

# Georadarová a telegnostická měření nad Pekárnou 2017

Speciální prezentace Speleofórum 2018  
22.04.2018

**Pavel Kalenda <sup>1)</sup>, Rudolf Tengler <sup>2)</sup>  
Richard Cendelín<sup>3)</sup>, Ladislav Slezák<sup>3,4)</sup>,  
Josef Pokorný<sup>3,4)</sup>**

- 1) ZO ČSS 6-19
- 2) RTG Mělník s.r.o.
- 3) SE3 Brno
- 4) ZO ČSS 6-12

## Obsah

- 1) Úvod – radar RTG
- 2) Geofyzikální měření nad Pekárnou
- 3) Georadarová měření nad Pekárnou
- 4) Telegnostická měření
  
- 5) Závěr

## Abstrakt :

Výsledky společného virgulového a georadarového měření v letech 2015 a 2016 v přímém předpolí jeskyně Pekárna v Moravském krasu urychlily další společné aktivity. V roce 2017 byly virgulí nalezeny další odbočky z hlavního směru jeskyně Pekárna, paralelní chodba západně od vchodu a bylo pokračováno v hledání směrů odvodnění, zejména k JJZ.

Detailní georadarová měření ukázala na charakter chodeb, potvrdila telegnostická měření a existenci hlubšího jeskynního patra v hloubce cca 60 – 75 m pod povrchem (30 – 45 m pod úrovní jeskyně Pekárna).

## Úvod :

Nejprve si ukážeme náš přístroj „Radar Roteg RTG – Tengler 2013“, zkonstruovaný Ing Rudolfem Tenglerem. Na zemi leží pásy elektrod, v popředí je pás s přijímací anténou a s přijímačem signálů, za ním je pás vysílače signálů s jeho anténou. Pásy elektrod jsou taženy terénem v rozteči cca 10 m od sebe, (v případě použití antén o délce 6 m) nebo za sebou (při použití antén o délce 3 m v těžkém terénu), při čemž vysílač vysílá signál do geologického masivu, přijímač přijímá jeho odrazy od geologických vrstev, ty jsou zobrazovány na monitoru a následně vyhodnocovány RNDr. Pavlem Kalendou CSc.



Obr. č. 1.

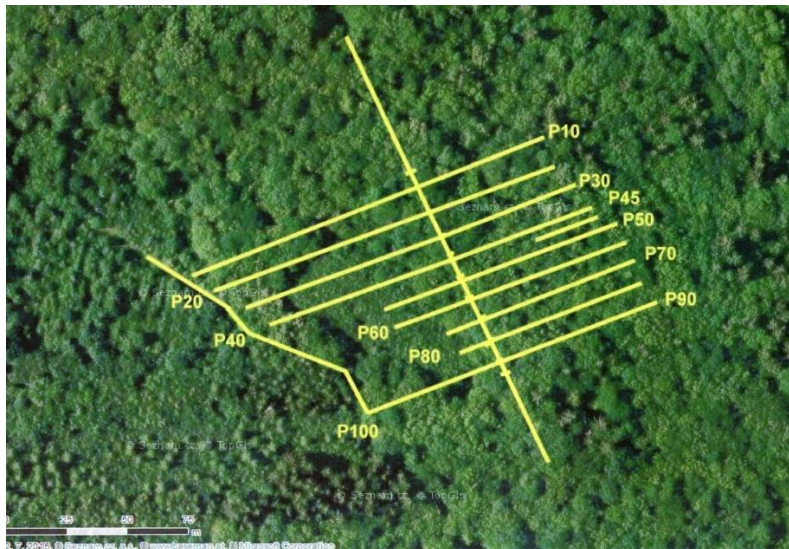
Georadar Roteg umožňuje používat různé délky antén (a tím i maximální hloubku dosahu a rozlišení). Delší antény umožňují pronikat hlouběji, ale s menším rozlišením. Uspořádání antén je optimální „vedle sebe“ s rozstupem stejným, jako je délka antén. V těžkém terénu je snazší táhnout antény za sebou a vybírat si tak nejprůchodnější trasu, což ale na druhé straně nese riziko vyšší pravděpodobnosti zachycení nežádoucích odrazů „z boku“, tedy od povrchových nehomogenit nebo od okolních stromů. Odrazy vznikají na libovolných nehomogenitách, nejenom na vrstvách, ale také na dutinách, nebo výplních dutin. Tedy všude tam, kde je kontrast v odporech (impedancích).



**Obr. č. 2.** Tento snímek nám ukazuje přípravu georadaru k akci nad jeskyní Pekárnou dne 23. dubna 2017. V tomto případě byly použity třímetrové antény v uspořádání „za sebou“.

Cílem naší práce bylo – navázat na měření ve stejné oblasti jako v letech 2015 a 2016 a zpřesnit průběh jeskyně Pekárny v oblasti koncového závalu a za ním.

Vlastní předpolí jeskyně Pekárna na ploše cca 100 x 150 m (viz obr. č. 3) jsme proměřili pomocí nového typu georadaru Roteg s velkým hloubkovým dosahem (RTG – Tengler 2013, Tengler a kol. 2016) a paralelně detekovali kontury možných chodeb pomocí virgule.



**Obr. č. 3.**

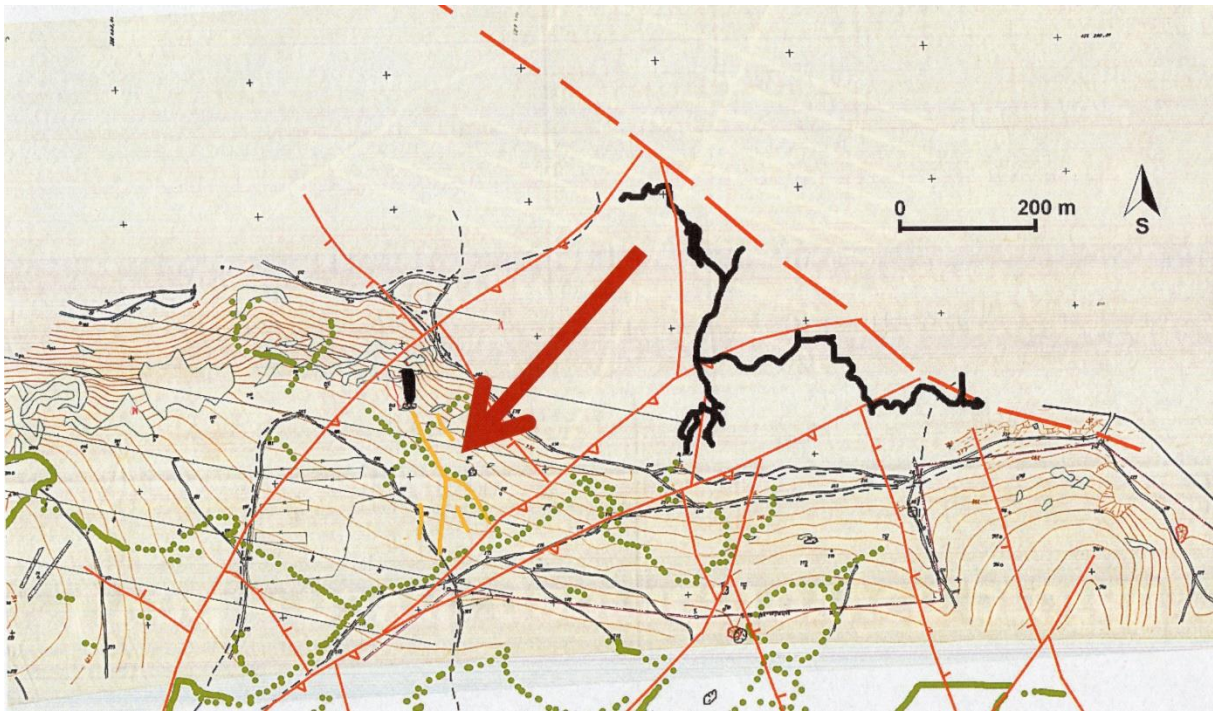
*(Ještě poznámka k obr. č. 3 : Schema profilů, proměřená georadarem Roteg v roce 2017 v předpolí Pekárny /bod PB1 označuje konec jeskyně a je fixován na povrchu – Slezák a kol. 2017. / Mapový podklad Seznam.cz 2016 /).*

## Geologie :

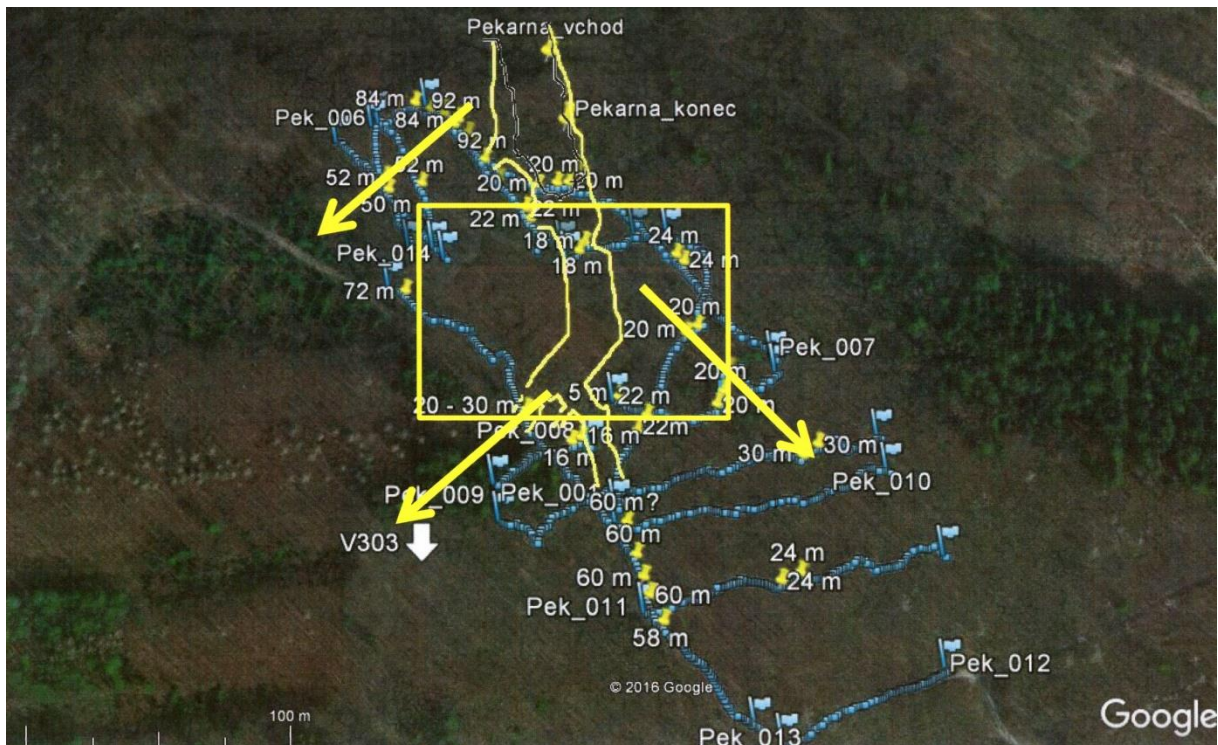
Geologická stavba vápencové kry, ve které se nachází Pekárna, byla popsána v předchozí práci (Kalenda a kol. 2017). Nově byly získány dosud nepublikované komplexní interpretace z geofyzikálního průzkumu v předpolí lomu Mokrý, který probíhal na plošině v širším okolí lomu Mokrý v letech 1965 – 1983 (viz obr. 4 (Hruška 1985, dosud nepublikováno)).

Výsledky ukazují, že depresí za známým koncem Pekárny probíhá jedna z významných vodivých zón směru SV-JZ. Detailní GF měření ukázala, že za touto depresí pravděpodobně pokračuje Pekárna téměř ve svém původním směru.

Všechny vodivé anomálie a indicie zkrasovění končí na velké přesmykové zóně, která prochází téměř podél lesní cesty z Hostěnic do Mokrské hájenky. Podél ní pokračuje významná vodivá zóna dále k JZ.



**Obr. č. 4 :** Komplexní interpretace geofyzikálních měření v předpolí lomu Mokrá na podkladě topografické mapy 1 : 10 000 ?? (Upraveno podle J. Hrušky (1985), dosud nepublikováno). Žlutě – krasové zony podle několika detailních GF měření, hnědé body, křivky, oblasti – lineární minima podle VERS a SOP, červeně – hlavní zlomové linie a přesmyky. Černě – Pekárna a Ochozská jeskyně.



**Obr. č. 5 :** Výsledky interpretace radarového a telegnostického měření 2015 – 2016 (Kalenda a kol. 2017). Žlutě – výsledky telegnostického průzkumu,

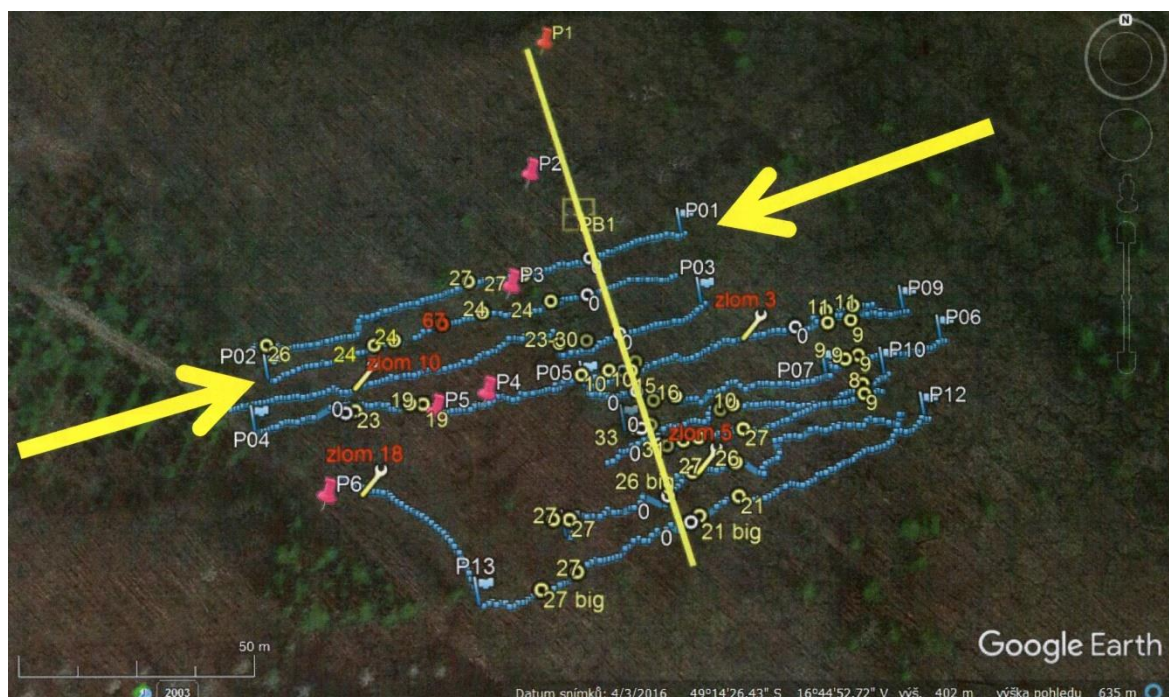
připínáčky označují radarem detekované dutiny a jejich hloubku pod povrchem. Šipky ukazují na další detekované směry pokračování jeskynního systému.

## Georadarová měření :

Při našem měření nad Pekárnou jsme tentokrát zvolili třímetrové antény v uspořádání „za sebou“, které jsou vhodnější do neprostupného terénu a pro nehluboké jeskyně. (Viz Obr. č. 2.). Střední frekvence pro zvolené antény je 50 MHz. Sčítali jsme 10 pulzů při rychlosti cca 3 km/h. Krok mezi měřeními byl 0,1 m, přesnost GPS byla cca 1 m. Délka záznamu byla 6 966 vzorků po 0,277 ns, což je celkem 1929 ns (odpovídající maximální hloubce reflexů 115 m při rychlosti vln 12 cm/ns). Vzorkovací frekvence vlny byla 3,6 GHz.

## Výsledky měření, interpretace a diskuze :

Profily byly navrženy tak, aby pokryly území cca 100 x 150 m bezprostředně za známým koncem Pekárny, kde jeskyni kříží deprese a které nebylo detailně proměřeno georadarem v roce 2016 (porovnej obr. 1 a obr. 3). Krok mezi profily byl cca 10 m podle možností a průchodnosti terénu. Části profilů procházely mladým listnatým lesem s prořezávkou, kam jsme se v roce 2016 nebyli schopni dostat se dvěma 6ti metrovými paralelními anténami, aniž bychom museli dělat průseky. Realizované profily a detekované jeskyně s hloubkami jsou na obr. č. 6

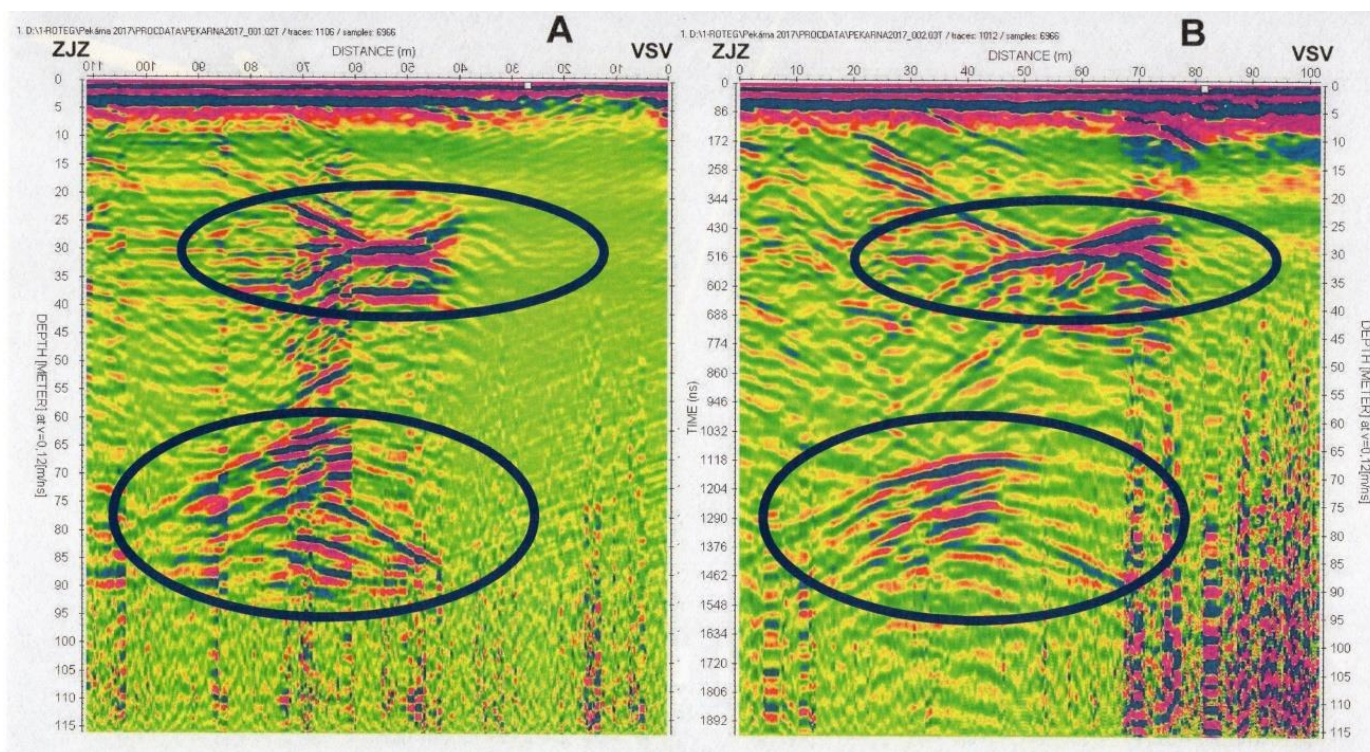


**Obr. č. 6** : Snímek zachycuje profily PO1 a PO2. Označení profilů je vždy u jejich začátků. (Staničení 0 m). Kroužky označují začátky a konce detekovaných jeskyní spolu s jejich hloubkou.

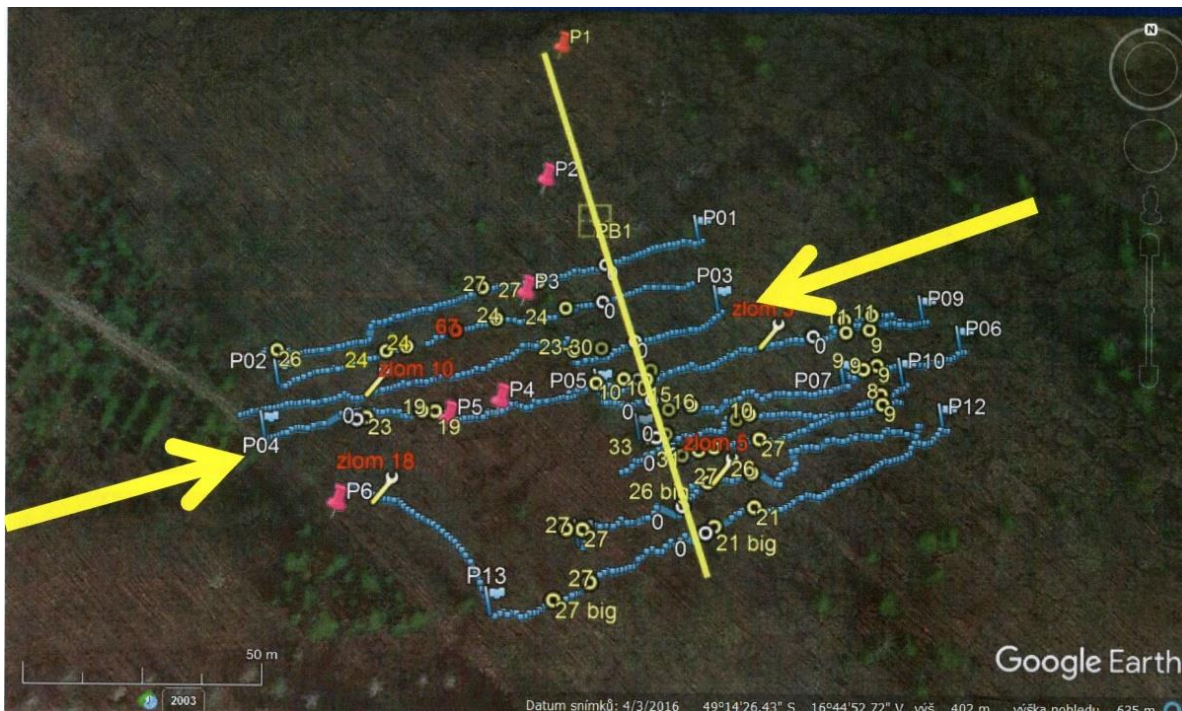
(Mapový poklad Google Earth 2016).

**Obr.**

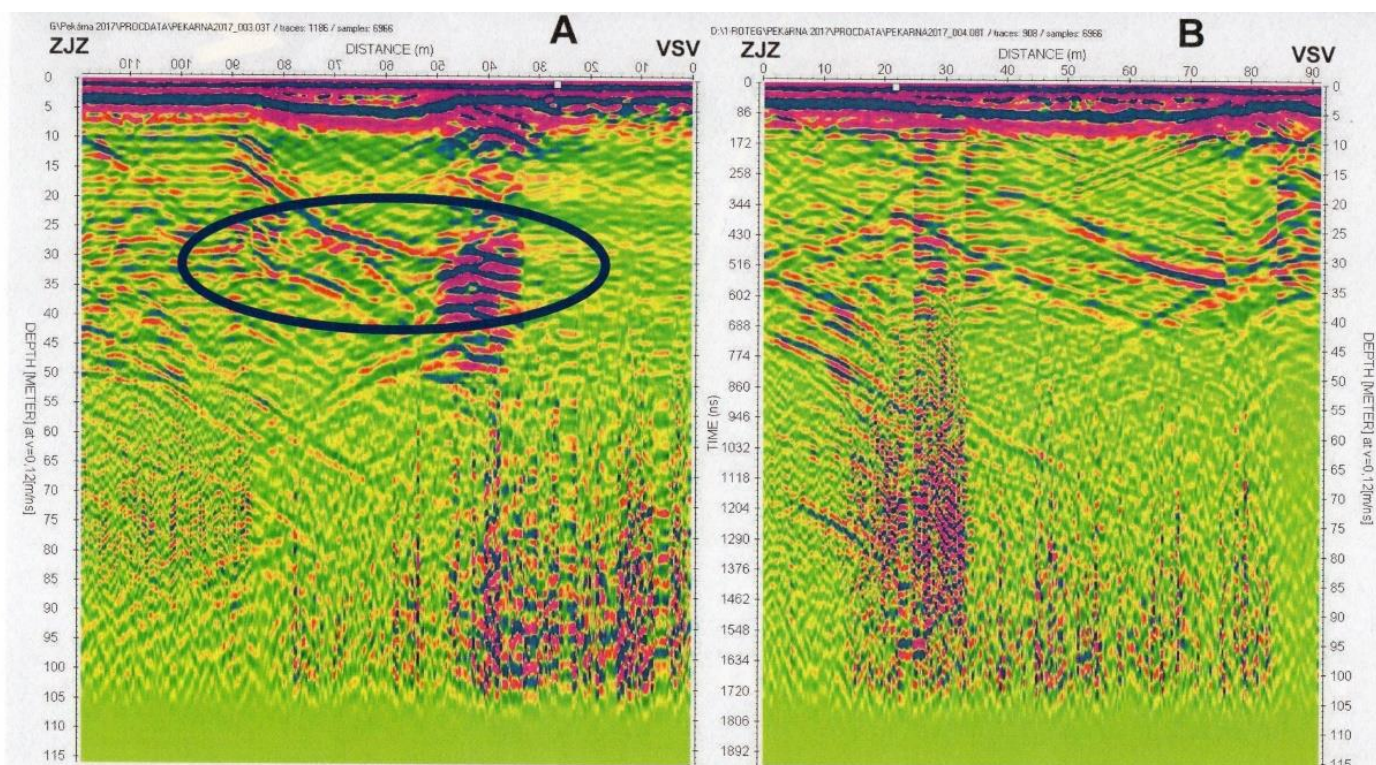
**č. 7 :** Radarogram na profilech PO1 (A) a PO2 (B). Bílé čtverečky označují konec jeskyně. Zřetelné jsou jak odrazy od stropu Pekárny (Staničení 50 – 60 m (profil PO1), staničení 50 m – 70 m (profil PO2) hloubky 23 – 239 m a také odrazy od stropu jeskyně v podloží Pekárny v hloubce 62 – 65 m.



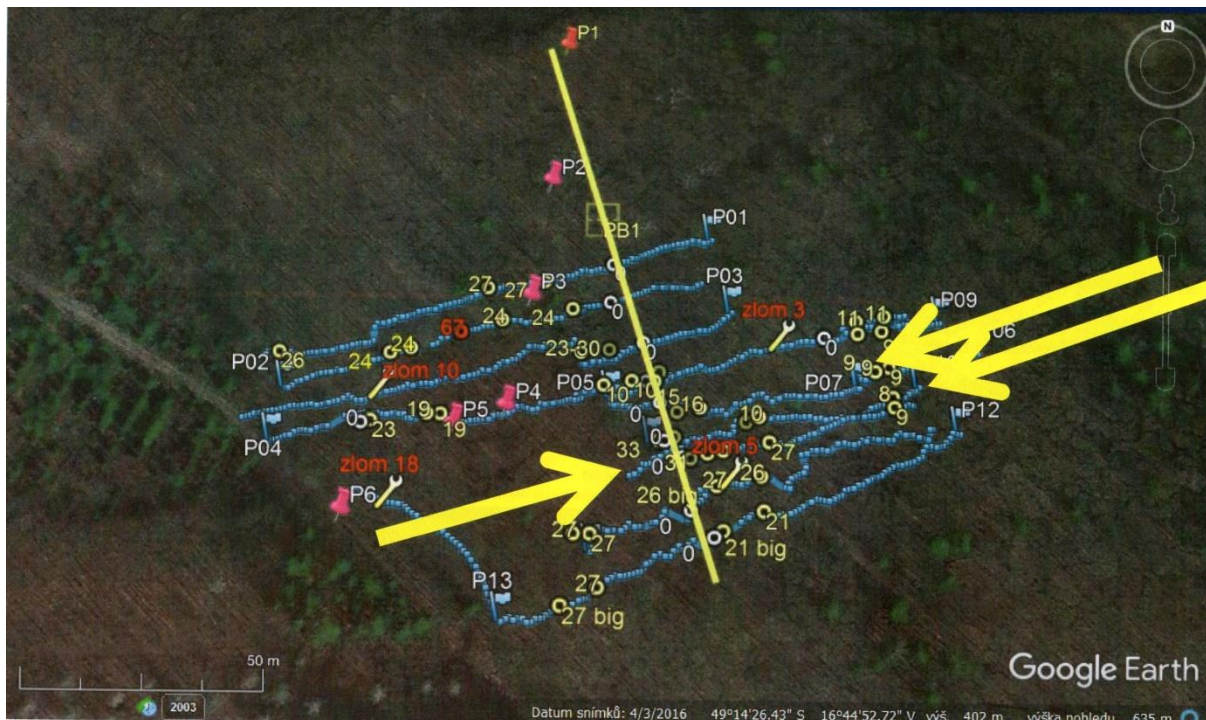
Na profilech P01 a P02, tedy ve vzdálenostech 10 a 20 m za známým koncem jeskyně, byla detekována jeskyně 20 – 30 m jihozápadně od jejího předchozího průběhu v hloubkách 23 – 29 m (viz obr. 6). Kromě Pekárny byla detekována i dosud neznámá hlubší jeskyně 60 – 65 m pod povrchem. Ta je vázána na zlomové pásmo, na kterém je vytvořena deprese a míří směrem na JZ. Na dalším profilu P03 už tato jeskyně není zachycena, je však detekován okrajový zlom deprese (viz obr. 8). Na profilu P04 je zachyceno pokračování jeskyně Pekárna jen v náznaku v původním směru. Na dalších profilech P07, P08 a zejména P10 je již opět Pekárna dobře patrná a kromě ní je vidět i slabší reflexe od méně výrazné dutiny ve staničeních 12 m (P7) a 47 m (P8) v hloubce cca 30 m (viz obr. 8).



**Obr. č. 8 :** Zachycuje profily PO3 a PO4 **Obr. č. 9 :** Radarogram profilu PO3 (A), radarogram profilu PO4 (B).

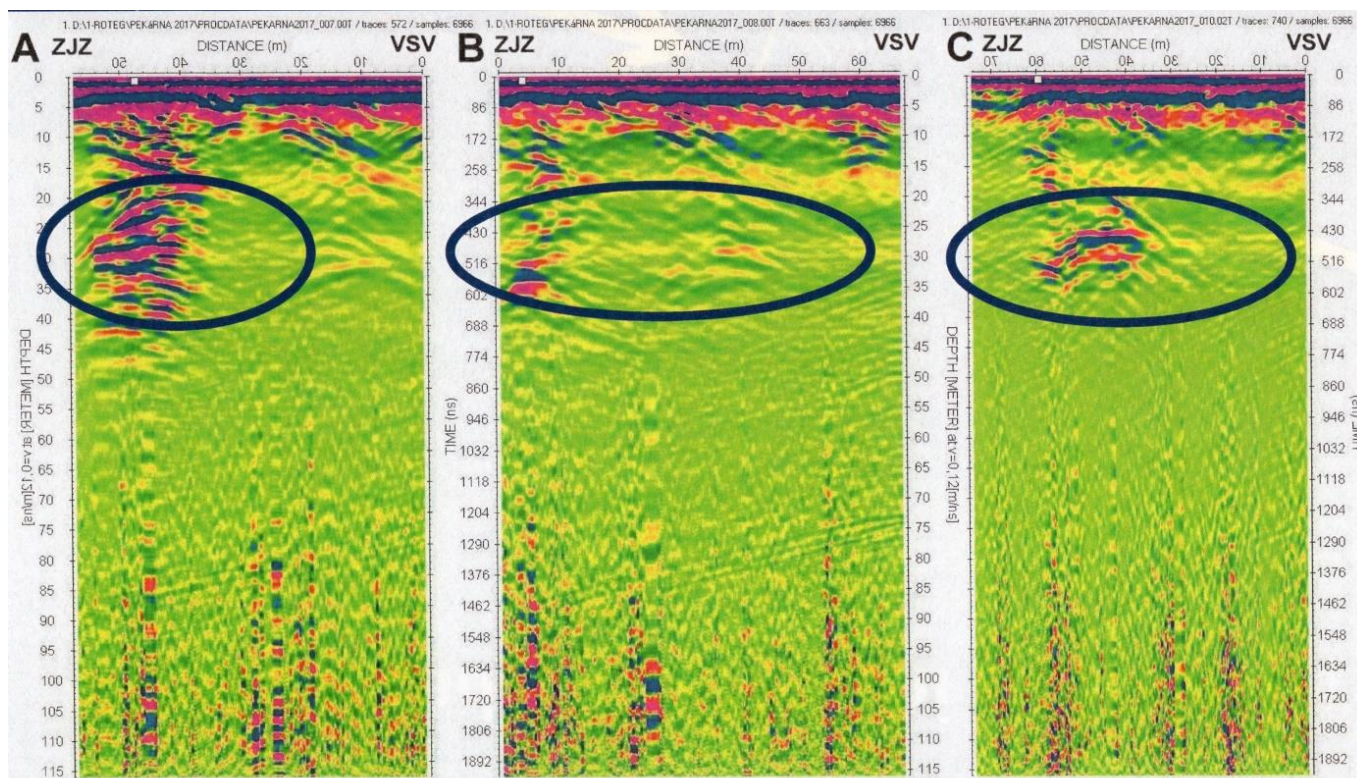




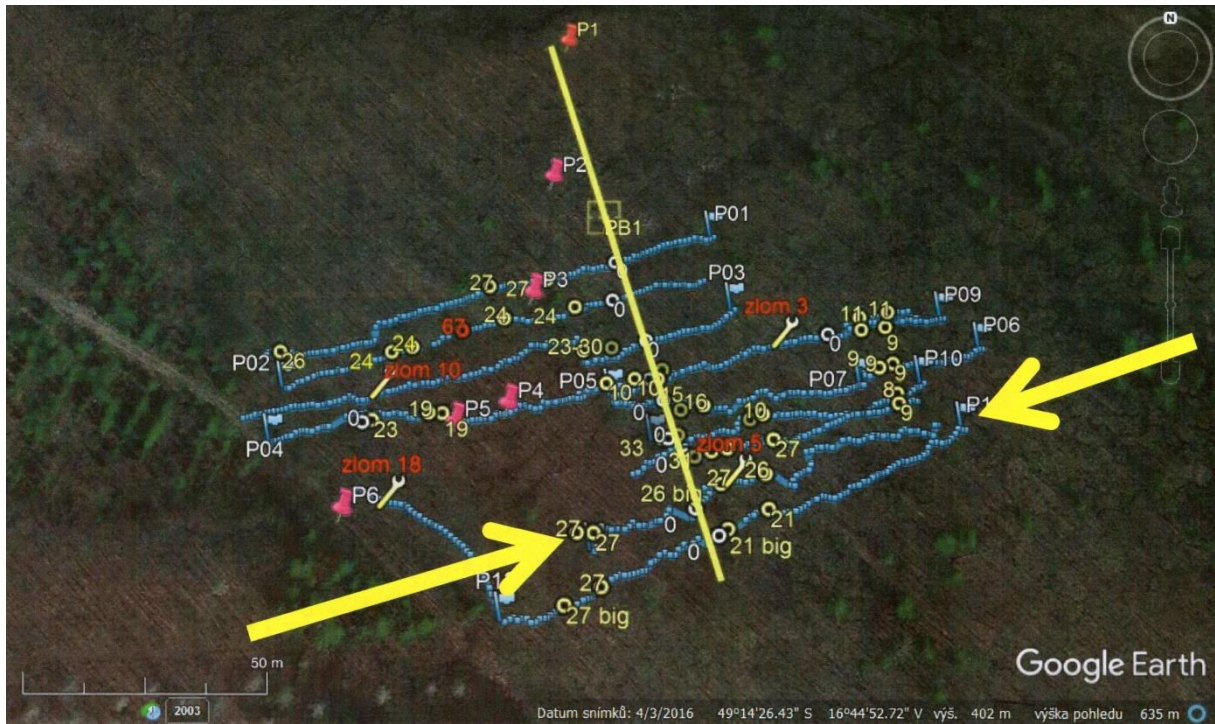


**Obr. č. 10 :** Zachycuje profily PO7 – PO10.

**Obr. č. 11 :** Radarogram profilu PO7 (A), radarogram profilu P 08 (B), radarogram profilu PO10 (C).

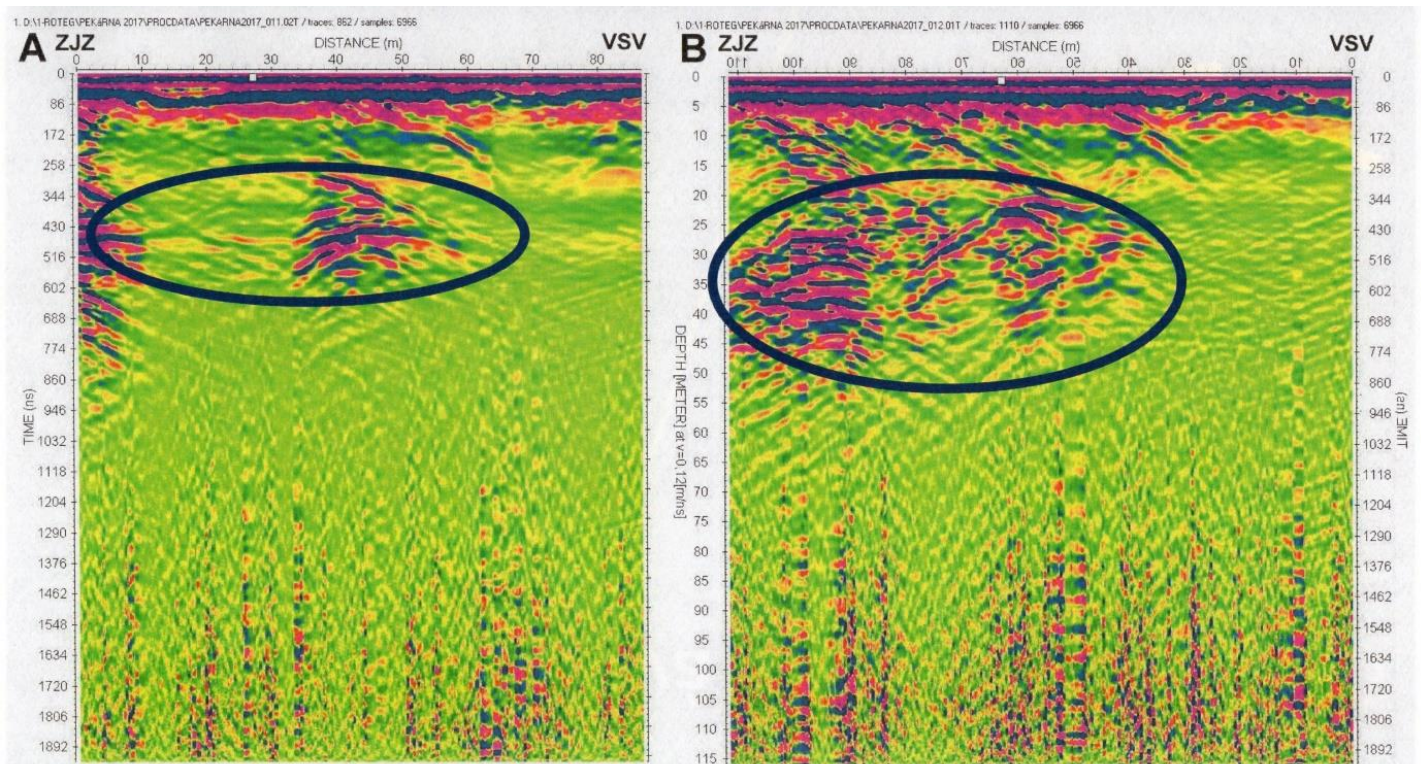


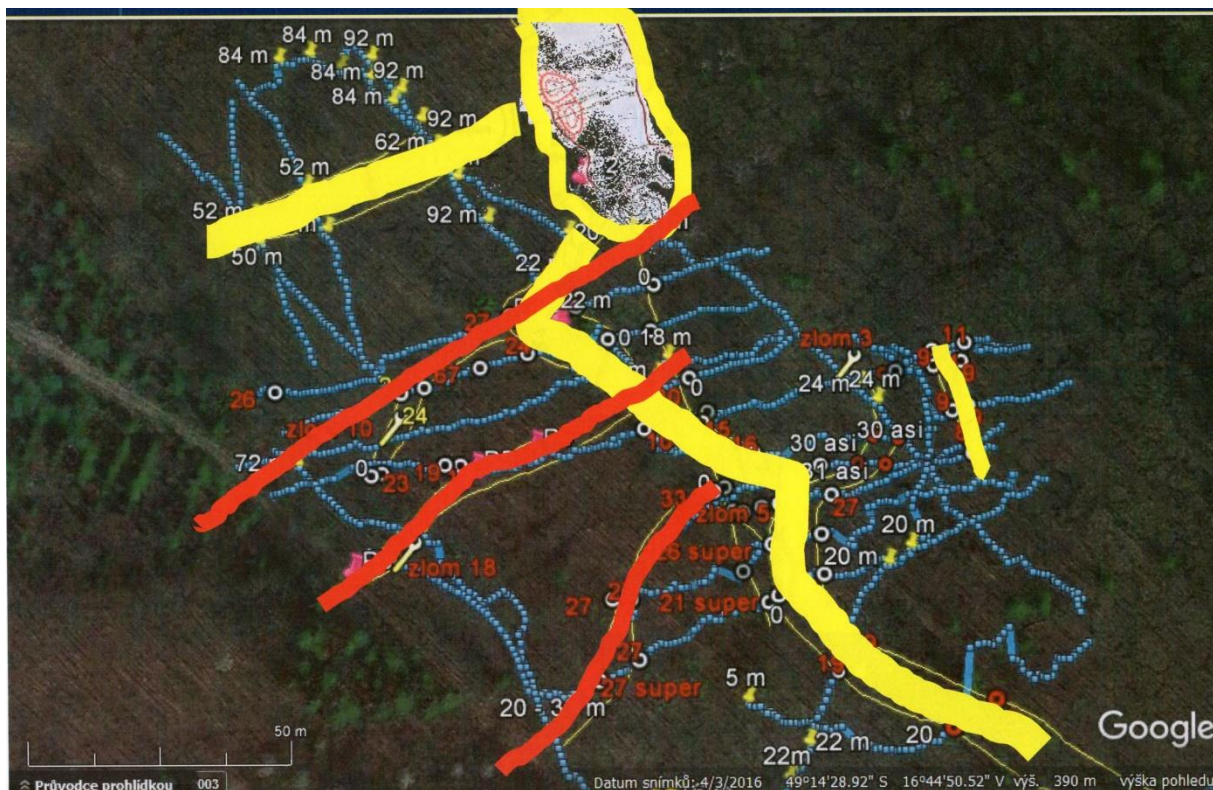
Profily P11 a P12 zachytily dvě větve Pekárny v hloubce cca 20 – 25 m pod povrchem (viz obr. 9). Dobře jsou patrná také šikmo (k SV) ukloněná rozhraní, která jsou v blízkosti povrchu pravděpodobně silně zkrasovělá, na což ukazuje velký odporový kontrast.



**Obr. č. 12 :** Zachycuje profily PO11 a PO12.

**Obr. č. 13 :** Radarogram profilu PO11 (A), radarogram profilu PO12 (B).





**Obr. č. 14 :** Mapa všech georadarových profilů v okolí Pekárny proměřených v letech 2016 a 2017 (modře) a interpretovaný průběh chodeb (žlutě). (Mapový podklad Google Earth 2016).

Na tektonické linii F1 začíná koncový zával jeskyně Pekárna, který pokračuje až na linii F2. Na povrchu tvoří zával mělkou, ale výraznou depresi. Strop vlastní jeskyně je nevýrazně detekovatelný již od původního směru jeskyně, výrazněji podél zlomové linie F2. Podél obou zlomových linií F1 a F2 pokračují odbočky Pekárny k JZ.

Výrazný odraz od stropu Pekárny začíná být vidět až na profilu P10 téměř v ose jejího pokračování za tektonickou linií F3. Také zde jsou pozorovatelné odbočky k JZ od hlavního směru. Jedna z nich je dobře patrná na radarogramu profilu P12 ve staničení 90 – 100 m (viz obr. 12).

Kromě chodeb vlastní Pekárny byla východně od ní detekována menší paralelní dutina, ústící do Kamenného žlíbku (viz obr. 10). Hloubka jejího stropu je 8 – 11 m pod povrchem.

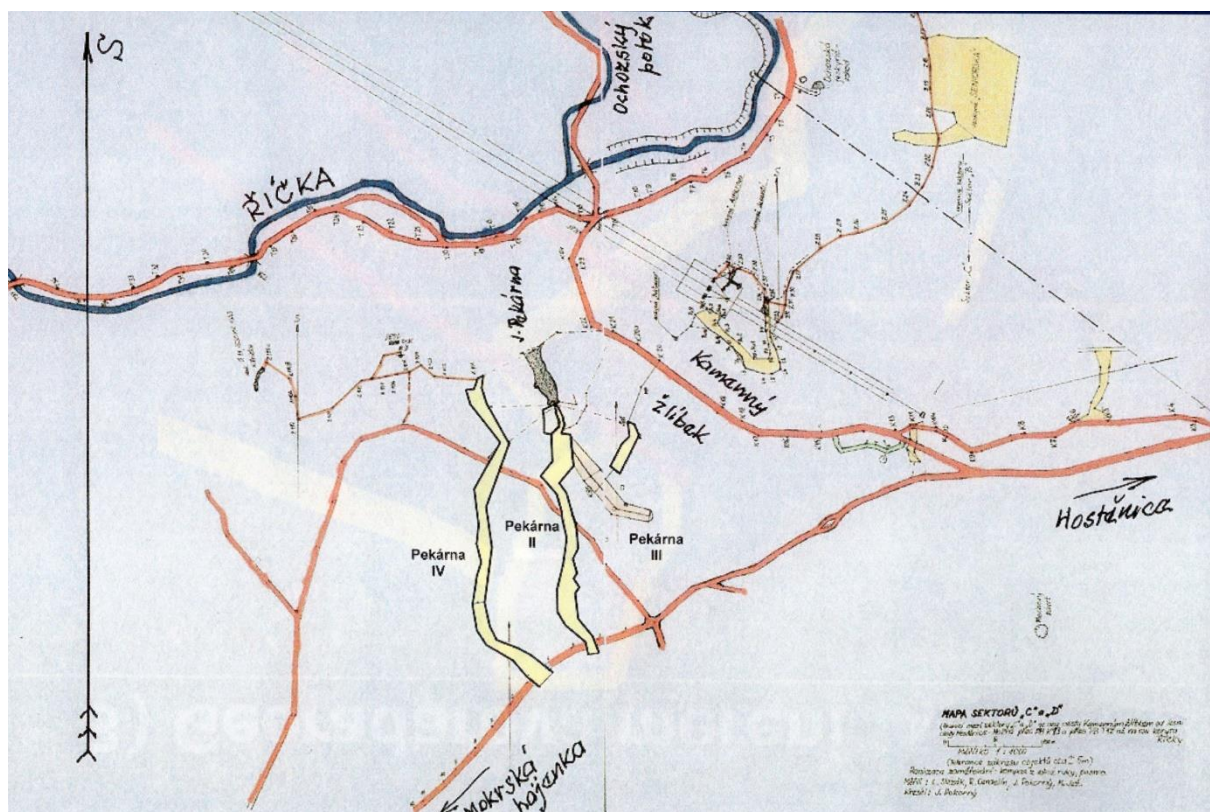
Kromě upřesnění průběhu chodeb v úrovni Pekárny mezi tektonikami F1 a F3 byly již v roce 2016 (Kalenda a kol. 2017) nalezeny chodby nižšího (50 – 75 m pod povrchem) a spodního patra (90 – 95 m pod povrchem) západně od Pekárny a jižně od Pekárny podél lesní cesty.

Tyto byly potvrzeny na profilech P01 a P02, vedoucí podél tektonické linie F1. Chodby spodního patra jsou tektonicky svázány s nepropustnými spodnordévonskými bazálními klastiky (Old red) které tvoří bázi odvodnění celého území. Toto bylo také potvrzeno profilem vrtu V 303, ve kterém byly

navrtána v hloubce 92 m dutina o výšce téměř 1 m a to přímo nad bazálními klastiky.

### Telegnostická měření

V roce 2017 se naše trojice SE3 (Cendelín, Pokorný, Slezák) velmi bedlivě zabývala detailními telegnostickými měřeními v polích mezi profily, vedenými georadarem. Cílem bylo ověření detailních konfigurací tahů krasových dutin, opřerených navíc o radarem určené hloubky možných výskytů. Tyto práce byly směřovány k určení genezí jednotlivých dutinových výskytů, jejich korelaci k tektonice, stupni krajinné denudace a v neposlední řadě k vazbám na paleogenezi jeskynních úrovní.

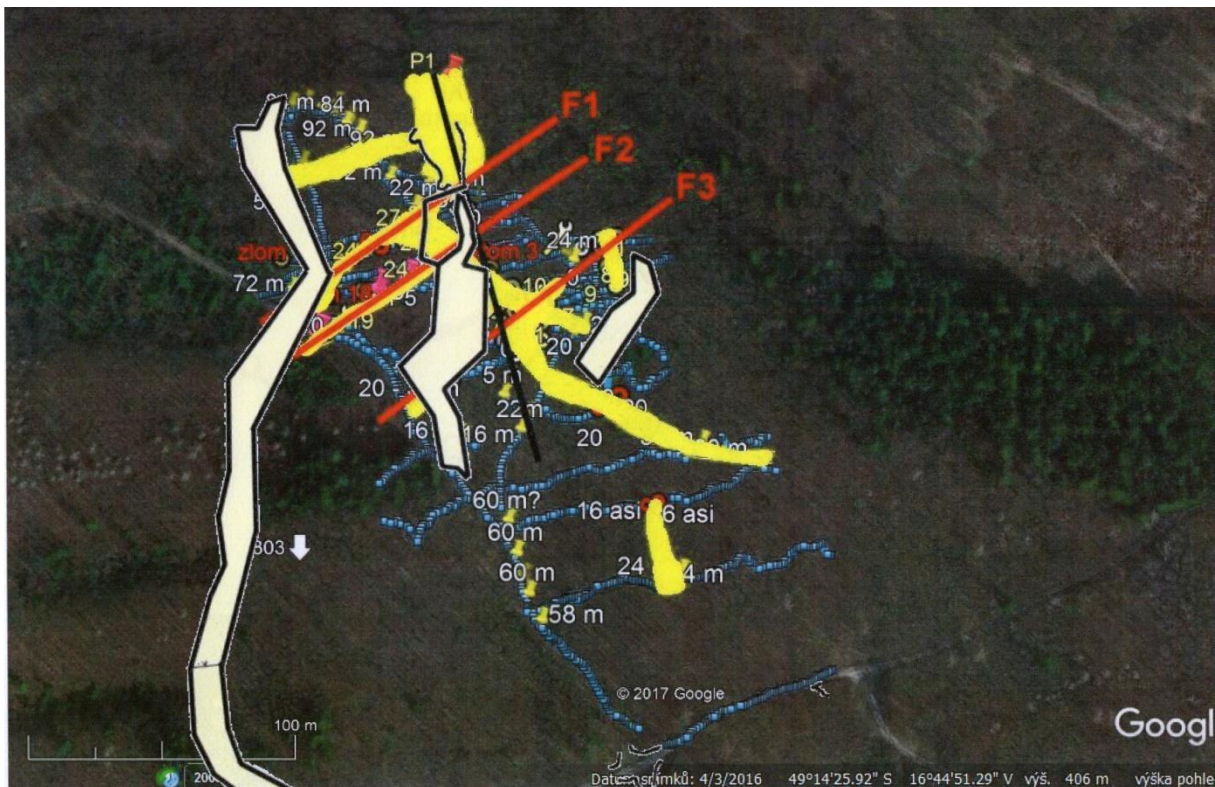


**Obr. č. 15**

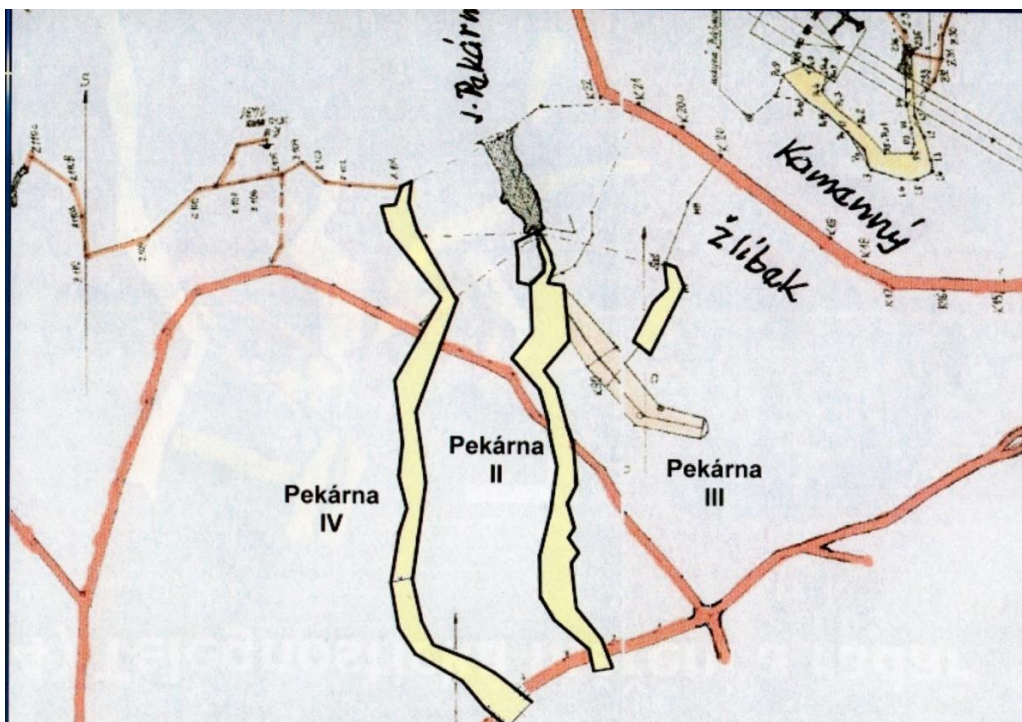
Byly zjištěny kontury dutiny nehluboko pod povrchem, vycházející do Kamenného žlíbku východně od Pekárny (viz obr. 11), které byly v roce 2016 objeveny při měření georadarem. V roce 2017 bylo naše úsilí zaměřeno na oblast západně od Pekárny, kam směřovaly chodby, které byly indikovány georadarem v hloubce 50 – 95 m pod povrchem (Kalenda a kol. 2017). Zde jsme našli možnou dutinu, směřující paralelně s Pekárnou k jihu a kterou jsme pracovníčně nazvali Pekárna IV (viz obr. 11). Její kontury jsme na několika pracovních akcích vysledovali až jižně od silnice Hostěnice – Mokrská hájenka.

### Porovnání výsledků všech měření

Výsledky georadarového měření nad Pekárnou v letech 2016 a 2017 můžeme porovnat s nyní dostupnými interpretacemi geofyzikálního měření v letech 1965 – 1983 (Hruška 1985) (viz obr. 12).



**Obr. 16:** 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).



Z porovnání je dobře patrné, že všechny GF metody zachytily správně odskok průběhu jeskyně Pekárna k JZ po příčné tektonice F1 a to o 20 – 30 m. V přímém pokračování (v depresi) jsou vidět jen náznaky původního směru jeskyně, která je pravděpodobně celá destruována a zavalena. Druhá příčná deprese F2 tvoří JV hranici deprese cca 50 m za známým koncem jeskyně a je na ní vyvinuta řada dutin a jeskyní. Velice silně se projevuje v geoelektrických metodách nízkými odpory (Hruška 1987, Crha 1983). Na této příčné tektonice jeskyně opět odskakuje k JZ asi o 20 m a dále pokračuje k JV a postupně se stáčí k V. Detailní GF měření v 80. letech (Hruška 1985) se shoduje s výsledky z georadaru až na větev, směřující k jihu cca 100 m za známým koncem Pekárny. Tato větev nebyla potvrzena na žádném ze 3 georadarových profilů, proměřených v roce 2016. Krátká větev mezi rozvětvením odpovídá dutině v hloubce 16 – 24 m pod povrchem a krátká větev západně od osy Pekárny byla zachycena radarem jako významná chodba v hloubce 58 – 60 m, představující část nižšího patra. Krátká větev na V od Pekárny představuje menší korozní dutinu, vyvinutou na tektonice paralelní s Pekárnou v hloubce 8 – 11 m.

Telegnostické detekce dutin také ukázaly, že mezi tektonikami F1 a F2 je Pekárna pravděpodobně zavalena až na nějaké menší průlezy a generelně odskakuje k JZ od původního směru. Pokračování hlavní chodby – Pekárna II – se na tektonické linii F3 stáčí k JZ, kde byly georadarem detekovány chodby v hloubce 16 – 27 m. Za lesní cestou se telegnostická detekce vytrácí???? V roce 2017 byla nově detekována dutina – **Pekárna IV** – která však nemá žádnou podporu v GF měřeních 1965 – 83 (Hruška 1985). Do této oblasti bude nově nasměrováno ověřovací georadarové měření, protože již proměřené profily neumožnily detekovat v této oblasti chodby převážně S-J směru. Jedinou indicií jsou profily P01 – P04, které ukázaly, že v okolí tektonické linie F1 jsou vyvinuty dutiny v hloubkách 18 – 24 m. Tyto dutiny odpovídají v krátkém úseku 30 m telegnosticky detekované dutině.

## Závěr

Georadarem byly detailně zmapovány dutiny a chodby, které geneticky souvisí s jeskyní Pekárnou, v jejím bezprostředním předpolí. Bylo zjištěno, že Pekárna nepokračuje v přímém směru dále k JV (pravděpodobně je přímé pokračování zcela zavaleno), ale uskakuje na příčné tektonice k JZ asi o 20 – 30 m a dále se dělí na několik ramen s převládajícím pravděpodobně zavalena až na nějaké menší průlezy a generelně odskakuje k JZ od původního směru. Pokračování hlavní chodby – Pekárna II – se na tektonické linii F3 stáčí k JZ, kde byly georadarem detekovány chodby v hloubce 16 – 27 m. Za lesní cestou se telegnostická detekce vytrácí???? V roce 2017 byla nově detekována dutina – Pekárna IV – která však nemá žádnou podporu v GF měřeních 1965 – 83 (Hruška 1985). Do této oblasti bude nově nasměrováno ověřovací georadarové měření, protože již proměřené profily neumožnily detekovat v této oblasti chodby převážně S-J směru. Jedinou indicií jsou profily P01 – P04, které ukázaly, že v

okolí tektonické linie F1 jsou vyvinuty dutiny v hloubkách 18 – 24 m. Tyto dutiny odpovídají v krátkém úseku 30 m telegnosticky detekované dutině.

### **Závěr**

Georadarem byly detailně zmapovány dutiny a chodby, které geneticky souvisí s jeskyní Pekárnou, v jejím bezprostředním předpolí. Bylo zjištěno, že Pekárna nepokračuje v přímém směru dále k JV (pravděpodobně je přímé pokračování zcela zavaleno), ale uskakuje na příčné tektonice k JZ asi o 20 – 30 m a dále se dělí na několik ramen s převládajícím pokračováním k JZ.

Byly detekovány významné chodby v hloubkách 60 – 75 m pod povrchem a to jak bezprostředně již od Pekárny, tak také na tektonice F1 (směřující také k JZ) a 100 m v předpolí Pekárny (směřující k J). Nejhlubší významné dutiny byly detekovány z. od Pekárny v hloubce cca 92 m, která odpovídá hranici mezi bazálními devonskými klastiky (Old red) a vápencovým komplexem. Tyto dutiny potvrdily úroveň nejhlubší báze odvodnění, navazující pravděpodobně na erozní bázi v úrovni Mokrské jeskyně.

Zevrubná korelace dosažených poznatků během r. 2017 velmi výrazně posunula představy o paleogenezi jižní části Moravského krasu, zvláště z hlediska pozice jeskyně Pekárny, jako torza předneogenního jeskynního systému, zčásti zdevastovaného v období mladších modelačních fází vázaných na Hostěnický potok, a jeho erozní báze (Mokrská jeskyně).

Tyto poznatky by ve svém výstupu měly velký význam pro směřování jednak speleologického průzkumu, jednak pro poznání akumulací krasových vod v zónách pod úrovní dnešní, velmi kapacitně problematickou úroveň.

### **Literatura**

- Crha, J. (1983): *Souhrnná závěrečná zpráva Mokrá, část II.* - MS, GP Ostrava, závod Brno.
- Hruška, J. (1985): Komplexní analýza geofyzikálních měření v předpolí lomu Mokrá. (Mapa 1:10000). Nepublikováno.
- Hruška, J. (1986): Zpráva o geofyzikálním měření na akci Mokrá, lom Troják, vyhledávání podzemních dutin. Geofyzika Brno, 1986, Z-6243.
- Hruška, J. (1987): Horákov - Mokrá, závěrečná zpráva o provedeném geofyzikálním měření na území ložiska. Geofyzika Brno, 1987, Z-6706.
- Hruška, J. (1991): Zpráva o geofyzikálním měření na akci Mokrá, dorozvědka VI. Geofyzika Brno, 1991, Z-8066.
- Hruška, J. (1993): Zpráva o geofyzikálním měření na akci Mokrá VII - podrobný průzkum. Geofyzika Brno, 1993, Z-8830.
- Hruška, J. (1995): Pekárna, georadarová měření v roce 1995. Geofyzika Brno, 1995.
- Hruška, J. (2000) : Zpráva o geofyzikálním měření na lokalitě Mokrá - cementárna. Geofyzika Brno, 2000, Z-10 062.
- Hruška, J. (2004) : Mokrá XII - geofyzikální průzkum. Kolejconsult & Servis, 2004.
- Kalenda, P., Tengler, R., Cendelín, R., Slezák, L., Pokorný, J. (2017): Georadarová a telegnostická měření nad Pekárnou 2016. Speleofórum 2017, Vol. 36, 30-35.
- Slezák, L., Cendelín, R., Pokorný, J. (2017): Jeskyně Pekárna v jižní části Moravského krasu ve světle nových výzkumů. SE-3-2017, TO-2-5.
- RTG-Tengler (2013): <http://georadar.rtg-tengler.cz/geologicky-zlom-u-sobotky>
- Tengler, R., Kalenda, P., Doležal, F.K., Chlup, L. (2016): Testování nového typu georadaru s velkým hloubkovým dosahem, Speleofórum 2016, Vol. 35, 35-42.

---

Zrcadlíme také na serveru:

**www.SPELEOZAHADY.cz**