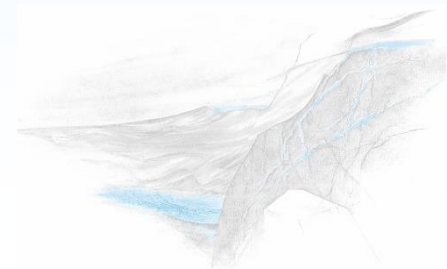


# Způsoby stanovení cílových parametrů nápravných opatření v rámci analýzy rizik

**Jan Bartoň**

*GEOtest, a.s.*

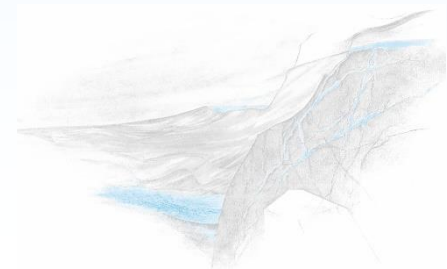


# Cílové parametry

- cílové parametry představují kvantitativní vyjádření definovatelných, měřitelných a interpretovatelných charakteristik cílů nápravných opatření
- pokud nelze přímo použít závazné limity dle platných právních předpisů, je nutno je odvodit jinými metodami
- způsoby odvození

záleží také na tom:

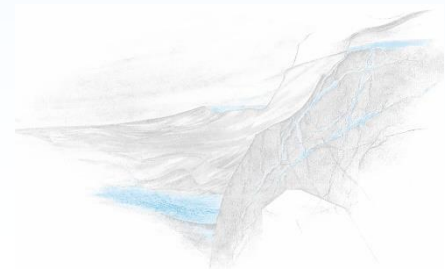
- kdo je odvozuje
- jaká má data
- jak vyhodnotil míru kontaminace, šíření a rizika
- kdo je schvaluje
- úhel pohledu
- od toho se odvíjejí finanční náklady



# Definice cílových parametrů

Metodický pokyn MŽP ČR „Analýza rizik kontaminovaného území“ 2011:

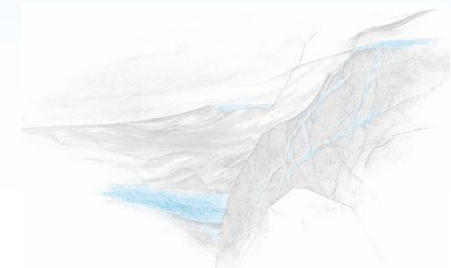
- návrh nápravných opatření je jedním z hlavních výstupů analýzy rizik
- slouží jako odborný podklad pro rozhodování o nutnosti, rozsahu a způsobu sanace, případně pro správní řízení
- vždy je nutno stanovit cíle nápravných opatření a navrhnout reálné způsoby dosažení těchto cílů, tj. doporučit vhodné technické či administrativní postupy a zohlednit finanční a časovou náročnost



# Definice cílových parametrů

Príloha 10 Smernice MŽP SR z roku 2015 na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia:

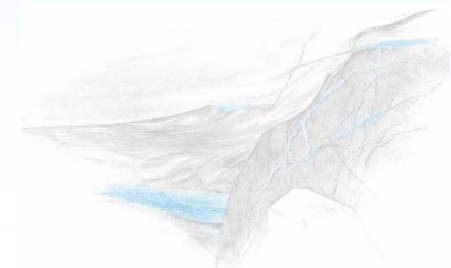
- cílové hodnoty sanace znečištěného území jsou koncentrace pro jednotlivé dominantně nebezpečné znečišťující látky v jednotlivých složkách životního prostředí doporučené na základě hodnocení rizika s ohledem na stávající a potenciální využití území a zaručující ochranu zdraví člověka a/nebo životního prostředí, které se stanovují v případě, pokud byly v lokalitě vypočtená environmentální a/nebo zdravotní rizika



# Způsoby stanovení cílových parametrů

Způsobů stanovení cílových parametrů je několik, obecně může jít o:

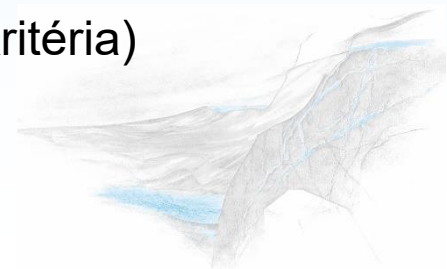
- **parametry vyjádřené čísly**, resp. limitní koncentrací sledovaného polutantu v té dané složce životního prostředí (podzemní voda, povrchová voda, půda/zemina, stavební konstrukce, odpad, půdní vzduch či biota)
- **parametry definované nečíselně**, např. jako nutnost zamezení kontaktu s kontaminantem či administrativní úkon
- Sanační limity je možné stanovovat zvlášť pro různé oblasti – typicky ve zdroji a v oblastech ve směru proudění (větší průmyslové areály, je-li to účelné, nespojitě plochy)



# Cílové parametry vyjádřené čísly

V případě cílových parametrů vyjádřených čísly se můžeme setkat s následujícími přístupy jejich odvození:

- z platných a pro danou situaci **relevantních legislativních předpisů** (viz pitná voda, odpady...)
- odvozením či výpočtem od reálných expozičních scénářů (tedy pomocí tzv. obrácené úlohy) – **inverzní metoda** ( $HQ = 1$ ) – nejen koncentrace je možné snižovat!
- hydrotechnickými či jinými výpočty (např. směšovací rovnice)
- odvozením z **matematických modelů**
- **odborným odhadem** (v odůvodněných případech – např. prac. limity)
  
- cílové parametry sanace ani sanační limity **nelze** odvozovat od signálních hodnot kontaminace (dle MP MŽP Indikátory znečištění či dle přílohy č. 12 k Směrnici MŽP SR z roku 2015 – IT a ID kritéria)



# Cílové parametry nevyjádřené čísky

V případě cílových parametrů **nevyjádřených čísky** se můžeme setkat s následujícími přístupy jejich odvození:

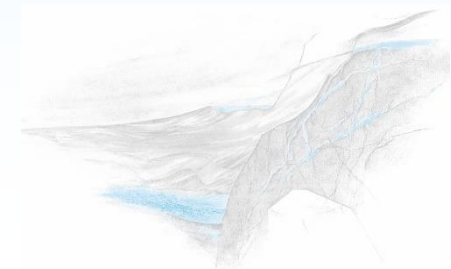
- **odstranění VFRL**
- **vymístění odpadu** – v případě, kdy je odpad jednoznačně odlišitelný od okolní zeminy – to se týká i dehtu, resp. zóny styku
- **odstranění technologií** – např. nadzemní či podzemní nádrže se zbytky kontaminace, které jsou stále zdrojem kontaminace a bez jejichž odstranění nemá smysl sanovat
- **opravy/rekonstrukce** kanalizace či dalšího vedení
- **zamezení kontaktu s kontaminantem** – rekultivace, enkapsulace, oplocení, závoz inertním materiálem (např. výstavba na odvalech)
- **administrativní opatření** (např. zákaz využívání vody k pitným účelům či zálivce – zajištění nové přípojky, zákaz výstavby podzemních staveb, zákaz pěstování hluboko kořenících rostlin a stromů, bezpečnostně-technická opatření – např. úprava sklonu apod.).



# Příklady z praxe

Řešení cca 90 AR (AAR, ÚAR, doplňky AR):

- skládky (KO, PO, černé skládky, nalezené dehty apod.)
- odkaliště, odvaly/haldy
- továrny
- sklady chemikálií
- obalovačky
- zemědělské areály
- brownfields (změna využití území – Špitálka, Zbrojovka, Hněvkovského)
- stavby (tunel ústící ve skládce, protipovodňová opatření, obytné čtvrtě)
- města/regiony – ohrožení jímacích území apod.
- CHOPAV (ropné vrty v JÚ)
- zahraničí (Srbsko, Kosovo, Albánie, Arménie)





# Příklady z praxe – skládky

Nečíselné cílové parametry hlavně v případě **skládek TKO**:

- vymístění odpadů
- rekultivace, obvodové příkopy, úprava svahů
- odtěžba, vytrídění, rekultivace
- rekultivace s těsněním  $K = 10^{-8}$  m/s, tl. 0,6 m, fólií 1 mm, sklon 3 %
- rekultivace s odvodněním a odvedením skládkového plynu
- monitoring, omezení solení a úkapů, zajištění těsnosti jímky a odčerpání vody z jímky
- monitoring, čištění odvodňovacího příkopu a poldru, zákaz využívání podzemní vody k pitným i závlahovým účelům
- dehtofenolová laguna: likvidace laguny, energetické zhodnocení odpadů, odčerpání a dekontaminace akumulované vody, rekultivace



# Příklady z praxe – odvaly

Další možnosti cílových parametrů (haldy v Ostravě):

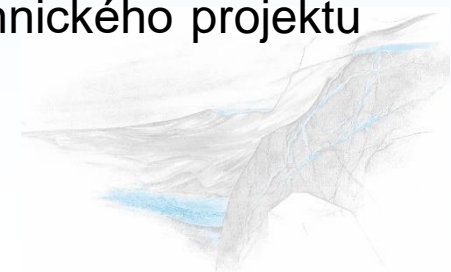
- rekultivace
- částečné rozebrání odpadů
- limit teplota odvalu 100 °C (zjištěno 665 °C )
- limit 5 mg/m<sup>3</sup> benzenu v půdním vzduchu

Odval u Brna:

- administrativní opatření na odvalu – nebudovat podsklepené nebo hloubkově založené objekty (např. podpovrchové bazény), překrytí – znepřístupnění deponovaných materiálů za účelem eliminace rizik, nepěstování plodin v deponovaných materiálech, zajištění stability svahu, odvodnění srážkových vod, nevyužívání podzemní vody

Důl po těžbě uranu:

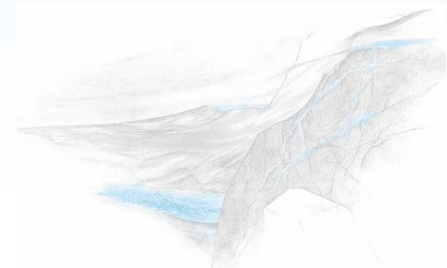
- zahlazování následků dlouhodobé těžby uranu dle technického projektu likvidace



# Příklady z praxe – odkaliště

Další možnosti cílových parametrů (**odkaliště**):

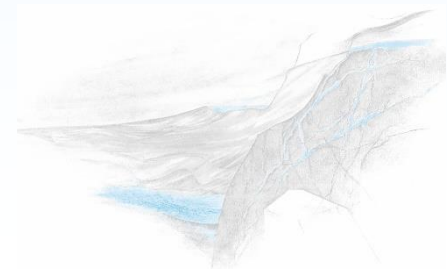
- koeficient filtrace izolační vrstvy  $10^{-8}$  m/s
- horké skvrny: dávkový příkon gama 0,6  $\mu$ Gray/hod
- monitoring chemismu podzemní i povrchové vody
- monitoring stability a kontaminace, bezpečnostní zabezpečení
- vymístění s rekultivací z důvodu plánované bytové výstavby
- ropný vrt: zatěsnění unikajících vrtů (relikvidace)



# Příklady z praxe – číselné limity

Pro danou složku životního prostředí:

- podzemní voda
- povrchová voda
- půda/zemina
- stavební konstrukce
- odpad
- půdní vzduch
- biota



# Příklady z praxe – číselné limity

**Ropné látky** ( $C_{10}$ - $C_{40}$ , NEL) v zemině cca 300 – 10 000 mg/kg

- Pardubice PARAMO:  $C_{10}$ - $C_{40}$  10 000 mg/kg, okolí závodu 2 500 mg/kg
- Ostrava – skládka dehtů:  $C_{10}$ - $C_{40}$  7 400 mg/kg
- Kolín KORAMO:  $C_{10}$ - $C_{40}$  v areálu: 7 000 mg/kg
- Brno ZETOR, Zbrojovka:  $C_{10}$ - $C_{40}$  5 000 mg/kg
- Brno Teplárny:  $C_{10}$ - $C_{40}$  4 000 mg/kg
- Frýdek-Místek Válcovna plechu, Kyjov Šroubárna :  $C_{10}$ - $C_{40}$  3 000 mg/kg
- Srbsko skládka Kikinda: odpady/zeminy:  $C_{10}$ - $C_{40}$  2 000 mg/kg
- Kaznějov závod:  $C_{10}$ - $C_{40}$  1 900 mg/kg
- Slavkov EMP: NEL 3 000 mg/kg,  $C_{10}$ - $C_{40}$  1 500 mg/kg
- Praha Praga: zeminy a stav. kce:  $C_{10}$ - $C_{40}$  1 400 mg/kg
- Havlíčkův Brod ZETOR: zeminy a stav. kce:  $C_{10}$ - $C_{40}$  1 500 mg/kg, vymístění 500 mg/kg, následné využití na povrchu terénu 300 mg/kg

# Příklady z praxe – podzemní voda

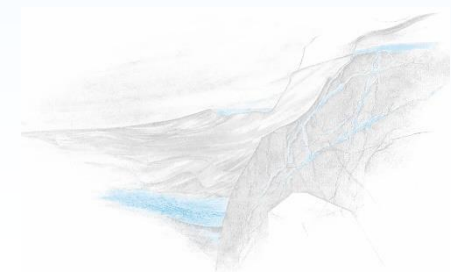
Břeclav (rozdělení na ohnisko a další oblast po směru proudění:

centrální a sz. části areálu:

- NEL 5 000 µg/l
- benzen 50 µg/l
- toluen 1750 µg/l
- xyleny 1250 µg/l
- DCE 125 µg/l
- TCE 150 µg/l
- PCE 50 µg/l

jižní část areálu:

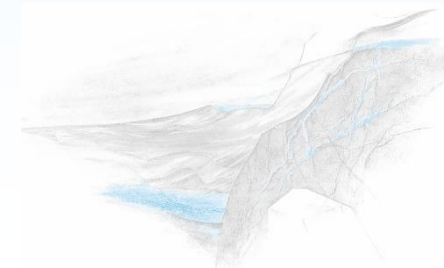
- NEL 400 µg/l
- benzen 20 µg/l
- toluen 700 µg/l
- xyleny 500 µg/l
- DCE 50 µg/l
- TCE 60 µg/l
- PCE 20 µg/l



# Příklady z praxe – podzemní voda

Chlorované uhlovodíky:

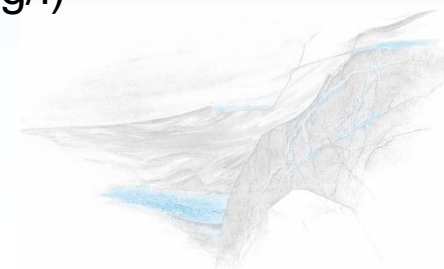
- Velká Bíteš PBS:  $\Sigma$ DCE 1 500  $\mu\text{g/l}$ , TCE 150  $\mu\text{g/l}$ , PCE 75  $\mu\text{g/l}$ , VC 300  $\mu\text{g/l}$
- Nové město nad Metují Elton: areál/předpolí/odtok: PCE 1100/700/250  $\mu\text{g/l}$ , TCE 800/300/200  $\mu\text{g/l}$ , suma DCE 800/300/150  $\mu\text{g/l}$ , VC 700/500/400  $\mu\text{g/l}$
- Břeclav DKV: DCE 500  $\mu\text{g/l}$ , TCE 500  $\mu\text{g/l}$ , PCE 200  $\mu\text{g/l}$
- Chomutov SANDVIK:  $\Sigma$ CIU 3 500  $\mu\text{g/l}$ , DCE 2 500  $\mu\text{g/l}$ , TCE 2 500  $\mu\text{g/l}$ , PCE 2 000  $\mu\text{g/l}$
- Kyjov Šroubárna: 1,2-cis-DCE 100  $\mu\text{g/l}$ , VC 50  $\mu\text{g/l}$
- Brno Zbrojovka: TCE 800  $\mu\text{g/l}$ , PCE 400  $\mu\text{g/l}$ , DCE 800  $\mu\text{g/l}$ , VC 400  $\mu\text{g/l}$



# Příklady z praxe – podzemní voda

další látky:

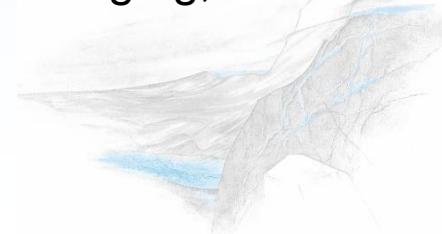
- Brno Zetor, chromovna:  $Cr_{\text{celk.}}$  300  $\mu\text{g/l}$ , z toho  $Cr^{6+}$  75  $\mu\text{g/l}$
- Kaznějov závod: Co 0,02 mg/l, Ni 0,8 mg/l
- Bratislava PGA: NEL 4 mg/l, benzen 60  $\mu\text{g/l}$ , toluen 100  $\mu\text{g/l}$ ,  $\Sigma\text{BTEX}$  200  $\mu\text{g/l}$
- Praha TEBAS: BTEX 5 mg/l, NEL 40 mg/l, PCB 10 mg/l
- Červené Pečky Benzina: NEL 10 mg/l, BTEX 5 000  $\mu\text{g/l}$
- Banská Bystrica – Medený hámor: Ni 0,2 mg/l, Sb 0,05 mg/l, Zn 3,0 mg/l
- Šumperk: benzen 100  $\mu\text{g/l}$ , xyleny 300  $\mu\text{g/l}$ , naftalen 10  $\mu\text{g/l}$
- Jetřichov: skládka galvanických kalů ( $CN^-$  0,5 mg/l, PCE 100  $\mu\text{g/l}$ , benzen 30  $\mu\text{g/l}$ , xyleny 500  $\mu\text{g/l}$ , NEL 1 mg/l, TAP 5  $\mu\text{g/l}$ , OCP 0,2  $\mu\text{g/l}$ )
- Jetřichov: pramenní vývěry v okolí skládek ( $CN^-$  0,7 mg/l, PCE 1  $\mu\text{g/l}$ , benzen 30  $\mu\text{g/l}$ , xyleny 30  $\mu\text{g/l}$ , NEL 0,1 mg/l, TAP 5  $\mu\text{g/l}$ , OCP 1  $\mu\text{g/l}$ )





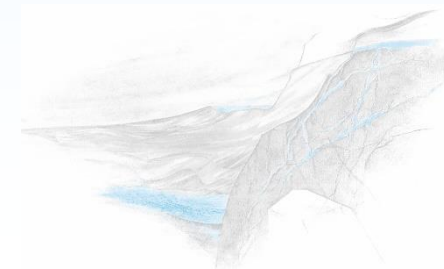
# Příklady z praxe – další látky (zeminy)

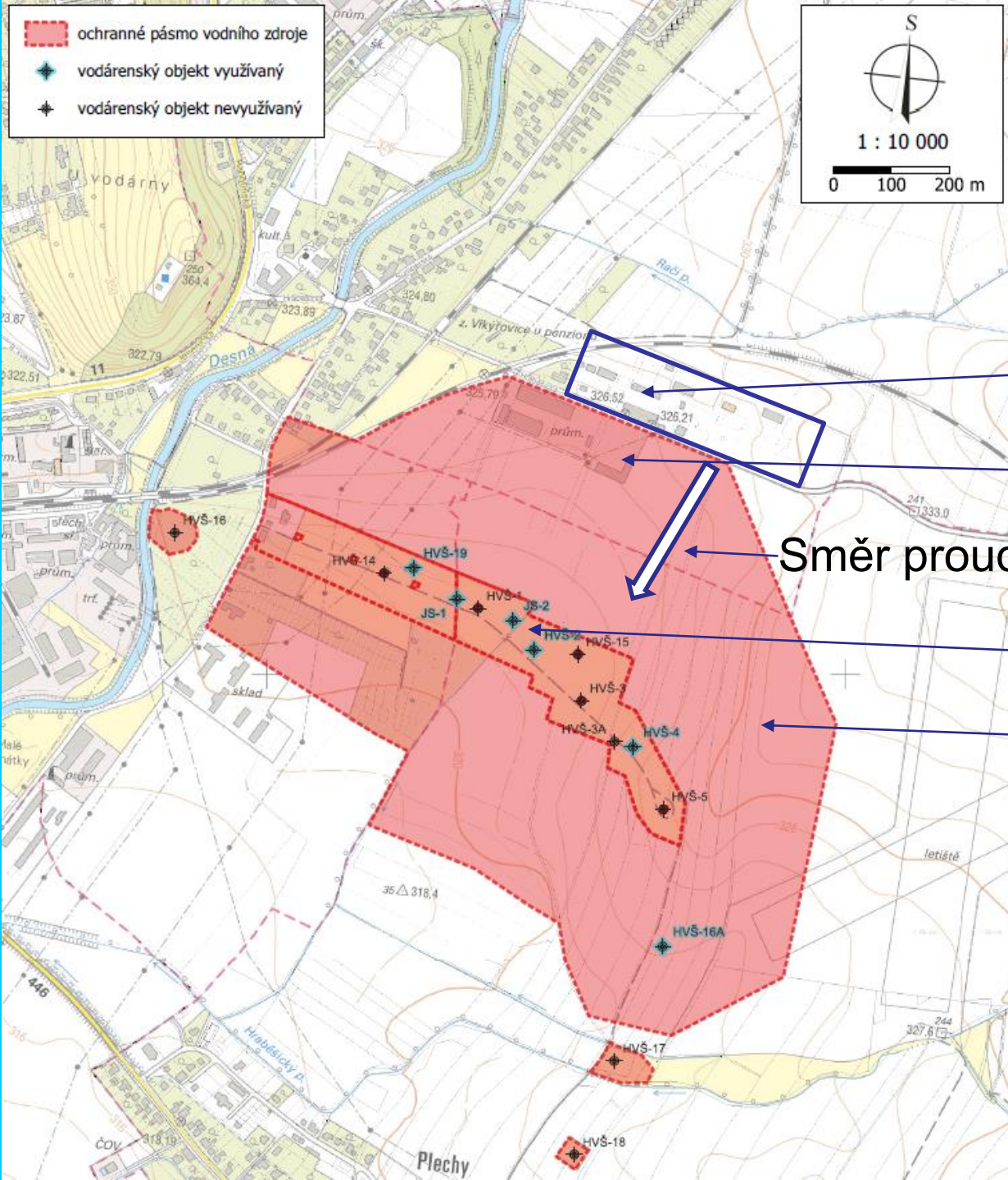
- Brno Zetor: Cr 1 000 mg/kg (Cr<sup>6+</sup> 50 mg/kg), Pb 2 000 mg/kg
- Kaznějov závod: As 300 mg/kg, Pb 4 000 mg/kg, Co 300 mg/kg
- Praha Praga: Cu 600 mg/kg, Pb 300 mg/kg
- Hranice skládka. Pb 750 mg/kg
- Praha TEBAS: BTEX 500 mg/kg, NEL 2 000 mg/kg, PCB 100 mg/kg
- Brno Zbrojovka: Cr<sup>6+</sup> 100 mg/kg, Pb 1 500 mg/kg, As 30 mg/kg
- Ostrava skládka dehtů: naftalen 1 500 mg/kg, benzo(a)pyren 20 mg/kg, benzen 40 mg/kg
- Kladno: PAU: budoucí využití – obytné oblasti: benzo(a)pyren 0,6 mg/kg, budoucí využití: benzo(a)pyren 3,1 mg/kg, benzo(a)antracen 3,2 mg/kg, benzo(a)fluoranten 3,2 mg/kg, indenopyren 3,2 mg/kg
- Jetřichov: skládka galvanických kalů kalů (Ni 180 mg/kg, Pb 250 mg/kg, Cr<sub>celk.</sub> 450 mg/kg, CN<sup>-</sup> 100 mg/kg, TAP 3 mg/kg, OCP 2 mg/kg, NEL 750 mg/kg, PCE 1,5 mg/kg)



# Případová studie

- distribuční sklad pohonných hmot vs. OPVZ a jímací území (400 m)
- práce hrazeny z garance MF (FNM) dle ekologické smlouvy
- desítky let trvají průzkumy (od roku 1972)
- stále není jasné, zda hrozí riziko ohrožení jímacího území
- rozhodnuto o zpracování ÚAR – chování HG struktury jímacího území, zhodnocení mechanismů přirozené atenuace na lokalitě, transportu kontaminace, zpracovat návrh opatření k ochraně vodního zdroje





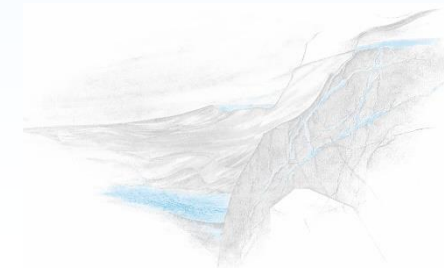
DS PHM

Dřevocentrum

Směr proudění podzemní vody

JÚ: 1. OPVZ

JÚ: 2. OPVZ



# Sanační limity

- 1993: vydáno Rozhodnutí Okresního úřadu s limity pro NEL a BTEX

Místo	NEL	benzen	toluen	ethylbenzen	xyleny
	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Areál (limit C MP MŽP 8/1996)	1,0	30,0	700	300	500
Hranice areálu (limit B MP MŽP 8/1996)	0,5	15,0	350	150	250

- 2010: AR s matematickým modelem (neschválena)

pro areál DS PHM

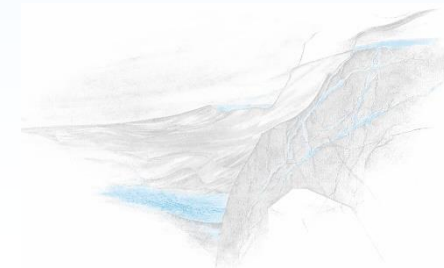
10 mg/l C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>

pro jižní hranici areálu DS PHM

2 mg/l C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, 100 µg/l benzen

pro zeminy

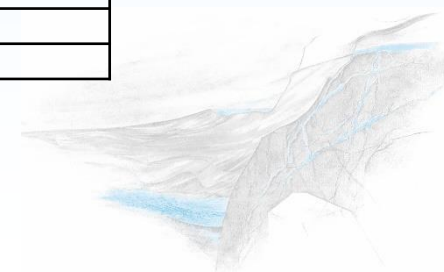
2 000 mg/kg C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> v DS PHM



# Sanační limity

- 2014: doplněk AR – ohrožení JÚ v horizontu 10 let (později nepotvrzeno)
- navržena hydraulická bariéra, PTS, demolice, odtěžba, sanace vod
- stanoveny sanační limity pro podzemní vodu, a to na základě odvození poměru ředění podzemních vod odtékajících z prostoru DS PHM ve směru k čerpacím objektům JÚ Luže okolní podzemní vodou – poměr 1 : 62 vztažený k limitům dle Vyhl. 5/2011 na hodnocení stavu podzemních vod
- sanační limity pro zeminy vychází ze sanačních limitů pro podzemní vody a procentuálního poměru vyluhovatelnosti – zpětné odvození obsahu ukazatele v zemině, který by při vyluhování do podzemních vod nezpůsobil navýšení koncentrace v podzemní vodě nad odvozený sanační limit

Ukazatel	Limity		
	zeminy a stavební konstrukce uvnitř areálu	saturovaná zóna uvnitř areálu	saturovaná zóna v předpolí areálu
	mg/kg suš.	µg/l	µg/l
C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	180	6 200 (bez VFRL)	100 (bez VFRL)
naftalen	3	6,2	0,1
benzo(a)pyren	0,4	0,62	0,01
benzo(a)antracen	3,4	6,2	0,1
benzen	nestanoven	62	1

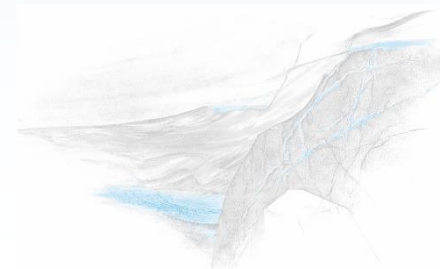


# Průzkumné práce a AR 2021–2023

Rozsáhlé geofyzikálních prací a matematický model, který navrhnul sanační limity pro podzemní vodu

V OPVZ I. stupně jímacího území nesmí být v podzemních vodách překročeny limity pro pitnou vodu – tyto limity jsou zároveň platné pouze při zachování nebo podpoření stávající intenzity biodegradace:

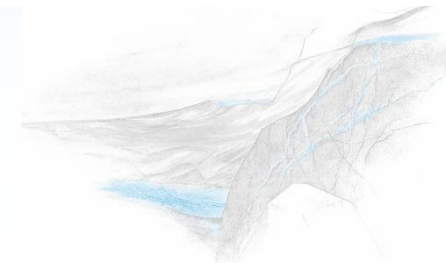
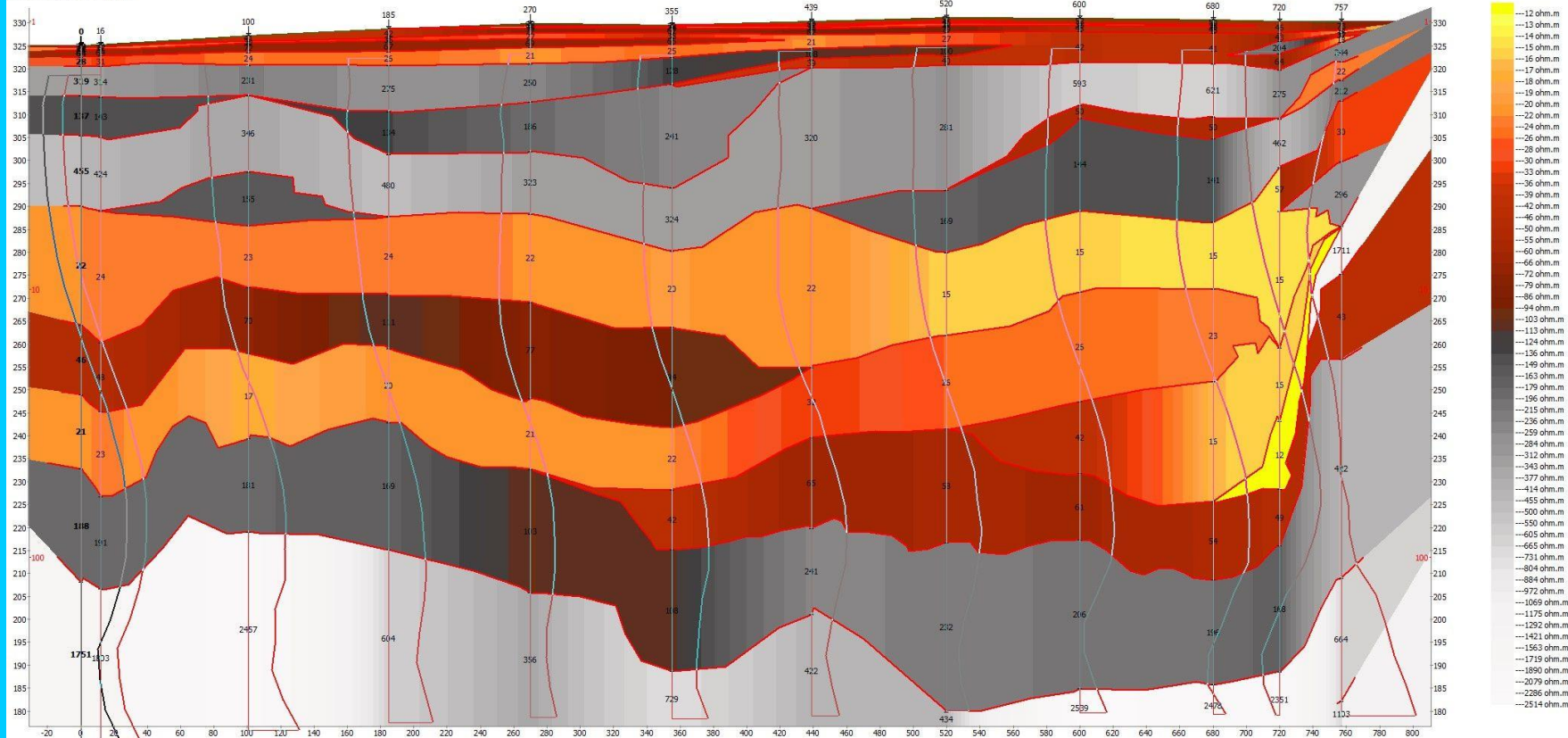
- benzen            100 µg/l
- xyleny            300 µg/l
- naftalen          10 µg/l



# Řez územím dle geofyziky

- patrný kaskádovitý pokles zvodně od zdroje k jímacímu území

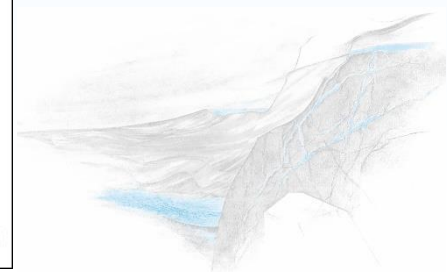
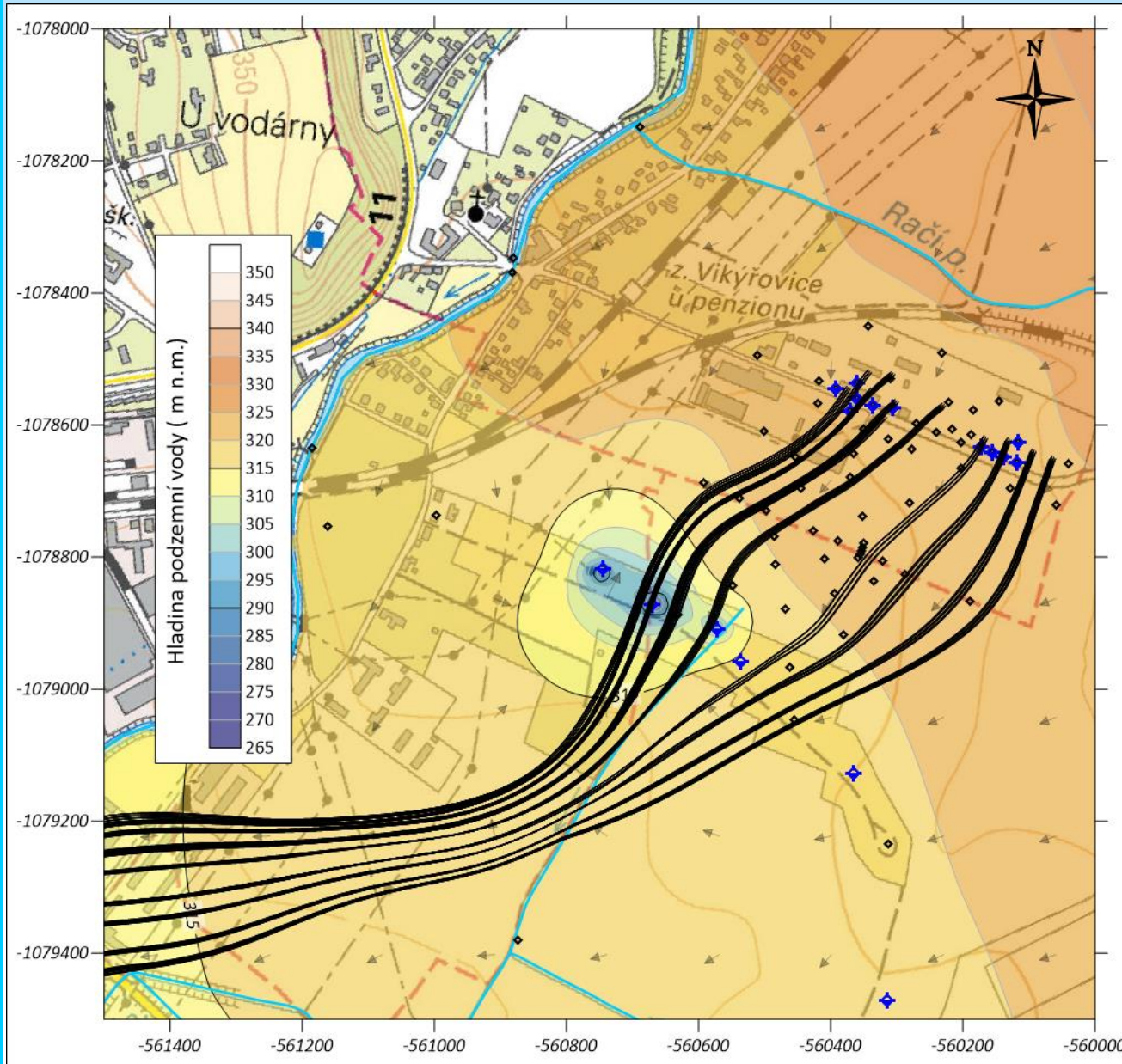
jméno lokality: Vlkýřovice - profil: D



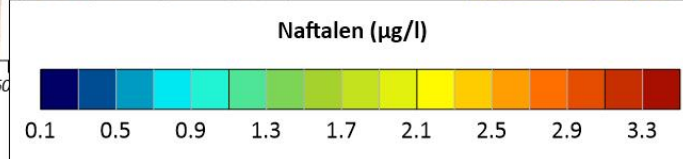
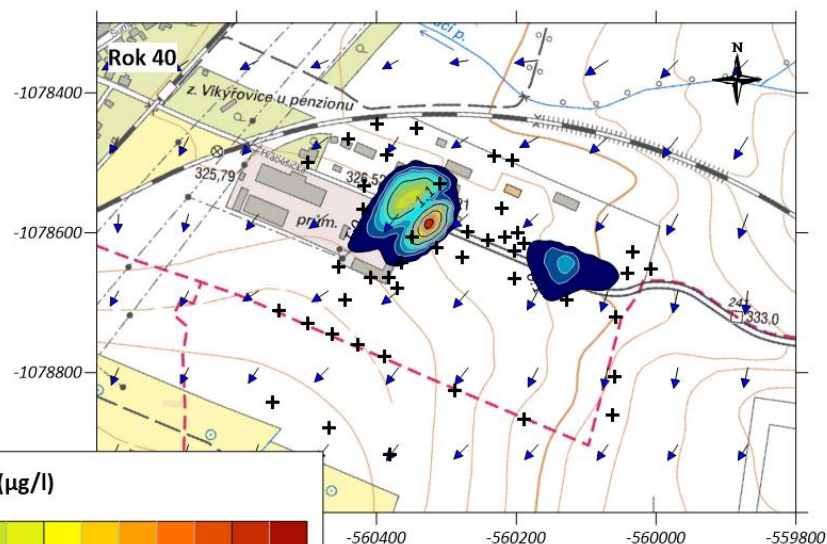
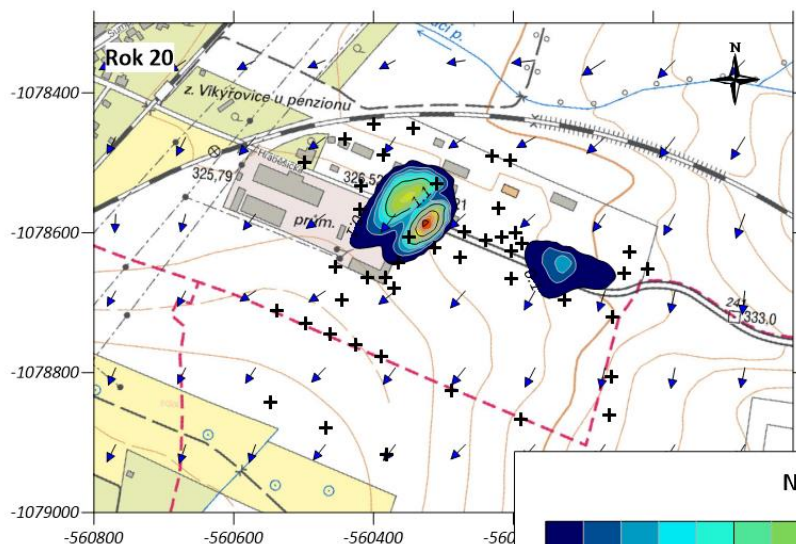
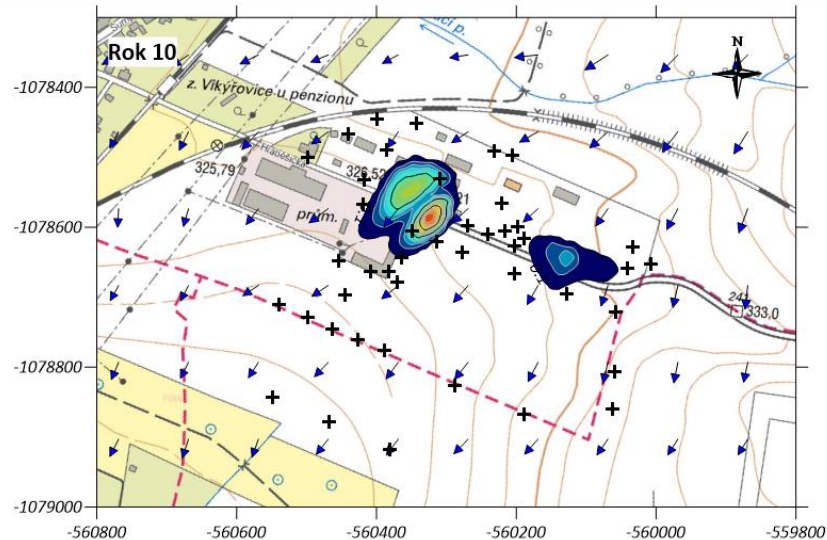
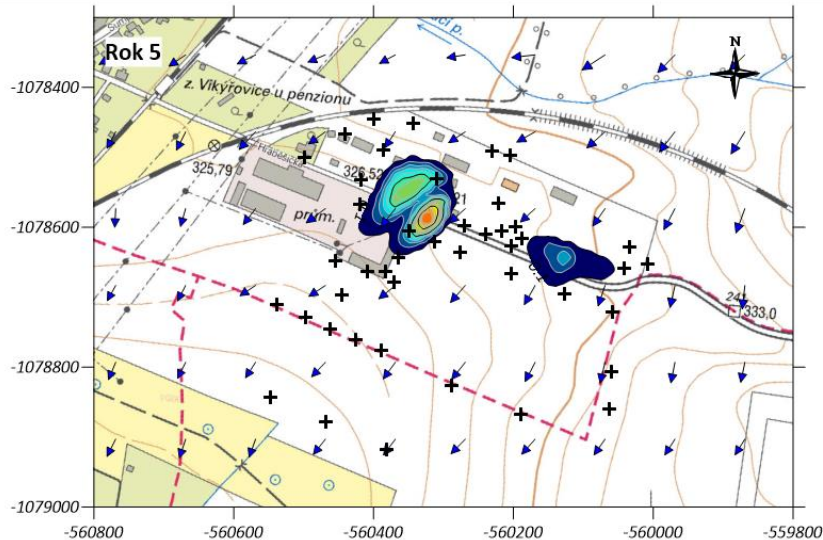




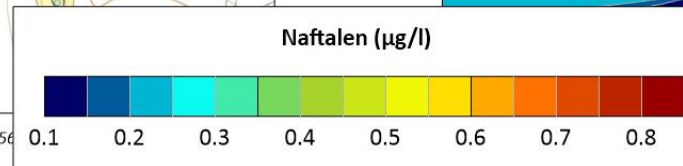
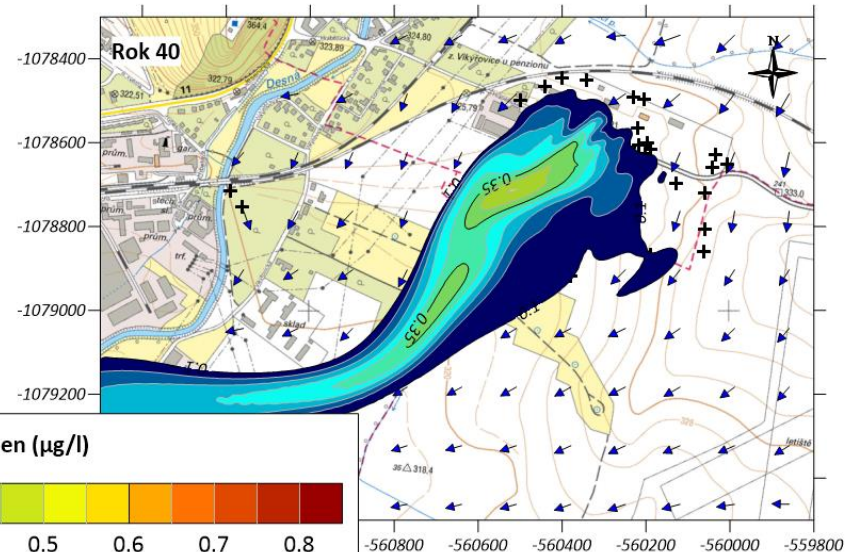
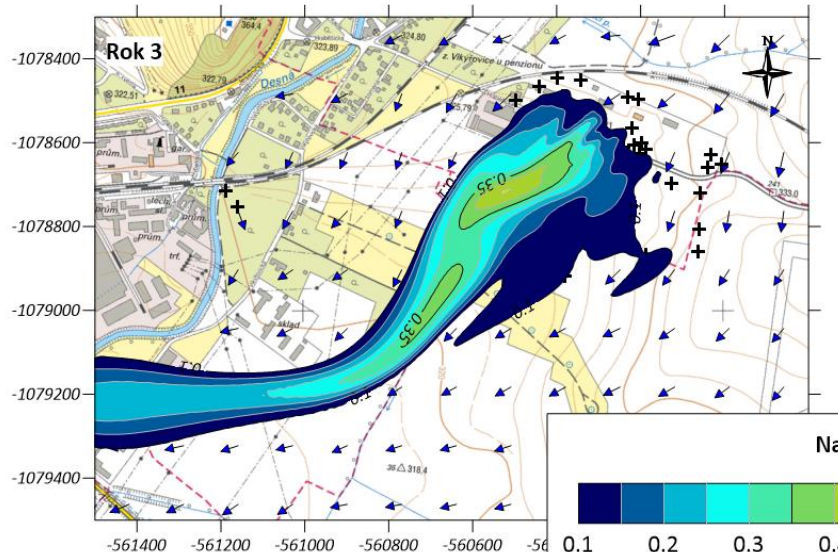
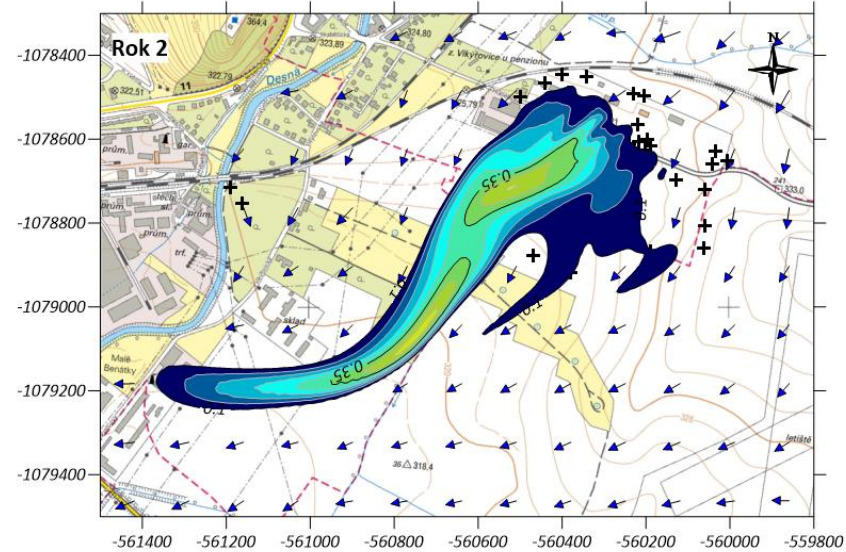
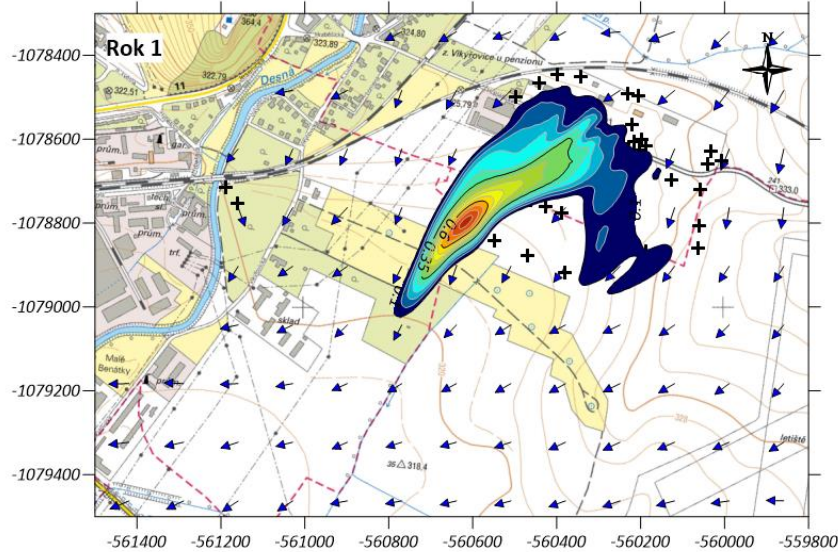
# Transportní model – sledování částic



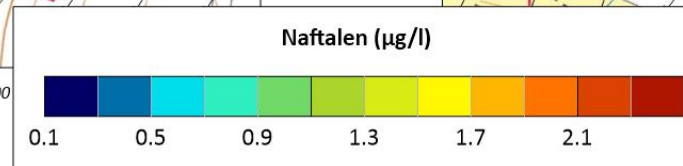
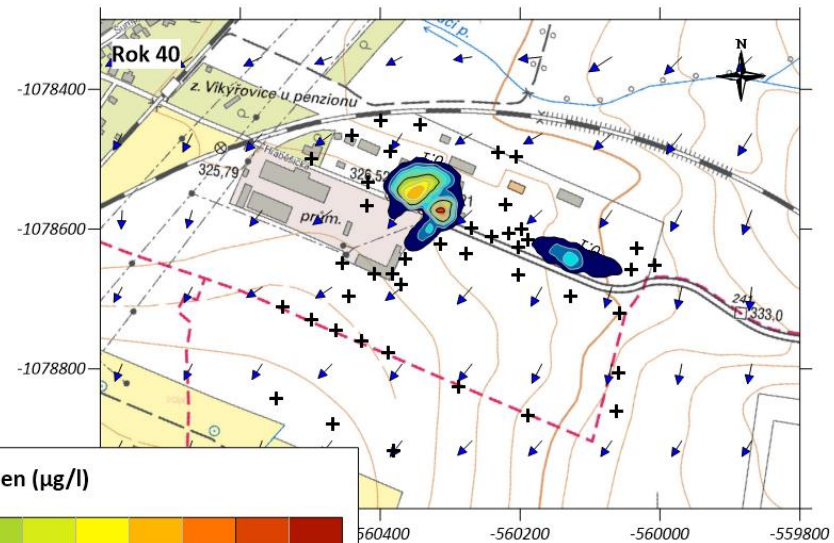
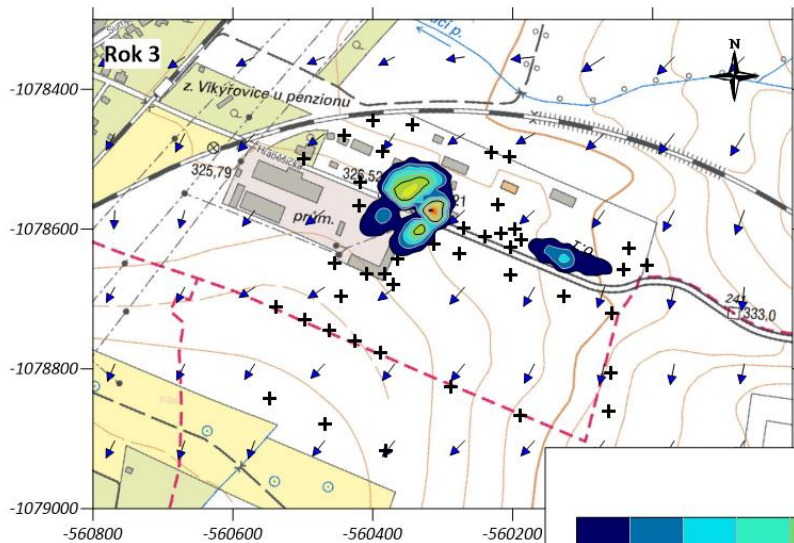
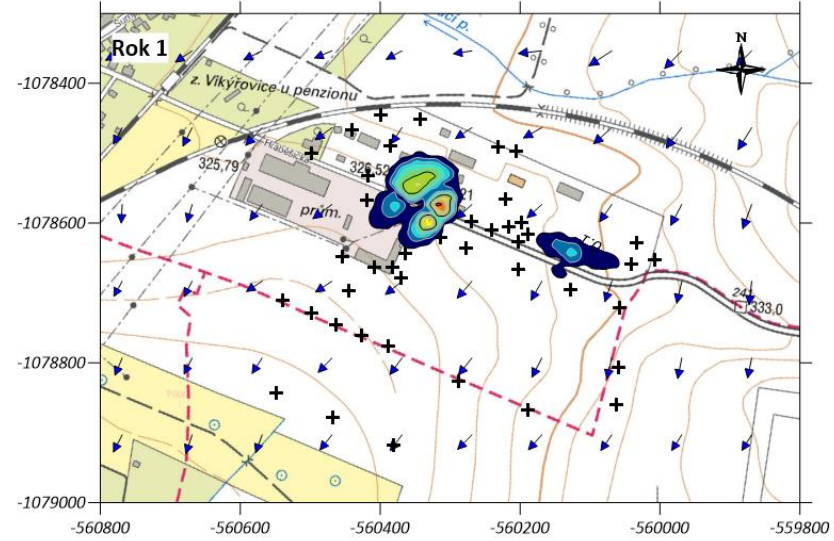
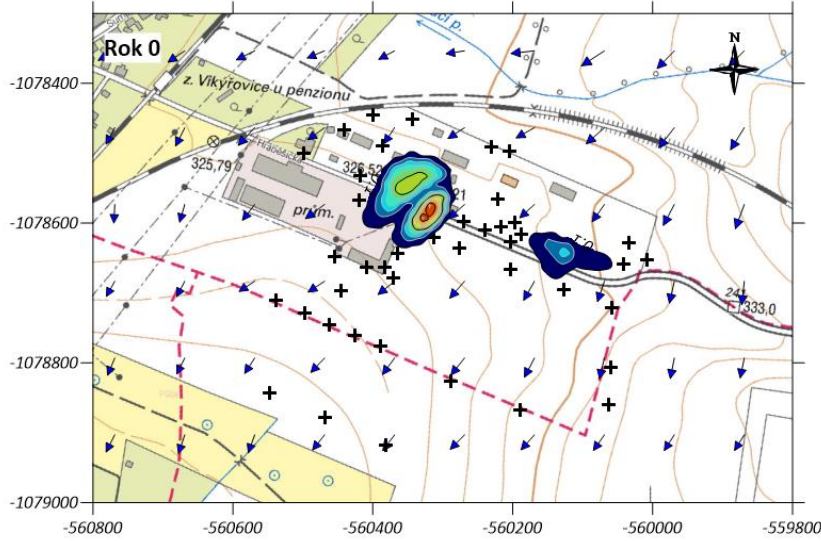
# Naftalen – prediktivní simulace bez sanačního zásahu



# Naftalen – prediktivní simulace – scénář odstranění ohnisek znečištění



# Naftalen – prediktivní simulace – scénář podpořené biodegradace

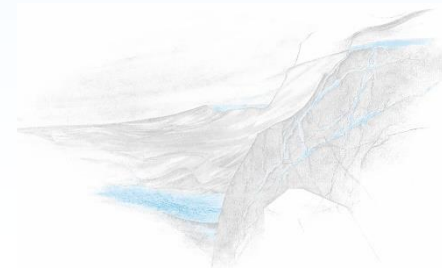


# Průzkumné práce a AR 2021–2023

Bylo zjištěno, že samotné odstranění ohnisek znečištění v nesaturované zóně sebou přináší potenciální rizika:

- narušení symbiotického systému celé škály biodegradabilních mikroorganismů
- omezení přísunu dusíku, který je jedním ze základních vstupů biodegradčních procesů
- vystavení mikroorganismů nepříznivým podmínkám (kolísání teplot, mráz)
- aplikace látek na hranici II. pásma OPVZ

Z matematického modelu (2022) bylo zjištěno, že odtěžba kontaminované zeminy může lokálně nevratně uškodit. Odtěžba si totiž vynutí ustavení nového rovnovážného stavu, což obvykle bývá dlouhodobá záležitost.



# Průzkumné práce a AR 2021–2023

Aby odtěžba mohla být v takových podmínkách úspěšná sanační metoda, bylo by nutno:

- odstranit veškerou kontaminaci, a to včetně saturované zóny, což je prakticky nedosažitelný cíl, anebo
- pomoci urychlit ustavení nového rovnovážného stavu kultivací a přísunem nových mikroorganismů a nutných nutrientů (N, P) do horninového prostředí. Druhý bod tak vede k nasazení plnohodnotné podpořené biodegradace, tj. nejen vhánění kyslíku, ale i doplňování nutných nutrientů a zejména introdukce vlastních kultivovaných bakterií.

Při současném stupni poznání tedy nelze odtěžbu doporučit, a to z toho důvodu nedostatku dat k vyhodnocení procesů, které na lokalitě probíhají, a tedy i následných procesů, jež by mohly v souvislosti s odtěžbou nastat.

Na lokalitě je v podzemních vodách vytvořena rovnováha mezi přínosem kontaminace a její degradací. Jakýkoliv zásah bez důsledného pochopení principů této rovnováhy může vyústit v možné nevratné narušení probíhajících procesů, resp. iniciace migrace kontaminace směrem k jímacímu území, v jejímž důsledku bude jímací území dále nepoužitelné.



# Návrh AR 2023

Monitorovaná přirozená atenuace (MNA), která dopomůže získat dostatečné informace a navrhnout případnou aktivní sanační metodu. Než bude navržen koncept sanace, bude muset proběhnout řada průzkumných aktivit:

- **pasportizace budov** k případné demolici (není vyjasněná míra jejich kontaminace a množství kontaminovaných stavebních konstrukcí)
- **doprůzkum nesaturované zóny** v areálu DS PHM (není vyjasněná míra kontaminace a množství kontaminovaných zemín v nesaturované zóně)
- plošný **monitoring znečištění** a monitoring přirozené atenuace (MNA) v oblasti DS PHM, OPVZ i jímacího území, a to v několika kolech
- **revize jímacích objektů** v jímacím území za účelem zjištění úrovní perforací v jímacích vrtech
- **pilotní testy** navrhované podporované biodegradace (složení nutrientů, mikroorganismů, zvážení air spargingu vs. vhánění supersaturované vody kyslíkem či peroxidu vodíku)
- **verifikace modelu**, přehodnocení navržených sanačních limitů



# Závěr

Na příkladu případové studie je zřejmé, že postupem času se významně měnil pohled na lokalitu, a tedy odvození cílových parametrů nápravných opatření.

Podstatné bylo, kdo lokalitu zkoumal, tedy jaký měl přístup, zkušenosti a data.

Veškeré práce byly posuzovány oponenty (supervize, nabyvatel) a příslušnými orgány (ministerstva, inspekce, vodoprávní úřad).

Ještě před 8 lety se předpokládal katastrofický scénář ohrožení jímacího území, přičemž náklady na nápravná opatření činily cca 650 mil. Kč (27 mil. EUR), při variantě částečné odtěžby s biodegradací by se jednalo o cca 250 mil Kč (10 mil. EUR).

Vzhledem k tomu, že v rámci modelové predikce bylo zjištěno, že těžba a jakýkoliv invazivní zásah do procesů probíhající biodegradace mají za následek zhoršení stavu, je v současné době vhodné zvažovat jako jediné sanační opatření monitorovanou přirozenou atenuaci (MNA).

V případech, kdy aktuální úroveň poznání problému nedovoluje exaktně definovat návrhy opatření směřující k definitivnímu dosažení cílů nápravných opatření, je nezbytné volit etapovitý přístup, především u sanačních opatření.

