

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Libor Kovář

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Zhodnocení geotechnických parametrů podloží a návrh zemních prací
při výstavbě dálnice D11 v okolí Trutnova

Libor Kovář

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Libor Kovář**
Osobní číslo: **D15569**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Název tématu: **Zhodnocení geotechnických parametrů podloží a návrh zemních prací při výstavbě dálnice D11 v okolí Trutnova**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod a vymezení cíle práce
2. Popis současného stavu výstavby dálnice D11
3. Provedení vrtaných sond
4. Laboratorní zkoušky pevnosti v prostém tlaku, stanovení fyzikálně - mechanických vlastností odebraných vzorků
5. Vyhodnocení laboratorních testů
6. Návrh zemních prací při výstavbě z hlediska rozpojitelnosti a těžitelnosti zemin a hornin
7. Ekonomické zhodnocení navržených variant zemních prací
8. Fotodokumentace
9. Zhodnocení, diskuse a závěr práce

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. ČSN CEN ISO/TS 17892-7, Zkouška pevnosti v prostém tlaku
2. HULLA, J. a kol. Zakladanie stavieb ALFA-SNTL. Bratislava-Praha 1987
3. Vaníček, I.: Mechanika zemin, Skripta FSV ČVUT, 2000
4. ČSN 73 6133, Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací
5. ČSN EN 1997-1 a 2, Navrhování geotechnických konstrukcí
6. TP 76 MD ČR, 2009, Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace
7. Záruba, Q., Menci, V.: Inženýrská geologie, Academia, Praha 1974
8. Chámra., Pacovský.: Mechanika hornin a inženýrská geologie, ČVUT, Praha
9. ČSN CEN ISO/TS 17892-7, Zkouška pevnosti v prostém tlaku

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.

Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **26. října 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2019**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. října 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012 Pravidla pro zveřejňování závěrečných prací a jejich základní jednotnou formální úpravu, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Tato bakalářská práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 20. 4. 2019

Libor Kovář

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Aleši Šmejdovi, Ph.D. za vedení práce, cenné rady a připomínky spojené s vypracováním této práce. Velké díky patří Ing. Michalu Hartmanovi a firmě GeoTec-GS a.s. za poskytnuté téma, možnost spolupráce a podklady pro tvorbu bakalářské práce, bez kterých by nemohla nikdy vzniknout. Dále bych chtěl poděkovat Dopravní fakultě Jana Pernera za poskytnutí prostor a vybavení ve Výukovém a výzkumném centru v dopravě (VVCD). A v neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině za podporu během studií, a to především svým rodičům za možnost studovat vysokou školu a mé sestře za korektury a trpělivost.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá zhodnocením geotechnických parametrů podloží a následným návrhem zemních prací na dálnici D11 v okolí Trutnova. Teoretická část se věnuje geotechnickému průzkumu a provedení vrtaných sond. Praktická část je zaměřena na provedení laboratorních zkoušek fyzikálně-mechanických vlastností a návrhu zemních prací.

KLÍČOVÁ SLOVA

Inženýrskogeologický průzkum, zemní práce, těžitelnost, fyzikálně-mechanické vlastnosti, hornina

TITLE

Evaluation of geotechnical parameters of the subsoil and design of earthworks on the construction of highway D11 around Trutnov

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with the evaluation of geotechnical parameters of the subsoil and the subsequent design of earthworks on the D11 highway around Trutnov. The theoretical part deals with geotechnical exploration and execution of borehole. The practical part is focused on the implementation of laboratory tests of physical and mechanical properties and design of earthworks.

KEYWORDS

Geological engineering survey, earthworks, workability, physical and mechanical properties, rock

OBSAH

1. Úvod a vymezení práce.....	14
2. Popis současného stavu výstavby dálnice D11	15
3. Provedení vrtaných sond.....	16
3.1 Geotechnický průzkum	16
3.1.1 Legislativa spojená s geotechnickým průzkumem	16
3.1.2 Etapy geotechnického průzkumu.....	16
3.1.3 Nedostatečnost v geotechnickém průzkumu.....	18
3.2 Technologie vrtných prací.....	19
3.3 Vrtý rotační jádrové	20
3.4 Vrtý v oblasti Starý Rokytník	21
4. Laboratorní zkoušky pevnosti v prostém tlaku a stanovení fyzikálně-mechanických vlastností odebraných vzorků	23
4.1 Vlhkost	23
4.2 Zdánlivá hustota pevných částic (měrná hmotnost).....	23
4.3 Pevnost v jednoosém tlaku.....	24
5. Vyhodnocení laboratorních testů	26
5.1 Vyhodnocení vrtu J575	26
5.2 Vyhodnocení vrtu J576	28
5.3 Vyhodnocení vrtu J578	30
5.4 Vyhodnocení vrtu J579	34
6. Návrh zemních prací při výstavbě z hlediska rozpojitelosti a těžitelnosti.....	37
6.1 Těžitelnost zemin a hornin dle platné normy ČSN 73 6133	37
6.2 Rozdíl v přístupu k těžitelnosti dle ČSN 73 3050 a ČSN 73 6133	38
6.3 Provedení zářezu dle ČSN 73 6133	39
6.4 Geologické profily vrtů	40
7. Ekonomické zhodnocení navržených variant zemních prací.....	41

8.	Fotodokumentace.....	43
9.	Zhodnocení, diskuze, závěr	52
10.	Použitá literatura	53
11.	Přílohy.....	55

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 - Převodník těžitelnosti v rámci normy ČSN 73 6133 A ČSN 73 3050 [17].....	39
Obrázek 2 - Průběh vrtání s výplachem, vrt J577.....	43
Obrázek 3 - Různé druhy korunek.....	44
Obrázek 4 - Měření hladiny podzemní vody.....	45
Obrázek 5 - Odběr a označení jednotlivých vzorků.....	46
Obrázek 6 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J575.....	46
Obrázek 7 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J576.....	47
Obrázek 8 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J577.....	47
Obrázek 9 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J578.....	48
Obrázek 10 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J579.....	48
Obrázek 11 - Příprava odebraných jader vrtů na řezání.....	49
Obrázek 12 - Příprava zkušebních těles v laboratoři VVCD.....	49
Obrázek 13 - Připravené vzorky na zkoušku v jednoosém tlaku.....	50
Obrázek 14 - Zkouška v jednoosém tlaku, lis 3000 kN.....	50
Obrázek 15 - Porušený vzorek po zkoušce pevnosti v prostém tlaku.....	50
Obrázek 16 - Pyknometr, který prošel varem a je připravený na zvažení.....	51
Obrázek 17 - Nejpevnější vzorek z vrtu J575 (Maximální síla - 400,17 kN).....	51
Obrázek 18 - Pyknometry naplněné do 2/3 výšky připravené k varu.....	51
Tabulka 1 - Vztah etap průzkumných prací a fází dokumentace výstavby [3].....	17
Tabulka 2 - Klasifikace hornin podle pevnosti [15].....	25
Tabulka 3 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 2–3 metr.....	26
Tabulka 4 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 3–4 metr.....	26
Tabulka 5 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 4–5 metr.....	26
Tabulka 6 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 5–6 metr.....	26
Tabulka 7 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 6–7 metr.....	27
Tabulka 8 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 7–8 metr.....	27
Tabulka 9 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 8–9 metr.....	27
Tabulka 10 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 9–10 metr..	27
Tabulka 11 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 11–12 metr	27
Tabulka 12 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 13–14 metr	28

Tabulka 13 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 14–14,4 metr	28
Tabulka 14 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J575.....	28
Tabulka 15 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 5–6 metr....	29
Tabulka 16 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 6–7 metr....	29
Tabulka 17 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 7–8 metr....	29
Tabulka 18 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 8–9 metr....	29
Tabulka 19 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 9–10 metr..	29
Tabulka 20 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 10–11 metr	30
Tabulka 21 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 12–13 metr	30
Tabulka 22 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 13–14 metr	30
Tabulka 23 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J576.....	30
Tabulka 24 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 2–3 metr....	31
Tabulka 25 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 3–4 metr....	31
Tabulka 26 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 4–5 metr....	31
Tabulka 27 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 5–6 metr....	31
Tabulka 28 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 6–7 metr....	31
Tabulka 29 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 7–8 metr....	32
Tabulka 30 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 8–9 metr....	32
Tabulka 31 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 9–10 metr..	32
Tabulka 32 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 10–11 metr	32
Tabulka 33 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 11–12 metr	32
Tabulka 34 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 12–13 metr	33
Tabulka 35 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 13–14 metr	33
Tabulka 36 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 14–15 metr	33
Tabulka 37 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 15–16 metr	33
Tabulka 38 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 16–17 metr	33
Tabulka 39 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 17–18 metr	34
Tabulka 40 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J578.....	34
Tabulka 41 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 3–4 metr....	34
Tabulka 42 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 4–5 metr....	35

Tabulka 43 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 9–10 metr..	35
Tabulka 44 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 11–12 metr	35
Tabulka 45 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 14–15 metr	35
Tabulka 46 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 15–16 metr	35
Tabulka 47 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 16–17 metr	36
Tabulka 48 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J579.....	36
Tabulka 49 - Klasifikace do tříd rozpojitelnosti a těžitelnosti [6]	38
Tabulka 50 - Rozpočet	41
Tabulka 51 - Intervalová hodnota rizik – cenový normativ A.3. – Tunely [18].....	42

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CEN	Evropský výbor pro normalizaci
ČSN	Česká technická norma (dříve Československá státní norma)
D	Dálnice
daN	Dekanewton
daNM	Decanewton Meter
DSP	Dokumentace pro stavební povolení
DSPS	Dokumentace skutečného provedení stavby
DÚR	Dokumentace pro územní rozhodnutí
EN	Evropská norma
EU	Evropská unie
GTP	Geotechnický průzkum
IGP	Inženýrsko-geologický průzkum
ISO	International Organization for Standardisation
PDPS	Projektová dokumentace pro provádění stavby
PK	Pozemní komunikace
RDS	Realizační dokumentace stavby
RPM	Revolutions per minute
TP	Technické podmínky
TS	Technická specifikace
Sb.	Sbírka zákonů
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

1. ÚVOD A VYMEZENÍ PRÁCE

Hlavní cílem této práce je provedení laboratorních zkoušek pevnosti v prostém tlaku na vzorcích vrtných jader z lokality Starý Rokytník při výstavbě dálnice D11 z Hradce Králové přes Trutnov směrem na Polskou republiku, získaných během podrobného geologického průzkumu firmou GeoTec-GS a.s. a následným návrhem výkopových zemních prací při výstavbě z hlediska rozpojitelnosti a těžitelnosti zemin a hornin. V návaznosti na návrh zemních prací bude vypracováno i ekonomické zhodnocení navržených variant.

Nedílnou součástí této bakalářské práce je i část teoretická, která nejdříve čtenáře uvede do širších souvislostí současné výstavby dálnice D11 a to na úsecích z Hradce Králové do Smiřic a ze Smiřic do Jaroměře. Další část se zabývá problematikou provedení vrtných sond v rámci geologického průzkumu, pomocí kterého zjišťujeme více informací o geologických poměrech a složení podloží v daném území. I když se z finanční stránky nejedná o levnou záležitost, díky informacím, které nám geologický průzkum poskytne, můžeme pomocí správného návrhu konstrukčního řešení ušetřit velké náklady na vícepracích, časovou prodlevu výstavby a předejít tak problémům spojených s neznalostí geologických poměrů. Další teoretická část je věnována laboratorním zkouškám fyzikálně-mechanických vlastností odebraných vzorků, kde je popsáno jak správně a dle normy vypracovat jednotlivé zkoušky, které přímo navazují na geologický průzkum. Výsledky těchto zkoušek následně promítneme do inženýrského řešení konkrétního problému v dané lokalitě. Stěžejní část práce představuje praktická část, obsahující již zmíněné zkoušky a návrh zemních prací. Navazující fotodokumentace mapuje postup prací v rámci geologického průzkumu. Na závěr je přiloženo krátké zhodnocení, které shrnuje průběh výzkumu a hodnotí jeho výsledek.

2. POPIS SOUČASNÉHO STAVU VÝSTAVBY DÁLNICE D11

Dálnice D11 mezi Prahou a Hradcem Králové je již dokončená a nyní výstavba postupuje z Hradce Králové ve směru na sever k Trutnovu a dále k polským hranicím. V současné době jsou ve výstavbě dva úseky dálnice D11 a to úsek Hradec Králové – Smiřice a úsek navazující Smiřice – Jaroměř. [1], [2]

V prvním úseku z Hradce Králové do Smiřic se jedná celkem o 15,46 kilometrů dálnice. Úsek začíná ve staničení 90,760 km za mimoúrovňovou křižovatkou Kukleny a končí ve staničení 106,220 km kde přímo navazuje na etapu Smiřice – Jaroměř. Dálnice bude vystavěna v kategorii D 27,5/120 a je vedena paralelně s komunikací číslo I/33. Dálnice je vedena v rovinném, nezastavěném terénu a většinou se jedná o zemědělskou půdu. Těleso dálnice je vedeno z velké části v násypch o čemž svědčí zemní práce v objemech 707 421 m³ výkopů a 1 627 787 m³ násypů. Na tomto úseku dálnice se nachází celkem jedenáct mostních objektů a sedm mostních objektů nad samotnou dálnicí. Budou zde vybudovány také dvě mimoúrovňové křižovatky s názvem Plotiště a Smiřice. Celková cena výstavby dle smlouvy je vyčíslena na 2 593 810 985 Kč (bez DPH) a je prováděna sdružením firem Eurovia-Metrostav-Swietelsky. Předpokládaný termín uvedení do provozu je květen 2022. [1]

V následujícím úseku dálnice D11 ze Smiřic do Jaroměře půjde o 7,15 kilometrů dálnice ve stejné kategorii. Tato část začíná ve staničení 106,220 km a pokračuje až do staničení 113,370 km, kde bude navazovat na úsek Jaroměř – Trutnov, který je v současné době v přípravě. Bude zde vybudována estakáda přes Dolecký a Jezbinský potok o celkové délce 296 metrů. Na konci tohoto úseku bude vybudována trubková mimoúrovňová křižovatka Jaroměř-sever. Pro primární směry Hradec Králové – Náchod budou vystavěny přímé větve a větev vratná bude vystavěna pro směr Trutnov – Náchod. Trase je vedena západně od Jaroměře a z důvodu ochrany zdraví obyvatel zde budou vystavěny čtyři protihlukové stěny do výšky až pěti metrů v délce 6558 m. Kubatury jsou zde téměř vyrovnané, násypy zde budou v objemech 949 853 m³ a výkopy v celkovém množství 925 413 m³. Na úseku se bude nacházet celkem devět mostních objektů o délce 676 metrů. Pět mostních objektů bude přímo na dálnici, tři přes dálnici a jeden železniční. Celková cena stavby dle smlouvy je 1 497 742 032 Kč a výstavbu provádí sdružení firem Porr a.s. a Porr Bau GmbH, s.r.o. Předpokládaný termín uvedení do provozu je prosinec roku 2021. [2]

3. PROVEDENÍ VRTANÝCH SOND

3.1 Geotechnický průzkum

Geotechnický průzkum nám slouží k získání důležitých poznatků pro plánování, projektování a realizaci staveb, ale také pro účely sanace lidské činnosti a přírodních vlivů na zemský povrch, jako jsou inženýrskogeologické, geotechnické, hydrogeologické a hydrologické vlastnosti daného prostředí. Musí být správně navržen, abychom díky němu získali potřebná data jak pro příslušný stupeň přípravy a výstavby PK, tak i ke zhodnocení rizik spojených s výstavbou. [3], [7]

3.1.1 Legislativa spojená s geotechnickým průzkumem

Nejdůležitější právní předpis v oblasti geologického průzkumu je úplné znění č. 66/2001 Sb. zákona č. 62/1988 Sb. o geologických pracích, který definuje základní podmínky pro projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací. Jejich koordinaci, kontrolu a následné využití pro vědu, techniku a hospodářství. Tento zákon dále specifikuje pojmy jako je například geologická práce, oprávnění k provádění geologických prací, odevzdávání a zpřístupňování výsledků geologických prací a v neposlední řadě i sankce spojené s nedodržením tohoto zákona. [7], [8]

Mezi další předpisy patří vyhláška č. 206/2001 o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce, dále vyhláška č. 282/2001 o evidenci geologických prací a vyhláška č. 368/2004 o geologické dokumentaci. Dále máme technické podmínky (TP): TP 76A – Geotechnický průzkum pro PK, Zásady geotechnického průzkumu a TP 76B – Geotechnický průzkum pro PK, Provádění geotechnického průzkumu. A normy například ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, ČSN EN ISO 14688-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování zemin – Část 1: Pojmenování a popis, ČSN EN ISO 14689-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařizování hornin – Část 1: pojmenování a popis, ČSN CEN ISO/TS 17892 Geotechnický průzkum a zkoušení – laboratorní zkoušky zemin, ČSN EN ISO 22475-1 Geotechnický průzkum a zkoušení – Odběry vzorků a měření podzemní vody – Část 1: Zásady provádění. [7], [20], [21]

3.1.2 Etapy geotechnického průzkumu

Při navrhování pozemních komunikací se geotechnický průzkum provádí zpravidla po etapách z důvodu hospodárnosti a odpovídá fázi projektové dokumentace. Pokud

geotechnický průzkum řeší náhlou havárii, zpracovává se v jedné etapě v příslušném rozsahu k odstranění havárie.

Tabulka 1 - Vztah etap průzkumných prací a fází dokumentace výstavby [3]

Druh dokumentace staveb	Druh geotechnického průzkumu		
	Průzkum trasy	Průzkum materiálových nalezišť – zemníků	
Studie	Rešerše a orientační průzkum	Vyhledávací průzkum	Studie
			Fáze vyhledávacího průzkumu
DÚR	Předběžný průzkum		Ověření množství a vlastností sypaniny
DSP	Podrobný, případně i doplňující průzkum	Podrobný průzkum	
PDPS	Doplňující průzkum	Doplňující průzkum	
RDS DSPS	Geotechnické sledování výstavby	Sledování kvality při těžbě	

Orientační průzkum prověřuje území uvažované pro stavební záměr nebo území dotčené stavbou z hlediska studie. Posuzuje vhodnost stavebního záměru v námi uvažovaném území z geotechnického hlediska. Hlavními metodami jsou:

- Získání informací z archivních a literárních pramenů a využití základního geologického výzkumu a předešlých geologických prací,
- studium zkoumaného území a dokumentace všech odkrytů,
- mapování geologických rizik a definování problematických území ve vztahu k budoucímu stavebnímu záměru (sesuvy, mokřady, ochranná pásma, poddolovaná místa),
- návrh a provedení orientačních průzkumných prací a převážně se jedná o nepřímé metody. [3], [4]

Předběžný průzkum zahrnuje činnosti potřebné k objasnění geotechnických problémů a posouzení proveditelnosti stavebního záměru v daném území v rámci DÚR. Mezi metody předběžného průzkumu patří:

- využití všech dat z předchozí etapy,

- podrobné studium daného území a vyhodnocení jednotlivých mapování, odkryvů, geomorfologických jevů a rajónování území v rozsahu, který nám umožňuje předběžný průzkum v závislosti na kvalitě a kvantitě získaných dat,
- návrh, provedení a vyhodnocení prací, odběr vzorků hornin a vody pro laboratorní zkoušky,
- provedení a vyhodnocení laboratorních testů a zkoušek,
- geofyzika a inženýrskogeologické mapování. [3], [4]

Podrobný průzkum slouží ke zpracování dokumentace pro stavební povolení a musí objasnit všechny nejasnosti v daném území. Využívají se následující metody:

- využití dat z předchozích průzkumů,
- objasnit základové poměry stavby,
- systematický odběr vzorků a provedení dalších zkoušek potřebných pro vypracování DSP,
- vyhodnocení laboratorních zkoušek, specializované hydrogeologické práce a účelové inženýrskogeologické mapování. [3], [4]

Průzkum doplňující se realizuje, pokud dojde ke změně v dokumentaci, změně v geologických poměrech během výstavby, havárii nebo v místech, která nebyla dříve přístupná a nebyly zde provedeny podrobné průzkumné práce.

Geotechnické sledování probíhá během výstavby, porovnává již vypracované průzkumy s informacemi získanými během samotné stavby. Probíhá konzultační spolupráce na všech úrovních a řeší se případné geotechnické problémy vznikající v průběhu prováděcí činnosti. [3], [4], [15]

3.1.3 Nedostatečnost v geotechnickém průzkumu

Pokud není geotechnický průzkum proveden dostatečně, dochází následně k vyšším prvotním nákladům na výstavbu a často jsou s ním spojeny vícenáklady, jak během stavby, tak i po uvedení do provozu. Zřejmě dojde též k prodloužení výstavby z důvodu řešení komplikací spojených s nedostatečností geotechnického průzkumu. Jsou tři hlavní skupiny důvodů nedostatečnosti GTP. První skupinou je nepostačující rozsah průzkumných prací:

- chybné lokalizace průzkumných děl v rámci trasy PK, malá hloubka sond, nevhodný návrh míst pro provádění zkoušek a odběr vzorků,
- nekomplexnost zkoušek, špatná volba průzkumu a zkoušek, které vedou k nedostatečným informacím o vlastnostech struktury hornin. [3], [4]

Další skupiny patří chybné vyhodnocení geotechnického průzkumu a s ním spojený špatný výklad:

- geotechnický a geologický profil není shodný s realitou,
- jsou nedostatečně určeny mechanické vlastnosti hornin,
- chybné vyhodnocení hydrologických poměrů v dané lokalitě. [3], [4]

Poslední skupinou jsou obvyklé důvody:

- ekonomické, nedostatek času, nezpůsobilost zhotovitele geotechnického průzkumu,
- podcenění rozsahu a povahy reakce masivu na realizaci stavby, vlivu přírodních sil a anomálií,
- přecenění technologií provádění a teoretických modelů [3], [4]

3.2 Technologie vrtných prací

Vrtné práce nám umožňují správně zmapovat horninové prostředí buď pomocí různých zkoušek, které se dělají v samotném vrtu nebo z vrtného jádra. Abychom byli schopni získat validní výsledky laboratorních zkoušek, potřebujeme kvalitní vrtné jádro. Je zakázáno používat bezjádrové vrty pro přímé zkoušky vlastností hornin.

Vrty se dle technologie dělí na:

- Vrty jádrové – pomocí této technologie získáme dokumentovatelný vzorek. Tato technologie je vhodná pro vrty inženýrsko-geologické. Dále se dělí na rotační jádrové a nárazovotočivé vrty.
- Vrty bezjádrové – pokud použijeme tuto metodu nezískáme vhodný vzorek horniny. Tento typ vrtů se používá pro technologické vrty. Dělí se na vrty rotorové, rotačně příklepné a aerliftové.

Při samotném vrtání musí být dodržovány následující zásady:

- Pokud se nacházíme v horninovém prostředí nebo používáme technologii vrtání, při které může dojít k ovlivnění kvality jádra, je zakázáno do vrtu přilévat vodu.
- Vrty musejí být průběžně paženy, pokud může dojít k zavalení vrtu nebo se nacházíme v nesoudržných horninách.

- Pažnice musí být průběžně dorážena a úvodní kolona se musí nacházet trvale nad terénem.
- Veškeré jevy pozorované při vrtání je nutno zaznamenat do denních záznamů a musí být pečlivě sledovány. Mezi ně patří významná změna vrtatelnosti, výron plynu, výskyt dutin, propadnutí náradí atd.
- Dále musíme zaznamenávat datum, hodinu a hloubku při naražení na hladinu podzemní vody a její případné změny po naražení. Následně se nezbytně měřit hladinu podzemní vody na začátku a konci směny, při každém přerušení práce a při významné změně hladiny. Všechny údaje se zapisují do denních výkazů práce. Pokud vrtáme s výplachem nelze tento postup uplatnit.
- Během vrtání se musí odebírat vzorky hornin. Ty se chronologicky ukládají do vzorkovnic, které jsou děleny po jednotlivých metrech a je musí být chráněny před vlivy okolního prostředí jako je vítr a déšť.
- Hladina podzemní vody se měří s přesností na jeden centimetr.
- Pokud dochází ke ztrátám vody ve vrtu, je nezbytné tyto změny sledovat a zaznamenávat.

Zdroj: [3], [4]

3.3 Vrty rotační jádrové

Cílem těchto vrtů je získat celkový přehled o litologických rozhraních vrtu, o litologickém charakteru hornin, sklonu, hustotě a typu diskontinuit a možnost odebírat vzorky hornin a zemin během celého procesu vrtání. Tento typ vrtání se používá převážně ve zpevněných horninách. Při správné modifikaci technologie je možné aplikovat rotační jádrové vrty i v nezpevněných horninách. [3], [4], [5]

Používají se dvě technologie jádrového vrtání, a to vrtání s výplachem v tvrdých horninách nebo vrtání na sucho bez výplachu v zeminách a lehce vrtatelných horninách. Dále se dělí dle použitých vrtných nástrojů. Můžeme použít buď tvrdokovové korunky, diamantové korunky s použitím jednoduchého, dvojitého či trojitého jádrováku nebo technologie těžitelné jádrovnice. Těžitelná jádrovnice je připevněná na lano a používají se zde dokonale hladké trubky, díky kterým je umožněna samotná těžba jádrovnice. Této technologii se dává v dnešní době přednost, jelikož poskytuje nejlepší výnos jádra s průběžným odběrem jádra bez nutnosti vytažení vrtné kolony na povrch. [3], [4], [5]

Z vrtů se poté odebírají vzorky k vizuální dokumentaci a k následným zkouškám fyzikálně-mechanických vlastností zemin a hornin v akreditované laboratoři. Není-li řečeno v dokumentaci pro geotechnický průzkum jinak, musí být minimální výnos jádra 90 %. A následně musí být vytěžena jádra chráněná proti přírodním vlivům. [3], [4], [5]

Během vrtání se sledují a zaznamenávají následující důležité faktory:

- rychlost vrtání, přítlak na korunku a další proměnné,
- ztráta jádra, dutiny, svírání, zavalování a klínování vrtu,
- délka vrtu, délka jednotlivých kusů jádra, charakter diskontinuit a jejich sklon,
- změny ve výplachu jimiž mohou být, barva, množství, hustota, případná změna tlaku,
- hladina výplachu ve vrtu,
- nepředvídatelné faktory vrtání. [3], [4], [5]

3.4 Vrty v oblasti Starý Rokytník

Část dálnice D11 a pět vrtů o kterých pojednává tato práce se nachází celkem na třech různých pozemcích v katastrálním území Starý Rokytník (okres Trutnov) a jsou vedeny jako parcely katastru nemovitostí s trvalým travním porostem a zároveň jsou vedeny v zemědělském půdním fondu. V současné době slouží k pastvě dobytka. První pozemek je vlastněn skupinou soukromých vlastníků, další městem Trutnov a poslední přímo Českou republikou. Na pozemku vlastněném skupinou vlastníků je vedeno předkupní právo a zástavní právo zákonné. Na ostatních pozemcích nejsou vedeny žádná omezení. Okolní pozemky jsou zalesněny. Dle informací z geologických map se všechny vrty nachází v oblasti svrchního karbonu a permu. Vrty J575 o souřadnicích (629 585.35, 1005 703.86) S-JTSK a hloubce 14,4 m a J576 o souřadnicích (629 585.35, 1005 703.86) S-JTSK a hloubce 14,0 m byly vrtány ve zpevněných sedimentech. Horniny, které se zde vyskytují jsou černohnědé pískovce ve svrchní části vápnité, místy arkózovité pískovce s polohami aleuropelitů z éry paleozoika. Vrty J577 (629 434.45, 1005 634.35) S-JTSK o hloubce 18,0 m, J578 (629 417.57, 1005 678.20) S-JTSK o hloubce 18,0 m a J579 (629 337.73, 1005 642.10) S-JTSK o hloubce 16,4 m byly vyvrtány taktéž ve zpevněných pískovcích. Vyskytují se zde dolomitické pískovce, arkózy, arkózovité pískovce, místy i slepence s hlízy a polohami dolomitu, polohy prachovojílovitých pískovců z éry paleozoika. Vrty se nachází v nadmořské výšce okolo 500 m n. m. (B.p.v.). [9], [10]

Všechny vrtné práce byly prováděny firmou GEODRILL s.r.o. a vrtání bylo provedeno pomocí vrtné stavební hydraulické soupravy Multidrill Hyndaga (Fraste s.p.a., Itálie) na

podvozku Ford Ranger 4x4. Kroutící moment vrtné hlavy R00D060 je v rozmezí 65 až 265 daNM a otáčky vrtné dvourychlostní hlavy R00D060 jsou 90 až 390 RPM. Maximální zatížení věže v tahu je 1500 daN a maximální přítlak na vrtné nářadí je 1000 daN. Vrtání probíhalo s kapalným vrtným výplachem, jako výplach byla použita voda a probíhalo pomocí diamantové korunky o vnějším průměru 76 milimetrů a výsledné válcové jádro mělo v průměru 62 milimetrů. [11]

4. LABORATORNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU A STANOVENÍ FYZIKÁLNĚ-MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ ODEBRANÝCH VZORKŮ

4.1 Vlhkost

Vlhkost (w) je poměr hmotnosti vody obsažené ve vzorku k hmotnosti pevné fáze. Hmotnost vody se stanoví z rozdílu hmotností vlhkého a vysušeného vzorku horniny. Na zkoušku potřebujeme váhy, vysoušecí nádobu a sušičku. Postup zkoušky: Nejdříve zvážíme naši vysoušecí nádobu (m_n), která musí být suchá a čistá. Následně do ní vložíme zkušební vzorek, zvážíme (m_v) a umístíme do sušičky. Sušíme při teplotě 100 až 110 °C. Požadovaná doba vysoušení vzorku na ustálenou hmotnost se liší v závislosti na jeho velikosti, typu horniny, typu a kapacitě sušičky. Po ustálení hmotnosti vyjmeme vzorek ze sušičky, necháme ho vychladnout a opět zvážíme (m_s). Výslednou vlhkost v procentech vypočítáme pomocí vztahu:

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s - m_n} \cdot 100$$

Vlhkost je bezrozměrná a většinou se udává v procentech. [12], [13], [15], [22]

4.2 Zdánlivá hustota pevných částic (měrná hmotnost)

Zdánlivá hustota pevných částic (ρ_s) je poměr hmotnosti pevné fáze horniny k jejímu objemu, to znamená bez pórů. Udává se v jednotkách g/cm^3 . Určuje se pomocí pyknometrické zkoušky. Na tuto zkoušku potřebujeme pyknometr, vaříč, váhy a teploměr. Veškeré vážení musí být prováděno s přesností nejméně 0,01g. Postup zkoušky je následující: Nejdříve naplníme pyknometr vodou, uzavřeme zátkou, osušíme a zvážíme (m_{pv}). Poté pyknometr vysušíme a zvážíme včetně zátky (m_{ps}). Následně pyknometr naplníme rozdrceným vzorkem horniny do třetiny výšky a opět zvážíme (m_v). Dále dolijeme pyknometr vodou do dvou třetin výšky a veškerý vzduch uzavřen ve vzorku bude odstraněn povařením po dobu cca patnácti minut. Vzorek vaříme bez zátky. Pak necháme vzorek zchladnout na laboratorní teplotu. V posledním kroku se pyknometr doplní vodou a zváží (m_{pp}). Dosazením do následujícího vztahu vypočítáme zdánlivou hustotu pevných částic:

$$\rho_s = \frac{(m_v - m_{ps})}{(m_{pv} - m_{ps}) - (m_{pp} - m_v)} \cdot \rho_v$$

Kde (ρ_v) je hustota vody při námi měřené teplotě. Pro teplotu 20 °C je $\rho_v = 0,99823 \text{ g/cm}^3$. Hodnoty zdánlivé hustoty pevných částic se obvykle pohybují v mezích 2,6 až 3,0 g/cm^3 . V rámci této práce byl vyhodnocen vždy jen jeden vzorek z každého metru, a to z důvodu velké časové náročnosti. [12], [13], [15]

4.3 Pevnost v jednoosém tlaku

Pevnost v prostém tlaku je největší síla, vztažená k původní ploše vzorku, při které dojde k porušení vzorku. Vypočítá se pomocí vztahu:

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

kde σ_c je pevnost v prostém tlaku udávaná v MPa, F je síla při porušení a A je plocha příčného průřezu tělesa. Zkušební vzorky jsou nejčastěji válcového průřezu, můžeme ovšem použít i hranoly a krychle. Pokud nemáme vzorek o dostatečné velikosti k vyřezání jádra, můžeme stanovit orientační pevnost vzorku na úlomcích. Důležitý je poměr výšky a šířky vzorku (štíhlostní poměr), který by měl být 2 až 3. Ve výjimečných případech 1 až 2. Postup zkoušky: Seřízneme zkušební těleso na požadovaný poměr a umístíme ho do lisu, v našem případě byl použit lis od firmy Matest o maximální síle 3 000 kN. Následně ho zatěžíme plynule vzrůstající silou až do porušení. Rychlost zatěžování se pohybuje v mezích 0,5 až 1 MPa/s. Výsledná pevnost etáže se určí jako aritmetický průměr všech vzorků z dané vrstvy. [12], [13], [15]

Pevnost v prostém tlaku má specifické postavení mezi ostatními zkouškami, jelikož slouží ke klasifikaci dané horniny a srovnání, dále slouží k určení těžitelnosti apod. Zkouška v jednoosém tlaku je velmi rozšířená, jelikož je prostá, snadno proveditelná a levná. Viz:

Tabulka 2 - Klasifikace hornin podle pevnosti [15]

Termín	Polní identifikace	Jednoosá tlaková pevnost [MPa]
Extrémně slabá	Lze vtlačit nehet	<1
Velmi slabá	Rozpadá se pod údery špice geologického kladiva, lze škrábat nožem.	1 až 5
Slabá	Lze obtížně škrábat kapesním nožem, povrchový (mělký) vrub rázným úderem špice geologického kladiva.	5 až 25
Středně pevná	Nelze škrábat kapesním nožem, vzorek může být rozbit jedním rázným úderem geologického kladiva.	25 až 50
Pevná	Vzorek je nutno rozbít mnoha údery geologického kladiva.	50 až 100
Velmi pevná	Vzorek je nutno rozbít více než jedním úderem geologického kladiva.	100 až 250
Extrémně pevná	Vzorek může být geologickým kladívkem pouze vyštípnut (oštipnut).	>250

5. VYHODNOCENÍ LABORATORNÍCH TESTŮ

5.1 Vyhodnocení vrtu J575

V následujících tabulkách jsou vyhodnoceny pevnosti jádrových vrtů v jednoosém tlaku, vlhkosti, zdánlivé hustoty pevných částí, objemové hmotnosti a průměrné objemové hmotnosti z vrtu J575 o souřadnicích (629 585.35, 1005 703.86) S-JTSK a hloubce 14,4 m v lokalitě Starý Rokytník u Trutnova na dálnici D11. Vrt je rozdělen na metrové úseky a jedná se o válcové vzorky.

Tabulka 3 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 2–3 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	2–3	6,2 x 11,9	2134	84,72	28,061	0,48

Tabulka 4 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 3–4 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	3–4	6,2 x 9,4	2540	142,22	47,107	0,60

Tabulka 5 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 4–5 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	4–5	6,2 x 12,55	2598	240,06	79,513	0,33

Tabulka 6 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 5–6 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	5–6	6,2 x 12,25	2418	129,31	42,831	0,47
2	J575	5–6	6,2 x 13,07	2605	226,10	74,890	
3	J575	5–6	6,2 x 11,54	2534	154,78	54,267	

Tabulka 7 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 6–7 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	6–7	6,2 x 11,88	2337	92,25	30,557	0,63

Tabulka 8 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 7–8 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	7–8	6,2 x 12,70	2499	193,04	63,939	0,42
2	J575	7–8	6,2 x 12,25	2481	196,37	65,044	

Tabulka 9 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 8–9 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	8–9	6,2 x 12,25	2672	236,15	78,219	0,30
2	J575	8–9	6,2 x 11,50	2514	146,06	48,378	
3	J575	8–9	6,2 x 11,40	2571	195,81	64,859	
4	J575	8–9	6,2 x 11,20	2397	124,08	41,097	

Tabulka 10 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 9–10 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	9–10	6,2 x 12,55	2583	401,17	132,877	0,41
2	J575	9–10	6,2 x 12,55	2588	351,90	116,558	
3	J575	9–10	6,2 x 12,30	2581	340,43	112,760	
4	J575	9–10	6,2 x 12,20	2588	216,84	71,823	

Tabulka 11 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 11–12 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	11–12	6,2 x 12,35	2243	102,30	33,886	0,565
2	J575	11–12	6,2 x 12,29	2369	101,61	33,654	
3	J575	11–12	6,2 x 12,50	2400	119,61	39,618	
4	J575	11–12	6,2 x 11,95	2441	152,01	50,351	

Tabulka 12 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 13–14 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	13–14	6,2 x 12,20	2239	83,53	27,668	0,558
2	J575	13–14	6,2 x 12,72	2253	81,58	27,021	
3	J575	13–14	6,2 x 12,33	2271	80,46	26,651	

Tabulka 13 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J575, hloubka 14–14,4 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J575	14 – 14,4	6,2 x 12,25	2252	74,74	24,755	0,69

Tabulka 14 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J575

Vzorek	Sonda	Hloubka	Průměrná objem. hmotnost ρ_p	Zdánlivá hustota pevných částic ρ_s
		[m]	kg/m ³	[g/cm ³]
1	J575	2–3	2133,76	2,524
1	J575	3–4	2540,24	2,624
1	J575	4–5	2597,83	2,580
1	J575	5–6	2519,25	2,566
1	J575	6–7	2336,72	2,547
1	J575	7–8	2489,96	2,784
1	J575	8–9	2538,70	2,632
1	J575	9–10	2585,32	2,553
1	J575	11–12	2363,12	2,504
1	J575	13–14	2254,35	2,546
1	J575	14 – 14,4	2251,54	2,539

5.2 Vyhodnocení vrtu J576

V následujících tabulkách jsou vyhodnoceny pevnosti jádrových vrtů v jednoosém tlaku, vlhkosti, zdánlivé hustoty pevných částí, objemové hmotnosti a průměrné objemové hmotnosti z vrtu J576 o souřadnicích (629 585.35, 1005 703.86) S-JTSK a hloubce 14,0 m v lokalitě Starý Rokytník u Trutnova na dálnici D11. Vrt je rozdělen na metrové úseky a jedná se o válcové vzorky.

Tabulka 15 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 5–6 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	5–6	6,2 x 12,95	2359	141,56	46,889	0,30
2	J576	5–6	6,2 x 11,95	2116	66,57	22,051	
3	J576	5–6	6,2 x 8,7	2239	73,97	24,501	

Tabulka 16 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 6–7 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	6–7	6,2 x 9,7	2489	186,81	61,877	0,26
2	J576	6–7	6,2 x 12,65	2432	145,36	48,147	
3	J576	6–7	6,2 x 12,50	2495	158,62	52,539	

Tabulka 17 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 7–8 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	7–8	6,2 x 13,30	2612	282,55	93,590	0,18
2	J576	7–8	6,2 x 12,90	2508	214,52	71,053	

Tabulka 18 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 8–9 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	8–9	6,2 x 12,25	2494	134,47	44,541	0,29
2	J576	8–9	6,2 x 12,95	2592	287,58	95,254	
3	J576	8–9	6,2 x 12,75	2585	235,66	78,057	
4	J576	8–9	6,2 x 12,95	2663	137,06	45,396	

Tabulka 19 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 9–10 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	9–10	6,2 x 12,20	2436	171,46	56,792	0,29

Tabulka 20 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 10–11 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	10–11	6,2 x 11,96	2495	179,55	59,473	0,17
2	J576	10–11	6,2 x 11,70	2515	185,62	61,484	

Tabulka 21 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 12–13 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	12–13	6,2 x 12,85	2187	107,68	35,665	0,64
2	J576	12–13	6,2 x 12,90	2283	77,67	25,726	
3	J576	12–13	6,2 x 12,30	2478	120,52	39,918	

Tabulka 22 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J576, hloubka 13–14 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J576	13–14	6,2 x 12,75	2624	299,86	99,322	0,47

Tabulka 23 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J576

Vzorek	Sonda	Hloubka	Průměrná objem. hmotnost ρ_p	Zdánlivá hustota pevných částic ρ_s
		[m]	kg/m ³	[g/cm ³]
1	J576	5–6	2237,71	2,527
1	J576	6–7	2486,94	2,408
1	J576	7–8	2559,90	2,583
1	J576	8–9	2583,66	2,430
1	J576	9–10	2435,61	2,385
1	J576	10–11	2504,62	2,613
1	J576	12–13	2315,75	2,368
1	J576	13–14	2624,10	2,503

5.3 Vyhodnocení vrtu J578

V následujících tabulkách jsou vyhodnoceny pevnosti jádrových vrtů v jednoosém tlaku, vlhkosti, zdánlivé hustoty pevných částí, objemové hmotnosti a průměrné objemové hmotnosti z vrtu J578 o souřadnicích (629 417.57, 1005 678.20) S-JTSK o hloubce 18,0 m v lokalitě Starý Rokytník u Trutnova na dálnici D11. Vrt je rozdělen na metrové úseky a jedná se o válcové vzorky.

Tabulka 24 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 2–3 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	2–3	6,2 x 9,42	2592	235,17	77,895	0,29

Tabulka 25 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 3–4 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	3–4	6,2 x 9,30	2576	203,14	67,286	0,32
2	J578	3–4	6,2 x 9,38	2571	193,93	64,235	
3	J578	3–4	6,2 x 9,26	2544	186,53	61,784	

Tabulka 26 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 4–5 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	4–5	6,2 x 9,88	2564	112,63	37,306	0,46
2	J578	4–5	6,2 x 9,59	2564	127,08	42,092	

Tabulka 27 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 5–6 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	5–6	6,2 x 10,39	2600	104,50	34,613	0,70

Tabulka 28 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 6–7 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	6–7	6,2 x 8,40	2551	87,65	29,032	
2	J578	6–7	6,2 x 9,34	2457	179,69	59,518	0,93

Tabulka 29 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 7–8 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	7–8	6,2 x 10,64	2522	118,00	39,085	0,49
2	J578	7–8	6,2 x 9,22	2530	120,00	39,747	
3	J578	7–8	6,2 x 9,30	2514	125,00	41,403	

Tabulka 30 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 8–9 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	8–9	6,2 x 9,29	2328	149,34	49,466	0,66
2	J578	8–9	6,2 x 9,34	2375	111,90	37,064	
3	J578	8–9	6,2 x 9,25	2446	144,70	47,929	

Tabulka 31 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 9–10 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	9–10	6,2 x 9,44	2560	155,76	51,591	0,44
2	J578	9–10	6,2 x 9,68	2602	222,19	73,596	
3	J578	9–10	6,2 x 9,43	2555	78,93	26,142	
4	J578	9–10	6,2 x 8,56	2615	238,87	79,120	

Tabulka 32 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 10–11 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	10–11	6,2 x 9,47	2538	192,81	63,865	0,46
2	J578	10–11	6,2 x 10,23	2410	74,50	24,676	
3	J578	10–11	6,2 x 8,50	2491	128,29	42,492	
4	J578	10–11	6,2 x 8,86	2445	139,71	46,275	

Tabulka 33 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 11–12 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	11–12	6,2 x 9,64	2562	170,13	56,353	0,30
2	J578	11–12	6,2 x 9,41	2606	277,18	91,810	
3	J578	11–12	6,2 x 9,78	2564	157,50	52,169	

Tabulka 34 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 12–13 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	12–13	6,2 x 8,73	2221	87,58	29,009	0,77
2	J578	12–13	6,2 x 8,90	2584	106,56	35,296	
3	J578	12–13	6,2 x 9,15	2283	96,16	31,852	

Tabulka 35 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 13–14 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	13–14	6,2 x 9,65	2417	137,06	45,396	0,42

Tabulka 36 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 14–15 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	14–15	6,2 x 9,03	2513	148,43	49,164	0,35
2	J578	14–15	6,2 x 9,29	2450	133,92	44,356	
3	J578	14–15	6,2 x 9,25	2146	125,05	41,420	

Tabulka 37 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 15–16 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	15–16	6,2 x 9,81	2277	85,35	28,269	
2	J578	15–16	6,2 x 9,82	2184	114,79	38,022	
3	J578	15–16	6,2 x 9,87	2286	109,56	36,289	0,59

Tabulka 38 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 16–17 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	16–17	6,2 x 8,84	2380	178,37	59,080	0,33
2	J578	16–17	6,2 x 9,03	2357	184,37	61,068	
3	J578	16–17	6,2 x 8,90	2392	167,62	55,520	

Tabulka 39 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J578, hloubka 17–18 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J578	17–18	6,2 x 8,88	2236	86,18	28,545	0,44
2	J578	17–18	6,2 x 8,89	2319	97,35	32,244	
3	J578	17–18	6,2 x 9,40	2324	164,41	54,457	

Tabulka 40 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J578

Vzorek	Sonda	Hloubka	Průměrná objem. hmotnost ρ_p	Zdánlivá hustota pevných částic ρ_s
		[m]	kg/m ³	[g/cm ³]
1	J578	2–3	2591,45	2,627
1	J578	3–4	2564,06	2,673
1	J578	4–5	2563,74	2,697
1	J578	5–6	2599,77	2,743
2	J578	6–7	2503,86	2,645
1	J578	7–8	2521,59	2,673
1	J578	8–9	2382,85	2,694
1	J578	9–10	2583,05	2,655
1	J578	10–11	2471,07	2,687
1	J578	11–12	2577,28	2,683
1	J578	12–13	2362,72	2,618
1	J578	13–14	2416,76	2,656
1	J578	14–15	2369,72	2,671
3	J578	15–16	2248,81	2,650
1	J578	16–17	2376,35	2,642
1	J578	17–18	2292,99	2,611

5.4 Vyhodnocení vrtu J579

V následujících tabulkách jsou vyhodnoceny pevnosti jádrových vrtů v jednoosém tlaku, vlhkosti, zdánlivé hustoty pevných částí, objemové hmotnosti a průměrné objemové hmotnosti z vrtu J579 o souřadnicích (629 337.73, 1005 642.10) S-JTSK o hloubce 16,4 m v lokalitě Starý Rokytník u Trutnova na dálnici D11. Vrt je rozdělen na metrové úseky a jedná se o válcové vzorky.

Tabulka 41 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 3–4 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	3–4	6,2 x 13,00	2441	137,47	45,535	0,08
2	J579	3–4	6,2 x 12,20	2482	96,58	31,990	

Tabulka 42 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 4–5 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	4–5	6,2 x 12,20	2482	194,42	64,396	0,08
2	J579	4–5	6,2 x 12,45	2511	171,88	56,930	
3	J579	4–5	6,2 x 12,20	2546	113,12	37,468	

Tabulka 43 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 9–10 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	9–10	6,2 x 13,27	2517	106,84	35,388	0,16

Tabulka 44 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 11–12 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	11–12	6,2 x 12,51	2461	132,87	44,010	0,25
2	J579	11–12	6,2 x 12,44	2478	117,87	39,040	
3	J579	11–12	6,2 x 11,89	2321	84,30	27,922	

Tabulka 45 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 14–15 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	14–15	6,2 x 13,22	2372	215,14	71,261	0,32
2	J579	14–15	6,2 x 12,93	2154	76,20	25,241	

Tabulka 46 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 15–16 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	15–16	6,2 x 12,67	2566	380,82	126,139	0,10
2	J579	15–16	6,2 x 12,39	2605	285,21	94,468	
3	J579	15–16	6,2 x 12,20	2624	385,38	124,336	
4	J579	15–16	6,2 x 12,71	2593	249,34	82,587	

Tabulka 47 - Naměřené výsledky, lokalita Starý Rokytník, sonda J579, hloubka 16–17 metr

Vzorek	Sonda	Hloubka	Rozměry <i>průměr x výška</i>	Objem. hmot. ρ	Síla F	Pevnost R	Vlhkost W
		[m]	[cm]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[%]
1	J579	16–17	6,2 x 12,46	2214	148,57	49,210	0,24
2	J579	16–17	6,2 x 13,76	2241	122,26	40,496	

Tabulka 48 - Naměřené výsledky zdánlivé hustoty pevných částic, lokalita Starý Rokytník, sonda J579

Vzorek	Sonda	Hloubka	Průměrná objem. hmotnost ρ_p	Zdánlivá hustota pevných částic ρ_s
		[m]	kg/m ³	[g/cm ³]
1	J579	3–4	2481.49	2,537
1	J579	4–5	2545.57	2,515
1	J579	9–10	2516.78	2,621
1	J579	11–12	2420.08	2,526
1	J579	14–15	2262.54	2,503
1	J579	15–16	2597.17	2,538
1	J579	16–17	2227.86	2,369

6. NÁVRH ZEMNÍCH PRACÍ PŘI VÝSTAVBĚ Z HLEDISKA ROZPOJITELNOSTI A TĚŽITELNOSTI

6.1 Těžitelnost zemin a hornin dle platné normy ČSN 73 6133

Dle aktuálně platné normy ČSN 73 6133 pro stavbu pozemních komunikací se stanovují celkem tři třídy těžitelnosti. Třída těžitelnosti se určuje na základě pevnosti horniny a průměrné vzdálenosti diskontinuit dle přiložené tabulky.

- Třída I. Výkopové práce jsou prováděny běžnou mechanizací jako jsou buldozery, rypadla nebo ručně.
- Třída II. Pro výkopové práce a rozpojení hornin je možno použít dva způsoby, buď speciální stroje jako jsou skalní lžíce, rozrývače a kladiva nebo práce trhací. Ty ovšem lze použít pouze je-li to výhodné z hlediska hospodárnosti nebo výsledné fragmentace.
- Třída III. V této třídě je nutno použít trhací práce. V obydlených územích můžeme použít kladiva, rozrývače a jiné speciální technologie pro rozpojování, pokud by mělo dojít k ohrožení okolní zástavby.

Zatřídění hornin v projektové dokumentaci musí být provedeno na základě výsledků geotechnického průzkumu. Pokud zatřídíme skalní horniny dle těžitelnosti na základě vrtných prací, musíme vzít v úvahu možné větší porušení jádra, a tedy nižší třídu těžitelnosti, než je při skutečné těžbě. Z tohoto důvodu je potřeba doplnit vrtné práce geofyzikálním měřením nebo strojně hloubenými sondami. [6]

U druhé třídy těžitelnosti je dále nutné vzít v úvahu šířku výkopu s ohledem na dostupné technologie rozpojování.

V místě, kde se předpokládají trhací práce, se technologie určí na základě zkušebních odstřelů. Současně se měří dynamické účinky na okolní budovy. Hodnoty kmitání od trhacích prací, které nesmí být překročeny, jsou uvedeny v normě ČSN 73 0040 dle příslušné kategorii objektu. Stupeň poškození se uvádí v dokumentaci a bývá nulový. [6]

Tabulka 49 - Klasifikace do tříd rozpojitelnosti a těžitelnosti [6]

Třída	Pevnost v tlaku	Střední hustota diskontinuit vzdálenost v mm		
		<150	150 až 250	>250
ČSN 73 6133	MPa	<150	150 až 250	>250
R 1	> 150	II	III	III
R 2	50 až 150	II	III	III
R 3	15 až 50	II	III	III
R 4	5 až 15	I	II	II
R 5	1,5 až 5	I	I	I
R 6	<1,5	I	I	I
F 1 až F 8				I
S 1 až S 5				I
G1 až G 5				I
G a S s kameny a balvany 100 mm až 250 mm v objemu nad 50 % anebo s balvany nad 250 mm do 0,1 m ³ v objemu 10 % až 50 % celkového objemu rozvolňované horniny (neplatí pro deponie mladší 5 let).				II

6.2 Rozdíl v přístupu k těžitelnosti dle ČSN 73 3050 a ČSN 73 6133

V již neplatné normě ČSN 73 3050 bylo definováno celkem sedm tříd rozpojitelnosti, ovšem v roce 2010 byla nahrazena normou ČSN 73 6133. Zde již není definována rozpojitelnost, ale těžitelnost, a to pouze do třech tříd. Z pohledu bezpečnosti návrhu se nic nezměnilo, jelikož rozsah tříd je stejný, ovšem má značný vliv na celkovou cenu zemních prací. Pokud špatně určíme třídu těžitelnosti a zvolíme třídu vyšší, můžeme podstatně navýšit celkovou cenu zemních prací, a přitom použít stroje pro nižší třídu. Můžeme tedy zemní práce ve slínovcích fakturovat stejně jako výkopy v masivní žule. Toto může být způsobeno úmyslně anebo chybou. Naproti tomu, pokud dojde k podhodnocení třídy, může to znamenat prodloužení výstavby a markantní zvýšení celkových nákladů na zemní práce jako takové. Návrh III. třídy těžitelnosti a její fakturace je nutno podmínit odborným posouzením se zaměřením rozsahu, jak je uvádí příloha D v ČSN 73 6133. Pro lepší orientaci mezi třídami těžitelnosti v rámci norem nám poslouží následující tabulka (obr. 1). [6], [16]

Třída těžitelnosti podle ČSN 73 6133		Třída těžitelnosti podle ČSN 73 3050 (neplatná)		
	Popis		Pevnost	Popis
I.	Těžba je prováděna běžnými výkopovými mechanizmy (buldozery, rypadla), ručně	1	horniny sypké	dají se nabírat lopatou, nakladačem
		2	horniny rypné	rozpojitelné rýčem, nakladačem
		3	horniny kopné	rozpojitelné rýčem, nakladačem
		4	pevné horniny drobné	rozpojitelné klínem, rypadlem
II.	Pro těžbu rozpojování je nutné použít speciální rozpojovací mechanizmy - rozrývače, skalní lžice, kladiva	5	pevné horniny lehko trhatelné	rozpojitelné rozrývačem, těžkým rypadlem (hmotnosti nad 40 t), trhavinami
				6
III.	K rozpojování je nutno použít trhací práce	7	pevné horniny velmi těžko trhatelné	rozpojitelné trhavinami

Obrázek 1 - Převodník těžitelnosti v rámci normy ČSN 73 6133 A ČSN 73 3050 [17]

6.3 Provedení zářezu dle ČSN 73 6133

Na základě informací získaných pomocí geologického průzkumu byly vypracovány dva příčné řezy dálnicí a jsou vedeny kolmo na střední dělicí pás. První z řezů je vypracován mezi vrty J575 a J576 ve staničení 135,940 km, druhý řez je veden vrty J577 a J578 ve staničení 136,102 km. Jelikož vrt J579 nemá dvojici s dalším vrtem, nebyl proto zahrnut do vybraného úseku posouzení a dále s ním není pracováno. Celková délka úseku dálnice D11 mezi řezy J575-J576 a J577-J578 je 161,9 metru. Na základě příčných řezů a geologických vrtů byly vypočítány kubatury výkopových zemních prací dle třídy těžitelnosti. Nejdříve bude sejmuta ornice v tloušťce 0,2 metru v celkovém objemu 2 807,038 m³. Následně bude odtěžena zemina v I. třídě těžitelnosti o celkové kubatuře 16 824,454 m³ běžnými výkopovými mechanizmy jako jsou buldozery a rypadla. Poté se dostaneme do II. třídy těžitelnosti o objemu 11 263,189 m³, která bude rozpojována pomocí speciálních rozpojovacích mechanismů, mezi které patří rozrývače, skalní lžice a kladiva. Nakonec se dostaneme do III. třídy těžitelnosti, která má největší objem a to 53 527,726 m³, bude rozpojována pomocí trhacích prací. Celkový objem zemních prací včetně sejmutí ornice je 84 422,407 m³.

Jelikož se jedná o velmi hluboký zářez, v některých místech přesahující hloubku 15 metrů, přicházela v úvahu i možnost tunelu. Z důvodu nízkého nadloží zde není možnost čistě raženého tunelu, proto by musela být volena kombinace raženého a hloubeného tunelu nebo čistě hloubený tunel. V daném úseku je pevné a únosné podloží, z tohoto důvodu můžeme navrhnout u zářezu sklony svahů 3:1 s metrovými lavičkami, v méně únosných vrstvách jsou navrženy sklony svahů 1:1,75 s následným zaoblením na stávající terén. Norma definuje přesný postup při návrhu a realizaci hlubokých zářezových svahů pozemních komunikací. Z hlediska složitosti a neurčitosti geologických podmínek v celém komplexu trasy dálnice

především ve vztahu ke smykovým parametrům hornin a zemin nebylo časově možné se zabývat stabilitními výpočty zářezových svahů. Nicméně z výsledků, které byly získány vyhodnocením vrtných jader lze realizovat řešení, které bylo navrženo. Komplexní řešení a zpracování dalších možností alternativ vedení trasy komunikace v tunelu či v zářezu by bylo možné řešit jako samostatnou práci. Tunel je v tomto úseku proveditelný, ovšem není ekonomicky výhodný. Byl by výrazně dražší než navržený zářez, kubatury zemních prací by byly podobné, jelikož by došlo k odtěžení takřka stejného objemu materiálu pro výstavbu tunelu, ovšem část by byla navracena zpět do nadloží. Myšlenka tunelu autorovi není cizí, neboť zářez je opravdu hluboký a dojde k výrazné parcelizaci území v dané lokalitě. Dotčené pozemky by mohly být i nadále používány ke stejnému účelu a nedošlo by zániku polní cesty, kterou využívají místní obyvatelé.

6.4 Geologické profily vrtů

Na základě geotechnického průzkumu byla vypracována geologická dokumentace jednotlivých vrtů. Dokumentace k vrtům J575, J576, J578 a J579 byla vypracována na základě vzorků získaných během průzkumu a následných zkoušek. Dokumentace k vrtu J577 byla převzata v plné míře od firmy GeoTec-GS a.s., jelikož nebylo možné získat vzorky k jeho vypracování z časových důvodů postupu vrtných prací v dané lokalitě. Výkresy vrtů v měřítku 1:100 s důležitými parametry jako je zaměření vrtů v S-JTSK, hloubka podzemní vody, datum vrtání apod. naleznete v příloze bakalářské práce pod názvy: Podrobný geologický profil 1A a Podrobný geologický profil 1B. [14]

7. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT ZEMNÍCH PRACÍ

Pomocí rozpočtovacího softwaru Kros 4 byla stanovena orientační cena varianty zářezu o celkové délce 161,9 m na 43 346 723,25 Kč. Popis jednotlivých položek, množství a ceny jsou uvedeny v příloženém rozpočtu (tabulka 50). Uvedené ceny v rozpočtu jsou bez DPH.

Tabulka 50 - Rozpočet

Č.	Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková [Kč]	Cena celkem [Kč]
1	Sejmutí ornice s přemístěním na vzdálenost 250 m	m3	2 807,038	43,90	123 228,97
2	Hloubení jam nezapažených v hornině tř. 3 objemu přes 5000 m3	m3	16 824,454	66,30	1 115 461,30
3	Hloubení jam nezapažených v hornině tř. 4 objemu přes 5000 m3	m3	11 236,189	101,00	1 135 855,09
4	Hloubení jam nezapažených v hornině tř. 6 objemu přes 5000 m3	m3	53 527,726	498,00	26 656 807,55
5	Vodorovné přemístění do 1000 m výkopku / sypaniny z horniny tř. 1 až 4	m3	28 087,643	74,00	2 078 485,58
6	Vodorovné přemístění výkopku / sypaniny z hornin tř. 5 až 7 do 1000 m	m3	53 527,726	93,80	5 020 900,70
7	Nakládání výkopku z hornin tř. 1 až 4 přes 100 m3	m3	28 087,643	56,50	1 586 951,83
8	Nakládání výkopku z hornin tř. 5 až 7 přes 100 m3	m3	53 527,726	80,50	4 308 981,94
9	Uložení sypaniny na skládky	m3	81 615,369	15,20	1 240 553,61
10	Úprava pláně v hornině tř. 5 až 7 bez hutnění	m2	3 885,600	7,55	29 336,28
11	Rozprostření ornice pl přes 500 m2 ve svahu nad 1:5 tl. vrstvy do 200 mm	m2	1 295,200	39,50	51 160,40
				Celkem:	43 346 723,25

Dle cenových normativů pro ocenění staveb pozemních komunikací z roku 2016 je cena hloubeného, dvoupruhového tunelu v extravilánu do celkové délky 500 m 549 000 000Kč/km bez DPH. V našem případě se jedná celkem o 161,9 m dlouhý úsek a dva tubusy. Celková cena za oba tubusy je 177 766 200 Kč bez DPH, ovšem nesmíme zapomenout na rizika

spojená s výstavbou. Pokud uvažujeme, že by měla být stavba dokončena do deseti let a tunel by byl veden geologicky známým prostředím je celkové riziko +10 %. [18], [19]

Tabulka 51 - Intervalová hodnota rizik – cenový normativ A.3. – Tunely [18]

	Riziko	Hodnota [%]
1	Riziko plynoucí z průzkumu umístění stavby	-5% až +25%
2	Riziko plynoucí z technologického vývoje	-1% až +5%
3	Environmentální rizika	-2% až +2% (20%)
4	Externí rizika	-1% až +3%
5	Legislativní a právní rizika	-1% až +2%
6	Ekonomická rizika	-2% až +2%
	CELKEM	-12% až +39% (59%)

8. FOTODOKUMENTACE



Obrázek 2 - Průběh vrtání s výplachem, vrt J577



Obrázek 3 - Hotový vrt J578



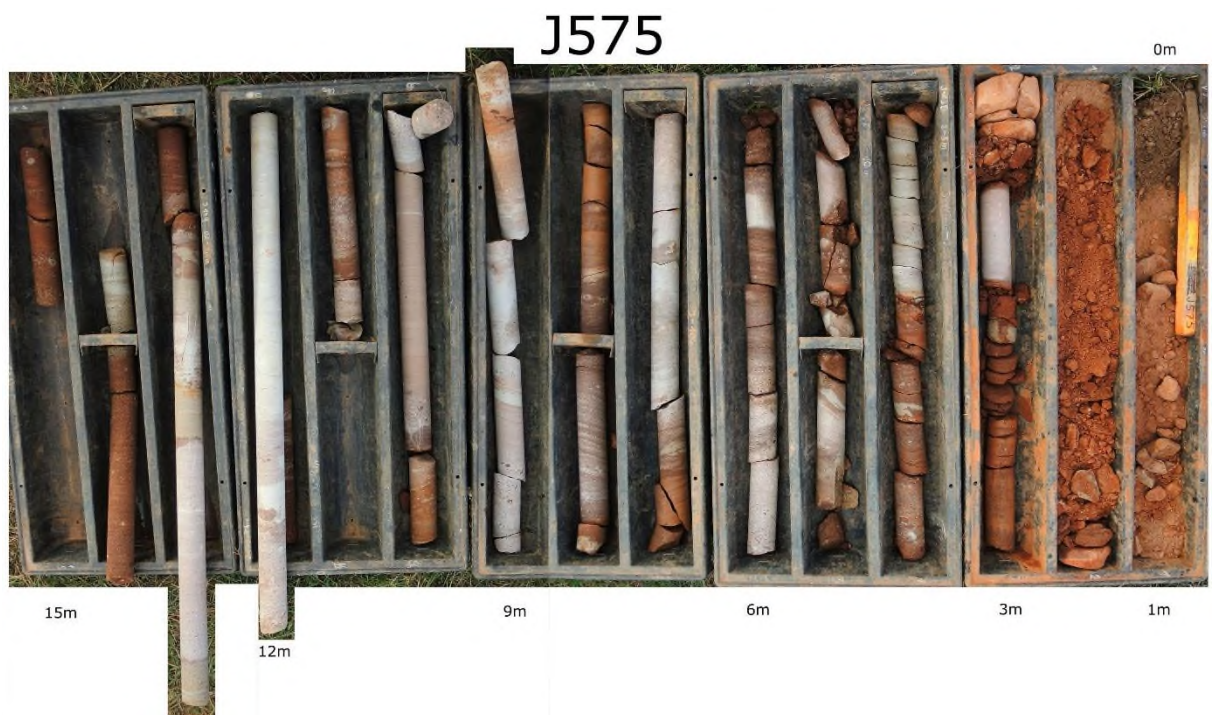
Obrázek 3 - Různé druhy korunek



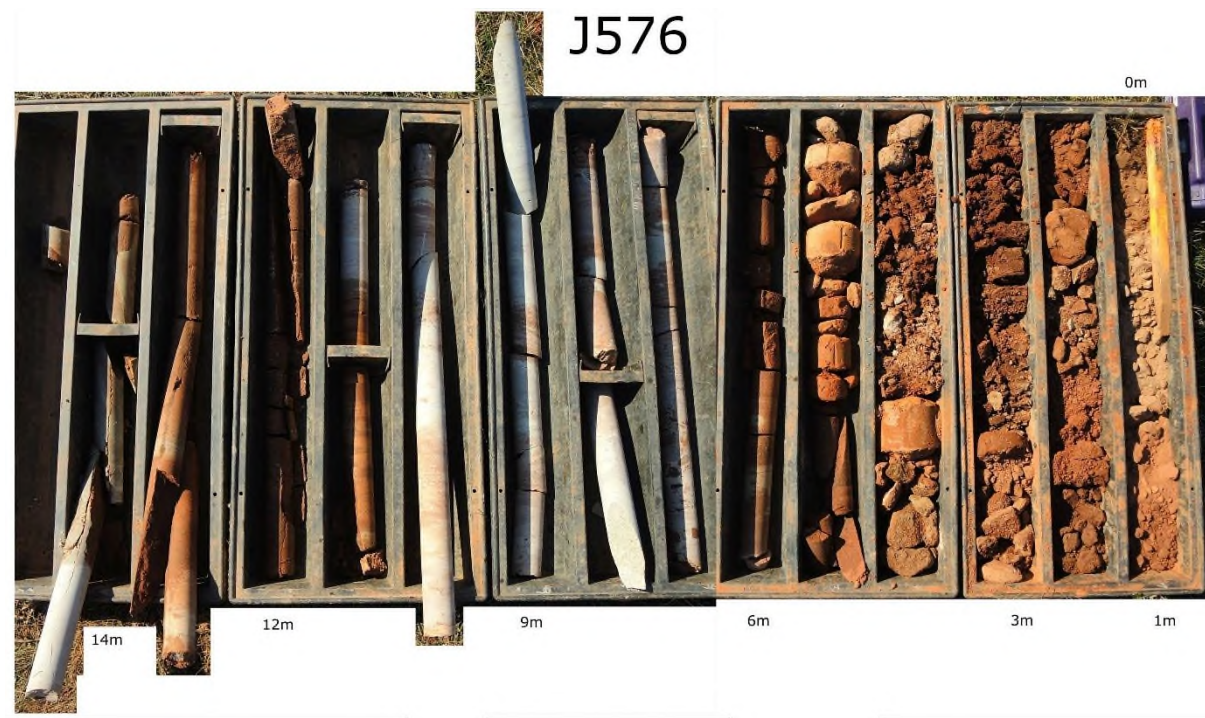
Obrázek 4 - Měření hladiny podzemní vody



Obrázek 5 - Odběr a označení jednotlivých vzorků



Obrázek 6 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J575



Obrázek 7 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J576



Obrázek 8 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J577



Obrázek 9 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J578



Obrázek 10 - Jednotlivá jádra rozdělená po metrových délkách, vrt J579



Obrázek 11 - Příprava odebraných jader vrtů na řezání



Obrázek 12 - Příprava zkušebních těles v laboratoři VVCD



Obrázek 13 - Připravené vzorky na zkoušku v jednoosém tlaku



Obrázek 14 - Zkouška v jednoosém tlaku, lis 3000 kN



Obrázek 15 - Porušený vzorek po zkoušce pevnosti v prostém tlaku



Obrázek 17 - Nejpevnější vzorek z vrtu J575 (Maximální síla - 400,17 kN)



Obrázek 16 - Pycnometr, který prošel varem a je připravený na zvažení



Obrázek 18 - Pycnometry naplněné do 2/3 výšky připravené k varu

9. ZHODNOCENÍ, DISKUZE, ZÁVĚR

Bakalářská práce zhodnocuje geotechnické parametry podloží a předkládá návrh zemních prací při výstavbě dálnice D11 v okolí obce Starý Rokytník. Jednalo se o přesně definovaný úsek zářezu ve staničení 135,940 – 136,102 km, jelikož v obou místech staničení se nachází dvojici geologických vrtů.

Nejdříve byly provedeny laboratorní zkoušky pevnosti v prostém tlaku, vlhkosti a zdánlivé hustoty pevných částic na vzorcích z vrтанých sond, které byly poskytnuty firmou GeoTec-GS a.s. Na základě výsledků zkoušek pevnosti hornin a vzdálenosti diskontinuit bylo provedeno zatřídění do příslušné kategorie těžitelnosti dle příslušné platné normy a bylo provedeno porovnání s již neplatnou, avšak podrobnější normou ČSN 73 3050. Následně byl vypracován podrobný geologický profil pro každý z vrtů. Dle tříd těžitelnosti byly vypočítány celkové kubatury zemních prací a určeny celkové náklady na zemní práce. Z hlediska zemních prací se nejedná o standartní záležitost, jelikož je zářez velmi hluboký. V některých místech převyšuje hodnotu patnácti metrů. I přesto, že je zářez takto hluboký z ekonomického hlediska je díky únosnému podloží a strmým svahům výhodný. Podstatný rozdíl mezi zářezem a tunelem vidím v rychlosti realizace a množství provedených zemních prací. Dále při realizaci tunelu by bylo nutné zabývat se výstavbou z hlediska technologie provedení stavby a zázemí staveniště, přípravou apod.

Předkládaná práce pečlivě zpracovává mnoho aspektů dané problematiky, přesto však toto téma není ještě zcela vyčerpáno a je možné ho rozvíjet v rámci diplomové práce. Dále by zde mohlo dojít k posouzení stability jednotlivých svahů zářezu a jejich provedení, provést podrobný rozpočet a technologický postup prací v daném úseku.

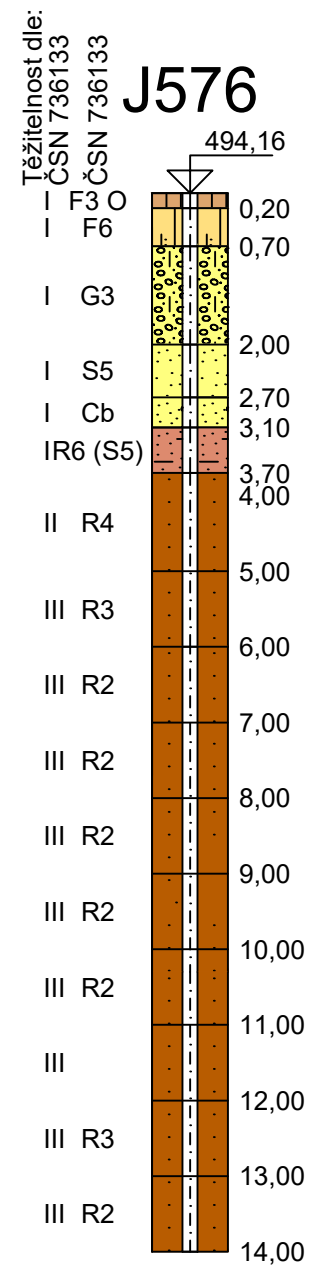
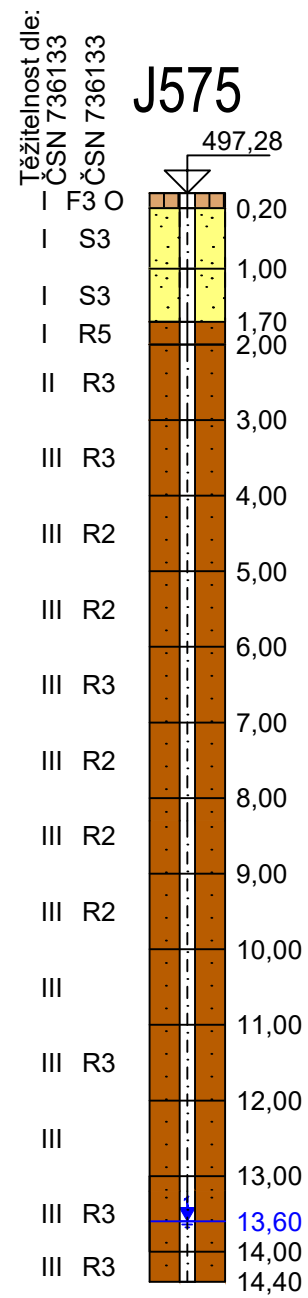
10. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Dálnice D11 Smiřice – Jaroměř, stavba 1107* [online]. 10/2018, , 4 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/32/infoletak_d11-1106-hk-smirice.pdf
- [2] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Dálnice D11 Smiřice – Jaroměř, stavba 1107* [online]. 10/2018, , 4 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/31/infoletak_d11-1107-smirice-jaromer.pdf
- [3] TP 76A. GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM PRO POZEMNÍ KOMUNIKACE – část A: *Zásady geotechnického průzkumu*. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2009, 43 s.
- [4] TP 76B. GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM PRO POZEMNÍ KOMUNIKACE – část B: *Provádění geotechnického průzkumu*. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2009, 59 s.
- [5] PINKA, Ján, Martin KLEMPA, Jaroslav STRUNA a Vojtěch ZEMAN. *Technika a technologie vrtných prací*. II. díl, *Základy technologie vrtných prací*. Ostrava: Marionetti Press, 2014. ISBN 978-80-905737-1-0.
- [6] ČSN 73 6133 *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut.
- [7] VÍCHA, Ondřej. *Zákon o geologických pracích: s komentářem, judikaturou a prováděcími a souvisejícími předpisy*. Praha: Leges, 2014. Komentátor. ISBN 978-80-7502-037-6.
- [8] ČESKO. ÚZ č. 66/2001 Sb., zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích, jak vyplývá z pozdějších změn. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2019 [cit. 3. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-66>
- [9] *Česká geologická služba* [online]. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [10] *Český úřad zeměměřičský a katastrální* [online]. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: <https://nahlizenidokn.cuzk.cz/>
- [11] GEODRILL s. r. o. [online]. [cit. 2019-05-03]. Dostupné z: http://www.geodrill.cz/files/Multidrill_Hyndaga_FORD.pdf
- [12] PAŠEK, Jaroslav a Milan MATULA. *Inženýrská geologie*. I. Praha: [s.n.], 1995. Česká matice technická, č. spisu 452, roč. 97 (1993).

- [13] PAŠEK, Jaroslav a Milan MATULA. Inženýrská geologie. II. Praha: [s.n.], 1995. Česká matice technická, č. spisu 452, roč. 97 (1993).
- [14] ČSN EN ISO 14689. Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování hornin – Část 1: Pojmenování a popis. Český normalizační institut, 2004.
- [15] ČSN P 731005. Inženýrskogeologický průzkum. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 48 s.
- [16] ČSN 73 3050 (733050) N Zemné práce. Všeobecné ustanovenia. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1987. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [17] CENÍK 800-1 ZEMNÍ PRÁCE: CENOVÁ SOUSTAVA RTS DATA [online]. Brno: RTS, 2018 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: http://www.cenovasoustava.cz/files/HSV_800-1.pdf
- [18] CENOVÉ NORMATIVY STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ – 2016: DATABÁZE RIZIK [online]. ŘSD, 2016 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/73764894-13e1-4217-8fbf-a9158dcac5a7/Cenove_normativy_2016-rizika.pdf?MOD=AJPERES
- [19] CENOVÉ NORMATIVY PRO OCENĚNÍ STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ [online]. ŘSD, 2016 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/7c1f90d3-acfd-4d6c-97d8-3641c3ad8778/Cenove_normativy_2016-ceny.pdf?MOD=AJPERES
- [20] ČSN EN 1997-1 (731000) A Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 1, Obecná pravidla = Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1, General rules. Praha: Český normalizační institut, 2006. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [21] ČSN EN 1997-2 (731000) A Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 2, Průzkum a zkoušení základové půdy = Eurocode 7: Geotechnical design. Part 2, Ground investigation and testing. Praha: Český normalizační institut, 2008. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [22] ČSN EN ISO 17892-1 (721007) A Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin. Část 1, Stanovení vlhkosti = Geotechnical investigation and testing - Laboratory testing of soil. Part 1, Determination of water content. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

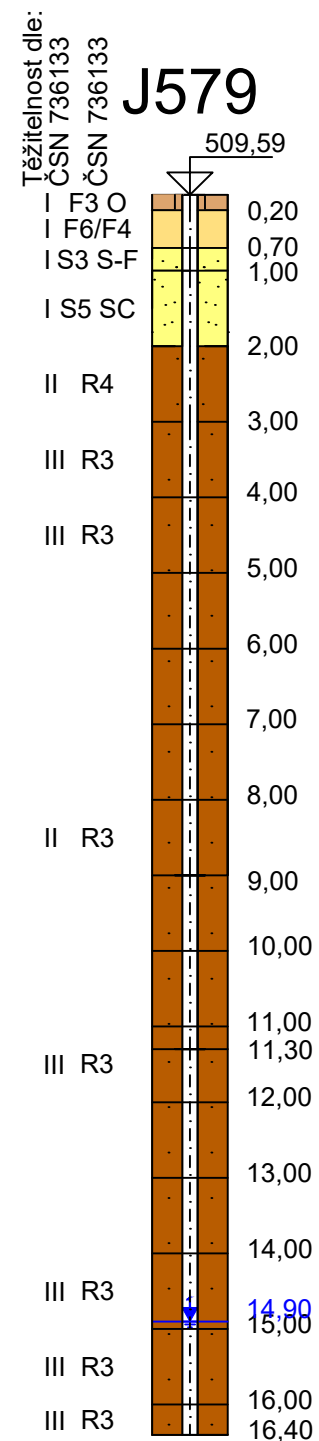
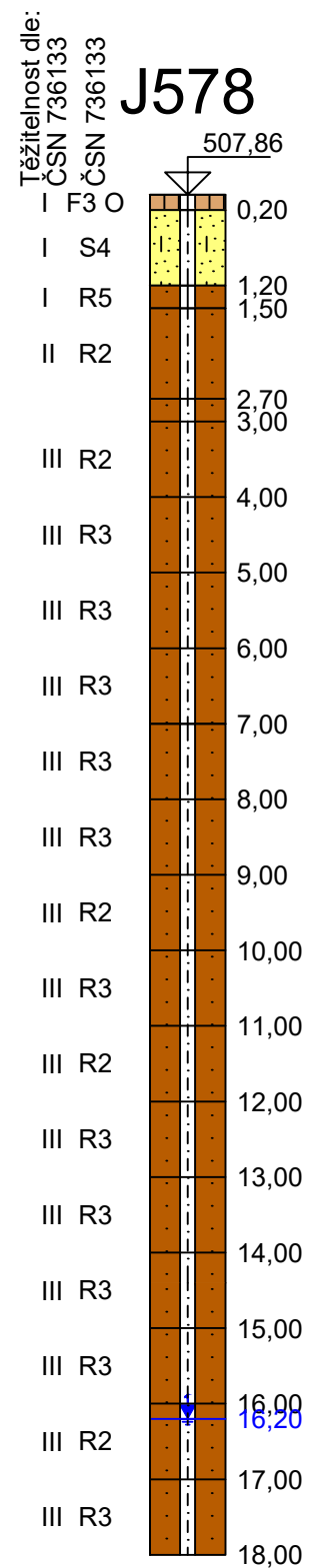
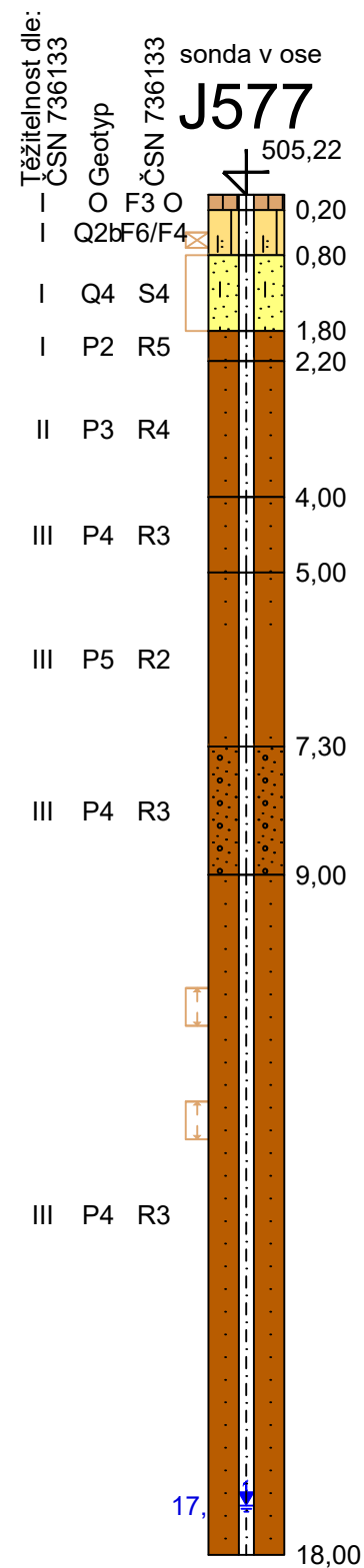
11. PŘÍLOHY

Příloha 1A – Podrobný geologický profil.....	56
Příloha 1B – Podrobný geologický profil.....	57
Příloha 2A – Řez J575-J576.....	58
Příloha 2B – Řez J577-J578.....	59
Příloha 3A – Situace.....	60
Příloha 4A – Vzorový příčný řez.....	61



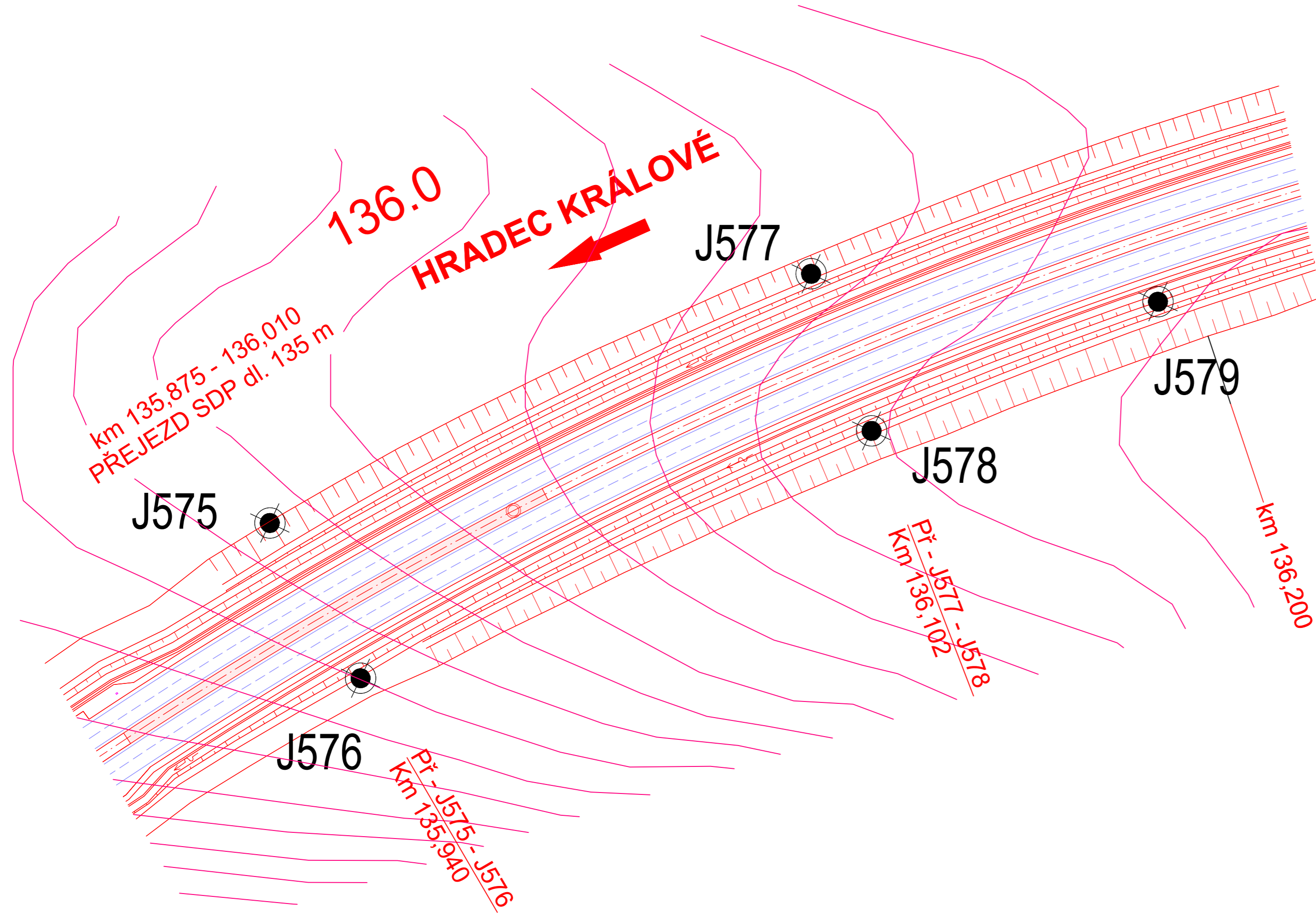
	Vrtáno:	Výška(m n.m.)	Souřadnice S-JTSK	HPV ustálená
J575	24.9. 2018	Z=497,28	Y=629 585,32 X=1005 703,86	13,60 m (483,68 m n.m.)
J576	17.9. 2018	Z=494,16	Y=629 560,01 X=1005 747,12	Nezastižena

VYPRACOVAL: LIBOR KOVÁŘ	KONTROLOVAL: Ing. ALEŠ ŠMEJDA, Ph.D.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
STAVBA: D11 – GEOTECH. PRŮZKUM V OBLASTI STARÝ ROKYTNÍK		ŠKOLNÍ ROK: 2018/2019
		DATUM: 5.05.2019
		FORMÁT: 2 X A4
		MĚŘITKO: 1 : 100
NÁZEV PŘÍLOHY: PODROBNÝ GEOLOG. PROFIL		PŘÍLOHA ČÍSLO: 1
		ČÁST: A

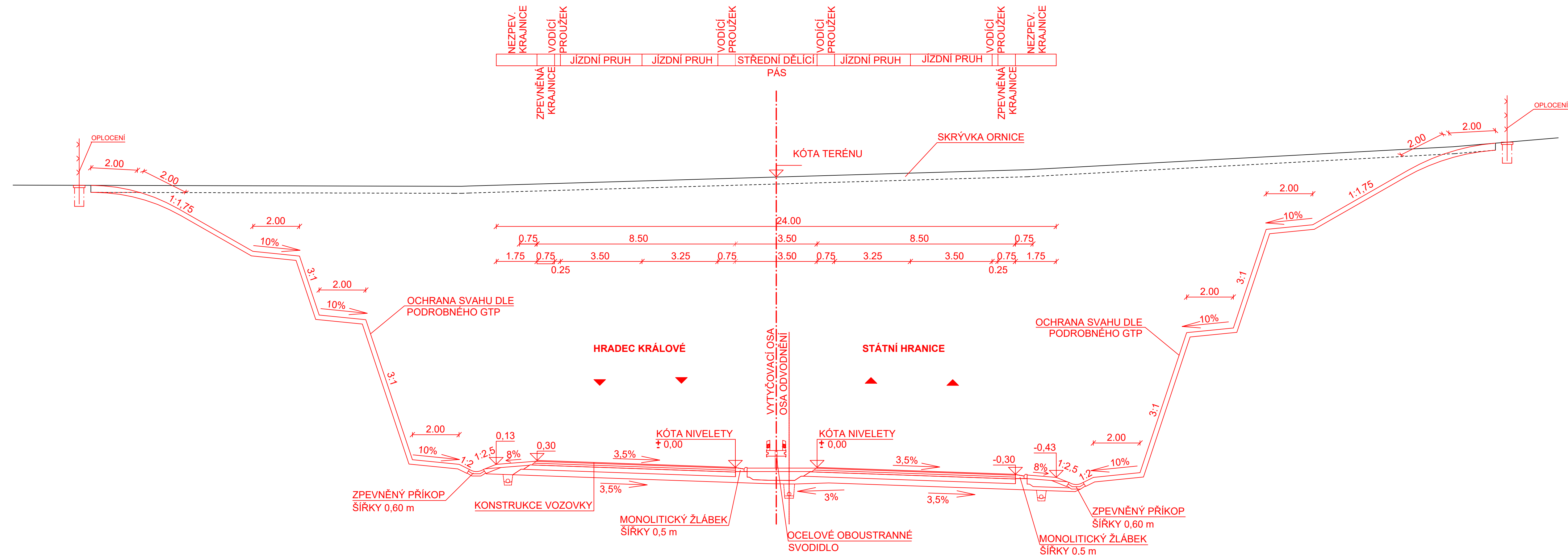


	Vrtáno:	Výška(m n.m.)	Souřadnice S-JTSK	HPV ustálená
J577	20.9. 2018	Z = 505,22	Y=629 434,45 X=1005 634,35	17,35 m (487,87 m n.m.)
J578	18.9. 2018	Z = 507,86	Y=629 417,57 X=1005 678,20	16,20 m (491,66 m n.m.)
J579	26.9. 2018	Z = 509,59	Y=629 337,73 X=1005 642,10	14,90 m (494,69 m n.m.)

VYPRACOVAL: LIBOR KOVÁŘ	KONTROLOVAL: Ing. ALEŠ ŠMEJDA, Ph.D.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
STAVBA: D11 – GEOTECH. PRŮZKUM V OBLASTI STARÝ ROKYTNÍK		ŠKOLNÍ ROK: 2018/2019
		DATUM: 5.05.2019
		FORMÁT: 2 X A4
		MĚŘITKO: 1 : 100
NÁZEV PŘÍLOHY: PODROBNÝ GEOLOG. PROFIL		PŘÍLOHA ČÍSLO: 1
		ČÁST: B



VYPRACOVAL: LIBOR KOVÁŘ	KONTROLOVAL: Ing. ALEŠ ŠMEJDA, Ph.D.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
STAVBA: D11 – GEOTECH. PRŮZKUM V OBLASTI STARÝ ROKYTNÍK		ŠKOLNÍ ROK: 2018/2019 DATUM: 5.05.2019 FORMÁT: 3 X A4 MĚŘITKO: 1 : 1000
NÁZEV PŘÍLOHY: SITUACE		PŘÍLOHA ČÍSLO: 3 ČÁST: A



VYPRACOVAL: LIBOR KOVÁŘ	KONTROLOVAL: Ing. ALEŠ ŠMEJDA, Ph.D.	UNIVERZITA PARDUBICE DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA
STAVBA: D11 – GEOTECH. PRŮZKUM V OBLASTI STARÝ ROKYTNÍK		ŠKOLNÍ ROK: 2018/2019 DATUM: 5.05.2019 FORMÁT: 5 X A4 MĚŘITKO: 1 : 100
NÁZEV PŘÍLOHY: VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ		PŘÍLOHA ČÍSLO: 4 ČÁST: A