

"MODERNIZACE TRATI BRNO - PŘEROV,  
5.STAVBA KOJETÍN - PŘEROV"

**B.10.1**

**GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM A NÁVRH KONSTRUKCE  
PRAŽCOVÉHO PODLOŽÍ**

**ČÁST A**

říjen 2019

2017 - 429

Výtisk č.:

Objednatel: **MORAVIA CONSULT Olomouc a.s.**  
Legionářská 1085/8  
779 00 Olomouc

Zhotovitel: **GeoTec-GS, a.s.**  
Chmelová 2920/6  
106 00 Praha 10

Název zakázky zhotovitele: **Kojetín - Přerov, průzkum**

Zakázkové číslo zhotovitele: 2017 – 429

Evidenční číslo ČGS-Geofond: 186/2018

Úkol / název úkolu: „Modernizace trati Brno-Přerov, 5.stavba  
Kojetín – Přerov“

**B.10.1**  
**Geotechnický průzkum a návrh konstrukce**  
**pražcového podloží**

Název zprávy: **Část A - Souhrnná zpráva**

**Inženýrskogeologický, geotechnický a**  
**hydrogeologický průzkum**

Praha, říjen 2019

Zpracovali: Ing. Pavla Antonínová, Ph.D.  
odpovědný řešitel  
*odpovědný řešitel je držitelem osvědčení odborné způsobilosti  
projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oboru  
inženýrská geologie č. 1262/2001 vydané MŽP ČR, odborem  
geologie.*

Mgr. Jaromír Sloboda

Schválil: Mgr. Filip Dudík  
ředitel společnosti

**OBSAH:**

1. ÚVOD .....	4
1.1. Požadavky objednatele a dodané podklady .....	4
2. ROZSAH A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ .....	5
2.1. Přípravné práce .....	6
2.2. Technické práce - vrtné práce, statické a dynamické penetrační sondy, kopané sondy a zatěžovací zkoušky deskou a odběry vzorků .....	6
2.3. Laboratorní práce .....	8
2.4. Geodetické práce.....	8
2.5. Geologické, geotechnické a hydrogeologické vyhodnocovací práce .....	10
3. PŘÍRODNÍ POMĚRY.....	11
3.1. Geografické a geomorfologické poměry .....	11
3.2. Geologické poměry .....	11
3.3. Hydrogeologické a hydrologické poměry .....	12
3.4. Klimatické poměry .....	13
3.5. Sesuvy a svahové deformace.....	13
3.6. Poddolované území a seizmické vlivy .....	14
3.7. Ložisková území .....	14
3.8. Ostatní chráněná území .....	14
4. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE.....	14
4.1. Inženýrskogeologické poměry .....	14
4.2. Hydrogeologické poměry .....	19
4.3. Chemismus podzemní vody a vyhodnocení agresivity podzemních vod .....	21
4.4. Zemní práce a třídy těžitelnosti.....	22
5. ZÁVĚR.....	22
6. LITERATURA A MAPOVÉ PODKLADY .....	22

**Přílohy**

1. Přehledná situace území
2. Hydrogeologické posouzení zasakování v ŽST Kojetín

## 1. ÚVOD

Na základě Smlouvy o dílo č. obj. 17-078-231-PD-K03 provedla firma GeoTec-GS, a. s., předběžný inženýrskogeologický, geotechnický a hydrogeologický průzkum pro stavbu „Modernizace trati Brno - Přerov, 5. stavba Kojetín – Přerov“. Objednatel průzkumných prací je MORAVIA CONSULT Olomouc a. s., investorem stavby je SŽDC státní organizace. Průzkumné práce jsou součástí dokumentace pro územní řízení (DÚR).

Předmětem zadání stavby je zdvoukolejnění, zvýšení traťové rychlosti až na 200 km/hod., zvýšení komfortu pro cestující, kapacity a dalších parametrů odpovídajících zařazení tratě do systému celostátních tratí TEN-T.

Stavba bude zahrnovat rekonstrukci železničních stanic Kojetín, Chropyně, náhradu železniční stanice Věžky zastávkou, zapojení do zhlaví žel. st. Přerov v oblasti Lověšic a rekonstrukci mezilehlých traťových úseků. Podle sdělení objednatele dojde v celém úseku trati Brno – Přerov ke zdvoukolejnění trati. V úseku Kojetín – Přerov se trať bude rozšiřovat vlevo stávající trati (severně). Trať bude vedena ve stávající stopě mimo část v km 85.0 – 86.5, ve které se zvětšuje poloměr směrového oblouku a trať se posouvá jižně.

Součástí zakázky byl geotechnický průzkum zemního tělesa a návrh konstrukce pražcového podloží, geotechnický průzkum projektovaných objektů, pedologický průzkum, vyhodnocení znečištění kolejového lože a korozní průzkum. Dodatečně bylo objednavatelem prací požadováno provést geotechnický průzkum v trase obchvatu Kojetína a místní komunikace východně od Kojetína.

Výsledky těchto průzkumných prací byly objednateli prací průběžně předávány formou předběžných výsledků a dílčí dokumentace v termínech stanovených ve Smlouvě o dílo a jejích dodatcích. Závěrečná zpráva je rozčleněna do těchto samostatných dílčích zpráv:

### B.10.1 Geotechnický průzkum a návrh konstrukce pražcového podloží

Část A: Souhrnná zpráva

Část B: Geotechnický průzkum pražcového podloží a návrh konstrukce pražcového podloží. Průzkum pro rozšíření tělesa.

Část C: Geotechnický průzkum pro mostní objekty a propustky

Část D: Pedologický průzkum

Část E: Vyhodnocení znečištění kolejového lože

Část F: Geotechnický průzkum pro pozemní komunikace

### B. 10.2

Část G: Korozní průzkum

## 1.1. Požadavky objednatele a dodané podklady

Základní požadavky na rozsah a metodiku průzkumných prací byly stanoveny ve Smlouvě o dílo na zhotovení záměru projektu a přípravné dokumentace stavby „Modernizace trati Brno – Přerov, 5. stavba Kojetín - Přerov“, v souladu s dalšími dokumenty, které jsou k dispozici u objednatele prací.

Rozsah průzkumných prací

#### a) přípravné práce

- rekonognoskace v trase a vytýčení průzkumných sond v terénu
- registrace a oznámení o provádění geologických prací v Geofondu Praha a státním správním orgánům

- oznámení, povolení a vyřízení vstupů na pozemky, vytýčení inženýrských sítí v terénu se správcí a majiteli
- zpracování a vyhodnocení archivních průzkumů a literatury
- b) geotechnický průzkum pro zemní těleso a pražcové podloží zahrnoval:
  - kopané sondy do pražcového podloží, včetně dokumentace a vyhodnocení (92 ks)
  - statické zatěžovací zkoušky deskou (celkem 83 ks)
  - dynamické penetrační zkoušky lehkou soupravou (celkem 92 ks)
  - odběr a laboratorní analýzy 36 porušených vzorků (indexové vlastnosti a zatřídění)
- c) vlastní inženýrskogeologický, geotechnický a hydrogeologický průzkum zahrnoval:
  - IG vrtů (projektováno celkem 50 vrtů pro trasu a objekty, celkem projektováno 445 bm, vrtů projektovány do hloubky 3.0 - 15.0 m)
  - dynamické penetrační sondy (projektováno 138 bm, hloubky 3.0 – 8.0 m)
  - statické penetrační sondy (projektovány 4 sondy do hloubky 15 m, celkem 60 bm)
  - laboratorní zkoušky nesoudržných zemin (zatřídění, zrnitost)
  - laboratorní zkoušky porušených vzorků zemin (zatřídění, vlhkost, zrnitost, Atterbergovy meze)
  - laboratorní zkoušky neporušených vzorků zemin (smyková pevnost, edometr)
  - laboratorní zkoušky znečištění zemin pražcového podloží (výluhy včetně kontaminace zemin)
  - laboratorní rozborů vzorků podzemní vody (základní chemické rozborů a vyhodnocení agresivity)
  - vytýčení a zaměření vrtů, statických a dynamických penetračních sond
  - sled a řízení terénních prací, dokumentace vrtů a sond, odběry vzorků zemin a vod v terénu
  - geologické, geotechnické a hydrogeologické vyhodnocovací práce včetně archivní rešerše
  - předběžné vyhodnocení 32 objektů formou předběžných geotechnických pasportů (1. dílčí etapa k 19.3.2018)
  - podrobné vyhodnocení 32 objektů formou geotechnických pasportů a předání (2. dílčí etapa k 22.6.2018)
  - zpracování závěrečné zprávy (části A až G), včetně korozního průzkumu (3. dílčí etapa k připomínkovému řízení k 15.11.2018)

Objednatel předal řešiteli následující podklady:

- přehlednou situaci staveniště se zákresem projektované stavby
- koordinační situaci staveniště s vyznačením inženýrských sítí ve formátu DWG
- seznam objektů s předběžnými návrhy projekčního řešení
- koordinační situaci silničního obchvatu Kojetína ve formátu DWG
- podélný profil s niveletou trasy ve formátu DWG

## 2. ROZSAH A METODIKA PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

V rámci průzkumných prací byly provedeny následující práce:

- přípravné práce
- technické práce - vrtné práce, statické a dynamické penetrační sondy, kopané sondy a zatěžovací zkoušky deskou, odběry vzorků zemin a vod
- laboratorní rozborů a zkoušky zemin a vod
- měřické práce
- geologické, geotechnické a hydrogeologické vyhodnocovací práce včetně archivní rešerše

## 2.1. Přípravné práce

Etapa přípravných prací proběhla od října 2017 do ledna 2018. Před zahájením vlastních technických prací bylo nutné provést řadu administrativních činností v rámci platné legislativy (zajištění výluk na trati, ohlášení a žádosti o povolení krajským a okresním úřadům, městům, obcím, správcům povodí a vodoprávním úřadům, majitelům a nájemcům zemědělských a lesních pozemků, registraci geologických prací v Geofondu). Po zjištění vlastníků a nájemců pozemků bylo nutné zahájit s nimi jednání ohledně vstupů na pozemky a o náhradách případných škod. V předstihu bylo nutné projednání a zajištění výluk na trati pro průzkum pražcového podloží. Tyto práce byly provedeny v předstihu před ostatními průzkumnými pracemi v říjnu a listopadu 2017.

V první etapě jsme provedli rekognoskaci terénu v trase traťového úseku a vytýčili projektované sondy podle prvotního návrhu sond s ohledem na příjezdové možnosti pro vrtnou techniku. V návaznosti na problematických dojezdech k sondám (zaseté zemědělské plodiny, značné podmáčení území, lesní porosty bez příjezdových cest) a s ohledem na průběžné vytyčování drážních kabelů a ostatních inženýrských sítí s jednotlivými správci, bylo nutné některé sondy přemístit, nahradit jiným typem sondy. V případě jednoho mostního objektu, bez možnosti dojezdu vrtné techniky, nebyly vrtané sondy realizovány.

## 2.2. Technické práce - vrtné práce, statické a dynamické penetrační sondy, kopané sondy a zatěžovací zkoušky deskou a odběry vzorků

Jádrové vrty a těžké dynamické penetrační sondy byly provedeny formou subdodávky od firmy Geobe s.r.o., v období prosinec 2017 až únor 2018.

**Jádrové vrty** byly provedeny strojními kolovými soupravami typu Botec-Scheitza a Wirth ECO 0. V místě s problémovým příjezdem u řeky Moravy byla použita pásová souprava Wirth B0/B1 (vrt J13). Vrty byly provedeny technologií rotačního vrtání s jádrovým vrtákem, bez použití výplachu. K zajištění stability stěny stvolu a vzhledem k vysoké hladině kvartérní zvodně bylo nutno u vrtů hlubších než 5-6 metrů provést zapažení manipulační kolonou ocelových pažnic o průměru 178 mm. Další hloubení pokračovalo v těchto pažnicích jádrovým vrtákem o průměru 156 mm, za současného dopažování kolonou pažnic do požadované hloubky.

Celkem bylo odvrtno 50 jádrových vrtů, do hloubky 3.0 – 15.5 m, odvrtno bylo celkem 440 bm. Podle upraveného projektovaného rozsahu vrtných prací z 11/2017 mělo být odvrtno 445 metrů.

**Dynamické penetrační sondy** byly provedeny pomocí těžké penetrační soupravy (50 kg závaží, plocha hrotu 15 cm<sup>2</sup>, vrcholový úhel hrotu 90°). V průběhu penetrační zkoušky byl odečítán počet úderů kladiva potřebný na zaražení penetrační tyče o 10 cm do země. Odečet byl zaznamenán do protokolu "Záznam dynamické penetrace". V pravidelných intervalech byl měřen penetrační odpor penetračního hrotu pomocí momentového klíče. Vyhodnocení dynamické penetrace provedli pracovníci GeoTecu-GS, a.s. Celkem bylo provedeno 26 dynamických penetračních sond, do hloubky 3 – 8 m, celkem bylo odvrtno 127 bm. Podle redukovaného projektovaného rozsahu prací z 11/2017 mělo být odvrtno 48 bm, provedeno bylo tedy o 79 m více. Záznamy dynamických penetračních sond jsou uvedeny v příslušných pasportech.

**Statické penetrační sondy** byly provedeny firmou Terratest s.r.o. ve dnech 9. 2. 2018 a 26. 2. 2018. Byly provedeny 4 statické penetrační sondy do hloubky 15 metrů, označené SP1 až SP4, po dvou sondách na objektech v km 73.605 a km 73.900 (objekty poř. č. 6 a 7), celkem 60 bm. Statické penetrační zkoušky (CPTM) byly provedeny těžkou statickou penetrační soupravou typu GOUDA Holland s tlačnou kapacitou 200 kN, umístěnou na podvozku vozidla TATRA T815. Interpretace výsledků byly zpracovány pracovníky firmou GeoTec-GS, a.s. a jsou uvedeny v jednotlivých pasportech (část C).

Jádrové inženýrskogeologické vrtý jsou označeny pracovně označeny pořadovým číslem (J1 až J52). Statické a dynamické penetrační sondy jsou označeny analogicky pořadovými čísly se symboly DP a SP. Umístění vrtů a sond statické a dynamické penetrace je patrné z podrobných situací se zakreslením průzkumných sond a z přehledných situací M 1:1000 (1:1500) uvedených v jednotlivých pasportech objektů (přílohy č. 1 v pasportech objektů).

**Kopané sondy a statické zatěžovací zkoušky deskou** byly prováděny v rámci geotechnického průzkumu pražcového podloží a zemního tělesa. Sondy byly prováděny podle rozpisu prací v koncovém úseku trati Nezamyslice - Kojetín (od km 72.100), dále v traťovém úseku Kojetín - Přerov (do km 86.300) a v železničních stanicích Kojetín a Chropyně. V dokumentaci kopaných sond je uveden traťový úsek, číslo koleje, stávající staničení v km a lokalizace sondy (vpravo, vlevo, v ose koleje). Kopané sondy byly provedeny ručně, nejméně do úrovně rostlé zeminy zemní pláň. Hloubka kopaných sond se pohybovala od 1.10 do 1.50 metrů. Na pláni železničního spodku byla po ručním očištění báze sondy provedena statická zatěžovací zkouška deskou o průměru 0.30 m. Po provedení SZZ bylo podloží (aktivní zóna) ověřováno lehkou dynamickou penetrační soupravou o hmotnosti beranu 10 kg, výška pádu 0.5 metru.

Technické práce pro průzkum zemního tělesa a pražcového podloží proběhly v říjnu 2017. Technické práce v rámci průzkumu objektů a trasy práce proběhly v zimním období od prosince 2017 do února 2018. Vzhledem ke značnému podmáčení terénu a obtížnému příjezdu k jednotlivým sondám, často umístěných na zemědělsky obhospodařovaných pozemcích, bylo nutné některé jádrové vrtý a statické penetrace odvrátit až po zamrznutí svrchní vrstvy.

Prakticky celá trasa kromě krátkého úseku mezi Věžkami a Bochoří se nachází v záplavovém území řeky Moravy (Q100), část trasy u Chropyně se nachází v aktivní zóně záplavových území. Část trasy vede v chráněné oblasti přirozené akumulace vod kvartéru řeky Moravy a v lokalitě EVL CZ0714085 Morava – Chropynský luh.

Při realizaci sond bylo nutné řešit problémy s příjezdem do míst projektovaných sond (zamokřené plochy, výskyt lesů bez příjezdových cest, lokality se zvláštním stupněm ochrany, zvodněné deprese podél trati a vodoteče, přejezdy přes zemědělsky využívané pozemky, četné inženýrské sítě atd.).

Proto bylo nutné přistupovat k vrtání každé sondy jednotlivě a některé vrtý přemístit na místa dostupná pro vrtnou techniku. V jednom případě (značně podmáčený terén pro těžkou soupravu) byl projektovaný vrt nahrazen dynamickou penetrační sondou (DP35). V případě jednoho objektu (most přes vodoteč v km 76.027, poř. č. objektu 15) vrtý ani sondy nebylo možné realizovat bez výluky na provozované trati. Pro vyhodnocení základových poměrů v místě tohoto objektu byly použity výsledky z nejbližších sond (objekt č. 14 v km 75.863).

Všechny jádrové vrtý byly likvidovány dusaným záhozem, vrtý na zpevněných plochách nebo v blízkosti řeky Moravy byly likvidovány podle požadavků správců nebo majitelů pozemků (použití bentonitu v blízkosti koryta Moravy). Pracoviště bylo po odvrtání vrtu vždy uklizeno a v případě požadavku protokolárně předáno majitelům, uživatelům nebo správcům. Vrtné jádro bylo po geologické dokumentaci, fotodokumentaci a odběru vzorků zemin a vod likvidováno skartací.

**Vzorkovací práce** byly prováděny vždy za účasti a podle pokynů odpovědného řešitele. V průběhu vrtání vrtů a penetračních sond byla zaznamenávána naražená a ustálená hladina podzemní vody. Z vrtů pro projektované objekty byla odebrána podzemní voda a tentýž den dopravena do akreditované laboratoře firmy ALS Czech Republic s.r.o.

### 2.3. Laboratorní práce

V rámci IG průzkumných prací pro objekty a trasu bylo odebráno 42 ks porušených vzorků (třídy kvality 2-3 dle ČSN EN ISO 22475-1) a 24 ks neporušených vzorků zemin (třídy kvality 1-2 dle ČSN EN ISO 22475-1).

Odebrané vzorky zemin v rámci geotechnického průzkumu byly analyzovány v akreditovaných laboratořích Geodrillu s.r.o. v Brně a Geotestu, a.s. Na porušených a neporušených vzorcích (94) byla laboratorně stanovena zrnitost, přirozená vlhkost, konzistenční meze, objemová hmotnost, zdánlivá hustota pevných částic, stanovení obsahu uhličitánů (2), stanovení obsahu organických látek (5).

Na neporušených vzorcích byla stanovena stlačitelnost edometrickou zkouškou (12), stanoveny parametry efektivní smykové pevnosti krabicovou smykovou zkouškou (11) a totální smykové pevnosti triaxiální zkouškou (1).

Celkem bylo odebráno 26 vzorků podzemní vody z vrtů na provedení základního chemického rozboru včetně posouzení agresivity na betonové a kovové konstrukce.

Pro vyhodnocení znečištění kolejového lože bylo odebráno celkem 21 porušených vzorků, ze kterých byly provedeny analýzy vybraných kontaminantů ze sušiny a z výluhu. Tyto rozbor provedla laboratoř VZ lab s.r.o. Praha.

V rámci průzkumu pražcového podloží bylo odebráno dalších 36 porušených vzorků zemin na základní klasifikační rozbor (vlhkost, Atterbergovy meze, zrnitost). Tyto rozbor provedla laboratoř firmy GeoTec-GS, a.s. v Českých Budějovicích.

### 2.4. Geodetické práce

Prvotní vytýčení sond bylo provedeno GPS přístrojem na základě původního zadání projektovaných sond v měsíci listopadu 2017. Vzhledem k tomu, že většinu sond bylo nutno v průběhu přípravných prací posunout nebo přemístit, bylo provedeno finální zaměření po realizaci sond v únoru až březnu 2018.

Měřické práce byly provedeny pomocí aparatury GPS přístrojem typu SurvCE, verze 5.08, s přesností 5 cm. Výsledky jsou uvedeny v souřadnicovém systému S-JTSK, výškový systém B.p.v. Všechny provedené sondy byly graficky vyneseny do dodaných mapových podkladů.

Níže uvedená tabulka č. 1 uvádí soupis souřadnic a výšek všech provedených sond a informace ke kterému objektu (trase) se sondy vztahují.

Tabulka č. 1 – Seznam objektů (trasy), souřadnic a nadmořských výšek sond

Název objektu (SO)	Vrt/sonda (hloubka v m)	X (S-JTSK)	Y (S-JTSK)	Z (m n. m.)
SO 25-19-03	J1 (8,00)	1149336.41	546076.63	196.47
	J2 (8,00)	1149412.38	546049.16	196.10
SO 25-19-05.1	J3 (10,00)	1149273.80	545689.56	194.30
	J4 (10,00)	1149234.04	545738.68	196.19
SO 25-19-84	J51 (15,00)	1149633.36	546996.05	195.83
	J52 (15,00)	1149692.65	546977.92	196.37
KOJ-KROM/trasa	J5 (6,00)	1149224.44	545500.69	194.75
KOJ- KROM/trasa	J6 (4,00)	1149368.24	545290.84	192.51
SO 26-19-02	J7 (9,00)	1149095.48	545295.28	193.26
	DP2 (8,00)	1149108.15	545288.50	192.86



KOJ -PRER/trasa	J8 (4,00)	1149062.15	545108.43	193.52
SO 26-19-03	J9 (8,00)	1149010.59	544943.22	193.51
	DP3 (8,00)	1148989.37	544934.87	193.15
SO 26-19-04	J10 (15,00)	1148899.06	544775.36	193.10
	J11 (15,00)	1148925.88	544739.17	192.63
	J12 (15,00)	1148872.56	544675.46	193.05
	J13 (15,00)	1148901.17	544666.14	192.42
	SP1 (15,00)	1148931.92	544766.33	192.99
	SP2 (15,00)	1148883.77	544687.95	192.69
KOJ-PRER/trasa	J14 (15,00)	1148797.39	544455.79	194.97
	J15 (15,00)	1148818.91	544425.42	195.35
	SP3 (15,00)	1148803.88	544450.58	195.77
	SP4 (15,00)	1148826.70	544413.69	194.53
	DP4 (5,00)	1148796.40	544444.07	193.36
SO 26-19-06	J16 (8,00)	1148737.19	544264.20	192.91
	DP5 (8,00)	1148731.61	544245.89	192.78
SO 26-19-07	J17 (5,50)	1148656.05	544033.85	192.61
SO 26-19-08	J18 (8,00)	1148628.15	543957.04	192.40
	DP8 (8,00)	1148646.91	543942.36	191.83
SO 26-19-09	J19 (8,00)	1148562.99	543775.71	192.32
	DP9 (8,00)	1148574.70	543782.21	191.96
SO 26-19-10	J20 (8,00)	1148513.20	543623.33	192.50
	DP10 (8,00)	1148532.60	543609.00	192.00
SO 26-19-11	J21 (7,00)	1148333.94	543136.45	195.33
SO 26-19-12	J21 (7,00)	1148333.94	543136.45	195.33
SO 26-19-13	J22 (8,00)	1147978.38	542715.85	195.66
	DP12 (8,00)	1148002.42	542689.84	195.46
SO 26-19-14	J22 (8,00)	1147978.38	542715.85	195.66
SO 26-19-15	J24 (8,00)	1147560.19	542197.57	192.89
	DP15 (8,00)	1147540.85	542214.34	193.02
SO 27-19-01.1	J25 (10,00)	1147318.01	541960.61	196.20
	J26 (10,00)	1147315.02	541925.99	196.25
SO 27-19-02	J27 (8,00)	1147087.35	541727.33	195.41
	J28 (8,00)	1147136.89	541698.35	196.61
SO 27-19-03	J29 (5,00)	1146882.58	541479.64	195.09
KOJ-PRER/trasa	J30 (15,00)	1146281.88	540796.01	195.38
	J31 (15,00)	1146307.00	540780.54	195.26
KOJ-PRER/trasa	J32 (4,00)	1146000.13	540442.63	195.68
KOJ-PRER/trasa	J33 (3,00)	1145761.02	540169.37	196.33
SO 28-19-01	J34 (5,00)	1145209.45	539504.31	196.68
SO 28-19-02	J36 (5,00)	1144868.72	539207.85	197.28
SO 28-19-03	J36 (5,00)	1144868.72	539207.85	197.28
	DP35 (6,00)	1145075.56	539392.19	197.00
KOJ -PRER/trasa	J37 (3,00)	1144519.50	538774.07	197.88
KOJ -PRER/trasa	J38 (15,00)	1144272.00	538558.88	198.14
	J39 (15,00)	1144284.52	538490.49	198.44
SO 28-19-05	J40 (5,00)	1144226.64	538435.74	198.73
KOJ -PRER/trasa	J41 (3,00)	1143842.51	538001.19	199.32
SO 28-19-06	J42 (8,00)	1143750.75	537907.19	200.60
	DP23 (5,00)	1143737.42	537926.37	200.59
KOJ-PRER/trasa	J43 (15,00)	1143208.27	537294.94	201.76

	J44 (15,50)	1143177.30	537300.96	202.62
	DP24 (5,00)	1143187.09	537312.22	202.70
KOJ -PRER/trasa	J45 (3,00)	1142853.94	536893.01	202.77
KOJ -PRER/trasa	J46 (3,00)	1142456.79	536443.67	203.32
SO 28-19-09	J47 (5,00)	1142245.39	536207.74	204.21
KOJ -PRER/trasa	J48 (3,00)	1141852.57	535769.17	204.18
SO 28-19-11.1	J49 (3,00)	1141669.80	535206.08	204.71
SO 28-19-12	J50 (8,00)	1141648.11	534762.41	204.56
KOJ- KROM/trasa	DP1 (3,00)	1149650.60	545224.01	193.54
KOJ-PRER/trasa	DP11 (3,00)	1148165.89	542932.73	193.29
KOJ-PRER/trasa	DP14 (3,00)	1147756.50	542373.15	192.67
KOJ -PRER/trasa	DP16 (3,00)	1146674.56	541236.01	195.17
KOJ -PRER/trasa	DP17 (3,00)	1146476.73	541012.74	195.22
KOJ -PRER/trasa	DP18 (3,00)	1146151.47	540609.83	195.17
KOJ -PRER/trasa	DP21 (3,00)	1144682.95	538992.66	197.30
KOJ -PRER/trasa	DP22 (3,00)	1144043.52	538219.28	198.99
KOJ -PRER/trasa	DP25 (3,00)	1143047.19	537106.26	202.44
KOJ -PRER/trasa	DP26 (3,00)	1142658.73	536670.16	203.36
KOJ -PRER/trasa	DP27 (3,00)	1142054.04	535994.72	203.91
KOJ -PRER/trasa	DP28 (3,00)	1141722.97	535500.75	204.03
KOJ -PRER/trasa	DP29 (3,00)	1141700.59	534904.19	204.01
KOJ -PRER/trasa	DP30 (3,00)	1141501.83	534571.31	204.79

## 2.5. Geologické, geotechnické a hydrogeologické vyhodnocovací práce

V rámci přípravné etapy prací bylo provedeno prostudování dostupných archivních podkladů a informací z regionálních zdrojů a z archivu Geofondů Praha. Pro vyhodnocení geologie širšího okolí byly využity především regionálně geologické mapy ČGÚ v měřítku 1 : 50 000.

Geologické práce zahrnovaly geologickou rekognoskaci terénu, fotodokumentaci trasy, objektů a vrtného jádra provedených vrtů, sled a řízení technických prací, geologickou dokumentaci vrtného jádra a zpracování dokumentace vrtů v programu GINT, odběry a vyhodnocení laboratorních rozborů zemin a vod, měření hladin podzemní vody v provedených sondách a v přístupných studnách a vrtech podél trasy, konstrukci geologických profilů v trase a v místě objektů.

Výsledky měření statických penetrací byly zpracovány tabelárně včetně statistiky, což je součástí doprovodných vyhodnocovacích prací. Výstupy ze sond statických penetrací byly korelovány s geologickými profily vrtů. Při konstrukci podélných geotechnických profilů bylo přihlíženo, jakému typu zeminy s konzistencí, příp. ulehlostí odpovídá naměřený penetrační odpor QST a měrný třecí odpor na plášti  $F_s$ . Moduly přetvárnosti byly vypočteny z výsledků měření statických penetračních zkoušek (měření penetračního odporu QST a měrného třecího odporu na plášti  $F_s$ ).

Výstupy ze sond dynamické penetrace byly korelovány s geologickými profily vrtů. Při konstrukci podélných geotechnických profilů bylo přihlíženo, jakému typu zeminy s konzistencí, příp. ulehlostí odpovídá redukovaný počet úderů  $N_{red}$  a specifický dynamický odpor  $q_d$ . Z těchto parametrů byl vypočten deformační modul  $E_{def}$ .

Výstupem geologických vyhodnocovacích prací jsou pasporty z jednotlivých objektů a traťových úseků, dílčí zprávy a tato souhrnná závěrečná zpráva. Výstupy hodnotící pedologické poměry, posouzení pražcového podloží, průzkum pro rozšíření tělesa, vyhodnocení znečištění

kolejového lože a korozní průzkum jsou předmětem samostatných příloh nebo závěrečných zpráv.

### 3. PŘÍRODNÍ POMĚRY

#### 3.1. Geografické a geomorfologické poměry

Podle Geomorfologického členění ČR zájmová trasa spadá do oblasti Západních vněkarpatských sníženin, do celku Hornomoravského úvalu, podcelků Prostějovská pahorkatina a Středomoravská niva (T. Czudek 1972).

Trasa traťového úseku Kojetín – Přerov se nachází v Olomouckém a Jihomoravském kraji, v okresech Přerov a Kroměříž, na katastrech měst a obcí Kojetín, Chropyně, Vlkoš, Bochoř, Věžky a Lověšice. Zájmové území se nachází listech základní mapy ČR 1:50 000 25-13, 25-31 a 24-42.

Geomorfologicky se předmětné území nachází v oblasti s reliéfem niv a nejnižších teras. V počátečním úseku předmětného úseku v městě Kojetín je trasa vedena na pleistocénní terase. Od kilometru 72.55 nového staničení trasa přechází do údolní nivy řeky Moravy a Malé Bečvy (holocén). Před Chropyní trasa přechází ve staničení 76.60 – 77.55 na pleistocénní terasu, částečně erodovanou, označovanou jako brodecká terasa. V celém úseku mezi Kojetínem a Přerovem má území charakter nížiny s měkkým, rovinným reliéfem, s velmi malou výškovou členitostí. Geomorfologicky tuto jednotku můžeme označit jako akumulární holocénní říční rovinu - nivu. Do vyššího terasového stupně přechází trasa pouze na výše zmíněné brodecké terase v Chropyni a v městě Kojetíně.

Trasa trati v úseku mezi Kojetínem a Přerovem je vedena převážně na nízkém náspu, místy v úrovni terénu (Kojetín, Chropyně). Nadmořské výšky terénu v městě Kojetíně se pohybují kolem 196 metrů, směrem v řece Moravě terén klesá na úroveň kolem 192-193 metrů. Směrem ke Chropyni se terén opět mírně zvedá na 195-196 metrů, směrem k Lověšicím až na úroveň 204 – 205 metrů.

#### 3.2. Geologické poměry

Z regionálněgeologických podkladů vyplývá, že trasa se v celém úseku nachází v oblasti karpatské předhlubně, v regionální jednotce neogénu Hornomoravského úvalu, převážně v údolní nivě řeky Moravy a Malé Bečvy, lokálně na starších pleistocénních terasách.

Mocnost kvartérních sedimentů je v trase značně proměnlivá. V oblasti Kojetína je mocnost kvartérních sedimentů nejnižší a dosahuje 2 až 3 metrů, v blízkosti Moravy se mocnost pohybuje od 7 do 9 metrů. V centrální části trasy v úseku km 75.0 – 81.4 jsme průzkumnými pracemi předkvartérní podloží vůbec nezastihli, což potvrzuje teorii o existenci přehloubeného koryta, probíhajícího od Brodku, přes Troubky a Chropyni k Hulínu (J. Krásný, 2012). Mocnost kvartérního pokryvu zde může dosahovat až několika desítek metrů. Směrem dále po staničení se mocnost kvartéru snižuje na 10.5 - 9.0 metrů, v koncovém úseku trasy u Lověšic a Přerova se mocnost kvartérních sedimentů snižuje až na 6.5 metrů.

#### Kvartérní pokryv

Antropogenní **navážky** heterogenního charakteru jsou vázány pouze na zastavěné úseky v městech Kojetín a Chropyně. Jejich maximální mocnost se pohybuje od 2.5 do 3.0 metrů, složení je značně heterogenní (hlína s úlomky zdiva a cihel, stavební sutě, beton, materiál silničních a železničních násypů).

Kvartérní **fluviální sedimenty** jsou zastoupeny **náplavovými hlínami**, které tvoří převážně nejsvrchnější polohy o mocnosti 0 – 4 metrů. Zrnitostně se jedná o poměrně variabilní jílovitopísčité sedimenty, převážně tuhé konzistence. Směrem do podloží přecházejí tyto náplavové hlíny do souvrství **fluviálních písků a písčitých štěrků** údolní terasy, případně starších pleistocenních teras. Písčité štěrky a písky jsou hlavním kolektorem podzemní vody mělkého kvartérního oběhu.

**Předkvartérní podloží** je tvořeno sedimenty třetihorního stáří a to **miocenními jíly a pliocenními jíly**.

V počátečním úseku trasy byly ve vrtech zastiženy **miocenní (spodnobadenské) vápnité jíly**, na stropě tuhé až pevné, s přechodem do pevných jíků směrem do podloží. Miocenní jíly obsahují zvodnělé písčité vložky, které mohou být málo významným kolektorem hlubší předkvartérní zvodně.

Makroskopicky se jedná o zelenošedé až šedé vápnité jíly s proměnlivou příměsí jemnozrnné písčité frakce, s ojedinělými proplásky jemnozrnných písků zpravidla milimetrové mocnosti (ojediněle dosahujících mocnosti prvních centimetrů, výjimečně až 10 cm). Výskyt souvrství neogenních vápnitých jíků (F8 CV, F8 CH) byl ověřen všemi hlubšími průzkumnými vrty, a to v úseku od počátku trasy v Kojetíně v km 71.2 po km 75.0 (silnice Troubky – Vlkoš).

V úseku trati mezi Vlkošem a Lověšicemi (km 81.4 – 86.4 nového staničení) byly ve vrtech ověřeny **pliocenní jílovité sedimenty**, které řadíme k plioleistocenní formaci Hornomoravského úvalu. Jedná se převážně o jíly s vysokou až velmi vysokou plasticitou, (F8 CV, F8 CH), na stropě převážně tuhé, níže s přechodem do pevných jíků. Zpravidla se jedná o šedé, šedohnědé, zelenošedé, místy rezavě skvrnitě jíly, s vápnitými shluky a konkréciemi.

### 3.3. Hydrogeologické a hydrologické poměry

Podle Hydrogeologické rajonizace České republiky 2005 (Olmer M. et al., 2006) území spadá do hydrogeologického rajónu základní vrstvy 2220 – Hornomoravský úval, rajónu svrchní vrstvy 1622 – Pliopleistocén Hornomoravského úvalu - jižní část. V počátečním úseku trasy v okolí Kojetína částečně území spadá do rajónu základní vrstvy 2230 – Vyškovská brána.

Území mezi Přerovem a Kojetínem je hydrologicky odvodňováno řekou Moravou, která protíná v km 73.6 traťový úsek mezi Kojetínem a Chropyní. Oblast západně od Moravy v oblasti Kojetína je odvodňována říčkou Hanou a Mlýnským náhonem, které jsou pravostrannými přítoky Moravy. Území na východ od Moravy je odvodňováno vodotečemi Svodnicí a Mlýnským náhonem do říčky Malá Bečva, která ústí do Moštěnky, která je levostranným přítokem Moravy.

V převážné části trati kromě počátečního úseku v Kojetíně do km 72.56 a úseku mezi Věžkami a Bochoří (km 82.7- 84.7) probíhá trasa v záplavovém území Q100 Bečvy a Moravy.

Železniční násep v této části trasy působí jako hráz v době povodní, což se projevuje na terénu vytvořením několika zvodněných depresí a zamokřených území podél trati. Podle literatury se jedná o materiálové jámy vyhloubené při stavbě železnice, které bývají periodicky zaplavované. Jedná se především o úsek od Kojetína po řeku Moravu (km 72.56 - 73.50) a zvodněné deprese a vodní nádrže mezi Malou Bečvou a Mlýnským náhonem (km 75.88 – 76.05 nového staničení).

Z hydrogeologického hlediska se jedná o oblast průlinového kolektoru fluviálních písčitých a štěrkovitých sedimentů údolní terasy (holocén), lokálně reliktů pleistocenních teras. Za

hydrogeologicky významné jsou brány jednak starší pleistocénní terasy (v našem případě brodecká terasa) i nižší fluviální a údolní terasy s průlinově propustnými písčitými štěrky.

Podle archivních zdrojů (J. Krásný et al., 2012) jsou podzemní vody Hornomoravského úvalu hojně využívány. Pro kvartérní štěrky a písky J. Krásný uvádí převládající hodnoty transmisivity ve stovkách  $\text{m}^2/\text{d}$ , s tím, že sedimenty nízkých a údolních teras vykazují malou variabilitu transmisivity třídy II-lb.

Ve fluviálních sedimentech kolem řeky Moravy byla podle archivních údajů ověřena vysoká až velmi vysoká transmisivita v prostoru přehloubeného koryta u Chropyně. V místech s menší mocností kvartérních uloženin klesá transmisivita na desítky  $\text{m}^2/\text{d}$  (třída III).

Zvodnění je v trase traťového úseku vázáno především na fluviální štěrky a písky. Počevním izolátorem jsou podložní spodnobadenské jíly a pliocénní jíly, které jsou převážně vysoce plastické, nepatrně propustné až nepropustné.

Málo významné z hydrogeologického hlediska jsou polohy jemnozrnných písků o mocnosti řádově milimetrů až prvních centimetrů (maximálně 10 cm) v převládajících miocénních jílech.

V nejbližším okolí trasy železniční trati Kojetín – Přerov se nenachází podle dostupných informací žádný významný zdroj podzemní vody, který by mohl být stavbou negativně ovlivněn.

Jímací území přírodní minerální vody v Horních Moštenicích se nachází cca 4 km východně od trasy. Z tohoto zdroje se minerální voda jímá z devonských dolomitických vápenců hlubokými vrty. Devonské vápence jsou překryty krystalickými břidlicemi a miocenními jíly o mocnosti 30- 50 metrů. Z hydrogeologického hlediska ani tento významný zdroj minerální vody projektovanou stavbou nemůže být ovlivněn.

### 3.4. Klimatické poměry

Klimaticky leží území v mírně teplé oblasti MT2 (Quitt E., 1971). Tuto oblast lze charakterizovat jako teplou, suchou, s mírně teplou zimou.

Klimatická charakteristika lokality:

Počet letních dnů	20 – 30
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	40 – 50
Průměrná teplota v lednu	-3 až -4 °C
Průměrná teplota v dubnu	6 až 7 °C
Průměrná teplota v červenci	16 až 17 °C
Průměrná teplota v říjnu	6 až 7 °C
Srážkový úhrn ve vegetačním období	450 – 500 mm
Srážkový úhrn v zimním období	250 – 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	80-100

### 3.5. Sesuvy a svahové deformace

V prostoru zájmového území ani v jeho bezprostředním okolí při rekognoskaci terénu nebyly zjištěny sesuvy ani svahové deformace. Rovněž v registru sesuvů a svahových nestabilit

v Geofondu ČR nejsou podél trasy evidovány ani registrovány žádné sesuvy ani svahové deformace.

### 3.6. Poddolované území a seizmické vlivy

V blízkosti projektované stavby „Modernizace trati Brno – Přerov, 5. stavba Kojetín - Přerov“ nejsou v archivu ČGS-Geofondu evidována žádná poddolovaná území.

Dle ČSN EN 1998 – 1, Eurokód 8 Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, část I Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, spadá území mezi Přerovem a Kojetínem do oblasti s malou seizmicitou, s referenčním zrychlením základové půdy  $a_{gR}$  (v rozmezí 0,03-0,04 g).

### 3.7. Ložisková území

V okolí projektované stavby „Modernizace trati Brno – Přerov, 5. stavba Kojetín – Přerov“ nejsou v archivu ČGS-Geofondu evidována žádná ložisková území (dobývací prostory těžené i netěžené, chráněná ložisková území, chráněná území pro zvláštní zásahy do zemské kůry, výhradní ložiska, ložiska nevyhrazených nerostů, prognózní zdroje vyhrazených i nevyhrazených nerostů, průzkumná území).

### 3.8. Ostatní chráněná území

V km 74.1 až 75.6 staničení trati trasa probíhá národní přírodní rezervací - evropsky významnou lokalitou (EVL) Morava – Chropýňský luh. Jde o komplex rozsáhlejších lužních lesů a nivních luk s četnými mokřadními společenstvy vázanými na vodní toky a na deprese se stagnující vodou.

Součástí EVL Morava – Chropýňský luh je v úseku staničení trati km 74.8 – 75.2 přírodní památka PP Včelínské louky, která byla vyhlášena v roce 2015 se statusem IV. – řízená rezervace. Předmětem ochrany jsou luční společenstva, mokřadní a vodní plochy a na ně vázané druhy rostlin a živočichů, jmenovitě modrásek bahenní.

V úseku km 76.0 - 76.6 mezi Malou Bečvou a Svodnicí trasa probíhá v přírodní památce Záříčské louky, vyhlášené v roce 2016. Předmětem ochrany jsou především modrásek bahenní a ohniváček černočerný. Na loukách se podél kanálů a v místech bývalých meandrů vodních toků nacházejí terénní sníženiny, které bývají zjara zaplavované.

## 4. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE

### 4.1. Inženýrskogeologické poměry

Inženýrskogeologické, geotechnické a hydrogeologické poměry pro jednotlivé objekty jsou podrobně popsány v pasportech objektů (část C). Zhodnocení trasy pro rozšíření tělesa je součástí zprávy v části B. Charakteristiky základových půd a geotechnická doporučení uvedená v těchto pasportech a ve zprávě v části B vycházejí z výsledků laboratorních rozborů vzorků odebraných z průzkumných děl, dále z parametrů naměřených ve statických a dynamických penetračních sondách provedených v místech objektů a v trase rozšíření železničního tělesa.

Níže uvedené popisy jednotlivých geotechnických typů a jejich charakteristiky zahrnují komplexní výsledky z celé trasy traťového úseku Kojetín – Přerov. Reprezentují tedy větší statistický soubor dat, než je tomu u pasportů jednotlivých objektů (v části C), kde je provedeno vyhodnocení na základě údajů ze sond provedených v místě konkrétního objektu nebo ze sond v blízkém okolí.

Níže uvedené fyzikálně mechanické parametry zemin byly odvozeny ze statisticky vypočtených hodnot získaných z laboratorních zkoušek a z výsledků zpracování statických penetrací.

Výsledky zrnitostních rozborů jsme zpracovali formou obalových zrnitostních křivek (viz obrázek 1 až 4).

V tabulce č. 2 uvádíme charakteristické fyzikálně-mechanické parametry pro jednotlivé geotechnické typy základových půd získané z provedených laboratorních zkoušek a ze statických penetrací.

## KVARTÉR

### Navážky

Navážky byly v trase a v místě objektů zastiženy v některých vrtech a penetračních sondách. Jejich výskyty jsou vázány na násypové těleso stávající trati, místa silničních násypů a přechodů, okolních komunikací a inženýrských sítí.

Navážky jsou spojené s úpravami terénu v zastavěných úsecích, především v městech Chropyně a Kojetín. Mocnost navážek se pohybovala od 0.2 do 3.5 metrů. Největších mocností dosahují navážky u nádraží a v místě podjezdu pod tratí v Kojetíně (vrty J1, J2, J3, J4 a J5).

Navážky jsou v trase značně různorodého složení, zrnitostně se jedná o písčitou hlínu, často s úlomky zdiva a cihel, stavební sutě, beton, materiál silničních a železničních násypů. V dokumentaci navážky označujeme symboly F3 Y, G3 Y, B Y, F1 Y atd., třída těžitelnosti 1–3/ I (dle ČSN 733050/ ČSN 736133), označeny jako GT typ A1 – navážky nesoudržné a GT typ A2 – navážky soudržné.

### Orniční a podorniční vrstva

V rámci vrtného průzkumu pro jednotlivé objekty v trase traťového úseku byla makroskopicky rozlišována **orniční vrstva**, tvořená tmavě hnědou až černou humózní hlínou, tuhé konzistence, o mocnosti 0.1 - 0.3 metrů, symbolu O.

Pod touto vrstvou byla do hloubky 0.4 - 0.8 metrů ověřena **podorniční vrstva**, slabě humózní, tmavohnědá až černohnědá, tuhá, náplavová, symbolu O.

Ornici a podornici řadíme z hlediska těžitelnosti do třídy 1 / I (dle ČSN 73 3050/ ČSN 73 6133).

V trase traťového úseku proběhl pedologický průzkum, který se zaměřil na ověření mocnosti humózní hlíny a návrh skryvky a deponie této vrstvy – viz. část D - Pedologický průzkum.

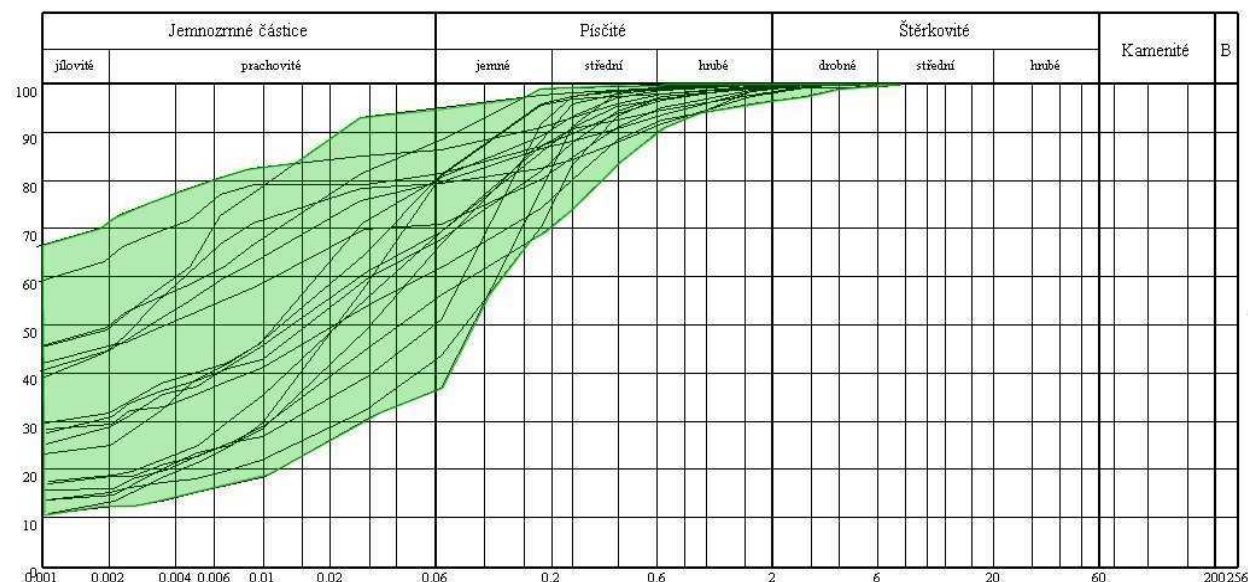
### Náplavové hlíny

**Náplavové hlíny** byly zastiženy v převážné většině provedených vrtů a sond statické a dynamické penetrace. Makroskopicky se jedná o značně zrnitostně variabilní zeminy, šedé, hnědé a rezavě skvrnité, převážně tuhé až pevné, méně měkké konzistence, třídy **F4 CS, F6 CI, F8 CV, F8 CH a F8 CE** (dle ČSN 73 6133).

Jedná se o nebezpečně až vysoce namrzavé zeminy, písčité až jílovité, se střední, vysokou, velmi vysokou až extrémně vysokou plasticitou, velmi slabě propustné až nepatrně propustné. Z

níže uvedené zrnitostní obalové křivky (obr. 1) je patrná značná zrnitostní variabilita tohoto geotechnického typu. Obsah jílovité frakce se pohybuje od 10% do 70%, obsah písčité frakce od 5 do 60%.

V geotechnické a geologické dokumentaci jsou tyto zeminy rozlišeny podle konzistence a zrnitostního složení jako **geotechnické typy GT Q1t (tuhé konzistence), Q1p (pevné) třídy F5 až F8, Q2p (pevné), Q2t (tuhé) a Q2m (měkké) třídy F4**. Třídy těžitelnosti náplavových hlín se pohybují v závislosti na konzistenci a plasticitě od 2 do 4/I (dle ČSN 73 3050/ ČSN 736133).



Obr. 1 – Obalová křivka zrnitosti náplavových hlín

**Fluviální písčité štěrky** byly zastíženy v celém úseku trasy, prakticky ve všech provedených sondách. Mocnost štěrků je v trase poměrně variabilní. V počátečním úseku v Kojetíně štěrky dosahují mocnosti od 0.5 do 2 metrů, místy chybí nebo jsou nahrazeny písky. Mocnost štěrků roste směrem k řece Moravě na 5–6 metrů. V úseku přehloubeného koryta kolem Chropyně mocnost celého štěrkopískového souvrství narůstá až na několik desítek metrů. Na konci trasy u Lověšic dosahovala mocnost štěrků 4 metrů.

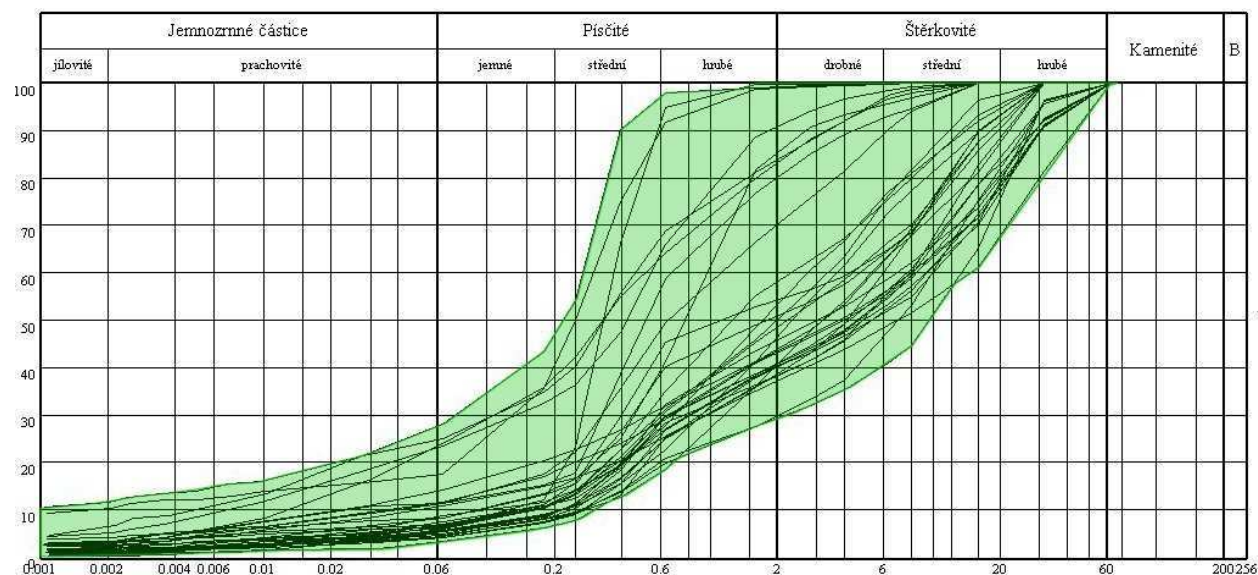
Z hlediska genetického můžeme v daném úseku rozlišit fluviální štěrky údolní terasy Moravy holocenního stáří a štěrky pravděpodobně pleistocenního stáří, které patří k reliktním erodovaných teras.

Makroskopicky se jedná převážně o štěrky písčité, šedé až šedohnědé, velmi vlhké až zvodněné, středně ulehlé až ulehlé, drobné až střední, se zaoblenými zrny a valouny převážně křemene a drob o velikosti 0.5 – 3 cm, ojediněle až 6 cm. Podle ČSN 73 6133 je řadíme převážně do třídy **G3 G-F** (štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy), méně do tříd **G4 GM** (štěrk hlinitý) a **G5 GC** (štěrk jílovitý). Jedná se většinou o nenamrzavé až namrzavé zeminy, silně propustné až dosti silně propustné. V geologické dokumentaci jsou štěrky označovány jako **geotechnický typ GT Q3 – třída G1, G2 a G3 a geotechnický typ GT Q4 – třída G4 a G5**, třídy těžitelnosti 2-3/I (dle ČSN 73 3050/ ČSN 73 6133).

**Fluviální písky** byly zastíženy často ve svrchní části štěrkopískového souvrství v přímém podloží náplavových hlín, ale mohou se vyskytovat i jako podřízené polohy v převládajících štěrcích ve větších hloubkách. Makroskopické rozlišení drobných písčitých štěrků od písků se štěrkem je někdy obtížné, oba typy do sebe plynule přecházejí (viz obalová křivka zrnitosti - obr. 2). Mocnosti písků se pohybují převážně od 0.5 do 2.5 metrů, přičemž celková mocnost štěrkopískového souvrství v místě přehloubeného koryta u Chropyně roste až na několik desítek metrů.



Fluviální písky v dokumentaci zařazujeme do geotechnických typů **GT Q5 – třída S3 a GT Q6 – třída S4 a S5**. Makroskopicky se jedná převážně o písky s příměsí jemnozrnné zeminy třídy **S3 S-F**, méně písky hlinité nebo jílovité, třídy **S4 SM a S5 SC**, šedé až šedohnědé, velmi vlhké až zvodněné, středně ulehlé až ulehlé, jemné, střední až hrubé, se zaoblenými zrny a valouny převážně křemene a drob o velikosti 0.5 – 2 cm (do 20%). Jedná se většinou o nenamrzavé až namrzavé zeminy, dosti silně až dosti slabě propustné, třídy těžitelnosti 1-2/I (dle ČSN 73 3050/ ČSN 73 6133).



Obr. 2 – Obalová křivka zrnitosti fluviálních písků a písčitých štěrků

## TERCIÉR

### Miocénní a pliocenní jíly

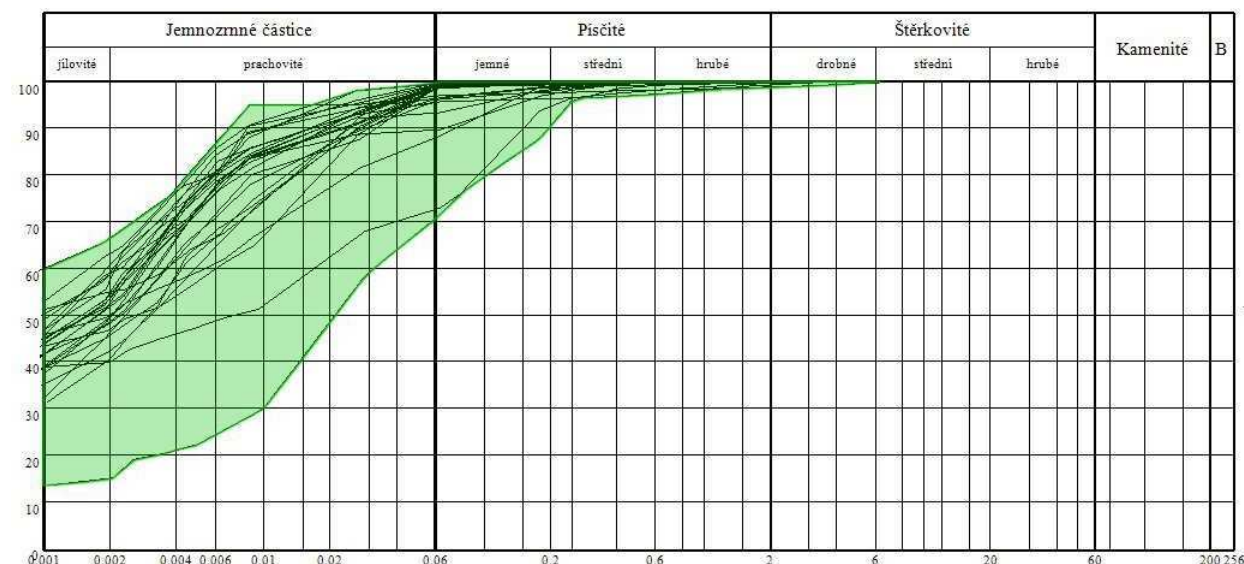
Terciérní sedimenty tvoří předkvartérní podloží v úseku trasy km 71.0 – 75.0 (nové staničení) a v úseku mezi Vlkošem a Přerovem. V tomto úseku byly tyto sedimenty zastiženy ve vrtech J1, J2, J3, J4, J7, J10, J11, J12, J13, J14, J15, J18, J19 a J20, J38, J39, J43, J44, J50, J51, J52.

V následujícím úseku trasy v km 75.0 - 81.3 předkvartérní podloží nebylo do konečné hloubky vrtů zastiženo. Terciérní jíly byly zastiženy v podloží fluviálních štěrků, a to se stropem jílu v hloubkách 193 – 188 metrů v Kojetíně, v blízkosti řeky Moravy, dále ke Chropyni v úrovni 183.5 – 185.5 metrů, mezi Vlkošem a Přerovem na úrovni 189 – 191 metrů a u Přerova v úrovni 198 metrů nad mořem.

Makroskopicky se jedná převážně o jíly se střední, vysokou až velmi vysokou plasticitou, šedé, šedohnědé až zelenošedé barvy, místy rezavě skvrnité, s vápnitými shluky a konkréciemi, vápnité, místy písčité a prachovité laminované, na stropě tuhé konzistence, níže s nepravidelným přechodem do pevné konzistence. Podle ČSN 73 6133 je řadíme převážně do tříd **F8 CH a F8 CV**, ojediněle do třídy **F6 CI**. Zjištěný obsah uhličitánů byl až 12%.

V geologické dokumentaci jsou terciérní jíly (jak miocenní, tak pliocenní) označovány jako **geotechnický typ N1t (tuhé) a N2 (pevné konzistence)**, třídy **F6 až F8 a podružně pak geotechnický typ N2t a N2p (tuhé až pevné) třídy F4**. Tyto jíly spadají do třídy těžitelnosti 2 - 4/I (dle ČSN 73 3050/ ČSN 73 6133).

Převládající nepatrně propustné až nepropustné jíly obsahují lokálně laminy a neprůběžné vrstvičky propustnějších hlinitých písků, jemných, třídy **S4 SM** (vrty J51, J52, J2, J3, J4, J10, J12 a J13). V těchto písčitých polohách může být lokálně naražena hlubší předkvartérní zvodně, která však nemá z hlediska zakládání objektů větší význam.



Obr. 3 – Obalová křivka zrnitosti miocenních a pliocenních jílů

Z obalové křivky terciérních jílů (obr. 3) vyplývá zrnitostní variabilita u ojedinělých vzorků, která je způsobena obsahem prachovité a písčité příměsi

Tabulka č. 2 Charakteristické fyzikálně-mechanické vlastnosti zemín

Geotechnický typ	Třída (dle ČSN 73 6133)	$W_n$	$W_L$	$W_p$	$I_p$	$I_c$	$C_u$	$C_c$	$\phi_{ef}$ (°)	$c_{ef}$ kPa	$E_{def}$	$\nu$ ( )	$\rho_n$
		%	%	%							MPa		Mg.m <sup>-3</sup>
Q1 a Q2	F8 CH, CV, CE, F6 CI, F4 CS	27	54	23	31 (8-58)	0.9 (0.6-1.5)	25	1-2	13-25	10-20	3 (2-10)	0.40	1.9-2.0
Q5 a Q6	S3 S-F, S5 SC, S4 SM	16 (8-35)	-	-	(0-10)	-	85	8	26	2	30	0.36	19
Q3 a Q4	G3 G-F, G1 GW, G2 GP, G5 GC	-	-	-	-	-	287	1.1	31	2	60	0.36	19
N1 a N2	F8 CV, CH	23 - 28	58 - 64	21 - 27	37 (21-48)	0.95 (0.7-1.2)	4-6	0.4-0.5	17-30	34-55	4-14	0.42	2.0

**Vysvětlivky k tabulce č. 2:**

$W_n$  – vlhkost zeminy v přirozeném uložení (%)

$W_L$  – vlhkost zeminy na mezi tekutosti (%)

$W_p$  – vlhkost zeminy na mezi plasticity (%)

$I_p$  – číslo plasticity (1)

$I_c$  – stupeň konzistence (1)

$C_u$  – číslo nestejnozrnnosti (1)

$C_c$  – číslo křivosti křivky zrnitosti (1)

$\phi_{ef}$  – efektivní úhel vnitřního tření (°)

$c_{ef}$  – efektivní soudržnost zeminy (kPa)

$E_{def}$  – modul přetvárnosti základové půdy (MPa)

$E_{oed}$  – edometrický modul základové půdy (MPa)

$\beta$  – převodní součinitel mezi  $E_{def}$  a  $E_{oed}$  (1)

$\nu$  – Poissonovo číslo (1)

$\rho_n$  – objemová hmotnost vlhké zeminy (Mg.m<sup>-3</sup>)

Tabulka č. 3 Edometrický modul a modul přetvárnosti terciérních jílu při různých zatěžovacích stupních

$\beta$	Zatěžovací stupeň (MPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$E_{def}$ (MPa)
0.37	0,110 - 0,200	7.85	2.90
0.37	0,200 - 0,300	10.00	3.70
0.37	0,300 - 0,400	11.10	4.10
0.37	0,400 - 0,500	12.20	4.50

## 4.2. Hydrogeologické poměry

Hydrogeologické poměry byly v trase ověřovány na základě údajů z provedených jádrových vrtů. Tyto údaje byly doplněny o měření hladiny podzemní vody v několika studnách zjištěných podél trasy. Vzhledem ke stavebnímu záměru nebyly v trase traťového úseku Kojetín - Přerov prováděny vystrojené (monitorovací) vrty.

Ve všech provedených jádrových vrtech byla hladina podzemní vody naražena v kvartérní zvodni, vázané převážně na fluvialní písčité štěrky a písky. Pouze ve vrtu J51 byla naražena mimo kvartérní zvodně i hlubší hladina vody v terciérní zvodni. Tento druhý horizont podzemní vody může být lokálně vázán na málo mocné, a tudíž z hlediska zakládání nevýznamné vložky (v řádu do několika cm) propustnějších písků, v souvrství nepropustných terciérních jílu. Z následující tabulky č. 4 a z geologických profilů vrtů vyplývá, že ve vrtech jsme zastihli převážně průlinovou vodu, s volnou nebo mírně napjatou hladinou, vázanou na fluvialní písčité štěrky a písky.

Tabulka č. 4 - Ověřené hladiny podzemních vody v průzkumných vrtech

Označení vrtu/datum měření	Nad. výška vrtu (m n. m.)	Zvodněný kolektor	Úroveň naražené hladiny podzemní vody (m p.t.)	Nad. výška naražené hladiny podzemní vody (m n.m.)	Úroveň ustálené hladiny podzemní vody (m p. t.)	Nad. výška ustálené hladiny podzemní vody (m n.m.)
J51 (1.2.2018)	195.83	fluvialní štěrk, miocénní písek	2.60 11.70	193.77 184.13	2.50	193.87
J52 (20.12.2017)	196.37	fluvialní štěrk	1.70	194.13	1.70	194.13
J1 (19.12.2017)	196.47	fluvialní štěrk	2.20	194.27	2.00	194.47
J2 (19.12.2017)	196.10	fluvialní štěrk	2.00	194.10	1.90	194.20
J3 (18.12.2017)	194.30	fluvialní písek	4.40	189.90	4.10	190.20
J4 (18.12.2017)	196.19	fluvialní štěrk	2.60	193.59	1.90	194.29
J5 (20.12.2017)	194.75	fluvialní štěrk a písek	3.90	190.85	3.80	190.95
J6 (8.2.2018)	192.51	fluvialní štěrk a písek	3.00	189.51	2.30	190.21
J7 (20.12.2017)	193.26	fluvialní štěrk	3.50	189.76	3.40	189.86
J8 (7.2.2018)	193.52	fluvialní štěrk a písek	3.36	190.16	1.60	191.92
J9 (7.2.2018)	193.51	fluvialní štěrk	4.20	189.31	1.50	192.01
J10 (7.2.2018)	193.10	fluvialní štěrk	3.00	190.10	2.10	190.00
J11 (6.2.2018)	192.63	fluvialní štěrk, písek a jíl písčité	2.00	190.63	1.90	190.73
J12 (8.2.2018)	193.05	fluvialní štěrk	3.00	190.05	1.80	191.25
J13 (12.2.2018)	192.42	fluvialní štěrk a písek	2.00	190.42	1.55	190.87
J14 (15.1.2018)	194.97	fluvialní štěrk	6.10	188.87	4.20	190.77
J15 (11.1.2018)	195.35	fluvialní štěrk	6.50	188.85	4.40	190.95
J16 (12.1.2018)	192.91	fluvialní štěrk	3.20	189.71	2.10	190.81

J17 (10.1.2018)	192.61	fluviální písek a štěrk	3.40	189.21	1.80	190.81
J18 (16.1.2018)	192.40	fluviální štěrk a písek	3.30	189.10	1.80	190.60
J19 (15.1.2018)	192.32	fluviální štěrk	3.80	188.52	1.35	190.97
J20 (16.1.2018)	192.50	fluviální štěrk a písek	3.70	188.80	1.60	190.90
J21 (16.1.2018)	195.33	fluviální písek	5.40	189.93	4.40	190.93
J22 (12.1.2018)	195.66	fluviální štěrk	6.00	189.66	3.40	192.26
J24 (10.1.2018)	192.89	fluviální štěrk a písek	3.50	189.39	1.60	191.29
J25 (9.1.2018)	196.20	fluviální štěrk a písek	4.40	191.80	4.23	187.57
J26 (8.1.2018)	196.25	fluviální štěrk a písek	4.40	191.85	4.20	192.05
J27 (10.1.2018)	195.41	fluviální štěrk a písek	3.50	191.91	3.20	192.21
J28 (9.1.2018)	196.61	fluviální štěrk	4.70	191.91	4.60	192.01
J29 (17.1.2018)	195.09	fluviální štěrk	3.30	191.79	3.00	192.09
J30 (17.1.2018)	195.38	fluviální štěrk a písek	3.00	192.38	2.80	192.58
J31 (18.1.2018)	195.26	fluviální štěrk a písek	3.40	191.86	3.00	192.26
J32 (18.1.2018)	195.68	fluviální písek	2.80	192.88	2.75	192.93
J33 (19.1.2018)	196.33	fluviální štěrk	-	-	-	-
J34 (19.1.2018)	196.68	fluviální štěrk	2.80	193.88	2.80	193.88
J36 (19.1.2018)	197.28	fluviální štěrk	3.40	193.88	3.00	194.28
J37 (23.1.2018)	197.88	fluviální písek a štěrk	2.80	195.08	2.40	195.48
J38 (22.1.2018)	198.14	fluviální písek a štěrk	2.50	195.64	2.10	196.04
J39 (23.1.2018)	198.44	fluviální štěrk	2.40	196.04	2.20	196.24
J40 (22.1.2018)	198.73	fluviální štěrk	3.00	195.73	2.60	196.13
J41 (26.1.2018)	199.32	jíl písčitý	2.50	196.82	2.50	196.82
J42 (26.1.2018)	200.60	fluviální štěrk a písek	3.20	197.40	3.20	197.40
J43 (24.1.2018)	201.76	fluviální štěrk	3.50	198.26	2.50	199.26
J44 (25.1.2018)	202.62	fluviální štěrk a písek	4.60	198.02	3.40	199.22
J45 (29.1.2018)	202.77	fluviální písek	2.80	199.97	2.70	200.07
J46 (29.1.2018)	203.32	fluviální písek	2.90	200.42	2.80	200.52
J47 (29.1.2018)	204.21	fluviální písek	4.80	199.41	2.60	201.61
J48 (29.1.2018)	204.18	jíl písčitý	2.80	201.38	2.80	201.38
J49 (29.1.2018)	204.71	fluviální štěrk	-	-	2.80	201.91
J50 (30.1.2018)	204.56	fluviální štěrk	2.50	202.06	1.50	203.06
		<b>minimum</b>	<b>1.70</b>	<b>188.52</b>	<b>1.35</b>	<b>189.86</b>
		<b>maximum</b>	<b>6.50</b>	<b>202.06</b>	<b>4.60</b>	<b>203.06</b>

Pozn.: Ustálená hladina podzemní vody byla měřena převážně 24 hod. po odvrtání a odpažení vrtu.

Tabulka č. 5 Ověřené hladiny podzemních vody ve studnách

Označení studny/km staničení	X	Y	Z	Hladina p. v. (m p. t.)		Nadmořská výška hladiny (m n. m.)	
				13.12.2017	18.4.2018	13.12.2017	18.4.2018
St-1/72.53	1149238,43	545737,14	196,77	4.10	4.03	191.97	192.04
St-2/76.92	1147293,62	541888,67	196,53	4.20	4.00	192.03	192.23
St-3/83.07	1143203,37	537278,80	202,70	7.30	2.80	194.67	199.17

Protože na lokalitě v rámci průzkumných prací nebyly požadovány vystrojené vrty a čerpací zkoušky, nemáme dostatek informací o vodním režimu a sezónním kolísání hladiny podzemní vody. Ve shodě s výsledky archivních průzkumů předpokládáme, že úroveň hladiny podzemní vody bude sezónně kolísat v rozmezí maximálně do 0,5 metru, v závislosti na atmosférických srážkách.

Hodnoty filtračních součinitelů byly stanoveny na všech odebraných vzorcích zemin na základě zrnitostních křivek výpočtem dle Jákyho. Zjištěné hodnoty koeficientů filtrace jsou uvedeny ve výsledcích laboratorních zkoušek a v protokolech zrnitostních rozborů. Níže uvedená tabulka uvádí orientační hodnoty koeficientů filtrace hlavních geotechnických typů zemin a jejich zařazení do tříd propustnosti dle klasifikace J. Jetela.

Tabulka č. 6 Koeficienty filtrace a klasifikace zemin dle tříd propustnosti

Zemina – GT typ	Koeficient filtrace $K_f$ (m.s <sup>-1</sup> )	Třídy propustnosti dle J. Jetela
Q1, Q2: Náplavové jíly - F4 CS, F6 CI, F8 CH, CV, CE	$1 \cdot 10^{-7}$ až $1 \cdot 10^{-11}$	VII - VIII velmi slabě propustné až nepatrně propustné
Q5, Q6: Fluvialní písky - S3 S-F, (S4 SM, S5 SC)	$1 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-6}$	III – V dosti silně až dosti slabě propustné
Q3, Q4: Fluvialní štěrky písčité - G3 G-F, (G1 GP, G2 GP, G5 GC)	$1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-4}$	II až III silně propustné až dosti silně propustné
N1, N2: Terciární jíly - F8 CV, F8 CH, (F6 CI, F4 CS)	$1 \cdot 10^{-9}$ až $1 \cdot 10^{-11}$	VIII nepatrně propustné až nepropustné

Hydrogeologické posouzení zasakování v ŽST Kojetín, které bylo dodatečně provedeno, je součástí přílohy 2.

#### 4.3. Chemismus podzemní vody a vyhodnocení agresivity podzemních vod

Vzorky podzemní vody byly odebírány z vrtu pro daný objekt (1 vzorek), u mostu přes Moravu byly odebrány dva vzorky. Na vzorcích byl proveden základní chemický rozbor, se zaměřením na agresivitu na betonové a ocelové konstrukce. Protokoly laboratorních rozborů jsou uvedeny v přílohové části v jednotlivých pasportech.

Z výsledků laboratorních rozborů a po srovnání s regionálními hydrogeologickými údaji (Krásný J., 2012) řadíme podzemní vodu kvartérní zvodně převážně k chemickému typu Ca-HCO<sub>3</sub>. Celková mineralizace kolísá v rozsahu stovek mg/l. V některých místech se projevuje vliv méně mineralizovaných povrchových vod, které jsou charakterizovány zvýšeným obsahem síranů (obsah síranů nad 200 mg/l zjištěn ve vrtech J16, J52). Analyzované vody jsou vesměs slabě kyselé až slabě zásadité (pH 6.6 - 7.9), s tvrdostí odpovídající převážně středně tvrdým až velmi tvrdým vodám.

Hodnocení podle ČSN 03 8375 a dle ČSN EN 206-1 Beton - 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda je součástí vyhodnocení vod v jednotlivých pasportech objektů.

Obecně lze konstatovat, že na ocel je podzemní voda většinou velmi vysoce agresivní konduktivitou, případně agresivním CO<sub>2</sub>. Na betonové konstrukce dle ČSN EN 206-1 Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda vykazuje podzemní voda převážně stupně agresivity XA1 až XA2 – voda je slabě agresivní až středně agresivní zvýšeným obsahem CO<sub>2</sub> agresivního dle Heyera.

#### 4.4. Zemní práce a třídy těžitelnosti

Z hlediska klasifikace zemin a hornin do tříd rozpojitelnosti a těžitelnosti platí od února 2010 ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Podle této normy patří všechny kvartérní i terciérní sedimenty ověřené v trase **do třídy I**. Těžba těchto zemin bude prováděna běžnými výkopovými mechanismy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy).

V geologické dokumentaci vrtů a v geotechnických pasportech objektů (část C) jsou uváděna i zařazení podle dnes již neplatné ČSN 73 3050. Podle této normy zeminy zastižené v průzkumných sondách zařazujeme do 1. až 4. třídy těžitelnosti.

### 5. ZÁVĚR

Souhrnná závěrečná zpráva podává celkový přehled o rozsahu a metodice provedeného inženýrskogeologického, geotechnického a hydrogeologického průzkumu v trase traťového úseku Kojetín – Přerov. Tato zpráva je součástí dokumentace pro územní řízení - (DÚR) stavby "Modernizace trati Brno – Přerov, 5. stavba Kojetín – Přerov".

Souhrnná závěrečná zpráva hodnotí základní přírodní charakteristiky zájmového území a podrobně vyhodnocuje geologické, inženýrskogeologické, hydrogeologické a geotechnické poměry.

Výsledky a výstupy jednotlivých dílčích průzkumných prací jsou předmětem samostatných závěrečných zpráv uvedených v příslušných částech předkládané závěrečné zprávy (části B - G).

Hydrogeologické posouzení zasakování v ŽST Kojetín, které bylo dodatečně provedeno, je součástí přílohy 2 Souhrnné závěrečné zprávy.

### 6. LITERATURA A MAPOVÉ PODKLADY

Czudek, T.(1972): Geomorfologické členění ČSR. ČSAV - Geografický ústav Brno

ČD S4 Železniční spodek

ČSN EN 1997-1, Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: obecná pravidla

ČSN EN 1998 – 1, Eurokód 8 Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení, část I Obecná pravidla, seizmická zatížení, pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1536 Provádění geotechnických prací – vrtané piloty

ČSN 73 6133 (2010) Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 25 – 13 Přerov. -ČGÚ 1996, red. listu P. Pálenský

Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 24 – 42 Kojetín. -ČGÚ 1992, red. listu J. Dorníč

Krásný,J. (2012): Podzemní vody České republiky. ČGS Praha.

Olmer, M. a kol. (2006) : Sborník geologických věd, Hydrogeologie, inženýrská geologie, Hydrogeologická rajonizace České republiky, č. 23.- ČGS Praha.

Quitt, E. (1975): Klimatické oblasti České republiky 1 : 500 000. - Geografický ústav ČSAV Brno.

Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. List 25-13 Přerov.- ČGÚ, Praha.

webové podklady:

- Mapové aplikace - Česká geologická služba. [online]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>
- Mapové aplikace. [online]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz>
- Základní mapy ČR. [online]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>

**Při zpracování programu Metodika vyhodnocení dynamických penetrací (Ing. Miroslav Šedivý) se vycházelo nebo bylo přihlédnuto k těmto zdrojům:**

	Polní geotechnické metody, sborník přednášek, Liberec 1982
Matys, Ľavoda, Cuninka	Polné skúšky zemín, alfa, 1990
	Penetrační sondování soupravami SG-82 a Polytest a jeho vyhodnocování, Metodická instrukce pobočky ČSVTS č.7, Stavební geologie n.p. Praha, 1986
Hulla, Turček, Balzak, Klepsatel	Predpoklady a skutočnosť v geotechnickom inžinierstve, Jaga, Bratislava 2002
	ČSN EN ISO 22476-2 Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky, Část 2 : Dynamická penetrační zkouška
Sabatini, Bachus, Mayne, Schneider, Zettler	GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRKULAR NO.5 Evalution of Soil and Rock Properties, GeoSyntec Consultants, Atlanta 2002
Herrick, Jones	A Dynamic Cone Penetrometer for Measuring Soil Penetration Resistence (publikováno v Soil Sci.Soc. Am. J. 6:1320-1324 (2002)  NOTES on the STANDARD PENETRATION TEST, GE 441, Advanced Enginnering geology & geotechnics, 2004
Hideki Saito	A study on new soil investigation Metod usány seismic Wales generated by dynamic penetration test, Oyo Corp, Japan, 2005

**Při zpracování programu Metodika vyhodnocení statických penetrací (Ing. Miroslav Šedivý) se vycházelo nebo bylo přihlédnuto k těmto zdrojům:**

R.D.Holtz, W.D.Kovacs	An Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice-Hall, 1981
R.Hulman, D.Grambličková, M.Letavay	Vzt'ah mechanických a fyzikálnych vlastností zemín určených pomocou viacnásobnej korelácie, Zborník vedeckých prác stavebnej fakulty Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave 1982  Polní geotechnické metody, Liberec 1982, sborník přednášek.

Matys, Ťavoda, Cuninka	Polné skúšky zemín, Alfa Bratislava 1990
Ch.R.Daniel,J.A.Howie	A method for correlation large penetration test (LPT) to standard penetration test (SPT) blow counts, Can.Geotech.J.40 : 66-77 (2003)
Huai-Houh Hsu, An-Bin Huang	Calibration of Cone Penetration Test in Sand, Proc.Natl.Sci. Counc.ROC(A),vol.23,No.5,1999. pp. 579-590
National Cooperative Highway Research Program	NCHPR SYNTHESIS 368, Cone Penetration Testing, A Synthesis of Highway Practice, Washington 2007
A.McGillivray,T.Casey,P.W.Mayne, J.A.Scheider	An Electro-Vibrocone for Evalution of Soil Liquefaction Potential
András Mahler	Use of Cone Penetration Test in Pile Design, Department of Geotechnics Budapest University of technology and Economist H-1521, Budapest, Hungary, December 1, 2004  Cone Penetration Test Index Sheet 1.0 (CPT 1.0), Minnesota Department of Transportation Geotechnical Section.
Thomas Bennert, Ali Maher,Nerad Gucunski	Evalution of Geotechnical Desing Parameters Using the Seimic Piezocone, Dept. of Civil & Enviromental Engineering Centre for Advanced Infrastructure & Transportation (CAIT) Rutgers, The State University Poscataway, NJ 08854-8814
T.Lunne,P.K.Robertson,J.J.M.Powell	Cone Penetration testing, Blackie Academic & Professional, Taylor&Francis 2007
J.J.M.Brouwer	Guide to Cone Penetration Testing, Lankelma, 2002
H.Lahuta	Příspěvek k využití statické penetrace pro stanovení smykové pevnosti zemin, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, 2005
R.F.Craig	Craig´s Soil Mechanics, seventh edition, Spon Press, Taylor&Francis Group, 2004
P.J.Sabatiny,R.C.Bachus,P.W.Mayne, J.A.Scheider, T.E.Zettler	Evalution of Soil and Rock Properties, Geotechnical Engineering Cirkular No.5, 2005

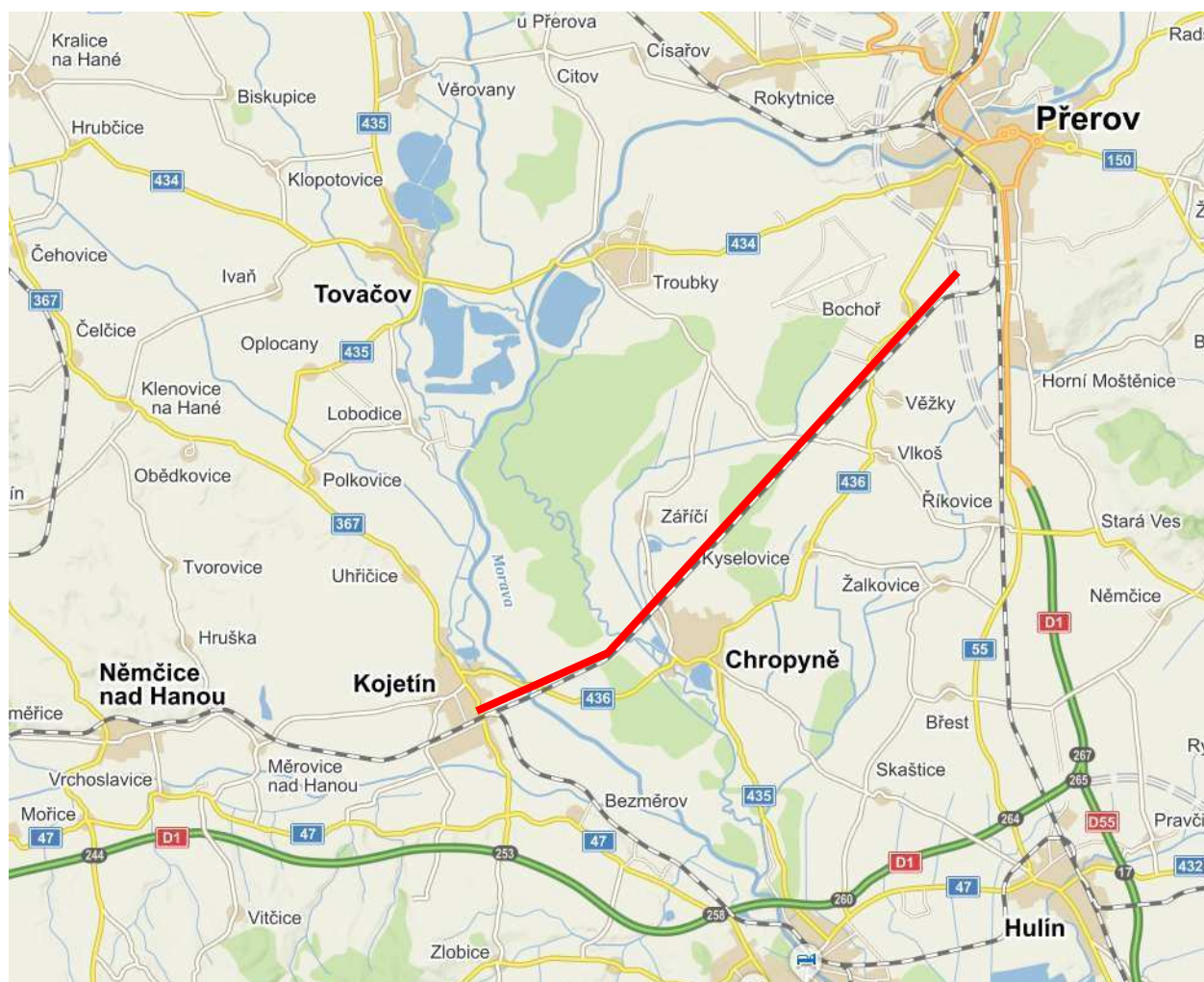


**PŘÍLOHOVÁ ČÁST****OBSAH:**

1. Přehledná situace území
2. Hydrogeologické posouzení zasakování v ŽST Kojetín

Název zakázky:	Kojetín - Přerov, průzkum		
Číslo zakázky:	2017-429	Objednatel:	MORAVIA CONSULT Olomouc a. s.
Datum:	10/2019	Zpracoval:	Ing. Ondřej Lubojacký
Počet stran:	9	Schválil:	Mgr. Filip Dudík

## PŘEHLEDNÁ SITUACE



Zájmové území

Název zakázky:	Kojetín - Přerov, průzkum		
Číslo zakázky:	2017-429	Objednatel:	MORAVIA CONSULT Olomouc a. s.
Datum:	10/2019	Zpracoval:	Mgr. Jaromír Sloboda
Počet stran:	1	Schválil:	Mgr. Filip Dudík

**HYDROGEOLOGICKÉ POSOUZENÍ ZASAKOVÁNÍ V ŽST. KOJETÍN**

Název zakázky:	Kojetín - Přerov, průzkum		
Číslo zakázky:	2017-429	Objednatel:	MORAVIA CONSULT Olomouc a. s.
Datum:	10/2019	Zpracoval:	Ing. Ondřej Lubojacký
Počet stran:	8	Schválil:	Mgr. Filip Dudík

## 1. ÚVOD

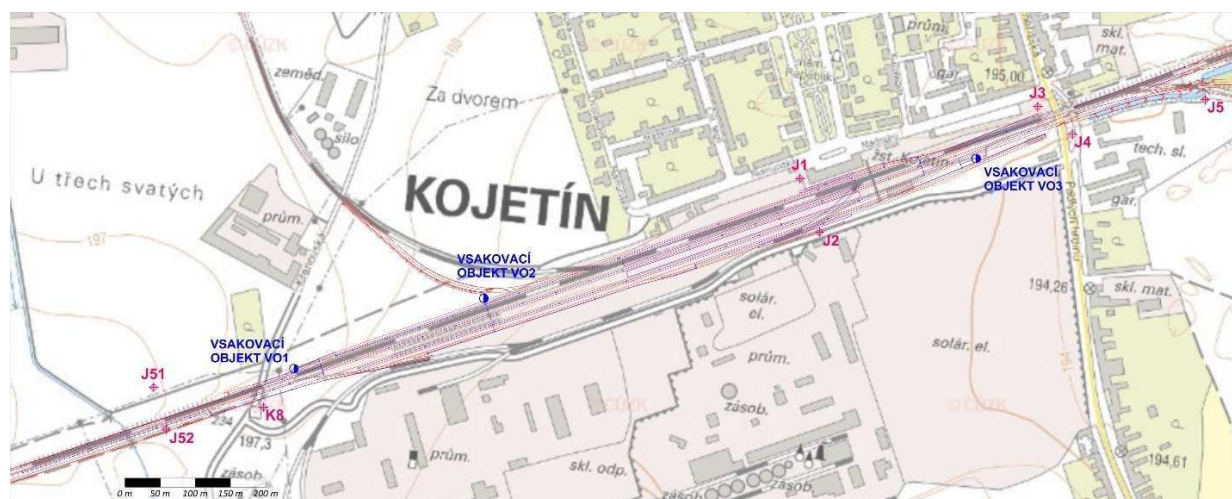
V rámci předběžného průzkumu pro stavbu „Modernizace trati Brno - Přerov, 5. stavba Kojetín – Přerov“ byly posouzeny hydrogeologické poměry v železniční stanici (ŽST) Kojetín za účelem možnosti likvidace srážkových vod zasakováním do horninového prostředí.

Cílem prací bylo zhodnocení hydrogeologických poměrů zájmové lokality ve vztahu k možnosti likvidace atmosférických srážek z projektovaných odvodňovacích drenáží zasakováním do horninového prostředí.

Pro odvodnění jsou v ŽST Kojetín navrženy 3 vsakovací objekty VO1 až VO3, přičemž část drenáže ze stanice za silničním podjezdem je vyústěna do propustku.

Pro hydrogeologické posouzení byly použity vrtý realizované v rámci průzkumu J1 až J5, J51, J52 a K8. Přehledná situace zájmového území se znázorněním použitých vrtů a projektovaných vsakovacích objektů je přehledně znázorněna na výřezu geologické mapy na obrázku č. 1.

**Obrázek č. 1 Situace ŽST Kojetín s projektovanými vsakovacími objekty a realizovanými průzkumnými vrtý**





## 2. HYDROGEOLOGICKÉ POSOUZENÍ ZASAKOVÁNÍ

### 2.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉ LOKALITY

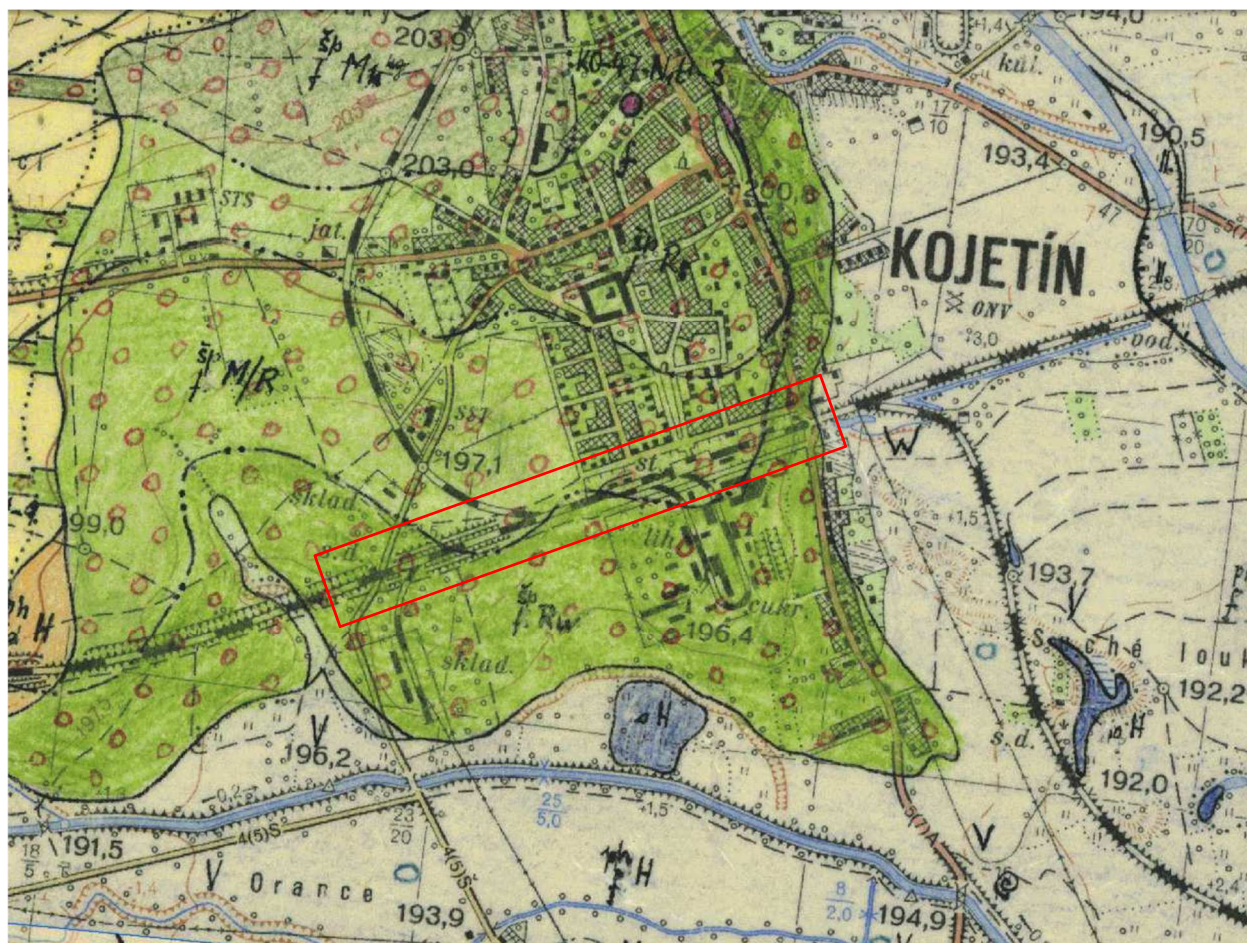
Na geologické stavbě zájmového území (prostor ŽST Kojetín) a jeho blízkého okolí se dle regionálně geologického členění podílí následující regionálně geologické jednotky:

1. neogén Hornomoravského úvalu (soustava: Karpaty; oblast: karpatská předhlubeň; region: střední část karpatské předhlubně; jednotka: neogén Hornomoravského úvalu) a

2. kvartér extraglaciálních oblastí Českého masivu (soustava: Český masiv – pokryvné útvary; oblast: kvartér; region: kvartér akumulčních oblastí Českého masivu; jednotka: kvartér extraglaciálních oblastí Českého masivu; subjednotka: moravské úvaly).

Geologická stavba zájmového území je přehledně znázorněna na výřezu geologické mapy na obrázku č. 2.

Obrázek č. 2 Výřez geologické mapy M-33-95-D-c (Kojetín)



#### Legenda:

$\text{sp}_i\text{M/R}$ ..... štěrkopísky spodní akumulace hlavní terasy  
 $\text{sp}_i\text{Mk}$ ..... štěrkopísky kojetínské terasy  
 $\text{ph}_i\text{H}$ ..... fluvialní písčitohlinité holocenní sedimenty

$\text{sp}_i\text{Rs}$ ..... štěrkopísky svrchní akumulace hlavní terasy  
 $\text{sp}_i\text{Rw}$ ..... štěrkopísky svrchnopleistocenní terasy  
 $\text{s}_i\text{H}$ ..... slatinné zeminy a hnílokalý

### **Předkvartérní podklad**

Předkvartérní podklad je v zájmovém území a jeho okolí tvořen marinními sedimenty neogénu Hornomoravského úvalu a ze stratigrafického hlediska jsou řazeny do stupňů karpát a báden. Zpravidla se jedná o zelenošedé až modrošedé vápnité jíly s proměnlivou příměsí jemnozrnné písčité frakce, místy až s hojnými proplásky jemnozrnných prachovitých písků zpravidla milimetrové mocnosti (ojediněle dosahujících mocnosti prvních centimetrů, výjimečně až 10 cm). V souvrství vápnitých jílu se lokálně objevují i čočkovité polohy písčitých štěrků o mocnosti řádově prvních metrů, které se vyskytují zejména jako bazální vrstva, tzv. bazální klastika. Neogenní vápnité jíly byly v podloží kvartérních sedimentů ověřeny všemi provedenými vrty, vyjma vrtu J5, který byl ukončený v kvartérních štěrcích.

Povrch neogenních jílu byl zastižen poměrně mělce pod terénem v hloubce od 2,5 do 5,85 m, tj. 190,3 až 193,6 m n.m. s průměrnou úrovní 192,3 m n.m.

Dle ČSN 73 6133 jsou neogenní jíly klasifikovány jako jíl vysoce plastický (F8 CH), místy přechází do jílu s velmi vysokou plasticitou (F8 CV) či do hlín s vysokou plasticitou (F7 MH).

### **Kvartérní pokryv**

Kvartérní pokryv je v oblasti ŽST Kojetín tvořen výhradně fluviálními sedimenty. Přímo na předkvartérní podklad nasedají štěrkopísky starších pleistocenních teras Moravy. Terasové sedimenty jsou detailněji rozčleněny dle stratigrafického stáří na štěrkopísky terasy stupně mindel až riss a štěrkopísky mladopleistocenní terasy würmského stáří.

Dle provedených vrtů se jedná o hnědošedé až šedé, místy shora hnědé polymiktní písčité štěrky s převahou křemene, valouny jsou dokonale zaoblené až zaoblené velikosti 0,2 až 4 cm, méně 6 až 10 cm. Místy štěrky přechází ve štěrkovité písky až písky, nebo obsahují vložky písčitých sedimentů, jak bylo ověřeno vrty J3 a J5.

Dle ČSN 73 6133 jsou kvartérní štěrky klasifikovány jako štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy (G3 G-F), písčité sedimenty jsou zařazeny jako písek s příměsí jemnozrnné zeminy (S3 S-F).

Nadloží fluviálních písčitoštěrků je tvořeno jemnozrnnými, proměnlivě písčitými fluviálními jíly. V některých částech byly tyto zeminy odstraněny a nahrazeny navážkami, které nasedají přímo na kvartérní štěrky. Fluviální jíly byly ověřeny vrty J1, J3, J5, J51 a K8. Mocnost se pohybuje od 0,4 do 2,4 m s průměrem 1,3 m.

Tyto zeminy byly dle ČSN 73 6133 klasifikovány jako jíl středně až vysoce plastický (F6 CI – F8 CH) a jíl písčitý až písek jílovitý (F4 CS – S5 SC).

Recentní patro představují antropogenní navážky, jež se vyskytují zejména jako konstrukční vrstvy komunikací, či jimi vyplněny přirozené deprese v terénu. Jedná se o heterogenní směs zemin, převážně místního původu, často se stavební sutí. Antropogenní navážky byly ověřeny vrty J1, J2, J3, J4, J5 a J52 v mocnostech od 1,2 do 3,1 m s průměrnou hodnotou 1,8 m.

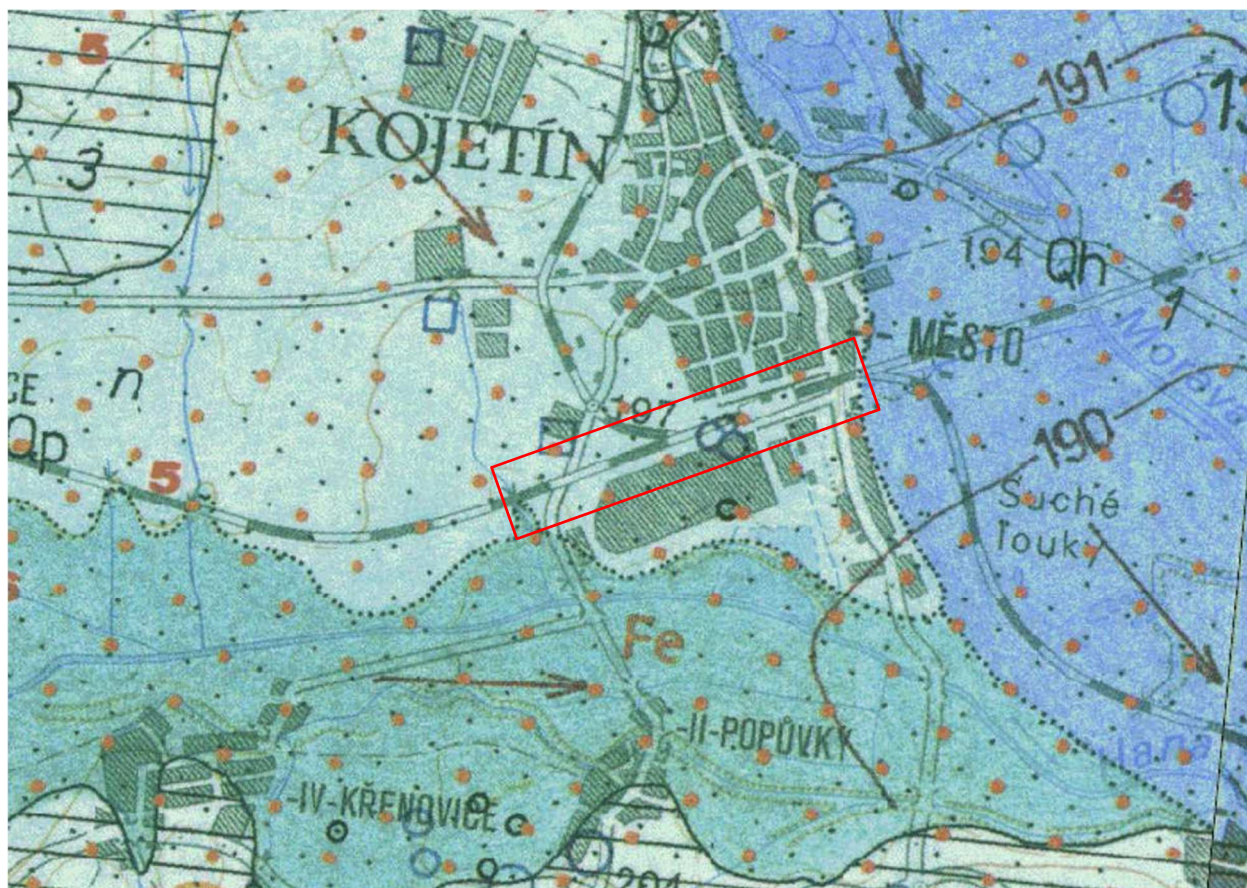


## 2.2 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY




### Hydrogeologické poměry

Hydrogeologické poměry jsou přehledně znázorněny ve výřezu hydrogeologické mapy 1 : 50 000 (list 24-42 Kojetín).

**Obrázek č. 3 Výřez hydrogeologické mapy 24-42 Kojetín**



LEGENDA:

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1 |  | fluviální písčitohlinité sedimenty údolní nivy Moravy (kvartér-holocén)<br>$T = 1,7 \times 10^{-3} - 3,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ $s_y < 0,30$              |
| 2 |  | fluviální písčitohlinité sedimenty údolní nivy Hané pod Vyškovem (kvartér-holocén)<br>$T = 2,43 \times 10^{-4} - 2,67 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ $s_y < 0,52$ |
| 5 |  | fluviální písčité štěrky nerozlišených vyšších teras<br>$T = 5,0 \times 10^{-5} - 5,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ $s_y$ nelze stanovit                         |

Realizovanými průzkumnými pracemi doplněnými o archivní údaje byl v zájmovém území ověřen jeden průlinově propustný kolektor v písčitých a štěrkovitých sedimentech vyšší fluviální pleistocenní terasy, na který je vázána hlavní freatická zvodně. Z geologických profilů jednoznačně vyplývají hydrogeologické funkce jednotlivých vrstev na lokalitě, jenž lze z hydrogeologického hlediska charakterizovat následovně:

- **fluviální jíly a písčité jíly** - plní funkci nadložního poloizolátoru kvartérní zvodně. Vzhledem k malé propustnosti výrazně zpomalují infiltraci dešťových srážek do kvartérního kolektoru. tyto zeminy rovněž tvoří přirozenou, ale ne zcela souvislou hydraulickou bariéru na stropu kolektoru.
- **fluviální písky a štěrky** - plní hydrogeologickou funkci kolektoru s hlavní freatickou zvodní. Jedná se o systém s volnou až mírně napjatou hladinou. Povrch

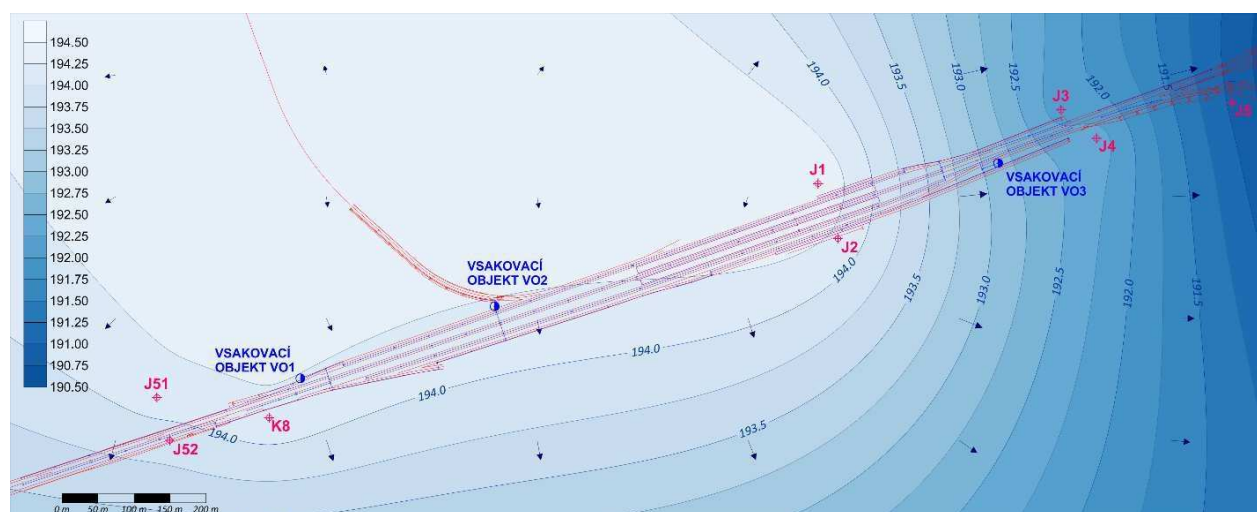
propustných písكوšterků byl ověřen v hloubce 1,2 až 4,4 m, tj. v úrovni 190,4 až 194,9 m n.m. Mocnost kolektoru se pohybuje od 0,9 do 2,6 m.

- **neogenní jíly** - z hydrogeologického hlediska plní funkci podložního izolátoru kvartérní zvodně. Jejich odhadovaná mocnost minimálně jednotky až desítky metrů nepřipouští možnost komunikace s hlubším geohydrodynamickým systémem vyvinutým v bazálních klastikách bádenu a karpátu. Povrch neogenních jílu je v hloubce 2,5 až 5,9 m, tj. v úrovni 190,3 až 193,6 m n.m.

Průlinový kolektor ve štěrcích a písčitých štěrcích údolní terasy lze charakterizovat jako dosti silně až silně propustný. Koeficient filtrace byl na základě provedených granulometrických analýz stanoven empirickým vztahem dle Jákyho a pohybuje se pro fluviální písčité štěrky v rozmezí  $k_f = 8,9 \times 10^{-4}$  až  $4,6 \times 10^{-3}$  m/s s průměrnou hodnotou  $k_f = 2,0 \times 10^{-3}$  m/s. Propustnost písčito-štěrkového kolektoru je dle Jetelovy klasifikace dosti silná až silná – II. až III. třídy. Mocnost zvodně koresponduje s mocností kolektoru. nesaturovaná zóna kolektoru byla zjištěna jen vrty J1, J3 a J5 v mocnosti 0,1 až 0,6 m.

Freatická zvodně nacházející se ve štěrcích a písčitých štěrcích terasy (kvartérní průlinový kolektor) je v celém zájmovém území souvislá s volnou až mírně napjatou hladinou. Ustálená hladina podzemní vody se nachází v úrovni 190,95 až 194,50 m n.m. Napjatost hladiny (úroveň hladiny nad stropem kolektoru) se pohybuje od 0,3 do 1,0 m. Úroveň hladiny podzemní vody v oblasti ŽST Kojetín v době provádění průzkumných prací uvádí tabulka č. 1. Generelní směr proudění podzemní vody je znázorněn na následujícím obrázku spolu s úrovní hladiny podzemní vody formou hydroizohyps.

**Obrázek č. 4 Mapa hydroizohyps a vektory směru proudění podzemní vody**



**Tabulka č. 1 Záměry úrovní hladiny podzemní vody**

Vrt	Hloubka	X [S-JTSK]	Y [S-JTSK]	Z [Bpv]	Datum	NH [m]	USH [m]	Z-USH [Bpv]
J1	8	1 149 336.41	546 076.63	196.47	12.19.2017	2.20	2.00	194.47
J2	8	1 149 412.38	546 049.16	196.10	12.19.2017	2.00	1.90	194.20
J3	10	1 149 234.04	545 738.68	196.19	12.18.2017	4.40	4.10	192.09
J4	10	1 149 273.80	545 689.56	194.30	12.18.2017	2.60	1.90	192.40
J5	6	1 149 224.44	545 500.69	194.75	12.20.2017	3.90	3.80	190.95
J51	15	1 149 633.36	546 996.05	195.83	1.2.2018	1.70	1.70	194.13
J52	15	1 149 692.65	546 977.92	196.37	20.12.2017	2.60	2.50	193.87
K8	15	1 149 661.16	546 840.06	197.08	27.8.2018	2.60	2.90	194.18

Vysvětlivky: NH...naražená hladina USH...ustálená hladina



Dotace kvartérního kolektoru v zájmovém území se uskutečňuje výhradně přítokem podzemní vody z infiltračních oblastí ležících v předpolí lokality, cca severozápadně od Kojetína. Rozkyvy hladiny podzemní vody závisí na vydatnějších atmosférických srážkách v jarních a podzimních měsících a rovněž s táním sněhové pokrývky. Běžný roční rozkyv hladin očekáváme nejvýše do 0,5 metru.

## 2.3 POSOUZENÍ PODMÍNEK PRO ZASAKOVÁNÍ

Horninové prostředí je v oblasti ŽST Kojetín do hloubky 1,2 až 4,4 m tvořeno jíly a písčitymi jíly tříd F8, F6a F4. Tyto soudržné sedimenty dle tabulky E.1 přílohy E ČSN 75 9010 zařadíme do skupiny V.3 a pro zasakování jsou nevhodné až podmíněčně vhodné. Součinitel filtrace stanovený empiricky ze vzorku písčitého jílu F4 z vrtu J1 činí  $k_f = 1,6 \times 10^{-7}$  m/s.

Pod fluviálními jíly se nachází vrstva štěrkoísků hlavní terasy. Tyto zeminy byly klasifikovány jako písek s příměsí jemnozrnné zeminy S3 a štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy G3 a z hlediska zrnitostního složení jsou tedy vhodné pro zasakování dešťových srážek a dle tabulky E.1 přílohy E ČSN 75 9010 je zařadíme do skupiny V.1.

Úroveň hladiny podzemní vody se na lokalitě nachází v úrovni stropu vrstvy štěrku a je v hloubce od 2,6 do 4,1 m p.t.. Ve vrtech J2, J4, J51, J52 a K8 byla zjištěna mírně napjatá hladina, která se ustálila 0,3 až 1,0 m nad stropem štěrku. Ve vrtech J1, J3 a J5 se voda ustálila 0,1 až 0,6 m pod stropem štěrku.

**Na základě výše uvedeného klasifikujeme přírodní poměry ve vztahu k zasakování v souladu s čl. 4.3 ČSN 75 9010 jako složité z důvodu výskytu hladiny podzemní vody v úrovni hrubozrnných nesoudržných zemin vhodných pro vsakování.**

Z hlediska geologické stavby území lze uvažovat pouze o vsakování srážkových vod do půdního prostředí pomocí povrchového vsakovacího zařízení. Vsakování srážkových vod do horninového prostředí pomocí podzemního vsakovacího zařízení je nerealizovatelné z důvodu úrovně hladiny podzemní vody, která je v této oblasti mírně napjatá. V úvahu tak přichází vsakování srážkových vod do otevřených průlehů, kde se bude mimo vsaku podílet i evaporace. Pouze v případě stísněných prostorů pro situování otevřeného průlehu se svahovanými stěnami bude nutné přistoupit k realizaci podzemního vsakovacího objektu.

### 2.3.1 Charakteristika vsakovaných vod

Srážkové vody odváděné z projektované stavby můžeme dle ČSN 75 9010 (Vsakovací zařízení srážkových vod) z hlediska jakosti charakterizovat jako „srážkové povrchové vody podmíněčně přípustné“, kde je při návrhu vsakování nutno aplikovat vhodný, pokud možno fyzikální způsob předčištění, a to podle druhu znečištění a typu vsakovacího zařízení. Pro předčištění srážkových vod je možné využít způsoby, jež ČSN 75 9010 uvádí v čl. 5.3.4.

K předčištění srážkových povrchových vod v povrchovém vsakovacím zařízení dochází průsakem přes vrchní vrstvu půdního horizontu (vegetační vrstvu), která je vhodná pro zachycení uhlovodíků, organických sloučenin, kovů, nerozpustných sloučenin kovů, hrubých a jemných nečistot z přípustných a podmíněčně přípustných srážkových povrchových vod (vsakováním přes zatravněnou povrchovou vrstvu dochází k filtraci nerozpustných látek, iontové výměně a adsorpci těžkých kovů a uhlovodíků a k rozkladu biologicky rozložitelného materiálu).

K předčištění srážkových povrchových vod v podzemním vsakovacím zařízení u podmínečně přípustných srážkových povrchových vod se podle typu odvodňované plochy a míry znečištění doporučuje volit vhodná zařízení či jejich kombinaci (např. průlehy, vsakovací nádrže, kalové jímky, mechanické a adsorpční filtry, odlučovače s koalescenčním filtrem), která se předřazují před podzemní vsakovací zařízení.

### 2.3.2 Vsakovací objekt VO 1

Geologické poměry v místě projektovaného vsaku nejlépe charakterizuje vrt K8. Úroveň kanalizačního potrubí v místě vyústění do vsakovacího objektu je 194,73 m, ustálená hladina je v úrovni 194,2 m. Navrhujeme vsakovací objekt realizovat jako povrchový formou průlehu se sklonem svahů 1:1. Dno objektu navrhujeme prohloubit až do zastižení propustných štěrkopísků (předpoklad v úrovni 194,5 m) a jemnozrnné jílovité zeminy v úrovni dna budou nahrazeny vrstvou štěrkopísku s geotextílií, jež bude plnit funkci mechanického filtru. Dno a steny vsakovacího objektu budou překryty vrstvou propustné písčité zeminy a zatravněny.

### 2.3.3 Vsakovací objekt VO 2

Geologické poměry v místě projektovaného vsaku lze vzhledem k absenci vrtu odhadnout z profilů vrtů J1 a K8. Úroveň kanalizačního potrubí v místě vyústění do vsakovacího objektu je 193,21 m, ustálená hladina je v úrovni cca 194,3 m, což je pro zasakování nepřipustné.

Navrhujeme upravit sklony kanalizačního potrubí tak, aby jeho vyústění v místě vsakovacího objektu bylo na kótě cca 194,8 m nebo výše. Pokud tato úprava nebude možná, je další variantou vytvoření retenční podzemní nádrže s přečerpávací jímkou do povrchového průlehu.

Vsakovací objekt navrhujeme řešit jako povrchový průleh identicky s návrhem vsakovacího objektu VO1.

### 2.3.4 Vsakovací objekt VO 3

Geologické poměry v místě projektovaného vsaku nejlépe charakterizují vrty J3 a J4. Úroveň kanalizačního potrubí v místě vyústění do vsakovacího objektu je 194,33 m, ustálená hladina je v úrovni cca 192,25 m.

Vsakovací objekt je navržen v prostoru mezi kolejemi a zde pravděpodobně nebude možné realizovat povrchový průleh díky potřebě svahování jeho stěn a zajištění stability kolejového podloží. Navrhujeme vsakovací objekt realizovat jako podzemní formou vsakovacího drénu. Dno objektu navrhujeme prohloubit až do zastižení propustných štěrkopísků, jejichž povrch lze dle profilů vrtů J3 a J4 očekávat v úrovni 192,35 m. Jemnozrnné jílovité zeminy v úrovni dna budou nahrazeny vrstvou těžného štěrkopísku až do úrovně dna vsakovacího objektu.

Další variantou by bylo umístit vsakovací objekt jižně od kolejiště a provést jej jako povrchový průleh obdobně jak bylo navrženo pro VO 1.

### 3. ZÁVĚR

Předkládaná zpráva prezentuje výsledky hydrogeologického posouzení zasakování pro ŽST Kojetín. Na základě geologických údajů o zájmové lokalitě, získaných z průzkumu byla posouzena schopnost horninového prostředí zasakovat dešťové srážky ze zemní pláně a zpevněných ploch v ŽST Kojetín.

Z provedeného posouzení vyplývají následující závěry:

Zájmová lokalita je pro zasakování odváděných dešťových vod pouze podmíněně vhodná z důvodu složitých geologických podmínek. Svrchní kvartérní pokryv tvoří jílovité a písčito-jílovité málo propustné vrstvy, jež dle tabulky E.1 přílohy E ČSN 75 9010 řadíme do skupiny V.3 a jsou pro zasakování nevhodné.

Propustné a pro vsakování vhodné sedimenty reprezentují písčité a štěrkovité sedimenty hlavní terasy, které řadíme do skupiny V.1. Hladina podzemní vody se však nachází v úrovni jejich stropu. Koeficient vsaku propustných štěrkopísčitých zemin na základě provedených granulometrických analýz odhadujeme na  $k_v = 5 \times 10^{-4}$  m/s.

Navržené odvodnění a vsakovací objekty lze na zájmové lokalitě realizovat, ale za předpokladu doporučení uvedených v kapitole 2.3 tak, aby dno vsakovacího objektu bylo cca 0,5 m nad úrovní hladiny podzemní vody.

V Praze dne 7. listopadu 2018