



**11. ROČNÍK KONFERENCE
PODZEMNÍ VODY VE
VODÁRENSKÉ PRAXI
2026**

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

Obsah:

Hydrogeologie ve službách vodárenských společností a správních orgánů	2
Vypouštění odpadních vod do vod podzemních	6
Právní východiska zřízení a fungování české komory hydrogeologů.....	13
Likvidace nepotřebných vrtů.....	17
Skrytý hydraulický zkrat ve vrtech	18
Aktuální možnosti vrtných prací.....	27
Chování mikroplastů při výrobě pitné vody s využitím technologie břehové infiltrace	33
IF PFAS THEN TFA	43
Šíření kontaminace v krasovém prostředí	51
Likvidace artézského vrtu z roku 1902.....	65
Když se staví a v obci zmizí voda ze studní aneb jak tomu předcházet.....	77
Schroth versus priessnitz: antagonistický přístup v nabohacování vody pro léčbu, kult vody a jeho dopad na další generace	87
Adaptace města na klimatickou změnu.....	90

HYDROGEOLOGIE VE SLUŽBÁCH VODÁRENSKÝCH SPOLEČNOSTÍ A SPRÁVNÍCH ORGÁNŮ

RNDr. Svatopluk Šeda, Fingeo s.r.o.

1. Úvod

Je již řada vodárenských společností, které se dostávají do situace, že budou potřebovat ve větší míře využít služby hydrogeologie. Když jsme v roce 2017 vyhlásili program „Renesance vodárenské hydrogeologie“, bylo to mj. vyvoláno i tím, že se prohlubovalo sucho let (2014 – 2018) a poprvé od sametové revoluce se celoplošně projevilo významné snížení zásob podzemní vody. Řada vodárenských společností a zejména těch menších provozovatelů vodovodů nebyla na tuto situaci připravena a mnohdy bylo třeba sáhnout do „podstaty“ a na stovkách míst bylo třeba vodu dovážet. Ale nejenom proto byl program „Renesance“ nastartován. Měnila se i struktura negativních antropogenních zásahů do vodního režimu, počínaje ohrožením jakosti vody pesticidy a jejich metabolity, sacharidy či látkami PFAS, množily se hlubší zásahy do horninového prostředí, kdy například polygony vrtů pro tepelná čerpadla čítají více než 100 vrtů na jedné lokalitě s rizikem narušování přirozené hydrogeologické stratifikace a ve větší míře probíhaly rozsáhlé stavební objekty typů dálnic a železnic s hluboko zakládanými mostními objekty nebo zářezy. Výstupy hydrogeologů patří mezi základní vstupy pro projektanty staveb a následně je zpracovávají správní orgány, které vydávají vyjádření, souhlasy, povolení či opatření obecné povahy. Aby celý tento proces byl profesionální, rychlý a nekolizní, je třeba, aby i práce vodárenských hydrogeologů byla kvalitní a výstupy pro navazující profese uchopitelné. Je však třeba si uvědomit, že práce hydrogeologů vyžaduje kromě toho nejzákladnějšího, tj. pochopení časově-prostorového režimu podzemních vod dané oblasti i vstřebání celé řady dalších informací, kromě údajů geologických a hydrogeologických i údaje geografické, meteorologické, hydrologické, ale i data a požadavky vodárenských společností. Nezbytná je i komunikace s projektanty a pracovníky správních orgánů či organizací typu ČHMÚ, VÚV, VUMOP či správců povodí. Jak by optimální postup při vzniku a následného vodárenského provozu nejvýznamnějších hydrogeologických úkolů měl vypadat si dovoluji prezentovat v následujícím textu.

2. Sběr a sumarizace vstupních dat o jímacích objektech podzemní vody, jejich doplňování a průběžné hodnocení s cílem stabilizovat nebo posilovat zdrojový potenciál

Jedná se tradičně o nejvýznamnější úkol vodárenské hydrogeologie, protože je třeba existující zdroje vody udržovat, případně rekonstruovat, obnovovat či doplňovat. Jeho základem by měl být rozcestník, tj. co bylo, a co bude. Ten rozcestník se na straně „Co bylo“ neustále rozšiřuje o nově získávaná data, a o to lépe se se připravuje to, „Co bude“. A zde začíná úzká spolupráce pracovníků vodárenských společností a hydrogeologů. Základem je pasportizace zdrojů vody. Dnes je již u řady vodárenských společností vyvinut a provozován nějaký databázový soubor propojený s geografickým informačním systémem. Je třeba si uvědomit, že provozované jímací objekty podzemní vody jsou mnohdy staré desítky let, došlo k jejich úpravám, nemusí být známá kóta odměrného bodu, někdy je mylně uváděna stratigrafie, není známo umístování perforací, apod. Základní pasportizační databázový soubor s možným názvem „Jímací objekty“ by měl být hydrogeologem zpracován, případně upraven, a to na základě archivních údajů nebo údajů nově provedených, jako jsou hydrodynamické zkoušky, analýzy vod v rozsahu milivalové bilance, TV prohlídky vrtných stvolů, studní či jímacích zářezů a případně i karotážních měření.

Data by měla být do databázového souboru zakládána v tomto minimálním rozsahu:

- označení objektu (původní a optimálně nové kódové) a jeho souřadnice (X, Y, Z)
- údaje o vlastníkovi objektu a dotčených pozemků
- zásobovaná oblast

- rok provedení, případně stavební povolení
- geologický a technický profil vrtu, případně zpráva o jeho provedení
- jímaná zvodeň (zvodněný kolektor)
- využitelná vydanost (případně dokumentace výsledků hydrodynamických zkoušek)
- jakost vody (případně grafy významných složek v čase)
- povolení k odběru vody, stanovené limity, doby platnosti rozhodnutí
- odebírané množství vody
- údaje o prohlídkách objektu, o jeho případné regeneraci či rekonstrukci
- ochranná pásma včetně rozhodnutí o jejich stanovení
- provozní údaje (čerpadlo, kóta jeho umístění, kóta umístění dataloggeru aj.)
- případné další údaje dle specifických vlastností objektu (například parametry sběrné studny a napojené jímací objekty jako jsou násoskové řady, jímací zářezy apod.)

Jestliže je v místě jímání provozováno několik jímacích objektů, zpracovávají a ukládají se výše uvedené údaje společně pro celé jímací území.

Klíčová věc: skutečný stav jímacích objektů – základ pro stanovení způsob jeho údržby, obnovy či náhrady.

3. Bilance zásob podzemní vody využívaného kolektoru

Výše uvedené jímací objekty mají své infiltrační zázemí, případně zdroj indukované vody a tyto údaje by měly být k dispozici zejména v případě, kdy je třeba hodnotit klesající vydatnost jímacích objektů, nebo vznikne požadavek na navýšení odběru vody.

Co to v praxi znamená:

- převzít, nebo nově ověřit jímaný kolektor podzemní vody;
- sestavit mapu infiltračního území, kde zpravidla zvodněný kolektor vychází na povrch, v případě indukovaných zdrojů zakreslit úsek toku, jezera či jiné akumulace vody, kde k indukci vody dochází a zpracovat hydrogeologické řezy s jasně specifikovanou hydrogeologickou stratifikací;
- dokumentovat nebo nově sestavit základní bilanci přírodních zdrojů podzemní vody konkrétního jímací území a povolený odběr podzemní vody.

Klíčová věc: využívaný kolektor a jeho označení.

4. Ochrana zdroje podzemní vody

V praxi bohužel stále existuje dvojkolejnost, tzn. stále ještě velká většina ochranných pásem vodních zdrojů byla stanovena jako někdejší pásma hygienické ochrany, tzn. že řešila pouze ochranu jakosti podzemní vody. Dnešní vodní zákon v § 30 naštěstí hovoří o ochraně vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti podzemních a povrchových vod, tzn. že se předpokládá, že ochranná pásma budou řešit i ochranu území OPVZ před snižováním množství podzemní vody nebo před negativním ovlivňováním tlakových poměrů vodárensky významných zvodní. Znamená to tedy mít na potřebné úrovni zpracována vstupní data o jímacích objektech podzemní vody a bilanci zásob podzemní vody, a tato data musejí být doplněna o kvalifikovaně stanovené údaje o hydrogeologické stratifikaci jímacích území.

Co to v praxi znamená:

- mít k dispozici hydrogeologické řezy jímacími oblastmi, z kterých je patrné hloubkové uložení vodárensky využívaných kolektorů podzemní vody jako základ specifikace limitů jejich ochrany;

- na základě těchto řezů stanovovat v mapách velkého měřítka oblasti, kterých se specifikace limitů jejich ochrany dotýká;
- při specifikaci limitů je třeba si uvědomit, že dnešní zásahy do zvodněného horninového prostředí například při stavbách mostů, vysokých budov apod, dosahují desítky metrů, v případě vrtů pro teplená čerpadla již 200 – 250 m, což jsou často hloubky, kde jsou zvodněné kolektory, často s tlakovou podzemní vodou uloženy.

Klíčová věc: kvalifikované sestavení hydrogeologických řezů jímacím územím, se znázorněním kolektorů a izolátorů.

5. Řády jímacích oblastí jejich naplňování

Pojem Jímací řád je uveden v § 37 odstavci 3 zákona č. 254/2001 Sb. a vodoprávní úřad může uložit povinnost jeho vypracování a předložení ke schválení v případech, kdy podmínky odběru vody je nutno vázat na opatření sloužící k zachování nebo dosažení podmínek pro trvale udržitelné užívání zdrojů podzemní vody. V širším smyslu jde o opatření k ochraně vodních zdrojů podzemní vody před nadměrnou exploatací a nevhodným způsobem hospodaření v jímací oblasti a zároveň o opatření sloužící k ochraně ekosystému a stavu vodních útvarů povrchových vod vázaných na režim podzemních vod. Pojem jímací řád se tak pod rozšířeným názvem Řád jímací oblasti stal pomocníkem vodárenských subjektů a začal tak plnit nejenom funkci informační, ale i funkci řídicí neboť říká, jak se o danou jímací oblast starat aby byla dlouhodobě zajištěna její udržitelnost. Pro provozovatele jímacího území je tak Řád jímací oblasti nejenom důležitým zdrojem informací, které jsou nezbytné pro správné řízení a kontrolu daného prameniště, ale je důležitým podkladem pro jakékoliv rozhodování. Co to v praxi znamená:

- v nastavených parametrech provádět provozní monitoring vodního stavu a odběrného množství a jakosti vody na vlastních jímacích objektech;
- ve stanovených parametrech provádět účelový monitoring vodního stavu a jakosti vody na pozorovacích objektech situovaných v předpolí jímacího území;
- přejímat údaje o atmosférických srážkách, teplotách vzduchu, případně teplotách vody, stavech hladiny podzemní vody, jakosti vody a průtocích na vodotečích na objektech centrálních sítí (ČHMÚ, správci povodí, VÚV, VÚMOP aj.);
- ve stanovené četnosti provádět kontrolu zásad obecné ochrany i speciální ochrany vod v OPVZ a případně odlišně stanovené jímací oblasti a údaje, včetně opatření k nápravě, zaznamenávat a ukládat do účelových registrů;
- v pravidelných intervalech vypravovávat zprávy o situaci v jímací oblasti, zahrnující samozřejmě i území OPVZ, pokud se území OPVZ a Řádu jímací oblasti neztotožňují.

Klíčová věc: zpracování Řádu jímací oblasti a jeho naplňování pro jakékoliv jímací území podzemní, případně i povrchové vody

6. Hydrogeologie ve službách vodárenských společností, projektantů a správních orgánů

Všech čtyři výše uvedené okruhy prací vodárenských společností na úseku péče o jímací objekty podzemní vody slouží vodárenským společnostem nejenom pro vlastní provozní a řídicí praxi, ale současně jsou základní platformou pro vyjadřovací činnost k projektovým záměrům v místech, kde mohou být jakost, stavy hladin a případně i vydatnost jimi provozovaných zdrojů vody ovlivněny, dále k vlastním žádostem o povolení k nakládání s vodami nebo ke stavebnímu povolení vodních děl, ale rovněž platformou pro návrh opatření k nápravě zjištěného závadného stavu, pokud se v tomto území tvorby a akumulace jímané podzemní vody zjistí.

Z rozsahu prací vyplývá, že čtyři výše uvedeného okruhy prací musí probíhat ve spolupráci s interním nebo externím hydrogeologem, který by měl být nejenom oprávněnou, ale především

kvalifikovanou osobou pro převážnou většinu úkolů prováděných vodárenskými společnostmi na úseku péče o jejich jímací objekty v konkrétních hydrogeologických strukturách. Ten spolupracuje přitom s pracovníky jiných odborností jako jsou geodeti, hydrologové, geofyzici, hydrochemici, pracovníci laboratoří a další specialisté. Bez hydrogeologů je kvalitní práce vodárenských společností na úseku péče o to nejdůležitější, tedy o zdroje vody a zdrojové oblasti, nemyslitelná. V nedávné minulosti se především díky dotační politice při výstavbě nových zdrojů vody razila zásada, že uznatelnými náklady jsou stavby jímacích objektů, ale ne předchází hydrogeologické průzkumy. Průzkumy hydrogeologické se od průzkumů pro stavební účely zásadně liší v tom, že při jejich provádění vzniká zpravidla plnohodnotný jímací objekt podzemní vody, a ten se v rámci následné stavby již pouze vybaví odběrným zařízením, upraví se jeho nadzemní část a připojí se k vodárenské síti. Z tohoto důvodu docházelo ke snahám náklady na jímací objekty prováděné jako průzkumné hydrogeologické vrty minimalizovat, což se ukázalo být v řadě případů jako chybné rozhodnutí. Náklady na výstavbu nových jímacích objektů, se zpravidla pohybují v řádu statisíců až nižších jednotek milionů, což je srovnatelné s výstavbou například 1 km vodovodních řadů. Nastává tedy snad doba, kdy budou prováděny jímací objekty v plně funkčních parametrech, s životností mnoha desítek let, objekty plně odzkoušené a dokumentované prostřednictvím TV prohlídek vrtných stvolů či jiných druhů jímacích objektů, geofyzikálních měření, poloprovozních hydrodynamických zkoušek, laboratorních analýz vzorků vody, případnou souběžnou výstavbou pozorovacích objektů provozního či účelového monitoringu a kvalitně navržených ochranných pásem, se zpracovaným Řádem jímací oblasti.

Klíčová věc: v péči o zdrojovou oblast podzemní vody je zpravidla nezbytná spolupráce s kvalifikovaným hydrogeologem.

7. Závěr

Hydrogeologie ve službách vodárenských společností, úplně malých, i těch největších, je klíčovým předpokladem proto, aby se jímací objekty podzemní vody a celá zdrojová oblast staly ukázkou toho, čím podzemní vody jsou. Přírodním produktem, který svým složením, nutriční hodnotou či chutí je důležitou součástí výživy člověka a je zahrnuta prakticky do všech jeho tělesných funkcí. Přibližně 50% obyvatel naší republiky podzemní vodu pro svou každodenní potřebu využívá a je tedy na nás, abychom ji věnovali maximální možnou péči.

Hydrogeologové jsou ti, kteří jsou svým profesním zaměřením předurčeni k tomu, aby byli pomocníky vodárenských společností a spolu s nimi pak ve vztahu k projektantům vodních děl, ke všem uživatelům území, kde se podzemní voda tvoří a akumuluje, ke správním orgánům všech stupňů a jiným zájemcům stali těmi, kdo poskytuje adekvátní podklady a stanoviska pro jejich potřeby či činnosti. Současně by spolupráce hydrogeologů a vodárenských společností měla být zárukou toho, že zachováme jedno z největších bohatství naší republiky, tj. zdroje podzemní vody v potřebném množství a kvalitě, i pro příští generace.

VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD DO VOD PODZEMNÍCH

Mgr. Lea Petrová, Ministerstvo životního prostředí, oddělení ochrana vod

Zdroje podzemní vody jsou jedinečným zdrojem kvalitní pitné vody a jsou primárně určeny pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou podle § 29 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů. V ČR tvoří odběry podzemních vod více než 41 % z celkového množství odebraných povrchových a podzemních vod pro vodovody pro veřejnou potřeby. Protože se podzemní vody nachází pod zemským povrchem, často dochází k mylným představám o jejich minimální zranitelnosti vůči vnějším vlivům. Stále častěji čelíme problémům snižujícího se množství podzemních vod, ale také jejich zhoršující se jakosti. Jedním z vlivů, působících nepříznivě na stav podzemních vod, jsou komunální zdroje znečištění, resp. jejich nevyhovující nebo zcela chybějící infrastruktura určená k odvádění a čištění odpadních vod v řídce osídlených oblastech. Pokud již ke znečištění podzemních vod dojde, náprava stavu je dlouhodobou záležitostí a pozitivní výsledek není v mnoha případech jistý. Proto by měla být učiněna taková opatření, která by jejich znečištění v co největší míře zabránila. Vodní zákon dává ustanovením § 38 odst. 9 zmocnění k nařízení vlády, které stanovuje ukazatele, hodnoty přípustného znečištění a náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních z individuálních zdrojů znečištění, kterými jsou jedna nebo několik územně souvisejících staveb pro bydlení, staveb pro rekreaci a jednotlivé stavby poskytujících ubytovací služby. Jelikož nařízení vlády č. 57/2016 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění odpadních vod a náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních (dále jen nařízení vlády), není již v souladu se současnou právní úpravou, Ministerstvo životního prostředí pracuje na novelizaci uvedeného nařízení. Novela nařízení vlády je spíše technického charakteru. V současné chvíli je nařízení vlády po mezirezortním vypořádání připomínek a jeho účinnost se předpokládá od 1. 1. 2026.

Prvotní záměr k novelizaci nařízení vlády byl z důvodu, že od 1. 7. 2024 není možné realizovat vodní dílo určené pro čištění odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel (EO) na základě ohlášení. Tato změna vyplývá také z přijetí zákona č. 284/2021 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím stavebního zákona. Dalším cílem návrhu je úprava emisních standardů přípustného znečištění odpadních vod vypouštěných do vod podzemních v ukazateli amoniakální dusík, zpřesnění terminologie a provedení několika legislativně-technických úprav.

Nové znění zvyšuje minimální četnost měření míry znečištění odpadních vod pro zdroje znečištění velikostní kategorie nad 50 EO na 4× ročně. Zároveň se upravuje typ odebíraného vzorku odpadních vod a specifikuje se situace, kdy se v závislosti na teplotě odpadních vod nehodnotí dodržení emisních limitů v případě ukazatelů znečištění amoniakální dusík a celkový dusík. U zdroje znečištění vybaveného akumulacním prostorem umožňujícím hydraulickou dobu zdržení alespoň 2 hodiny a u zdrojů znečištění do 50 EO se použije prostý, jednorázově odebraný vzorek, jinak se pro stanovení fyzikálně-chemických ukazatelů použije dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 minut.

Pro čistírny odpadních vod nad 50 EO s diskontinuálním vypouštěním odpadních vod, které nejsou vybaveny akumulacním prostorem umožňujícím hydraulickou dobu zdržení alespoň 2 hodiny, stanoví vodoprávní úřad způsob odběru vzorku individuálně.

Při správné funkci čistírny odpadních vod jsou dosahovány výrazně nižší hodnoty amoniakálního dusíku než navržený emisní standard 15 mg/l, který je hodnotou maximální. Amoniakální dusík je oxidován na dusičnany v zemním filtru, zařazeném za septikem. Zpřísnění emisního standardu pro tento ukazatel z 20 mg/l na 15 mg/l nebude mít negativní dopad na provozovatele čistících zařízení při jejich správné funkci.

Nařízení vlády také nově upřesňuje volbu typu vzorku. Dosud v případě akumulární nádrže vyčištěné odpadní vody záleželo na vodoprávním úřadu (dále jen VPÚ), zda stanoví odběr prostého vzorku či dvouhodinového směsného vzorku. Nově se rozlišuje typ vzorku pro fyzikálně chemické ukazatele a pro mikrobiologické ukazatele. Pro mikrobiologické ukazatele se v souladu se správnou laboratorní praxí používá vždy prostý vzorek.

U zdrojů znečištění vybavených akumulární nádrží s dobou zdržení delší, než dvě hodiny je zjevné, že prostý vzorek bude v zásadě mít stejnou vypovídací schopnost jako dvouhodinový směsný vzorek odebraný v přítoku nebo v odtoku z akumulární nádrže. Bude tedy používán prostý vzorek bez ohledu na velikost zdroje znečištění.

U zdrojů znečištění do 50 EO, kde za domovní čistírnou odpadních vod nenásleduje akumulární nádrž, je umožněn rovněž odběr prostého vzorku. Jde o malé zdroje a ani případný rozdíl v kvalitě odtoku během dvou hodin nemůže mít významný vliv na ovlivnění kvality podzemních vod. U větších zdrojů je ponechán dvouhodinový směsný vzorek (typ A), který je základním typem vzorku rovněž pro malé zdroje znečištění při vypouštění odpadních vod do vod povrchových podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Také je upraven odběr vzorků z čistíren s přerušovaným provozem. Typicky jde o často používané čistírny odpadních vod s technologií SBR (Sequencing Batch Reactor), které vypouštějí odpadní vody jen ve fázi vypouštění, která trvá obvykle desítky minut. V těchto případech vzorek typu A odebrat nelze. Navržené řešení je shodné jako při vypouštění odpadních vod do vod povrchových podle nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Na rozdíl od vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebyla dosud v případě vypouštění odpadních vod do vod podzemních řešena okolnost, že nízké teploty utlumují aktivitu nitrifikačních bakterií a nelze tak zaručit dosažení nízkých odtokových koncentrací amoniakálního a tím ani celkového dusíku. V nově navrženém znění je tedy určen postup, který zjišťuje maximální ochranu kvality podzemních vod, ale zároveň nedostává vlastníky domovních ČOV do situace, kdy by nedodržovali stanovený emisní limit z důvodu technologických limitů čištění, které nejsou schopni ovlivnit.

V případě velikostní kategorie 10 až 50 EO je potřeba rozlišovat v případě ukazatele amoniakálního dusíku, zda se jedná o čistírnu odpadních vod založenou na aktivačním procesu, nebo o čistírnu odpadních vod tvořenou septikem s dalším stupněm čištění bez aktivace. Sestavu septiku a dalšího stupně čištění nelze zavrhnout, protože je vhodná zejména u zdrojů s významnými rozdíly v zatížení (např. u občasně využívaných objektů), nelze však od ní očekávat stabilní odstraňování celkového dusíku (v septiku se dusík odstraňuje minimálně, k nitrifikaci dochází až v dalším stupni čištění, denitrifikace je realizovatelná jen obtížně). Z těchto důvodů je rozlišena použitá technologie a stanovené emisní standardy se liší použitím ukazatele amoniakálního dusíku nebo celkového dusíku. V ostatních ukazatelích jsou hodnoty emisních standardů stejné se současným nařízením.

Nařízení vlády dále upřesňuje způsob zneškodňování čištěných odpadních vod vypouštěním pod povrch terénu, na povrch terénu nebo jejich kombinací přes půdní vrstvy do vod podzemních. V souvislosti s možností likvidovat odpadní vody na povrch terénu, jsou stanoveny přípustné hodnoty znečištění v mikrobiologických ukazatelích v případech, kdy vzniká aerosol, aby se tak minimalizovalo zdravotní riziko uživatelů pozemků, na nichž je tento způsob vypouštění realizován, a pozemků sousedících. Zavedení nových emisních limitů pro mikrobiologické ukazatele představuje významnou změnu, která může vyžadovat technické úpravy stávajících čistících zařízení (dovybavení technikou určenou k dezinfekci odpadních vod) nebo úpravy provozních postupů. Proto se jejich účinnost odkládá na 1. ledna 2027. Tato lhůta poskytuje stávajícím provozovatelům i těm, u kterých probíhá řízení povolení k vypouštění odpadních vod před nabytím účinnosti této novely nařízení vlády, dostatečný časový prostor pro adaptaci na nové požadavky, a zároveň umožňuje orgánům veřejné správy připravit se na jejich kontrolu a vymáhání.

V případech vypouštění odpadních vod do vod podzemních lokalizovaného v OPVZ, případně ve zvláště chráněných územích, může VPÚ stanovit emisní limity pro další ukazatele. Nejčastěji nejspíše půjde o celkový fosfor, kde k dodržení limitu bude pravděpodobně nezbytné zajistit jeho chemické srážení. Možnost stanovení emisních limitů pro další ukazatele byla dána již stávajícím zněním nařízení vlády, nyní se pouze rozšiřuje okruh situací, kdy je možné tímto způsobem zohlednit zájmy ochrany kvality podzemních vod.

Je třeba si uvědomit, že nařízení vlády je v legislativním procesu a v tuto chvíli se stále jedná o „živý“ materiál.

V návaznosti na novelizace nařízení vlády bude novelizovaný metodický pokyn, který upřesní požadavky plynoucí z vodního zákona a nařízení vlády. Níže je uvedeno pár příkladů z metodického pokynu:

Preference zneškodňování odpadních vod

Preference zneškodňování odpadních vod jsou obecně zakotveny v § 5 odst. 3 vodního zákona. Pokud je v předmětném místě kanalizace pro veřejnou potřebu, má stavebník povinnost se na tuto kanalizaci připojit. Stavební úřad má možnost podle § 3 odst. 8 zákona vodního zákona rozhodnutím uložit vlastníkům stavebního pozemku nebo staveb, na kterých vznikají nebo mohou vznikat odpadní vody, povinnost připojit se na kanalizaci pro veřejnou potřebu v případech, kdy je to technicky možné.

Pokud kanalizace v předmětném místě neexistuje nebo by vybudování přípojky znamenalo neúměrné náklady (např. z hlediska vzdálenosti nebo technické proveditelnosti) a jsou v blízkosti povrchové vody, je nezbytné s ohledem na preferenci v § 5 odst. 3 vodního zákona požadovat realizaci DČOV s vypouštěním vyčištěných odpadních vod do vod povrchových.

Pokud ani tato výše uvedená možnost není realizovatelná, připadá v úvahu na základě místních podmínek zvolit vypouštění čištěných odpadních vod před půdní vrstvy do vod podzemních, a to za splnění podmínky, že maximální povolené množství odpadních vod vypouštěné z jedné nebo několika územně souvisejících staveb pro bydlení nepřesáhne celkově 15 m³/den na jedno zařízení.

Systém bezodtoké jímky je zpravidla posledním možným způsobem zneškodňování odpadních vod. Je finančně nákladný a vyplatí se pouze v případech malé a nepravidelné produkce odpadních vod. Své opodstatnění může mít v OPVZ.

Náležitosti žádosti o povolení

Náležitosti žádosti o povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních nebo o jeho změnu stanovují ustanovení § 9 a 9a vodního zákona a formuláře jsou přílohou vyhlášky č. 429/2024 Sb., o formulářích žádostí předkládaných vodoprávnímu úřadu a formuláři návrhu na stanovení ochranného pásma vodního zdroje. VPÚ musí striktně trvat na splnění všech náležitostí žádosti o povolení, které jsou taxativně specifikovány ve vodním zákoně a v dokladové vyhlášce č. 429/2024 Sb.

VPÚ povoluje pouze nakládání s vodami. Příslušný stavební úřad pak vydává povolení k záměru – ke stavbě ČOV. Oba úřady musí vycházet ze stejné projektové dokumentace, která může obsahovat i návrh provozního řádu. Vodoprávní úřad musí striktně trvat na splnění všech formálních a věcných náležitostí žádosti o povolení.

Ustanovení § 2, 3 a 50 zákona č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů, ukládají správnímu orgánu zjistit „skutečný stav věci“, o němž nejsou důvodné pochybnosti, a to v rozsahu, který je nezbytný pro rozhodnutí ve věci. Pokud by tak VPÚ neučinily, jedná se o vadu řízení, která v souladu s judikaturou NSS může být důvodem ke zrušení rozhodnutí - např. rozsudek NSS ze dne 29. 8. 2003, č. j. 2 a 1114/2002-23, č. 166/2004 Sb., podle kterého: „Plynou-li v řízení před správním

orgánem ze soustředěných důkazů (kopií listin) rozpory a neúplnosti, které brání potřebnému zjištění skutečného stavu věci, nebyly-li v řízení předloženy originální doklady a nebyl-li ani učiněn pokus o jejich zjištění a předložení, trpí takové řízení vadami, pro které je zpravidla třeba napadené rozhodnutí zrušit.“ nebo rozsudek NSS ze dne 24. 9. 2003, č. j. 2 a 1105/2002-22, č. 153/2004 Sb., podle kterého: „Rozhodne-li správní orgán i přes přetrvávající nejasnosti o skutečnostech rozhodných pro přiznání nároku, způsobené tím, že navrhovatel nepředložil doklad osvědčující jím tvrzený nárok, poruší tím povinnost zjistit přesně a úplně skutečný stav věci.“

Nepředloží-li žadatel náležitosti požadované k žádosti nebo je žádost neúplná, postupuje se podle ustanovení § 45 odst. 2 správního řádu: „Nemá-li žádost předepsané náležitosti nebo trpí-li jinými vadami, pomůže správní orgán žadateli nedostatky odstranit na místě nebo jej vyzve k jejich odstranění, poskytne mu k tomu přiměřenou lhůtu a poučí jej o následcích neodstranění nedostatků v této lhůtě; současně může řízení přerušit (§ 64)“.

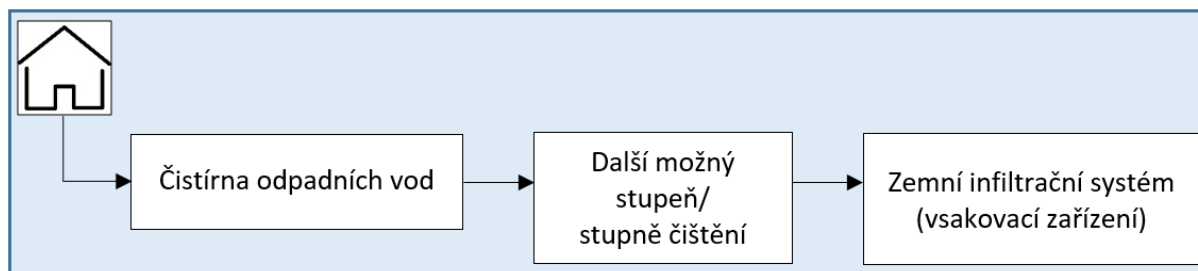
Způsoby vypouštění odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních

Způsoby, jak čistit a vypouštět odpadní vody přes půdní vrstvy do vod podzemních, jsou následující:

- aplikace pod povrch – čistírna odpadních vod nebo čistírna odpadních vod tvořená septikem s dalším stupněm čištění bez aktivace s realizací vsaku vyčištěné odpadní vody,
- aplikace na povrch – čistírna odpadních vod nebo čistírna odpadních vod tvořená septikem s dalším stupněm čištění bez aktivace s realizací aplikace vyčištěné odpadní vody na povrch terénu.

Za čistírnu odpadních vod může být zařazen další způsob čištění, za prefabrikovaným septikem je zařazení dalšího stupně čištění pro dosažení emisních limitů podmínkou. Výběr správné varianty závisí na mnoha faktorech.

1. Aplikace vypouštěných odpadních vod pod povrch terénu přes půdní vrstvy do vod podzemních



Obr. 1 Čištění odpadních vod DČOV, dalším možným stupněm čištění a vsakem

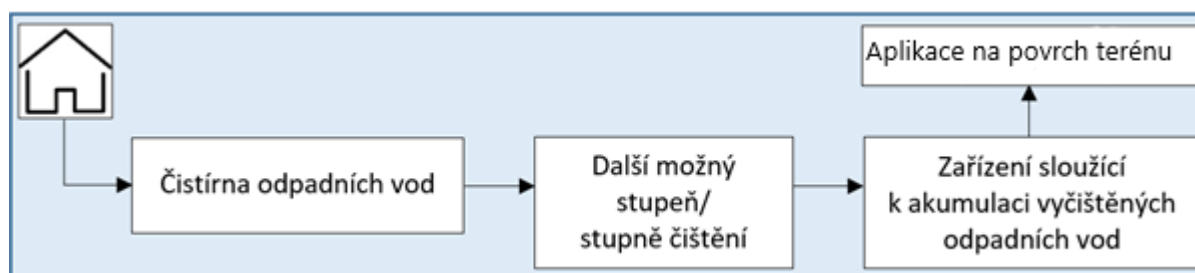
Za čistírnu odpadních vod se považuje také sestava s jinou technologií bez aktivace.

2. Aplikace vypouštěných odpadních vod na povrch terénu přes půdní vrstvy do vod podzemních

Za vypouštění čištěných odpadních vod přes půdní vrstvy do vod podzemních lze v odůvodněných případech považovat také jejich aplikaci na povrch terénu. Tento způsob likvidace odpadních vod musí být realizovány na pozemku vlastníka pouze ve vegetačním období, nepřipouští se mimo toto období, na zmrzlou půdu a během nasyceného půdního profilu. Odpadní vody nesmí v žádném případě stékat po povrchu a ohrozit sousední pozemky. Pozemek musí mít s ohledem na velikost objemu produkovaných odpadních vod dostatečnou velikost. V úvahu je třeba vzít také existenci ochranných pásem vodních zdrojů (např. studní na vlastním nebo na sousedních či jiných pozemcích), které by mohly být vypouštěním odpadních vod přes půdní vrstvy ovlivněny. V každém

případě musí být tento způsob zneškodňování vyčištěných odpadních vod povolen vodoprávním úřadem, který vychází z vyjádření osoby s odbornou způsobilostí. V případě aplikace odpadních vod na povrch terénu je ze zdravotního hlediska vhodné hygienické zabezpečení čištěné odpadní vody např. pomocí UV záření. Pokud se jedná o způsob likvidace odpadních vod na povrch terénu, kde mohou vznikat aerosoly, je nezbytná hygienizace těchto vod. Vodoprávní úřad stanoví mimo jiné emisní limity mikrobiologického znečištění a je třeba počítat s odběrem vzorků.

Tento způsob likvidace odpadních vod bude využíván zvláště v případech, kdy není možné z důvodu vysoké hladiny podzemní vody využít pro vsakování vyčištěné odpadní vody zemní infiltrační systémy. Vzhledem k tomu, že tento způsob vsaku nelze realizovat celoročně, je potřeba kombinace se vsakovacím zařízením nebo akumulací vyčištěné odpadní vody v bezodtokové jímce o dostatečném objemu.

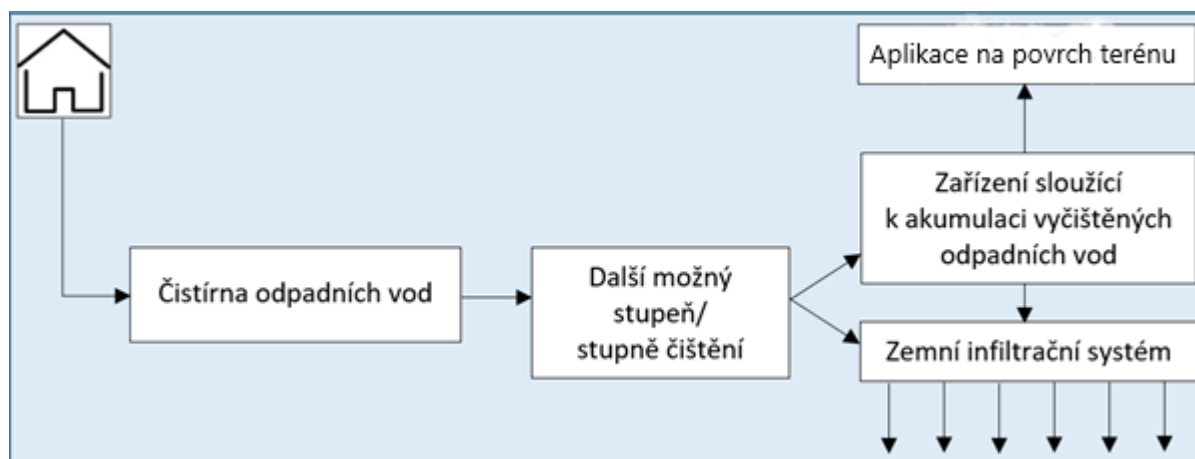


Obr. 2 Čištění odpadních vod DČOV, dalším možným stupněm čištění, s akumulací a aplikací na povrch terénu

Za čistírnu odpadních vod se považuje také sestava s jinou technologií bez aktivace.

3. Kombinace aplikace odpadních vod pod povrch terénu a na povrch terénu

Je také možné kombinovat vsak vyčištěných odpadních vod s akumulací a následnou aplikací na povrch terénu. Tato varianta připadá v úvahu v případech, kdy je schopnost vsaku vlivem hydrogeologických poměrů v dané lokalitě snižena.



Obr. 3 Kombinace vsaku a rozstříku/zálivky vyčištěných odpadních vod za DČOV

Za čistírnu odpadních vod se považuje také sestava s jinou technologií bez aktivace.

Dodržení emisních limitů

Kdo vypouští čištěné odpadní vody přes půdní vrstvy do vod podzemních, je povinen v souladu s rozhodnutím VPÚ měřit objem vypouštěných vod a míru jejich znečištění a výsledky těchto měření předávat VPÚ, který rozhodnutí vydal, příslušnému správci povodí a pověřenému odbornému subjektu (§ 38 odst. 6 vodního zákona).

Měření objemu vypouštěných odpadních vod se věnuje § 2 odst. 4 nařízení vlády. Pokud není množství měřeno, stanoví se na základě měření odebrané vody z vodovodu, studny či jiného zdroje. V případě, že není realizováno ani měření pitné (odebrané) vody, určí se množství odebrané vody ze směrných čísel roční potřeby vody podle vyhlášky č. 428/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Toto neplatí pro rekreační objekty.

Vzorek vypouštěných odpadních vod je odebírán oprávněnou laboratoří v místě určeném povolením. Jako místo odběru se stanoví přednostně akumulací jímka za čistírnou odpadních vod. Pokud není u daného zdroje zařazena, vzorek se odebírá bezprostředně za čistírnou odpadních vod, resp. za posledním stupněm čištění. Vsakovací objekt není považován za další stupeň čištění, i když v něm může docházet k dalším změnám v kvalitě odpadních vod (k dalšímu samočištění).

Za čistírnu odpadních vod se považuje také sestava s jinou technologií bez aktivace.

Povinnosti u vodních děl ohlášených podle § 15a vodního zákona

Žádat o ohlášení vodních děl určených pro čištění odpadních vod do kapacity 50 EO bylo možné žádat podle § 15a vodního zákona ve znění účinném do 30. června 2024.

Ten, kdo vypouští čištěné odpadní vody přes půdní vrstvy do podzemních vod ohlášeným vodním dílem, nemá povinnost měřit jejich jakost a množství. Vztahuje se na něj však povinnost provádět jedenkrát za dva roky prostřednictvím odborně způsobilé osoby pověřené MŽP, technickou revizi vodního díla a výsledek této revize předávat do 31. prosince příslušného kalendářního roku stavebnímu úřadu. Vlastník vodního díla je povinen odstranit zjištěné závady v lhůtě do 60 dnů od provedení revize.

Pověření k provádění technické revize vodního díla ohlášeného podle § 15a vodního zákona, ve znění účinném přede dnem nabytí účinnosti tohoto zákona, zůstávají v platnosti. Pokud toto pověření pozbyde platnosti, může být dále prodlouženo pouze Ministerstvem životního prostředí.

Osnova vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle § 38 odst. 9 vodního zákona

Obsah

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE	27
1.1. Osnova vyjádření osoby s odbornou způsobilostí	27
2. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA HLAVNÍCH BODŮ VYJÁDŘENÍ	29
2.1 A. Základní údaje	29
2.2 B. Popisné údaje	29
2.3 C. Konceptuální model vypouštění	32
2.4 D. Limitující okolnosti	33
2.5 E. Dopady a rizika vypouštění odpadní vody	34
2.6 F. Vyhodnocení	35
2.7 G. Vyjádření	35
2.8 H. Přílohy	35
3. DOPORUČENÍ PRO ZÁVĚREČNÉ HODNOCENÍ	36
3.1 Skutečnosti neumožňující vydat souhlasné vyjádření	36
3.2 Skutečnosti, za nichž je doporučeno vydat podmíněně souhlasné stanovisko	37
3.3. Závěrečné poznámky	37

Cílem přílohy je sjednocení obsahové náplně vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, které má za úkol posoudit a vyhodnotit vliv vypouštění čištěné odpadní vody přes půdní vrstvy do podzemních vod. Metodický pokyn vychází z předpokladu, že osoba s odbornou způsobilostí obdrží kvalifikovaný kompletní návrh stavby pro zneškodňování odpadní vody.

Pokud tomu tak není, provede se nejdříve hydrogeologický průzkum pro účely posouzení umístění a návrhu vsakovacího prvku podle metodiky, která je uvedena v příloze B ČSN CEN/TR 12566-2 (Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel – Část 2: Zemní infiltrační systémy) nebo posouzení jiného druhu vypouštění vyčištěných odpadních vod. Teprve poté bude vypracováno vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v souladu s tímto metodickým pokynem, které bude obsahovat vyhovující způsob vypouštění čištěné odpadní vody přes půdní vrstvy do podzemních vod na základě místních podmínek.

V souladu s požadavky výše uvedených předpisů je stanovena povinná osnova a obsah vyjádření osoby s odbornou způsobilostí k plánovaným realizacím vypouštění odpadních vod do vod podzemních a doporučené postupy vyhodnocení se zohledněním limitujících okolností. V případě posuzování změn již realizovaných vodních děl určených k vypouštění odpadních vod se postupuje podle této osnovy přiměřeně.

Detailnost posuzování jednotlivých záměrů by měly odpovídat především velikosti rizika pro vodní útvary a ekosystémy na konkrétní lokalitě.

Vydané metodické pokyny k problematice likvidace odpadních vod

- Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k problematice nelegálního nakládání s odpadními vodami z bezodtokých jímek v souladu se zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) – uveřejněný na webu MŽP
- Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k výpočtu poplatku za vypouštění odpadních vod do vod povrchových za období přírodní katastrofy nebo jiné situace mimo běžný provoz – uveřejněný na webu MŽP

Plány MŽP do budoucna v problematice likvidace odpadních vod v rámci DČOV

- Zřízení registru způsobu likvidace odpadních vod (připojení na kanalizační řad, vypouštění do vod povrchových či podzemních, bezodtoká jímka) – registr vyplývá ze směrnice EU 2024/3019 o čištění městských odpadních vod
- Vydání metodického pokynu k povolení k vypouštění odpadních vod ve vztahu k plánům dílčích povodí a možnostem stanovení přísnějších limitů v povolení, než jsou dané nařízením vlády č. 57/2016 Sb. a č. 401/2015 Sb.

PŘÁVNÍ VÝCHODISKA ZŘÍZENÍ A FUNKOVÁNÍ ČESKÉ KOMORY HYDROGEOLOGŮ

JUDr. Zdeněk Horáček, Ph.D., advokát, Zdeněk Horáček, advokátní kancelář s.r.o.,
zdenek@zdenekhoracek.cz

Úvod

V posledních letech se objevují problémy s kvalitou hydrogeologických posudků, resp. vyjádření osob s odbornou způsobilostí, nezbytných pro rozhodování vodoprávních úřadů ve věcech podzemních vod. Ač se může jednat o jednotlivosti, zhoršuje to bohužel pohled na činnost hydrogeologů a hydrogeology samotné bez jejich možnosti toto jakkoliv ovlivnit, jelikož o ověřování odborné způsobilosti rozhoduje, a tedy i o kontrole a vymáhání pravidel výkonu činnosti hydrogeologů, Ministerstvo životního prostředí, tedy ústřední orgán státní správy ve věcech geologie.

Celá kontrola a vymáhání pravidel jsou potom závislé na kapacitních možnostech resortu Ministerstva životního prostředí. Oproti tomu pružnějším řešením je zpravidla vytvoření profesní samosprávné komory, která by si sama nastavovala pravidla, kontrolovala je a vymáhala.

Mluví se proto v odborných kruzích o tom, že řešením by mohlo být zřízení profesní samosprávné komory s povinným členstvím hydrogeologů (České komory hydrogeologů), případně společné zřízení profesní samosprávné komory s povinným členstvím s dalšími geologickými obory: inženýrské geologie, ložiskové geologie a geofyziky, s nimiž má obor hydrogeologie velmi podobné problémy a zkušenosti, čímž by mohlo dojít k úspoře nákladů a větší efektivitě stanovení, kontroly a vymáhání pravidel výkonu činnosti hydrogeologů a dalších oborů, tzv. „Komory aplikované geologie“. Jako inspirace by mohla sloužit nedávno zřízená Česká komora zeměměřičů (dále jen „ČKZ“).

Tento příspěvek se tak věnuje problematice zřízení a fungování České komory hydrogeologů ať již samostatně nebo jako případné části Komory aplikované geologie, což na podstatě věci nic nemění.

Základní východiska

Postavení hydrogeologa a jeho „vyjádření osoby s odbornou způsobilostí“ je v rámci povolovacích procesů podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, co se týká nakládání s podzemními vodami, významné:

- Podle § 9 odst. 1 věty třetí vodního zákona „*Podkladem vydání povolení k nakládání s podzemními vodami je vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, pokud vodoprávní úřad ve výjimečných případech nerozhodne jinak.*⁸⁾“;
- Dále podle § 17 odst. 1 písm. g) vodního zákona „*Souhlas vodoprávního úřadu je třeba ke stavbám, zařízením nebo činnostem, k nimž není třeba povolení podle tohoto zákona, které však mohou ovlivnit vodní poměry, a to k vrtům pro využívání energetického potenciálu podzemních vod, z nichž se neodebírá nebo nečerpá podzemní voda; nestanoví-li tento zákon jinak, vodoprávní úřad může v řízení o udělení tohoto souhlasu žadateli uložit, aby mu předložil vyjádření osoby s odbornou způsobilostí*⁸⁾“;
- Podle § 17 odst. 2 vodního zákona „*K žádosti o souhlas k vrtům podle odstavce 1 písm. g) nebo geologickým pracím podle odstavce 1 písm. i) v ochranném pásmu stanoveném podle lázeňského zákona žadatel předloží vyjádření osoby s odbornou způsobilostí podle zákona o geologických pracích*⁸⁾“;

- A podle § 38 odst. 8 věty třetí vodního zákona „*Povolení vypouštění odpadních vod do vod podzemních podle věty druhé nelze vydat bez souhlasného vyjádření osoby s odbornou způsobilostí⁸⁾, která posoudí vliv vypouštění odpadních vod na jakost podzemních vod.*“.

Ve všech případech je odkazováno na zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů.

Jak vidno výše, význam vyjádření hydrogeologa, coby osoby s odbornou způsobilostí v rámci povolovacích procesů týkajících se podzemních vod podle vodního zákona je tedy značný. Na druhé straně je však kvalita tohoto vyjadřování může být v některých případech problematická, když lze v jedné věci získat dvě rozdílná vyjádření osoby s odbornou způsobilostí, která budou v naprostém rozporu, tzn. podle jednoho je záměr možný a podle druhého nikoliv.

Jakkoliv v oboru hydrogeologie funguje stavovská organizace České asociace hydrogeologů, z.s. (dále jen „**ČAH**“), podle jejichž stanov (viz čl. I., v aktuálním znění ke dni 27.11. 2023, dostupné z <https://www.cah-uga.cz/stanovy-ceske-asociace-hydrogeologu/>) „*Česká asociace hydrogeologů, z. s. je nezávislá, stavovská, dobrovolná organizace typu profesní komory zastupující odborné zájmy hydrogeologů v České republice, a pečující o rozvoj a úroveň oboru hydrogeologie.*“.

ČAH je však „pouhou“ dobrovolnou organizací „typu profesní komory“, nikoliv samosprávnou profesní komorou na tzv. členském principu, která by mohla stanovit, kontrolovat a vymáhat pravidla výkonu činnosti hydrogeologů obdobně jako např. nedávno zřízená ČKZ ve vztahu k autorizovaným zeměměřičkým inženýrům nebo již tradiční samosprávné profesní komory jako Česká advokátní komora, Komora daňových poradců ČR, Česká komora architektů, Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků a další ve vztahu ke svým členům.

A právě členský princip, který určuje, že pouze členové jsou oprávněni vykonávat určitou činnost, a tedy možnost stanovit, kontrolovat a vymáhat pravidla výkonu činnosti jsou pro profesní komoru, aby mohla fungovat nejen ona, ale i činnost jejích členů jako taková, včetně respektu k této činnosti, zcela zásadní.

A právě z nedávného zřízení České komory zeměměřičů zákonem č. 88/2023 Sb., kterým se mění zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 47/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů, zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony, ve znění pozdějších předpisů, se lze inspirovat pro případné zřízení České komory hydrogeologů.

Zřízení a fungování České komory hydrogeologů – inspirace Českou komorou zeměměřičů

Na příkladu ČKZ je možné vidět, že zřízení samosprávné profesní organizace s členským principem, která může stanovovat pravidla výkonu činnosti, jejich kontrolu a vymáhání, je proveditelné. A východiska a snaha byla stejná, jako v případě činnosti hydrogeologů, resp. obecně geologů.

Jak uvádí internetové stránky ČKZ (dostupné z: <https://www.ckz.cz/komora/zakladni-informace>), ČKZ byla založena s cílem podporovat a hájit zájmy zeměměřičů, zvyšovat prestiž oboru a zajišťovat vysokou kvalitu poskytovaných služeb. ČKZ se zaměřuje na:

- ochranu profesních zájmů a podporu členů v legislativní oblasti,
- zajištění kvality zeměměřičských služeb prostřednictvím profesních a etických standardů,
- podporu vzdělávání a profesního růstu členů,
- spolupráci a reprezentaci českých zeměměřičů v odborných institucích,
- popularizaci a osvětu oboru pro širší veřejnost i mladší generace.

To jsou cíle, které jsou (či by měly být) totožné s cíli ČAH.

Českou komoru hydrogeologů, resp. Komoru aplikované geologie, by bylo možné zřídit rovněž zákonem, obdobně jako Českou komoru zeměměřičů (ať již samostatným nebo v rámci zákona o geologických pracích).

Členský princip samosprávné profesní organizace a povinnost dodržovat pravidla

ČKZ byla zřízena zákonem č. 88/2023 Sb., který nabyl účinnosti od 1.7.2023.

Jak uvedeno výše, ČKZ je samosprávnou profesní organizací založenou na tzv. členském principu, tzn., že kdokoliv chce vykonávat profesi autorizovaného zeměměřického inženýra, musí být zapsán v seznamu vedeném ČKZ. Konkrétně toto je upraveno v § 16e odst. 1 zákona o zeměměřičství, podle něhož *„Autorizovaný zeměměřický inženýr je ten, komu byla Českou komorou zeměměřičů (dále jen „Komora“) udělena autorizace a je zapsán v rejstříku autorizovaných zeměměřických inženýrů vedeném Komorou.“*

Autorizovaný zeměměřický inženýr je potom povinen mimo jiné

- *„při ověřování výsledků zeměměřických činností jednat odborně, nestranně a vycházet ze spolehlivě zjištěného stavu věci, přitom vždy prověřit soulad postupů jejich vyhotovitele, náležitostí a přesnosti ověřovaných výsledků zeměměřických činností s právními předpisy“* [viz § 16 odst. 1 písm. a) zákona o zeměměřičství] nebo
- *„při ověřování výsledků zeměměřických činností dbát platných obecně závazných právních předpisů, jakož i předpisů vydaných Českou komorou zeměměřičů“* [§ 16 odst. 1 písm. e) zákona o zeměměřičství].

To jsou povinnosti, které by byly vhodné převzít rovněž pro samosprávnou profesní organizaci hydrogeologů.

Kontrola a vymáhání pravidel

Samosprávnou profesní organizace založená na členském principu je i oprávněna pravidla kontrolovat a vymáhat.

Podle § 16f odst. 1 zákona o zeměměřičství *„Komora uděluje autorizaci pro ověřování*

- a) výsledků zeměměřických činností využívaných pro správu katastru nemovitostí, zejména geometrického plánu, kopie nebo stejnopisu geometrického plánu, výsledků zeměměřických činností pro obnovu katastrálního operátu a dokumentace o vytyčení hranice pozemku,*
- b) výsledků zeměměřických činností využívaných pro státní mapová díla, nejsou-li ověřovány na základě oprávnění podle písmene a), zejména dokumentace o zřízení, obnovení nebo přemístění bodu podrobného polohového bodového pole a o zaměření předmětů měření, které jsou obsahem základních státních mapových děl a databáze, a*
- c) výsledků zeměměřických činností využívaných ve výstavbě.“*

S tím souvisí oprávnění podle § 16f odst. 7 zákona o zeměměřičství, podle něhož *„Komora zapíše osobu, které byla udělena autorizace, do rejstříku autorizovaných zeměměřických inženýrů vedeného Komorou a vydá této osobě osvědčení o autorizaci s vyznačeným rozsahem autorizace podle odstavce 1.“*

Podle § 16i odst. 2 zákona o zeměměřičství *„Komora odejme autorizaci tomu,*

- a) komu byla omezena svéprávnost,*

- b) *komu bylo Komorou uloženo disciplinární opatření odejmutí autorizace,*
- c) *komu byla autorizace udělena na podkladě nesprávných nebo neúplných údajů,*
- d) *kdo se písemně vzdá autorizace, nebo*
- e) *kdo opakovaně spáchá přestupek na úseku zeměměřičství.“.*

A podle § 16i odst. 2 zákona o zeměměřičství „*Komora vyškrtne osobu, jejíž autorizace zanikla nebo které byla autorizace odejmuta, z rejstříku autorizovaných zeměměřických inženýrů.“.*

Pokud by se Česká komora hydrogeologů, resp. Komora aplikované geologie, inspirovala pravidly České komory zeměměřičů, rozhodovala by o (samozřejmě dle předem nastavených objektivních, férových a transparentních pravidel) o tom, kdo bude a kdo nebude činnost hydrogeologa vykonávat. Orgány k tomu příslušné by byly samozřejmě na vnitřním nastavení komory.

Ve vztahu ke státní správě v oblasti zeměměřičství je nastavena kontrola orgány státní správy, když podle § 16d zákona o zeměměřičství „*Činnosti autorizovaných zeměměřických inženýrů při ověřování výsledků zeměměřických činností využívaných pro státní mapová díla a správu katastru nemovitostí podléhají státnímu dohledu, který vykonávají zeměměřické a katastrální inspektoráty (dále jen „inspektorát“).“.*

Závěr

Pokud má obor hydrogeologů zájem si sám určovat pravidla (samozřejmě objektivní, férová a transparentní), kontrolovat je a vymáhat, a tím i určovat kvalitu výkonu činnosti hydrogeologů, je samostatná profesní komora založená na členském principu vhodným řešením.

A právě z nedávného zřízení České komory zeměměřičů zákonem se lze inspirovat pro případné zřízení České komory hydrogeologů, resp. Komory aplikované geologie, rovněž zákonem, a to buď samostatným nebo v rámci zákona o geologických pracích.

Česká asociace hydrogeologů, z.s. a další profesní organizace geologů mohou být velmi dobrým základem pro zřízení České komory hydrogeologů, resp. Komory aplikované geologie.

LIKVIDACE NEPOTŘEBNÝCH VRTŮ

Ing. Martin Zrzavecký, Český hydrometeorologický ústav

Monitorovací a průzkumné vrtů, stejně jako studny a jímky, představují záměrný zásah do horninového prostředí, který s sebou nese dlouhodobou odpovědnost za stav a bezpečnost objektu. Pokud vrt přestane plnit svou funkci a není řádně zabezpečen nebo zlikvidován, může se stát významným hydrogeologickým rizikem. Nevystrojený nebo poškozený vrt funguje jako preferenční cesta pro kontaminanty z povrchu do hlubších zvodní, jež jsou za přirozených podmínek chráněny málo propustnými vrstvami. U přetokových artézských vrtů navíc dochází k neřízenému odtoku podzemní vody na povrch, čímž se narušuje přirozená hydraulická rovnováha. Nejzávažnější situaci představují hluboké vrtů zasahující více zvodní — ty mohou způsobit jejich hydraulické propojení, změnu tlakových poměrů a zhoršení kvality podzemních vod, včetně ohrožení hlubokých kolektorů využívaných jako zdroje pitné vody.

V průběhu regionálních hydrogeologických průzkumů v 70. a 80. letech minulého století bylo realizováno na území dnešní České republiky velké množství průzkumných vrtů financovaných státem, prováděných organizacemi, které dnes většinou již neexistují. U řady těchto objektů není znám vlastník ani odpovědný subjekt. Rovněž není jednoznačně vymezená odpovědnost mezi resorty životního prostředí a zemědělství. Přitom se jedná o objekty často ve špatném technickém stavu, dosahující značných hloubek a zasahující více zvodní.

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) se problematikou likvidace nepotřebných vrtů zabývá systematicky již od konce 80. let minulého století, kdy mu byla v rámci hospodářské smlouvy předána skupina 281 hydrogeologických objektů určených k likvidaci, převážně hlubokých vrtů. V důsledku společenských a ekonomických změn po roce 1989 byla tato činnost na delší dobu přerušena a k jejímu obnovení došlo až po roce 2000. Od samého počátku se realizace likvidací potýkala s řadou praktických komplikací. Evidence předaných vrtů byla v mnoha případech pouze formální a neodpovídala skutečnému terénnímu stavu, takže před zahájením prací bylo nutné objekty složitě dohledávat. Část vrtů se nepodařilo lokalizovat vůbec — v terénu již nebyly patrné a způsob jejich zániku není znám. Další komplikací bylo zajišťování souhlasu vlastníků dotčených pozemků; u některých objektů se souhlas nepodařilo získat dodnes.

Postupně byly do programu zařazovány i objekty z vlastní monitorovací sítě ČHMÚ, u nichž technický stav neumožňoval bezpečný další provoz. Od roku 2007 bylo v rámci ČHMÚ odborně zlikvidováno více než 500 monitorovacích a průzkumných vrtů, přičemž přibližně třetinu tvořily hluboké vrtů. Celkové náklady na tyto práce přesáhly 40 mil. Kč. Tyto zkušenosti — technické, administrativní i majetkoprávní — tvoří základ, z něhož ČHMÚ vychází při realizaci aktuálního programu.

V říjnu 2025 byla v rámci Národního programu Životní prostředí vyhlášena výzva Státního fondu životního prostředí ČR č. 23/2025, zaměřená na financování likvidace nepotřebných průzkumných hydrogeologických vrtů bez známého vlastníka nebo odpovědného subjektu. Oprávněným příjemcem podpory je ČHMÚ, který zajišťuje odbornou realizaci včetně souladu s platnou legislativou. Pro program je alokováno celkem 50 mil. Kč s možností čerpání do konce roku 2029. V návaznosti na vyhlášení výzvy oslovil ČHMÚ orgány státní správy a samosprávy s žádostí o vytipování vhodných objektů. První termín pro podání návrhů byl stanoven na 31. 3. 2026, druhé kolo proběhne k 31. 10. 2026.

Nový program představuje dosud chybějící nástroj pro systematické řešení rizikových objektů, jejichž likvidace dosud narážela především na nejasné vlastnictví a možnosti financování. Příspěvek shrnuje praktické zkušenosti ČHMÚ nabyté během několika desetiletí a diskutuje hlavní překážky, s nimiž se likvidace vrtů v českém prostředí potýká. Hlavním cílem příspěvku je informovat odbornou i správní veřejnost o aktuálních možnostech a zapojení do probíhajícího programu.

SKRYTÝ HYDRAULICKÝ ZKRAT VE VRTECH

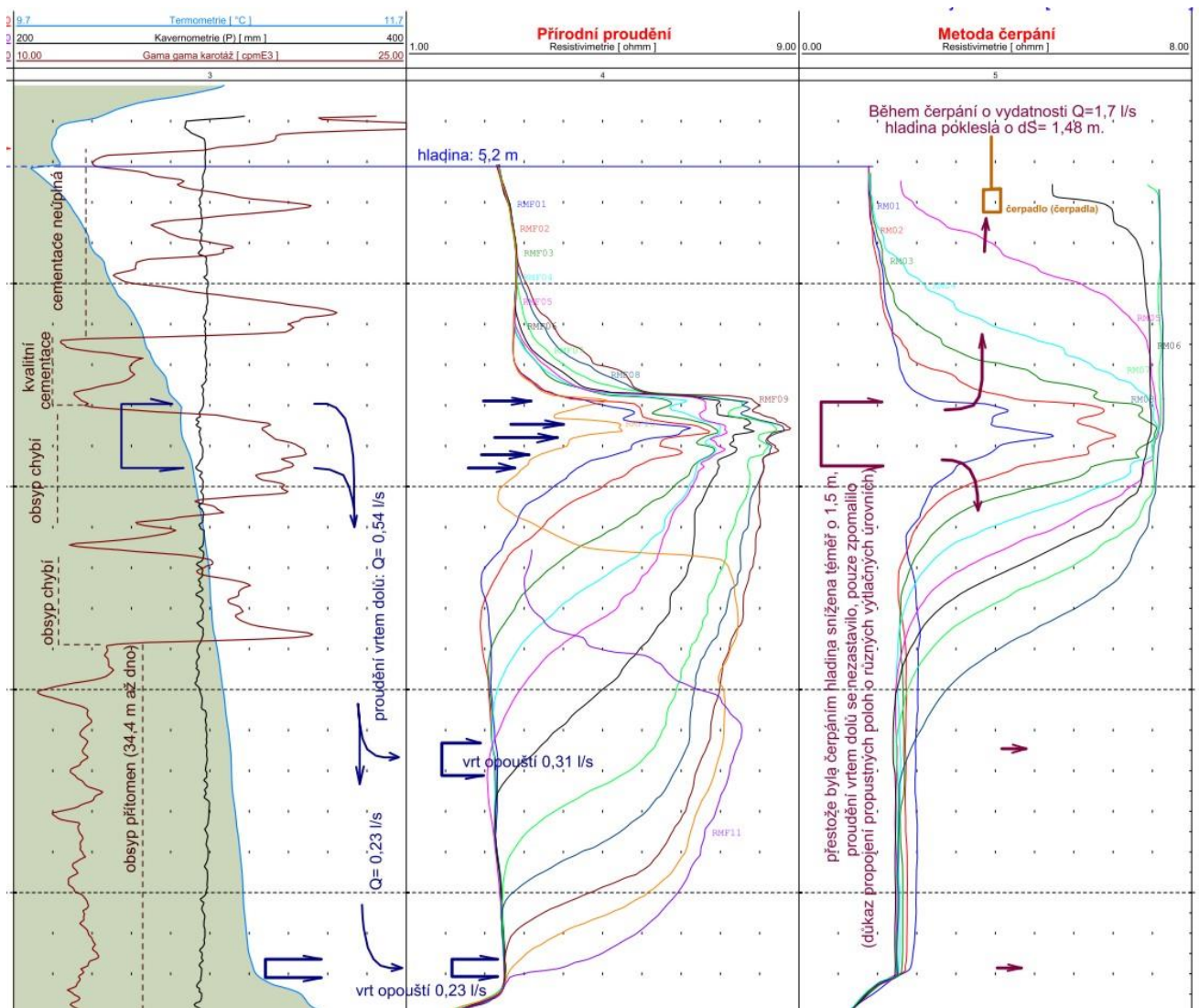
Mgr. Petr Nakládal

Abstrakt.

Klasický hydraulický zkrat ve vrtech je sice nežádoucí, ale standartními metodami detekovatelný a vesměs jednoduchými prostředky opravitelný jev. Před několika lety jeden inženýr, nadhodil dotaz „Co když se ten zkrat odehrává za plnou zárubnicí výstroje vrtu“. Zprvu absurdní dotaz se s časem stával stále méně absurdní, až v současnosti máme zjištěno, že se jedná o jev zcela reálný a poměrně dost hojný. Nevhodným vystrojením, a hlavně těsněním mezikruží vrtu dochází k propojování jednotlivých kolektorů s důsledkem na jakost čerpané vody a hladiny podzemních vod v jeho okolí. Skrytý hydraulický zkrat je velmi obtížně detekovatelný a bez podrobných znalostí také standartními metodami obtížně opravitelný.

1. Úvod

Vlivy klasického hydraulického zkratu v rámci kterého, jsou vrtem propojeny přes perforovanou zárubnici dva kolektory (obr. 1), jsou mezi odbornou veřejností poměrně dobře známy. o problematice hojně přednáší kolega RNDr. Martin Procházka. Co způsobuje klasický hydraulický zkrat je zřejmé z obrázku 2. Obrázek byl určen pro vysvětlení hydraulických zkratů u zemních výměníků tepelných čerpadel, ale funkcí jde o totožný princip jako u vrtů na vodu. Vrty vytvářející hydraulicky velmi vodivé propojení mezi jednotlivými kolektory (minimálně dva ale může se zadařit a vrtař propojí i více než tři kolektory) nejsou v České republice výjimečné. Obce se diví, proč se ztrácí voda z obecních vodovodů a domovních studní (foto 1) a přitom stačí uhodit na posledního vrtaře, co hloubil v obci vrt pro vrtanou studnu nebo zemní výměník pro tepelné čerpadlo. Z hlediska principu vzniku bych hydraulické zkraty rozdělil na vnitřní (detekovatelné uvnitř vrtu), vnější (přes obsyp za plnou výstrojí), trvalé nebo občasné (sezónní v době infiltrace). Nejsnáze detekovatelné jsou trvalé vnitřní hydraulické zkraty. Protože tato problematika je dostatečně odborné veřejnosti známa, nebudu ji více rozpitvávat a zaměřím se pouze na skryté hydraulické zkraty, a to jak trvalé, tak občasné.



Obr. 1: Klasický projev hydraulického zkratu mezi dvěma kolektory přes perforovanou část výstroje na záznamu karotáže.



Foto 1: Pokles hladiny vody ve studni vlivem vrtu s hydraulickým zkratem (lokality Obruby, ve studni je normálně 4 m vody).

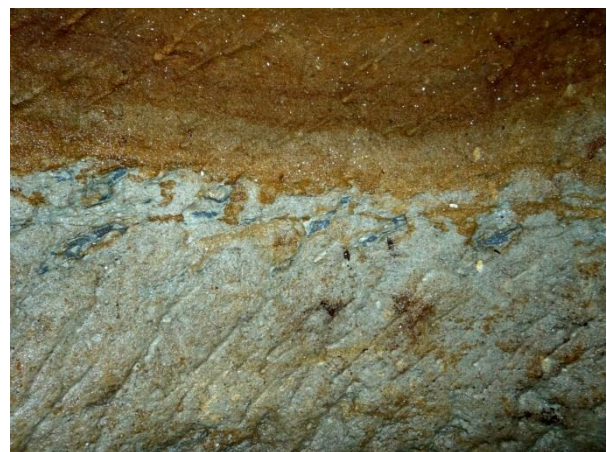
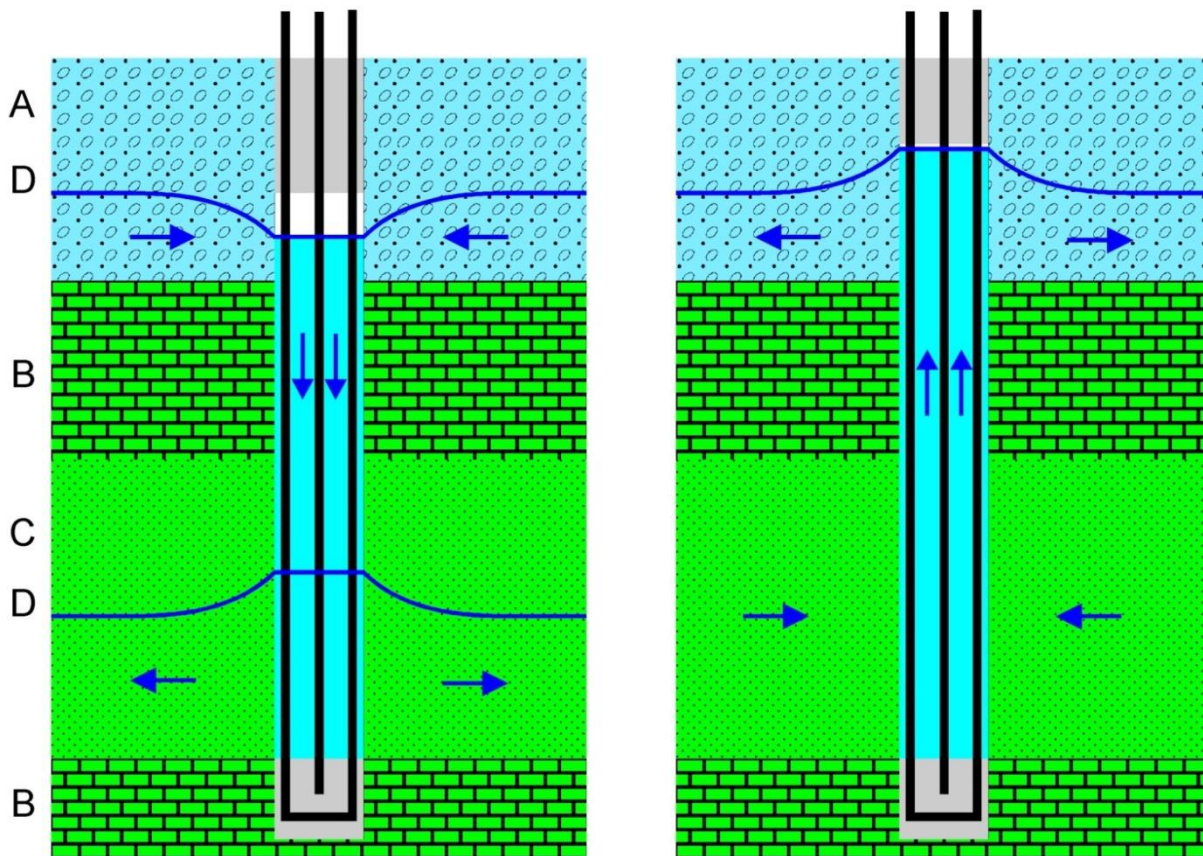


Foto 2: Jílovitější poloha se závalkami prachovce ve studni v Dobšíně.



Obr. 2: Princip hydraulického zkratu vlivem vrtu zemního výměníku tepelného čerpadla.

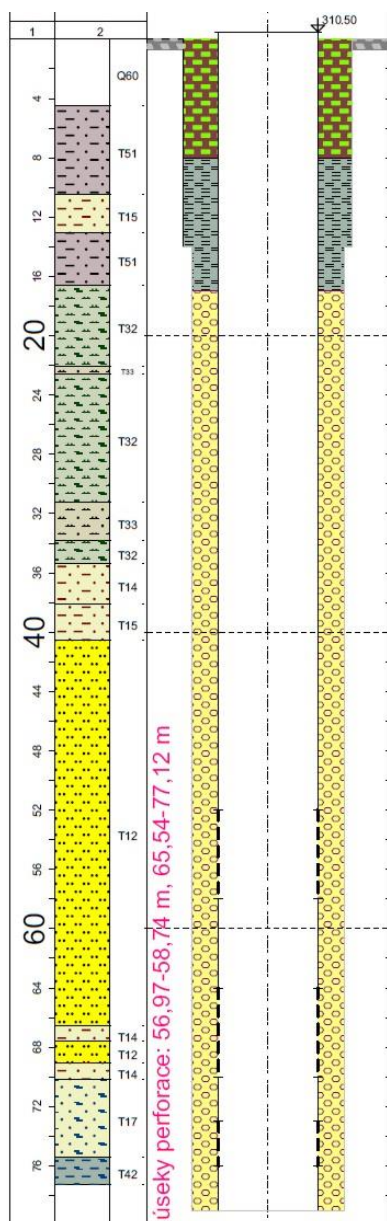
A – štěrkopísek; B – hydraulický izolátor; C – hydraulický kolektor (např. pískovec);

D – hladina podzemní vody; modré šipky – proudění podzemní vody. Vlevo hydraulický zkrat mezi pískovcovým a štěrkopískovým kolektorem s volnou hladinou podzemní vody. Vpravo hydraulický zkrat mezi pískovcovým kolektorem s napjatou hladinou a štěrkopískovým kolektorem s volnou hladinou podzemní vody.

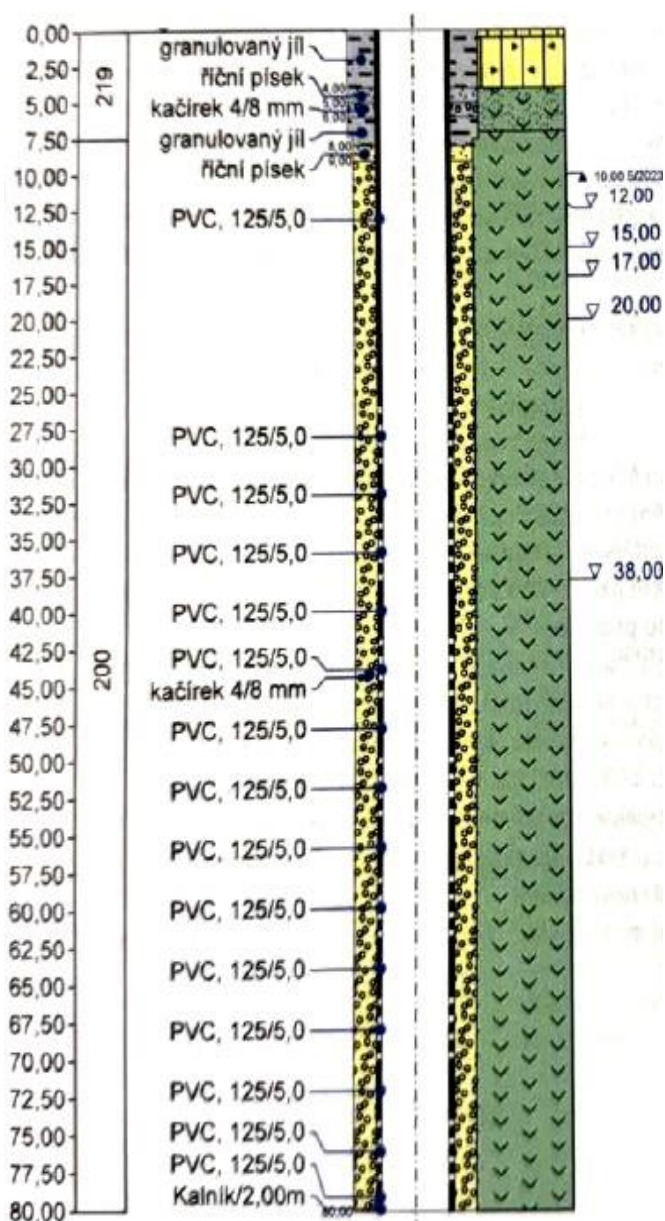
Skrytý trvalý hydraulický zkrat.

Skrytý trvalý hydraulický zkrat se nejčastěji skrývá za plnou výstrojí (obr. 3). Voda z vyššího kolektoru proniká přes obsyp nebo v případě, že vrt není obsypán, protéká v mezikruží vrtu (také hojný případ v ČR, podle některých vrtařů se prý vrty nikdy neobsypávaly). Často se tak děje v rámci konstrukce vrtů pro vrtané studny, kdy vrtař umísťuje výstroj o průměru 125 mm do vrtu průměru 150 mm. Ale jak je možné, že se vrtem propojí dva kolektory a nikdo si toho nevšimne? Jedná se o zanedbání odborného geologického dozoru v průběhu vrtných prací. V současnosti se vrty hloubí nejčastěji ponorným kladivem, které umožňuje rychlý postup vrtání. Nelze předpokládat, že vrtaři občas jen s ukončeným základním vzděláním v lepším případě s ukončeným odborným vzděláním (jiné vyjádření pro učňák) budou rozumět geologii. Vrtaři při hloubení vrtu „honí peníze“ a tak s vrtnými pracemi pospíchají. Navíc, to, co lítá z vrtu, je pro něj odpad, a tak se s vrtanou horninou příliš nemazlí. Je jim úplně jedno, že vrtají navlhlou horninu indikující drobný zvodnělý kolektor. V rámci dalšího hloubení se stává, že drobnější kolektory (vydatnost do 0,2 l/s) se tlakem vzduchového výplachu obsahující prachové částice zalepí a otevrou se až po vypláchnutí vrtu po naražení vydatnějšího přítoku. To, že ve vrtu začalo šumět, vrtařům zvyklým na randál vrtné soupravy běžně unikne. Už od 80 let podceňovali vrtaři práci s výstrojí. Také v současnosti zapustí do vrtu co nejrychleji výstroj, nasypou kačírek a rychle pryč. Práci si taky usnadní, když mezikruží zasypou

kačírkem až k povrchu. Můžete být rádi, když do mezikruží kus pod terémem nasypou jeden až dva pytle bentonitu. Co vznikne je vidět z obrázku 4.



Obr. 3: Klasický profil vrtu v křídě podezřelého na hydraulický zkrat.



Obr. 4: Klasický profil vrtu v krystaliniku podezřelého na hydraulický zkrat.

Je zřejmé, že v oblasti prachovců může existovat (a v případě obr. 3 v cca 20 metrech také existuje) drobný puklinový kolektor. Přítok vody přes obsyp vně zárubnice se následně zasakuje do nižšího pískovcového kolektoru. Vzniká tak skrytý trvalý hydraulický zkrat. Z hlediska litologie se nemusí jednat jenom o puklinové kolektory v prachovito pelitických horninách, ale i o drobné polohy obtížně zjištělných jílovitějších hornin v kvádřových pískovcích (foto 2) nebo dokonce o různé puklinové systémy v horninách krystalinika. Skrytý trvalý hydraulický zkrat se projevuje hlavně v oblasti spojů zárubnic. Spojení zárubnic netěsní, a tak spojem přitéká při tomto typu zkratu do vnitřního prostoru trochu vody (foto 3). Obdobně po určité době netěsní trhačí nýty používané jako spojovací materiál hrdlovaných zárubnic (foto 4). Není to tím, že by byly primárně netěsné, ale kombinace uhlíkové oceli a hliníku tvoří elektrochemický článek. Po určité době tak dojde k odkorodování hliníku a zpočátku těsný nýt samovolně vypadne.

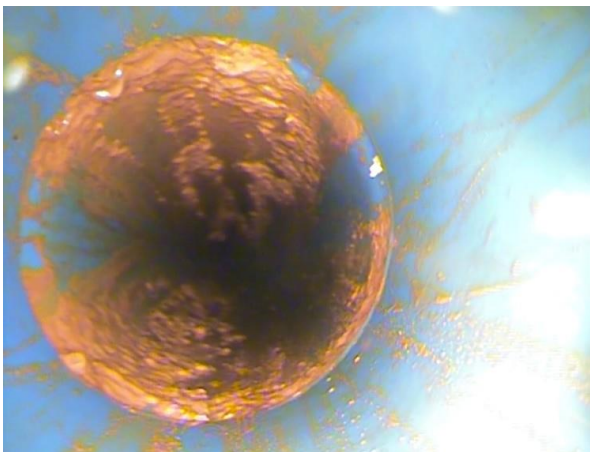


Foto 3: Vlivem oxohydroxidů železa viditelný malý přítok vody (rez) přes spoj zárubnic.

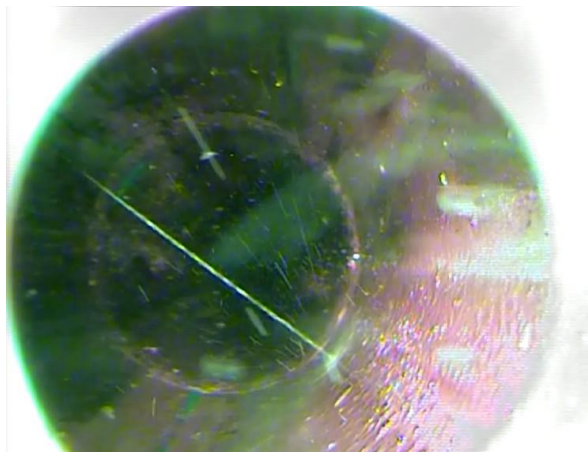
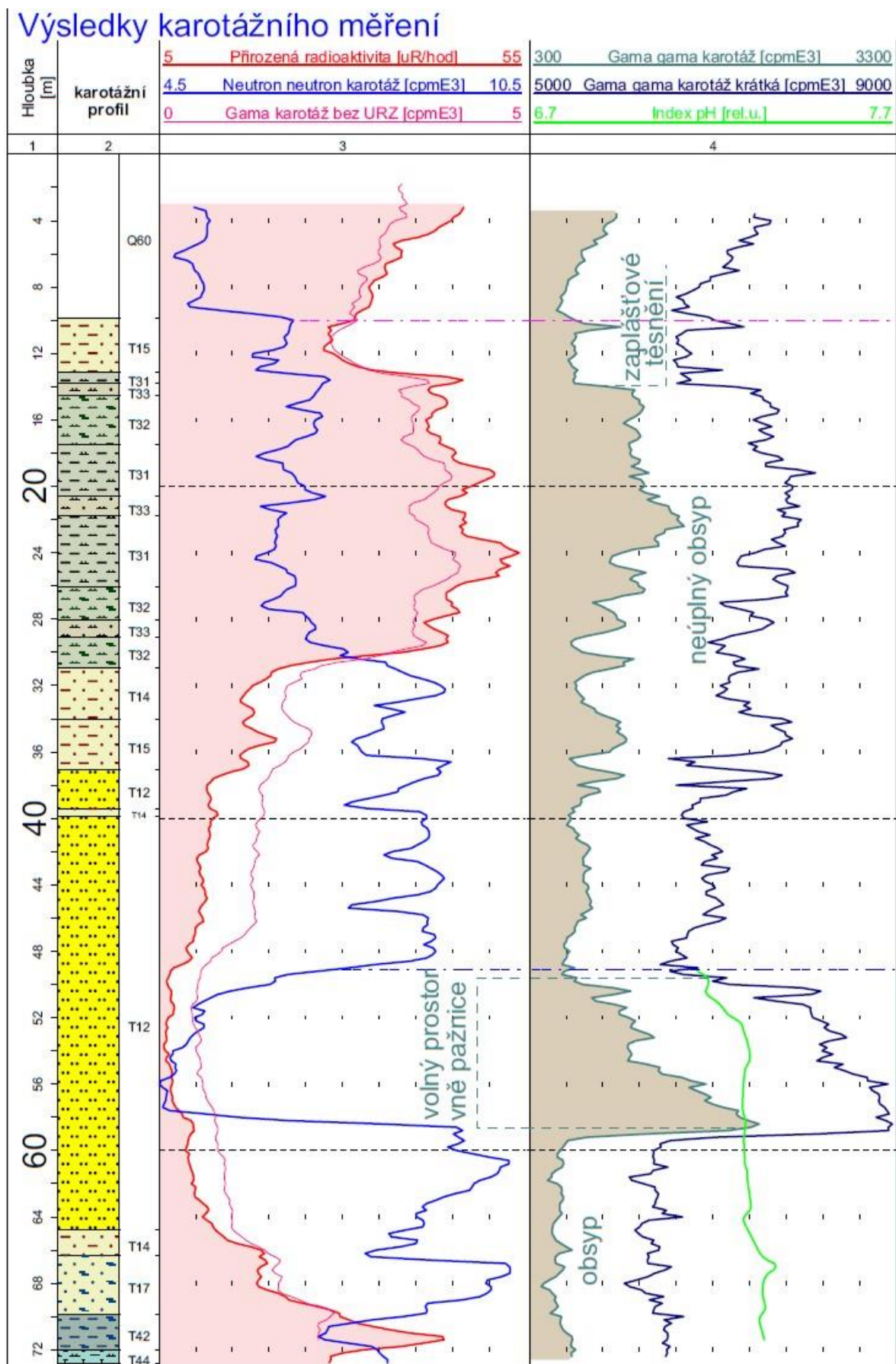


Foto 4: Proud vody přes odkorodovaný nýt. Původní vnější trvalý hydraulický zkrat z obr. 3

Množství vody protékající vně zárubnice ale také není úměrné množství, co prosakuje spojem. Vně plné roury může protékat „vodopád“ zatím co vevnitř jen voda kape. Občas vrtaři argumentují, že zásyp vrтанým materiálem je náhrada za těsnění vrtu. Podle zkušeností není (obr. 5). i z prachovce nadrceného ponorným kladivem nevznikne po nasypání do vrtu opět původní hornina. Navíc jeho konzistence je taková, že se nalepí na stěny a vytvoří nedokonale těsný obsyp (vlastní praxe z jeskyní). Skrytý trvalý hydraulický zkrat je také zákeřný tím, že klasická metoda rezistivimetrie ho nedokáže odhalit. Podzemní voda z vyššího kolektoru se může postupně zasakovat do kolektoru nižšího, aniž by se to projevilo v oblasti hladiny podzemní vody v takto postiženém vrtu. Vlivem chemicko-bakteriálních pochodů aktivovaných proudící vodou se kolmatují cesty proudící vody a skrytý trvalý hydraulický zkrat se stává postupem doby více a více viditelný až spoji začne vytékat podzemní voda v plné vydatnosti vyššího kolektoru (foto 3 a 4). To se obvykle stává až po záruční době vrтанé studny.



Obr. 5: Oblast neúplného obsypu = zához vrtnou drtí.

Skrytý občasný hydraulický zkrat.

Nejobtížněji detekovatelné jsou hydraulické zkraty občasné (foto 5 a 6). Ty jsou podmíněny provrtáním plošně málo rozšířeného a málo významného drobného kolektoru plněného jen v období s významnou infiltrací (když dlouho prší nebo na jaře při tání sněhu). Na rozdíl od předchozího případu provrtáním tak drobného kolektoru nelze způsobit v okolí vrtu katastrofu podmíněnou ztrátou vody v okolních studnách. Po vyhloubení vrtu je zdánlivě vše v pořádku. Vrt je stabilní a ani v něm není slyšet tok vody. Prakticky ani geologický dozor nemůže nic podezřelého zpozorovat. Pro vrtaře je to jasný signál, že může vrt obsypat až k terénu, možná s jednou polohou bentonitu. Problém nastává právě v období zvýšené infiltrace, kdy nevhodně vystrojeným vrtem může proudit poměrně slušné množství vody řádově v 0,X l/s. Vrt se vlivem mísení vod s rozdílným chemickým složením kolmatuje a majiteli vrtu to způsobuje komplikace s jeho využíváním (foto 6).

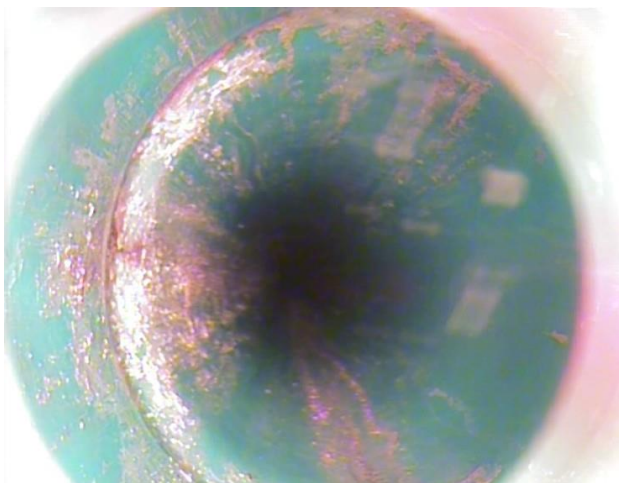


Foto 5: Karbonátem (bílé šmouhy) zviditelněný občasný přítok vody do vrtu v 15 m. Foto nad hladinou vody.

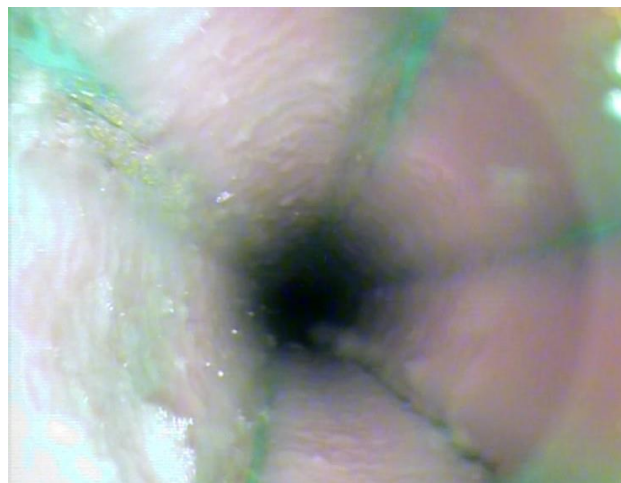
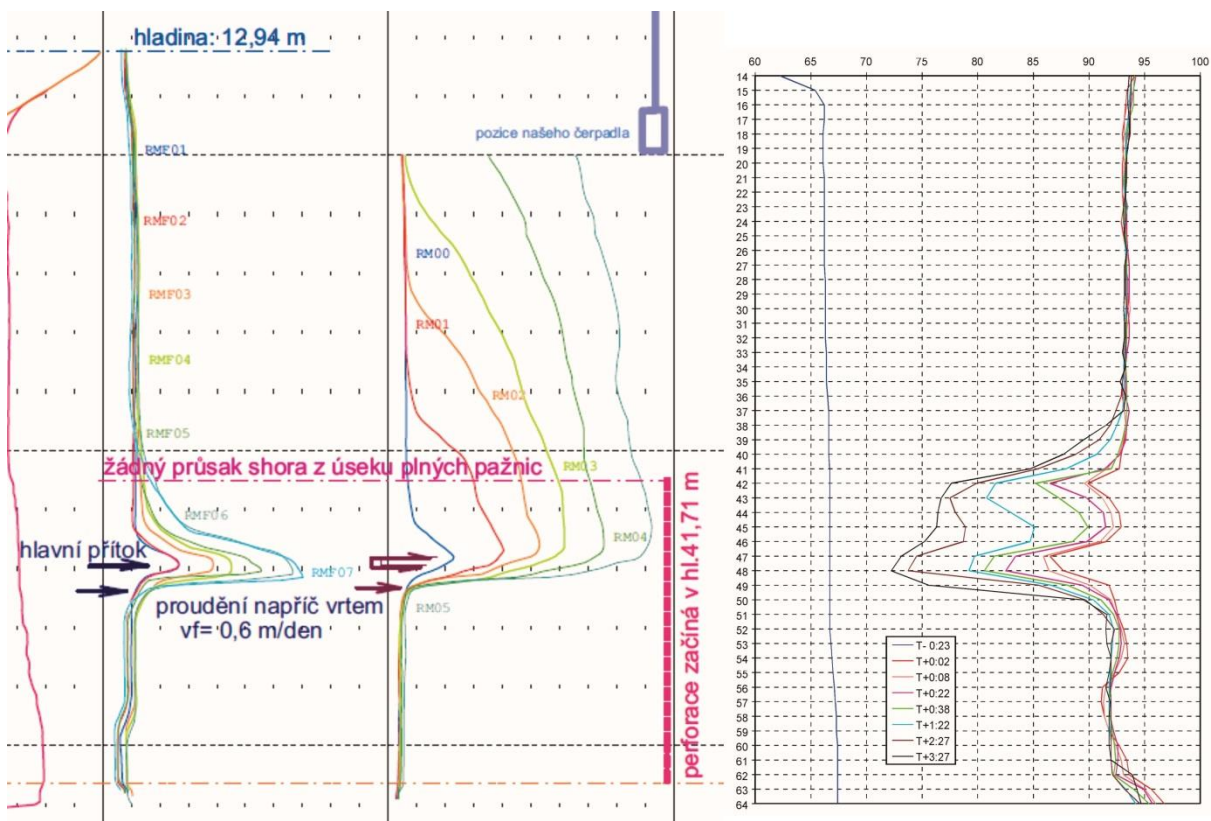


Foto 6: Společná kolmatace mikrobiálního původu a kalcitem (doloženo RTG difrakční analýzou) vlivem přítoku z foto 5. Foto pod hladinou vody.

V rámci následujících prohlídek a měření ve vrtu (karotáž) se nemusí nic podezřelého odhalit, pokud vrtem aktuálně neprotéká voda z vyššího kolektoru (obr. 6). V průběhu většiny roku lze ale na stěnách vrtu pozorovat jevy související s občasným přítokem vody. Bohužel tyto jevy nebývají pozorovatelné hned po vyhloubení vrtu, ale až po nějaké době související s rychlostí srážení minerálů nebo s nárůstem mikroorganismů (foto 3, 5 a 7). Pokud je vrtař prase a nechává výstroj ležet v bahně, pak mohou nečistoty na výstroji vzniklé před její zabudování vypadat jako inkrustace po toku vody vrtem.



Obr. 6: Porovnání rezistivimetrie v období s nízkou (vlevo) a zvýšenou infiltrací (vpravo) na vrtu v Potštejně. Ve vrtu občas šumí a je v něm rezavá voda. Vrt je v ochranném pásmu vodních zdrojů v místě se zemědělskou.

Jak na detekci občasných hydraulických zkratů a jak se jim bránit.

Vrtané studny postižené trvalým hydraulickým zkratem, ať už je měřitelný uvnitř vrtu nebo skrytý za výstrojí, negativně ovlivňují hladiny podzemních vod v širokém okolí až do vzdálenosti cca 250 m (empirická zkušenost). Také životnost takových vrtů je omezená chemickými a biologickými jevy (viz foto 6 a 8). Obdobně tak fungují i vrtu s občasným hydraulickým zkratem. Přítokem vod mělkého oběhu do oběhu hlubšího dochází k chemickým reakcím (minimálně srážení kalcitu a oxohydroxidů železa) a rychlého nárůstu mikroorganismů (foto 3, 5 a 7). Takto postiženým vrtům se výrazně snižuje vydatnost a trvale z nich teče kalná voda. Postižená vrtaná studna se tak musí často regenerovat (foto 6 a 8), a to úplně ignoruje pozici vrtaných studní v oblasti ochranných pásem zdrojů podzemních vod. Mělké a občasně kolektory bývají často kontaminovány antropogenní činností. Pracovníky vodárenských firem by mělo předně zajímat, zda v ochranných pásmech nebo i v hydrogeologickém povodí jejich vrtů se nenachází vrtu se všemi typy hydraulických zkratů (viz obr. 6). Možná by to lépe vysvětlovalo některé neočekávané změny chemizmů čerpané vody než oblíbené svádění všeho na klimatické změny.



Foto 7: Mikrobiální nárůsty na stěně a na hladině ve vrtu vyhloubeného na podzim 2025. Foto únor 2026.

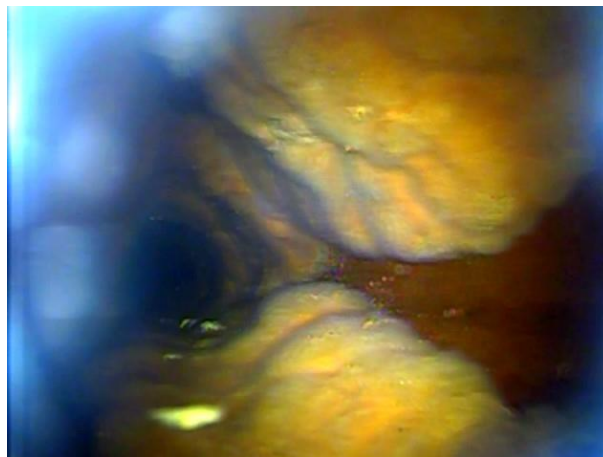


Foto 8: Nárůsty mikrobiálního původu ve vrtu postiženého trvalým hydraulickým zkratem.

Jak se pozná, že je ve vrtané studni skrytý hydraulický zkrat? Jednoduše, poslechem. V kvalitně vybudovaném vrtu je ticho. Pokud je ve vrtu skrytý hydraulický zkrat tak v něm šumí nebo kape. Bohužel až po určité době po jeho vyhloubení. Další indikace je měření hladiny vody ve vrtu. Chemickou a biologickou kolmatací spodního kolektoru dochází k pozvolnému vzestupu hladiny vody ve vrtu. Nejmarkantnější indikace skrytých hydraulických zkratů obou druhů je proudění vody vrtem nad hladinou vody a nárůsty na jeho stěně (foto 3, 4, 5 a 7). Proto je velmi vhodné před převzetím vrtané studny na ní realizovat kamerovou prohlídku a tu zopakovat před ukončením záruční doby na vrt (vrtaná studna je stavba, takže 5 let).

No a na závěr, jak se skrytým hydraulickým zkratům bránit? Naražení malého nebo občasně zvodnělého kolektoru se dá při postupu vrtných prací snadno přehlédnout, takže tudy cesta nevede. Několikadenní bádání nad čerstvě vyhloubeným vrtem zase neprojde u vrtařů. Jedna z možností je po vyhloubení vrtu změřit rezistivimetrií proudění vody vrtem. To se dá zvládnout do hodiny. Další metoda je prohlídka nevystrojeného vrtu kamerou. Přítoky z vyšších kolektorů bývají docela dobře patrné. Co je ale důležité, je vystrojení vrtu a jeho těsnění. Nic nelze zkazit, když se vrtem podchytí jeden kolektor (ostatně jak to vyžaduje naše legislativa) a zbylé kolektory se odtěsní, a to až po terén. Klasické těsnění vrtu se dělá jílem nebo cementací. Vrtaři dost lamentují nad cenou pytlovaného bentonitu. Další a výhodnější možnost je na těsnění vrtu použít beton. Je to daleko levnější než hydraulickým zkratem postižený vrt následně opravovat. Opravy takto problematických vrtů je možné pouze převrtáním, a to znamená v cenové relaci jako vrt nový.

AKTUÁLNÍ MOŽNOSTI VRTNÝCH PRACÍ

Petr Soukup

Stavební geologie-geoprůzkum České Budějovice, spol. s.r.o.

Abstrakt

Příspěvek shrnuje současné možnosti vrtání s primárně směřován k vodárenským a hydrogeologickým vrtům. Přednáší o přechodu ke kompaktním pásovým soupravám, stále potřeby výplachových technologií a zavádění systémů průběžného pažení. Dále se věnuje modularitě vrtných hlav. Text zdůrazňuje význam projektové přípravy, nezastupitelnost výplachu a přesné instalace výstroje. Součástí jsou dva příklady z praxe – Byňov, kde predikce odpovídaly realitě, a Václaví, kde bylo nutné řešit nastalé komplikace. Cílem je podělit se o zkušenosti z provozu a nastínit, že kvalitní technika je jen část úspěchu; stejně důležitá je spolupráce všech zúčastněných a schopnost reagovat na skutečné geologické podmínky.

Úvod

Vrtné technologie prošly v posledních dvou desetiletích výrazným vývojem. Z původně jednoduchých rotačních metod se vyvinuly moderní soupravy s dvojitou rotační hlavou, vyšší mírou automatizace a možností současného vrtání a pažení. Základní principy přímých a nepřímých výplachových metod zůstávají klíčové, avšak změnila se dostupnost výplachových směsí – širší nabídka bentonitů, polymerů a specializovaných aditiv umožňuje lépe reagovat na geologické podmínky.

V posledních letech se prosazuje trend univerzálnějších a kompaktnějších vrtných souprav. Přibývá dominance pásových souprav nad kolovými; transportní limity však udržují jejich hmotnost obvykle do 20–25 tun. Tento příspěvek shrnuje současné technické možnosti vrtání vodárenských a hydrogeologických vrtů a doplňuje je o praktické zkušenosti z provozu.

Význam projektové přípravy

Geologická pestrost České republiky způsobuje, že požadavky jednotlivých zadavatelů se často výrazně liší. Aby bylo možné zvolit vhodnou technologii, je nezbytné, aby se již v úvodní fázi projektu potkaly všechny klíčové strany – vrtná firma, hydrogeolog a vodárenský subjekt. Společně musí vyjasnit očekávané cíle, technické limity i reálné možnosti provedení.

Pro rozhodnutí o technologii vrtání jsou zásadní zejména informace o:

- **předpokládané geologické stavbě,**
- **požadované vydatnosti vrtu,**
- **nutnosti oddělení jednotlivých zvodní,**
- **riziku přetoků nebo erupcí.**

Teprve na základě těchto údajů lze stanovit vhodný průměr vrtu, hloubku technického pažení a dimenzi výstroje.

Orientační dimenzování vrtů pro praxi

Při návrhu vodárenských vrtů se v praxi často vychází z obecně přijímaných orientačních hodnot (ČSN 75 5115):

- **Q 2–5 l/s:** obvykle DN 140; obsyp cca 70–90 mm; konečný průměr vrtu ≈ 300–350 mm
- **Q do 10 l/s:** obvykle DN 200; obsyp ≈ 100 mm; konečný průměr vrtu ≈ 394–400 mm
- **Q nad 10 l/s:** obvykle DN 250–300; obsyp cca 110–125 mm; konečný průměr vrtu ≈ 500–550 mm

Současné technologie vrtání

Vrtání na vodní výplach

Pro vrty s vyšší požadovanou vydatostí se nejčastěji používají metody přímého a nepřímého vyplachu. Mobilní soupravy schopné vrtat na výplach jsou limitovány hmotností, tahem i dostupností příslušenství. V české praxi se uplatňují robustnější soupravy starší konstrukce, např. **Wirth B-3 (f.Ekodrill)**, **SA20T (f.MZZ)** nebo **Drillmec G25**. V některých případech se před vlastním vrtáním provádějí velkopřůměrové pilotážní předvrty pomocí **Soilmec** nebo **Bauer** pro založení pažení Ø ≈ 900 mm do hloubek 30–50 m.

Vrtání ponorným kladivem (DTH) -* vzduchový výplach

Ponorné kladivo je druhou nejčastější technologií. Standardem jsou 8" kladiva; pro větší průměry se spojují kompresory nebo používají 40barové jednotky. V praxi se často pracuje s kompresory 30–35 bar (úspora paliva vs. rychlost vrtání). Používají se vrtné tyče 114 mm nebo 140 mm a korunky do Ø 354 mm.

Dvojitá rotační hlava a průběžné pažení

Tato technologie je vhodná v nestabilních horninách; umožňuje kontrolované pažení v reálném čase. **Omezena je velikostí pažící hlavy a průměrem pažnic**, což je třeba zohlednit při návrhu vrtu a volbě výstroje.

Kompaktní pásové soupravy – typu Comacchio 900

V naší firmě používáme upravené 17tunové pásové soupravy **Comacchio 900**, schopné vrtat pod výplachem do konečného průměru 400 mm. V ČR bude odhadem přibližně do 15 souprav schopných vrtat konečným průměrem 400 mm (Comacchio 900, Rotomax XL GTCi, Nordmeyer DSB, EGT VT). Transportní parametry pásových souprav mají hmotnost do 20–25 tun. Jelikož na silnicích je nadrozměrná přeprava definována nad 48 t. Tyto soupravy často bývají alokovány na vrtání pro tepelná čerpadla, jelikož to pro ně představuje snazší práci.

Technologické směry a inovace

Renesance nepřímé cirkulace (RC)

RC se vrací díky rychlejšímu odběru vzorků, lepší kontrole výplachu a možnosti vrtat v nestabilních formacích bez kolapsu stěn.

Casing Advancement Systems (CAS)

Zatahovací pažení umožňuje bezpečné vedení vrtu v nesoudržných zeminách, minimalizuje riziko zavalení a zrychluje dosažení projektované hloubky.

Modulární převodovky a výměnné vrtné hlavy

Moderní soupravy umožňují výměnu vrtných hlav na jedné hydraulické konfiguraci. U **Comacchio 900** používáme tři hlavy na stejnou hydrauliku a jeden ovládací pult: **CH1700** (jádrovací, 1400 ot/min), **R2500** (hlava s výplachem) a **RH2400/HD4000** (rotační hlavy). Běžná výměna systému trvá jeden den.

Modernizace kompresorů a automatizace

Mobilní kompresory dosahují 40 bar; standardem je centrální automatické mazání; hydraulické podavače a zásobníky tyčí jsou běžnou součástí souprav. Výrobci směřují k automatizaci ovládání vrtání a implementaci **MWD (Measure While Drilling)**.

MWD – měření při vrtání

Přenosné zařízení **EPIROC DTH Optimizer** má senzory u ponorného kladiva a přenáší data o zdvihu korunky, frekvenci úderů a efektivitě penetrace, což umožňuje optimalizaci parametrů vrtání v reálném čase.

Výplachové technologie a typy dlát

Do inovací je třeba započítat i širší nasazení **výplachových technologií** a rozlišení typů dlát podle principu a použití. Níže přehledně:

Typ	Princip	Výhody	Nevýhody	Vhodné pro
PDC dláta	Diamantové segmenty kontinuálně řezou a drtí horninu bez pohyblivých částí	Vysoký ROP; dlouhá životnost; nízké vibrace	Vyšší cena; citlivost na rázy; méně vhodné v heterogenitách	Měkké a středně tvrdé horniny
Valivá dláta	Tři kuželové válečky s ozuby; drticí princip	Univerzální použití; odolnost vůči heterogenitám	Nižší ROP než PDC; vyšší opotřebení ozubů	Tvrdé formace a heterogenní horniny
Listová dláta	Pevné ocelové listy; řezný princip	Nízká cena; rychlá práce v měkkých sedimentech; jednoduchá údržba	Nízká životnost; omezená účinnost v tvrdších horninách	Jíly, písky, malé profily

Vystrojování vrtů – často podceňovaná fáze

Stejně jako pro vrtání potřebujeme schopné vyškolené pracovníky a odborníky, i při fázi vystrojení vrtů jsou zapotřebí zkušenosti. Vystrojení při dnešních technických možnostech někdy neprávem bývá považováno za rutinní záležitost. Vystrojení vrtu, případné cementace, oddělení zvodní může být stejně náročné jako samotné vrtání. Často rozhoduje o dlouhodobé funkčnosti. Je nutné zajistit:

- **zdravotně nezávadnou výstroj,**
- **správné rozmístění centrátorů,**
- **ochranu proti elektrochemické korozi,**
- **kvalitní spojování nerezových částí,**
- **karotážní měření před instalací výstroje.**

Vrty nejsou dokonale svislé – běžně mají **pravotočivý spirálovitý průběh** a úklon několik stupňů. U 100 m hlubokého vrtu způsobí horizontální odklon 5 stupňů posun dna až o 8–9 metrů. To může zásadně ovlivnit navrtání úzkých přítokových zón, instalaci výstroje. V praxi to znamená, že i dobře navržený vrt může selhat, pokud není výstroj instalována s ohledem na skutečnou geometrii a průběh vrtu.

Příklady z praxe – tabulka realizací

Lokalita / vrt	Interval (m)	Průměr vrtání	Pracovní pažení	Popis horniny	Výstroj (stručně)
Hy 105C Dolní Bojanovice (f. Ekodrill, 2023) – Obec Mikulčice / VaK Hodonín pro 6 l/s a více	0–25	Ø 900 mm – pilotážní předvrt, cementace	Ø 720 mm	kvartér – hlíny, písky	AC 220/305 mm, filtry Munipack
	25–150	Ø 650 mm, cementace	Ø 530 mm	neogenní jílovce, slínovce	—
	150–230	Ø 494 mm	—	neogenní jílovce, písky	—
HN 1 Moravský Písek (f. Moravský zeměvrtný závod, 2026–2028) – VaK Hodonín pro 8–15 l/s	0–25	Ø 850 mm – pilotážní předvrt, cementace	Ø 820 mm	kvartér – nezpevněné sedimenty do 35 m	Ocel Ø 324 mm, filtry 245/324 mm
	25–50	Ø 750 mm, cementace	Ø 720 mm	prachovitopísčité sedimenty	—
	50–100	Ø 630 mm, cementace	Ø 610 mm	písky	—
	100–230	Ø 530 mm	Ø 510 mm	neogenní sedimenty	—
Byňov HV 8 (f. SG ČB, 2019) – Poděbradka a.s. pro 10 l/s	0–11,5	Ø 1180 mm – pilotážní předvrt	Ø 1150 mm	jíly, písky	AC 219 mm, vinuté filtry WDF
	11,5–31	Ø 650 mm	Ø 630 mm	jílovce, pískovce	—
	31–59,5	Ø 580 mm, cementace	Ø 530 mm	jílovce, pískovce	—
	59,5–123	Ø 494 mm	—	pískovce	—
Václaví TV-3 (f. SG ČB, 2020) – VHS Turnov / SčVK pro 8 l/s, ČZ na 12 l/s	0–9	Ø 580 mm, cementace	Ø 530 mm	písčito-jílovitá hlína, jíl	PVC Ø 225/13 mm; PVC Ø 48/3,5 mm
	9–82	Ø 494 mm, cementace	Ø 426 mm	slínovce (turon)	—
	82–150	Ø 394 mm	—	pískovce (cenoman), konec v permu	—
Veselí nad Lužnicí HV-8 (f. SG ČB, 2023) –	0–12	Ø 630 mm	Ø 610 mm	hlína, jíl písčitý	PE Ø 225 mm

Lokalita / vrt	Interval (m)	Průměr vrtání	Pracovní pažení	Popis horniny	Výstroj (stručně)
Fontea a.s., pro 6 l/s					
	12–26	Ø 494 mm, cementace	Ø 426 mm	jíl písčité, jíl uhelný	—
	26–63	Ø 394 mm	—	pískovec křemenný, pískovec jílový, báze rulového eluvia	—
ČGS – monitorovací vrt (SG ČB, 2026) – ČGS pro 1-4 l/s	0–50	Ø 324 mm	Fe Ø 305 mm	nesoudržné zeminy	PEHD/PVC DN 175 mm, závitové, centrátory
	50–70	Ø ≥270 mm	—	skalní podloží	—
Lhotice – HZ 3 (SG ČB, 2025) – soukromý investor	0–4	Ø 324 mm	Fe Ø 305 mm	nesoudržné zeminy	PVC DN 140 mm, závitové, centrátory
	4–120	Ø 254 mm	—	páskovaná rula	—

Specifický příklad z praxe – vrt Byňov (SG ČB 2019)

Právě z toho důvodu je v tabulce uveden příklad Byňov, kde predikce z projektu vycházely doslova „do puntíku“. Vrt **Byňov HV-8** ilustruje kombinaci velkých průměrů, proměnlivého horninového prostředí a nutnosti přesného vedení vrtu. Pilotážní předvrt Ø 1180 mm umožnil bezpečné založení pažení Ø 1150 mm v nesoudržných sedimentech; následné sekce Ø 650 mm, Ø 580 mm a Ø 494 mm probíhaly ve střídavých jílovcích a pískovcích. Vrt byl dokončen do 123 m; potvrdilo se, že kombinace robustní technologie, správné volby výplachu ke stabilizaci stěn vrtu a průběžné kontroly geometrie vrtu je klíčová pro bezpečnou instalaci výstroje a dosažení požadované vydatnosti. Spolupracující složky – objednavatel, řešitel, technický dozor (TDS) i vrtné osádky – si vzájemně vycházely vstříc i v náročných podmínkách, kdy padal sníh a práce končily až na konci února; pocit dobře odvedené práce prozářil pozitivně následně celý rok 2019.

Specifický příklad z praxe – vrt Václaví (SG ČB 2020)

Další rok vrtaný vrt **Václaví** stojí na opačném konci spektra. Projekt nebyl náročný na vrtný průměr, ale komplikoval se od počátku. Naučil nás řešit situace, které projektová dokumentace nepředpokládala. Záměr byl přitom jednoduchý: nahradit nefunkční vrt z roku 1969 (Vodní zdroje Praha) novým „dvojčetem“ ve vzdálenosti 10–15 metrů. Původní vrt v 70. letech poskytoval 28 l/s při snížení 15,5 m do hloubky přibližně 68 m. Ustálená hladina v tomto vrtu byla v r.2020 nerelevantní kvůli zborcení části původní výstroje a provoznímu čerpanému snížení. V tomto případě projektové a vrtné predikce neplatily.

Práce komplikoval časově napjatý harmonogram i nízká rychlost postupu, a **to navzdory v průběhu prací přidanému nepřetržitému 24hodinovému turnusu**. Do toho se přidávaly opakované zóny ztráty výplachu. Neplánované prostoje způsobené nutností přerušovat vrtání kvůli letnímu čerpání ze sousedního vrtu, kdy docházelo k přitahování vrtného proplachu do čerpaného starého vrtu. **První cementace se nezdařila** (rozplavila se). A k tomu mnoho konzilií, mailová korespondence, kde dohromady všichni zainteresovaní navrhovali mnohá svá řešení.

Po zvážení průběhu vrtného diagramu a orientačně zjištěného menšího a hlubšího přítoku, proběhly změny složení úseků perforací výstroje. To se promítlo následně do nadvakrát prováděných poloprovozních čerpacích zkoušek **1 + 21 + 3 dny**: nutnost použití výkonnějšího čerpadla, reinstalace hlavního jističe na přívodu, větší dopravní výška oproti předloze – změna umístění perforace (menší výtlač) a trvání na použití jediného čerpadla pro tři deprese v rozsahu 4–12 l/s, i když předem povolený max. odběr pro provoz činil 8 l/s. Tento projekt si právě proto dobře pamatují.

Dodatečně musím všem zúčastněným z tohoto projektu poděkovat za nabyté zkušenosti – na takové situace vás žádná škola ani projektová dokumentace nepřipraví.

A upřímně, právě takové zakázky člověka posunou dál. Ne vždy příjemně, ale zato spolehlivě.

Závěrem

Shrnuji, že současné možnosti vrtání jsou výrazně větší než před dvaceti lety. Moderní technologie a širší nabídka výplachových směsí umožňují efektivnější práci. Moderní vrtné soupravy díky univerzálnosti mají větší výběr na trhu vrtných prací a provádí převážně jednodušší práce pro tepelná čerpadla než vrtání pro vodárenské účely, které potřebuje průměry nad 400 mm. Přesto práce s výplachem je pro vodárenské účely nenahraditelná. Nedoporučuji provádět v zimních měsících. Klíčovým faktorem pro práci na vodárenských vrtech zůstává kvalitní projektová příprava, realistické očekávání zadavatele i vykonavatele a schopnost všech zúčastněných pružně reagovat na skutečné podmínky při vrtných pracích. Všechna technika omezuje fyzickou lidskou práci, ale není všespásná. Stále jako v minulosti i dnes platí, že bez zkušených lidí z široké profesní škály kolem vrtných prací tato práce sama neudělá.

A nakonec malé odlehčení: **i když máme tabulky, modely projekční predikce, stejně jako žena si i vrtání do země vždycky pro nás přichystá svá vlastní překvapení.**

CHOVÁNÍ MIKROPLASTŮ PŘI VÝROBĚ PITNÉ VODY S VYUŽITÍM TECHNOLOGIE BŘEHOVÉ INFILTRACE

Případová studie vodárny Ivančice Jižní Morava

Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc., Mgr. Marek Polášek, Ph.D.

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka v.v.i. Podbabská 30 Praha 6

Abstrakt:

Cílem studie, realizované na vodárně Ivančice v jižních Čechách, bylo posouzení chování mikroplastů při výrobě pitné vody. Vodárna používá technologii předúpravy povrchové vody pomocí břehové infiltrace na soutoku dvou řek, Jihlavy a Rokytné. Monitorovací systém se skládal ze dvou vzorků z každé řeky a dvou studní charakterizujících atenuační schopnost štěrkových fluvialních sedimentů. Další vzorek podával obraz o efektivitě čištění tradiční vodárenskou technologií. Posledním bodem monitoringu byl vzorek vody po dopravě k zákazníkovi plastovým potrubím. Břehová infiltrace se ukázala jako velmi efektivní proces čištění. Ve svodné studni došlo ke snížení počtu částic mikroplastů o 92 % ve srovnání s řekou Rokytná a o 53 % vůči kontaminaci v Jihlavou. Doprava plastovým potrubím se ukazuje jako sekundární zdroj obohacení mikroplastů ve vyrobené pitné vodě. Na transportní vzdálenost 4,5 km došlo ve srovnání se stavem na výstupu z vodárny k nárůstu počtu mikroplastů o 45 %. Množství mikroplastů ve vyrobené pitné vodě, ale i po dopravě k zákazníkovi je v absolutních číslech velmi malé (max. v jednotkách na litr), celkový příjem do lidského těla z veřejných vodovodních systémů je ve srovnání s jinými cestami expozice marginální.

Klíčová slova: mikroplasty; pitná voda; břehová infiltrace;

Úvod

Plasty obecně se v lidské společnosti vyskytují již od devatenáctého století. Prvním, kdo představil plast široké veřejnosti ve formě vulkanizované gumy, byl Charles Goodyear v roce 1844. V roce 1869 následoval první termoplast - celulooid, v roce 1835 byl objeven PVC, o čtyři roky později polystyren a nakonec v roce 1907 Leo Baekeland přišel s jedním z nejznámějších plastů, který byl pojmenován po svém objeviteli. Bakelit byl jedním z prvních plastů, které se v moderním světě začaly masově prodávat, a byl oblíbený, protože se dal tvarovat a následně odlévat do libovolného tvaru. Od umělé syntézy plastů v 50. letech 20. století se tyto látky používají po celém světě díky své nízké ceně a vynikajícím vlastnostem. Jejich spotřeba neustále roste. V roce 2024 činila celosvětová roční produkce plastů 413 milionů tun. Z celkového objemu plastového odpadu se však recykluje pouze přibližně 54 milionů tun (Plastic Europe 2024). První recenzované články dokumentující znečištění životního prostředí plasty byly publikovány před více než 50 lety (Carpenter 1972, Buchanan 1971).

Zásadním problémem je skutečnost, že velká část plastového odpadu, který spadá do kategorie makroplastů, se fyzikálně-chemickými a biologickými interakcemi postupně rozkládá na mikroplasty (Koelmans et al. 2019). Teprve od roku 2004 se však ve vědecké literatuře začal používat termín mikroplasty (MP) pro látky o velikosti menší než 5 mm (Crawford, Quinn 2017). Znečištění MP se stalo jedním z nejrozšířenějších na Zemi (Barnes et al. 2009) a MP byly detekovány téměř ve všech složkách životního prostředí (Zarus 2021).

Není proto divu, že MP jsou detekovány v různých orgánech lidského těla (Wu et al. 2023, Zhu et al. 2023, Leslie et al. 2022). Vzhledem k relativně velké velikosti molekul je byl plast považován za biochemicky inertní a odborná veřejnost se domnívala, že by neměl být nebezpečný pro vodní živočichy a lidi. Jenže více než polovina plastů je spojena s nebezpečnými monomery, přísadami a chemickými vedlejšími produkty, které se mohou uvolňovat do lidského těla (Wang et al. 2016; Lithner et al. 2011) a podezření na negativní vliv MP na lidské zdraví roste (Browne et al. 2011, Rist et al. 2018). Počet mikroplastových částic, které se za rok mohou dostat člověku do těla jsou krajním případem odhadovány první miliony (Cox et al. 2020). Jiné studie dosahují roční příjem MP do lidského těla na 200 000 částic z čehož 39 000 až 52 000 částic je ze stravy a pitné vody a 74 000 až 121 000 částic vdechneme – v městském prostředí to budou spíše vyšší hodnoty (Li et al. 2023).

Problematika MP v pitné vodě se začala dostávat pozornosti odborné veřejnosti relativně pozdě. Mnohem dříve byly provedeny studie o jejich přítomnosti v jiných složkách životního prostředí, například v rybních společenstvech, kde byl jejich negativní dopad prokázán jasněji (Alfaro-Núñez et al. 2021, Bhuyan 2023).

Jednou z prvních studií, které se konkrétně zabývaly problematikou MP v pitné vodě, byla studie Kosutha (Kosuth et al. 2018). Bylo odebráno 159 vzorků pitné vody ze 14 zemí světa: Kuba (počet vzorků 1), Ekvádor (24), Anglie (3), Francie (1), Německo (2), Indie (17), Indonésie (21), Irsko (1), Itálie (1), Libanon (16), Slovensko (8), Švýcarsko (2), Uganda (26) a USA (36). MP byly nalezeny v 81 % ze 159 testovaných vzorků. Počet částic se pohyboval od 0 do 61 částic/l s průměrem 5,45 částic/l. Nejvyšší průměr byl v USA s 9,24 částic/l, zatímco nejnižší průměry byly v zemích EU.

MP ve vodě se dostává do povědomí odborné veřejnosti i v České republice. Jednu z prvních zpráv o stavu pitné vody přinesla studie Akademie věd, zaměřená na tři úpravny pitné vody v České republice. Tyto úpravny vody se liší typem zdroje vody a technologií použitou k úpravě vody na pitnou vodu (Pivokonský a kol., 2018). Jiná studie z České republiky se zabývala výskytem MP o velikosti ≥ 1 μm v surové a upravené vodě. Vzorky byly odebrány ze dvou úpraven pitné vody nacházejících se na řece Úhlavě (Pivokonský a kol. 2020).

Výše uvedený výzkum ukázal, že různé technologie úpravy snižují obsah MP s různou účinností, ale žádná z nich jej nedokáže zcela odstranit. Množství MP ve vyrobené pitné vodě se pohybovalo od prvních jednotek do prvních tisíc částic/l. Výsledky naznačily, že i potrubí pro rozvod pitné vody se může stát významným zdrojem MP, protože v některých případech bylo množství MP ve vodě z kohoutku vyšší než ve vyrobené pitné vodě opouštějící vodárnu. Studie přepočítaly denní příjem MP, který člověk dostává do těla při běžné konzumaci vyrobené pitné vody, a všechny dospěly k závěru, že tato dávka je ve srovnání s jinými zdroji MP velmi nízká (Kannan, Vimalkumar 2021). Například vypočítaná expoziční dávka z balené vody byla 22krát vyšší než u vody z kohoutku. Jedinec, který pije výhradně balenou vodu, by přijal 90 000 MP/rok, oproti pouhým 4 000 částicím/rok u osoby, která konzumuje pouze vodu z kohoutku (Cox et al. 2019).

Uváděné koncentrace MP v pitné vodě uváděné v literatuře se liší o několik řádů v důsledku různých použitých analytických přístupů, zejména s ohledem na použití filtračních membrán s různými velikostmi pórů a různými identifikačními metodami (např. FTIR, Ramanova spektroskopie, rentgenová fotoelektronová spektroskopie, energeticky disperzní rentgenová spektroskopie nebo skenovací elektronová mikroskopie). To obecně znemožňuje přímé srovnání mezi studiemi o množství MP ve vodním prostředí, ale i v jiných zdrojích. Například vodě z kohoutku a balené vodě se tyto koncentrace pohybují v rozmezí hodnot od 0 do 10 000 částic/l (Zhang et al. 2020), přičemž voda v plastových balených lahvích obsahuje vyšší koncentrace MP (0–10 000 částic/l) než voda z kohoutku (0–60 částic/l) (Kosuth et al. 2018, Zuccarello et al. 2019)

Výzkum také ukázal, že odborná veřejnost věnovala při studiu problematiky MP při výrobě pitné vody jen velmi malou pozornost podzemním vodám.

Nejblíže k problematice pilotního místa projektu má australská studie (Samandra et al. 2022), která monitoruje MP ve vrtech aluviální zvodně, další výsledky pocházejí z mělkých vrtů z pobřežních písků z hloubky 2 až 5 metrů v indickém státě TAMILNÁDU (Selvam et al. 2021). Poslední zjištěnou studií, která se zabývala podzemní vodou jako zdrojem pitné vody, byla studie dvou krasových systémů v Illinois v USA (Panno et al. 2019), ale omezila se na obecné konstatování, že krasová zvodně má velmi omezenou schopnost eliminovat znečištění, což se projevilo v přítomnosti MP ve formě vláken s průměrnou koncentrací 15,2 částic/l v těchto lokalitách.

Experimenty zaměřené na zachycení různých částic MP v nenasycené zóně byly publikovány čínskými studiemi (He et al. 2023 a Luo et al. 2020). Výsledky podobného laboratorního přístupu k zachycení částic MP v nenasycené zóně, tentokrát s využitím metody „black box“, provedl tým Dong (et al. 2022). Vliv přírodních koloidů, jako jsou jíly a přírodní organické látky v nasyceném prostředí na retenci částic MP, opět za laboratorních podmínek, zkoumal Li (et al. 2021). Publikované výsledky však ukazují, že schopnost MP eliminovat se během průsaku podzemní vody v terénních podmínkách nebyla dosud systematicky studována.

Výše uvedené poznatky vedly k zahájení podrobného monitorování kvality pitné vody ve vodárně Ivančice. Tyto práce proběhly v rámci mezinárodního projektu MICRODRINK, financovaného programem INTERREG. Cílem této činnosti byla harmonizace systému vzorkování a analýza MP v povodí Dunaje. Dalším cílem bylo posouzení chování tohoto specifického druhu znečištění v procesu výroby pitné vody. Výsledky z českého pilotního místa jsou předmětem tohoto článku.

Charakteristika pilotní lokality Ivančice

Pilotní lokalita Ivančice se nachází na jižní Moravě, dvacet kilometrů jihozápadně od Brna (obr. 1), na soutoku dvou řek, Jihlavy a Rokytné. Město Ivančice má přibližně 10 000 obyvatel.



Obrázek 1: Situace pilotní lokality Ivančice

Vodárna využívá k výrobě pitné vody proces břehové infiltrace, který spočívá v přirozeném předčištění povrchové vody obou toků. Na tomto pilotním místě proto můžeme sledovat chování mikroplastů v různých podmínkách výroby pitné vody.

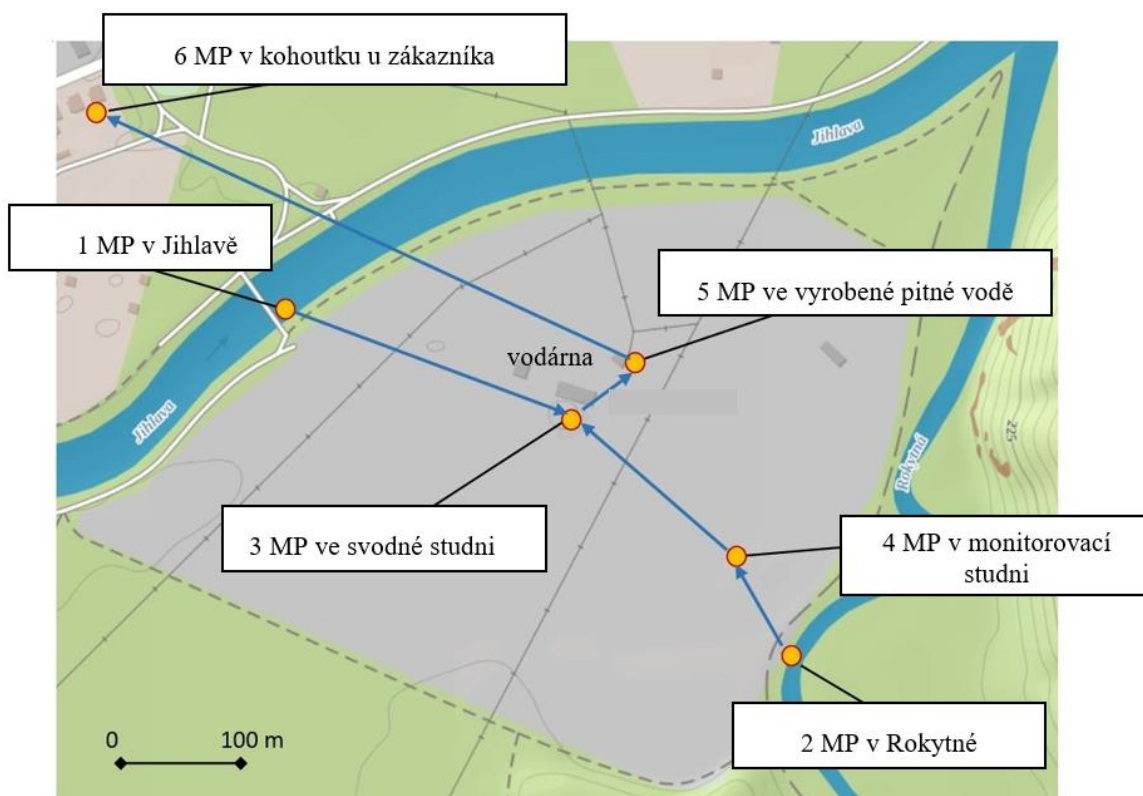
Z hydrogeologického hlediska se na víceméně nepropustném podloží ukládají fluviální kvartérní sedimenty s proměnnou mocností 5 až 8 metrů. Ty jsou tvořeny převážně hrubozrnnými písky, které jsou na povrchu pokryty jílovitými záplavovými hlínami. Hladina podzemní vody ve všech vrtech se nacházela v hloubkách přibližně 2 až 3 metry pod terénem a měla převážně mírně artéský charakter.

Zvodnělá vrstva zájmového území má v přirozeném stavu velmi propustné prostředí, hodnoty koeficientu filtrace se pohybují v rozmezí $1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Soutok řek Jihlavy a Rokytné představuje významný zdroj kvalitní pitné vody. V současné době se průměrné odběry pohybují kolem 10 l/s, teoretický potenciál využití je však výrazně vyšší. Podíl indukovaných zásob na celkové kapacitě povodí je velmi významný. Vyhodnocení skupinové čerpací zkoušky však ukazuje negativní dopad zanášení dna a břehů řeky Jihlavy, což snižuje intenzitu vsakování břehů; zanášení řeky Rokytné není v současnosti významné (Hrkal a kol. 2020).

Obě řeky hrají rozhodující roli v ovlivňování kvality surové vody používané k výrobě pitné vody ve vodárně Ivančice. Rokytná je pravostranný přítok řeky Jihlavy, jejíž délka je 88 km a plocha povodí je 584 km². Průměrný průtok Rokytné před soutokem s Jihlavou je 1,38 m³/s. Řeka Jihlava má délku toku od pramene k soutoku s Rokytnou 146 km a povodí 2 682 km². Jihlava má v oblasti soutoku řádově vyšší průtok než Rokytná, průměrný roční průtok je 10,4 m³/s. Na řece Jihlavě se nacházejí přehrady Dalešice a Mohelno, které mohou z hlediska šíření mikroplastické kontaminace fungovat jako sedimentační nádrž.

Během experimentu byly odebrány vzorky na šesti místech (viz obr. 2). První dvě reprezentovaly kvalitu říční vody v obou tocích, v řece Jihlavě a Rokytné. Tyto výsledky umožnily posoudit množství MP v surové vodě, ze které se vyrábí pitná voda. Zároveň bylo možné konstatovat, jak využití krajiny v dané povodí přispívá k množství MP. Další dvě analýzy poskytly informace o filtrační kapacitě fluvialních štěrkových nánosů. Tento systém monitorovacích bodů se skládal ze studny (3) situované ve vzdálenosti 110 m od koryta řeky Rokytné a sběrné studny (4) pro výrobu pitné vody umístěné přibližně v centrální části soutokové oblasti obou řek. Pátá analýza poskytla informace o účinnosti odstraňování MP při použití tradičních vodárenských technologií doplněných v závěrečné fázi o filtr s aktivním uhlím. Nakonec byl odebrán poslední vzorek z kohoutku odběratele. Z této analýzy jsme získali informace o vlivu dopravy na vzdálenost cca 4,5 km plastovými trubkami na konečný výsledek.



Obrázek 2: Schéma monitorovacího systému v Ivančicích

Výsledky

Výsledky jsou graficky znázorněny v následující sérii grafů. První graf demonstruje změny počtu MP v jednom m³ analyzované vody v jednotlivých vzorkovaných lokalitách. Graf ukazuje převládající typy polymerů. Pro lepší přehlednost, s ohledem na velké rozdíly v absolutních hodnotách výsledků řeky Rokytné a ostatních lokalit, jsou v grafu přidány dvě samostatné škály vyjadřující na svislých osách počet analyzovaných částic.

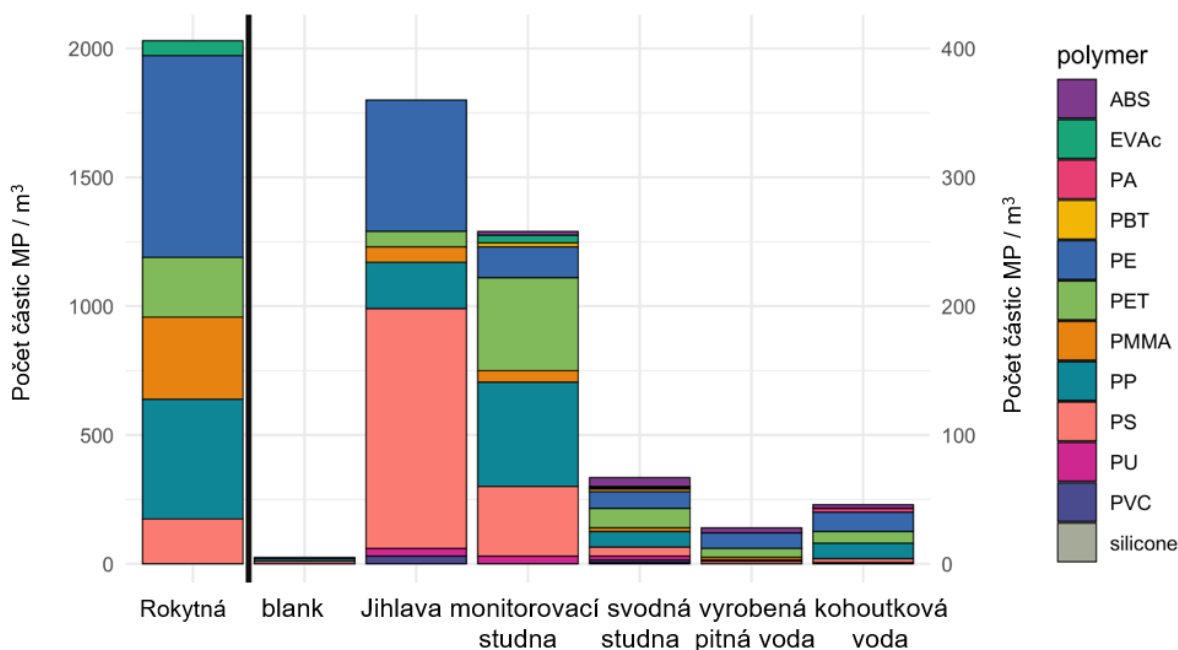
ABS	acrylonitrile butadiene styrene
EVAc	ethylene vinyl acetate
PA	polyamide, nylon
PBT	polybutylene terephthalate
PE	polyethylene
PET	polyethylene terephthalate
PMMA	polymethyl methacrylate
PP	polypropylene
PS	polystyrene
PU	polyurethane
PVC	polyvinyl chloride

Tabulka 1: Seznam použitých zkratk jednotlivých polymerů

Ze srovnání obou řeky, které slouží jako primární zdroj pro výrobu pitné vody, vyplývá výrazně větší počet analyzovaných MP částic v řece Rokytné. V 1 m³ její vody se nachází 2000 částic MP, zatímco ve stejném objemu vody v řece Jihlavě je jen 360 částic MP. Pokud ale přepočteme počty naměřených částic MP na celkový průtok, výsledky se víceméně řádově vyrovnají. V profilu Jihlavy protéká 3 744 částic MP, zatímco v Rokytné 2 898 částic MP. V obou řekách se liší i složení polymerů. Zatímco v Rokytné převládá PE a na druhém místě se umístil PP, dominantním typem MP v Jihlavě je PS společně s PE.

Z analýzy potenciálních zdrojů MP v obou povodí vyplývá, že obě jsou si poměrně blízké. Vzhledem k tomu, že za jeden z nejvýznamnějších zdrojů MP uvolňujících se do životního prostředí je považována abraze z pneumatik (Baum, A. et al. 2018) porovnali jsme v obou povodích hustotu silniční sítě. Výsledky byly velmi podobné. V povodí Rokytné je hustota silniční sítě 4.2 km/km², v povodí Jihlavy 4.6 km/km². Rovněž další zdroj MP, obyvatelstvo napojené na čistírny odpadních

vod (ČOV) je parametr, který si je v obou případech podobný. V povodí Rokytné je hustota osídlení 100 obyvatel/km² (17 ČOV), v povodí Jihlavy mírně vyšší, 150 obyvatel/km² (27 ČOV). Povodí obou řek se zásadně neliší ani intenzitou průmyslové výroby, ani zemědělskou činností. Vysvětlením výrazně menšímu specifickému počtu MP částic 1 m³ řece Jihlavě ve srovnání s Rokytnou bude pravděpodobně přítomnost dvou přehradních nádrží jen několik kilometrů nad Ivančicemi. Ty zřejmě nárazově zpomalují průtok a působí jako sedimentační nádrže.



Obrázek 3: Histogram distribuce velikosti mikroplastů – Jihlava, Rokytná, svodná a monitorovací studna, vyrobená pitná a kohoutková voda

Svodná a monitorovací studna podaly informace o atenuační schopnosti štěrkových fluvialních sedimentů. Z předchozí skupinové čerpací zkoušky na vodárenských vrtech (Hrkal et al. 2020) v prostoru soutoku obou řek v Ivančicích vyplynulo, že infiltrace z Jihlavy je do určité míry omezena silnou kolmatační vrstvou. Tato zóna proto funguje jako přirozený filtr, který zvyšuje efektivitu zachycování MP. Monitorovací studna, situovaná 110 metrů od břehu Rokytné prokázala pokles počtu částic MP z původních 2000 v m³ na 260 částic MP. Svodná studna 2, která je zdrojem pro výrobu pitné vody, obsahovala již jen 170 částic MP. Tento další pokles množství MP je dán delší filtrační dráhou a podílem na MP čistší vody z Jihlavy.

K dalšímu poklesu množství částí MP přispěly čistírenské technologie použité při výrobě pitné vody (koagulace, písková filtrace and filtr z aktivního uhlí), které snížily obsah MP na 25 částic v 1 m³.

Závěrečná etapa monitoringu prokázala opětovné mírné navýšení obsahu částic MP dopravou vyrobené pitné vody plastovým potrubím. V kohoutku u zákazníka v obci Oslavany, vzdálené cca 4,5 km od vodárny, bylo naměřeno 45 částic MP v 1 m³.

Poněkud jiný pohled přináší série následujících dvou grafů. Na svislé ose je opět uveden počet částic v jednotlivých odběrných místech monitoringu, na vodorovné ose jsou však znázorněny velikosti částic MP, pro snadnou grafickou prezentaci znázorněné jako přirozený logaritmus velikosti částic v μm^2 . V jednotlivých sloupcích je pak jasně zřetelný převládající typ polymeru.

Z těchto grafů vyplývá, že z hlediska velikostního složení mikroplastových částic došlo při přechodu z povrchových vod do podzemní vody ke znatelnému posunu ve velikostním spektru detekovaných částic. Ve vzorcích odebraných z řeky Rokytné a Jihlavy byly zaznamenány mikroplasty napříč celým měřeným rozsahem, spektrum velikostí částic rozprostíralo v širším rozsahu, a to přibližně od 3 až po více než 10 ln (μm^2). Největší částicová frakce v Rokytné spadala do pásma kolem 6,5–7 ln (μm^2), přičemž četnost částic zde přesahovala 600 částic/ m^3 v jednotlivých třídách. Řeka Jihlava vykazovala obdobný trend, ale s nižšími počty částic. V podzemních vodách (především v monitorovací studni) byl vrchol počtu částic posunut o něco níže, k hodnotám přibližně mezi 5 a 6,5 ln (μm^2). **Svodná studna**, situovaná mezi oběma řekami, vykazovala podobný obraz, výjimku tvoří pouze velká frakce tvořená polymery PMMA, pocházející pravděpodobně z výstroje.

Rozložení polymerů ve velikostních třídách je odlišné nejen v množství, ale i ve skladbě. Zatímco některé polymery byly přítomny napříč celým velikostním spektrem (například PE nebo PET), jiné se objevovaly převážně v konkrétních pásmech. Například PA byl detekován převážně ve větších frakcích, PVC, PS nebo PMMA se vyskytovaly napříč více velikostmi.

Zásadním zjištěním je výskyt větších velikostních frakcí polymerů PMMA, PET a PU ve svodné studni, které nebyly zaznamenány v takové velikosti v žádné z řek. Tento fakt prakticky vylučuje jejich přímý původ z povrchové vody a ukazuje pravděpodobně na lokální kontaminaci.

Celkově lze pozorovat, že s rostoucí vzdáleností od řeky a s průchodem přes kvartérní sedimenty se velikostní spektrum mikroplastů zužuje a posouvá směrem k menším frakcím. Největší částice jsou nejpravděpodobněji zadrženy v průběhu infiltrace mechanickým zachycením v písčitých a štěrkovitých horizontech, zatímco menší částice mají potenciál proniknout dále díky své velikosti, nižší setrvačnosti a možné sorpci na koloidní frakce nebo rozpuštěné organické látky. Velikostní selekce je tedy klíčovým filtrem, který významně ovlivňuje nejen množství, ale i složení mikroplastů, které se dostávají do podzemních vod (Kadlčík 2025).

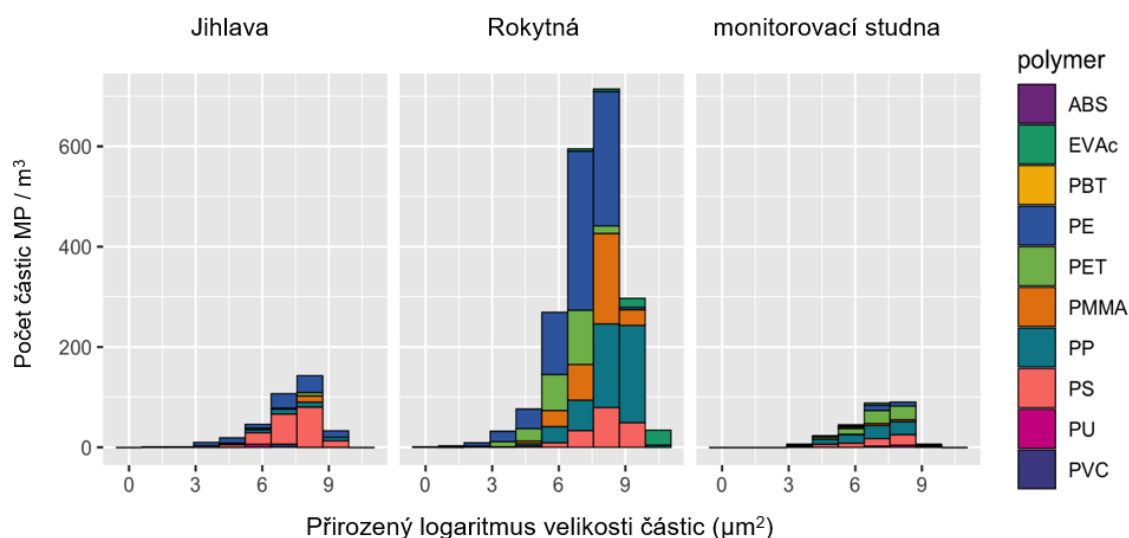
Z těchto pozorování vyplývá, že infiltrační prostředí mezi řekou a studní působí jako selektivní bariéra, která ovlivňuje nejen množství, ale i složení přenesených polymerů. Výsledná distribuce v podzemní vodě není jen odrazem vstupního složení v řekách, ale i výsledkem selektivního zadržování jednotlivých typů plastů podle jejich hustoty, tvaru, chemického složení a interakcí s okolním prostředím.

Změny ve velikostním rozložení mikroplastových částic mezi vodou ze směsné studny a vyrobenou pitnou vodou ukazují na pokračující selektivní odstranění částic podle jejich velikosti během technologického procesu úpravy. Nejvýraznější posun nastal u hlavního vrcholu – ten se posunul z frakce 6–7 ln (μm^2) do frakce 5 ln (μm^2). To značí, že úpravna vody byla účinnější v odstraňování částic větších než 6 ln (μm^2), ale méně účinná vůči částicím menším až středních velikostí.

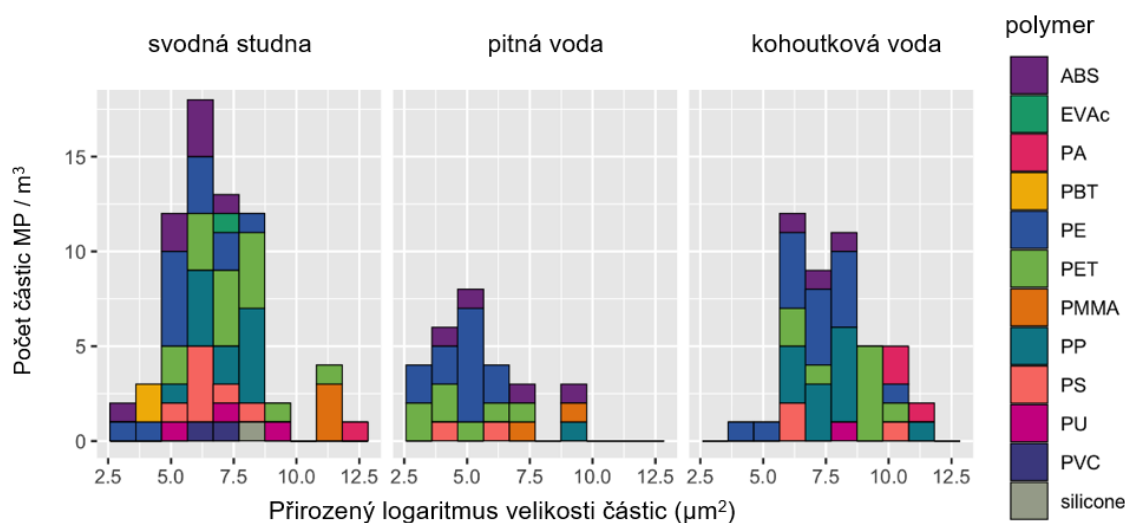
Změny v polymerovém složení mikroplastových částic mezi vodou ze směsné studny a vodou po úpravě ukazují, že filtrační technologie ve vodárně Ivančice neovlivňuje pouze celkové množství mikroplastů, ale také jejich materiálovou skladbu. Zatímco ve vodě ze směsné studny bylo detekováno celkem 12 různých typů polymerů, po úpravě se jejich spektrum zúžilo na polovinu. Polymery jako EAc, PBT, PU, PVC a silikon, které byly přítomné ve směsné studni, po úpravě zcela vymizely.

Na druhou stranu je však důležitou skutečností, že na všech vzorcích počínaje surovou vodou ve směsné studni, přes proces výroby pitné vody až po její dopravu k zákazníkovi se ve vzorcích objevuje nová látka, termoplastický polymer ABS. Po dopravě plastovým potrubím přibývají i PA a PU, plasty nepřítomné v říční vodě, ani ve vyrobené vodě pitné. Výrobní proces a následná doprava pitné vody tedy působí i jako sekundární zdroj specifických MP.

Dopravou plastovým potrubím dojde k celkově změně struktury MP. Zvýší se celkový počet detekovaných částic MP, a to především na úkor větších částic. Zatímco v upravené vodě byl hlavní vrchol velikostního rozdělení lokalizován ve frakci 5 ln (μm^2), v Oslavanech se velikostní spektrum posunulo a dominantními se staly dvě frakce – 6–7 a 8–9 ln (μm^2). Tyto velikosti nebyly v upravené vodě tak výrazně zastoupeny, frakce 8–9 ln (μm^2) tam zcela chyběla. Současně jsme zaznamenali i nárůst zastoupených polymerů ze šesti na sedm. Přítomnost PA a PU, které nebyly v upravené vodě detekovány, může naznačovat sekundární kontaminaci během transportu, například uvolněním částic z plastových komponent distribučního systému, těsnění, ventilů nebo jiných zařízení. Výsledné složení vody u spotřebitele tak nemusí přesně odpovídat složení vody opouštějící vodárnu. Kohoutková voda představuje výsledek procesu zahrnujícího selekci, retenci a sekundární vstupy plastových částic z distribuční infrastruktury.



Obr. 4: Histogram velikostního rozdělení mikroplastů – Jihlava, Rokytná, monitorovací studna



Obr. 5: Histogram velikostního rozdělení mikroplastů – svodná studna, pitná voda, kohoutková voda

Závěry

Břehová infiltrace, využívající fluvialní štěrky jako prostředí pro předčištění říční vody znečištěné MP se ukazuje jako velmi efektivní proces. Průsak na vzdálenost 110 metrů zbavil cca 87 % částic MP z Rokytne. Ve svodné studni, využívané jako zdroj pro výrobu pitné vody, došlo ke snížení počtu částic MP o 92 % ve srovnání s řekou Rokytná a o 53 % vůči kontaminaci v Jihlavy

V průběhu technologické úpravy vody dochází ke zřetelné redukci větších velikostních frakcí a k posunu celého spektra směrem k mikročásticím s rozměrem v desítkách mikrometrů a menších. Dochází sice k výraznému poklesu celkových částic MP ve vyrobené pitné vodě, současně se však mění zastoupení jednotlivých polymerů. V pitné vodě se objevuje ABS, které nenalezneme v surové říční vodě

Doprava plastovým potrubím se ukazuje jako sekundární zdroj obohacení MP ve vyrobené pitné vodě. Na transportní vzdálenost 4,5 km došlo ve srovnání se stavem na výstupu z vodárny k nárůstu počtu MP o 45 %. Jako zcela nové polymery se ve vodě v kohoutku u zákazníka objevily částice PA a PU. Nárůst kontaminace pitné vody zřejmě způsobuje abraze plastového potrubí.

Množství MP ve vyrobené pitné vodě, ale i po dopravě k zákazníkovi je absolutních číslech velmi malé a odpovídá výsledkům řady zahraničních studií používající stejnou metodiku zpracování dat (Kosuth, et al. 2018, Mintenig, et al., 2019, Gálvez-Blanca, et al., 2023). Potvrzuje tak obecně přijímaný názor (Kannan, Vimalkumar 2021), že příjem MP do lidského těla z vody z veřejných vodovodních systémů je ve srovnání s jinými cestami expozice, především s inhalací a příjmem v potravinách marginální.

Zatímco monitoringem popsaný proces chování MP na cestě od zdroje surové říční vody, přes výrobu pitné vody až po její dopravu k zákazníkovi na lokalitě Ivančice má obecnou platnost, publikované absolutní hodnoty lze porovnávat pouze se studii, které použily identické analytické metody.

Literatura

- Alfaro-Núñez, A., Astorga, D., Cáceres-Farías, L., Bastidas, L., Villegas, C. S., Macay, K. (2021) Microplastic Pollution in Seawater and marine Organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos. *Scientific Rep.* 11 (1), 1–8
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., Barlaz, M. (2009) Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998
- Brancaleone, E., Mattei, D., Fuscoletti, V., Lucentini, L., Favero, G., Cecchini, G., Frugis, A., Gioia, V., Lazzazzara, M. (2024): Microplastic in Drinking Water: a Pilot Study. *Microplastics* 2024, 3(1), 31-45
- Baum, A., Gilge, S., Maschowski, Ch., Gieré, R. (2018) Tire Abrasion as a Major Source of Microplastics in the Environment. *Aerosol and Air Quality Research*, 18: 2014–2028
- Bhuyan, S. (2022) Effects of Microplastics on Fish and in Human Health. *Front. Environ. Sci. Sec. Toxicology, Pollution and the Environment*, Volume 10
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011) Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), 9175–9179
- Buchanan, J. B. (1971) Pollution by synthetic fibres. *Marine Pollution Bulletin*. 23
- Carpenter, E. J., Smith K. L. (1972) Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*. 1240–12412
- Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., Dudas, S. E. (2020) Human Consumption of Microplastics. *Environ. Sci. Technol.* 53, 10974
- Crawford, C. B., Quinn, B. (2017) *Microplastic Pollutants*, Elsevier, Amsterdam
- Dong, H., Gao, B., Yue, Q., Wang, Y., Li, Q. (2015) Effect of pH on floc properties and membrane fouling in coagulation - ultrafiltration process with ferric chloride and polyferric chloride. *Chemosphere*. 130:90-7
- Dong, S., Zhou, M., Su, X., Xia, J., Wang, L., Wu, H., Suakollie, E. B., Wang, D. (2022) Transport and retention patterns of fragmental microplastics in saturated and unsaturated porous media: a real-time pore-scale visualization. *Water Research*. Volume 214, 118195
- Gálvez-Blanca, V., Edo, C., González-Pleiter, M., Albertosa, M., Bayo, J., Beiras, R., Fernández-Piñas, F., Gago, J., Gómez, M., Gonzalez-Cascon, R., Hernández-Borges, J., Landaburu-Aguirre, J., Martínez, I., Muniategui-Lorenzo, S., Romera-Castillo, C., Rosal, R. (2023) Occurrence and size distribution study of microplastics in household water from different cities in continental Spain and the Canary Islands, *Water Research*, Volume 238, 120044,
- Gambino, I., Bagordo, F., Grassi, T., Panico, A., De Donno, A. (2022) Occurrence of Microplastics in Tap and Bottled Water: Current Knowledge. *J Environ Res Public Health*. 19(9):5283
- Han, Z., Jiang, J., Xia, J., Yan, C., Cui, C. (2024) Occurrence and fate of microplastics from a water source to two different drinking water treatment plants in a megacity in eastern China. *Environ Pollut.* 346: 123546

- He., Wu, T., Chen, Y. F., Yang, Z. (2023) a pore-scale investigation of microplastics migration and deposition during unsaturated flow in porous media. *Science of The Total Environment* Volume 858, Part 2
- Hrkal, Z., Pastuszek, F., Rozman, D. (2020) Assessment of the potential of bank infiltration at the Ivančice site (in Czech). MS. Water Research Institute. T. G. Masaryka. Prague
- Chen, J., Wu, J., Sherrell, P. C., Chen, J., Wang, H., Zhang, W. X., Yang, J. (2022) How to Build a Microplastics-Free Environment: Strategies for Microplastics Degradation and Plastics Recycling. *Adv Sci (Weinh)*. 9. (6)
- Islam, M. S., Islam, Z., Jamal, A., Momtaz, N., Beauty, S. A. (2023) Removal efficiencies of microplastics of the three largest drinking water treatment plants in Bangladesh. *Sci Total Environ*. 895:165155
- Kadlčík, M. (2025) Microplastics in drinking water. Diploma Thesis. Charles University, Prague
- Kannan, K., Vimalkumar, K. (2021) a Review of Human Exposure to Microplastics and Insights Into Microplastics as Obesogens. *Front. Endocrinol., Sec. Obesity*. Volume 12 - 2021
- Koelmans, A., Nor, N. M. H., Hermesen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., France, J. D. (2019) Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Res.* 155, 410–422
- Kosuth, M., Mason, S. A., Wattenberg, E. V. (2018) Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLoS ONE* 13(4)
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., Lamoree, M. H. (2022) Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ. Int.* 163, 107199
- Li, M., Zhang, X., Yi, K., He, L., Han, P., Tong, M. (2021) Transport and deposition of microplastic particles in saturated porous media: Co-effects of clay particles and natural organic matter. *Environmental Pollution*. Volume 287, 11758
- Lithner, D., Larsson, A., Dave, G. (2011) Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of The Total Environment*, 409(18), 3309–3324
- Luo, Y., Zhang, Y., Xu, Y., Guo, X., Zhu, L. (2020) Distribution characteristics and mechanism of microplastics mediated by soil physicochemical properties. *Science of The Total Environment*. Volume 726, 138389
- Maocai, S., Biao, S., Yuan, Z., Guangming, Z., Yaxin, Z., Yuanyuan, Y., Xiaofeng, W., Ming, Ch., Huan, Y. (2020) Removal of microplastics via drinking water treatment: Current knowledge and future directions panel. *Chemosphere*, Volume 251, 126612
- Mason, S. A., Welch, V. G., Neratko, J. 2018 Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water *Front. Chem., Sec. Analytical Chemistry* Volume 6 - 2018
- Mintenig, S. M., Löder, M. G. J., Primpke, S., Gerdt, G. (2019) Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Sci Total Environ*. 648:631-635
- Negrete, V. A., Ramseier, Gentile, S., Zimmermann, S., Le Coustumer, P., Stoll, S. (2023) Contamination and removal efficiency of microplastics and synthetic fibres in a conventional drinking water treatment plant in Geneva, Switzerland. *Sci Total Environ*. 880: 163270
- Panno, S. V., Kelly, W. R., Scott, J., Zheng, W., McNeish, R. E., Timothy, N. H., Hoellein, J., Baranski, E. L. (2019) Microplastic contamination in karst groundwater systems. *Groundwater* 57, 2, 189–196.
- Pivokonský, M., Čermáková, L., Novotná, K., Peer, P., Cajthaml, T., Janda, V. (2018) Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci Total Environ*. 3: 1644-1651
- Pivokonský, M., Pivokonská, L., Novotná, K., Čermáková, L., Klimtová, M. (2020) Occurrence and fate of microplastics at two different drinking water treatment plants within a river catchment. *Sci Total Environ*. 1;741:140236
- Plastic Europe, Plastics - The Facts 2024. Available online: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2024/> (accessed on 26 February 2025)
- Rist, S., Carney Almoth, B., Hartmann, N. B., Karlsson, T. M. (2018) a critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of The Total Environment*, 626, 720–726
- Samandra, S., Johnston, M. J., Jaeger, E. J., Symons, B., Xie, S., Currell, M., Ellis, V. A., Clarke, O. B. (2021) Microplastic contamination of an unconfined groundwater aquifer in Victoria, Australia. — *Science of The Total Environment*, 802, 2022, 2-9
- Selvam, S., Jesuraja, K., Venkatraman, S., Roy, P. D., Kumari, V. J. (2021) Hazardous microplastic characteristics and its role as a vector of heavy metal in groundwater and surface water of coastal South India. — *Journal of Hazardous Materials* 402, 2021, 123786
- Sol, D., Solís-Balbín, C., Laca, A., Laca, A., Díaz, M. (2023) a standard analytical approach and establishing criteria for microplastic concentrations in wastewater, drinking water and tap water. *Sci Total Environ*. 899:165356
- Sun, X., Zhu, Y., An, L., Liu, Y., Zhuang, Y., Wang, Y., Sun, M., Xu, Q. (2024) Microplastic Transportation in a Typical Drinking Water Supply: From Raw Water to Household Water. *Water*. 16(11), 1567
- Taghipour, H., Ghayebzadeh, M., Ganji, F., Mousavi, S., Azizi, N. (2023) Tracking microplastics contamination in drinking water in Zahedan, Iran: From source to consumption taps. *Science of The Total Environment*. Volume 872, 162121
- Tong, H., Jiang, Q., Hu, X., Zhong, X. (2020) Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. *Chemosphere*, Volume 252, 126493
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016) The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17
- Wang, Z., Lin, T., Chen, W. (2020) Occurrence and removal of microplastics in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP). *Sci Total Environ*. 700: 134520
- World Health Organization (2019) Microplastics in drinking-water. Geneva
- Wu, D., Feng, Y., Wang, R., Jiang, J., Guan, Q., Yang, X., Wei, H., Xia, Y., Luo, Y. (2023) Pigment microparticles and microplastics found in human thrombi based on Raman spectral evidence. *J. Adv. Res.* 49, 141–150
- Xue, W. J., Li, W. J., Liu, J., Ma, B. W., Huan, J., Ke, X. (2019) Purification Efficiency and Mechanism of Integrated Al Salt Flocculation-ultrafiltration Membrane Process. *Water* 40(2):730-737
- Zarus, G. M., Muianga, C., Hunter, C. M., Pappas, R. S. (2021) a review of data for quantifying human exposures to micro and nanoplastics and potential health risks. *Sci. Total Environ*. 756, 144010
- Zhang, Y., Diehl, A., Lewandowski, A., Gopalakrishnan, K., Baker, T. (2020) Removal efficiency of micro- and nanoplastics (180 nm-125 µm) during drinking water treatment. *Sci Total Environ*. 720:137383
- Zhang Q, Xu EG, Li J, Chen Q, Ma L, Zeng EY, et al. (2020) a Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure. *Environ Sci Technol* 54(7):3740–51.
- Zhu, L., Zhu, J., Zuo, R., Xu, Q., Qian, Y., An, L. (2023) Identification of microplastics in human placenta using laser direct infrared spectroscopy. *Sci. Total Environ*. 856, 159060.
- Zuccarello P, Ferrante M, Cristaldi A, Copat C, Grasso A, Sangregorio D, et al. (2019) Exposure to Microplastics (< 10 µm) Associated to Plastic Bottles Mineral Water Consumption: The First Quantitative Study. *Water Res* 157:365–71.

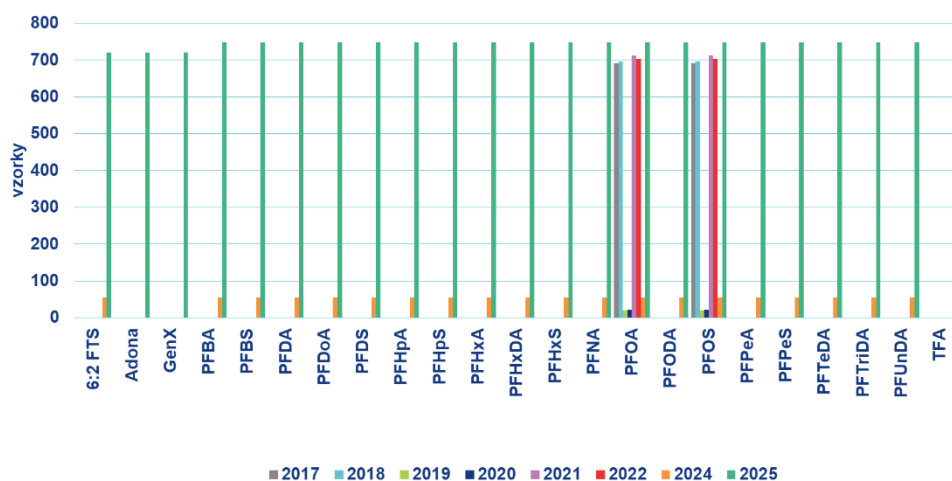
IF PFAS THEN TFA

Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.

Český hydrometeorologický ústav

V roce 2025 v rámci program situačního monitoringu podzemních vod byl poprvé na území ČR stanoven ukazatel TFA (trifluoroctová kyselina). Je to látka patřící do supiny per- a polyfluorovaných látek (PFAS) dnes populárně nazývaných jako “věčné chemikálie”, kterých dnes ČHMÚ monitoruje celkem 23 (Tab. 1).

Je důležité si uvědomit, že člověk vyrobil, používal nebo dodnes používá více jak 3000 PFAS látek (Wang et al., 2017) a tak lidstvo má pouze mlhavou povědomost o chování a výskytu těchto látek v životním prostředí a takovéto informace má pouze o zlomku těchto látek. Poprvé byly dvě látky ze skupiny PFAS (PFOS, PFOA) v rámci monitoringu ČHMÚ sledovány v roce 2017, v roce 2024 byl monitoring PFAS rozšířen na 20 látek a v roce 2025 na 23 látek (obr.1). Celkem byla alespoň jedna PFAS látka v tomto období sledována v 756 objektech (některé objekty byly během období z monitoringu vyřazeny, některé naopak zařazeny). Tyto látky, které jsou typické nejpevnější chemickou vazbou uhlík – fluor, mají unikátní vlastnosti jako jsou extrémní stabilita vůči vysokým teplotám, UV záření, chemické oxidaci i biologickému rozkladu a schopnost měnit povrchové napětí. Molekuly PFAS látek mají většinou dvě části s opačnými vlastnostmi. Jedna část odpuzuje vodu i mastnotu (využití v teflonových pánvích nebo nepromokavém textilu) a druhá část je naopak hydrofilní. Z pohledu rizik pro životní prostředí a zdraví člověka jsou znepokojující: jejich vysoká perzistence, mobilita (zejména PFAS s krátkým řetězcem tj. 7 a méně atomů uhlíku, včetně TFA se velmi snadno šíří vodním prostředím) a bioakumulace (mají tendenci se hromadit v organech). Na rozdíl od jiných cizorodých látek, které se ukládají v tukách, se PFAS vážou spíše na bílkoviny v krvi a hromadí se v játrech a ledvinách. Dále je to jejich toxicita, kdy i v nízkých koncentracích mohou ovlivňovat imunitní systém, hladinu hormonů, působit karcinogenně apod. TFA je v porovnání s PFAS s dlouhými řetězci mnohem mobilnější (překonává sorpční bariéry) a extrémně perzistentní (v přírodě se prakticky nerozkládá, a tudíž její koncentrace v globálním koloběhu vody neustále roste). TFA je zároveň významným degradačním produktem ostatních PFAS a organických látek obsahujících fluor (typicky pesticidy nebo chladiva do klimatizací apod.). Významným zdrojem TFA je tudíž zemědělství (Freeling and Björnsdotter, 2023; Joerss et al., 2024; Diehle et al., 2025), atmosférická depozice po fotochemické degradaci v atmosféře (Freeling and Björnsdotter, 2023; Arp et al., 2024; Albers and Sültenfuss, 2024) nebo čistírenské procesy (Scheurer et al., 2017; Freeling and Björnsdotter, 2023).



Obr. 1 Počty odebraných vzorků podzemních vod ČR v rámci monitoringu ČHMÚ

Tabulka 1: Sledované PFAS látky

Látka	Název	CAS	Počet uhlíků	Použití
TFA	kys. trifluoroctová	76-05-1	2	Degradační produkt pesticidů a chladiv. Syntéza látek, farmaceutická výroba, výroba pesticidů, chladiv a polymerů.
PFBA	kys. perfluorbutanová	375-22-4	4	Nepřilnavé povrchy, obaly. Degradační produkt jiných PFAS.
PFBS	kys. perfluorbutansulfonová	375-73-5	4	Náhrada za PFOA při povrchových úpravách textilií, obalů potravin a v hasicích pěnách
PFPeA	kys. perfluorpentanová	2706-90-3	5	Tenzid, odpuzovač skvrn a v hasicích pěnách.
PFPeS	kys. perfluoropentansulfonová	2706-91-4	5	Součást leptadel pro galvanické pokovování a v antireflexních vrstvách
GenX	dimerní kyselina hexafluorpropylenoxidu	13252-13-6	6	Náhrada za PFOA. Emulgátor při výrobě fluoropolymerů. Materiály s extrémní odolností vůči teple, chemikáliím a opotřebení. Čištění a leptání povrchů.
PFHxA	kys. perfluorohexanová	307-24-4	6	Náhrada za zakázanou PFOA při povrchových úpravách textilií, obalů potravin a v hasicích pěnách.
PFHxS	kys. perfluorhexansulfonová	355-46-4	6	Používaná v hasicích pěnách, kobercích, impregnacích, obalech na potraviny a v galvanizaci. Dříve náhrada za PFOS.
Adona	kys. 3H-perfluor-4,8-dioxanonanová	919005-14-4	7	Náhrada za PFOA. Emulgátor při výrobě fluoropolymerů. Konkurent GenX.
PFHpA	kys. perfluorheptanová	375-85-9	7	Povrchově aktivní látka, v nano-sprejích, při výrobě koberců odolných proti skvrnám, textilií a hasicích pěn.
PFHpS	kys. perfluorheptansulfonová	375-92-8	7	Výroba fluoropolymerů, čisticí prostředky, impregnace, odpuzovače vody a mastnoty, hasicí pěny.
6:2 FTS	6:2 fluorotelomer sulfonát	27619-97-2	8	Náhrada za dnes již zakázané PFOS a PFOA.
PFOA	kys. perfluoroktanová	335-67-1	8	Historicky Teflon, obaly na pizzu, sáčcích na popcorn, voděodolné textilie, hasicí pěny.
PFOS	kys. perfluoroktansulfonová	1763-23-1	8	Od 50. let klíčová složka v impregnacích, hasicích pěnách.
PFNA	kys. perfluornonanová	375-95-1	9	Průmyslový tenzid, emulgátor při výrobě teflonu, složka nátěrů, impregnačních papíru a textilií.
PFDA	kys. perfluordekanová	335-76-2	10	Povrchově aktivní látka, obaly potravin, koberec a textilie

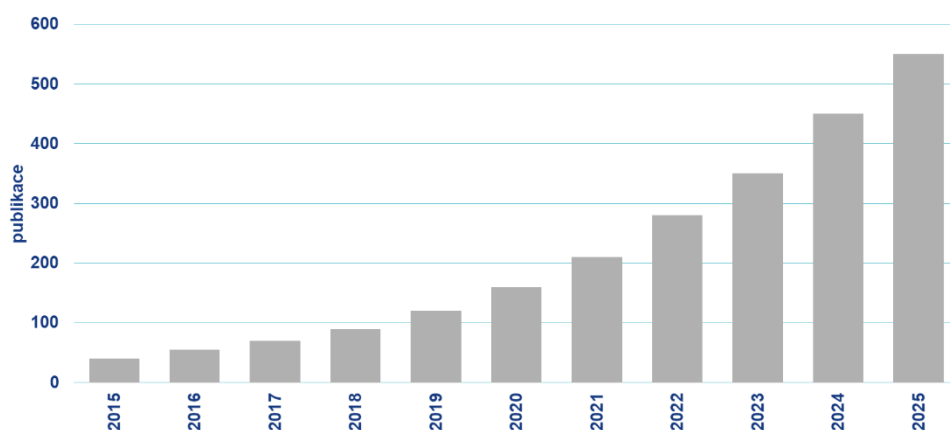
PFDS	kys. perfluordekansulfonová	335-77-3	10	Průmyslový katalyzátor, povrchově aktivní látka, hasicí pěny.
PFUnDA	kys. perfluorundekanová	2058-94-8	11	Aditivum, vedlejší produkt při výrobě jiných fluorovaných látek.
PFDoA	kys. perfluordodekanová	307-55-1	12	Textil, koberce a čalounění, potravinářské obaly, maziva a kapaliny pracující za extrémních podmínek.
PFTriDA	kys. perfluortridekanová	72629-94-8	13	Textil, koberce a čalounění, potravinářské obaly, aditivum v nátěrových hmotách, barvách a lacích, hasicí pěny.
PFTeDA	kys. perfluortetradekanová	376-06-7	14	Aditivum maziva, vosky, polymery.
PFHxDA	kys. perfluorhexadekanová	67905-19-5	16	Prům. maziva, vosky, aditiva v polymerech
PFODA	kys. perfluoroktadekanová	16517-11-6	18	Speciální maziva a vosky, zpracování optických filmů pro LCD displeje.

Podle bibliometrických analýz databází jako Web of Science (WoS) nebo PubMed se zájem o PFAS vyvíjel ve třech etapách:

- Období zaměřené na základní chemii a syntézu 1980–1999: Mezi lety 1980 a 1989 bylo publikováno 939 článků, v dalším desetiletí (1990–1999) se počet zvýšil na 2 191.
- Počátek výzkumu expozice a biomonitoringu 2000–2014: v letech 2000–2009 bylo evidováno 4 628 publikací. V roce 2015 se roční produkce pohybovala kolem 113 specializovaných prací.
- Období intenzivního výzkumu 2015–současnost: v období 2010–2019 vzrostl celkový počet na 10 101 článků. Mezi lety 2020 a 2024 bylo publikováno již 10 556 článků, což znamená, že za pouhou polovinu dekády vzniklo více prací než za celých předchozích deset let.

V období let 2015 až 2025 zažívá výzkum látek PFAS nebývalý rozmach. Zatímco v roce 2015 se roční počet publikací pohyboval v řádu stovek, v současnosti dosahuje několika tisíc článků ročně. Tento trend reflektuje rostoucí globální obavy z environmentální perzistence a zdravotních rizik těchto „věčných chemikálií“. Proto v oblasti ochrany vodních ekosystémů a lidského zdraví byly tyto látky (kromě TFA) v EU i ČR již zařazeny do legislativy pro pitnou vodu (Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184, Vyhláška 371/2023 Sb.) a momentálně probíhá proces novelizace Rámcové směrnice o vodách a dceřiných směrnic, kde jsou v návrhu směrnic PFAS látky již také zařazeny. Taktéž se hledá cesta pro harmonizaci výše zmíněné legislativy tak, aby si seznamy jednotlivých PFAS látek a způsoby jejich hodnocení navzájem odpovídaly, čemuž tak dnes bohužel není. Obdobně problematika TFA v dané legislativě není dosud vyřešena, dosud není jasné, zda se bude TFA započítávat do sumy PFAS nebo zda bude mít samostatný limit mimo sumu PFAS.

Většina studií se zaměřila především na osud, transport a sanaci PFAS s dlouhým řetězcem, tj. s více jak 7 atomů uhlíku v řetězci (Ateia et al., 2019). Vědecký zájem o TFA (látka s ultra krátkým uhlíkovým řetězcem) prošel v období 2015–2025 dvěma fázemi. Po určitém útlumu mezi lety 2008 a 2012 došlo po roce 2014 k prudkému oživení. TFA je v současnosti nejhojnější látkou ze skupiny PFAS v životním prostředí a její výzkum je nyní klíčovou součástí studií o PFAS. Vývoj počtu publikací o TFA v období 2015-2025 je uveden na obr. 2



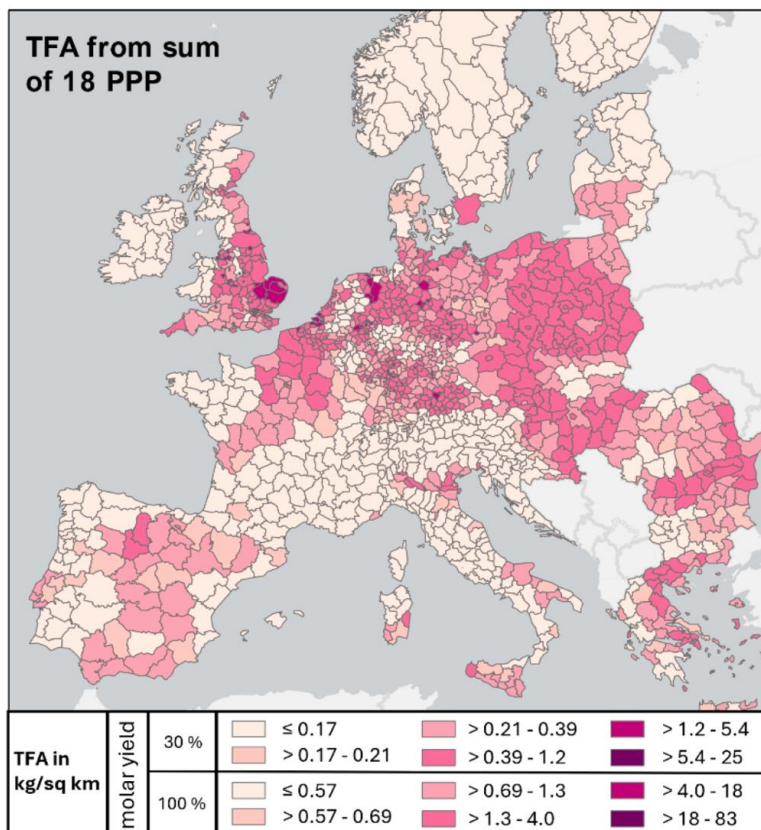
Obr. 2 Vývoj počtu publikací o TFA

Klíčové faktory nárůstu publikací týkající se TFA jsou:

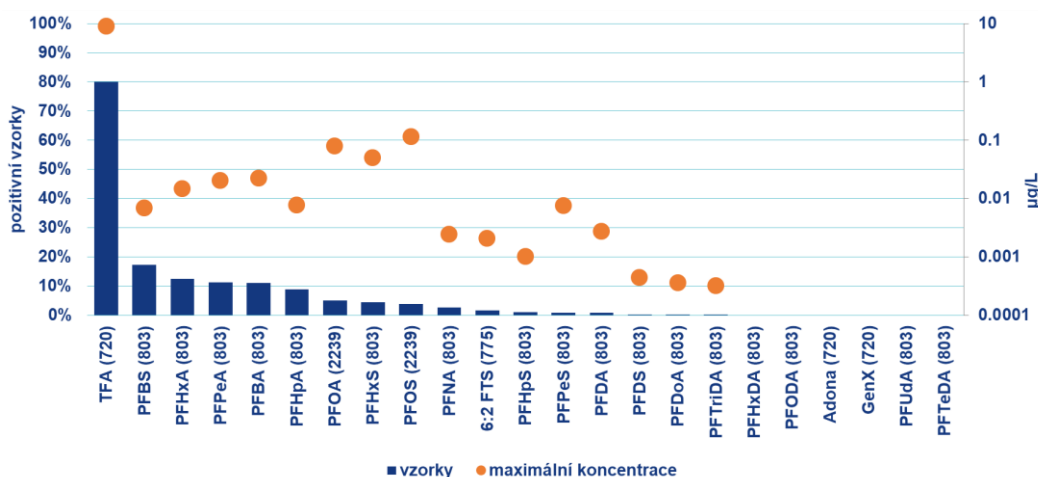
- Regulační tlak: EU a jednotlivé státy (Německo, Dánsko) zavádějí nebo navrhují přísné limity pro TFA v pitné vodě, což vyžaduje nové monitorovací studie.
- Nové zdroje: Zjištění, že TFA vzniká z mnohem širšího spektra pesticidů (trifluoromethyl-pesticidy), než se dříve předpokládalo.
- HFO chladiva: Přechod na novou generaci chladiv (hydrofluoroolefiny), která se v atmosféře téměř ze 100 % rozkládají na TFA, vyvolal vlnu modelovacích studií.
- Kontaminace potravin: Zprávy o vysokých koncentracích v evropských vínech a džusech (až stovky $\mu\text{g/L}$) přesunuly téma z čistě environmentální chemie do oblasti bezpečnosti potravin.

Pro území ČR bylo odhadnuto vcelku významné zatížení TFA ze zemědělství, které odpovídá nebo je dokonce vyšší než v zemích, které TFA identifikovaly jako významný a plošně rozšířený kontaminant podzemních vod (Dánsko, Finsko, Německo, Francie, Nizozemí, Švédsko, Švýcarsko) viz obr. 3.

Výsledky monitoringu PFAS, které prokázaly, že TFA je v souladu s výsledky sledování PFAS ve světě, sloučeninou, která se v podzemních vodách nachází v porovnání s ostatními PFAS látkami zdaleka nejčastěji (obr. 4). TFA byla nalezena ve 576 (80 %) ze 720 odebraných vzorků, což je v porovnání s frekvencí nálezů ostatních PFAS (0 - 17 % vzorků) významný rozdíl. v naprosté většině objektů sítě monitoringu ČHMÚ byla nalezena pouze 1 látka PFAS (TFA), pouze ojediněle bylo nalezeno více PFAS v jednom objektu, ve 2 objektech bylo nalezeno až 9 PFAS látek viz Tab.2. a obr. 5. Alespoň jedna PFAS látka byla nalezena v 577 ze 756 objektů (76.3 %). Koncentrace TFA dosáhly hodnoty až $9.03 \mu\text{g/L}$ oproti koncentracím ostatních PFAS dosahujících maximálně hodnoty $0.114 \mu\text{g/L}$ (PFOS) viz obr.4. Maximální sumární koncentrace PFAS v jednotlivých objektech dosáhly ve většině objektů $2 \mu\text{g/L}$, pouze u 54 objektů (7.1 % objektů) byly zjištěny koncentrace nad $2 \mu\text{g/L}$ (Tab. 3). Sumy koncentrací PFAS v jednotlivých objektech jsou uvedeny na obr.6. Tyto sumy koncentrací jsou u 424 objektů tvořeny samotnou TFA, u zbývajících 153 objektů se na sumě podílejí i ostatní PFAS látky. Porovnáním tabulek 3 a 4 i obrázků 6 a 7 je jasné, že TFA určuje stav kontaminace podzemních vod PFAS látkami v ČR.



Obr. 3 Celkový potenciál tvorby TFA z přípravků na ochranu rostlin v Evropě za rok, na základě odhadovaného množství 18 přípravků obsahujících C-CF₃ molekulu v období 2011-2017 (převzato z Joerss et al., 2024)

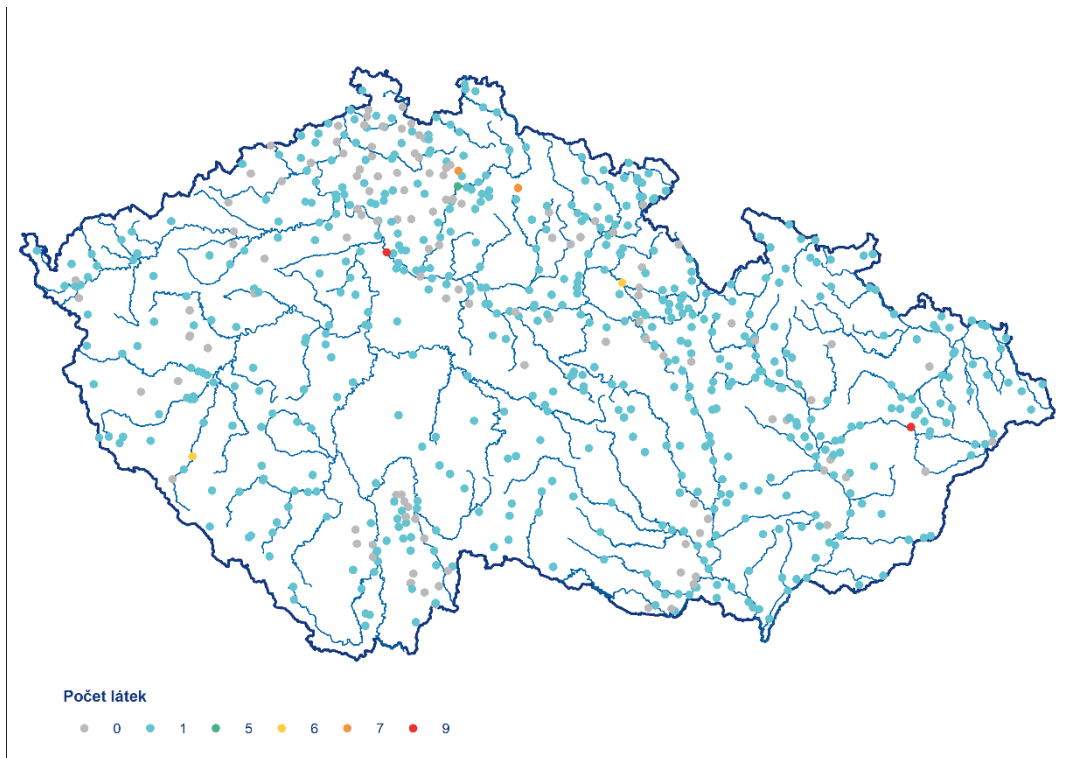


Obr. 4 Frekvence záchytů PFAS a maximální koncentrace v podzemních vodách v období 2020-2025 (v závorkách na ose X je pro každou látku uveden počet odebraných vzorků)

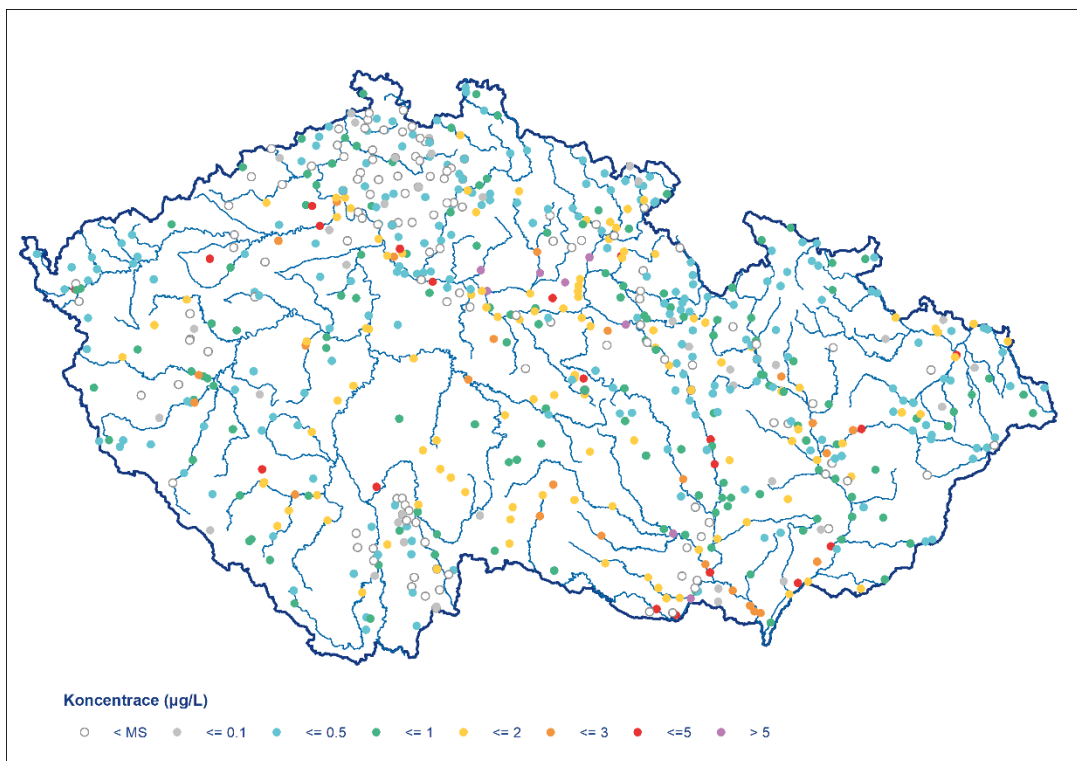
Tab. 2 Počty nalezených látek

Počet PFAS	Počet objektů	% objektů
0	179	23.68
1	569	75.26

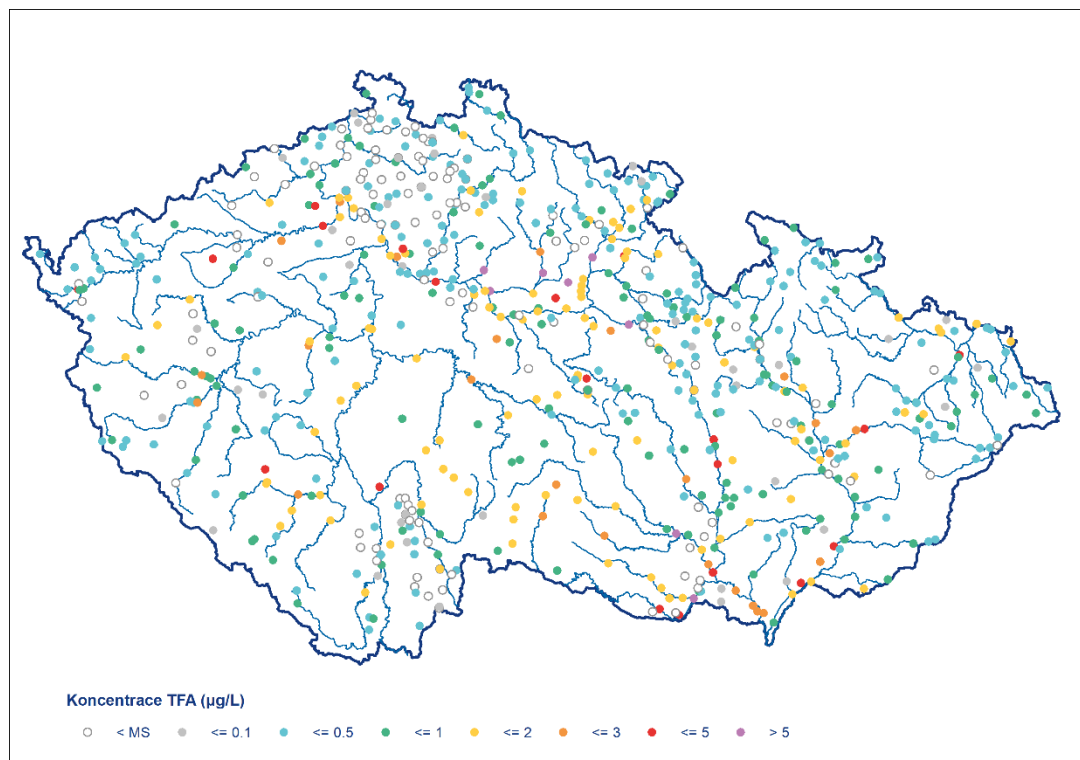
5	2	0.26
6	2	0.26
7	2	0.26
9	2	0.26



Obr. 5 Počet nalezených látek v jednotlivých objektech



Obr. 6 Suma koncentrací PFAS v jednotlivých objektech



Obr. 7 Koncentrace TFA v jednotlivých objektech

Tabulka 3: Maximální sumární koncentrace PFAS

Koncentrace (µg/L)	Počet objektů	% ze 756 vzorkovaných objektů
<MS	179	23.68
MS - 0.1	46	6.08
0.11 - 0.5	219	28.97
0.51 - 1	146	19.31
1.01 - 2	112	14.81
2.01 - 3	25	3.31
3.01 - 5	20	2.65
5.01 – 9.362	9	1.19

Tabulka 4: Koncentrace TFA

Koncentrace (µg/L)	Počet objektů	% ze 720 vzorkovaných objektů
<MS	143	18.92
MS - 0.1	47	6.22
0.11 - 0.5	219	28.97
0.51 - 1	145	19.18
1.01 - 2	112	14.81
2.01 - 3	25	3.31
3.01 - 5	20	2.65
5.01 – 9.03	9	1.19

Vzhledem k tomu, že tato vysoce polární látka s malou molekulou je vysoce mobilní, rozpustná ve vodě a negativně nabitá (TFA ve vodě rychle disociuje na TFA aniont - trifluoacetát), je dnes běžně využívaná technologie granulovaného aktivního uhlí na odstraňování organických mikropolutantů méně efektivní metodou pro její odstranění. To činí z této látky vzhledem k výše uvedenému významnou výzvu pro provozovatele vodárenských zdrojů do budoucnosti. Objevují se studie pro nové metody odstranění TFA (kromě reverzní osmózy) jako jsou elektrochemická oxidace (rozbíjí extrémně pevnou vazbu C–F v molekule TFA) či iontoměniče (speciální pryskyřice pro zachycení TFA).

Poděkování: Příspěvek vznikl za podpory projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) č. QL24010384 „Střednědobý trend v chování mikropolutantů pocházejících z odpadní vody nebo kalů z čistíren odpadních vod v půdním prostředí“ a v rámci DKRVO (Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace) ČHMÚ na období 2023–2027 financované MŽP ČR.

Literatura:

- Albers, C. N. and Sültenfuss, J., 2024, a 60-Year Increase in the Ultrashort-Chain PFAS Trifluoroacetate and Its Suitability as a Tracer for Groundwater Age. *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 11, 1090–1095, <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.4c00525>.
- Arp, H. P. H., Gredelj, A., Glüge, J., Scheringer, M. and Cousins, I.T., 2024, The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA). *Environmental Science & Technology*, 58 (45), 19925–19935, <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c06189>.
- Ateia, M., Maroli, A., Tharayil, N. and Karanfil, T., 2019, The overlooked short- and ultrashort-chain poly- and perfluorinated substances: a review. *Chemosphere*, 220, 866–882, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.186>.
- Diehle, M., Schneider, F., Banning, H. and Heinrich, C., 2025, Trifluoroacetate leaching potential from fluorinated pesticides: an emission estimation and FOCUS modelling approach. *Environmental Sciences Europe*, 37, 161, <https://doi.org/10.1186/s12302-025-01215-5>.
- Freeling, F. and Björnsdotter, M.K., 2023, Assessing the environmental occurrence of the anthropogenic contaminant trifluoroacetic acid (TFA). *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 41, 100807, <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100807>.
- Joerss, H., Freeling, F., van Leeuwen, S., Hollender, J., Liu, X., Nödler, N., Wang, Z., Yu, B., Zahn, D. and Sigmund, G., 2024, Pesticides can be a substantial source of trifluoroacetate (TFA) to water resources. *Environment International*, 193, 109061, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109061>.
- Scheurer, M., Nödler, K., Freeling, F., Janda, J., Happel, O., Riegel, M., Müller, U., Storck, F. R., Fleig, M., Lange, F. T., Brunsch, A., and Brauch H. J., 2017, Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply. *Water Research*, 126, 7, 460–471, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.045>.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 ze dne 16. prosince 2020 o jakosti vody určené k lidské spotřebě (přepracované znění)
- Vyhláška č. 371/2023 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů
- Wang, Z., DeWitt, J. C., Higgins, C. P. and Cousins I. T., 2017, a Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? *Environmental Science & Technology*, 51 (5), 2508–2518, <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04806>.

ŠÍŘENÍ KONTAMINACE V KRASOVÉM PROSTŘEDÍ

Jan Bartoň¹, Barbora Daniela Jendrušáková², Jiří Beránek³

¹RNDr. Jan Bartoň, Podstránská 16, 627 00 Brno, honzabarton@seznam.cz

²GEOtest, a.s., Šmahova 1244/112, 627 00 Brno

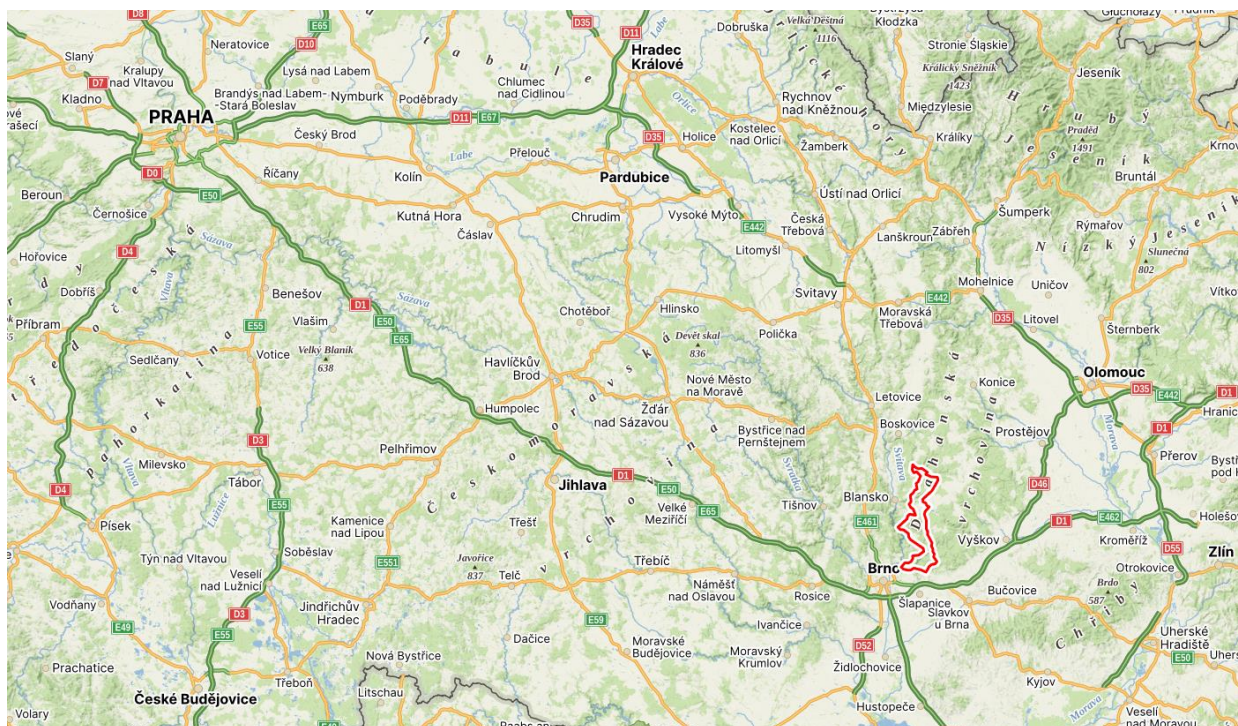
³Groundwater Consulting Services s.r.o., Čihalíkova 350/26, 715 00 Ostrava-Michálkovice

1. Úvod

Článek se zabývá specifiky při šíření kontaminace v podzemní vodě v krasovém prostředí a opírá se zejména o výsledky studie v Moravském krasu, jež byla zaměřena na vliv skládky průmyslového odpadu, umístěné v blízkosti rozvodnice v centrální části Moravského krasu, přičemž byly mj. sledovány vlivy na zdroje pitné vody v okolí. Součástí prací byl hydraulický model proudění podzemní vody a dvouletý monitoring podzemních a povrchových vod (ve 4 cyklech), a to včetně jeskynních vod.

Informace o lokalitě

Cílem prací bylo ověření kontaminace a potenciálních zdravotních a environmentálních rizik, plynoucích z přítomnosti odpadů na skládce průmyslových odpadů. Důvodem je přetrvávající kontaminace v hydrogeologických objektech, resp. zdrojích pitné vody pro okolní obce.

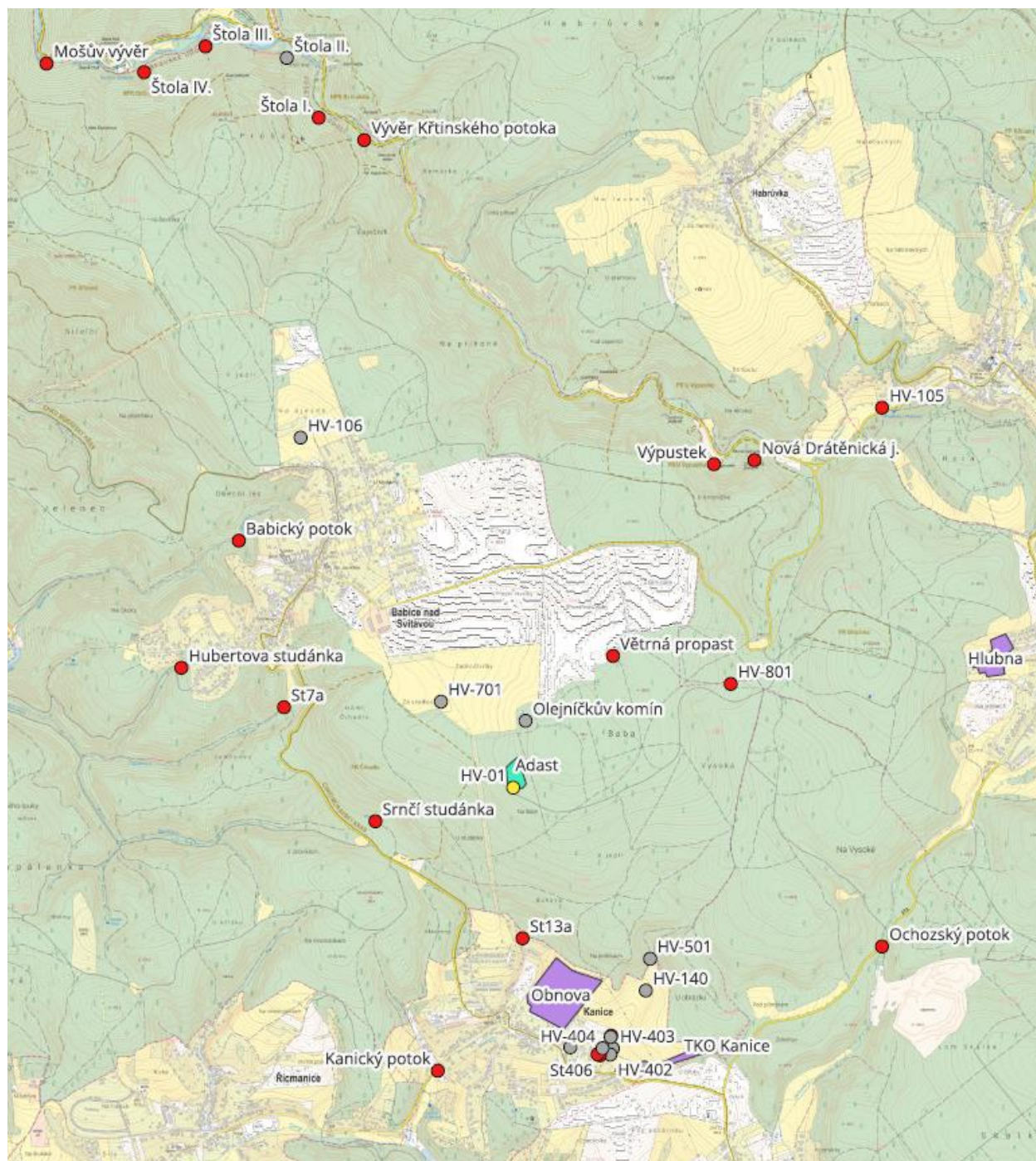


Obr. Obrázek 1: Situování Moravského krasu

V zájmové oblasti se nachází několik potenciálních zdrojů kontaminace, mezi které patří:

- bývalá skládka průmyslového odpadu závodu Adast v Babicích
- chemické výrobní družstvo v Březině (Hlubna)
- závod automobilového průmyslu v Kanicích (Obnova)

- divoké skládky obcí Babice, Svitavou a Kanice
- v minulosti vojensky využívaná jeskyně Výpustek, a další.



Obrázek 2: Situování primárních zdrojů znečištění a odběrných míst

Geologické a hydrogeologické poměry

Lokalita se nachází na styku východního okraje krystalinika brněnského masívu a devonských vápenců Moravského krasu.

Moravský kras je budován devonskými a spodnokarbonskými sedimenty (zejména zkrasovělymi středně a svrchodevonskými vápenci). Devonské horniny jsou na západě omezeny krystalickými horninami brněnského masívu, které tvoří současně podloží devonským uloženinám. Krystalické

horniny jsou systémem zlomů rozděleny na řadu ker, jejichž pohyb ovlivňoval mocnosti, vývoj i pozdější tektonickou deformaci nadložních sedimentů. Povrch krystalinika brněnského masívu prudce klesá od západu na východ, přičemž kra brněnského masívu východně od Moravského krasu je významně zakleslá a devonské sedimenty jsou překryty asi 1 km mocným komplexem spodnokarbonských břidlic (kulm).

V Moravském krasu se v průběhu devonské sedimentace uplatňovaly tektonické pohyby, při nichž docházelo k rozbíjení karbonátových sedimentů na systém ker. Hlavní směry tektonických linií jsou SV–JZ a SZ–JV. Je zřejmé, že pukliny těchto směrů tvoří základní osnovu zvodnění vápenců.

Hlavní tektonickou linií zájmového území tvoří porucha SV–JZ směru, probíhající od jímacího území Obnovy v Kanicích (cca 1 km jjv. Od skládky) přes vrty HV-401 a HV-501 k vrtu HV- 801, kde se stáčí do směru SZ–JV a pokračuje přes jeskyni Výпустek dále ve směru údolí Křtinského potoka. V tektonickém uzlu u Kanic se s touto poruchou kříží další dvě tektonické linie, přičemž jedna probíhá ve směru SZ–JV přibližně rovnoběžně se silnicí Kanice – Babice a tvoří tektonické omezení devonských vápenců vůči brněnskému masívu. Druhá tektonická linie probíhá ve směru SV–JZ údolím bezejmenného potoka jižně od jímacího území Obnovy Kanice směrem k vápencovému lomu na silnici do Březiny, kde se štěpí na dvě větve. První pokračuje dále v původním směru, druhá se stáčí více na sever a vede přibližně ve směru silnice do Březiny až téměř k provozu Hlubny v Březině.

Během geologického vývoje podlehly vápence Moravského krasu třem cyklům krasování – předkřídovému, předmiocennímu a dosud neukončenému cyklu kvartérnímu (Kettner, 1960).

Častým povrchovým tvarem na Babické plošině jsou závrtky, v nichž dochází k prosakování srážkových vod do podzemí. Řada menších závrtů byla zjištěna i v okolí skládky. Deprese vlastní skládky i několik depresí v okolí je antropogenního původu (bývalý jámový lom).

Speleologicky se ve vrchní části Babické plošiny nepodařilo dosud zjistit otevřené krasové prostory s výjimkou tzv. Olejníčkova komína, který se nachází cca 200 m ssz. Od Babické skládky. Jde o sedimenty vyplněný krasový komín, objevený na základě telestézických měření bratří Olejníčků v roce 1948 pod 1,5 m mocnou vrstvou zeminy. Komín by měl v hloubce cca 20 m ústít do systému chodeb směřujících k podzemnímu jezeru o poměrně velké rozloze. Speleologicky se těžením vkleslých sedimentů podařilo postoupit do hloubky 8,5 m, kde je však zastavilo zúžení. Šachtice nebyla zapažena a časem došlo k jejímu samovolnému zavalení. V roce 2000 byl komín znovu otevřen a prohlouben na současných 18 m, kde se sledovaný komín zúžil a posléze rozdělil na několik neprůlezných kanálků. Dno jeskyně je zříceno v hloubce cca 13 m, asi 2 m pod puklinou, která komín svisle protíná.

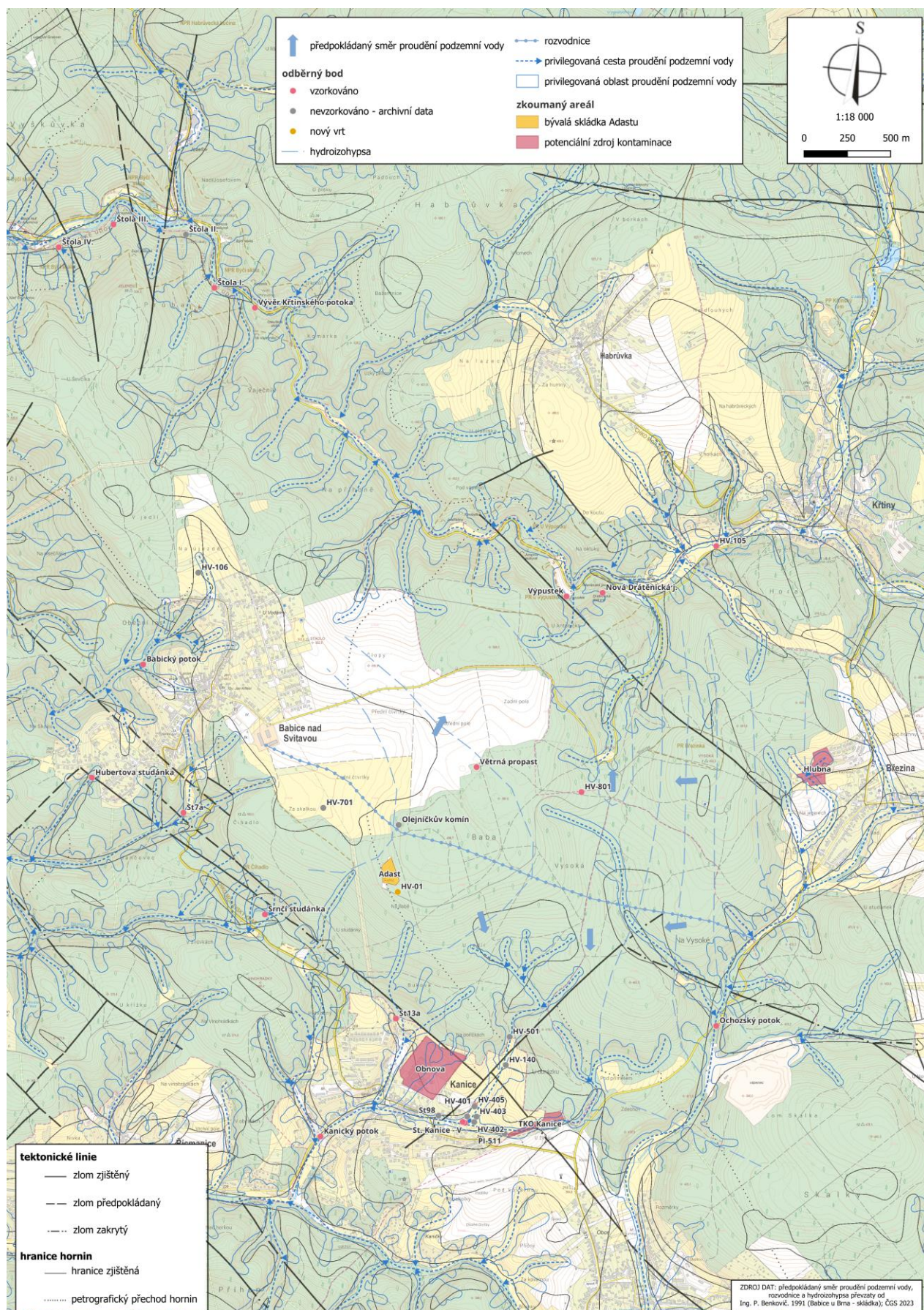
Přibližně 1,8 km severovýchodním směrem od Babické skládky se nachází jeskyně Výпустek, která je od roku 2007 otevřena pro veřejnost. Jeskyně Výпустek byla vytvořena ponorovou činností Křtinského potoka. Okolí jeskyně bylo do roku 2001 přísně střeženým vojenským prostorem.

Existence krasových prostor mezi Kanicemi a jeskyní Výпустek je na základě nepřímých indicií z geofyzikálních měření a hydrogeologických průzkumů velmi pravděpodobná. Ve vrtu HV-701, vzdáleném cca 750 m severozápadním směrem od skládky (tedy směrem k Babicím) byla potvrzena kaverna v hloubce 113,5–121,1 m (tedy 7,6 m mocná).

Hlavní kolektor zájmového území tvoří puklinově a krasově propustné devonské vápence. Kolektor vytváří ukloněné deskovité těleso mocné 600–800 m, sevřené mezi podložní izolátor (brněnský masív) a bazální devonská klastika na západě a nasedající nadložní izolátor na východě, tvořený březinskými břidlicemi kulmského stáří.

V oblasti výskytu krystalických hornin brněnského masívu převládají hydrogeologicky nevýznamné mělké podzemní vody vázané na zvětralinový plášť s velmi mělkým oběhem. Prameny jsou nestálé, s vydatnostmi v desetinách l/s. Vlastní horniny brněnského masívu jsou propustné pouze puklinově

(vyjma eluvia – zóny přípovrchového rozvětrání). J. Taraba (1976) považuje horniny brněnského masívu za prakticky nepropustné. O. Hynie (1961) předpokládá, že řeka Svitava, protékající hluboce zařezaným údolím na okraji Moravského krasu, působí také jako drén zvodněných vápenců prostřednictvím sítě puklin v tektonicky porušených krystalických horninách.



Obrázek 3: Mapa tektonických linií, vzorkovaných objektů, hydroizohyps a privilegovaných oblastí proudění podzemní vody

Oběh podzemní vody v Moravském krasu je ve svém celku vázán hlavně na polohy zkrasovělých vápenců. V důsledku hlubokého tektonického porušení hornin a zvýšené průměrné puklinové propustnosti horninového prostředí sahá oběh vody hluboko pod bázi odvodnění. Krasové dutiny mají významný drenážní účinek a vyvolávají koncentraci odtoku podzemních vod ze sítě puklin. Puklinové a krasové podzemní vody jsou odvodňovány prameny.

Hydrogeologický význam jednotlivých devonských vápencových souvrství závisí na jejich tektonickém porušení, stupni zkrasovění, poloze vůči erozní bázi, litologii atd. Lažánecké a vilémovické vápence jsou chemicky čisté, většinou tlustě lavicovité a křehké. Ve spojení s tektonickými dislokacemi se stávají velmi dobře puklinově propustnými a často je u nich vyvinuta výrazná krasová propustnost.

Ve směru vertikálním lze vyčlenit v hydrogeologickém rajónu Moravského krasu 3 zóny:

- Svrchní zóna (zóna aerace) – nejsvrchnější část vápencových komplexů ležící trvale nad hladinou podzemní vody (HPV). Cirkulace vody se v ní děje téměř výlučně ve vertikálním směru – umožňuje snadný a rychlý pohyb infiltrované srážkové vody k HPV.
- Střední (přechodná) zóna – zahrnuje vápencová souvrství v rozsahu daném amplitudou kolísání HPV; dle Benkoviče (1991) činí její mocnost v prostoru Babické skládky cca 10 m.
- Spodní zóna (zóna saturace) – zahrnuje vápencové komplexy ležící trvale pod HPV. V zájmovém území dosahuje desítky (HV-106) až stovky (HV-105) metrů. Svrchní část je pásmem krasové propustnosti (krasové dutiny trvale zaplněné vodou), spodní část pásmem puklinové propustnosti. Obecně platí, že s hloubkou ubývá krasových jevů i puklinové propustnosti a oběh podzemní vody je vázán na tektonické poruchy.

Hlavními drenážními osami Moravského krasu jsou v severní části Punkva, ve střední části Křtinský potok a v jižní části Říčka. Tyto toky odvodňují většinu území Moravského krasu a soustředí k sobě podzemní odtok ze sítě puklin z velké vzdálenosti. Většina podzemní vody proudí směrem k hlavním drenážním osám nebo k jejich přítokům, tj. podzemní odtok probíhá ve směru hydraulického spádu.

V širším zájmovém území působí pravděpodobně jako hlavní drenážní struktura vrstev vilémovických vápenců tektonická linie ve směru SV–JZ až SZ–JV, v jejíž blízkosti jsou situovány všechny významněji zvodněné vrty jímající (v minulosti, nebo současnosti) vodu z krasových poloh devonských vápenců (HV-401, HV-501, HV-801).

Mapa hydroizohyps (viz obr. 3) je pouze schematická, neboť krasová a puklinová propustnost vápenců je svojí podstatou jev nehomogenní a anizotropní. Z provedených průzkumů však vyplývá, že podzemní voda v prostoru pod skládkou a v jejím bezprostředním okolí odtéká jihovýchodním směrem a posléze se směr proudění stáčí k jihu, ke Kanicím. Méně pravděpodobný (ale přesto možný) je i směr proudění na severovýchod ke Křtinskému potoku. Obdobně podzemní voda z prostoru Březiny (okolí Hlubny Brno) proudí zpočátku na západ a posléze se stáčí na severozápad do údolí Křtinského potoka. Nelze však vyloučit i odtok jihozápadním směrem ke Kanicím, a to buď přímo nebo prostřednictvím tektonické linie mezi vrty HV-501 a HV-801.

Elevaci HPV u Babic (v okolí vrtů HV-106 a HV-701) s vysokým gradientem do údolí Křtinského potoka lze vysvětlit existencí celistvého bloku vápenců s nízkou transmisivitou. Protáhla deprese v hladině mezi Kanicemi (HV-501) a jeskyní Výpustek dokládá existenci pásma s vyšší transmisivitou, související pravděpodobně s výše jmenovanou tektonickou linií. Malý hydraulický gradient navozuje analogii s malým spádem ponorné části Jedovnického potoka, a tedy existenci krasového systému jižně od jeskyně Výpustek.

Předpokládaná hydrogeologická rozvodnice probíhá přibližně ve směru severní okraj Babic až 500 m jižně od Březiny. Její poloha však může značně kolísat v závislostech na stavech podzemní vody.

Na tvorbě podzemní vody se ve sledované oblasti podílí téměř výhradně atmosférické srážky. Hydrologickou bilanci Křtinského potoka (1970–1975) se stavil Taraba (1976). Ze srážek 572 mm vyčlenil 392 mm na evapotranspiraci a 180 mm na infiltraci. Koeficient infiltrace byl spočten na 0,31 (tady cca 1/3 vod vsákne do podzemí). Velikost infiltrace odpovídala odtoku podzemní vody 5,7 l/s/km². Měřením odtoku krasové části povodí Křtinského potoka (1970–1975) dospěl Taraba (1976) k průměrnému celkovému odtoku 267 l/s. Na tomto odtoku se podílelo 180 l/s povrchového přítoku a 87 l/s tvořil infiltrovaný podíl atmosférických srážek. Při velikosti krasového povodí 32 km² vzniká disproporce mezi měřeným odtokem 87 l/s (2,7 l/s/km²) a tvorbou podzemní vody 182 l/s (5,7 l/s/km²). Tuto disproporci potvrzuje názor O. Hynie (1961), a to, že se část podzemní vody vápenců Moravského krasu účastní hlubokého oběhu a odvodňuje se „puklinami silně tektonicky porušené staré brněnské vyvěřeliny do údolí Svitavy.“

Oběh podzemní vody ve vápencích Babické plošiny je tedy dvojitý. Krasové dutiny při HPV tvoří preferenční cesty krasového lokálního oběhu. Část podzemní vody se však účastní hlubokého regionálního oběhu puklinami vápenců. V koncepci lokálního a regionálního oběhu (Freeze – Witherspoon, 1967) mohou mít oba typy oběhu různý, až opačný směr proudění podzemní vody.

Kryštofová et al. (2023) uvádí, že podle klasifikace krasovo-puklinových hydrogeologických struktur použité Kullmanem (1990) se v případě hydrogeologických poměrů Moravského krasu jedná o otevřenou průtočnou (tranzitní) hydrogeologickou krasovou strukturu. Ve strukturách tohoto typu jsou zvodněné krasové horniny v přímé hydraulické souvislosti s okolními zvodněnými nekrasovými horninovými masivy nebo sedimenty, a to jak v oblasti dotace vod do systému, tak v oblastech drenáže. V oblastech dotace nastává přímý vstup podzemních vod ze sousedních hydrogeologických struktur do krasovo-puklinového zvodněného systému. Tato dotace je doplněna přímým vstupem alochtonních vodních toků do krasového systému na ponorech a vsakem srážkových tzv. autochtonních vod v ploše rozšíření krasových hornin. V oblastech drenáže je krasový zvodněný systém rovněž ve spojitosti s propustnými okolními horninovými a sedimentárními komplexy, což umožňuje přímé přestupy podzemní vody mezi hydrogeologickými strukturami, případně hlubinné odvodňování. Kromě toho dochází samozřejmě k odvodnění prostřednictvím pramenů a vývěřů ponorných toků. Drenáž podzemních vod z Moravského krasu probíhá i významnými odběry pitných vod.

Zdroje znečištění

Zdrojem znečištění přímo na sledované lokalitě jsou odpady z výrobní činnosti Adamovských strojíren, ukládané na skládku Babice od roku 1970 po dobu přibližně 16 let. Jednalo se o odpad různého charakteru – podle tehdejšího sdělení Adamovských strojíren (Procházka, 1981) byl odpad tvořen především škvárou, popelem a papírem, méně pak ostatním – dřevo, plech aj. Terénním šetřením bylo zjištěno, že vedle uvedeného byl na skládku ukládán i komunál a dílenský odpad – kovový odpad, textilie použité při čištění strojů, obaly od rozpouštědel, řezné emulze atd. v letech 1989 a 1994 byla skládka rekultivována.

Bývalá skládka Adamovských strojíren byla situovaná ve starém jámovém lomu, založeném v silně rozpukaných vilémovických vápencích. Jedná se o vysoce exponované místo, které je z geologického hlediska nevhodné ke skládkování.

Ukládání odpadu bylo ukončeno v roce 1986 a v roce 1989 byla provedena první rekultivace skládky. V rámci této rekultivace byl odpad na skládce přikryt vrstvou nez hutněné zeminy o tloušťce přibližně 20 až 30 cm a povrch byl osázen sazenicemi jehličnanů (druhu douglaska tisolistá).

V roce 1991 proběhlo posouzení provedené rekultivace (Benkovič, 1991), které označilo rekultivaci za zcela nedostatečnou, primárně z důvodu neutěsnění skládky proti dešťovým srážkám, které promývaly uložené odpady a ve formě výluhů pronikaly dále do prostředí. V totožné práci byly také navrženy nápravné opatření, na jejichž základě byla naplánována druhá rekultivace skládky.

V roce 1994 byla provedena druhá rekultivace, jejíž technické řešení spočívalo v opatřeních, zamezujících průsaku srážkových vod tělesem skládky a dále do podloží. Po částečném shrnutí krycí vrstvy zeminy (vytvořené při předchozí nedostatečné rekultivaci) bylo těleso skládky vytvarováno do vypouklého tvaru, umožňujícího odvedení srážkových vod k okrajům plochy. Vypouklého tvaru bylo dosaženo odebráním odpadu po obvodu tělesa skládky a jeho přemístěním do centrální části. Po obvodu plochy byly vytvořeny příkopy odvádějící srážkové vody z prostoru skládky. Obvodové příkopy volně vyúsťují do terénu pod čelem rekultivované skládky.

Rekultivovaná plocha byla zatravněná a je v současnosti využívána jako prostor rekreační střelnice Březinka.

V širším zájmovém území se kromě bývalé skládky nachází celá řada potenciálních zdrojů kontaminace. Některé z nich (např. Jeskyně Výпустek) patrně představovaly rizikové zdroje kontaminace v minulosti, a v současnosti už s největší pravděpodobností ke znečištění nepřispívají, avšak s ohledem na zadržování kontaminantů v prostředí nelze vyloučit podíl starých ekologických zátěží na současném stavu kontaminace. Mezi potenciálními zdroji kontaminace v okolí zájmové lokality patří zejména:

Obnova Kanice – provozovna fungující od roku 1931, kdy se v Kanicích začalo vyrábět gumové lisované zboží. v současnosti se OBNOVA – Výrobní závody, spol. s r.o. zaměřuje na obnovu ojetých pneumatik (tzv. protektorování) teplou a studenou vulkanizací. Obnova Kanice také vykonává zpětný odběr odpadních pneumatik, podle zákona č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností. Dle tohoto zákona je výrobce povinen zajistit na vlastní náklady zpětný odběr výrobků s ukončenou životností a jejich následné zpracování a využití nebo odstranění za podmínek stanovených tímto zákonem. Dle starších prací (Kučera, 1995) fungoval v areálu Obnovy Kanice také místní autoservis. Vedle možných látek ropného původu není v areálu vyloučen ani výskyt jiných organických, příp. anorganických látek.

Hlubna výrobní družstvo – sídlí i vyrábí v Březině u Křtin a zahrnuje tři oblasti výroby: drogerie (čisticí a lešticí prostředky, čisticí písky, odstraňovače vodního kamene atp.), péče o dům a zahradu (mnohoúčelová lepidla, čističe na skvrny, technický líh) a kosmetika (krémy, odlakovače a další). Závod je situován ve vápencovém lomu, v těsné blízkosti tektonické linie. Dle starších prací (Benkovič, 1991) byla v areálu v sudech skladována řada chemických látek (etanol, aceton, technický benzin atp.) a při dřívější výrobě byl používán i TCE.

Jeskyně Výпустek – jeskyně krasového původu, ležící na tektonické linii, tedy je zde možnost přímého průniku případné kontaminace do podzemní vody. Na začátku 20. stol. sloužila jeskyně k těžbě fosfátových hlín, za II. světové války jako továrna na letecké motory a v 60. letech bylo do jeskyně vestavěno tajné vojenské velitelství. Až do roku 2001 bylo okolí jeskyně přísně střeženým vojenským prostorem. Koncem roku 2006 byla předána Správě jeskyní České republiky a v roce 2008 byla jeskyně otevřená pro prohlídky veřejnosti. Dle svědectví se v objektu v minulosti manipulovalo s ropnými látkami, které zde byly pravděpodobně i skladovány.

Bývalé obecní skládky TKO – staré divoké skládky TKO bez technického zabezpečení proti průsakům a většinou i bez kontroly ukládaného odpadu. V roce 1993 proběhl hydrogeologický průzkum dvou skládek TKO – v Kanicích na lokalitě „Ve žlábku“ a v Babicích na lokalitě „Pod statkem“.

Vzhledem k velmi vysokému riziku znečištění podzemních vod v devonských vápencích Moravského krasu a z toho plynoucí možnosti regionálního šíření kontaminace v celé oblasti, je nutné brát v úvahu i případné další znečišťovatele, kteří se mohou vyskytovat ve větších vzdálenostech od místa zjištěné kontaminace. Mezi tyto znečišťovatele patří např. osídlení, drobná soukromá činnost, zemědělství atp.

Rozsah průzkumných prací

V prostoru Babické plošiny a jejího okolí v CHKO Moravský kras byly provedeny průzkumné práce (vrtné práce, geofyzikální a karotážní práce, odběry a analýzy vod atp.), a to z důvodu dlouhodobé přítomnosti kontaminace chlorovanými ethyleny v podzemní vodě v prostoru mezi obcemi Babice, Kanice a Březina.

Přesné určení původu kontaminantů je relativně složité s ohledem na heterogenitu horninového prostředí a dynamiku pohybu podzemní vody v krasu. Bylo proto zvoleno několik metodických přístupů, jejichž cílem bylo co nejpřesněji charakterizovat vývoj a šíření znečištění ve sledovaném prostoru. Těmito metodickými postupy byly:

- 2letý cyklus vzorkování podzemních a povrchových vod (v režimu jaro–podzim) na 20 vybraných objektech. U všech odebraných vzorků vody byl proveden úplný fyzikálně-chemický rozbor, analýza chlorovaných uhlovodíků (CIU) a látek skupiny BTEX. U vybraných objektů byla provedena i analýza ropných látek (C₁₀-C₄₀), PCB a PAU.
- Vybudování a vystrojení nového 135 m hlubokého hydrogeologického vrtu v těsné blízkosti Babické skládky, a s tím spojené karotážní práce (rezistivimetrie, termometrie, měření pH, metoda ředění aj.), přičemž původně měly být vyhloubeny 2–3 vrty umístěné po spádnicí ve směru proudění podzemní vody od skládky, avšak z důvodu velké hloubky podzemní vody byl hlouben pouze jeden vrt.
- Geofyzikální práce: georadarový průzkum, mikrogravimetrie, elektrická odporová tomografie (ERT) a vertikální elektrické son-dování (VES).
- Morfohydrogeometrická analýza, jejímž účelem bylo určení preferenčních cest proudění podzemní vody, resp. hypodermického odtoku.

Výsledky průzkumných prací

Zdrojem kontaminace (minimálně v centrální části Babické plošiny) je téměř s určitostí bývalá skládka Adastu v Babicích, což dokládají výsledky vrtných prací (nedokonale zrekultivovaná skládka – částí odpadu se stále infiltruje srážková voda), přítomnost kontaminace ve vrtu HV-01 (CIU, PAU, B), a vývoj kontaminace v oblasti Kanic, která je s prostorem skládky spojena tektonickou poruchou, a u které došlo významnému snížení koncentrace a poměrů jednotlivých chlorovaných ethylenů.

Ostatní zdroje byly jako původce kontaminace na Babické plošině vyloučeny – u Výpustku chemická analýza neprokázala kontaminaci a historicky se zde zacházelo s ropnými produkty, avšak ty se v žádném vzorku nevyskytly, u Obnovy Kanice jsou preferenční cesty proudění vody od areálu jihu, a u Hlubny v Březině charakter kontaminace neodpovídá archivně doloženým datům a primárním příjemcem podzemních vod je Ochozský potok.

Chemické analýzy vzorků ze čtyř kol vzorkovacího monitoringu poukázaly na existenci kontaminace ve 4 klíčových oblastech – ve vrtu HV-01 v podloží předmětné skládky, v oblasti východně od Kanic (reprezentované objekty St406 a HV-405), v jímacím vrtu HV-801, který zásobuje obyvatelstvo obce Březina pitnou vodou, a minoritně také v prameni Srnčí studánka. Zvýšené koncentrace vybraných kontaminantů se také nekonzistentně objevovaly v Ochozském potoce, vzorkovaném mezi Březinou a Ochozem u Brna.

Jako nejzávažnější se jeví kontaminace podzemní vody ve vrtu HV-01, nacházejícím se v těsné blízkosti Babické skládky. Kontaminace je zde charakterizována nejvyššími koncentracemi chlorovaných uhlovodíků (cis-1,2-DCE, TCE, PCE a trans-1,2-DCE). Dominantními přítomnými CIU jsou DCE a TCE, jejichž poměr je zde cca 1:1, zatímco koncentrace PCE se pohybují v jednotkách mikrogramů. Zároveň se zde objevily i nadlimitní koncentrace 10 ze 12 analyzovaných PAU.

V oblasti východně od Kanic (bývalé jímací území Obnovy) byly ve všech vzorkovaných objektech alespoň jednou (většinou však opakovaně) prokázány přetrvávající nízké (přesto však vzhledem k Vyhlášce č. 5/2011 legislativně nevyhovující) koncentrace cis-1,2-DCE. V průběhu celého

vzorkovacího období zůstávaly naměřené koncentrace DCE v oblasti Kanic velmi nízké, a to zejména ve srovnání s archivními daty – koncentrace DCE se tu v 90. letech opakovaně pohybovaly v prvních stovkách $\mu\text{g/l}$, přičemž zastoupení DCE:TCE bylo přibližně 1:2 a pozorovány byly i nízké koncentrace PCE. Kontaminace chlorovanými uhlovodíky v oblasti Kanic se tedy v posledních třech desetiletích výrazně snížila a změnilo se také zastoupení jednotlivých chlorovaných uhlovodíků – dříve dominantní TCE a nízké zastoupené PCE úplně vymizely, zatímco u DCE došlo k významnému řádovému poklesu koncentrací.

Vrtné práce – při hloubení vrtu HV-01 u skládky bylo zjištěno, že skládkový materiál (odpad) v současnosti zasahuje i mimo prostor samotné zre kultivované skládky; jelikož tento materiál není od povrchu terénu odizolován rekultivační vrstvou, je možné předpokládat, že jej promývají atmosférické srážky. Tyto závěry byly podpořeny i geofyzikálním průzkumem. Kromě toho bylo vrtné práce popsaly horninové podloží pod skládkou, kde byly pod odpady zjištěny nejdřív krasově rozpukané bílé vápence s četnými kavernami, hlouběji pak (cca od 96 m) byly přítomny kompaktní mikritové vápence. Vrt byl ukončen v hloubce 135 m p.t. Během vrtání byl vrt suchý, při airliftingu (den po dovržení) z vrtu vyteklo přibližně 30–40 l vody. Následně během prvních 4 měsíců od vyvrtání vystoupala HPV na maximální úroveň (95 m p.t., tj. 40 m vodního sloupce ve vrtu) a pak v následujících měsících kolísala v rozpětí cca 8 metrů. Její pohyb souvisí s intenzitou srážek a s infiltrací srážkových vod do horninového prostředí.

Karotážní práce prokázaly pod skládkou i v jejím okolí přítomnost projevů tektonického oslabení – diskontinuit, puklin a kaveren, které můžou sloužit jako distribuční kanály pro šíření jak infiltrující srážkové, tak vlastní podzemní vody. Metodou ředění byla také zaznamenána mírná změna rezistivity v hloubce 98 až 103 m, kde se předpokládá komunikace vrtu s okolní vrstvou mikritových vápenců, zadržujících vodu. Kromě toho byla v rámci karotáže provedena prohlídka vrtu kamerou, která ukázala, že stěny vrtu jsou pokryty souvislou vrstvou kondenzátu, kterého množství se zvyšuje směrem k HPV, což vedlo k hypotéze, že kontaminovaná voda natéká do vrtu HV-01 z nadloží. Tato hypotéza byla později ověřena specializovaným pakrovým odběrem.

Ve vzorku vody z **pakrového odběru**, provedeného na vrtu HV-01, byly koncentrace DCE i TCE vyšší než limit daný Vyhláškou č. 5/2011 o podzemních vodách, a taktéž vyšší než prahové hodnoty dle Metodického pokynu Indikátory znečištění. U bóru sice nedošlo k překročení prahové hodnoty dle MP IZ 2013, avšak naměřené koncentrace byly až 100násobně vyšší oproti průměrným koncentracím v ostatních vzorkovaných objektech. Vysoké koncentrace bóru jsou typickým indikátorem šíření kontaminace od skládek a odkališť, protože bór se v prostředí chová inertně, neinteraguje se svým okolím a ve vodě se pohybuje rychlostí prakticky shodnou s rychlostí proudění podzemní vody (Bartoň, Mikita, 2016). Výsledky obou chemických analýz (CIU i bóru) jednoznačně prokazují, že kontaminovaná voda přitéká do vrtu HV-01 z nadloží, tedy z prostoru předmětné skládky.

Geofyzikální práce přinesly vzhled do situace v horninovém podloží předmětné skládky. Dle georadarových měření podloží se v kompaktním vápencovém podloží skládky vyskytuje řada vertikálních trhlin v hloubce asi 30 m až 60 m. Voda pronikající těmito trhlinami je významně zadržována na většině plochy hloubce kolem 100 m méně propustnými vrstvami mikritových vápenců. Toto rozhraní je místy porušeno hlubokými trhlinami. Mikrogravimetrické měření identifikovalo oblast s nejnižší hustotou, indikující největší mocnost skládkového materiálu. Tato oblast je protažena směrem k prostoru, kde byl vyhlouben vrt HV-01 (při jeho vrtání tato skutečnost ještě nebyla známa). Vrtáním bylo ověřeno, že se zde skutečně nachází cca 4,5 m antropogenní navážky s přítomností odpadního materiálu. Výsledky měření ERT a VES rovněž poukázaly na to, že skládkový materiál je pravděpodobně rozšířený i mimo „vyhrazenou“ skládku. Mimo předpokládanou skládku může odpadový materiál dosahovat až cca 5 metrů. Na jednotlivých geofyzikálních profilech byly identifikovány projevy tektonického oslabení – diskontinuit, které mohou sloužit jako distribuční kanál pro šíření podzemní vody.

Z **morfohydrogeometrické analýzy** vyplynulo, že se u bývalé skládky Adastu nevyskytují privilegované oblasti akumulace vody, avšak z vyhodnocení terénu, hydroizohyps a rozvodnice bylo možné odhadnout hypodermický odtok vody z prostoru Babické skládky primárně jižním (ke Kanicím) až jihozápadním (k Srncímu pramenu) směrem. Méně pravděpodobný (ale přesto možný) je i směr proudění na severovýchod k vrtu HV-801 a ke Křtinskému potoku. Dle morfohydrogeometrické analýzy leží předpokládaná hydrogeologická rozvodnice severovýchodně od skládky a probíhá přibližně ve směru severní okraj Babic – 500 m jižně od Březiny. Její poloha však může značně kolísat v závislostech na stavech HPV. Oblast, ve které se nachází Obnova v Kanicích a TKO Kanice, odvádí podzemní vodu do Kanického potoka, který se vlévá do vodního toku Časnýř. Z území Hlubny v Březině se srážková a podzemní voda přednostně pohybuje směrem k Ochozskému potoku.

Měření průtoků na vybraných povrchových tocích ukázalo, že množství vody v tocích úzce souviselo se srážkovými událostmi. Průměrný průtok v hydrologickém roce činil 356,08 l/s u Křtinského potoka, 17,10 l/s u Ochozského potoka a 20,84 l u Časnýře. V případě menších toků (Časnýř, Ochozský potok) bývají rychlosti proudění v letních měsících ovlivněny okolní vegetací.

Z hydrologického **srážkoodtokového modelu** vyplynulo, že Babická plošina představuje území se silně infiltračním režimem (infiltruje se cca 30 % srážek). U všech hodnocených dílčích povodí (Křtinský potok, Ochozský potok, Časnýř) došlo v průběhu hydrologického roku ke kladné změně zásob – tento výsledek odpovídá hydrologickému charakteru roku, kdy srážkový vstup převýšil výstupy, a zároveň ukazuje na schopnost povodí zadržovat vodu.

Zároveň bylo v rámci monitorovacích prací zjištěno, že ve vrtu HV-01 pod skládkou jsou hojně přítomné **makroskopické larvy chvostokoků** (*Collembola*), které se podle informací od speleologů z CHKO Moravský kras vyskytují v jeskyních, což ukazuje na propojení s krasovým systémem.

Hydraulický model proudění podzemních vod a transportu kontaminace ukázal následující:

- Hydraulické chování Babické plošiny je zřetelně infiltrační, kdy do krasové zvodně vstupuje cca 71 l/s (~11 l/s/km²), přičemž laterální přítok z okolních devonských vápenců byl označen za zanedbatelný, tj. infiltrující voda pochází v nejvýznamnější míře se srážek. Hlavní proudové dráhy z Babické plošiny směřují do okolních vápenců a dále k údolní drenáži.
- Rozvodnice podzemní vody na Babické plošině odděluje proudění směřující na západ až jihozápad do údolí Svitavy a na sever až severovýchod do Křtinského potoka. Přesný průběh rozvodnice je proto nutné chápat jako orientační, neboť v krasovém prostředí se její poloha může měnit v závislosti na hydrologických podmínkách.
- Historické zprávy se shodují, že Srncí studánka a oblast skládky jsou hydraulicky propojeny. Přímé hydraulické spojení mezi prostorem skládky a Srncím pramenem se v rámci hydraulického modelu proudění nepodařilo potvrdit, a to pravděpodobně kvůli omezenému prostorovému rozlišení modelu, zatížení nejistotami ohledně přesného průběhu tektonicky či krasově podmíněných preferenčních cest a kvůli skutečnosti, že směr proudění se může sezónně měnit v závislosti na výšce hladiny podzemní vody – což by také vysvětlilo epizodický výskyt nízkých hodnot PAU v Srncí studánce: při podzimním odběru v roce 2024 (krátce po zářijových extrémních srážkách) byla kontaminace zachycena, zatímco při jarním odběru v roce 2025, po srážkově deficitní zimě a jaře, již nikoliv. Odhadnuté doby zdržení, tedy transportu částic od skládky Adast k Srncí studánce, by v případě reálného hydraulického propojení odpovídaly jednotkám až nízkým desítkám let.
- Při simulaci šíření kontaminace ve třetí (hluboké) vrstvě modelu z oblasti Hlubny Březina bylo zjištěno, že receptorem je v takovém případě poměrně jednoznačně Křtinský potok. Depresní kužel vyvolaný vodárenským čerpáním z vrtu HV-801 není dostatečně rozsáhlý, aby mohl strhnout alespoň část proudnic směrem k tomuto vrtu. V mělké 1. vrstvě (přípovrchové zóně

kvartérních sedimentů) dochází k odtoku směrem k Ochozskému potoku, což je rovněž v souladu s výsledky morfohydrogeometrické analýzy.

- V případě Obnovy Kanice byl jediným identifikovaným receptorem Kanický potok. Podle výsledků simulace hypotetické částice dosáhly svého receptoru přibližně za 1 rok.

Na základě **geochemického modelu** mísení vod byly zjištěny následující skutečnosti:

- Babická plošina je složitým hydrogeologickým krasovým celkem, kde hlavní směry proudění podzemních vod jsou od SV k JZ. Do těchto primárních směrů ale výrazně vstupuje sekundární krasování, které vytváří a zároveň kolmatuje další transportní cesty.
- Dle výsledků geochemického modelování je jedním ze zdrojů kontaminace v oblasti Kanic průsak atmosférických vod přes špatně rekultivované těleso bývalé skládky Adastu. Kontaminované vody jsou však naředěny dalšími přítoky vod, a tak se na výtokové zóně v oblasti Kanic koncentrace látek pocházejících ze skládky snižují.
- Dle geochemického modelování se vrt HV-801, umístěn SV od skládky, nachází v přítokové zóně. Ovlivnění kontaminovanými vodami z tělesa skládky je tak málo pravděpodobné. Naproti tomu stojí argument, že se obě lokality nachází v oblasti krasové plošiny, kde se předpokládá rozsáhle krasování, a navíc nejsou od sebe příliš vzdálené. Krasové dutiny se mohou neustále vytvářet, rozšiřovat a zároveň zanášet sedimentem a stávat se neprůchodnými. Podzemní voda v oblasti si tak neustále vytváří nové cesty. Vrt HV-801 je navíc čerpaným vrtem a vytváří tak ve svém okolí depresní kužel, jehož rozsah je vzhledem ke geologické stavbě a typu krasového kolektoru těžko uchopitelný. Nelze tedy vyloučit, že v případě snížení saturace krasového kolektoru, může dojít ke stahování vody ze vzdálenějších oblastí krasové plošiny i proti preferenčním směrům proudění podzemních vod ve studované oblasti.

Závěry

Kontaminace podzemních vod ve vrtu HV-01 pochází z bývalé skládky Adast Babice. Pro určení bývalé skládky Adast Babice jako původce kontaminace v prostředí Babické plošiny svědčí následující skutečnosti:

- Při vrtání vrtu HV-01 bylo zjištěno, že skládkový materiál (odpad) se v současnosti nachází i mimo prostoru samotné zrehabilitované skládky; jelikož tento materiál není od povrchu terénu odizolován rekultivační vrstvou, je možné předpokládat, že jej promývají atmosférické srážky.
- Geofyzikální práce (zejména mikrogravimetrie a ERT) rovněž potvrdily, že těleso uloženého odpadu přesahuje oblast rekultivované skládky.
- Karotážní práce i geofyzikální měření prokázaly pod skládkou i v jejím okolí přítomnost projevů tektonického oslabení – diskontinuit, puklin a kaveren, které můžou sloužit jako distribuční kanály pro šíření jak infiltrujiící srážkové, tak vlastní podzemní vody.
- Pakrový odběr, díky kterému bylo možné vzorkovat vodu přítékající do vrtu ze skládky potvrdil přítomnost CIU a zvýšené koncentrace bóru v průsakové vodě.
- Srážkoodtokový model a hydraulický model označily Babickou plošinu za území se silně infiltračním režimem, kde do krasové zvodně vstupuje cca 71 l/s (~11 l/s/km²), přičemž laterální přítok z okolních devonských vápenců byl označen za zanedbatelný, tj. infiltrujiící voda pochází v nejvýznamnější míře se srážek.
- Jediným odběrným místem, kde byl v minulosti jednoznačně prokázán vliv skládky, je Srnčí pramen, kde byly opakovaně zaznamenány koncentrace TCE, DCE a PCE, tedy stejných kontaminantů, které tvoří majoritní znečištění ve vrtu HV-01; ve druhé polovině 90. měly koncentrace kontaminantů ve vodě z pramene klesající tendenci, která pravděpodobně odrážela pozitivní vliv rekultivačních opatření provedených na skládce v roce 1994, avšak je zjevné, že rekultivace nebyla provedena dokonale a historická kontaminace CIU ve Srnčím

prameni a současná kontaminace ve vrtu HV-01 mají stejný primární zdroj – bývalou skládku Adastu v Babicích.

- Infiltrace atmosférických vod skrze skládku je díky provedené rekultivaci zredukována, avšak ne zcela eliminována. Kontaminace podzemní vody, zjištěná v rámci monitoringu na vrtu HV-01, může mít původ jak v době před samotnou rekultivací (před rokem 1994), tak v infiltraci atmosférických vod skrz aktuálně nezatěsněnou část skládky, ze které se promýváním dostávají kontaminanty přes nesaturovanou zónu do podzemních vod.

Kontaminace v oblasti východně od Kanic s vysokou pravděpodobností pochází rovněž z oblasti předmětné skládky, viz následující závěry:

- Dle archivních geofyzikálních průzkumů tektoniky oblasti bylo zjištěno silné tektonické porušení karbonátových sedimentů mezi Babicemi a Kanicemi. Tektonicky porušené části horninového masívu můžou představovat přednostní distribuční kanály pro pohyb podzemní vody.
- Kontaminace chlorovanými uhlovodíky v oblasti Kanic se v posledních třech desetiletích výrazně snížila a změnilo se také zastoupení jednotlivých chlorovaných uhlovodíků – dříve dominantní TCE a níže zastoupené PCE úplně vymizely, zatímco u DCE došlo k významnému řádovému poklesu koncentrací. Výrazné snížení koncentrace kontaminantů ve srovnání se situací v 90. letech odráží s největší pravděpodobností pozitivní vliv rekultivace, který ve velké míře omezil množství výluhů ze skládky dostávajících se do podzemní vody. Tuto hypotézu podporuje i fakt, že se zde již nevyskytuje TCE, ale pouze dceřiný produkt jeho rozpadu – DCE, což poukazuje na kontaminaci staršího data a stagnaci kontaminačního mraku. Rovněž bylo aktuálním průzkumem doloženo zastavení horizontálního rozpínání kontaminačního mraku (nepřítomnost CIU v Kanickém potoce).
- Z dostupných informací vyplývá, že v oblasti Kanic nebyl v posledních desetiletích odstraněn jiný potenciální zdroj kontaminace, kterému by mohlo být znečištění připisováno (v oblasti Kanic předpokládaly archivní průzkumy samostatný zdroj kontaminace CIU v oblasti vrtu HV-501 – ten ale nikdy nebyl ověřen).
- Směr proudění od předmětné skládky ke Kanicím potvrdily hydraulický model proudění, geochemický model mísení vod i morfohydrogeometrická analýza.

Zdroj kontaminace PAU v hospodářsky využívaném vrtu HV-801 nebyl přesvědčivě doložen, avšak hydraulický model proudění vyloučil jako potenciální zdroj kontaminace v této oblasti areál Hlubny Březina. V kontextu relativně blízké kontaminace ve vrtu HV-01 a v souvislosti s výsledky hydraulického modelu proudění, který zhodnotil, že hluboká zvodeň v podloží skládky je propojená s kolektorem, ze kterého čerpá vrt HV-801 je však nutno nahlížet na tento objekt jako na potenciálně ohrožený skládkou, a to zejména proto, že je využíván pro zásobování obyvatelstva obce Březina pitnou vodou. Z důvodu čerpání vytváří vrt HV-801 ve svém okolí depresní kužel, jehož rozsah je vzhledem ke geologické stavbě a typu krasového kolektoru těžko uchopitelný. Nelze tedy vyloučit, že v případě snížení saturace krasového kolektoru může dojít ke stahování vody ze vzdálenějších oblastí krasové plošiny i proti preferenčním směrům proudění podzemních vod ve studované oblasti.

Zdrojem znečištění v Ochozském potoku je jak blízká cesta (chloridy), tak pravděpodobně i oblast obce Březina (fosforečnany, dusičnany, PCE). Jelikož je v obci Březina provozována průmyslová výroba chemických čistících prostředků (Hlubna Březina), a se zřetelem na to, že se jedná o jádrovou oblast CHKO Moravský kras, bylo by vhodné povrchovou vodu Ochozského potoka v oblasti mezi Březinou a Ochozem u Brna dále monitorovat za účelem ověření ovlivnění toku lidskou činností.

Na základě všech zjištěných skutečností je na zájmové lokalitě doporučeno **realizovat nápravné opatření v podobě rekultivace dosud nezaizolované části skládky**. Toto řešení by zahrnovalo překrytí dosud nezaizolované části tělesa skládky (kde bude doprůzkumnými pracemi ověřena

přítomnost odpadů) rekultivační vrstvou. V případě Babické skládky je rekultivace v podobě překrytí odpadů izolační vrstvou opatření vysoce efektivní, protože zde nedochází k výstupu HPV na úroveň odpadů a lokalita se nachází na geomorfologické elevaci. Prakticky jedinou cestou šíření kontaminace je zde proto infiltrace atmosférických vod, které vymývají kontaminanty a transportují je k HPV. Tomuto mechanismu šíření je však možné díky rekultivaci prakticky zcela zamezit. Součástí prací by byl pravidelný monitoring vybraných objektů, jenž by prokázal účinnost provedených opatření.

Literatura

- Bartoň, J. – Mikita, S. (2016): Využití bóru při monitoringu starých ekologických zátěží. In: Sanační technologie, Třeboň.
- Bartoň, J., Filová, B.D. (2025): Babice nad Svitavou – skládka. Analýza rizik kontaminovaného území. Závěrečná zpráva. GEOTest, a.s. Brno.
- Benkovič, P. (1991): Babice u Brna – skládka – OPV. Hydrogeologický průzkum. GEOTest Brno, s.p. Brno.
- Beránek, J. (2025): Skládka Babice nad Svitavou. Hydrologický a hydraulický numerický model. Závěrečná zpráva. Groundwater Consulting Services s.r.o. Ostrava.
- Freeze, R. A., Witherspoon P.A. (1967): Theoretical analysis of regional groundwater flow: 2. Effect of water table configuration and subsurface permeability variation, *Water Resources Research* 3 (2), 632-634.
- Hynie, O. (1961): Hydrogeologie ČSSR I. – prosté vody. Nakladatelství Československé akademie věd. Praha.
- Kettner, R. (1960): Allgemeine Geologie IV, Die äußeren geologischen Kräfte, die Erdoberfläche und die geologische Tätigkeit des Eises, des Windes, der Schwerkraft, der Organismen und des Menschen [Všeobecná geologie IV. Vnější geologické síly, zemský povrch (činnost ledu, větru, zemské tíže, ústrojenců a člověka)], VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. Berlin.
- Kryštofová, E., Novotná, J., Novotný, R., Baldík, V., Rez, J., Hadacz, R., Otava, J., Sedláček, J. (2023): Vysvětlující text k Účelové hydrogeologické mapě s vymezením dosahu dotačního zázemí krasové hydrogeologické struktury – Dílčí cíl 2-2: Podzemní voda v krasových oblastech. ČGS. Brno.
- Kučera, J. (1995): Kanice – Vzorkování v – Závěrečná zpráva o zhodnocení kvality podzemní vody. GEOTest Brno, a.s.
- Kullman, E. (1990): Krasovo-puklinové vody. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Procházka, L. (1981): Babice u Brna – skládka – hydrogeologický posudek skládky Adastu Adamov z hlediska ochrany podzemních vod. GEOTest Brno, s.p.
- Taraba, J. (1974): Moravský kras – dílčí zpráva za I. etapu a mezietapu regionálního hydrogeologického průzkumu. GEOTest Brno, s.p. Brno.
- Taraba, J. (1976): Moravský kras – II. etapa – dílčí zpráva za II. etapu regionálního hydrogeologického průzkumu. GEOTest Brno, s.p. Brno.

LIKVIDACE ARTÉZSKÉHO VRTU Z ROKU 1902

Patka J.^{1*}, Kvapil P.^{1**}, Gröger M.², Verfel M.³

1 Photon Water Technology s. r. o., Generála Svobody 25/108, 460 01 Liberec

2 Ekodrill, s.r.o. Sokolská 418, 760 01 Zlín

3 Pražské vodovody a kanalizace, a.s., Hlavní 22, 250 75 Káraný

*autor pro korespondenci, email: jan.patka@photonwater.com

**přednášející, email: petr.kvapil@photonwater.com

Abstrakt

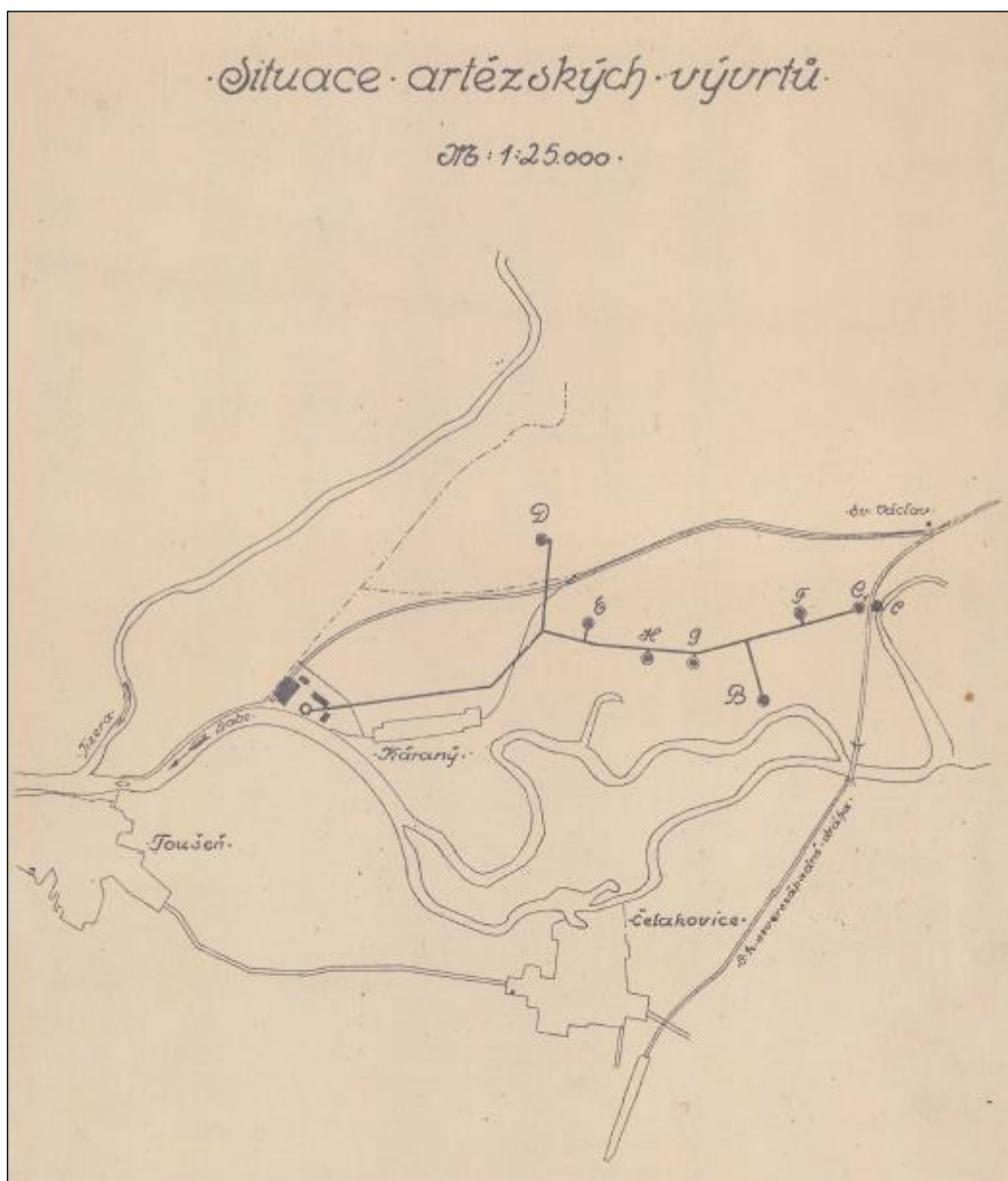
Nekontrolované přetoky na artézských vrtech představuje v podmínkách České republiky významný hydrogeologický i bezpečnostní problém. Mnohé vrty, vybudované převážně v první polovině 20. století bez současných technických standardů, dnes vykazují degradaci pažnic, narušení výstrojí a ztrátu těsnosti, což vede k trvalým, periodickým nebo havarijním přetokům artézské vody na povrch. Tyto přetoky mohou způsobovat lokální zaplavování, destabilizaci podloží, ovlivnění hydrochemických poměrů a v některých případech i rizika kontaminace povrchových vod.

Historie artézských vrtů v Káraném

Přetoky z nezajištěných artézských vrtů jsou na území ČR celkem častý jev a se týkají i vodárenských území, o kterých mají provozovatelé a dozorcující hydrogeologové přehled a dostatek informací. A tak se může stát, že vrty, které byly v minulosti odborně zrušeny a zacementovány stále představují riziko. To je i případ artézského vrtu E ve vodárenském území Káraný, k jehož havárii došlo v roce 2024.

Vodárna v Káraném patří mezi nejvýznamnější zdroje pitné vody pro Prahu a okolí. Její vznik souvisí s narůstajícím nedostatkem kvalitní pitné vody v Praze na přelomu 19. a 20. století. V roce 1899 byl schválen zákon o vzniku společného vodovodu pro Prahu a přilehlá města, což otevřelo cestu pro výstavbu nové moderní vodárny. Z předložených návrhů byl vybrán projekt hydrogeologa Adolfa Thiema z Lipska, který navrhl využití podzemních zdrojů v dolním Pojizeří, zejména přirozené infiltrace vody z Jizery do štěrkopískových náplavů. První část vodárny v Káraném byla vybudována v letech 1906–1913. Od 15. října 1912 bylo zahájeno nepřetržité čerpání do Prahy a oficiální zahájení provozu proběhlo 1. ledna 1914. Čerpání bylo zajišťováno z několika stovek studní. Dodávka vody činila cca 880 l/s.

Voda byla jímána jednak indukci z řeky Jizery systémem sběrných studní umístěných v kvartérních štěrkopískách její údolní nivy. Během 20. století bylo jímání kvartérní vody doplněno sofistikovaným systémem umělé infiltrace, který využívá vysoké propustnosti výše umístěných říčních teras, které jsou syceny přečištěnou povrchovou vodou z Jizery a následně je jímána jako podzemní. Druhým způsobem jímání podzemní vody v Káraném bylo podtlakové čerpání z artézských vrtů, které zachycují vodu z bazálního křídového kolektoru A. Již projektem A. Thiema bylo navrženo vybudování sedmi vrtů do hloubek 60 až 80 m tzv. artézské větve. Tyto vrty byly označeny jako D, E, H, G, B, F a C. První průzkumné práce v hlubším kolektoru provedl v širším okolí rovněž A. Thiem na konci 19. století (1898-1902). V letech 1902 až 1914 bylo pak v jímacím území vybudováno všech 7 plánovaných artézských vrtů. Pravděpodobně prvním vrtem, který zde byl vyvrtán, byl právě vrt E.



Obrázek 1: Umístění artézských vrtů v mapě z počátku 20. století

Z geologického hlediska spadá zájmové území do jižní části České křídové pánve. V podloží křídových sedimentů se nachází jílovité břidlice ordovického stáří. V jejich nadloží se nachází křídové sedimenty stáří cenoman až spodní turon. Cenomanské sedimenty tvoří pískovce perucko-korycanského souvrství a turonské slínovce bělohorského souvrství. Svrchní část geologického profilu tvoří kvartérní pokryvy, především terasové sedimenty řeky Labe – štěrkopísky a písky.

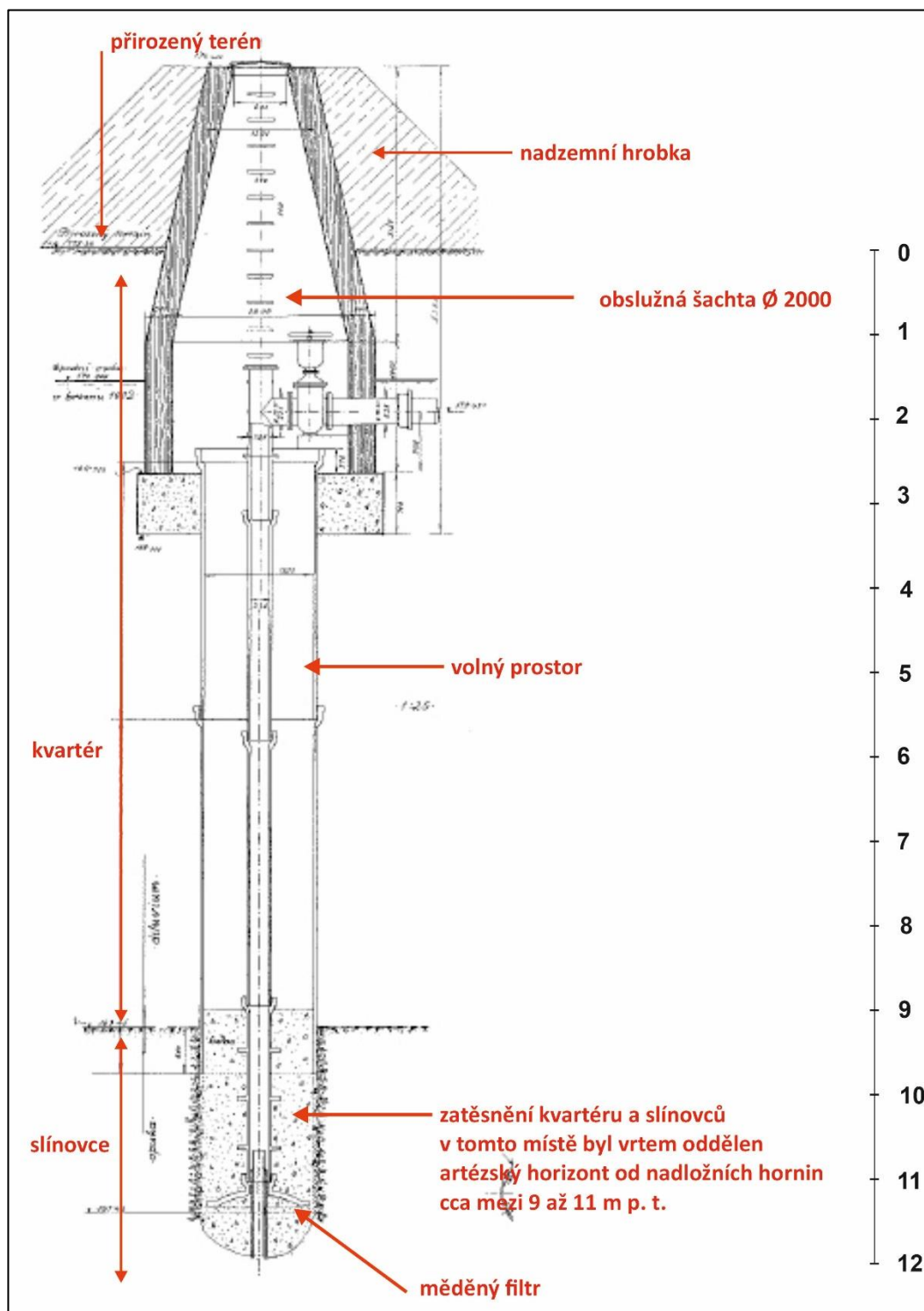
Z hlediska hydrogeologického je artézský kolektor vázán na cenomanské sedimenty (pískovce a pelity peruckých vrstev a na pískovce korycanských vrstev) a je označován jako kolektor A. Regionálně je řazen do HGR 4710 - Bazální křídový kolektor na Jizeře. Jeho mocnost kolísá v rozmezí 40–60 m, v blízkosti Labe jeho mocnost klesá na 15 až 25 m. Kolektor A má v této části HGR charakteristickou puklino-průlinovou propustnost se střední hodnotou transmisivity $3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Artézský strop kolektoru tvoří několik metrů mocné vápnitě prachovce, které jsou ještě součástí korycanských vrstev. V jejich nadloží vystupují slínovce a slínité prachovce bělohorského souvrství, které mají v daném území maximální mocnost 40 m. Toto souvrství má funkci významného regionálního izolátoru. Z historických a také ze současných průzkumů je však známo, že při hloubení vrtů dochází k vzestupu hladin již vysoko nad rozhraním cenomanského a turonského souvrství.

Tento jev svědčí o určité puklinové propustnosti spodní části slínovcového souvrství. V zájmovém území proudí podzemní voda v kolektoru A proudí k jihu, k drenážní bázi – řece Labi.

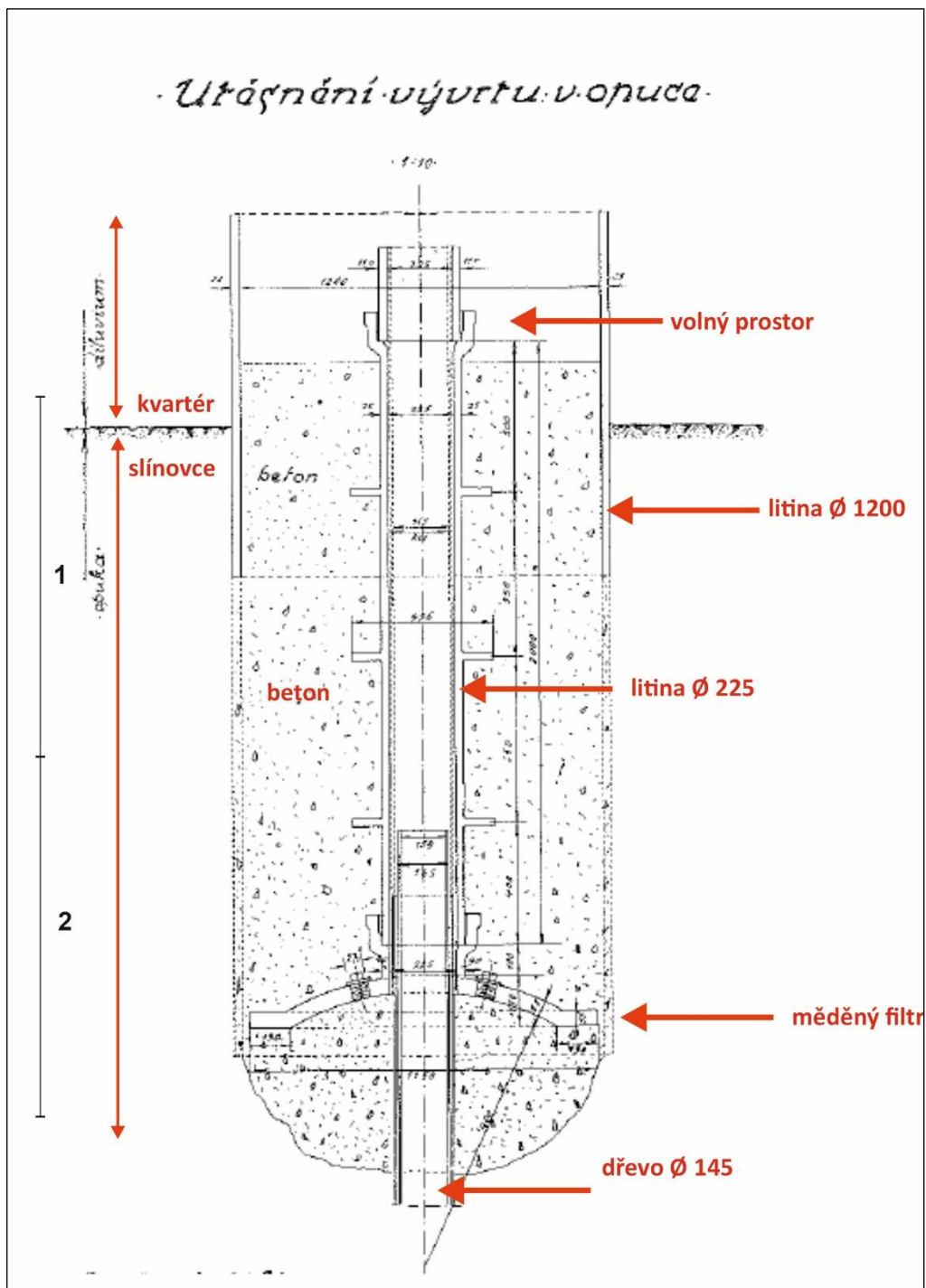
Jak už bylo zmíněno výše, první vlna vrtů byla v jímacím území vybudována na počátku 20. století. Vrty byly budovány metodou nárazové vrtání, kdy bylo těžké vrtné dláto zavěšeno na laně nebo tyčích a opakovaně spouštěno na dno vrtu a nárazy drtily horninu. Zvláštní mechanismus zajišťoval pootočení dláta pro dosažení kruhového profilu. Zajímavý byl postup vystrojení vrtů. Přes kvartérní uloženiny byl stvol vrtu umístěn v jakési „pracovní šachtě“ o \varnothing 1200 mm, která byla vystrojena litinovými pažnicemi. Vnitřek této šachty byl prázdný, pouze jejím středem běžel stvol vrtu tvořený litinovou zárubnicí DN 225 mm, která přecházela hlouběji do zárubnice dřevěné o \varnothing 145 mm a tato pak pokračovala až na dno vrtů. Pracovní šachta končila na rozhraní kvartérních štěrkopísků a slínovců, do kterých byla také částečně zahlobena. Vystrojení úseku mezi kvartérem a slínovci je znázorněno na obrázcích 2 a 3. Na těchto obrázcích je znázorněn způsob přechodu mezi kvartérem a slínovci, který byl zřejmě vybudován za účelem oddělení artézského horizontu od nadložních hornin a suploval zaplášťovou cementací. Těsně pod povrchem a na povrchu byl vrt ukončen obslužnou šachtou kuželovitého tvaru o \varnothing 2000 mm.

Obnova vrtů artézské jímací větve proběhla zhruba po 50 letech. V letech 1960 až 1961 byly provedeny nové artézské vrty vedle stávajících studní B, C, D, F, G a H, tedy vyjma nového vrtu E, který byl vybudován zřejmě později a chybí k němu dokumentace. Vrtné práce probíhaly opět nárazovou vrtnou soupravou typu RNM. Vrty byly shodně vrtány přes kvartérní uloženiny \varnothing 1500 mm, přes slínovce \varnothing 800 mm a v artézském horizontu \varnothing 480 mm. Vrty byly definitivně vystrojeny ocelovými zárubnicemi \varnothing 530 mm plnými přes nepropustné slínovce. Mezikruží mezi zárubnicí a stěnou vrtu bylo naspodu utěsněno ječmenným pakrem, výše zacementováno a zajílováno. Takto zajištěné vrty byl dále vystrojeny překližkovými zárubnicemi \varnothing 340 mm (Js 311 mm), přes zvodnělý cenomanské horizont perforovanými, bez zaplášťové úpravy. Tyto vrty byly vybudovány ve vzdálenostech 20 až 30 m od původních vrtů.

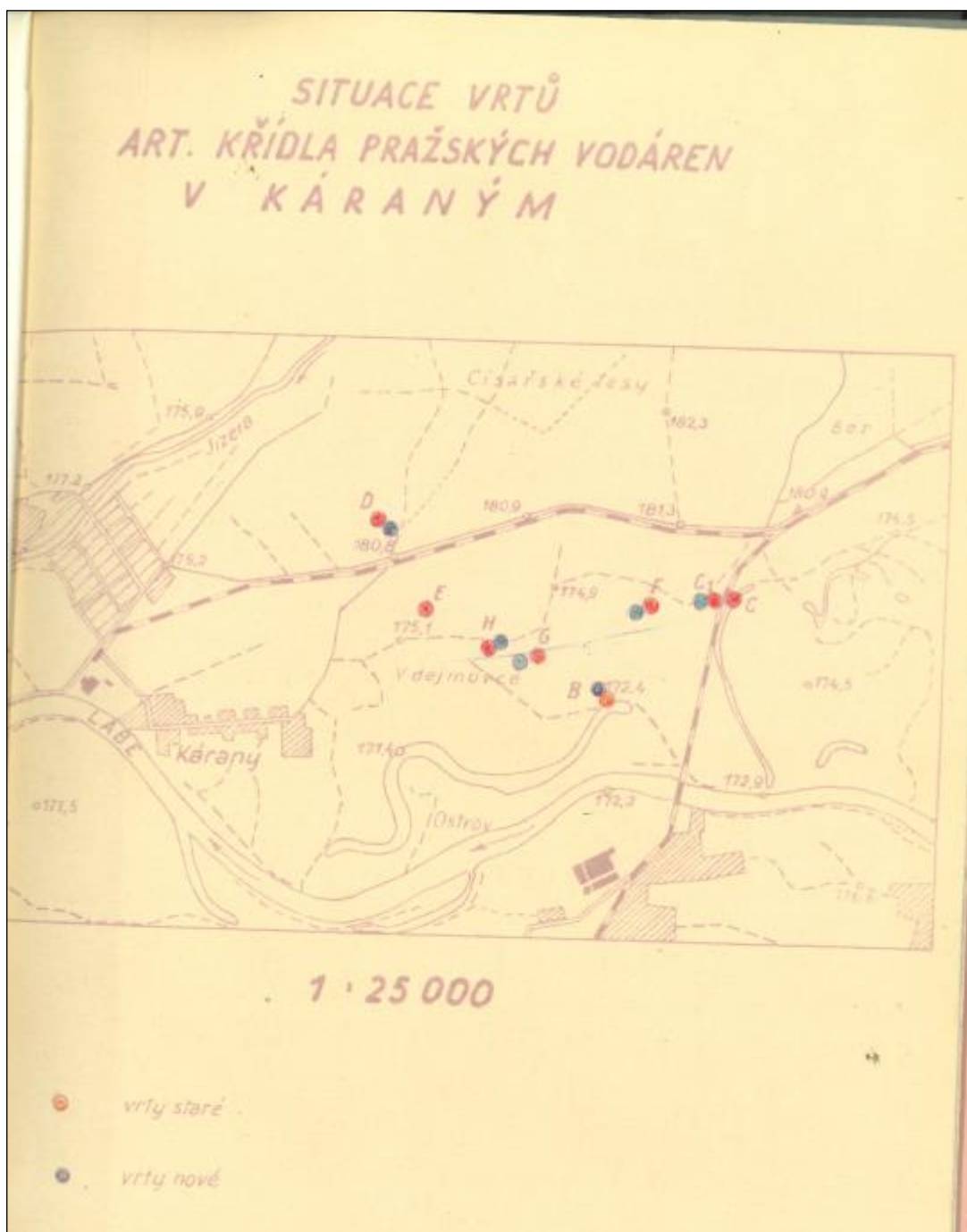
Od 70. let až do dnes byly na využívaných vrtech prováděny pouze drobné opravy (převystrojení, úpravy násosek a zhlaví atd.). V roce 2018 byly vrty zkontrolovány pomocí karotážních metod a byly na nich provedeny TV prohlídky. Až v posledních letech, tj. asi 65 let od posledních vrtných prací, došlo k obnově několika vrtů.



Obrázek 2: Modelové vystrojení artézských vrtů v Karaném z počátku 20. století



Obrázek 3: Modelové vystrojení artézských vrtů v Karaném z počátku 20. století – oddělení artézského horizontu na přechodu kvartér-turón



Obrázek 4: Umístění starých a nových artézských vrtů z roku 1961 červené – rok 1914, modré – rok 1961

Havárie vrtu „E“ a její likvidace

Vrt E byl dle dostupných informací, podobně jako ostatní vrty z počátku 20. století, v 60 nebo 70. letech 20. století zatamponován. Na jeho místě zůstala pouze podzemní obslužná šachta s typickou kuželovitou hrobkou na povrchu. Existence šachty a zatamponovaného historického vrtu E byla provozovateli, společností PVK, známa a několikrát v průběhu let prováděl vizuální kontrolu obslužné šachty vrtu. Tyto kontroly nezjistily žádnou nesrovnalost, např. úniky tlakové vody. Když byla v letech 2022 až 2024 prováděna v jímacím území výměna páteřního potrubí artézské násosky, byly v rámci této činnosti likvidovány i kvartérních náplavové studny v okolí artézských vrtů. Likvidace probíhala prostým zásypem obslužných šachet, nad již zatamponovanými studnami. Podobně jako tyto studny,

měla být i šachta vrtu E zasypána. Během pokusu o zasypání šachty vrtu E však došlo k havárii. Při odstraňování nadzemního betonového kónusu s litinovým poklopem došlo zřejmě k pádu skrytého betonového fundamentu na litinové potrubí DN225 vycházející ze dna šachtice. Během několika minut se před očima překvapených dělníků naplnila celá šachtice a voda začala zaplavovat okolí. Přetok byl odhadnut až na 30 l/s. Následně, po odčerpání vody z šachty bylo zjištěno, že voda uniká ještě hlouběji, v litinové šachtě o \varnothing 1200 mm. Postupně byly dohledány veškeré archivní materiály, aby bylo možné si udělat představu o konstrukci šachty, samotného vrtu a jeho geologickém profilu. Úvodní prohlídka lokality proběhla 19. 9. 2024 (v den havárie), samotné práce byly zahájeny 3. 10. 2024 a ukončeny až 25. 10. 2024.

Během úvodních opakovaných odčerpání šachty, TV prohlídek a pátrání v archivu PVK bylo zjištěno, že pád fundamentu na zhlaví vrtu způsobil porušení litinové výstroje v hloubce cca 8,5 m p.t. Tímto otvorem unikala tlaková voda. Rovněž jsme byli překvapeni tím, že vrt nebyl zatamponován, jak se všichni zúčastnění domnívali. Následně jsme, spolu s vrtovou firmou Ekodrill, navrhli postup tamponáže vrtu, který byl však během prací silně modifikován.



Pohled na přetok na povrch



První odčerpání obslužné šachty

V první fázi bylo z nepřetržitého zčerpávání přetoku odříznuto a vyzdviženo zhlaví vrtu s napojením na násosku. Zhlaví bylo vyplněno betonem z tamponáže. Následně byla pomocí přípravků a vrátků vyzdvižena litinová pažnice DN 225 mm od délce 6 m, na jejím konci bylo jasně vidět porušení litiny, kterým unikala od počátku havárie tlaková voda, pažnice byla vyplněna betonem z tamponáže pouze v úvodní části, v délce cca 2 m, zbytek pažnice byl bez výplně. Z toho jsme usoudili, že historická tamponáž byla provedena úplně, ale byla v průběhu let vypláchnuta tlakovou vodou nebo byla provedena pouze částečně – do určité části vrtu byl instalován pšeničný pakr a po jeho aktivaci byla zárubnice zabetonována a vrt uzavřen, tedy pouze jeho určitá část. Při přípravě tohoto článku zjištěno, že již v roce 1989 bylo navrhováno (Žitný, 1989) provést vyhledání a tamponáž starých, a v sedmdesátých letech opuštěných vrtů (B, C, D, E, F, G, H).

Po vytažení litinové zárubnice byla změřena hloubka vrtu. Vrt byl prostupný pouze do hloubky 24,5 m, tedy na úroveň rozhraní cenomanských a turonských vrstev.



Odříznuté zhlaví vrtu



Vytahování litinové pažnice ø 200 mm



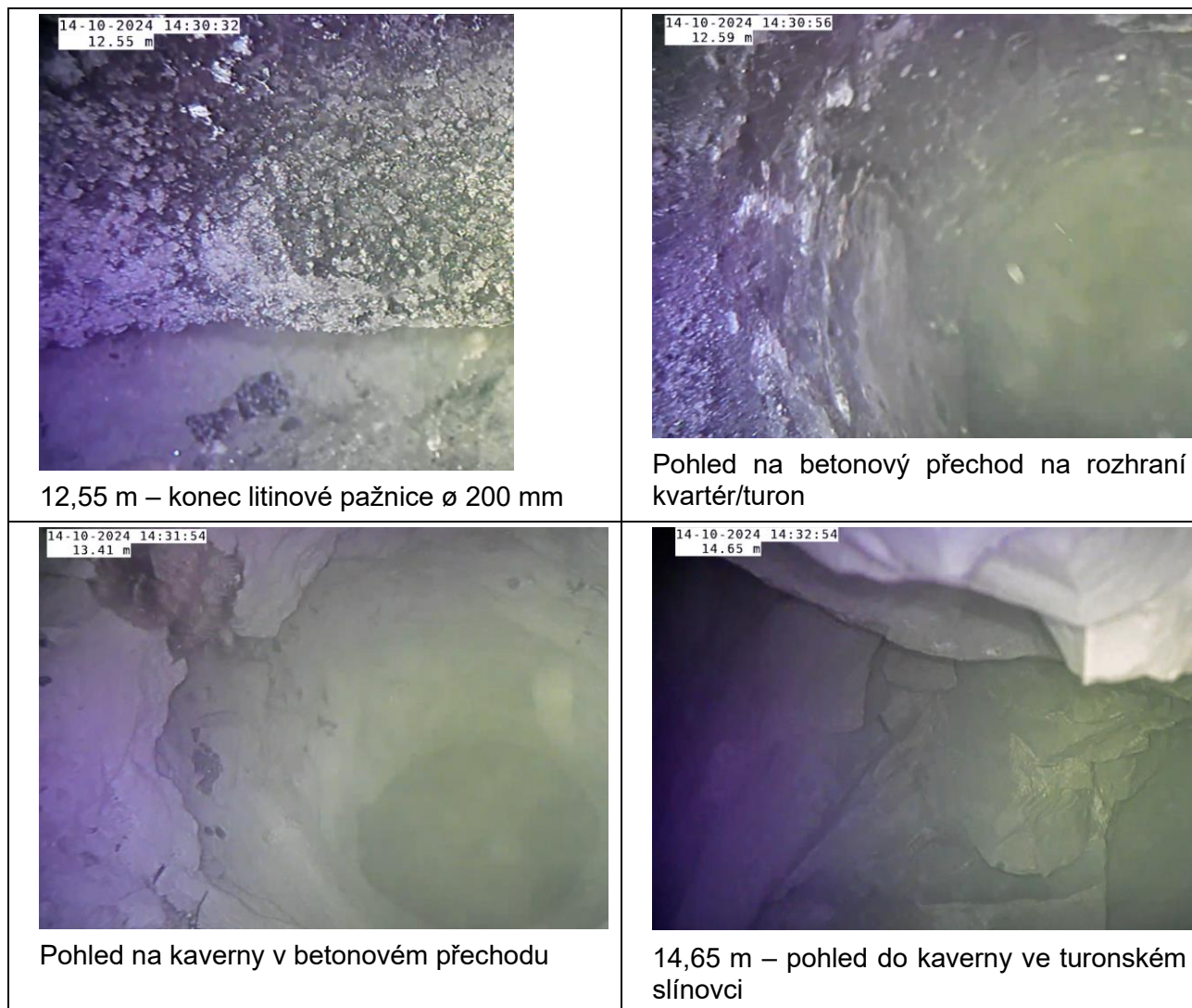
Vytahování litinové pažnice ø 225 mm



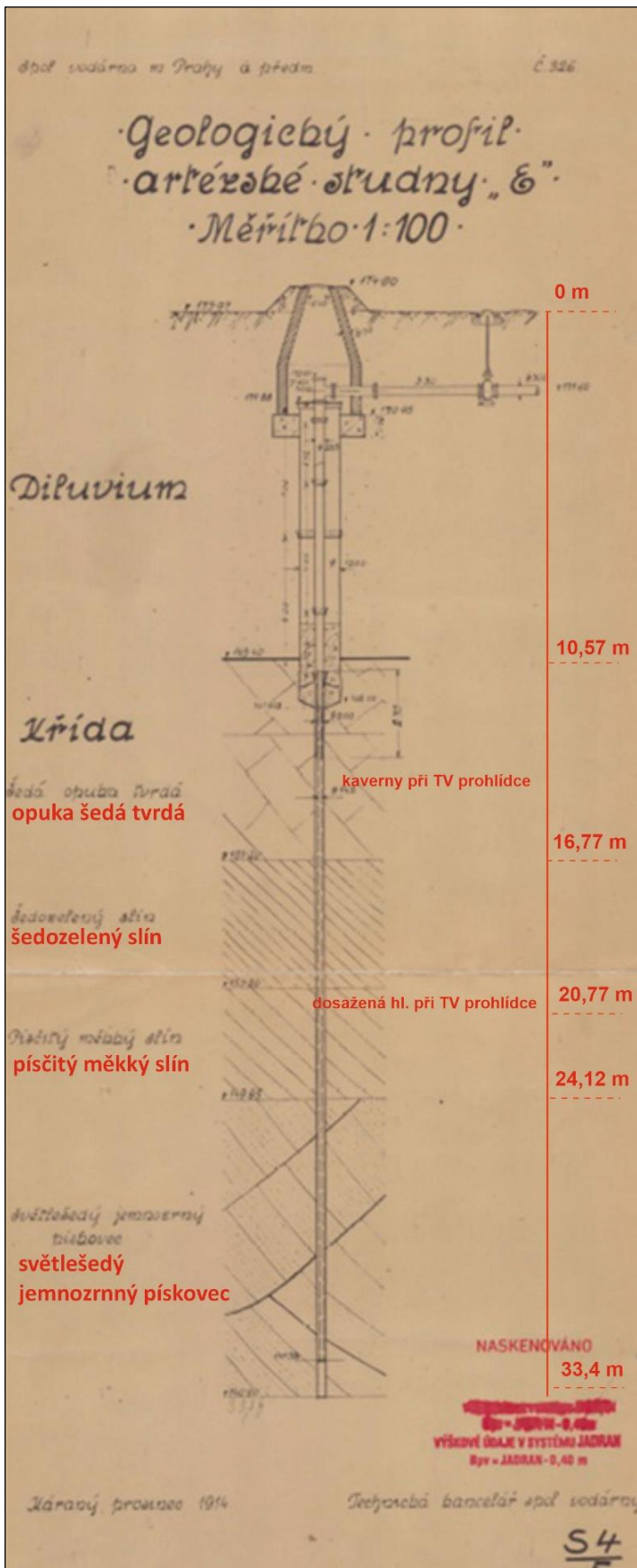
Porušená litinová pažnice ø 225 mm

V první fázi byl na dno vrtu instalován betonový pakr o průměru 150 mm, který však nepřinesl očekávaný efekt ve smyslu snížení přetoku. Následně byla do vrtu zavedena manipulační ocelová pažnice o průměru 146 mm, ukončená v litinové pažnici o průměru DN 225 mm. V dalším kroku byl vrt postupně zasypáván kačírskem, a to kombinací frakcí 8/16 a 4/8. Tento zásah vedl k mírnému snížení přetoku, přibližně o jednu třetinu, přičemž do vrtu bylo celkem nasypáno zhruba 7 m³ kameniva. Po dokončení zásypu činila výsledná hloubka vrtu přibližně 19,5 m měřeno od hladiny přetoku.

Po této fázi byla provedena kontrolní TV prohlídka. Kamera nejdříve prošla manipulační pažnicí, pokračovala původní litinovou pažnicí o DN 225 mm až do hloubky 12,55 m, kde tato končila. V úseku 12,55 m až cca 14 m procházela kamera nevstrojeným vrtem (dřevěná pažnice chyběla). Od přibližně 14 m byly pozorovány rozšiřující se kaverny vyvinuté ve slínovci a písčitém slínovci. V hloubce 16,70 m kamera vstoupila do zvláště zvláště sedimentu, možná pod úroveň tlakové zvodně. Nejhlouběji identifikovaným bodem byl čerstvý zásyp kačírskem, který začínal v hloubce 20,76 m.



Při porovnání poznatků z TV prohlídky a archivního geologického profilu je patrné, že kaverny byly zaznamenány na bázi vrstvy šedé opuky (dle německého popisu z roku 1902 v „jílovito-vápencové hornině s tvrdým, šedým slínovcem“). Dle hloubky vrtu usuzujeme, že vrtem byla zachycena pouze svrchní část cenomanských vrstev. Také je možné, že s ohledem na geologický profil ostatních vrtů artézské větve, byl vrt E ukončen pouze na bázi turonských vrstev a možná ani cenomanských vrstev nedosáhl. Například dle geologického popisu z vrtu H, který se nachází 360 m východně, se rozhraní cenoman – turon nachází v hloubce 35,5 m p.t. Naopak dle karotážních měření provedených na vedlejším, novém vrtu E vybudovaném v 70. letech 20. století, byl první přítok do vrtu zaznamenán v hloubce 26,7-27,4 m a podílel se 15 % na celkovém přetoku 10 l/s, ale hranice mezi cenomanem a turonem byla zjištěna už v hloubce 21,5 m.



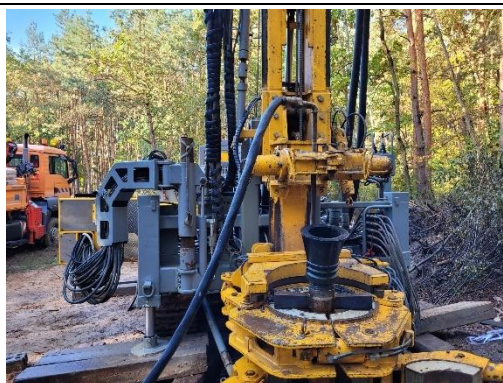
Obrázek 5: Geologický profil vrtu E z roku 1914

V další fázi likvidace byla do vrtu v úseku 18–12,5 m pod terénem instalována cementační zátka kombinovaná s kamenivem frakce 4/8, přičemž do vrtu bylo uloženo přibližně 2,5 m³ kameniva a 8 m³ cementové směsi. Následně, v hloubce 9,34–8 m pod terénem, byla provedena cementace litinové skruže o průměru 1200 mm v celkovém objemu zhruba 5 m³ až na úroveň litinové zárubnice DN 225 mm, která vystupovala na dně do skruže. Poté následoval cementační klid.

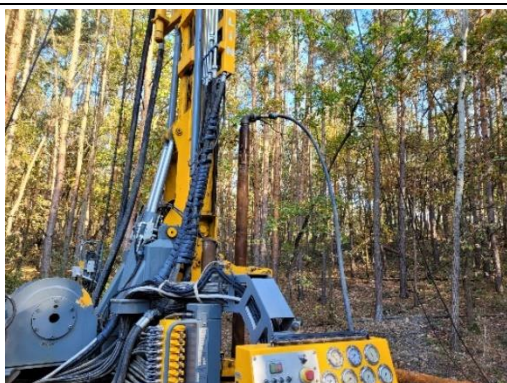
V hloubce přibližně 11 m pod terénem byl do litinového potrubí DN 225 mm zapuštěn deskový pakr – gumový pakr s kulovou zpětnou klapkou – a následně proběhla cementace nad tento pakr v objemu asi 5 m³ a cementace pod něj v obdobném množství. Cementační tyče i samotný pakr byly po dokončení prací ponechány ve vrtu. V úseku 8–4,8 m pod terénem byla vyčerpána voda, cementační tyče byly odpojeny a zavařeny a celý prostor skruže Ø 1200 mm byl vyplněn cementovou směsí o přibližném objemu 4 m³.



Příprava cementační směsi



Deskový pakr na povrchu



Cementace v manipulační pažnici



Pohled na dno šachty s ukončením cementačních tyčí

Celkem bylo při provádění likvidaci havárie vrtu E využito 14 t kačírku různých frakcí a zhruba 11,2 t cementu, což odpovídá přibližnému objemu 28 m³ cementové směsi, tedy výrazně více, než činil původní odhad - 9 m³. V průběhu cementace vrtu byl pozorován výrazný nárůst tlaku v artézském kolektoru. Během sanace vrtu E docházelo na omezeném přítoku z artézské násosky do ÚV Káraný k postupnému zvyšování tlaku na přítoku vody (ostatní vrty nebyly po opravě násosky znovu připojeny, průtok činil cca 0,5 l/s). Domníváme se, že tento jev mohl přímo souviset se sanací vrtu E a signalizoval účinné utěsnění artézského stropu, projevující se nárůstem tlaku v kolektoru. Po ukončení prací nebyly v prostoru bývalého vrtu E zaznamenány žádné povrchové vývěry vody.

Definitivní potvrzení úspěšnosti provedených prací by bylo možné pouze prostřednictvím karotážního měření, což by vyžadovalo zřízení dočasného průzkumného vrtu odpovídajícího průměru v bezprostředním okolí vrtu. K tomuto kroku nebylo přistoupeno. Přesto hodnotíme provedený zásah jako úspěšný.

Literatura

- Herčík a kol. (1999): *Hydrogeologie České křídové pánve*, ČGU Praha
- Kněžek V. (1962): *Zhodnocení provedení jímacích prací na akci Káraný-artézská větev*, Vodní zdroje Praha
- Krásný J. et al. (2011): *Podzemní vody České republiky*, Academia
- Patka J. (2024): *ÚV Káraný – sanace havárie artézského vrtu E*, Photon Water, Liberec
- Procházka M. (2018): *Káraný, Artéské vrty, Revizní měření ve starších jímacích vrtech s označením B, C, B, B, C, B*; Aquatest a.s.
- Šeda S. (2020): *Káraný – náhradní vrt F1*, Fingeo s.r.o.
- Žitný L. (1989): *Káraný – Zhodnocení hydrogeologického průzkumu*, Vodní zdroje Praha

KDYŽ SE STAVÍ A V OBCI ZMIZÍ VODA ZE STUDNÍ ANEB JAK TOMU PŘEDCHÁZET

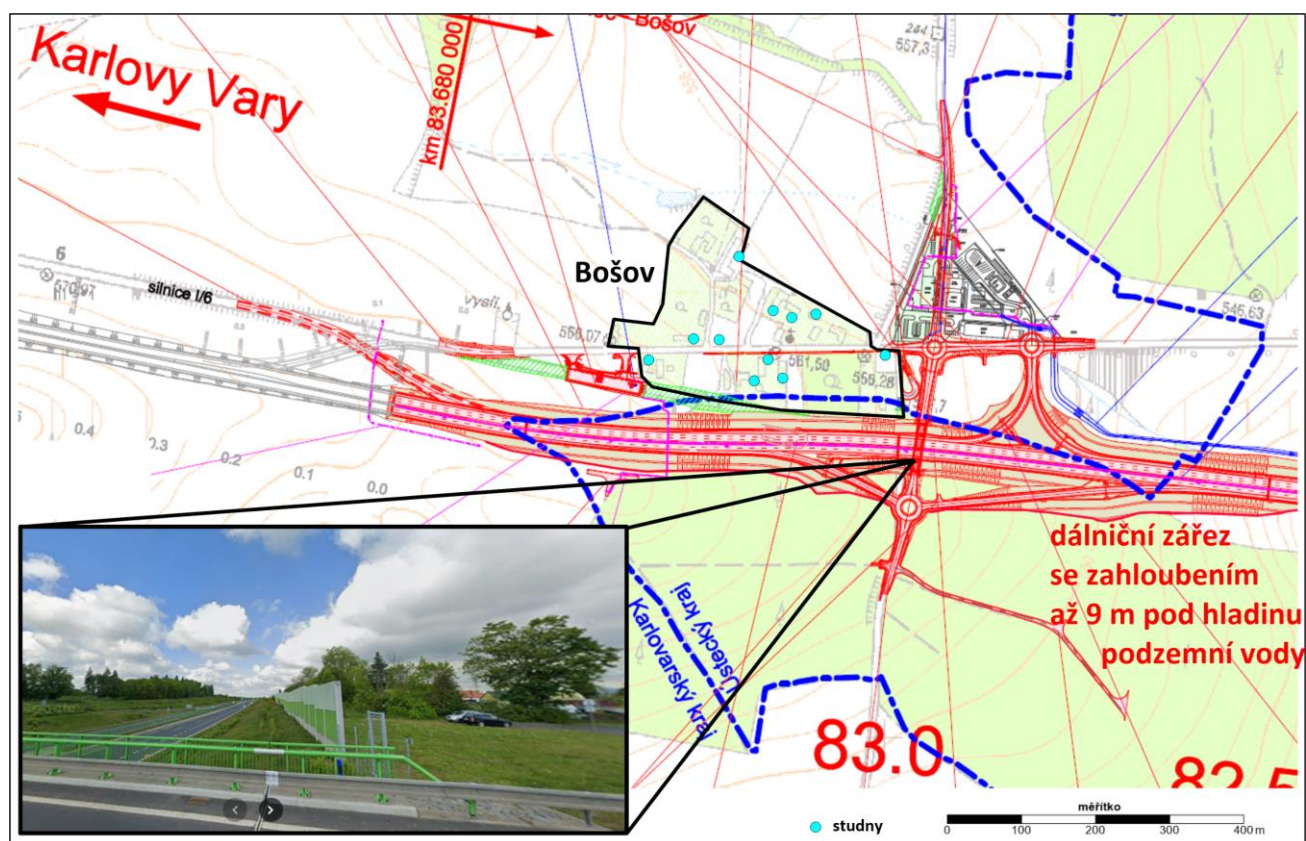
RNDr. Jiří Starý¹, Ing. Jana Fulková²

¹NorthGeo

²InGep

Příspěvek se zaměřuje na vybrané ukázky z praxe, kdy docházelo nebo potenciálně může dojít k významnému ovlivnění kolektorů vlivem výstavby silnic, dálnic, tunelů či nových jímacích zařízení podzemní vody. Ve všech případech je přítomnost hydrogeologického dozoru a provádění cíleného hydrogeologického a hydrologického monitoringu stěžejní pro verifikaci prvotních dat a návrh účinných ochranných či kompenzačních opatření.

První případ se zabývá vlivem výstavby hlubokého silničního zářezu R6 v těsném sousedství intravilánu obce Bošov na zdejší domovní studny. Území je tvořeno sedimenty permokarbonu, které jsou zastoupeny pískovci (místa arkózovými, kaolinicky zvětřalými), prachovci i jílovci, případně přechodnými typy hornin. Sedimenty permokarbonu jsou uloženy subhorizontálně, vytváří pánevní strukturu s nepravidelným střídáním poloh s řádově odlišnou propustností. Horniny terciéru jsou zastoupeny jak skalními horninami (vulkanity), tak horninami charakteru zemin. Křehké čediče a čedičové sutě jsou dobře propustné, ostatní horniny jsou špatně propustné až prakticky nepropustné. Ve fázi průzkumných prací byl prováděn a vyhodnocen podrobný geotechnický průzkum, jehož součástí byla pasportizace vodních zdrojů v okolí plánované trasy. Podle inženýrskogeologického průzkumu měl být odřez zahlouben cca 2 – 3 m pod hladinu podzemní vody, po finálních úpravách projektu trasy však byl ve skutečnosti zahlouben o 5 – 6 m, lokálně až 9 m. Vzhledem ke vzdálenosti a hydrogeologické pozici domovních studní vůči plánovanému zářezu silnice R6, kdy byl odřez plánován souběžně s převládajícím prouděním podzemní vody na lokalitě (směr ZJZ), odpovědný geolog nepředpokládal významné ovlivnění hladiny podzemní vody ve studních při snížení hladiny do 3 m. Nebylo však vyhodnoceno ovlivnění studní po úpravě nivelety zářezu na hlubší úroveň. Ani doporučení hydrogeologa pro další etapu hydrogeologického průzkumu ve formě provedení čerpacích zkoušek pro stanovení hydraulických parametrů, dosahu ovlivnění hladiny podzemních vod stavbou a výpočty přítoků do zářezů nebylo pravděpodobně realizováno.



Obrázky č. 2,3 Dálniční zářez s odkrytou hladinou podzemní vody a odtok vody středovou kanalizací

Výstavba zářezu byla zahájena v květnu roku 2014. Z budovaného zářezu odtékalo trvale značné množství vody. Postupně se vytvořila rozsáhlá hydraulická depresní kotlina a docházelo k odvodnění statických zásob v dílčích zvodněných obzorech. Při rekognoskaci území 14.10.2014 odtékalo z území cca 7-10 l/s. K odtokům docházelo jak ve dně zářezu, tak při patě svahů, především severního svahu. Většina vody ze stávajícího zářezu byla v době rekognoskace svedena do středové kanalizace v km cca 82,5.

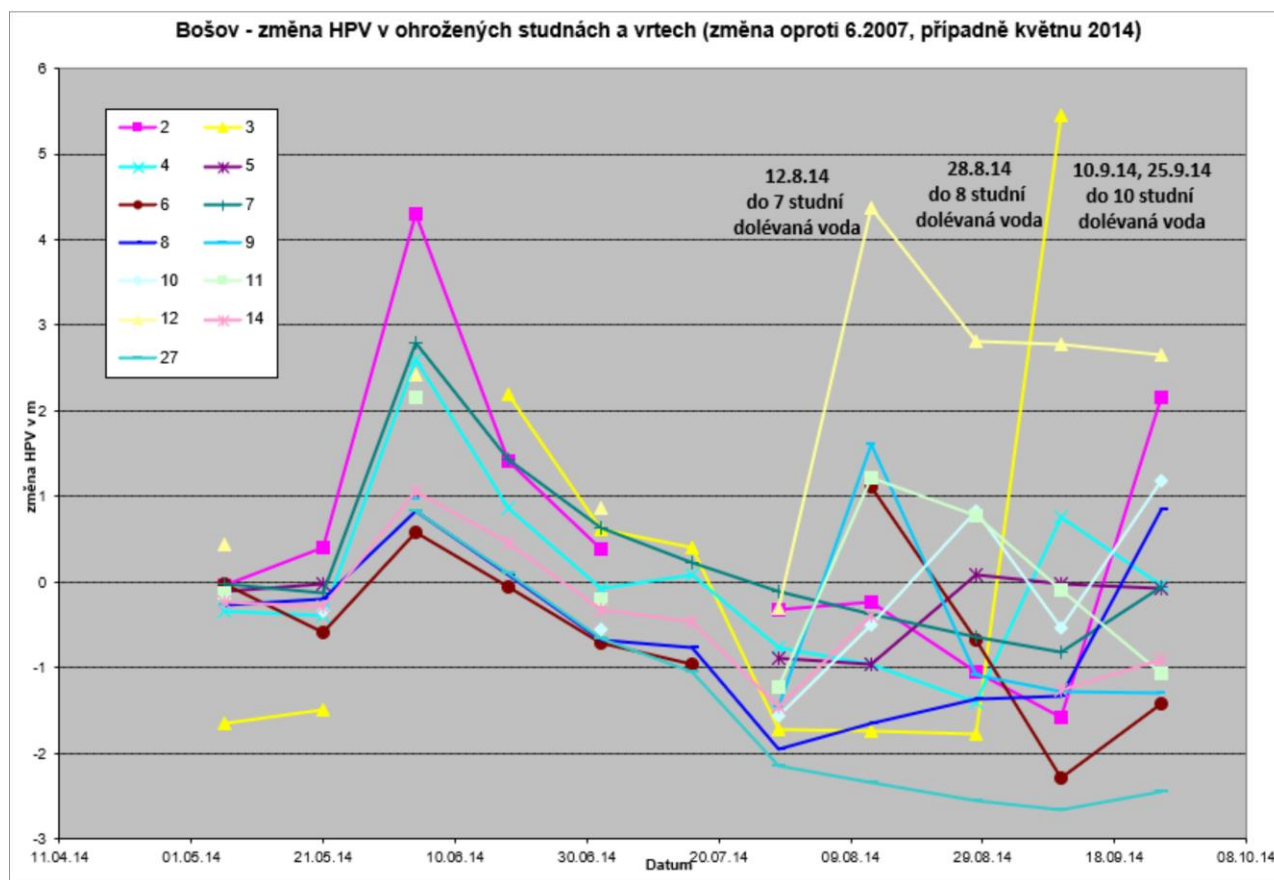


Tabulka č. 1: Výpočet dosahu hydraulické deprese

Hodnota /Vzorec	Výpočet dle Kusakina				Výpočet dle Sichardta			
Vyvolané snížení (m)	5	5	9	9	5	5	9	9
Uvažovaná mocnost zvodně (m)	11	11	19	19	11	11	19	19
Snížená mocnost zvodně (m)	6	6	10	10	6	6	10	10
Koeficient filtrace ($m^2 \cdot s^{-1}$)	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Dosah deprese (m)	213	67	504	160	335	106	603	191

Domovní studny v obci byly jedinými zdroji pitné i užitkové vody pro místní obyvatele, většinou byly šachtové, jejich hloubka se pohybovala mezi 6,8 – 13,5 m, s výškou vodního sloupce mezi 0,46 – 3,66 m, tedy relativně nízkými hodnotami. Teoreticky vypočtený dosah deprese dálničního zářezu je značný. Výpočty ukazují, že možný negativní vliv se mohl projevit u všech studní v obci Bošov. Studny jsou vzdálené 36 až 170 m od okraje zářezu, dosah deprese pro snížení hladiny podzemní vody o 5 – 9 m činí 67 – 603 m. Výsledky monitoringu studní během léta 2014 byly významně ovlivněny skutečností, že od 12.8.2014 byla do většiny studen postupně cisternou dolévána voda, což je samozřejmě zcela neefektivní způsob zajištění náhradního zdroje vody díky značné propustnosti stěn studen (obrázek č. 4).

Probíhající stavba negativně ovlivnila hydrogeologické poměry ve svém okolí. Drenážní účinky zářezu vytvořily rozsáhlou depresní kotlinu, došlo ke snížení úrovně hladiny podzemní a tím i využitelné vydatnosti většiny jímacích objektů v obci Bošov. Šíření depresní kotliny bylo nepravidelné, v závislosti na existenci preferenčních cest proudění podzemní vody podmíněných nehomogenitou horninového prostředí.

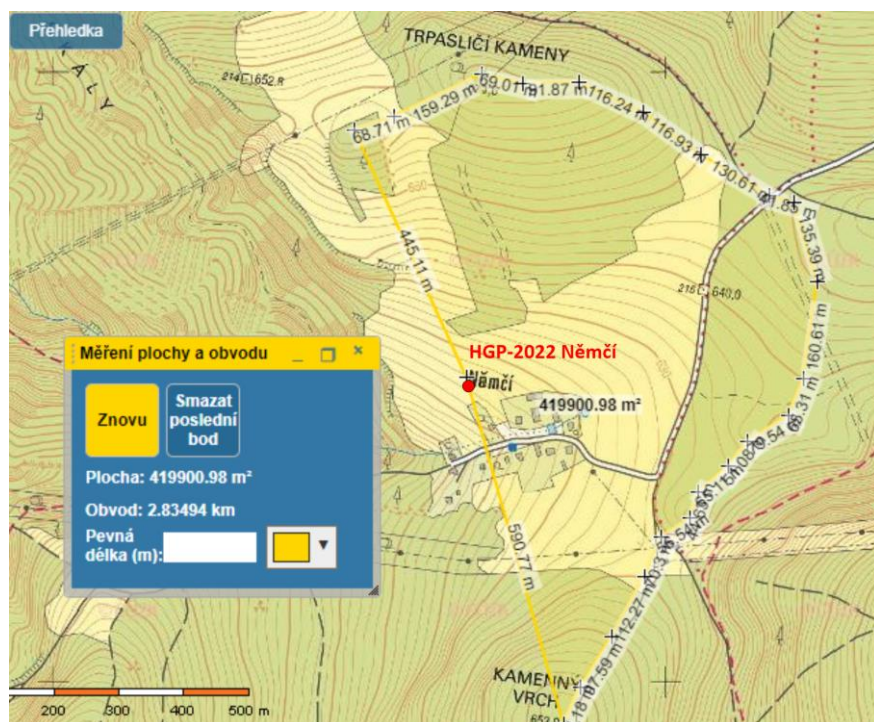


Obrázek č. 4: Vývoj hladiny podzemní vody ve studnách v obci Bošov v průběhu hloubení zářezu

V říjnu – listopadu 2014 bylo v rámci vyhlášeného havarijního stavu na studnách v obci Bošov vyhloubeno celkem 11 náhradních jímacích objektů – vrtaných studní o hloubce mezi 21 – 30 m. Všechny nové vrtané studny byly projektovány a dozorovány osobou s odbornou způsobilostí v oboru hydrogeologie, po vyhloubení vyčištěny, otestovány při hydrodynamických zkouškách, osazeny čerpadly, armaturami a přípojkami, které byly vždy zavedeny a napojeny až do stávajících rozvodných systémů jednotlivých domů. Pracovníci vodoprávního a stavebního úřadu poskytli plnou součinnost při řešení této havarijní situace. Investice byla v plném rozsahu hrazena zhotovitelem stavby - Ředitelstvem silnic a dálnic v rámci kompenzačních opatření.

Druhý případ se zabývá kvalifikovaným stanovením maximální využitelné vydatnosti nového vrtu pro hromadné zásobování, s ohledem na přilehlou obec. Lokalita spadá do oblasti Českého středohoří, které je velice specifická svým pestrým geologickým vývojem, do obce Němčí. Při projekci hydrogeologických průzkumných prací ve vrcholových partiích hor je třeba pracovat často s malou plochou hydrogeologických povodí s omezenými zásobami podzemní vody. Hydraulické odezvy čerpání na nových jímacích objektech se mohou díky specifické litologii a geometrii povodí projevovat na značné vzdálenosti, proto je potřeba věnovat velký důraz na správné umístění vrtu ve vztahu k zásobované obci, kvalitnímu provedení a vyhodnocení hydrodynamických zkoušek a monitoringu potenciálně dotčených studní, za účelem získání přesných podkladů pro finální návrh využívání vodního zdroje.

Obec Němčí je nejvýše položená obec v Českém středohoří a hydrogeologické povodí je velmi omezené, obec se nachází v blízkosti horského sedla. Na lokalitě Němčí byl navržen k exploataci mezozoického či terciárního kolektoru 61 m hluboký hydrogeologický vrt HGP-2022. V prvním kroku je zásadní požadavek odhadnout reálnost požadovaného odběru ve vztahu k povodí uvažovaného vodního zdroje. Při uvážení průměrného specifického odtoku podzemní vody ve výši 2,4 l/s/km² lze odhadnout celkový maximální možný odběr ze všech vrtů a studen v zájmovém povodí vrtu HGP-2022 a obce Němčí do 1 l/s. Požadavek na vydatnost vrtu 0,3 – 0,5 l/s lze tedy splnit (započítán také odhadovaný odběr ze studní v obci).



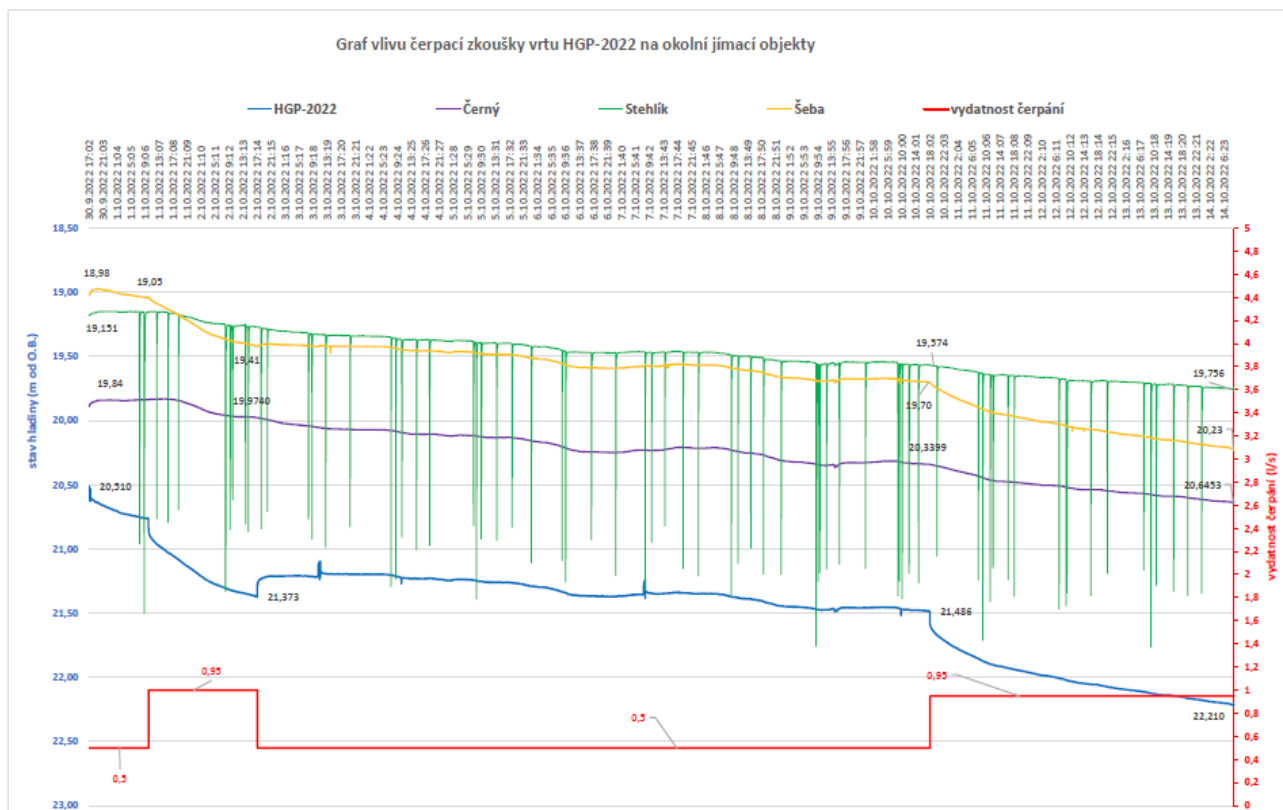
Obrázek č. 5 Hydrogeologické povodí vodního zdroje jímání vrtem HGP-2022 (zdroj: www.nahlizenikokn.cz)

Z hlediska umístění vrtu ve vztahu k obci je zásadní: umístit vrt do dostatečné vzdálenosti od využívaných studní a vrtů v obci; dle odhadované propustnosti hornin a z toho vyplývajícího očekávaného dosahu depresního kužele je v prostředí křídových sedimentů a tufitických hornin (analogie s jinými lokalitami) potřebná základní minimální vzdálenost 60 m. Vrt byl po zvážení výše uvedených skutečností situován severně od obce, 100 m od nejbližší studny v obci (obrázek č. 5). Vrt HGP-2022 zastihl pod kvartérodními vrstvami do hloubky 55 m terciérní tufity, silně písčité, místy silně propustné a rozpukané (zejména v úseku 36 – 51 m), silně porézní, často až s houbovitou strukturou (tefrity). Nižší do 61 m již byl přítomen rigidní čedič.



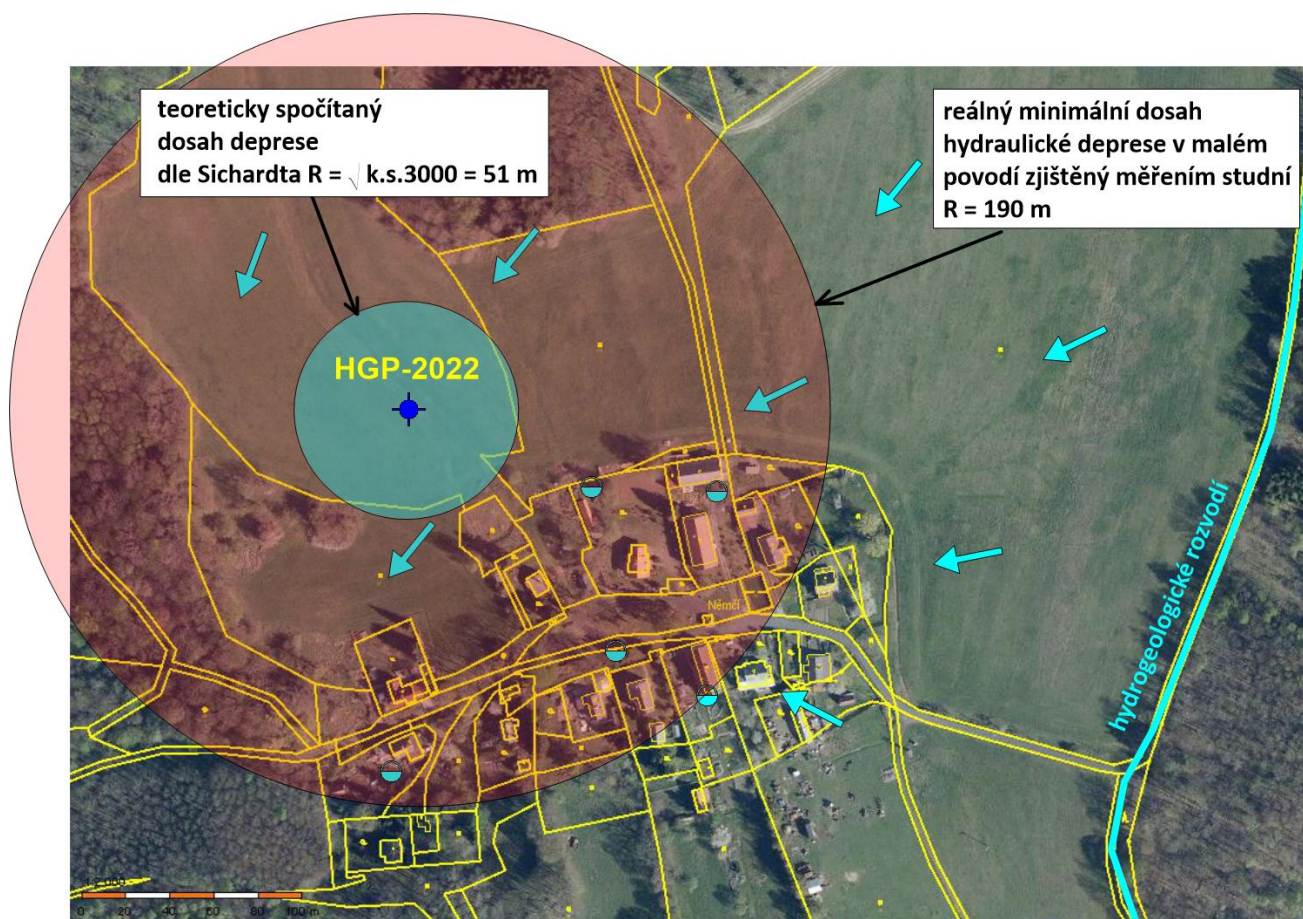
Obrázek č. 6 Silně porézní tefrit z vrtu HGP-2022

Během 14-ti denní čerpací zkoušky došlo ke konci 1. deprese s vydatností čerpání 0,5 l/s k ustálení hladiny podzemní vody jak ve vrtu HGP-2022, tak ve většině monitorovaných studní v obci Němčí na přijatelné úrovni do mínus 0,85 m oproti původnímu stavu. Jak je vidět z grafického zobrazení 2. deprese při čerpání 0,95 l/s, zde již k ustálení hladiny nedošlo ani ve vrtu HGP-2022, ani v žádné z monitorovaných studní, hladina ke konci zkoušky ve všech objektech setrvale strmě klesala. Pro účely objektivizace hodnocení pohybů hladiny v monitorovaných studnách vlivem hydrodynamických zkoušek je nutné monitorovat také vhodný referenční vrt, pokud není v oblasti např. vrt sítě ČHMÚ. K monitoringu přirozeného pozadí byl využit nečerpaný vrt u obce Pohoří (cca 1,6 km SV směrem na opačném svahu kóty Kukla), který zastihnul stejný terciérní kolektor, jako vrt HGP-2022. Po odečtení režimního poklesu hladiny podzemní vody v referenčním vrtu Pohoří tak byly získány reálné poklesy hladin ve studnách vlivem čerpací zkoušky.



Obrázek č. 7 Výsledky monitoringu hladin ve vrtu HGP-2022 a okolních studen během hydrodynamických zkoušek

Lze tedy s jistotou konstatovat, že dlouhodobě využitelná vydatnost vrtu HGP-2022, s ohledem na výsledky hydrodynamických zkoušek, detailního monitoringu okolních studní a v souladu s průměrným specifickým odtokem podzemní vody pro plošně omezené lokální povodí v oblasti obce Němčič činí maximálně 0,5 l/s, byť je vrt schopen pravděpodobně okamžitě poskytovat množství vody v prvních jednotkách l/s. Hydraulická odezva čerpaní podzemní vody z vrtu HGP-2022 se však projevuje v celé obci Němčič, prokazatelně minimálně na vzdálenost 190 m od tohoto vrtu.



Obrázek č. 8 Dosahy depresních kuželů v rámci plošně omezeného zdroje podzemní vody (teoretický a reálný dosah)

Výše uvedeným zjištěním je třeba přizpůsobit návrh odběru podzemní vody z takto plošně i vertikálně omezeného útvaru podzemní vody tak, aby byl zajištěn trvale udržitelný odběr podzemní vody a vodní útvar nebyl přetěžován. Provádění dlouhodobých hydrodynamických zkoušek s detailním monitoringem studní v širším okolí se zde jeví jako naprosto nezbytný předpoklad pro reálný návrh odběrného množství podzemních vod.

Třetí případ se stručně zabývá metodikou, prováděním a dozorem průzkumných prací, včetně souvisejícího hydrogeologického monitoringu podzemních a povrchových vod jako prevenci proti nechtěnému ovlivňování zdrojů podzemních či povrchových vod. V rámci předběžného geotechnického průzkumu pro vysokorychlostní trať - Krušnohorský tunel - byly v blízkosti města Chlumec hloubeny strukturní vrty přesahující často hloubku 100 m. Vzhledem k citlivosti území - přítomnosti nedalekých mělkých jímácích objektů pro hromadné zásobování obyvatelstva (sběrných jímek v kvartérních deluviích na svahu Krušných hor) a potenciálnímu výskytu pozitivně napjatých horizontů podzemních vod podél krušnohorského zlomu byly tyto strukturní vrty projektovány s robustní tlakově uzavíratelnou úvodní ocelovou kolonou, která byla vždy důsledně cementována v celém úseku kvartérní zvodně, s dostatečným zavázáním do předkvartérního podloží. Tento technologický postup je naprosto nezbytný z hlediska zamezení ovlivnění podzemních, ale také povrchových vod. Zapouštění a cementace úvodní kolony je prováděna vždy pod dozorem odpovědného geologa.

Na úpatí severní strany Krušných hor je také dokumentováno více drobnějších občasných toků, jejichž průtok je silně závislý na aktuálním hydrologickém režimu ve vyšších partiích Krušných hor. Na úpatí hor, kde tyto toky prochází přes proluviální (dejekční) kužely, tvořené větším podílem hrubozrnné, lépe propustné frakce, se často tyto toky ztrácí pod zemský povrch. Níže v pánevní

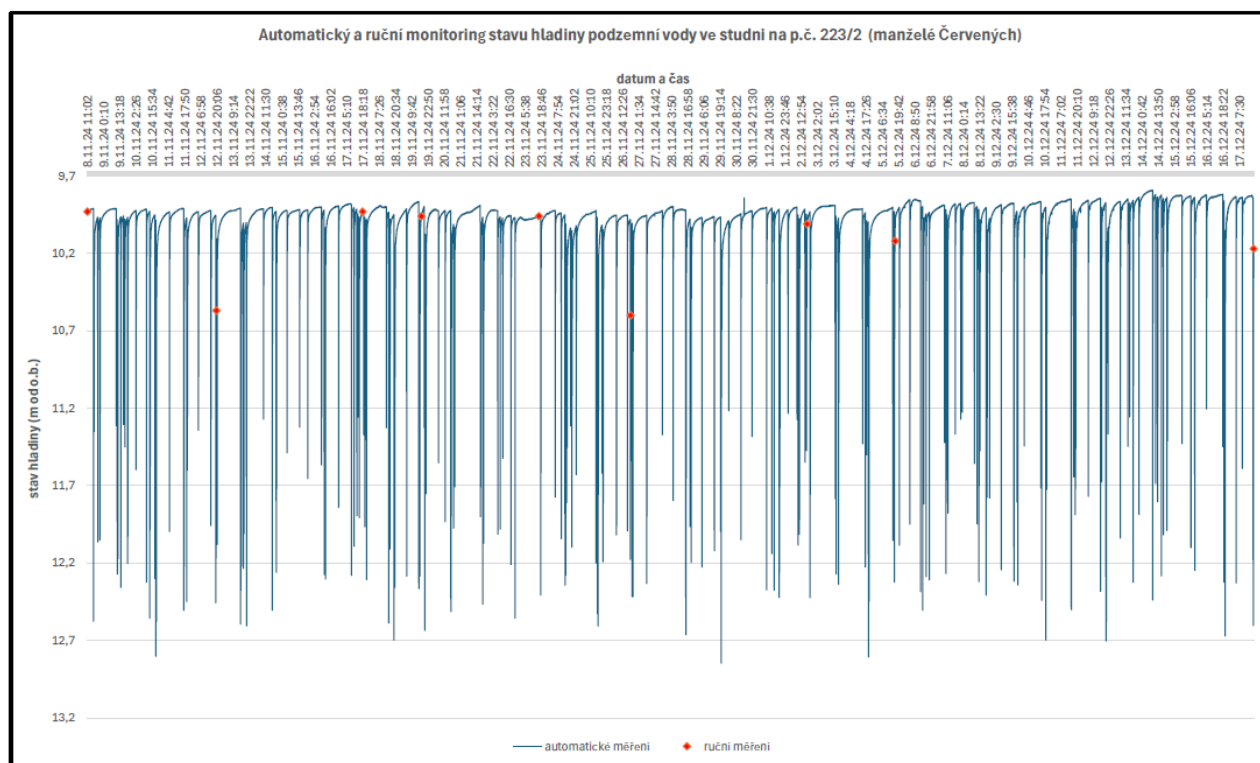
oblasti, která je naopak často tvořena jezerními jíly, tyto toky můžou opět vyvěrat na povrch ve formě soustředěných i rozptýlených pramenů. Také pro ochranu povrchových toků je výše uvedený technologický postup hloubení vrtů nezbytný.

Při těchto průzkumných pracích nastávají situace, kdy zhotovitel často čelí stížnostem místních obyvatel na ztrátu či změnu kvality vody v potoce či studnách „vlivem vrtných prací“. Základním předpokladem pro vyvrácení těchto nesprávných hypotéz je tedy opravdu řádné provedení úvodních kolon hlubokých vrtů tak, aby nemohlo docházet ke komunikaci mezi vrtem a okolními podzemními a povrchovými vodami. Dalším důležitým nástrojem, který zajišťuje objektivní zhodnocení situace, je hydrologický monitoring potoků a nejbližších studen. Měrné přelivy vhodně umístěné na toku, kde jsou dokumentovány příronové a ztrátové úseky, umožní s dostatečnou přesností tyto úseky identifikovat. Předpokladem je dostatečně dlouhá a přiměřeně zahuštěná časová řada pozorování – minimálně 1x za 14 dní po dobu minimálně 1 hydrologického roku. Optimální je osazení minimálně 1 měrného přelivu automatickým záznamovým zařízením, které umožní sestavit detailnější konsumpční křivku. Před vlastní výstavbou tunelu je nutné provádět tato měření v délce několika let pro detailní analýzu hydrologického režimu těchto toků. I zaznamenání nulových průtoků jsou proto důležitá! V případě stížností na ztrátu vody v potoce jsou tato data zásadním nástrojem pro objektivní reakci na stížnost.



Obrázek č. 9 Složený Cipolettiho a Thomsonův měrný přeliv s automatickým záznamem průtoků

Také v případě studen a sběrných jímek je nutný pravidelný monitoring v podobném režimu, jako u vod povrchových. U vybraných využívaných studen je nutné zkrátit interval automatických měření tak, aby byl záznamem zachycen i chod hladiny během čerpání. Bodová ruční měření nemůžou s dostatečnou přesností zachytit reálný průběh stavů hladiny ve využívaných objektech (viz obrázek níže).



Obrázek č. 10: Porovnání automatického záznamu a ručních měření hladiny v provozované vrtané studni

V neposlední řadě je u nejbližše situovaných zdrojů podzemních i povrchových vod nutný terénní monitoring základních fyzikálně – chemických parametrů (kromě občasných kompletních laboratorních analýz). Jako vhodné základní ukazatele se doporučuje měření pH, konduktivity, teploty, rozpuštěného kyslíku a oxidačně redukčního potenciálu. Tyto fyzikální parametry umožňují např. prvotní indikaci úniků cementu, hydraulických zkratů, antropogenních znečištění apod.



Obrázek č. 11: Terénní měření základních fyzikálních parametrů

Na závěr lze konstatovat, že vhodným výběrem a využíváním metod hydrogeologického průzkumu a monitoringu a řádným hydrogeologickým dozorem zásadních operací při vrtných nebo stavebních pracích lze v mnoha případech předcházet nežádoucímu ovlivnění zdrojů podzemních i povrchových vod, případně lze navrhnout v dostatečném předstihu vhodná kompenzační opatření, která umožní minimalizovat případné nepříjemné následky těchto zásahů do vodních zdrojů.

Klíčová slova: zdroje hromadného zásobování vodou, domovní studny, hydrogeologické povodí, hydrometrování, hydraulické vlastnosti kolektorů, dosah depresního kužele, silniční zářezy, tunely, rizika

SCHROTH VERSUS PRIESSNITZ: ANTAGONISTICKÝ PŘÍSTUP V NABOHACOVÁNÍ VODY PRO LÉČBU, KULT VODY A JEHO DOPAD NA DALŠÍ GENERACE

Mgr. Lukáš Abt

Osobnost Vincenze Priessnitze (1799–1851) je ve světě spojována především s rozvojem do té doby jen málo uznávané vodoléčby. Vedle něj však stojí Johann Schroth (1798–1856), jemuž vděčíme nejen za nový pohled na samotnou vodu, ale i za rozvoj celostně pojaté léčby. Jeho přístup k pacientům neměl po několik desetiletí v Evropě obdoby. Opíral se jednak o intuitivně vyzozorované principy, které v mnohém připomínají postupy tradiční čínské medicíny, jednak o práci s vnitřní energií – v jeho případě šlo o proces *nabohacování*, respektive *zesilování* vody určené k léčbě. Tento koncept začíná v posledních dekádách opět rezonovat i na Západě, zatím však pouze v rovině vědeckých či experimentálních úvah. Zdánlivá obyčejnost vody, dostupné téměř všude, může svádět k jejímu podceňování. Ve skutečnosti však tato nejcennější esence tvoří základ všeho živého a je jeho nepostradatelnou součástí.

Iniciace

Johann získal vzdělání na triviální škole ve Frývaldově (dnes Jeseník), kde byl spolužákem o rok a půl mladšího Vincenze z Gräfenberku (dnes Lázně Jeseník), jehož v základních znalostech dokonce předčil.¹ Podle vlastních slov utrpěl Schroth již v sedmnácti letech² úraz česky, když ho kopl kůň a roztříštil mu pravou nohu v oblasti kolenního kloubu. Po čase vezl jako povozník potulného mnicha, který mu poradil, aby si oteklé místo několikrát denně omýval hadrem namočeným ve studené vodě, do něhož měl zabalit kousek dřeva potřísněný vlastní krví.³ Přirozená inteligence Schrothovi brzy umožnila odlišit podstatu věci od její vnější formy. Pravidelné mytí mu sice do jisté míry ztěžovala práce, zároveň jej však poháněl silný vnitřní impuls, proto se pokusil aplikovat vodu praktičtějším způsobem než pouhým omýváním, čímž záhy dospěl k objevu do té doby neznámých tzv. vlhkých zábalů.⁴ Při potírání poraněné nohy si navíc všiml zvláštního jevu: dotýká-li se postiženého místa pravou rukou, cítil teplo, zatímco při stejném úkonu rukou levou se nic podobného nedělo.⁵

Jedno z nejstarších svědectví o Priessnitzovi podávají již roku 1833 Brand⁶ a Kröber⁷, kteří uvádějí, že vodní doktor dospěl k poznání léčebné síly vody rovněž v sedmnácti letech – tedy přibližně dva roky po Schrothově úrazu, poté, co mu přes hrudník přejel vůz tažený splašeným koněm. Tuto dataci potvrzuje i doktor Schmitz, zabývající se vodoléčbou v tehdejší Prusku. Jako šéfredaktor listu *Wasserfreund* navštívil oba někdejší spolužáky a zaznamenal: „*Schroth tvrdil, že začal léčit vodou dříve než Priessnitz, a také nám sdělil, jak se to od něj Priessnitz učil. Aniž bychom tyto výroky považovali za hodné dalšího zkoumání, pokládáme za důležité zde uvést několik pasáží z výpovědí tohoto muže [...].*“⁸ Toto svědectví může zároveň přispět k vysvětlení pozdější Priessnitzovy nevráživosti vůči Schrothovi.

Doktor Bicking nám navíc přibližuje jak zdroj Schrothova poznání, tak i jeho filosofii: „*Ke Schrothovi se cítím přitahován zejména proto, že všude upozorňuje na přírodní léčebnou moc, již vyzdvihuje nade vše. Podle jeho vyjádření pro něj nemá nic hodnotu, kromě přírody. [...] o své kúře tvrdí s jistou hrdostí: uzdravuje tělo tím, že ho navrácí zpět k jeho prosté přirozenosti, přitom ale nepáchá na přírodě žádné násilí, plní přesně její snahy a potřeby, nedává jí nic, co by sama nechtěla a neupírá*

¹ PUTZER, Julius: *Priessnitz und Schroth. Ein Wort zur Verständigung über Wasserheilkunde*. Magdeburg 1852, s. 12.

² *Der Wasserfreund oder allgemeine Zeitschrift zur Besorderung der Wasserheilkunde*. 1839, Nr. 68, November 1839, s. 270.

³ MUNDE, Carl: *Die Gräfenberger Wasserheilanstalt und die Priessnitzer Curmethode*. Leipzig 1841, s. 162.

⁴ Dnes širokou veřejností chybně označované jako Priessnitzovy zábalu.

⁵ *Der Wasserfreund...*, 1839, Nr. 68, s. 270..

⁶ BRAND, Theodor: *Die Wassercuren des Vincenz Priessnitz zu Gräfenberg in Österreich - Schlesien*. Breslau 1833, s. 2.

⁷ KRÖBER, A. H.: *Priessnitz in Gräfenberg und seine Methode das kalte Wasser gegen verschiedene Krankheiten des menschlichen Körpers anzuwenden. Für Aerzte und Nichtärzte dargestellt*. Breslau 1833, s. 4.

⁸ *Der Wasserfreund...*, 1839, Nr. 68, s. 269.

*jí nic – nejsou-li její touhy chybné – po čem by sama toužila. Díky tomu prý získává převahu nad všemi lékaři, kteří se od přírody odchýlili.*⁹ Tímto výrokem zjevně narážel především na Priessnitz, který svou metodu v průběhu let několikrát změnil a v závěru života čelil kritice kvůli klesající úspěšnosti léčby: „I proto se říká, že v roce 1850 ani jeden člověk neopustil Gräfenberk vyléčený. Pokud [Priessnitz] nezmění svůj systém kryoterapie, jak ho dělá v současnosti, pak během několika let už nikdo při smyslech jeho ústav nenavštíví.“¹⁰

Nabohacování vody

V počátcích své praxe magnetizoval¹¹ lipovský naturopat *vnitřní energií* přímo těla pacientů,¹² postupně však začal takto působit i na vodu. Při jejím *zesilování*¹³ postupoval následovně: vodu nalil do sklenice, její hrdlo přikryl dlaní pravé ruky a nádobou třásl,¹⁴ přičemž věřil, že tímto způsobem získává tekutina vyšší léčebnou moc.¹⁵ Touto metodou¹⁶ se mu ostatně podařilo uzdravit nejen sebe, ale později i vlastní manželku. Nabohacenou vodu začal následně využívat i při léčbě pacientů – buď ji přikládal na postižená místa formou zábalů nebo ji podával k pití. Během popsaného procesu mělo docházet i ke změně chuti: voda získala lehce slanou příchut', i když ani to nebylo pravidlem. Anglický kolega doktora Schmitze si to vykládal tím, že sůl mohla pocházet z potu léčitelovy ruky.¹⁷ Schrotha a jeho metodu přibližuje i jeden z ruských pacientů: „Vše vysvětluje jazykem, který neztratil jednoduchost jeho rodné vesnice. Kromě těchto vlastností, jež činí Schrothovo postavení v obci za zcela výjimečné, má v sobě mimořádnou magnetickou sílu, díky níž již v mládí dosáhl několika šťastných uzdravení, která ho proslavila. To bylo v době, kdy obyvatelstvo Rakouského Slezska bylo ještě méně osvícené než dnes. Před dvěma sty lety by Schroth byl upálen jako čaroděj, ovšem i nyní byl dlouho považován za člověka spojeného s nečistými duchy, a proto se mu lidé vyhýbali. [...] Nyní již mnoho let Schroth úspěšně používá studené obklady, které vynalezl mnohem dříve než Priessnitz, který svou léčbu zahájil, jak všichni v zemi vědí, třením houbou namočenou ve studené vodě.“¹⁸

Schroth byl často neprávem obviňován z opilství, neboť trpěl třesem rukou a v rámci léčby využíval víno¹⁹. Lékař Cybulka k tomu uvádí: „Člověk je dokonce v pokušení pro nedostatek jiného platného důvodu připsat chvění [rukou] magnetické síle, která je v něm obsažena a jejíž přítomnost je doložena mnoha fakty. Například často zastavoval nejsilnější bolesti zubů a hlavy, krvácení z ran v nose a děloze pouze pomocí této síly, aniž by kdy použil jakýkoli jiný lék, k úžasu mnohých, takže mnoho neosvícených lidí v jeho kraji připisovalo tuto sílu zlé alianci.“²⁰

Kult vody

Na rozdíl od Schrotha léčil Priessnitz především omýváním, vlhkými zábalami a později i dalšími inovativními postupy, jako bylo pocení, koupání ve studené vodě nebo sprchování pod širým nebem. Jak však naznačují další svědectví, tyto praktiky vycházely do značné míry z podnětů světzaných pacientů: „Byli to nemocní hosté, kdo v Gräfenberku jako první nechali zhotovit koupací vanu a odvážili se koupat ve studené vodě. Byli to nemocní hosté, kteří, povzbuzeni znalostí ruské parní

⁹ BICKING, Franz: *Ueber das Heilverfahren des Johann Schroth zur Nieder-Lindewiese bei Freiwaldau im Gegensatz zu dem Verfahren des Vincenz Priessnitz auf dem Gräfenberge*. Erfurth 1842, s. 6.

¹⁰ GLEICH, Lorenz: *Ueber die Nothwendigkeit einer Reform der sogenannten Hydropathie (Kaltwasserheilkunde), oder Geist und Bedeutung der Schroth'schen Heilweise: nebst einem kurzen Reisebericht als Einleitung*. München 1860, s. 26.

¹¹ Přirozený magnetismus byl od poloviny 18. století považován za jeden z léčebných směrů. Proslavil ho Franz Mesmer během svého působení ve Vídni a Paříži.

¹² *Schlesische Zeitschrift zur Beförderung der Wasserheilkunde*. 1842, Nr. 13, 17. September 1842, s. 101.

¹³ Schroth údajně nikdy nepoužíval označení magnetická síla, nýbrž hovořil pouze o nabohacené či zesílené vodě (gekräftiges Wasser).

¹⁴ Případně do ní ruku i nořil: *Münchener politische Zeitung: mit allerhöchstem Privilegium*. 28.04.1838, s. 627.

¹⁵ Obdobným způsobem, byť prostřednictvím síly myšlenky nebo hudby, se nabohacováním vody zabýval také japonský vědec Emoto: EMOTO, Masaru: *Skutečná síla vody*. Brno 2008. Schrothova metoda však dosud zůstává jedinou známou, která takto nabohacenou vodu využívala v léčbě.

¹⁶ Podobnou práci s rukama popisuje na vědomější úrovni Barbara Brennan, která ji označuje za *vkládání rukou*. Dle ní se jedná o proces znovunalezení rovnováhy lidského energetického pole, jež člověka obklopuje, prostupuje jeho fyzické tělo a velmi úzce souvisí s jeho zdravím: BRENNAN, Barbara Ann: *Hands of light*. New York 1988, s. 5.

¹⁷ *Der Wasserfreund...*, 1839, Nr. 68, s. 270. Další podrobnosti také v *Oberschlesischer Bürgerfreund*. 1846, Nr. 91, 14. November 1846, s. 723.

¹⁸ *Письмо къ доктору Эноху въ варшаву отъ ***. леченію хроническихъ бользней кровоочищеніемъ и возстановленіемъ пищеварительныхъ органовъ по новому способу Іогана Шрота*. Санктпетербургъ 1847, s. 12, 13.

¹⁹ Víno bylo podáváno v omezeném množství pouze jako povzbuzující prostředek při jinak přísné dietě, během níž měl pacient po několik týdnů zakázáno pít vodu.

²⁰ [CYBULKA, W. C.]: *Johann Schroth der Naturarzt zu Lindewiese in k. k. öster. Schlesien und dessen Semmelkur*. Wien 1850, s. 11, 12.

lázně²¹, poprvé bez obav vystavili své zpocené tělo studené koupeli. Byli to také nemocní hosté, kteří při procházkách lesem přišli na šťastnou myšlenku svést množství zdejších horských pramenů do jednoho proudu a vystavit se účinku vody padající z určité výšky. [...] Zatímco tedy Priessnitz pracoval na poli a věnoval se orbě, setbě a sklizni, nemocní hosté rozsévali po okolí nové nápady.²² Způsob nabohacování vody na Gräfenberku se výrazně lišil od praxe v Lipové a úzce souvisel s kultem vody. Pro Priessnitzovu léčbu bylo totiž typické, že kromě vnější aplikace hrála významnou roli také aplikace vnitřní, tedy pití co největšího množství vody. Tato praxe byla někdy vyhnána až do krajnosti: „Dokonce jsem viděl lidi, kteří se nadměrným pitím vody krátce uvrhli do stavu připomínajícího delirium tremens.“²³ Zásadní však je, že od roku 1839 začaly být vodní zdroje upravovány do podoby honosných mohyl, čímž se symbolicky – prostřednictvím energie²⁴ – zesilovala léčebná síla přenesená přímo do vodního zdroje. Voda je totiž chápána jako snadno laditelné a vysoce citlivé médium, které se přizpůsobuje vnějším podnětům a může se tak rychle stát živou nebo mrtvou. Tento způsob uvažování ostatně velice dobře odrážejí legendy napříč různými kulturami. Na Gräfenberku se v tomto ohledu navazovalo především na antickou tradici filosofa Thaleta.

Dobové zprávy z poloviny 40. let 19. století zmiňují, že na Gräfenberku probíhala jakási soutěž, v níž se jednotlivé národy snažily svými prameníky překonat již existující realizace. Vrcholem měl být Anglický pramen, jenž vynikal nejen designově strohým mramorovým pomníkem, ale i zasazením do příjemného prostředí na opačné straně údolí než ostatní dosud vystavěné mohyly. Svou propracovaností předčil starší realizace – Géniův pramen (Valaši), Žofiin pramen (Uhři) i Pruský pramen. Češi a Poláci své pomníky přidali až se značným zpožděním, zhruba o dvacet let později, což souviselo s politickou situací v tehdejší monarchii.²⁵ v současnosti se v okolí Jeseníku nachází více než stovka takto upravených pramenišť.

Světový přesah

Je pozoruhodné, že v jediném údolí vznikly dva zcela odlišné přístupy k využití vody, které navíc pronikly i do světového povědomí. Priessnitzovi náleží neoddiskutovatelný podíl na popularizaci vodoléčby, Schroth pak vyniká nadčasovostí svého přístupu, založeného mimo jiné na využívání zesílené vody v léčebném procesu – konceptu, jenž je dnes opomíjen. Za pozornost stojí rovněž Schrothova schopnost pracovat s širokým spektrem onemocnění: od bakteriálních chorob (v době, kdy neexistovala antibiotika), přes epilepsii, rakoviny (!) až po léčbu chronických obtíží v relativně krátkém časovém horizontu několika měsíců – včetně případů, s nimiž si ani současná medicína nedokáže poradit! V neposlední řadě jej lze považovat za jednoho z průkopníků dietologie, tedy zdravé výživy v pojetí, jak ji chápeme dnes, a zároveň za inspirativní postavu celé řady přírodních směrů, které se v průběhu 19. století v Evropě zformovaly a ve 20. století našly své následovníky po celém světě.²⁶

²¹ Jedná se v podstatě o dnešní saunu.

²² GRAFENFELD, Ernst: *Gräfenberg. Gründliche Schilderung der Bildung und der Kenntnisse des weltberühmten Wasser Arztes Vincenz Priessnitz und des Treibens der Gräfenberger Kurgäste nebst einem Anhang über die Schrothische Semmelkur zu Lindewiese*. Leipzig 1842, s. 27.; *Der Curgast deutscher Kaltwasserheilstätten*. Leipzig 1845, s. 11, 12.; MUNDE, Carl: *Die Gräfenberger Wasserheilanstalt und der Prießnitzische Curmethode*. Leipzig 1840, s. 77, 78.

²³ BICKING, Franz: *Ueber das Heilverfahren des Johann Schroth zur Nieder-Lindewiese bei Freiwaldau im Gegensätze zu dem Verfahren des Vincenz Priessnitz auf dem Gräfenberge*. Erfurth 1842, s. 11.; Pití až do bezvědomí nebo do zvracení, potvrzuje také švédský cestovatel Lindeberg: LINDEBERG, Anders: *Betraktelser under en Resa i Danmark, Tyskland och Ungern*. Stockholm 1841, s. 193.

²⁴ Danou problematikou se z vědeckého pohledu zabýval japonský vědec Emoto, např.: EMOTO, Masaru: *Skutečná síla vody*. Brno 2008.

²⁵ ABT, Lukáš: *Atlas jesenických pramenů a jiných drobných památek*. Jeseník 2017, s. 29 – 31.

²⁶ Zevrubně se autor výše popsáným tématům věnuje ve své publikaci: ABT, Lukáš: *Přírodní léčitel Johann Schroth a odvrácená tvář Vincenze Priessnitze*. Jeseník 2026.

ADAPTACE MĚSTA NA KLIMATICKOU ZMĚNU

RNDr. Václav Cílek, CSc.

Geologický ústav AV ČR, v. v. i.

Úvod: jak komunikovat klimatickou změnu

V posledních skoro deseti letech se mi stále častěji stává, že mne oslovují např. regionální centra Agrárních komor, lesníci z České lesnické společnosti a místních sdružení, starostové a municipality, kteří z vlastní zkušenosti vidí či cítí, že se s počasím něco děje a nejsou si jisti, zda či nakolik je současná evropská environmentální politika deformovaná např. zájmy jednotlivých zemí nebo lobbistů. Obvykle jim odpovídám, že podle mého názoru společná evropská politika tzv. Green dealu představuje rovnici o dvou stranách, kdy na jedné straně jsou ušetřené emise a na druhé straně dopady na společnost, ale že tato druhá strana byla podle mého názoru podceněná, což způsobilo někdy až masivní odpor vůči environmentálním opatřením, a to za paradoxní situace, kdy zhruba 70% obyvatel EU (v ČR se jedná o podobná čísla) považuje klimatické změny za naléhavý problém a rádo by pro věc něco udělalo.

Podle mých zkušeností z několika desítek veřejných diskuzí, je kritika EU kontraproduktivní, protože se změnil v někdy rozzlobenou politickou debatu, která se rychle vzdálí od tématu. Podobně málo konstruktivní je otázka viny: kdo může za globální oteplování? Dochází pak k podobné situaci, jako např. při diskuzích, kdo může třeba za výši veřejného schodku a debata pak končí větším nedorozuměním, než jakým začala. Naopak se osvědčuje postoj, kdy se člověk odpojí od politiky a dává si velký pozor, aby nepoužíval specifický úřední jazyk („bruselskou hantýrku“) a místo toho navrhne, že klimatická či environmentální změna je něco reálného, s čím stejně budeme nuceni pracovat a že se nejprve pokusíme popsat současný stav a pak se můžeme pokusit nalézt nějaká řešení.

Znamená to, že na té úplně základní úrovni praktických lesníků či soukromých zemědělců neřešíme např. elektromobilitu a obecně dekarbonizaci, ale např. možnost zadržetí vody v místním potoku, který poprvé, co lidská paměť sahá, vyschl. Tady je nutné zdůraznit, že AV ČR by potřebovala víc mediálně známých, obecně prospěšných projektů, jakým je např. portál intersucho, jako společný projekt Ústavu pro výzkum globální změny AV ČR, Mendelovy univerzity a Státního pozemkového úřadu, protože se jedná o „běžnými lidmi“ mimořádně pozitivně hodnocenou službu. Agronomové některých zemědělských družstev např. podle portálu plánují harmonogram zemědělských prací.

Mezi nejlepší syntetické podklady o současné proměně světa patří výroční či několikaleté zprávy např. o dostupnosti potravin (FAO), stavu evropských lesů (Forest Europe), zprávy pojišťoven o trendech škod způsobených přírodními krizemi (Munich Re, Allianz, Lloyd's London, AIG), klimatické zprávy (např. WMO), ale pravděpodobně nejzávažnějším, běžně dostupným dokumentem je obsáhlá, skoro pětisetstránková zpráva European Environment Agency (EEA) z dubna roku 2024 „European Climate Risk Assessment“. Je zajímavé, že tento vyvážený a skutečně důležitý dokument nebyl v našich médiích zmíněn, jakoby „ani neexistoval“, a to pravděpodobně z důvodu obecné nechuti vůči environmentální politice EU. Necítím se povolán, a na tomto místě by to ani nebylo vhodné, vyjadřovat se k politickým krokům EU, ale je dobré upozornit, že evropské vědy o Zemi a environmentální výzkum, tak jak se zrcadlí v řadě volně dostupných zprávách EU, je na solidní, užitečné úrovni a je chyba jej ignorovat.

Z výsledků EEA můžeme uvést např. hodnocení povodní, podle kterého dnes zhruba polovina evropských povodní vzniká ve svazích nad sídly jako důsledek silných dešťů. Pro zemědělce tento údaj znamená častější příchod až extrémních erozních událostí. Po zářijových povodních roku 2024 zbyly na Jesenicku a v Beskydech v místech dřívějších lesních cest až 5 m hluboké rokle. Podobně prakticky závažný je údaj, podle kterého zvýšení teploty o 2°C vede v evropských zemědělských

oblastech ke chronickému suchu, a to i v případě, že dlouhodobé srážky jsou normální, respektive o 5-10% vyšší. To nutně musí vést k rozšíření technik pracujících se zadržováním vody. Přitom je nutné si uvědomit, že oteplení je nižší nad oceánem, který představuje obrovský výměník tepla (obvykle jen 0,7-0,8 °C) a vyšší nad pevninou, kde už dnes v Evropě se v posledních letech běžně dostáváme nad 2,0 °C a to při globálních hodnotách asi 1,4 °C. Naštěstí ve střední Evropě se zvyšují srážky v chladné části roku (a poněkud snižují letní srážky), takže ve většině případů by obilí vyrůst mělo. České zemědělství je sice ohrožené klimatickou změnou, ale jižní Evropa, Balkán, východní Ukrajina i obilnářské oblasti Ruska se ocitají pod mnohem větším tlakem.

Jiné velmi praktické řešení nejenom pro hospodářský les, ale i pro dřeviny ve městě přináší sukcesní plán Královské botanické zahrady Kew Gardens v Londýně (Planting for future, 2024), který upozorňuje že během sucha 2022 uschlo v zahradě založené v nivě Temže, kde podzemní voda leží poměrně nízko, 400 stromů oproti 30 za normální rok. Klimatickou změnou je pak za života stromů v tomto největším arboretu světa ohrožena celá polovina z 11 tisíc stromů. Kolektiv botaniků proto s předstihem několika desetiletí vybírá dřeviny, které umožní kontinuitu parku.

Pokud tímto způsobem hovoříme s veřejností, často se stává, že lidé opouštějí svůj obvyklý pesimistický až negativistický postoj a začínají být kreativní. Například při diskuzi, zda bychom se neměli vypravit na Balkán, abychom nasbírali žaludy odolných dubů (což se už skutečně děje, ale v některých zemích je sběr žaludů na vývoz zakázaný), se ukázalo, že podobnou službu by mohly poskytnout české duby rostoucí na tenkých prosychavých substrátech např. v okolí Dobříše či na Černé stráni u Karlíka v Českém krasu. Komunikaci o probíhající klimatické změně je podle mé zkušenosti nutné přesunout z běžné, kritické a alarmistické roviny, jakkoliv může být oprávněná, do proaktivní a kreativní formy: „Ano, máme problém, jaká mohou být jeho řešení?“

Tato studie vychází jednak ze zprávy o klimatických rizicích zpracovávaných pro Prahu 1, která byla publikována v knize Z. Vašků a kol. „Kniha o klimatu zemí koruny české“ (Leda 2023), ale zejména ze studie o adaptaci města na klimatickou změnu vypracované pro Městskou část Plzeň-Doubravka s asi 25 tisíci obyvatel. Studie vznikala tlakem „zespodu“, tedy od občanů, kteří se na magistrát obraceli s žádostí zejména o lepší zvládnutí vln veder. Již při dřívějších monografiích zabývajících se environmentálními problémy českého a moravského lesa či stavem zemědělských půd se ukázalo, že je velice obtížné vytvářet jednotné metodiky, protože místní podmínky a klimatická citlivost krajiny se může měnit již v měřítku jednoho kopce s různě exponovanými svahy, takže i tuto studii je nutné brát ne jako návod, ale jako možný začátek něčeho, čemu se stejně nevyhneme – zvyšování celkové resilience sídel.

Shrnutí: základní kroky a celková strategie

Tato doba klade nadměrný důraz na velké a drahé projekty, ale klimatická adaptace běžného sídla se týká řady laciných opatření prováděných dlouhou dobu a takovým způsobem, aby další politická garnitura v nastoupené cestě dál pokračovala. Začínáme zpracováním teplotní mapy sídla, kterou nejlépe provádíme několik dní po nastoupení vln veder v době, kdy se již projevuje saturační efekt městských povrchů, které se stávají kumulátory tepla. Druhým krokem je místní analýza povodňového nebezpečí, a to zejména z hlediska táhlých svahů a mělkých údolí, kde následkem přívalových dešťů může dojít k ničivým povodním. Třetím jednoznačným krokem je revize kritické infrastruktury např. z hlediska pádu stromů za silných větrů. Tyto kroky je nutné neustále a opakovaně vysvětlovat místním občanům. Podle zahraničních zkušeností (i podle zdravého rozumu) začínáme v malém měřítku, pozorujeme a vyhodnocujeme úspěšnost provedených kroků, experimentujeme a sbíráme zkušenosti např. se zelenými střechami nebo klimatizací v mateřských školách.

Směřování k dobrému městu

Pod pojmem dobré město si můžeme představit takové sídlo, které žádoucí, důvěryhodné, uspokojující požadavkům a vyhovující potřebám obyvatel. Dobré město je ideál, ke kterému se můžeme blížit, ale protože doba i lidí se mění, tak se jedná o nikdy nekončící proces. Všechny

z mnohých návodů, jak zařídit dobře fungující město vychází ze dvou základů. Tím prvním je kontinuita bez ohledu na řídicí politickou stranu a tím druhým je zapojení a účast obyvatel města. Dobré město má dvě základní složky, kterým je (1) péče o životní prostředí a (2) o bezpečí a sociální soudržnost.

Většina velkých evropských, ale v nedávné době i čínských a obecně asijských megapolí vytvořila nějaký plán klimatické a sociální resilience. Např. teplota v Plzni-Bolevci, tedy částečně lesní oblasti s velkým rybníkem, nedávno překročila 40 °C, což znamená, že některé městské prostory během dne dosahují teplot až kolem 45 °C. Podobných teplot bylo dosaženo např. v Londýně a Paříži se svými maximálními 42,6 °C se připravuje na možné vlny veder, které se výjimečně mohou blížit 50 °C. Vlny veder v roce 2022 způsobily v západní části Evropy asi 60 tisíc nadbytečných úmrtí. Podobně jako existuje „dlouhý covid“, tak zdravotní dopady vlny veder se dají prokázat ještě 3-6 měsíců po jejím skončení.

Vlny veder sice představují závažný zásah do chodu města, ale současná proměna životního prostředí má mnoho tváří a navíc souvisí např. se stavem dopravní a kritické infrastruktury či s přípravou na možné krize. Proto je vhodné volit taková řešení, která se navzájem podporují, např. zadržování vody připívá ke snížení povodňové vlny, ale i ke chlazení krajiny či nižšímu zatížení čistíren odpadních vod. Klimatická adaptace je jedna záležitost, ale úzce na ni navazuje zabezpečení chodu města za krizové situace, kdy mohou být přerušeny dodávky proudu, tepla, vody a toky informací. I to je téma, na kterém v rámci širšího kolektivu pracujeme.

Jak evropská města plánují svoji budoucnost?

Při přípravě tohoto materiálu jsem pročetl asi dvě desítky klimatických a dalších plánů evropských, amerických i asijských měst. Dá se v nich nalézt několik základních koncepcí:

Nízkoemisní město: ještě nedávno se jednalo o velice populární a politicky podporovanou koncepci, ale s určitým současným odstupem od zelené politiky EU ztrácí tyto návrhy podporu obyvatel. Nicméně i pokud odhlédneme od někdy až ideologického tónu navrhovaných opatření, tak klimatické změny jsou reálné a problematika nízkoemisního města se zákonitě bude vracet. Koncepce nízkoemisních měst počítá s řadou kroků a zároveň probíhá poměrně výrazný technologický posun, takže situace se rychle proměňuje. Roste spotřeba elektřiny v létě na chlazení domů. Navržené řešení je za této situace jediné: vytipovat si místo, kde by případně mohla stát fotovoltaická elektrárna a nezastavovat ho. Město se však v příštích letech stejně nevyhne lokální, individuální či sousedské fotovoltaike. Projektů i u nás již existuje velké množství, ale možná by stálo za to zorganizovat exkurzi do některého německého města a zeptat na jejich řešení a zkušenosti.

Město zadržující vodu (sponge city): zejména středozevní či asijská města pod vlivem monzunových srážek trpí stále víc srážkovými extrémy, zejména přívalovými dešti. Ty i v Evropě stojí za víc jak polovinou povodní a ve Středozeví zhruba odpovídají 80% ztrát lidských životů způsobených klimatickými extrémy. Je to způsobeno tím, že často prší v povodích malých toků, kde dřív povodně nebyly známy. Při německých povodních roku 2021 zemřelo následkem nečekaných přívalových dešťů 180 lidí. Na druhou stranu bývají postižené jen menší plochy, někdy jen několik km². Města zadržující vodu počítají s velkým množstvím drobných prvků typu zasakovacích mís kolem stromů či vsakovacích struh a s odvodem vody ze střech a komunikací (viz VKN 111).

Město adaptované na klimatickou změnu, zejména na vlny veder: mezi hlavní adaptační strategie patří otevření sídla přirozené ventilaci, vytváření „chladných“ zelených koridorů podél ulic a jejich kombinace se zelenými plochami městských parků, používání světlých barev s vyšší odrazností, techniky zadržování vody a široká škála technických řešení. Zelená infrastruktura se obvykle kombinuje s modrou infrastrukturou potoků, řek a vodních ploch. Podle údajů ČHMÚ bylo v roce 2024 zaznamenáno 57 tropických dnů. Tropický den zaznamenáme, když teplotu vzduchu 30 °C a více naměří alespoň jedna stanice v ČR. Jedná se o třetí nejvyšší počet tropických dnů od roku 1990. Nejvíce jich bylo v roce 2018 a to 70, druhý nejvyšší počet, 67 tropických dnů, jsme zaznamenali v roce 2003. Nejméně pak v roce 1991 - 23 tropických dnů. Průměrně jsme v období

1990-2023 zaznamenali 41 tropických dnů ročně. Tyto údaje se však týkají celé ČR včetně jižní Moravy, takže reálná čísla pro části Čech jsou zatím nižší. Měřicí stanice umístěné mimo městskou zástavbu nepodávají přesnější představu o tom, co se děje ve městě. Zkušenosti z italských měst naznačují další vývoj i u nás: např. meteorologická předpověď udávala 36 °C, ale v kompaktní městské zástavbě bylo běžně 42 °C, a to zejména pokud vedro trvalo delší dobu a město fungovalo jako „kumulační kamna“, kdy se každý další den teplota o něco zvětšovala, protože domy a zastavěné plochy nedokázaly vychladnout.

Energeticky a potravinově soběstačné město: tato problematika není součástí studie a zároveň není zcela v rukách magistrátu – nemůžeme lidem nakázat pěstovat zeleninu nebo využívat fotovoltaické panely, ale můžeme je v těchto snahách podpořit. V každém případě je však tématem, které se v různé podobě bude vracet. Je proto dobré mít vyčleněnou nějakou plochu, kde si lidé dejme tomu na 50 let mohou pronajmout zahrádku. Zahrádkářské kolonie ustanovené již ve 20. letech minulého století úspěšně fungují téměř „uprostřed“ Vídně dodnes. Zahrádky by měly být založeny na relativně kvalitní zemědělské půdě, ale elektrárna může stát v brownfieldu, třeba na okrajích nepoužívaných železničních ploch.

Bezpečné a sociálně soudržné město: ani tato tematika není přímou součástí studie, ale je nutné zdůraznit, že pocit bezpečí je jeden z úplně základních požadavků na dobré město. Do určité míry se dá řešit již urbanistickou koncepcí, kdy např. v parcích či kolem ulic nevznikají nepřehledné kouty zarostlé křovinami. Kromě těchto koncepcí se začínají uplatňovat i další hlediska, kterým může být město pro chodce či tzv. swimmable cities“, kde se dá plavat podobně jako kdysi existovaly v Praze veřejné i vojenské plovárny. Tato místa v evropských říčních městech vymizela, protože vyžadují vysokou čistotu vody v celém povodí, ale šla by realizovat např. u některých vybraných rybníků určených pro rekreaci a nikoliv chov ryb. V Praze se např. uvažovalo o říčním parku na soutoku Berounky a Vltavy.

Měření teplot a tepelná mapa města

Představu o kritických místech města může poskytnout jen teplotní mapování města během nejméně několika teplejších dnů. Např. v Praze i dalších městech se ukazuje jednoznačná korelace, že tam, kde je nejméně budov a nejméně parků (např. Maniny na Praze 7) panují nejvyšší teploty. Pokud jako v Praze stojí vysoké budovy poblíž Vltavy, tak její chladicí účinek vyznívá již ve vzdálenosti 40 m (max. 60 m) od řeky. Cílem je proto zpřístupnit náplavky, aby lidé mohli chodit těsně vedle řeky. Prvním krokem by tedy měla být mapa červencových či srpnových teplotních anomálií měřených během vlny veder, nejlépe několik dní po jejich začátku. Tato mapa by se měla týkat celého města včetně alespoň některých vybraných referenčních ploch, jakými jsou parky, příměstské lesy či okolí vodních nádrží. Mapování ukáže slabá místa města, což mohou být jak plochy, tak části ulic s vyšším pěším provozem.

Je nutné počítat s tím, že obyvatelé města přijmou jakékoliv projekty místních úřadů v této poněkud rozpolcené době s nepochopením či kritikou. Tento „primárně našťvaný postoj“ se dá zvrátit, pokud máme jasná srovnávací měření, kdy je např. dvojice teploměrů umístěná ve stínu nad betonovou plochou nebo v nedalekém parku, nebo třeba na zelené a nechráněné zastávce. Data je nejlépe měřit pomocí dataloggerů (pokud mají napojení na bluetooth stačí projít kolem a data stáhnout, cena cca 1500,- Kč). Teploty povrchu se snadno měří pomocí jednoduchých teploměrů (cca 500,- Kč), kdy běžně zjistíme, že tmavé nakloněné střechy mohou dosahovat teplot až 70 °C a nekrytá tráva v parku 50 °C, ale musíme si být vědomi toho, že už kousek pod povrchem může být teplota výrazně menší. V panelových domech a na místě, kde se zdržuje víc lidí bývá nutné měřit i noční teploty, a to zejména v bytech pod plochými střechami.

Tento druh měření by v rámci školních projektů mohli s určitou podporou magistrátu provádět samotní školáci. Cílem je totiž zatáhnout do projektu i veřejnost (děti učí rodiče). Běžné meteorologické stanice se vyhýbají tepelným ostrovům měst, měření teploty povrchů či naopak teplotním poměrům ve polovině výšky panelového domu, což jsou místa, kde potřebujeme znát

lokální průběh teplot. Měření zde nemá za cíl vytvořit předpovědní meteorologickou mapu, ale pohlídat podmínky pro život obyvatelů sídla.

Zásady klimatického plánování

Přirozená ventilace: historická severoafrická a blízkovýchodní města podobně jako současné urbanistické plány počítají s přirozenou ventilací města, tak aby ulice byly otevřené proudění. Staré domy v Káhiře mívaly na střeších otočnou dřevěnou „boudičku“ nazývanou lapač větru, která se ručně natáčela k větru, ten byl přiváděn do ústřední místnosti nad nádržku s vodou. Suchý venkovní vzduch vodu odpařoval a tím ochlazoval okolí. Při dnešní výstavbě městských čtvrtí se někdy dbá na to, aby hlavní ulice měly směr převládajících větrů a nebyly omezovány vysokými stavbami.

Světlé povrchy: přímo učebnicí vlivu barvy na okolní teplotu je Středomoří se svými bíle omalovanými domy, které odráží část slunečního záření a tím ochlazují vnitřek budovy o 0,5-2,0 °C. Z tohoto pohledu je nesmyslná „elegantní“ tmavá střešní krytina, která se běžně zahřívá až na 65-70 °C zejména na střeších orientovaných směrem ke slunci. Střechy zůstávají teplé až do podvečerních hodin a tím oteplují své okolí.

Trojvrstevnatá UV odrazná okna a vnější žaluzie: fungují tak, že na jedné nebo více tabulkách skla je nanesen tenký, vysoce transparentní povlak s kovovými nebo nekovovými oxidy. Tento povlak je schopen propouštět viditelné světlo, ale odráží infračervené záření, které přináší teplo. Tři tabulky skla vytvářejí několik vzduchových nebo plynových komor, které fungují jako tepelná izolace. Inertní plyny jako argon nebo krypton dále zvyšují tepelnou odolnost okna. Některé typy těchto oken mají také nízký emisní povlak, který snižuje tepelné vyzařování ze skla směrem do interiéru.

Tento typ oken je velmi drahý, takže se běžně používá jen u budov typu kancelářských mrakodrapů např. v Hongkongu. Je vhodný do teplého počasí, ale snižuje i náklady na topení v chladných obdobích. U nás by se zatím zřejmě nevyplatil a navíc např. na jaře potřebujeme, aby do místnosti proniklo co nejvíce slunečního záření, takže v mírném evropském pásmu se víc pracuje s vnějšími žaluziemi, které jsou (jako v Paříži 19. století) považovány za jeden z nejdůležitějších faktorů omezujících teplo v místnosti. Jejich účinnost je oproti vnitřním žaluziím výrazně vyšší.

Průlinčité a savé povrchy: za jedno z důležitých opatření zadržování vody ve městě, které navíc přispívá k jeho ochlazení jsou považovány savé povrchy typu porézního asfaltu, propustných šterkových povrchů nebo dlaždic s průlisy. Zde je doporučení celkem jednoznačné a to používat, kde to jde, šterkové plochy např. u parkovišť na okrajích města. Za experiment by stály porézní asfalty. Jsou dražší, méně vydrží a vyžadují občasné čištění, aby se neucpaly póry. Používají se např. v okolí autobusových zastávek či na cyklostezky.

Kropení silnic během vlny vedra: za nejúčinnější je považováno kropení ještě ráno před prvním náparem slunce. Rovněž vegetaci nejúčinněji zavlažujeme navečer nebo brzy ráno. Povrch zvlhčený po ránu zpomaluje nástup horka. Kropení během nejvyšších teplot může naopak situaci zhoršit, protože voda se okamžitě odpaří, zvýší se vlhkost a sníží tepelný komfort, který je kombinací teploty a vlhkosti vzduchu. Při 100% vlhkosti a teplotě nad 32 °C se lidské tělo stává obtížně uchlazené a po několika hodinách již může dojít k poškození či kolapsu. Pokud by třeba autobusová zastávka byla pokrytá porézním asfaltem, který by byl od rána nasáklý vodou, můžeme očekávat podobný, spíš menší, chladící efekt jako u vegetace, a to i v místech, kde pro strom není prostor. Prováděl jsem experimenty na betonových schodech s porozitou asi 15 %, kdy 1 m² absorboval kolem 6 litrů vody. Beton pak další 2-3 hodiny snižoval okolní teplotu o několik °C, zatímco bez zavodnění by teplo kumulovalo a zvyšovalo. I toto je technika běžná v semiaridních oblastech, kdy přednostně zaléváme prostor před vchodem a omezujeme tím horký vzduch pronikající do místnosti. Pokud máme zdarma zdroj vody např. z odběrného místa u řeky či vodní nádrže, je možné provádět kropení a zavlažování bez větších nákladů i bez pocitu, že plýtváme pitnou vodou.

Zelené plochy a zelené koridory: městská zeleň je považována za vůbec nejúčinnější nástroj adaptace města na vlny veder. K tomu však potřebujeme znát, jak funguje strom. Každé ráno řeší

zásadní problém, nakolik má otevřít průduchy (stomata). O slunečném dni je dostatek energie i oxidu uhličitého pro fotosyntézu, ale strom by zároveň mohl ztratit vodu a uschnout. Řídicím mechanismem dalšího denního chování je proto obsah vodní páry ve vzduchu a půdní vlhkosti v okolí zejména drobných kořínků. Strom se za této situace nepouští do rizikových strategií a raději omezí svoji činnost, to znamená, že sníží fotosyntézu a tím i odpar vody a chlazení. Dopad je naprosto zásadní: strom, který nemá dost vody sice stíní, ale částečně „vypíná“ chlazení odparem. To za teplého dne snižuje teplotu pod stromem běžně o 4-8 °C.

Vyplývá z toho nutnost zalévat alespoň některé stromy. Nejjednodušší řešení je vytváření vsakovacích mís kolem stromů, anebo odvádění dešťové vody z okapů či ze spádovaných ploch směrem k vegetaci. Pokud je i tak vody málo, protože teplé počasí trvá druhý nebo třetí týden, tak je vhodné stromy na exponovaných místech, jako je okolí školek, nemocnic, úředních a nákupních center, zalévat. Za tohoto počasí může dojít k omezení dodávek pitné vody, a proto jako zdroj technické vody volíme např. nádrž u řeky.

Zeleň ve městě se dělí na zelené koridory podél silnic, kde chodí hodně lidí a zelené plochy městských parků. Pro vytváření chladných koridorů jsou výhodnější přirozeně stíněné ulice ve směru sever-jih, protože ulice ve směru východ-západ mívají ranní i odpolední slunce. Pro zelené chlazení města především potřebujeme mít vegetační mapu. Veřejné prostory pod správou města mívají poměrně detailní paspartizaci stromů (stáří, druh, zdravotní stav), ale rozptýlenou zeď soukromých zahrad či podél železničních koridorů je nutné odečítat např. z google maps a případného terénního ohledání.

Běžný postup je následující:

1. Mapování vegetace z hlediska dalšího vývoje porostů, tak aby mohlo dojít k průběžnému doplňování.
2. Mapa vegetace se srovnává s mapou tepelných anomálií a podle hustoty obyvatel v daném místě či vzdálenosti nejbližší zelené plochy se uvažuje se o rozšiřování zelené infrastruktury.
3. V dalším kroku se odečítá hloubka (kvůli kořenům) a výška (kvůli korunám) technické infrastruktury a podle toho se volí patřičný druh. Některé technické správy uvažují o vlastních školkách, protože některých dřevin je na trhu nedostatek. I pěstování a sledování růstu teplomilných stromů, např. dubů by mohlo být součástí školních programů.
4. Volba dřeviny se odvíjí od budoucího klimatu (viz dále). Lesnické programy okolních zemí považují za klimatické vítěze zejména duby (ty ale rostou pomalu) a borovice, ale často doporučované jsou např. akáty, které jsou nepůvodní, ale velmi odolné, dále platan, líska turecká či jinan. Z hlediska zdravotního účinku fytoncidů jako antivirotik jsou vhodné borovice. Zdá se, že pro česká města je vhodná kombinace zhruba dvě třetiny listnatých a jedna třetina jehličnatých stromů. Zde stojí za to experimentovat např. s douglaskami (vlhčí místa dál od elektrického vedení), cedry či některými borovicemi.

Zelené střechy: nejvíc se hodí na ploché střechy panelových domů, kde i vedro bývá největší. Dokážou zde významně snížit teplotu až o několik °C. Nejsou laciné, a i přes inerci firem nejsou bezúdržbové. Za sucha mohou vyžadovat zavlažování většinou ve formě kapénkové závlahy. Každých několik let by měla být provedena jejich celková údržba, ale základní konstrukce by měla vydržet alespoň 50 let. Průběžně by se měly vytrhávat invazní rostliny a kontrolovat odvodňování střech. Na každý čtvereční metr zatěžují konstrukci váhou asi 60-150 kg či víc. To může mít velký vliv na statiku budovy a možnost postavení fotovoltaických panelů. Některá města jako např. Linz povolují nové stavby s plochou střechou nad 100 m², jen když je na nich naplánovaná zelená střecha. Zelené stěny na vysokých domech jsou drahé a náročné na údržbu, ale na menších či rodinných domech se dají pořídit svépomocí. Stínící vliv je poměrně velký, ale je třeba počítat s hmyzem (díky jeho přítomnosti i se zpěvnými ptáky podle hesla, že "kdo chce motýly, musí tolerovat housenky"). Zelené střechy často slouží jako náhrada městské zeleně tam, kde jinak schází. Přesto představují

silný nastupující trend, takže je vhodné zkušenosti se zelenými střechami a experimentálně si takovou úpravu vyzkoušet třeba jen na jedné střeše. Na nových velkých objektech typu nákupních center by měly být povinné včetně odvodu srážek do zasakovacích nádrží.

Voda ve městě

Zachytávání vody má tři hlavní aspekty. Tím prvním je zdržování tzv. šedé srážkové vody přímo na budovách a v jejich okolí, tím druhým je zadržování vody městskou vegetací a pomocí průlinčitých povrchů a konečně třetím významným aspektem je zadržování vody v revitalizovaných vodotečích. Celá problematika je značně složitá, ale pro potřebu prvních jednoduchých kroků můžeme počítat s těmito opatřeními:

Vsakovací mísy kolem stromů: stromy se pěstují v mělkých depresích, které zachytávají vodu
Spádování dešťové vody: voda z pevných povrchů typu vozovek není odváděna do kanalizace, ale k trávníkům a stromům

Zelené zastávky: v místech, kde není možné frekventovanou zastávku zastínit stromem se uplatňují zelené zastávky s vegetací krytými střechami a dalšími úpravami.

Pítka: svého času byla jako nejužitečnější malá stavba v Praze vyhodnoceno pítko na stanici Malostranská. To je navíc uzpůsobeno tak, že člověk může zakrýt jeden ze dvou otvorů a tím zesílí tlak vody do druhého otvoru. Mnohokrát jsem zažil, že děti i dospělí po sobě cákali vodu a nikdo se nezlobil. Pítka mohou mít i herní prvky.

Vodní mlha: je laciným opatřením, které na hlídaných místech u např. vchodů do budov podstatně zlepšuje životní pocit. Může mít podobu např. brány nebo jenom jednoduchého či násobného vedení. Strategie je opět jednoduchá: nejprve zavést tato opatření na několik místech a pozorovat, jak se osvědčí a podle toho zavádět další místa či vývojem dojít k pokročilejším krokům. Cílem je nejenom zlepšování tepelného komfortu, ale lidem psychologicky pomáhá, když něco pro sebe udělají a mají pocit, že alespoň trochu zlepšili své okolí.

Biodiverzita, ekologie a funkce městského lovce

Ochrana biodiverzity ve městě má dva nerozlučné aspekty. Tím prvním je ochrana zvířat a rostlin, ale tím druhým je ochrana lidí, respektive nalezení nějaké správné rovnováhy mezi lidmi, zvířaty a rostlinami. Určitě pomáhají řešení typu nepravidelné seče trávy s ponecháváním ostrovů vysoké trávy, budování míst pro přezimování ježků či obojživelníků typicky v podobě hromad klestí a listí či vysychavých louží, ale můžeme jít i jinou, nejvíc přirozenou cestou, že na vágních plochách kolem železnic, garáží či brownfieldů ponecháme ostrůvky "nové divočiny" a v parcích budeme pracovat s různými typy prostředí. Necháme pak na samotné přírodě, jak si tyto plochy sama kolonizuje.

V 80. letech minulého století se objevil nový obor, kterému se začalo říkat městská ekologie. Zpočátku se jednalo o studium plevelů či drobných organismů, které jsou schopné žít na dvorcích, skládkách či vybetonovaných površích měst, ale rychle se k nim přidával výzkum ptáků a zejména polopřírodních oáz, jako jsou staré zahrady a hřbitovy. Vlastně se jedná o lokální biocentra, která ukazují, že hranice mezi přírodou a kulturou je hodně propustná.

V městské ekologii se přitom nejedná jen o ochranu vzácných druhů, ale o pochopení toho, jak příroda v dobrém i zlém ve městě funguje. Třeba v Barceloně v roce 2021 zaznamenali 1200 případů agresivního chování divokých prasat, která s oblibou čekají v parku před samoobsluhou a pak se nevybíravě dožadují nákupu. Něco podobného se začíná projevovat i v českých městech. Ta navíc trpí invazí kun a někde i lišek, přičemž právě lišky často onemocní prašivinou. Jinými rychle se šířícími druhy jsou bobři a mývali, kterých žije v Německu asi jeden milion. S oblibou pronikají do městských čtvrtí podobných Doubravce, vylézají po okapech do prvních pater domů, otevírají ledničky apod. Proto se obvykle požadují následující pravidla:

- a. v městě se nenechávají žádné agresivní druhy schopné zabít dítě (toto pravidlo se však týká hlavně mimoevropských měst).
- b. Nesmí dojít k introdukci druhů, které mohou ohrozit lidské zdraví nebo majetek, třeba přenosem patogenů. Noví usídlenci nesmí ohrožovat genetický základ původních populací. Nejedná se přitom o to, že by zvířata někoho "kousla", ale hlavně o přenos nemocí.
- c. Samotné organismy nesmí při vstupu do městského prostředí trpět.
- d. Obyvatelé města nebo dotčené čtvrti mají právo rozhodovat o svém přírodním prostředí.
- e. Nová stanoviště, třeba přírodní zahrady (to jsou zahrady, kde rostou místní dřeviny a rostliny a z cizích druhů jen okolní přírodě podobné, neinvazivní druhy) mají být propojena s prostorem mimo město. Toto pravidlo zdůrazňuje propojenost a prostupnost města s okolní přírodou.

S invazí nevhodných zvířat, jako jsou divoká prasata, do měst se dá zacházet dvojím způsobem:

1. Motivovat myslivce k jejich odstřelu již mimo městské plochy a udržovat tak "nárazníkové" pásmo.
2. Začít uvažovat o funkci městského lovce, a to nejprve právní analýzou, co je vůbec ve městě povolené. Podle neúplných informací z Policie ČR je jakýkoliv preventivní odstřel ve městě prakticky vyloučený a odchyťovat zvířata nemá velký efekt, protože se vrátí. Podobně je téměř nemožné či málo efektivní začít odchyťovat lišky - jen v Londýně jich žije asi 10 tisíc.

Zelená infrastruktura: základní zkušenosti

V roce 2007 začala v New Yorku probíhat akce "Milion stromů pro New York", která byla později, někdy živelně, opakována v dalších městech včetně Prahy. Po skoro dvaceti letech je možné shrnout zkušenosti z tohoto projektu. Především v oblasti New Yorku roste kolem 6-7 milionů stromů téměř 200 druhů. Většinu druhů tvoří exotické dřeviny zahrad a parků, ale nejvíc je rozšířeno asi 20 druhů původních či hlavně z Evropy přivezených dřevin. Město má dlouhodobou zkušenost s chováním a stanovištními nároky jednotlivých dřevin. Proběhlo zde poměrně detailní mapování a inventarizace porostů. Ta je základem dalších činností.

V druhém kroku došlo k vymezení právního rámce. Jakékoliv činnosti prováděné 15 m od zasazeného stromu, který má statut "City tree" podléhají povolení, které vydává pověřená organizace, v tomto případě "Parky NYC". Pokuty za poškozování stromů jsou vysoké a v krajní míře může pachatel být potrestán vězením v délce až jednoho roku. Jsou zakázány jakékoliv zásahy do kořenového systému, ale koruny je nezbytné upravovat. K tomu slouží "tree working permit", tedy povolení práce se stromy.

Dalším krokem je analýza stanoviště. Jedná se zejména o přítomnost podzemních sítí a výši drátů přenosové soustavy. Např. v Brooklynu vede elektrické vedení nízko, a tak jsou doporučovány nízké stromy jako např. třešně. Město vydalo seznam doporučených druhů, který se dělí podle výšky stromu na skupiny pod a nad 15 m výšky. U stromů se hodnotí tvar koruny, rychlost růstu a barva listů na podzim. Jako geolog mám dlouhodobou zkušenost s destruktivní činností kořenů různých stromů na skalní výchozy či v případě města na inženýrské sítě. Vůbec nejničivější dřevinou pronikající po drobných trhlinách do skalního masivu je trnovník akát.

V New Yorku patří mezi doporučené druhy velkých stromů např. pomalu rostoucí, ale k suchu odolný jinan dvoulaločný (*Ginkgo biloba*), který se hodí na zasolená a znečištěná stanoviště. Z druhů blízkých našim podmínkám jsou doporučovány duby (*Quercus spp. var. Fastigiata*, *Q. rubra*, *Q.*

bicolor, *Q. imbricaria*, *Q. palustris*, *Q. phellos*), dále ke znečištění odolná lípa srdčitá (*Tilia cordata*) i další druhy lip (*T. americana*, *T. euchlora*, *T. tomentosa*). Zajímavým stromem je zelkova pilovitá (*Zelkova serrata*), která sice roste pomalu, ale vydrží sucho i znečištění, její listy na podzim mívají podle kultivaru výrazné zabarvení a dobře snáší zásahy do koruny, takže je možné ji tvarovat např. v těsné blízkosti budov. Z tohoto důvodu se v Japonsku často používá na tvorbu bonsajů. Rovněž její dřevo je ceněné.

Z dalších zajímavých doporučených dřevin se jedná o ambroň západní (*Liquidambar styraciflua*), která však vyžaduje vlhčí stanoviště a nahovětvec dvoudomý (*Gymnocladus dioicus*). Škála doporučených jehličnatých stromů je mnohem menší, a kromě tisovce dvouřadého (*Taxodium distichum*) zde nalézáme pozoruhodnou, rychle rostoucí metasekvoji čínskou (*Metasequoia glyptostroboides*). Poměrně podrobné informace nalezneme např. na webových stránkách města New York a dalších podobně uvažujících amerických měst, které mají se stromy ve městě dlouhodobou zkušenost či v mnoha odborných článcích.

V posledních asi třiceti letech byl mnohokrát na konkrétních příkladech rozpracován koncept městského lesa s důrazem nejenom na přírodu, ale také na jeho terapeutické vlastnosti. V prostředí českých a moravských měst pravděpodobně neuděláme větší chybu při sázení ověřených dřevin jako jsou duby, lípy a borovice lesní, případně platany. Zároveň je zapotřebí víc experimentovat s exotickými nenáročnými, obvykle zároveň okrasnými dřevinami už jen z toho důvodu, že zvyšují radost obyvatel z přírodního prostředí a nový pocit identity je vede k dalším environmentálně přátelským krokům. V Botanické zahradě v Praze-Tróji se např. daří teplomilnému javoru francouzskému (*Acer monspessulanum*), který je ve Francii často sazen kolem dálničních odpočívadel na suchá a teplá stanoviště, tedy do podmínek, jaké čekáme i u nás. Jinou, zajímavou možností je výsadba např. starých ovocných odrůd, které zejména dětem přinášejí radost a poučení.

Jak ochladit město - základní techniky

Mnoho amerických, a ještě víc indických měst spotřebovává víc energie na chlazení v létě než na ohřívání v zimě. V ČR je vrchol spotřeby v zimě, v USA v létě. Ve větších domech s mnoha klimatizačními jednotkami se okolní vzduch neúměrně zahřívá, protože na výrobu chladu doma vyrábíte teplo venku, podobně jako chladnička ohřívá vzduch kolem sebe. Cílem je proto co nejvíc využít pasivní ochlazování, které nespotebovává energii. Při dobrém designu se v budovách jižní Evropy daří ušetřit až kolem 70 kWh na metr čtvereční a rok provozu. Takto navržené budovy mívají zhruba o 10 °C nižší teploty uvnitř budovy než venku. Plánování nových čtvrtí v teplejších oblastech začíná analýzou převládajícího větru, jehož směr určuje orientaci ulic, tak aby byly dobře provětrávané. Město se tím nejenom ochlazuje, ale také zbavuje škodlivin, jako jsou oxidy dusíku a nízký ozón.

Pasivní ochlazování spočívá především ve schopnosti bránit se slunečnímu záření. Tmavý dům pohlcuje 70-90 % sluneční energie a částečně ji přivádí dovnitř. Zhruba 30 % tepla přichází střechou. Jedna z možností, jak tento tepelný tok omezit je bílý nátěr. Často se doporučuje latex, který by měl vydržet nejméně 5 let. Jindy se používá světlá barva se skleněnými vlákny a hliníkovými pilinami na bázi asfaltu či na jemno mletý síran barnatý (baryt). Za čerstva mívají tyto barvy dobrou odraznost, ale protože je jejich povrch nerovný, tak zachycuje prach a šedne. V podkroví pod trémovím je možné připevnit odraznou fólii stejného typu, jaký se používá v balíčku první pomoci jako termoizolační fólie. Bílá výmalba v bytě má jen malý vliv na tepelnou bilanci, ale bílá či světlá barva přeci jen část tepla odráží a působí psychologicky příznivě.

Až 40 % tepla přichází okny. Vyspělé technické řešení spočívá v nanesení speciální odrazné vrstvy na povrchu skla, ale stejný či ještě lepší efekt dosáhnete prostým zatažením závěsů. Je to způsob, s jakým se běžně potkáte v orientu. V tom případě ráno ještě za chladu dobře vyvětráte a pak zatáhnete závěsy. Snažte se udržet chlad v místnosti, a tak nečekáte, až bude teplo. Pokud se rozhodnete použít ochrannou vrstvu na skle, tak zvažte, zda má být i na severní straně. V zimě bude totiž odrážet i tu trochu tepla, jakou můžete ze slunce získat. Teplo bude odrážet i na jaře, kdy ho

naopak vítáme. Zato pomocí závěsů můžete množství tepla regulovat den po dni podle okamžitého počasí. Ještě výhodnější jsou již zmíněné vnější žaluzie.

Snad nejběžnější technikou je zastínění zejména pomocí stromů. O horkém letním dni při teplotách zhruba nad 34 °C strom ochlazuje své okolí o 8-12 °C, s průměrem kolem 9-10 °C. Můžete si snadno změřit, jaký je rozdíl teplot mezi slunečником a stromem. Na zahrádce běžné české restaurace to je běžně 6 °C ve prospěch stromu. Je to dáno tím, že stromy odpařují vodu a tím chladí. Strom, který má dobře chladit, musí mít dost vody. Ve městech se proto snažíme jímat dešťovou vodu a převést ji ke stromům. To je zcela klíčová záležitost.

Volba místa vůbec není jednoduchá. Potřebujeme, aby strom vrhal stín nebo polostín na dům, ale v zimě nebránil světlu. Naštěstí přesně tohle listnaté stromy umí. Jeden rok pečlivě pozorujte (dá se to rychle spočítat nebo zdouhavě vypočítat), kam během nejteplejších týdnů dopadá slunce a pak volte strom správné velikosti. Dům se dá stínit i tak, že jej necháte obrůst břečťanem nebo rychleji rostoucími liánami. I v tomto případě je nutné pečlivě zvážit, zda třeba sneseme pavouky a hmyz, který se sem nastěhuje. Moje zkušenosti jsou spíše pozitivní, kolem domu se pohybuje víc včel, ale méně much. Povrchová teplota trávníku bývá až o 10 °C nižší než holé země. V létě proto netrváme na nízkém, místy nezarostlém trávníku, ale necháme ho povyrůst.

Dobře nastavené žaluzie snižují množství tepla až o 70 % na jižní straně domu a až 60 % na východní stěně domu. Větrník snižuje subjektivní teplotu asi o 2 °C, ale pomáhá o mnoho víc, protože tělo velice příznivě reaguje na malé, občasné snížení okolní teploty. To je princip vějířů, které objektivně nejsou příliš účinné, ale pocitově pomáhají. Vynález air condition v roce 1906 proměnil architekturu, ale dnes se snažíme ušetřit energii, a tak se vracíme k dřívějším technikám. Patří mezi ně např. zužující a rozšiřující se průchody mezi nádvořími či částmi budov, kde se vzduch zpomaluje a zrychluje. Mnoho lidí v létě instinktivně postává ve vchodu do domu, protože zde je průvan největší. Máme totiž mnohem lepší pocit, když se subjektivní teplota trochu mění. Tělo se během chladnější chvíle „nadechne“ a lépe snáší horko, i když na stupnici teploměru se nezměnilo skoro nic.

V tradiční architektuře se často pracuje se zaslepenými šachticemi či komíny, které se během vedra otevírají, aby umožnily únik teplého vzduchu z budovy. V tom případě však budova musí mít nějaký zdroj chladnějšího ovzduší, třeba jezírko stíněné stromy. Malebné vodní plochy v indickém Tadž Mahalu a jinde měly sice mnoho symbolických významů, ale v zásadě pomáhaly ochladit celý prostor. V evropském městě by „lapačem větru“ mělo být samotné uspořádání města a procházející vítr by v optimálním případě mohl směřovat přes řeku nebo vodní plochu.

Další opatření vůči teplu se týkají oblečení, které má být volné a pokud možno jako u egyptské galabije otevřené zespodu, aby vzduch měl přístup k tělu. Při teplotách nad 36 °C je vhodné se od okolního tepla izolovat oděvem. Krátké rukávy a šortky pomáhají jen do určité teploty, pak naopak převažuje ohřev, protože sluneční paprsky pronikají až na kůži. Lidový oděv vám ukáže, jak se místní lidé chrání před místním klimatem. Podobně jako strom se chladí odparem vody, tak něco podobného platí i pro tělo. Musíte mít dost vody, abyste se mohli pít, a zároveň potřebujete nějaký iontoměnič, protože přicházíte o sůl. Indičtí Britové nám ukázali, že tmavé závěsy na okna je možné polít vodou a vyždímat, ale toto opatření je účinné, jen když je vzduch suchý.

Jeden z největších zdrojů tepla je rozpálená venkovní podlaha, jejíž povrchová teplota běžně dosahuje 60°C. V mnoha kulturách světa, kde se jinak musí šetřit vodou se polévá místo před vchodem, aby dovnitř proudil chladnější vzduch. Tato lidová technologie se blíží architektuře typu salsabil v Indii či severní Africe. Principem je větší nakloněná plocha, která bývá zbrzděna různými hrbolky, které rozdělují a zpomalují proud vody. Voda v podobě jen 2-3 mm tenkého toku stéká na velké ploše a odpařuje se. V Evropě se podobného prvku začíná používat třeba na náměstích, kterými protéká menší potůček, ve kterém si lidé a zejména děti mohou smočit nohy.

Další běžnou technologií chlazení pomocí odpařování je využití průlinčitých či porézních materiálů. Na mnoha místech v Orientu spatříte velké, hrubé nádoby asi až na 100 l vody. Voda prochází stěnou, odpařuje se a ochlazuje vodu uvnitř, která může být teplá jen asi 27 °C při venkovní teplotě 40 °C.

Podobně se používají průlinčité materiály jako např. nepálené cihly (adoby). V egyptské architektuře, jakou prosazoval např. Fekry Hassan se objevují vystupující pásy a římsovité struktury, které mají funkci chladících žeber. Beton obvykle považujeme za užitečný průmyslový materiál, ale spíš si ho neumíme vážít a pracovat s ním. Beton je světlý, odráží tepelné záření. Jeho porozita může být 10-20 %, takže funguje jako chladič a výměník vlhkosti, kterou podle podmínek pohlcuje či uvolňuje. Zmírňuje tím vlhkostní i teplotní extrém.

Jiné orientální řešení, jaké uvidíte třeba v ulicích starého Istanbulu, jsou mašrabije. Jedná se o uzavřené dřevěné "krabice" v podobě malých balkónků, které se předsazují před okna. Okno se rozšíří a udělá se z něj vchod. Mašrabije jednak chrání stěnu domu před osluněním, jednak je zde větší průvan. Často zde sedávají ženy, které muži nepustí mimo dům, aby měly alespoň nějaký sociální kontakt. Podle všech klimatických scénářů čekají evropská města delší a silnější vlny veder, kdy teplota ve střední Evropě může dosahovat až kolem 40 °C. V srpnu 2023 byla teplota v našich městech běžně 35 °C, místy 38 °C či se mohla blížit 40°C. Odpovídá to předpověděnému scénáři s možnými maximy kolem 40°C. U starší zástavby se můžeme do určité míry přizpůsobit, ale u nově plánované výstavby se vyplatí uvažovat o klimatickém urbanismu či architektuře, tedy např. o vodní nádrži pod domem, která v létě chladí a v zimě otepluje. Teplo zabilo mnohem víc lidí než jaderná bomba. A to nejhorší je teprve před námi, pokud nedojde k ochlazení severní Evropy následkem zeslabení oceánského tepelného výměníku na systému Golského a Severoatlantského proudu.

Chladné prostory

Ve školkách, školách a nemocnicích se velice pravděpodobně nevyhneme zřízení chladných místností, kde bude fungovat klimatizace, která by jinak pro celou budovu byla nákladná. Mezi další možná řešení patří např. smlouva mezi magistrátem a provozovatelem obchodního centra či sportovní (někdy i letištní) haly, že prostor bude v noci otevřený např. pro důchodce. Bez zkoušky není možné předem odhadnout, zda tyto možnosti budou využity. Podle sdělení teplotních odborníků není naše soustava uzpůsobená na letní chlazení, ale bylo by možné do budoucna navrhnout taková technická řešení, aby teplárny za chladu topily a za horka chladily.

Chytré zmenšování

Náš venkov a některá menší města se zatím nenápadně zmenšují třeba jen tempem 100 lidí za rok, ale během dalších dvaceti let nejspíš nabude tento proces na rychlosti a naléhavosti. Je proto potřebné ujasnit si, kde jednou už kvůli údržbě mostů a silnic budou ležet kompaktní „střediskové obce“ a jak v nich zajistit základní služby nutné pro důstojný život. Myslím si, že je na čase se občas zamyslet nejenom nad růstem, ale také chytrým zmenšováním běžného prostoru našich životů. Pravděpodobně to byli Japonci, kteří jako první začali promýšlet koncepci chytrého zmenšování měst a obcí jako protiváhu chytrého růstu. Postavili proti sobě „*smart progress*“ a „*smart shrinkage*“. Demografická analýza jim totiž ukázala, že během dalších třiceti let nebude v 19 velkých krajinných areálech žít už vůbec nikdo. Mladší lidé se přestěhovali do měst, které občas rostou špatným směrem buď k moři, odkud může přijít tsunami, anebo do strmých svahů, kde hrozí sesuvy půdy. Ty jsou stále častější, protože intenzita a počet přívalových srážek roste.

Japonský venkov je závislý na silnicích s mnoha mosty a na dlouhých trasách elektrických a vodovodních sítí, které se pro zmenšující se a stárnoucí populaci přestávají vyplácet. Základem japonského modelu chytrého zmenšování je proto výběr a kompakce sídel. Jako základ nově budovaného centra obvykle slouží místo, které je dopravně a infrastrukturně dobře umístěné a má přitom nějakou historickou hodnotu, třeba dřevěné domy tradiční venkovské zástavby. K tomuto centru se přestěhovávají ze vzdálenějších „samot“ další lidé, kterým se municipality snaží zajistit základní služby, jako je obchod, lékař a zubař. Zbytek krajiny se víceméně nechává zpustnout a místní komunikace již nejsou udržovány.

Nám je pravděpodobně bližší příklad města, které leží kousek za našimi hranicemi – Lipska. Počátkem 20. století se jednalo o jedno z nejrychleji rostoucích evropských měst s populací kolem 700 tisíc. Ve „zlatých dobách“ NDR Lipsko mělo víc jak milion obyvatel a velikostí se tehdy podobalo

Praxe. Jenže začalo jako mnoho evropských měst vyhnívat zevnitř. Historické centrum bylo zanedbané a rychle se vyprazdňovalo, protože výstavba se soustředila na okrajová sídliště. Během pěti let po roce 1990 Lipsko ztratilo 85 % pracovních příležitostí. Odliv lidí z východních zemí na německý západ do roku 2000 dosáhl asi 1,2 milionu lidí. Tuto ztrátu nedokázala nahradit ani pozdější pověstná „divoká migrace“, která navíc přinesla problémy jiného druhu.

První pokusy, jak zachránit město, ze kterého odešlo asi 100 tisíc obyvatel se týkaly koncepce děravé sídelní plochy (tzv. *perforated urban landscape*), kdy bylo nutné zbourat skoro třetinu neobývaných paneláků a z takto získaných ploch vytvořit nové městské parky. To nešlo financovat jenom z městských prostředků, takže do hry musel vstoupit stát, který si vymohl určitý právní a rozhodovací rámec. Úhel pohledu se několikrát podle postupně získávaných zkušeností měnil. Zpočátku se mluvilo o koncepci dobře integrovaného, částečně multikulturního sociálního města (*Soziale Stadt*), ale do určité míry se jednalo o politický sen. Další fází byl celkový program obnovy východních německých zemí (*Stadtumabu Ost*, 2001-2009), který se nakonec přelil do urbanistických plánů celých měst, kdy hlavním cílem byl kordinovaný postup developerů a radnice (*Integrierte Stadtentwicklungspläne*). Možná bych měl na tomto místě uvést technickou poznámku, že cizí slova používám proto, aby čtenářům snadněji umožnil dohledat zdroje potřebné k řešení místních problémů. Všechny tyto plány měly z našeho pohledu jednu velkou slabost. Vyžadovaly takové finanční prostředky, na jaké asi nikdy nebudeme mít.

I v bohatém Německu bylo nutné spojit síly fondů EU, státu, kraje, města a nevládních organizací. Těm byly např. zdarma nabídnuty domy určité historické hodnoty, tzv. *Wächterhäuser*, aby se o ně staraly a využívaly je ke svým aktivitám. Většinou ale neměly na opravu a údržbu peníze. Dnes je Lipsko moderní, žádané město, které láká zejména mladé lidi, ale cesta nebyla snadná a budoucnost se nedá zaručit. Především německá vláda se do města snažila nalákat velké firmy, které však vyžadovaly řešení dopravní struktury a napojení na dálnice. Jiným zásadním krokem bylo udržení výše nájemného v rozumných mezích. Městské čtvrtě měly poměrně velkou rozhodovací svobodu a ve snaze konkurovat jiným čtvrtím téhož města volily chytré a prospěšné kroky. Pokud některá naše města uvažují o růstu populace až 20 %, tak při současném demografickém výhledu, a to i při započítání např. masivní ukrajinské migrace znamená, že venkov a menší města budou ztrácet obyvatele, kteří budou navíc stárnout. Proto je důležité se již dnes zamyslet např. Z hlediska údržby mostů a páteřních komunikací, jak budou vypadat naše sídla za dvacet let.

Dopad na doplňování podzemních zásobníků

Celková strategie směřuje k nějakému konceptu hydrologicky integrované krajiny, kdy se snažíme zachytit maximální množství vody přímo na místě, kde spadla a zde je klíčová role zemědělských i lesních půd. Zadržovaná voda se zčásti odpaří, ale tím snižuje teplotu povrchu, což je významné zejména ve městě a na urbanizovaných plochách. Snížená teplota v rámci pozitivní zpětné vazby snižuje i odpar.

Závěr: zvyšování resilience města

Za hlavní strategii v této fázi považuji nikoliv velký, finančně náročný projekt, ale sběr dat a zkušeností, doprovázený spíš drobnými kroky a jejich průběžným vyhodnocováním. Jaké zkušenosti bude město potřebovat?

1. Budou místa jako školky a nemocnice, kde se nevyhneme chladným místnostem s klimatizací, která by měla být přednostně řešena pomocí místní fotovoltaiky. Potřebujeme mít zkušenost se spolehlivými, nepředraženými systémy, které se dají snadno namontovat.
2. Přirozené chlazení panelových domů bude pravděpodobně vyžadovat zelené střechy, ale měli bychom mít jistotu, že se jedná o účinné a ekonomicky přijatelné opatření.
3. Porézní povrchy a jejich zavlažování. Schází zkušenosti s porézním asfaltem, ale třeba i ranním zavlažováním betonových a dalších ploch. Tady není jiná cesta než tyto postupy vyzkoušet a zejména změřit jejich účinnost.

4. Nevyhnete se široké škále technik zaměřených na zadržování vody ať již ze střech, městských prostorů nebo revitalizovaných niv. Francouzský lesnický program počítá s vytvářením častých drobných depresí zadržujících srážky a vsakovacími strouhami.
5. Hlavním přirozeným způsobem ochlazování bude vždy zelená infrastruktura, ale musíme počítat s dřevinami, které vydrží klimatickou změnu a přinesou další výhody, např. ovoce či fytoncidní produkci přirozených antivirotik.

Adaptace města na změnu má složku dlouhodobé strategie, ale i reakce na náhlý krizový chod např. při blackoutu, dlouhodobém suchu či ze zdravotního a epidemiologického hlediska (tzv. epidemic urbanism). Epidemický urbanismus je založen na podobných zásadách, jaké platí pro klimatickou adaptaci, tedy přirozenou ventilaci a dobré zastoupení modrozelené infrastruktury, ale je zesílen robustním organizačním a zdravotním systémem.

Pokud jste např. radní města a dočetli jste až sem, tak můžete být až zahlceni množstvím úkolů, jaké je zapotřebí vyřešit. Ale ve skutečnosti se můžeme vrátit k základní strategii uvedené na počátku. Prioritou většiny míst jsou vlny veder a zacházení s vodou. Zde je vhodné začít teplotním mapováním města a vytipováním míst ohrožených přívalovými dešti. Místní podmínky pak určí další strategii rozvoje s tím, že zpočátku by se mělo jednat o malé, levné, ale průběžně vyhodnocované kroky. Podstatné je získat podporu veřejnosti a to např. pravidelnou rubrikou v místním periodiku, anebo cílenou podporou projektů už na základních školách, kde školáci mohou provozovat meteorologickou stanici a vyhodnocovat její výsledky. Ještě zajímavější, ale rovněž náročnější by mohly být školní projekty vyhodnocující růst a vitalitu stromů, které by měly zvládat očekávané klimatické změny či projekty městských zahrádek.

Poznámka: Jedná se o doplněný text, který původně vyšel v rámci knihovny „Věda kolem nás“ (Academia 2025)

PROSTOR PRO OBCHODNÍ SDĚLENÍ



**VODOVODY A KANALIZACE
JABLONNÉ NAD ORLICÍ, a. s.**

Nabízí kvalitní služby v oblasti:

- efektivního čištění kanalizačních systémů
 - monitoringu kanalizačních systémů
- sanace gravitačních kanalizačních systémů (bezvýkopové technologie)

Využíváme a nabízíme nejmodernější přístrojovou techniku:

- vysokorychlostní mechanické čištění potrubí RENZORATO
- kamerové kompaktní systémy IBAK pro monitoring malých i velkých kanalizací
 - tlakové čištění kanalizací zařízením KANRO

Zveme vás k našemu stánku na konferenci PV 2025, kde si můžete prohlédnout naši techniku a dozvědět se více o nejnovějších trendech v oblasti čištění, monitoringu a sanace kanalizace. Těšíme se na setkání s Vámi.

www.kanalizacnitechnika.cz

Kontakt: obchod@vak.cz

+420 463 030 256



Nabízí služby v oblasti hydrogeologie:

- projekce, provádění, údržba a oprava zdrojů podzemní vody
- návrh a realizace vrtů pro tepelná čerpadla systému země x voda a voda x voda
- technické práce – kamerové prohlídky, čerpací zkoušky, odběry vzorků vody, čištění vrtů
 - zpracování ochranných pásem vodních zdrojů, řádu jímací oblasti
 - monitoring jakosti a množství podzemních vod
- zpracování hydrogeologických studií, posudků a zpráv, metodická činnost

www.fingeo.cz

Kontakt: seda@fingeo.cz, novotny@fingeo.cz, fielibigerova@fingeo.cz

603 538 605

734 332 971

734 582 853