

## TEXTOVÁ ČÁST

### ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Inženýrskogeologický  
průzkum náspu v km  
185,850 – 186,000 na  
trati Chomutov – Cheb

Číslo zakázky **202212KV97**

Karlovy Vary, březen 2022

Objednatel:  
Správa železnic, státní organizací,  
Dlážděná 1003/7, 110 00, Praha 1 - Nové Město,  
zastoupená Ing. Martinem Kašparem,  
ředitelem Oblastního ředitelství Ústí and Labem

## Obsah

ÚVOD .....	2
PROJEKT PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	3
Archivní rešerše .....	3
Geofyzikální průzkum.....	3
Vrtné práce .....	3
Odběr vzorků a laboratorní práce.....	4
Dynamické penetrační sondování .....	4
Inklinometrické sondy a měření.....	4
GEOLOGIKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉ OBLASTI .....	5
Situace zájmového území.....	5
Geologické poměry .....	5
Hydrogeologické poměry.....	6
ZHODNOCENÍ PROVEDENÝCH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	7
Archivní rešerše .....	7
Geofyzikální průzkum.....	8
Sondážní práce .....	10
Inklinometrická měření .....	15
Laboratorní výsledky .....	20
Přehled vymezených geotechnických typů zemin a hornin .....	22
Přehled doporučených charakteristických hodnot vybraných geotechnických parametrů zemin a hornin .....	23
Stabilitní výpočty .....	24
KOMENTÁŘ NAD VÝSLEDKY PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	28
Archivní rešerše .....	28
Geofyzikální průzkum.....	28
Sondážní práce .....	29
Inklinometrická měření .....	29
Stabilitní výpočty .....	29
ZÁVĚR .....	30
PŘÍLOHY TEXTOVÉ ČÁSTI .....	32

Předkládaná závěrečná zpráva je textovou částí průzkumných prací provedených v rámci plnění veřejné zakázky s názvem „Inženýrskogeologický průzkum náspu v km 185,850 – 186,000 na trati Chomutov - Cheb“, kterou na základě smlouvy o dílo E650-S-4028/2022, č.j. 25623/2022-SŽ-OŘ UNL-NPI ze dne 8.12.2022 pro objednatele prací Správa železnic, státní organizace, organizační složku Oblastního ředitelství Ústí nad Labem vypracoval zhotovitel Geotechnika Žurove s.r.o.

V Karlových Varech dne 15.4.2023

Ing. Jan Žurove, jednatel společnosti

## ÚVOD

Na základě smlouvy o dílo E650-S-4028/2022, č.j. 25623/2022-SŽ-OŘ UNL-NPI mezi **objednatелем** Správou železnic, státní organizací, IČO 70994234, DIČ CZ70994234 se sídlem na adrese: Dlážďená 1003/7, 110 00, Praha 1 - Nové Město, resp. organizační složkou Oblastní ředitelství Ústí nad Labem se sídlem na adrese: Železničářská 1389/31, 400 03, Ústí nad Labem, zastoupenou Ing. Martinem Kašparem, ředitelem organizační složky na základě pověření č. 2652 ze dne 22. 02. 2019 a **zhotovitelem** Geotechnika Ďurove s.r.o., IČO: 08390568, se sídlem na adrese: Závodu míru 584/7, Stará Role, 36017, Karlovy Vary, zastoupenou Ing. Janem Ďurove, jednatelem společnosti zveřejněné v registru smluv dne 8.12.2022 byl proveden inženýrskogeologický průzkum náspu v km 185,850 – 186,000 na trati Chomutov – Cheb.

Předmětem díla bylo zajištění inženýrskogeologického průzkumu havarijního stavu náspu v km 185,850-186,000 na trati Chomutov – Cheb. Hlavním cílem průzkumných prací bylo doplnit inženýrsko-geologické, hydrogeologické a geotechnické poznatky týkající se skladby a stavu zemního tělesa v náspu, který minimálně od realizace investiční akce s názvem „Modernizace ŽST Karlovy Vary – staniční část“ v roce 2017 na části železničního spodku a svršku, vykazoval opakované poruchy GPK. Jak bylo později zjištěno a konstatováno, na části zemního tělesa v náspu byl vymapován aktivní sesuv plošných rozměrů 25x50m, přičemž odlučná oblast sesuvu se nacházela v prostoru provozovaných staničních kolejí.

S ohledem na závažnost situace byly neprodleně zahájeny průzkumné práce, jejichž výsledky a závěry budou použity jako podklad pro vypracování realizační dokumentace vlastní sanace.

Inženýrskogeologické práce v souladu se smlouvou o dílo a platnými předpisy řídil specialista na geologické práce (Mgr. Štěříková), za geotechnickou část odpovídá specialista na geotechniku (Ing. Ďurove).

## **PROJEKT PRŮZKUMNÝCH PRACÍ**

Ihned po předání místa plnění byly intenzivně zahájeny práce. Prvním výstupem byl detailní projekt průzkumných prací (dále jen PPP), který na základě všech do té doby známých poznatků, specifikoval rozsah navržených prací.

Cílem prací specifikovaných v PPP bylo zejména stanovení hloubkového a plošného rozsahu porušení zemního tělesa, získání věrohodných dat z odebraných vzorků přímo in situ pro účely stabilitního posouzení a vybudování monitorovacích prvků - inklinometrů, které do doby zahájení realizace sanačních opatření budou sloužit jako hloubkový indikátor rychlosti a směru posunů - deformací v zemním tělese.

### ***Archivní rešerše***

V rámci archivní rešerše byly prostudovány záznamy v Geofondu a pro účely doplnění inženýrsko-geologických poměrů zájmového území bylo čerpáno z těchto archivních podkladů:

- Karlovy Vary – vodovod – III. stavba, Závěrečná zpráva o IG průzkumu, Stavební Geologie n.p. Praha, 1976 (GF V 075878)
- Karlovy Vary – sesuv u Horního nádraží, Geologický průzkum n.p. Praha, Závod Stavební geologie, 1961 (GF P 12312)
- Sanace sváživých svahů injektováním, Kraus J., Kubíček B., Inženýrské stavby 4/1963
- Sanace sesuvu železničního tělesa metodou AEROCER, Brabec, ČSD Správa Plzeňské dráhy, Plzeň – služba tratí a budov, 1962
- Závěrečná zpráva inženýrskogeologického průzkumu - železniční trať Chomutov - Cheb, km 186.2, sesuv, Fulka J., 1995 (GF P084180)

### ***Geofyzikální průzkum***

Cílem geofyzikálního měření bylo stanovení plošného a hloubkového rozsahu smykové plochy a určení orientační kubatury sesouvajících hmot.

První návrh geofyzikálních prací předpokládal použití metody odporové tomografie ERT na přibližně 3 podélných (s kolejí) a 3 příčných profilech. V průběhu měření se ovšem ukázalo, že prostředí aktivního sesuvu promíšeného s větším množstvím zatlačeného kameniva během sanačních prací je extrémně nasycené podzemní vodou a nelze proto využít zmíněnou metodu ERT, využívající stejnosměrný proud, který je degradován tímto vysoce elektricky vodivým materiálem. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k metodické změně a na celkem 7 profilech bylo použita metoda GPR s pomocí dvou vysílacích antén 100 a 400 MHz.

Kompletní zpráva o provedeném geofyzikálním měření je uvedena v přílohové části 9. Geofyzikální průzkum

### ***Vrtné práce***

Pro účely ověření geologické skladby zemin a sypanin tělesa náspu a podložních vrstev bylo provedeno ve dvou sdružených profilech v km 185,895 a 185,910 celkem 6 jádrových vrtů. V sdruženém profilu č. 1 v km 185,895 byl pod patou svahu vyvrtán vrt JV 2, v ose koleje č. 101 vrt JV 1 a u drážní stezky koleje č. 2 vrt JV 6.

Ve sdruženém profilu č. 2 v km 185,910 byl pod patou svahu vyvrtán vrt JV 4, v ose koleje č. 101 vrt JV3 a u drážní stezky koleje č. 2 vrt JV 5. K vrtání byla použita vrtná souprava Massenza MI2, technologie vrtání jádrové rotační.

Vrty byly vrtány na sucho jednoduchými jádrováky osazovanými roubíkovými korunkami /dále jen JJRK/ v řezném průměru 195 mm.



Vrtné jádro bylo ukládáno do vzorkovnic ke geologické dokumentaci a k odběru vzorků. Vrtý JV5 a JV6 byly zlikvidovány záhozem vytěženým /odvrtaným/ materiálem. Vrtý JV1 až JV4 byly vystrojeny inklinopažnicí a zainjektovány bentonitocementovou suspenzí.

Technická zpráva o vrtání včetně tabelárního přehledu způsobu vystrojení vrtu je uvedena v přílohové části 4. Zpráva o vrtání a vystrojení inklinometrických vrtů

Fotodokumentace je přílohou digitální verze Přílohové části 11. Fotodokumentace

## ***Odběr vzorků a laboratorní práce***

Pro získání informací o fyzikálních a mechanických vlastnostech zastižených zemin bylo z vrtných a kopaných sond odebráno 16 neporušených vzorků a v akreditované laboratoři byly na nich provedeny tyto zkoušky:

- Stanovení vlhkosti zemin dle ČSN EN ISO 17892-1:2015
- Stanovení zrnitosti zemin dle ČSN 17892-4:2017
- Stanovení meze plasticity a stanovení meze tekutosti – Casagrandeho metoda – jednobodová dle ČSN EN ISO 17892-12:2018
- Stanovení zdánlivé hustoty pevných částic zemin pomocí pyknometru dle ČSN EN ISO 17892-4:2017
- Stanovení objemové hmotnosti dle ČSN 72 1010 a ČSN EN ISO 17892-2:2015

Pro ověření možné úpravy zastižených zemin pojivy bylo na jednom technologickém vzorku provedeny tyto zkoušky:

- Stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání dle ČSN EN 13286-47:2012

Jako aditivum bylo použito směsné pojivo na bázi vápna a cementu, Geosol G30 a to v 2 a 3% množství.

Pro určení smykových parametrů byla na šesti neporušených vzorcích provedena:

- Krabicová smyková zkouška dle ČSN EN 17892-10:2019
- Rotační smyková zkouška dle ČSN EN 17892-10:2019

Pro určení přetvárných vlastností bylo na šesti neporušených vzorcích provedeno

- Stanovení stlačitelnosti v oedometru dle ČSN EN 17892-5:2017

Jednotlivé protokoly výsledných zkoušek jsou uvedeny v přílohové části 7. Výsledky laboratorních zkoušek a inklinometrických měření ve vrtech

## ***Dynamické penetrační sondování***

K doplnění geologických a geotechnických informací posloužily ve sdružených profilech č. 1 (km 185,895), č.2 (km 185,910) a č.3 (km 185,925) výsledky dynamického penetračního sondování s hmotností závaží 50kg. Sondy těžké dynamické penetrace byly situovány do paty svahu, osy koleje č. 101 a drážní stezky u koleje č. 2. Grafické výstupy hodnot měrného dynamického odporu na hrotu a počtu úderů potřebných na zatlačení penetračního náradí o 10cm jsou uvedeny v přílohové části 6. Dynamické penetrační sondování

## ***Inklinometrické sondy a měření***

Pro účely monitoringu byly průzkumné vrtý JV 1 až JV 4 osazeny inklinopažnicemi pro následná inklinometrická měření a dne 25.1.2023 zahájeno jejich pravidelné měření a vyhodnocení.

K 13.4.2023 bylo provedeno celkem 5 sérií měření. Výsledky měření přesné inklinometrie ve vrtech je uvedeno v přílohové části 7. Výsledky laboratorních zkoušek a inklinometrických měření ve vrtech

## **GEOLOGIKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉ OBLASTI**

### ***Situace zájmového území***

Zájmové území se nachází v intravilánu města Karlovy Vary, v části zvané Rybáře a leží na levém údolním svahu řeky Ohře. Horní část svahu kopce Růžový vrch s průměrným sklonem 6,5 až 10,5° je ohraničena Krematoriem a ulicí Buchenwaldskou. Do jižního svahu byla tohoto kopce byla v 19. století zasazena i Buštěhradská dráha, která je přímo na lokalitě tvořena až 5,0m vysokým náspem, který v km 186,000 přechází do zářezu jihozápadního svahu Růžového vrchu. Dolní část svahu je ohraničena zástavbou ulice Nádražní a Sokolovské a průměrný sklon svahu v této části se pohybuje v rozmezí 12,5 až 16,5°. Celkové převýšení svahu zájmové lokality je více než 30 m na délce po spádnicí cca 250 m.

Situace zájmového území je vyznačena v přílohové části 1. Přehledná situace.

### ***Geologické poměry***

Zájmové území se nachází při okraji sokolovské pánve, která je charakteristická výplní terciérních sedimentů eocénního až miocénního stáří. Pánevní dno je z větší části budováno souborem hornin karlovarského žulového masivu (žuly horské starší intruzivní fáze a mladší granity krušnohorské). Granitoidní horniny podlely koncem křídového období hlubokému klimatickému zvětrávání, vlivem kterého v karlovarském regionu vznikla řada ložisek kaolinu. Podle Geologické mapy 1 : 50 000 (ÚÚG 1989) jsou na lokalitě v podloží terciéru granity starší intruzivní fáze, podle dokumentace archivních vrtů se jedná o středozrnnou biotitickou žulu.

Přehledná geologická mapa širšího území v měřítku 1:25000 je uvedena v přílohách textové zprávy. Směrem od nejstarších k nejmladším jsou v sokolovské pánvi rozlišována následující terciérní souvrství:

Starosedelské souvrství (eocén) je tvořeno litologicky značně proměnlivými horninami, převážně různě jílovitými písky až písčitými jíly, místy druhotně zpevněnými do pískovců až křemenců. Relikty tohoto souvrství jsou zachovány především v depresích fosilního povrchu, na elevacích chybí.

Novosedelské souvrství zahrnuje uloženiny oligocénního až spodnomiocénního (eger) stáří.

Stratigraficky nejnižší leží slojové pásmo Josef, kromě uhlí a uhelných jílu budované také písky, pískovci až křemenci. Nasedá na starosedelské souvrství nebo přímo na kaolinicky zvětralé žuly. V nadloží slojového pásma vystupuje vulkanogenní série tufitických jílu, tufitů, různě argillitizovaných tufů až bentonitů (dříve tzv. vulkanodetritická série). V rámci vulkanogenních hornin se nepříliš významně uplatnila uhelná sedimentace, tenké polohy uhelných jílu a drobné slojky jílovitého uhlí přibývají směrem do nadloží.

Sokolovské a cyprisové souvrství (miocén) podlela denudaci a nejsou na lokalitě vyvinuta.

Kvartérní pokryv dosahuje v zájmovém území a jeho okolí jen nevýznamných mocností a je tvořen převážně splachy starších usazenin (deluvii) a nabývá převážně charakteru plastických jílu okrových a šedých barev. Na původní kvartérní sedimenty nasedají antropogenní násypy.

Podle geologických map lze v zájmovém území pod kvartérním pokryvem očekávat sedimenty novosedelského souvrství.

Přehledná tabulka stratigrafického rozdělení je uvedena v přílohách textové zprávy, společně s jednotlivými výřezy podrobné geologické mapy v měřítku 1:5000.

## ***Hydrogeologické poměry***

Zájmové území náleží hydrogeologickému rajónu 2120 (Sokolovská pánev). Při okrajích pánve je komplex prorážen výlevy a intruzemi čedičových hornin doupovského systému.

Rajón je vymezen pro terciérní sedimenty Sokolovské pánve s jejími výběžky. Vrstevní sled terciéru je pestrý a je popsán v předchozí kapitole. Hlavními zvodnělými komplexy Sokolovské pánve obecně jsou terciérní sedimenty jako celek (se zvodní mělkého oběhu) a dále starosedelské souvrství i žulové podloží (se zvodní hlubšího oběhu).

Starosedelské souvrství a podloží kaolinizovaná žula spolu hydraulicky souvisejí a jsou kolektory tzv. bazální zvodně. Písečné sedimenty starosedelského souvrství jsou místy nejlépe propustným kolektorem, ale mají omezený horizontální rozsah. Podstatně větší význam má vlastní puklinová žulová zvodně, především pro své mohutné plošné rozšíření a využití lázeňské. Hornina je prostoupena hustou sítí puklin, které jsou svrchu vyplněny produkty zvětrávání a tak snižují propustnost. Směrem do hloubky se uplatňuje systém otevřenějších puklin, které umožňují komunikaci podzemních vod v hlubších zónách. Stupeň zvodnění je přímo závislý na míře rozpukání a na rozsahu kaolinizace. Zlomové linie omezují oběh vody velmi nepatrně. Případná nepropustnost některých jejich úseků nebrání vyrovnání tlaků ve zvodni, protože hydraulická spojitost umožňuje obejít překážku. Taková spojitost se projevuje i ve zcela kaolinizovaných žulách.

Vulkanogenní sedimenty novosedelského souvrství jsou pro své litologické složení omezeně propustné. Obecně tvoří artéský strop zvodni situované pod ním. Zvodnění je vázáno na vložky s hrubou klastickou příměsí, příp. pukliny ve zpevněných sedimentech. K dotaci zvodnění dochází v malé míře infiltrací na výchozech, především však propojením s obzorem v podloží. Obecně lze vrstvy označit jako relativní izolátor.

Tektonická stavba pánve je složitá. Z podélných poruch směru ZJZ-VSV je nejdůležitější okrajový zlom krušnohorský a ohárecký, z příčných zlom chodovský, karlovarská vřídelní linie a další.

Okrajovými podmínkami jsou žulový masív a krystalinikum krušnohorsko-durynské oblasti.

Vzhledem k tomu, že zájmové území je protkáno velkým množstvím inženýrských sítí, nelze vyloučit dotaci ze zásypů jejich výkopů, které fungují jako drény, popř. v prostředí soudržných nepropustných zemin mohou v zásypech vznikat dočasné zvodně následně sytící okolní prostředí.

## ZHODNOCENÍ PROVEDENÝCH PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

### *Archivní rešerše*

Z archivních podkladů má největší význam závěrečná zpráva o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu sesuvu u Horního nádraží v Karlových Varech, kterou vypracovala dvojice autorů Fořt, Bureš v roce 1961.

Podrobný průzkum celého svahu Růžového vrchu od Krematoria (ulice Buchenwaldská) až po ulici Nákladní, Sokolovskou) byl proveden téměř v identických místech, kde je současný aktivní sesuv. Časovou náročnost průzkumných prací (téměř dva roky) a pracnost - zejména počet ručně kopaných až 11m hlubokých šachtic (15 ks) si lze dnes jen těžko představit. Každopádně informace získané z tohoto průzkumu jsou zcela zásadní pro pochopení problematiky dlouhodobého svahového přetváření v místě, s ohledem na složité inženýrskogeologické a hydrogeologické podmínky. Není účelem této závěrečné zprávy přepisovat již jednou popsané, nicméně pro dotvoření obrazu o složitých základových poměrech citujeme z výše uvedené zprávy:

*V prostoru sesuvného území byly sondáží převážně zastiženy povrchové polohy kaoliniticky rozložené žuly, pouze ve vrtu č. 15 v Nádražní ulici byla v hloubce 18,0 m zaznamenána již pevná mírně zvětralá žula. Povrch žuly má nepravidelný průběh a je ovlivněn silným tektonickým porušením, jímž je postižen levý údolní svah Ohře. Podle tektonických linií, souběžných s oháreckým zlomem, stupňovitě klesá k severu do sedlecko-otovické pánve. Příčnými zlomy, kolmými k oháreckému, byly způsobeny poklesy jednotlivých žulových ker i ve směru svahu k nádraží. Tektonická činnost v zájmovém prostoru se tak výrazně projevuje ve složité geologické stavbě zkoumaného území. Povrch kaoliniticky zvětralých žul byl sondáží zjištěn v hloubce 1,5 – 8m pod terénem v dolní části svahu, v horní části svahu je v hloubce 23m a více. Od Nádražní ulice stoupá ve sklonu 6-7° k železničnímu tělesu až za sondu KS7, kde je pokleslý podle podružné tektonické linie souběžné s oháreckým zlomem o cca 6m. Odtud pak ve velmi mírném sklonu klesá směrem k severu.*

*Kaoliniticky zvětralá žula má charakter pevné jílovitopísčité zeminy se zachovalou žulovou stavbou a písčité se rozpadá. Při povrchu je žula do hloubky 0,5-1,0m zcela rozložená v kaolinitický jíl měkké až tuhé konzistence, který je patrně již z části přemístěn. Přímo na žulovém podkladu je uložena vrstva terciérních pískovů s jílovitým kaolinitickým tmelem, písčité rozpadaných. Nad touto pískovcovou vrstvou je vyvinuta uhelná sloj Josef, zastoupená uhelnými jíly a proplásky mourového uhlí s mocností 1-4m. Sloj ve zkoumaném území již vykluhuje a nebyla v sondách, umístěných ve spodní části svahu, zastižena. Je zakryta mohutnou 5 až 8m mocnou lavicí rozpadlých pískovců s polohami tvrdých křemenců. Pískovce jsou zakryty asi 11m mocnou vrstvou písčitých tufitických jílu, které ve spodní části přecházejí do pevných tufitů charakteru pevného jílovce. Tufitické jíly mají tuhou až pevnou konzistenci a obsahují úlomky tvrdých tufů a čedičů. Tufitické jíly v horní části svahu jsou pak překryty vrstvou jílu s uhelným pigmentem (vrt č. 13), které ve spodní a střední části svahu byly erodovány již sneseny. Zachovaly se pouze v prostoru sond KS3 a KS8, kde byly sondáží zachyceny.*

*V rozsahu celého zkoumaného území jsou terciérní uloženiny překryty vrstvou svahových sedimentů, které mají převážně povahu jílovité zeminy a obsahují četné valouny štěrku, přemístěných z vyšších oháreckých teras. Jejich mocnost kolísá od 3 do 8m. Konzistence svahových sedimentů je tuhá až pevná a jsou na nich viditelné účinky někdejších svahových pohybů, které se projevily jejich prohnětením a zejména četnými průběžnými trhlinami. Podél trhlinek byly pozorovány slabé výrony vody, patrně prosakující srážkové vody. Konzistence jílové zeminy v blízkosti trhlinek byla proto až měkká. Svahové pohyby v horní části svahu nad tratí byly stabilizovány sanačními pracemi (hlubokým drenážováním 3 – 7m), jejichž doklady jsme v některých sondách odkryli (KS 7, KS26, KS27, KS12). V prostoru tělesa železniční trati a pod ním je vlastní terén zakryt vrstvou jílovité a škvárové navážky různé mocnosti. Materiál navážek a zejména násypu je nestejnorodý, skládá se ze střídavých poloh jílu, psku a škváry. Při bázi násypu byla položena cca 40 -50 cm mocná vrstva drobného štěrkopísku. Příčinou obnovení svahových pohybů mezi lety 1959 až 1962 byly četné stavební úpravy budov a stabilitně nesprávné zemní úpravy pozemků pod svahem.*

Další cenné historické poznatky lze zjistit z článku autorů Krause a Kubíčka, věnující se zajištění stability svahů injektováním provzdušněnou cementovou injekční směsí (metoda Aerocem), publikovanou v časopise Inženýrské stavby v roce 1963, i když způsob sanace v prostředí

jemnozrnných zemin je ve světle současných poznatků přinejmenším diskutabilní. Z uvedeného materiálu citujeme:

*Injektování provzdušněnou cementovou injekční směsí se použilo k stabilizování sváživého svahu zemního těle železniční trati v blízkosti staničního zhlaví železniční stanice Karlovy Vary, h.n.. V tomto úseku trati byly v délce asi 200 m pozorovány zprvu nepatrné pohyby zemin na svahu, které se projevovaly trhlinami v zemním tělese trati a prosedáváním vedlejší staniční koleje. Také hlavní koleje musely být v tomto úseku velmi často výškově i směrově upravovány a násyp dosypáván. Odbouráním objektů při patě svahu, které byly zemním tlakem sesouvajících se zemin značně poškozeny, došlo k náhlému sesutí zemin na svahu. V pohybu byla část svahu s plochou cca 2500 m<sup>2</sup>, tj. asi 12000 m<sup>3</sup> zeminy.*

*Řešení stability sesuvného svahu vycházelo z výsledků podrobného inženýrsko-geologického průzkumu, laboratorních zkoušek vzorků zemin i podzemní vody. Na základě zjištěných skutečností a z fyzikálně mechanického zhodnocení vyšetřených vlastností sesouvajících se zemin byla posouzena stabilita svahu a vypracováno řešení pro nejnepříznivější podmínky metodou Pettersonovou za těchto předpokladů:*

- *Smyková plocha probíhá ve vrstvě měkkých až rozbředlých kaolinitických jíílů a po ní se pohybují nadložní svahové uloženiny*
- *Nepříznivý účinek prosakující vody, jejíž hladina byla podle výsledků sondáže přibližně odhadnuta, bere se do úvahy*
- *Pro zjednodušení výpočtu se objemová váha zeminy nad hladinou podzemní vody uvažuje hodnotou  $G=2,0t/m^3$*

*Nejnepříznivější byla válcová svážná plocha, pro kterou byl zjištěn stupeň stability  $\mu=1,1$ , pro průměrné parametry smykové pevnosti při náhradním úhlu  $\varphi=10^\circ45'$  ( $\text{tg } \varphi=0,19$ ) a soudržnosti  $c=0,10 \text{ kp/cm}^3$ .*

*Původní návrh na sanaci proto předpokládal zajištění stability svahu opěrnou betonovou zdí nebo kamennou zatěžovací patou s odvodněním sesuvného území kamennými žebry.*

## **Geofyzikální průzkum**

Výsledky geofyzikálního průzkumu georadarem byly provedeny v lednu 2023, ještě před podrobnou archivní rešerší, přesto poznatky z geofyzikálního průzkumu korespondují s později dopřesněnou skladbou území.

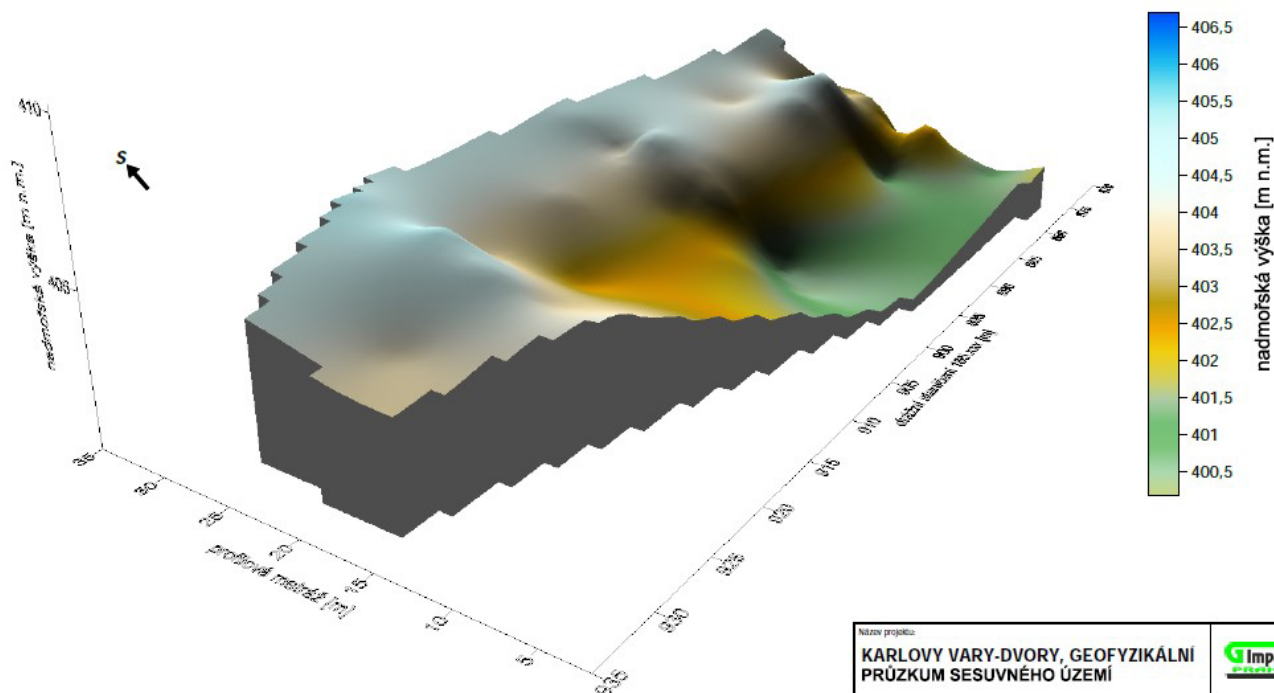
Měření pomocí vysílací antény 400 MHz ukázalo s ohledem na vysokou elektrickou vodivost prostředí omezený hloubkový dosah. Tato anténa popsala dílčí vrstevné plochy v přípovrchové zóně do dvou metrů, které ovšem nejspíše ukazují pouze na dílčí změny v sesuvu nebo na konstrukční vrstvy železničního náspu. Pro určení odlučné plochy sesuvu bylo klíčové měření pomocí antény 100 MHz. Ta zjistila **přítomnost odrazných vrstev v hloubkách mezi 3 – 6 metry** (více v příslušných přílohách zprávy o geofyzikálním měření, přílohová část 9. Geofyzikální průzkum ), **které považujeme za potenciální odlučné plochy aktivního sesuvu**. Tyto plochy se nejčastěji projevují ohybem vrstev ve směru upadajícím po spádnicí, což koresponduje s gravitačním účinkem pohybujících se hmot. Georadarové měření zachytilo tyto indikace i mimo centrální aktivní zónu, zde se ale jedná pravděpodobně o dočasně uklidněný svahový pohyb (např. metráže 190,920 – 190,945 na profilu 1).

3D zobrazení zjištěné odlučné plochy sesuvných hmot (viz příloha 4 přílohové části 9. Geofyzikální průzkum ) a její hloubkové zobrazení, resp. výpočet kubatury (viz příloha 5 přílohové části 9. Geofyzikální průzkum), bylo proto provedeno pouze na omezené ploše, kterou považujeme za současně geologicky aktivní.

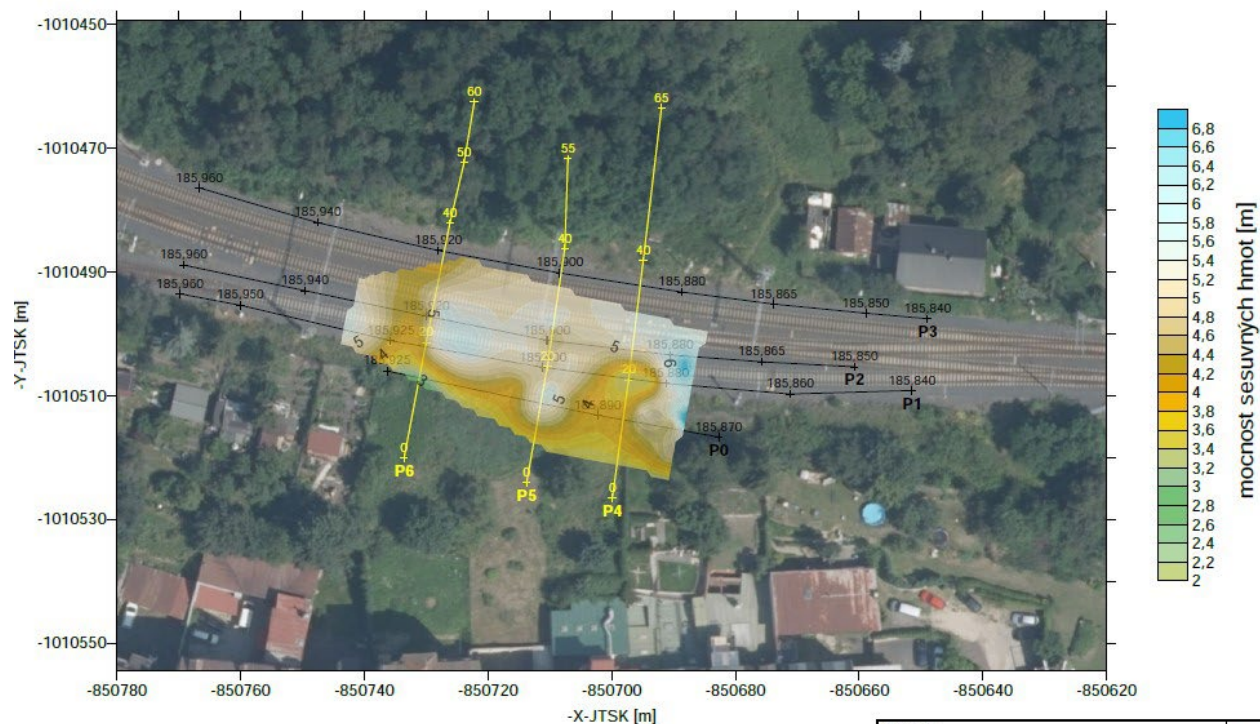
Centrální část lokality s viditelným projevem svahového pohybu na povrchu koresponduje se zjištěnými výsledky geofyzikálních prací, zároveň ovšem naše měření indikují možná rozšíření sesuvných procesů i do stran do současně nezastižených míst (předpokládá tedy planárně-rotací svahový pohyb).

**Výpočet kubatury současně aktivního sesuvu na základě výsledků metody GPR ukazuje na přibližně 6 200 m<sup>3</sup> svahových hmot.**





Název projektu: <b>KARLOVY VARY-DVORY, GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM SESUVNÉHO ÚZEMÍ</b>		
Příloha č.:	Název přílohy:	Datum:
<b>4</b>	<b>3D ZOBRAZENÍ POTENCIÁLNĚ AKTIVNÍ ODLUČNÉ PLOCHY SESUVU DLE GPR</b>	leden, 2023
	Vypracoval:	Mřížka:
	Mgr. Jaroslav Jirků, Ph.D.	1:300/300/150



Název projektu: <b>KARLOVY VARY-DVORY, GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM SESUVNÉHO ÚZEMÍ</b>		
Příloha č.:	Název přílohy:	Datum:
<b>5</b>	<b>ZOBRAZENÍ MOCNOSTI POTENCIÁLNĚ AKTIVNÍCH SESUVNÝCH HMOT</b>	leden, 2023
	Vypracoval:	Mřížka:
	Mgr. Jaroslav Jirků, Ph.D.	1:750

## Sondážní práce

Vrtné práce byly na lokalitě provedeny v období 13.-16.leden 2023. Dynamické penetrační sondování proběhlo na lokalitě ve dvou termínech a to 30.1.2023 a 8.2.2023. Inženýrskogeologická dokumentace jednotlivých vrtů je uvedena v přílohové části 5. Dokumentace sond. Průběh dynamického penetrování na lokalitě v sondách DP1 až DP9 je uveden v přílohové části 6 Dynamické penetrační sondování.

Pro přehlednost uvádíme nejdůležitější poznatky z vrtání, z výsledků dynamického penetrování a z průběhu vlastní injektáže, která doplňuje informace technického a inženýrskogeologického rázu.

### Sdružený profil I. , km 185,895

JV1 – vrt provedený z úrovně 409,5 m.n.m. v ose koleje č. 101, km 185,895

V hloubce 5,2m (404,3 m.n.m.) zastižena báze náspu, **lomový kámen v hloubce 5,2 -5,3 m** předpokládáme, že **je pozůstatkem drenážní vrstvy z doby výstavby**. Vrt suchý, od 2,5 do 5,2 m hloubky vrtáno bez výrazného odporu, což svědčí o velice nízké objemové hmotnosti materiálu, z kterého je těleso vybudováno. Vrt ukončen v hloubce 12,2m (397,3 m.n.m.)

Vrt injektován 12 pytlí cementu (300 kg CEM, 24 kg Bentonitu, 1,44 m<sup>3</sup> injektážní směsi)

DP2 – dynamická penetrace v blízkosti vrtu JV1

Výrazné snížení dynamických odporů v úrovni od 4,1 do 5,2m koresponduje s průběhem vrtání.

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtový profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	ČSN P 73 1005 - zatřídění	těžkost
R	408,90		0,60			navážka - makadam 32/64	Y	I
R	408,10		(0,80) 1,40			navážka - ŠD 0/32	Y	I
R			(3,80)			navážka - přísyp ŠD 0/64, skvára, hlina, hnědá; v úrovni 2,5 - 5,2 vrtáno bez výrazného odporu	G5 GC Y	I
	404,30		5,20					
N			(2,80)		83811 838109	tercierní jíl - charakteru barevně variabilních hlin (žlutohnědý, bělavý, světle fialový) s extrémně vysokou plasticitou, tuhé konzistence, Op=100-140 kPa, v polohách s drobnými úlomky silně zvětralých tuřů hněditelnými až velmi lehce lamatelnými v ruce do 1-2 cm s podílem do 10-30 %; v úrovni předpokládáné smykové plochy 5,30-5,35 m lomový kámen	F7ME (F2 CG)	I
	401,50		8,00					
N			(4,20)			terciér - pískovce v polohách až slepence bělavé až žlutohnědé slabě zpevněné, rozvrtné na písek, v polohách pevnější kusy do 10 cm, kladivem rozpojitelné	R5 (R4;R3)	I-II
	397,30		12,20					
						Vrt byl ukončen v hloubce 12,20 m.		

IG dokumentace vrtu JV1

JV2 – vrt provedený z úrovně 406,6 m.n.m., pod patou svahu, km 185,895

V hloubce 4,6m (402,0 m.n.m.) zastižena pravděpodobná úroveň báze náspu. **V této hloubce se objevila voda, která do druhého dne nastoupala o 1,0m výše.** Při dalším vrtání se voda ztratila. Vrt ukončen v hloubce 9,2m, nemožnost dalšího vrtání, zastižena velice pevný kusovitý tuf/čedič.

Vrt injektován 22 pytlí cementu (550kg CEM, 44 kg Bentonitu, 2,64 m<sup>3</sup> injektážní směsi). **Injektáž byla prováděna opakovaně.**

DP3 – dynamická penetrace v blízkosti vrtu JV2

Od 1,5m do 3,5m penetrováno téměř bez odporu, signalizuje velice nízké objemové hmotnosti zemin

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtný profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hledina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	ČSN P 73 1005 - zařazení	těžitelnost
R	406,53		0,10			drn navážka - přísyp makadam 32/64, škvára, hlína, hnědá	0	I
			(4,50)				G5 GC Y + (Cb)	I
	402,03		4,60		83812	tercierní jíl a hlíny - charakter barevně variabilních jílů a hlín (bélavé, žlutohnědé, světle žluté) s velmi vysokou až extrémně plasticitou, měkké až tuhé konzistence, Op=80-140 kPa, místy s úlomky drobným silně zvětralých tufů do 2 cm v ruce lamatelné		
N			(4,50)		83813		F7 MV, F8 CE	I
	397,53		9,10			terciér - tuf pevný hnědošedý	R4	II
	397,43		9,20			Vrt byl ukončen v hloubce 9,20 m.		

IG dokumentace vrtu JV2



JV6 – vrt provedený z úrovně 409,3 m.n.m., na straně 2. staniční koleje v km 185,895. Vrt ukončen v hloubce 9,2m na poloze pevných tuřů.

Vrt zlikvidován zpětným zásypem, bez vystrojení.

DP 9 – dynamická penetrace v blízkosti vrtu JV 6

Do 2,5 m penetrováno téměř bez odporu

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtový profil	Hloubka (m)	Hloubka podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	ČSN P 73 1005 - zatřídění	těžitelnost
R	409,10		0,20			navážka - hlina hnědá	F2 CG Y	I
						terciární hlíny - charakteru bělavé šedých hlín s extrémně vysokou plasticitou, měkké až tuhé konzistence, $Op=80-120$ kPa, v polohách s úlomky drobných silně zvětralých tuřů do 2-4 cm v ruce hnetitelné a lehce lamatelné		
					83820			
N			(7,20)				F7 ME	I
	401,90		7,40			terciární jíly - charakter žlutohnědých jílu s velmi vysokou plasticitou, tuhé konzistence, $Op=120-220$ kPa, v polohách s úlomky pevných tuřů kladivem rozpojitelných do 6 cm	F8 CV	I
N			(1,60)					
	400,30		9,00				R3	II
	400,10		9,20			terciér - tuř pevný, rozvrtný na pevné kusy do 15 cm, kladivem těžko rozpojitelné, žlutohnědý, fialový		
						Vrt byl ukončen v hloubce 9,20 m.		

IG dokumentace vrtu JV6

### Sdružený profil II., km 185,910

JV3 – vrt provedený z úrovně 409,4 m.n.m. v ose koleje č. 101, km 185,910

V hloubce 5,4m (404,1 m.n.m.) zastižena pravděpodobná báze náspu. Vrt ukončen v hloubce 10,2m. (399,3 m.n.m.). Injektáž vrtu 15 pytlů cementu (375kg CEM, 30kg Bentonitu, 1,8 m<sup>3</sup> injektážní směsi).

DP1 - dynamická penetrace v blízkosti vrtu JV3

Od 3,5m do 4,5m penetrováno téměř bez odporu, signalizuje velice nízké objemové hmotnosti zastižených zemín

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtový profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	ČSN P 73 1005 - zatřídění	těžkost
R	408,86		0,60			navážka - makadam 32/64	Y	I
R	408,16		1,30			navážka - ŠD 0/32	Y	I
R			(4,10)			navážka - přísyp ŠD 0/64, škvara, hlina, hnědá; v úrovni 3,5 - 5,4 vrtáno bez výrazného odporu	G5 GC Y + (Cb)	I
	404,06		5,40					
N	403,06		(1,00)		83314	terciární jíl - charakter šedohnědého jílu s velmi vysokou plasticitou, měkké (tuhé) konzistence, Op=60-80 kPa - smyková plocha	F8 CV (F3 MS)	I
N			(1,40)			terciární jíl - charakter světlešedého jílu s vysokou až velmi vysokou plasticitou s drobnými úlomky silně zvětralých tuťů do 1 cm do 10 %, tuhé konzistence, Op= 160 kPa	F8 CV (F3 MS)	I
	401,66		7,80		83316			
N			(1,20)			pískovec bílavý, slabě zpevněný, rozvtaný na občasné zpevněné úlomky do 4-10 cm, kladivem rozpojitelné a písek	R5	I
	400,46		9,00					
N			(1,20)			pískovec žlutohnědý slabě zpevněný, v polohách zpevněné kusy až charakteru slepenců do 10 cm, kladivem rozpojitelné a písek; u bázi s vyšší pevností	R5 (R4-R3)	I-II
	399,26		10,20			Vrt byl ukončen v hloubce 10,20 m.		

IG dokumentace vrtu JV3

JV4 – vrt provedený z úrovně 406,1m.n.m., pod patou svahu v km 185,910. Vrt ukončen v hloubce 4,3 (401,8 m.n.m.) z důvodu nemožnosti dále vrtat (žulový kámen?)

Injektáž vrtu 6 pytlů cementu (150 kg CEM, 12 kg Bentonitu, 0,72 m<sup>3</sup> injektážní směs

DP4 - dynamická penetrace v blízkosti vrtu JV4

Od 1,5m do 2,2m penetrováno téměř bez odporu, signalizuje velice nízké objemové hmotnosti zastižených zemín

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtový profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	ČSN P 73 1005 - zatřídění	těžkost
R	405,98		0,10			drn	0	I
R			(2,50)			navážka - přísyp ŠD 0/64, škvara, hlina, hnědá	G5 GC Y	I
	403,48		2,60					
N			(1,70)		83317	terciární jíl - charakter barevně variabilních jílu (světle žlutý, šedý) s velmi vysokou plasticitou, měkké Op=80 kPa; u bázi granit, pouze drobné úlomky, obtížně vrtatelný tvrdokovem	F8 CV	I
	401,78		4,30		83318			
						Vrt byl ukončen v hloubce 4,30 m.		

IG dokumentace vrtu JV4

JV5 – vrt provedený z úrovně 409,3 m.n.m., na straně 2. staniční koleje v km 185,910. Vrt ukončen v hloubce 5,7m z důvodu nemožnosti provrtat polohu křemenců.

Vrt zlikvidován zpětným zásypem, bez vystrojení.

DP 8 – dynamická penetrace v blízkosti vrtu JV 5

Od 0,5 do 2,5m penetrováno téměř bez odporu

Stratigrafie	Nadmořská výška (m)	Vrtový profil	Hloubka (Mocnost) (m)	Hladina podzemní vody (m)	Vzorek Lab. číslo	GEOLOGICKÝ POPIS ZEMIN A HORNIN	ČSN P 73 1005 - zařazení	těžitelnost
R	408,74		0,60			navážka - hlína a makadam	F2 CG Y	I
N	408,34		1,00			tercierní jíl - charakter barevně variabilních jílu (šedý, žlutohnědý, hnědý) s velmi vysokou plasticitou	F8 CV F8 CE	I
N			(2,00)			tercierní jíl - charakter hnědého jílu se střední plasticitou až písčitého jílu pevné konzistence s drobnými úlomky 2-4 cm s podílem do 20-25 %; v úrovni 1,2-2,6 m bez výraznějšího odporu	F6 CI, F4 CS	I
	406,34		3,00		33819	tercierní jíl - charakter barevně variabilních (šedý, žlutohnědý, hnědý) jílu s velmi vysokou plasticitou, měkké až tuhé konzistence, Op=80-140 kPa	F8 CV	I
N			(1,80)					
	404,54		4,80			terciér - křemence bělavé šedé, pevné kladivem obtížně rozpojitelné	R2	III
N			(0,90)					
	403,64		5,70			Vrt byl ukončen v hloubce 5,70 m.		

IG dokumentace vrtu JV5

Výsledky inženýrskogeologické dokumentace a výsledků penetračního sondování jsou promítnuty do inženýrskogeologických řezů, řez 1-1' v km 185,895 (viz přílohová část 3.1 IGP příčný řez 1\_1' v km 185,895) resp. řez 2-2' v km 185,910 (viz přílohová část 3.2. IGP příčný řez 2\_2' v km 185,910) .

Řezy byly doplněny o historické poznatky a informace z předcházejících průzkumných prací.

Inženýrskogeologická dokumentace historických sond a vrtů je uvedena v přílohové části 5.

Dokumentace sond. Zvláštní přílohou je aktualizovaný historický řez celým svahem Růžového vrchu (viz přílohová část 3.3 IGP archivní příčný řez A\_B v km 185,940)

### ***Inklinometrická měření***

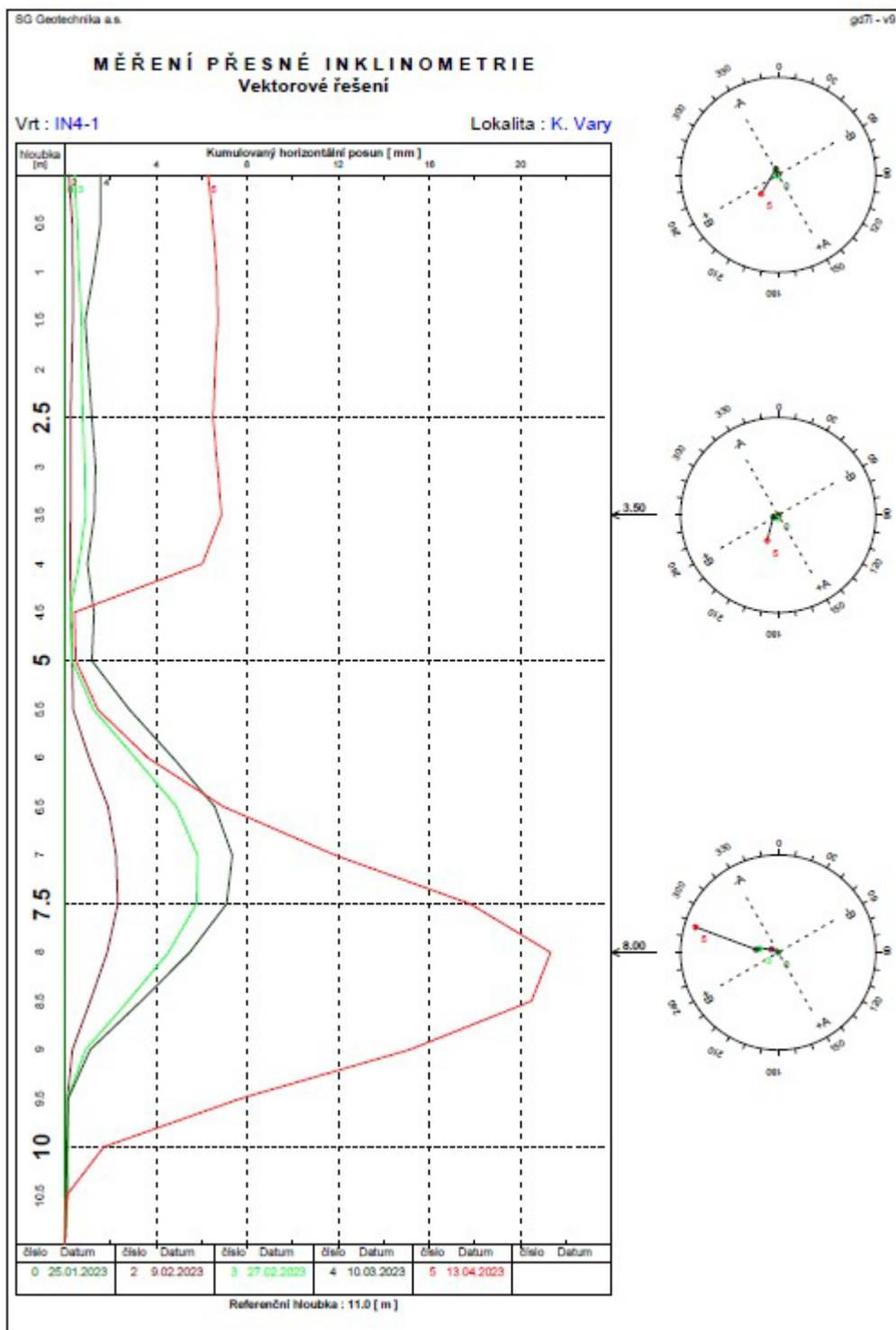
Inklinometrická měření byla zahájena 25.1.2023, poslední měření bylo provedeno 14.3.2023, k tomuto datu jsou níže uvedeny komentáře:

#### **Sdružený profil I. , km 185,895**

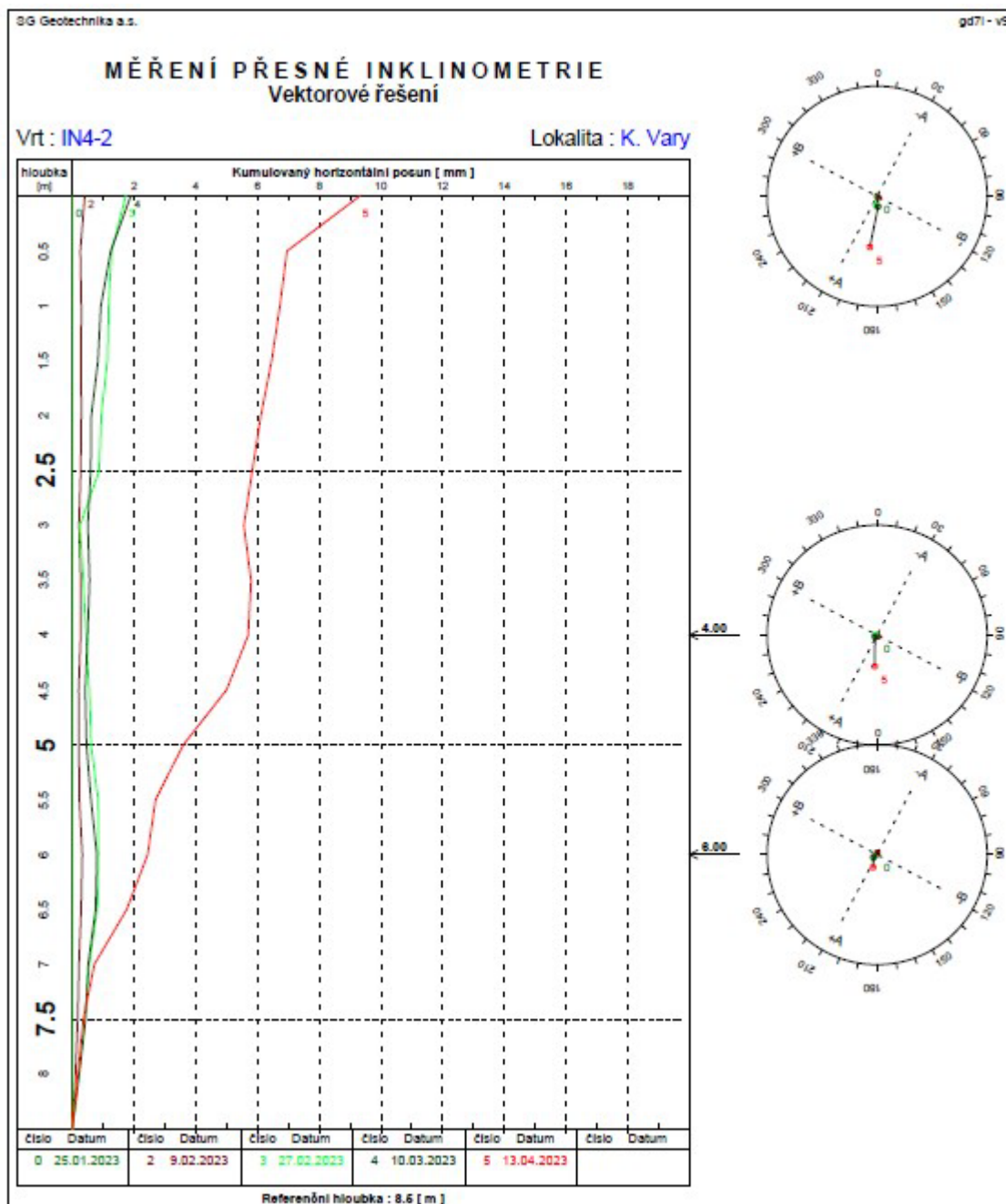
IN 4.1 – inklinometrická pažnice zabudovaná ve vrtu JV 1, z úrovně 409,5 m.n.m. v ose koleje č. 101, km 185,895

**Významná deformace vrtu v hloubce 8 m** (směr SZ, celková hodnota deformace 21 mm, od předposledního měření zrychlení deformací z hodnoty 4mm/měsíc na 8mm/měsíc). Dále **je sledován smykový pohyb v hloubce 4 m** (směr k jihu, celková hodnota deformace 5 mm, rychlost 2mm/měsíc).

IN 4.2 – inklinometrická pažnice zabudovaná ve vrtu JV2, z úrovně 406,6 m.n.m., pod patou svahu Tady se projevuje **celkový náklon vrtu jižním směrem**. Celkový posun na terénu činí k datumu posledního měření 9 mm.



Inklinometrické měření IN4-1 ve vrtu JV 1



Inklinometrické měření IN4-2 ve vrtu JV2

#### **Sdružený profil II. , km 185,910**

IN 4.3 – inklinometrická pažnice zabudovaná do JV3, z úrovně 409,4 m.n.m. v ose koleje č. 101  
**Je sledován smykový pohyb v hloubce 3,5 m.** Směr k jihozápadu, Celková hodnota deformace k poslednímu datumu měření je 15 mm, od předposledního měření zrychlení deformací z hodnoty 3mm/měsíc na 6mm/měsíc.

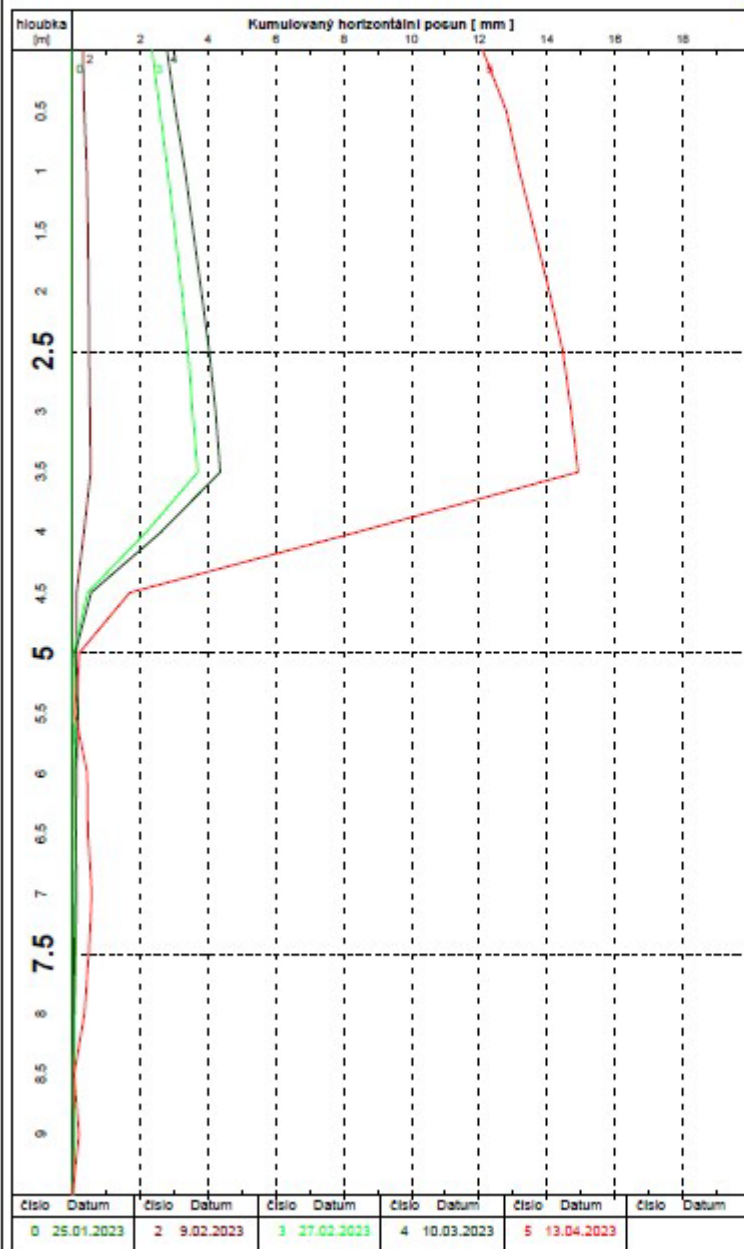
IN 4.4 – inklinometrická pažnice zabudovaná do JV4, z úrovně 406,1m.n.m., pod patou svahu  
 K poslednímu měření od zahájení sledování prakticky beze změn.



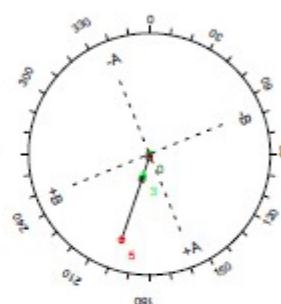
# MĚŘENÍ PŘESNÉ INKLINOMETRIE Vektorové řešení

Vrt : IN4-3

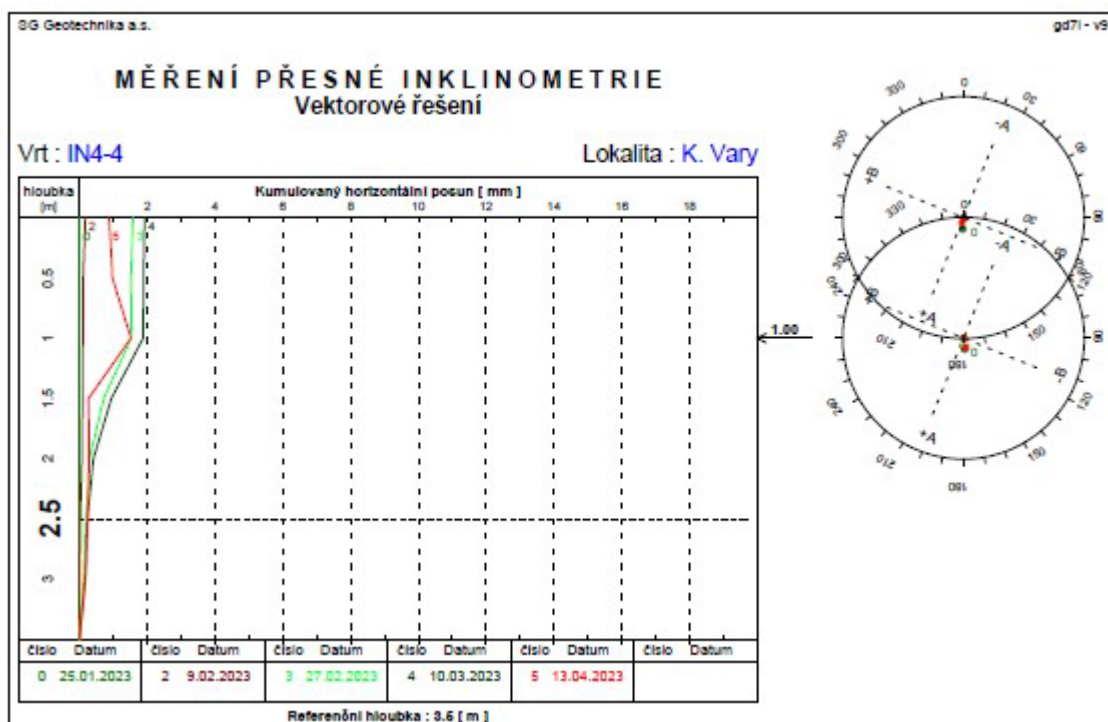
Lokalita : K. Vary



Referenční hloubka : 8.6 [ m ]



Inklinometrická měření IN4-3 ve vrtu JV3



Inklinometrická měření IN4-4 ve vrtu JV4

Detailní výsledky měření přesné inklinometrie ve vrtech JV 1 (IN 4.1) až JV 4 (IN 4.4) jsou uvedeny v přílohouvé části 7. Výsledky laboratorních zkoušek a inklinometrických měření ve vrtech.



## Laboratorní výsledky

Fyzikální, mechanické a přetvárné vlastnosti zemin odebraných vzorků jsou tabelárně přehledně zobrazeny v příloze této textové části.

Celkem bylo odebráno 16 neporušených vzorků, na všech byla provedena zrnitostní analýza.

Z vrtů JV1 a JV3 byly ve třech výškových úrovních odebrány neporušené vzorky na stanovení efektivních vrcholových a reziduálních smykových parametrů, na stejných vzorcích byly zjišťovány přetvárné charakteristiky stanovením stlačitelnostiv eodometru.

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	ČSN 73 6133	ČSN EN ISO 14688-2	W <sub>a</sub>	W <sub>L</sub>	%	W <sub>a</sub>	W <sub>L</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>e</sub>	I <sub>a</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	p <sub>s</sub>	p <sub>n</sub>	p <sub>d</sub>	Makrosk. popis zeminy
83809	JV1	5,55 - 5,7	F7 ME	saCl	45,7	99	43	55	0,96	1,02	-	-	-	-	2854	1790	1227	hlina s extrémně vysokou plasticitou, hnědá, rezavě skvrnitá, tuhá
83810	JV1	5,8 - 6,0	F2 CG	saGrClS	24,4	69	32	37	0,74	1,45	-	-	-	-	2909	-	-	il štěrkovitý, šedohnědý, černě skvrnitý, tuhý
83811	JV1	6,55 - 6,7	F7 ME	Cl	59,3	108	51	56	0,90	0,93	-	-	-	-	2790	1651	1036	hlina s extrémně vysokou plasticitou, šedá, rezavě skvrnitá, tuhá
83812	JV2	4,6 - 4,9	F7 MV	Cl	38,2	85	40	45	0,83	0,90	-	-	-	-	-	-	-	hlina s velmi vysokou plasticitou s ojed. štěr. zrn. bílohnědá, tuhá
83813	JV2	6,5 - 6,7	F8 CE	Cl	43,0	97	36	60	0,82	1,11	-	-	-	-	-	-	-	il s extrémně vysokou plasticitou s ojed. štěr. zrn. hnědý, tuhý
83814	JV3	5,5 - 5,6	G5 GC	saClGr	24,1	56	29	27	0,64	1,61	-	-	-	-	2832	-	-	štěrk ilovitý, šedý, vlhký
83815	JV3	5,8 - 6,2	F3 MS	saCl	40,1	87	38	49	0,91	1,29	-	-	-	-	2776	1785	1269	hlina písčítá se šterkem, šedohnědá, tuhá
83816	JV3	7,45 - 7,6	F3 MS	saCl	29,9	62	33	29	1,08	0,92	-	-	-	-	2703	1744	1340	hlina písčítá s ojed. štěr. zrn. hnědá, pevná
83817	JV4	2,85 - 3,0	F8 CV	Cl	47,7	83	36	48	0,77	0,90	-	-	-	-	-	-	-	il s velmi vysokou plasticitou, šedý, hnědě skvrnitý, tuhý
83818	JV4	3,8 - 4,0	F8 CV	Cl	42,0	85	37	48	0,78	0,77	-	-	-	-	-	-	-	il s velmi vysokou plasticitou, šedohnědý, tuhý
83819	JV5	2,7 - 2,8	F6 Cl	saCl	15,6	36	21	15	1,38	0,51	-	-	-	-	-	-	-	il se střední plasticitou s ojed. štěr. zrn. rezavě hnědý, pevný
83820	JV6	2,2 - 2,4	F7 ME	saCl	59,3	105	55	49	1,08	1,28	-	-	-	-	-	-	-	hlina s extrémně vysokou plasticitou, hnědošedá, pevná

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	ČSN 73 6133	ČSN EN ISO 14688-2	W <sub>a</sub>	W <sub>L</sub>	%	W <sub>a</sub>	W <sub>L</sub>	I <sub>a</sub>	I <sub>e</sub>	I <sub>a</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	p <sub>s</sub>	p <sub>n</sub>	p <sub>d</sub>	Makrosk. popis zeminy
83821	KS7	1,3 - 1,5	F7 ME	Cl	68,5	116	55	61	0,82	0,94	-	-	-	-	-	-	-	hlina s extrémně vysokou plasticitou, šedá, tuhá
83822	KS7	1,5 - 1,7	F7 ME	Cl	56,0	103	54	49	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	hlina s velmi vysokou plasticitou, rezavě hnědá, pevná
83823	KS12	1,0 - 1,2	F7 ME	saCl	52,5	96	54	42	1,08	0,94	-	-	-	-	-	-	-	hlina s extrémně vysokou plasticitou, rezavě hnědá, pevná
83824	KS12	1,8 - 2,0	F4 CS	grsaCl	16,1	40,7	23,8	16,9	1,42	0,73	-	-	-	-	2725	-	-	il písčítý se šterkem, rezavě hnědý, pevný

Pozn.: U soudržných zemin s průměsí pískových nebo štěrkových zrn větších než 0,5 mm je index konzistence vypočten z hodnoty vlnitosti **frakce** zemin pod 0,5 mm, kterou v tabulce neuvádíme. Tato hodnota je vypočtena na základě odhadu vlnitosti zrn větších než 0,5 mm (5 - 10%).

## Fyzikální vlastnosti zemin

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	ČSN 73 6133	ČSN EN ISO 14688-2	Efektivní parametry vrcholové smykové pevnosti (platné v oboru napětí 50-400 kPa)		Efektivní parametry reziduální smykové pevnosti		Makrosk. popis zeminy
					$\Phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	$\Phi'$ (°)	$c'$ (kPa)	
83809	JV1	5,55 - 5,7	F7 ME	saCl	17	18			hlína s extrémně vysokou plasticitou, hnědá, rezavě skvrnitá, tuhá
83810	JV1	5,8 - 6,0	F2 CG	sagrcIS			11,4	0	jíl šterkovitý, šedohnědý, černě skvrnitý, tuhý
83811	JV1	6,55 - 6,7	F7 ME	CI	13,5	27			hlína s extrémně vysokou plasticitou, šedá, rezavě skvrnitá, tuhá
83814	JV3	5,5 - 5,6	G5 GC	sacIGr			16	0	šterk jílovitý, šedý, vlhký
83815	JV3	5,8 - 6,2	F3 MS	saCl	18,5	18			hlína písčitá se šterkem, šedohnědá, tuhá
83816	JV3	7,45 - 7,6	F3 MS	saCl	23,5	37			hlína písčitá s ojed. šterk. zrn., hnědá, pevná

### Smykové parametry zemín

Číslo vzorku	Sonda	Hloubka (m)	ČSN 73 6133	ČSN EN ISO 14688-2	Zatěžovací stupeň (kPa)	Oedometrický modul po zalití $E_t$ (MPa)	Poměrné osové přetvoření $\epsilon$	Makrosk. popis zeminy
83809	JV1	5,55 - 5,7	F7 ME	saCl	100-200	10,76	0,019	hlína s extrémně vysokou plasticitou, hnědá, rezavě skvrnitá, tuhá
					200-400	8,30	0,043	
					400-600	6,77	0,073	
83810	JV1	5,8 - 6,0	F2 CG	sagrcIS	53-100	2,20	0,045	jíl šterkovitý, šedohnědý, černě skvrnitý, tuhý
					100-200	2,34	0,088	
					200-400	3,37	0,147	
83811	JV1	6,55 - 6,7	F7 ME	CI	77-100	15,52	0,013	hlína s extrémně vysokou plasticitou, šedá, rezavě skvrnitá, tuhá
					100-200	5,78	0,031	
					200-400	6,48	0,061	
83814	JV3	5,5 - 5,6	G5 GC	sacIGr	50-50		0,052	šterk jílovitý, šedý, vlhký
					50-100	1,45	0,086	
					100-200	2,12	0,133	
					200-400	4,20	0,181	
83815	JV3	5,8 - 6,2	F3 MS	saCl	59-100	3,26	0,031	hlína písčitá se šterkem, šedohnědá, tuhá
					100-200	2,93	0,066	
					200-400	4,89	0,106	
83816	JV3	7,45 - 7,6	F3 MS	saCl	90-100	27,46	0,010	hlína písčitá s ojed. šterk. zrn., hnědá, pevná
					100-200	7,38	0,024	
					200-400	7,31	0,051	

### Přetvárné vlastnosti zemín

## Přehled vymezených geotechnických typů zemin a hornin

Zájmové území je tvořeno terciárními uloženinami tzv. starosedelského souvrství. K uložení sedimentů došlo před koncem eocénu. Souvrství je tvořeno písky, pískovci, slepenci a křemenci. Následovala pak sedimentace tzv. novosedelského souvrství v období oligocénu s bazálním souvrstvím, kde se na sebe nasedali tufy, tufity a tufitické jíly s vložkami silně zvětralých až rozložených drobných tufitických úlomků. Ve vrtu JV4 pak byly zastiženy nezvětralé magmatity v podobě granitů, který vzhledem k obtížně vrtatelnosti nebyl dále vrtán, byly zastiženy pouze ve formě úlomků na nadložních jílech.

Hladina podzemní vody nebyla průzkumem zastižena; i když při vrtání vrtu JV2 se voda v úrovni kontaktu navážek a podložních jílu objevila a do druhého dne nastoupala cca o 1,0m. Po dovržení vrtu se však voda již neobjevila. Domníváme se, že to byl přítok lokálního charakteru. Zamokření bylo zaregistrováno v oblasti přísypu pod koleji v úrovni kontaktu hranice jílu a hrubozrnných navážek, tedy oblasti předpokládaných smykových ploch.

### Přehled vymezených geotechnických typů zemin a hornin

geotechnický typ		geologické stáří	genetický původ	stručný popis	zařídění dle ČSN P 73 1005
označení	název				
<b>GT1-Anm</b>	navážky - makadam	recent	antropogenní	ŠD 32/63	<b>Y</b>
<b>GT2-Anp</b>	navážky – podkladní vrstva pod makadam	recent	antropogenní	ŠD 0/32	<b>Y</b>
<b>GT3-Anh</b>	navážky – přísyp a vyrovnávky	recent	antropogenní	heterogenní sypanina; ŠD 0/64, škvára, hlína	<b>G5 GC, F2 CG + (F6 CI), (Cb) Y</b>
<b>GT4-Tj</b>	tufitické jíly s vložkami tufů a tufitů	terciér (oligocén)	sedimentární/vulkanický	převážně hlíny a jíly s velmi vysokou až extrémně vysokou plasticitou tuhé konzistence, podružně vložky tufů a tufitů kladivem těžko rozpojitelné	<b>F7 ME, F8 CV, F8 CE (podružně F3 MS, F4 CS, F6 CI; R3-R4)</b>
<b>GT5-TP</b>	pískovce a slepence	terciér (eocén)	sedimentární	pískovce převážně slabě zpevněné rozvrtané na písek; v polohách zpevněné kusy až charakteru slepenců vrtané na ploché disky do 10 cm, kladivem rozpojitelné po 1 úderu	<b>R5 (podružně R4-R3)</b>
<b>GT6-TK</b>	křemence	terciér (eocén)	sedimentární	křemence bělavě šedé, pevné, kladivem obtížně rozpojitelné	<b>R2</b>

## Přehled doporučených charakteristických hodnot vybraných geotechnických parametrů zemin a hornin

Přehled doporučených charakteristických hodnot vybraných geotechnických parametrů zemin

GT typ	zatřídění dle ČSN P 73 1005	geotechnické charakteristiky					
		objemová tíha	modul přetvárnosti	Poissonovo číslo	smykové parametry		návrhová únosnost dle ČSN 73 1004
		$\Gamma$	$E_{\text{def}}$	$\nu$	$\Phi^\circ$	$c^\circ$	$q_{\text{dt}}$
		kN.m-3	MPa	-	°	kPa	kPa
<b>GT4-Tj</b>	F7 ME, F8 CV, F8 CE (podružně F3 MS, F4 CS, F6 CI; R3-R4)	17 - 18 doporuč.: 17,5	1 - 4 doporuč.: 2,5	0,4	13 – 23,5 dop.: 18	18 – 27 dop.: 18	60 – 100 dop.: 80

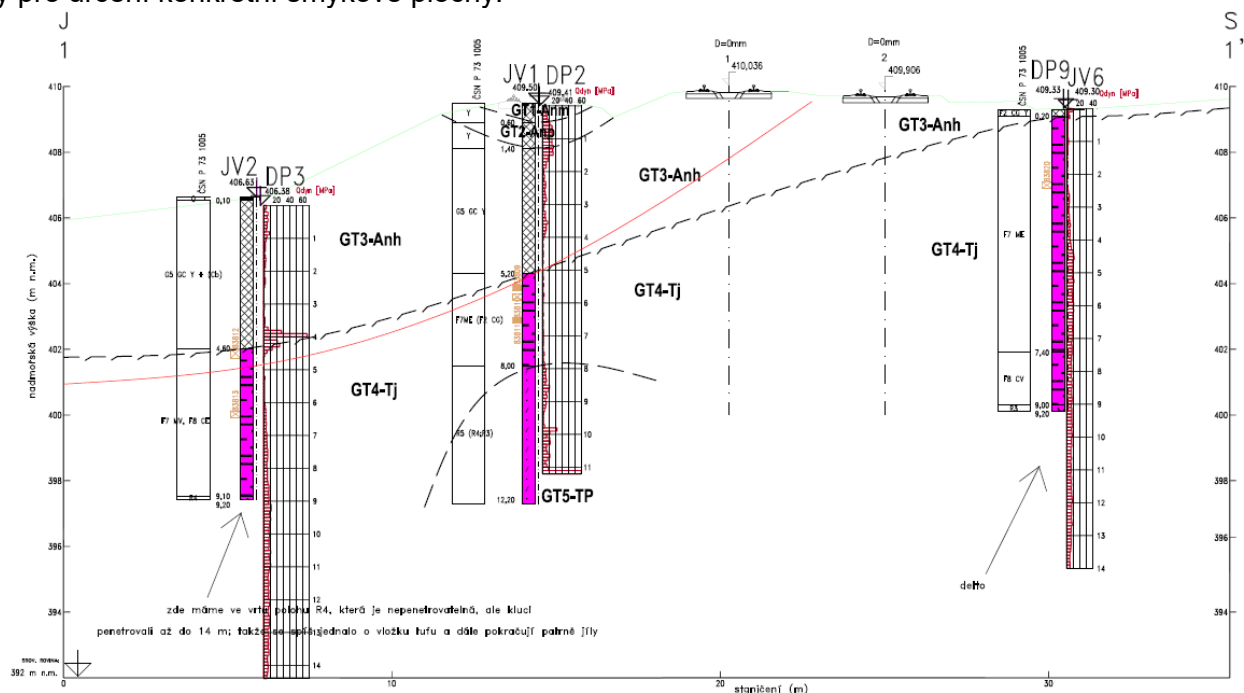
Přehled doporučených charakteristických hodnot vybraných geotechnických parametrů hornin

GT typ	zatřídění dle ČSN P 73 1005	geotechnické charakteristiky				
		objemová tíha	modul přetvárnosti	Poissonovo číslo	odhad minimální únosnosti dle ČSN 73 1004	odhad střední vzdálenosti diskontinuit
		$\Gamma$	$E_{\text{def}}$	$\nu$		
		kN.m <sup>-3</sup>	MPa	-	MPa	mm
<b>GT5-TP</b>	R5 (podružně R4-R3)	24	50 - 400 doporučená: 200	0,25	0,30 – 0,50 dop.: 0,35	20-100
<b>GT6-TK</b>	R2	27	1000 - 2000 doporučená: 1500	0,20	2	60-200

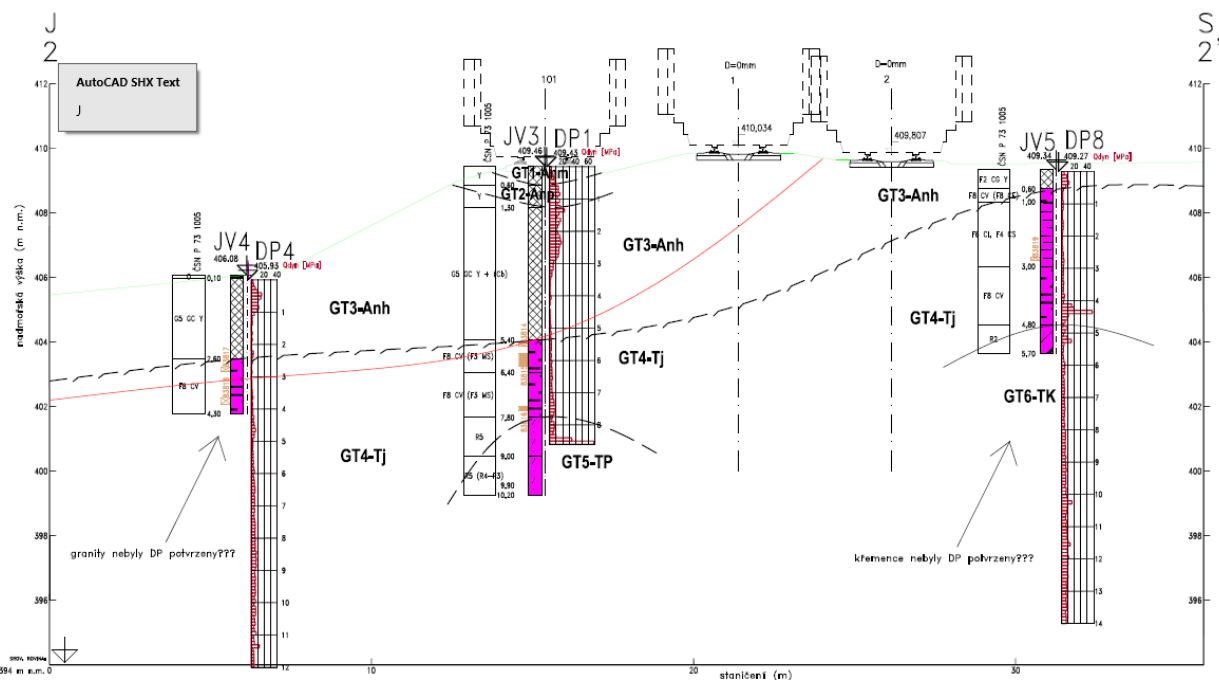
Navážky GT3-Anh vzhledem k heterogenitě nebyly hodnoceny. V stabilitních výpočtech jim byly přiřazeny odborným odhadem stanovené parametry.

## Stabilitní výpočty

Na základě výsledků inženýrskogeologického průzkumu byly sestrojeny dva příčné řezy, které se staly podkladem geotechnického výpočtu. Ten byl proveden dvěma způsoby. První výpočet metodou konečných prvků určil napjatost v prostoru, druhý způsob výpočtu představoval použití klasické metody pro určení konkrétní smykové plochy.



Obr. 1: Řez 1 v km 185,895



Obr. 2: Řez 2 v km 185,910

Oba řezy byly koncipovány jako kritické s ohledem na stavbu podloží a jeho mechanické vlastnosti.

### Výpočet metodou konečných prvků

Výpočet metodou konečných prvků byl zvolen z důvodu variability, která představuje možnost simulování prostředí v čase, tím pádem výpočet rozptylu napětí v jednotlivých zatěžovacích stupních



(fázích výpočtu). Výpočet v tomto případě byl z důvodu zjednodušení pouze dvoufázový, neboť se jedná o aktivní sesuv bez dalšího zkoumání historických souvislostí a procesů výstavby.

V prvním kroku výpočtu se uvažovalo s geometrií železničního náspu, tak jak byl interpretován geologickým modelem, v druhém kroku výpočtu se uvažovalo s plným zatížením od železniční dopravy.

Jako konstituční vztah byl použit modifikovaný model Mohr- Coulomb, který upravuje podmínky plasticity v deviátorové rovině."

Hlavní vstupy do tohoto modelu jsou přehledně uvedené v tabulkách a jsou použitelné pro danou simulaci. Použité parametry byly převzaty z geotechnického modelu (z charakteristických hodnot jednotlivých geotechnických typů). Protože se jedná o aktivní sesuv, parametry zemín nad předpokládanou smykovou plochou byly redukovány. Jedná se o standardní snížení efektivních parametrů pevností směrem k jejich reziduálním hodnotám.

Program při výpočtu stability redukuje zadané hodnoty úhlu vnitřního tření a soudržnosti zemín a hledá okamžik, kdy dojde k zplastizování konstrukce a její nestabilitě. Výsledkem výpočtu je pak stupeň stability, který odpovídá klasickým stabilizačním metodám.

#### Nastavení základních parametrů výpočtu stupně stability

Vlastní výpočet stupně stability je založen na metodě redukce parametrů pevnosti zeminy  $c$ ,  $\varphi$ . V rámci této metody je stupeň stability definován jako parametr, kterým je nutno redukovat skutečné hodnoty parametrů  $c$ ,  $\varphi$  vedoucí ke ztrátě stability.

Stupeň stability pak definujeme vztahem:

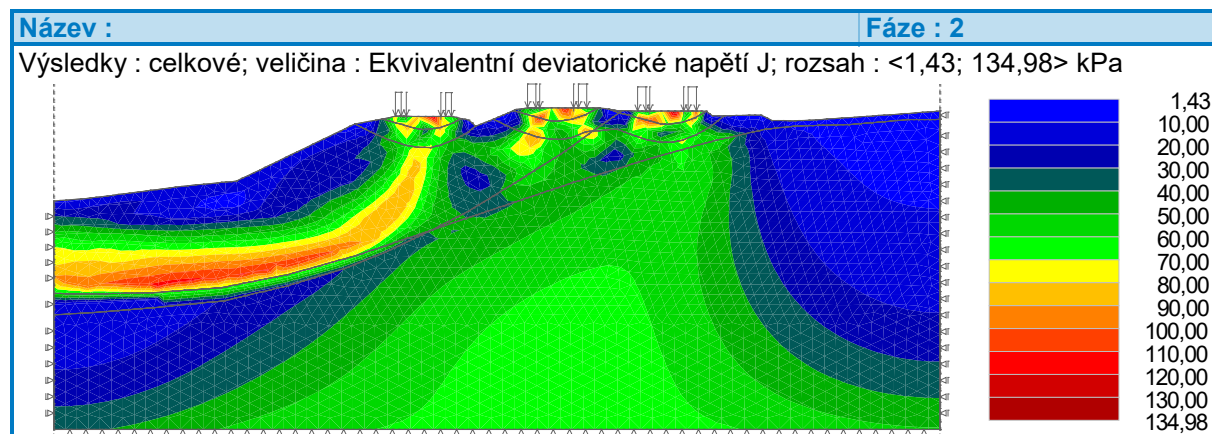
$$F = \frac{\tan \varphi^{\text{skutečné}}}{\tan \varphi^{\text{porušení}}}$$

kde:  $\varphi^{\text{skutečné}}$  - skutečná hodnota úhlu vnitřního tření

$\varphi^{\text{porušení}}$  - hodnota úhlu vnitřního tření v okamžiku porušení

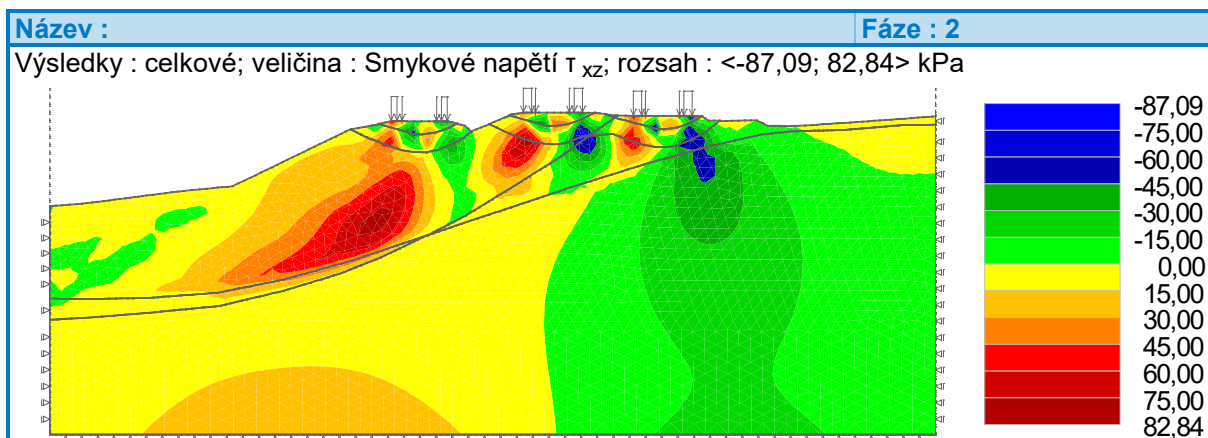
Nalezení kritické hodnoty stupně stability vyžaduje systematickou modifikaci (redukci) parametrů  $c$ ,  $\varphi$  vedoucí ke ztrátě stability. V rámci Newton Raphson metody je ztráta stability (porušení) definovaná jako okamžik, kdy řešení přestane konvergovat.

Výsledkem bylo určení ekvivalentních napětí, které při proměnném zatížení určily plochu, kde dochází k vyčerpání smykové pevnosti. Tato plocha se na řezu 1 v km 185,895 ukázala jako kritická, to znamená, že v prostoru se jedná o plouživé sesouvání, kdy spouštěčem je intenzita pojezdů vlakových souprav.

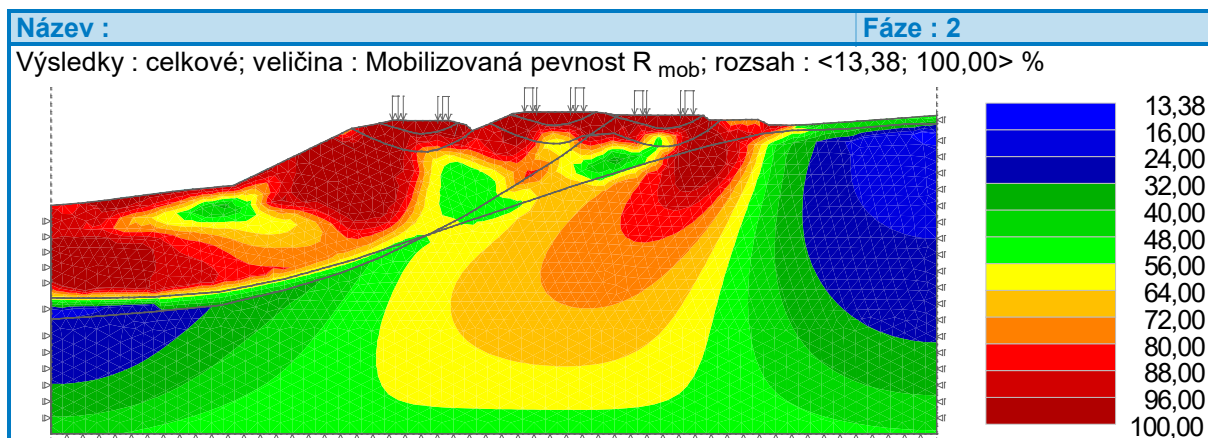


Obr. 3: Plocha vyčerpání smykových parametrů

Stupeň stability byl určen po započítání redukce parametrů materiálu na  $0,81 < 1,0$ . Jde tedy o nestabilní svah, který představuje riziko v čase.



Obr. 4: Vykreslení smykových napětí.

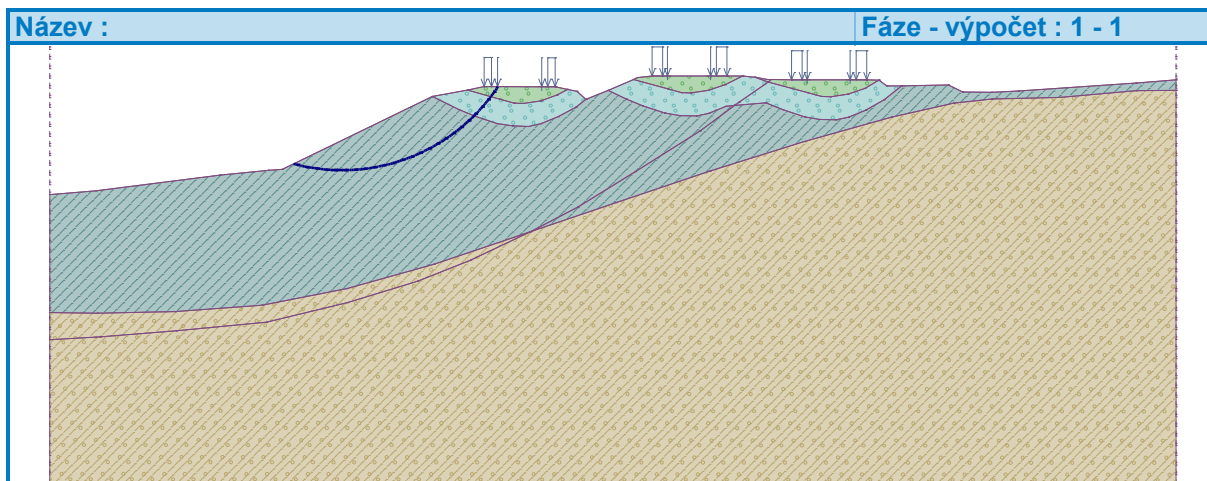


Obr. 5: Mobilizace pevnosti.

Problematické se v tomto případě jeví absence zazubení v prostoru, kde se nový násyp spojuje s původním terénem a to predikuje smykovou plochu. Tato plocha se nachází v bazální části mezi novým náspem a původním terénem. Protože jsme uvažovali s propustným materiálem násypu, neuvažovali jsme působení hladiny podzemní vody. To však neznamená, že v tomto prostředí nedojde k nasycení prostředí. V kritických momentech i tato voda napomáhá k zvýšení sil působících na aktivitu sesouvání.

### Výpočet klasickou metodou

Za pomoci klasického výpočtu byly identifikovány smykové plochy, které se nacházejí přímo v tělese násypu. Pro výpočet byl použitý Janbu, neboť do výpočtu vstupují i horizontální síly. Výsledkem výpočtu je stupeň stability, který byl určený na základě původní normy kvůli přehlednosti. Číslo však není porovnatelné s Eurokódem, protože se nejedná o určení poměru sil posouvajících a sil stabilizujících. Výpočet ale názorně ukazuje stupeň stability.



Obr. 6: Smyková plocha se stupněm stability.

Stupeň stability klasickou metodou byl určený na  $1,1 < 1,5$ , jedná se tedy o dlouhodobě nestabilní svah. Po prepočtu parametrů stability pomocí Eurokódu se jedná o  $148,8 \% > 100 \%$ .

#### **Závěr stabilitního posouzení**

Výpočet oběma metodami potvrdil, že se jedná o dlouhodobě nestabilní svah. Za hlavní příčinu nestability svahu náspu je možné označit lokální nepříznivé geologické a hydrogeologické podmínky. V případě hlubších smykových ploch je to přítomnost tufitických jíílů, které v saturovaném prostředí rychle rozbídnají. V případě mělkých smykových ploch je to absence zazubení na kontaktu dvou materiálů. Původní svah, na kterém byl v 19. století vybudován železniční násep, má průměrný sklon  $10$  až  $11^\circ$ . Přesně k těmto hodnotám se bez dalších stabilizujících prvků (funkční odvodnění, přitěžující zeď apod.) sklon svahu náspu bude přirozeně dorovnávat. Kompletní stabilitní výpočet je uveden v přílohové části 8. Stabilitní posouzení.



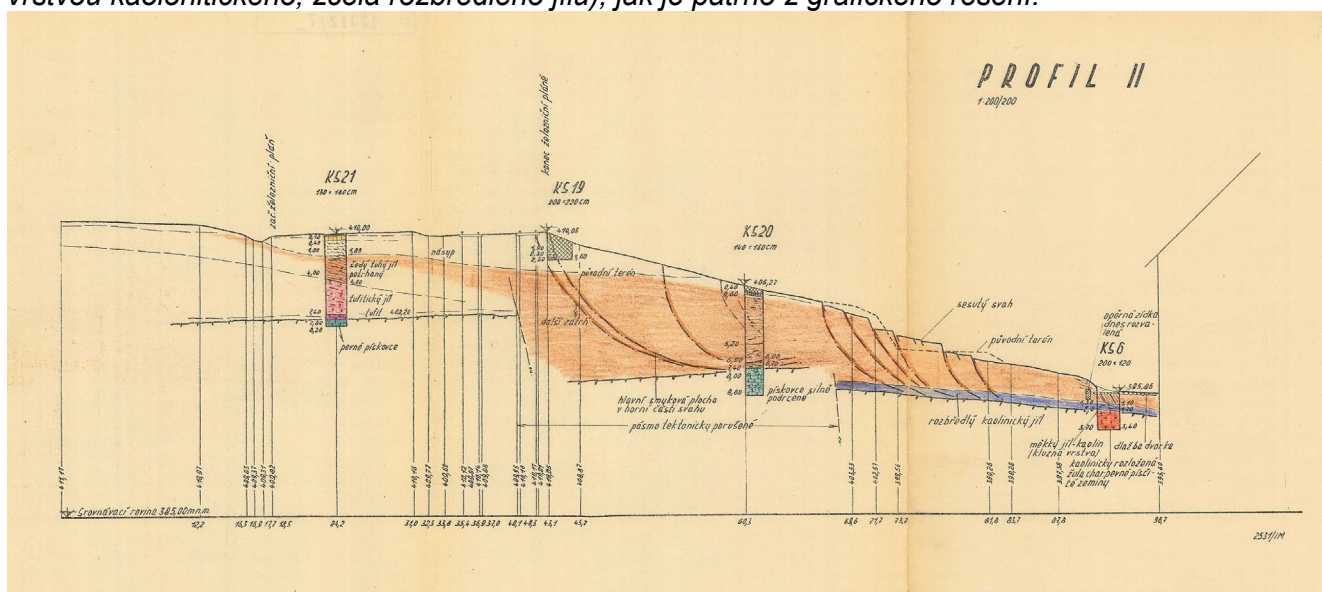
## KOMENTÁŘ NAD VÝSLEDKY PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

### Archivní rešerše

Výsledky práce popsané v závěrečné zprávě o výsledcích inženýrskogeologického průzkumu sesuvu u Horního nádraží v Karlových Varech (Fořt, Bureš, 1961) ukazují, s jakou precizností se autoři vypořádali s výsledky svého bádání. Dovolíme si opět citovat z výše uvedeného materiálu:

Nejprve jsme řešili stabilitu dolní části původního svahu. Jako nenejpříznivější se jeví válcová svážná plocha. Pro náhradní úhel  $\varphi = 10^\circ 45'$  ( $\operatorname{tg} \varphi = 0,19$ ) a soudržnost  $= 0,10 \text{ kg/cm}^2$ , tedy průměrné parametry smykové pevnosti, ověřené laboratorními zkouškami, vychází stupeň stability  $\mu = 1,1$ . Svah byl téměř v indiferentní rovnováze, takže při nepatrném zhoršení některého z uvažovaných faktorů, např. odlehčení paty svahu, zvýšením zvlhčením zemin, vyšší hladiny podzemní vody apod., došlo v zimních měsících t.r. k výraznému porušení stability ( $\mu < 1$ ).

Porušení pokračovalo postupným vytvářením smykových ploch směrem proti svahu. Konečná svážná plocha je složena z plochy válcové (probíhající v tufitických jílech) a plochy rovinné (probíhající vrstvou kaolonitického, zcela rozbředlého jílu), jak je patrné z grafického řešení.



Archivní řez II-II', situován pozičně v km cca 185,900, viz Přílohová část 2. Situace km 185,8 -186,0 Dále autoři uvádějí, citují:

Na základě zjištěných skutečností jsme traťové distanci Karlovy Vary podali návrh na sanaci sesuvu zajištěním paty sesuvu opěrnou betonovou zdí a odvodnění sesuvného území kamennými žebry.

Autor předkládané závěrečné zprávy akce „Inženýrskogeologický průzkum náspu v km 185,850 – 186,000 na trati Chomutov - Cheb“ konstatuje, že stejné myšlenky byly se zástupci objednatele rozebírány v úvodních diskuzích, bez bližšího se seznámení s historickými prameny.

### Geofyzikální průzkum

Výsledky provedeného geofyzikálního průzkumu georadarem potvrdily složitost geologické skladby přímého podloží náspu, aniž by bylo nutné výsledky jakýmkoliv způsobem „geotechnicky“ upravovat. Autor závěrečné zprávy akce „Inženýrskogeologický průzkum náspu v km 185,850 – 186,000 na trati Chomutov - Cheb“ se domnívá, že by bylo dobré v dalším kroku doplnit plošnou geofyzikální znalost území, jednak více do svahu a blíže k nemovitostem sousedících pozemků a dále rovněž cca 100m proti směru a po směru staničení.

## ***Sondážní práce***

Vrtnými pracemi byly ověřeny hloubková rozhraní báze náspu a původního terénu. Zároveň se podařilo vymezit geologická rozhraní a zařadit jednotlivé typy zemin a hornin do charakteristických geotechnických typů. Kromě antropogenních navážek byly terénními pracemi určeny a následně vyčleněny polohy výskytu terciérních tufitických jílů, terciérních pískovců a terciérních křemenců. V sondách byly rovněž ověřeny polohy pravděpodobného výskytu smykových ploch.

## ***Inklinometrická měření***

Inklinometrická měření ve vrtech provedených v rámci průzkumných prací prováděná v četnosti 2x měsíčně potvrdily, že k sesouvání zemin drážního tělesa dochází:

- **V hloubkové úrovni 3,5 až 4,0m pod TK, průměrná rychlost deformací jižním, případně jihozápadním směrem (po svážnici) činí 5,5mm/měsíc**

K dalším deformacím dochází i pod bází drážního tělesa a to:

- **V hloubkovém intervalu 5,0 až 10,0m s nejvyšší dosaženou průměrnou hodnotou rychlosti deformace 8mm/měsíc v hloubce 8,0 m pod TK, přičemž směr deformací je severozápad**

Atypický severozápadní směr deformací v této úrovni vysvětlujeme složeným rotačně-planárním pohybem po kruhové (válcové) smykové ploše. S ohledem na provedená dosavadní opatření v místech měření (snesení kolejového svršku kolej č. 101, vybudování patních drénů pod svahem příspy koleje č. 101) **je dvojnásobný nárůst průměrných rychlostí deformací v obou hloubkových úrovních alarmující**. Následná bezpečnostní opatření příslušné Správy tratí (vyloučení provozu na koleji č. 1 a omezení provozu na koleji č. 2) v tomto úseku byla naprosto adekvátní a správná. V případě dalšího zvýšení průměrných rychlostí bude četnost měření inklinometrů prováděna a vyhodnocována 1x týdně.

## ***Stabilitní výpočty***

Na základě výsledků inženýrskogeologického průzkumu byly sestrojeny dva příčné řezy, které se staly podkladem geotechnického stabilitního výpočtu, který potvrdil nedostatečnou dlouhodobou stabilitu svahu. Jak již bylo uvedeno, autor této závěrečné zprávy obdivuje práci svých předchůdců, neboť výsledky stabilitních výpočtů provedených na svahu při IG průzkumu před více než 60ti lety, jsou co se hodnoty stupně stability týče naprosto identické s provedenými současnými výpočty. Jak je ze současných provedených analýz patrné, situace je relativně horší v oblasti 1. sdruženého profilu, tj. v úseku kolem km 185,895. Jedním z důvodů lehce výraznějších projevů nestabilit v této části svahu příspy je plošné situování historické sanace z roku 1961, které již do těchto míst nezasahuje.

V dalším kroku stabilitních výpočtů v rámci přípravy sanace bude nutné ověřit do jaké míry a v jakém maximálním rozsahu lze zemní výkopové práce v prostředí vysoce labilního stavu provádět. Předpokládáme, že sanační práce budou muset být etapizovány tak, aby odebrané hmoty byly v dostatečně rychlém časovém období v průběhu vlastní sanace, nahrazeny kompetentními materiály.

## ZÁVĚR

Cílem průzkumných prací bylo ověřit a doplnit inženýrsko-geologické, hydrogeologické a geotechnické poznatky týkající se skladby a stavu zemního tělesa v náspu.

Jak již bylo na poradních výborech a jednáních s objednatelem konstatováno, na části drážního tělesa v náspu je potvrzen výskyt aktivního sesuvu.

Plošný rozsah aktivního sesuvu pod kolejí č. 101 je cca 600 m<sup>2</sup>, 30m ve směru staničení a 20m ve směru po spádnicí svahu. Odtrhová část aktivního sesuvu se nachází v ose os 101. SK a 1. SK.

Akumulační část aktivního sesuvu je patrná u plotu soukromé zahrádky. Na nižších úrovních teras zahrádky pod svahem jsou však patrné další terénní akumulace.

Terénní projevy plouživého přetváření - sesouvání (v podobě uklidněných či reaktivovaných pohybů) jsou viditelné v blízkém okolí provozované dráhy a to na ploše cca 15.000 m<sup>2</sup>, cca v pásu 100m (délkově ve směru staničení) a 150m (délkově po svahu).

Hlavním důvodem je geologická skladba v podloží náspu vysokého až 5,0m (od původního terénu), hydrogeologická situace v místě (pravděpodobně vysoká dotace podzemních vod na zlomových strukturách) a pravděpodobně nefunkční historická odvodnění v hloubkách 7 až 9 m pod terénem.

**Situaci v místě aktivního sesouvání a v jeho těsném sousedství provozované dráhy hodnotíme jako havárii zemního tělesa v náspu.**

Poslední provedená opatření k zajištění bezpečnosti provozu (vyloučení provozu na 1. SK a omezení provozu na 2. SK - TOR 30, pokračování s dosavadním monitoringem - inklinometrická měření 2x měsíčně, denní pochůzka po trati, měření KRABem 2x měsíčně na 1 SK resp. 2 SK, kontrola místně příslušným geotechnikem 2x měsíčně) byla naprosto správnou a adekvátní reakcí. Situaci je však potřeba nadále vnímat velice vážně, neboť úbytek hmot na svahu pod kolejí č. 101 vlivem pokračujících deformací může reaktivovat další sesouvání na podstatně větším území, prioritně by mohl znamenat pohyby pod kolejí č. 1, respektive i pod kolejí č. 2, sekundárně by mohl zvýšit zemní tlaky na nemovitosti v přímém sousedství dráhy a nepřímo by tak mohl ohrozit bezpečnost majetku a osob.

### Sanační návrh

Jak je z historických podkladů patrné, již při výstavbě trati byla celé oblasti věnována zvýšená péče. Do svahu v podloží původního terénu byly umístěny hlubkové drenáže a celý násep vysoký až 5,0m byl vybudován na 0,5m mocné drenážní vrstvě. V průběhu životnosti díla se funkce těchto odvodňovacích prvků postupně omezovala, čímž se dočasně snižovala celková stabilita území a ta přímo či nepřímo reagovala na vznik opakovaných a nevratných deformací v přímém podloží i ve vlastním drážním tělese. Z archivní rešerše vyplývá, že v zájmovém území došlo k několika sanačním zásahům, minimálně v letech 1885, 1921, 1940 a dále pak v období let 1959 až 1961, poslední sanační opatření v přilehlé oblasti v km 186,2 bylo provedeno v roce 1995 (Fulka).

Na základě provedené archivní rešerše, posouzení historických návrhů sanací, současného poznání IG a HG poměrů v zájmové lokalitě navrhuje, aby sanační návrh v sobě zahrnoval primárně odvedení podzemních vod mimo drážní těleso respektive podloží tělesa a sekundárně zajistil zvýšenou stabilitu přímého podloží v patě svahu.

To je dle našeho názoru nutné provést:

- Vybudováním hlubokého podzemního drénu na straně horní části svahu (nad kolejí č. 2) a svedení těchto vod pod propustkem do systému dešťové kanalizace. Jak je z historických podkladů patrné, hluboký podzemní drén v těchto místech je, respektive se domníváme, že na něho při realizaci narazíme. Důkazem o jeho přítomnosti jsou výstupy z dokumentovaných hlubokých šachtic provedených během průzkumných prací v letech 1960 až 1961
- Zajištěním paty svahu ve spodní části svahu v úrovni skalního podloží a to kotvenou gabionovou konstrukcí. Návrh obdobné konstrukce opěrné zdi byl již navržen v rámci vyhodnocení průzkumných prací v roce 1961, bohužel nebyl realizován



Sanační návrh a realizaci vlastní sanace je nutné s ohledem na pokračující deformace provést co nejrychleji, neboť oddalováním realizace navržených minimálních sanačních opatření hrozí vznik daleko rozsáhlejších škod a to nejen na majetku.

## **PŘÍLOHY TEXTOVÉ ČÁSTI**

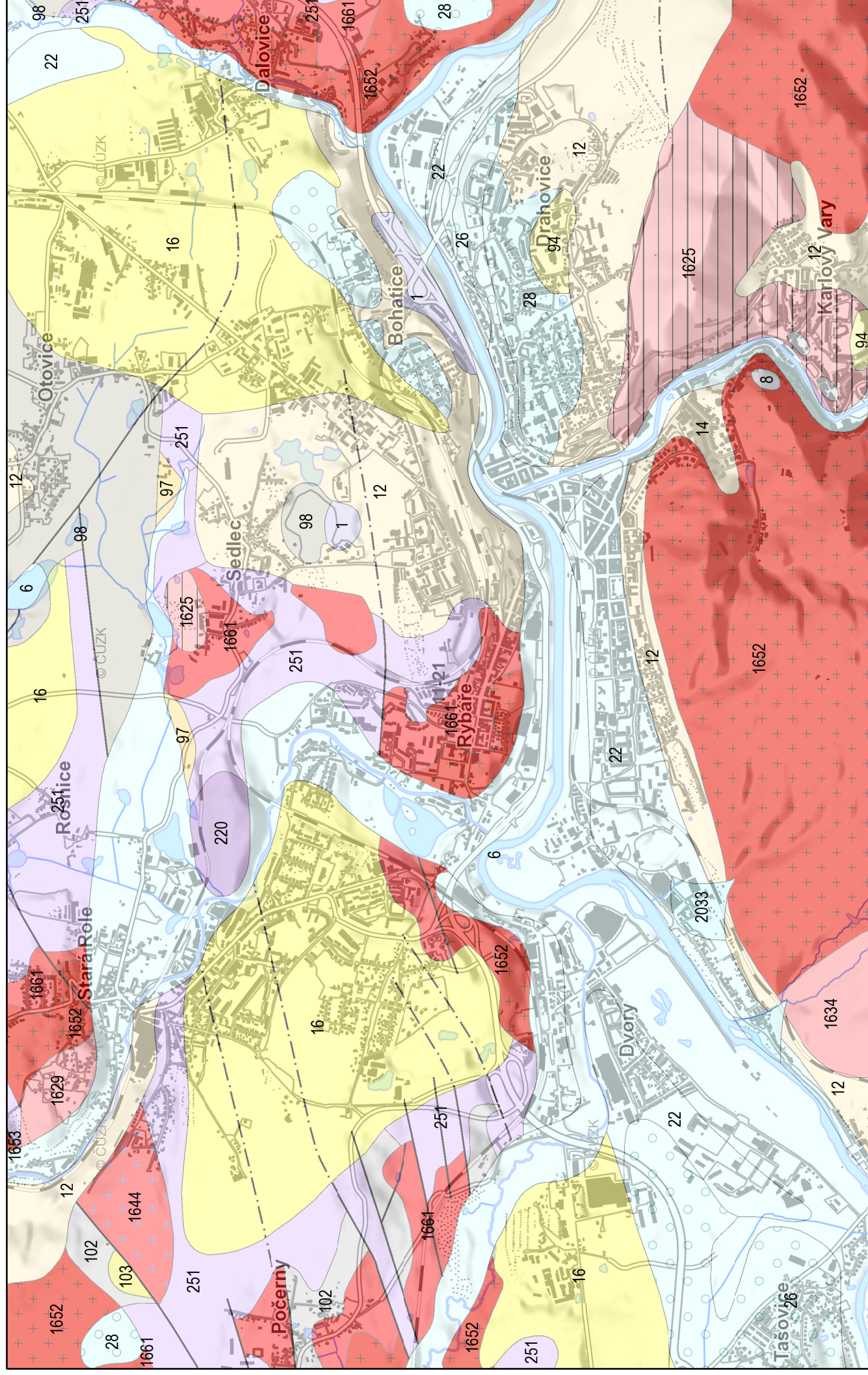
1. Situace zájmové oblasti v měřítku 1:50000
2. Geologická mapa širšího území 1:25000
3. Výřez z podrobné geologické mapy 1:5000
4. IG rajony širšího území
5. HG rajony širšího území
6. Stratigrafie Sokolovské pánve







## Geologická mapa širšího území - Karlovy Vary - Rybáře



# Geologická mapa 1 : 50 000

## Tektonické linie GeoČR50

—	zlom zjištěný
--	zlom předpokládaný
---	zlom zakrytý

## Hranice hornin GeoČR50

—	hranice zjištěná
---	hranice předpokládaná

## Horniny GeoČR50

### kvartér

#### KENOZOIKUM

##### KVARTÉR

	1	navážka, halda, výsypka, odval
	2033	výplavový kužel
	6	nivní sediment
	8	karbonát sladkovodní
	12	píščito-hlinitý až hlinito-písčitý sediment
	14	hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment
	16	spraš a sprašová hlína
	22	písek, štěrk
	26	písek, štěrk
	28	písek, štěrk

### terciér



#### podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny

#### KENOZOIKUM


##### NEOGÉN

	94	píščité štěrky
---	----	----------------




	97	jílovce, jíly, pelokarbonáty, písky
	98	uhlí, jíly, slojová pásma Antonín a Anežka

**TERCIÉR (PALEOGÉN-TERCIÉR)**

	102	uhlí, jíly slojového pásma Josef
---	-----	----------------------------------



**PALEOGÉN**

	103	pískovce, křemence, slepence, písky, štěrkopísky, uhelné proplástky, jíly, lokálně u Podbořan křemencové krusty
---	-----	---

**podkrušnohorské pánve a přilehlé vulkanické hornatiny, rozptýlené alkalické vulkanity**

**KENOZOIKUM**

**TERCIÉR (PALEOGÉN-TERCIÉR)**








	220	nefelinit s.s.
	251	vulkanoklastika bazaltoidních hornin

**sasko-durynská oblast (saxothuringikum)**

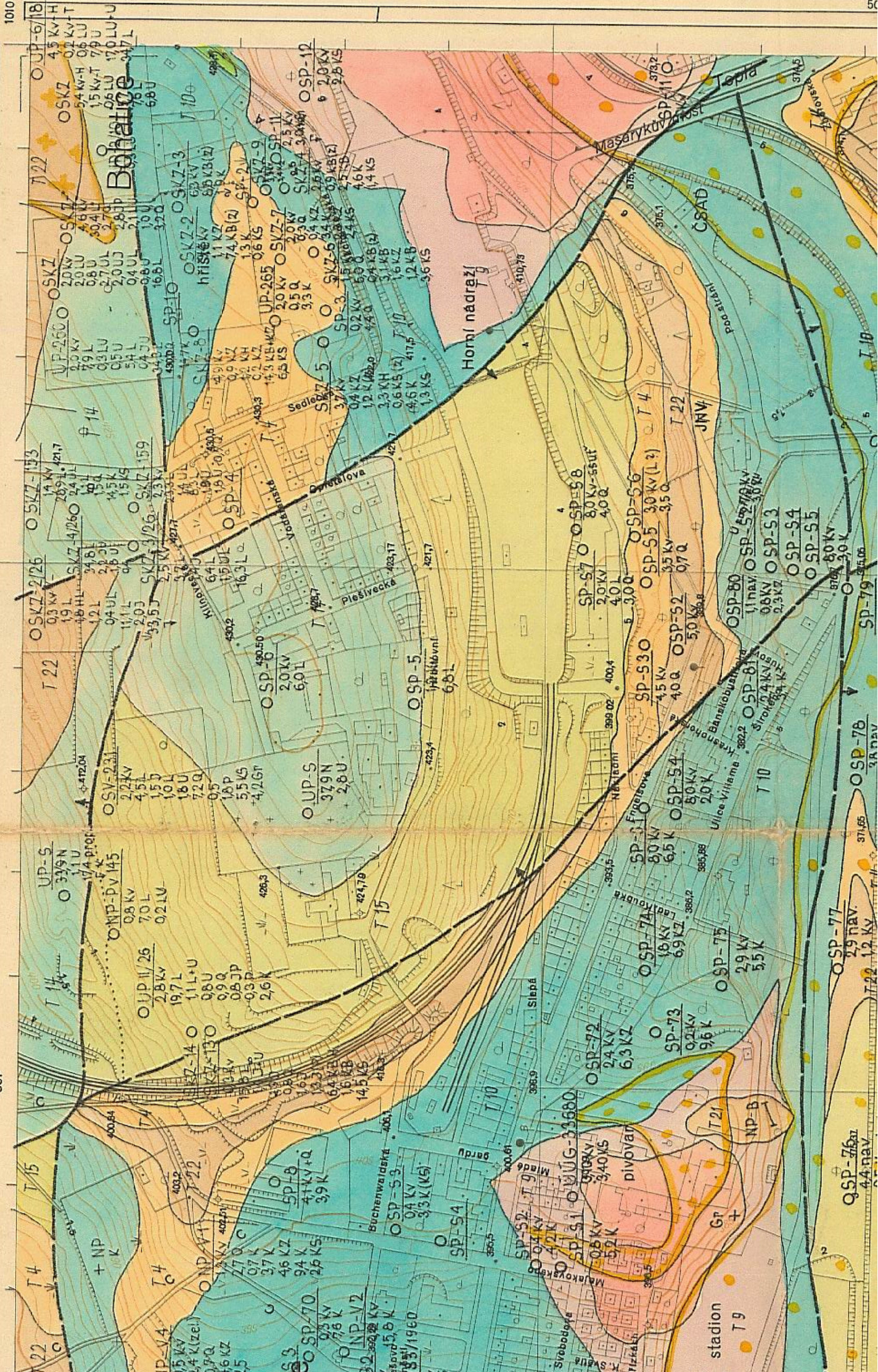
**krušnohorský pluton**

**PALEOZOIKUM**

**KARBON**

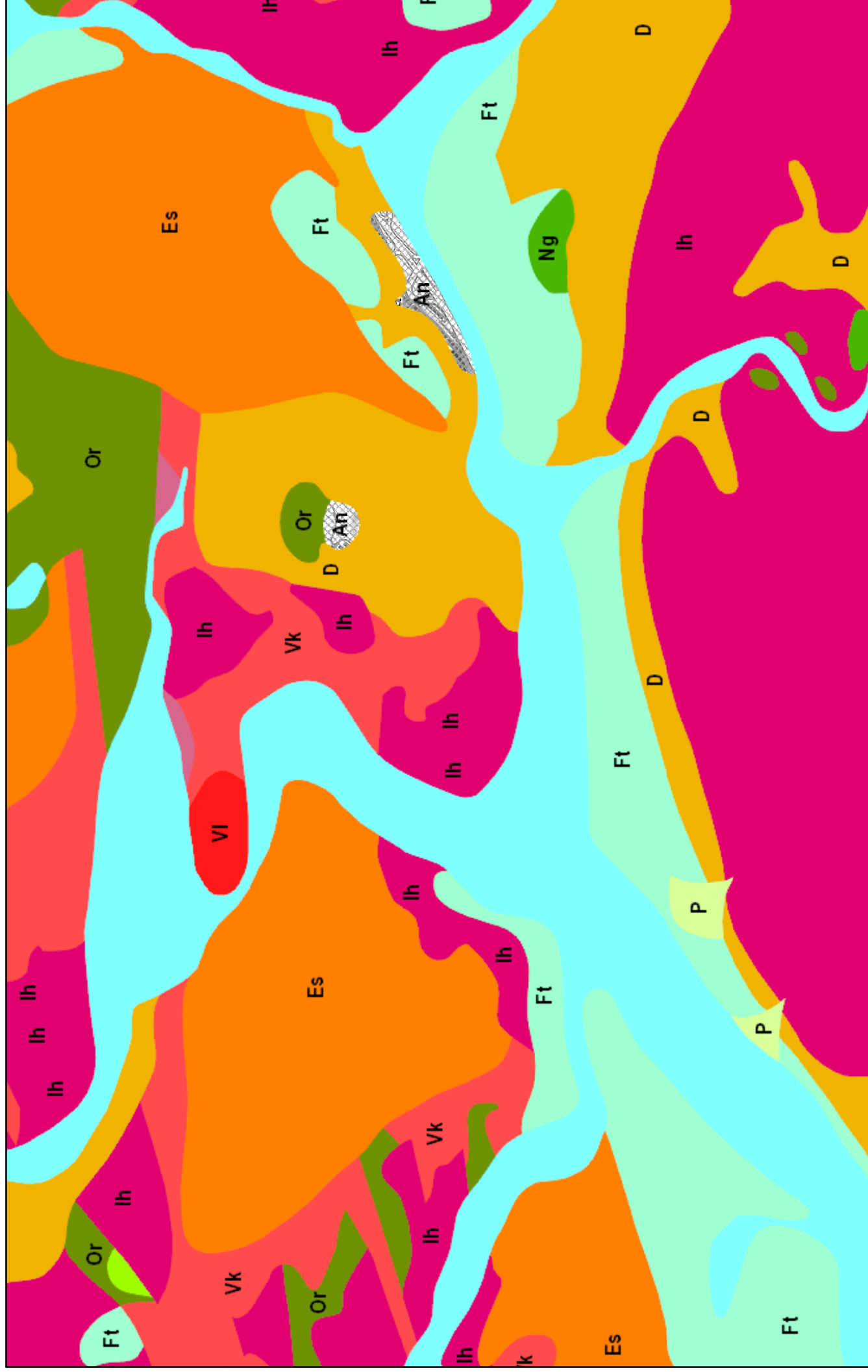
	1625	granit
	1629	granit
	1634	granit
	1644	granit
	1652	granit až granodiorit
	1653	granit až granodiorit
	1661	kaolinizovaný granit




















# IG rajony širšího území - Karlovy Vary - Rybáře

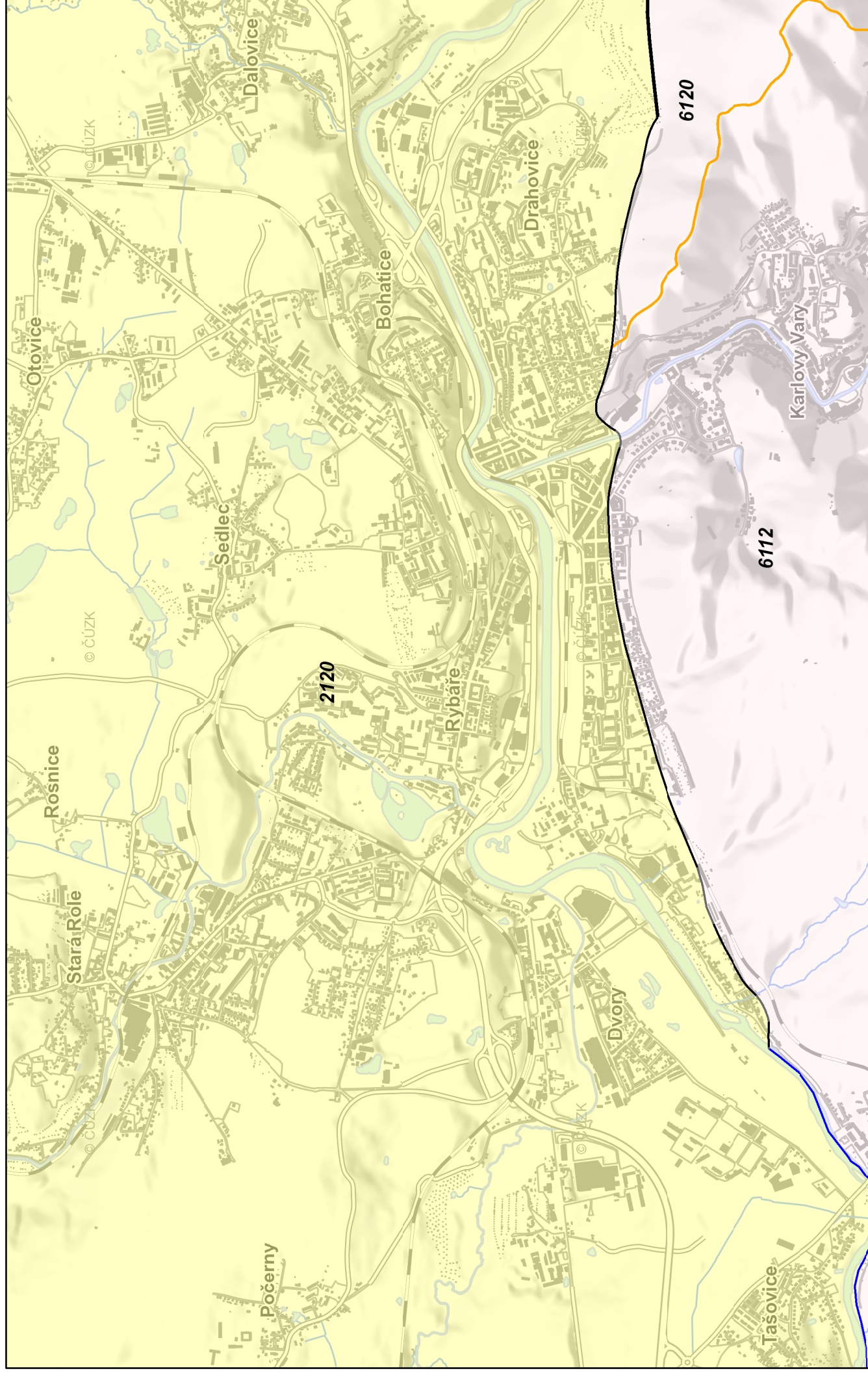


# Inženýrsko-geologické rajony 1 : 50 000

## Inženýrskogeologické rajony 1:50 000






	Fn	Rajon náplavů nížinných toků včetně fluviolakustrinních sedimentů
	Ft	Rajon pleistocénních říčních sedimentů (terasy)
	An	Rajon antropogenních uloženin
	D	Rajon deluviálních (svahových) a deluviofluviálních (splachových) sedimentů
	Or	Rajon organických zemin (min 5 % organických příměsí)
	P	Rajon náplavových kuželů
	Es	Rajon spraší a sprašových hlín
	Ng	Rajon štěrkovitých sedimentů
	Vk	Rajon vulkanoklastických hornin
	VI	Rajon kompaktních pevných vulkanických hornin
	Ih	Rajon magmatických intruzivních hornin
	Ss	Rajon pískovcových a slepencových hornin
	Nk	Rajon střídajících se jemnozrnných, písčitých a štěrkovitých sedimentů

## HG rajony širšího území





# Hydrogeologické rajony

## Typ hranice - základní

	hranice geologické jednotky
	tektonická linie
	linie toku
	rozvodnice
	ostatní

## V základní vrstvě

	v terciérních a křídových pánevních sedimentech
	v horninách krystalinika, proterozoika a paleozoika

Odd.	1945-1985 (např. MALKOVSKÝ 1979)	1986-2005 (ŠHRBENÝ 1994)	Nový návrh (ROJÍK 2005)	Maximální mocnost	
KVARTÉR	kvartérní uloženiny holocén pleistocén - 8 terasových stupňů			20 m	
MIOCÉN	spodní	cyprisové souvrství a čankovské písky	sokolovské souvrství svrchní část (cyprisové vrstvy)	cyprisové souvrství 21,3-16,5 mil. let lokální člen čankovské písky	200 m
		slojové souvrství sloj Antonín meziloží sloj Anežka	střední část  spodní část	sokolovské souvrství 22,8-21,3 mil. let antonínské vrstvy těšovické vrstvy anežské vrstvy habartovské vrstvy	300 m
	eger	vulkanogenní souvrství	novosedelské souvrství	novosedelské souvrství 24-23 mil. let	270 m
OLIGOCÉN	svrchní	souvrství sloje Josef		chodovské vrstvy (vulkanogenní)	
	střední			josefské vrstvy	
EOCÉN	spodní	lokální hiát			40 m
	svrchní	starosedelské souvrství 35-34 mil. let			
PODLOŽÍ PÁNVE kaolinizované horniny karlovarského žulového masivu a svatavského krystalinika					