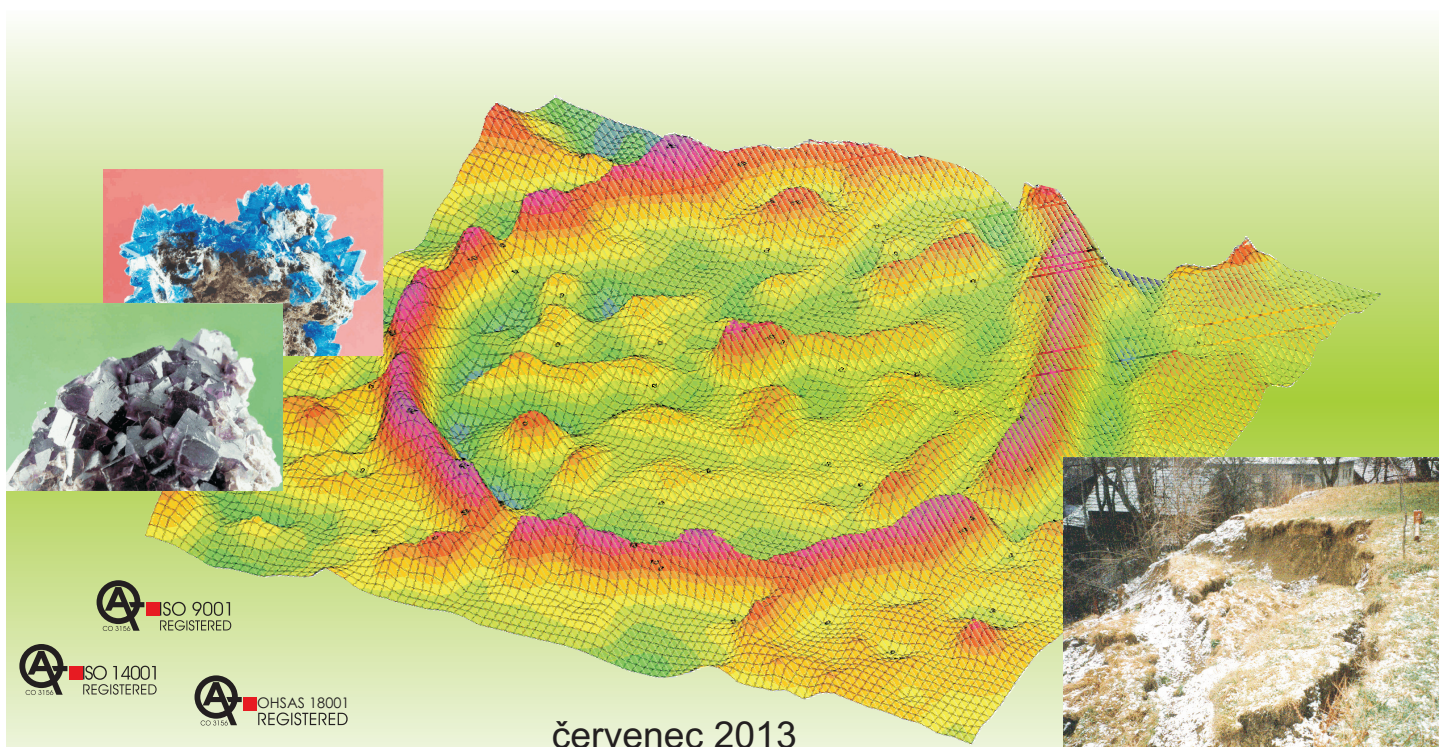


# GEODRILL



## ZJIŠTĚNÍ PRŮSAKŮ V PRAVOBŘEŽNÍM ZAVÁZÁNÍ HRÁZE VD MARTINICE

*Inženýrsko-geologický a geofyzikální průzkum*



ISO 9001  
REGISTERED

ISO 14001  
REGISTERED

OHSAS 18001  
REGISTERED

červenec 2013

**GEODRILL s.r.o., Bělohorská 2115/6, 636 00 Brno, tel.: +420 544 525 240, fax: +420 549 273 293, e-mail: [info@geodrill.cz](mailto:info@geodrill.cz)**

Zaveden integrovaný systém řízení ČSN EN ISO 9001:2009, ČSN EN ISO 14001:2005 a ČSN OHSAS 18001:2008

---

**Objednavatel:** Povodí Moravy, s.p.  
Dřevařská 11, 601 75 Brno  
IČ:70890013 DIČ: CZ70890013  
Telefon: +420 724 006 830  
Email: jezek@pmo.cz

**Zpracovatel:** GEODRILL s.r.o.  
Bělohorská 2115/6, 636 00 Brno  
IČ: 46994971 DIČ: CZ46994971  
Telefon: +420 544 525 240  
Fax: +420 549 273 293  
E-mail: info@geodrill.cz

**Vedoucí projektu:** Mgr. Radka Drápalová  
**Vedoucí zpracování:** RNDr. Ladislav Jančovič

**Název zakázky:**

## **ZJIŠTĚNÍ PRŮSAKŮ V PRAVOBŘEŽNÍM ZAVÁZÁNÍ HRÁZE VD MARTINICE**

### ***Inženýrsko-geologický a geofyzikální průzkum***

**Evidenční číslo Geofondu:** 1593/2013  
**Číslo zakázky:** 0782/13

**Autoři:** RNDr. Ladislav Jančovič  
Mgr. Pavlína Frýbová  
Mgr. Radka Drápalová  
Ing. Ondřej Lubojacký

**Odpovědný řešitel:** Ing. Ondřej Lubojacký

**Výtisk číslo:**



.....  
razítko a podpis

BRNO, červenec 2013

---

## ROZDĚLOVNÍK

Tato zpráva je vyhotovena v 6 výtiscích a obsahuje 23 stran textu a 12 příloh.

Výtisk č. 1–3	objednatel
Výtisk č. 4–5	GEODRILL s.r.o.
Výtisk č. 6	Česká geologická služba



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

### Geofyzikální symboly

$\rho_{zd}$	[ $\Omega m$ ]	zdánlivý měrný odpor hornin a zemin
$\rho$	[ $\Omega m$ ]	měrný odpor hornin a zemin
$\sigma^{DEMP}$	[mS/m]	zdánlivá měrná vodivost zemin a hornin

### Fyzikální symboly

$w_n$	[%]	vlhkost zemin
$w_L$	[%]	vlhkost na mezi tekutosti
$w_p$	[%]	vlhkost na mezi plasticity
$I_p$	[%]	číslo plasticity
$I_c$	[1]	stupeň konzistence
$I_{CR}$	[1]	redukovaný stupeň konzistence
$\nu$	[1]	Poissonovo číslo
$\gamma_n$	[kN·m <sup>-3</sup> ]	objemová tíha zeminy
$k_f$	[m·s <sup>-1</sup> ]	filtrační součinitel

### Zkratky

VD		vodní dílo
DEMP		elektromagnetické profilování
VES		vertikální elektrické sondování
SP		spontánní polarizace
AB	[m]	rozteč proudových elektrod (metoda VES)
AB/2	[m]	poloviční rozteč proudových elektrod = fiktivní hloubka
AB <sub>max</sub>	[m]	maximální rozteč proudových elektrod na jedné sondě VES
MN	[m]	napěťové elektrody (metoda VES)
GT		geotechnický typ
č. h. p.		číslo hydrologického pořadí
m p. t.		metry pod terénem
m n. m.		metry nad mořem
NH		naražená hladina podzemní vody
UH		ustálená hladina podzemní vody

## OBSAH

## str

ÚVOD .....	7
1 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	8
2 CHARAKTERISTIKA PŘÍRODNÍCH POMĚRŮ .....	8
2.1 Geomorfologické poměry .....	8
2.2 Geologické poměry .....	8
2.2.1 Předkvartérní podloží .....	8
2.2.2 Kvartérní sedimenty .....	9
2.3 Hydrogeologické poměry .....	9
2.4 Klimatické poměry .....	9
3 METODIKA PRACÍ .....	10
3.1 Geofyzikální práce .....	10
3.1.1 Vytyčení profilů .....	10
3.1.2 Metoda spontánní polarizace (SP) .....	10
3.1.3 Metoda DEMP .....	10
3.1.4 Metoda VES .....	10
3.2 Vrtné práce .....	11
3.3 Vzorkovací práce .....	11
3.4 Laboratorní práce .....	11
3.5 Vyhodnocovací práce .....	11
4 VÝSLEDKY PRACÍ .....	12
4.1 Geofyzikální práce .....	12
4.1.1 Metoda SP .....	12
4.1.2 Metoda DEMP .....	12
4.1.3 Metoda VES .....	13
4.2 Výsledky vrtných prací .....	14
4.3 Zaměření vrtných sond .....	14
4.4 Shrnutí výsledků laboratorních prací .....	14
4.5 Geotechnické vlastnosti zemin .....	16
4.5.1 Jílovité sedimenty (GT 1a) .....	16
4.5.2 Písčité sedimenty (GT 1b) .....	17
4.5.3 Rozvětralé eluvium podložních hornin (GT 2) .....	17
4.6 Hydrogeologické poměry .....	19

---

ZÁVĚR.....	20
DOPORUČENÍ.....	22
LITERATURA.....	23

## SEZNAM TABULEK

str

Tabulka č. 1	Geomorfologické začlenění zájmového území.....	8
Tabulka č. 2	Přehled souřadnic průzkumných sond.....	14
Tabulka č. 3	Základní charakteristiky porušených vzorků zemin.....	15
Tabulka č. 4	Filtrační součinitele $k_f$ [ $\text{m.s}^{-1}$ ] a propustnost hornin .....	15
Tabulka č. 5	Schematický přehled vrstevního sledu geotechnických typů (GT) .....	16
Tabulka č. 6	Geotechnické charakteristiky jílu GT 1a .....	17
Tabulka č. 7	Geotechnické charakteristiky písčitých jílu GT 1a.....	17
Tabulka č. 8	Geotechnické charakteristiky zemin GT 2 .....	18
Tabulka č. 9	Úroveň hladiny podzemní vody .....	19

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Přehledná situace zájmového území
Příloha 2	Přehledná geologická situace
Příloha 3	Podrobná situace s umístěním vrtaných sond
Příloha 4	Geologická dokumentace vrtných prací
Příloha 5	Protokol laboratorních rozborů
Příloha 6	Metodika laboratorních rozborů zemin
Příloha 7	Fotodokumentace vrtných prací
Příloha 8	Situace geofyzikálního měření
Příloha 9	Mapa izolinií průběhu potenciálního rozdílu metody SP
Příloha 10	Mapa izolinií zdánlivého měrného odporu
Příloha 11	Odporové a izoohmické řezy
Příloha 12	Korelační schéma

## ÚVOD

Na základě objednávky ze dne 25.06.2013, provedla společnost GEODRILL s.r.o. inženýrsko-geologický a geofyzikální průzkum v pravobřežním zavázání hráze VD Martinice v k.ú. Martinice u Velkého Meziříčí. Účelem průzkumu bylo zjištění průsaků hráze v jejím pravobřežním zavázání.

VD Martinice je vodní nádrž se zemní hrází, která je ve správě Povodí Moravy. Dle informací, které byly předány objednatelem, se jedná o nehomogenní sypanou zemní hráz. Účelem provedených prací bylo ověření složení násypu zemní hráze a především zjištění příčin průsaků vody v pravobřežním zavázání hráze. Na základě výsledků provedeného průzkumu budou objednatelem provedena nápravná opatření.

Geofyzikální průzkum, který předcházел vrtným pracím, byl realizován ve dnech 01.07. a 03.07.2013. Po zpracování geofyzikálních dat a umístění vrtné sondy byly dne 12.07.2013 realizovány vrtné práce. Následně bylo provedeno zpracování vzorků zemin, vyhodnocení laboratorních zkoušek a zpracování závěrečné zprávy.

V rámci průzkumu byly provedeny následující práce:

- geofyzikální měření (metoda SP, metoda DEMP, metoda VES)
- zpracování geofyzikálních dat
- interpretace a vyhodnocení geofyzikálních výsledků
- realizace 1 ks vrtné sondy do hloubky 7,0 m
- odběr 3 kusů porušených vzorků zemin
- fyzikální a mechanické rozbory odebraných vzorků zemin
- zpracování a vyhodnocení dat
- zhodnocení všech získaných informací v závěrečné zprávě



## 1 VYMEZENÍ ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází severovýchodně od obce Martinice a z hlediska správního členění náleží do:

- |                        |                              |             |
|------------------------|------------------------------|-------------|
| • katastrálního území: | Martinice u Velkého Meziříčí | kód 692115  |
| • obce:                | Martinice                    | kód 596094  |
| • okresu:              | Žďár nad Sázavou             | kód CZ 0635 |
| • kraje:               | Vysočina                     | kód CZ 063  |

## 2 CHARAKTERISTIKA PŘÍRODNÍCH POMĚRŮ

### 2.1 Geomorfologické poměry

Z hlediska geomorfologického členění [6] řadíme širší okolí zájmového území k jednotkám dle níže uvedené tabulky č. 1.

Tabulka č. 1 Geomorfologické začlenění zájmového území

Začlenění dle geomorfologického systému	
SYSTÉM	Hercynský
PROVINCIE	Česká vysočina
SUBPROVINCIE	Česko-moravská soustava
OBLAST	Českomoravská vrchovina
CELEK	Křižanovská vrchovina
PODCELEK	Bítešská vrchovina

Křižanovská vrchovina je plochá vrchovina budující střední část Českomoravské vrchoviny. Je tvořena krystalickými břidlicemi a magmatity. Plochý povrch vrchoviny je porušen hlubokými údolími vodních toků. Severovýchodní část Křižanovské vrchoviny se označuje jako tzv. Bítešská vrchovina. Jedná se o plochou vrchovinu tvořenou magmatickými horninami a ostrůvky marinních neogenních sedimentů. Plochý povrch je dobře přizpůsoben odolnosti hornin [1].

### 2.2 Geologické poměry

Podloží zájmové oblasti je tvořeno proterozoickými až paleozoickými krystalinickými horninami moldanubika. Na horninách moldanubika spočívají kvartérní deluviofluviální a nivní sedimenty [5].

#### 2.2.1 Předkvartérní podloží

Předkvartérní podloží je tvořeno krystalinickými horninami moldanubika proterozoického až paleozoického stáří. Jedná se především o metamorfní ruly a pararuly až migmatity, které obsahují biotit a sillimanit, případně cordierit. Dále se zde vyskytují amfibolity, které jsou místy granitizované, a drobná tělesa světlých místy páskovaných granulitů. Tyto horniny jsou proniknuty paleozoickými granitoidy [5].

### **2.2.2 Kvartérní sedimenty**

V holocénu sedimentovaly smíšené, převážně jemnozrné, deluviofluviální sedimenty včetně sedimentů výplavových kuželů. Podél vodotečí v místech, která jsou inundovaná za vyšších vodních stavů, se usazovaly nivní hlinité, písčité a šterkovité sedimenty [5].

## **2.3 Hydrogeologické poměry**

Podle hydrogeologické rajonizace [7] spadá lokalita pod hydrogeologický rajón č. 6550 „Krystalinikum v povodí Jihlavy“. Oblast náleží do povodí Dunaje.

Pro krystalinikum je příznačná slabá až velmi slabá puklinová propustnost hornin. Hlavní oběh podzemní vody se realizuje v pásnu podpovrchového rozpojení hornin a v zóně zvětrávání. S hloubkou se propustnost hornin v důsledku spínání puklin a jejich utěšňování produkty zvětrávání snižuje a pod zónou zvětrání jsou tyto horniny prakticky nepropustné. Úbytek propustnosti hornin s hloubkou je patrně větší u variských intruziv než u cordieritických rul pláště moldanubického plutonu. Propustnost hornin s hloubkou do určité míry vzrůstá, zatímco magmatity jsou zřejmě více propustné v nejsvrchnější části profilu.

Hydrogeologicky významné jsou eluviální a deluviální kvartérní sedimenty, jež umožňují infiltraci srážkových vod. Nejčastějším způsobem odvodnění podzemních vod je skrytý příron do sedimentů údolních den, případně rovnou do vodotečí, dále jsou to suťové a puklinové vývěry v úrovni a nad úrovní místních erozních bází [2].

Z hydrologického hlediska [7] náleží studované území k povodím 4. řádu „Šípský potok“ s č. h. p. 4-16-02-023/0, které spadá pod povodí 3. řádu „Oslava a Jihlava od Oslavy po Rokytou“ s č. h. p. 4-16-02. Území je odvodňováno směrem k východu Šípským potokem.

## **2.4 Klimatické poměry**

Podle klimatického členění [4] se oblast nachází v okrsku MT5. Jedná se o mírně teplou oblast, pro kterou je charakteristické normální až krátké, mírné až mírně chladné, suché až mírně suché léto. Přechodné období je normální až dlouhé s mírným jarem a mírným podzimem. Zima je normálně dlouhá, mírně chladná, suchá až mírně suchá s normálním až krátkým trváním sněhové pokrývky.

### 3 METODIKA PRACÍ

#### 3.1 Geofyzikální práce

##### 3.1.1 Vytyčení profilů

U pravobřežního zavázání hráze byla vytyčena plocha o rozměrech 30 x 30 m. Základní profil 30 sledoval SZ okraj betonových patek v koruně hráze, přitom metráž 0 m na profilu 30 se nachází u 6 betonové patky, počítané od severu. V rámci této plochy byla měřena metoda SP a DEMP. Body VES byly situovány podle potřeby, na základě předběžných výsledků plošného měření a podle dostupnosti terénu. Situace geofyzikálního měření je uvedena v příloze 8. Mapový podklad v měřítku 1 : 500 nám byl dodán objednatelem prací.

##### 3.1.2 Metoda spontánní polarizace (SP)

Pomocí této metody byly měřeny potenciální rozdíly přirozeného elektrického pole (bez externího zdroje proudu). K měření byly použity dvě nepolarizovatelné elektrody a digitální geoelektrická aparatura SAS 1000, výrobce ABEM. Bylo měřeno potenciálovým uspořádáním elektrod, tj. jedna elektroda byla nepohyblivá a druhá se pohybovala po měřeném profilu. V rámci základní plochy bylo v okolí hráze měřeno po profilech vzdálených 2 m. Podél profilu se postupovalo krokem 2 m, v problematických částech hráze byl krok měření zahuštěn na 1 m. Celkem bylo změřeno 300 bodů.

##### 3.1.3 Metoda DEMP

K plošnému průzkumu metodou DEMP byla použita aparatura CMD 4, výrobce GF Instruments. Jedná se o přístroj s vysílací a přijímací cívkou na dipólu délky 4 m. Měření bezkontaktním způsobem zjišťuje změny zdánlivé měrné vodivosti  $\sigma^{DEMP}$  [mS/m]. Měřeno bylo v síti bodů 2 x 2 m. Profily byly orientované zhruba ve směru JZ – SV. Pro nepřístupnost terénu v hustě zarostlé části pod hrází na ploše cca 8 x 8 m měření nebylo provedené.

Přístroj CMD 4 umožňuje změnou orientace dipólů měnit i efektivní hloubkový dosah. V prvním případě se měřilo s efektivním hloubkovým dosahem 6 m. V druhém případě se měřilo s horizontální orientací magnetických dipólů s polovičním hloubkovým dosahem (3 m). Celkem bylo změřeno 250 + 250 = 500 bodů DEMP.

##### 3.1.4 Metoda VES

Metoda VES umožňuje sledovat hloubkové poměry převážně horizontálně uložených vrstev na základě interpretovaného měrného odporu ( $\rho_z$ ) a příslušného odporového rozhraní. Jedná se o čtyř elektrodovou metodu s použitím dvou proudových elektrod (AB) a dvou potenčních elektrod (MN). Změnou vzdálenosti elektrod, zvětšením vzdálenosti proudových elektrod, se dosáhne i větší hloubkový dosah.

Měřené body byly situované na základě předběžných výsledků metod SP a DEMP. Vzdálenost bodů VES se měnila od 5 – 10 m. Z nepravidelně změřených bodů pak byly sestaveny tři liniové profily. Bylo použito maximální roztažení proudových elektrod  $AB_{max} = 45$  m. K měření byla použita digitální geoelektrická aparatura SAS 1000, výrobce ABEM.

Celkem bylo změřeno 16 bodů VES.

### 3.2 Vrtné práce

Na zkoumané lokalitě byla realizována 1 vrtaná sonda do hloubky 7,0 m. Vrtné práce byly provedeny bezvýplachovou jádrovou technologií, vrtnou soupravou Multidrill Hyndaga. Jádrovnice byla opatřena tvrdokovovou korunkou o průměru 137 mm. Celkem bylo odvrtno 7,0 m.

Vrtné jádro bylo v průběhu prací makroskopicky popsáno dle normy ČSN EN ISO 14688-1 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis“ a uloženo do normovaných dřevěných vzorkovnic. Po skončení prací byla sonda zlikvidována a zatěsněna dusaným záhozem z odvrtného materiálu a těsnícího bentonitu.

Sonda byla v zájmovém území umístěna na základě výsledků geofyzikálního měření. Podrobná situace vrtané sondy s jejím umístěním je patrná z přílohy 3. V příloze 4 je uveden geologický profil realizované sondy. Fotodokumentaci vrtané sondy uvádí příloha 7.

### 3.3 Vzorkovací práce

K laboratorním rozborům byly odebrány 3 porušené vzorky zemin, u nichž byla zaznamenána hloubka jejich odběru a vzorky byly uloženy do zdvojených igelitových sáčků a opatřeny identifikačním štítkem. Ihned po ukončení vrtných prací byly přepraveny do laboratoře ke zpracování.

### 3.4 Laboratorní práce

V akreditované Laboratoři mechaniky zemin a hornin GEODRILL s.r.o. byly na vzorcích zemin stanoveny hodnoty původní vlhkosti, indexové vlastnosti a proveden zrnitostní rozbor v souladu s platnými technickými normami. Výpočtem byly stanoveny hodnoty stupně konzistence a filtračního součinitele. Byly zjištěny potřebné parametry pro zařazení zemin dle normy ČSN EN ISO 14688-2 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování“ a ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“. Kompletní laboratorní protokol s výsledky je obsahem přílohy 5. Podrobná metodika laboratorních prací je uvedena v příloze 6.

### 3.5 Vyhodnocovací práce

Pro zpracování dat a vyhotovení předkládané závěrečné zprávy byly využity programy Microsoft®Word 2007, Microsoft®Excel 2007.

Mapy izolinií SP a DEMP byly zkonstruovány pomocí konturovacího programu Surfer 11. Křivky VES byly zpracované do hloubkových řezů pomocí programu VIS – Valtr, Chyba.

Pro vyhodnocení zrnitostních křivek zemin byl použit program Soilab 3.42 a pro tvorbu geologických profilů databázový program gDbase v5. Přílohy s výstupy geofyzikálních měření byly graficky upravené pomocí programu CorelDRAW 11.0.

## 4 VÝSLEDKY PRACÍ

### 4.1 Geofyzikální práce

Terénní měření probíhalo ve dvou etapách. V první etapě byly změřeny plošné varianty geoelektrických metod SP a DEMP. Po předběžném zpracování těchto metod se pokračovalo v průzkumu pomocí metody VES.

#### 4.1.1 Metoda SP

Spontánní polarizace patří mezi elektrochemické geoelektrické metody. Přirozené elektrické pole lokálního charakteru může vznikat v důsledku oxidačně redukčních, filtračních a difúzně adsorpčních procesů.

Pro náš průzkum jsme využili přirozené pole filtračního původu. Pole tohoto původu vzniká při filtraci podzemních vod v horninách. Velikost těchto potenciálů závisí na měrném odporu filtrující kapaliny a rychlosti filtrace. Využívá se pro zjišťování průsaků hrázemi, směru filtrace kapaliny např. při průzkumu svahových deformací, atd.

Byla proměřena koruna a vzdušná část svahu hráze (příloha 9). Naměřené hodnoty rozdílu potenciálu se pohybují v rozsahu -25 až +45 mV. Hodnoty jsou nízké, ale spontánní pole tohoto typu se projevuje malými potenciálními rozdíly. Důležité je, že i v rámci tohoto užšího intervalu se objevuje výrazná záporná anomálie. Vycházíme z předpokladu, že místa úniku vod, např. z nádrže se projevují zápornými anomáliemi. Nejvýraznější projev lze sledovat na profilech 24 – 30 v úseku metráže 15 – 19 m. Toto místo bude odpovídat hlavnímu směru průsaku z vodní nádrže (červená šipka). Kolem metráže 7 m se objevuje ještě další anomálie záporných hodnot potenciálu. Její projev je slabší a předpokládáme, že v těchto místech může také docházet k menšímu průsaku vody z vodní nádrže. Podle tvaru záporné anomálie vypadá, že pouze část vody bude prosakovat přímo hrází (pf 24/15). Anomálie naznačuje další možnou cestu pohybu vody, která se v tělese hráze stáčí k SZ a prosakuje ven až pod asfaltovou cestou SZ od hráze. Předpokládaný směr pohybu vody je v příloze označen bílými šipkami.

Anomálie v okolí profilu 10 mezi metrážemi 26 – 30, naznačuje další možný směr komunikace vody od SZ pod budovou. Jedná se o menší anomálii zachycenou několika body a může se jednat pouze o falešnou indikaci. Její pokračování směrem k SZ naším měřením nebylo vymapované, nacházelo se mimo proměřovaný prostor.

#### 4.1.2 Metoda DEMP

Naměřená data byla opravená a přepočtená do hodnot zdánlivého měrného odporu. Data byla zpracovaná do mapy izolinií zdánlivého měrného odporu ( $\rho_{zd}$ ). Pomocí této mapy můžeme sledovat plošné změny sledovaného fyzikálního parametru do určité hloubkové úrovně, v našem případě 6 m a 3 m (příloha 10). Výsledný zdánlivý měrný odpor odpovídá průměrné hodnotě, na které se podílejí různé typy hornin v dosahu měřícího dipólu.

Naměřené hodnoty se pohybují v relativně širokém intervalu od 60 – 310  $\Omega m$ . Barevná škála u obou map je stejná, celkový obraz u obou map je podobný. K význačnějším změnám s hloubkou nedochází. Zhruba kolem metráže 20 m je proměřená plocha rozdělena na dva rozdílné celky. Menší SZ část se projevuje vysokými hodnotami  $\rho_{zd}$ , způsobenými elevací skalního podloží. Srovnáním map s různým hloubkovým dosahem je patrné, že podloží bude

strměji upadat směrem k JZ. V této části byly zastiženy i slabé projevy naznačující možnou přítomnost užšího oslabeného místa. Jedna se nachází na SZ lokality a je výraznější. Druhá anomálie je méně výrazná a nemusí indikovat oslabenou část skalního podloží. Pravděpodobně bude způsobena změnou při zavázání hráze ke skalnímu masivu.

Na zbývající větší JZ části lokality hodnoty zdánlivého měrného odporu klesají pod úroveň 100  $\Omega\text{m}$ . Hodnoty jsou vyrovnané a tato vodivější část odpovídá převážně horninám tělesa hráze a sedimentům pod svahem hráze.

#### 4.1.3 Metoda VES

Křivky VES se zpracovávají kvantitativně standardním způsobem do odporového řezu. V některých případech může přinést důležité informace i kvalitativní interpretace formou izoohmického řezu. Ve zprávě v příloze 11 uvádíme obě možnosti zpracování.

**Izoohmický řez** poskytuje informace o hloubkových odporových poměrech. Při sestrojení izoohmického řezu se vynášejí změřené hodnoty zdánlivého měrného odporu  $\rho_{zd}$  pod reliéf terénu do hloubek  $h = AB/2$ , nebo  $AB/4$  tj. hloubka je vztažena k délce roztažení proudových elektrod AB na povrchu. Nejedná se o skutečné hloubky. Průběh izolinií sleduje odporové změny s narůstající hloubkou.

Hodnoty  $\rho_{zd}$  se pohybují od 50 – 950  $\Omega\text{m}$ . Interval je sice široký, ale lze vyčlenit pouze dva charakteristické celky. Nízké hodnoty odpovídají tělesu hráze (násypu). Vysoké hodnoty jsou způsobeny zejména skalním podložím. V povrchových částech vysoké odpory můžeme očekávat u hrubozrnných hornin (konstrukce vozovky) a suchých hlinito-písčitých sedimentů. V řezech na pf 1 a pf 3 je orientačně vyznačený průběh rozhraní mezi násypem hráze a podložím.

V okolí VES 7, již na konci zavázání hráze, je zastižena úzká anomálie. Projevuje se výrazným snížením odporu vůči okolí. Může se jednat o oslabené místo v podloží. Dalšímu výraznému snížení zdánlivého měrného odporu dochází v okolí VES 4. Toto místo odpovídá pozici výrazné záporné anomálie zastižené pomocí metody SP.

**Odporový řez** je sestrojený z reálných interpretovaných parametrů (měrný odpor + příslušné rozhraní). Tyto parametry nám umožní vytvořit předpokládaný model geologické stavby lokality. Tyto řezy jsou ve spodní části přílohy 11.

Na základě měrného odporu jsme vyčlenili čtyři základní celky. První je málo mocný pokryv, který se projevuje větším odporovým rozptylem.

Dalším celkem je samotné těleso hráze. Zde se nachází nejnižší hodnoty měrného odporu. Jedná se většinou o jemnozrnnější materiál. Násyp hráze vykazuje zvýšenou nehomogenitu. Měrné odpory se lokálně mění jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru. Bude docházet ke střídání poloh o různé zrnitosti. Můžeme zde očekávat přítomnost zemin od jemnozrnného jílu, hlíny až po hrubozrnnější písek.

Na přechodu směrem do podloží se objevuje další interpretovaná tenčí vrstva. Hodnoty měrného odporu jsou mírně zvýšené na úroveň kolem 100  $\Omega\text{m}$ . Podle odporu tato poloha bude odpovídat hlinitému písku až eluviu.

Poslední vrstvou bude skalní podloží, projevující se převážně vysokými hodnotami měrného odporu až několik stovek  $\Omega\text{m}$ . Přitom i v rámci podloží dochází ke změnám. Odpory se lokálně mění v závislosti na intenzitě zvětřování a rozpukání masivu. Zdravější podloží lze očekávat až v hloubce přesahující cca 7 m pod povrchem.

Dle odporového řezu u pf 2 anomálie kolem VES 7 odpovídá oslabenému místu skalního podkladu. Při kolmém pohledu ve směru pf 3 to tak jednoznačně nevypadá. Pokles hodnot odporu u VES 7 se nachází na styku násypu a podloží. Může se jednat o zbytky materiálu



násypu, který zde vyplňuje menší prohlubeň v podloží. Tato varianta se zdá být pravděpodobnější.

Další výraznější změna se nachází kolem VES 4. V odporovém řezu se sice neprojevuje nějak významně, průběh naměřené křivky ovšem naznačuje, že v těchto částech dochází ke změně horninového prostředí vůči okolí.

## 4.2 Výsledky vrtných prací

Pro ověření složení materiálu v tělese zemní hráze byla v jejím násypu realizována 1 průzkumná vrtná sonda (JV1) o hloubce 7,0 m. Její lokalizace je patrná z přílohy 3, geologický profil sondy je uveden v příloze 4.

Sondou JV1 byla zastižena v hloubce 0,0 až 0,3 m vrstva asfaltu a makadamu. Od hloubky 5,2 m byl zachycen násyp hráze, pod kterým bylo od hloubky 5,2 m až po bázi vrtu zachyceno rozvětralé eluvium podložních hornin. V násypu hráze byly od hloubky 0,3 do 5,1 m zastiženy střídající se vrstvy jílu s biogenními písčitými jíly tuhé až pevné konzistence. V hloubce 4,0 až 5,1 m byly jílovité sedimenty rezavě vrstvené a obsahovaly ojediněle valounky opracovaného štěrku. Jílovité sedimenty odpovídají dle normy ČSN 73 6133 jílu se střední plasticitou třídy F6 tuhé konzistence. Tyto vrstvy se střídaly s šedo zelenými biogenními písčitými jíly, které dle normy ČSN 73 6133 odpovídají písčitému jílu třídy F4 pevné konzistence. Při bázi těchto vrstev v hloubce 5,1 m až 5,2 m byla zachycena tenká vrstva písčitého materiálu o mocnosti 0,1 m v podobě kyprého šedohnědého jemnozrnného písku, který byl silně zvodněný. Pod násypem hráze bylo zastiženo silně rozvětralé eluvium podložních hornin, které dle normy ČSN 73 6133 odpovídá písčitému jílu třídy F4 pevné konzistence, které ojediněle obsahovaly ostrohranné úlomky podložních hornin.

Vrtnými pracemi byla zastižena hladina podzemní vody v místě písčité zvodněné vrstvy v hloubce 5,1 m, ustálená hladina podzemní vody byla změřena v hloubce 2,2 m.

## 4.3 Zaměření vrtných sond

Provedená inženýrsko-geologická vrtná sonda byla umístěna na základě geofyzikálního měření. Pro odečet souřadnic a nadmořské výšky byl použit geoprohlížeč ČÚZK [8]. V následující tabulce č. 2 jsou uvedeny souřadnice a nadmořská výška.

Tabulka č. 2 Přehled souřadnic průzkumných sond

Sonda	Y	X	výška (m n. m.)
JV1	636480.9	1135948.3	479.0

## 4.4 Shrnutí výsledků laboratorních prací

Zastižené zeminy byly klasifikovány dle ČSN EN ISO 14688-2 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování“ a dle ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“, přílohy A.

Zeminy, které byly zastiženy při terénních pracích, řadíme dle normy ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ do I. třídy rozpojitelnosti a těžitelnosti. Těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanismy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

Výsledky provedených laboratorních zkoušek na porušených vzorcích zemin jsou podrobně uvedeny v příloze 5 a přehledně v následující tabulce č. 3.

Tabulka č. 3 Základní charakteristiky porušených vzorků zemin

Číslo sondy	Číslo vzorku	Hloubka [m]	Vlhkost [%]	Konzistence dle ČSN 73 6133 (redukovaná)	Klasifikace dle 73 6133	Klasifikace dle 14688-2	Geotechnický typ
JV1	2583	0.8-1.0	21.8	tuhá	F6 CI	siCl	1a
JV1	2584	3.8-4.0	15.5	pevná	F4 CS	sasiCl	1a
JV1	2585	6.4-6.6	16.6	pevná	F4 CS	clSa	2

Dle odstupňované nomenklatury propustnosti hornin [3] byly zeminy zastižené v zájmovém území zařazeny do tříd propustnosti, dle nichž jim byl přiřazen stupeň propustnosti. Jílovité sedimenty třídy F6 spadají do třídy propustnosti VIII, která definuje prostředí nepatrně propustné. Písečné jíly třídy F4 spadají do třídy propustnosti VI a V, čímž definují prostředí slabě propustné a dosti slabě propustné.

Řády filtračních součinitelů  $k_f$  [ $\text{m.s}^{-1}$ ], stanovené z křivek zrnitosti a propustnosti zastižených zemin, jsou uvedeny v následující tabulce č. 4.

Tabulka č. 4 Filtrační součinitele  $k_f$  [ $\text{m.s}^{-1}$ ] a propustnost hornin

Číslo sondy	Číslo vzorku	Hloubka [m]	Klasifikace dle 73 6133	Klasifikace dle 14688-2	Filtrační součinitel v řádech [ $\text{m.s}^{-1}$ ]	Třída propustnosti	Označení hornin dle stupně propustnosti
JV1	2583	0.8-1.0	F6 CI	siCl	$10^{-9}$	VIII	nepatrně propustné
JV1	2584	3.8-4.0	F4 CS	sasiCl	$10^{-7}$	VI	slabě propustné
JV1	2585	6.4-6.6	F4 CS	clSa	$10^{-6}$	V	dosti slabě propustné

## 4.5 Geotechnické vlastnosti zemin

S přihlédnutím ke stratigrafii, litologii a výsledkům fyzikálně-mechanických charakteristik odebraných vzorků byly pro vyhodnocení základových poměrů stanoveny vrstvy zemin s podobnými geotechnickými vlastnostmi. Zeminy, zastižené v zájmovém území, byly rozčleněny na 2 skupiny reprezentující zeminy s rozdílnými geotechnickými vlastnostmi, které jsou označené jako geotechnické typy (GT). Obecný geologický profil zkoumaného území je uveden v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5 Schematický přehled vrstevního sledu geotechnických typů (GT)

Stáří	Petrografický popis	Klasifikace dle 73 6133	Klasifikace dle 14688-2	Označení GT
antropogén	jílovité sedimenty	F6 CI, F4 CS	siCI, sasiCI	1a
	písčité sedimenty	(S3)	-	1b
kvartér	rozvětralé eluvium podložních hornin	F4 CS	clSa	2

V tabulkách č. 6, 7 a 8 jsou uvedeny směrné normové charakteristiky zastižených zemin.

### 4.5.1 Jílovité sedimenty (GT 1a)

Ve vrtu byly pod vrstvou asfaltu a makadamu byly od hloubky 0,3 do 5,1 m zastiženy střídající se vrstvy jílu a písčitého jílu, které tvoří násyp hráze. Na základě normy ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“, přílohy A, odpovídají tyto vrstvy středně plastickým jílům třídy F6 a písčitému jílu třídy F4 tuhé až pevné konzistence.

Hodnoty řádů filtračních součinitelů  $k_f$  [m.s<sup>-1</sup>], zjištěné odečtem z křivek zrnitosti, se u těchto zemin pohybují v řádech 10<sup>-9</sup> u středně plastických jílu a 10<sup>-7</sup> u písčitého jílu. Dle odstupňované nomenklatury propustnosti hornin [2] spadají tak zastižené sedimenty třídy F6 do tříd propustnosti VIII, které definují prostředí nepatrně propustné. Sedimenty třídy F4 spadají do třídy propustnosti VI a definují tak prostředí slabě propustné.

Průkazné geotechnické parametry geotechnického typu GT 1a pro třídu F6 a F4, spolu s doporučenými geotechnickými charakteristikami, jsou uvedeny v tabulce č. 6 a 7.

Tabulka č. 6 Geotechnické charakteristiky jílu GT 1a

	veličina	jednotka	hodnota F6
Objemová tíha <sup>*)</sup>	$\gamma_n$	[kN.m <sup>-3</sup> ]	21.0
Přirozená vlhkost	$w_n$	[%]	21.8
Koeficient filtrace (z křivky zrnitosti)	$k_f$	[m.s <sup>-1</sup> ]	6×10 <sup>-9</sup>
Stupeň konzistence (redukovaný)	$I_{CR}$	[1]	0.85
Index plasticity	$I_P$	[%]	19.8
Poissonovo číslo <sup>*)</sup>	$\nu$	[1]	0.40

Vysvětlivky: <sup>\*)</sup> směrné normové charakteristiky dle normy ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“

Tabulka č. 7 Geotechnické charakteristiky písčitých jílu GT 1a

	veličina	jednotka	hodnota F4
Objemová tíha <sup>*)</sup>	$\gamma_n$	[kN.m <sup>-3</sup> ]	18.5
Přirozená vlhkost	$w_n$	[%]	15.5
Koeficient filtrace (z křivky zrnitosti)	$k_f$	[m.s <sup>-1</sup> ]	2×10 <sup>-7</sup>
Stupeň konzistence (redukovaný)	$I_{CR}$	[1]	1.04
Index plasticity	$I_P$	[%]	16.8
Poissonovo číslo <sup>*)</sup>	$\nu$	[1]	0.35

Vysvětlivky: <sup>\*)</sup> směrné normové charakteristiky dle normy ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“

#### 4.5.2 Písčité sedimenty (GT 1b)

Při bázi násypu hráze byla v hloubce 5,1 až 5,2 m zastižena velmi tenká písčitá vrstva o mocnosti 0,1 m, v níž byla naražena hladina podzemní vody. Jednalo se o silně zvodněný kyprý jemnozrnný písek šedohnědé barvy, který dle makroskopického popisu odpovídá písku s příměsí jemnozrnné zeminy třídy S3.

#### 4.5.3 Rozvětralé eluvium podložních hornin (GT 2)

Pod násypem hráze od hloubky 5,2 m až po bázi vrtu bylo zastiženo kvartérní podloží tvořené velmi silně rozvětralým eluviem podložních hornin. Rozvětralé eluvium odpovídalo, dle normy ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“, přílohy A, písčitému jílu pevné konzistence, které spadají do třídy F4.

Hodnota řádu filtračních součinitelů  $k_f$  [m.s<sup>-1</sup>], zjištěných odečtem z křivky zrnitosti, se u odebraného vzorku zemin pohybuje v řádu 10<sup>-6</sup>. Dle odstupňované nomenklatury propustnosti hornin [2] tak spadají tyto zeminy do třídy propustnosti V, která je definuje prostředí dosti slabě propustné.

Pro zeminy geotechnického typu GT 2 jsou v tabulce č. 8 uvedeny průkazné geotechnické parametry, případně směrné normové charakteristiky a orientační tabulkové hodnoty.

Tabulka č. 8 Geotechnické charakteristiky zemin GT 2

	veličina	jednotka	hodnota F4
Objemová tíha <sup>*)</sup>	$\gamma_n$	[kN.m <sup>-3</sup> ]	18.5
Přirozená vlhkost	$w_n$	[%]	16.6
Koeficient filtrace (z křivky zrnitosti)	$k_f$	[m.s <sup>-1</sup> ]	1×10 <sup>-6</sup>
Stupeň konzistence (redukovaný)	$I_{CR}$	[1]	1.09
Index plasticity	$I_P$	[%]	18.0
Poissonovo číslo <sup>*)</sup>	$\nu$	[1]	0.35

Vysvětlivky: <sup>\*)</sup> směrné normové charakteristiky dle normy ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“

## 4.6 Hydrogeologické poměry

Hydrogeologické poměry v zájmovém území jsou určovány mělkým oběhem kvartérní zvodně v kvartérních pokryvných sedimentech a zvodněním v připovrchové zóně podložních moldanubických hornin. Kolektor v oblasti tvoří zpravidla fluviální nesoudržné zeminy. Propustnost předkvartérního podloží je dána rozpukáním a charakterem puklin. V případě výskytu nadložních propustných fluviálních sedimentů větších nebo propustných pokryvů zvětralin dochází lokálně ke zvýšení propustnosti předkvartérního podloží.

Jednotlivé vrstvy na lokalitě lze z hydrogeologického hlediska charakterizovat následovně:

- **Těleso hráze GT 1**

Zeminy tělesa hráze charakteru středně plastických jíílů a písčitých jíílů mají z hlediska propustnosti charakter hydrogeologického izolátoru až poloizolátoru v závislosti na obsahu písčité frakce. Filtrační součinitele jíílů se pohybují v řádech  $n \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ , čímž tvoří pro vodu prakticky nepropustnou vrstvu. Vrstvy písčitých jíílů vykazují hodnoty filtračních součinitelů v řádech  $n \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ , čímž mohou být pro vodu slabě propustné.

Průsaky mohou být způsobeny silně zvodněnou písčitou vrstvou, která byla zastižena při bázi násypu hráze a v níž byla naražena podzemní voda v hloubce 5,1 m.

- **Rozvětralé eluvium podložních hornin GT 2** – pod tělesem hráze bylo zachyceno velmi silně rozvětralé eluvium podložních hornin v podobě písčitých jíílů třídy F4, které z hlediska propustnosti tvoří spíše poloizolátor, který zpomaluje infiltraci dešťových vod do hlubšího horninového prostředí. V závislosti na podílu písčité frakce a ostrohranných úlomků podložních hornin může být lokálně pro vodu dosti slabě propustné. Koeficienty filtrace těchto sedimentů se nejčastěji pohybují v řádech  $n \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ .

Přehled zastižené úrovně hladiny vody ve vrtané sondě, jež představuje průsak v tělese hráze, je uvedena v následující tabulce č. 9.

Tabulka č. 9 Úroveň hladiny podzemní vody

Objekt	Y	X	Výška (m n. m.)	NH (m)	UH (m)
JV1	636480.9	1135948.3	479.0	5.1	2.2

Vysvětlivky:

m n .m.....metry nad mořem  
NH.....naražená hladina  
UH.....ustálená hladina



## ZÁVĚR

Účelem prací, které realizovala společnost GEODRILL s.r.o., bylo provedení inženýrsko-geologického a geofyzikálního průzkumu, jehož výsledky budou sloužit k zajištění průsaků v pravobřežním zavázání hráze VD Martinice.

Pro geofyzikální průzkum byl použitý komplex geofyzikálních metod – SP, DEMP a VES. Výsledky byly zpracovány formou plošných map izolinií a do hloubkových řezů. Přílohy byly graficky upraveny a zjištěné poznatky jsou u jednotlivých metod graficky zvýrazněny.

Úkolem bylo zjistit směr průsaků z vodní nádrže v pravobřežním zavázání hráze. V současné době se na vzdušné straně hráze nachází několik míst, kde dochází k výronům vody.

Níže uvádíme hlavní poznatky provedeného geofyzikálního měření:

- pomocí metody SP byla zastižena dvě místa, kde dochází k průsaku z vodní nádrže na návodní straně,
- směr pohybu vody hrází bude složitější. Část bude prosakovat přímo. Směr dalšího pohybu vody se pod korunou hráze stáčí k SZ a prosakuje dále pod asfaltovou silnicí SZ od hráze,
- pomocí dalších geoelektrických metod ve výše zmíněných místech byly vymapovány anomálie, které podporují přítomnost průsaků,
- v hloubkových řezech lze sledovat ukončení zavázání hráze k podloží,
- násyp hráze bude značně nehomogenní. Hojnější výskyt písčité frakce může snižovat těsnící schopnost hráze,
- nejdůležitější poznatky, s vazbou na řešený problém, byly souhrnně zpracované do korelačního schématu a uvádíme je v příloze 12,
- na základě geofyzikálního průzkumu byla situovaná i průzkumná sonda, její pozice je vyznačená v korelačním schématu.

Pro ověření oslabených zón a složení materiálu zemní hráze byla v jejím náspu na základě výsledků geofyzikálního průzkumu umístěna 1 vrtaná průzkumná sonda (JV1) o hloubce 7,0 m. Vrt byl situován přibližně v místě VES č. 5 a potvrdil výsledky geofyzikálního průzkumu. Ve svrchní části geologického profilu byla zastižena vozovka tvořená asfaltem a makadamem. Pod touto vrstvou se od hloubky 0,3 do 5,1 m nacházel násyp hráze, v němž se střídaly vrstvy středně plastických jílu odpovídající, dle normy ČSN 73 6133, třídy F6 a vrstvy biogenních písčitých jílu odpovídající, dle normy ČSN 73 6133, zeminám třídy F4. Pod těmito vrstvami byla v hloubce 5,1 až 5,2 m zjištěna tenká poloha silně zvodněného kypřého jemnozrnného písku. Pod vrstvou písku bylo zastiženo od hloubky 5,2 m až po bázi vrtu velmi silně rozvětralé eluvium podložních hornin, které dle normy ČSN 73 6133 odpovídalo písčitému jílu třídy F4 pevné konzistence.

Z vrtané sondy byly k provedení laboratorních zkoušek odebrány porušené vzorky zemin. Výsledky laboratorních rozborů odebraných vzorků zemin jsou přehledně shrnuty v tabulkách č. 3 a 4.

Z inženýrsko-geologického hlediska byly na základě obdobných litologických a geomechanických vlastností vyčleněny 2 geotechnické typy zemin:

- *Jílovité sedimenty*..... GT 1a
- *Písčité sedimenty*..... GT 1b

▫ *Rozvětrale eluvium podložních hornin ..... GT 2*

Zeminy, které byly zastiženy při terénních pracích, řadíme dle normy ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“ do I. třídy rozpojitelnosti a těžitelnosti. Těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanismy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

Pro zastižené zeminy jsou uvedeny průkazné geotechnické parametry a orientační hodnoty dle normy 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“ v tabulkách č. 6, 7 a 8.

Podle řádů hodnot filtračních součinitelů  $k_f$  [ $\text{m.s}^{-1}$ ], zjištěných odečtem z křivky zrnitosti, spadají zastižené jílovité sedimenty třídy F6 do třídy propustnosti VIII, definující prostředí nepatrně propustné. Písečné jíly třídy F4 odpovídají zeminám třídy propustnosti VI a V a definují tak prostředí slabě propustné a dosti slabě propustné.

Hladina podzemní vody byla naražena ve zvodněné písčité vrstvě v hloubce 5,1 m a její ustálená hladina byla naměřena v hloubce 2,2 m. Zvodněná poloha je tedy v úrovni cca 473,90 m n. m. Průsaky na vzdušné straně hráze byly geodeticky zaměřeny, přičemž nejnižší průsak se nachází v úrovni 475,90 a nejvyšší v úrovni 477,71 m n. m. V zápise o prohlídce vodního díla je uvedeno, že průsaky jsou v úrovni hladiny na kótě 477,15, tj. 0,7 m pod přelivnou hranou (477,85 m n. m. dle geodetického zaměření). Dle provedené zkoušky průsaků při vypouštění nádrže bylo zjištěno, že horní průsak přestal téci při hladině 0,78 m pod přelivem, tedy na kótě hladiny 477,07 a dolní průsak přestal téci při hladině 0,90 m pod přelivem, tedy na kótě hladiny 476,95 m n. m.

Na základě výše uvedeného lze očekávat výskyt poruch v intervalu 476,95 až 477,07 m n. m., tj. 1,85 až 1,73 m pod terénem (korunou hráze).

Dle výsledků geofyzikální metody SP a VES zde byla zachycena hlubší porucha – zvodněná zóna na rozhraní mezi hrází a přirozeným podložím – eluvii skalního podkladu. Další, geofyzikálním průzkumem predikované nehomogenity, indukující průsaky pravobřežním zavázáním se nachází v místě VES č. 7. Dle izoohmických řezů jsou tyto poruchy mělké a výškově korespondují s průsaky geodeticky zaměřenými.

## DOPORUČENÍ

Provedeným geofyzikálním průzkumem a geologickým vrtem byly ověřeny průsaky v pravobřežním zavázání hráze. Vrt zjistil, že možné poruchy a průsaky se nacházejí také hlouběji, než je zřejmé ze zdokumentovaných průsaků na vzdušné straně hráze.

Sanace průsaků je možná několika způsoby. Vzhledem k poměrně mělkému výskytu průsaků v pravobřežním zavázání (1,85-1,73 m pod korunou hráze) lze k sanaci použít běžnou výkopovou techniku. Pravděpodobně bude nejvhodnější pravou stranu zavázat hlouběji do pravobřežního svahu. Očekáváme výskyt zvětralých hornin skalního podloží, jež bude pravděpodobně nutné sanovat injektáží pro snížení jejich propustnosti.

Průsaky zjištěné v hloubce 5,1 až 5,2 m vrtem JV1 navrhujeme sanovat pomocí tryskové injektáže, čímž nebude nutné provádět takto hluboké výkopy.

V rámci postupu a projektování dalších prací doporučujeme provést další průzkumné práce pro potvrzení geofyzikálního průzkumu v oblasti VES č. 7. Navrhujeme zde provést vrt do hloubky cca 6-7 m p. t. Dále navrhujeme kopanou sondou v délce cca 6 m a do hloubky cca 2 m ověřit průběh a kvalitu pravobřežního zavázání a charakter přirozených zemin a hornin na styku s tělesem hráze.

V Brně dne 24.7.2013

## LITERATURA

- [1] DEMEK, J. a kol. *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny*. Praha: Československá akademie věd, 1987.
- [2] HRÁDEK, a kol. *Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, 23-234 Jihlava*, ČGS, 1989.
- [3] JETEL, J. *Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech*. Praha: ČAV, 1982.
- [4] QUITT, E. *Klimatologické oblasti Československa*. Brno: Československá akademie věd – geografický ústav, 1971.

## DALŠÍ POUŽITÉ PODKLADY

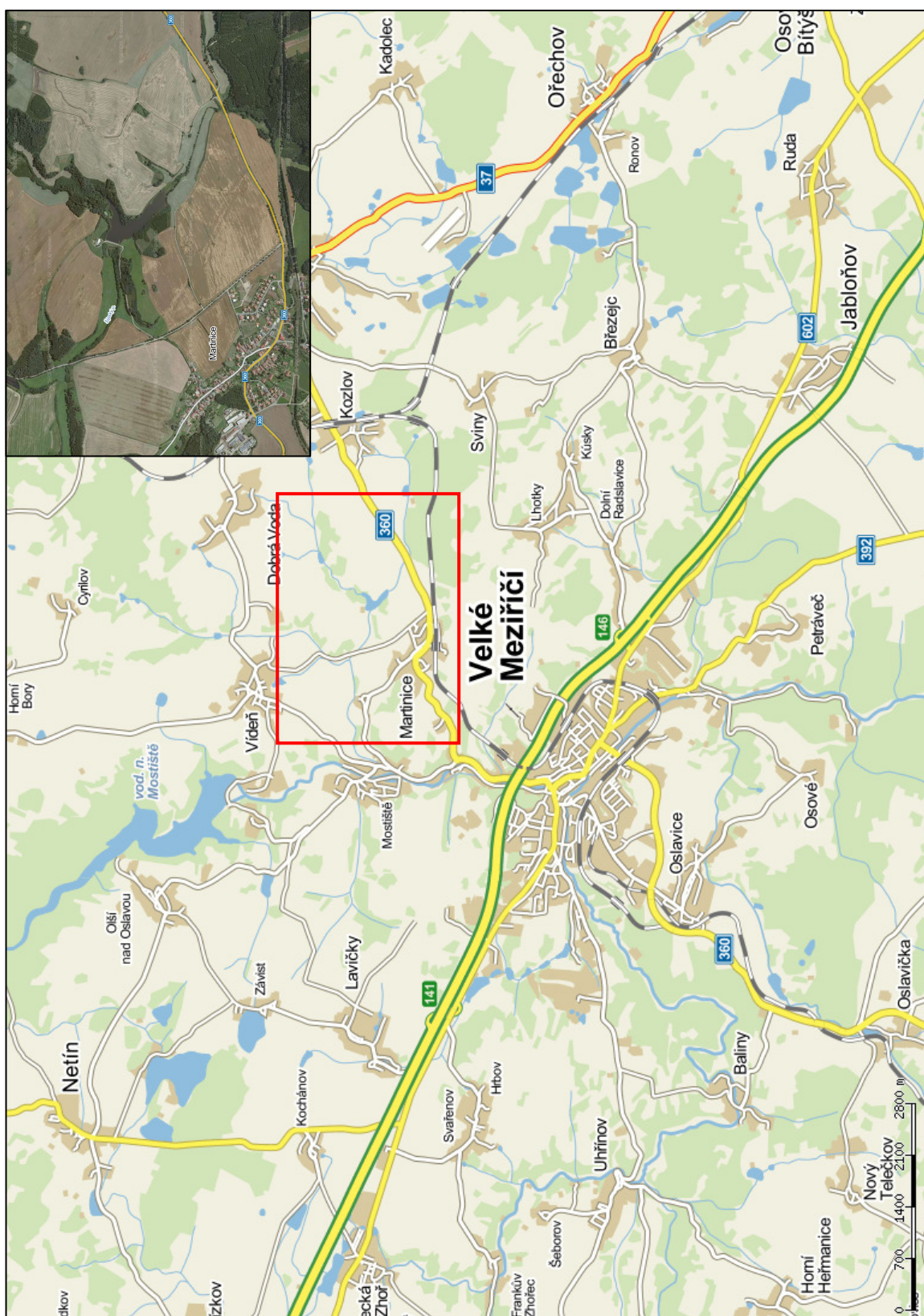
- [5] Česká geologická služba. *GeoDATA. Mapový server* [online]. [citováno 2013-04-23]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer2.htm>
- [6] Národní geoportál Inspire verze 1.0. [citováno 2013-04-23]. Dostupné z: <http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>
- [7] Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. *Hydroekologický informační systém VÚV T. G. M.* [online]. [citováno 2013-04-23]. Dostupné z: [www.heis.vuv.cz](http://www.heis.vuv.cz).
- [8] Geoportál ČÚZK. *Geoprohlížeč ČÚZK* [online]. [citováno 2013-04-23]. <http://geoportal.cuzk.cz/>

## POUŽITÉ NORMY

- [9] ČSN EN ISO 14688-1. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemín – Část 1: Pojmenování a popis*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [10] ČSN EN ISO 14688-2. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemín – Část 2: Zásady pro zařídování*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [11] ČSN CEN ISO/TS 17892-1. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemín – Část 1: Stanovení vlhkosti zemín*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [12] ČSN CEN ISO/TS 17892-4. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemín – Část 4: Stanovení zrnitosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [13] ČSN CEN ISO/TS 17982-12. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemín – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [14] ČSN 73 6133. *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [15] ČSN 73 1001. *Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [16] ČSN EN 1998-1. *Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [17] ČSN 75 2410. *Malé vodní nádrže*. Praha: Český normalizační institut, 1997.



## PŘÍLOHA 1 Přehledná situace zájmového území



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

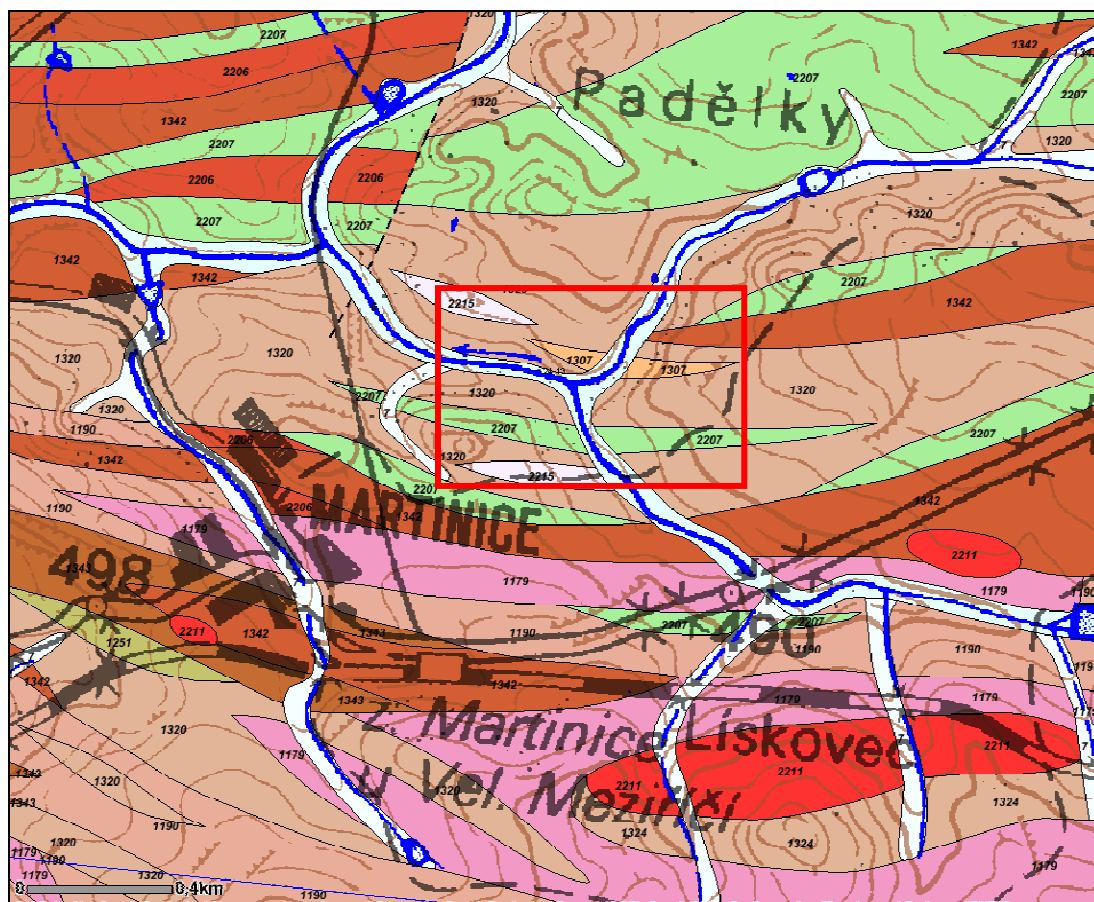
GEODRILL s.r.o.

Sídlo: Bělohorská 2115/6, 636 00 Brno

Provozovna: K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno

IČ: 46994971, DIČ: CZ46994971, tel.: +420 544 525 240, fax: +420 549 273 293, e-mail: [info@geodrill.cz](mailto:info@geodrill.cz), internet: [www.geodrill.cz](http://www.geodrill.cz)

## PŘÍLOHA 2 Přehledná geologická situace



Zdroj: [www.geology.cz](http://www.geology.cz)

### Sjednocená legenda GeoČR 50

#### kenozoikum

##### kvartér

##### *holocén*

- 6** nivní sediment (fluviální nečleněné + sedimenty vodních nádrží)
- 7** smíšený sediment (deluviofluviální)

#### ČESKÝ MASIV - KRYSTALINIKUM A PREVARISKÉ PALEOZOIKUM

##### paleozoikum

##### karbon

- 2211** granit (složení biotit, biotit muskovit, místy s andalusitem)

##### paleozoikum až proterozoikum

- 1251** amfibolit, rula (složení (0), hornblend)
- 2207** amfibolit, místy granitizovaný
- 1307** migmatit, rohovec (složení cordierit biotit, (0))
- 1320** rula (složení sillimanit biotit)

- 2206** rula až migmatit (arterit) (složení biotit)
- 1324** pararula až migmatit (složení cordierit sillimanit biotit)
- 1342** pararula (složení biotit, sillimanit biotit, +- cordierit, muskovit, granát)
- 1343** pararula (složení biotit, sillimanit biotit, +- muskovit)
- 2215** granulit světlý, místy páskovaný
- 1179** migmatit až ortorula
- 1190** pararula až migmatit

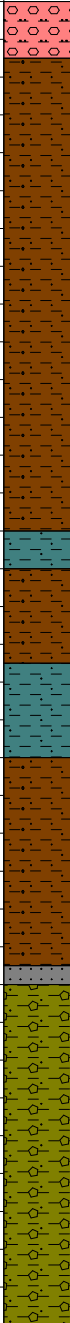



### PŘÍLOHA 3

#### Podrobná situace s umístěním vrtané sondy



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

GEODRILL s.r.o. K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno					Objekt <b>JV1</b>		Souřadnice X : 1135948.30 Y : 636480.96 Nadmořská výška : 479.00 Lokalita Martinice Mapa 1:25.000 24-133		
GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE					Norma 736133 14688-2				
Popisy polohy									
Hloubka [m]	Geologický profil	Stratigrafie	Odběry vzorků	Podzemní voda					
1	2	3	4	5	6	7	8		
2		Kvartér			0.00-0.30 : asfalt, makadam (těleso vozovky)		<b>POPISNÁ DATA</b>		
					0.30-2.80 : jíl se střední plasticitou, hnědý, tuhý (násyp hráze)		Datum zahájení vrtání 12.7.2013 Datum ukončení vrtání 12.7.2013 Vrtná souprava Hyndaga Vrtná technologie jádrová Jméno vrtmistra Prokop Vrtná společnost GEODRILL Dokumentoval Prokop		
							<b>INTERVALY VRTÁNÍ</b> PRŮMĚR [ m ] [ mm ] 0.00 - 7.00 137		
							<b>PODZEMNÍ VODA</b> Ustálená hladina 2.20 m Datum zjištění 12.7.2013 Naražená hladina 5.10 m		
							<b>VZORKY ZEMIN</b> interval odběru [m] typ číslo		
							0.80 - 1.00 P 3.80 - 4.00 P 6.40 - 6.60 P		
4					2.80-3.00 : jíl, biogenní, šedozelený, tuhý až pevný (násyp hráze)	(F4)			
					3.00-3.50 : jíl, hnědý, pevný (násyp hráze)	(F6)			
					3.50-4.00 : jíl písčitý, biogenní, šedozelený, pevný (násyp hráze)	F4 CS	sasiCI		
					4.00-5.10 : jíl, s ojedinělými valouny štěrku, hnědý rezavě vrstvený, pevný (násyp hráze)	(F6)			
					5.10-5.20 : písek jemnozrný, šedohnědý, kyprý, silně zvodněný (násyp hráze) 5.20-7.00 : jíl písčitý, ojediněle s ostrohrannými úlomky, hnědý rezavě laminovaný, tuhý (rozvětralé eluvium podložních hornin)	(S3)	cISa		
						F4 CS			
6									
8									
							Měřitko : 1 : 40 ID_OBJ : 1 Projekt : 0782/13 Zpracoval : Mgr. Drápalová Datum : 22.7.2013 Příloha : 4		

# **PROTOKOL O VÝSLEDČÍCH LABORATORNÍCH ZKOUŠEK**

č. : 26/13

Název zakázky: Zjištění průsaků v pravobřežním zavázání hráze VD Martinice  
Číslo zakázky: 0782/13  
Objednatel: Povodí Moravy, s.p., Dřevařská 11, 601 75 Brno  
Odběr: Prokop L.  
Datum odběru: 12.7.2013  
Datum převzetí vzorku: 12.7.2013  
Zkoušel: Koshan M.  
Datum zpracování zakázky: 15.-18.7.2013  
Matrice: porušené (P) vzorky zemin  
Identifikace zkušebních postupů: Stanovení vlhkosti zemin ČSN CEN ISO/TS 17892-1  
Stanovení zrnitosti zemin ČSN CEN ISO/TS 17892-4  
Stanovení konzistenčních mezí ČSN CEN ISO/TS 17892-12

Označení sondy				JV1	JV1	JV1			
Číslo vzorku				2583	2584	2585			
Hloubka odběru			[m]	0.8-1.0	3.8-4.0	6.4-6.6			
Typ vzorku				P	P	P			
Vlhkost	ČSN CEN ISO/TS 17892-1	$w$	[%]	21.8	15.5	16.6			
Mez tekutosti	ČSN CEN ISO/TS 17892-12	$w_L$	[%]	39.1	35.2	38.3			
Mez plasticity		$w_P$	[%]	19.3	18.4	20.3			
Index plasticity		$I_P$	[%]	19.8	16.8	18.0			
Stupeň konzistence		$I_C$		0.87	1.18	1.20			
Podíl zrn > 0,5 mm		$g$	[%]	3	22	18			
Redukovaný stupeň konzistence <sup>1)</sup>		$I_{CR}$		0.85	1.04	1.09			
Filtrační součinitel <sup>2)</sup>		$k$	[m.s <sup>-1</sup> ]	6.14E-09	1.80E-07	1.38E-06			
Třída zeminy <sup>3)</sup>	ČSN EN ISO 14688-2			siCl	sasiCl	clSa			
	ČSN 73 6133			F6 Cl	F4 CS	F4 CS			

Nejistota měření :  $\pm 6\%$  vlhkost ,  $\pm 4\%$  hustota ,  $\pm 2\%$  zrnitost ,  $\pm 2\%$  mez tekutosti ,  $\pm 5\%$  mez plasticity. Rozšířená nejistota odpovídá úrovni spolehlivosti 95% a je uvedena v relativním tvaru. Rozšířená nejistota je stanovena pro koeficient rozšíření  $k = 2$  podle EA 4/02.

## **Poznámky:**

1) Stupeň konzistence redukovaný  $I_{CR}$  – používá se pro výpočet čísla konzistence u zemin s příměsí pískových zrn větších než 0,5 mm nebo šterkových zrn

2) Výpočtové parametry mimo rozsah akreditace, filtrační součinitel byl stanoven výpočtem dle Jákyho

3) Součástí protokolu jsou křivky zrnitosti zemin včetně klasifikace dle ČSN 73 6133 "Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací" a dle ČSN EN ISO 14688-2 "Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 2: Zásady pro zařizování "

Rozdělovník:	3 x objednatel 2 x archiv GEODRILL s.r.o. 1 x Geofond 1 x Laboratoř mechaniky zemin a hornin GEODRILL s.r.o.	Protokol vystavil a schválil:	Mgr. Radka Drápalová zástupce vedoucího laboratoře
Výtisk číslo :	1 2 3 4 5 6 7	Datum vystavení protokolu:	18.7.2013
Zkušební laboratoř prohlašuje, že protokol o zkoušce může být reprodukován jako celek, jinak jen s písemným souhlasem laboratoře. Výsledky zkoušek se týkají pouze zkušebních vzorků.			

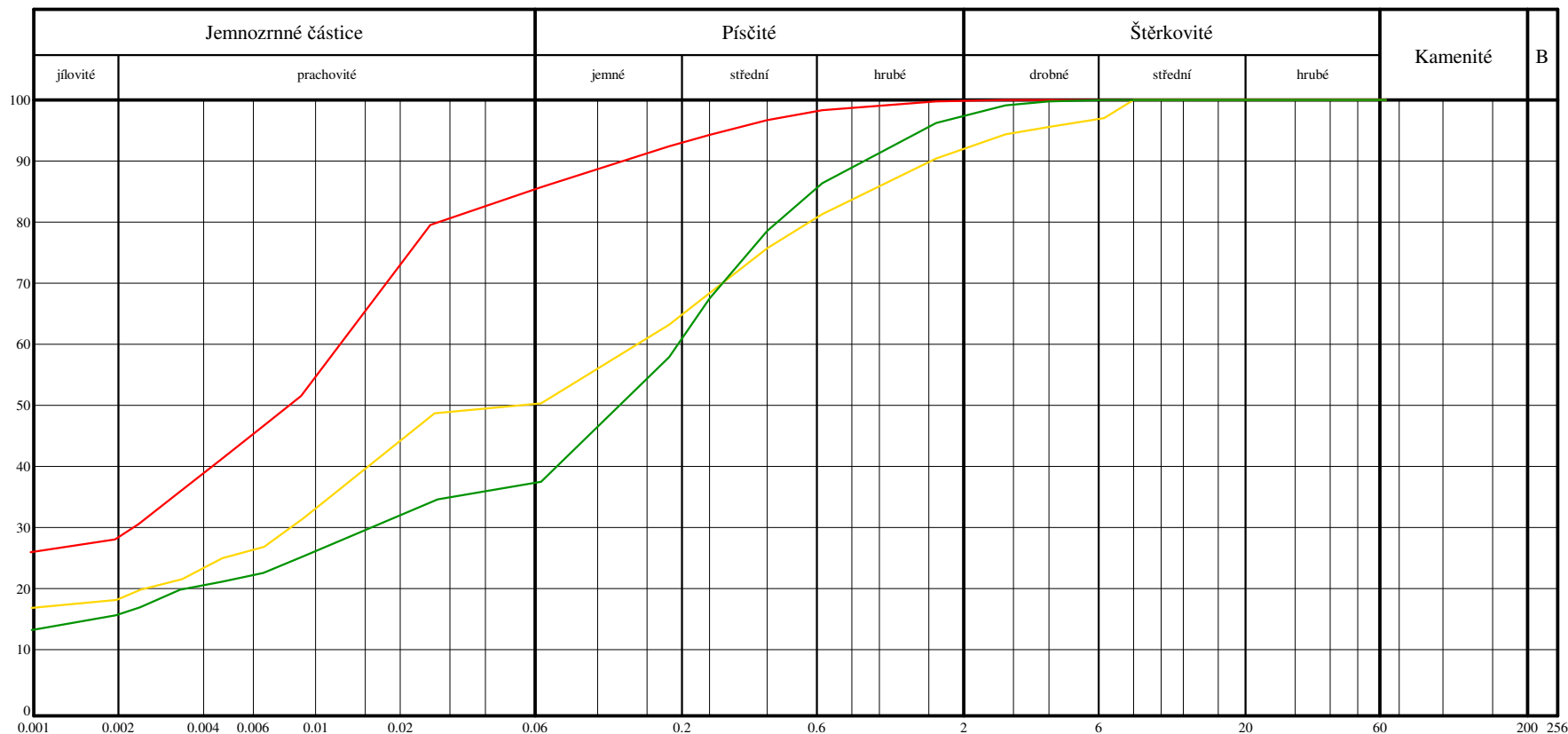
# KŘIVKY ZRNITOSTI ZEMINY DLE KLASIFIKACE ČSN 73 6133

Název akce: Zjištění průsaků v pravobřežním zavázání hráze VD Martinice

Lokalita: Martinice



GEODRILL s.r.o.  
Laboratoř mechaniky zemin a hornin  
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno



Sonda	Hloubka	Vzorek	Křivka	Symbol	Název zeminy	$C_u$	$C_c$	$w_L$	$w_p$	$I_p$	Vlhkost	$I_c$
JV1	0,8-1,0	vz2583	<span style="color:red">—</span>	F6 CI	jíl se střední plasticitou	12.42	0.40	39.07	19.25	19.82	21.81	0.87
JV1	3,8-4,0	vz2584	<span style="color:yellow">—</span>	F4 CS	jíl písčitý	136.87	0.46	35.22	18.43	16.79	15.45	1.18
JV1	6,4-6,6	vz2585	<span style="color:green">—</span>	F4 CS	jíl písčitý	194.10	1.15	38.26	20.25	18.01	16.62	1.20

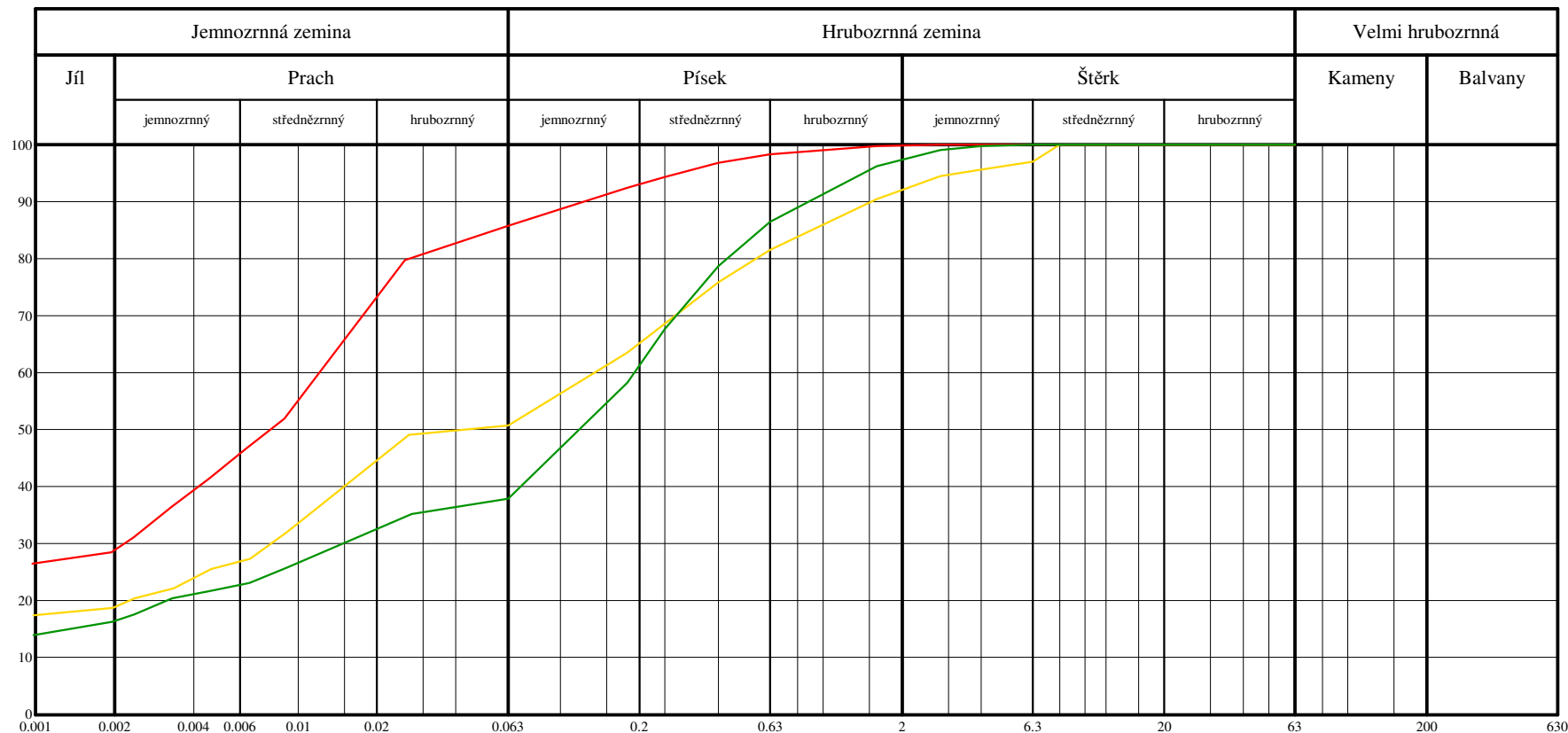
# KŘIVKY ZRNITOSTI ZEMINY DLE KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2

Název akce: Zjištění průsaků v pravobřežním zavázání hráze VD Martinice

Lokalita: Martinice



GEODRILL s.r.o.  
Laboratoř mechaniky zemin a hornin  
K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno



Sonda	Hloubka	Vzorek	Křivka	Symbol	Název zeminy	$C_U$	$C_C$	$w_L$	$w_P$	$I_P$	Vlhkost	$I_C$
JV1	0,8-1,0	vz2583	<span style="color:red">—</span>	siCl	prachovitý jíl	12.42	0.40	39.07	19.25	19.82	21.81	0.87
JV1	3,8-4,0	vz2584	<span style="color:yellow">—</span>	sasiCl	písčitý prachovitý jíl	136.87	0.46	35.22	18.43	16.79	15.45	1.18
JV1	6,4-6,6	vz2585	<span style="color:green">—</span>	clSa	jílovitý písek	194.10	1.15	38.26	20.25	18.01	16.62	1.20

## METODIKA LABORATORNÍCH ZKOUŠEK ZEMIN

### VLHKOST $w$ (%)

– poměr hmotnosti vody v zemině k hmotnosti vysušené zeminy. Je stanovena dle normy ČSN CEN ISO/TS 17892-1 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 1: Stanovení vlhkosti zemin“.

Zkušební vzorek se suší při teplotě  $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  na ustálenou hmotnost.

Vlhkost se spočítá dle vzorce:  $w = \frac{m_w}{m_d} \times 100$

$m_w$  hmotnost vody odstraněné vysoušením (g)

$m_d$  hmotnost vysušeného zkušební vzorku (g)

### ZRNITOST

– hmotnostní podíl jednotlivých zrnitostních frakcí přítomných v dané zemině. Je stanovena dle ČSN CEN ISO/TS 17892-4 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 4: Stanovení zrnitosti zemin“ kombinovanou metodou prosévání případně sedimentací (hustoměrnou zkouškou).

Vysušený zkušební vzorek se proseje na sadě sít až do minimální velikosti oka 0,063 mm. Zbytky na sítích po prosévání a materiál pod sítí 0,063 mm se zváží a vypočítá se kumulativní hmotnost zrn zachycených na každém sítě.

Pro hustoměrnou zkoušku se zkušební vzorek promyje přes síto o velikosti ok 0,063 mm a přelije do válce o objemu 1 litr. Do zkušební vzorku zeminy musí být přidáno 100 ml dispergačního roztoku. Vzniklá suspenze se promíchá a začíná se odečítat hustota v určených časových intervalech. Odečet probíhá v lázni s řízenou konstantní teplotou.

Granulometrické složení zeminy je graficky dokumentováno křivkou zrnitosti v semilogaritmickém grafu a zařazením dle ČSN EN ISO 14688-2 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařazování zemin – Část 2: Zásady pro zařazování“ a dle ČSN 73 6133 „Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací“, přílohy A.

### KONZISTENČNÍ MEZE

– zahrnují stanovení meze tekutosti a plasticity v souladu s normou ČSN CEN ISO/TS 17892-12 „Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí“

- **Mez tekutosti  $w_L$  (%)** – je vlhkost, při které zemina přechází ze stavu tekutého do stavu plastického. Stanovení probíhá kuželovou zkouškou ze zkušební vzorku získaného z přirozené zeminy nebo ze zeminy, u které byl odstraněn materiál zachycený na síti 0,5 mm.



## METODIKA LABORATORNÍCH ZKOUŠEK ZEMIN

- **Mez plasticity  $w_p$  (%)** – je nejnižší vlhkost zeminy, při které je zemina plastická. Princip stanovení spočívá v dosažení a stanovení vlhkosti, kdy se válečky zeminy o průměru 3 mm rozpadají v podélném i příčném směru.
- **Index plasticity  $I_p$**  – ukazuje, jak intenzivní jsou vazby vody v zemině. Vyšší hodnota indexu zpravidla poukazuje na jílovitější charakter zeminy a nižší propustnost. Vypočítá se jako rozdíl meze tekutosti a meze plasticity  $I_p = w_L - w_p$ .

- **Stupeň konzistence  $I_C$**  – je číselnou charakteristikou konzistenčního stavu.

Stupeň konzistence je stanoven výpočtem podle následujícího vzorce  $I_C = \frac{w_L - w}{I_p}$ .

- **Stupeň konzistence redukovaný  $I_{CR}$**  – používá se pro výpočet čísla konzistence u zemin s příměsí pískových zrn větších než 0,5 mm nebo šterkových zrn.

Výpočet dle Herštuse [1] 
$$I_C = \frac{w_L - w_{0,5}}{I_p} \quad w_{0,5} = \frac{100w - w_g \cdot g}{100 - g}$$

$w_{0,5}$  vlhkost zahrnující přepočet pro frakce nad 0,5 mm  
 $g$  zrna větší než 0,5 mm (odečet z křivky zrnitosti)  
 $w_g$  odhadovaná vlhkost frakce nad 0,5 mm (zpravidla 5–10 %)

Tabulka 1. – Rozlišení konzistence zemin

ČSN 73 6133		ČSN EN ISO 14 688-2	
Konzistence	Stupeň konzistence $I_C$	Konzistence hlín a jílu	Stupeň konzistence $I_C$
kašovitá	< 0,05	velmi měkká	< 0,25
měkká	0,05 až 0,50	měkká	0,25 až 0,50
tuhá	0,50 až 1,00	tuhá	0,50 až 0,75
pevná	> 1,00	pevná	0,75 až 1,00
tvrdá	-	velmi pevná	> 1,00

- [1] HERŠTUS, J. *Upřesnění postupu v zatřídování zemin podle 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy*. Inženýrské stavby, ročník 28, Praha: 1980.

## PŘÍLOHA 7

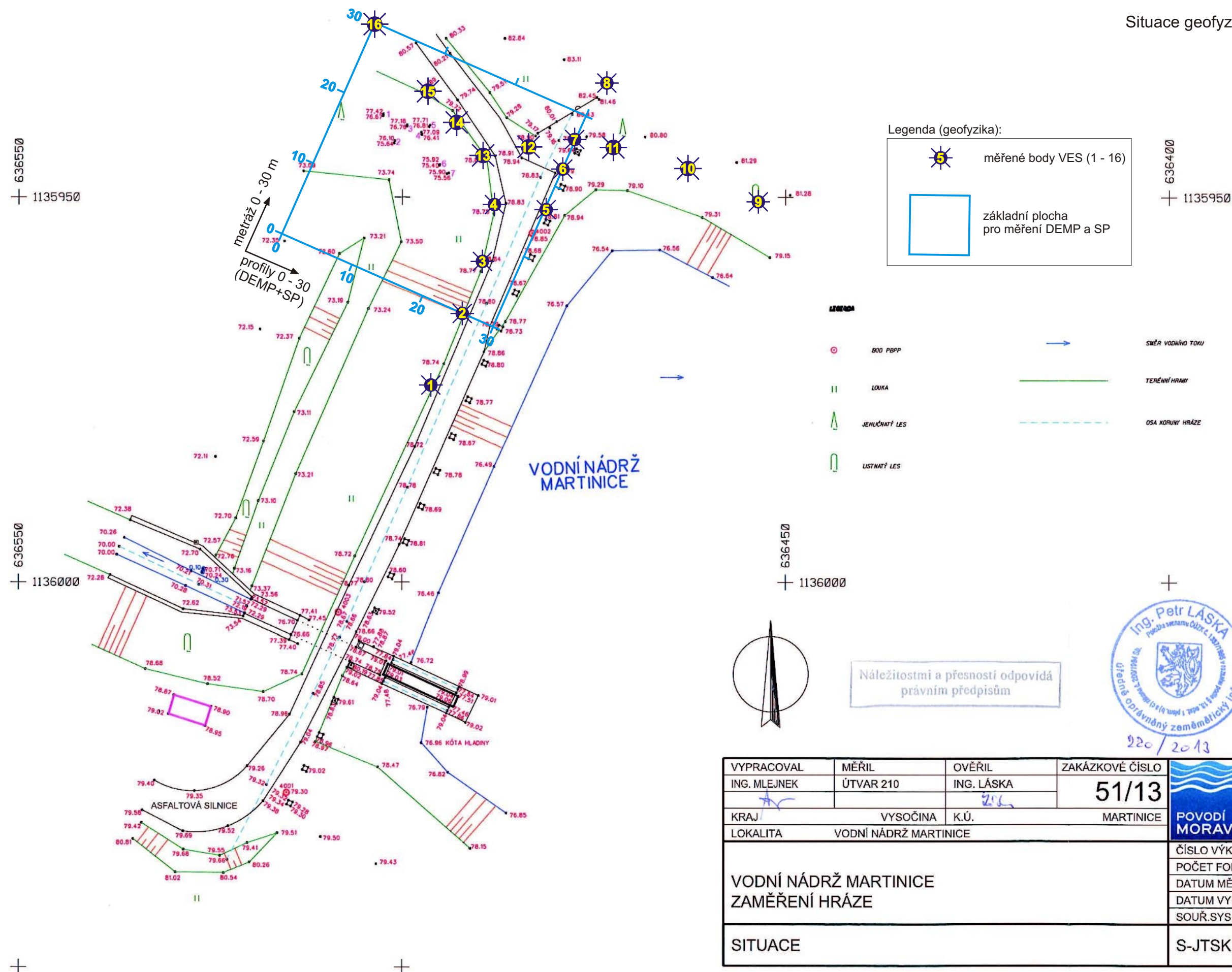
### Fotodokumentace vrtných prací


Obrázek č. 1 Sonda JV1: 0,0–7,0 m

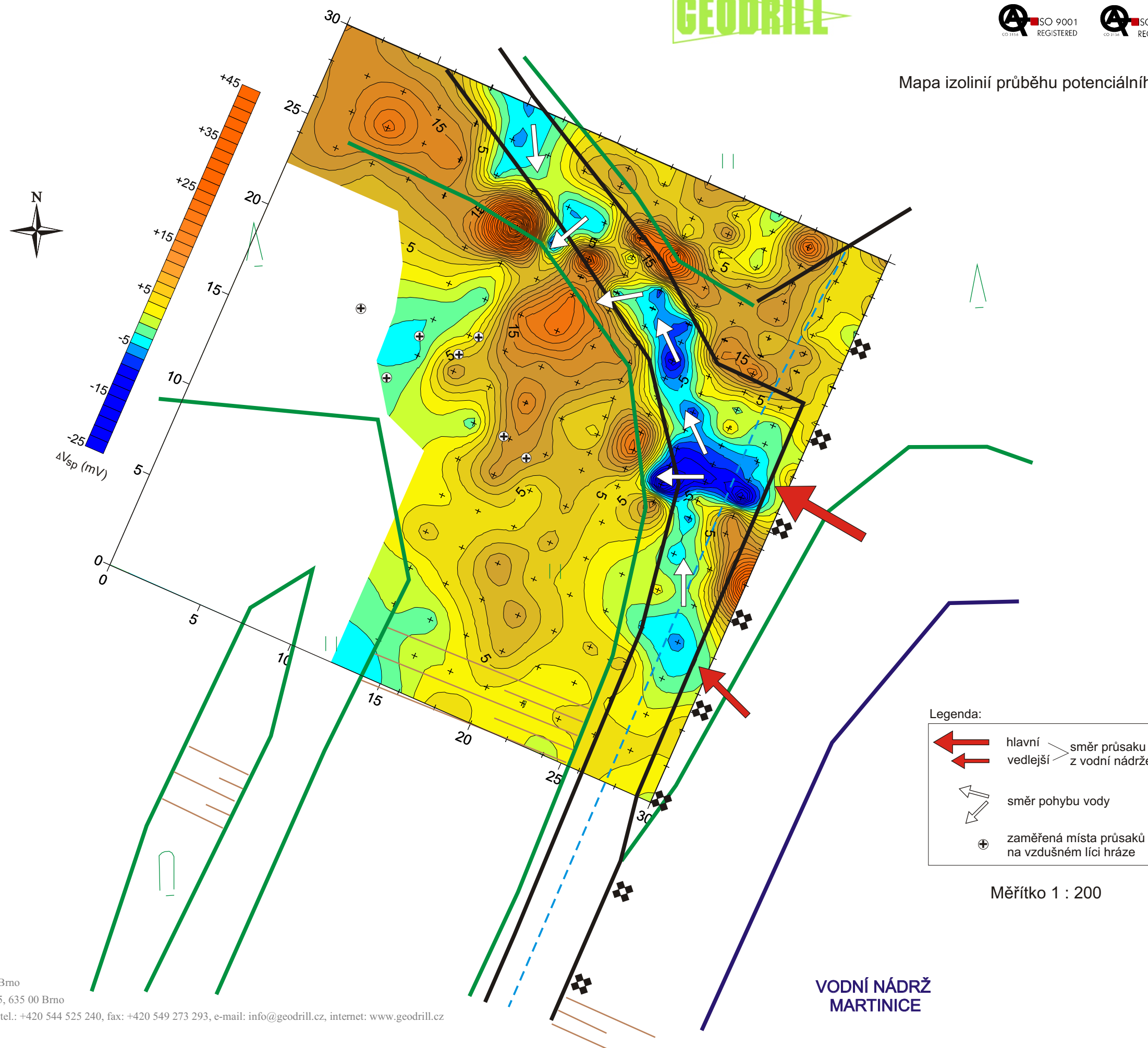


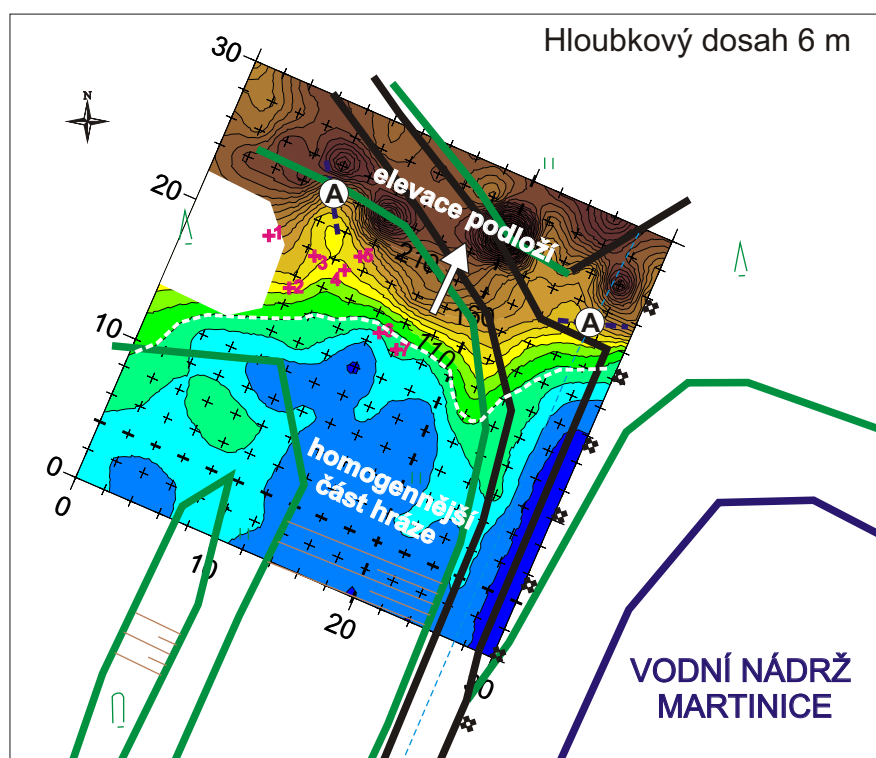
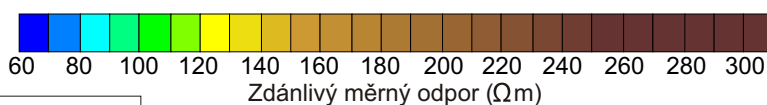
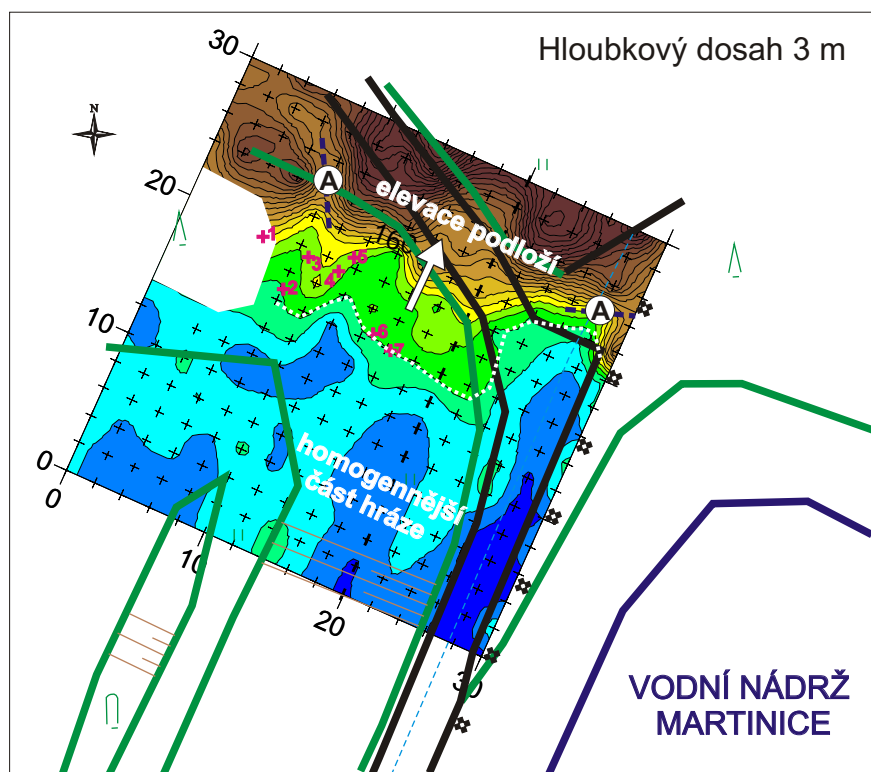


PŘÍLOHA 8  
Situace geofyzikálního měření

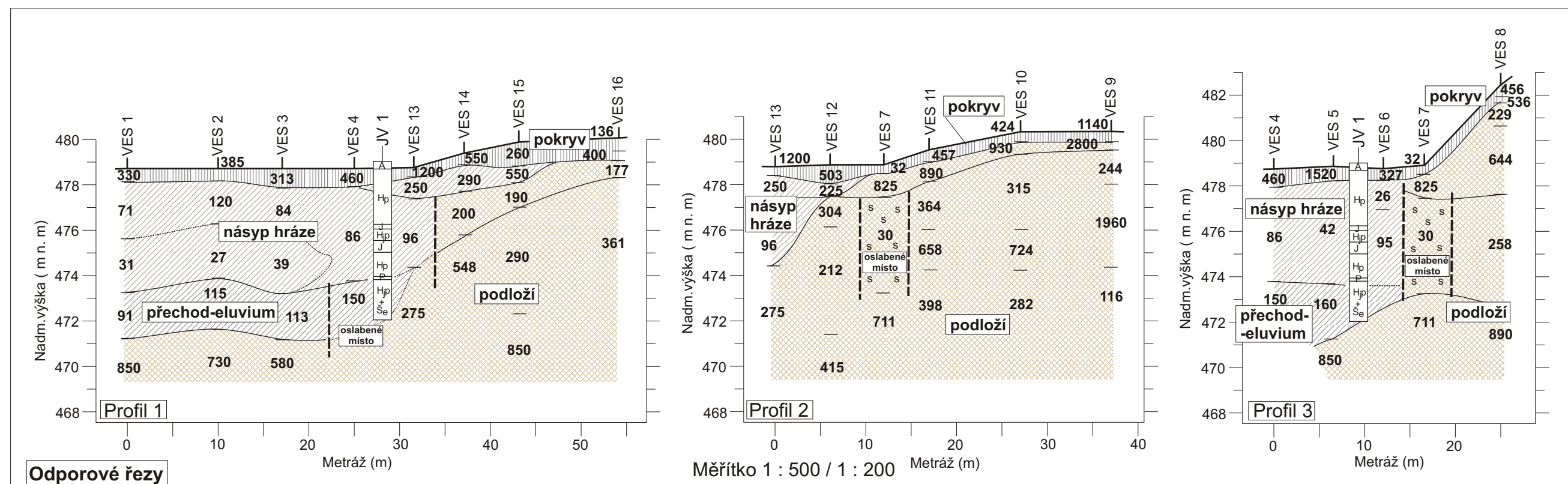
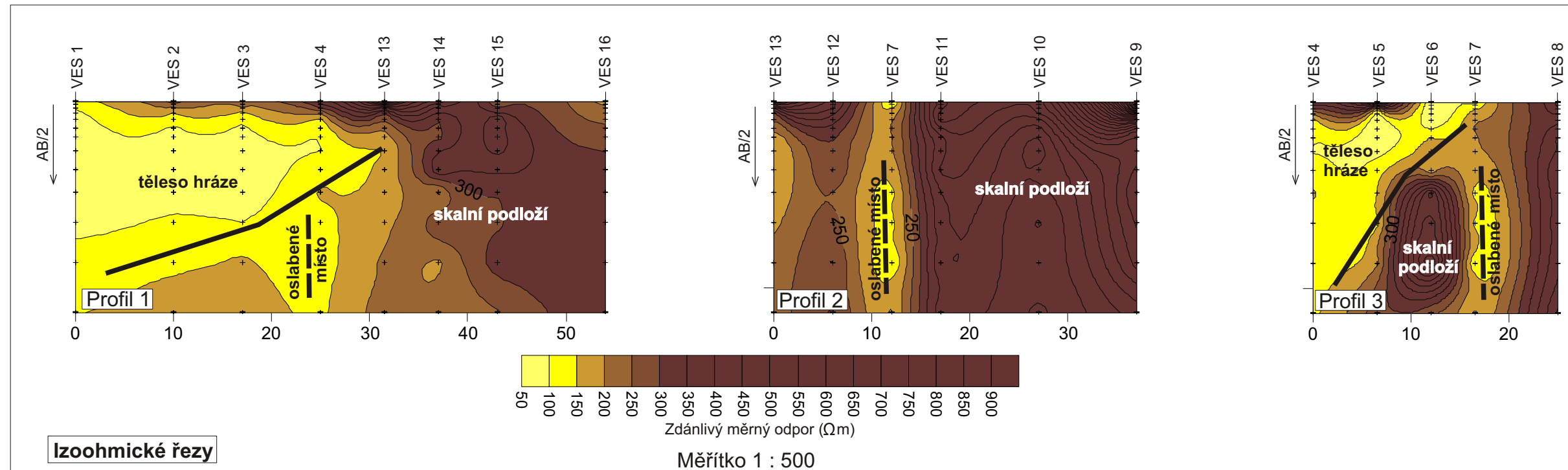


VYPRACOVAL	MĚŘIL	OVĚŘIL	ZAKÁZKOVÉ ČÍSLO	 Povodí Moravy, s.p. Dřevařská 11 601 75 Brno		
ING. MLEJNEK	ÚTVAR 210	ING. LÁSKA	51/13			
KRAJ	VYSOČINA	K.Ú.	MARTINICE	ČÍSLO VÝKRESU	2	
LOKALITA VODNÍ NÁDRŽ MARTINICE				POČET FORMÁTŮ	2 A4	
VODNÍ NÁDRŽ MARTINICE ZAMĚŘENÍ HRÁZE				DATUM MĚŘENÍ	4/2013	
				DATUM VYHOTOVENÍ	4/2013	
SITUACE				SOUŘ.SYS.	VÝŠK.SYS.	MĚŘÍTKO
				S-JTSK	Bpv	1:500









Legenda:

Měřený bod	VES 1	
	—	Povrch
Měrný odpor (ohm.m)	126	
	60	
	711	Odporové rozhraní
JV 1		průzkumný vrt
A		asfalt
H <sub>p</sub>		hlína písčitá
H <sub>p</sub>		hlína jílovito písčitá
J		jíl
P		písek
Š <sub>e</sub>		štěrk - eluvium

GEODRILL s.r.o.

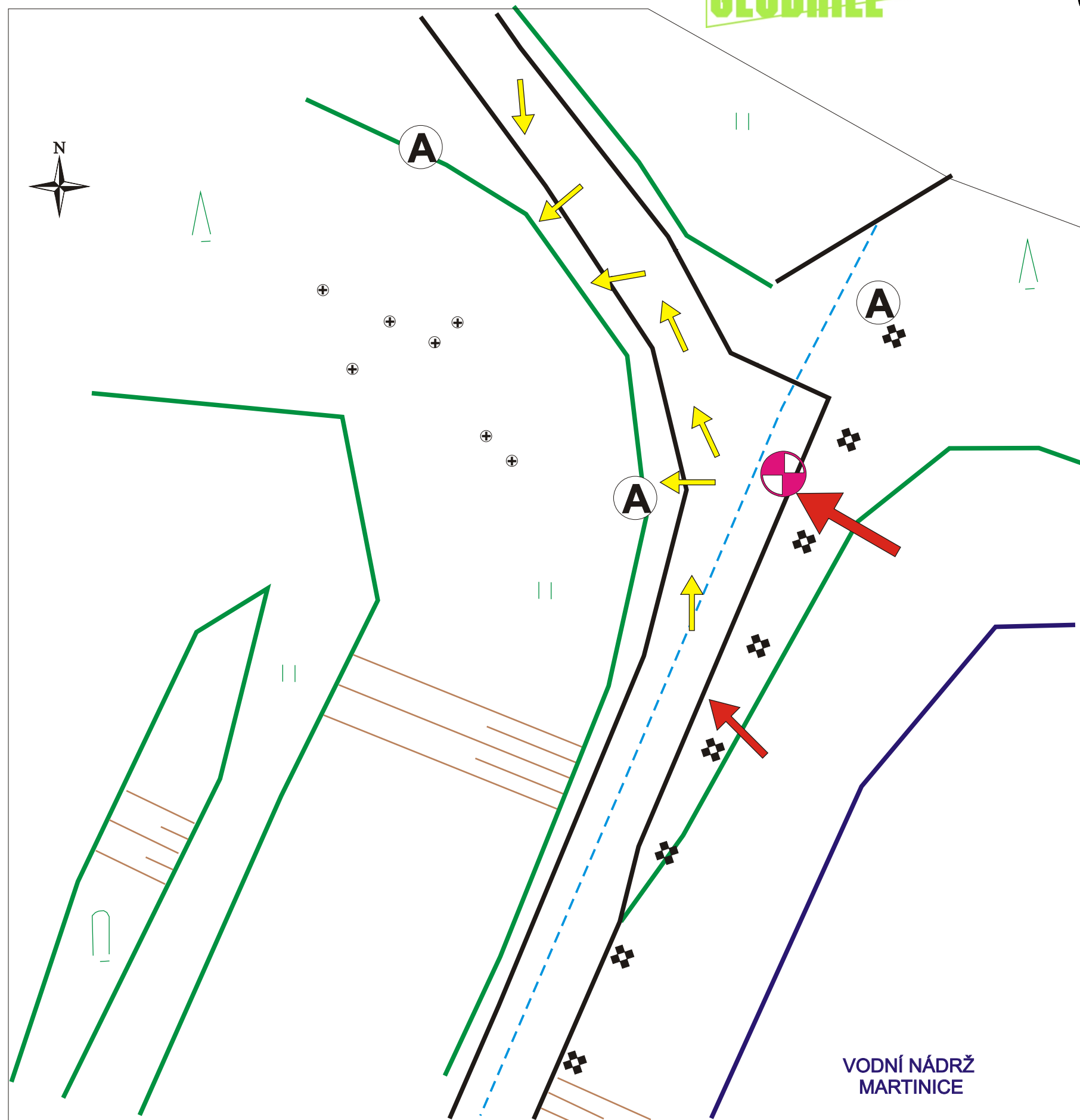
Sídlo: Bělohorská 2115/6, 636 00 Brno

Provozovna: K Bukovinám 169/45, 635 00 Brno








IČ: 46994971, DIČ: CZ46994971, tel.: +420 544 525 240, fax: +420 549 273 293, e-mail: info@geodrill.cz, internet: www.geodrill.cz



**PŘÍLOHA 12**  
**Korelační schéma**



Legenda:

-  hlavní směr průsaku z vodní nádrže
-  vedlejší
-  směr pohybu vody
- 
-  oslabená místa
-  zaměřená místa průsaků na vzdušném líci hráze
-  doporučené místo průzkumné sondy

Měřítko 1 : 200