

## VLASTISLAV U TŘEBENIC

Zpráva o revizním karotážním měření ve vodárenském vrtu po provedené regeneraci

březen 2021



**Identifikace zakázky:**

Název zakázky: **Vlastislav – kontrola regenerace vrtu MO-4**

Číslo zakázky: **CZ 21.0095.648Z58**

Zhotovitel: **SG Geotechnika a.s.**

Geologická 988/4

152 00 Praha 5

Česká republika

T: +420 234 654 111

Odběratel:

Vodní zdroje a.s.

V Praze dne: 31.března 2021

Jméno:

Podpis:

Zpracoval:

RNDr. Martin Procházka

Osvědčení MŽP o odborné způsobilosti: 1645/2002

Schválil:

Ing. Petr Kučera

## Obsah

1. Úvod.....	4
2. Cíl měření a metodika karotážních prací.....	4
3. Základní informace o karotážních metodách .....	5
4. Technické vybavení .....	9
5. Výsledky televizní prohlídky a karotážního měření.....	10
6. Závěry.....	19

## Přílohy:

**Výsledky karotážního měření, originál TV prohlídky na přiloženém DVD**



*Karotážní vozidlo u vrtu*

## 1. ÚVOD

Vrt s označením MO-4 je situovaný zhruba 450 m severně od areálu Úpravny vody Vlastislav v Českém Středohoří.

Byli jsme požádáni provést kontrolu aktuálního technického stavu a funkčnosti tohoto vodárenského vrtu z roku 1967 po jeho regeneraci. Revizní měření provedené na základě objednávky společnosti Vodní zdroje a.s. se uskutečnilo dne 30.3.2021. Karotážní měření provedl RNDr. Martin Procházka za asistence p. Tarase Semkoviče, televizní prohlídku p. Jiří Šohajek.

Karotážní měření se uskutečnilo kombinovanou aparaturou K-1000/Matrix s elektrickým pohonem vrátku. Aparatura je zabudována do terénního vozidla Toyota Hiace.

Data byla zaznamenávána do počítače v digitální formě a v analogové formě. Televizní prohlídka vrtu byla provedena televizní kamerou RG-HYTEC. Aparatura s vrátkem jsou zabudovány do vozidla Ford Transit.

Pro hustotní karotáž je využíván izotopický zdroj gama záření  $^{137}\text{Cs}$  převážený ve speciálním kontejneru z ochuzeného uranu v pouzdru z nerezové oceli. Pro neutronovou karotáž je používán zdroj neutronů Am-Be převážený ve speciálním kontejneru z materiálu „neutron stop“ v pouzdru z nerez oceli. Pro nakládání s oběma zdroji ionizujícího záření i pro jejich přepravu má firma SG Geotechnika a.s. všechna potřebná povolení plynoucí ze zákona.

## 2. CÍL MĚŘENÍ A METODIKA PRACÍ

Cílem karotážního měření a televizní prohlídky bylo především ověřit aktuální technický stav vrtu a jeho funkčnost po provedené regeneraci. Součástí měření bylo:

1. ověřit výstroj vrtu (vnitřní, vnější výstroj, průměry, perforace, hloubka)
2. ověřit vnitřní prostor vrtu optickou kontrolou,
3. určit přítoky vody do vrtů a jejich poměrné vydatnosti, objasnit režim proudění podzemní vody ve vrtu,
4. zjistit vlastnosti vody vyplňující vrt,
5. porovnat výsledky měření s měřením provedeným před regenerací ze dne 1.12.2020.

Pro splnění všech cílů byl navržen použit tento soubor karotážních metod:

1. gama karotáž,
2. neutron neutron karotáž,
3. gama gama karotáž v hustotní modifikaci (hustotní karotáž) – především k ověření zaplášťových materiálů, k detekci volných prostorů vně pažnice
4. kavernometrie – k ověření vnitřního průměru výstroje, případných odchylek (porušená pažnice, nárůsty), pažnicových spojů a podobně,
5. měření fyzikálně chemických vlastností vody (konduktivita, teplota, procento rozpuštěného kyslíku, index pH, oxidačně redukční potenciál) – zjišťování případné zonality vody ve vrtu (z různých přítoků),
6. rezistivimetrie v aplikaci metody ředění označené kapaliny – pro objasnění proudění podzemní vody, zjištění přítoků,

7. rezistivimetrie v aplikaci metody čerpání označené kapaliny – pro zjištění všech přítoků a jejich vydatnosti
8. televizní prohlídka vrtu,

### 3. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KAROTÁŽNÍCH METODÁCH

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

#### **Hustotní gama-gama karotáž XGG -**

hustotní měření (v měřených jednotkách imp/min nebo imp/s), při kterém ozařujeme měřené prostředí gama kvanty izotopu  $^{137}\text{Cs}$  o aktivitě 3.2 GBq. Rozptýlená gama kvanta jsou registrována scintilačními detektory. Registrované gama záření rozptýlené převážně Comptonovým rozptylem na atomech zkoumané horniny je úměrné měrné objemové hmotnosti (hustotě) měřeného prostředí. Sonda je zkonstruována tak, že vzdálenost mezi zářičem a detektorem je 40 cm. Hloubkový dosah měření do stěny vrtu je cca 20 cm. Používáme kolimované přítlačné sondy, které snižují na minimum vliv průměru vrtu. Výsuvné rameno vedle zajištění přítlaku měří i průměr vrtu nutný pro opravu měření. Metoda indikuje zejména porušené a rozpukané úseky hornin a citlivě reaguje na pukliny a místa nesoudržné horniny, kde dochází k vypadávání úlomků ze stěn vrtu (snížené hustoty). Metoda se používá také pro kontrolu přítomnosti zaplášťového těsnění a obsypu. V místech, kde cementace nebo obsyp chybí, nebo jsou neúplné, je registrován vyšší signál – nižší hustota prostředí. Hustota cementu nebo jílového těsnění bývá ve většině případů o něco vyšší než hustota obsypu.

V našem případě byly porovnány křivky získané před regenerací a po ní. Změny v hustotě zaplášťového prostoru mohou být výsledkem vyčištění obsypu od kolmatace a podobně.

#### **• Termometrie -**

měří se teplota vody ve vrtu. Ve vrtech, v nichž k žádnému proudění nedochází, je měřená teplota obrazem geotermického gradientu. Anomálie na teplotní křivce bývají indicií propustných poloh a proudění vody ve vrtu. Porovnali jsme průběh teplotní křivky před regenerací a po ní.

#### **• Měření fyzikálně-chemických vlastností vody**

Sonda OCEAN je schopna měřit současně několik parametrů: teplotu, tlak, konduktivitu, pH, redox potenciál, procento rozpuštěného kyslíku ve vodě. Jedná se o hloubkově spojitá měření, sonda tedy zaznamenává změny těchto parametrů s hloubkou a jejich případnou zonalitu. Z naměřených křivek lze vyvozovat řadu závěrů: lze odlišit podzemní vodu s delší dobou zdržení v horninovém masívu od průsaků vody povrchové, na základě zonality měřených parametrů lze usuzovat na místa přítoků, lze odhadnout progresi vývoje například pH či konduktivity vody a podobně. Samotné hodnoty měřených parametrů jsou užitečnou informací o vlastnostech vody ve vrtu a jednotlivých přítoků. Jedná se o unikátní metodu, tuto moderní sondu v ČR používá pouze naše divize karotáž.

Byly porovnány hodnoty a hloubkový průběh těchto parametrů se stavem před regenerací. Ze změn lze vyvodit různé závěry, které bývají spojeny se změnami v hydrodynamických poměrech ve vrtu.

#### **• Gama karotáž -**

měří se přirozená radioaktivita (gama aktivita) hornin. Metoda reaguje na zastoupení radioaktivních izotopů prvků v hornině. Zvýšené hodnoty způsobuje v běžných horninách a zeminách především draslík  $^{40}\text{K}$ . Vysoké gama aktivity bývají proto pravidelně zaznamenávány především v jílovitých horninách či zeminách, které obsahují živce a rovněž v kyselých vulkanických horninách. Naopak horniny s relativně vyšším zastoupením písčité, prachovité a vápnité složky se vyznačují nižší úrovní gama aktivity.

V našem případě bylo smyslem měření porovnat úroveň přirozené gama aktivity před regenerací a po ní. Pokud kolmataci obsypu způsobují jílové minerály, potom jejich odstraněním v procesu čišťení by mělo dojít k určitému poklesu celkové gama aktivity.

#### • **Neutron-neutron karotáž** -

měří se množství zpomalených neutronů prošlých horninou z izotopového zdroje rychlých neutronů (Am-Be), umístěného v měřicí sondě 60 cm pod detektorem. Naměřené hodnoty jsou nepřímo úměrné množství atomárního vodíku obsaženého v horninách (nebo ve vnějším prostoru vrtu - v mezikruží vně výstroje). Zvýšeným obsahem vodíku se vyznačují horniny, které obsahují vodík vázaný přímo v krystalické mřížce minerálů (hydroalumosilikáty jsou podstatnou součástí jílu), vodík ve zvodnělých vrstvách jílovců, vodík ve vodě vyplňující pukliny např. v pískovcích či vodík vázaný v uhlovodících (uhlí, ropa...). Naopak v kompaktních horninách dochází jen k minimálnímu útlumu toku neutronů ze zdroje k detektoru. Metoda slouží mimo jiné pro identifikaci volných prostorů a kaveren vně pažnic.

V našem případě bylo účelem měření porovnat křivku před čištěním vrtu a po něm. Materiál způsobující kolmataci obsypu obsahuje méně vodíku než voda, která vyplňuje pórové prostory čistého obsypu.

#### • **Kavernometrie KM** -

Měření skutečného průměru vrtu nebo výstroje a jejich odchylek od normálu. V našem případě metoda posloužila pro kontrolu vnitřního průměru výstroje, integrity pažnice, k detekci nárůstů, k identifikaci pažnicových spojů. Bylo měřeno tříramenným kavernoměrem. Výsledky byly porovnány s měřením před čišťením. V průběhu čištění dochází k uvolňování nárůstů ze stěn a tím k drobným změnám průměru,

#### • **Rezistivimetrie RM** -

měření zdánlivého měrného odporu kapaliny, který je nepřímo úměrný celkové mineralizaci vody ve vrtu. Metoda se dále používá v těchto aplikacích:

#### • **Soubor rezistivimetrických metod pro hydrogeologii**

rezistivimetrická měření metodou ředění označené kapaliny pro sledování přírodního proudění vody ve vrtu - po snížení měrného odporu vody ve vrtu chloridem sodným (NaCl) jsou v časových intervalech registrovány rezistivimetrické křivky. Z takto získané série křivek je možné určit jejich rozbořem propustné polohy (pukliny) a objasnit hydrogeologický režim ve vrtu za ustálených podmínek (ustálená hladina). Interpretace vede k výpočtu rychlosti horizontálního pohybu vody napříč vrtem „VFA“ proti propustným polohám, případně rychlosti a objemovému vertikálnímu průtoku, zastihl-li vrt dva propustné horizonty s odlišnou výtlakovou úrovní (dochází tak ve vrtu k hydraulickému zkratu).

Rezistivimetrická měření při neustálených podmínkách (při metodě konstantního nálevu nebo odčerpání) .

Po snížení měrného elektrického odporu vody ve vrtu je zahájeno čerpání (nebo nálev) s konstantní vydatností. Při tomto porušení hydrodynamické rovnováhy a zachování konstantního zvýšení nebo snížení hladiny sledujeme rychlost pohybu rozhraní sladké a slané vody v závislosti na čase. V případě metody čerpání dochází k přítoku vody z propustných poloh do vrtu, naopak v případě metody nálevu dochází k zatlačování vody do propustných poloh. Ze změn na rezistivimetrických křivkách registrovaných během čerpání (nálevu) lze přesně zjistit všechny propustné polohy ve vrtu, i ty, které se za přírodních podmínek neprojevily. Při daném snížení (zvýšení) hladiny a ze zjištěné mocnosti propustných poloh lze vypočítat dílčí koeficienty filtrace „ KFI “ jednotlivých propustných poloh, případně celkové koeficienty filtrace „ KF “ pro celý otevřený úsek vrtu.

Podmínkou úspěšného měření je v obou případech vrt, v němž nedošlo vinou výplachu k ucpání propustných poloh. Dalším předpokladem pro rezistivimetrická měření je nevystrojený vrt nebo vrt vystrojený perforovanými pažnicemi, Pro úspěšné měření je nutné, aby v případě užití výplachu byl výplach ve vrtu vyměněn za vodu, aby se mohlo projevit přirozené proudění a bylo možno vyvolat přítoky do vrtu porušením hydrodynamické rovnováhy čerpáním nebo nálevem. V případě měřených vrtů byly všechny dostatečně dobře vyčištěny.

**Při metodě ředění** se zjišťuje přítomnost horizontálního proudění ve vrtu a jeho rychlost filtrace VFA. Proti propustné poloze s horizontálním prouděním dochází s časem k postupnému zvyšování měrného odporu vody, který byl předtím snížen chloridem sodným. V průběhu procesu ředění je zaregistrována série rezistivimetrických křivek. Výpočet rychlosti filtrace vychází z Darcyho zákona:

$$VFA = 1.81 * r/t * \log(C_1 - C_0)/(C_t - C_0) \quad [ \text{m/s} ] , \text{ kde}$$

VFA	je rychlost filtrace v m/s,
$C_0$	koncentrace soli ve vodě za přírodních podmínek (g/l),
$C_1$	koncentrace soli ve vodě po úpravě chloridem sodným (g/l) ,
$C_t$	koncentrace soli ve vodě v čase t po úpravě (g/l),
t	časový interval mezi měřeními v čase 1 a t (min),
r	poloměr vrtu (m).

V případě vertikálního proudění (přírodního i vyvolaného čerpáním nebo nálevem) je sledován posun odporového rozhraní v čase mezi upravenou vodou ve vrtu (pomocí NaCl snížen měrný el.odpor) a vodou přitékající z propustné polohy (nebo vodou nalévanou). Dvěma po sobě následujícími záznamům odpovídá určitý časový rozdíl dt a rozdíl v hloubce posunujícího se odporového rozhraní dh. Vertikální rychlost proudění vody je potom dána poměrem:

$$W = dh/dt \quad (\text{m/s}).$$

Objemový vertikální průtok se vypočte podle vztahu:

$$Q' = \pi r^2 W \quad (\text{l/s, případně l/den}).$$

**Metodou konstantního nálevu (nebo čerpání)** lze zjistit i ty propustné polohy , které se při hydrodynamické rovnováze neprojevily a proti nimž k žádnému sledovatelnému proudění nedochází. V našem případě byla použita metoda odčerpání.

Analýzou rezistivimetrických záznamů lze přesně lokalizovat všechny propustné polohy ve vrtu. V závislosti na průměru výstroje (DIA) , hloubce (H) a časovém rozdílu (dt) lze vyčíslit vertikální objemový průtok  $Q_i$  a celkové objemové průtoky  $Q$ . Ze změn celkového průtoku  $Q$  v závislosti na hloubce je možno poměrně přesně vyznačit propustné polohy a následně ocenit míru propustnosti jednotlivých propustných poloh koeficientem filtrace KFI. Pro přesnou lokalizaci propustných poloh využíváme i další metody, zejména termometrii, fotometrii, fyzikálně chemické vlastnosti vody a jejich zonalitu a základní komplex karotážních metod.

Dílčí koeficienty filtrace vztahujeme pouze k mocnosti propustných poloh (na rozdíl od čerpacích zkoušek, které jsou vztahovány vždy k celému zkoušenému intervalu). Lze je pochopitelně přepočíst i na celý zkoumaný úsek (průměrný koeficient filtrace), což uvádíme rovněž pro srovnání s výsledky čerpacích zkoušek. Rovněž lze vyčíslit koeficient filtrace vztahovaný pouze pro celkovou mocnost přítokových poloh.

Pro výpočet se využívá zjednodušené Dupuitovy rovnice:

$$KFI = (Q / (dS \cdot H)) \cdot a, \quad \text{kde}$$

Q	je čerpané množství buď pro jednotlivou polohu ( $Q_i$ ) nebo pro celý interval (Q),
dS	snížení (zvýšení) hladiny oproti klidovému stavu (m),
H	mocnost propustné polohy (m),
a	bezrozměrný koeficient, jehož hodnota se blíží 1.

Změny v proudění vody před a po čištění vrtu a změny v propustnosti horninového prostředí bývají hlavními důkazy úspěšné regenerace.

---

Karotáž podává hloubkově spojitou informaci s definovaným hloubkovým krokem. To platí o všech metodách, které byly na této zakázce použity.

## 4. TECHNICKÉ VYBAVENÍ

### • optická kamera CCTV-HYTEC -

pro TV prohlídku byla použita aparatura CCTV vyrobená firmou RG Geologging. Samotná sonda je výrobkem francouzské firmy HYTEC. Vnější průměr sondy je 87 mm, délka sondy bez kabelové spojky 770 mm (se spojkou cca 1500 mm). Objektiv je uložen v průhledném dómu a je schopen rotace kolem osy podélně orientované s tělem sondy a úklonu v ose kolmé na osu rotace v rozmezí +/- 110°. Objektiv má automatickou clonu a manuální zaostřování. Úhel pohledu je fixní a v diagonále dosahuje ve vzduchu 61° a ve vodě 45°. Výstupem záznamu TV kamery je digitální video formátu AVI o velikosti 320 x 240 obrazových bodů se snímkovací frekvencí 15 fps (15 krát za sekundu je zaznamenán statický obraz). Pro záznam informace o jasu a





barvě každého obrazového bodu je použito barevné kódování YUY2 (2 byty na pixel). Přímou během záznamu jsou data komprimována pomocí kodeku Microsoft MPEG-4 V1.

Aparatura TV kamery je zabudovaná do terénního vozidla Ford Transit. Přenos dat mezi vlastní vrtnou kamerou a řídicí jednotkou je zprostředkován koaxiálním kabelem o délce 850 m.

Osvětlení je zprostředkováno skupinou LED diod umístěných okolo objektivu. Během měření lze měnit intenzitu osvětlení základních i přidavných LED diod. K sondě se velkopřůměrových vrtech připojuje nástavec s externím halogenovým zdrojem světla.

#### • Karotážní aparatura K-1000 -/ Matrix

Pro karotážní měření byla použita aparatura K-1000 (původně výrobek firmy ELGI Budapešť, modernizovaná dodáním jednotek ALT Luxembourg a Mount Sopris USA). Aparatura je zabudovaná do terénního vozidla Toyota Hiace.

Měřená data jsou registrována analogově registrátorem MLS (USA) a současně digitálně zaznamenávána (systémy BLS a Matrix) do počítače.

Druhá možnost digitalizace analogových dat je následná kamerální digitalizace analogo-digitálním převodníkem XPLAN360 C.

Pro zpracování naměřených dat byl použit systém programů GdBase verze 5 (autor RNDr. Jiří Křesťan CSc.) a WellCad (ALT Luxembourg). Zpráva a přílohy byly vytištěny na laserové tiskárně a převedeny do jednotného formátu PDF.

Průměry používaných hlubinných sond se pohybují mezi 36 mm (průměr kabelové hlavy) až 50 mm. Tzn., že mohou být měřeny i vrty s malými průměry (cca od 50 mm). Všechny sondy jsou použitelné do max. hloubky 2000 m, tj. jsou konstruovány do maximálního tlaku 200 bar a teploty kolem 70-80°C.

## 5. VÝSLEDKY TELEVIZNÍ PROHLÍDKY A KAROTÁŽNÍHO MĚŘENÍ

Všechny hloubky jsou vztaženy k úrovni terénu kolem vrtu.

### Konstrukce vrtu dle dokumentace

Do hloubky 10 m bylo vrtáno průměrem 680 mm, dále do konečné hloubky 36 m průměrem 530 mm.

Vrt byl vystrojen úvodní ocelovými pažnicemi o průměru 325 mm.

Úsek perforovaných pažnic: 16,0 – 32,0 m.

Záplášťový materiál: 0 – 5 m	jíl
5 – 6 m	písek
6 – 36 m	obsyp granulovanou drtí 8/15 mm.

### Konstrukce dle TV prohlídky

**Hladina podzemní vody:** v době televizní prohlídky se hladina nacházela v hloubce 7,35 m.

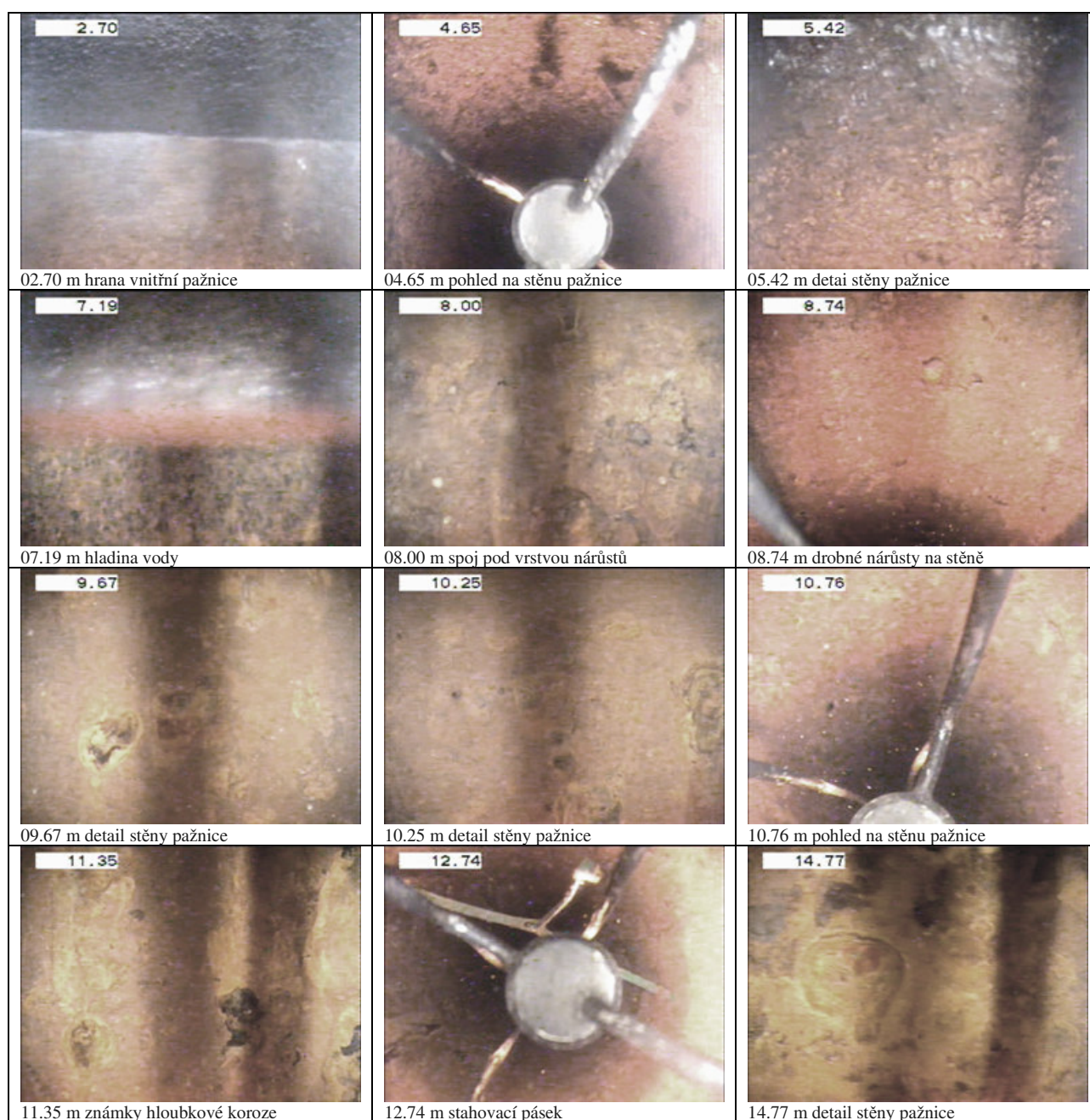
**Perforace:** kruhová, strojově vrtaná.

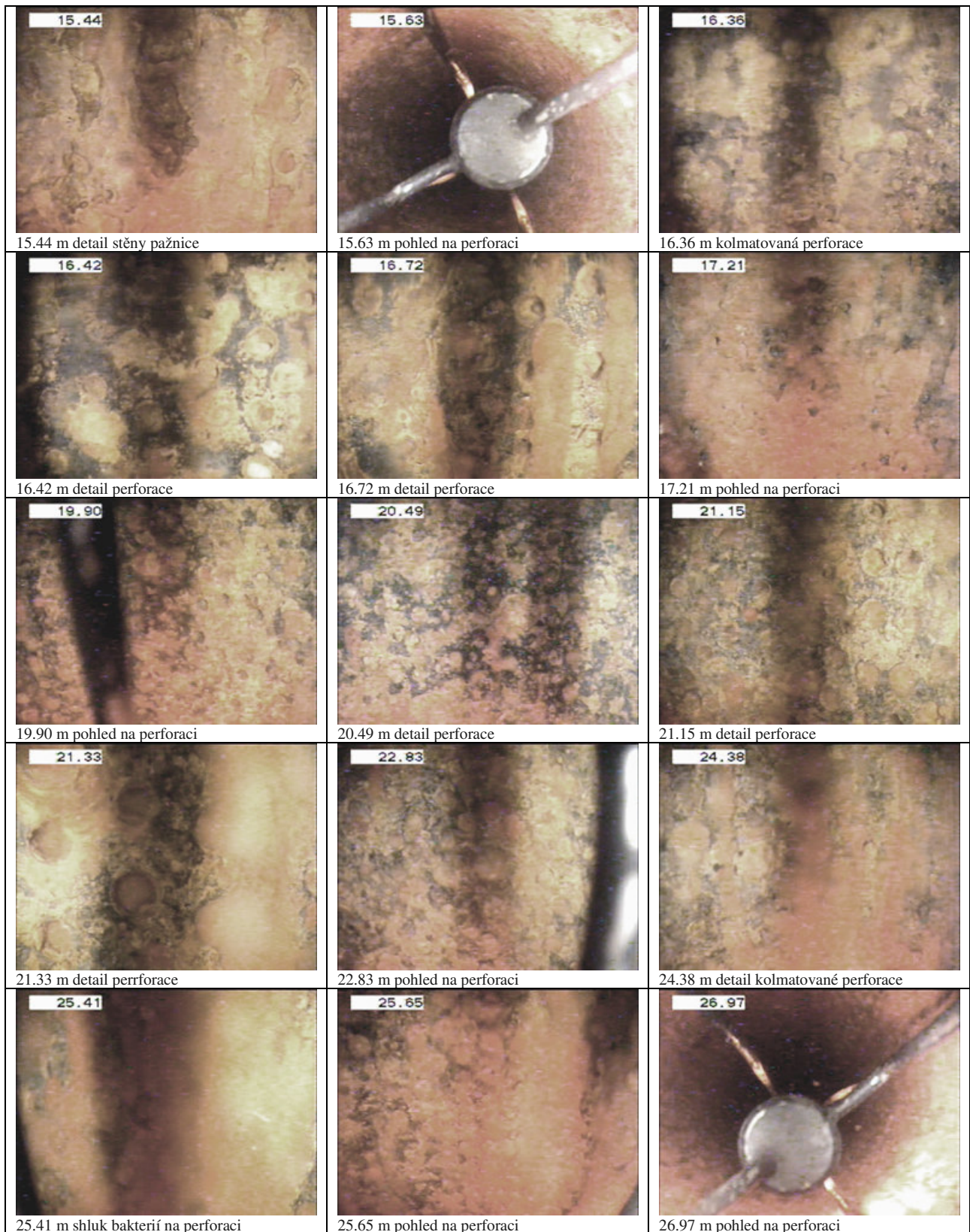
**Perforovaný úsek:** 15,69 m – 32,00 m.

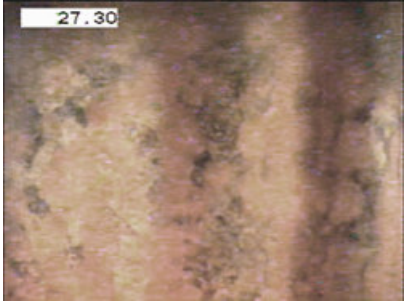
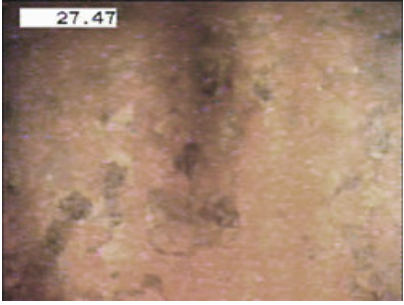
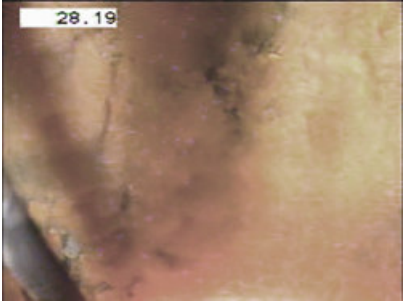

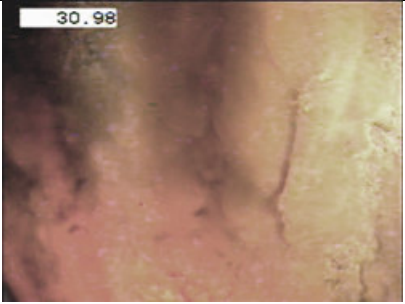
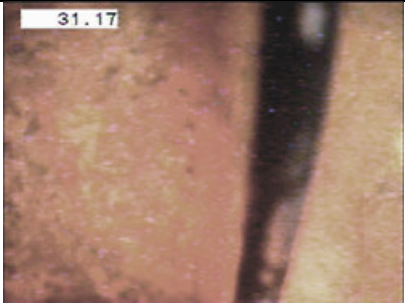

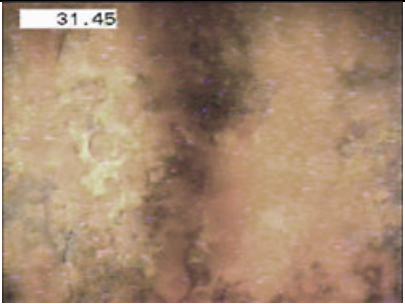



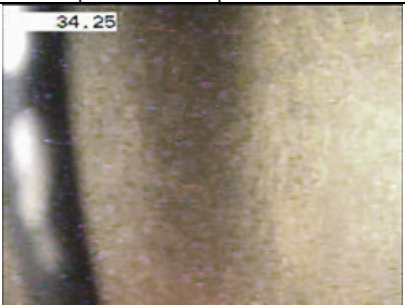
Perforace začíná o 0,31m výše, než uvádí dokumentace a končí přesně v uváděné hloubce 32,00 m.

**Dno:** špička televizní sondy dosedá na pevné dno v hloubce 36,5 m.

*Vybrané statické snímky z revizní televizní prohlídky vrtu MO-4 Vlastislav*

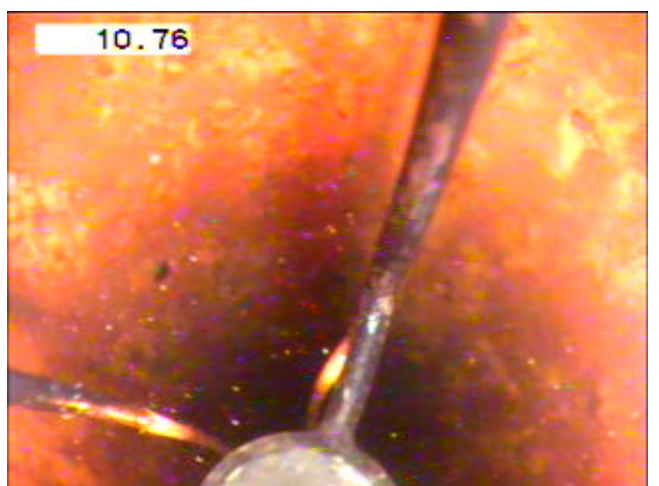
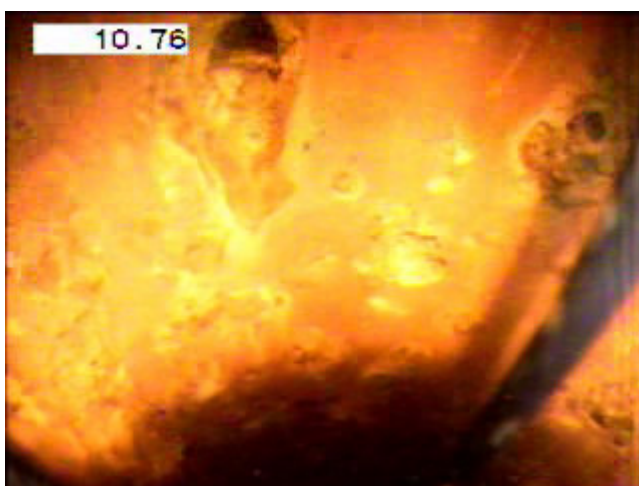
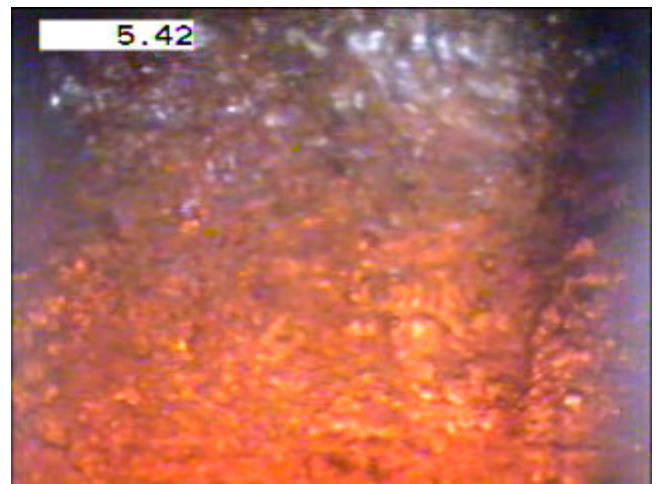
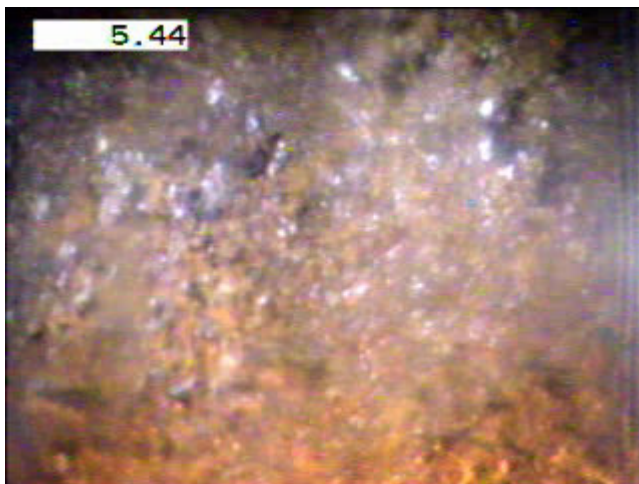


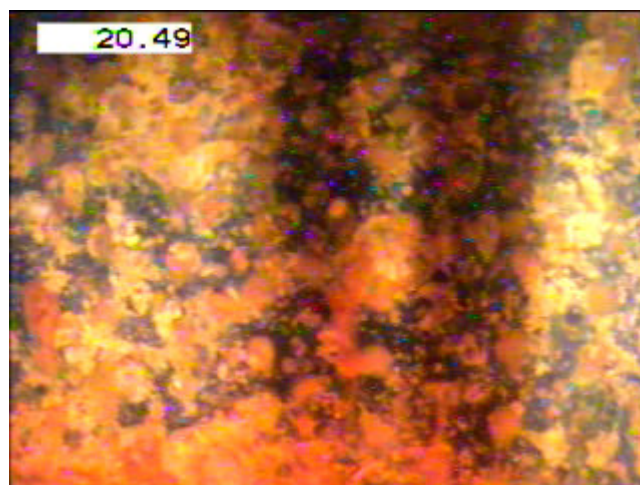
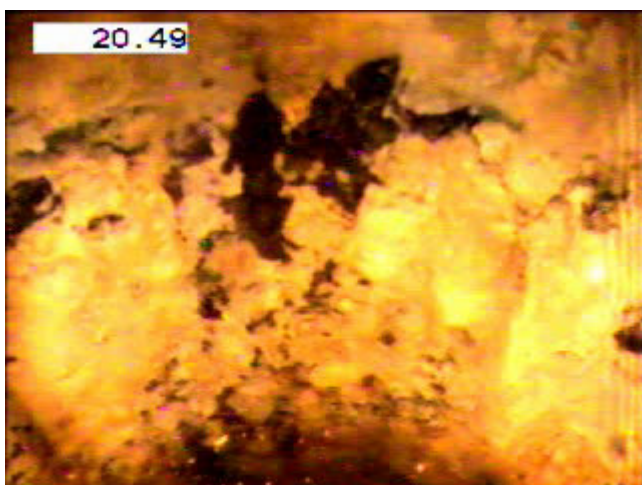
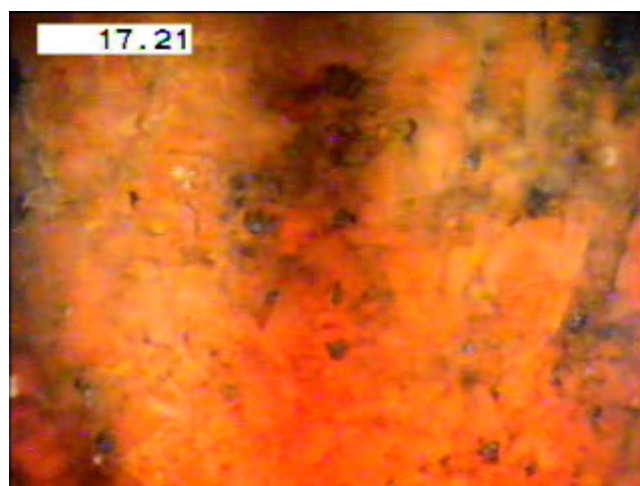
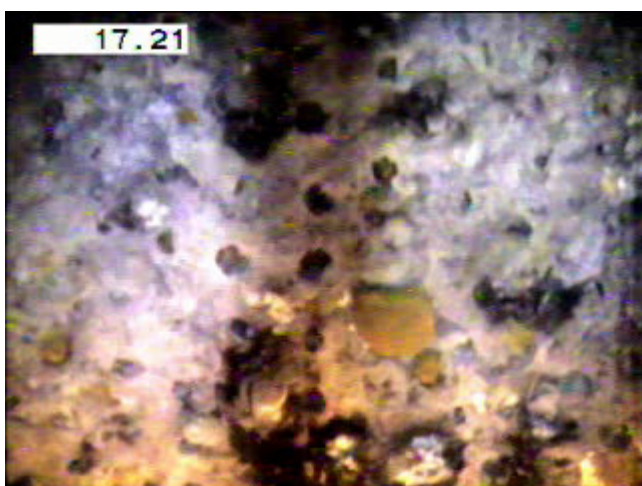
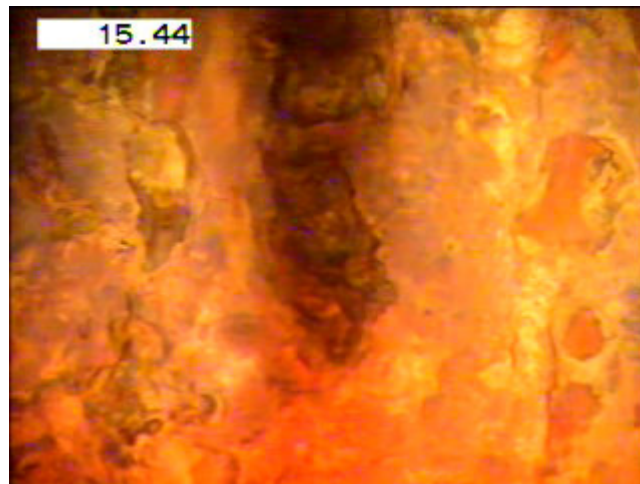


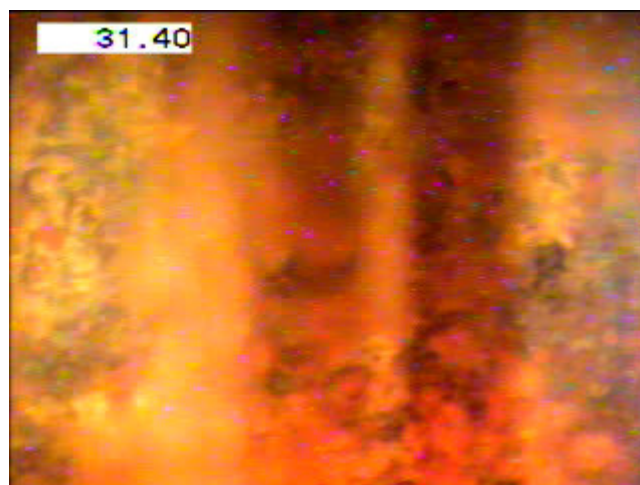
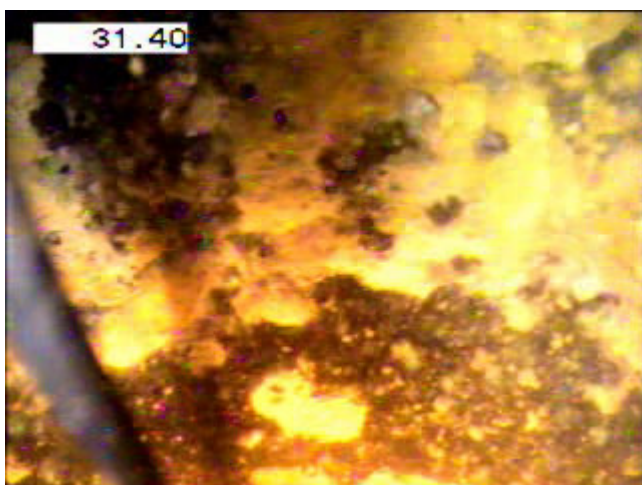
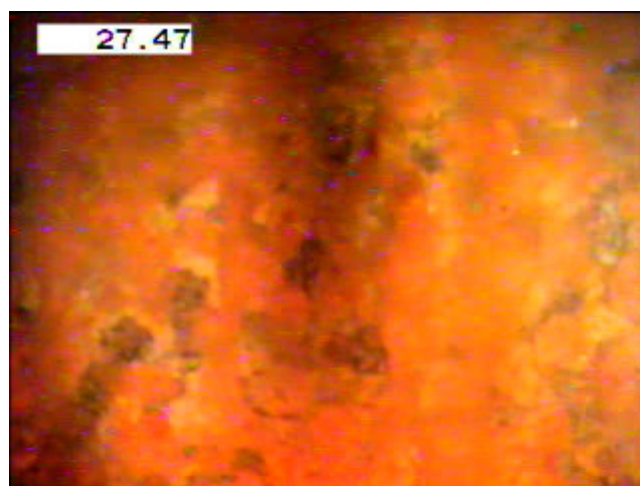
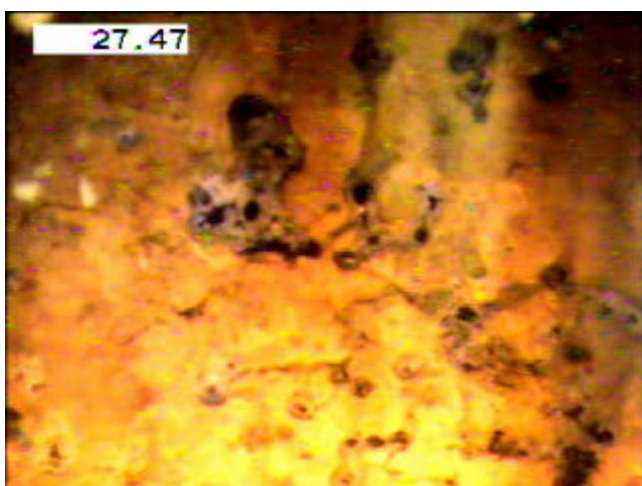
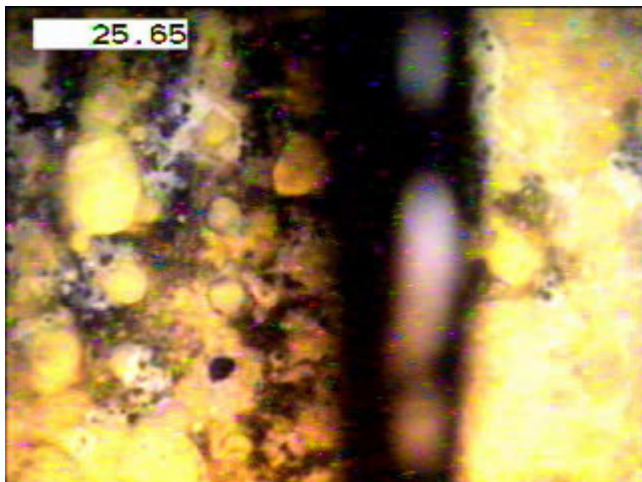
		
<p>27.30 m pohled na perforaci</p>	<p>27.47 m detail perforace</p>	<p>28.19 m pohled na shluky bakterií</p>
		
<p>29.50 m detail perforace</p>	<p>30.28 m pohled na stěnu pažnice</p>	<p>30.98 m detail stěny pažnice</p>
		
<p>31.17 m pohled na stěnu pažnice</p>	<p>31.40 m detail stěny pažnice</p>	<p>31.45 m detail perforačního otvoru</p>
		
<p>31.95 m pohled na perforaci</p>	<p>32.07 m zakalená voda</p>	<p>32.45 m pohled na stěnu pažnice</p>
		
<p>33.53 m detail stěny plné pažnice</p>	<p>33.80 m pohled na stěnu pažnice</p>	<p>34.25 m detail stěny pažnice</p>

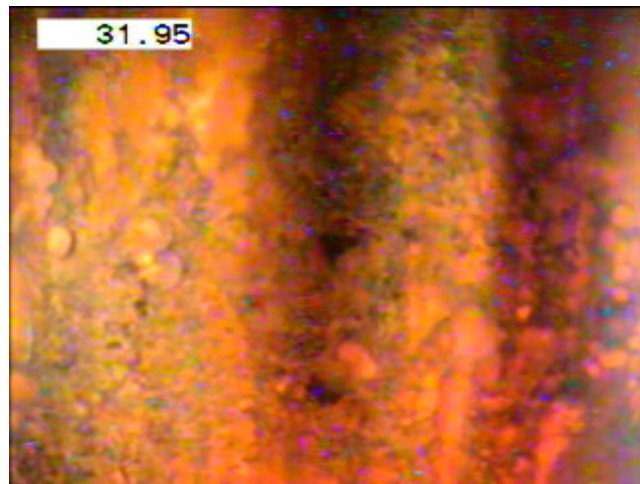
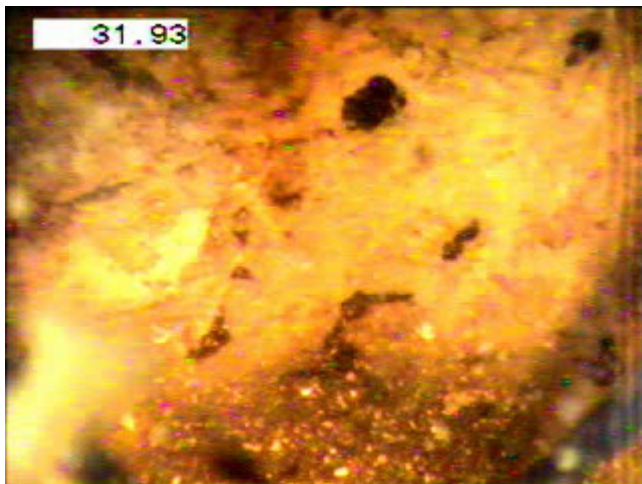


*Porovnání některých míst ve vrtu – levý sloupec: před regenerací, pravý sloupec: po regeneraci*









**Závěr:** účelem televizní prohlídky bylo porovnání stavu výstroje před regenerací a po regeneraci. Je nutno konstatovat, že k žádným dramatickým změnám nedošlo. Stav výstroje je úměrný jejímu stáří. Korozí je místy pokročilá, hlubková. Na několika místech v horní části perforovaných pažnic byly dokonce identifikovány drobné otvory. Na základě karotáže (viz níže) bylo prokázáno, že některé z nich jsou skrz celou tloušťku pažnice a i jinde je výstroj oslabena. K vypadání obsypu do vnitřního prostoru vrtu však dosud nedochází. Nadále je pažnice na řadě míst pod vrstvičkou sedimentu, který překrývá většinu perforačních otvorů. Tam, kde je povrch pažnice odhalen, bylo zjištěno i po regeneraci vysoké procento ucpaných-zakolmatovaných perforačních otvorů. Přesto je řada otvorů dosud otevřená -funkční. Klasické nárůsty- inkrusty zůstávají. Jsou ale většinou malé a spíše ojedinělé. Povrch pažnice je v důsledku pokročilé korozí, zvláště v úseku pod hladinou nerovný stejně jako tomu bylo před regenerací. Voda v celém vrtu je čistá, sledované vločky nečistot ve vznosu se uvolnily v důsledku otěru televizní sondy o stěnu výstroje v průběhu měření.

### **Parametry vrtu po regeneraci dle karotáže**

Byly porovnány tyto parametry se stavem před regenerací: fyzikálně chemické vlastnosti vody, proudění vody ve vrtu, vydatnost propustných poloh, hustota zaplášťového prostoru, neutronové vlastnosti zaplášťového prostoru a přirozená gama aktivita. Byla porovnána křivka průměru vrtu (kavernometrie) se stavem před regenerací.

Odstraněním sedimentu ze dna se zvýšila dostupná hloubka vrtu z původních 36,0 m na současných 36,5 m, což je dokonce o 0,5 m více než deklarovaná hloubka vrtu.

### **Průměr výstroje, nerovnosti stěny**



Kavernometrie potvrdila, že povrch pažnice je nerovný, ale bez nárůstů, které by snižovaly průměr. Výchyšky oproti nominálnímu průměru výstroje jsou do +/- 4 mm. V hloubce 20,55 m byl potvrzen nerovný pažnicový spoj. Měřeno bylo s vysokou citlivostí, každá i drobná změna by musela být zaznamenána. K žádným změnám ale nedošlo, průměr včetně nerovností v řádu prvních milimetrů zůstal zachován. Znamená to, že všechny drobné nerovnosti stěny zůstávají o po ukončené regeneraci.

### **Fyzikální parametry zaplášťového prostoru**

Porovnáním křivek neutronové karotáže došlo v úseku 11-17 m také ke slabému snížení signálu (větší podíl vody oproti jílové suspenzi), avšak není to dostatečně průkazné snížení pro vyslovení jednoznačných závěrů. Pouze v úseku 7,35-10,32 m je rozdíl výrazný. Ten je ale dán skutečností, že oproti prosinci 2020 došlo ke zvýšení hladiny ve vrtu z původních 7,35 m na 10,32 m. Původně suchý úsek je nyní zavodněn, proto v tomto úseku došlo k významnému snížení signálu na křivce neutronové karotáže.

Co se týká změn v přirozené gama aktivitě, určité snížení bylo zaznamenáno téměř v celém vrtu. To by nasvědčovalo skutečnosti, že obsyp byl zbaven jílové suspenze. Jednoznačný závěr se však na základě gama karotáže neodvažujeme učinit.

Zajímavé je porovnání křivek gama gama karotáže před regenerací a po ní. Jednoznačně z něj vyplývá, že v úseku 11 m až 23 m (úsek s výskytem hlavních přítoků) došlo k mírnému snížení hustoty. To je významnou indicií, že došlo k vyčištění obsypu od kolmatace (voda vyplňující čistý obsyp má nižší hustotu než jílová suspenze vyplňující póry zakolmatovaného obsypu).

### **Fyzikálně chemické parametry vody**

Ze sledovaných parametrů nedošlo prakticky k žádným změnám u indexu pH. Jeho hloubkový průběh i hodnoty jsou před i po regeneraci téměř identické (6,9-7,9).

Došlo ke zvýšení hodnot oxidačně redukčního potenciálu. Ten nyní dosahuje kladných hodnot v celém úseku až na konec perforovaných pažnic do 32 m. Souvisí to pravděpodobně s oživením proudění ve vrtu. V úseku plných pažnic -kalníku dochází k prudkému poklesu hodnot do mírně záporných hodnot.

Teplota vody u dna se podobá té ze dne 1.12.2020. V další části vrtu je ale mírně vyšší, a to až o 0,3°C, což souvisí s oživením proudění proudění vody. Drobná anomálie na teplotní křivce (a na křivce konduktivity) je indikátorem významného přítoku vody (viz níže).

Konduktivita vody byla poměrně vysoká už při měření před regenerací: 1070-1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (voda s delší dobou zdržení v horninovém masívu). Na zvýšené mineralizaci se v této oblasti mohou podílet sírany. Nyní dosahuje podobných hodnot u hladiny, zatímco v další části vrtu je konduktivita ještě vyšší a dosahuje hodnot až 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . I tato změna souvisí s oživením přirozeného proudění podzemní vody. Menší podíl tak připadá na průsaky přívrchové vody, pro niž je typická nízká konduktivita.

Obsah rozpuštěného kyslíku je nyní zvýšen v úseku 12-18 m, zatímco původně byl téměř konstantní v celém vodním sloupci

### Hydrogeologické poměry

Hladina v době měření byla zakleslá v hloubce 7,35 m (pro porovnání: dne 1.12.2020 byla zakleslá v hloubce 10,32 m, tedy téměř o 3 metry hlouběji).

K výrazným změnám došlo v hydrodynamice podzemní vody ve vrtu. Přirozené proudění vody ve vrtu bylo zjišťováno na základě metody ředění označené kapaliny. Objevil se nový výrazný přítok v hloubce 11,95-12,3 m. Protože pažnice má být v tomto místě plná, muselo dojít k odstranění kolmatace otvorů vzniklých v důsledku hloubkové koroze (anebo i v této hloubce je pažnice perforovaná, ale perforaci není jednoznačně vidět na televizním záznamu v důsledku sedimentu na stěně výstroje).

Voda do vrtu přitéká v hloubce 11,95-12,3 m a proudí vrtem dolů. Přidává se voda z vrstvy pískovce v hloubce 17,5-18,0 m (tento přítok byl zaznamenán i při prvním měření-před regenerací). Voda pokračuje dolů, přidává se voda z přítoku 20,2-21,0 m (horní část vrstvy hrubozrnného pískovce pod vrstvou slepence s jílovitým tmelem- rovněž přítok zjištěn již při prvním měření). Voda ze všech tří přítoků proudí vrtem dolů s vydatností  $Q' = 7\ 400$  l/den. To je téměř o 2000 l/den více v porovnání s prouděním před regenerací. Vrt opouští do vrstvy slepence s příměsí jílu v hloubce 29,2-29,7 m, nepatrný zbytek pak na konci perforace v hloubce 32 m.

Pro ověření přítoků a zjištění jejich poměrných vydatností byla ve vrtu provedena metoda čerpání označené kapaliny. Čerpáno bylo po dobu jedné a půl hodiny z hloubky 9 m s konstantní vydatností  $Q=0,50$  l/s.

Hladina poklesla o  $dS=0,51$  m a ustálila se. Orientačním výpočtem vychází při vydatnosti čerpání  $Q=0,5$  l/s zvýšení vydatnosti vrtu o cca 20%. Jedná se pouze o orientační údaj přibližně platný pro malé vydatnosti čerpání. Na zvýšení vydatnosti vrtu má nepochybně podíl nový přítok v hloubce 11,95-12,3 m.

Potvrdily se propustné polohy, které se projeví už při sledování přirozeného proudění metodou ředění označené kapaliny. Ukázalo se, že hlavní přítok je z polohy pískovce v hloubce 17,5-18,0 m. Představuje zhruba padesát procent celkové vydatnosti vrtu. Přítok v hloubce 20,2-21,0 m se na celkové vydatnosti vrtu podílí cca patnácti procenty a přítok v hloubce 29,2-29,7 m pět procent. Nově objevený přítok v hloubce 11,95-12,3 m je poměrně významný; podílí se třiceti procenty na celkové vydatnosti vrtu.

Mimo to bylo prokázáno, že přirozené vertikální proudění vody je i po objevení se nového přítoku pouhým přetékáním mezi jednotlivými propustnými polohami. Nejedná se o propojení aquiferů s různými výtlačnými úrovněmi (tzv. hydraulický zkratu, a to proto, že při snížení hladiny čerpání o 0,51 m se směr pohybu vody obrátil a voda ze všech přítoků začala proudit k čerpadlu.

Nový přítok 11,95-12,3 m je z karotážního hlediska pro vrt přínosem. Nachází se v hloubce, kde je za pláštěm obsyp a vlastnosti vody z tohoto přítoku se příliš neliší od vlastností vody z ostatních přítoků. Nedokážeme na základě karotáže ale vyhodnotit biologickou nezávadnost.

## 6. ZÁVĚRY

V důsledku regenerace došlo ve vrtu k některým změnám. Objevil se nový, významný přítok. Došlo k urychlení přirozené cirkulace podzemní vody. Obsyp byl úspěšně vyčištěn minimálně v úseku 12-18 m, kde se nacházejí dva hlavní přítoky.

Drobné nárůsty na pažnici a nerovnosti přetrvávají.

Vrt je dosud funkční, ale jeho funkčnost je limitována poměrně špatným stavem ocelové výstroje. Ve vrtu byly zjištěny propustné polohy, mezi nimiž dochází za přírodních poměrů k přetékání vody 7400 l/den. Bylo však jednoznačně prokázáno, že se nejedná o hydraulický zkrat.

Současná hloubka vrtu je 36,5 m, což je o 0,5 m více, než uvádí dokumentace.

Ocelová výstroj je značně zkorodovaná. Obáváme se, že je na mnoha místech oslabena, dokonce byly pozorovány drobné „otvory“, o nichž jsme po prvním měření neměli jistotu, zda jsou to jen prohlubně, anebo jestli se jedná o skutečné otvory skrz celou tloušťku výstroje. Nyní po regeneraci se ukázalo, že některé z nich jsou skutečně skrz celou tloušťku výstroje, čehož důkazem je nově se objevivší přítok v úseku plné pažnice v hloubce 11,95-12,3 m. K vypadávání obsypu do vnitřního prostoru vrtu ale dosud nedochází. Většina perforačních otvorů zůstala nadále kolmatována, dostatečné množství jich ale zůstává otevřených a tedy funkčních.

Je otázkou, zda nezačít uvažovat o převystrojení vrtu: usazení plastové pažnice o průměru 300 mm do stávajícího vrtu. Bez obsypu.

Výsledky měření jsou přehledně znázorněny na grafických přílohách. Originál televizní prohlídky na DVD je rovněž nedílnou součástí této zprávy.

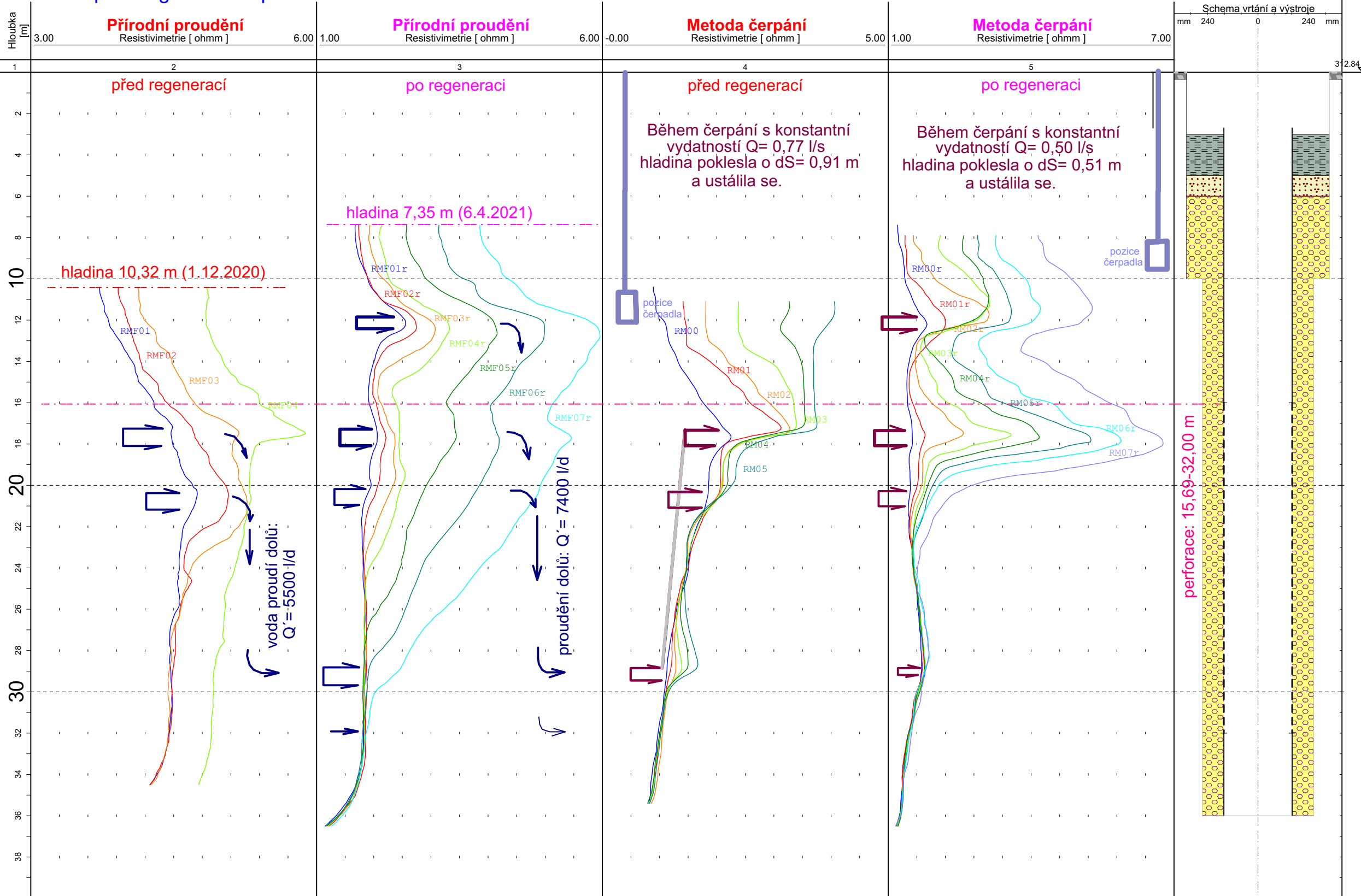
V Praze 31.3.2021

Vypracoval: RNDr. Martin Procházka  
*Odborná způsobilost v hydrogeologii a geofyzice č.1645/2002*

# *Grafické přílohy*

# Proudění před regenerací a po ní

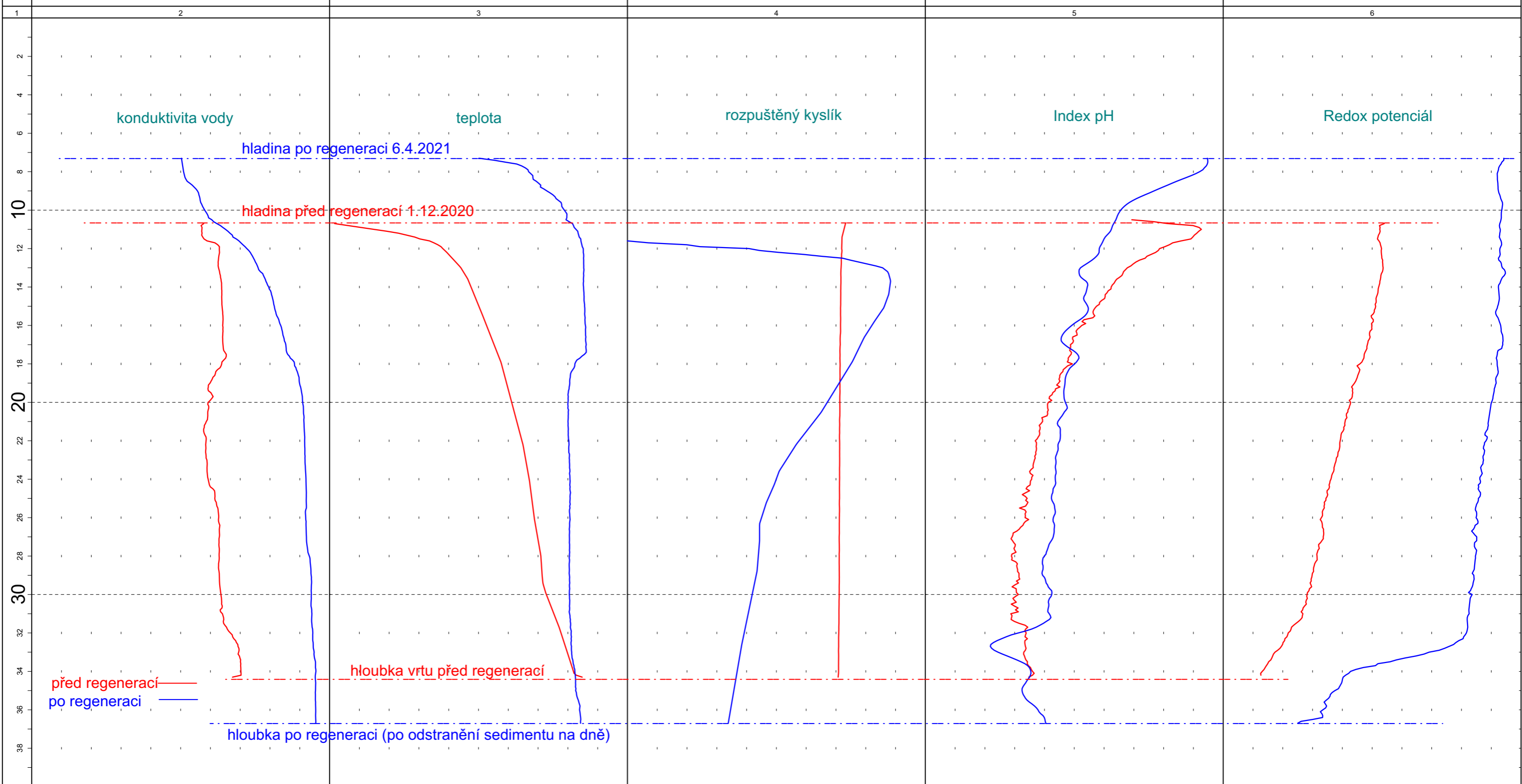
## MO-4 Vlastislav



# Vlastnosti vody před regenerací a po ní

MO-4 Vlastislav

Hloubka [m]	500	Fluid cond. ALT 25 - down [uS/cm]	1500	9	Temperature ALT - down [°C]	10	5	O2% - down [%]	20	6.5	pH - down [rel.u.]	8	-150	Redox - down [mV]	150
	500	Fluid cond ALT 25 down regener [uS/cm]	1500	9	Temperature ALT-down regener [°C]	10	5	O2%-down regener [%]	20	6.5	pH-down regener [rel.u.]	8	-150	Redox-down regener [mV]	150



# Porovnání karot.parametrů před regenerací a po ní

MO-4 Vlastislav

Hĺoubka [m]	150	Gama gama karotáž před regenerací [cpmE3]	850	6	Neutron neutron karotáž před regenerací [cpmE3]	12	1	Gama karotáž před regenerací [cpmE3]	6	290	Kavernetrie před regenerací [mm]	330
	150	Gama gama karotáž po regeneraci [cpmE3]	850	6	Neutron-neutron karotáž po regeneraci [cpmE3]	12	1	Gama karotáž po regeneraci [cpmE3]	6	290	Kavernetrie po regeneraci [mm]	330

