

**AFRY CZ, s.r.o.**

Magistrů 1275/19, 140 00 Praha 4

## **RS 1 VRT Prosenice – Ostrava-Svinov, I. část, Prosenice – Hranice na Moravě**

**Mimořádná etapa podrobného inženýrskogeologického  
průzkumu zejm. svahových nestabilit a monitoringu  
Projekt geologických prací**

**Odpovědný řešitel:**

**Mgr. Petr Vlček**



**Brno listopad 2023**

# OBSAH

<b>1. Úvod.....</b>	<b>3</b>
1.1 Základní informace o stavbě.....	3
1.2 Úkol a cíle průzkumu .....	3
1.3 Stručný popis stavby.....	5
<b>2. Stručná inženýrskogeologická a hydrogeologická charakteristika území.....</b>	<b>6</b>
2.1 Geomorfologické a klimatické poměry .....	6
2.2 Geologické poměry .....	8
2.3 Hydrogeologické poměry .....	13
2.4 Seismická aktivita .....	14
<b>3. Svahové nestability .....</b>	<b>15</b>
3.1 Svahové nestability a sesuvy .....	15
3.2 Svahové nestability v registru ČGS.....	17
3.3 Poruchy zemní pláně na stávající trati.....	28
<b>4. Metodika a rozsah navržených průzkumných prací .....</b>	<b>30</b>
4.1 Přípravné práce a zajištění vstupů na pozemky.....	31
4.2 Sondážní práce a polní zkoušky.....	33
4.2.1 Jádrové vrty.....	33
4.2.2 Polní zkoušky - inklinometrická měření .....	34
4.2.3 Polní zkoušky – karotážní měření .....	35
4.2.4 Polní zkoušky – presiometrická měření .....	36
4.3 Vzorkovací práce .....	37
4.4 Laboratorní rozbory a zkoušky.....	38
4.5 Měřické práce.....	39
4.6 Hydrogeologické práce.....	39
4.6.1 Hydraulické parametry .....	39
4.6.2 Hladina podzemních vod, vzájemné vazby .....	40
4.6.3 Ověření kvalitativních parametrů podzemní vody .....	40
<b>5. Vyhodnocení a prezentace průzkumných prací .....</b>	<b>41</b>
<b>6. Předpokládaný harmonogram prací .....</b>	<b>43</b>
<b>7. Závěr.....</b>	<b>43</b>

# **SEZNAM PŘÍLOH**

- 1. Přehledná situace stavby**
- 2. Situace sond**
  - 2.1 Situace sond - svahové nestability (1:1000)**
  - 2.2 Situace sond - hluboké zářezy (1:5000)**
  - 2.3 Situace sond - doplnění EIA**
- 3. Studny**
  - 3.1 Situace monitorovaných objektů (studní)**
  - 3.2 Seznam monitorovaných objektů (studní)**
- 4. Přehled průzkumných děl hloubek, odběr vzorků, polní zkoušky**
- 5. Přehled navržených laboratorních zkoušek**
- 6. Souhrnná a věcná specifikace navržených průzkumných prací**
- 7. Souřadnice projektovaných sond**

# 1. Úvod

## 1.1 Základní informace o stavbě

Stavba	RS 1 VRT Prosenice – Ostrava-Svinov, I. část, Prosenice – Hranice na Moravě
Stavebník:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7, Praha 1, 110 00

## 1.2 Úkol a cíle průzkumu

Mimořádná etapa průzkumných prací navazuje na etapu předběžného geotechnického průzkumu [30] a je zaměřena zejména na zhodnocení, průzkum a monitoring svahových nestabilit (deformací, sesuvů), jež zasahují do trasy stavby. Projekt geologických prací je zpracován zejména dle Metodiky [20] a je realizován zejména pro včasné podchycení externích faktorů, které mohou za určitých okolností vyvolat vznik svahových pohybů a jejich prevence

Základní rozsah průzkumu a monitoringu svahových nestabilit vyplynul z projednání výsledků předběžného geotechnického průzkumu [30] v Praze v lednu 2023. Další práce byly zařazeny po projednání s projekčním týmem (garanty profesí) dne 17.7.2023.

Do rozsahu bylo zahrnuto také sledování hladiny podzemní vody jak ve stávajících hydrogeologických objektech, zejm., studních, tak i provedení pozorovacích vrtů v oblastech hlubokých zářezů.

Cílem má být také získání informací k následujícím otázkám:

Jaký je mechanismus pohybu podzemních vod v území, jak je podzemní voda v masívu vázána?

Dojde při otevření stavební jámy k jednorázovému vypuštění kvartérní zvodně? Nebo bude zvodnělá poloha trvale dotována přítoky z jiných oblastí?

Jaký bude trvalý přítok?

Byly vytipovány následující zářezy v následující staničeních hlavní trasy VRT MB1 km 100,800, km 105,000, km 105,800, km 106,800, km 108,500, km 110,900. Zářezy byly označeny projekčním kódem výkresu projektu a byla jim projektantem přisouzena priorita 1 nejvyšší, 5 nejnižší.

Výkres	staničení	priorita (1 nejvyšší, 5 nejnižší)
C_3_2006	– km 100,8	3
C_3_2008	– km 105	1
C_3_2009	– km 105,8	3
C_3_2009	– km 106,8	1
C_3_2010	– km 108,5	5
C_3_2012	– km 110,9	1

Na základě projednání s investorem dne (Správa železnic) byl doplněn monitoring hladiny podzemní vody v lokalitě tunelu Osek.

Po tomto projednání požádal o doplnění sond v lokalitě tunelů Slavič a Lipník. Doplnění bylo navrženo pracovníky společnosti EKOLA pro účely EIA. Pro Slavič bylo navrženo doplnění o 1 inklinometrický vrt a 8 pozorovacích hg. vrtů, které by měly zastihnout vrstvu s kolektorskými vlastnostmi: buď štěrky vyšších teras nebo nivní sedimenty vodního toku Žabník. Pro Lipník (tunel), 2 pozorovací hg. vrty.

V území s rizikem svahových deformací může být významným iniciačním prvkem nestability jakýkoliv externí nahodilý jev, ať už přírodní nebo antropogenní povahy. Ten může působit okamžitě, nebo s určitým zpožděním. Důsledkem ve finální fázi je rychlé nastartování havarijní situace – svahového pohybu.

K takovým externím nahodilým jevům přirozené povahy může patřit:

- mimořádné intenzivní srážky doprovázené ve vodním režimu zvýšením hladiny podzemní vody a nárůstem pórových tlaků;
- povrchová eroze;
- seismické účinky;
- kombinace extrémních teplot;
- apod.

Význam takových externích nahodilých jevů přirozené povahy, závisí kromě jiného na tom, v jaké fázi se právě výstavba komunikace nachází a na případném souběhu s dalšími nežádoucími jevy. Z ekonomických důvodů zpravidla není možné projektovými opatřeními vyloučit všechna rizika, která s takovými jevy souvisí.

Je však nutné předvídat, které z nahodilých přirozených událostí mohou vzniknout v době výstavby a mít připravena opatření k minimalizaci jejich dopadů a škod. Stavbu je třeba preventivně organizovat tak, aby doby, ve kterých by byla vůči takovým událostem zranitelná, byly co nejkratší a aby riskantní operace (například výkopy zářezů) probíhaly v době, kdy je nejmenší pravděpodobnost vzniku takových externích nahodilých jevů.

Nežádoucí jevy antropogenní povahy (činností třetí strany):

- poruchy dlouhodobě fungujících povrchových odvodňovacích systémů;
- poruchy vodovodních řadů či kanalizace;
- postupné zanesení a ztráta funkce melioračních systémů;
- změny napjatosti horninového masivu dodatečným zatížením v aktivní části nestabilního území, nebo odlehčením v pasivní části svahu, technologickými či jinými stavebními operacemi;
- změna pórových napětí, aktivního či pasivního tlaku v horninovém masivu technologickou operací, například injektáží nebo kotvením;
- dynamické účinky stavby;
- dotace vodou potenciálně sesuvného území antropogenní činností
- apod.

Pro určení výše uvedených rizik a pro další pokračování projekčních prací bude tedy provedeno zejm.: vybudování monitorovací sítě. Tato obsahuje hydrogeologické pozorovací vrty, inklinometrické vrty příp. další monitorovací prvky. Ve vrtech je třeba provést karotážní měření

pro zjištění porušenosti a výskytu případné puklinové propustnosti horninového prostředí pro podzemní vodu, polohy případných zvodní v horninovém prostředí, zejména v prostředí neogenních sedimentů.

V tomto úseku nemáme k dispozici detailní hodnocení rizik svahových nestabilit v liniích hlavních plánovaných dopravních koridorů [21] jako například pro VRT Praha Most [23].

Předkládaný projekt je zpracován v souladu se zadáním objednatele, s předpisem SŽ S4 [1], předpisem ČSN P 73 1005, ČSN EN 1997-1, 2 a rovněž s přihlédnutím k technickým podmínkám MD – TP 76.

V této etapě průzkumných prací budou shromážděny první podklady pro případné navržené systému detekce svahových pohybů, sesuvů půdy. Tyto detektory požaduje manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR.[27]

V projektu jsou popsány geologické a geotechnické podmínky v rozsahu stavby, převzaté z dostupných podkladů. Projekt dále obsahuje specifikaci navrhovaných průzkumných prací v zájmovém území, a to včetně navržených laboratorních a terénních zkoušek. Rovněž byl sestaven předpokládaný harmonogram navržených průzkumných.

Práce spadají do působnosti zákona č. 62/1988 Sb. o geologických pracích a souvisejících předpisů. Vzhledem k významu stavby a předchozím zkušenostem je žádoucí z pohledu provádění průzkumných terénních prací využití urychlující její výstavbu zejm. Zákon o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací (liniový zákon)

V souladu s platnými předpisy budou práce před zahájením průzkumu zaevidovány v ČGS – Geofondu.

### 1.3 Stručný popis stavby

Traťový úsek je koncipovaný jako dvoukolejný. Začátek úseku (ve staničení trati VRT) je cca v km 94,200, konec cca v km 114,000. Maximální provozní rychlost se předpokládá 320 km/h (geometrie trati neznemožní v dlouhodobém výhledu zvýšení rychlosti až na 350 km/h) a minimální provozní rychlost 200 km/h. Trať musí být dimenzována pro provoz vlakových jednotek i souprav složených z lokomotivy a vozů interoperabilních dle TSI.

Stavba dále zahrnuje napojení a rekonstrukci stávající infrastruktury, přípravu napojení na navazující úseky VRT a výstavbu doprovodné infrastruktury:

- a) napojení VRT do ŽST Prosenice, včetně nezbytné úpravy ŽST Prosenice;
- b) příprava pro pokračování VRT ve směru Brno s předpokládanou výstavbou v delším časovém horizontu;
- c) napojení VRT do ŽST Hranice na Moravě, včetně nezbytné rekonstrukce ŽST Hranice na Moravě a ŽST Drahotuše;
- d) zázemí pro údržbu VRT v ŽST Lipník nad Bečvou, vč. nezbytné úpravy ŽST Lipník nad Bečvou.

Rekonstruované části stávající infrastruktury v úsek Prosenice – Hranice na Moravě leží na trati Bohumín – Přerov č 780 00 (dle Prohlášení o dráze celostátní a regionální), je součástí celostátní dráhy, 2. a 3. tranzitního železničního koridoru a transevropské dopravní sítě TEN-T. Trať je

v celé délce dvoukolejná, v úseku Drahotuše – Hranice na Moravě tříkolejná s provozem v závislé trakci 3kV DC. Drážní doprava je organizována a řízena podle předpisu SŽ D1.

Trat' má dle knižního jízdního řádu číslo 001 (Praha – Bohumín), 271 (Olomouc / Přerov – Bohumín), v nákrešných jízdních řádech a v TTP je trat' označena číslem 305B (Bohumín – Přerov).

## **2. Stručná inženýrskogeologická a hydrogeologická charakteristika území**

### **2.1 Geomorfologické a klimatické poměry**

Území zaujímá podle geomorfologického členění ČR několik geomorfologických oblastí.

Oblast v začátku stavby v okolí Rokytnice a Přerov-Předmostí do geomorfologických jednotek:

Provincie: Západní Karpaty

Soustava: Vněkarpatské sníženiny

Oblast: Západní vněkarpatské sníženiny

Celek: Hornomoravský úval

Za Přerovem začíná další geomorfologická jednotka, která se rozkládá až k území v okolí Bělotína:

Provincie: Západní Karpaty

Soustava: Krkonošsko-jesenická soustava

Oblast: Západní vněkarpatské sníženiny

Celek: Moravská brána

Podcelek: Bečevská brána

Z hlediska geomorfologického náleží k podcelku Bečevské brány, která je součástí Moravské brány, náležející k soustavě Vněkarpatských sníženin. Trasa je vedena na pravém břehu řeky Bečvy, za hranicí její nivy. Tato okrajová část Bečevské brány se vyčleňuje jako okrsek Jezernické pahorkatiny, která dále směrem k severozápadu přechází do pahorkatiny Tršické. Ta představuje nejjižnější výběžek celku Nízkého Jeseníku.

Jezernická pahorkatina se vyznačuje plochým periglaciálním reliéfem s příznačnými široce zaoblenými rozvodními hřbety, širokými, často asymetrickými údolími přítoků Bečvy a úpatní haldou poblíž jihovýchodního okrajového zlomového svahu Nízkého Jeseníku. Povrch terénu zájmového území leží v nadmořské výšce zhruba 220 až 305 m n.m.

Obr. 2.1-1 Geomorfologické poměry (zdroj ČÚZK)



Z hlediska klimatické rajonizace podle Atlasu podnebí Česka (2007) leží zájmové území v okrsku B2 (mírně teplý, mírně suchý, převážně s mírnou zimou). Základní klimatické charakteristiky jsou uvedeny níže:

Průměrná roční teplota vzduchu 7-9 °C

Průměrný počet mrazových dnů v roce 100-120

Průměrný roční úhrn srážek 550-650 mm

Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou 60-80

Průměrné maximum sněhové pokrývky 20-30 cm

Malá část v okolí Oseku a Lipníku nad Bečvou pak leží v okrsku B3 (mírně teplý, mírně vlhký, s mírnou zimou, pahorkatinný).

Průměrná roční teplota vzduchu 8-9 °C

Průměrný počet mrazových dnů v roce 100-120

Průměrný roční úhrn srážek 600-700 mm

Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou 40-50 v oblastech říčních niv Bečvy, Odry a Olše, 50-60 ve zbytku území

Průměrné maximum sněhové pokrývky 15-30 cm

Dle Quittovi klasifikace z Atlasu podnebí Česka 2007 celé zájmové území odpovídá klimatickému okrsku W2.

## 2.2 Geologické poměry

Území se nachází v Západních Karpatech v oblastech v celcích Hornomoravský úval, Moravská brána a Ostravská pánev. V okolí Přerova pak zasahuje do celku Nízkého Jeseníku. Dochází tak ke styku dvou odlišných geologických jednotek, jejichž hranice probíhá přibližně osou Moravské brány.

Moravskoslezská oblast Českého masivu je tvořena prekambriickým podkladem, krystaliniky a granitoidy. Na nich leží sedimenty devonu a karbonu. K této oblasti patří také neogenní sedimenty vněkarpatské předhlubně.

Druhou jednotku tvoří Karpatská soustava zastoupena flyšovými příkrovy, které byly orogeneticky nasunuty na autochtonní sedimenty vněkarpatské předhlubně.

### Hornomoravský úval

Jde o akumulární rovinu podél řek Moravy a dolní Bečvy. Lokalitu tvoří neogenní sedimenty karpatské předhlubně, zastoupené vápnitými a prachovitými jíly. Na nich leží kvarterní terasovité štěrky, štěrkopísky a písky. Nejmladší soubor sedimentů je tvořen povodňovými hlínami a písky.

### Nízký Jeseník

Celek Nízký Jeseník zasahuje do zájmového území podcelkem Tršická pahorkatina. Jde o mírně zvlněný reliéf se sprašovým pokryvem, pod kterým se nacházejí devonské lavicovité vápence až dolomity, místy s vložkami jílovitých břidlic.

### Moravská Brána

Tektonicky podmíněná sníženina s plochým reliéfem, která na SV plynule přechází do Ostravské pánve a na JV do Hornomoravského úvalu. Oblast tvoří neogenní sedimenty překryté většinou kvarterními sedimenty.

Neogenní sedimenty dosahují mocnosti i přes 850 m a tvoří je silně vápnité písky a štěrky, z jemnozrnných sedimentů pak písčité až prachovité vápnité jíly, místně označované jako „tégly“.

Kvarterní sprašové sedimenty se vyvinuly na velkých souvislých plochách a dosahují mocnosti až 23 m. V aluviálních nivách se pak mohou lokálně vyskytovat přesypy vátých písků. Údolní terasy nivních toků tvoří většinou bazální štěrkopísky, výše pak nivní povodňové hlíny.

Výskyt převážně hlinitokaminitých deluvií je nejčastěji vázán na SZ úpatí svahů, kde vytvářejí lem písčitohlinitých svahovin s proměnlivou kamenitou příměsí.

Významné jsou i kvarterní vysrážené vápence z minerálních vod, v okolí Předmostí dosahují pod sprašemi mocnosti až 7 m.

Antropogenní navážky se vyskytují v omezené míře ve formě skládek a násypů při terénních úpravách.

Z hlediska regionální geologie náleží území, kterým řešený úsek prochází, k mořskému miocénu karpatské předhlubně. Ten zde, v oblasti Bečevské brány, tvoří úzký pruh formovaný neoidně tektonickými a denudačními procesy mezi okrajovým zlomem Nízkého Jeseníku na SZ a čely karpatských příkrovů (popř. hranickým devonem a kulmskou krou Maleníku) na JV.

Sedimenty karpatské předhlubně transgredují na podklad tvořený horninami svrchního paleozoika. Nejstaršími horninami, které na severu až severozápadě Přerova (mezi místními částmi Předmostí a Žeravice) vycházejí na povrch terénu jsou devonské vápence macošského souvrství a vápence křtinské a hádko-říčské, náležející k líšeňskému souvrství, které

sedimentovalo na rozhraní devonu a karbonu. Horniny tvoří výchozy na tektonicky vyzvednuté kře, omezené zlomovými systémy směru SV – JZ (tedy ve směru okrajového zlomu Nízkého Jeseníku) a strukturami na ně kolmými (SZ – JV až SSZ – JJV).

Horniny kulmu (svrchního karbonu) vycházejí na povrch terénu severozápadně od okrajového zlomu Nízkého Jeseníku. Jedná se o sedimentaci flyšoidního rázu s převahou břidlic a prachovců nad polohami drob, většinou jemnozrnných.

V pokleslé kře tvoří kulm hluboké podloží překrývané mocnou akumulací terciérních, neogénních sedimentů. V oblasti Bečevské brány jsou nejstaršími horninami předhlubně sedimenty karpátu. Transgrese začíná bazálními klastiky. Nejrozšířenější a nejmocnější

(až několik stovek metrů) je šlírový vývoj vrstevnatých vápnitých jíílů a jíílovců, prokládaných jemně písčítými laminami, místy i mocnějšími vrstvami jemnozrnného písku, popř. slabě stmelených vápnitých pískovců. Ve vyšších částech profilu se objevují regresní klastické sedimenty (vápnité písky a šterky) indikující změlčení a postupný zánik sedimentačního prostoru. Na povrch terénu vycházejí horniny karpátu u Tučina a jižně a východně od Pavlovic u Přerova. Horniny karpátu se v útržcích mohou nalézat i v alochtonní pozici, zavrásněné v čelech příkrovů, které se dosunovaly během sedimentace karpátu v předhlubni.

Ve spodním bádenu dochází k vytvoření nového sedimentačního prostoru před čely karpatských příkrovů. Po sedimentaci bazálních klastik dochází k jeho prohloubení a ukládání prachovitých vápnitých jíílů (téglů), většinou nevrstevnatých, jen místy prokládaných písčítými vrstvami, které jen vzácně dosahují několikametrových mocností. Souvislejší rozšíření sedimentů spodního bádenu na povrchu terénu lze sledovat ve východní části Přerova a jeho okolí při levém břehu Bečvy. Jinde je překrýváno kvartérními sedimenty fluvialního, deluvialního i eolického původu.

Prakticky celý povrch území v okolí trasy mezi nivou Bečvy a orografickými jednotkami, náležejícími k Nízkému Jeseníku, pokrývá souvislá několikametrová vrstva kvarterních spraší popř. sprašových hlín, které zastírají akumulačně-denudační tvary původního terénu. Jejich sedimentace je vesměs kladena do období nejmladšího, würmského stadiálu.

Nánosy řeky Bečvy v pliocénu vytvořily několik terasových stupňů. V oblasti zájmového území byly v podloží spraší zjištěny pouze sedimenty, zařazované k hlavní (radslavické) terase a poněkud níže uložené terase nenakonické. Písčité šterky radslavické terasy vycházejí na povrch terénu v okolí Radslavic na levém břehu řeky, na pravém jsou zakrývány souvislým pokryvem spraší. Její báze leží zhruba v úrovni hladiny řeky, původní nenedudovaný povrch zhruba 12 – 13 m nad ní. Výchozy písčítých šterků, řazených k nenakonické terase byly vymapovány při okrajích nivy Bečvy a Lubně v okolí Oseka a Lipníka. Ve vyšší úrovni (např. na návrší Horecko severozápadně od Lipníka na kótě cca 280 m n.m.) byly zjištěny denudační zbytky vyšších teras. Jedná se spíše o terasy přítoků než o uložení vlastní toku Bečvy.

Niva Bečvy je vyplněna akumulací fluvialních šterkopísků (v nižším nivním stupni), v jejichž nadloží spočívá až 4 m mocná vrstva povodňových hlín. Báze šterkopísků zasahuje do hloubek 4 až 6 m pod hladinou řeky, povrch zasahuje až 1 – 2 m nad hladinu. Obdobná fluvialní akumulace (s postupně se snižujícími mocnostmi sedimentů) je vytvořena i na větších přítocích Bečvy. Menší přítoky či občasné protékané deprese reliéfu jsou vyplňovány spíše splachovými (deluviofluvialními) sedimenty. Morfologicky rozeznatelné jsou v terénu i rozsáhlé výplavové (dejekční) kužely u Přerova – Popovic, mezi Prosenicemi a Bukem a u Oseka.

Na svazích elevací, tvořených horninami kulmu jsou vyvinuty poměrně mocné akumulace deluvialních (svahových) kamenito-písčítých i jíílovito-písčítých hlín, v závislosti na způsobu rozpadu a zvětrávání matečných hornin. Na svazích v oblasti rozšíření neogénu se vytvářejí

svahoviny převážně jílovité, často s příměsí písčitého a valounového materiálu, pocházejících z prostoru říčních teras.

### **Regionálně geologická a petrografická charakteristika předkvartérních hornin**

Zájmový prostor, v němž jsou situovány řešené objekty leží, v Moravské bráně na severovýchodním okraji karpatské neogenní předhlubně.

Předkvartérní podloží, tvořící výplň tektonicky predisponované předhlubně, je v celém zájmovém prostoru tvořeno souvrstvím neogenního (spodnobádenského) stáří. Toto souvrství, je převážně v pelitickém vývoji a tvoří jej vápnité jíly (tégly) s laminami až drobnými polohami jemnozrnných vápnitých písků, které jsou místně stmeleny vápnitým tmelem. [6].

U jílu je často vyvinuta potrhaná struktura (strmé až svislé trhlinky), která spolu s vodorovnou laminací pískovými proplásky způsobuje kostkovitý až úlomkovitý rozpad jílu po jejich vytěžení. Na vznik tohoto fenoménu mohou mít vliv jak tektonické namožení v blízkosti mladých zlomových poruch, tak i primární prekonsolidace [6].

Současný povrch neogenního souvrství je výsledkem jak neoidní tektoniky, tak i periglaciálních pochodů v pleistocénu, které jej výrazně ovlivnily zejména v severozápadních částech zájmového prostoru.[6].

Málo zvětralé až nezvětralé polohy neogenního souvrství mají šedou až světlešedou barvu, polohy zvětralé jsou hnědé, šedohnědé části i rezavohnědě smouhované limonitem. Mocnost zvětralé zóny je proměnná [6].

### **Charakteristika hornin kvartérního pokryvu**

V nadloží neogenního souvrství jsou nespojitě vyvinuty pleistocénní fluvialní písčité a štěrkové sedimenty hlavních a vysokých teras řeky Bečvy. Jedná se o dva výrazné terasové stupně – radslavský a grymovský. Vedle těchto typických teras Bečvy se vyskytují ještě starší terasové akumulace řazené do staršího pleistocénu. Jedná se o zbytky staropleistocénních štěrkových kuželů pravostranných přítoků Bečvy. Předpokládá se, že jsou starší než nejstarší zachovalé terasy Bečvy. Valouny štěrkových souvrství jsou tvořeny výhradně kumskými horninami. Charakteristické je pro ně nedokonalé zaoblení, pokles jejich velikosti po proudu jejich toků a značný podíl jemnozrnné (hlinité nebo jílovité) příměsi [6].

Svrchní, plošně nejrozšířenější pokryvný útvar zájmového prostoru tvoří holocénní až pleistocénní aluviální a deluviální sedimenty (jílovité hlíny až prachovité jíly s proměnlivým písčitým podílem) a sedimenty eolickodeluviální (sprašové hlíny).

V oblastech blízkých zlomovému svahu se vyskytují deluviální sedimenty jílovitohlinitého charakteru s proměnlivým obsahem úlomků kulmských hornin a sedimenty deluvioproluviální štěrkového charakteru s proměnlivým podílem jemnozrnné hlinité nebo jílovité příměsi. Deluviální – svahové sedimenty v sobě místy uzavírají polohy (kry) přemístěného neogenního jílu [6].

### **Antropogenní sedimenty (Antropocén)**

Antropogenní sedimenty (navážky) tvoří v menší míře povrchy a konstrukční vrstvy stávajících komunikací a tratě případně jejich nejbližší okolí. Lokálně se vyskytují i menší skládky.

Nejvýznamějším antropogenním sedimentem v oblasti se jeví opuštěné zemního tělesa severní dráhy císaře Ferdinanda (k.k. Kaiser Ferdinands-Nord-bahn dále KFNB ) v lokalitě sjezdů

Hranice a přeložky trati 271 bylo kromě opuštěného zemního tělesa i dva viadukty. Do současnosti byl zachován i tunel v obci Slavíč

Původní vedení dráhy protínalo drahotušský katastr v místech, kde dnes najdeme starý železniční násep, přičemž údolí Klokočského potoka a říčky Splavné bylo přemostěno dvěma viadukty viz obr. 1.

Výstavba trati KFNB v katastru obce Drahotuše byla v tehdejších podmínkách velmi náročným podnikem. Na stavbě pracovalo téměř 2500 osob, kromě místních nádeníků to byli tzv. barabové, lidé bez stálého domova pohybující se od stavby ke stavbě ve větších skupinách. Při práci docházelo také k neštěstím, jen v okolí Hranic si stavba vyžádala na dvacet obětí na lidských životech.

Obr. 2.2-1 Opuštěný drahotušský viadukt [11]



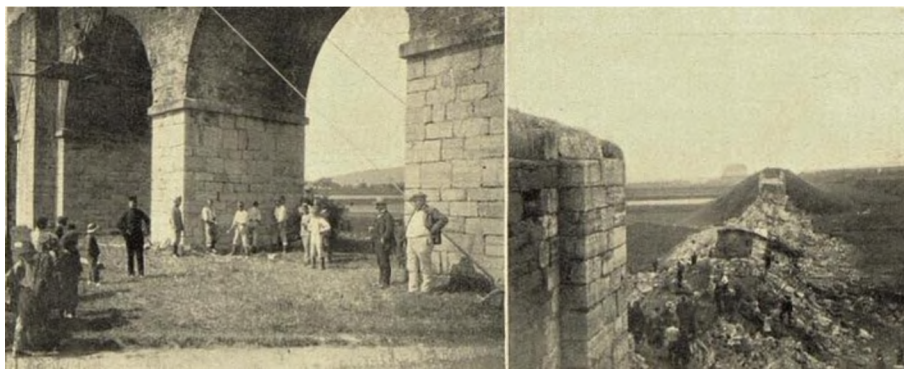
Při rozšiřování trati o druhou kolej v 70. letech 19. století byla kvůli nevhodnému podloží trať přeložena severněji, údolí přemostily menší železniční mosty a opuštěné chátrající viadukty byly v roce 1911 zničeny [9] viz obr. 2.

Obr. 2.2-2 Demolice drahotušského viaduktu v roce 1911 [9]



Most se stal cenným objektem pro vojenské technické pokusy. Oddíl železničního pluku navrtal otvory, nabil je trhavinou a pak byl most různými výbušnými způsoby odstřelen viz obr.3.

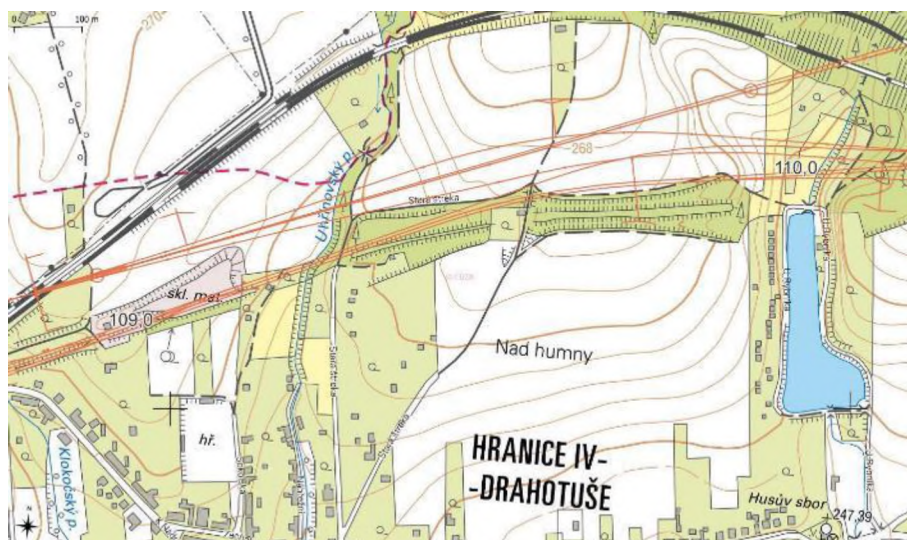
Obr. 2.2-3 Zničení drahotušského viaduktu v roce 1911 [12]



Původní násep trati však zůstal v terénu zachován. Odkazuje k němu také místní název Stará štreka (v roce 2012 tak byla pojmenována ulice, která prochází prostorem, kde stával starý viadukt nad Splavnou) [8] viz obr.4.

Situace navážek opuštěného vedení trasy KFNB, jejího bývalého zemního tělesa, v současném terénu je nejlépe patrná z obr. 4 spolu s průmětem varianty 3. Polohy bývalých viaduktů opět spolu s polohou uvažovaného vedení VRT ve varianě 3 jsou zřejmé z historické mapy II vojenského mapování na obr. 5 a obr. 6.

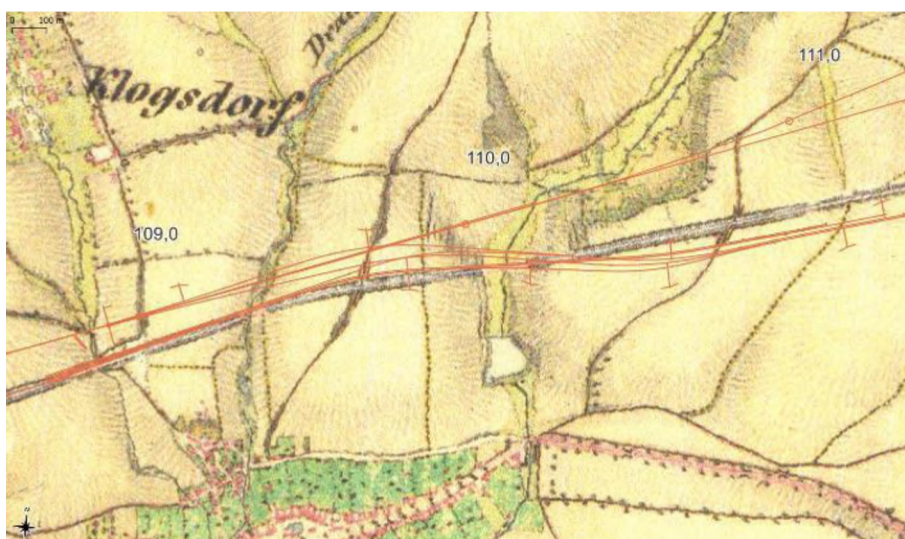
Obr. 2.2-4 Situace varianty 3 v základní mapě 1:10 000 (ZM10) [13]



Obr. 2.2-5 Situace VRT na podkladu rukopisné geologické mapy z druhé poloviny 19. století v měřítku 1 : 28 800 byly vyhotoveny na podkladu II. vojenského mapování území Čech, Moravy a Slezska [14]



Obr. 2.2.-6 Situace VRT na podkladu II. vojenského mapování území Čech, Moravy a Slezska [15]



## 2.3 Hydrogeologické poměry

### Moravská brána a středomoravská niva

Mezi Hranicemi a Běloučkou prochází hlavní evropská rozvodnice mezi Baltským a Černým mořem. Z hydrogeologického hlediska náleží území Středomoravské nivy a Bečevské brány do povodí Moravy. Okolí Chropyně je odvodňováno řekou Moštěnkou nebo přímo Moravou, zatímco území Bečevské brány odvodňuje Bečva s řadou levostranných i pravostranných přítoků, z nichž nejvýznamnější jsou Lubeň, Trnávka, Jezernice a Velička. Podzemní voda v regionálním měřítku proudí do centra karpatské předhlubně a tou dále k jihozápadu. Severní část Moravské brány je odvodňována řekou Odrou a jejími přítoky, z nichž nejvýznamnější jsou Luha, Jičinka, Bílovka, Polančice, Ondřejnice a Lubina. Vyrovnanosti průtoků na povrchových tocích napomáhají rybniční soustavy na Odře a Luze.

Komplex hornin slezského kulmu představuje z hydrogeologického hlediska jednotný celek. Proudění podzemních vod je vázáno pouze na systém puklin a pásmo přípovrchové zóny rozpukání a rozvolnění hornin. Karbonátové horniny devonu v severním okolí Přerova stejně jako v podloží mladších litostratigrafických komplexů představují odlišný typ hydrogeologického prostředí s možnou přítomností krasovo-puklinové porózy.

Významné jsou neogenní písky, písčité štěrky a štěrky bazálních a okrajových klastik při západním okraji karpatské předhlubně na styku s horninami slezského kulmu. Písčité a štěrkovité tělesa západně od okrajového zlomu předhlubně vytvářejí významné průlinové kolektory. U Předmostí vychází tento kolektor přímo na povrch, ovšem na většině území je překryt kvartérními sedimenty. Pokud jsou vytvořeny vhodné podmínky pro infiltraci atmosférických srážek, jsou zvodnělé kolektory poměrně mocné, nehluboko pod terénem a mají volnou hladinu podzemní vody.

Směrem na jih a východ do centra deprese karpatské předhlubně se kolektor bazálních klastik nachází v podloží několik desítek až stovek metrů mocných vápnitých jííl a jíílovců. Ty mají zcela odlišné vlastnosti a vytvářejí velmi nepříznivé prostředí pro infiltraci a proudění podzemní vody. Jejich hydrogeologický význam spočívá především v tom, že vytvářejí nepropustné podloží nadložním průlinovým kolektorům v různých typech kvartérních sedimentů, nebo naopak tvoří dobrý stropní izolátor podložním zvodněným bazálním klastickým sedimentům. Proudění podzemní vody zde probíhá především podél zón příčného tektonického porušení. Podzemní voda kolektorů bazálních klastik centrální části karpatské předhlubně má většinou napjatou hladinu, často s pozitivní výtlačnou úrovní.

Z hydrogeologického hlediska mají největší význam štěrky a písky údolních niv, které jsou většinou překryté fluviálními hlínami. Hladina podzemní vody má převážně volný charakter, jen v místech s větší mocností povodňových hlín bývá mírně napjatá. Dochází ke vzájemné hydraulické komunikaci podzemní vody v průlinových kolektorech kvartéru a v prostředí nepravidelně se střídajících průlinových kolektorů a izolátorů pliocenních a pleistocenních sedimentů. Podložní izolátor tvoří neogenní vápnité jííly, zatímco stropními izolátory jsou především sprašové hlíny. V údolní nivě Bečvy leží hladina podzemní vody kolem 3 m pod terénem, tam kde je v podloží spraš tak 5 m pod terénem.

## 2.4 Seismická aktivita

Podle ČSN EN 1998-1 (73 0036) náleží zájmové území do oblasti s malou seizmicitou, hodnoty referenčního zrychlení základové půdy  $a_{gR}$  se v dané oblasti pohybují v rozmezí 0,03-0,04 pro okres Přerov a 0,04-0,05 pro okres Nový Jičín. Podle normy ČSN EN 1998-1:2004 doporučujeme v dané lokalitě postupovat podle tabulky 3.3 (magnitudo povrchových vln  $M_s$  lze očekávat vyšší než 5,5°) s hodnotami parametrů popisující spektrum pružné odezvy typu 2. Lokalita spadá s ohledem na geologickou stavbu do typu základové půdy D (sedimenty z kyprých až středně ulehých nesoudržných zemin, případně s nebo bez vrstvy soudržných zemin, nebo převážně měkkých až pevných soudržných zemin) a typu S1 (sedimenty sestávající z jíílů nebo siltů s číslem plasticity  $PI > 40$  s velkým obsahem vody, nebo sedimenty, obsahující uvedené zeminy, o mocnosti nejméně 10 m). Doporučujeme na základě mapy seizmických oblastí uvažovat s referenčním zrychlením základové půdy  $a_{gR}$  do 0,06g pro okres Přerov a do 0,1g pro okres Nový Jičín.

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že v dané oblasti je nutné dodržovat zásady a ustanovení podle ČSN EN 1998-1.

(pozn.: podle NA 2.8. článku 3.2.1. výše uvedené normy se za případy velmi malé seismicity, kdy není třeba dodržovat ustanovení ČSN EN 1998-1, se v ČR považují takové oblasti, kdy hodnota součinu  $ag_S$ , použitého pro výpočet seismického zatížení, není větší než 0,05g).

### 3. Svahové nestability

#### 3.1 Svahové nestability a sesuvy

ČGS uvádí [31] že svahové pohyby vznikají při porušení stability svahu působením zemské tíže, přičemž těžiště pohybujících se hmot vykonává dráhu po svahu dolů. Svahové pohyby jsou velmi různotvárným geodynamickým procesem probíhajícím v přírodním prostředí. Jejich vznik a vývoj je podmíněn místními přírodními poměry (sklon svahu, geologické poměry, klimatické podmínky atd.) a případně lidskou činností (změny reliéfu krajiny, změny vodního hospodářství atd.).

Výsledkem svahového pohybu – procesu je svahová deformace – forma.

Klasifikace podle mechanismu a rychlosti svahových pohybů

Podle mechanismu pohybu a jeho rychlosti rozlišujeme 4 základní skupiny svahových pohybů (anglicky/německy/francouzsky/španělsky):

- A - Ploužení (creep; Kriechen; fluage; reptación)
- B - Sesouvání (sliding; Gleiten; glissement; deslizamientos)
- C - Stékání (flow; Fließen; éboulement; flujos)
- D - Řícení (fall; Fallen; écroulement; derrumbe)

##### A - Ploužení

Z geologického hlediska jde o dlouhodobý, zpravidla nezrychlující se (mm/rok) pohyb horninových hmot, přičemž hranice vůči pevnému podloží je ve většině případech nezřetelná. Velikost posunů hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům postiženého horninového masivu zanedbatelná. Pokud se tento pohyb vlivem různých faktorů (klimatické, antropogenní) zrychlí, přechází do sesouvání nebo stékání. Ploužení tak může být iniciální fází pro sesouvání, stékání nebo dokonce řícení. Ploužení je nejobtížněji pozorovatelný a vymezitelný, ale nejrozšířenější typ svahového pohybu v ČR. Další informace v Katalogu geohazardů.

##### B - Sesouvání

Sesouvání je relativně rychlý (cm až m/den), krátkodobě klouzavý pohyb horninových hmot na svahu podél jedné nebo více průběžných smykových ploch. Výslednou formou sesuvného pohybu je sesuv. Charakteristické je, že se část hmot nasune na původní terén v předpolí. Při sesouvání se mohou v hlubších částech současně uplatňovat i pomalé deformace plouživého charakteru, na povrchu i stékání. Nejčastěji dokumentovaný typ svahového pohybu v ČR postihující např. rozsáhlé oblasti Beskyd, Českého Středohoří a Poohří.

##### C - Stékání

Stékání je rychlý (km/h) krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Podstatná část hmot vyteče z odlučného prostoru (jámy) a přemístí se po povrchu terénu na velkou

vzdálenost (v ČR i stovky metrů). Stékající hmoty jsou ostře odděleny od neporušeného podloží. Výslednou formou je proud. V konečné fázi vývoje může stékání přecházet do pomalého ploužení. V ČR se vyskytuje nepravidelně a je vázán na extrémní srážky spolu s vhodnými geologickými a geomorfologickými podmínkami.

## D - Řícení

Krátkodobý (řádově sekundy) rychlý pohyb horninových hmot na strmých svazích, přičemž se postižené hmoty rozvolní a ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím. Při pohybu se uplatňuje volný pád. Dříve než hmoty ztratí kontakt s podložím, může docházet k plouživým pohybům. Vzdařenost přemístěných hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům zříceného masivu mnohonásobně větší. Tento jev je nejčastěji vyskytuje v oblasti skalních pískovcových měst, u nás např. v oblasti Hřenska, Českého Ráje nebo Broumovska. Další informace v Katalogu geohazardů.

## Příklady svahových pohybů a jejich výsledných forem

Proces (svahový pohyb)      Forma (výsledná svahová deformace)

A      Rozvolňování svahů      Rozvolnění svahu, roztrhání horských masivů, zdvojené hřebety

Gravitační vrásnění      Gravitační vrása, bulging

Blokové pohyby      Blokované pole

Povrchové ploužení      Slézání svahových hlín a suti, hákování vrstev, plošná soliflukce, kamenné ledovce

B      Sesouvání podél rotační smykové plochy      Rotační sesuv, sesuv podél rotační smykové plochy

Sesouvání podél rovinné smykové plochy      Planární sesuv, sesuv podél rovinné smykové plochy, skalní sjíždění

Sesouvání podél složené smykové plochy      Rotačně planární sesuv, sesuv podél složené smykové plochy, laterální sesuv

C      Stékání svahových uloženin      Zemní proud, bahnitý proud, zemní proud v citlivých jílech, kamenitý, hlinitokamenitý a bahnitý přívalový proud, mura, flowage

D      Sesypávání      Drolení, sesyp

Opadávání úlomků      Opadový a suťový kužel, osyp, halda, kamenné moře

Odvalové řícení      Skalní zřícení, odvalové zřícení

Planární řícení      Planární skalní zřícení, skalní sesutí

## Klasifikace podle dalších kritérií

Svahové pohyby a jejich výsledné formy (svahové deformace) můžeme blíže charakterizovat podle dalších kritérií:

věk: recentní (současný, čerstvý), fosilní (starý)

stupeň aktivity: aktivní (živý), dočasně uklidněný, stabilizovaný (zastavený)

geneze: přirozený (samovolný), uměle vyvolaný (antropogenní)

vývojové stadium: iniciální (počáteční), rozvinutý (pokročilý), finální (závěrečné)

opakovatelnost: jednorázový, periodický

tvár půdorysu: proudový, frontální, plošný, nepravidelný

zřetelnost morfologické formy: zřetelná svahová deformace, zastřená svahová deformace, pohřbená svahová deformace

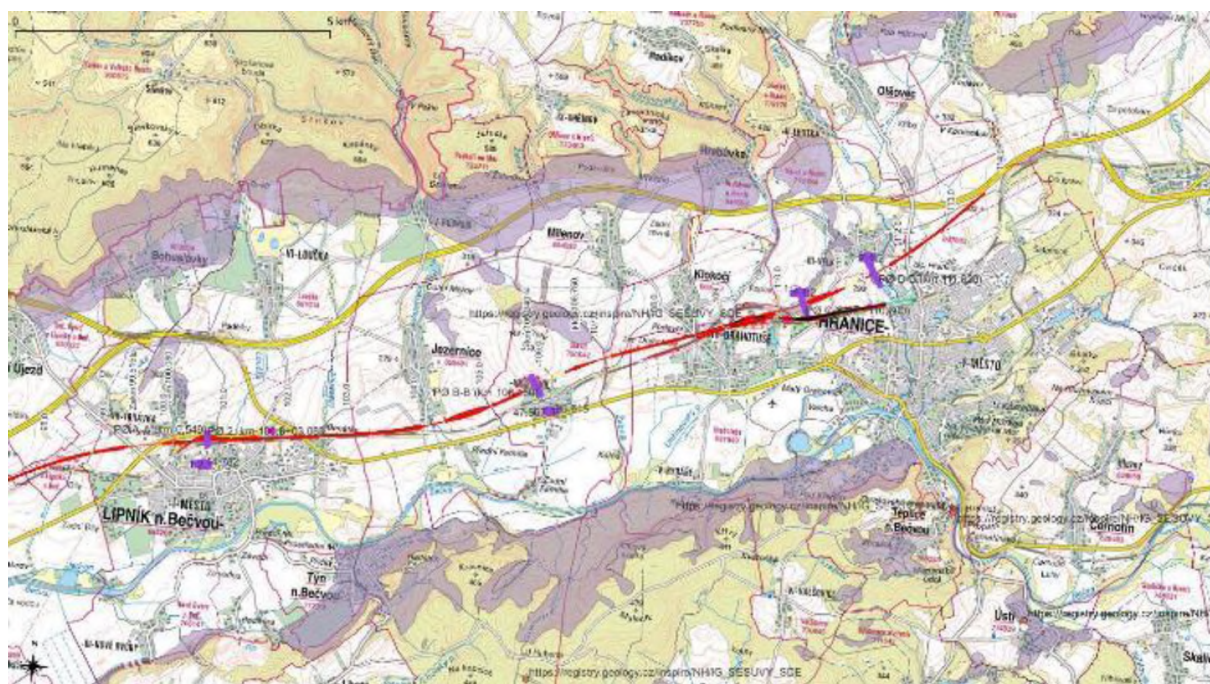
pozice vůči dalším svahovým deformacím: samostatná svahová deformace, složená svahová deformace, součást složené svahové deformace

### 3.2 Svahové nestability v registru ČGS

V rámci prováděného IG průzkumu bylo zjištěno a v prezentováno riziko svahových nestabilit. Trasa VRT MB1 prochází přímo přes 4 svahové nestability (sesuvná území) evidovaná v registru sesuvů ČGS viz. obr. 1: Rizika svahových nestabilit předpokládáme zejména v těchto úsecích:

- a) v okolí km 100,800 u Lipníka (cca km 100,600 -102,500)
- b) v okolí km 106,150 Tunel Slavič, (cca km 105,550-106,330)
- c) v okolí km 110,600 u obce Velká (cca km 110,300-110,700)
- d) v okolí km 111,820 u toku Velička (cca km 111,700 – 111,850)

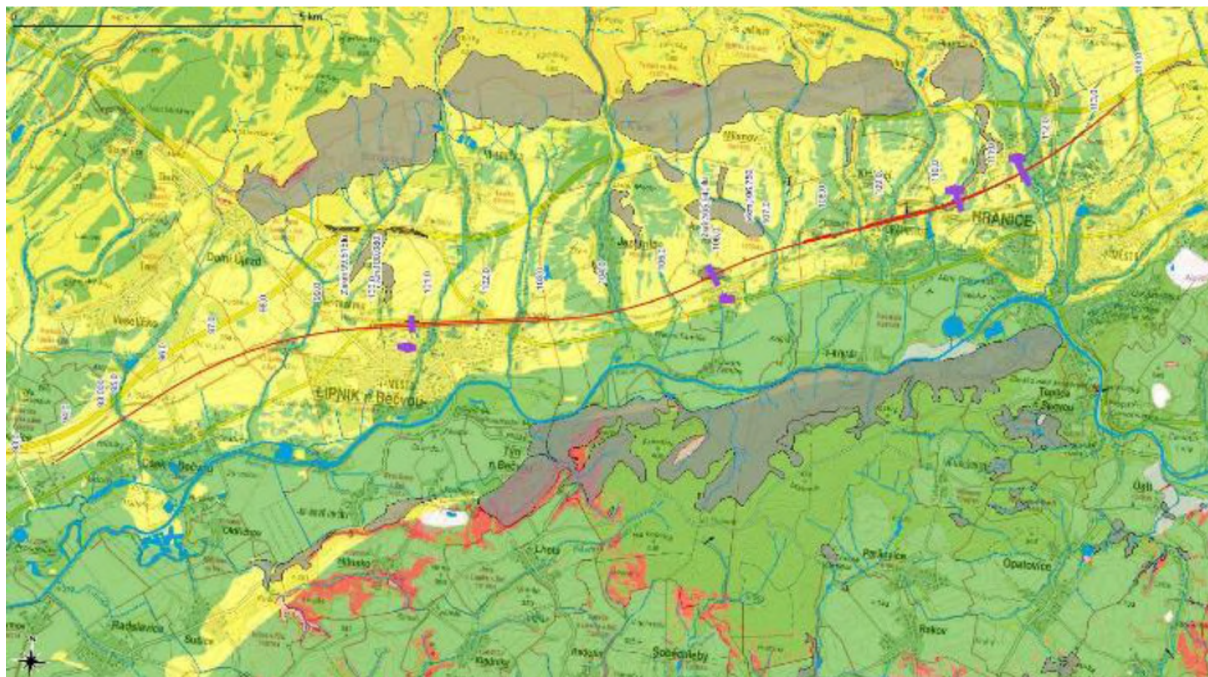
Obr. 3.2-1 Svahové nestability (sesuvná území) evidovaná v registru sesuvů ČGS (zdroj ČÚZK a ČGS)



Náchylnost k sesouvání dle ČGS je patrná z obr 2. Většina trasy je klasifikována žlutou barvou tj. třídou 2 střední náchylnosti – v těchto v těchto územích nelze vznik svahových nestabilit vzhledem k podmínkám prostředí vyloučit. Méně zastoupena je třída 1 nízké náchylnosti (zelená barva) – jsou oblasti s nejméně vhodnými podmínkami pro vznik svahových deformací v dané oblasti. Třída 3 vysoké náchylnosti – definuje části oblastí, kde zohledněné podmínky

jsou nejvíce vhodné pro vznik svahových nestabilit, tato třída v prostoru trasy VRT MB1 nebyla zachycena viz obr. 3.2-2

Obr. 3.2-2 Náchylnost k sesouvání dle serveru ČGS (zdroj ČÚZK a ČGS)



**a) Svahová nestabilita (sesuv) v okolí km 108,800 u Lipníka (cca km100,500-102,500)**

Svahová nestabilita se nachází v prostoru zářezu stávající pozemní komunikace a byla již sanována. V registru ČGS je vedena následovně:

List 25-13-04, kód s.n. 2

Katastr: Lipník nad Bečvou

Lokalizace: okres Přerov, s. od města Lipník nad Bečvou, podél komunikace I47

Autor: Oldřich Krejčí      Typ dokumentace: vlastní      Datum: 01. 08. 2013

Popis: Aktivní svahová nestabilita byla v roce 2013 stabilizována. Geologické podloží řešeného území patří z regionálního hlediska do karpatské předhlubně Západních Karpat (jíly, pisky a štěrky spodního badenu). Tyto sedimenty jsou překryty sprašemi a sprašovými hlínami. Ke zhoršení situace (zvětšení) může dojít například při vysokých úhrnech srážek nebo po tání sněhové pokrývky.

Svahová nestabilita: samostatná

Druh svahové nestability: Sesuvy

Rozměr – délka (m): 25

Rozměr – šířka (m): 245

Sklon svahu ve stupních: 18°

Odhadnutá mocnost S.N.: středně hluboká (5-10 m)

Půdorysný tvar: frontální

Poloha S.N.: antropogenní zářez

Typ svahové nestability: nezjištěno

Pasív. faktory-podm. vzniku: litologie

Aktivní faktory: srážky a nasycení vodou, změna geometrie svahu podkopáním

Materiál tělesa S.N.: zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny

Vývojové stádium / fáze d.: rozvinutá

Relativní stáří deformace: mladá – věk řádově desítky až stovky let

Stupeň aktivity: dočasně uklidněný

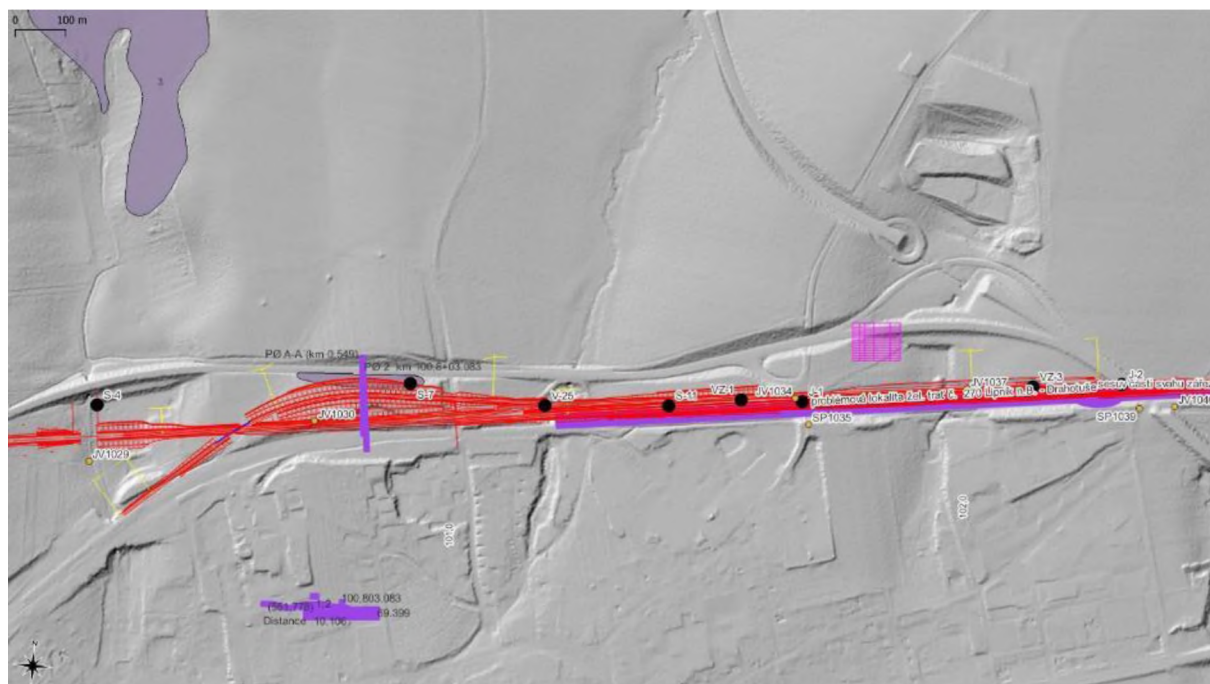
Sanační opatření: Při patě je opěrná stěna, terén byl upraven

Ohrožené objekty: Okraj komunikace

Kategorizace ohrožení: Kategorie I. (A)

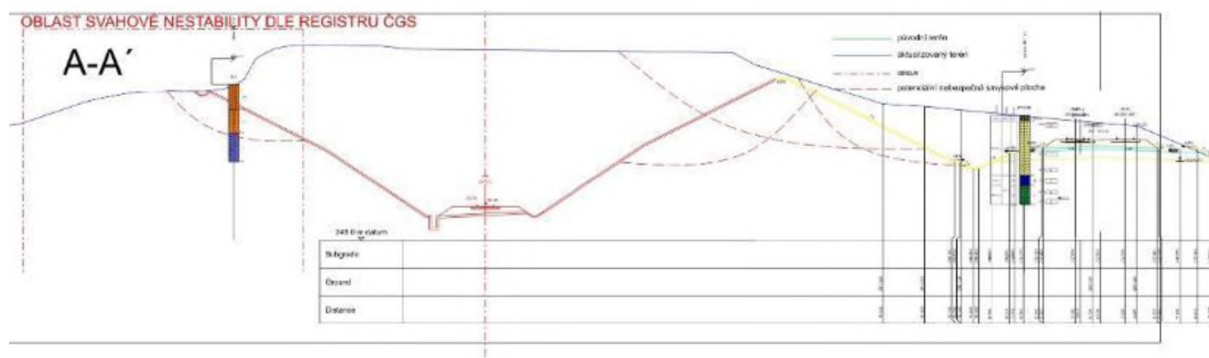
Trasa VRT má procházet v uvedeném prostoru zářezem také. Navíc jak je patrné ze analýzy lidarového modelu terénu (DMR5g), zkušeností zpracovatele tohoto posudku a rešeršních prací byly v tomto úseku zjištěny projevy svahových nestabilit, deformací zemní pláně na stávající konvenční trati viz obr. 3.2-3.

Obr. 3.2-3 Sesuv v okolí km 100,800 u Lipníka na podkladu digitálního modelu reliéfu DMR5g (zdroj ČÚZK)



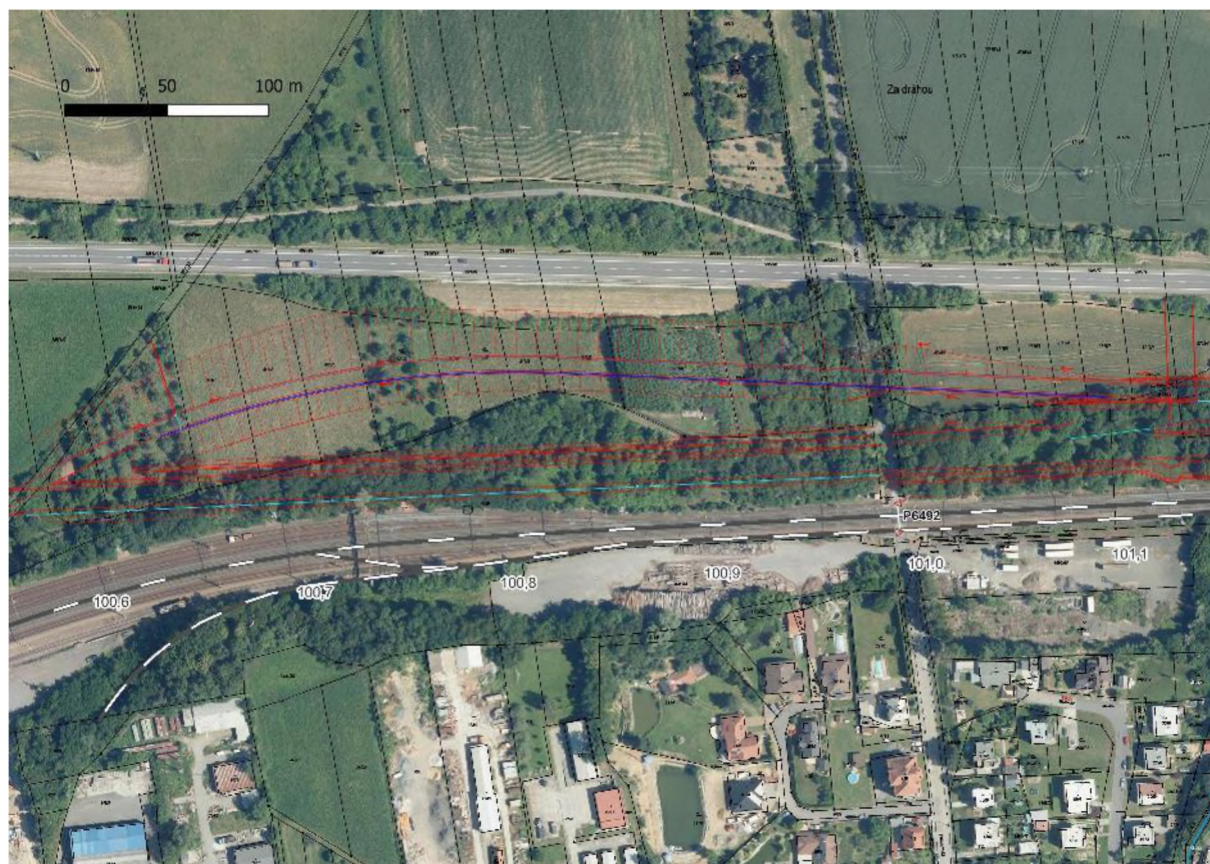
Do příčného řezu poskytnutého projektantem, byly vykresleny potenciální nebezpečné smykové plochy, které byly interpretovány na základě morfologie a přihlédnutím ke geologickým poměrům viz obr. 4.

Obr. 3.2-4 Příčný řez A-A' v km 106,150 s vykreslenými potenciálně nebezpečnými smykovými plochami



Projev svahové nestability je patrný i katastrální mapy obr. 2.5-5, kde v jejím místě v km cca 100,800 je patrná výchylka, vybočení hranice parcel. Toto vybočení je patrné i na katastrální mapě z roku 1906 viz obr. 3.2-6.

Obr. 3.2-5 Výřez z katastrální mapy – současný stav (zdroj ČÚZK)



Obr. 3.2-6 Výřez z katastrální mapy – stav z roku 1906

**b) Svahová nestabilita (sesuv) v okolí km 106,150 Tunel Slavič (cca km 105,550-106,330)**

Svahová nestabilita, kterou má procházet tunel Slavič. V registru ČGS je vedena následovně:

List 25-11-25, kód s.n. 6

Katastr: Slavič

Lokalizace: okres Přerov, s. v těsné blízkosti intravilánu obce Slavič

Autor: Oldřich Krejčí      Typ dokumentace: vlastní      Datum: 01. 10. 2013

Popis: V současnosti je svahová nestabilita dočasně uklidněná. Nejsou viditelné žádné projevy aktivace. Ke zhoršení situace může dojít například při vysokých úhrnech srážek nebo po tání sněhové pokrývky. Geologické podloží řešeného území patří z regionálního hlediska do karpatské předhlubně Západních Karpat (jíly, písky a štěrky spodního badenu). Tyto sedimenty jsou překryty sprašemi a sprašovými hlínami a terasovými písky a štěrky.

Svahová nestabilita: samostatná

Druh svahové nestability: Sesuvy

Rozměr – délka (m): 200

Rozměr – šířka (m): 453

Sklon svahu ve stupních: 5°

Odhadnutá mocnost S.N.: středně hluboká (5-10 m)

Půdorysný tvar: frontální

Posice S.N.: svah (obecně)

Typ svahové nestability: nezjištěno

Pasív. faktory-podm. vzniku: litologie

Aktivní faktory: srážky a nasycení vodou

Materiál tělesa S.N.: zvětraliny, svahoviny nebo jiné nezpevněné horniny

Vývojové stádium / fáze d.: rozvinutá

Relativní stáří deformace: mladá – věk řádově desítky až stovky let

Stupeň aktivity: dočasně uklidněný

Ohrožené objekty: Pole

Kategorizace ohrožení: Kategorie I. (A)

Z analýzy lidarového modelu terénu (DMR5g) vyplývá, že svahová nestabilita (sesuv) může být většího rozsahu, než eviduje ČGS. Viz. obr. 5. Patrné je i zemní těleso s již neprovozovaným tunelem ve Slavíči [32]. Unikátní technická památka v obci Slavíč z let 1845 – 1846. Zděný železniční tunel eliptického průřezu je jediný na 275 km dlouhé trati tzv. Severní dráhy císaře Ferdinanda.

Jde o orientovanou hloubenou tunelovou stavbu s portály, provedenou vzhledem k nepříznivým geologickým podmínkám pravděpodobně technologií Německé (tzv. jádrové) tunelovací metody. Ta spočívala ve vyhloubení dvou paralelních šachet v místě budoucích tunelových opěr („svislých stěn“) a jejich vyzdění do výše paty klenutí; poté se shora odstranila zemina mezi těmito stěnami, aby na ně mohla být nazděna klenba. Pak již jen zbývalo vyvézt zeminu z tubusu již hotového tunelu, vyzdít dolní klenbu a shora opět tunel zasypat.

délka 258,90 m

průměrná šířka 5,72 m

průměrná výška 6,30 m

tloušťka horní klenby 0,60–0,80 m

tloušťka spodní klenby 0,40–0,80 m

průměrná tloušťka opěr 1,10 m

nadloží nad klenbou 0,90–1,40 m

## Historie

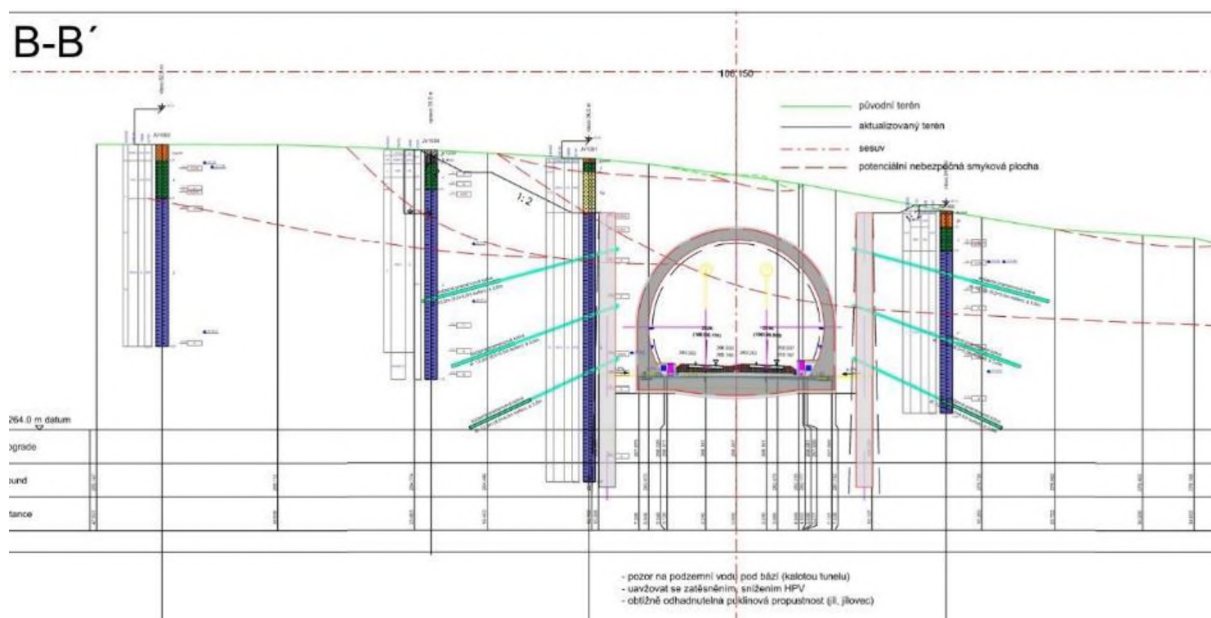
S myšlenkou dopravního propojení Vídně se Slezskem a Haličí přišel v roce 1829 profesor vídeňské polytechniky Franz Xaver Riepel, který rozpoznal význam velkého nerostného bohatství těchto oblastí (uhlí, sůl). Navrhl vybudování železniční trati protínající celou Moravu o délce přibližně 455 km. S její stavbou bylo započato v zimě 1836 ve Vídni a ukončena byla o dvacet let později v Krakově (nikoliv až v haličské Bochni, jak bylo původně plánováno). V linii Vídeň – Břeclav – Přerov se v roce 1842 dostala trať až do Lipníka nad Bečvou. Zde se postup prací zastavil pro nedostatek financí. Až půjčka Rothschildovy banky zajistila v březnu roku 1844 pokračování prací na další části Severní dráhy a 1. května 1847 byl předán veřejné dopravě úsek trati z Lipníka nad Bečvou do Bohumína.

Budování železnice bylo velkým zásahem i do podoby a života obce Slavíč. Pro pokračování stavebních prací v roce 1844 ve směru z Lipníka nad Bečvou na severovýchod byl řízením



Do příčného řezu poskytnutého projektantem, byly vykresleny potenciální nebezpečné smykové plochy, které byly interpretovány na základě morfologie a přihlédnutím ke geologickým poměrům viz obr. 3.2-8.

Obr. 3.2-8 Příčný řez B-B' v km 108,800 s vykreslenými potenciálně nebezpečnými smykovými plochami-



### c) Svahová nestabilita (sesuv) v okolí km v okolí km 110,600 u obce Velká (cca km 110,300-110,700)

Svahová nestabilita, kterou má procházet hlavní trasa VRT. V registru ČGS je vedena následovně:

List 25-12-21, kód s.n. 5

Katastr: Velká u Hranic, Drahotuše

Lokalizace: okres Přerov, v z. části obce Velká

Autor: Oldřich Krejčí Typ dokumentace: vlastní Datum: 01. 10. 2013

Popis: Rozsáhlá dočasně uklidněná svahová nestabilita, geologické podloží patří do karpatské předhlubně Západních Karpat (jíly, písky a štěrky spodního badenu). Tyto sedimenty jsou překryty sprašemi a sprašovými hlínami.

Svahová nestabilita: samostatná

Druh svahové nestability: Sesuvy

Rozměr – délka (m): 274

Rozměr – šířka (m): 1912

Sklon svahu ve stupních: 10°

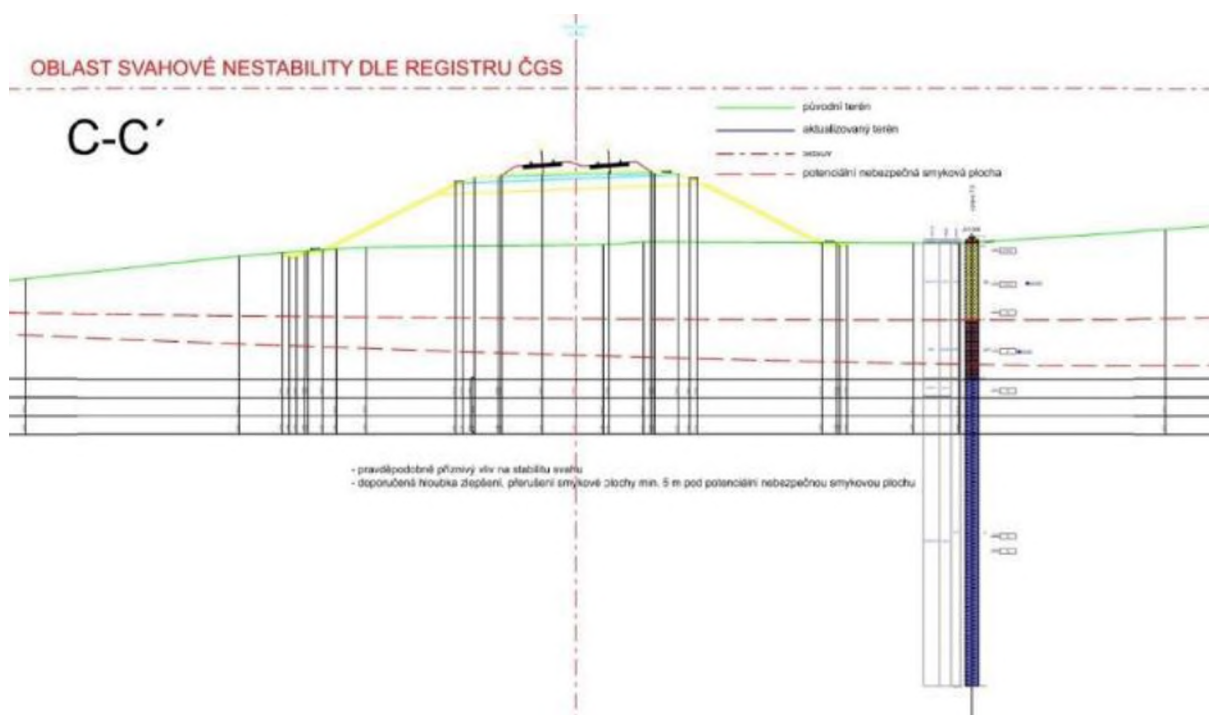
Odhadnutá mocnost S.N.: středně hluboká (5-10 m)

Půdorysný tvar: frontální

Posice S.N.: svah (obecně)



Obr. 3.2-10 Příčný řez C-C' v km 110,600 s vykreslenými potenciálně nebezpečnými smykovými plochami



**d) Svahová nestabilita (sesuv) v okolí km 111,820 u toku Velička (cca km 111,700 – 111,850)**

Svahová nestabilita, kterou má procházet hlavní trasa VRT. Dle původně uvažované varianty měl trasu přes tuto svahovou nestabilitu převést most. Dle nyní uvažované varianty se sníženou niveletou je počítáno s mostem kratším, tedy bude do svahové nestability zasahovat i přechodová oblast a zemní těleso. Svahová nestabilita navazuje na nově uvažovaný tunel Velká.

List 25-12-21, kód s.n. 4

Katastr: Velká u Hranic, Hranice

Lokalizace: okres Přerov, jv. od obce Velká, ve svahu na pravém břehu toku Velička

Autor: Oldřich Krejčí Typ dokumentace: vlastní Datum: 01. 08. 2013

Popis: Dočasně uklidněná svahová nestabilita, geologické podloží patří do karpatské předhlubně Západních Karpat (jíly, písky a štěrky spodního badenu). Tyto sedimenty jsou překryty sprašemi a sprašovými hlínami.

Svahová nestabilita: samostatná

Druh svahové nestability: Sesuvy

Rozměr – délka (m): 79

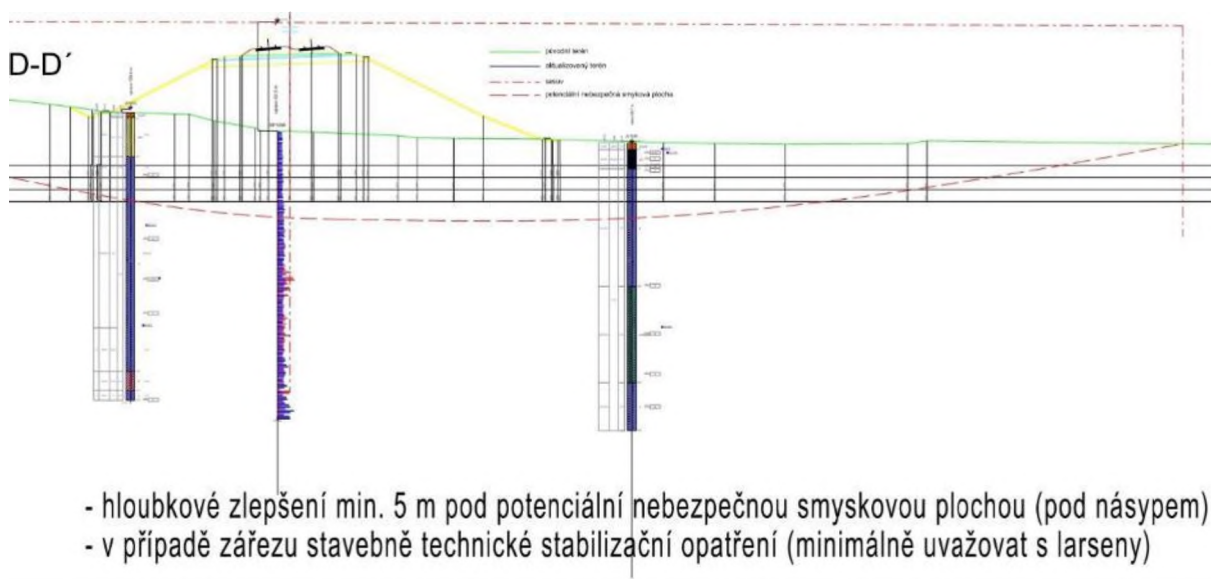
Rozměr – šířka (m): 498

Sklon svahu ve stupních: 10°

Odhadnutá mocnost S.N.: středně hluboká (5-10 m)



Obr.3.2.-12 Příčný řez D-D' v km 111,820 s vykreslenou potenciálně nebezpečnou smykovou plochou



### Závěr:

Doporučujeme doplnit uvedené hodnocení rizik svahových nestabilit [21] nejlépe u instituce jež toto hodnocení již zpracovávala [23].

Upozorňujeme i na možné nebezpečí fosilních, skrytých sesuvů, jež by mohly být v průběhu zemních prací aktivovány [24]. Dále by bylo dle [24] vhodné zjistit podíl jílových expandibilních minerálů. Vyšší podíl jílových expandibilních minerálů (illit/ smektit, smektit, illit, kaolinit), způsobuje objemovou nestálost jílu. Ta je zapříčiněna schopností těchto minerálů vázat do své krystalové mřížky vodu. [25] Pokud vzorky jílu mají vysokou expandabilitu, která je evidentně důvodem vysoké plasticity jílovitých hornin. Hornina je proto vysoce náchylná k sesouvání.[26]

### 3.3 Poruchy zemní pláně na stávající trati

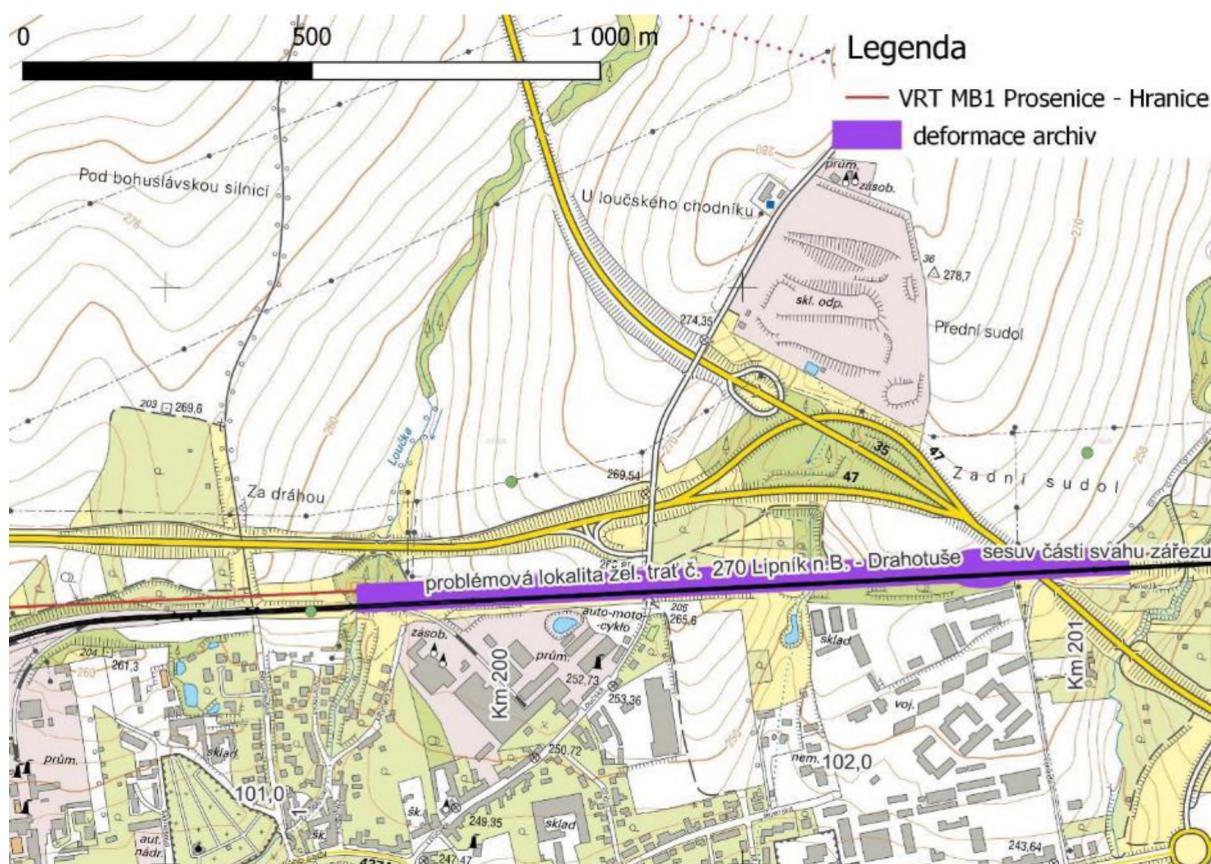
V průběhu prací při modernizaci traťového úseku Lipník nad Bečvou – Drahotuše u koleje 2 došlo při výkopu rýhy pro odvodňovací příkopovou zídku, zpevněný příkop, v km 200,775 – 200,825 k sesuvu části svahu zářezu. Stavební práce probíhaly v období od října 1999 do prosince 2001.

Jelikož sesuv nezasahoval do tělesa železničního spodku bylo doporučeno, neprodleně utěsnit vzniklé zátrhy, maximálně urychlit stavební práce a poté svah ihned vysvahovat do projektovaného profilu.[16]

Dopravní stavba konvenční železnice v úseku Lipník n.B. – Drahotuše, žel trať č. 270 je uvedena v tabulce č. 1 jako problémová lokalita, zastižena zemina F8 CH, jíl vysoká plasticita [18].

Z hlediska stavby VRT MB01 Prosenice – Hranice se jedná o úsek, kde novostavba VRT je situována souběžně, těsně při stávající konvenční trati ve staničení mezi km 101,000 a km 103,000 viz obr. 3.3-1.

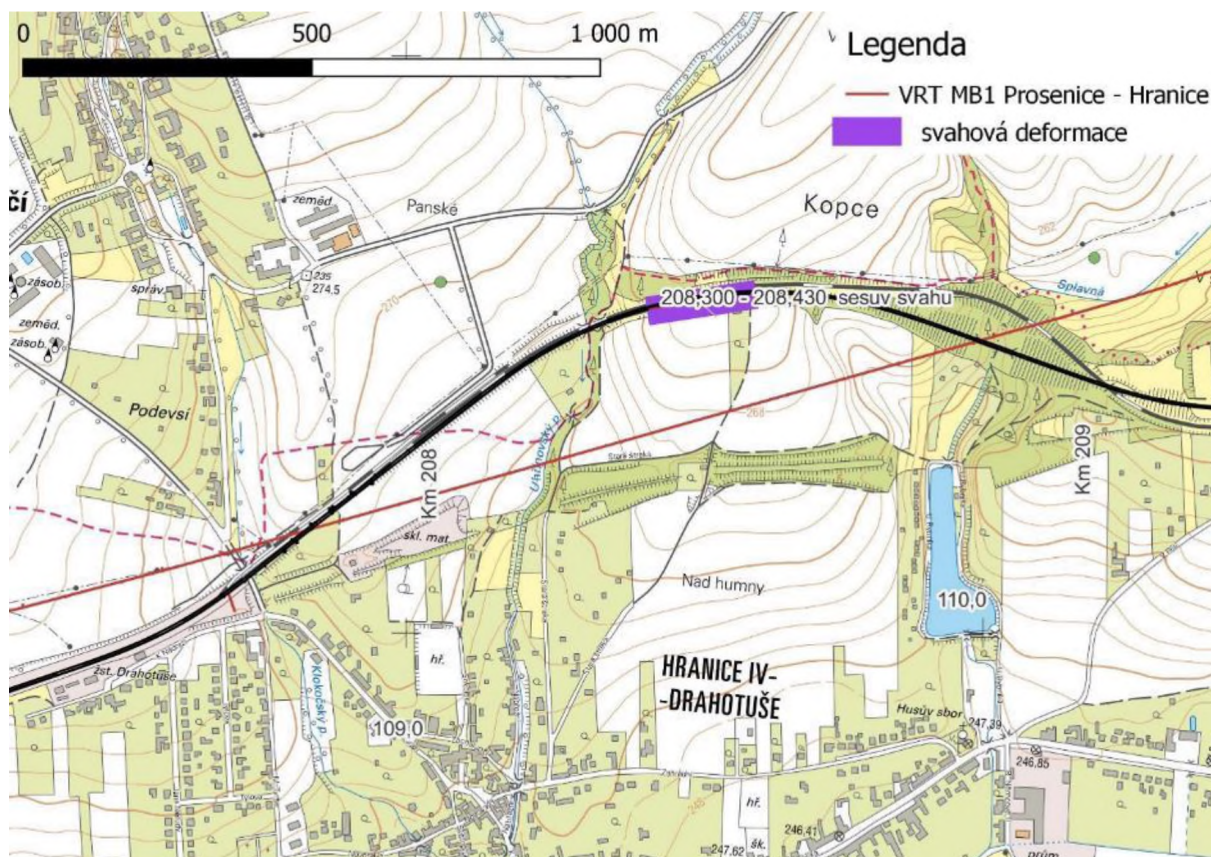
Obr. 3.3-1 Situace problémového úseku v Lipníku n.B (zdroj ČÚZK)



V průběhu prací při stavbě modernizace traťového úseku Drahotuše – Hranice, při hloubení výkopu pro příkopové žlaby a po úpravě svahu došlo v km 208,300 - 208,430 k sesuvu svahu o mocnosti 0,5 - 0,7 m. Stavební práce probíhaly v období od dubna do prosince roku 2000.

Sesutí bylo zřejmě zapříčiněno dešťovými srážkami v době úpravy svahu a hloubení rýhy současně s příliš velkou šířkou a hloubkou rýhy. Byla obnažena v minulosti vybudovaná, v době geologického průzkumu skrytá, žebra. Na jednání na místě samém jsme doporučili s součinností s projektantem nahrazení TZZ tvarovek U a J žlaby (od km 208,229 - 208,474), obnovení odvodňovacích žeber a úpravu sklonu svahu.[17]

Obr. 3.3-2 Situace problémového úseku v Drahotuších (zdroj ČÚZK a ČGS)



Z hlediska stavby VRT MB01 Prosenice – Hranice se jedná o úsek v prostoru sjezdu Hranice. Novostavba VRT je nyní uvažována variantně, hlavní trasa je vedena v přímce přes oblouk v prostoru mezi stávající konvenční tratí a opuštěnou stopou, tzv. stará štreka, ve staničení mezi km 109,000 a km 110,000 viz obr.2

## 4. Metodika a rozsah navržených průzkumných prací

Metodika navržených průzkumných prací vychází zejména z požadavků předpisu S4 na inženýrskogeologický (dále jen IG) průzkum, dále z konkrétních požadavků objednatele definovaných v zadání úkolu a u dílčích objektů byly také uplatněny zásady geotechnických průzkumů z technických podmínek Ministerstva dopravy ČR – TP76 a z platných právních předpisů a norem pro provádění geologických průzkumných prací (ČSN P 73 1005, ČSN EN 1997-1, 2).

Tímto projektem jsou navrženy práce:

- přípravné – administrativně právní příprava, technické zajištění prací, zajištění vstupů na pozemky (zajištění vstupu, souhlasy vlastníků, vytyčení inženýrských sítí (dále jen IS), dohody s uživateli/vlastníky pozemků),
- sondážní,
- vzorkovací,
- laboratorní rozbory a zkoušky,
- měřické,

- hydrogeologické,
- výkony geologické služby.

Průzkum pro bude proveden především vrtanými sondami pro ověření geologických a geotechnických poměrů, pro získání informací o geotechnických vlastnostech zastiženého prostředí in situ a hydrogeologických (dále jen HG) poměrů. Jejich návrh je popsán v přílohách č. 2 a 3.

Před započítím prací bude provedena podrobná terénní rekognoskace. Jejím účelem je upřesnění lokalizace průzkumných sond a prohlídka kritických míst.

Stanovený druh a rozsah průzkumných prací může být s konečnou platností pro realizaci upřesněn, pozměněn či doplněn na základě:

- nepředvídatelných okolností či skutečností zjištěných v průběhu průzkumných prací (týká se zejména určení hloubek odkryvných prací, upřesnění polohy sond, příp. přizpůsobení technologie sondáže nebo použití vhodnějších metod a postupů k dosažení účelu průzkumu),
- požadavků objednatele průzkumných prací či stavebníka,
- získání nových poznatků z nyní nedostupných archivních podkladů.

Operativní změny v rozsahu geotechnického průzkumu a upřesnění umístění vybraných průzkumných sond mohou být řešeny s objednatelem a stavebníkem individuálně.

#### **4.1 Přípravné práce a zajištění vstupů na pozemky**

Přípravné fáze budou, v dostatečném předstihu před zahájením odkryvných prací v terénu, zahrnovat v souladu s podmínkami zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, v platném znění – ohlašovací povinnosti vůči příslušnému krajskému úřadu, obci a dotčeným institucím evidenci geologických prací v souladu s vyhláškou č. 282/2001 Sb., o evidenci geologických prací.

Součástí přípravných prací je vypracování projektu geologických prací ve smyslu vyhlášky č. 369/2004 Sb. o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek, v platném znění. Předkládaný projekt je projekt geologických prací ve smyslu výše uvedené vyhlášky.

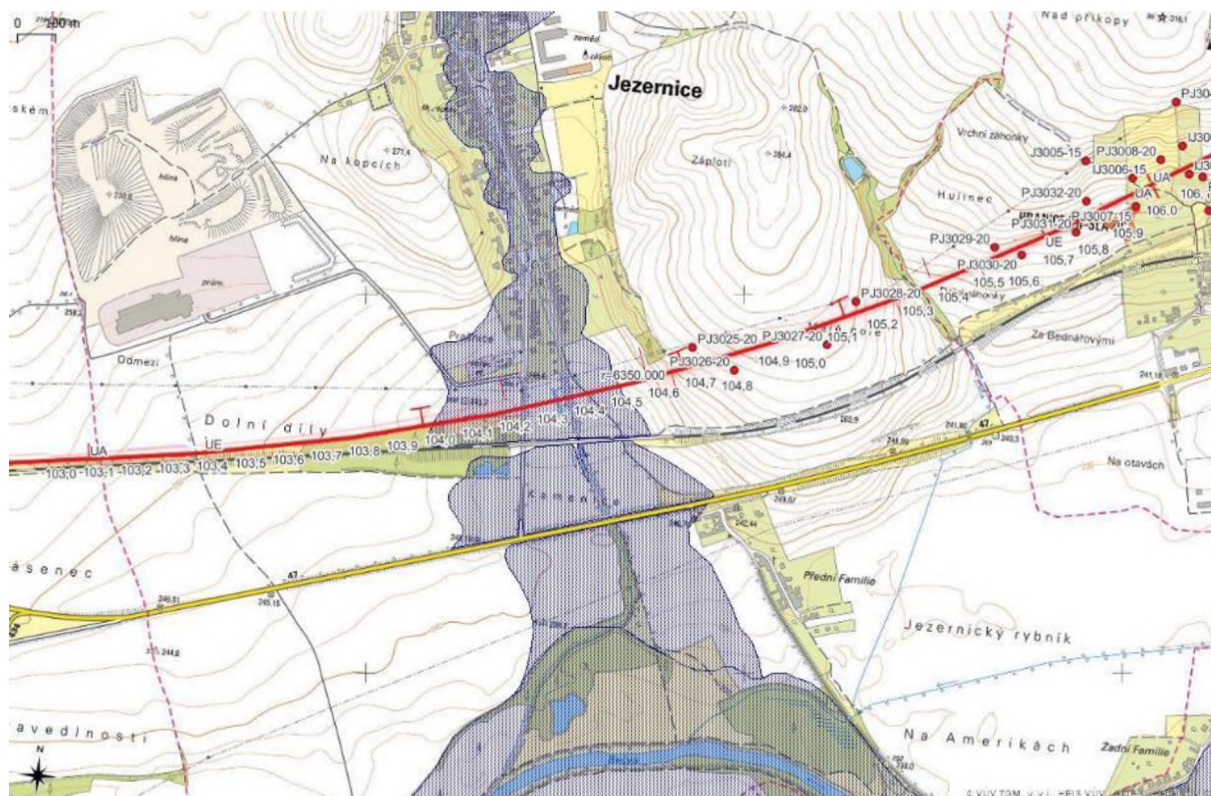
V rámci přípravných prací bude třeba zajistit povolení ke vstupu na dotčené pozemky a další nezbytná povolení, bude ověřen výskyt podzemních inženýrských sítí v místě realizace průzkumných vrtů a sond a v případě jejich výskytu pak jejich vytyčení v místě průzkumu, případně do mapových digitálních podkladů.

Po ukončení prací mohou být vybrané sondy převzaty investorem stavby pro další využití v průběhu výstavby.

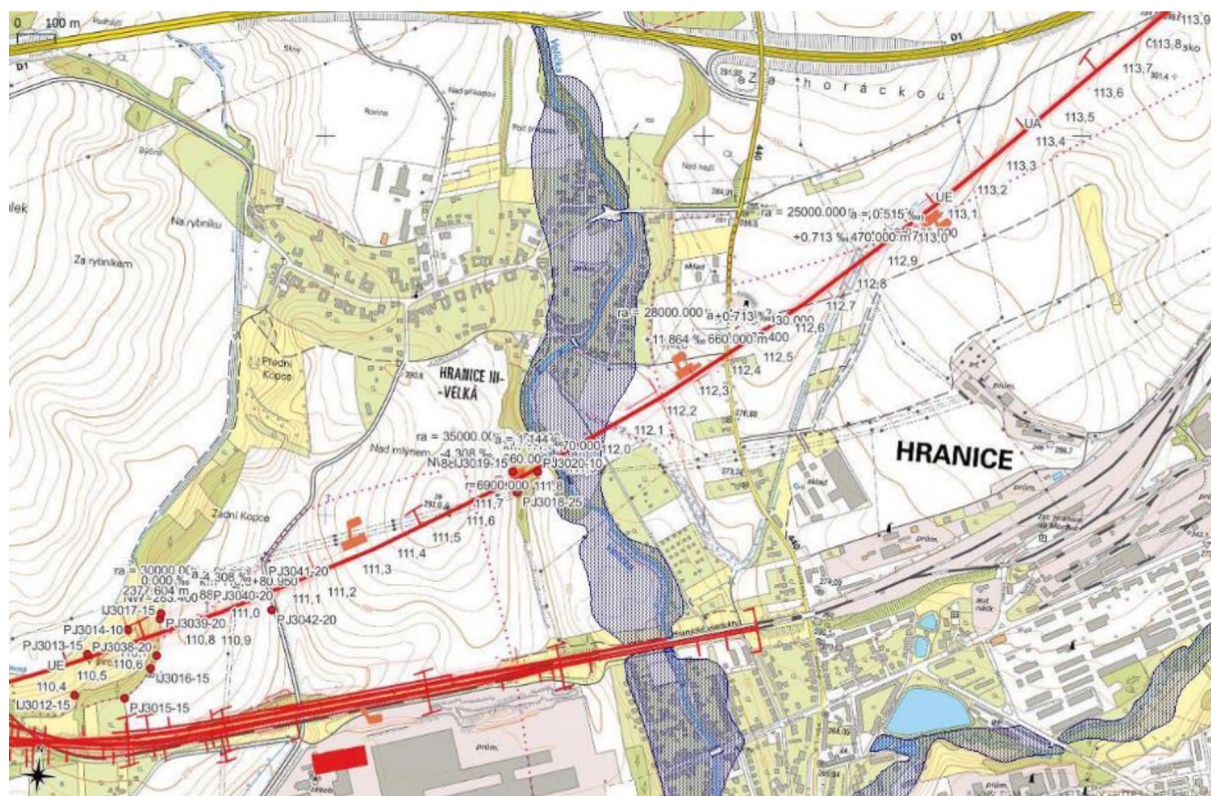
Úsek v okolí 104,4 u obce Jezernice zasahuje do aktivního záplavového území vodního toku Jezernice viz obr. 4.1-1 a km 112,000 u města Hranice zasahuje do aktivního záplavového území vodního toku Velička viz obr. 4.1-2. Sondy jsou nyní situovány mimo tato záplavová

území, Nicméně v případě posunu polohy sondy do záplavového území je třeba získat povolení vodoprávního úřadu.

Obr. 4.1-1 Aktivního záplavové území vodního toku Jezernice (zdroj ČÚZK a HEIS)



Obr. 4.1-2. Aktivního záplavové území vodního toku Velička (zdroj ČÚZK a HEIS)



## 4.2 Sondážní práce a polní zkoušky

Sondážní práce jsou navrženy v rozsahu odpovídajícím druhu konstrukce (průzkum pražcového podloží, zemního tělesa, umělého stavebního objektu atd.) a podrobnosti etapy průzkumu.

Odkryvné práce poskytnou obraz o charakteru konstrukčních vrstev a zemin v podloží, rozhraní odlišných struktur, o přirozeném uložení zemin a hornin.

Hloubky některých vrtů mohou být v závislosti na zastižených geologických podmínkách upraveny. Operativní změny hloubek určí odpovědný řešitel geologických prací na základě průběžného vyhodnocování terénních prací tak, aby bylo v maximální míře dosaženo splnění účelu průzkumných prací.

Celková metráž je 1046 m, 58 ks sond a neměla by být překročena.

Hloubky průzkumných sond jsou navrženy tak, aby byly ověřeny všechny vrstvy podloží a charakter horninového prostředí, na kterém se projeví přetížení (viz ČSN 73 6133), nebo která je přínosná z hlediska interakce stavby a jejího podloží

Označení sond tak jak je použito v příloze č. 2:

J – jádrový inženýrskogeologický vrt 2 ks 32 bm

IJ – jádrový IG vrt vystrojená pažnicí pro inklinometrická měření 9 ks 135 bm

PJ – jádrový hydrogeologický pozorovací vrt pro sledování hladiny podzemní vody v územích se svahovou nestabilitou, v oblastech hlubokých zářezů a pro získání údajů pro proces EIA 47 ks 879 bm.

Tabulka v příloze č. 4 uvádí pro každý vymezený úsek kvantifikaci navržených sond. Je uvedena jejich hloubka a dále pak druh a počet navržených laboratorních vzorků.

Na všech vystrojených sondách budou provedena karotážní měření v celé délce stvolu vrtu.

Technické práce budou prováděny v souladu s platnými předpisy v oblasti BOZP.

### 4.2.1 Jádrové vrty

Vrtné práce budou provedeny pomocí vrtné soupravy na kolovém či pásovém podvozku, případně pomocí přenosných souprav.

Vrty budou hloubeny hloubeny pomocí jádrového vrtání bez výplachu (TK) v kvartérních a terciérních zeminách ojediněle až poloskalních horninách.. Množství vrtných prací v položce 1.1.3 pje očitáno vrtáními vrtu do 10 m a v položce 1.1.4 jsou uvedeny počty bm vrtaných nad 10 m, tj. sonda hloubky 15 m - 10bm vrtání do 10 m a 5 bm vrtání nad 10 m

Vrtné jádro bude ukládáno do normovaných vzorkovnic a bez prodlení bude dokumentováno přítomným geologem, včetně pořízení fotodokumentace. V případě zastižení hladiny podzemní vody bude zjištěn a zapsán údaj o naražené a ustálené hladině (ustálená hladina bude měřena s dostatečným časovým odstupem – optimálně min. 24 hod., podmínka nemusí být dodržena u sond prováděných v časově omezených výlukových pracích).

Při dokumentaci vrtů na čerstvě vytěžených vrtných jádrech soudržných zemin bude dle potřeby prováděno měření kapesním penetrometrem. Výsledky budou součástí textu dokumentace vrtů a slouží k upřesnění konzistence zemin, a tím i k upřesnění návrhu geotechnických charakteristik soudržných zemin. V případě výnosu skalních hornin bude používáno i orientační měření pevnosti v bodovém zatížení.

Po popisu vrtných jader budou provedeny odběry vzorků zemin a hornin pro laboratorní stanovení geotechnických charakteristik, popř. vzorek podzemní vody za účelem stanovení

agresivity vůči betonovým a ocelovým konstrukcím. V případě zastižení více zvodní bude provedeno řádně odtěsnění zvodní tak, aby nedošlo k jejich propojení.

Hydrogeologické pozorovací vrty budou vystrojeny preferovanou pažnicí a obsypem. Je počítáno, že vrty by měly dosáhnout hladiny podzemní vody.

U inklinometrických sond bude vložena inklinometrická pažnice a budou zainjektovány.

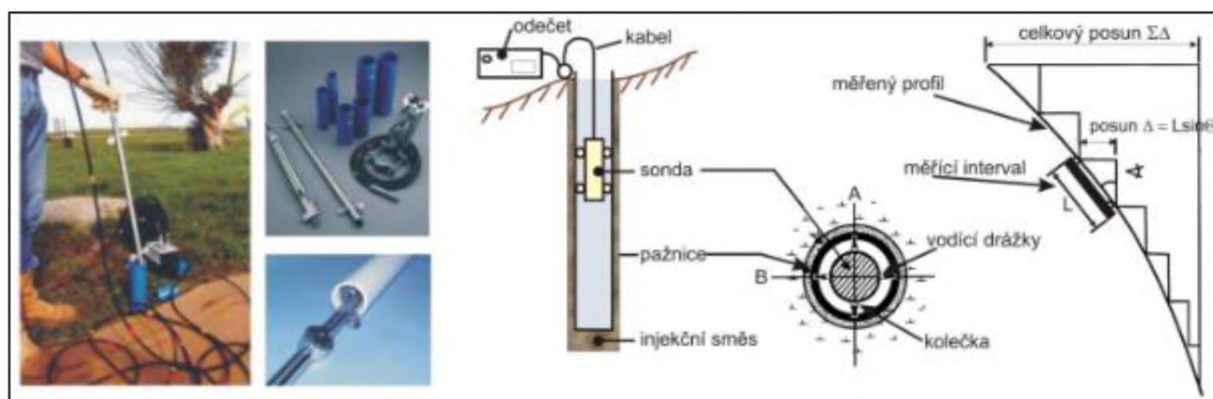
Po ukončení vrtných prací budou nevystrojené vrty likvidovány zpětným záhozem.

#### 4.2.2 Polní zkoušky - inklinometrická měření

Budou prováděna inklinometrická měření. Měření budou realizována min. 2-senzorovou (biaxiální) servo-inklinometrickou sondou např. model S242SV30 (výrobce SISGEO, S.r.l. – Itálie), připojené k dataloggeru ARCHIMEDE pomocí inklinometrického kabelu (napájení sondy, přenos dat).

Schéma měření a vzájemný vztah jednotlivých komponent systému je znázorněn na obr. 4.2.2-1.

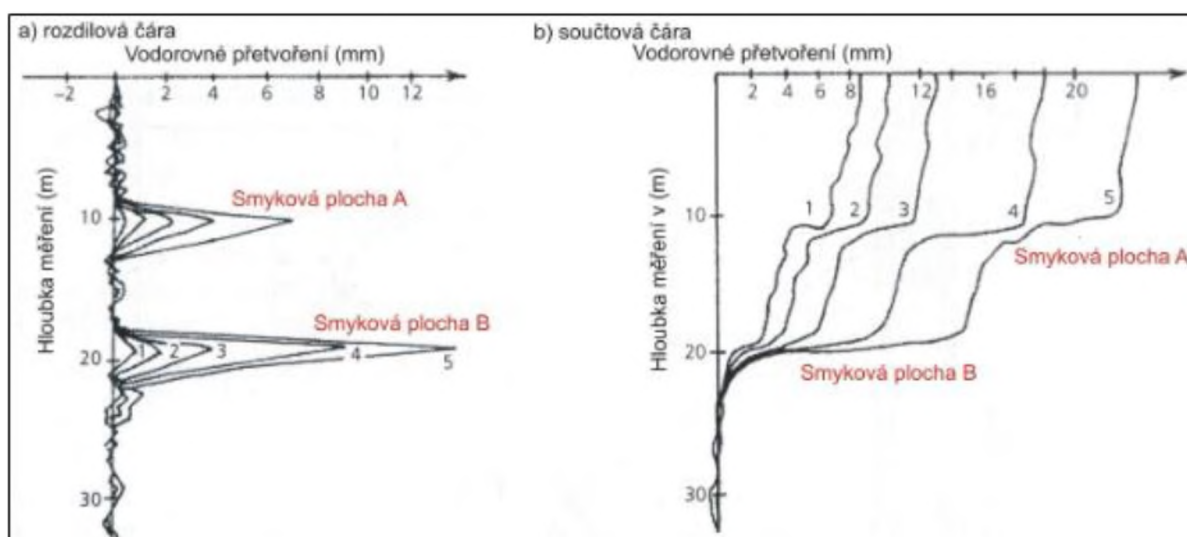
Obr. 4.2.2-1: Schématické znázornění realizace inklinometrického měření, jednotlivých komponent systému a jejich vzájemný vztah.



V rámci jednotlivých souborů měření (tj. k jednotlivým datům měření) je každý jednotlivý vrt proměřen nezávisle ve 4 polohách (v každé dvojici drážek dvakrát s otočením sondy v podélné ose o 180°), a to současně a nezávisle oběma senzory snímajícími úklon v navzájem kolmých směrech. Takto realizované měření umožňuje jednak sledovat stabilitu parametrů měřicí aparatury, jednak následně umožňuje eliminovat případné hrubé chyby měření způsobené např. nečistotami usazenými v drážkách pažnice (přestože je čistota drážek před zahájením každého měření zkontrolována, resp. obnovena průchodem „čisticí“ sondy, nelze přítomnost usazenin zcela vyloučit).

Veškerá měření jsou vztažena ke dnu vrtu (jeho poloha se pokládá za neměnnou a referenční), jednotlivě odečty jsou převedeny na posuny v jednotlivých směrech pro příslušné hloubkové úrovně. Výsledky jsou prezentovány ve formě diferenciální (odchylky pro jednotlivé směry v jednotlivých hloubkových úrovních – viz případ (a) na níže uvedeném obrázku) a kumulativní (odchylky pro jednotlivé směry jsou od referenční úrovně – dno vrtu – kumulovány a ukazují tak celkovou odchylku v jednotlivých úrovních – viz případ (b) na níže uvedeném obrázku).

Obr. 4.2.2-2: Schématické znázornění diferenciální (a) a kumulativní (b) formy zpracování inklinometrických měření.



Měření jsou uskutečněna s krokem 0,5 m, reprodukovatelnost polohy je zajištěna koincencí značek na kabelu se zarážkou na vrátku. Měření je prováděno v módu ručního spouštění aparatury. Tento způsob měření zajišťuje přesnost každého jednotlivého odečtu s chybou nepřevyšující 0,02 mm.

Kladný směr složky A byl v obou případech totožný se směrem spádnice (po svahu), kladný směr složky B byl v obou případech kolmý ke směru A po směru hodinových ručiček.

Provedené základní měření (ZM) zjišťuje aktuální stav vrtů bezprostředně po vytvrnutí zálivky. Jeho účelem je stanovení referenčních (vztažných) hodnot v jednotlivých měřených bodech pro veškerá další opakovaná měření provedená v budoucnu; nevypovídá nic o probíhajících svahových pohybech (to může být zjištěno pouze porovnáním výsledků po sobě následujících měření), pouze poskytuje informaci o skutečném průběhu vrtů.

Terénní inklinometrická měření budou v rámci této etapy realizovány 1x měsíčně. Provedeno bude 24 měření.

#### 4.2.3 Polní zkoušky – karotážní měření

Pro získání maximálního množství údajů bude ve všech vystrojených vrtech provedeno karotážní měření,

Vzhledem k malým průměrům vrtů byla problematika karotáže konzultována s poskytovatelem těchto prací.

Při vnitřním průměru výstroje vrtů větším než 50 mm lze uvažovat o:

1) HG pozorovací vrty (výstroj - plast) (ozn PJ):

- indukční karotáž (elektrická metoda - rozlišení elektrického odporu podél vrtu) - v případě opakovaných měření by mohlo reagovat na změny vlhkosti v čase
- přirozená gama karotáž - rozlišení písčitých / jílovitých partií podél vrtu
- event. měření mag.susceptibility - v případě sediment. hornin asi nemá příliš význam

- rezistivimetrie + termometrie - indikace míst přítoku, resp. odtoku; v případě opakovaných měření by mohlo reagovat na změny intenzity přítoku / odtoku v čase

2) inklinometrické vrty (výstroj - plast, zainjektováno jílovo-cementovou zálivkou) (ozn. II)

- sortiment použitelných metod je omezen

- indukční karotáž (elektrická metoda - rozlišení elektrického odporu podél vrtu) - v případě opakovaných měření by mohlo reagovat na změny vlhkosti v čase

- přirozená gama karotáž - rozlišení písčitých / jílovitých partií podél vrtu

- event. měření mag.susceptibility -

#### 4.2.4 Polní zkoušky – presiometrická měření

Presiometrické měření je jednou z metod geotechnického průzkumu, která umožňuje zkoušení vlastností zemin a hornin přímo „in situ“. V rámci průzkumu je uvažováno provedení 49 zkoušek u vybraných 16 sond.

Na základě sondou aplikovaného radiálního tlaku na stěny maloprofilového vrtu a měření objemových změn lze posuzovat závislost tlak – deformace. Z takto získaných výsledků měření lze určit základní mechanické vlastnosti:

- **mez presiometrického tlaku  $p_{lim}$  [kPa]** (mezní radiální tlak, při kterém dochází k porušení stěny vrtu v důsledku dosažení smykové pevnosti prostředí)
- **presiometrický modul  $E_p$  [MPa]** (deformační modul vypočítaný z pružnoplastické fáze deformace vrtu)
- **mez dotvarování  $p_r$  [kPa]** (tlak na začátku plastické fáze deformace)

Počet a upřesňující informace o presiometrických zkouškách jsou zpracovány v příloze č. 4. Úroveň měření upraví zodpovědný řešitel na základě konkrétních geologických podmínek, tak aby byly získány potřebné geotechnické charakteristiky jak z vrstev kvartéru, tak i z neogenních sedimentů.

#### Princip metody

Základním principem zkoušky je provedení maloprofilového vrtu, při jehož realizaci je kladen důraz na přesnost dodržení průměru vrtu a hladkost stěn zkoušené etáže.

Pro realizaci presiometrických zkoušek se používají sondy průměru 32, 44, 58 a 74 mm, které se spouští do maloprofilových vrtů průměru odpovídajícímu typu použité sondy. Doporučené průměry vrtů pro dané typy sond a technologie vrtání s ohledem na prostředí jsou uvedeny v ČSN ISO 22476-4.

#### Měření v presiometrických vrtech

Samotný měřicí přístroj se skládá z cylindrické horizontální sondy, měřicí jednotky a kabelového vedení spojujícího sondu a měřicí jednotku.

Zkušební sonda se sestává ze tří buněk, jedné měřicí a dvou ochranných, které je možné regulovaně plnit kapalinou (měřicí buňka) popřípadě plynem (ochranné buňky), čímž se vyvozuje radiální tlak sondy na stěny vrtu.

Měřicí jednotka umožňuje regulaci tlaku kapaliny popř. plynu v sondě a stanovení sledovaných hodnot. Po dobu zkoušky je umístěna u ústí vrtu.

### **Postup zkoušky:**

Do zkoušené úrovně vrtu je zavedena zkušební sonda, jež je kabely propojena s měřicí jednotkou.

Následně je proveden první zatěžovací stav, kdy je sondou aplikován konstantní tlak na stěnu vrtu. Velikost zkušební tlaku je měněna po skocích. Po ustálení tlaku každého zatěžovacího kroku je měřena změna objemu sondy v několika časových úrovních (15, 30 a 60 s). Velikost změny tlaku je určen dle odborného odhadu obsluhy sondy tak, aby byl průběh zkoušky proveden v průměrně 10 zatěžovacích krocích ( $\pm 4$ ).

Zkouška je ukončena v případě porušení stěny vrtu a tedy dosažení mezní únosnosti zeminy popřípadě po vyčerpání tlakové kapacity měřícího přístroje. Průběh a vyhodnocení zkoušky odpovídá normě ČSN ISO 22476-4.

## **4.3 Vzorkovací práce**

### **Vzorky zemin**

V průběhu vrtných prací a kopaných sond budou přítomným geologem odebírány neporušené, porušené a technologické vzorky zemin.

V zeminách budou vzorky odebírány výhradně metodami odběru kategorie A nebo B (dle ČSN EN ISO 22475-1 a ČSN EN 1997-2). Kvalita odebraných vzorků musí splňovat požadovanou třídu kvality pro jednotlivé předepsané laboratorní zkoušky. Kategorie vzorku odběru B, třída kvality vzorku zeminy pro laboratorní zkoušky 3, odpovídá dříve používanému označení vzorků porušené a technologické. Kategorie vzorku odběru A, třída kvality vzorku zeminy pro laboratorní zkoušky 1 - 2, odpovídá dříve používanému označení vzorků neporušené.

Neporušené vzorky (třída kvality vzorku 1 - 2), budou odebírány tenkostěnným odběrným válcem o síle stěny do 6 mm. Při odběru neporušeného vzorku zeminy bude odběrné zařízení vtlačeno statickým přitlakem s vyloučením rotačního pohybu, aby odebrané vzorky nebyly porušeny torzí. Takto budou prováděny odběry vzorků u zemin s měkkou až tuhou konzistencí. U zemin s konzistencí pevnou, případně z velkých hloubek ze spodních etáží zapažených vrtů, budou neporušené vzorky odebírány pomocí dvojité jadrovnice. Podle charakteru geologického prostředí lze místy předpokládat, že odběr neporušených vzorků bude technicky náročný a nelze vyloučit neúspěch.

Porušené vzorky (třída kvality vzorku 3), budou odebírány v předepsaném hmotnostním množství dle typu zeminy do dvojitých igelitových sáčků. U soudržných zemin s příměsí štěrkové frakce je nutno odebírat dostatečné množství zeminy.

Technologické vzorky (třída kvality vzorku 3), budou odebírány v množství předepsaném pro požadovaný typ laboratorní zkoušky, a to do dvojitých igelitových pytlů. Technologické vzorky budou odebírány pro přípravu rekonstituovaných vzorků.

### **Vzorky podzemí vody**

Při zastižení podzemní vody budou v provedených vrtech odebrány vzorky vody na hydrochemické analýzy a zkoušky agresivity vody.

V příloze č.4 jsou vzorky zemin, hornin a podzemní vody přiřazeny k jednotlivým vrtům.

## 4.4 Laboratorní rozbor a zkoušky

### Zkoušky zemin a hornin

Požadavky na laboratorní práce při inženýrskogeologickém průzkumu zájmové oblasti s rizikem svahových deformací úzce souvisejí s geotechnickými analýzami, které budou potřebné. Způsob odběru vzorků i typ mechanických (pevnostních) zkoušek by měl být vždy naplánován s ohledem na typ budoucí analýzy [20].

Pro stabilitní analýzy svahů jsou základními vstupními daty parametry pevnosti. Pokud by pro konkrétní geotechnické konstrukce byla kromě ověření stability potřebná také analýza deformací, bylo by zpravidla zapotřebí použít pokročilé výpočetní metody. Pro výpočty sedání je potřeba odebrat neporušené vzorky zemin a stanovit přetvárné parametry při relevantních způsobech zatěžování. Požadavky na odběr vzorků, rozsah laboratorních prací, typ zkoušek by v takovém případě byly odlišné od zásad uvedených v této kapitole, která se omezuje pouze na laboratorní práce potřebné pro stabilitní analýzy (1. mezní stav) přirozených svahů.

Pro třetí geotechnickou kategorii musí být pevnost zemin stanovena relevantními pevnostními zkouškami, zpravidla laboratorními. Pro interpretaci výsledků laboratorních zkoušek pevnosti a pro jednoznačné vyhodnocení by se měly vždy provést i korelace mezi popisnými vlastnostmi (zrnitost, tvar zrn, konzistenční meze) a hledaným pevnostním parametrem, pokud je rovněž materiálovým parametrem nezávislým na stavu. To je zjevně relevantní pouze u pevnosti v kritickém stavu a pevnosti reziduální, nikoliv pevnosti vrcholové, která se však pro vyšetření stability území s rizikem svahových deformací nevyužívá. Při analýze laboratorních dat je rovněž vhodné využívat korelace mezi výsledky různých typů pevnostních zkoušek, např. korelace mezi pevností v kritickém stavu (resp. efektivním úhlu vnitřního tření  $\varphi_c'$ ) a pevností reziduální ( $\varphi_r'$ ). Takový přístup je v souladu s ČSN EN 1997-1 (73 1000) 2006: (Eurokód 7).

Základními pevnostními parametry pro stabilitní analýzy svahů jsou pevnost v kritickém stavu  $\varphi_{cr}$  (někdy označováno jako  $\varphi_{cv}$ ) a pevnost reziduální ( $\varphi_r'$ ). Blížší informace o jejich použití v analýzách uvádí kap. 6.2. Z výše uvedených korelací  $\varphi_{cr}$  a  $\varphi_r'$  vyplývá, že stanovení obou pevností nevyžaduje neporušené vzorky.

### Pevnost v kritickém stavu

Pevnost v kritickém stavu se pro hodnocení stability ve smyslu tohoto metodického pokynu má vždy stanovit laboratorními zkouškami. Jedná se o zkoušky na rekonstituovaných vzorcích v trojosém přístroji, tj. buďto odvodněnou zkoušku nebo zkoušku neodvodněnou s měřením pórových tlaků. Pro náročné projekty s velkým rizikem je vhodné použít modifikaci trojosé zkoušky s odstraněním tření v podstavách vzorků.

Zkouška ve smykové krabici na rekonstituovaném vzorku, při níž jsou podmínky drenáže založeny pouze na odhadech a při níž není pole napětí a přetvoření homogenní, by měla být použita pouze v případě, že jsou data ověřena korelací se zkouškami trojosými (platí pro translační i rotační smykový přístroj).

Pro dosažení kritického stavu jsou zpravidla nutná přetvoření přes 15 %. V každém případě je ale nutné při vyhodnocení a interpretaci zkoušek ověřovat na průběhu zkoušky i na typu porušení zkušebních těles, zda byl kritický stav dosažen, tj. zda šlo o smyk při konstantním objemu a konstantním napětí. Zároveň by nemělo docházet k lokalizaci přetvoření.

U vzorků pro rekonstuci bude stanoven obsah jílových minerálů - RTG difrakce.

Odhad kritické pevnosti z povrchového stavu trojosých zkoušek prekonsolidovaných jemnozrnných zemin může plnit pouze doplňkovou funkci ke zkouškám na vzorcích rekonstituovaných (viz např. Burland, 1990). Zcela nevhodné je odhadovat kritickou pevnost

z povrcholového průběhu zkoušky krabicové na neporušených vzorcích. „Koncová data“ takových zkoušek obecně neodpovídají kritické pevnosti („koncové“ pevnosti podle ČSN 73 6133 – duben 2010).

### **Pevnost reziduální**

Reziduální pevnost se pro hodnocení stability ve smyslu tohoto metodického pokynu má vždy stanovit laboratorními zkouškami.

Reziduální stav zemin je spojen s uspořádáním plochých částic zeminy ploškami k sobě, kdy je smykový odpor nejnižší. Je relevantní pouze pro zeminy s dostatečným obsahem (cca přes 40 % hmotnosti sušiny) takových částic. Rozhodující je tvar zrn nebo jejich dostatečně pevně spojených agregátů, nikoliv mineralogie (viz např. Mesri – Capeda-Díaz, 1986). To je třeba uvážit při případných korelacích a při jejich použití pro praktické problémy. Úhel vnitřního tření v reziduálním stavu  $\varphi'$  lze stanovit zkouškou v rotační smykové krabici na rekonstituovaném vzorku. Lze použít i krabicový přístroj translační, pokud se vzorek smyká opakovaně po dosažení maximálního posunu přístroje až do dosažení ustálené minimální hodnoty smykového napětí. Alternativně lze smykovou plochu pro urychlení postupu vytvořit rozříznutím vzorku. Pro některé aplikace (zeminy) může být vhodné měřit smykový odpor na diskontinuitě v neporušeném vzorku.

Odebrané zeminy a horniny budou zhodnoceny podle ČSN 73 6133, z hlediska jejich využitelnosti pro stavbu, včetně zohlednění povětrnostních vlivů na vlastnosti zemin a hornin během těžby, případného deponování a v průběhu zpracování do náspu, aktivní zóny a dalších zemních konstrukcí. U zemin a hornin budou stanoveny třídy těžitelnosti dle ČSN 73 6133, resp. ČSN P 73 1005 a budou zaříděny podle vrtatelnosti pro vrty a piloty dle ČSN P 73 1005 nebo Katalogu popisů a směrných cen stavebních prací 800-2 – III.

Na vybraných vzorcích zemin bude též stanovena agresivita pevného prostředí na beton (ČSN EN 206) a ocel (ČSN 038375).

Pro neporušené vzorky z vrtů v sesuvném území bude stanoven zejména úhel smykového tření a to i jeho reziduální hodnota smykovou zkouškou.

### **Rozbory podzemních vod**

Na odebraných vzorcích podzemních vod budou provedeny následující zkoušky: agresivita na betonové a ocelové konstrukce.

Veškeré laboratorní práce budou realizovány podle platných technických norem v akreditovaných laboratořích.

## **4.5 Měřické práce**

S ohledem na charakter terénu v zájmovém území budou místa sond před provedením prací geodeticky vytyčena. Po realizaci budou všechna provedená průzkumná díla geodeticky výškově i polohově zaměřena (S-JTSK a Bpv).

## **4.6 Hydrogeologické práce**

### **4.6.1 Hydraulické parametry**

Za účelem ověření základních hydraulických parametrů podzemní vody (transmisivita, koeficient hydraulické vodivosti), budou na nově vybudovaných hydrogeologických

monitorovacích vrtech realizovány hydrodynamické zkoušky (čerpací + stoupací zkoušky) v délce 6+4 hodiny (6 hodin čerpací zkouška a na ni navazující 4-hodinová stoupací zkouška). Množství odčerpávané podzemní vody bude okolo 0,5 l/s, max do 1,0 l/s. Odčerpávaná podzemní voda bude vypouštěna volně na terén, případně do blízké vodoteče. Jako zdroj elektrické energie se předpokládá využití elektrocentrály.

#### 4.6.2 Hladina podzemních vod, vzájemné vazby

##### a) domovní studny

V rámci mimořádné etapy průzkumu budou v zájmovém území zjištěny pohyby hladin podzemní vody v jímacích objektech individuálního zásobování vodou (studny).

**Předpokládá se získání dat z 51 hydrogeologických objektů (studny) situovaných v okolí projektované trasy. Celkem bude v rámci průzkumných prací provedeno 12 kol měření s četností 1× za 2 měsíce po dobu 2 let. Studny budou měřeny manuálně elektrokontaktním hladinoměrem.**

V monitoringu domovních studní bude navázáno na monitoring prováděný v rámci předběžného geotechnického průzkumu a zároveň bude monitorovací síť doplněna o studny (S57 až S70) v obci Drahotuše na základě požadavku osadního výboru Drahotuše a investora. V případě, že majitelé studní nebudou souhlasit s monitoringem, budou studny v případě potřeby nahrazeny jinými jímacími objekty. Všechny nově zařazené domovní studny, které nebyly polohopisně a výškopisně zaměřeny v rámci předběžného gtp budou nově polohopisně a výškopisně zaměřeny.

Výsledky monitoringu pohybu hladin podzemní vody budou vyneseny do grafů a budou vyhodnoceny ve vztahu ke klimatickým podmínkám. Pro zhodnocení srážkových poměrů v zájmovém území v období realizace režimního měření hladin a jejich porovnání s dlouhodobými údaji budou použity údaje Českého hydrometeorologického ústavu o měsíčních srážkových úhrnech z nejbližších klimatologických stanic.

##### b) vrty – kontinuální monitoring

Na nově realizovaných hydrogeologických monitorovacích vrtech značených „PJ“ bude po dobu 2 let proveden kontinuální monitoring hladiny podzemní vody pomocí dataloggerů s dálkovým přenosem. Kontinuální monitoring hladiny podzemní vody bude sloužit pro vyhodnocení pohybu hladiny podzemní vody v oblastech svahových nestabilit (sesuvných území), hlubokých zářezů a tunelů.

Získané informace o kvantitativních a kvalitativních parametrech podzemní budou vyhodnoceny v hydrogeologické části závěrečné zprávy, která bude zařazena jako samostatná příloha k závěrečné zprávě o GTP.

#### 4.6.3 Ověření kvalitativních parametrů podzemní vody

Cílem vzorkování je objasnění charakteru a původu podzemních vod v dané lokalitě, jejich vztahu k vodám povrchovým, případně zjištění jejich kontaminace.

Odběr vzorků bude realizován z vybraných domovních studní zdokumentovaných v rámci pasportizace. Vzorkování bude prováděno dle pracovního postupu příslušné vzorkovací

skupiny na vrtech a těch objektech, kde nebyly realizovány v předchozí etapě. Příp. pro ověření parametrů v čase.

Jednorázově bude proveden odběr vzorků podzemní vody za účelem ověření kvalitativních parametrů podzemní vody z nově vybudovaných hydrogeologických monitorovacích vrtů a z vybraných 35 domovních studní. Vzorky budou odebrány dynamicky začerpáním, případně na kohoutku u spotřebitele, u nových monitorovacích vrtů budou vzorky podzemní vody odebrány na konci čerpací zkoušky.

Výsledky analytických stanovení budou považovány za výchozí stav před zahájením stavebních prací. Na základě zjištěných výsledků analytických stanovení pak bude možné navrhnout následný rozsah a četnost představebního monitoringu.

V rámci podrobného geotechnického průzkumu bude proveden odběr vzorků z monitorovacích Hg vrtů a studní. Vzorky podzemní vody budou odebrány dynamicky po přechodím začerpání, bude provedeno měření fyzikálně chemických parametrů vody - pH, EC (vodivost), teplota, Redox potenciál a obsah rozpuštěného kyslíku (in situ).

Vzorky podzemní vody budou analyzovány v rozsahu:

- základní chemický a fyzikální rozbor (ZCHR), včetně CO<sub>2</sub> agresivity (Heyer)
- kontaminace C10 - C40
- kontaminace celkový organický uhlík TOC
- kontaminace polycyklické aromatické uhlovodíky PAH (MP MŽP)
- kontaminace chlorované etyleny CLET

Vzorky budou odebrány do předepsaných vzorkovnic dodaných akreditovanou laboratoří. Výsledky analytických stanovení budou porovnány s limity Vyhlášky č. 252/2004 Sb. (Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody) a metodickým pokynem MŽP Indikátory znečištění.

## 5. Vyhodnocení a prezentace průzkumných prací

Po ukončení terénních prací bude zpracována zpráva o průzkumu. Závěrečné práce budou zahrnovat interpretaci všech výsledků a vyhodnocení průzkumných prací. Celkovým výsledkem prací bude závěrečná zpráva, zpracovaná v souladu s ustanoveními dle Metodiky [20]. Výsledky jednotlivých šetření budou prezentovány v přílohách.

Přílohová část bude obsahovat celkovou situaci zájmového území, mapování svahových nestabil dle Metodiky [20] podrobnou situaci průzkumných děl, dokumentaci vrtů jak verbální, tak i grafickou včetně fotodokumentace vrtných jader, inženýrskogeologické řezy, výsledky laboratorních zkoušek zemin – jejich jednotlivé výsledky a popis použité metodiky, o výsledky hydrogeologického sledování, zprávu o stabilitních výpočtech, měřickou zprávu a technickou zprávu.

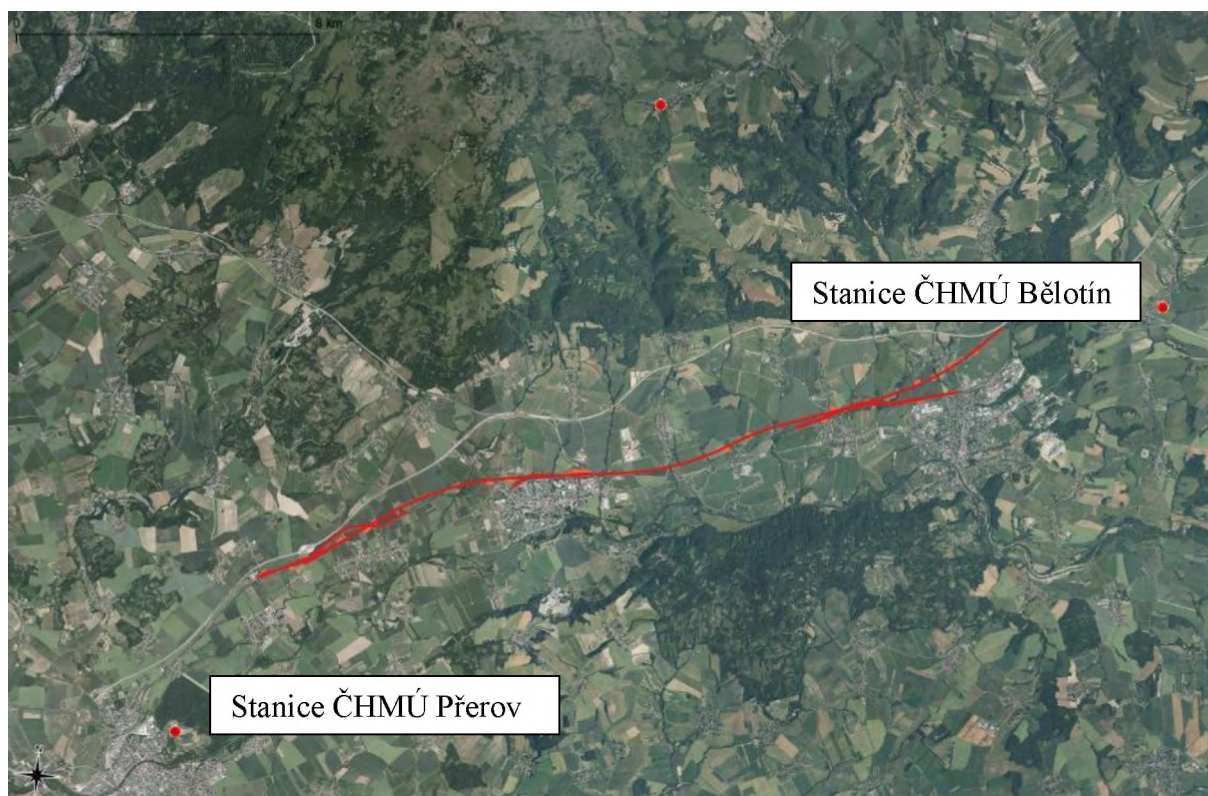
Budou zhodnoceny inženýrskogeologické poměry území, hydrogeologické poměry a budou stanoveny hodnoty geotechnických vlastností jednotlivých typů zemin.

Výsledky hydrogeologických prací budou vyhodnoceny a shrnuty v závěrečné zprávě o hydrogeologickém průzkumu. Výsledky hydrogeologických prací budou vyhodnoceny ve vztahu ke klimatickým podmínkám. Pro zhodnocení srážkových poměrů v zájmovém území v období realizace průzkumných prací a jejich porovnání s dlouhodobými údaji budou použity

údaje Českého hydrometeorologického ústavu o měsíčních srážkových úhrnech z nejbližších stanic.

Budou použity údaje z automatických meteorologických, klimatologických a srážkoměrech stanic na území České republiky ve správě ČHMÚ v Přerově a v Bělotině viz obr. 5-1. Tyto údaje budou doplněny daty srážkových úhrnů ze stanic Lipník nad Bečvou a Drahotuše. Viz obr. 5-2.

Obr. 5-1 Automatické stanice ČHMÚ (zdroj ČÚZK a ČHMÚ)



Obr. 5-2 Srážkoměrné stanice (zdroj ČHMÚ)



Konečně součástí závěrečné zprávy průzkumu bude i doporučení pro případné doplnění informací.

## 6. Předpokládaný harmonogram prací

Pro zpracování předběžného geotechnického průzkumu v odpovídající kvalitě je nezbytné vyhradit zejména pro přípravu průzkumu a jeho vyhodnocení odpovídající časový úsek.

Podrobný harmonogram provádění průzkumných prací včetně termínu předání konceptu závěrečné zprávy a termínu předání finální závěrečné zprávy bude zpracován odpovědným řešitelem geologických prací v kontextu s časovými okrajovými podmínkami objednatele a stavebníka.

Mezi časově nejnáročnější budou patřit tyto činnosti:

- přípravné práce před zahájením terénních sondážních prací (dohody s majiteli a uživateli pozemků, případné kácení porostů: cca 3 měsíce za použití legislativy umožňující vstup, provedení, převzetí a využití monitorovacích prvků
- sondážní práce: 3-4 měsíce
- průběžné provádění terénních a laboratorních zkoušek na porušených a neporušených vzorcích zemin a vody: cca 4 měsíce po ukončení sondážních prací,
- provádění laboratorních zkoušek na rekonstituovaných vzorcích: cca 16 měsíců od dokončení technických prací, z důvodu časové náročnosti na přípravu vzorků a provádění těchto zkoušek ve speciálním trojosém přístroji
- monitorovací práce v obdobném rozsahu, cca 24 měsíců od dokončení technických prací
- zpracování a předání konceptu závěrečné zprávy včetně pasportů, geotechnických výpočtů a grafických příloh. Geotechnické výpočty budou provedeny v zářezech a svahových nestabilitách v počtu cca 8-10 profilů. Je však nutné připomenout, že provádění některých terénních prací má, případně může mít, časová a klimatická omezení (přerušení terénních prací z důvodů nepříznivého počasí - silné deště, mrazy, atd.) nebo agrotechnickými termíny, kdy uživatelé pozemků např. umožní přístup na svá pole až po sklizni.

## 7. Závěr

Umístění průzkumných sond není dáno striktně, může dojít ke změně jejich polohy buď v důsledku kolize s podzemním vedením inženýrských sítí, resp. nesouhlasným stanoviskem vlastníka (uživatele) ke vstupu na dotčený pozemek, popř. nemožnosti realizace sondy z technických důvodů.

Získaná data mohou také sloužit pro aktualizované hodnocení rizik svahových nestabilit [21] nejlépe u instituce jež toto hodnocení již zpracovávala [23].

Upozorňujeme i na možné nebezpečí fosilních, skrytých sesuvů, jež by mohly být v průběhu zemních prací aktivovány [24]. Dále by bylo dle [24] vhodné zjistit podíl jílových expandibilních minerálů. Vyšší podíl jílových expandibilních minerálů (illit/ smektit, smektit, illit, kaolinit), způsobuje objemovou nestálost jílu. Ta je zapříčiněna schopností těchto minerálů vázat do své krystalové mřížky vodu. [25] Pokud vzorky jílu mají vysokou expandabilit, která je evidentně důvodem vysoké plasticity jílovitých hornin. Hornina je proto vysoce náchylná k sesouvání.[26]

Výsledky průzkumných prací budou souhrnně okomentovány v závěrečné zprávě.

Svahové nestability budou zmapovány a budou zakresleny jejich vizuální markery (odlučná hrana, akumulární oblast zamokřená místy atd.) podle [22].

Při zpracování výsledků průzkumu a jejich dokumentaci bude dodržena zásada maximální přehlednosti a názornosti s využitím grafického znázornění a tabulace výsledků.

## Literatura:

- [1] Předpis SŽ S4 Železniční spodek, Správa železnic, státní organizace, 2020
- [2] ZAJÍČEK, Jan. Technologie stavby vozovek. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2014, 392 s. ISBN 978-80-87438-59-6.
- [3] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací Kapitola 4 "Zemní práce", Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, Praha, 2017
- [4] Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah Kapitola 3 "Zemní práce", Správa železniční dopravní cesty, s.o., Praha, 2008
- [5] ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii s státní zkušebnictví, 2010.
- [6] HANÁK J. D47, stavba 4704, Lipník nad Bečvou – Bělotín, MÚK, rampy, přeložky, podrobný geotechnický průzkum: GEOTest Brno, a.s. 2001.
- [7] BOROVCOVÁ, Alena. *Kulturní dědictví Severní dráhy císaře Ferdinanda*. Ostrava: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště v Ostravě, 2012. ISBN 978-80-85034-66-0.
- [8] Památky.Viadukt. In: Drahotuše. Místní část Hranic [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <http://www.drahotuse.cz/zivot-v-obci/pamatky>
- [9] Hranicemi projel před 170 lety první vlak. In: Muzeum a galerie Hranice [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <https://muzeum-hranice.cz/kontakty/>
- [10] Hranicemi projel před 170 lety první vlak. In: Muzeum a galerie Hranice [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <https://muzeum-hranice.cz/hranicemi-projel-pred-170-lety-prvni-vlak/>
- [11] Zničení drahotušského viaduktu v roce 1911. [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=2267232226671331&set=zni%C4%8Den%C3%AD-drahotu%C5%A1sk%C3%A9ho-viaduktu-v-roce-1911>
- [12] Zničení drahotušského viaduktu v roce 1911. [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/photo/?fbid=2267232390004648&set=zni%C4%8Den%C3%AD-drahotu%C5%A1sk%C3%A9ho-viaduktu-v-roce-1911>
- [13] Prohlížeční služba WMS - ZM 10. Český úřad zeměměřický a katastrální. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ZM10\\_PUB/WMService.aspx](https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM10_PUB/WMService.aspx)
- [14] Rukopisné mapy 1:28 800 - Morava [online]. Česká geologická služba [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: [https://agsportal.geology.cz/server/rest/services/Mosaic/historicke\\_mapy28800/MapServer](https://agsportal.geology.cz/server/rest/services/Mosaic/historicke_mapy28800/MapServer)
- [15] II. vojenské mapování [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: [https://geoportal.gov.cz/arcgis/services/CENIA/cenia\\_rt\\_II\\_vojenske\\_mapovani/MapServer/WMSServer?VERSION=1.3.0](https://geoportal.gov.cz/arcgis/services/CENIA/cenia_rt_II_vojenske_mapovani/MapServer/WMSServer?VERSION=1.3.0)
- [16] VLČEK P. Geotechnický dozor stavby, traťový úsek, Lipník nad Bečvou – Drahotuše, km 199,940 - 205,940, kolej č.1, km 199,940 - 205,940, kolej č.2: Stavební geologie - GEOTECHNIKA a.s., Praha 2002.
- [17] VLČEK P. Geotechnický dozor stavby, traťový úsek, Drahotuše - Hranice, km 199,940 - 205,940, km 208,060 – 211,050, kolej č.1, km 208,060 – 211,050, kolej č. 2: Stavební geologie - GEOTECHNIKA a.s., Praha 2000.
- [18] Úprava vlastností zemin vápnem a volné vápno obsahujícími produkty, Projekt TAČR s názvem FR-TI4/714 Výzkum a inovace úprav horninového prostředí vápennými aditivami

- dostupné z <https://www.vumo.cz/wp-content/uploads/2015/06/16-uprava-vlastnosti-zemin-vapnem-a-volne-vapno-obsahujicimi-produkty.pdf>
- [19] Předpis SŽDC S4 Železniční spodek, Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2008
- [20] Metodický pokyn Ministerstva dopravy ČR pro přípravu, realizaci a sledování liniových dopravních staveb ve vztahu k riziku svahových deformací včetně řešení mimořádných událostí, Česká geologická služba a Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., září 2017 dostupné z <http://www.geology.cz/extranet/szs/svahove-nestability/metodicky-pokyn-md-deformace.pdf>
- [21] METODIKA: Metodika určování sesuvného hazardu v prostředí ohroženém svahovými nestabilitami. Projekt TAČR: Výzkum a hodnocení rizik svahových nestabilit v liniích hlavních plánovaných dopravních koridorů. Česká geologická služba/ Czech Geological Survey. listopad 2017 dostupné z [http://www.geology.cz/img/geohazardv/metodika/Metodika\\_urcovani\\_SN.pdf](http://www.geology.cz/img/geohazardv/metodika/Metodika_urcovani_SN.pdf)
- [22] METODIKA: Kategorizace svahových nestabilit ohrožujících dopravní koridory Projekt TAČR: Výzkum a hodnocení rizik svahových nestabilit v liniích hlavních plánovaných dopravních koridorů. Česká geologická služba/ Czech Geological Survey. listopad 2017 dostupné z 12.1.2023 z [http://www.geology.cz/img/geohazardv/metodika/Metodika\\_kat\\_SN.pdf](http://www.geology.cz/img/geohazardv/metodika/Metodika_kat_SN.pdf)
- [23] Přehled účelových map náchylnosti k sesouvání podél dopravních koridorů dostupné 12.1.2023 z [http://www.geology.cz/img/geohazardv/mapv/seznam\\_map.html](http://www.geology.cz/img/geohazardv/mapv/seznam_map.html)
- [24] Poul, I. – Koubová, M. (2008): Fosilní sesuvy v mořských jílech na severu brněnské aglomerace – podceněný aspekt pro založení obytných staveb in Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce ... Brno: Masarykova univerzita, [2010]-. ISSN 1212-6209. Dostupné také z: <https://journals.muni.cz/gvms>.
- [25] Poul, I. – Koubová, M. (2008): Mechanické vlastnosti překonsolidovaných jílu v brněnské aglomeraci. – Sekurkon, Zakládání staveb, 36, 137–142. Brno.–
- [26] Krejčí O. a kol. (2022) Aktivace starého sesuvu v centru Brna v Kopečné ulici a její důsledky pro výstavbu nového obytného domu. Sborník HG a IG kongres Ústí nad Labem, 6. – 9. září 2022
- [27] Pokyn Generálního ředitelství Správy železnic s. o. – „Manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR“ (SŽ PO-16/2020-GR), 2020.
- [28] Zvláštní technické podmínky, Záměr projektu a Dokumentace pro územní řízení, "Modernizace a elektrizace trati Prosenice – Hranice", Správa železnic, státní organizace, 2020.
- [29] Studie proveditelnosti VRT (Brno -) Přerov – Ostrava, SUDOP PRAHA a.s. , EGIS RAIL SA. Správa železnic, státní organizace, Praha 2021
- [30] VLČEK P. a kol. RS 1 VRT Prosenice – Ostrava-Svinov, I. část, Prosenice – Hranice na Moravě, 1. Všeobecná část, Souhrnná zpráva geotechnického průzkumu, GEOTest, a.s., Brno, 2023
- [31] P. Kycl (2009) podle publikace: Nemčok, A. - Pašek, J. - Rybář, J. (1974): Dělení svahových pohybů. Sborník Geol. věd., č. 11, s. 77-97. Praha
- [32] Tunel ve Slaviči. Turistické informační centrum města Hranice. dostupné 16.6.2023 z <https://infocentrum-hranice.cz/tunel-ve-slavici/>

- [33] Karel Bechmann, Offert-Skizze über die Herstellung eines Lage-, Regulierungs- und Erweiterungs Planes der Stadt Leipnik (Ofertní skiza polohového, regulačního a plánu rozšíření města Lipníka.), technická kancelář Bechmann-Stradal, Vídeň, 1906  
digitalizován dostupné z  
<https://digi.archives.cz/da/permalink?xid=F6FA6404DA0311E583C43CD92B63F26B&scan=f9f1a41698c04ea9b87e43d60f73cc4d>

V Praze 24. 11. 2023