

## Výsledky geochemického výzkumu

### Situace v bezprostředním okolí skládky

Většina monitorovaných vrtů ležících v prostoru pod tělesem skládky obsahuje vysoké koncentrace znečišťujících látek. Přehledná mapa s uvedenými hodnotami koncentrací vybraných znečišťujících látek ve vodách ze sledovaných vrtů je na **obr. X1**. Chemické složení vod je uvedeno v **tab. X**. Nejvyšší hodnoty a nejvyšší překročení limitů pro podzemní vody dosahují z námi sledovaných kontaminantů zejména sírany, železo, chrom, berylium a olovo.

Z dosavadních výsledků je patrné, že nejvyšší koncentrace hlavních kontaminantů (a zároveň nejnižší hodnoty pH) jsou ve vodě z vrtů HP 21, HP 14, HV 6 a HI 1, ležících po spádnicí od míst nejvyšších úniků znečištění směrem k erozní bázi území. Míra znečištění jednotlivých vrtů se liší v závislosti na jejich umístění vzhledem k hlavním zdrojům znečištění a na jejich technickém stavu a perforaci.

Největší znečištění bylo zjištěno ve vodách z vrtů HP 14 a HI 1 (**obr.X3**). Vrt HP 14 zastihující mělkou kvartérní zvodně se nachází po spádnicí od sz. ohbí hráze, kde dochází k největším únikům znečištění z prostoru skládky. Vypouštění srážkových vod čerpaných obsluhou skládky z krycí folie otevřeného sektoru do míst nad vrtem zvyšuje hydraulický gradient a urychluje šíření znečištění směrem k vrtu. To vysvětluje vyšší znečištění vrtu HP 14 ve srovnání s jinými vrty v okolí. Vrt HP 21 leží také v exponované oblasti pod skládkou, ale kromě mělké kvartérní zvodně zasahuje také do méně znečištěné hlubší zvodně puklinového prostředí durbachitů. Koncentrace sledovaných látek ve směsném vzorku z vrtu HP 21 jsou proto ve srovnání s vrtem HP 14 výrazně nižší.

Vrt HV 6 leží v těsné blízkosti extrémně znečištěného výtoku z drenážního systému, míra znečištění podzemních vod je v něm přesto ve srovnání s výtokem relativně malá. Tento vrt zastihuje otevřeným úsekem pouze hlubší zvodně durbachitů. Komunikace mezi výtokem z drenáže a vrtem HV 6 je proto omezená, naprostá většina znečištěných skládkových vod odtéká mělce pod povrchem směrem k vrtu HI 1.

Relativně nízké koncentrace byly naopak zjištěny u vzorků z vrtů HP 22 a HI 3. Přestože vrt HP 22 se nachází přímo pod hranou skládky, hydrogeologický výzkum prokázal, že tento vrt svým otevřeným úsekem zastihuje hlubší puklinový systém s malou hydraulickou komunikací s mělkou zvodně. Celková úroveň znečištění je tedy u vrtu HP 22 ve srovnání s ostatními vrty ležícími pod hranou skládky relativně nižší. Vrt HI 3 postihuje stejné prostředí (mělkou zvodně) jako velmi znečištěný vrt HI 1, přesto je díky jeho umístění nad výtokem skládkových vod z drenáže jeho znečištění ve srovnání s vrtem HI 1 výrazně menší.

V prostoru pod hrází skládky byla kromě vody ve vrtech monitorována 2 prameniště, občasné prameniště nacházející se přibližně 50 m přímo pod hranou skládky a pravidelné prameniště přibližně o 100 m dále v ose údolí. Zatímco ve vodě z pravidelného prameniště koncentrace výrazně nepřevyšují limitní hodnoty pro povrchovou vodu, koncentrace ve vzorcích z občasného prameniště překračují přípustné limity několikanásobně. Velmi vysoké koncentrace řady kontaminantů v těsné blízkosti hráze skládky nasvědčují tomu, že složení vody je ovlivněno přímo průsakem skládkové vody přes stěnu hráze.

## Situace v širším okolí skládky

V monitorovaných objektech v širším okolí skládky včetně povrchových vod odebraných z potoků Prašinec a Markovka a soukromých studní v obci Dobrá Voda nepřesáhla žádná ze sledovaných látek přípustnou míru znečištění povrchových vod a nebyly prokázány zvýšené koncentrace nebezpečných látek. Obsah sulfátu v žádném objektu v Dobré Vodě dlouhodobě nepřesahoval 100 mg/l. Zvýšený obsah dusičnanů ukazuje naopak na ovlivnění zemědělským znečištěním. Koncentrace vybraných prvků jsou znázorněny na **obr. X2**.

Přesto je z rozdílného chemického složení vody odebrané nad přítokem skládkové vody do Prašince a pod přítokem na instalovaných měrných přepadech únik znečištění z prostoru skládky patrný (**obr. X2**). Z rozdílu naměřených průtoků a rozdílných koncentrací plyne, že za 1 den (za situace v době odběru v květnu 2008) uniklo do Prašince přibližně 3,5g Cr, 105 mg Be, 200g Fe a značné množství dalších sledovaných látek.

V rámci monitoringu bylo sledováno i složení vod z nových vrtů (především vrtu V2 a obou etáží vrtu V5) umístěných severně od tělesa skládky v prostoru mezi skládkou a obcí Dobrá Voda za účelem zjištění možného šíření kontaminace puklinovým systémem směrem k obci Dobrá Voda. Vysoké obsahy síranů a dusičnanů v mělkém vrtu V2 ukazují na silné ovlivnění složení vody mělkého oběhu zemědělskou činností. Naopak koncentrace z ani jedné z oddělených etáží vrtu V5 nevykazují zvýšené hodnoty svědčící o kontaminaci skládkovou vodou.

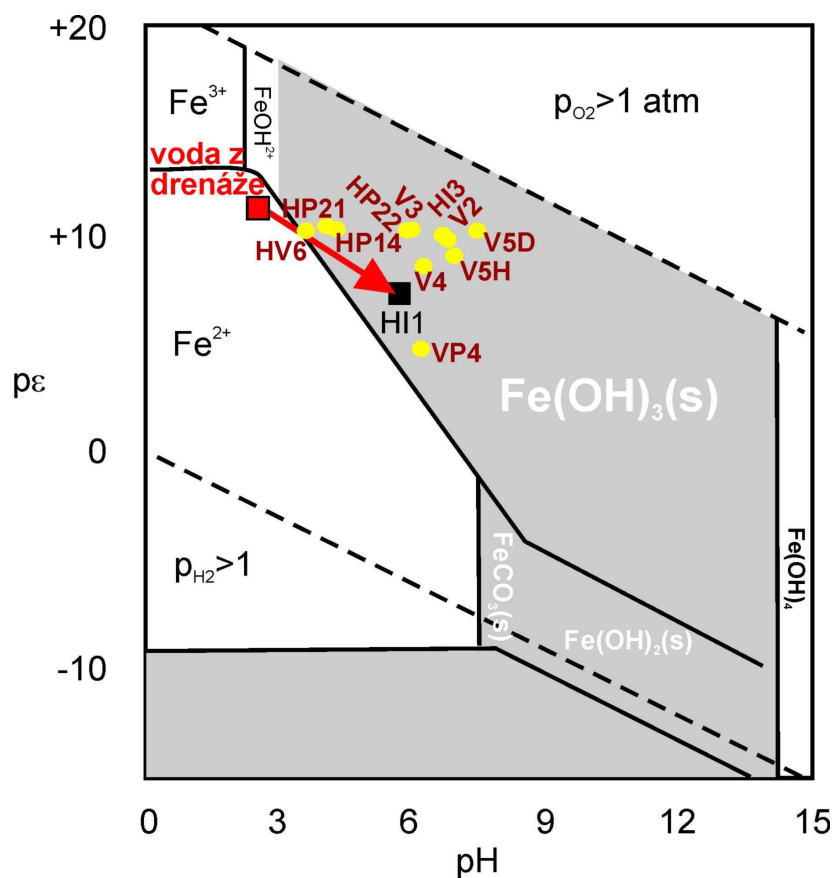
Z dostupných údajů geochemického i hydrogeologického výzkumu vyplývá, že naprostá většina znečištěných vod se ze skládky šíří po spádnicí směrem k erozní bázi, tvořené Prašincem. Šíření znečištění po zlomových systémech směrem k obcím Pozďátky a Dobrá Voda se nepodařilo prokázat, je tedy možné pouze v omezené, běžnými metodami nedetekovatelné míře.

## Železité krusty vysrážené v údolí pod skládkou

V podzemních vodách kolem skládkového tělesa byl, kromě běžného chemismu a pH, nárazově měřen také oxidačně-redukční potenciál (ORP). Měření bylo uskutečněno pH metrem PHM 80 Radiometer Copenhagen. ORP se měřil proti kombinované platinové elektrodě MC3051Pt-9 s argentchloridovou náplní. Vzorek vody byl odebrán do 2L láhve z nižších pater vrtů. Láhev byla zatěsněna tak, aby se do ní nemohl dostávat kyslík z atmosféry. Měření ORP probíhalo do doby, než se ustálila rovnováha mezi vodou a elektrodou. ORP standardizované vůči vodíkové elektrodě se počítalo jako součet měřeného ORP ve vzorku a potenciálu použité referenční elektrody proti standardní vodíkové elektrodě.

Většina podzemních vod kolem skládky vykazuje zvýšené až extrémně vysoké koncentrace Fe pocházející ze zelené skalice, která byla na skládce deponována. Výskyt daných forem Fe závisí na pH/Eh podmínkách vody v jednotlivých vrtech. Protože elektronová aktivita podzemních vod kolem skládky, s výjimkou vrtu VP4, je na úrovni, která odpovídá oxidačním podmínkám, budou formy Fe spíše než na Eh záviset na kyselosti vody (**obr. X4**). Ve většině podzemních vod v okolí skládky vládnu takové pH/Eh podmínky, za kterých dochází ke srážení železa ve formě oxyhydroxidů. Výjimku tvoří značně kyselá skládková voda vytékající z drenáže (průměrné pH je 2,97). Nicméně, tato voda se následně dostává do uměle vytvořeného meandru z vápencového štěrku nalézajícím se v rovnější části terénu v místě těsně za výtokem z drenáže. Při kontaktu s vápencovým štěrkem se kyselá voda neutralizuje a většina Fe se vysráží při průsaku terénem k potoku Prašinci. Zbytky meandru s

korytem v celkové délce cca 40 m jsou dodnes viditelné. Tímto způsobem došlo k navržení asi 30–40 cm silné krusty rezavé barvy vysrážených oxyhydroxidů Fe na povrchu svahu v oblasti mezi kaskádou a Prašincem (obr. 1 přílohy). Jedna z vlastností oxyhydroxidů Fe je schopnost vázat na sebe některé látky, včetně těžkých kovů. Rezavá křusta tedy tvoří přirozenou bariéru, která vycytává některé těžké kovy z kontaminované vody vytékající z drenážního systému, a chrání tak Prašinec před masivní intruzí těžkých kovů. Kvalita vody, která prosakuje do Prašince je tedy výrazně lepší, než by se dalo očekávat, když se drenážní voda naředí okolní podzemní vodou. Přitom se předpokládá, že silně kontaminovaná voda vytékající z drenáže tvoří až 70% veškerého odtoku z povodí, na kterém se skládkové těleso nachází. Koncentrace těžkých kovů v podzemní vodě ve vrtu HI1, vrt je založen v rezavé křustě mezi kaskádou a Prašincem, jsou až tisícinásobně nižší (např. chrom), než má voda vytékající z drenáže nad kaskádou (obr. 2 přílohy). Pokud by tedy nedocházelo k alespoň částečnému vycytávání těžkých kovů při průsaku rezavou křustou, podzemní voda ve vrtu HI1 a voda v Prašinci by byla mnohem více znečištěná, než je tomu ve skutečnosti.



### Bilance znečišťujících látek na povodí

Na povodí skládky byla provedena hydrologická bilance, a byl proveden odhad, jaké množství znečišťujících látek je ročně odneseno mimo povodí do potoka Prašince. Celkový odtok z povodí skládky do Prašince byl odhadnut v roce 2005 na zhruba 7000 m<sup>3</sup> vody za rok, z čehož asi 4800 m<sup>3</sup> připadá na kyselou drenážní vodu. Kvalitu odtoku v podobě, v jaké se nejspíše dostává do Prašince je možné odvodit od chemismu podzemní vody z vrtu HI1, který leží 10 až 20 m nad vtokem do Prašince. Z těchto údajů je možné spočítat přibližný roční odnos znečišťujících látek mimo povodí skládky. Sířany, které patří mezi nejvýznamnější kontaminanty se dostávají do potoka v množství asi 6300 kg za rok. Dalšími významnými

složkami jsou Fe a Mn, které jsou odnášeny z povodí v množství asi 300, respektive 70 kg za rok. Množství těžkých kovů odnesených z povodí je přibližně o tři řády menší, než množství kationtů a aniontů. Naštěstí naprostou většinu odnesených těžkých kovů tvoří prvky, které nejsou pro přírodní prostředí nebezpečné (600 g Co, 900 g Ni a 9 g Cu za rok). Množství odnesených těžkých kovů, které jsou toxické pro živé organismy je až o dva řády nižší (zhruba 7 g Cd, 12 g Cr, 10 g Be a 3 g Pb za rok).

### **Popisky k obrázkům a tabulce**

Tab. : Koncentrace všech sledovaných látek ve vodách z hlavních monitorovacích objektů. V horní části tabulky jsou uvedené průměrné koncentrace z roku 2007. Ve spodní části tabulky jsou pro místa, která v roce 2007 monitorovaná nebyla, uvedené hodnoty z května 2008.

Obr. **obr. X1**: Koncentrace vybraných prvků ve vzorcích podzemních a povrchových vod odebraných v dubnu 2006 a v květnu 2008 v okolí skládky.

Obr. **obr.X2**: Koncentrace vybraných prvků ve vzorcích podzemních a povrchových vod odebraných v dubnu 2006 a v květnu 2008 v širším okolí skládky.

Obr. **obr.X3**: Průměrné pH a koncentrace vybraných látek v podzemních a povrchových vodách (průměry jsou vypočítány z měsíčních odběrů v roce 2007).

Obr. **obr.X4**: pH/Eh podmínky v podzemních vodách v blízkosti skládky vyznačené v pH/Eh diagramu Fe.

Obr. **1 přílohy**: Meandr z vápencového štěrku, za kterým je vidět pole železitých sedimentů.

Obr. **2 přílohy**: Porovnání koncentrací Cr ve skládkové vodě odtékající z drenáže a ve vrtu H11, který se nachází pod meandrem z vápencového štěrku.