

Množství kyseliny při regeneraci vrtů nelze nahradit technickými vychytávkami.

Mgr. Nakládal Petr

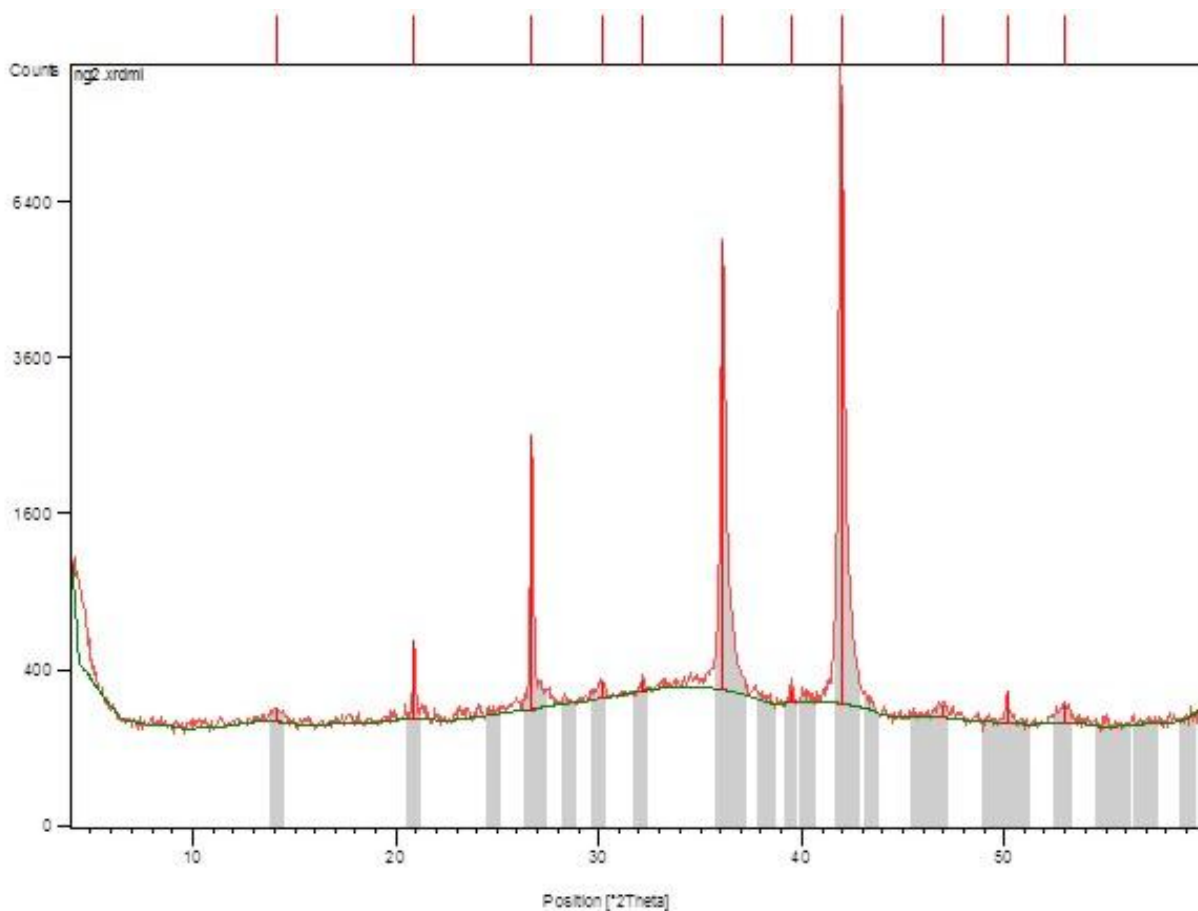
Mgr. Lukáš Falteisek Ph.D.

Úvod.

Řada kolegů hydrogeologů, lidi z firem zabývající se opravami a regeneracemi vrtů ale také pracovníci z provozu vodárenských společností mi dají zapravdu, že se lze setkat s vrtů, které po ztrátě vydatnosti tvrdošjně odmítají pokusy o svojí regeneraci. Pokud se u takto postižených vrtů podařilo vydatnost částečně obnovit, následoval její poměrně rychlý pokles k hodnotám před regenerací. Tato problematika se často řešila a řeší vyhloubením vrtu nového. Vznikají tak řady vrtů s netypickými názvy jako například HV-1, HV-1A, HV-1B ... S tímto fenoménem jsem se setkal už od počátku svojí kariéry hydrogeologa (rok 1995) a to v rámci sanačního čerpání na hydraulické ochranné bariere v areálu Kaučuk Kralupy. Mému bývalému šéfovi nešlo do hlavy prapodivné chování čerpaných vrtů clony v oblasti existence volné fáze ropných uhlovodíků z hlediska jejich kolmatace a regenerací. Díky televizní kameře jsem si začal všimát nárůstů na stěnách vrtu a v optimálních případech jsem mohl též odebírat jejich vzorky. První kvantitativně kvalitativní skok nastal v době mých prvních kroků v rámci jednoduchých regenerací vrtů (cca rok 2000). Začal jsem tak sbírat větší množství materiálu k bádání na tomto poli. Významný tentokrát kvalitativní skok byla informace kolegy Lukáše Faltejska, v té době studenta PřF UK, že za podstatnou část kolmatace vrtů mohou nárůsty bakteriálního původu (cca rok 2004). S jeho pomocí byla vyvinuta metoda regenerace odstraňující z pláště vrtu a horninového prostředí jak nárůsty organického, tak nárůsty anorganického původu.

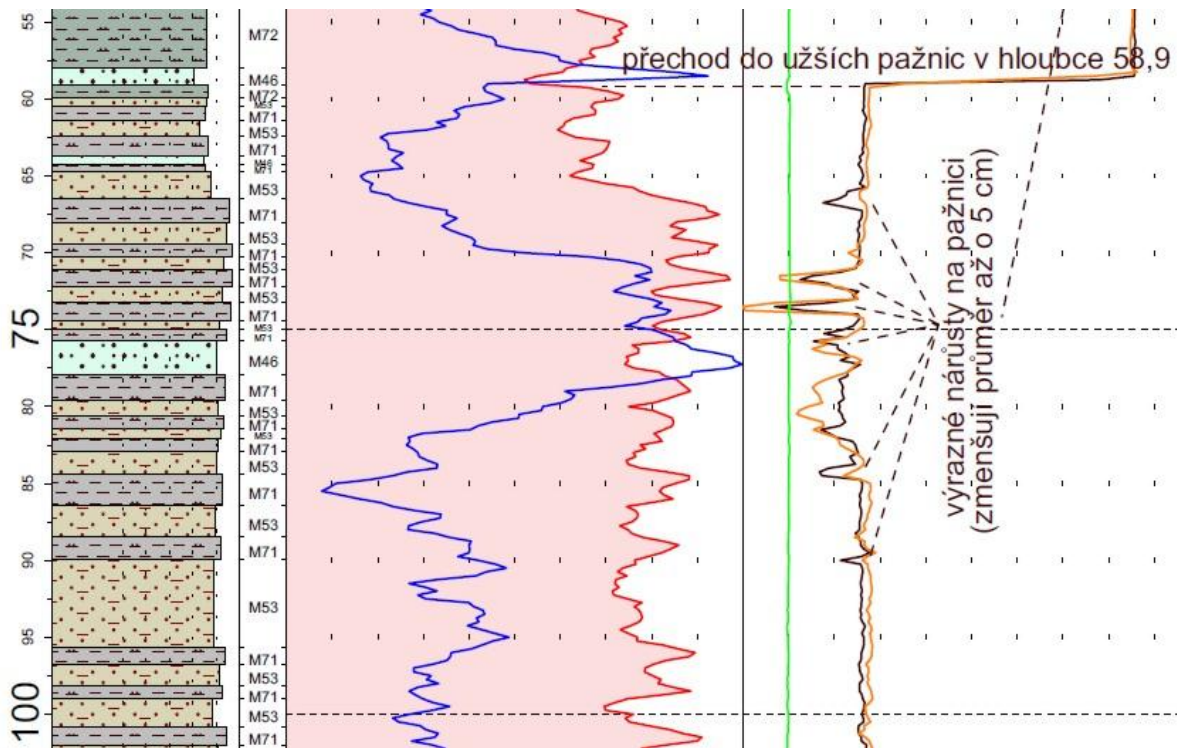
Vodárenské vrtů a minerální fáze.

To že za řadu problémů s kolmatací vrtů jsou zodpovědné minerální fáze, bylo zřejmé už od roku 2004, kdy ve vzorku ze stěny vrtu v obci Kerhartice byl RTG difrakční analýzou zjištěn vedle minerálů sideritu a lepidokrokitu i minerál wuestit (obr. 1). Jedná se o velmi tvrdý a odolný minerál objevující se hlavně v meteoritech, skarnech a ložisek diamantů, tedy ve vysoce redukčním prostředí. Do vrtu vystrojeného ocelovou zárubnicí pronikala kontaminace organického původu, proto bylo i zde prostředí díky působení bakterií velmi redukční. Díky snadnému přístupu k zařízení na RTG práškovou analýzu vzorků jsem měl možnost podrobněji zkoumat i další minerální fáze projevující se v rámci kolmatace vrtů. To spolu s možností určování celých společenstev bakterií žijících v horninovém prostředí pomocí sekvenace genů pro ribosomální RNA realizované kolegou Lukášem Faltejskem, dalo docela dobrý přehled co se v rámci provozování vodárenských vrtů děje v jejich okolí. Poznatky mimo jiné umožnily lepší řízení regeneračních prací. Přibližně od roku 2018 se s manželkou zabýváme zajímavými vlastnostmi krystalických a amorfních fází kolem nás projevující se v mimo jiné v oblasti elektronové a RTG difrakce (manželka pracuje ve Fyzikálním ústavu ČSAV, oddělení strukturní analýzy). Zda naše teorie odpovídají realitě, je možné ověřit mimo jiné na vlastnostech některých minerálů, kterými jsou často oxo-hydroxidy železa. V rámci disertační práce na toto téma mi bylo umožněno naučit se na PřF UK nejen měřit, ale i vyhodnocovat minerální fáze práškovou metodou RTG difrakční analýzy. Už první analýzy dalších vzorků minerálních složek kolmatace vrtů přinesly zajímavé výsledky.

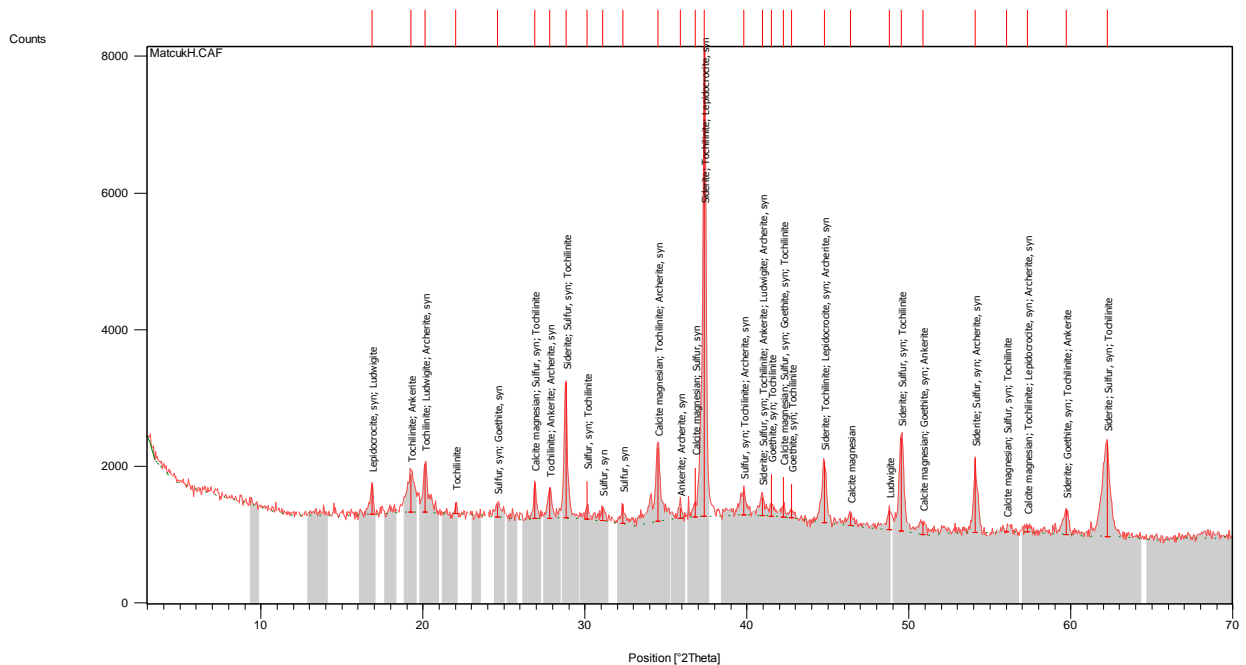


Obr.1: Difraktogram minerální fáze odebrané ze stěny vrtu. Nalezeny minerály wuestit, lepidokrokít, siderit a křemen.

Jako příklad mohu prezentovat odstranění části anorganických nárůstů na stěně vodárenského vrtu NP769 vyhloubeného v roce 1973, který se nachází v Odrách. Původní vnitřní průměr opět ocelové zárubnice podle karotážního záznamu cca 200 mm (hloubka 112 m) se v průběhu let lokálně v délce 20 m zmenšil na cca 140 mm (obr. 2). Analýza nárůstů na vnitřní stěně vrtu (obr. 3) odhalila jako hlavní anorganickou fázi minerál siderit. Jako další minerální fáze byly detekovány hlavně kalcit, ludwigit (boritan železito-hořečnatý), síra, goethit lepidocrocit a tochilinit (oxo-hydroxidy železa a manganu). Vrt NP769 byl obestavěn budovou a k vrtu tak nebylo možné přijet s vrtnou soupravou. Po vzoru našich předků jsem chtěl průměr vrtu zvětšit ručně a to speciálně vytvořeným dlátem spouštěným na laně. Po první hodině dlátování, kdy jsem postoupil o jeden centimetr (z 20 m) mi došlo, že původní český název minerálu siderit je OCELEK. Naši předchůdci dobře věděli proč ho tak pojmenovali. Po úpravách dláta na postup v decimetrech za hodinu a 14 dní práce, co by mi záviděl i zvoník u matky boží byl vnitřní průměr vrtu zvětšen na 175 mm. Zvětšení průměru umožnilo instalaci PVC výstroje s vnějším průměrem 165 mm sloužící ke zpevnění původní ocelové zárubnice. Minerál siderit je karbonát. I když je mechanicky tvrdý a houževnatý, tak je chemicky málo odolný. K jeho odbourání nebo částečnému naleptání pro snadnější aplikaci ultrazvuku nebo hydropulsu je vhodná kyselina chlorovodíková. I přes technický pokrok je zřejmé, že chemické látky dosud mají v takových případech svoji nezastupitelnou roli.



Obr.2: Část karotážního záznamu nárůsty postiženého vrtu NP769 (vlevo hloubky a litologický popis, vpravo kavernometrie s popisem).



Obr.3: Difraktogram minerální fáze odebrané ze stěny vrtu. Nalezeny minerály siderit (53%), ludwigit (12%), kalcit (11%), sira (6%), tochilinit (6%) a goethit (2%), archerit (6%), lepidocrocit (3%), ankerit (2%),

Jak z dřívějších zkušeností, tak podle nových poznatků lze kolmataci vrtů rozdělit z hlediska jejich pozice do dvou kategorií a to kolmataci pláště vrtu (zárubnice, obsyp) a kolmataci přítokových cest v horninovém masivu. Z předchozích přednášek z minulých let na téma regenerace vrtů zabývající se ultrazvukovými systémy a o schopnostech zařízení typu hydropuls je zřejmé, že účinný dosah těchto zařízení je v řádech vyšších centimetrů až prvních decimetrů. V případě, že plášť vrtu je kolmatován nárůsty bakteriálního původu a málo krystalizovanými oxo-hydroxidy železa je jejich mechanické odstranění jmenovanými stroji poměrně snadná záležitost. Problém nastává, když anorganická část kolmatace je tvořena mechanicky houževnatou minerální fází, která nedej bože zasahuje i do horninového prostředí.

Vznik minerálních fází ve vrtech.

Klíčovou otázkou je, jak minerální fáze v oblasti pláště vrtu vzniká. Pokud pominu její přímé srážení z vody velmi dobře dokumentované u karbonátů nebo v oblasti vod termálních pak další zanedbávanou příčinou je narůstání minerálních fází vlivem zemních potenciálů způsobených prouděním podzemní vody (obr. 4). Jev závislý na odlišné rychlosti pohybu kationtů a aniontů v proudící vodě je velmi dobře znám geofyzikům. Metodou tzv. spontánní polarizace dokáží z povrchu zdokumentovat proudění anorganických polutantů v podzemí. Působením filtračních potenciálů vzniká mezi povrchem země a podzemím elektromotorické napětí, které je vyšší, čím je intenzivnější proudění podzemní vody. Pokud podzemní „baterii“ vyzkratujeme zemním vodičem připojeným na elektricky vodivou kostru čerpadla tak tím zvyšujeme rychlost zarůstání pláště vrtu. Kolegové, co mají k dispozici kamery do vrtů, si jistě všimnuli, že v místě instalovaných čerpadel se často vytvářejí rezavé inkrustace i na výstroji z umělých hmot. Problematikou, která byla podrobně popsána v dřívějších letech (např. <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/19268-vliv-kovovych-casti-vystroje-vrtu-na-intenzitu-kolmatace-obsypu>) se dále nebudu zabývat.



Obr. 4: Elektrochemicky vysrážené oxo-hydroxidy železa na antikoro výstroji.



Obr. 5: Povlaky tvořené mikroorganismy a jejich mezibuněčnými polysacharidy (vrt K1 Drhleny).

Zajímavý princip kolmatace jak pláště vrtů, tak i okolního horninového prostředí spočívá v působení bakterií. Na podkladě zkušeností jak z rekonstrukcí starých vrtů, tak i z praxe v podzemí mám už řadu let potvrzeno, že jak v puklinových systémech, tak i v průlinovém

prostředí je z hlediska bakteriální posádky poměrně živo (obr. 5). O působení bakterií žijících v horninovém prostředí vycházím mimo jiné i z prací Lukáše Falteiska (obr. 6). Podle našich i jinde publikovaných poznatků pokrývají biofilmy bakterií a archeí stěny tektonických puklin a povrch minerálních zrn (foto 7), kde zprostředkovávají interakci mezi horninovým prostředím a vodou. Svoji činností mimo jiné vytvářejí známé rezavé povlaky na puklinách (obr 8). Pro lepší názornost lze použít model chování takového systému založený na stratifikaci, voda – bakteriální hmota z proteinů a polysacharidů – bakteriemi zpracované minerální fáze - hornina. Vzhledem k chemické regeneraci vrtů jsou bakteriální povlaky odolné vůči nejčastěji používaným kyselinám. Proto jsou některé vrty obtížně regenerovatelné pouze chemickou cestou.

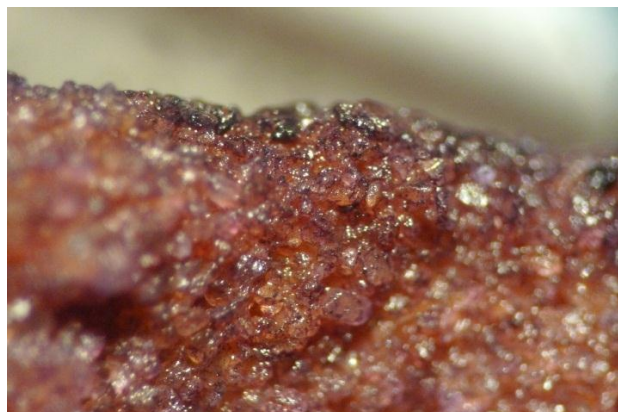


Obr. 6: Těleso oxohydroxidů železa vysrážených za přispění mikroorganismů v opuštěném dole (foto Lukáš Falteisek)

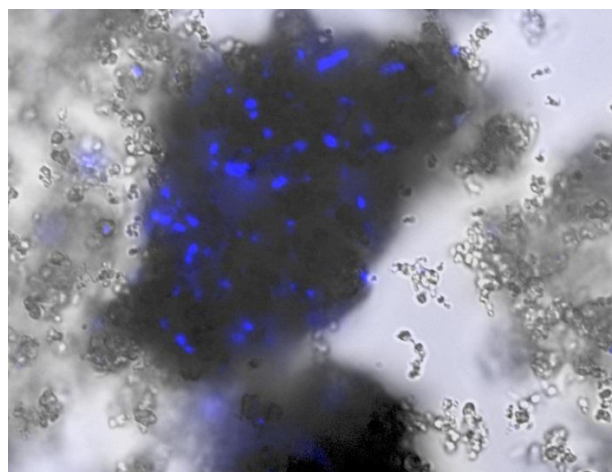
O opodstatněnosti prezentovaného modelu se mohli přesvědčit pracovníci jedné vodárenské společnosti, kdy po regeneraci a dezinfekci vrtu a studny se v jímané vodě navýšili koncentrace nežádoucí kovů. Dezinfekcí došlo k částečnému vyhynutí stávající bakteriální osádky v okolí jímacích zařízení včetně porušení organického povlaku horninového prostředí. Podzemní voda tak mohla účinněji vyluhovat bakteriemi narušenou horninu. V tom jim účinně pomáhaly také bakterie požírající mrtvou hmotu a další organismy, které v uvolněné nise okamžitě začaly růst. Postupem času v řádu měsíců, jak v okolí jímacího zařízení docházelo k obnově biofilmů, se koncentrace nežádoucích kovů postupně snižovaly až k hodnotám před dezinfekcí. Proudící voda v okolí jímaného vrtu přináší mikrobiální osádce žijící přisedle ke stěnám hornin (obr. 5 a 7) látky sloužící jako zdroj energie pro jejich růst. Je evidentní, že platí úměra – čím víc potravy, tím rychleji mikroorganismy rostou. Biologické povlaky puklin v horninovém masivu tak tvoří stabilní akumulaci látek organického původu.

Tvorbě těchto nárůstů prakticky nelze čelit dezinfekcí ani odstraněním nějakého hypotetického zdroje mikrobů. V podzemní vodě (jako v téměř každém přírodním prostředí) je téměř neomezená nabídka mikroorganismů schopných využívat nejrůznější zdroje energie (redoxní okna), které se tam teoreticky mohou objevit. Pokud tedy ve vrtu máme zdroj energie

pro mikrobiální růst (např. se tam setkává anoxická voda s kyslíkem nebo se dokonce mísí více typů vod), tak tam mikroorganismy porostou a kolmatace vrtu se rychle vrátí k původním hodnotám. Abychom jim v tom zabránili, museli bychom dezinfikovat téměř nepřetržitě. Pro pochopení tohoto faktu je dobré si uvědomit, že mikroorganismy se množí exponenciálně. Pokud by se určitá bakterie dělila jen jednou denně (což je spíš střízlivý odhad), tak po velmi zdařilé dezinfekci, která by snížila její populaci na jednu miliontinu, potrvá jen 20 dní, než se populace zcela obnoví. Účinnější je pracovat s vlastnostmi mikroorganismů (které jsou celkem předvídatelné) a redukovat nebo usměrňovat jejich růst omezením nabídky redoxních oken. To znamená například vystrojit vrt tak, aby se v něm nemíchaly různé vody, odstranit sediment, v němž probíhají nežádoucí redoxní cykly prvků, cíleně poskytnout oxidační činidlo na místě, kde bude nejméně vadit nebo je dokonce žádoucí tvorba nerozpustných oxidů.

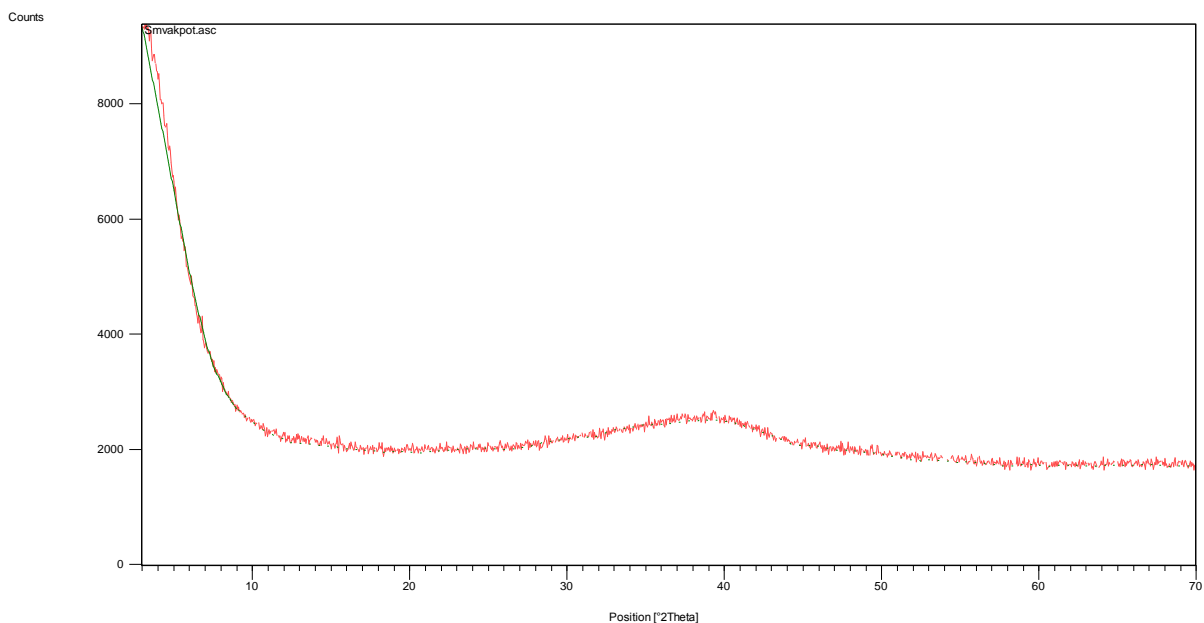


Obr. 7: Organická hmota (fialově až černě) na minerálních zrnech, stěna vrtu K1 Drhleny.

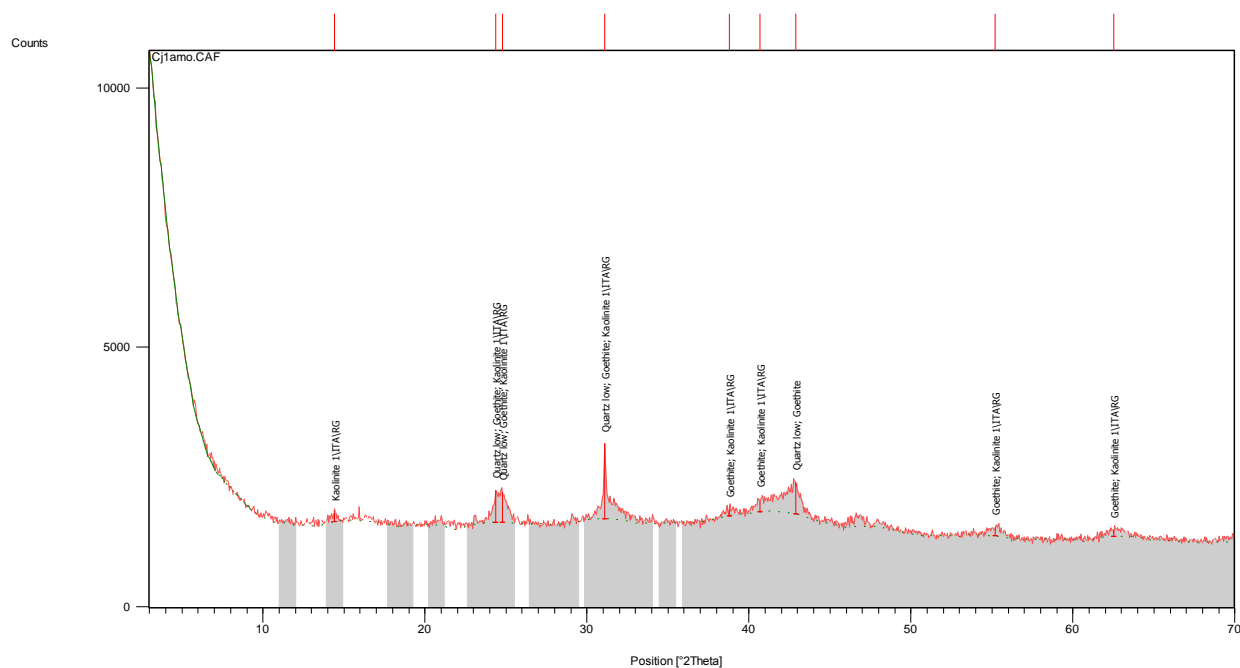


Obr. 8: Rezavé zrn. Modré fleky jsou bakteriální DNA (obě foto Lukáš Falteisek)

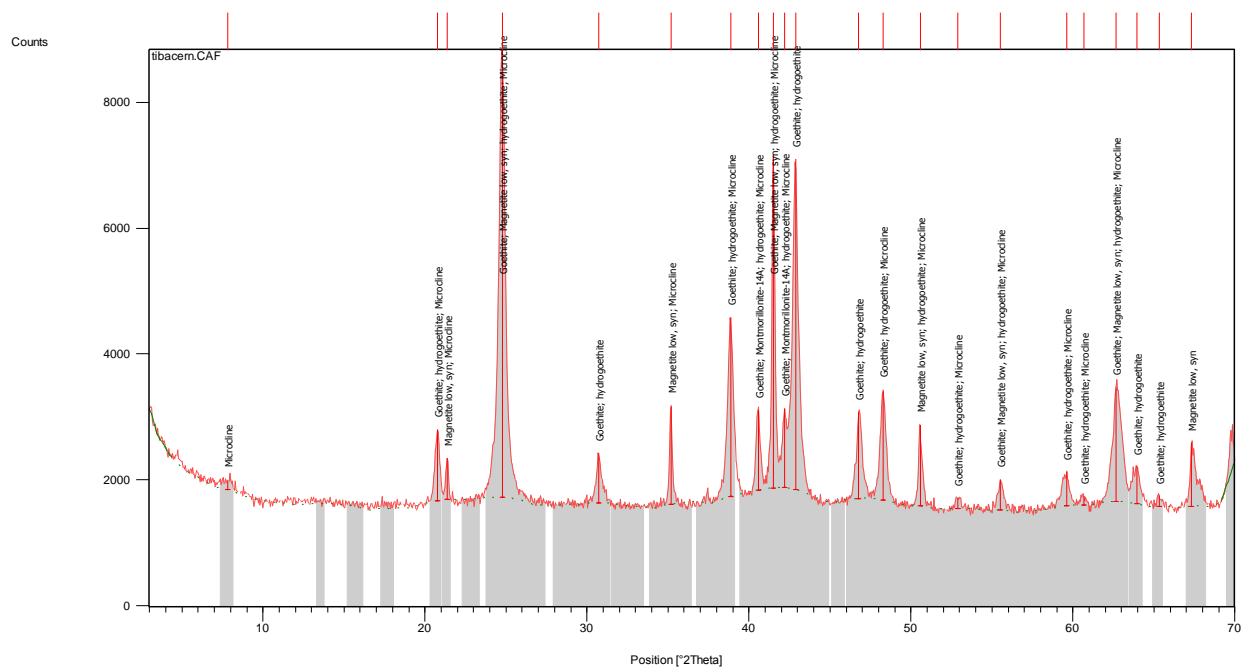
Z výše uvedeného textu je zřejmé, že ne všechny rezavé povlaky jak výstroje vrtů, tak i vodárenských zařízení jsou anorganického původu. Řada pro vodárníky dobře známých rezavých sedimentů je tvořena výhradně působením bakterií (obr. 8). Železo je v těchto sedimentech a nárůstech vázáno na organické obaly bakterií a především mezibuněčnou hmotu tvořenou polysacharidy (obr. 5 a 6). Ryze bakteriální sedimenty a nárůsty se vyznačují absencí krystalických fází (jsou amorfní, obr. 9). Pokud jsou sedimenty a nárůsty vystaveny vlivu času tak stárnou, jak v nich umírají a rostou nové generace bakteriální osádky. V silnějších nárůstech vzniká díky rozkladu organické hmoty anoxie. Mikroorganismy zde redukují oxohydroxidy železa a manganu, čímž je rozpouštějí a mohou z nich opět uvolňovat sorbované kovy. Pevné fáze také postupně rekrystalizují. Pod bakteriálním povlakem tak průběžně narůstají vrstvy anorganické minerální fáze. Ta je zpočátku málo krystalická (obr. 10), nicméně postupem času a vlivem okolního prostředí rekrystalizuje na lépe krystalické minerální fáze (obr. 3 a 11). Popsaný způsob zpracování chemických látek bakteriemi je na zemi znám už minimálně 3,7 miliardy let. Je vidět, že tento miliardy let starý princip působení mikroorganismů nám i v současnosti účinně kolmatuje naše vrty. Pokud pominu případy, kdy vrtem byl vytvořen mezikolektorový hydraulický zkrat, který významným způsobem snižuje životnost vrtů a znemožňuje i u vrtů nových kvalitní a dlouhodobě účinnou regeneraci, pak na významnou obnovu přítokových cest u řady vrtů je nutné použít mimo jiné i kvalitně provedenou regeneraci jak chemickou, tak v neposlední řadě i biologickou.



Obr. 9: Difraktogram amorfního rezavého sedimentu (viz obr. 8) získaného z vodovodního potrubí.



Obr. 10: Difraktogram minerální fáze odebrané ze stěny vrtu CJ-1 (Černuc, pravidelná regenerace). Nalezeny minerály goethit (34%), kaolinit (37%) a křemen (30%).



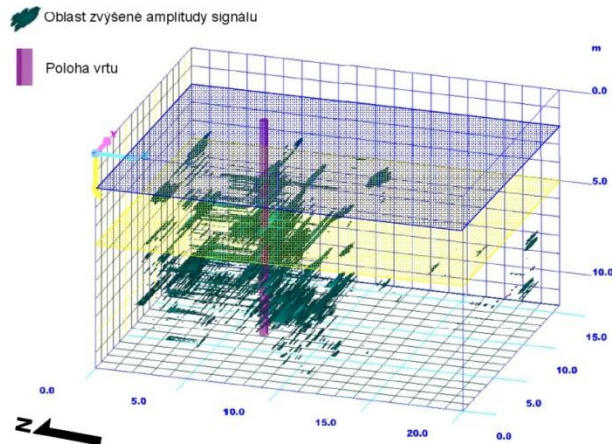
Obr. 11: Difraktogram minerální fáze odebrané ze stěny vrtu V-12 (Dvůr Králové, výstroj ocel z roku 1930). Nalezeny minerály hydrogoethit (37%), goethit (28%), magnetit (28%, vysoce odolný minerál) montmorillonit (28%, jíl) a mikroklin (pod procento, živec).

Jak elektrochemické tak bakteriální zarůstání vrtů minerálními fázemi jsou si velmi podobné. Zprvu, řádově v letech, jsou přítokové cesty do vrtu kolmatovány málo krystalickými fázemi. Vlastnost těchto fází je jejich malá mechanická odolnost podmiňující i snadnou regeneraci takto kolmatovaných vrtů. V tomto případě jsou nové postupy regenerací (ultrazvuk, hydroimpuls) vysoce účinné. Pokud ale umožníme minerálním fázím rekrystalizovat na mechanicky odolnější minerály, pak je samozřejmé, že kvalitní regenerace vrtů a obnovení přítokových cest bude obtížnější a mnohdy pro nové moderní prostředky nad jejich síly, tedy výkon. Z uvedeného principu vzniku kolmatace přítokových cest je zřejmé, že pokud se o vodárenské vrtu budeme řádně starat, tedy v závislosti na rychlosti tvorby minerálních fází u nich pravidelně regenerovat jak plášť vrtu, tak okolní horninové prostředí, tak tím významně prodloužíme jejich životnost. To ale platí pro vrtu nové. Co ale s vrtu se stářím shodným s věkem našich dědů a ještě navíc s ocelovou výstrojí?

Projektování chemické regenerace v praxi.

Podle empirických zkušeností dosahuje kolmatace přítokových cest u starých vrtů do vzdálenosti kolem 5 m od jejich stěny. Předpoklad potvrzuje i výsledky měření georadarem v okolí jednoho vrtu na tepelné čerpadlo (obr. 12), kdy vlivem nevhodné konstrukce došlo k vývěru tlakové vody na povrch terénu (obr. 14). I když se jedná o odlišný případ, obrázek dává jasnou představu o tvaru a rozsahu kolmatace horninového prostředí kolem vrtu. Důležitý je také poznatek, že georadar dokáže odhalit geometrii kolmatace hornin v okolí vrtu. Do vzdálenosti 5 m od stěny vrtu ale nedosáhnou účinky žádné technické vychytávky a už ani trhacích prací dimenzovaných tak aby nezlakvidovaly vrt včetně okolo stojících budov. Pokud ale propočítáme množství chemických činidel postupem, aby jak ve vrtu, tak i v přítokových cestách

v horninovém prostředí o objemu válce průměru 5 m dosáhla koncentrace použité chemikálie hodnot, při kterých dochází k rozpouštění příslušných minerálních fází včetně rezervy na objem reakčních produktů, pak takto navržená chemická regenerace vrtu musí být úspěšná.



Obr. 12: Kolmatace v okolí vrtu (Louny).



Obr. 14: Přelivový vrt zemního výměníku.

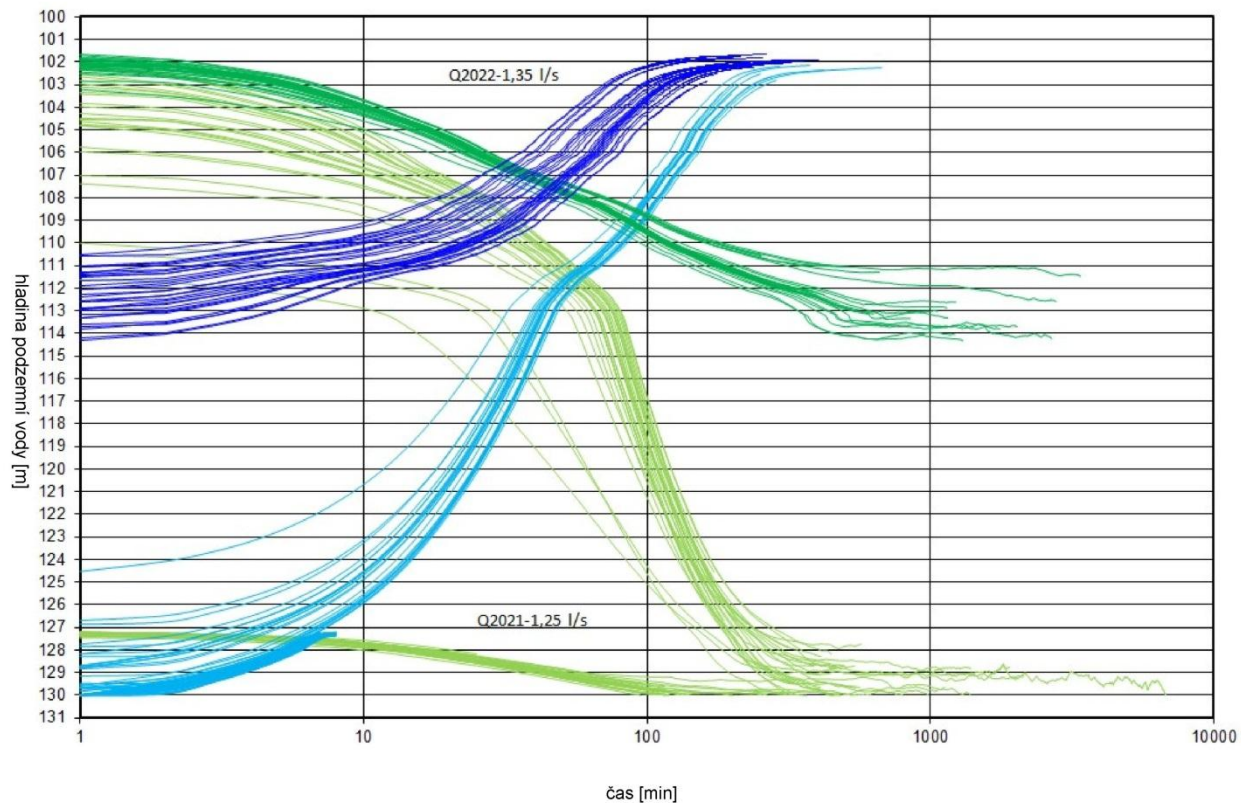
Jako příklad bych uvedl regenerační práce na vrtu situovaného v oblasti České křídové pánve. Vrt v současnosti hluboký 145 m s hladinou vody v cca 100 m byl ukončen na bázi pískovců stáří střední turon. Už z počátku od jeho vyhloubení v roce 1967 vykazoval vrt na místní poměry nízkou vydatnost. Běžná vydatnost vrtů v oblasti Kokořínska je kolem jednoho litru na metr snížení hladiny, ale popisovaný vrt už před vystrojením vykazoval vydatnost jeden litr na deset metrů snížení. Pro zlepšení vydatnosti byl vrt v roce 1967 torpédován dvakrát 30 kg semtexu. Vzhledem k poškození budov v obci včetně střechy kostela (podle archivních údajů dosáhl po druhém torpédování výsledek plamene z vrtu výšky cca 100 m) bylo od dalších pokusů s torpédováním vrtu upuštěno. Protože odpovědný geolog Pavel Hoppe byl aktivním konfidentem STB prošla tato akce bez větších dopadů na její aktéry. *V dodatku zprávy za vrtné práce byl tento jev přisouzen přítomností metanu transportovaného tektonikou z cenomanských nebo permokarbonských sedimentů, akumulovaného v turonských sedimentech. Toto vysvětlení nemá oporu v odborné literatuře a nerespektuje ani základní fyzikální principy pohybu hmot (kapaliny, plyny) v podzemí.*

Skutečná příčina popsaného jevu byla způsobena přítomností povýbuchových zplodin ve vrtu promíchaných se vzduchem. Po druhém odpalu došlo k výbuchu těchto z vrtu nevyvětraných zplodin. Většina povýbuchových plynů Semtexu 1A, který má zápornou kyslíkovou bilanci (pod hodnotou -60%), je hořlavá a pokud nedojde ke vzniku sekundárního plamene, tyto hořlavé plyny mohly být iniciovány druhou náloží jako u „vakuových“ bomb. Výbuch těchto povýbuchových plynů, smíchaných se vzduchem může mít i větší energii než samotná původní detonace trhavin (větší impuls, ale nižší tlak na čela tlakové nebo i rázové vlny). Tento výklad koresponduje s popisem charakteru výbuchů, uvedeným ve zprávě. V dnešní době je, při nárocích na kvalifikaci stělmistrů, opakování tohoto jevu za dodržení legislativy vyloučeno. Nízká vydatnost vrtu je mimo jiné způsobena technologií nárazového vrtání (dlátem

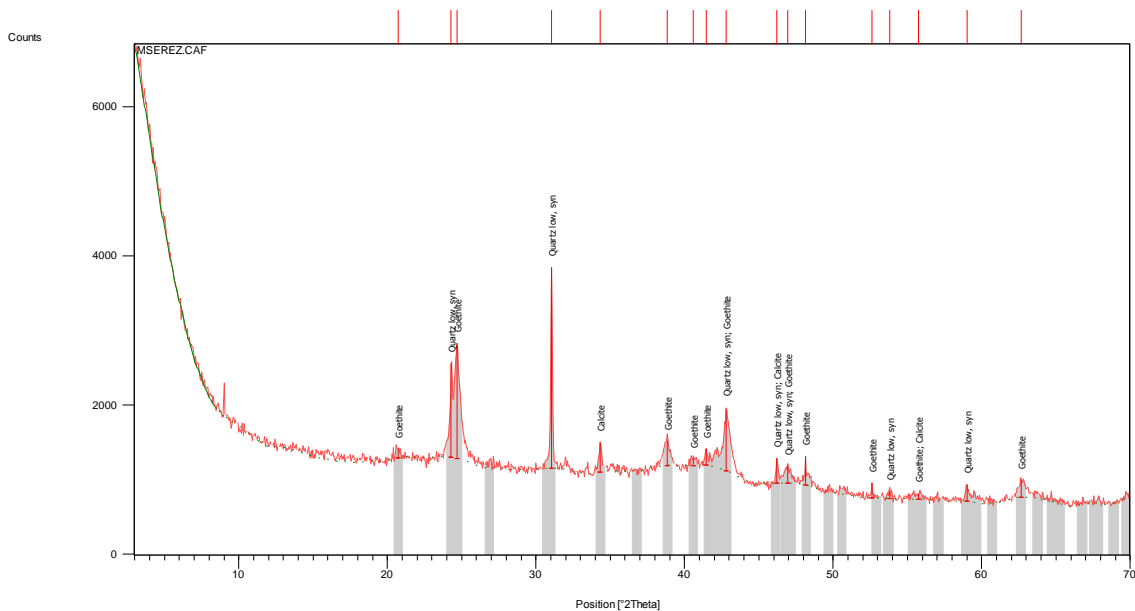
za pomoci jílového výplachu), kdy při zastižení kaverny s výsypy horninového materiálu znemožňující další postup, je tato kaverna vyplněna dusaným jílem. Postupem prací tak dochází k významnému ovlivnění přítoků z kolektoru. Vydatnosti, podle teorie Václava Tenenka možná nepomohlo ani torpédování vrtu, protože vysokou teplotou a tlakem vzniklým detonací semtexu došlo patrně na tepelnou metamorfózu jílu z výplachu na mulit (keramika). V tomto případě byl vhodnější postup aktivace vrtu za pomoci již v té době známých a používaných látek s cílem snížit kolmataci bezprostředního okolí vrtu, kde se kombinuje použití například anorganických ztekucovadel – polyfosforečnany (hexametafosfát sodný, pyrofosforečnan sodný). Tato činidla již byla v době prací k dispozici a v oboru používaná. (Kurzivou reakce na text, Tenenko V., duben 2023).

Vzhledem k občasnému přetěžování vrtu postupem času jeho vydatnost klesala, až v roce 2020 přestala dostačovat pro potřeby technologie zpracování obilnin. Kolegovi, vedoucímu pracovníkovi firmy na zpracování obilnin jsem doporučil, ať si nechá zpracovat posudek kolmatace vrtu a nechá vrt regenerovat od jedné renomované firmy. Přiznávám se, že se mi do chemické regenerace vzhledem ke geometrii předmětného vrtu nechtělo. Mám vybavení na vrty do 50 m ale vrt o průměru 377 mm a hloubce 145 m je nad moje síly. Doporučená firma velmi kvalitně ověřila stav kolmatace pláště vrtu a přítokových cest a doporučila chemickou regeneraci. I když můj výpočet předpokládal s použitím 2,5 m³ třicetiprocentní kyseliny chlorovodíkové tak pracovníci firmy do vrtu napustili pouze jeden kubík kyseliny (září 2020). Po mírném zlepšení vydatnosti za velmi krátký čas (v řádech měsíců) kdy se dostala vydatnost vrtu k původním hodnotám před regenerací, bylo rozhodnuto také využít služeb hydropulsu (listopad 2020). Po kratší etapě zlepšení se po roce vydatnost vrtu opět vrátila na původní hodnoty před regeneracemi (prosinec 2021).

Další regenerace proběhla v září 2022. Do vrtu bylo napuštěno vypočtených 2,5 m³ (tedy zaokrouhlo z obchodních důvodů na tři kubíky) kyseliny chlorovodíkové a ponechána empiricky ověřená doba 3 dny na reakce s minerály kolmatující okolní horninové prostředí. Výsledky regenerace jsou patrné z grafu hladin před a po regeneraci získané z provozního měření realizovaném kolegou RNDr. Jiřím Bruthasem Ph.D. z prosince 2021 a října 2022 (obr. 15). V průběhu regenerace byl odebrán vzorek odčerpávaného regeneračního roztoku k chemickým analýzám. Z výsledku analýz plynulo, že hlavními prvky uvolněnými z horninového prostředí byly oxid uhličitý, vápník a železo. V průběhu počátku čerpání vody do technologie zpracování obilovin vykazovala voda z vrtu jemný zákal. Složkou zákalu byly zvýšené koncentrace nerozpustitelných látek (obr. 16) a to křemene (52 %), goethitu (oxo-hydroxid železa, 36 %) a kalcitu (12 %). Vysoké koncentrace železa dokládají významnou kolmataci okolního horninového prostředí jejich oxo-hydroxydy. V průběhu působení regeneračních roztoků byl detekován unik malého množství sirovodíku z vrtu. To spolu s nálezem železa jak v regeneračním roztoku, tak v zákalu po regeneraci dokumentuje bakteriální aktivitu v horninovém prostředí v okolí vrtu. Současnou bakteriální aktivitu dokládá i prohlídka vrtu ze dne 14.11.2022. Přesto, že chemická regenerace proběhla prozatím úspěšně (v současné době je vrt monitorován) je tu ještě otázka částečné poměrně rychlé zpětné kolmatace přítokových cest. Podle rychlosti zarůstání je nepravděpodobné, že se jedná o nárůsty anorganického původu. Příčinou bude z velké pravděpodobnosti opětovné zarůstání přítokových cest nárůsty mikrobiálního původu. Kompletní regenerace vrtu tak není ukončena a z horninového prostředí bude nutné odstranit i látky organického původu.

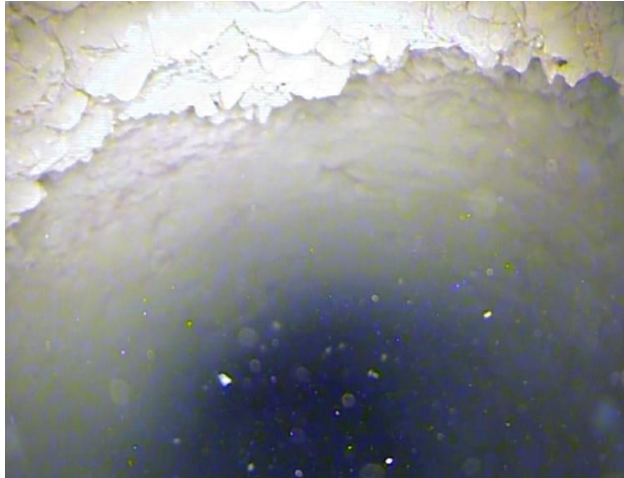


Obr. 15: Grafické zobrazení výsledku monitoringu ve vrtu v letech 2021 a 2022 v semilogaritmickém měřítku. Jednotlivé hladiny vody ve vrtu při a po čerpání v roce 2021 (světle modrá a světle zelená) a v roce 2022 (modrá a zelená) jsou počítačově vyseparovány z měření dataloggerem s četností jedna minuta.

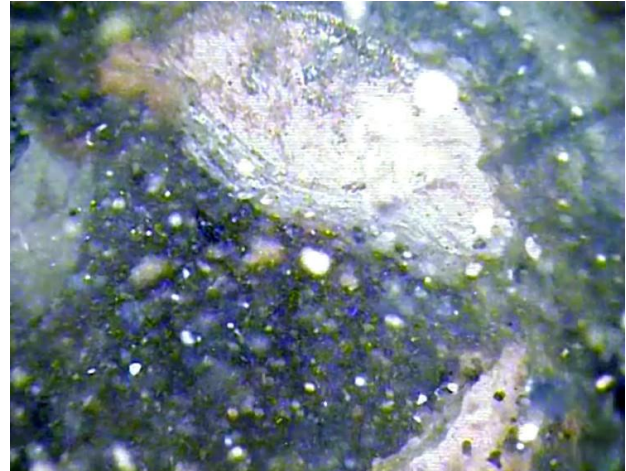


Obr. 16: Difraktogram minerální fáze kalu (křemen 52 %, goethit 36 % a kalcit 12 %).

Speciálními pracemi je regenerace starých vrtů vystrojených dřívě hojně používanou ocelovou zárubnicí. V některých případech jsou zárubnice natolik zkorodované, že spolu s obsypem tvoří nedílnou a nerozpojitelnou součást vrtu. Při pokusu mechanicky vyčistit ocelí vystrojený vrt se stává, že vrt vyčistíme jak od zkorodované zárubnice, tak i o obsyp (obr. 17). Z principiálního hlediska, kdy je vrt čištěn zařízením v řádech stovek tisíc a kdy můžeme očekávat, že při mechanické regeneraci jak ultrazvukem tak hydropulsem se ze stěn budou odlupovat zbytky ocelových trubek, je vhodnější použít k regenerativní rekonstrukci vrtu vhodně dimenzovaných trhavin nebo zbytky zárubnice rozleptat kyselinou. Při použití vhodných kyselin se konstrukce vrtu rozpadne a tím se samovolně odstrojí. Pak stačí zbytky výstroje z vrtu odstranit mamutkou a vrt lze znovu převystrojit.



Obr. 17: Mechanickou regenerací odstrojený vrt, nahoře obsyp, dole hornina.



Obr. 18: Biologické nárůsty (bochánky vlevo dole a nahoře) na perforaci výstroje ve vrtu nevyužívaném nedaleko vrtu jímaného.

Ještě bych se rád zmínil o jednom rozšířeném fenoménu, který poměrně významně snižuje účinnost regeneračních zásahů. Jedná se právě o ty skupiny vrtů z úvodu textu článku s názvy jako například HV-1, HV-1A, HV-1B... Pokud jsou v místě jímání podzemních vod obdobné řady vrtů nedaleko od sebe řádově v prvních desítkách metrů, pak se navzájem ovlivňují nejen hydraulicky ale taky mikrobiálně. Pokud je využíván a udržován jen jeden vrt a ostatní slouží maximálně pouze k monitoringu hladin, pak ve zbylých vrtech ve volném prostoru může docházet k významnému množení mikrobiální osádky například díky pronikání kyslíku do vody (obr. 18). Okysličená voda z nepoužívaných vrtů může pronikat do horninového prostředí a přispívat ke kolmataci toho používaného (při čerpání voda z okolí samozřejmě proudí k němu). Mnoho lidí si myslí, že u bakterií záleží na velikosti přítoku inokula (mikrobiální suspenze). To je mýtus. O mikrobiálním růstu rozhoduje potrava, nikoliv inokulum. Provozovatel se tak nemůže divit, že nový vrt poměrně rychle ztrácí vydatnost, když má nedaleko sebe „žumpu“. Řešení této situace je poměrně jednoduché. Buďto se staré vrty zlikvidují cementací (ne jílováním nebo zásypem kačirkem, vysoké pH cementu likviduje bakteriální posádku včetně nárůstů) nebo se musí vrty využívat a regenerovat souběžně.

Legislativní otázky.

Je naprosto pochopitelné, že s chemickou regenerací souvisí celá řada papírových čertů včetně místních administrativních překážek. V některých oblastech úředník na otázku povolovacího procesu se na vás podívá tázavýma očima s otázkou „jestli nejste masochista“, někde by chtěli, aby i vaše kladivo mělo certifikát rady bezpečnosti OSN. I po přečtení zákonů ČR nabývám dojmu, že podzemní vody jsou v této oblasti ve vleku vod povrchových. Vzniká tak v případě chemických regenerací jisté právní vakuum. Možná to je i dobře, protože někteří státní úředníci odpovídající za podzemní vody svojí práci nerozumí, natož aby ještě uměli hydrogeologii. Protože rádi rozhodují a tak z moci úřední „zazdí“ jakoukoliv aktivitu co je nad rámec jejich chápání. Příklad z praxe. Kolega střelmistr měl odstřelit jeden objekt. Podle tabulek a vzorců spočítal množství a rozmístění trhavin. Úředník rozhodnul, že na odstřel musí použít trhavin polovinu. Když pak odstřel byl neúspěšný, tak totožný úředník pokutoval kolegu za chybu v projektu.

To samé se může stát, když o chemických regeneracích budou rozhodovat nekvalifikovaní úředníci ale s významnou rozhodovací pravomocí. Pro neinformovaného úředníka bez znalosti hydrogeologie a geochemie v horším případě ještě zeleně podbarveného je kubík kyseliny něco nepředstavitelného. Z hlediska objemu vody v hornině a rychlosti toku podzemní vody je tento kubík jen kapka v moři. Takový úředník si vůbec neuvědomí, že kyselina chlorovodíková v podzemí reaguje hlavně na chlorid vápenatý a že právě touto látkou každou zimu posypeme naše silnice v objemu tisíců tun. Rozhodování úředníků u nás začíná být složitý systém a v případě našeho korupčního hospodářství se požadavek na účinnou chemickou regeneraci může stát hybnou pákou jiných komerčních zájmů. Doporučil bych proto, aby chemickou regeneraci nepovoloval příslušný státní úředník, ale za regenerační práce měl být zodpovědný hydrogeolog.

Závěr.

I přes poslední dobou výrazný technologický pokrok ve vývoji strojů a zařízení na regeneraci vodárenských vrtů má stará dobrá chemická regenerace pořád nezastupitelnou roli v obnově přítokových cest nejen v plášti vrtu ale i v horninovém prostředí v jejich okolí. Do současné doby nikdo nic lepšího nevymyslel. Jako v případě těžby kamene máme k dispozici hromadu strojů, ale dynamit je dynamit. Naprojektování kvalitní chemické regenerace je tak trochu věda a tak trochu alchymie. Pokud se ale podaří vymyslet dobrý technologický postup pro konkrétní oblast a vrt, tak podle navrženého postupu mohou další regenerace realizovat po zaškolení například i bagristi z pískovny (prakticky ověřeno). Chemická regenerace je i v současné době pořád technicky a technologicky velmi jednoduchá metoda jak velmi účinně obnovit původní vydatnost i ve starých vrtech.