

KAROTÁŽNÍ MĚŘENÍ VE VRTECH S-24 a S-33

Závěrečná zpráva

Autoři: Svatopluk Kořalka a
Liseth Sánchez

NÁZEV ZPRÁVY: Karotážní měření ve vrtech S-24 a S-33 - závěrečná zpráva

NÁZEV PROJEKTU: PVP BUKOV 2, D.ochoz Š1-123

IDENTIFIKACE V RÁMCI PROJEKTU: Závěrečná zpráva o karotáži ve vrtech S-24 a S-33

ČÍSLO SMLOUVY: OV2022-6214

Bibliografický zápis: Kořalka S., Sánchez L. (2023): Karotážní měření ve vrtech S-24 a S-33 - závěrečná zpráva. MS SÚRAO

ŘEŠITELÉ:

SG Geotechnika a.s.

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Svatopluk Kořalka, Lisseth Sánchez

Identifikace zakázky:

Název zakázky: **PVP 2 Bukov – důlní dílo D. och. PŠ1-123:
karotážní měření a televizní prohlídky vrtů S-24 a S-33**

Číslo zakázky: **CZ 22.0303.648Z58**

Zhotovitel: **SG Geotechnika a.s.**
IČ: 41192168
Geologická 988/4
152 00 Praha 5
Česká republika
T: +420 234 654 111

Objednatel: **SÚRAO – Správa úložišť radioaktivních odpadů**
IČ: 66000769
Dlážděná 6
110 00 Praha 2
Česká republika

V Praze dne: 28.února 2023

Jméno:

Podpis:

Zpracoval: **RNDr.Svatopluk Kořalka**
Osvědčení MŽP o odborné způsobilosti: 1702/2003

Přezkoumal: **RNDr. Martin Procházka**
Osvědčení MŽP o odborné způsobilosti: 1645/2002

Schválil: **Ing. Petr Kučera**
ředitel společnosti

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl měření a metodika karotážních prací.....	11
3	Základní informace o karotážních metodách.....	11
4	Použitá karotážní aparatura	13
5	Metodika interpretace	16
6	Postup prací a výsledky karotážních měření a televizních prohlídek.....	21
6.1	Výsledky karotážních měření a TV prohlídky ve vrtu S-24	27
6.2	Výsledky karotážních měření a TV prohlídky ve vrtu S-33	34
7	Závěr.....	41

Seznam použitých zkratk:

PVP	Podzemní výzkumné pracoviště
PVP Bukov	Podzemní výzkumné pracoviště Bukov
RAO	Radioaktivní odpad
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
HÚ	Hlubinné úložiště
UOS	Ukládací obalový soubor

Seznam příloh:

Vrt S-24:

Příloha č.1	Výsledky měření akustickým a optickým televizorem ve vrtu S-24 (výsledky měření v hl. měřítku 1:10 (37 listů A3)
Příloha č.2	Tabulka s údaji o všech zjištěných plochách (hloubka plochy, azimut, úklon a mocnost) (25 stran A4) ve vrtu S-24 (1248 ploch)
Příloha č.3	Stereogram normál všech zjištěných ploch (1248) nehomogenit ve Wulffově projekci na severní hemisféru ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.4	Stereogram normál všech zjištěných ploch (1248) nehomogenit ve Schmidově projekci na jižní hemisféru ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.5	Růžicový diagram četností úklonů všech zjištěných ploch (1248) nehomogenit ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.6	Růžicový diagram četností azimutů všech zjištěných ploch (1248) nehomogenit ve vrtu S-24 (1 list A4)

Příloha č.7	Stereogram normál všech otevřených puklin (587) ve Wulffově projekci na severní hemisféru ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.8	Stereogram normál všech otevřených puklin (587) ve Schmidově projekci na jižní hemisféru ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.9	Růžicový diagram četností úklonů všech otevřených puklin (587) ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.10	Růžicový diagram četností azimutů všech otevřených puklin (587) ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.11	Stereogram normál všech vyplněných nehomogenit (661) ve Wulffově projekci na severní hemisféru ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.12	Stereogram normál všech vyplněných nehomogenit (661) ve Schmidově projekci na jižní hemisféru ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.13	Růžicový diagram četností úklonů všech vyplněných nehomogenit (661) ve vrtu S-24 (1 list A4)
Příloha č.14	Růžicový diagram četností azimutů všech vyplněných nehomogenit (661) ve vrtu S-24 (1 list A4)

Vrt S-33:

Příloha č.15	Výsledky měření akustickým a optickým televizorem ve vrtu S-33 (výsledky měření v hl. měřítku 1:10 (23 listů A3)
Příloha č.16	Tabulka s údaji o všech zjištěných plochách (hloubka plochy, azimut, úklon a mocnost) (22 stran A4) ve vrtu S-33 (1139 ploch)
Příloha č.17	Stereogram normál všech zjištěných ploch (1139) nehomogenit ve Wulffově projekci na severní hemisféru ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.18	Stereogram normál všech zjištěných ploch (1139) nehomogenit ve Schmidově projekci na jižní hemisféru ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.19	Růžicový diagram četností úklonů všech zjištěných ploch (1139) nehomogenit ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.20	Růžicový diagram četností azimutů všech zjištěných ploch (1139) Nehomogenit ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.21	Stereogram normál všech otevřených puklin (513) ve Wulffově projekci na severní hemisféru ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.22	Stereogram normál všech otevřených puklin (513) ve Schmidově projekci na jižní hemisféru ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.23	Růžicový diagram četností úklonů všech otevřených puklin (513) ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.24	Růžicový diagram četností azimutů všech otevřených puklin (513) ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.25	Stereogram normál všech vyplněných nehomogenit (626) ve Wulffově projekci na severní hemisféru ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.26	Stereogram normál všech vyplněných nehomogenit (626) ve Schmidově projekci na jižní hemisféru ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.27	Růžicový diagram četností úklonů všech vyplněných nehomogenit (626) ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.28	Růžicový diagram četností azimutů všech vyplněných nehomogenit (626) ve vrtu S-33 (1 list A4)
Příloha č.29	Vysvětlivky symbolů vyčleněných nehomogenit akustickým (ABI40) a optickým televizorem (OBI40)

Příloha č.30	Výsledky karotážního měření – inklinometrie – tabulka, průměty vrtu ve vrtu S-24 (5 listů A4) příl. 30_1, 30_2, 30_3, 30_4 a 30_5
Příloha č.31	Výsledky karotážního měření – inklinometrie – tabulka, průměty vrtu ve vrtu S-33 (5 listů A4) příl. 31_1, 31_2, 31_3, 31_4 a 31_5

Seznam tabulek:

Seznam obrázků:

Obr.č. 1	Umístění vrtu S-24 v dopravním ochozu PŠ1-123
Obr.č. 2	Umístění vrtu S-33 v dopravním ochozu PŠ1-123
Obr.č. 3	Doprava karotážní aparatury na pracoviště (vrty S-24 a S-33)
Obr.č. 4	Užitá měřicí jednotka Matrix (ALT Luxemburg) s příslušenstvím
Obr.č. 5	Měření s digitální registrací karotážních dat systémem MATRIX s užitím plně digitálních karotážních sond
Obr.č. 6	Měřicí jednotka televizní aparatury
Obr.č. 7	Vlastní televizní kamera Geovision
Obr.č. 8	Vlastní hlubinná sonda televizní kamery Geovision
Obr.č. 9	Náhled na počítači při měření televizní kamerou
Obr.č. 10	Vrátek vrtné kamery Geovision
Obr.č. 11	Obrazovka při měření akustického televizoru ABI40 – vrt S-33
Obr.č. 12	Příklad výstupu statistického zpracování zjištěných ploch při akustickém i optickém televizoru vrt S-24 (stereogram parametrů ploch)
Obr.č. 13	Nastavení podmínek časové registrace odražené vlny při měření akustického televizoru ABI40
Obr.č. 14	Obrazovka při měření optického televizoru OBI40 včetně ImageProc – vrt S-24
Obr.č. 15	Příklad vyplnění nehomogenity (kalcit+křemen) při měření optického televizoru OBI40 – vrt S-24
Obr.č. 16	Obrazovka při měření akustického televizoru ABI40 ve vrtu S-24
Obr.č. 17	Příklad zpracování výsledků ABI40+OBI40 vrt S-24 příl.1 – str.č.31 (100.5 – 103.8 m)
Obr.č. 18	Příklad zpracování výsledků ABI40+OBI40 vrt S-33 příl.15 – str.č.7 (20.1 – 23.4 m)

1 Úvod

V rámci budování podzemního výzkumného pracoviště PVP II BUKOV (hlubinný důl Rožná I) je realizována řada průzkumných prací s cílem charakterizovat komplexně horninový masiv. Zejména z hlediska propojení puklinových systémů v horninovém masivu, navazujících změn geomechanických vlastností hornin a změn těchto vlastností v souvislosti s odlehčením masivu hornickými pracemi. Součástí těchto prací je řada zkoušek in situ a geotechnický dlouhodobý monitoring.

Součástí zkoušek in situ byla i realizace dvou subhorizontálních vrtů mírně ukloněných od horizontály. Místem hloubení vrtů byl dopravní ochoz PŠ1-123 v prostoru budoucí chodby L4. V tomto místě byly vyhloubeny dva vrty: S-24 o konečné hloubce 124 m (nasazený úklon vrtu - 2°) a vrt S-33 o konečné hloubce 75.0 m (nasazený úklon vrtu -1°). Investorem prací je Správa úložišť radioaktivních odpadů (SURAO) a podílí se na něm řada provozních i výzkumných pracovišť v ČR (zejména ČGS, Ústav geoniky Akademie věd ČR, ÚJV Řež a Geofyzikální ústav AV ČR).



Obr. 1 Umístění vrtu S-24 v dopravním ochozu PŠ1-123

Vrty byly zaplněné vodou s výjimkou prvních 1 – 2 m, které v důsledku jen malého odklonu od horizontály nebyly zaplněné vodou zcela po ústí. Pouze v těchto úsecích 0 - 1 m resp. 0 - 2 m nebyly realizovány metody vyžadující přítomnost vody v celém profilu vrtu. V celých dalších úsecích byly změřeny všechny projektované metody. Mírný přetok se pohyboval kolem 0.01 až 0.02 l/s (odhad vydatnosti za ustálených hydrodynamických podmínek (bez těsnění pakry)). Vrty byly v celé délce vyhloubeny průměrem 76 mm klasickým jádrováním do projektovaných hloubek a výnos jádra byl velmi dobrý. Pro karotážní sondy byl vrt S-24 průchodný cca do 122.0 m a vrt S-33 do 75.6 m.



Obr. 2 Umístění vrtu S-33 v dopravním ochozu PŠ1-123

Ve vrtech S-24 a S-33 byla požadována pouze optická vrtná televizní kamera, akustický televizor ABI40 a optický televizor OBI40 pro detekci nehomogenit ve stěně a zjištění směru a úklonu těchto rovinných ploch. Nebyl požadován komplex karotážních měření s cílem objasnit geologickou, strukturní a tektonickou stavbu, určit fyzikální a geomechanické vlastnosti hornin in situ či objasnit hydrogeologický režim proudění podzemní vody ve vrtu.

Karotážní měření probíhalo stejným způsobem jako v předcházejících vrtech v PVP I a II Bukov (např. S-27, S-31, S-36 a L8-54.DL). Byla použita přenosná aparatura skládající se z měřicí jednotky K- 500, měřicí jednotky Matrix (ALT) a přenosného vrátku K-300 s kapacitou 300 m 4-žilového karotážního kabelu fy.Rochester Corp.

Veškerá karotážní technika byla na úroveň 12. patra (cca v hloubce 600 m), kde je vrt umístěn v prostoru PVP II, dopravována v klasické těžní kleci. Po dobu měření zůstal veškerý nutný materiál pro měření na hlubinném pracovišti.

Karotážní měření probíhalo denně cca od 7 - 19 hod. Doprava pracovníků i materiálu byla realizována těžní jámou Bukov nebo jámou R1 v areálu dolu Rožná I. Veškerý transport zajišťovali pracovníci DIAMO, závodu GEAM (důl Rožná I), i když se transport realizoval mimo běžný pracovní režim dolu.



Obr. 3 Doprava karotážní aparatury na pracoviště (vrty S-24 a S-33)

Na terénních měřeních se podíleli pracovníci RNDr. Svatopluk Kořalka – řešitel zakázky, Mgr. Denis Jánoška a Petr Sedlak. Na vyhodnocení se podíleli RNDr. Svatopluk Kořalka, Mgr. Lisseth Sánchez Valdiviezo a Jiří Šohajek.

Cílem měření byla detekce puklin a dalších nehomogenit v horninovém masivu a jejich orientace (směr a sklon). Součástí měření a vyhodnocení byly i údaje o prostorové orientaci vrtů (inklinometrie). Podle televizního optického záznamu je možno vyhodnotit vizuální stav stěn vrtu, případně nehomogenit ve stěnách vrtů.

Vrty zastihly krystalické horniny Moldanubika. Byly zastiženy převážně amfibolické pararuly, amfibolické pararuly migmatizované, výjimečně v malých mocnostech amfibolity příp. migmatity.

Byly požadovány pouze digitální karotážní metody akustický a optický televizor a hlubinná televizní kamera.

Vrt vyhloubila vrtná skupina s.p. DIAMO, odštěpný závod GEAM Dolní Rožinka. Všechny hloubky jsou vztaženy k jejich ústí ve stěně chodby. Přístupnost vrtů byla dobrá.

2 Cíl měření a metodika karotážních prací

V souladu s projektem prací mělo karotážní měření poskytnout pouze tyto údaje:

- **určit stav stěn vrtů s ohledem na stupeň porušení hornin a indikovat poruchové zóny příp. jednotlivé drobnější pukliny,**
- **zjistit prostorovou orientaci (úklon a směr) ploch nespojitosti (puklin nebo poruchových zón) akustickým a optickým televizorem,**
- **zjistit prostorový průběh vrtů (úklon a směr).**

Pro splnění omezených požadavků kladených na karotáž byly proměřeny pouze dvě karotážní metody a optická TV prohlídka vrtů:

- **akustický televizor ABI40** – metoda v příznivých podmínkách umožňuje vydělení ploch nespojitosti v profilu vrtu (zejména otevřených puklin) na principu ztráty akustického signálu v puklinách a porušených úsecích vrtu a stanovení jejich prostorové orientace (úklon a azimut),
- **optický televizor OBI40** – metoda v příznivých podmínkách umožňuje vydělení ploch nespojitosti v profilu vrt (zejména vyplněných puklin) na optickém principu a stanovení jejich prostorové orientace (úklon a azimut),
- **optická televizní prohlídka TV** - televizní prohlídka stěn vrtu a optické ověření poruchových zón.

Vrtný průměr umožňoval provést bez problémů celou projektovanou metodiku.

3 Základní informace o karotážních metodách

Jednotlivé metody poskytují informace o fyzikálních parametrech měřeného prostředí, na jejichž základě jsou vyhodnocovány geologické příp. hydrogeologické informace. Principy použitých dvou metod a jejich účel je stručně uveden v následujícím přehledu:

• **akustický televizor (skener) ABI40** -

akustický televizor ABI40 (Acoustic Borehole Imager) snímá stěnu vrtu při pomalém plynulém pohybu sondy pomocí vysílání ultrazvukových pulsů z rotujícího senzoru a záznamu času a amplitudy vracejících se odražených signálů. Výsledkem měření akustického televizoru jsou dva orientované obrazy stěny vrtu (čas, amplituda odraženého signálu). Množství energie, kterou

odražená vlna nese zpět do senzoru sondy je závislé na stavu stěny vrtu, nebo pažnice. Každá puklina, vrstevní plocha, foliace, nebo podobná nehomogenita se projeví zpravidla poklesem amplitudy odražené vlny. Vzhledem k tomu, že sonda z důvodu svého principu obsahuje trojici magnetometrů a akcelerometrů, je výstupem sondy také spojitá informace o úklonu a azimutu úklonu vrtu. Sonda je orientována, u všech detekovaných puklin je tedy určen jejich úklon a azimut. Totální vektor magnetického pole přináší i informaci o přítomnosti železa ve vrtu (např. kovové spojníky na plastových pažnicích). Z důvodu použití magnetometrů pro orientaci sondy vůči zemskému magnetickému poli není možné použít akustický televizor v kovových pažnicích pro sledování nehomogenit vlastní pažnice. Sonda měří akustickou metodou i průměr vrtu nutný pro výpočet orientace ploch. Metodu lze provádět i v plastové pažnici v úsecích pod hladinou podzemní vody, kdy je nutné nastavit podmínky měření tak, aby byly registrovány odrazy akustických vln (vyšší časy) až od horniny. Akustický televizor ve variantě ABI40 2G registruje dvě dvojice orientovaných obrazů (času a amplitudy), kdy první dvojice registruje odrazy na vnitřní stěně plastové pažnice (hodnotí stav vlastní pažnice) a druhá dvojice signálů se odráží až od horniny za plastovou pažnicí. V příznivých podmínkách lze tedy provést měření i v centrované slabostěnné plastové pažnici.

• **optický televizor (skener) OBI40-2G**

byl proměřen rovněž v obou vrtech S-24 i S-33. Hlubinná sonda optického televizoru OBI40-2G (Optical Borehole Imager) má průměr 40 mm, délku 1.49 m a je jí možno užít do teploty 70°C a tlaku 200 bar (max. do hloubky 2000 m) obdobně jako akustický televizor. Digitální optické sensory (1.2 Mpixelů) CMOS o velikosti 1/3" zachycují odrazy obrazu od stěny vrtu čočkami typu „rybí oko“. Pro osvit slouží 10 vysoce účinných LED diod. Osvit lze měnit podle barvy horniny, aby odraz byl barevně optimální. Zobrazený odraz je odvozen z jednoho prstence extrahovaného z aktivního pole pixelů. Jsou k dispozici azimutální rozlišení 120, 180, 360, 600, 900 a 1800 pixelů na celý obvod vrtu. Většinou používáme azimutální rozlišení 900 pixelů /360°. Pomocí zaznamenávané digitální orientace sondy (úklon a azimut vrtu v dané hloubce) sonda generuje rozvinutý orientovaný obraz stěny vrtu po celém obvodu vrtu (360°). Sondou je opět nutno centrovat nejlépe dvěma centrátory, protože zpracování naměřených dat předpokládá pozici přesně uprostřed vrtu (stejně jako akustický televizor ABI40) a jakékoliv rozcentrování sondy ve vrtu znepřesňuje získané výsledky.

Ideální centrování lze dosáhnout ve svislých vrtech. Se zvětšováním jejich úklonu se centrování zhoršuje a nejhůře se sondy centrují v téměř horizontálních vrtech, kde i přes centrátory je sonda blíže spádnicí vrtu a výsledky orientace získaných ploch jsou méně přesné (případ obou vrtů S-24 i S-33). Navíc u vrtů s úklonem přes 45° sondy již nelze zapouštět přirozenou gravitací a pro pohyb sondy ve vrtu je nutné použít zatlačovací tyče (o délce 1.5 m), kde nelze zabezpečit již plynulý pohyb sondy vrtem. Obdobně při těžení sond z vrtu je nutné tyče opět odebírat a dochází k nerovnoměrnosti pohybu sondy vrtem. Optický televizor má optimální podmínky pro správnou funkci v suchých částech vrtů a v absolutně čisté vodě ve vrtu. Zakalení vody zhoršuje opticky výsledky měření nebo je vůbec znemožňuje.

Vydělení ploch nehomogenit s kontrastním obrazem je umožněno stejnou větví software WellCad jako při zpracování akustického televizoru. Každý typ televizoru reaguje na jiný typ nehomogenit – ABI40 na otevřené pukliny a porušené horniny a OBI40 na barevně kontrastní

nehomogenity – např. výplně puklin (křemenné a kalcitové žíly). Optimální je proměření vrtu oběma typy televizorů (ABI i OBI), kde lze srovnáváním projevů obou typů přístrojů zpřesnit interpretaci a rozhodnout, zda se jedná o otevřené pukliny nebo částečně či úplně vyhojené. To se u obou vrtů podařilo a přispělo to ke strukturnímu řešení zkoumaného krystalického masivu.

Optimální je měření v otevřeném vrtu s dokonalým centrováním obou sond, kdy je nutno, aby se sonda pohybovala v ose vrtu a ne při stěně. Pokud není sonda vycentrována, dochází k nedokonalému odrazu akustických vln a k částečnému zdeformování výsledných hodnot úklonů a azimutů zjištěných ploch (výpočetní algoritmus počítá s umístěním sondy ve středu vrtu). V subhorizontálních vrtech S-24 a S-33 se velmi těžko zajišťovalo centrování sond a z tohoto důvodu může docházet k nepřesnosti učení přesného úklonu a azimutu zjištěných ploch nespojitosti (výpočetní algoritmus počítá s umístěním sondy ve středu vrtu).

Nepříznivě působí i nutnost zatlačet a těžít karotážní sondy na tlačných duralových tyčkách o délce 1.5 m, které leží vždy na nejnižším místě vrtného stvolu a centrování vlastní sondy ztěžují. V šikmých a svislých vrtech je vždy centrování sond dokonalejší a výsledné hodnoty úklonu a směru zjištěných ploch jsou přesnější.

Při měření v horizontálních vrtech se zvyšuje nebezpečí havárií karotážních sond z důvodu vypadávání úlomků horniny na stěny vrtů. Z tohoto důvodu jsme měřili v obou vrtech pouze s jedním metalickým nemagnetickým centrátorem umístěným ve spodní části sondy blíže k měřícím elementům sondy.

4 Použitá karotážní aparatura

Pro měření karotážních dat byla použita přenosná karotážní aparatura K-300 maďarské výroby. Aparatura se skládá z měřicí jednotky K- 500, která slouží pro komplex analogových karotážních metod (na vrtech S-24 a S-33 nebyla použita), digitální jednotky Matrix a přenosného vrátku K-300 s kapacitou 300 m 4-žilového karotážního kabelu fy.Rochester Corp. Vrátek má elektrický pohon třífázovým síťovým motorem (220 V) řízený frekvenčním měničem (je možno nouzově připojit i ruční pohon klikou). Při měření byl použit elektrický pohon. Pokud je měřen komplex analogových karotážních metod, jsou data registrována digitální aparaturou BLS (W&R Instrument Brno) do notebooku.

Při našem měření akustického a optického televizoru byly užity plně digitální sondy (výrobky společnosti ALT s.a. Luxemburg, která je součástí amerického výrobce karotážní techniky Mount Sopris Instrument). Na našem pracovišti využíváme vedle obou typů televizorů několik dalších hlubinných digitálních sond: vlnová akustická karotáž FWS50, inklinometrie DEV, kavernometrie CAL, hustotní kompenzovaná karotáž DEN a sonda pro měření několika parametrů podzemní vody ve vrtu OCEAN. Pro registraci těchto metod je využívána registrační jednotka Matrix luxemburské firmy ALT.

Pro zpracování naměřených dat byly použity výkonné stolní počítače a systém programů GdBase verze 4 a 5 (autor RNDr.Jiří Křesťan CSc.) Digitální data z obou typů televizorů byla

zpracována programem WellCad (ALT Luxemburg). Zpráva a přílohy byly vytištěny na laserové tiskárně INEO, typ Generic 36C-6 SeriesPCL a převedeny do jednotného formátu PDF.



Obr. 4 Užitá měřicí jednotka Matrix (ALT Luxemburg) s příslušenstvím



Pro karotážní měření byly použity pouze dvě hlubinné karotážní sondy luxemburské výroby :

- ❖ pro akustický televizor luxemburská sonda QL-ABI40 o průměru 40 mm vyrobená firmou ALT (Advanced Logic Technology). Sonda z důvodu svého principu obsahuje trojici magnetometrů a akcelerometrů, výstupem sondy je rovněž spojitá informace o úklonu a magnetickém azimutu úklonu vrtu,
- ❖ pro optický televizor luxemburská sonda QL-OB140-2G o průměru 40 mm vyrobená také Firmou ALT. Sonda rovněž obsahuje trojici magnetometrů a akcelerometrů pro určení úklonu a azimutu vlastní hlubinné sondy a výstupem sondy je rovněž spojitá informace o úklonu a magnetickém azimutu.

*Obr. 5 Měření s digitální registrací karotážních dat
systémem MATRIX s užitím plně digitálních karotážních sond*

Pro televizní prohlídku byla použita přenosná vrtná televizní kamera s kabelem o délce 300 m. Televizní aparatura je výrobkem americké firmy GeoVISION, Jr. Vnější průměr sondy v nejmenší možné konfiguraci je 46 mm, délka samotné sondy je 75 mm. Sonda se do vrtu zapouští s centrátorem a kabelovou svorkou, tato konfigurace má pak délku 90 cm. Objektiv je uložen pod průhledným plexisklem a má fixní pohled kolmo dolů. Optika objektivu má fixní clonu a fixní zaostření s hloubkou ostrosti od 5 cm do 90 cm, díky tomu má objektiv při snímání blízkých předmětů charakter takzvaného "rybího oka." Kamera má vlastní osvětlení, které tvoří osm bílých LED diod s výkonem 1 Watt, umístěných okolo samotného objektivu.



*Obr. 6 Měřicí jednotka
televizní aparatury*

Maximální hloubkový dosah aparatury je 300 m při zachování teplotního rozmezí 0-37°C. Z průměru sondy vyplývá minimální vnitřní průměr vrtu cca 60 mm.

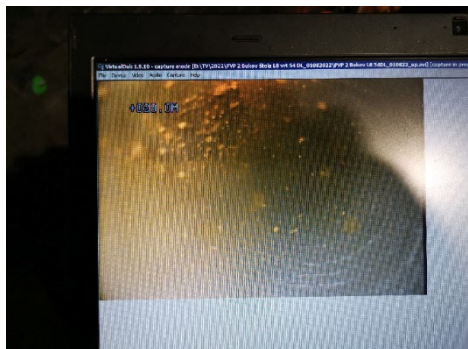


Obr. 7 Vlastní televizní kamera Geovision

Analogový kompozitní videosignál (380 řádek TV signál NTSC) je externím A/D převodníkem digitalizován a přes USB rozhraní veden do PC, kde je uložen v rozlišení 640 x 480 pixelů při snímkové frekvenci 30 fps. Během ukládání je AVI soubor komprimován kodekem MPEG4. Pro záznam informace o jasů a barvě každého obrazového bodu je použito barevné kódování YUY2.



Obr. 8 Vlastní hlubinná sonda televizní kamery Geovision



Obr. 9 Náhled na počítači při měření s vrtnou kamerou

Aparatura TV kamery je přenosná, transportní box s celou aparaturou má rozměry 65 x 65 x 50 cm a váží 38,5 kg. Vrátek má jemný motorový posun kabelu. Samotný kabel má na vnější izolaci kontrolní údaje o hloubce. Do snímků videa je hloubka vkládána s krokem jedna stopa, tj. 0.3048 m.

Pro snímání hloubkového posunu slouží odečítací kolečko, pomocí kterého se zároveň kabel zapouští do vrtu. Snímání hloubek pomocí odečítacího kolečka není zcela přesné. K výpočtu přesné hloubky slouží značky na kabelu, které jsou odečítány vůči zvolenému referenčnímu bodu. Hloubky klíčované do snímků videa se tedy mohou mírně lišit od skutečných a správných hloubek, uvedených v tomto textu.



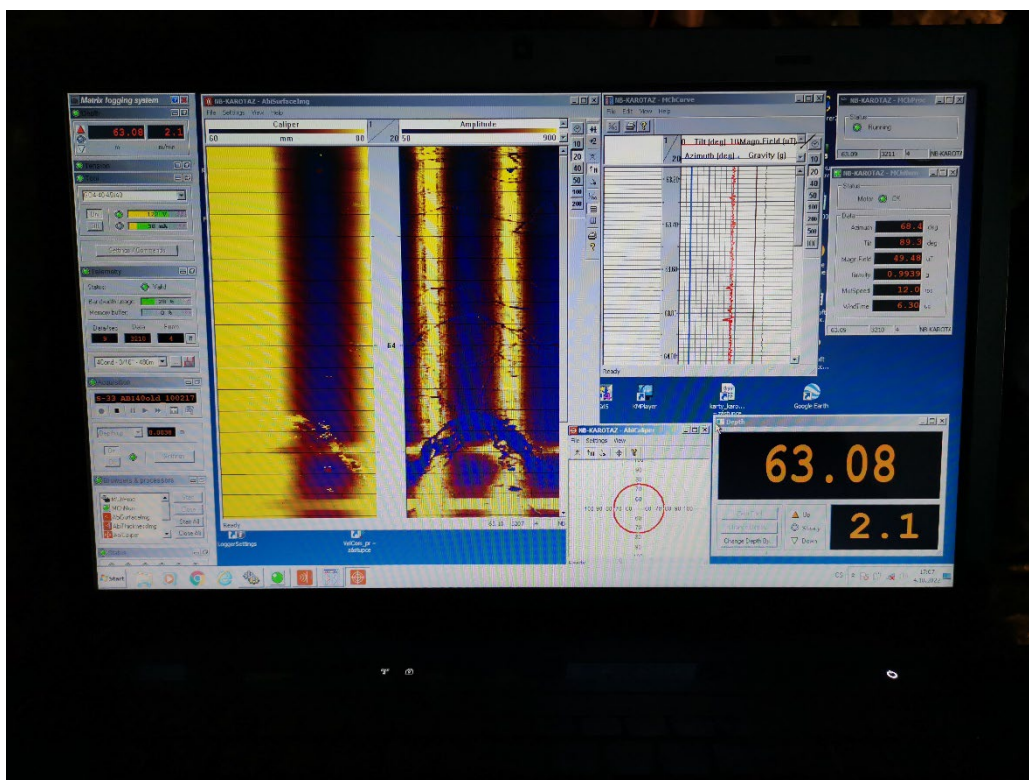
Obr. 10 Vrátek vrtné kamery Geovision

5 Metodika interpretace

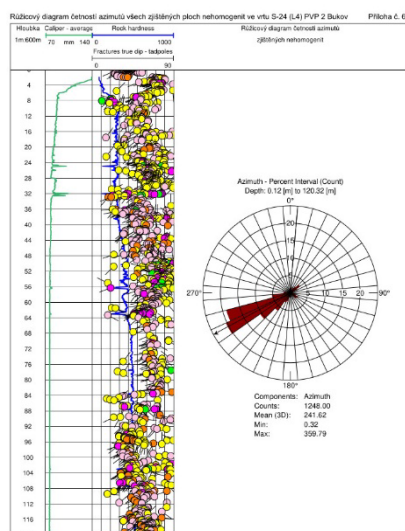
Vydělení ploch nespojitosti a určení jejich úklonu a směru na základě měření akustického a optického televizoru

Vrt zastihl horniny krystalinika běžně se vyskytující v dole Rožná. Převažují převážně amfibolické pararuly a amfibolicko-biotitické pararuly. Bylo požadováno vydělit pouze plochy nespojitosti a jejich orientaci.

Na základě televizního záznamu je možno pouze charakterizovat stěnu vrtů a indikovat porušené úseky horniny a charakterizovat tvar vzniklých nerovností ve stěně vrtů.

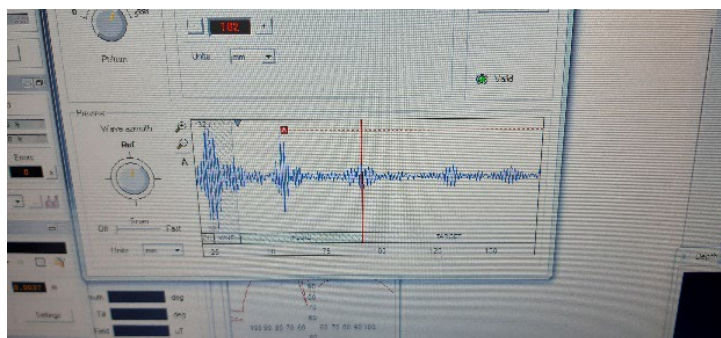


Obr. 11 Obrazovka při měření akustického televizoru ABI40 – vrt S-33



Obr. 12 Příklad výstupu statistického zpracování zjištěných ploch při akustickém i optickém televizoru vrt S-24 (stereogram parametrů ploch)

Speciálním modulem v programu WellCad jsou zpracovávány výsledky měření akustickým i optickým televizorem. U akustického televizoru jsou měřeny dva orientované obrazy stěny vrtu. První představuje čas, který je nutný k překonání dráhy odražené vlny mezi sondou a stěnou vrtu, ze kterého lze vypočítat



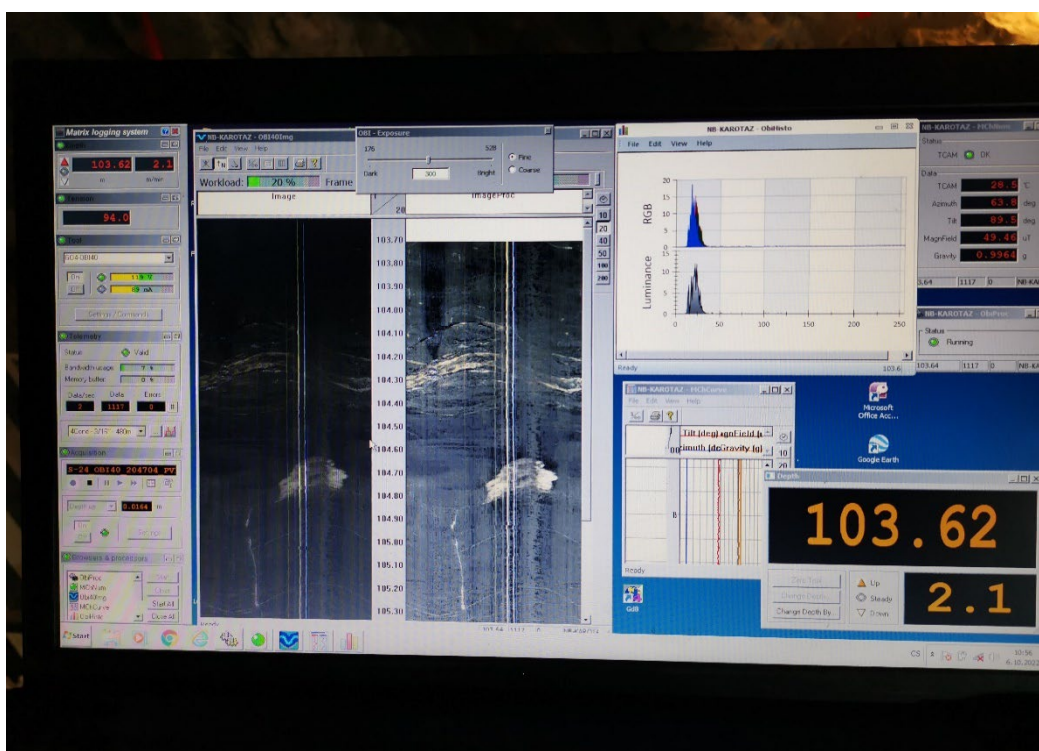
Obr. 13 Nastavení podmínek časové registrace odražené vlny při měření akustického televizoru ALT

orientovaný průměr a tvar vrtu. Druhý představuje informaci o amplitudě odražené vlny. Plochy nespojitosti se projeví snížením této amplitudy (pohlcení energie akustické vlny). Rovinné nehomogenity mají v rozvinutém orientovaném obrazu amplitudy odražené vlny tvar sinusoid.

Pozice a charakter sinusoid umožňuje popsat tyto rovinné diskontinuity co do jejich hloubkové pozice, tak sklonu, orientace a případného rozevření.

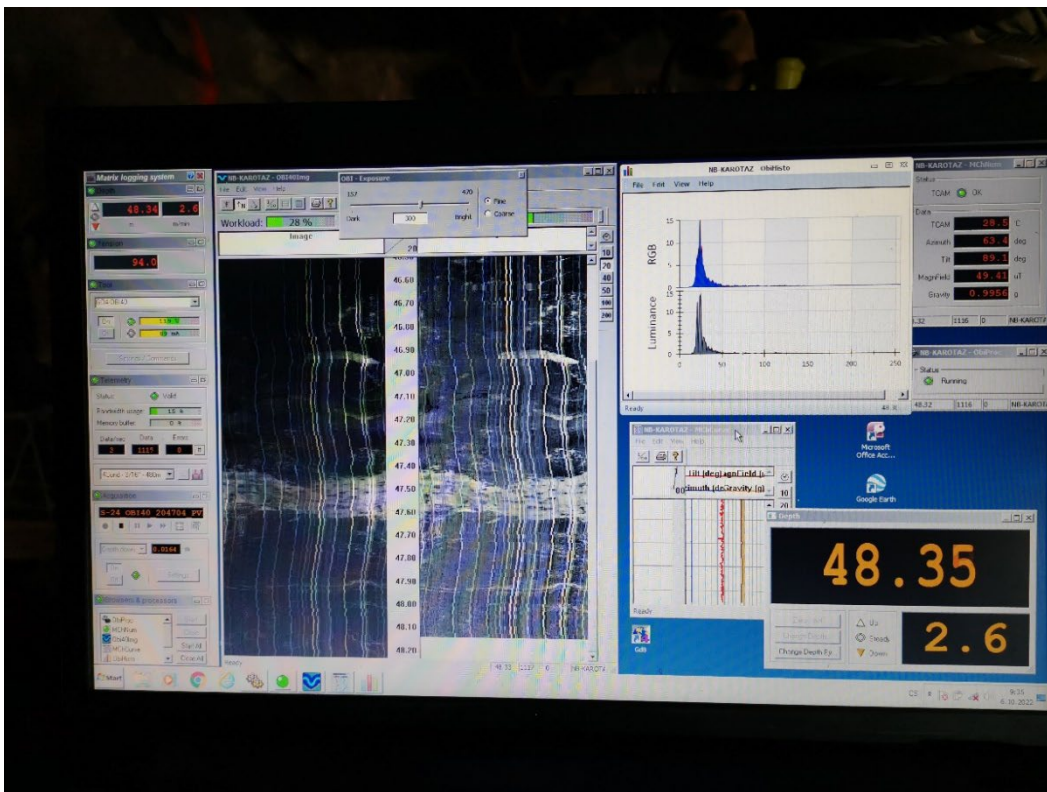
Před začátkem měření je nutno u akustického televizoru nastavit podmínky časové registrace odražené vlny v závislosti na průměru vrtu a případné přítomnosti plastové pažnice (viz obr.č.13).

Ve vrtech S-24 a S-33 bylo realizováno měření oběma typy vrtných televizorů – akustickým (ABI40) i optickým televizorem (OBI40). Při měření jsou zaznamenávány dva orientované optické obrazy stěny vrtu. První z těchto obrazů (Image) je bez jakýchkoliv softwarových úprav, druhý je softwarově upraven pro zlepšení viditelnosti detailů (Image Proc). Rovinné nehomogenity mají v rozvinutém orientovaném obraze rovněž tvar sinusoid. Princip interpretace je stejný jako u akustického televizoru, tj. cílem zpracování je nalezení těchto

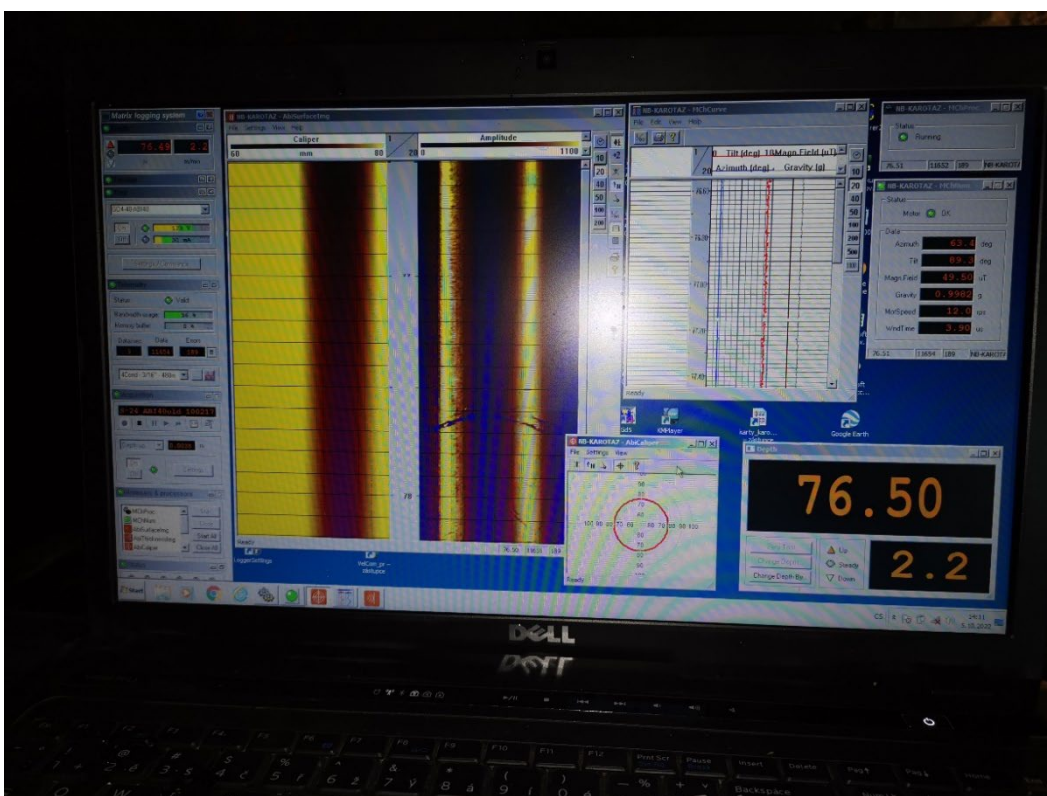


Obr. 14 Obrazovka při měření optického televizoru OBI40 včetně ImageProc – vrt S-24

sinusoid a určení parametrů těchto rovinných diskontinuit (sklon, azimut příp. stupeň rozevření. Pokud máme změřeny ve vrtu oba televizory (akustický a optický) je možné detailně zhodnotit otevřenost puklin, příp. jejich výplně. Oba televizory reagují odlišně na otevřené pukliny (intenzivnější odezvu má jednoznačně akustický televizor) a na vyplněné nehomogenity (zde poskytuje kontrastnější výsledky optický televizor).



Obr. 15 Příklad vyplněné nehomogenity (kalcit+křemen) při měření optického televizoru OBI40 – vrt S-24



Obr. 16 Obrazovka při měření akustického televizoru ABI40 ve vrtu S-24

Interpretace je interaktivní a interpretátor musí rozhodnout, které plochy jsou významné a co představují (puklina, foliace, vrstevní plocha, křemenná žíla nebo jiná nehomogenita). Program potom u vyznačených ploch vypočítá jejich směrovou orientaci a úklon. Údaje o sklonu a směru spádnice zjištěných ploch nespojitosti jsou opraveny na skutečný prostorový průběh vrtu (sklon a azimut sklonu). Vedle grafického znázornění obou obrazů stěny vrtu je v konečném vyhodnocení (přílohy č. 1 pro vrt S-24 a 15 pro vrt S-33) znázorněn průměr vrtu sestavený na základě časů odrazu seismické vlny od stěny, případně i jeho tvar. V tomto sloupci je také informace o relativní pevnosti (míra odrazivosti seismických vln) hornin (Rock Hardness), jež je výsledkem analýzy amplitudy akustické odražené vlny (obecně platí, že čím je amplituda nižší, tím nižší je pevnost hornin – zvýšená amplituda je mírou slabšího útlumu odražené vlny a pevnějších hornin). Souborný výstup dále obsahuje prostorové znázornění virtuálního vrtného jádra (3D log-core) sestavené podle získaného průměru vrtu se schematickým zobrazením interpretovaných rovinných ploch nespojitosti (jedná se již o opravené údaje úklonu a azimutu ploch).

Dále vpravo je orientovaný obraz amplitudy akustického signálu (Amplitude-NM) odraženého od stěny vrtu zobrazen ve žlutohnědém zobrazení (čím je nižší amplituda – zeslabení akustického signálu je výraznější – tím je daná plocha tmavší). Další sloupec znázorňuje rozvinutý optický obraz stěny vrtu získaný z optického televizoru OBI40. Další sloupec zobrazuje interpretaci plošných diskontinuit (sinusoidy) superponovaných přes orientovaný amplitudový obraz z akustického televizoru ABI40 v modrobílém zobrazení. Sinusoidy jsou vyhodnoceny na základě obou měřených televizorů (akustický a optický) a interpretátor určuje charakter plochy podle jejího projevu na záznamech obou televizorů. Tento sloupec obsahuje ještě jiný systém zobrazení plošných diskontinuit. Barevný kroužek (tadpole (*pulec*)) leží ve středu plošné diskontinuity a jeho poloha vůči šířce sloupce udává úklon diskontinuity ($0 - 90^\circ$). Krátká černá čárka, která vybíhá z každého barevného kroužku, ukazuje azimut spádnice diskontinuity. Barvy podkladu (amplitud) jsou voleny tak, aby získané výsledky (sinusoidy a tadpoles) byly kontrastní a dobře čitelné. Zcela vpravo je úzký sloupec s výsledky orientace sondy akustického televizoru (inklinometrie).

Následuje statistické zpracování a přehled zjištěných ploch nespojitosti z několika pohledů, které poskytují celkový obraz na převažující úklony a směry ploch. Stereogram normál zjištěných ploch nehomogenit je prezentován ve Wulffově projekci na severní hemisféru a rovněž ve Schmidově projekci na jižní hemisféru. Následují růžicové diagramy četností úklonů a azimutů zjištěných ploch. Jsou zpracovány vždy pro celý měřený úsek. Software umožňuje tuto statistiku vytvořit i v jakýchkoliv zadaných hloubkových intervalech (např. podle typu horniny, zvolených intervalů). Veškeré směry jsou počítány od magnetického severu přes východ a nejsou opraveny na deklinaci a konvergenci (pouze u výstupu tabulky u inklinometrie je u vypočtených souřadnic zohledněna konvergence, ale ne deklinace).

Součástí vyhodnocení je i tabulka ve formátu xls (příp.pdf) se seznamem vyhodnocených ploch a jejich úklonů a azimutů počítaných od magnetického severu, příp. mocností porušených pásem. Měření poskytlo dobré výsledky.

Výsledky měření akustickým a optickým televizorem (souborná příloha) jsou prezentovány jako první příloha k danému vrtu (pro vrt S-24 příloha č. 1 a pro vrt S-33 příloha č. 15).

Výsledky spojitě inklinometrie

Inklinometrie je zpracována standardně systémem programů GdBase verze 5 pro spojitá inklinometrická měření a modulem pro zpracování souvislé inklinometrie v programu WellCad. Výsledky inklinometrie jsou prezentovány přílohách č. 30 (vrt S-24) a č. 31 (vrt S-33) na 5 listech formátu A4 – tabulka hodnot vypočtených průmětů včetně vertikální odchylky od svislice, horizontální průmět, vertikální průmět do roviny vedené v generálním směru od magnetického severu (GdBase) a znázornění horizontálního průmětu vrtu v kruhové projekci (bull's eye) (program WellCad) a průběhu vrtu v kubické projekci (program WellCad).

Výsledky optické televizní kamery Geovision

Výsledkem měření jsou jednotlivé TV záměry ve formátu *.avi a výstřižky zajímavých míst v profilech vrtů je formě fotografií *.jpg. Stručně je popsán tvar vrtného stvolu.

6 Postup prací a výsledky karotážních měření a televizních prohlídek

Na lokalitu jsme se dopravili v neděli 3.10.2022. Práce byly zahájeny v pondělí 4.10.2022. Po proškolení a vybavení pracovníků jsme kolem 8 hod sfárali na 12.patro a dopravili na vrtné pracoviště veškerý nutný materiál. Vlastní karotážní práce byly prováděny denně cca od 7:30 do 17:00 až 18:30 hod na hlubinném pracovišti, konec směny po vyfáření cca v 19:00 hod.

K dispozici jsme měli všechny potřebné karotážní sondy, měřicí jednotky a vrátek s 300 m karotážního kabelu s elektrickým pohonem. Vzhledem k tomu, že se jednalo o téměř horizontální vrty, bylo nutno karotážní sondy zapouštět a těžit na tlačných duralových tyčích o délce 1.5 m včetně speciálních úchytů pro karotážní sondy. Optická televizní kamera Geovision má vlastní vrátek s jiným typem karotážního kabelu. Měli jsme k dispozici cca 130 m tlačného soutyčí. Veškerý materiál zůstal po ukončení směny na 12.patře v dopravním ochozu PŠ1-123 u vrtů. Při zapouštění karotážních sond (respektive jejich zatlačování do vrtu) nelze zajistit rovnoměrný plynulý pohyb sond. Zastavování sond působí nepříznivě na kvalitu záznamů. Při těžení sond se sondy pohybují ve vrtu již rovnoměrně konstantní rychlostí, protože jsou vytahovány elektrickým vrátkem. Pro zpracování jsou proto využívány většinou záměry při pohybu sondy k ústí vrtu. Registrujeme data většinou i při zatlačování sond pro kontrolu stavu vrtu.

Televizní prohlídky jsou zaznamenávány při pohybu vrtné kamery směrem ke dnu vrtu, kdy není voda ještě zvěřená a znečištění kalem usazeným na stěnách vrtu. Při pohybu kamery k ústí vrtu je obvykle voda ve vrtu již natolik zakalená, že je téměř neprůhledná.

Časový postup prací byl následující:

Neděle 3.10. :	16:00 – 20:00 doprava Praha – Balonový hotel Radešín
Pondělí 4.10.:	6:00 – 8:00 školení, vybavení pracovníků fáracím oděvem, maskami, lampami a dozimetry
	8:00 – 11:00 doprava materiálu k vrtu S-33

11:00 – 14:30 měření televizní sondou Geovision ve vrtu S-33
14:30 – 18:00 měření akustického televizoru ABI40 ve vrtu S-33
18:00 – 20:00 vyfárání, ukončení směny

Úterý 5.10.: 6:00 - 9:00 vybavení pracovníků, sfárání na 12.patro a transport na pracoviště
9:00 – 13:00 televizní prohlídka vrtu S-24
13:00 – 18:00 měření akustického televizoru ABI40 ve vrtu S-24
18:00 – 20:00 vyfárání, ukončení směny

Středa 6.10.: 6:00 – 8:00 vybavení pracovníků, doprava na pracoviště
8:00 – 12:00 měření optického televizoru OBI40 ve vrtu S-33
12:00 – 17:00 měření optického televizoru OBI40 ve vrtu S-24
17:00 – 20:00 transport materiálu na povrch, vyfárání, ukončení směny
20:00 – 24:00 doprava Dolní Rožínka – Praha.

Po vyfárání byl veškerý materiál, který byl transportován na 12.patro dozimetricky proměřen a nebyly zjištěny žádné dávky ionizujícího záření a kontaminace zařízení.

Karotážní měření proběhlo bez závad a nedošlo k žádné mimořádné události. Po odevzdání dozimetrů a záchranných přístrojů a lamp jsme opustili Důl Rožínka kolem 20 hodiny dne 6.10.2022.

Interpretace byla provedena v digitální formě softwarem pro zpracování karotáže WellCad verze 5.4 a inklinometrie rovněž programovým balíčkem GDBASE pro zpracování geologických, laboratorních a geofyzikálních dat firmy GDSOFTWARE Praha.

V souladu s projektem karotážních prací byly splněny všechny požadavky kladené na provedená měření a vyhodnoceny byly všechny požadované parametry. Všechna karotážní měření byla změřena v kvalitě dostatečné pro kvantitativní vyhodnocení. Rovněž záznamy z TV kamery mají dobrou kvalitu.

Interpretace obsahuje tyto údaje:

- byly zjištěny plochy nespojitosti (pukliny a porušené zóny a vyplněné nehomogenity) a jejich sklon a směr,
- na základě vrtné kamery byl zkontrovan stav stěn vrtů a byly lokalizovány úseky porušené horniny s vypadanými úlomky horniny,
- byl ověřen směr a úklon vrtů.

Výsledky určení ploch nespojitosti, příp. jejich výplní metodou akustického a optického televizoru, výsledky televizních prohlídek a zpracování inklinometrie (směr a úklon vrtů) jsou uvedeny u vyhodnocení jednotlivých vrtů (kapitola 6.1 a 6.2).

Výsledky karotážního měření jsou prezentované na přílohách v různých hloubkových měřících na listech formátu A4 a A3, jejichž obsah je komentován níže.

Všechny grafické přílohy i tabulky byly transformovány do digitální formy ve formátu *.pdf (Acrobat Standard, verze 9), odděleně pro každý list. Jsou doplněny i zdrojové soubory ve formátu

*.wcl (WellCad). Všechny soubory jsou uloženy na přiloženém DVD, které obsahuje rovněž kompletní text zprávy ve formátu Word *.doc a ve formátu pdf a výsledky televizní prohlídky.

Přílohy č. 1 (vrt S-24) a 15 (vrt S-33) „Souhrnné výsledky měření akustickým a optickým televizorem“ v hl.měřítku 1:10 obsahují všechny změřené veličiny i interpretované parametry z obou typů televizorů v přehledné grafické formě. Formát příloh A3 , počet listů: vrt S-24 (37 listů), vrt S-33 (23 listů).

Přílohy č. 2 (vrt S-24) a 16 (vrt S-33) obsahují tabulky s údaji o všech zjištěných plochách (hloubka plochy, azimut, úklon a mocnost), formát tabulek A4, počet listů a zjištěných ploch: vrt S-24 (25 stran a 1248 ploch), vrt S-33 (22 stran a 1139 ploch).

Přílohy č. 3 (vrt S-24) a 17 (vrt S-33) obsahují stereogram normál všech zjištěných ploch nehomogenit ve Wulffově projekci na severní hemisféru (1248 resp. 1139 ploch).

Přílohy č. 4 (vrt S-24) a 18 (vrt S-33) obsahují stereogram normál všech zjištěných ploch nehomogenit ve Schmidově projekci na jižní hemisféru (1248 resp. 1139 ploch).

Přílohy č. 5 (vrt S-24) a 19 (vrt S-33) obsahují růžicový diagram četností úklonů všech zjištěných ploch (1248 resp. 1139 ploch).

Přílohy č. 6 (vrt S-24) a 20 (vrt S-33) obsahují růžicový diagram četností azimutů všech zjištěných ploch (1248 resp. 1139 ploch).

Přílohy č. 7 (vrt S-24) a 21 (vrt S-33) obsahují stereogram normál všech otevřených puklin ve Wulffově projekci na severní hemisféru (587 resp. 513 ploch).

Přílohy č. 8 (vrt S-24) a 22 (vrt S-33) obsahují stereogram normál všech otevřených puklin ve Schmidově projekci na jižní hemisféru (587 resp. 513 ploch).

Přílohy č. 9 (vrt S-24) a 23 (vrt S-33) obsahují růžicový diagram četností úklonů všech otevřených puklin (587 resp. 513 ploch).

Přílohy č. 10 (vrt S-24) a 24 (vrt S-33) obsahují růžicový diagram četností azimutů všech otevřených puklin (587 resp. 513 ploch).

Přílohy č. 11 (vrt S-24) a 25 (vrt S-33) obsahují stereogram normál všech vyplněných nehomogenit ve Wulffově projekci na severní hemisféru (661 resp. 626 ploch).

Přílohy č. 12 (vrt S-24) a 26 (vrt S-33) obsahují stereogram normál všech vyplněných nehomogenit ve Schmidově projekci na jižní hemisféru (661 resp. 626 ploch).

Přílohy č. 13 (vrt S-24) a 27 (vrt S-33) obsahují růžicový diagram četností úklonů všech vyplněných nehomogenit (661 resp. 626 ploch).

Přílohy č. 14 (vrt S-24) a 28 (vrt S-33) obsahují růžicový diagram četností azimutů všech vyplněných nehomogenit (661 resp. 626 ploch).

Příloha č. 29 obsahuje vysvětlivky symbolů vyčleněných nehomogenit akustický a optickým televizorem použitých ve všech výše uvedených přílohách.

Výsledky inklinometrie jsou prezentovány na přílohách č. 30 (vrt S-24) a č. 31 (vrt S-33). Vyhodnocení na každém vrtu obsahuje na pěti listech formátu A4: tabulku s výpočtem hodnot, horizontální průmět vrtu, vertikální průmět vrtu ve směru převažujícího směru vrtu, horizontální průmět vrtu v kruhové projekci a prostorový průběh vrtu v kubické projekci. Jednotlivé druhy

výstupů inklinometrie jsou označeny: příl. 30_1, příl. 30_2, příl. 30_3, příl. 30_4. příl. 30_5 resp. příl. 31_1, příl. 31_2, příl. 31_3, příl. 31_4. příl. 31_5

Na jednotlivých sedmi základních druzích grafických příloh jsou uvedeny tyto údaje:

Grafický výstup „Výsledky měření akustickým televizorem ABI40 a optickým televizorem OBI40“ obsahuje tato data (Příloha č. 1 a 15) – výstup z programu WellCAD

- první sloupec: **Depth:** Sloupec zobrazuje hloubku v metrech. Obrázek bývá většinou doplněn o hloubkový rastr.
- druhý sloupec: **Radius from TravelTime :** Sloupec zobrazuje orientovaný rozvinutý obraz stěny vrtu se zobrazením času návratu akustického paprsku pomocí barevné škály. V barevné škále představuje barva vlevo minimální a barva vpravo maximální dobu návratu paprsku. Výsledek je velmi citlivý na přesnou centraci sondy uvnitř vrtu. V případě měření v plastové pažnici je měření stejně tak citlivé i na centrování plastové pažnice ve vrtu samotném. Časy příchodu odražené vlny jsou při zpracování opraveny pomocí funkce automatické centralizace, která je do jisté míry schopna odstranit drobnou decentralizaci sondy, **Caliper - average:** průměrná hodnota kavernometrie získaná z akustického televizoru, **Rock Hardness:** křivka představuje průměrnou hodnotu amplitudy odraženého akustického signálu v každém jednom hloubkovém kroku. Jinými slovy jde o průměr ze všech hodnot amplitudy odražené vlny, registrovaných po obvodu celého vrtu, počítaný pro každý hloubkový krok. Amplituda odražené vlny je závislá na tzv. akustické impedanci, která úzce koreluje s dynamickým seismickým modulem pružnosti. Tento modul je závislý na objemovém a smykovém modulu. Objemový a smykový modul dobře popisují mechanickou tvrdost horniny, a proto má křivka název Rock Hardness, i když nevyjadřuje přímo tvrdost horniny, ale odrazivost signálu, která je úměrná porušení horniny. Je vyjádřena v relativních jednotkách průměrné amplitudy signálu.
- třetí sloupec: **3D log:** Sloupec zobrazuje virtuální vrtné jádro. Tvar jádra je odvozen z hodnot orientovaného času příchodu akustického paprsku **Travel Time**, (není na příloze zobrazen), barvy na povrchu virtuálního jádra pocházejí z orientovaného obrazu amplitud **Amplitude-NM (žlutohnědé podbarvení)**, schematicky jsou zobrazeny zjištěné rovinné plochy nehomogenit barvami odpovídajícími barvě ploch podle druhu plochy v souladu s přílohou č.29 (použité symboly ploch) opravené na skutečný průběh podle inklinometrie (true dip) .
- čtvrtý sloupec: **Amplitude-NM:** Sloupec zobrazuje orientovaný obraz amplitudy akustického signálu, odraženého od stěny vrtu (ABI40). Barevná škála reprezentuje různé hodnoty amplitudy. Barva, která se ve škále nachází vlevo, odpovídá minimální amplitudě a barva, která se nachází vpravo, pak ukazuje maximální amplitudu signálu. Slabý stín, mírně se vlnící v amplitudovém obrazu je stínem koaxiálního kabelu uvnitř sondy a je při zpracování neodstranitelný. Orientovaný amplitudový obraz, zaznamenaný při měření v terénu, je při zpracování normalizován high - pass filtrem (není zobrazen). Vertikální stíny (šmouhy) jsou dány

nedokonalým centrováním sondy, které lze těžko v šikmých vrtech a horizontálních vrtech zajistit.

pátý sloupec: **ImageProc - NM**: rozvinutý optický obraz stěny vrtu v optimálním barevném nastavení (OBI40)

šestý sloupec: **Amplitude-NM High Pass**: Sloupec zobrazuje normalizovaný orientovaný obraz amplitudy akustického signálu, odraženého od stěny vrtu (ABI40) obdobný jako Amplitude-NM ve čtvrtém sloupci (odstíny žluté a hnědé). Pouze barevná škála je jiná (odstíny modré), aby se lépe zobrazily interpretované sinusoidy, které reprezentují plošné diskontinuity otevřené nebo vyplněné podle symbolů na příloze č. 29.

Fractures aparent dip - projection: Sloupec zobrazuje interpretaci plošných diskontinuit pomocí sinusoid superponovaných přes orientovaný amplitudový obraz.

Fractures true dip - tadpoles: Sloupec obsahuje jiný systém zobrazení plošných diskontinuit vyčleněných pomocí amplitudového obrazu. Barevný kroužek leží v hloubce středu plošné diskontinuity a jeho poloha vůči šířce sloupce udává úklon diskontinuity. Úklon v rámci sloupce stoupá z 0 na 90°. Krátká čárka, která vybíhá z každého barevného kroužku, ukazuje azimut spádnice diskontinuity. Čárka mířící nahoru znamená azimut 0°, čárka mířící doprava pak azimut 90° atd. Tyto hodnoty jsou již opraveny na úklon a směr vrtu (inklinometrie) a jsou označovány jako pravdivé (true).

Sedmý sloupec: **Tilt**: Sloupec obsahuje křivku plynulého záznamu úklonu vrtu.

Azimuth: Sloupec obsahuje křivku plynulého záznamu azimutu měřeného od magnetického severu) úklonu vrtu.

Dále následují přílohy se statistickým zpracováním zjištěných parametrů ploch. Statistiky byly vypočteny pro všechny zjištěné plochy nehomogenit, dále pro otevřené nehomogenity (pukliny a porušená pásma) a rovněž pro vyplněné uzavřené nehomogenity např. křemenem, kalcitem nebo jiným minerálem. Pro všechny tyto tři typy ploch byly zpracovány tři druhy statistik: stereogramy kolmic na spádnice promítnutých na severní a jižní polokouli, růžicové diagramy četností úklonů spádnic zjištěných ploch a růžicové diagramy četností směrů spádnic zjištěných ploch, tedy celkem 4 druhy statistik pro všechny tři soubory ploch (všechny, otevřené a vyplněné uzavřené) :

- **stereogramy** – je to zpracování úklonů a směrů kolmic na spádnice jednotlivých zjištěných ploch a jejich promítnutí na severní (Wulffova projekce) resp. jižní (Schmidtova projekce) polokouli (hemisféru),
- **růžicový diagram četností úklonů** zjištěných ploch nehomogenit,
- **růžicový diagram četností azimutů** zjištěných ploch nehomogenit.

Grafické výstup „Stereogram normál (Wulffova projekce na severní hemisféru) obsahuje tato data pro všechny tři soubory dat (všechny nehomogenity, otevřené a vyplněné) (Přílohy č. 3, 7 a 11 pro vrt S-24 a 17, 21 a 25 pro vrt S-33) – výstup z programu WellCAD, statistika parametrů zjištěných ploch:

První sloupec: Hloubkové měřítko,

Druhý sloupec: **Fractures true dip – tadpoles** : zobrazení zpracovaných ploch s jejich

skutečným úklonem a směrem podle symbolů na příl. č.29,

Rock hardness : míra odrazivosti akustického signálu, která je úměrná pevnosti hornin,

Třetí sloupec: průmět průsečíků kolmic na plochy se severní polokoulí v rovinné projekci s vyznačením kontur podle četnosti úklonů kolmic, dále je uveden počet zpracovaných ploch, jejich počet podle jejich typů a průměrné hodnoty úklonu a azimutu podle typů i celkové průměrné hodnoty.

Grafické výstup „Stereogram normál (Schmidtova projekce na jižní hemisféru) obsahuje tato data pro všechny tři soubory dat (všechny nehomogenity, otevřené a vyplněné) (Přílohy č. 4, 8 a 12 pro vrt S-24 a 18, 22 a 26 pro vrt S-33) – výstup z programu WellCAD, statistika parametrů zjištěných ploch:

První sloupec: Hloubkové měřítko,

Druhý sloupec. **Fractures true dip – tadpoles** : zobrazení zpracovaných ploch s jejich skutečným úklonem a směrem podle symbolů na příl. č.29,
Rock hardness : míra odrazivosti akustického signálu, která je úměrná pevnosti hornin,

Třetí sloupec: průmět průsečíků kolmic na plochy se severní polokoulí v rovinné projekci s vyznačením kontur podle četnosti úklonů kolmic, dále je uveden počet zpracovaných ploch, jejich počet podle jejich typů a průměrné hodnoty úklonu a azimutu podle typů i celkové průměrné hodnoty.

Grafické výstup „Růžicový diagram četností úklonů“ obsahuje data pro všechny tři soubory dat (všechny nehomogenity, otevřené a vyplněné) (Přílohy č. 5, 9 a 13 pro vrt S-24 a 19, 23 a 27 pro vrt S-33) – výstup z programu WellCAD, statistika parametrů zjištěných ploch:

První sloupec: Hloubkové měřítko,

Druhý sloupec. **Fractures true dip – tadpoles** : zobrazení zpracovaných ploch s jejich skutečným úklonem a směrem podle symbolů na příl. č.29,
Rock hardness : míra odrazivosti akustického signálu, která je úměrná pevnosti hornin,

Třetí sloupec: četnostní diagram úklonů (všech nebo otevřených nebo vyplněných nehomogenit) v půlkruhovém zobrazení, kde červeným podbarvením je znázorněna četnost úklonů jednotlivých ploch v intervalech po 10° - měřítko četnosti je uvedeno u soustředných půlkružnic (rozsah úklonů může být 0 – 90°). Dále je uveden celkový počet zpracovaných ploch, průměrná, minimální a maximální hodnota úklonu.

Grafické výstup „Růžicový diagram četnosti azimutů“ obsahuje data pro všechny tři soubory dat (všechny nehomogenity, otevřené a vyplněné) (Přílohy č. 6, 10 a 14 pro vrt S-24 a 20, 24 a 28 pro vrt S-33) – výstup z programu WellCAD, statistika parametrů zjištěných ploch:

První sloupec:	Hloubkové měřítko,
Druhý sloupec:	Fractures true dip – tadpoles : zobrazení zpracovaných ploch s jejich skutečným úklonem a směrem podle symbolů na příl. č.29, Rock hardness : míra odrazivosti akustického signálu, která je úměrná pevnosti hornin,
Třetí sloupec:	četnostní diagram azimutů (všech nebo otevřených nebo vyplněných nehomogenit) v kruhovém zobrazení (směry jsou v rozsahu 0-360°), kde hnědým podbarvením je znázorněna četnost směrů spádnic jednotlivých ploch v intervalech po 10° - měřítko četnosti je uvedeno u soustředných půlkružnic. Dále je uveden celkový počet zpracovaných ploch, průměrná, minimální a maximální hodnota azimutu.

Grafický výstup „Výsledky inklinometrie“ obsahuje pět příloh s vyhodnocením formát A4 (Příloha č. 30 pro vrt S-24 a č. 31 pro vrt S-33) s těmito daty:

Příloha č. 30(31)_1	Tabulka vypočtených hodnot inklinometrie (Gdbase) (zahrnuta konvergence).
Příloha č. 30(31)_2	Horizontální průmět průběhu vrtu v kruhové projekci (bull's eye) v generálním směru vrtu (program WellCad)
Příloha č. 30(31)_3	Vertikální průmět vrtu v převládajícím směru vrtu 62.9° resp. 68.1° (program WellCad).
Příloha č. 30(31)_4	Prostorový průběh vrtu ve válcové projekci (program WellCad).
Příloha č. 30(31)_5	Prostorový průběh vrtu v kubické projekci (program WellCad).

6.1 Výsledky karotážních měření a TV prohlídky ve vrtu S-24

Karotážní měření vrtu proběhlo několik měsíců po jeho dokončení. Konečná hloubka byla 124.0 m. Účelem provedených karotážních měření bylo upřesnit poměry v horninovém masivu před vlastní ražbou výzkumných chodeb L4a a L4b. Vrt byl průchodný pro karotážní sondy a televizní kameru do hloubky 122.0 m. Nevyskytly se vážné problémy s průchodností vrtu, na tlačných tyčkách se podařilo zapustit všechny karotážní sondy. Nedošlo k závažnému uvíznutí sond ve vrtu.

Datum měření:	1.6. – 2.6.2021	
Konečná hloubka:	124.0 m	
Dosažená hloubka:	122.0 m	
Vrtání:	0.0 – 124.0 m	76 mm
Pažení:	bez pažení	
Hladina podzemní vody:	0.0 m, slabý přetok těžko měřitelný – dohad kolem 0.015 l/s. Vzhledem k mírnému úpadnímu úklonu vrtu byly karotážní sondy	

zhruba již od hloubky kolem 2 m plně pod hladinou podzemní vody, a proto bylo možno od této hloubky aplikovat i metodu akustický skener ABI40.

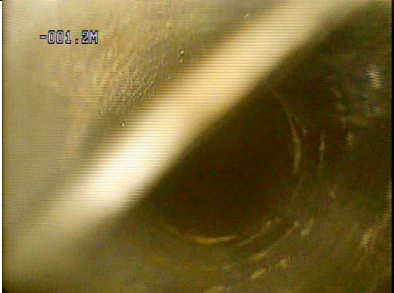
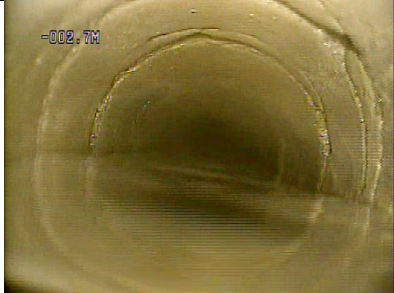
Ověření technického stavu vrtu

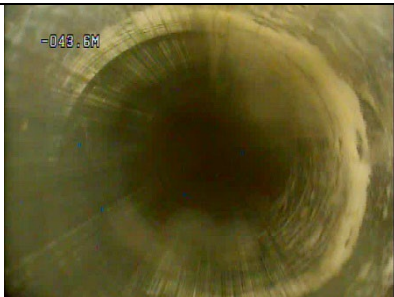
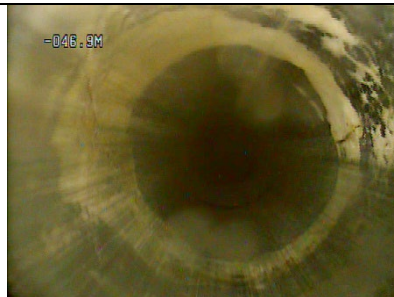
Technický stav vrtného stvolu byl ověřen pouze vrtnou televizní kamerou. Televizní záznam potvrdil poměrně stabilní stěny celého vrtu. Nedocházelo nikde k významnějšímu k vypadávání úlomků horniny ze stěny vrtu. Byla zjištěna **jedna větší nerovnost** ve stěně vrtu (odhad do 100 mm) v hloubce: 34.00 – 35.1 m, méně výrazná nerovnost byla ověřena kolem hloubky 59.0 – 59.5 m (maximálně do prvních desítek mm). Jiné nerovnosti ve stěně vrtu nebyly ověřeny. Pozn. - hloubky na záměru vrtné kamery jsou uváděny s hloubkovým krokem 30 cm. Záznamy akustického i optického skeneru jsou s hloubkovým krokem 1 cm. Hloubkové členění podle obou skenerů je tedy podrobnější. Televizní záznam byl uložen ve dvou souborech *.avi. První v hloubkovém úseku 0 - 60 m a druhý 60.0 – 122.0 m. Názvy obou souborů, které jsou uloženy na přiloženém DVD jsou následující:

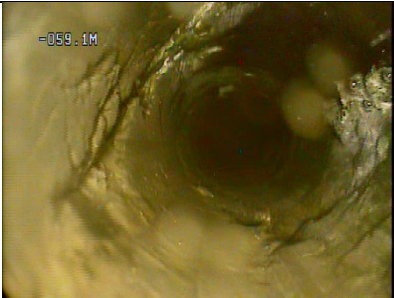
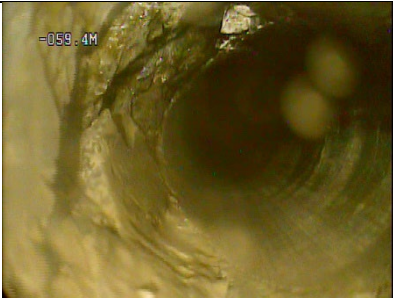
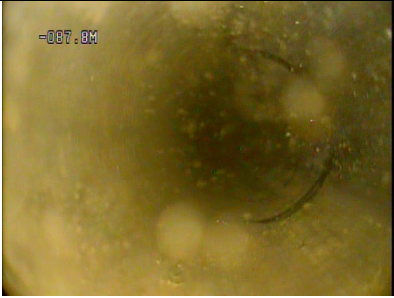
- TV Geovision S-24_down_0.0-60.0 m a
- TV Geovision S-24_down_60.0-122.0 m.

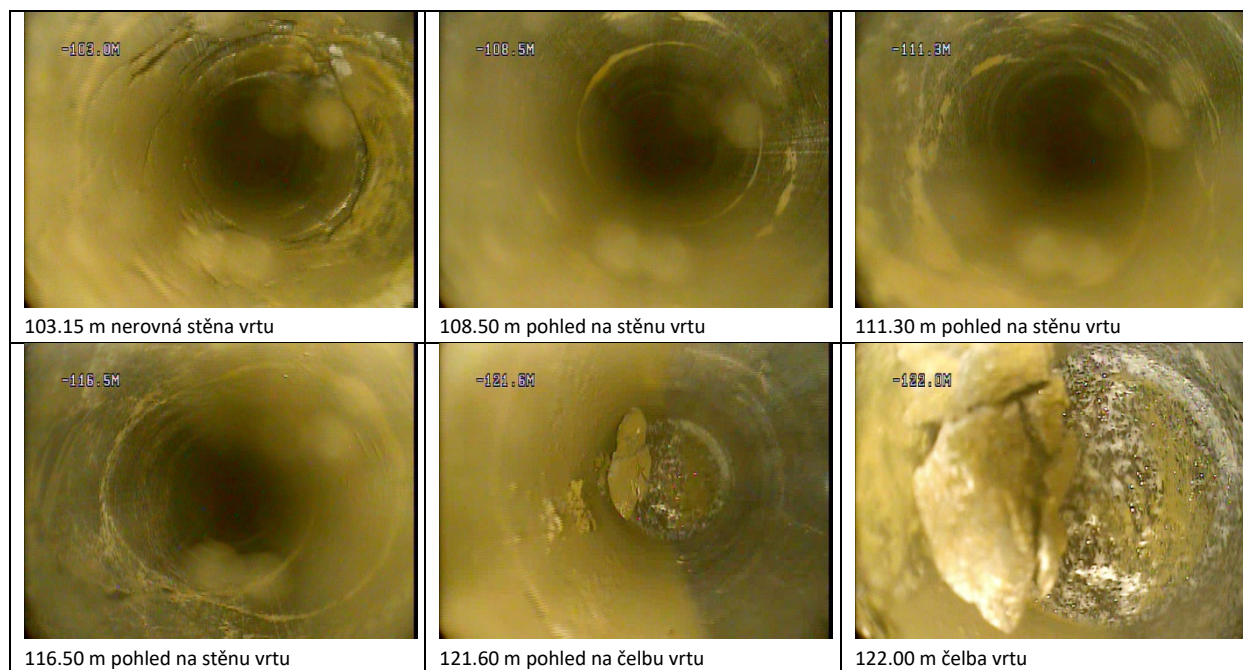
Z televizních záznamů byly vystřiženy fotografie stěn vrtu, které jsou prezentovány v následující tabulce:

Vybrané statické snímky z vrtu S-24 PVP Bukov:

		
001.20 m pohled na stěnu vrtu	002.10 m pohled na stěnu vrtu	002.70 m nerovná stěna vrtu
		
006.40 m pohled na stěnu vrtu	011.20 m pohled na stěnu vrtu	014.90 m pohled na stěnu vrtu

		
019.20 m pohled na stěnu vrtu	021.00 m pohled na stěnu vrtu	024.70 m pohled na stěnu vrtu
		
026.15 m nerovná stěna vrtu	026.25 m nerovná stěna vrtu	026.50 m pohled na stěnu vrtu
		
033.50 m pohled na stěnu vrtu	034.45 m pohled na kavernu	035.05 m nerovná stěna vrtu
		
041.20 m pohled na stěnu vrtu	043.85 m pohled na stěnu vrtu	047.00 m pohled na stěnu vrtu
		
050.30 m pohled na stěnu vrtu	052.70 m pohled na stěnu vrtu	053.00 m pohled na stěnu vrtu

		
054.20 m pohled na stěnu vrtu	055.60 m pohled na stěnu vrtu	057.75 m pohled na stěnu vrtu
		
059.25 m nerovná stěna vrtu	059.40 m nerovná stěna vrtu	062.55 m pohled na stěnu vrtu
		
062.80 m nerovná stěna vrtu	075.30 m pohled na stěnu vrtu	083.50 m pohled na stěnu vrtu
		
087.80 m pohled na stěnu vrtu	091.10 m pohled na stěnu vrtu	096.90 m pohled na stěnu vrtu
		
100.35 m pohled na stěnu vrtu	101.60 m pohled na stěnu vrtu	103.00 m pohled na stěnu vrtu



Výsledky **inklinometrie** jsou graficky znázorněny na pěti listech přílohy č. 30 (výpočet průběhu osy vrtu (výstup z Gdbase), horizontální průmět v kruhové projekci (bull's eye), vertikální průmět vrtu v rovině generálního směru, tj. 62.9° , prostorový průběh vrtu ve válcové projekci a prostorový průběh vrtu v kubické projekci – (výstupy z WellCadu). Směr vrtu počítaný od magnetického severu se pohybuje od 62° do 64° . Výšková odchylka od úrovně jeho ústí činí 3.15 m. Vrt je tedy téměř vodorovný s velmi malým úklonem. Generální sklon vrtu má hodnotu 88.49° a generální směr 62.9° . Ve všech grafických přílohách inklinometrie je uvažován směr od magnetického severu neopravený na konvergenci a deklinaci. V tabulce na příloze č. 30_1 je již zohledněna konvergence (bez deklinace) při výpočtu souřadnic JTSK (X a Y). Konvergence vrtu a deklinace není zahrnuta v průmětech vrtu na přílohách č. 30_2 až 30_5.

Plochy nespojitosti a pukliny zjištěné metodou akustického a optického televizoru

Metody akustický televizor (akustický skener) ABI40 i optický televizor (optický skener) OBI40 byly změřeny téměř v celé délce vrtu až do hloubky 122.0 m. Měření bylo kvalitní a dobře vyhodnotitelné. Jak bylo již výše v metodické části uvedeno, zvolili jsme u vrtů S-24 a S-33 společné vyhodnocení obou druhů televizorů. Při interpretaci zároveň srovnáváme pozici a průběh registrovaných nehomogenit. Každý scanner reaguje lépe na jiné strukturní změny v hornině. Akustický lépe zobrazuje otevřené pukliny, optický reaguje na barvu a strukturu horniny a lze rozhodnout, zda je puklina vyplněná jiným minerálem odlišné barvy (kalcit, křemen a příp. jiné). Interpretace je interaktivní a při přítomnosti obou obrazů (akustického – amplituda NM i optického – Image-NM) na pracovní ploše WellCadu lze operativně přesouvat interpretované plochy (Fractures apparent) mezi jednotlivými obrazy a zpřesnit výsledek průběhu plochy (tvar interpretované sinusoidy, která odpovídá rovinné nehomogenitě) i určit, zda se jedná o vyplněnou

strukturu, nebo nehomogenitu bez výplně. Proto i v typu vyčleněných nehomogenit na příloze č. 29 jsou značky pro vyplněnou nehomogenitu (oranžová barva) a pro méně výraznou vyplněnou nehomogenitu (růžová barva).

Souhrnná prezentace naměřených a interpretovaných parametrů je uvedena na příloze č. 1. Podrobný popis údajů na příloze je v úvodní části této kapitoly na str. 26. Na této příloze jsou graficky zobrazeny všechny výsledky karotážního měření s parametry zjištěných ploch a jejich druhu v souladu s příl. č. 29.

Celkem bylo indikováno 1248 ploch nespojitosti všech typů. Parametry všech ploch jsou zobrazeny v souborné tabulce na příloze č. 2. Tam je pro každou plochu uvedena její hloubka, mocnost, úklon, azimut a typ s jejím kódem. Puklin bez výplně bylo zjištěno 587 a vyplněných nehomogenit 661. Statistické zpracování zjištěných ploch bylo provedeno ve třech souborech, tj., se zahrnutím všech zjištěných ploch, pouze nevyplněných nehomogenit a vyhojených nehomogenit.

Stereogramy kolmic na zjištěné plochy, resp. jejich průsečíky se severní polokoulí (Wulffova projekce) a jižní polokoulí (Schmidtova projekce) jsou rovněž zpracovány pro uvedené tři soubory ploch. Pro všechny plochy jsou tyto stereogramy prezentované na přílohách č. 3 a 4, pro otevřené pukliny na přílohách 7 a 8 a pro vyplněné nehomogenity na přílohách č. 11 a 12.

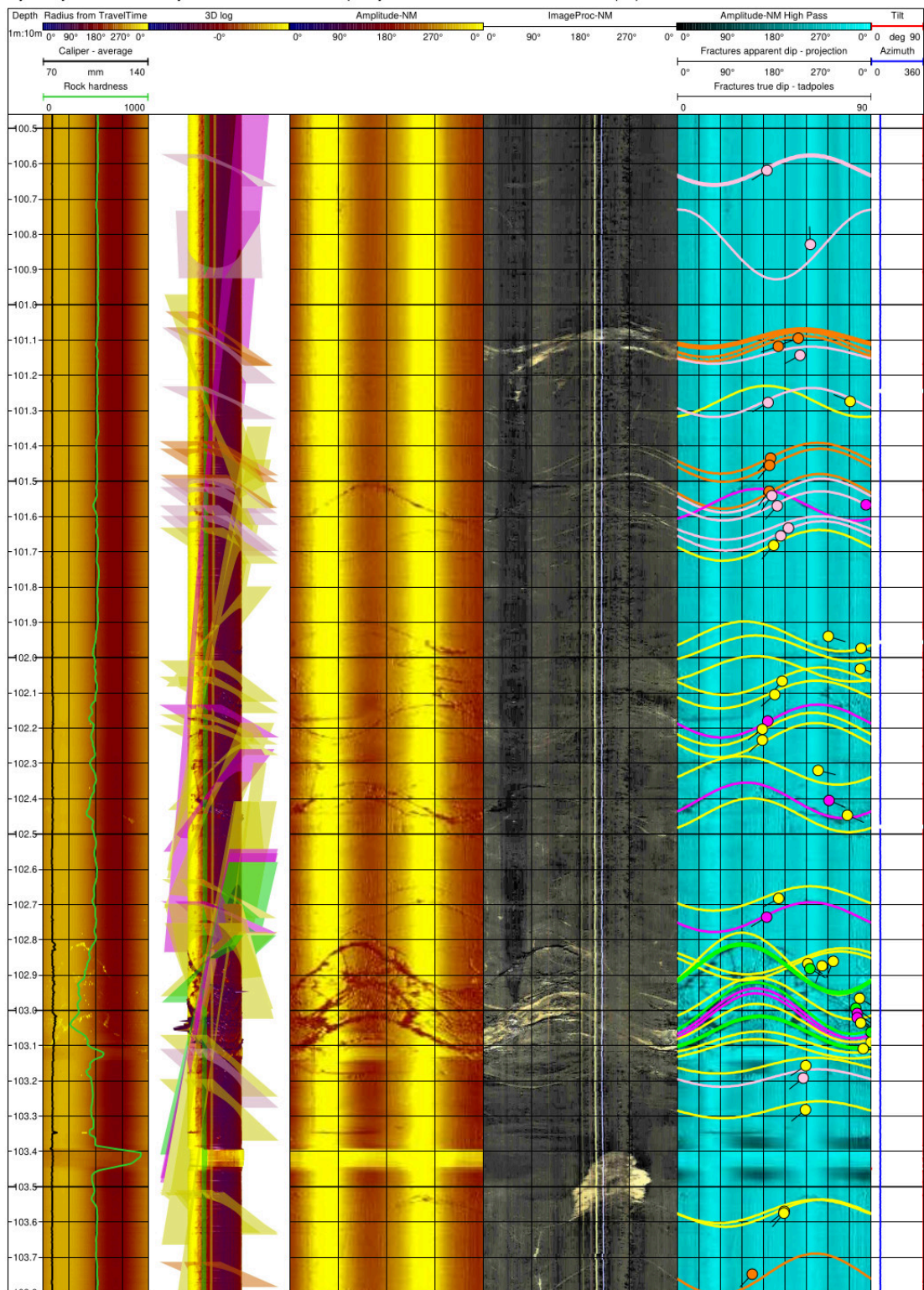
Typ nehomogenity	Počet	Průměrný úklon (°)	Průměrný azimut (°)
všechny plochy (kódy 1+2+3+4+5)	1248	59.91	241.62
nevyplněné pukliny a praskliny (kódy 1+2+3)	587	60.65	243.82
vyplněné nehomogenity (kódy 4+5)	661	59.55	240.41
méně výrazná nehomogenita (kód 3)	456	61.69	241.99
vyplněná nehomogenita méně výrazná (kód 5)	532	59.96	240.72
středně výrazná nehomogenita (kód 2)	90	55.41	243.86
vyplněná nehomogenita (kód 4)	129	57.72	239.05
velmi výrazná nehomogenita (kód 1)	32	87.91	113.02

Pozn.: všechny údaje ve výše uvedené tabulce se vztahují ke spádnicím ploch.

Pro každou skupinu ploch je zpracován růžicový diagram četností úklonu a azimutů pro danou skupinu ploch. Vedle počtu ploch a průměrné hodnoty parametru je uvedena jeho minimální a maximální hodnota. Počty ploch a průměrné hodnoty jsou již prezentovány ve výše uvedené tabulce.

Z tabulky vyplývá, že se výrazně vydělují homogenity bez výplně (pukliny, příp. porušená pásma) – zelené tadpoly (pulci). Většina jich směřuje na východojihovýchod (113°) s průměrným úklonem 88°. Ostatní plochy jsou svázány pravděpodobně se strukturou horniny (foliace, migmatitizace) a jejich směr se pohybuje mezi 239° – 242° a průměrné úklony se pohybují kolem 58° – 62°. Jde o obecné závěry, na stereogramech všech puklin (průměty na

Výsledky měření akustickým televizorem ABI40 a optickým televizorem OBI40 ve vrtu S-24 (L4) PVP 2 Bukov Příloha č. 1/31



Obr. 17 Příklad zpracování výsledků ABI40+OBI40 vrt S-24 příl.1 – str.č.31 (100.5 – 103.8 m)

severní i jižní hemisféru) pozorujeme i výrazné pukliny (zelené tadvoly) směřující na západojihozápad cca 242° s úklony kolem 60°.

Růžicové diagramy úklonů a azimutů pro všechny skupiny ploch jsou prezentovány na přílohách č. 5 a 6 (všechny plochy), 9 a 10 (nehomogenity bez výplně) a 13 a 14 (vyplněné nehomogenity).

Vyplněné nehomogenity převážně odpovídají foliaci a migmatitizaci. Těch byla detekována zhruba polovina (661) ze všech zjištěných ploch. Po dohodě s dr. Švagerou (ČGS), který řeší strukturní poměry ve sledovaném horninovém masivu, jsme vypracovali nový vzorník ploch. Bylo dohodnuto, že foliace a migmatitizace nebudou vyčleňovány jako jednotlivé plochy, ale jako intervalová skupina ploch hodnocená jako jedna plocha. Hodnocení struktur bude potom objektivnější a bude zvýrazněna tektonika (pukliny a poruchová pásma).

6.2 Výsledky karotážních měření a TV prohlídky ve vrtu S-33

Karotážní měření vrtu proběhlo několik měsíců po jeho dokončení. Konečná hloubka vrtu byla 75.0 m. Účelem provedených karotážních měření bylo upřesnit poměry v horninovém masivu před vlastní ražbou výzkumných chodeb L4a a L4b. Vrt byl průchodný pro karotážní sondy a televizní kameru do hloubky 75.4 m. Nevyskytly se vážné problémy s průchodností vrtu. Na tlačných tyčkách se podařilo zapustit všechny karotážní sondy. Nedošlo k závažnému uvíznutí sond ve vrtu.

Datum měření:	4.10. – 6.10.2022
Konečná hloubka:	75.0 m
Dosažená hloubka:	75.4 m (skutečná délka vrtu je ve skutečnosti o 0.4 m větší než deklarovaná)
Vrtání:	0.0 – 75.0 m 76 mm
Pažení:	bez pažení
Hladina podzemní vody:	0.0 m, slabý přetok těžko měřitelný – dohad kolem 0.01 l/s. Vzhledem k mírnému úpadnímu úklonu vrtu byly karotážní sondy zhruba již od hloubky kolem 1.7 m plně pod hladinou podzemní vody, a proto bylo možno od této hloubky aplikovat i metodu akustický televizor (skener) ABI40

Ověření technického stavu vrtu

Technický stav vrtného stvolu byl ověřen pouze vrtnou televizní kamerou. Televizní záznam potvrdil poměrně stabilní stěny celého vrtu. Nedocházelo nikde k významnějšímu vypadávání úlomků horniny ze stěny vrtu. Méně výrazná nerovnost byla zjištěna v hl. kolem 7.2 m, další **poněkud větší nerovnosti** ve stěně vrtu v hloubkách: 23.3 m (cca 50 mm) a **největší nerovnost** v hl. 33.8 m (odhad až 100 mm). Hlouběji již nebyly ověřeny žádné významné nerovnosti ve stěně vrtu až do hloubky 64.3 m, kde byla zjištěna méně významná nerovnost pouze na jedné straně stěny vrtu. Hlouběji až na dno vrtu, byly stěny vrtu bez nerovností. Nerovnosti byly ověřeny televizní kamerou a akustickým i optickým televizorem (skenerem).

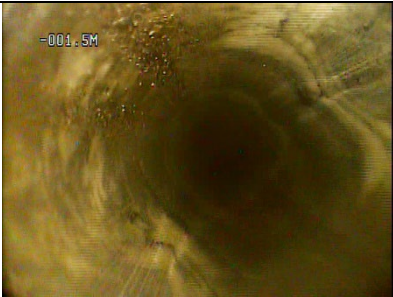
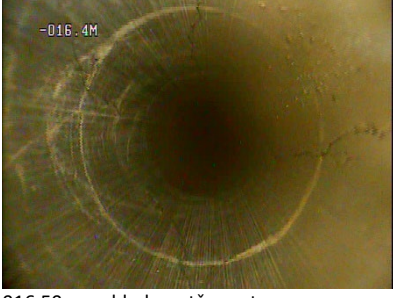
Pozn. Hloubky na záměru vrtné kamery jsou uváděné s hloubkovým krokem 30 cm. Záznamy akustického i optického skeneru jsou s hloubkovým krokem 1 cm. Hloubkové členění podle obou skenerů je tedy podrobnější.

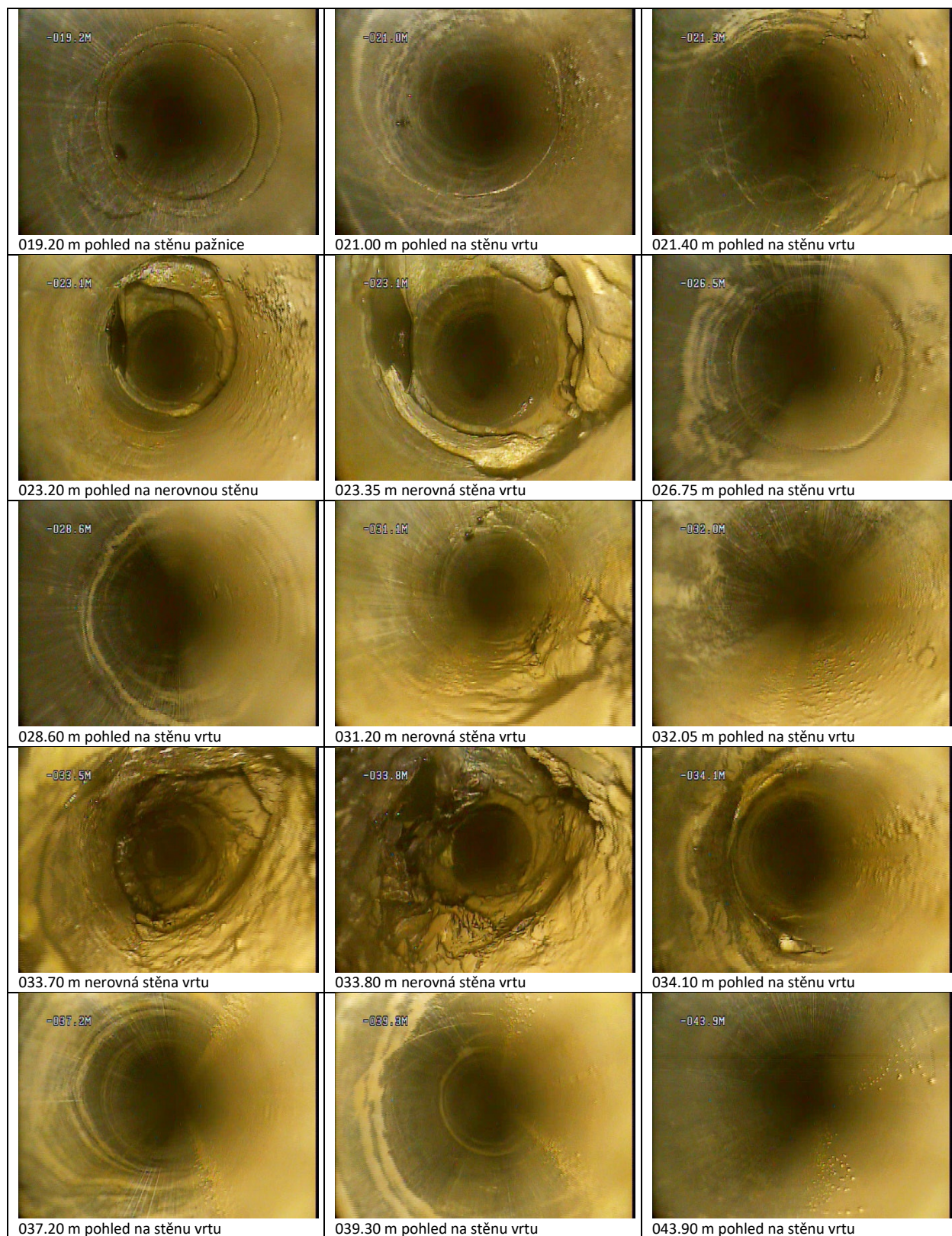
Vlastní televizní záznam je uložen uložen ve dvou souborech *.avi. První v hloubkovém úseku 0 - 60 m a druhý 60.0 – 122.0 m. Názvy obou souborů, které jsou uloženy na přiloženém DVD jsou následující:

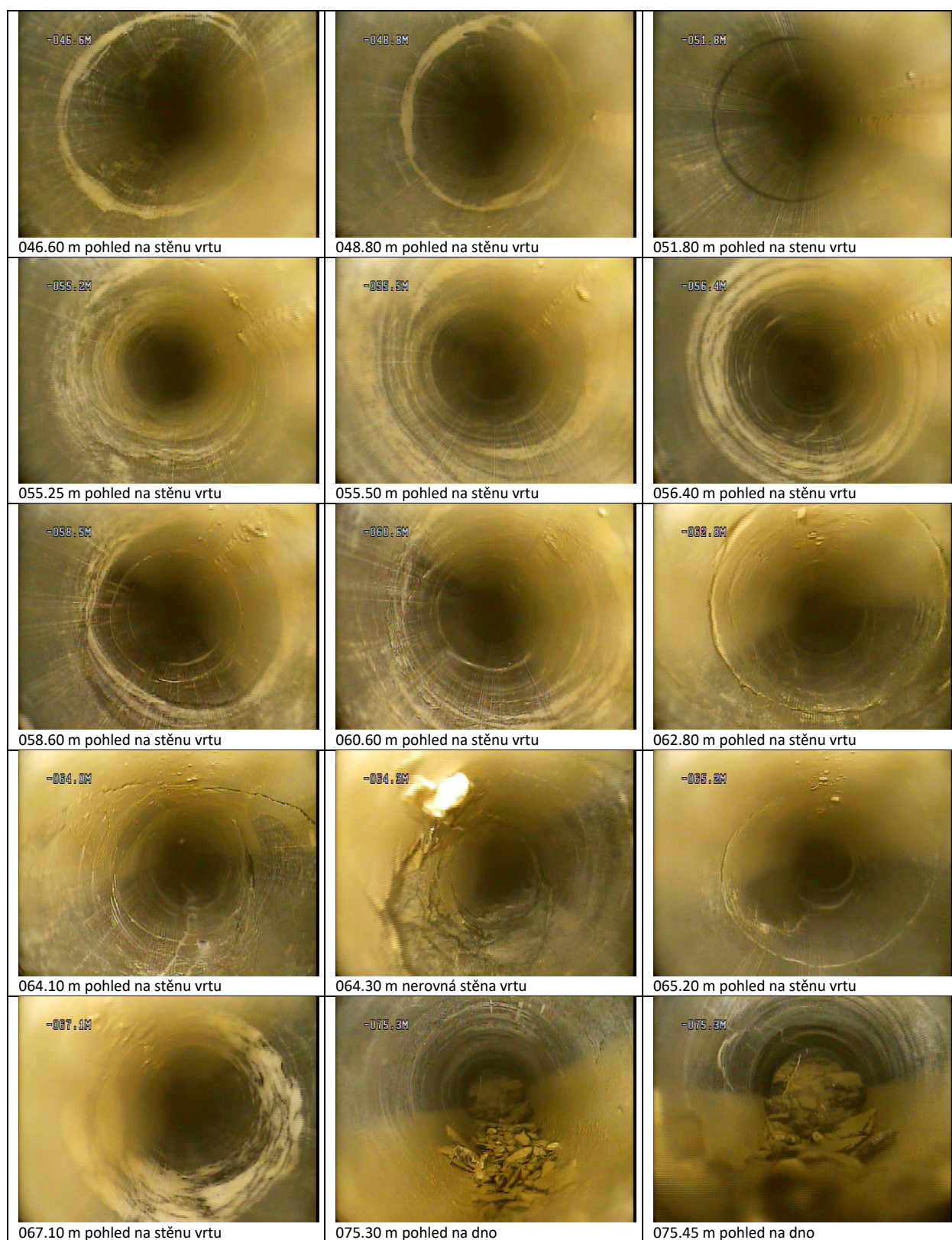
- TV Geovision S-33_down_0.0-11.2 m a
- TV Geovision S-33_down_0.0-75.6 m (zákal 0-12.2 m)

Z televizních záznamů byly vystřiženy fotografie stěn vrtu, které jsou prezentovány v následující tabulce:

Vybrané statické snímky z televizní prohlídky vrtu S-33 PVP Bukov

		
000.30 m pohled na stěnu vrtu	001.50 m pohled na stěnu vrtu	002.70 m pohled na stěnu vrtu
		
003.40 m pohled na stěnu vrtu	004.30 m pohled na stěnu vrtu	007.10 m nerovná stěna vrtu
		
007.40 m nerovná stěna vrtu	008.00 m pohled na stěnu vrtu	010.15 m pohled na stěnu vrtu
		
013.10 m pohled na stěnu vrtu	016.50 m pohled na stěnu vrtu	016.95 m pohled na stěnu vrtu





Výsledky **inklinometrie** jsou graficky znázorněny na pěti listech přílohy č. 31 (výpočet průběhu osy vrtu (výstup z Gdbase), horizontální průmět v kruhové projekci (bull's eye), vertikální průmět vrtu v rovině generálního směru, tj. 68.1° , prostorový průběh vrtu ve válcové projekci a prostorový průběh vrtu v kubické projekci – (výstupy z WellCadu). Odchyšky směru počítaného od magnetického severu v průběhu vrtu jsou velmi malé: pohybují se od 67.0 do 68.4° . Generální sklon vrtu má hodnotu 88.13° a generální směr 68.1° . Odchyłka čelby vrtu od horizontály v porovnání s jeho ústím je 2.45 m. Ve všech grafických přílohách inklinometrie je uvažován směr od magnetického severu neopravený na konvergenci a deklinaci. V tabulce na příloze č. 31_1 je již zohledněna konvergence (bez deklinace) při výpočtu souřadnic JTSK (X a Y). Konvergence vrtu a deklinace není zahrnuta v průmětech vrtu na přílohách č. 31_2 až 31_5.

Plochy nespojitosti a pukliny zjištěné metodou akustického a optického televizoru

Metody akustický televizor (skener) ABI40 i optický televizor (skener) OBI40 byly změřeny téměř v celé délce vrtu až do hloubky 75.1 m (OBI40 včetně suchého úvodu vrtu od hloubky 0.0 m, ABI40 až od hladiny podzemní vody v hloubce 1.7 m). Měření bylo kvalitní a dobře vyhodnotitelné. Jak bylo již výše v metodické části uvedeno, zvolili jsme u vrtů S-24 a S-33 společné vyhodnocení obou druhů skenerů. Při interpretaci zároveň srovnáváme pozici a průběh registrovaných nehomogenit. Každý televizor reaguje lépe na jiné strukturní změny v hornině. Akustický lépe zobrazuje otevřené pukliny, optický reaguje na barvu a strukturu horniny a lze rozhodnout, zda je puklina vyplněná jiným minerálem odlišné barvy (kalcit, křemen a příp. jiné). Interpretace je interaktivní a při přítomnosti obou obrazů (akustického – amplituda NM i optického – Image-NM) na pracovní ploše WellCadu lze operativně přesouvat interpretované plochy (Fractures apparent) mezi jednotlivými obrazy a zpřesnit výsledek průběhu plochy (tvar interpretované sinusoidy, která odpovídá rovinné nehomogenitě) i určit, zda se jedná o vyplněnou strukturu, nebo nehomogenitu bez výplně. Proto i v typu vyčleněných nehomogenit na příloze č. 29 jsou vedle značek pro nehomogenity odpovídajícím porušení nebo jednotlivým puklinám (kódy : 0, 1, 2, 3) značky pro vyplněnou nehomogenitu – kód 4 (oranžová barva) a pro méně výraznou vyplněnou nehomogenitu – kód 5 (růžová barva).

Souhrnná prezentace naměřených a interpretovaných parametrů je uvedena na příloze č. 15. Podrobný popis údajů na příloze je v úvodní části této kapitoly na str. 26. Na této příloze jsou graficky zobrazeny všechny výsledky karotážního měření s parametry zjištěných ploch a jejich druhu v souladu s příl. č. 29 (Typy, kódy a značky vyčleněných nehomogenit).

Celkem bylo indikováno 1139 ploch nespojitosti všech typů. Parametry všech ploch jsou zobrazeny v souborné tabulce na příloze č. 16. Tam je pro každou plochu uvedena její hloubka, mocnost, úklon, azimut a typ s jejím kódem. Nehomogenit bez výplně bylo zjištěno 513 a vyplněných nehomogenit 626. Velká část vyplněných nehomogenit odpovídá migmatitizaci a foliaci v horninovém masivu, čemuž odpovídají i výsledky statistického zhodnocení zjištěných ploch (přílohy č. 17, 18, 19 a 20 pro všechny nehomogenity – 1139 ploch), (přílohy č. 21, 22, 23 a 24 pro nehomogenity bez výplně – 513 ploch), (příloha č. 25, 26, 27 a 28 pro vyplněné nehomogenity – 626 ploch). Tedy statistické zpracování zjištěných ploch bylo provedeno ve třech souborech, tj., se zahrnutím všech zjištěných ploch, pouze nehomogenit bez výplně a vyhojených nehomogenit.

Stereogramy kolmic na zjištěné plochy, resp. jejich průsečíky se severní polokoulí (Wulffova projekce) a jižní polokoulí (Schmidtova projekce) jsou rovněž zpracovány pro uvedené

tři soubory ploch. Pro všechny plochy jsou tyto stereogramy prezentované na přílohách č. 17 a 18, pro otevřené pukliny na přílohách 21 a 22 a pro vyplněné nehomogenity na přílohách č. 25 a 26.

Typ nehomogenity	Počet	Průměrný úklon (°)	Průměrný azimut (°)
všechny plochy (kódy 1+2+3+4+5)	1139	53.40	244.74
nevyplněné pukliny a praskliny (kódy 1+2+3)	513	50.53	247.07
vyplněné nehomogenity (kódy 4+5)	626	54.94	243.53
méně výrazná nehomogenita (kód 3)	442	51.09	246.61
vyplněná nehomogenita méně výrazná (kód 5)	425	55.40	242.96
středně výrazná nehomogenita (kód 2)	53	43.75	242.94
vyplněná nehomogenita (kód 4)	201	54.01	244.76
velmi výrazná nehomogenita (kód 1)	18	82.72	289.17

Pozn.: všechny údaje ve výše uvedené tabulce se vztahují ke spádníím ploch.

Pro každou skupinu ploch je zpracován růžicový diagram četností úklonu a azimutů pro danou skupinu ploch. Vedle počtu ploch a průměrné hodnoty parametru je uvedena minimální a maximální hodnota parametru. Počty ploch a průměrné hodnoty jsou již prezentovány ve výše uvedené tabulce.

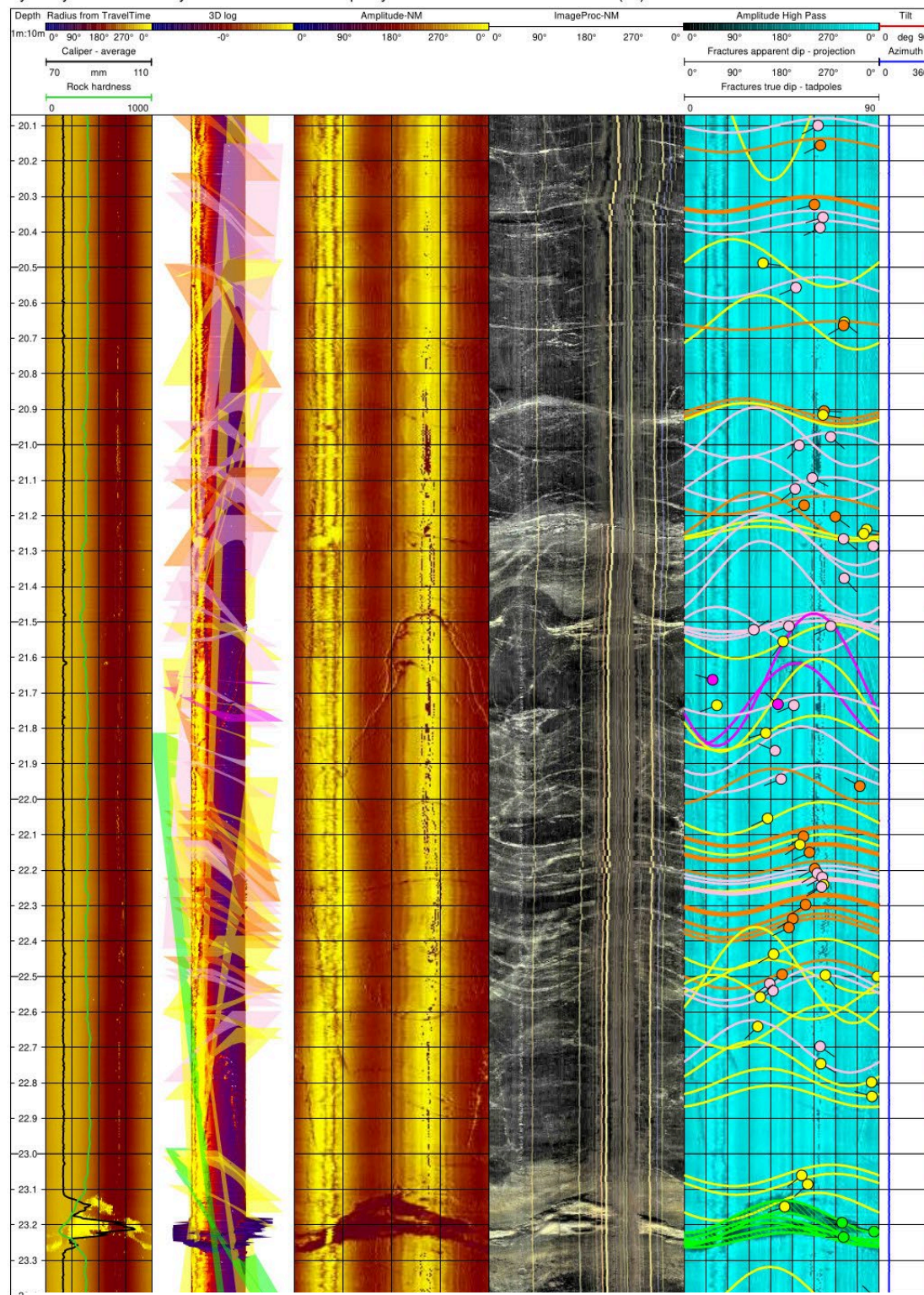
Z tabulky vyplývá, že se výrazně vydělují otevřené nehomogenity bez výplně (pukliny, příp. porušená pásma) – zelené tadvoly (pulci). Většina jich na západoseverozápad (ZSZ) směřuje (pod úhlem 289°) s průměrným úklonem 82.7°. Ostatní plochy jsou svázány pravděpodobně se strukturou horniny (foliace, migmatitizace). Jejich směr se pohybuje mezi 243° – 247° a průměrné úklony se pohybují kolem 51° – 55°. Jde o obecné závěry, na stereogramech všech puklin (průměty na severní i jižní hemisféru) pozorujeme i výrazné pukliny (zelené tadvoly) směřující na JVJ pod úhlem cca 110° s úklony kolem 60°.

Růžicové diagramy úklonů a azimutů pro všechny tři skupiny ploch (všechny plochy, nevyplněné a vyplněné) jsou prezentovány na přílohách č. 19 a 20 (všechny plochy), 23 a 24 (nehomogenity bez výplně) a 27 a 28 (vyplněné nehomogenity).

Vyplněné nehomogenity převážně odpovídají foliaci a migmatitizaci. Těchto ploch bylo zhruba polovina (626) ze všech zjištěných ploch. Po dohodě s dr. Švagerou (ČGS), který řeší strukturní poměry ve sledovaném horninovém masivu, jsme vypracovali nový vzorník ploch. Bylo dohodnuto, že foliace a migmatitizace nebudou vyčleňovány jako jednotlivé plochy, ale jako intervalová skupina ploch hodnocená jako jedna plocha. Hodnocení struktur bude potom objektivnější a bude zvýrazněna tektonika (pukliny a poruchová pásma).

Výsledky měření akustickým televizorem ABI40 a optickým televizorem OBI40 ve vrtu S-33 (L4) PVP 2 Bukov

Příloha č. 15/7



Obr. 18 Příklad zpracování výsledků ABI40+OBI40 vrt S-33 příl.15 – str.č.7 (20.1 – 23.4 m)

7 Závěr

Karotážní měření splnilo projektované požadavky a poskytlo informace o struktuře zastižených hornin ve vrtech S-24 a S-33. Byla užita metoda akustického a optického televizoru (skeneru) a ve vrtech byly zjištěny nevyplněné nehomogenity (pukliny) nebo vyplněné pukliny a jejich prostorová orientace (úhel sklonu a směr sklonu). Před vlastním měření obou televizorů (skenerů) byla uplatněna i optická televizní kamera pro ověření stavu vrtného stvolu. Toto měření před vlastním karotážním měřením poskytlo informace o technickém stavu vrtu, zejména o jeho průchodnosti, kavernách, tvaru puklin a stavu stěn vrtu. To bylo předpokladem pro bezpečné měření dalších karotážních metod. Vrtu byly průchodné do konečných hloubek, do kterých se podařilo zapustit televizní vrtnou kameru a oba typy skenerů. Vrtu byly dobře průchodné a při měření nenastaly žádné technické problémy. Vzhledem k jejich úklonu (jednalo se téměř o horizontální vrtu) byla měření provedena na karotážním kabelu s nutností použití tlačného soutyčí.

V obou vrtech bylo provedeno měření akustickým ABI40 a optickým televizorem(skenerem) OBI40 a byly určeny plochy nespojitosti ve stěně vrtu (nevyplněné představují převážně pukliny a praskliny, příp.poruchová pásma a vyplněné nehomogenity jsou výplně poruch, migmatitizace příp. foliace). Jsou znázorněny rozvinuté stěny vrtu z hlediska přítomnosti nehomogenit. Oba typy televizorů (skenerů) byly zpracovány společně a u všech nehomogenit byl určen jejich úklon a směr (azimut od magnetického severu). Vypočtené statistiky směrů a úklonů puklin jsou uvedeny v kapitolách 6.1 a 6.2.

Statistika byla zpracována v každém vrtu společně pro všechny zjištěné nehomogenity a následně odděleně pro nevyplněné nehomogenity a pro vyplněné nehomogenity. V níže prezentované tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty úklonů a směrů zjištěných ze statistického zpracování a jejich rozptyl pro všechny zjištěné plochy.

Vrt	S-24	S-33
Parametr:		
Úsek měření	0.0 – 122.0 m	0.0 – 75.4 m
Počet zjištěných ploch	1248	1139
Průměrný úklon (°)	59.91	53.40
Rozptyl úklonu (°)	10.86 – 89.93	10.71 – 89.98
Průměrný mag.azimut (°)	241.62	244.74
Rozptyl mag.azimutů (°)	0.32 – 359.79	0.28 – 359.34
Převládající mag.azimuty	cca 240	cca 245

Průměrný azimut ploch nehomogenit zjištěný v obou vrtech se příliš neliší (241.62° x 244.74°).

Na interpretaci karotážních dat se podíleli tito pracovníci: RNDr.Svatopluk Kořalka, Mgr. Lisseth Sánchez Valdiviezo a Jiří Šohajek.

Karotážní měření a televizní prohlídka splnilo zadaný účel a poskytlo dostupné informace o struktuře sledovaného horninového masivu. Po technické stránce proběhlo měření bez jakýchkoliv závad a byly dodrženy všechny bezpečnostní předpisy pro Důl Rožná I.

V Praze dne 28.2.2023

RNDr.Svatopluk Kořalka

Osvědčení MŽP o odborné způsobilosti: 1702/2003

Grafické přílohy