

Eliminace vlivu přítoku podzemních vod do tělesa výsypky s obsahem balastních izomerů HCH



Jan Bartoň¹, Roman Hadacz¹, Zdeněk Macka¹, Petr Brůček², Libor Polách³, Irena Šupíková³

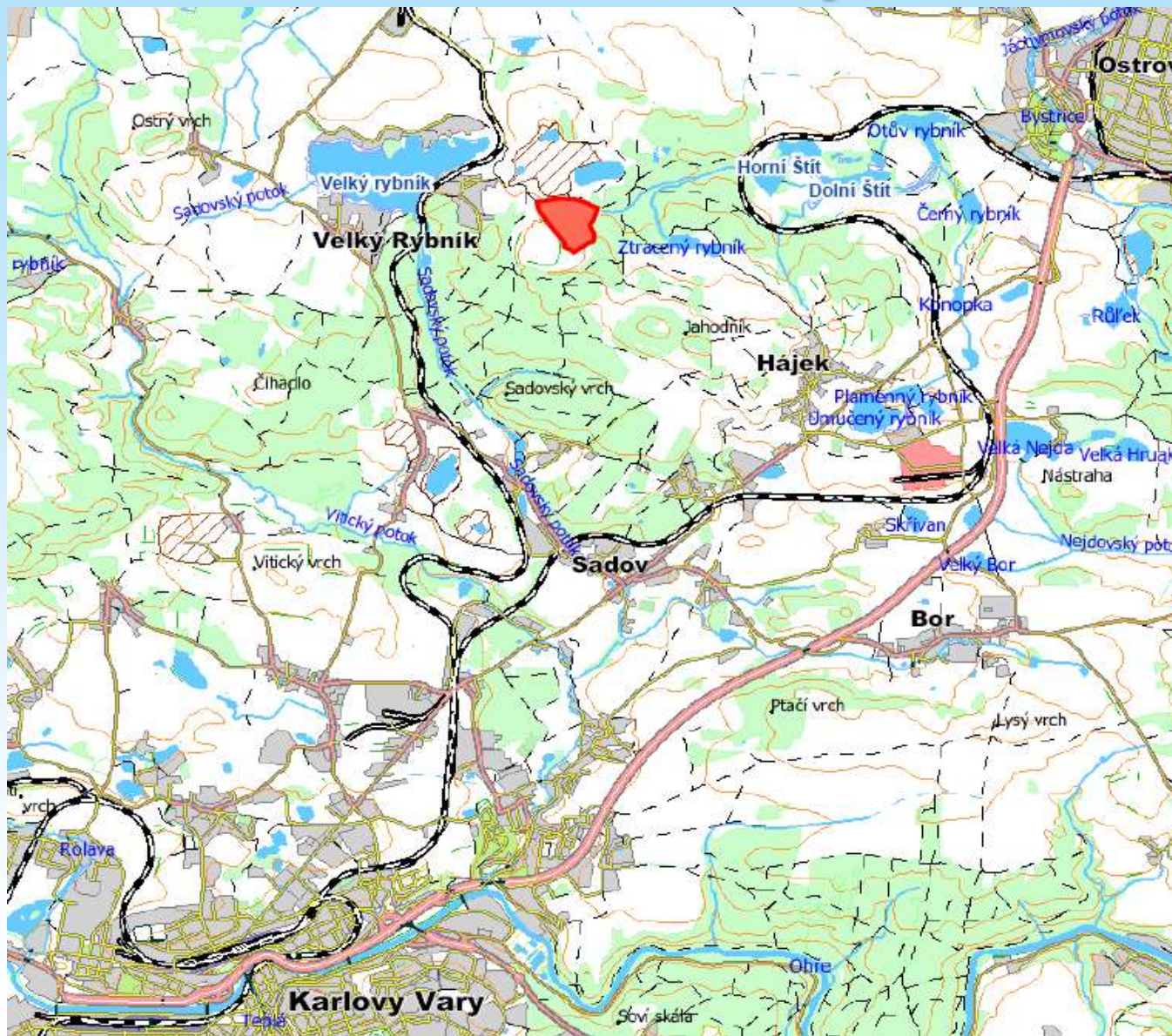
¹*GEOtest, a.s., Šmahova 1244/112, 627 00 Brno, ČR; barton@geotest.cz*

²*DIAMO, státní podnik, odštěpný závod Správa uranových ložisek, 28. října 184, 26101 Příbram, ČR*

³*AQUATEST, a.s., Geologická 988/4, 152 00 Praha 5 – Hlubočepy, ČR*



Lom Hájek



Lom Hájek

- Skládka obsahující odpady z výroby Spolany Neratovice, n.p. (nejen HCH) – tvoří pouze 0,035 % výsypky
- Navážení prováděl dopravní závod Uranových dolů v 60. letech
- Odpad různého charakteru (sypký, kartony, plechové či kartonové soudky)
- Navezeno v letech 1966–1968 > 5 000 t balastních odpadů
- Desítky stížností souvisejících s převozem látek do tělesa lomu
- Zavážení probíhalo do lomu s probíhající těžbou
- Problémy se stabilitou tělesa od počátku zavážení
- Konkrétní místo ukládání odpadů nebylo prokázáno
- Pramenní vývěr pod tělesem výsypky















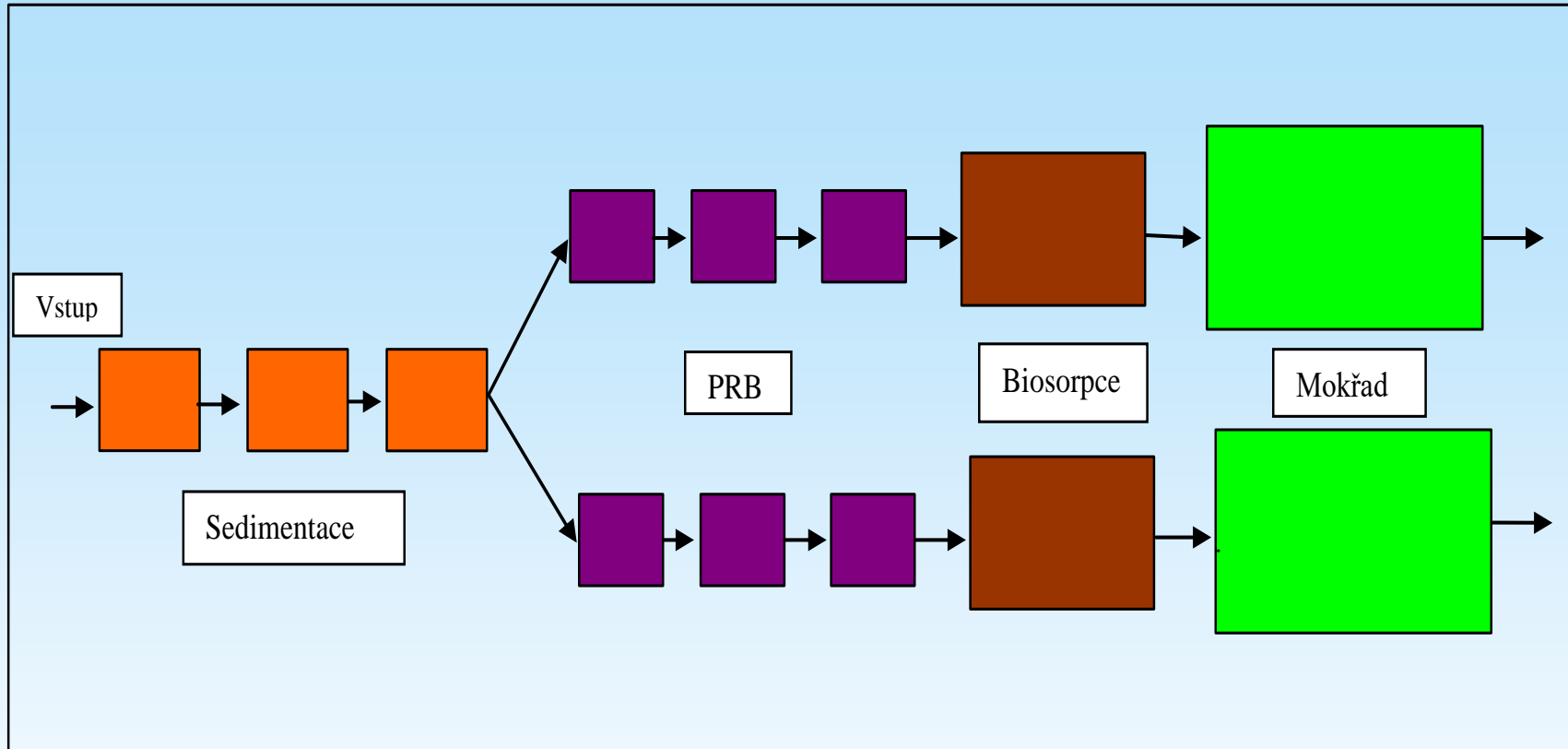


Technicko-ekonomická studie

- Návrh nejvhodnějšího způsobu čištění drenážních vod tak, aby byly splněny limity dle NV č. 401/2015 Sb.
- Stabilita tělesa výsypky
- Vliv infiltrace atmosférických srážek na stabilitu výsypky, zamezení infiltrace
- Ověření přítoků podzemních vod do tělesa výsypky, jejich eliminace
- Ověření míst možného uložení BI a návrh způsobu likvidace



Inovativní systém čištění vod



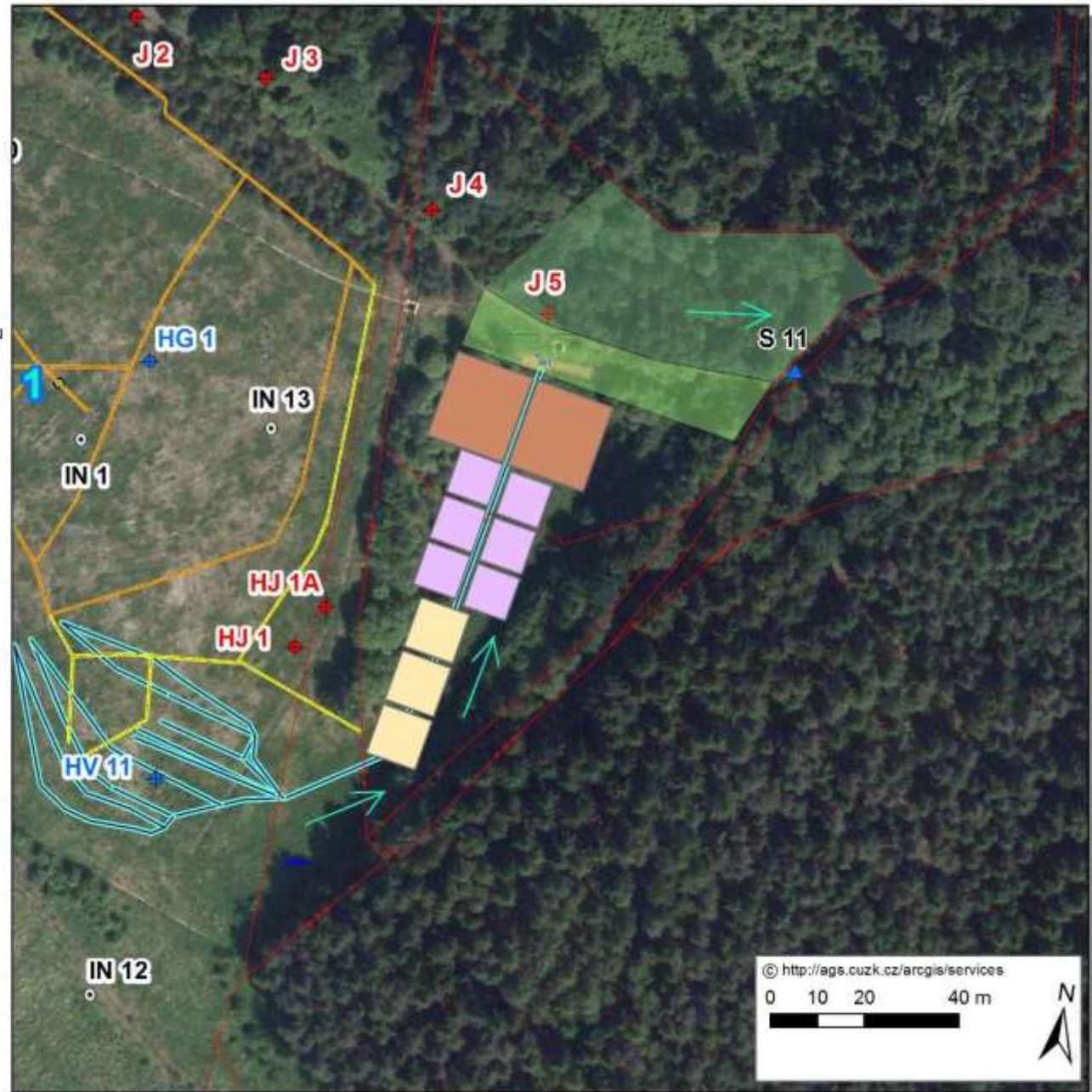
- PRB – účinné makroželezo – Fe-špony z třískového obrábění
- Pasivní mokřadní systém – jako sorbenty rašelina, aktivní uhlí



Inovativní systém čištění vod

SITUACE VÝSYPKY HÁJEK

-  monitorovaný vrt
-  hydrogeologický vrt
-  inženýrsko-geologický vrt
-  instalovaný lyžimetr
-  odběr povrchové vody
-  nová drenáž
-  stará drenáž
-  kontaminovaná stará drenáž určená k čištění v pilotním systému
-  hranice katastru
-  mokřad
-  oxidační stupeň
-  PRB
-  biosorpce
-  směr proudění vody

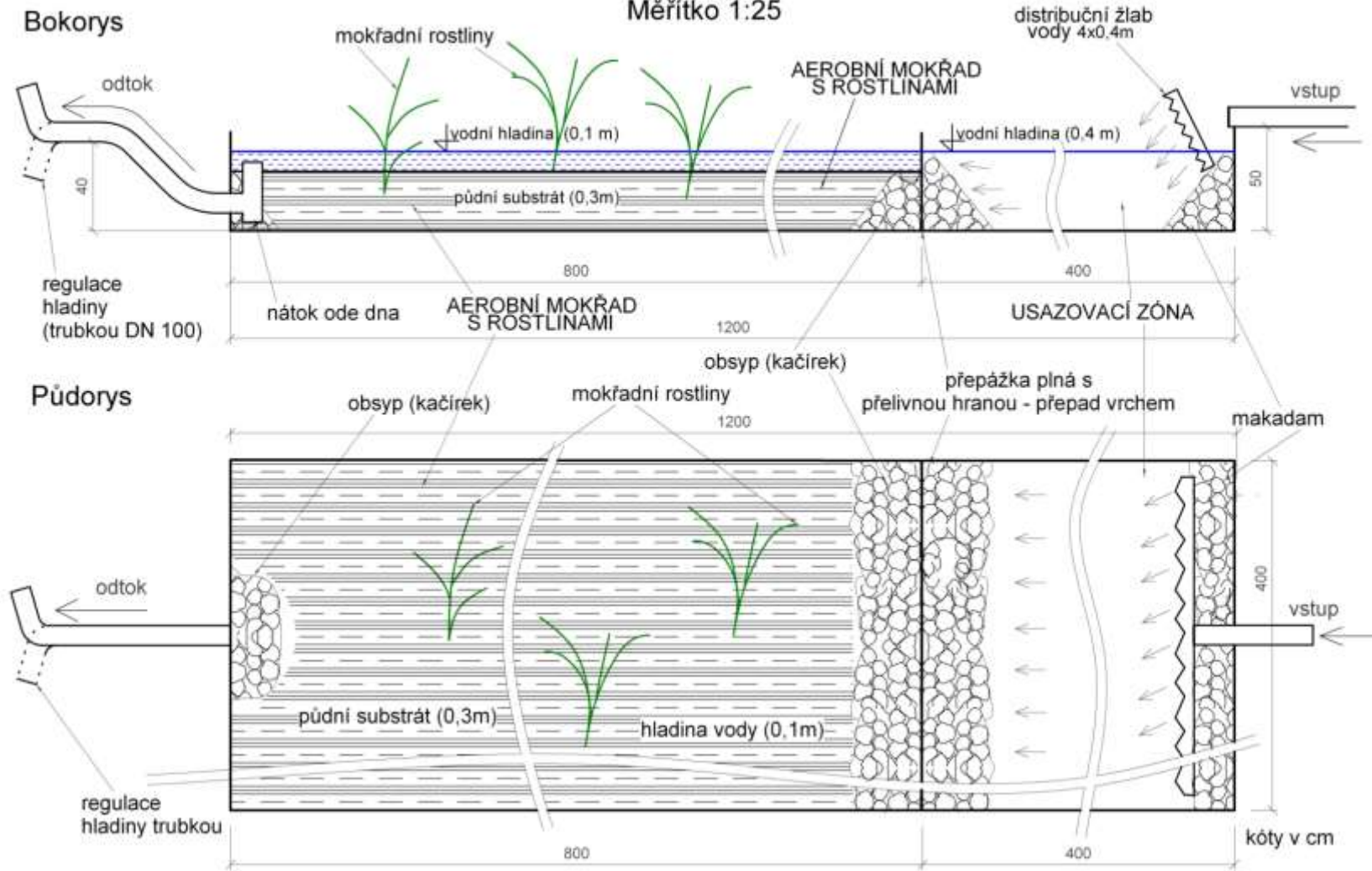




Aerobní mokřad

Nádrž A - aerobní mokřad schematický náčrt

Měřítko 1:25



Mokřadní systém



Biodegradační nádrž



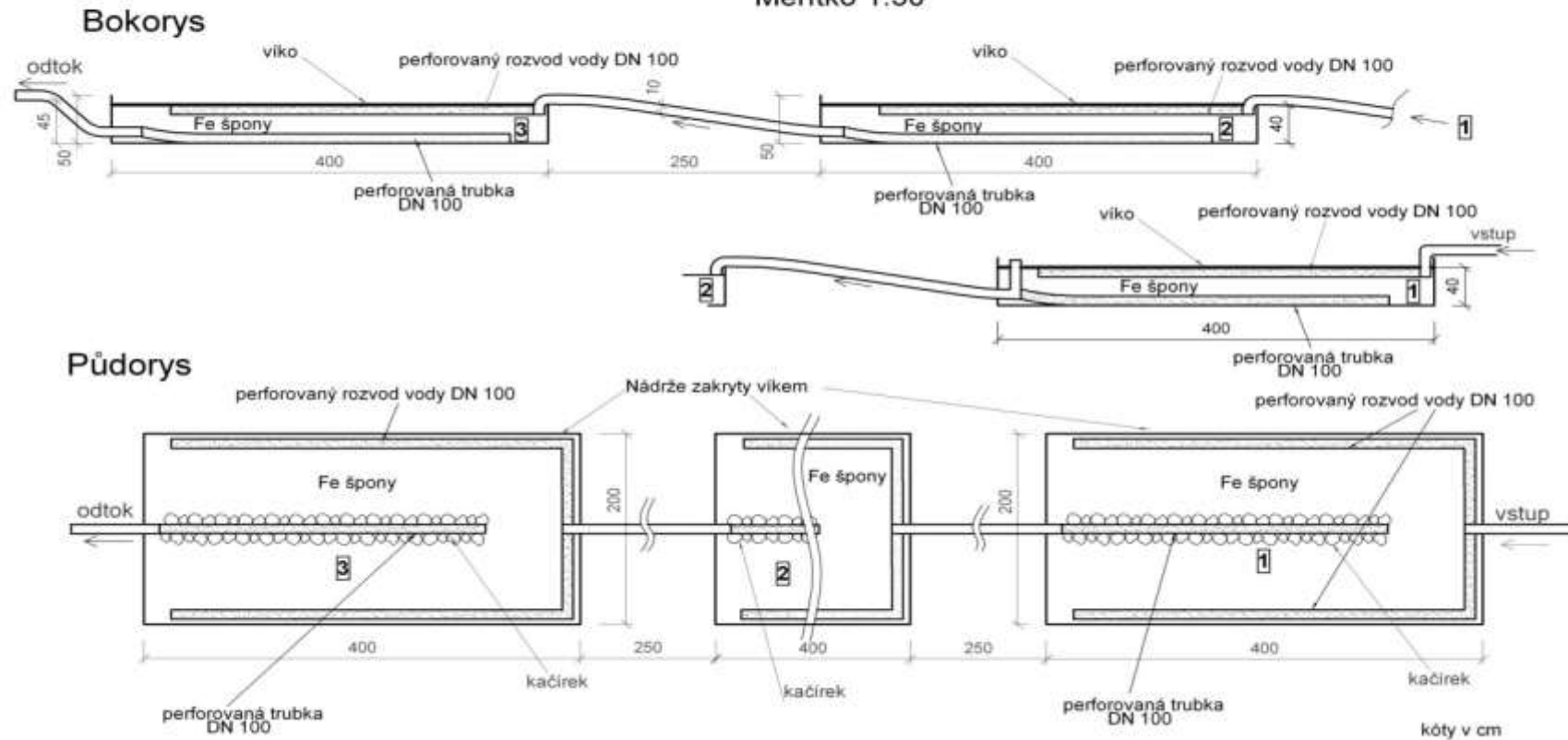
Sedimentační nádrž



Propustná reakční bariéra

Nádrže PRB (Permeabilní reaktivní bariéry) bez přístupu vzduchu

Měřítko 1:50



Propustná reakční bariéra

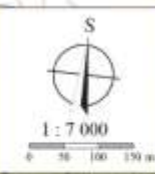
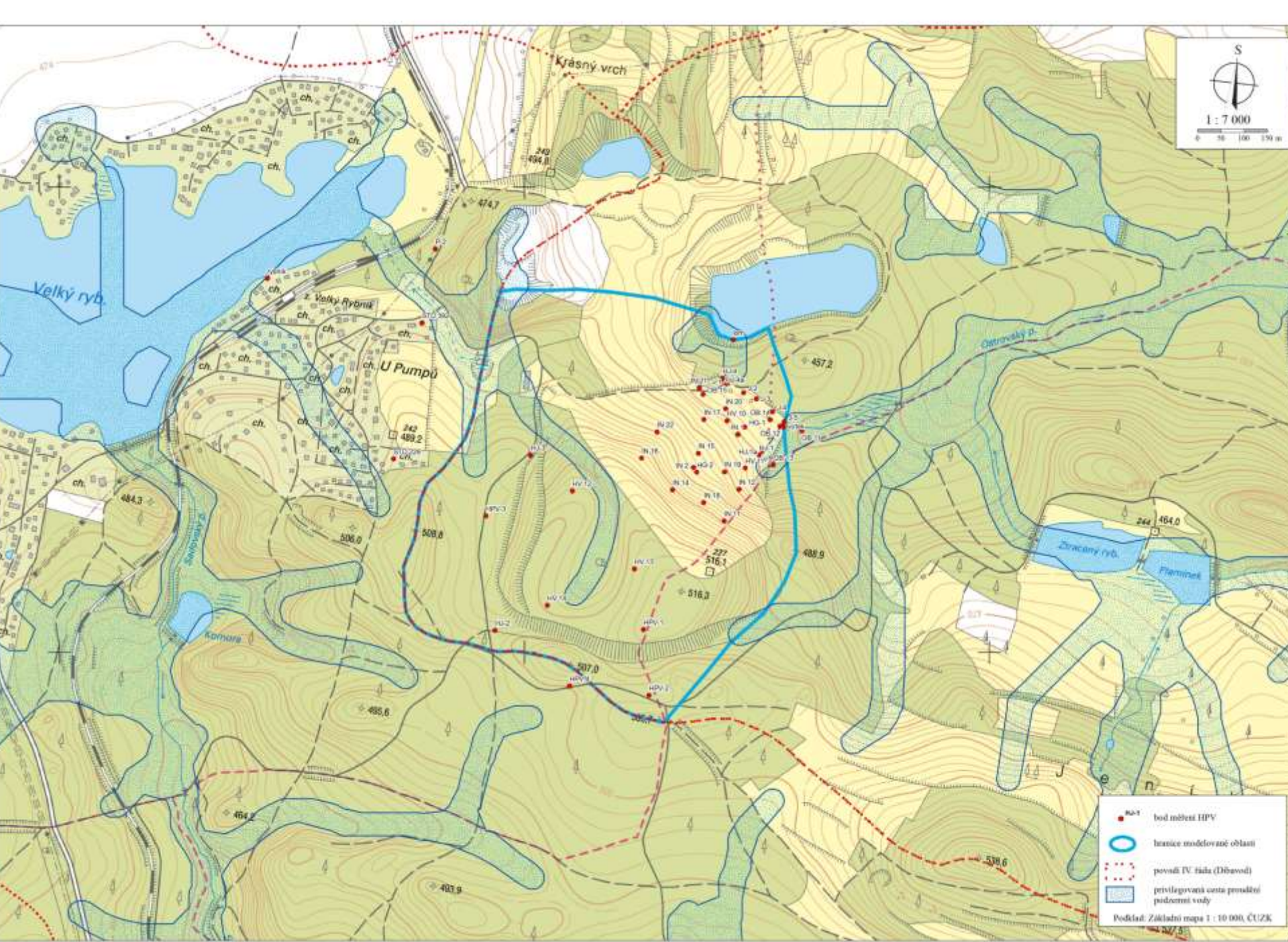


Eliminace přítoku podzemních vod

- Numerický model proudění podzemní vody
- Simulace nápravných opatření
- Geofyzikální průzkum
- Vrtné práce
- Hydrodynamické zkoušky
- Karotážní práce
- Monitoring a hydrogeochemický průzkum

Výstup: Ověření přítoků podzemních vod do tělesa výsypky a navržení technických opatření k jejich eliminaci





- bod měření HPV
 - hranice modelované oblasti
 - - - povodň IV. řádu (Dřavodí)
 - přistupování cesty podzemní podzemní vody
- Podklad: Základní mapa 1 : 10 000, ČÚZK

Analýza archivních LMS

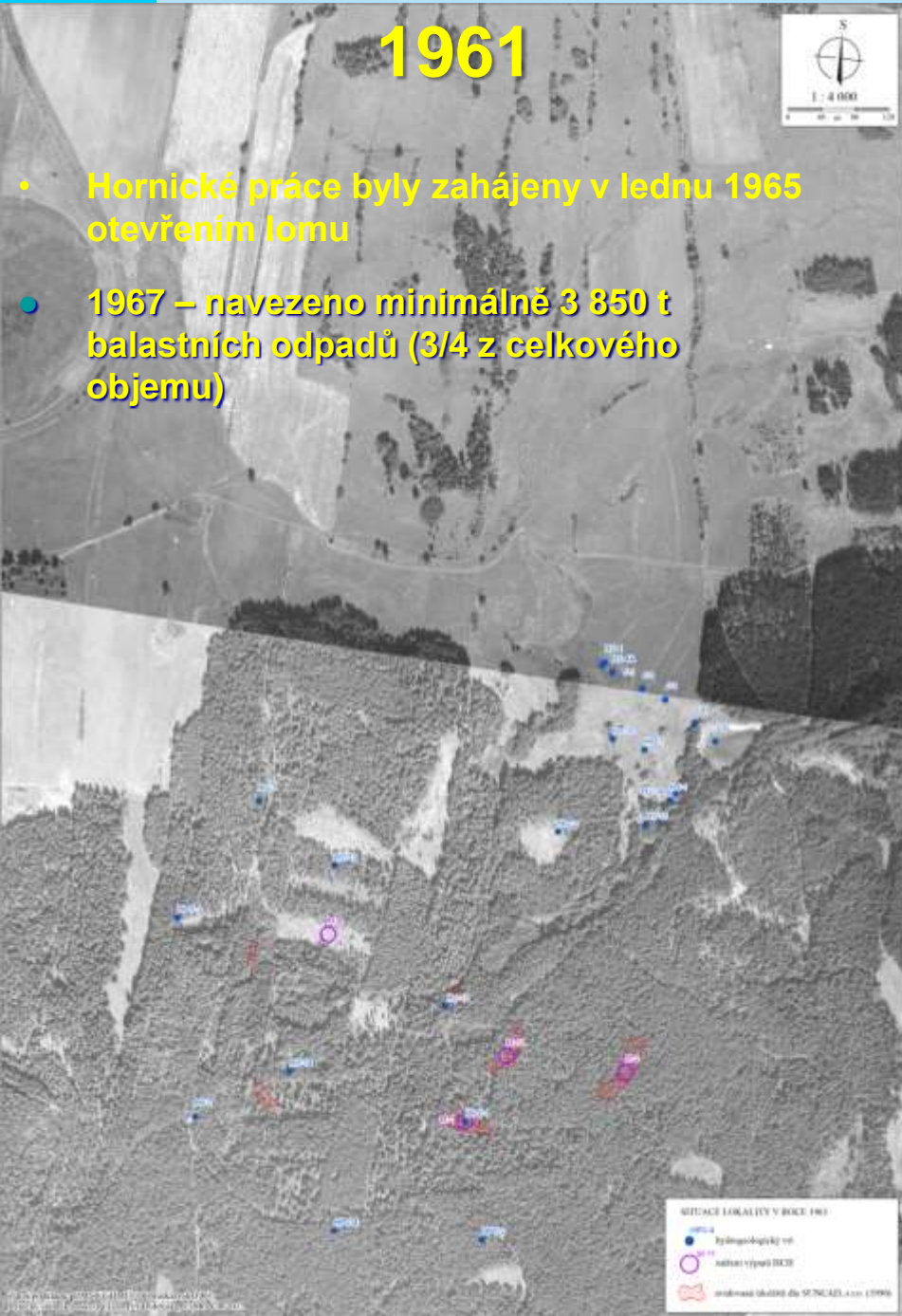
- Nejzajímavější ve vztahu k ukládání odpadů je situace z let 1967 a 1969
- 14 časových období z LMS archivu VGHMÚř
- Maximální možný rozsah uložení odpadních látek



1961



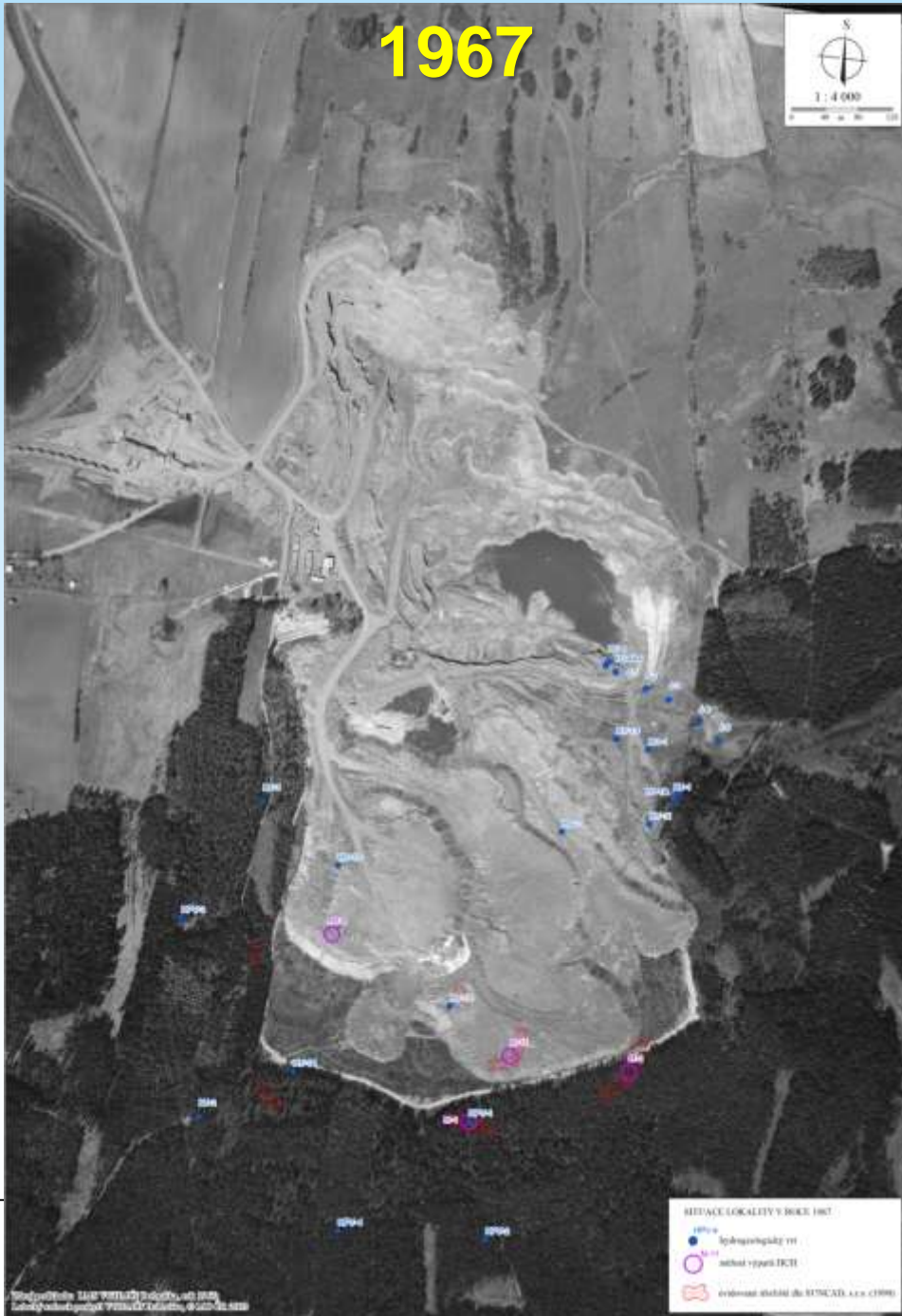
- Hornické práce byly zahájeny v lednu 1965 otevřením lomu
- 1967 – navezeno minimálně 3 850 t balastních odpadů (3/4 z celkového objemu)



SITUACE LOKALITY V ROCE 1961

- hydrogeologický vt.
- náhon výhled DCE
- měřičná stanice do STNČAD, A.S. (1996)

1967



SITUACE LOKALITY V ROCE 1967

- hydrogeologický vt.
- náhon výhled DCE
- měřičná stanice do STNČAD, A.S. (1996)

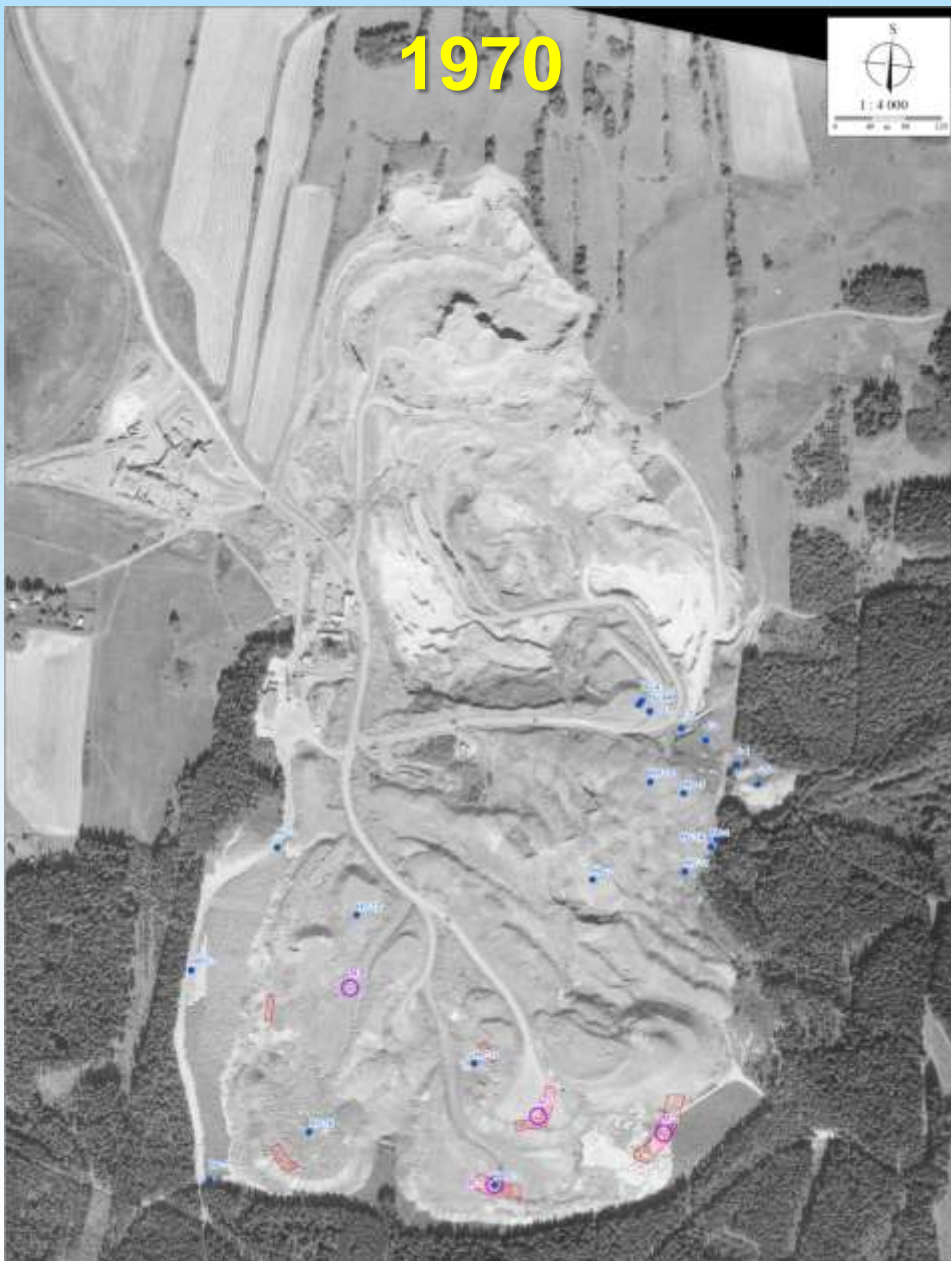
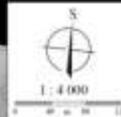
1969



SITUACE LOKALITY V ROCE 1969

- hydrogeologický vt
- zdroj výhled DCE
- ☞ vodní maso (úděl) do STNČAD, a.s. (1999)

1970



SITUACE LOKALITY V ROCE 1970

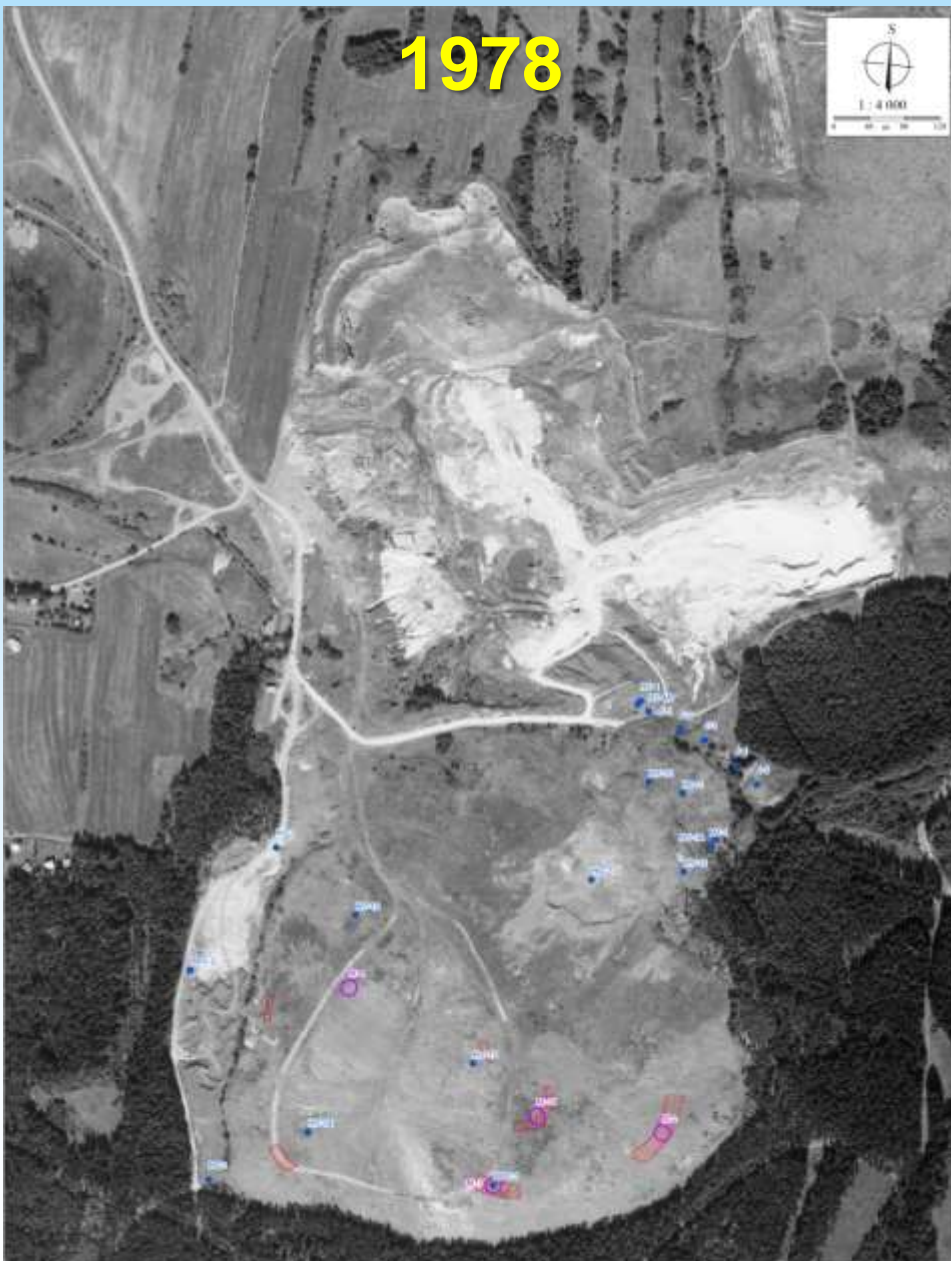
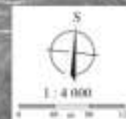
- hydrogeologický vt
- zdroj výhled DCE
- ☞ vodní maso (úděl) do STNČAD, a.s. (1999)

- Těžba v severní části
- 1969 – navezeno vše – více než 5 000 t balastních odpadů
- Část odpadu splňuje podmínku min 10 m od okraje odvalu, překrytí 2 m zeminy
- Jižní část lomu byla nově odlesněna

1973



1978



- 11. 11. 1971 byly těžební práce na lomu ukončeny
- Vytěženo celkem 6,5 mil. m³ rudniny, bentonitu a kaolinu.
- V roce 1972 počátek rekultivace pomocného odvalu

SITUACE LOKALITY V ROCE 1973

- 1973 - hydrogeologický výřez
- 1973 - nástin výhledu DCH
- 1973 - odvalovací štěrky do SÚNCAR, a.s. (1990)

SITUACE LOKALITY V ROCE 1978

- 1978 - hydrogeologický výřez
- 1978 - nástin výhledu DCH
- 1978 - odvalovací štěrky do SÚNCAR, a.s. (1990)

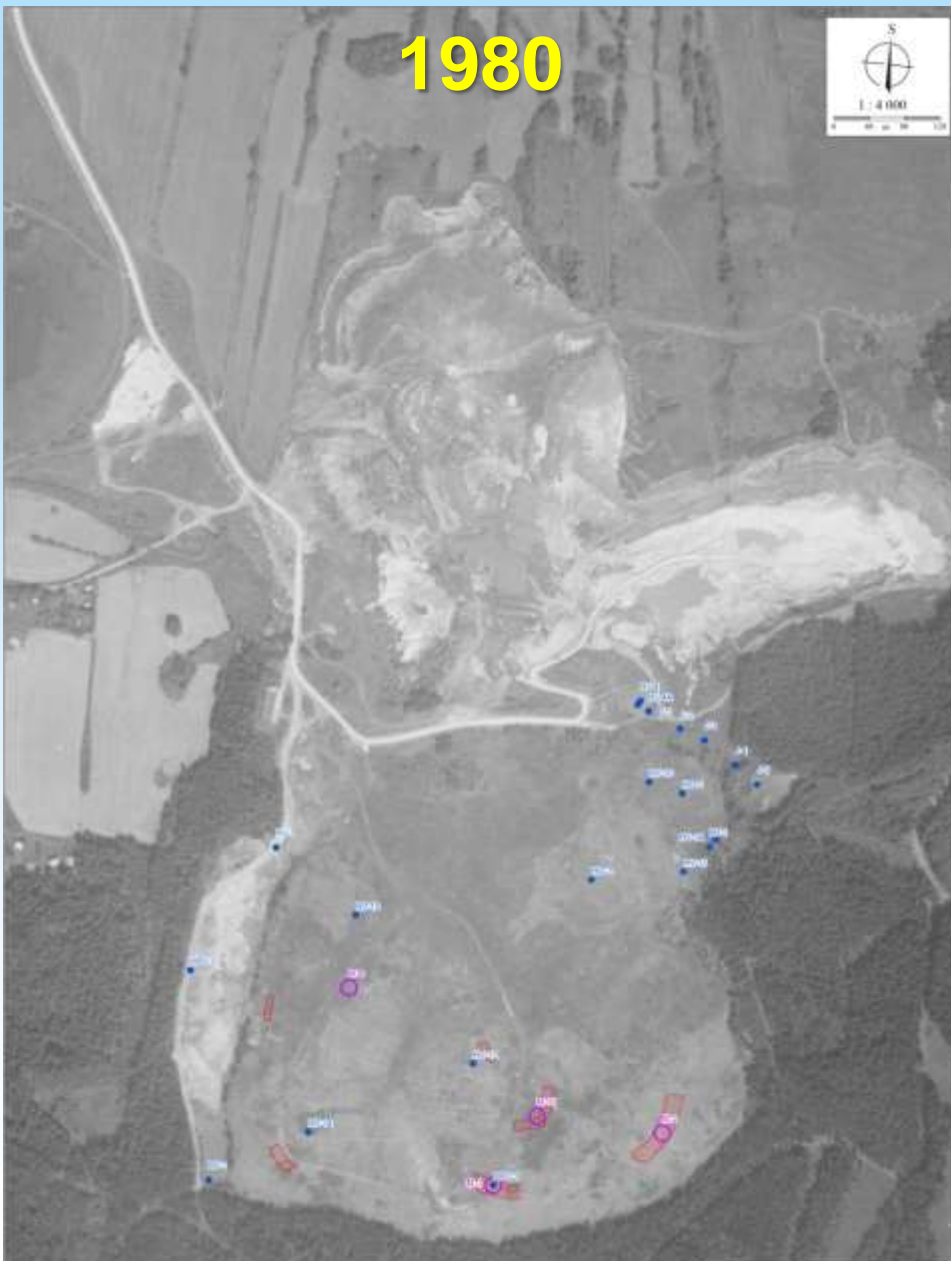
1979



SITUACE LOKALITY V ROCE 1979

- hydrogeologický vs.
- měření výšky BČS
- ▭ ohraničení území do SÚPČAS, z.č. 13996

1980

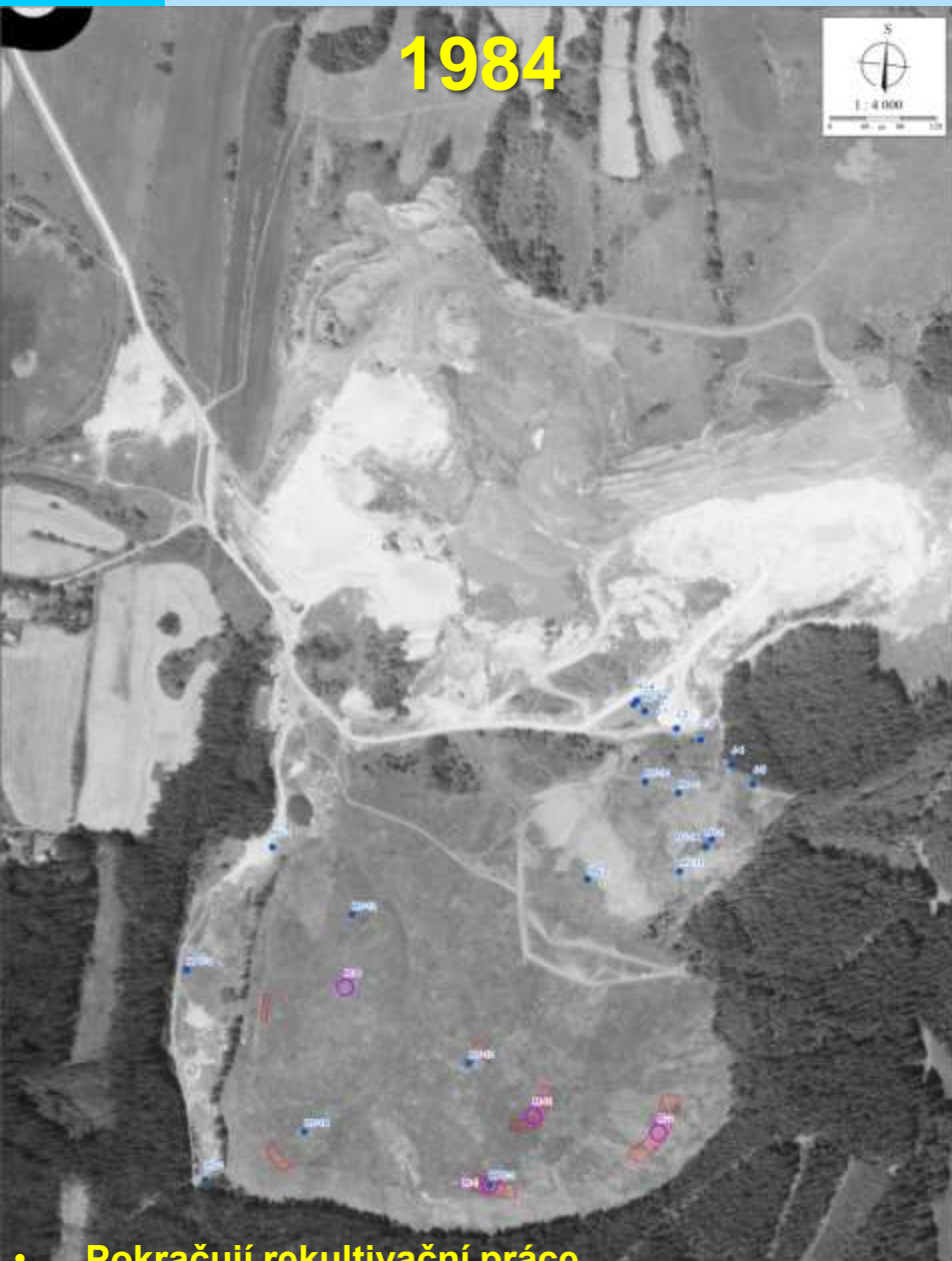


SITUACE LOKALITY V ROCE 1980

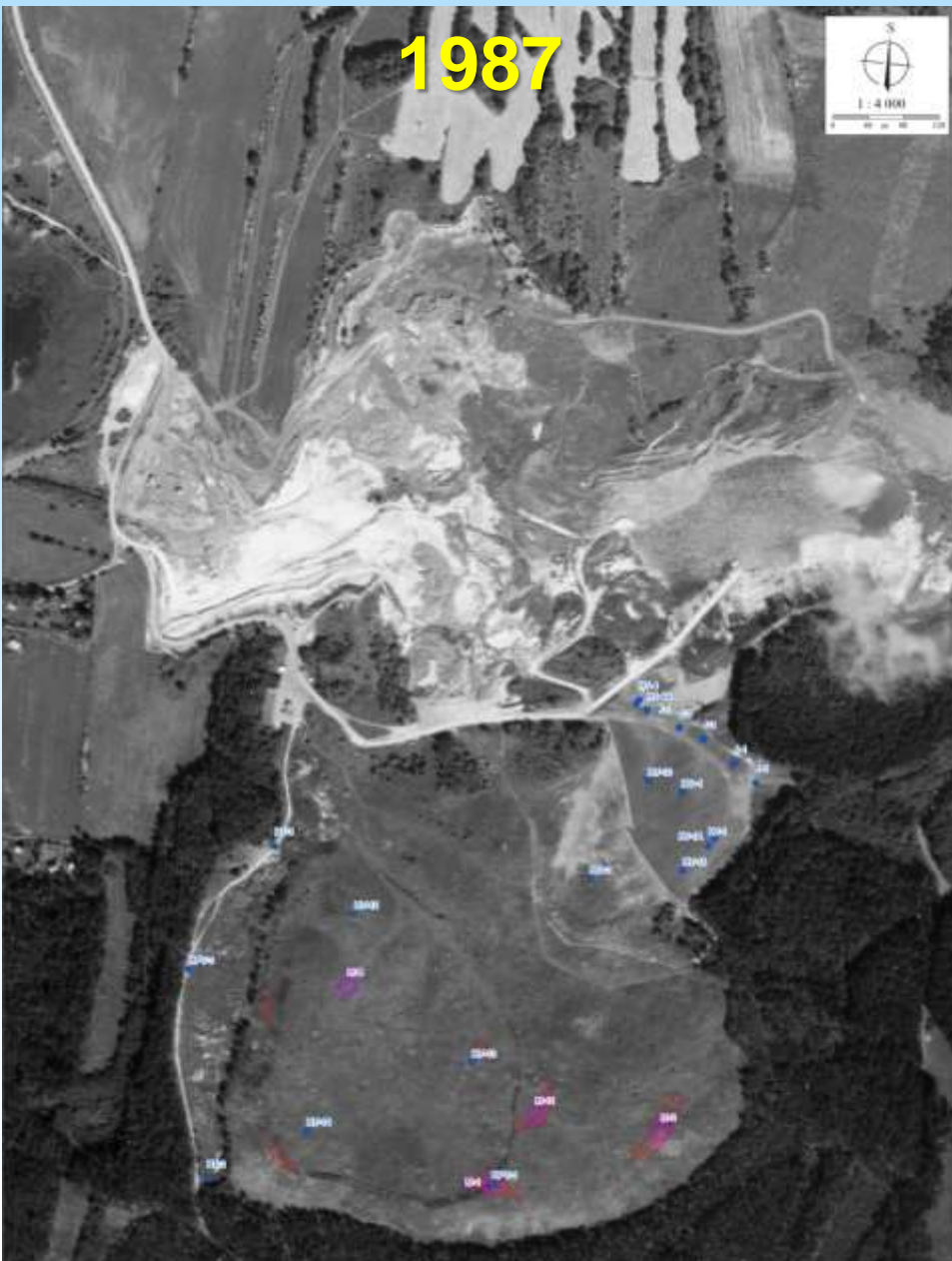
- hydrogeologický vs.
- měření výšky BČS
- ▭ ohraničení území do SÚPČAS, z.č. 13996

- Pokračují rekultivační práce
- Je „sanován“ sesuv

1984



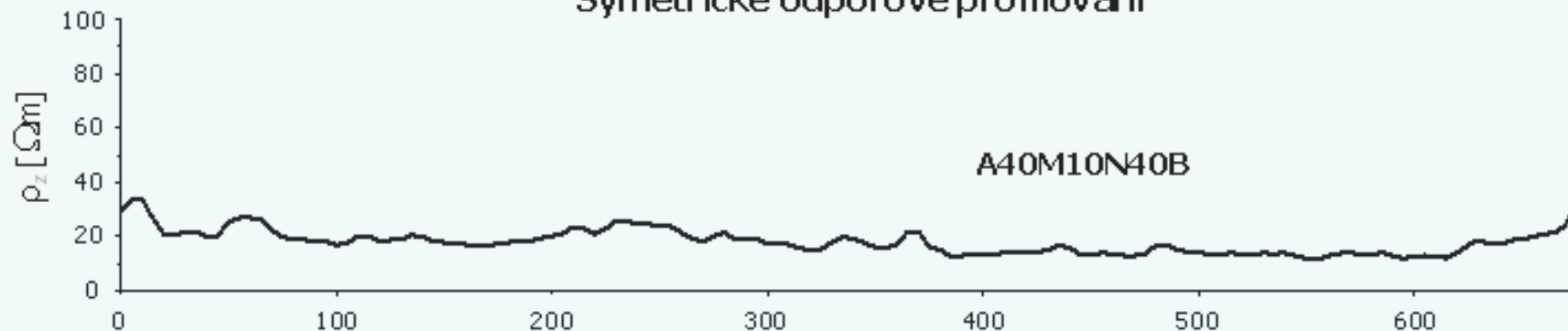
1987



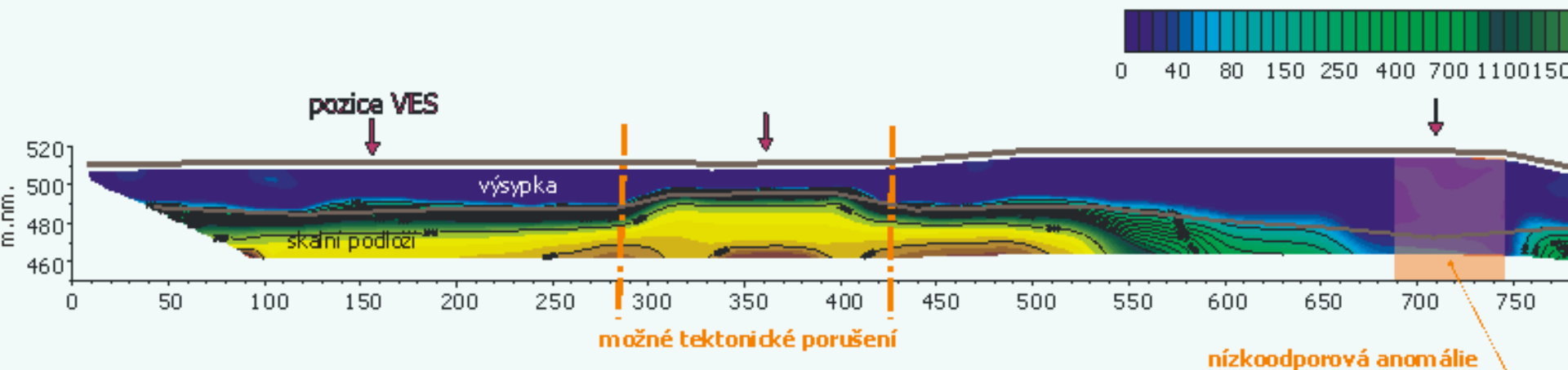
- Pokračují rekultivační práce
- Těžba kaolinu

Geofyzikální průzkum

Symetrické odporové profilování



Elektrická odporová tomografie a vertikální elektrické sondování

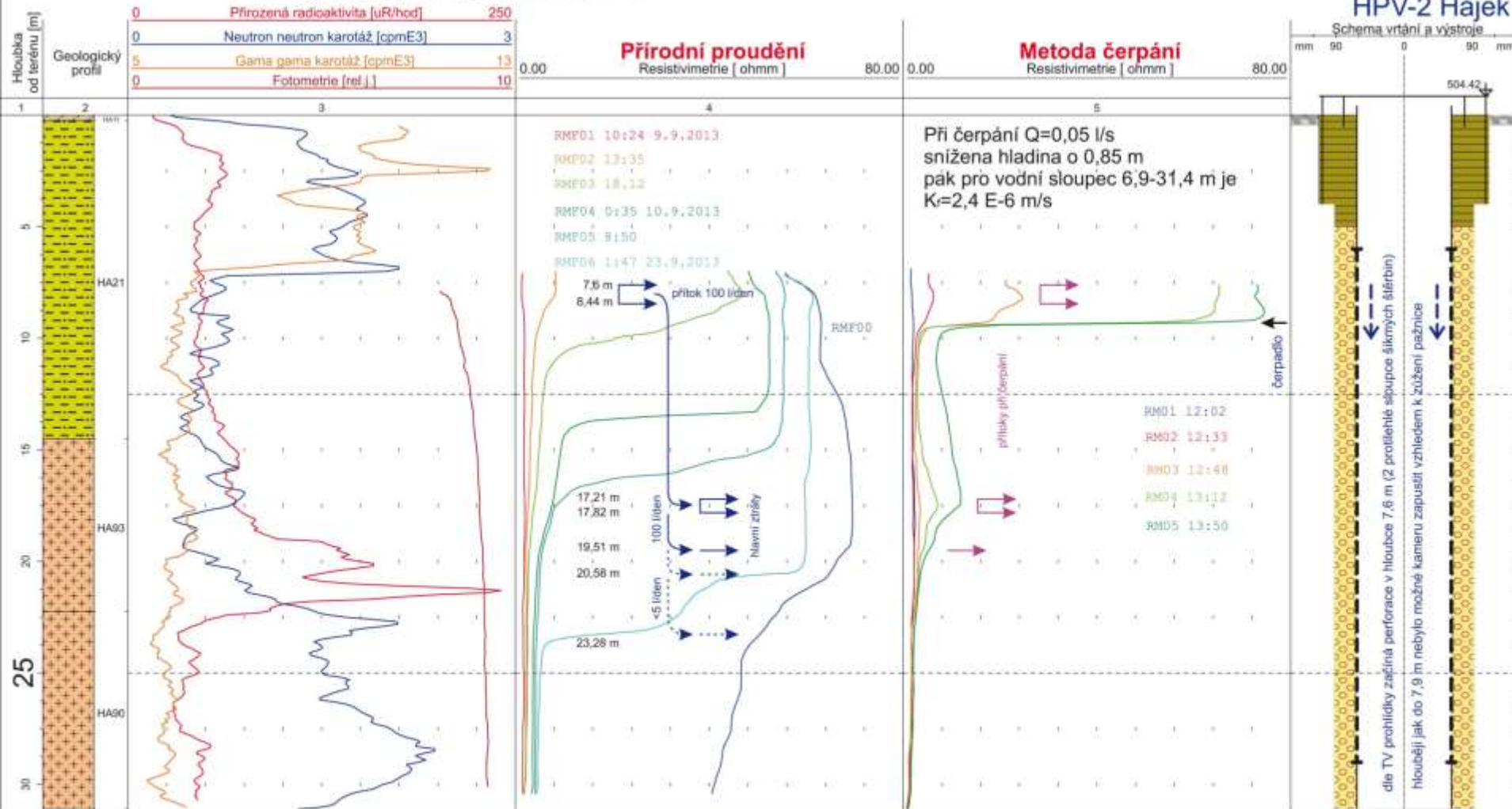


Karotážní průzkum

AQUATEST a.s. Praha divize karotáže

Výsledky karotážních měření

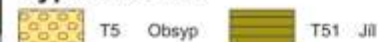
idobj: 258



VYSVĚTLIVKY



Výplně ve vrtu

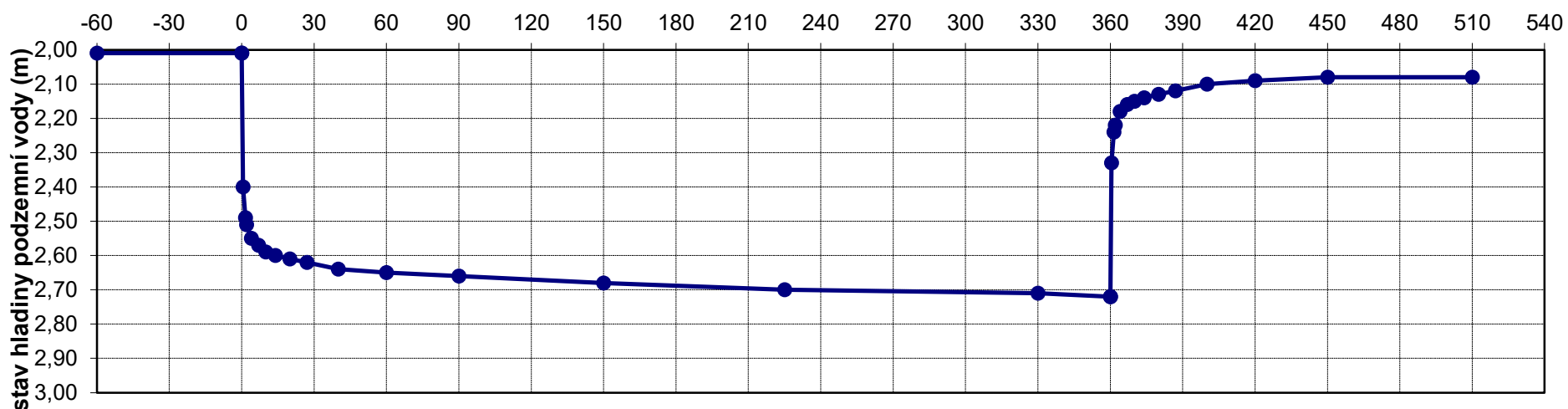


2. sloupec

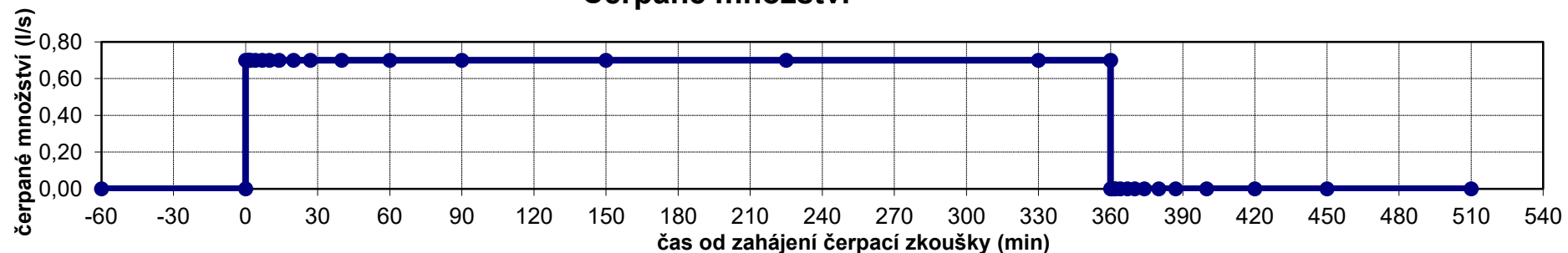
6. sloupec

Objekt	k (m/s)	Třída propustnosti	T (m ² /s)	Třída transmisivity
HPV-2	1,09.10 ⁻⁶	V – dosti slabě propustné	1,53.10 ⁻⁵	IV – nízká
HPV-3	2,74.10 ⁻⁷	VI – slabě propustné	2,46.10 ⁻⁶	V – velmi nízká
HPV-4	6,92.10 ⁻⁷	VI – slabě propustné	9,67.10 ⁻⁶	V – velmi nízká
HV-10	1,36.10 ⁻⁵	IV – mírně propustné	2,72.10 ⁻⁵	IV – nízká
HV-11	2,40.10 ⁻⁴	III – dosti silně propustné	1,31.10 ⁻³	II – vysoká
HV-13	3,17.10 ⁻⁶	V – dosti slabě propustné	7,49.10 ⁻⁶	V – velmi nízká
HV-14	1,92.10 ⁻⁵	IV – mírně propustné	1,73.10 ⁻⁵	IV – nízká
HG-2	2,04.10 ⁻⁶	V – dosti slabě propustné	3,27.10 ⁻⁵	IV – nízká

Průběh hydrodynamické zkoušky na čerpaném vrtu HV-11

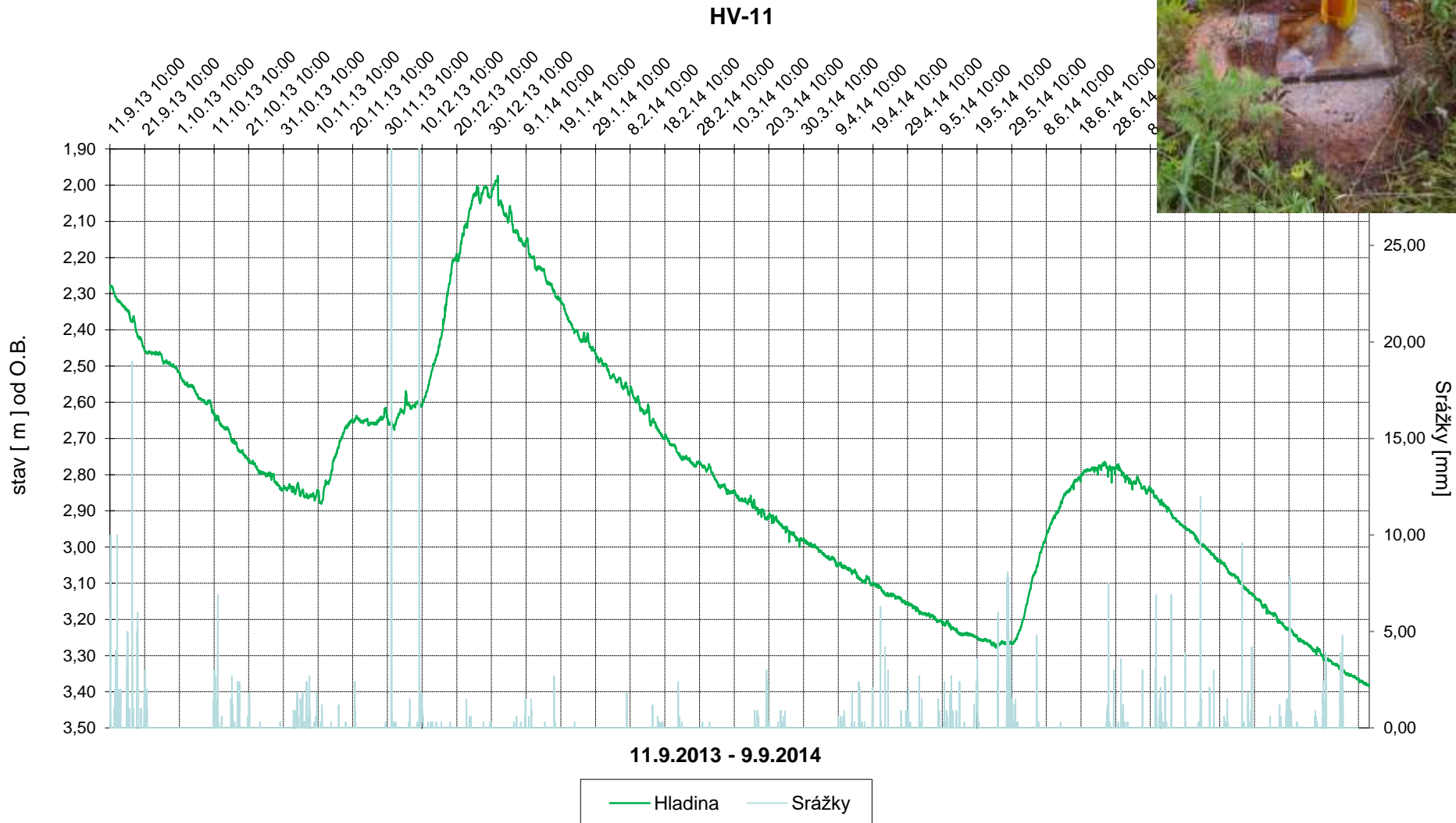


Čerpané množství



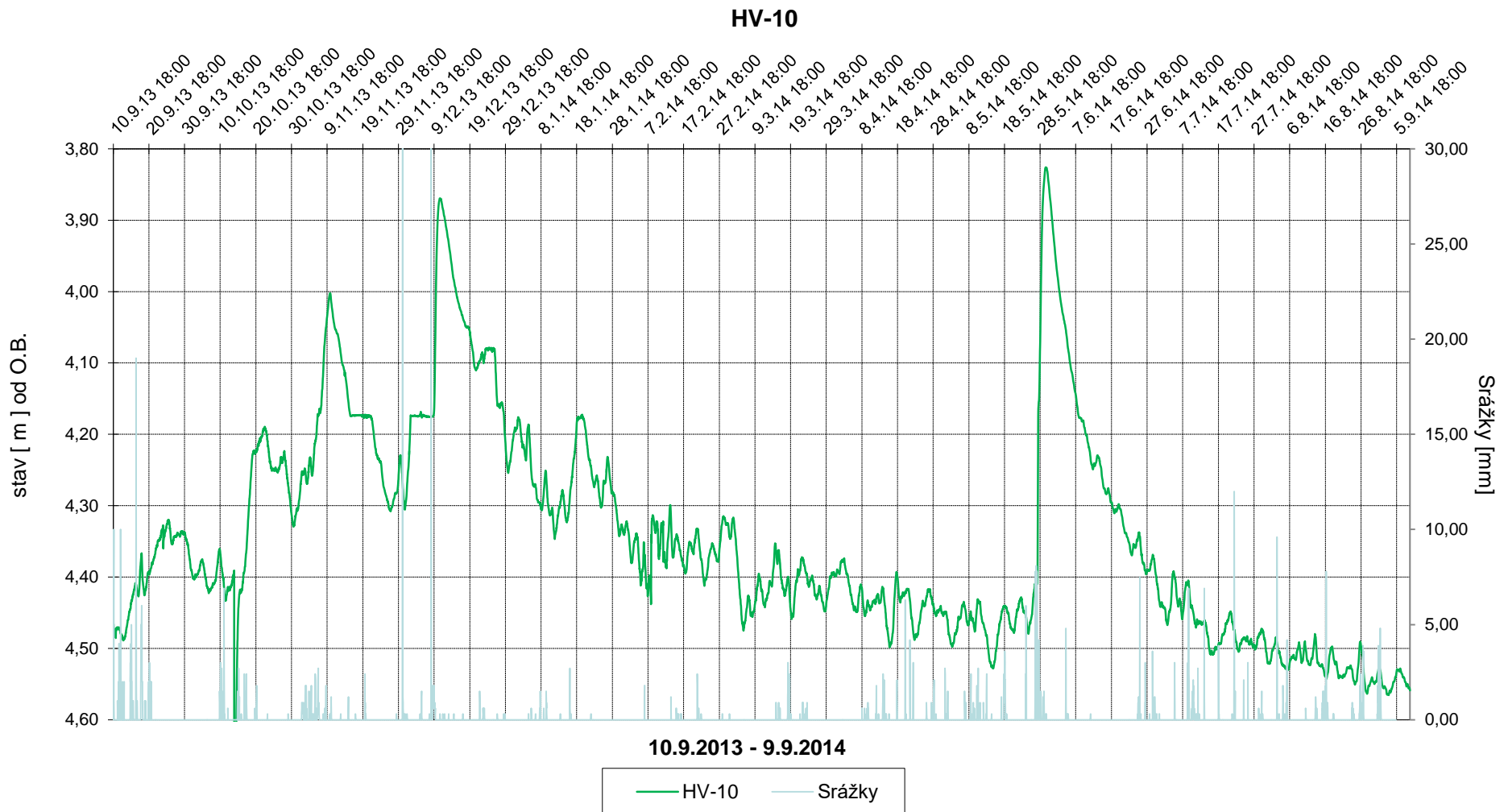
Záznamy z dataloggerů

- Podzemní voda



Záznamy z dataloggerů

- Srážková voda



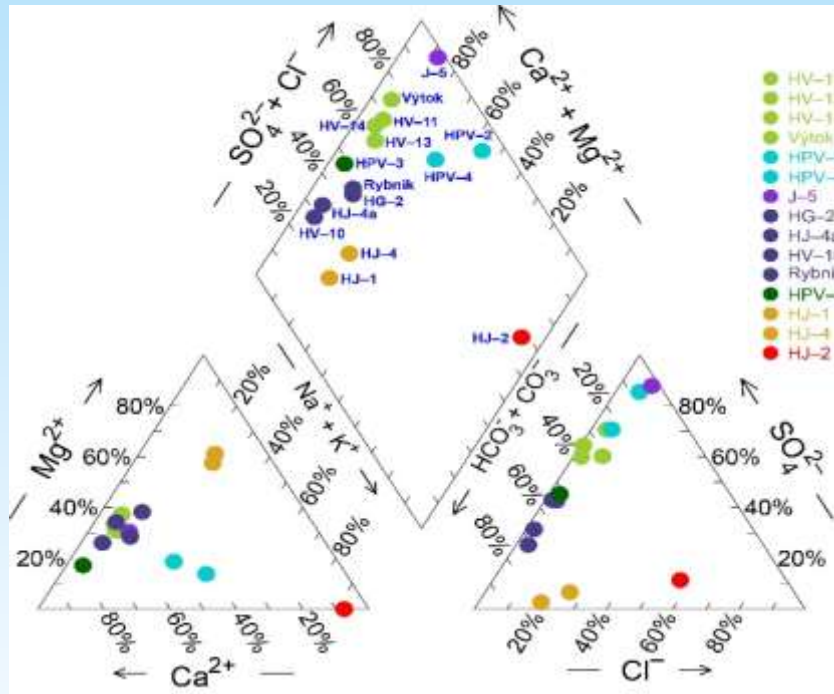
Vyhodnocení geochemie vod

- Modelování v programu Geochemist's Workbench
- Piperův, Durovův a Stiffův diagram
- 7 GCH skupin:
- I.–IV.: Ca_2^+ - SO_4^{2-} typu až bikarbonátový typ
- V. skupina: vyšší zastoupení alkalických kovů
- VI. a VII.: postupný přechod od síranového k bikarbonátovému typu (více Na)

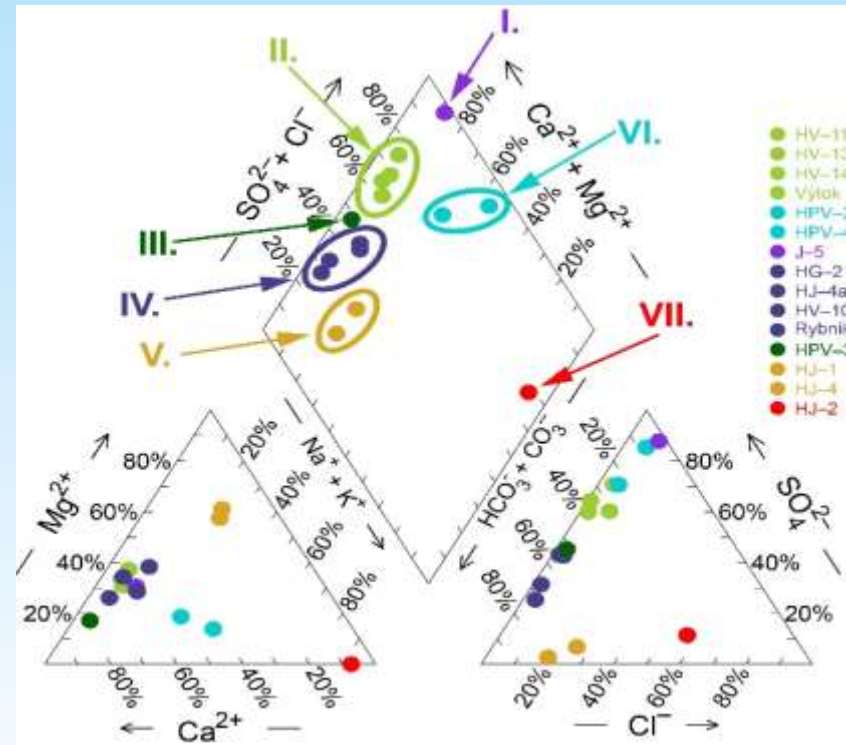


Vyhodnocení geochemie vod

a



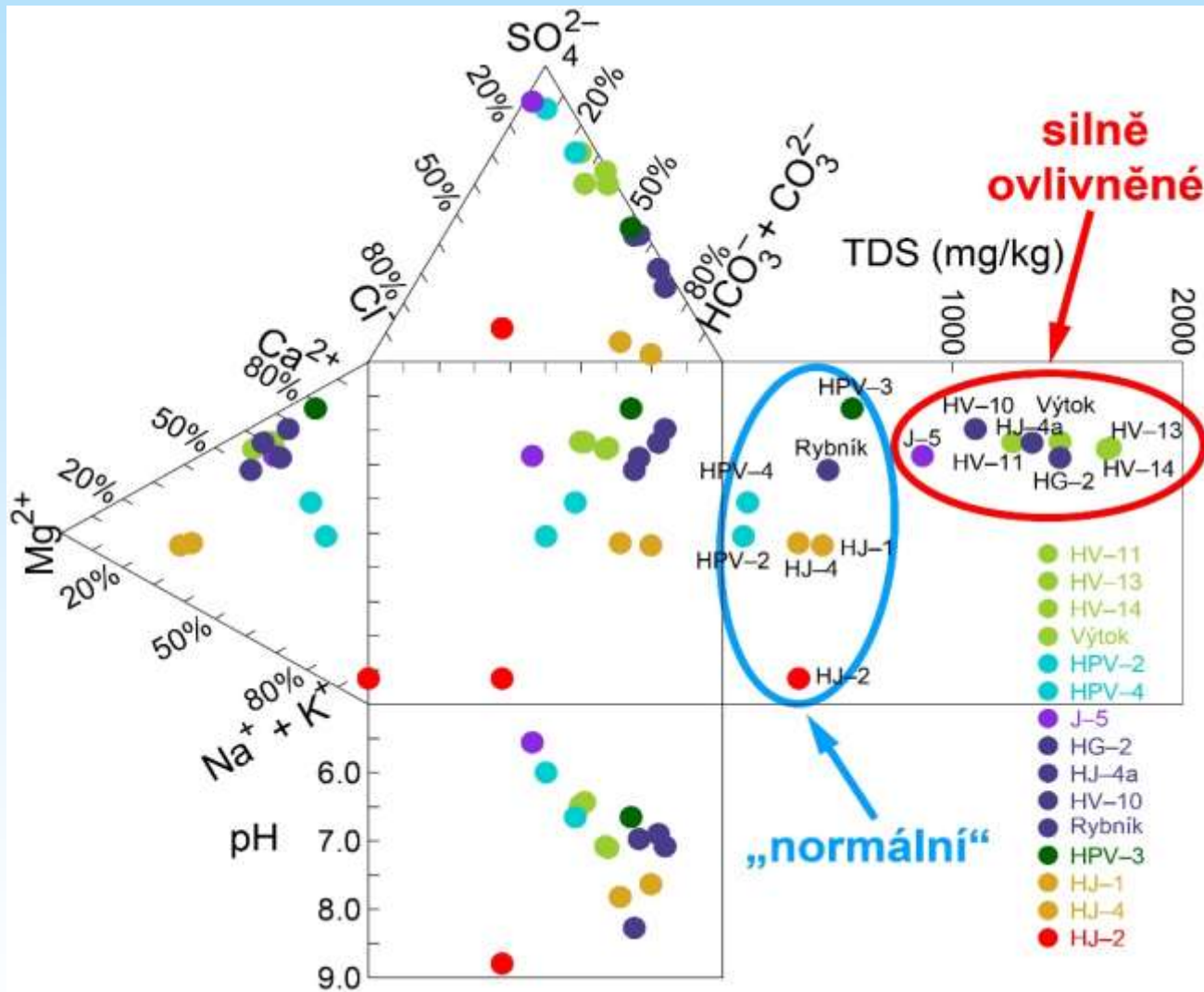
b



Obr. 1 Pozice složení vod v Piperově diagramu: a) označení vrtů, b) rozdělení vrtů do skupin.

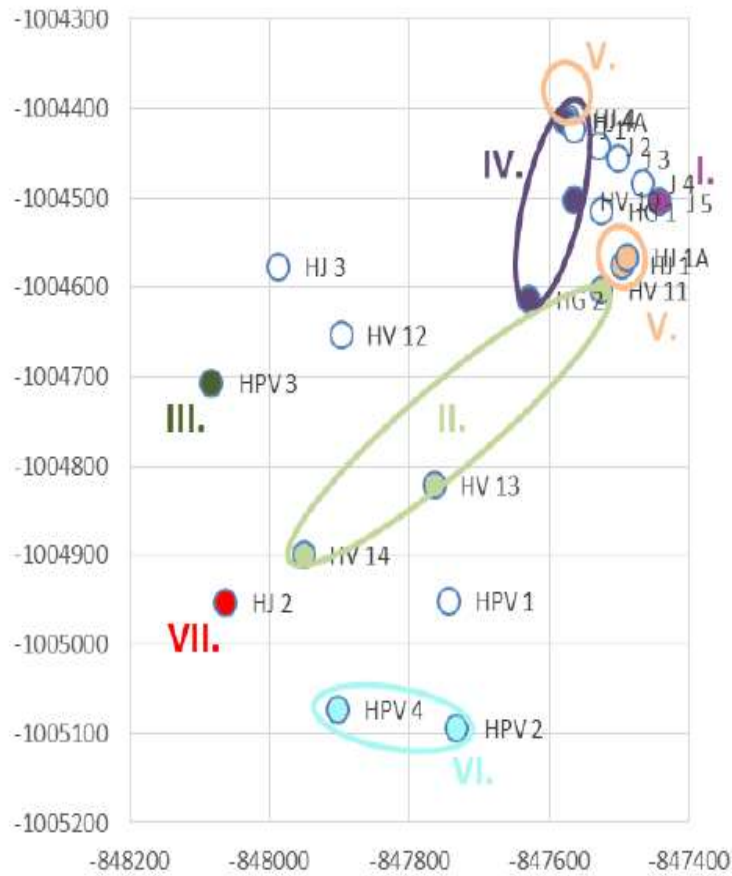


Vyhodnocení geochemie vod

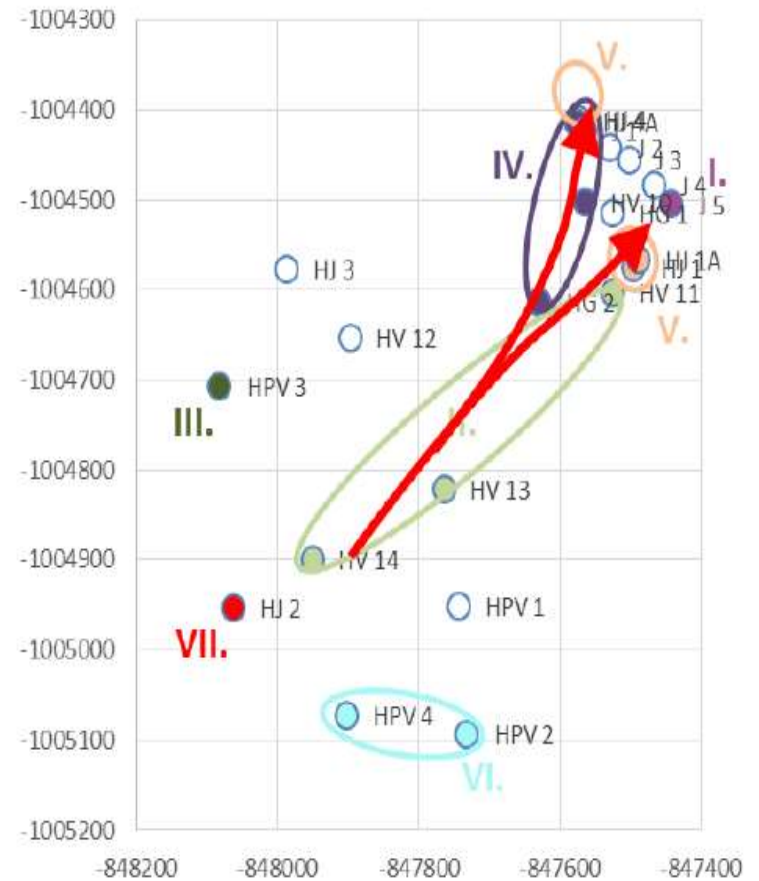


Geochemické členění vod

a

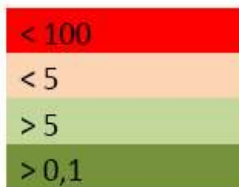
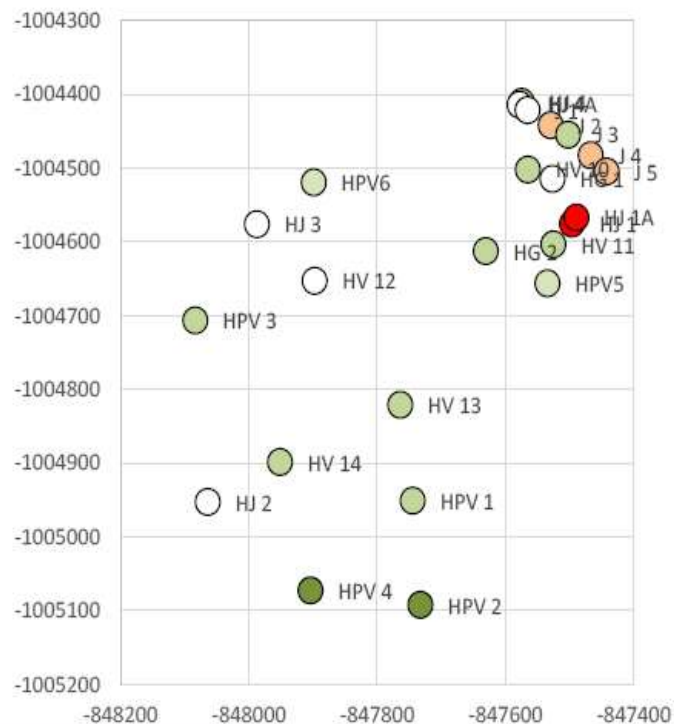


b

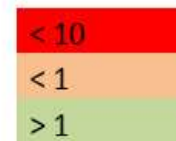
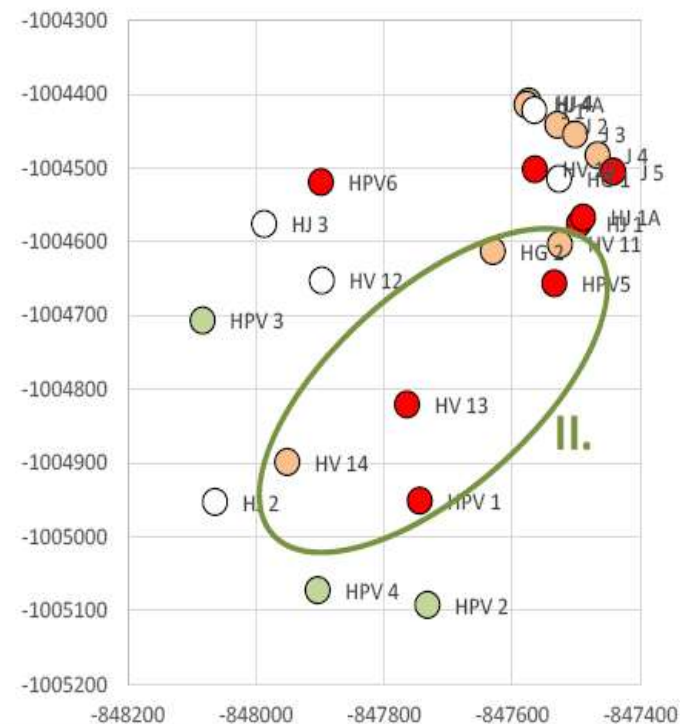


Kontaminace vod

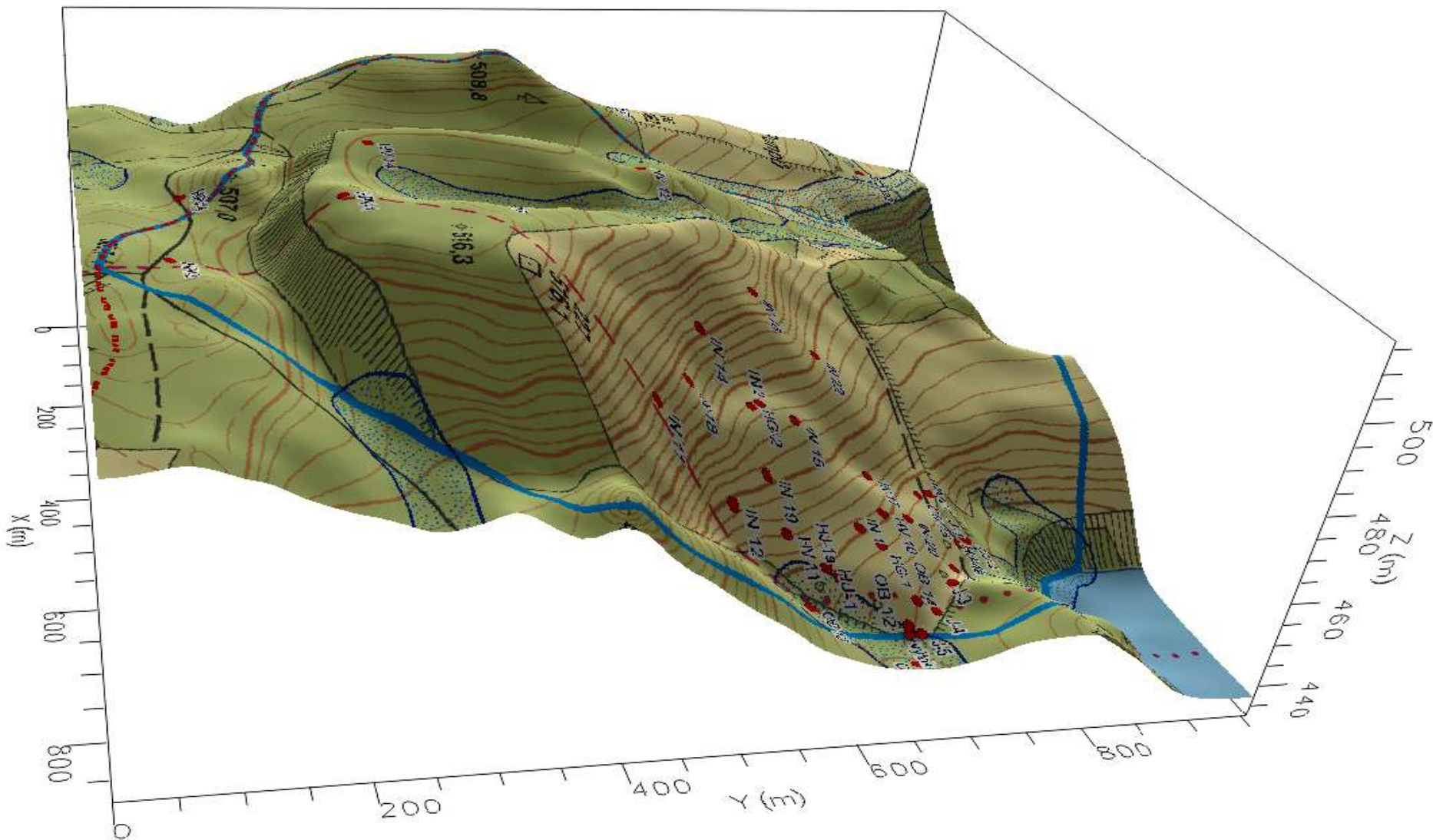
a CB



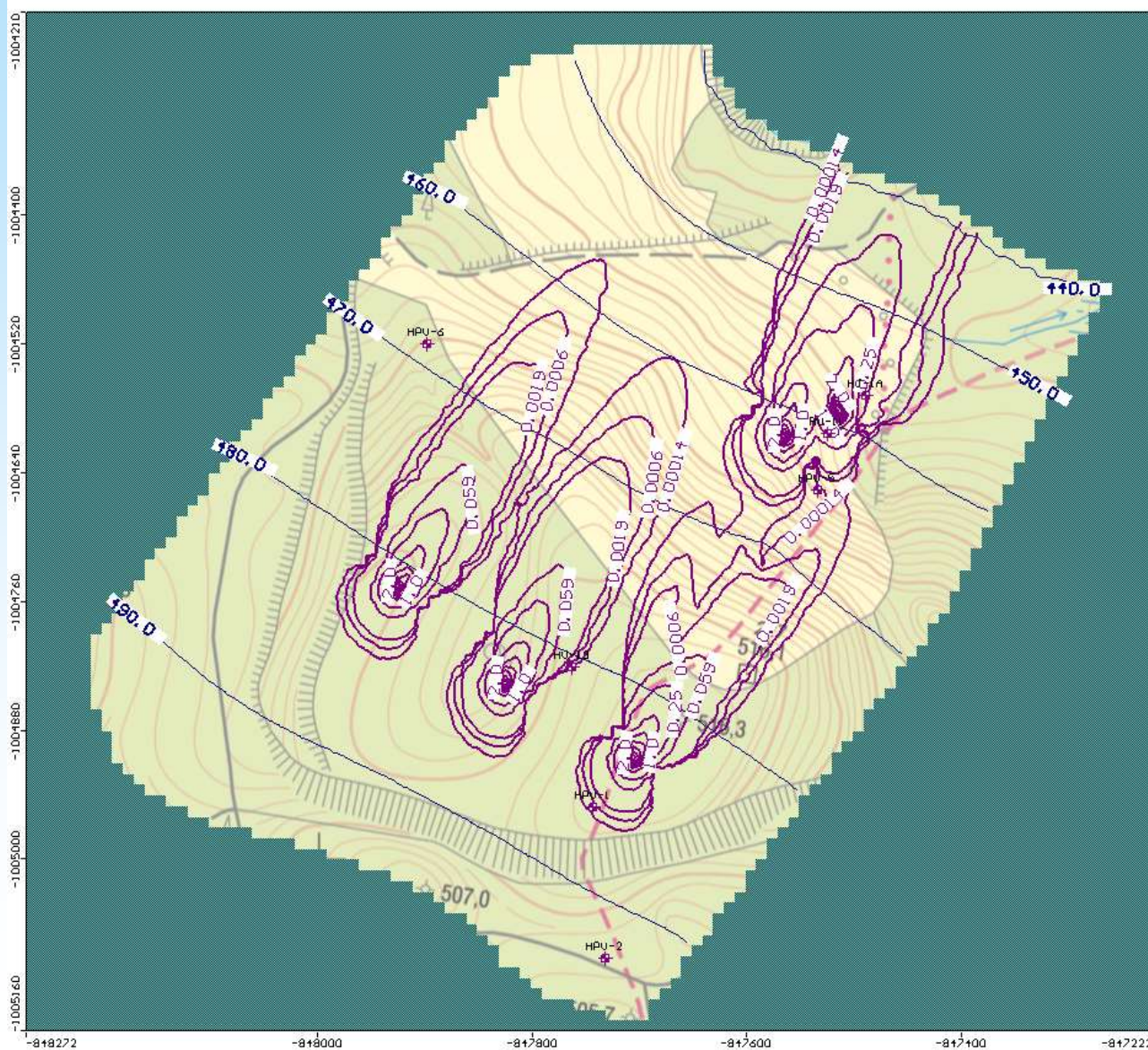
b HCH



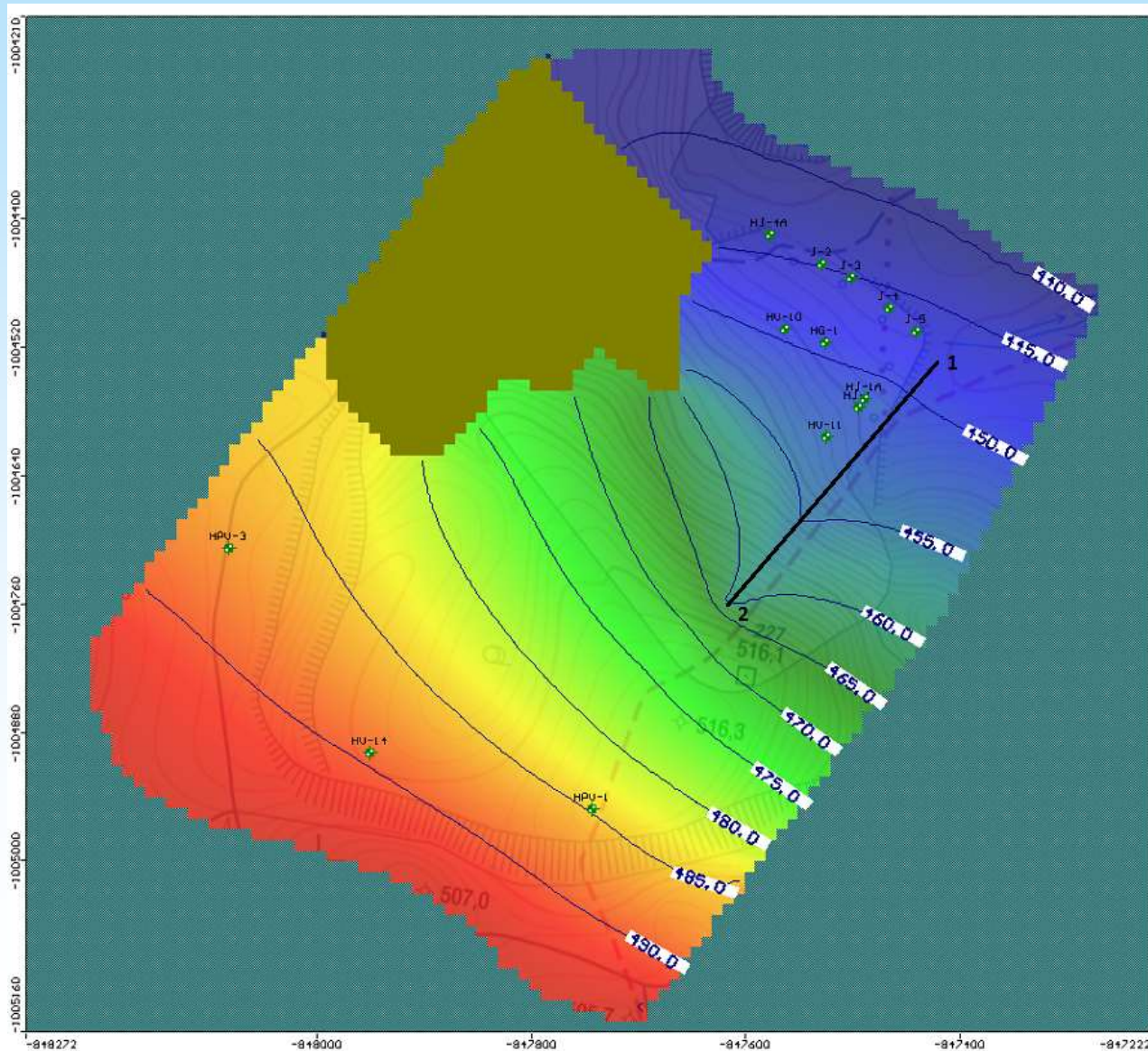
3D model povrchu terénu (5x převýšeno)

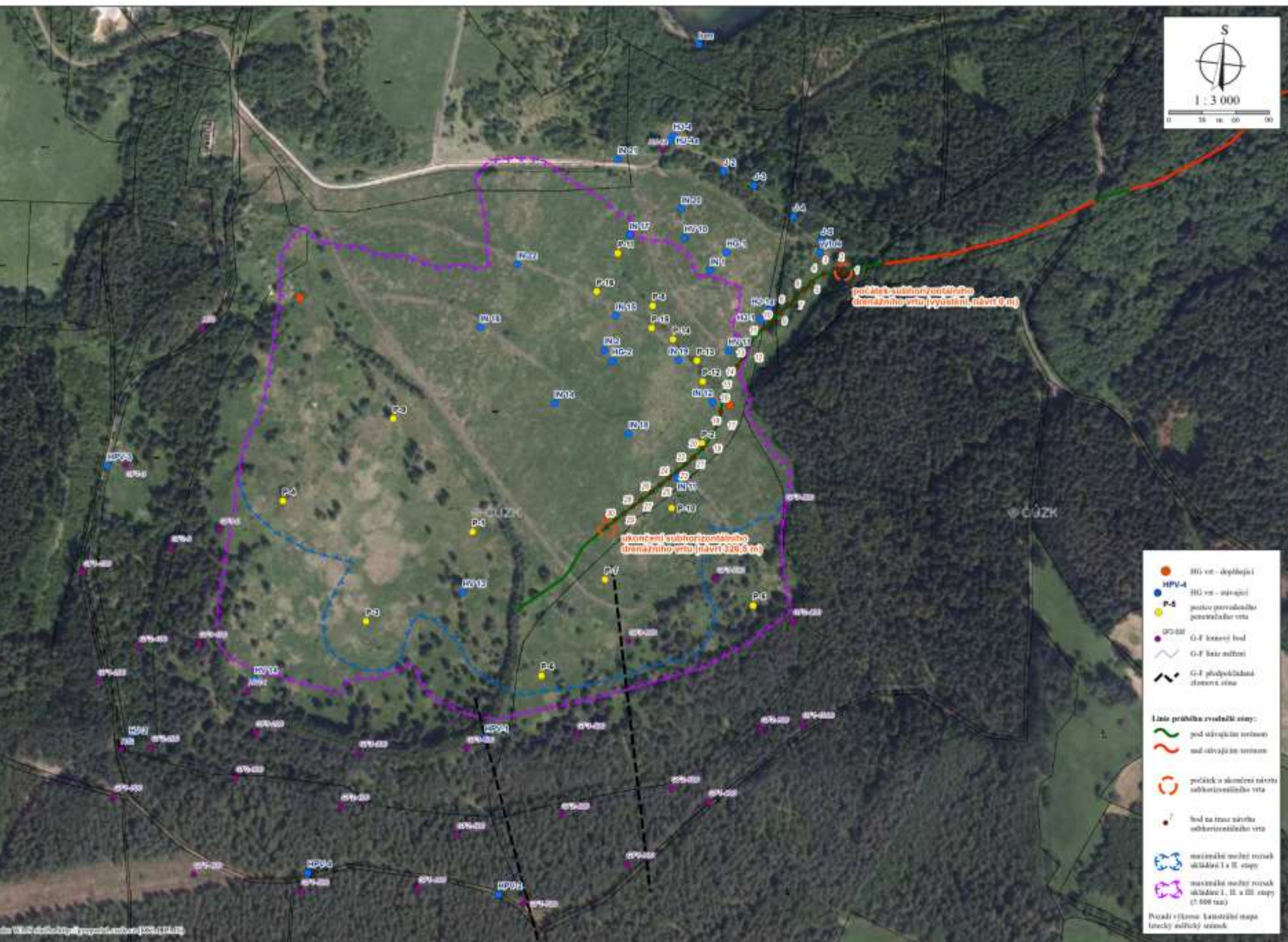
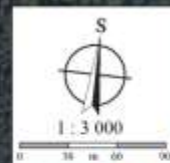


Šíření CB z trvalého zdroje – 48 let (odpovídá změřeným koncentracím v roce 2014)



Proudění podzemní vody ve 4. modelované vrstvě (eluvium žuly) s vyznačeným průběhem subhorizontálního vrtu





počátek subhorizontálního
drenážního vrtu (výšeti: navrt 0 m)

ukončení subhorizontálního
drenážního vrtu (navrt 320,6 m)

- HPV-4 - doplnění
- HPV-4 HPV-4 - výšeti
- P-5 místo provedení horizontálního vrtu
- O-F tenký had
- O-F tlustý had
- O-F předpokládaná tloušťka vrtu

Linie průběhu vrtů dle území:

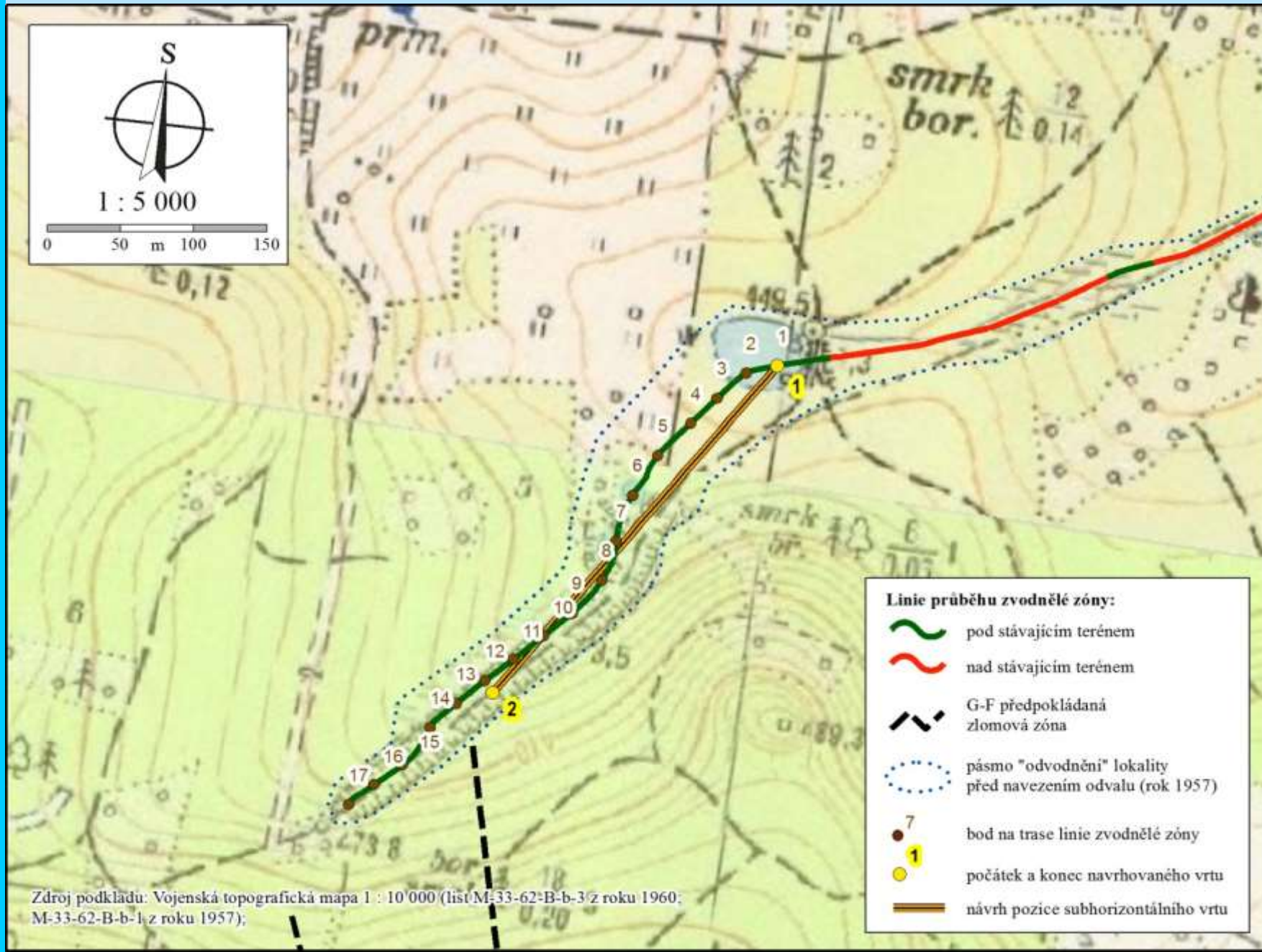
- pod stávajícím terénem
- nad stávajícím terénem

- počátek a ukončení návrhu subhorizontálního vrtu
- had na trase návrhu subhorizontálního vrtu

- maximální možný rozsah úkládky I. a II. stupně
- maximální možný rozsah úkládky I. II. a III. stupně (1 000 mm)

Poznámka: Území kážděho stupně úkládky má svůj vlastní název.

Návrh odvodňovacího vrtu



LEGENDA ČAR:

- - - - - DOVRCHNÍ ODVODŇOVACÍ VRT HOV
- - - - - PŘEDPOKLÁDANÝ PRŮBĚH PŮVODNÍHO TERÉNU PŘED NAVEZENÍM SKLÁDKY
- - - - - PŘEDPOKLÁDANÝ PRŮBĚH NIVELETY DŇA STRŽE V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

LITINOVÝ POKLOP DN600, TŘÍDY A NEBO B
 (OKOLO 2 ŘADY – KOSTKY DO BETONU)
 VYROVNÁVACÍ PRSTENEC TBW-Q.1 63
 SKRUŽ PŘECHODOVÁ TBR-Q.1 100-63/58
 2KS SKRUŽE TBS-Q.1 25
 ŠACHETNÍ PŘECHODOVÁ DESKA TZK-Q.1 150-100/25
 SKRUŽE TBS-Q.1 150/100
 ŠACHTOVÉ DNO TBZ-Q.1, TBZ-Q.1 150/184 Vmax.120
 POZNÁMKA: STUPADLADLE DIN 19555

DEFINITIVNÍ OPRAVA TERÉNU
 KOLEM ŠACHTY Š1
 DOSYPÁNÍ SVAHU KOLEM ŠACHTY
 MÍSTNÍM MATERIÁLEM A NÁSLEDNĚ
 OHUMUSOVÁNÍ A ZATRAVNĚNÍ (v.150mm)

BOČNÍ STRANY STARTOVACÍ JÁMY SVAHOVAT

SVAHOVANÝ VÝKOP
 STARTOVACÍ JÁMA
 PRO VRTÁNÍ ODVODŇOVACÍCH VRTŮ

DOVRCHNÍ ODVODŇOVACÍ VRT HOV1
DĚLKA 200 M, SKLON 2°

OBETONOVÁNÍ ODVODŇOVACÍCH
 TRUBEK HUBENÝM BETONEM

SVAHOVANÝ VÝKOP
 PRO OSAZENÍ ŠACHTY

ZÁSYP PŮVODNÍM
 MATERIÁLEM, HUTNIT
 PO VRSTVÁCH MAX.
 VÝŠKY 250 MM

PRACOVNÍ PLOŠNA MINIMÁLNÍ
 DĚLKY 6,00 METRŮ, ŠÍŘKA
 PLOŠNÝ DLE TECHNOLOGICKÝCH
 MOŽNOSTÍ VYBRANÉHO ZHOTOVITELE
 CELÁ PLOCHA ZHUTNĚNÁ VRSTVOU
 NESOLUČNĚHO MATERIÁLU
 MINIMÁLNÍ VÝŠKA 0,30 METRU

STÁVAJÍCÍ TERÉN

STÁVAJÍCÍ TERÉN

SEZD NA PRACOVNÍ PLOŠNĚ VE
 SKLONU MAX. 10°, CELÁ PLOCHA
 SEZD ZHUTNĚNÁ VRSTVOU
 NESOLUČNĚHO MATERIÁLU
 MINIMÁLNÍ VÝŠKA 0,30 METRU

10°

352,500

352,200

351,100

min 10000

445,000

Srovnávací rovina

PODKLADNÍ BETON C12/15
 XO ŠTĚRKOPÍSKOVÝ PODSYP



Hloubení odvodňovacího vrtu

- Hloubení subhorizontálního vrtu 17.–23. 9. 2019
- Dovrty 21 / 42 / 63 / 90 / 117 / 135 / 147 m
- Osazení drenážních trubek (perforace) 3 m, průměr 89/6, délka 147 m
- Subhorizontální vrt k místu strže (krystalinikum)
- Organoleptická kontaminace od 110 m od ústí, s maximem ve 130 m, perforace od 10 m od ústí vrtu
- Množství vody zpravidla celkem 2–3 l/s, s maximy cca 5 l/s, v sub. Ve vrtu po dovtání 0,7 l/s, po pár dnech přes 1 l/s, po stažení a vysušení drenáže přes 2 l/s (v současnosti jediný výtok)

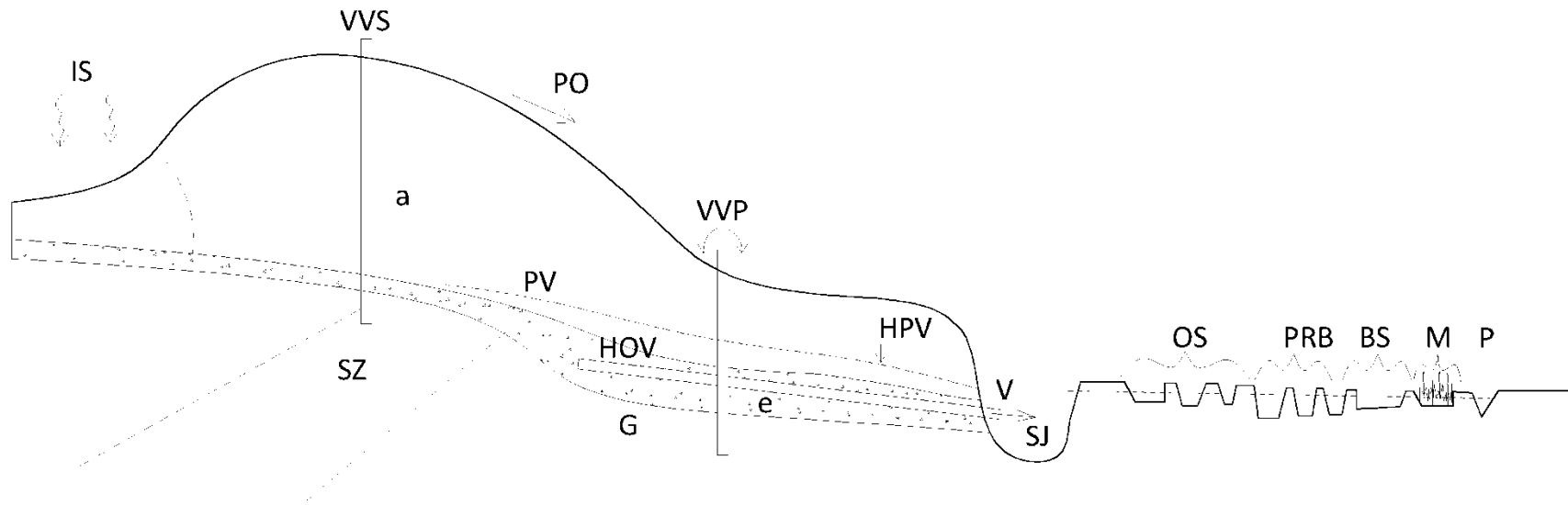


Geologie odvodňovacího vrtu

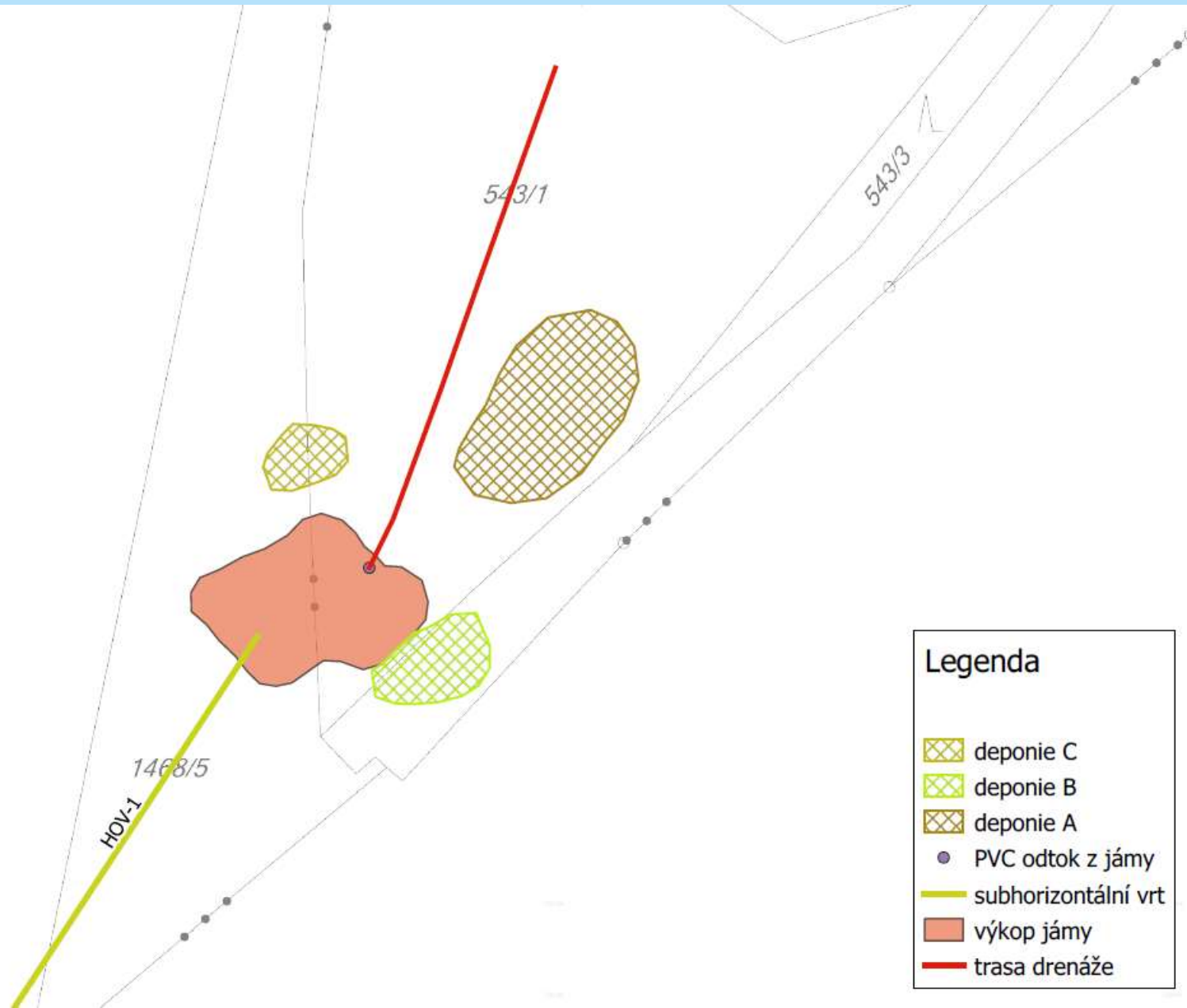
- 0–35 m navětralá žula s písčitým jílem (eluvium)
- 35–42 m jíl tuhý písčitý
- 42–51 m jílovec šedý s úlomky kamene
- 51–90 m navětralá žula s pískem a šedým jílovcem
- 90–140 m jílovec šedý, vlhký, s úlomky žuly a pískem
- 140–146 m úlomky žuly s pískem
- 146–147 m zvětralá žula, tvrdá (krystalinikum)










Schematický řez výsypkou



Odvodňovací vrt



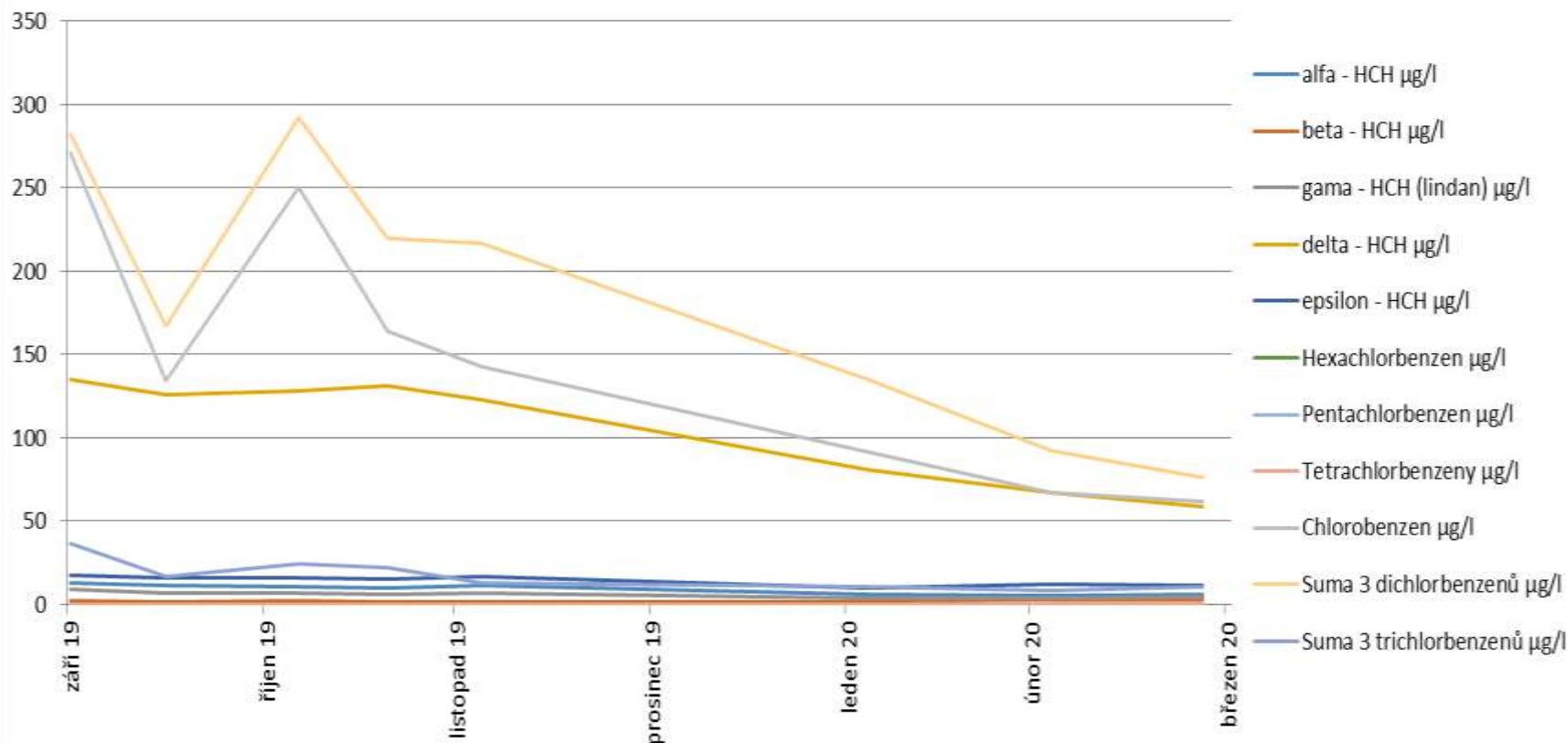
Legenda

-  deponie C
-  deponie B
-  deponie A
-  PVC odtok z jámy
-  subhorizontální vrt
-  výkop jámy
-  trasa drenáže

Odvodňovací vrt

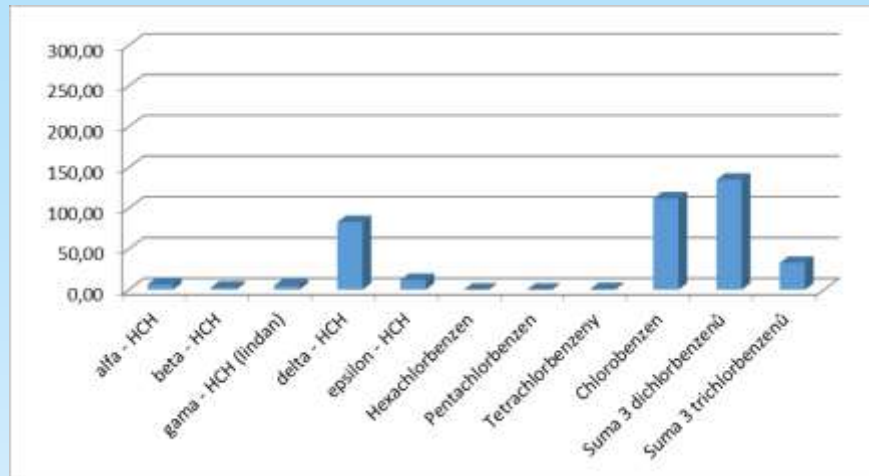


Vývoj chemismu odváděných vod



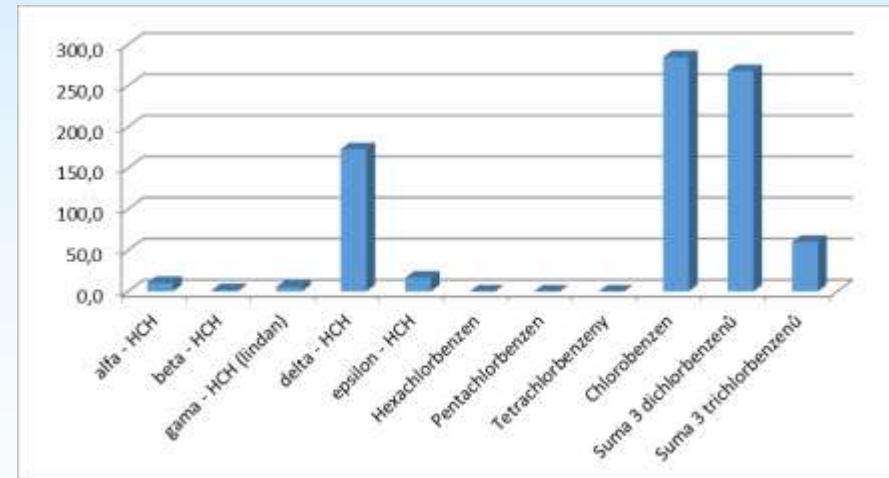
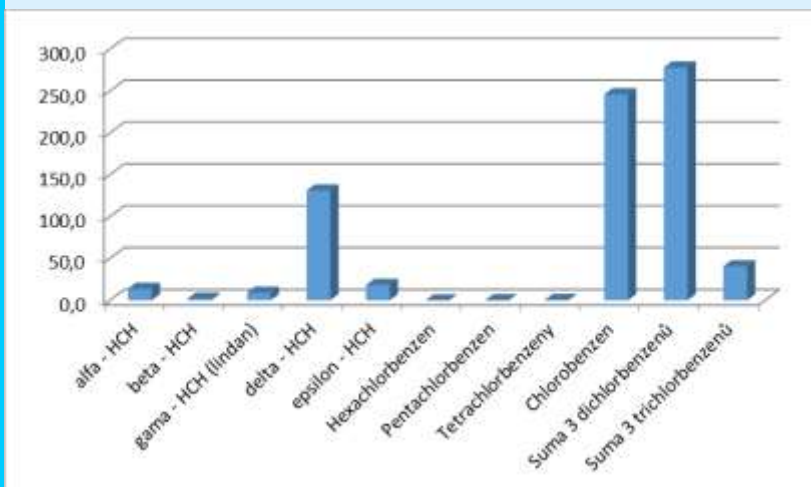
Porovnání chemismu

- Drenáž



- Vrt (laboratoře AQUATEST, a.s.)

- Vrt (laboratoře GEOtest, a.s.)



Závěr a doporučení

- Postupné odvodnění odvalu subhorizontálním vrtem
- Kontaminace organolepticky od 110 m, max. 130 m
- Stejný chemismus jako v drenáži
- Návrh týdenního monitoringu chemismu vod, průtoků a hladin podzemní vody ve vertikálních vrtech
- Předpoklad postupného snižování kontaminace
- Ústí vrtu napojit na stávající drenáž a dočistit před vypuštěním do potoka přes mokřadní systém



Děkuji za pozornost



Jan Bartoň

barton@geotest.cz

