

Geotechnický průzkum podrobný  
Sanace skal v km 77,600 - 77,700 v úseku  
Rožná – Nedvědice (DUSP)



2020

**Projekce iGEO s.r.o.**

**Nám. 28. října 1899/11, 602 00 Brno Černá Pole**

**IČ: 061 90 499, DIČ: CZ061 90 499**

**tel.: 608022443**

**web: www.igeo.cz**

**e-mail: ivan.poul@igeo.cz**

Geotechnika, statika, inženýrská a stavební geologie, hydrogeologie

Název zakázky: Geotechnický průzkum trať Rožná – Nedvědice km 77,600-77,700

Číslo zakázky: 114-2019

Objednatel: Amberg Engineering a.s.

## Geotechnický průzkum podrobný

# Sanace skal v km 77,600 - 77,700 v úseku Rožná – Nedvědice (DUSP)



Zodpovědný řešitel: **RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D.**

Brno, duben 2020

# Obsah

|       |  |   |
|-------|--|---|
| 1.    | Identifikační údaje stavby.....            | 1 |
| 1.1   | Údaje o stavbě: .....                      | 1 |
|       | Úsek km 77,580 – 77,700 .....              | 1 |
| 2.    | Archivní podklady a obecné informace ..... | 2 |
| 2.1   | Geodetické zaměření .....                  | 2 |
| 2.2   | Geologické zhodnocení .....                | 2 |
| 2.2.1 | Hydrogeologie .....                        | 2 |
| 3.    | Geotechnické zhodnocení.....               | 3 |
| 3.1.1 | Zhodnocení zvětrání skalních stěn.....     | 3 |
| 3.1.2 | Ověření průběhu skalního podloží.....      | 5 |
| 3.1.3 | Skalní řízení jeho vznik.....              | 5 |
| 3.1.4 | Nestabilní těleso km 77,584 – 77,602.....  | 6 |
| 4.    | Závěr.....                                 | 6 |

## Přílohy:

1. Situace
2. Geotechnická analýza rizik skalního řízení
3. Geotechnická analýza rizik skalního řízení - řezy

## Rozdělovník:

1-4 a digitálně      Amberg Engineering a.s.  
Digitálně              Projekce iGEO s.r.o.

# 1. Identifikační údaje stavby

## 1.1 Údaje o stavbě:

|   |   |
|---|---|
| Název stavby:                               | Sanace skal v km 77,600 – 77,700 v úseku Rožná – Nedvědice;<br>Rekonstrukce opěrných zdí v km 77,715 – 78,861 v úseku Rožná – Nedvědice |
| Okres:                                      | Brno – venkov, Žďár nad Sázavou   |
| Katastrální území:                          | Nedvědice (okres Brno-venkov); 596175,<br>Sejřek (okres Žďár nad Sázavou); 596710   |
| Kraj:                                       | Jihomoravský kraj, Kraj Vysočina  |
| Kategorie dráhy podle zák. č. 266/1994 Sb.: | regionální dráha  |
| Datum dokončení stavby:                     | 1905  |
| Označení tratě dle JŘ:                      | 251 Žďár nad Sázavou – Tišnov   |
| Označení tratě dle nákrešného JŘ:           | 325A  |
| Traťový úsek:                               | 2071 Žďár nad Sázavou (mimo) – Tišnov (mimo)  |
| Definiční úsek:                             | 16  |
| Číslo trati dle Prohl. o dráze:             | 701 00  |
| Kategorie trati dle TSI INF:                | P6/F4   |
| Součást sítě TEN-T:                         | ne  |
| Počet kolejí:                               | 1   |
| Traťová třída zatížení <sup>*)</sup> :      | C3  |
| Nejvyšší traťová rychlost <sup>*)</sup> :   | 60 km/h   |
| Trakční soustava:                           | nezávislá trakce  |
| Průjezdny průřez:                           | Z-GČD   |

<sup>\*)</sup> dle prohlášení o dráze celostátní a regionální 2019 (<https://www.szdc.cz/dopravci/prohlaseni-o-draze/prohlaseni-o-draze-2019>).

### Úsek km 77,580 – 77,700

Trať je vedena v oboustranném zářezu. Vpravo trati skalní zářez výšky do 12 m, vlevo trati zářez do výšky cca 3 m.

Dřívější etapa:

Lacina, J. a kol. (05/2019): Sanace skal v km 77,600 – 77,700 v úseku Rožná – Nedvědice Rekonstrukce opěrných zdí v km 77,715 – 78,861 v úseku Rožná – Nedvědice – MS, Amberg + iGEO, Brno.

## 2. Archivní podklady a obecné informace

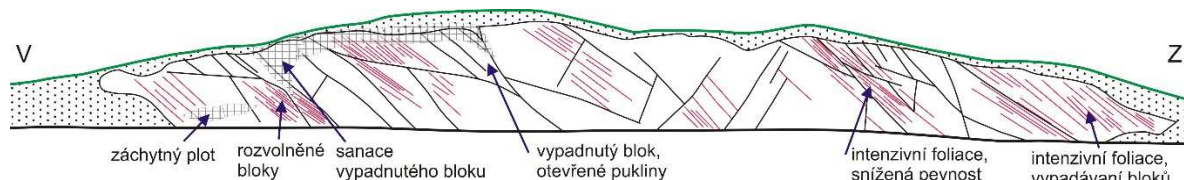
### 2.1 Geodetické zaměření

V předešlé etapě proběhlo geodetické zaměření za pomoci 3D scanneru a GPS dronu. Výsledkem je konstrukce příčných řezů, 3D modelu povrchu svahu převedeného do vrstevnic a 3D modelu povrchu skály ve vrstevnicích a mračnech bodů (statisíce bodů). Svah byl analyzován na velikost sklonu, kdy spádnice svahu představuje vektor pravděpodobného skalního říčení (nebo rolování). Více viz závěrečná zpráva předešlé etapy.

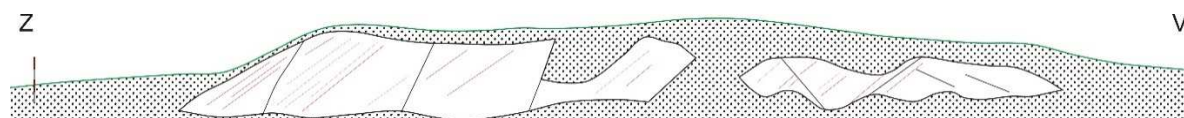
### 2.2 Geologické zhodnocení

Z geologického hlediska je zkoumaná parcela v místě středoevropských variscid (Český masiv). Český masiv je pozůstatkem horstva, které bylo vytvořeno během variské orogeneze v mladších prvohorách (během 380 až 310 miliónů let před současností) konsolidací různých geotektonických celků. Území náleží Kutnohorskosvratecké oblasti, která je typická nižší regionální metamorfózou. Charakteristickým znakem jsou horniny ortorulového typu. Na východní části je svratecké krystalinikum zastoupeno pestrou litologickou náplní dvojslídne středně až hrubě lepidoblastické ruly střídající se s vložkami jemnozrnných svorů až rul. Metamorní foliace svoru má orientaci 210-250/40-55°.

Pokryvné útvary tvoří písčito-hlinité až hlinito-písčité až kamenité sedimenty (reziduální zvětraliny a svahoviny). Podél vodních toků bývají po stranách vyvinuty pruhy fluvialních uloženin, nivních sedimentů. Při bázi tohoto kvartérního sedimentárního souboru bývají vyvinuty hlinité, písčité a štěrkovité uloženiny.



**Obr. 1:** Schématický náčrt jižní stěny zářezu s vyznačenými jevy. Tečkovaně – zvětralinový pokryv, mřížovaně – ochranné sítě, černé linie – křehké porušení (zlomy a pukliny), červeně – výrazné plochy foliace.



**Obr. 2:** Schématický náčrt severní stěny zářezu. Tečkovaně – zvětralinový pokryv, mřížovaně – ochranné sítě, černé linie – křehké porušení (zlomy a pukliny), červeně – výrazné plochy foliace.

#### 2.2.1 Hydrogeologie

Území je součástí hydrogeologického rajónu základní vrstvy 6560 krystalinikum v povodí Svatky – střední část, číslo hydrogeologického pořadí je 4-15-01-066. Oblast lze charakterizovat střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení půd. Rychlost infiltrace v daném území odpovídá 0,15-0,20 mm.min-1. Hodnota koeficientu

hydraulické difuzivity (filtrace) se v hydrogeologickém masívu tvořeném krystalickými horninami a jejich zvětřalinami obecně pohybuje v řádu  $X.10^{-7}$  m.s.<sup>-1</sup>. Zvodněný systém je jednokolektorový, tvořený nespojitým kolektorem připovrchové zóny zvětřalin a rozevřených puklin krystalinických hornin nebo zpevněných sedimentů; Podzemní voda nejsvrchnějšího mělkého oběhu drénuje nebo povrchové odtéká po rozhraní skála/kvartérní pokryv směrem k vodoteči Nedvědička.

### 3. Geotechnické zhodnocení

Geotechnické zhodnocení se opírá o zajištěné přírodní poměry, technický stav daného úseku nebo objektu a mechanické vlastnosti zemín, hornin a jejich porušení diskontinuitami. Pro potřeby hodnocení kvality skalního masívu v zářezu byl využit Index RQD (Rock quality designation index). Kvalita horninového masívu byla hodnocena dle indexové klasifikace RMR (Rock mass rating system). Také bylo provedeno stanovení vlhkosti na diskontinuitách - použití parametru  $J_w$  (mrznoucí voda silně rozrušuje skalní horninu). Pro hrubost diskontinuit byl využit parametr JRC (Joint Roughness Coefficient), který vstupuje do Bartonova vztahu (Bartona a Choubeye 1977) pro smykovou pevnost na nerovné dilatující smykové ploše. Popisy a klasifikace hornin a diskontinuit jsou obsaženy v příloze 2.

#### 3.1.1 Zhodnocení zvětřání skalních stěn

Pro účely ověření mocnosti zvětřalinového pokryvu bylo provedeno vidiové vrtání skalního masívu. Toto vrtání bylo vyhodnoceno jako odvrtná vzdálenost za čas. V rámci vrtání byly sledovány a kvantifikovány úseky s výrazně vyšší rychlostí vrtání, indikující zvětřalou až zcela zvětřalou horninu. Dále byl sledován výskyt diskontinuit, příp. podrcených struktur uvnitř skalního masívu v dosahu vrtání. Získané výsledky jsou přehledně uvedeny v následující tabulce.

| Sonda | Popis horniny                  | Strana | Km     | Výška od povrchu kolejevého lože (m) | Čas (s) | Hloubka (cm) | Rychlost vrtání (cm/s) | Pozn.   |
|-------|--------------------------------|--------|--------|--------------------------------------|---------|--------------|------------------------|---|
| 1     | zvětřalý, silně foliovaný svor | L      | 77,655 | 0,7                                  | 212     | 60           | 0,28                   | silně zvětřalých svrchních 6 cm, hlouběji hornina navětřalá až zdravá |
| 2     | navětřalý svor                 | L      | 77,647 | 1,1                                  | 145     | 60           | 0,41                   | silně zvětřalých svrchních 9 cm, hlouběji hornina navětřalá až zdravá |
| 3     | masivní rula                   | L      | 77,641 | 1,2                                  | 282     | 60           | 0,21                   | silně zvětřalých svrchních 5 cm, hlouběji hornina navětřalá až zdravá |
| 4     | navětřalý svor, rula           | L      | 77,634 | 1,2                                  | 142     | 60           | 0,42                   | silně zvětřalých svrchních 11 cm, hlouběji                            |

|    |  |   |        |     |     |    |       |  |
|----|--|---|--------|-----|-----|----|-------|--|
|    |  |   |        |     |     |    |       | hornina<br>navětralá až<br>zdravá  |
| 5  | zcela<br>zvětralý<br>svor                            | P | 77,586 | 0,5 | 4   | 50 | 12,50 | silně až zcela<br>zvětralých<br>svrchních 50 cm  |
| 5  | zvětralý<br>svor                                     | P | 77,586 | 0,5 | 36  | 10 | 0,28  | hornina<br>navětralá až<br>zdravá  |
| 6  | zvětralý<br>svor,<br>rula                            | P | 77,694 | 1   | 169 | 70 | 0,41  | silně zvětralých<br>svrchních 8 cm,<br>hlouběji hornina<br>navětralá až<br>zdravá, puklina<br>(dutina 0,5 - 0,6<br>m)                    |
| 7  | masivní<br>rula                                      | P | 77,604 | 0,8 | 215 | 60 | 0,28  | silně zvětralých<br>svrchních 1-3<br>cm, hlouběji<br>hornina<br>navětralá až<br>zdravá   |
| 8  | masivní<br>rula                                      | P | 77,610 | 0,7 | 252 | 60 | 0,24  | silně zvětralých<br>svrchních 1-4<br>cm, hlouběji<br>hornina<br>navětralá až<br>zdravá   |
| 9  | masivní<br>rula                                      | P | 77,623 | 0,7 | 163 | 60 | 0,37  | silně zvětralých<br>svrchních 2-5<br>cm, hlouběji<br>hornina<br>navětralá až<br>zdravá, v<br>hloubce 0,4 a<br>0,45 m puklina<br>(dutina) |
| 10 | masivní<br>rula                                      | P | 77,630 | 1,5 | 142 | 27 | 0,19  | silně zvětralých<br>svrchních 1-2<br>cm, hlouběji<br>hornina<br>navětralá až<br>zdravá   |
| 11 | povrch<br>vě<br>zvětralá<br>a<br>rozpuška<br>ná rula | P | 77,650 | 0,8 | 250 | 60 | 0,24  | silně zvětralých<br>svrchních 1-3<br>cm, hlouběji<br>hornina<br>navětralá až<br>zdravá   |
| 12 | navětralý<br>svor                                    | P | 77,659 | 0,8 | 133 | 60 | 0,45  | 0,0 - 0,3 m<br>zvětralé  |
| 13 | silně<br>navětralý<br>svor                           | P | 77,665 | 0,7 | 193 | 60 | 0,31  | 0,4 m puklina<br>(tloušťka 3 cm),<br>vrtáno pod<br>úhlem 70°   |

|    |                            |   |        |     |     |    |      |  |
|----|----------------------------|---|--------|-----|-----|----|------|--|
| 14 | silně<br>navětralý<br>svor | P | 77,665 | 1,3 | 160 | 80 | 0,50 | 0,4 a 0,45 m<br>puklina (dutina),<br>vrtáno pod<br>úhlem 45°                                     |
| 15 | navětralý<br>svor          | P | 77,677 | 0,4 | 214 | 80 | 0,37 | 0,4 m puklina<br>(tloušťka 1 cm),<br>0,8 m puklina<br>(tloušťka 1 cm)<br>vrtáno pod<br>úhlem 30° |

Z vrtného průzkumu vyplývá, že s výjimkou km 77,586, kde bylo zastižena skalní stěna zvětralá až do hloubky 50 cm, se v celé trase (levá i pravá strana) nachází horniny povrchově zvětralé (až téměř rozložené) do hloubky pouze 1-10 cm. Hlouběji byla zjištěna hornina navětralá až zdravá. Místy byly zachyceny diskontinuity zabíhající do skalního masívu, které se projeví výrazným snížením odporu při vrtání (obsahují zcela rozloženou horninu, jílovou výplň).

### 3.1.2 Ověření průběhu skalního podloží

Dynamické penetrační sondování proběhlo v potenciálně rizikové oblasti km 77,590 – 77,600 levá strana. Byla provedena 1 těžká dynamická penetrace a 3 lehké dynamické penetrace (SCALA), které měly za úkol zjistit průběh skalního podloží a ověřit kvalitu pokryvných útvarů (osypy kolejového lože, „sanace“ bloky hornin opadnutých z protější skalní stěny, další osypy a uložení). Lehká dynamická penetrace (ozn. DPL2) byla ukončena pravděpodobně na nepůvodním bloku horniny a byla ze souboru vyřazena. Zjištění z výsledků dynamického penetračního sondování je znázorněno v geodetickém řezu 3, příloha 3.

Skalní podloží se nachází v hloubce 1,7 – 2,2 m pod povrchem terénu. Podloží je kryto kyprým osypem kolejového lože a materiálu z přilehlého území, mající charakter hlinito-písčitých zemín se štěrky, dle ČSN 73 6133 zřejmě třída F3 – F5. Místy jsou přítomny bloky hornin balvanité velikosti, které měly nejspíše sloužit k sanaci svahu, ale nyní gravitačním působením se pomalu pohybují směrem ze svahu.

### 3.1.3 Skalní řízení jeho vznik

Posuzování stability skalního svahu je velmi náročná činnost, neboť většina skalních svahů je porušena nejrozličnějšími diskontinuitami (pukliny, zlomy, vrstevnatost), kdy každá diskontinuita představuje potenciální nebezpečí. Diskontinuity jsou průběžné, křivé, hrubé, pokryté výplní, může z nich vytékat voda. K nejběžnějším jevům dochází křížením minimálně 3 diskontinuit a vyjíždění nebo opadávání klínů. Pokud dojde ke vhodnému překřížení diskontinuit a ta, která je situována nejnižší směrem ke středu Země a je dostatečně strmá a málo hrubá (případně vyplněná měkkou výplní, nebo mokrá), může dojít k usmýknutí a vypadení klínu.

Orientaci vysoké **stěny napravo** lze označit za 340/50 – 70°. Z uvedeného vyplývá, že tektonická kliváž je orientací (nikoli sklonem) přibližně kolmá. Orientace **levé stěny** je asi 160/60° a směrnice foliace je také kolmá. Občasné dochází křížení foliace se zlomy a pukliny, ke vzniku klínů, po kterých dochází k vyjíždění plošně paralelních (deskovitých) klínů a bloků. Děje se to zejména na začátku posuzovaného úseku



směrem od Rožné, kdy jsou tyto bloky pracovními čety přenášeny přes trať a volně pouštěny po svahu.

### 3.1.4 Nestabilní těleso km 77,584 – 77,602

Potenciálně nestabilní těleso násypu vlevo. Dochází zde k osypu materiálu kolejového lože. Současně je po svahu sypána suť, kameny a bloky, které vypadly z pravé (vysoké stěny). Nepravá mocnost (ve směru gravitace) antropogenních navážek a svahovin je přibližně v intervalu 1,7 až 2,2 m. Podrobnosti viz profil 3, příloha 3.

## 4. Závěr

Na základě objednávky a následujících konzultací s objednatelem (Ing. Lacina, Amberg Engineering a.s.) byl proveden podrobný geotechnický průzkum skalních stěn a skalního podloží v trase trati Rožná – Nedvědice v km 77,600 až 77,700.

- Odkryté horniny jsou na povrchu zcela zvětralé až zvětralé a směrem do hloubky rychle narůstá pevnost.
- Kvalita horninového masivu byla stanovena za pomoci klasifikace RMR. Svory vykazují RQD 0-40 % a navazující RMR asi 20 %. Slovní hodnocení horniny je špatná až velmi špatná kvalita.
- Ortoruly jsou na tom s kvalitou horniny výrazně lépe. Zjištěné RQD dosahuje 80-100 % a kvalita RMR je dobrá až středně příznivá. Na druhou stranu ortorula tvoří čočky a deskovitá tělesa, které „plavou“ v málo kvalitním svoru a mohou vyjíždět.
- Byly rozpoznány asi 4 systémy diskontinuit, kdy nejvýznamnější je tektonická foliace svoru a kontaktů mezi ortorulou a svorem o orientaci 210 až 250/40 až 55° - což je přibližně kolmá směrnice k sečně trase trati. Tato foliace se kříží s dalšími méně četnými systémy diskontinuit a dochází k občasnému vyjíždění deskovitých bloků.
- V příloze 2 byla vyhodnocena místa (červeně a žlutě srafováno), která jsou kritická a hrozí zde vyjíždění nebo sypání hornin do zářezu trati. Tyto oblasti bude nutné zajistit např. kotvením a síťováním.
- Dalším problematickým místem jsou hrany svahů (konec lesa), kde dochází ke kontaktu zdravého skalního podkladu se svahovinami a organickým materiálem. Tento „mix“ hornin, kamenů, zemin a organického materiálu je náchylný k rozplavování, sklouzávání a rolování směrem po svahu. Tyto plochy a hrany bude nutné zabezpečit proti vodní erozi a opadu.
- Rozšíření drážní stezky proběhne na levé straně. Skalní stěna je kratší a vysoká max. 3 m. Zde budou zemní práce snadné – jedná se o navětralý až zvětralý svor, který bude možné těžit za použití bagru a případně bagru s impaktorem.
- Je doporučeno všechny svahy očistit od náletové dřeviny, zvětralinového pokryvu a rozvolněných bloků a kamenů a po té až provádět samotné sanování.

V Brně dne 6.4.2020

Vypracovali: Mgr. Josef Víšek, Mgr. Vladimír Vrobel, RNDr. Mgr. Ivan Poul,  
Ph.D., GIPENZ

Odborný řešitel: RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D., GIPENZ  
(jednatel Projekce iGEO, s.r.o.)

autorizovaný inženýr pro geotechniku, č.a. 1005148  
odborná způsobilost v inženýrské geologii 2101/2009

## PŘÍLOHY: