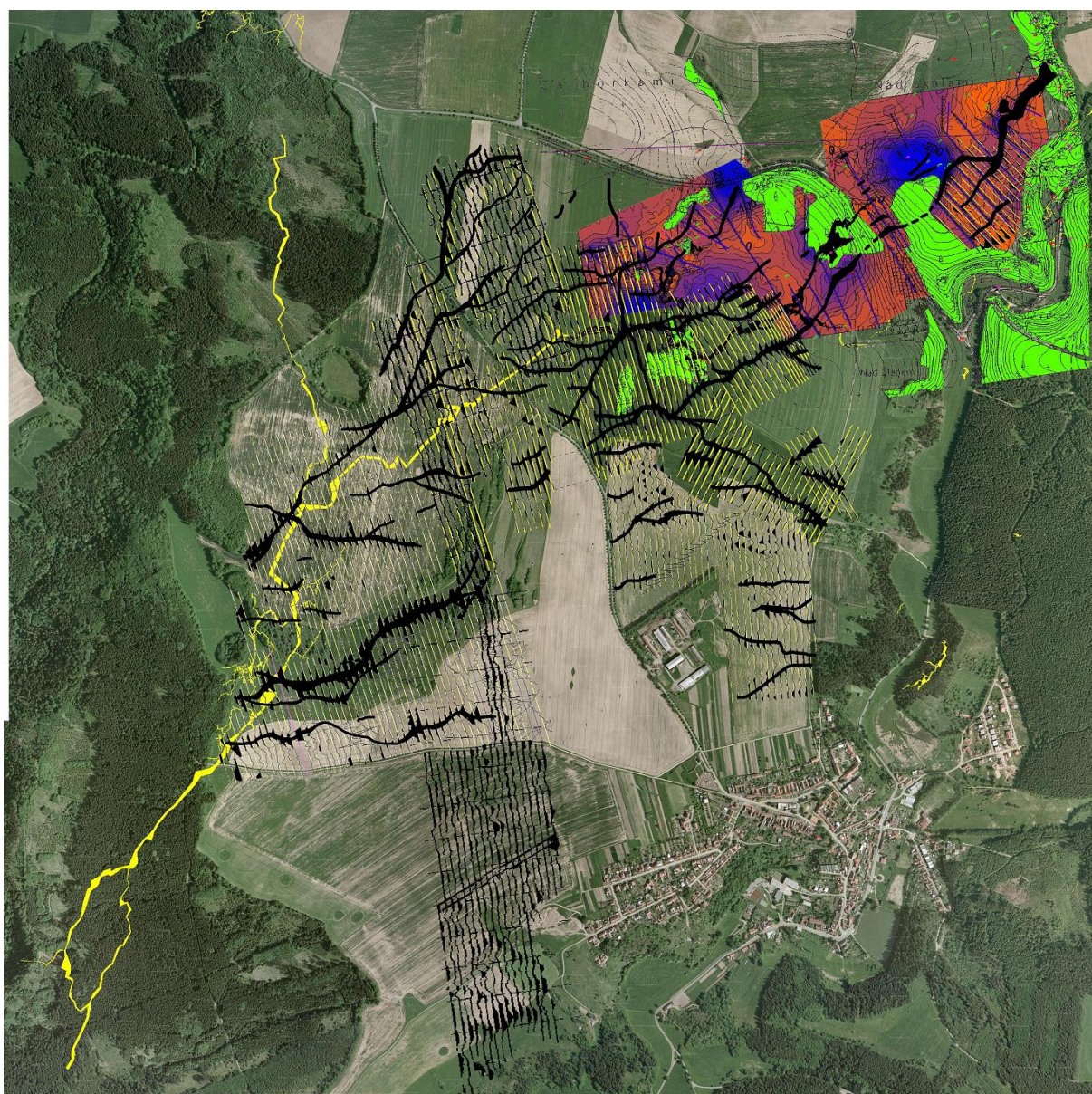
Máme tedy odpověď na otázku, zda může citlivý proutkař detekovat tuto poruchu? Může stejně snadno, jako střelka kompasu. Může ale správně interpretovat, že touto poruchou proudí voda? Tato část (interpretační) je mnohem složitější, než část „detekční“. Ve stejném postavení se nachází každý geofyzik. Ze své vlastní praxe mohu potvrdit, že interpretace naměřených geofyzikálních anomálií není vždy správná. Je potřeba znát spoustu doplňujících údajů, které umožní získat „interpretační rámec“. Jako příklad si můžeme rozebrat učebnicové virgulové měření K. Faitla (1937) ve střední části Moravského krasu (obr. 5), které už zkritizoval R. Burkhardt (1960, 1961).



Obr. 5 – Porovnání Feitlovy mapy vodivých zón (1937 in Burkhardt 1960) (tenké černě) se známým průběhem jeskyní Jedovnického potoka (žlutě) a v 60. letech (tlustě černě - Burkhardt). Mapový podklad GoogleEarth (2016).

V blízkosti Rudického propadání pokračují vodivé zóny podle detekcí K. Faitla k JJZ, tedy paralelně s okrajem krasu a paralelně s hlavním směrem tektoniky, na kterém je založena větší část jeskynních systémů (Štoger a Kučera 1997). Od Kašny ale Jedovnický potok prochází nejkratším směrem k lokální bázi odvodnění, tedy ke Staré řece, která přitéká od S až SSV od Rudic. Zde je dobře patrné, že přestože K. Faitl „stopoval“ podzemní tok Jedovnického potoka, ten se mu ztratil a našel jen pokračování tektonických vodivých zón nebo vodivých mezivrstevních spár, které mají geograficky stejný průběh. Teprve od Rudického dómu se Jedovnický potok stáčí do původního směru odvodňování krasu (a snad i celé severní části M. krasu), ale samotný tok navazuje na významné tektonické linie až za Obřím dómem, což se projevilo i ve Faitlově mapě. Další tok velice dobře koresponduje s vodivými anomáliemi. (Je nabíledni, že voda v podzemí koroduje a eroduje především porušené části horského masivu, tedy poruchové zóny a tektonické linie). Dokonce shoda současné mapy jeskyní Byčí skála – Rudické propadání (žlutá čára) je v tomto úseku až po vývěr lepší s Faitlovou mapou než byla mapa Rudického propadání v 60. letech, která neměla uzavřený polygon. Z tohoto srovnání je patrné, že ačkoli K. Faitl hledal pokračování Jedovnického potoka pod zemí, nenašel anomálie od vody, ale anomálie vodivých zón, které byly výraznější než anomálie generované málo mineralizovanou vodou, která si prorazila cestu napříč strukturami masivu k nejbližší lokální bázi odvodnění. Pravděpodobně, kdyby byl býval K. Faitl použil např. metodu VDV ve 30. letech (kdyby už byla vynalezena), dospěl

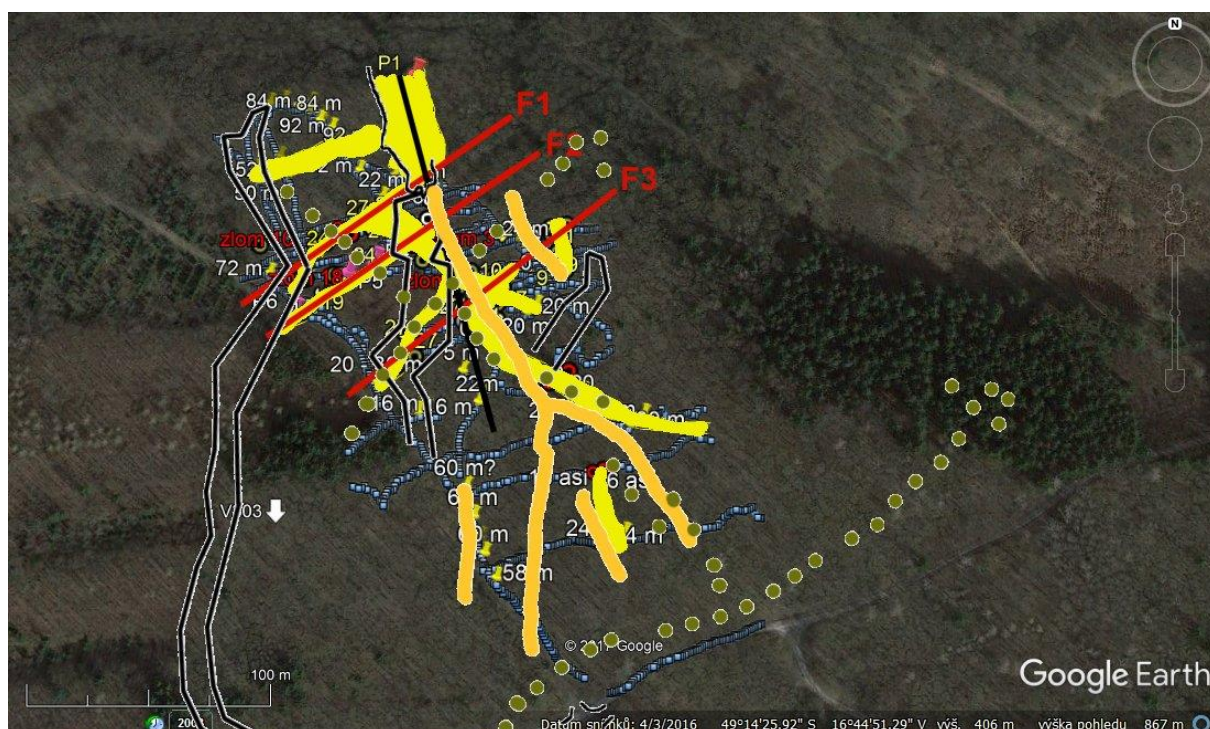
by ke stejnému nebo podobnému výsledku jako s virguli. Ze severní části Moravského krasu je mapa vodivých zón horního jeskynního patra (Kalenda a kol. 2005), kterou jsem sestavil v letech 2002 – 2009 (Kalenda a kol. 2009) (obr.6). Je zřejmé, že ne všechny vodivé zóny odpovídají zasedimentovaným jeskyním a naopak, ne všechny chodby jeskyní horní jeskynní úrovně mohly být detekovány (například ty bez vodivých sedimentů). Radarová měření například ukázala, že pokračování Holštejnské jeskyně není k Z a lomu Malá dohoda, ale dále na jih a jeskyně vyúsťuje do žlebu v. od křižovatky U kaštanu (Kalenda a Tengler 2016). Rozdíl mezi výsledky měření pomocí VDV a virguli není v tomto ohledu příliš veliký (a obojí se liší od hledané reality). Co je ale rozdílné, je to, že geofyzikální aparaturu může obsluhovat i cvičená opice, ale s proutkem může měřit jen zkušený a citlivý proutkař a to jen v některých obdobích (například mimo období slunečních erupcí a magnetických bouří na Zemi).



Obr. 6 – Mapa vodivých zón podle VDV

Ještě několik slov k popsaným pokusům (Enright 1999). Z výše uvedeného je zřejmé, že virgule (stejně jako některé geofyzikální metody) umožňují detekovat pravděpodobně změny gradientu magnetického pole Země. V uvedených pokusech vůbec není ukázáno, zda trubka s tekoucí vodou byla schopna vyvolat takovou změnu magnetického pole (nebo jiného pole), která byla detekovatelná například standardními geofyzikálními metodami. Už samotná železná trubka mohla vyvolávat větší anomálii než trubka s vodou. Je to jako hledat černou kočku v černé místnosti, zejména pokud tam kočka vůbec není. Jak jsem dříve ukázal, samotná voda nevyvolává měřitelnou anomálii (zejména pokud není silně mineralizovaná) a také umístění trubky nemusí být vhodné pro její detekci (například ve směru magnetických siločar). Velikost a změna magnetického pole (nebo jiného pole) daného pokusu nebyly nezávislou metodou vůbec změřena, takže není patrné, zda proutkaři mohli vůbec něco detekovat. Obdobný experiment jsme provedli u Křížova závrtu, kdy jsme hledali změnu napěťových potenciálů pomocí metody nabitého tělesa (Kalenda a kol. 2008). Po 1 hodině od počátku nalévání solného roztoku do závrtu jsme detekovali změnu potenciálu až do vzdálenosti 40 m, ale po 4 – 5 hodinách již byly anomálie zcela neměřitelné.

Posledním pokusem, který jsem udělal, bylo porovnání telegnostického měření nad Pekárnou s exaktním georadarovým měřením. Odhlédneme od toho, že se jednalo o nový typ georadaru s abnormálně velkým dosahem (až více než 850 m), ke kterému je nedůvěřivá i odborná veřejnost (viz zamítnutí odborného dokumentačního článku o měření u Hranické propasti v časopise EGRSE). Následná měření ve Slovincu definitivně prokázala, že detekované prostory v hloubkách více než 50 m jsou ve shodě s realitou a také že detekované reflexe od dutin v hloubkách převyšujících 100 m jsou reálné (Kalenda et al. 2017). Tedy je jisté, že to, co bylo změřeno nad Pekárnou a v jejím dalším pokračování georadarem, nám dává dobrý obraz o realitě v místě měření. Toto jsme porovnali s výsledky telegnostického průzkumu, který byl dělán o rok dříve, než georadarová měření (obr. 7).



Obr. 7 – Mapa interpretovaného průběhu jeskynního systému Pekárny z georadaru (žlutě), interpretovaných vodivých zón podle odporových metod (Hruška 1985) (hnědě), krasových zón podle drobné geofyziky (Hruška 1985) (okrově) a lokální tektoniky (červeně). Černě jsou vyneseny kontury dutin podle virgule. (Mapový podklad GoogleEarth 2016).

Předchozí geofyzikální měření J. Hrušky (1985, 1987, 1995) neměli proutkaři k dispozici a také my jsme je získali až po georadarových měřeních (poděkování patří J. Hruškovi, který nám umožnil nahlédnout do jeho syntetických prací). Je vidět, že v hrubých rysech se odporová měření shodují s georadarovou detekcí pokračování Pekárny za poruchou F1, ačkoli samotná porucha není indikována, přestože je na první pohled patrná v morfologii povrchu. Telegnostická detekce jasně ukázala, že na poruše F1 je úskok v pokračování jeskyně (patrně splavené mladé sedimenty do volných prostor z. od závalu). Samotná telegnostická detekce však pokračuje od Pekárny na JZ na poruše F3 až k lesní cestě a tam se stáčí k jihu až JJV a navazuje na odporovou anomálii (Hruška 1985). V těchto místech také georadar ukázal na dutiny v hloubkách 58 – 60 m. Druhá telegnostická anomálie, procházející 60 – 100 m západně od Pekárny, nebyla dosud georadarem potvrzena ani vyvrácena, protože tato oblast nebyla dosud proměřena. Z toho, co dnes víme jen z telegnostických měření, si můžeme udělat docela dobrý obraz o pokračování Pekárny. To, že Pekárna dále pokračuje, je jisté. Že se dá koncový zával obejít ze západní strany, ukázaly všechny metody. Ty taky ukázaly na úzkou korodovanou puklinu východně od Pekárny, která upadá směrem do masívu a její pokračování se vytrácí. Za velice důležitou indicii považuji informaci o tom, že na západním okraji Pekárny se nacházejí propady, které směřují do spodních pater. Ty byly detekovány naprosto spolehlivě georadarem v roce 2016. Jejich pokračování je nejspíše ve směru k JZ až do oblasti Mokerské hájenky, tedy ve směru příčné tektoniky tak, jak ukazovalo také telegnostické měření L. Slezáka (1999).

Závěrem bych chtěl popřát všem proutkařům mnoho úspěchů obdobných tomu, kdy L. Slezák detekoval virguli možný vchod do staré jeskyně v blízkosti Nové Rasovny. Přestože mu nikdo nevěřil, že by se v daném místě mohla nějaká (veliká) jeskyně vůbec nacházet (a nejenom blbodíra), parta nadšenců otevřela vchod a následně pronikla do volných prostor jeskyně Matalovy vymodlené (Šenkýř a Budík 2014), což byl objev roku 2013.

literatura

- BLECHA, V., KALENDA, P. (2004): Gravimetrický průzkum Holštejnské jeskyně v Moravském krasu. Zprávy o geol. výzkumech v roce 2003, 128-130.
- BLECHA, V., KALENDA, P., MRAVEC, P., KUČERA, J. (2005): Gravimetrický průzkum pokračování Holštejnské jeskyně. Speleofórum 2005, 6 - 8.
- Burkhardt, R. (1960): Feitlova teorie a dnešní obraz neznámého krasového podzemí, Vlastivědné zprávy z Adamova a okolí, č.II, 6-11.
- Burkhardt, R. (1961): Ještě k Feitlově teorii. Vlastivědné zprávy z Adamova a okolí. 5(1), 10-11.

- Enright, J.T. (1999): Testing downsing: The failure of the Munich experiments. Skeptical inquirer 23.1. Dostupné on-line: https://www.csicop.org/si/show/testing_downsing_the_failure_of_the_munich_experiments.
- Feitl, K. (1937): Die Wünschelrute im Dienste der Höhlenforschung des Polytechnischen Vereines der Tchechoslowakischen Republik, sitz in Mährisch Ostrau, Jhg. 17, H. 1-2, Jänner-Feber. Odkaz na mapu: <http://docs.mskholstejn.eu/node/395>
- Faltejsek, L. (2018): Proutkaření – realita nebo nesplnitelné přání? Speleo, 74, 35-41.
- Hruška, J. (1985): Komplexní analýza geofyzikálních měření v předpolí lomu Mokrá. (Mapa 1:1000). Nepublikováno.
- Hruška, J. (1987): Horákov - Mokrá, závěrečná zpráva o provedeném geofyzikálním měření na území ložiska. Geofyzika Brno, 1987, Z-6706.
- Hruška, J. (1995): Pekárna, georadarová měření v roce 1995. Geofyzika Brno, 1995.
- Hrutka, M. (2006): Mikrogravimetrický průzkum okolí Holštejnské jeskyně v Moravském krasu. Diplomová práce PřF UK Praha.
- KALENDA, P., KUČERA, J., MRAVEC, P. (2005): Vývoj jeskynních systémů v severní části Moravského krasu s přihlédnutím k novým poznatkům z Holštejnské jeskyně. Acta Mus. Moraviae, Sci. geol., XC, 191-216.
- KALENDA, P., BLECHA, V., HRUTKA, M., MRAVEC, P. (2006): Bukovinky - gravimetrické měření v Moravském krasu. Speleofórum 2006, 77-78.
- KALENDA, P., DURAS, R. (2008): Sledování pokračování horního jeskynního patra (Holštejnské jeskyně) pomocí metody VDV. Geol. výzk.Mor.Slez. v roce 2007, 90-93.
- KALENDA, P., DURAS, R., KUČERA, J. (2008): Bukovinky - měření metodou nabitého tělesa (MNT). Speleofórum 2008, Vol. 27, 125-128.
- KALENDA, P., MRAVEC, P., DURAS, R., MUSIL, F. (2009): Mapování horního jeskynního patra na Ostrovské plošině v roce 2008 pomocí geofyzikálních metod. Speleofórum 2009, Vol. 28, 120-123.
- Kalenda, P., Tengler, R. (2016): Porovnání výsledků geofyzikálních metod nad Holštejnskou jeskyní. Speleofórum 2016. Vol. 35, 31-34.
- Kalenda, P., Tengler, R., Cendelín, R., Slezák, L., Pokorný, J. (2017): Georadarová měření nad Pekárnou 2016. Speleofórum 2017. Vol. 36, 30-35.
- Kalenda Pavel, Tengler Rudolf, Cendelín Richard, Slezák Ladislav, Pokorný Josef (2018): Georadarová měření nad Pekárnou 2017. Speleofórum2018. Vol. 37, 25-29.
- Kalenda, P., Tengler, R., Šebela, S., Blatník, M., Gosar, A. (2018): Detection of Divaška jama behind Trhlovca jama. Acta Carsologica, Vol. 47, No. 2-3, 153-167.
- Slezák, L. (1999): Příspěvek k dalšímu možnému pokračování jeskyně Pekárny v jižní části Moravského krasu. Speleo, No. 28, 23-25.
- Slezák, L., Cendelín, R., Pokorný, J. (2017): Jeskyně Pekárna v jižní části Moravského krasu ve světle nových výzkumů. CD edice SE-3-2017, TO-2-5.
- Šenkýř, M., Budík, L. (2014): Matalova vymodlená – zpráva o průzkumu jeskyně, Speleofórum Vol. 33, 5 -7. Více zde: <https://zo620mk.webnode.cz/nase-jeskyne/matalova-vymodlena/>
- Štogr, J., Kučera, J. (1997): Piková dáma a Spirálka, monografie jeskyně.
- RTG-Tengler (2013): <http://georadar.rtg-tengler.cz/geologicky-zlom-u-sobotky>