



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEOTECHNIKY

INSTITUTE OF GEOTECHNICS

TECHNICKÁ CHODBA POD ŽELEZNICÍ

TECHNICAL GALLERY UNDER THE RAILWAY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jana Michaljaničová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav geotechniky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jana Michaljaničová
Název	Technická chodba pod železnicí
Vedoucí práce	doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Budou předány vedoucím diplomové práce zvlášť.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pod významnou železniční tratí je třeba navrhnout technickou chodbu - kolektor. Ten bude realizován jako ražená štola při zachování drážního provozu. Úkolem diplomového projektu je staticky navrhnout konstrukci této podzemní stavby a technologii jejího provedení.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh a posouzení ostění technické chodby, která bude prováděna v rámci rozsáhlejšího stavebního díla „Uzel Plzeň, 3. stavba – přesmyk domažlické trati“. Technická chodba je součástí kolektoru, který na méně než 100 m délky podchází dvě dvoukolejné tratě s velkým dopravním významem a dvě vlečky.

Práce se zabývá návrhem vhodného technologického postupu pro ražbu a zajištění výrubu. Dále je součástí práce provedení návrhu primárního i sekundárního ostění ze stříkaného betonu. Posouzení je prováděno na základě vyhodnocení výstupů ze dvou charakteristických příčných řezů, zpracovaných programem Plaxis 2D. Výstupy z tohoto numerického modelu poskytují informace zejména o vnitřních silách, deformacích a stavu napjatosti okolního horninového masivu. Na základě těchto informací je provedeno statické posouzení konstrukce

KLÍČOVÁ SLOVA

Konvenční ražba, maloprofilová ražba, technická chodba, kolektor, numerické modelování, ostění ze stříkaného betonu

ABSTRACT

The focus of this master thesis design static assessment of shotcrete lining belonging to underground gallery for water supply. This object is a part of larger project called „Uzel Plzeň, 3. stavba – přesmyk domažlické trati“. The gallery with length almost 100 m leads directly under two double-track lines with height traffic importance and two factory sidings.

The thesis deals with the recommendation of a suitable technological procedure for excavation and excavation stability. It also includes design of both primary and secondary shotcrete lining. The assessment is based on the evaluation of the outputs of two characteristic cross-sections processed in Plaxis 2D. The outputs consist of information on internal forces, deformations and state of stress in the surrounding rock. Based on this information, a structural design is performed

KEYWORDS

Conventional excavation, Small -profile excavation, underground gallery, numerical analysis, shotcrete lining

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jana Michaljaničová *Technická chodba pod železnicí*. Brno, 2020. 63 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí práce doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Technická chodba pod železnicí* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Jana Michaljaničová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Technická chodba pod železnicí* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Jana Michaljaničová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Vladislavu Horákovi, CSc. za trpělivé vedení magisterské práce, cenné rady a lidský přístup.

Děkuji také svým kolegům za průběžné předávání zkušeností z oboru, možnost konzultací, rady a možnost uzpůsobení pracovní doby pro potřeby studia, a v neposlední řadě také podporu a motivaci studium dokončit.

Velký dík patří mé rodině za láskyplné zázemí a podporu nejen po celou dobu mého studia.

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Popis stavby	10
2.1	Lokalita	10
2.2	Základní údaje.....	12
2.3	Objekt kolektoru.....	12
2.4	Specifika výstavby	14
3.	Geotechnické poměry území.....	15
3.1	Prozkoumanost území	15
3.1.1	Inženýrsko-geologické poměry [10].....	16
3.1.2	Hydrologické a hydrogeologické poměry.....	17
3.1.3	Geotechnické parametry	17
4.	Technologie výstavby	18
4.1	Obecně.....	18
4.2	Alternativní metody výstavby	18
4.3	Konvenční cyklická ražba	19
4.3.1	Ražba	19
4.3.1.1	Odvoz rubaniny	20
4.3.2	Zajištění výrubu	20
4.3.2.1	Jehlování.....	21
4.3.2.2	Sedání terénu	22
4.3.3	Odvodnění technické chodby.....	22
5.	Monitoring.....	24
6.	Výpočtová část.....	25
6.1	Cíle výpočtu	25
6.2	Použité výpočetní programy	25
6.3	Výpočetní řezy	26
6.4	Stanovení zatížení	27
6.4.1	Stálá zatížení.....	27
6.4.2	Proměnná zatížení – zatížení dopravou	27
6.5	Principy modelování charakteristických řezů	29

6.5.1	Primární napjatost	29
6.5.2	Modelování ostění.....	29
6.5.3	Fáze výstavby	29
6.6	Výsledky	33
6.7	Přetvoření	33
6.8	Vnitřní síly	35
6.9	Statické posouzení.....	44
6.10	Materiálové charakteristiky:.....	44
6.10.1	Sekundární ostění.....	53
7.	Závěr	57
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	58
	SEZNAM POUŽITÝCH NOREM:.....	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
	SEZNAM PŘÍLOH:	61

1. ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením technické chodby vedené pod dopravně velmi vytíženým uzlem kolejové dopravy. Kvůli tomu je nezbytné dbát zvýšené opatrnosti při výpočtech sedání nadloží raženého tunelu a stabilitu výrubu. Nedovolené sedání nebo dokonce případný propad by měl velmi nebezpečné následky.

Pro přesnost návrhu a posouzení je stěžejní správné stanovení materiálových vlastností okolního prostředí, vstupní parametry velmi výrazně ovlivní velikost zatížení posuzované konstrukce.

Součástí podkladů pro vypracování této práce bohužel nebylo vyhodnocení geologických a geotechnických poměrů, vstupní parametry pro výpočet proto byly zpracovány na základě vlastního vyhodnocení jádrových vrtů v okolí stavby, které byly na vyžádání poskytnuty Českou geologickou službou v Geofondu.

Chodba kolektoru vede v relativně kvalitním horninovém prostředí s dobrou únosností. Navržené betonové ostění tak částečně plní i funkci bezpečnostního opatření a také brání pískovcovému ostění před zvětráváním.

První část práce se zaměřuje na popis okolí stavby jak z pohledů geotechnických, tak i funkčních souvislostí. Dále je rozebrán technologický postup výstavby, který rozebírá mimo jiné provádění ražby nebo návrh odvodnění tunelu.

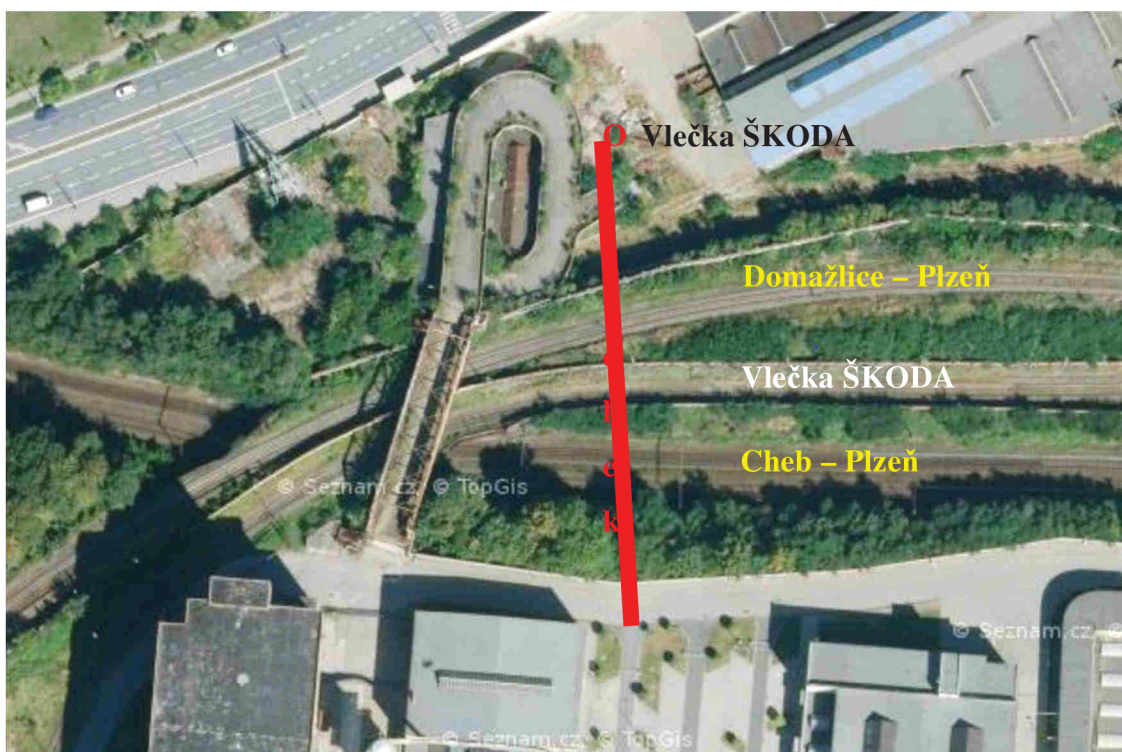
Další důležitou součástí pro vypracování návrhu suché štoly je příprava numerického modelu a následné zpracování a interpretace výsledků a posouzení únosnosti ostění.

2. POPIS STAVBY

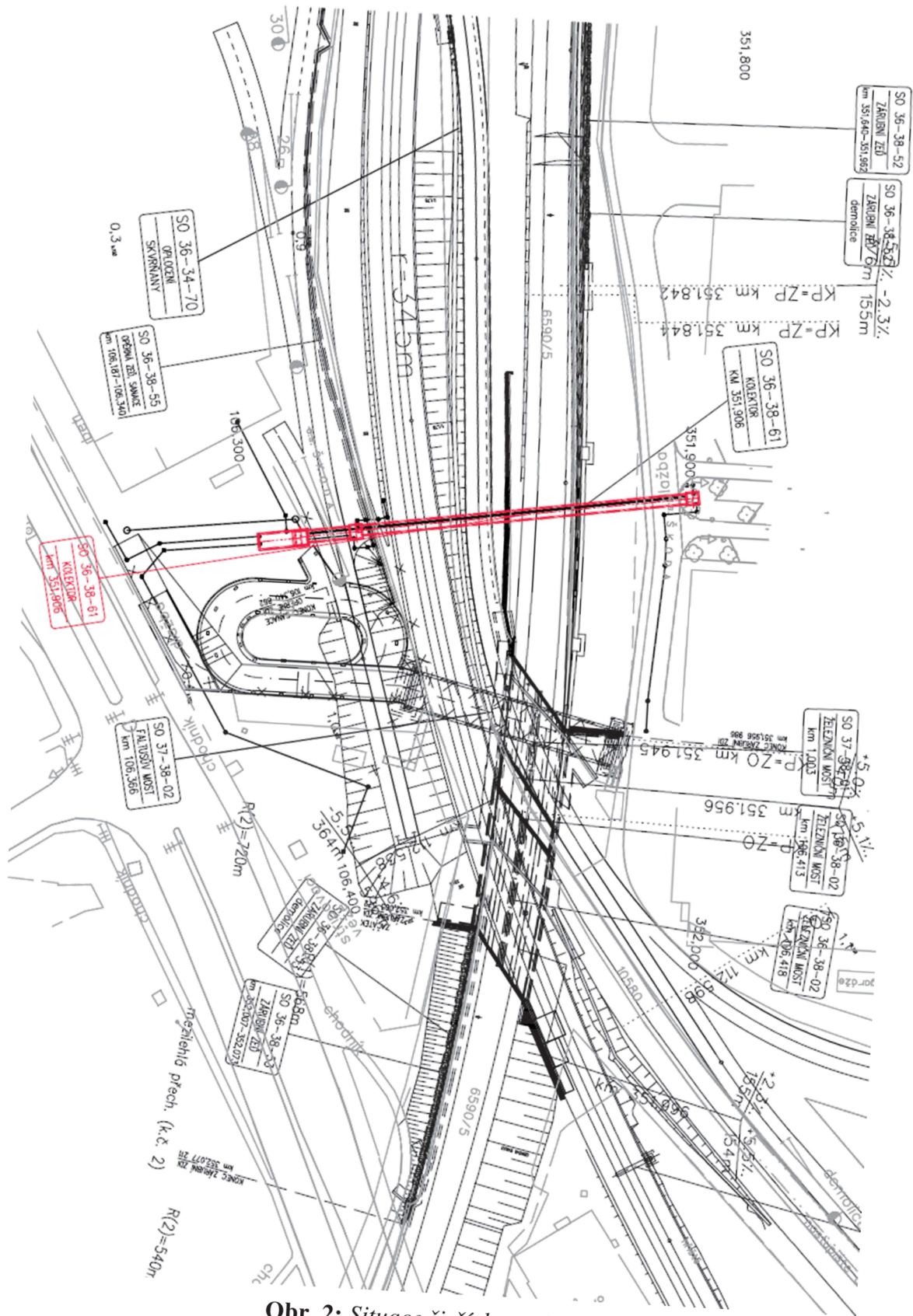
2.1 Lokalita

Stavba je situována v západních Čechách na území města Plzně v katastrálním území Plzeň Jižní předměstí, na jeho západní hranici s městskou částí Skvrňany. Stavba je umístěna v průmyslové zóně města Plzně, přesněji v hlavním areálu ŠKODA, který je rozdělen železnicí.

Navržený kolektor podchází koridorovou trať Plzeň – Cheb v km 351,906 (mezi zastávkami Plzeň – Jižní Předměstí a Plzeň – Západní Skvrňany), trať Plzeň – Domažlice v km 105,807 (mezi zastávkami Plzeň – Jižní Předměstí a Plzeň – Skvrňany) a dvě obslužné vlečky podniku. Schematický zákres osy kolektoru a vyznačení kolejí do ortofoto mapy zájmové oblasti se nachází na Obr. 1.



Obr. 1: Zájmové území s vyznačením umístění kolektoru [3]



Obr. 2: Situace širších vztahů [4]

2.2 Základní údaje

Tato kapitola částečně čerpá z Posuzovacího protokol přípravné dokumentace stavby „Uzel Plzeň, 3. stavba – přesmyk domažlické trati“ [5]

Výstavba kolektoru pod železničním tělesem je jedním ze stavebních objektů rozsáhlého projektu „Uzel Plzeň, 3. stavba – přesmyk domažlické trati“, který mimo jiné řeší okolí křížení III. tranzitního koridoru a trati Plzeň – Domažlice. Znárodnění vybraných stavebních objektů a přestavby kolektoru viz Obr. 2 – Situace širších vztahů na předchozí straně.

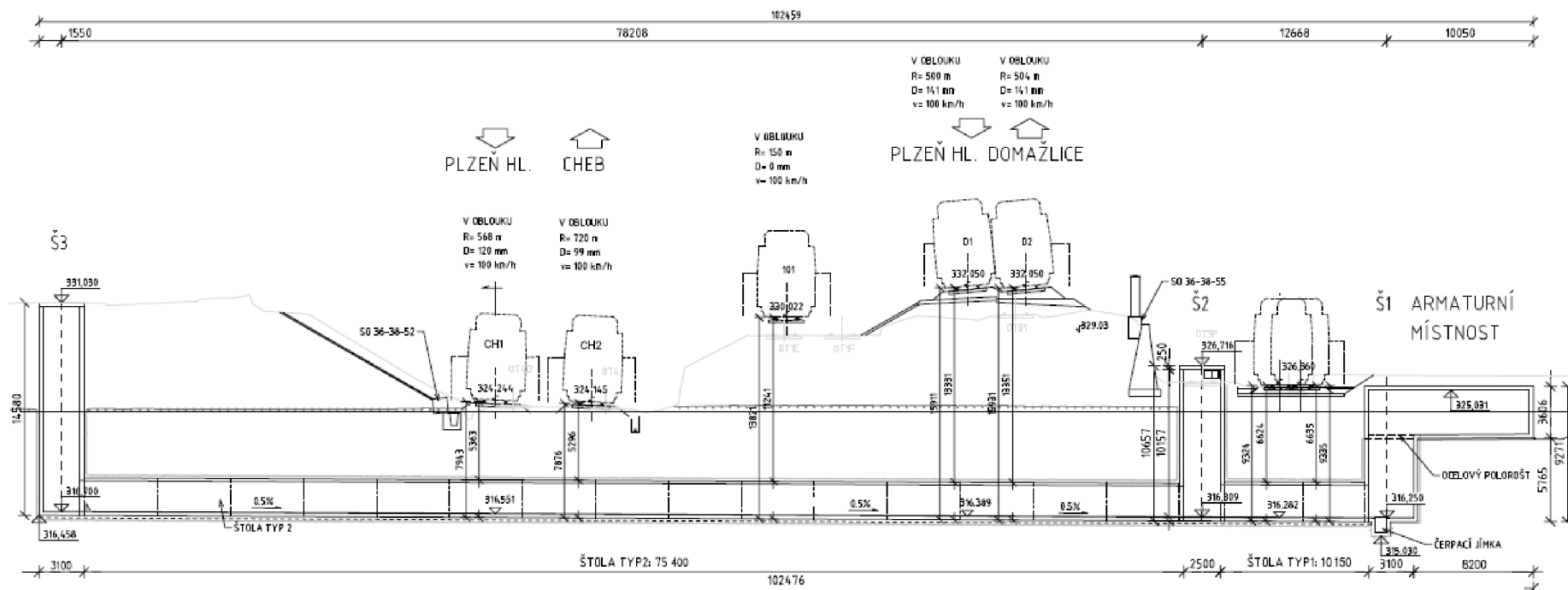
Dokončení 3. stavby – přesmyku domažlické trati – zajistí propojení navazujících úseků III. Tranzitního železničního koridoru mezi městy Rokycany a Stříbro, jejichž modernizace již byla dokončena. Trať ve směru na Domažlice bude v rámci akce přestavěna na dvoukolejnou a připravena na budoucí elektrizaci trati. Navazující úsek ve směru na Domažlice bude výhledově modernizován. Součástí stavby jsou dále vyvolané požadavky na úpravu vlečky ŠKODA hlavní závod, přeložky inženýrských sítí, zabezpečovací zařízení, a rekonstrukce, modernizace či přestavba mnoha dalších navazujících objektů.

Výstavba technické chodby, tzv. suché štoly, v místě křížení tratí je vyvolána nutností převedení zásobování pitnou i užitkovou vodou přes tento železniční uzel. V původním stavu bylo zásobování vody převáděno přes konstrukci Faltusova mostu a navazující rampu (tzv. „tobogánu“), který již delší dobu není využíván ke svému původnímu účelu, pro přesun zaměstnanců závodu Škoda, a v rámci stavby musí být odstraněn. Z důvodu zachování nepřetržité dodávky pitné i užitkové vody je nezbytné, aby chodba kolektoru byla dokončena a připravena pro přeložení vodovodu před zahájením demolice mostu.

2.3 Objekt kolektoru

Objekt kolektoru sestává ze dvou úseků vlastní technické chodby a ze tří šachet obdélníkového profilu. Šachty Š1 a Š2 jsou vyvedeny na povrch a slouží jako vstupní, přičemž šachta Š2 zároveň slouží jako větrací. Šachta Š3 je vyvedena do armaturní místnosti.

SO 36-38-61 KOLEKTOR V km 351,906 TRATI PLZEŇ - CHEB PŘÍČNÝ ŘEZ



Obr. 3: Podélný řez kolektorem [4]

Celková délka kolektoru je 94,5 m. Šachty jsou hluboké 3,3 m (Š1), 10,7 m (Š2) a 14,1 m (Š3) [4]. Podélný řez a základní geometrie objektu kolektoru je znázorněna na Obr. 3.

Technickou chodbu tvoří dva úseky s rozdílným profilem. Kratší chodba délky 9,6 m s větším světlym profilem slouží k uložení vodovodních řadů DN 200, DN 350 a DN 500, delší chodba (75,1 m) bude mít menší světly profil, jelikož nebude převádět největší potrubí DN 500. Dle požadavků normy ČSN P 73 7505[6] bude dodržen minimální průchozí profil 0,75 m x 2,10 m v po celé délce kolektoru.

2.4 Specifika výstavby

Z důvodu velkého dopravního významu podcházených tratí je nezbytné, aby stavba byla realizovaná za provozu. **Realizace výluk na trati není možná.**

3. GEOTECHNICKÉ POMĚRY ÚZEMÍ

3.1 Prozkoumanost území

Realizaci stavby Uzel Plzeň přecházel rozsáhlý geotechnický průzkum v letech 2006–2009. Pro stanovení geologického profilu v okolí kolektoru byly využity zejména vrty s označením J-107 (700195) a J-149 (700214) zadávané společností SUDOP Praha a.s. Na Obr. 4 jsou vyznačeny všechny průzkumné vrty v okolí stavby evidované Českou Geologickou službou v Geofondu.



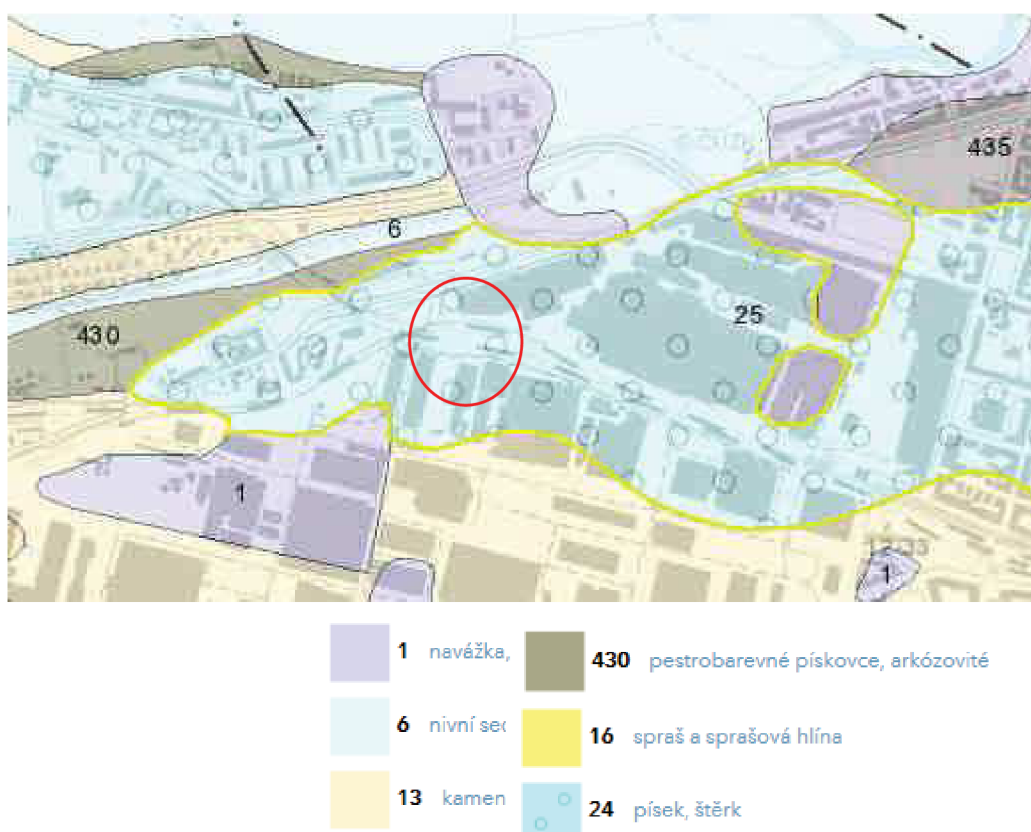
Pokryvné útvary zájmového území tvoří kvartérní sedimenty, zejména deluviofluviální a fluviální písčitohlinité, jílovitopísčité a kamenité sedimenty, hlouběji fluviální štěrkopísky. Podloží je budováno převážně kalovci, jílovci a pískovci svrchního karbonu.

3.1.1 Inženýrsko-geologické poměry [10]

Nejsvrchnější vrstva o mocnosti do jednoho metru je tvořena antropogenními navážkami s příměsí štěrku, pod kterými se vyskytuje vrstva fluviálních jílu s příměsí písku nebo štěrku o mocnosti do 3 m.

Na bázi pokryvů byla identifikována vrstva ulehlých štěrkopísků tloušťky kolem 3 m. [7]. Mapa pokryvných útvarů viz Obr. 5.

Horninové podloží se nachází od úrovně cca 324 m. n. m. Jedná se sedimenty svrchního karbonu tvořené pískovci, místy až jílovci. Hornina je vrstevnatá a slabě zvětřalá, místy jen navětřalá. V okolních vrtech byly také lokálně evidovány stopy uhlí.



Obr. 5: Výřez z geologické mapy [7]

3.1.2 Hydrologické a hydrogeologické poměry

Nejbližší vodotečí od místa stavby je Vejprnický potok, vzdálený více než 250 m. Mezi vydatnější vodoteče v okolí patří řeky Radbuza a Mže.

U vrtu J-107 byla zastižena ustálená hladina podzemní vody ve výšce 321,0 m. n. m, ve vrtu J-149 nebyla před ukončením vrtu v hloubce 318 m. n. m. HPV naražena vůbec [10]. Hladina podzemní vody bude uvažována ve výšce 321 m. n. m., tedy asi dva metry nad vrchlíkem technické chodby.

3.1.3 Geotechnické parametry

Parametry horniny byly odborně odhadnuty na základě vyhodnocení profilů jádrových vrtů J-107 a J-149 (viz příloha x) po konzultaci s vedoucím diplomové práce na základě již neplatné ČSN 73 1001:1988. Použité parametry hornin jsou uvedeny v tabulce číslo 1.

Parametr	Karbonské pískovce	Písek jílovitý	Štěrk	Navážka
Označení	R3 - R4	CS-F4	GP-G2	
E'	500 MPa	5 MPa	50 MPa	
E_{oed}	673 MPa	8 MPa	60 MPa	
ν	0,3	0,35	0,25	
σ_c	15 MPa			
γ	22,0 kN/m ³	18,5 kN/m ³	20,0 kN/m ³	18 kN/m ³
c_{ef}	400 kPa	15 kPa	0 kPa	
φ_{ef}	30°	21°	32°	

Tab. 1: Materiálové parametry

Nejsvrchnější vrstva tvořená navážkami působí hlavně jako přitížení, u zjednodušeného návrhu je možné je modelovat formou zatížení.

4. TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

4.1 Obecně

Výstavba technické chodby spočívá v ražbě dvou úseků v celkové délce necelých 100 m. Ražbě chodby bude předcházet hloubení šachet Š3 a Š2, směr ražby byl určen ve směru od šachty Š3 po Š1. Přístup pracovníků a materiálu spolu s transportem rubaniny bude probíhat šachtou Š3.

Během návrhu stavby je nezbytné si uvědomit, že ražený profil je velmi malý. To bude mít vliv i na volbu mechanizace a výrazný dopad na logistiku. Je nezbytné dopředu důkladně zkoordinovat například odvoz rubaniny s navážením materiálů. Profil tunelu umožní provoz nakládacích vozíků jen po jedné koleji, zřízení výhyben nebude možné.

Světlý profil výrubu činí v prvním úseku pouhých 8,9 m², přičemž světlá výška je jen 2,7 m a šířka 2,5 m.

Z tohoto důvodu je také vhodné omezit provoz jen na 1 pracovní stanoviště. Dobírka dna bude probíhat společně s ražbou kaloty a bude opožděna o 2 záběry. Sekundární ostění bude betonováno až po dokončení primáru v celé délce úseku. Po proražení úseku štoly mezi šachtami Š3 a Š2 je možné větrací šachtu Š2 částečně využít i pro přesun materiálu. Jelikož se ale tato šachta nachází mezi nevyločenou tratí Plzeň – Domažlice a vlečkou ŠKODA hlavní závod, bude při manipulaci v jejím okolí nutné dbát zvýšené opatrnosti.

Mocnost horninového nadloží nad vrchlíkem chodby je přibližně 5 m a je po celé délce chodby přibližně konstantní. Celková výška nadloží se naopak v různých příčných řezech výrazně liší a pohybuje se v rozsahu 5–13 m.

4.2 Alternativní metody výstavby

Z důvodu vysoké dopravní důležitosti tratí nad kolektorem a nemožnosti zřízení výluk není provádění štoly jako hloubené vůbec možné.

V začátcích návrhu byla uvážena možnost ražení kolektoru kruhovým štítem, po vyhodnocení geotechnických poměrů však tato varianta byla zamítnuta. Horninové prostředí případně i málo únosných pískovců pro tento způsob ražby není vhodné. S ohledem na relativně malou délku ražené chodby by navíc bylo velmi neekonomické.

Hydraulické protlačování s ohledem na velikost profilu chodby (při zachování průchozího prostoru světlý poloměr chodby vychází 2,25 m), na parametry okolního prostředí a prostorové uspořádání kolektoru není možné.

4.3 Konvenční cyklická ražba

Jako nejvhodnější způsob výstavby pro dané podmínky se jeví konvenční cyklická ražba s prvky NRTM. Prvky NRTM spočívají zejména v principu observace a monitoringu (viz. 4.4.2).

4.3.1 Ražba

Navětralý pískovec je ve smyslu již neplatné normy ČSN 73 3050:1986 možné zařadit do třídy těžitelnosti 4 - horniny rozpojitelné klínem nebo rypadlem. Z důvodu stísněnosti poměrů není možné nasazení těžké mechanizace pro rozpojování horniny, většina ražebních prací musí být prováděna buď manuálně (sbíječkou) nebo s využitím minibagru s impaktorem.

Z konstrukčních důvodů bylo navrženo technologické členění čelby po výšce na kalotu a dno. Celková výška výrubu je 2,7 m. Z důvodu pohybu pracovníků a manipulace s materiálem je vhodné navrhnout výšku kaloty přibližně 2,0 m s lávkou výšky 0,7 m. Dobírka lávky bude opožděna oproti čelbě o 2 záběry.

Ražba bude probíhat cyklicky, to znamená opakování těchto kroků:

- 1) Vyražení záběru ve standartní délce 1,0 m.
- 2) Okamžité zajištění odkrytého výrubu „primárním“ ostěním (1. vrstva stříkaného betonu SB25) včetně osazení příhradových nosníků.
- 3) Dobírka dna opožděná o 2 záběry.

Betonáž „sekundárního“ ostění (nástřik 2. vrstvy SB 30) bude zahájena až po vyražení plného profilu po celé délce kolektoru.

Po celou dobu ražby budou dodrženy následující zásady:

- Primární ostění se osazuje okamžitě po vyražení záběru

- Postup stavby bude nepřetržitý ve směnách – otevřená čelba nebude nikdy ponechána bez dozoru. Delší časové prodlevy v řádu dní mezi výstavbou jednotlivých záběrů jsou naprosto nepřijatelné z důvodů bezpečnosti.
- Ražba bude probíhat ve směnném 12ti hodinovém provozu, během jednoho dne budou vyraženy a zajištěny 2 záběry.
- Po dobu ražby kolektoru v zóně ovlivnění pod tratí III. tranzitního kolektoru bude zajištěno dočasné omezení provozu – pojížděna bude pouze jedna kolej. Rychlost u tratí v zóně ovlivnění probíhající ražbou bude dočasně snížena pro případ nečekaných událostí.
- Po celou dobu ražby bude monitorováno sedání povrchu i deformace ostění uvnitř kolektoru.
- V případě potřeby bude zajištěno pravidelné podbíjení kolejí nad raženou technickou štolou, aby bylo zabráněno případnému vykolejení vlaku z důvodu nepřípustného sednutí koleje.

4.3.1.1 Odvoz rubaniny

Odvoz rubaniny bude probíhat důlními vozíky taženými elektrickou akumulátorovou lokomotivou. Z důvodu geometrického uspořádání profilu o šířce dna výrubu 2,1 m je možné zřídit pouze jednu kolej po celé délce chodby, rozšíření na dvě koleje pro vyhýbání plných a prázdných vozíku není možné.

Rozpojená hornina bude nakládána na dlouhý dopravníkový pás zavěšený ve vrchlíku štoly, přes který bude dopravována do jednotlivých důlních vozíků. Pro odvoz rubaniny byly vybrány vozíky menších rozměrů typu JVD 0,9,2 o rozměrech 0,75x1230x1550 mm a objemu 0,9 m³ o rozchodu 600 mm.

4.3.2 Zajištění výrubu

Ražba technické chodby bude prováděna ve skalním prostředí netlačivých hornin.

Výrub bude neprodleně zajišťován smontováním a aktivací trojdílných ocelových rámu z obloukových příhradových nosníků typu BRETEX (vždy min 1 nosník na délku záběru). Po osazení konstrukční vrstvy svařovaných ocelových sítí z betonářské výztuže dojde k zajištění výrubu vrstvou stříkaného betonu SB 25 tloušťky 150 mm.

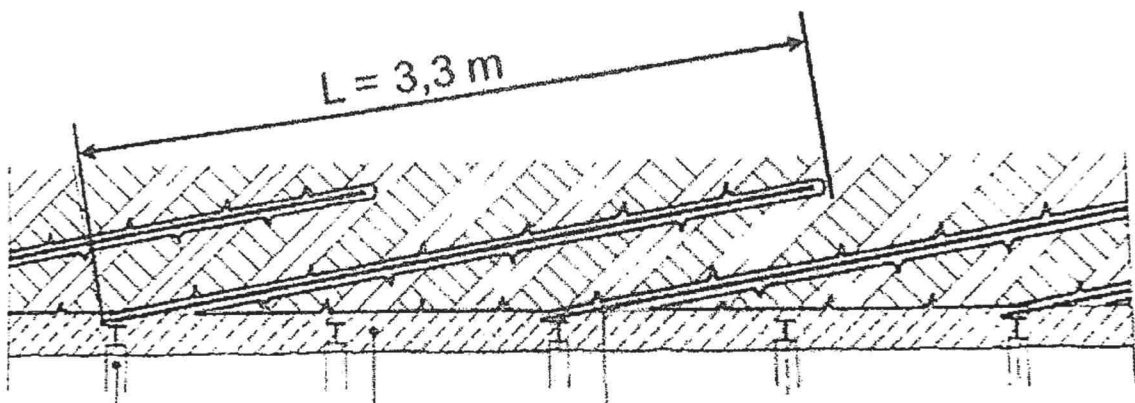
Dno výrubu bude provedeno s odstupem jednoho a dvou dní taktěž ze stříkaného betonu stejných parametrů. Místo příhradového rámu budou ve dně zabetonovány válcované ocelové nosníky profilu U200.

Stříkaný beton bude nanášen suchou cestou. Suchý nástřik betonu je charakterizován vysokou prašností a větším spadem ve srovnání s mokrou metodou, z důvodu prostorových možností tato varianta není možná. Aby bylo množství spadu omezeno na minimum, je nezbytné řádně ukotvit kari síť k ostění a zabránit jejich vibrování.

Pokud budou během monitorování zaznamenány nadměrné deformace, případně dojde po délce kolektoru ke nečekanému zhoršení geotechnických podmínek, je možné zajistit stabilitu přístropí podpurným opatřením, např. jehlováním.

4.3.2.1 Jehlování

Jehlování je jedním z doplňkových opatření pro zajištění výrubu v předstihu. Tato metoda spočívá v osazení jehel (Obr. 6) – ocelových tyčí o průměru 20–30 mm, nasucho do předem vyvrtaných otvorů po obvodě klenby. V případě nestabilních vrtů s tendencí se zavalovat se obvykle volí kotvy IBO, v případě měkčích zemin je možné jehly přímo zatlačovat. Kotvy se osazují šikmo přes první ocelový nosník za otevřenou čelbou pod úhlem cca 10°–15° od osy tunelu. Délka jehel se pohybuje mezi 3 až 6 metry, rozteč se volí dle potřeby, obvykle 10–20 cm. Jehlování se s oblibou používá zejména u rozpukaných hornin k jejich zpevnění. [2]

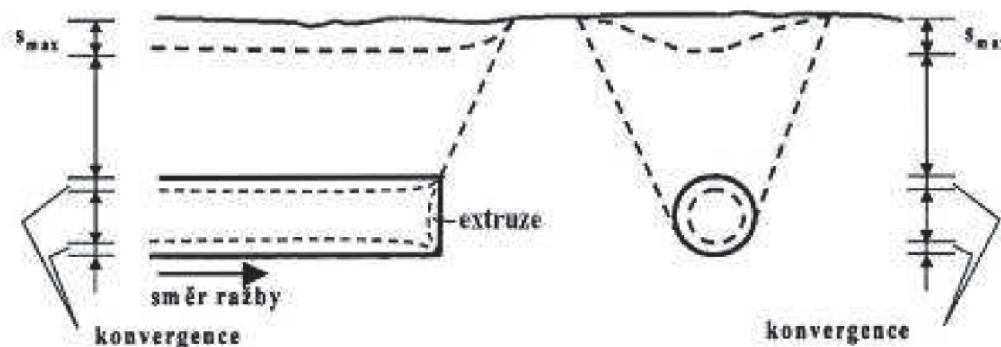


Obr. 6: Zajištění výrubu pomocí jehel a stříkaného betonu, Westtangente Bochum [1],

[2]

4.3.2.2 Sedání terénu

Vlivem ražby tunelových děl může docházet v úrovni terénu ke vzniku poklesové kotliny. Sedání terénu nad tunelem se skládá ze dvou složek – od radiálních deformací (přetváření směrem do výrubu) a od posouvání horniny v čelbě. Rozsah poklesové kotliny můžeme stanovit vynesáním zálomového úhlu φ ode dna výrubu směrem k povrchu. Rozsah a tvar poklesové kotliny je vyznačen na Obr. 7.



Obr. 7: Tvar poklesové kotliny v důsledku ražby

Tratě nad budovaným kolektorem zůstávají v provozu po celou dobu výstavby. Z důvodu zachování bezpečnosti je proto nutné věnovat zvýšenou pozornost povrchovému sedání v místě budovaného podzemního díla. Případné poklesy terénu je dodatečně možné eliminovat zajištěním pravidelného podbití kolejí nad raženou technickou štolou, aby bylo zabráněno případnému vykolejení vlaku z důvodu nepřijatelného sednutí koleje.

4.3.3 Odvodnění technické chodby

Technická chodba bude ražena v úpadnici v podélném spádu 0,5% směrem do šachty Š1. Při dobírání dna bude v ose chodby přímo v horninovém masivu zahloubena drenážní stružka pro odvádění průlinové vody. Na dno tohoto žlábků bude osazena drenážní trubka DN 150, která bude přesypána propustným materiálem (za tímto účelem je možné použít rozpojenou horninu z čelby). Voda bude svedena do čerpací jímky ve dně šachty Š1.

Po dobu ražby bude nezbytné zřízení několika provizorních čerpacích jímek. Při směru ražby v úpadnici budou šachty pro jímání vody zřizovány přibližně po 25ti metrech.

Po dokončení primárního ostění bude aplikována stříkaná izolace. Stříkaná izolace bude provedena jako uzavřená, nástřik vodou neředitelných hmot na bázi polymerů bude

probíhat ve vrstvách na řádně připravený (očistěný, odmaštěný) povrch sekundárního ostění. Celková minimální tloušťka hydroizolační vrstvy je 3 mm.

Případné průsaky vody přes ostění, z šachet nebo z kondenzátu budou svedeny do středové odvodňovací stoky (podlaha je navržena v dostředném spádu 2 %).

5. MONITORING

Pro monitoring deformací v ostění budou v řezech po 15ti m umístěna 3 zrcátka – vždy ve vrchlíku a v nejširším místě ostění. Osazené profily se budou zaměřovat a vyhodnocovat s periodou 1 týdne. V případě překročení povolených hodnot deformace (viz vypočítané hodnoty deformací ve výpočtové části) budou zvolena příčinná nápravná opatření, například jehlování, volba betonu s rychlejším nástupem pevnosti apod.

Terén nad tunelem bude pravidelně monitorován pro každou z podjížděných kolejí v bodě mimoběžného křížení osy technické chodby a nepřevýšeného temene kolejnicového pasu. Monitorování musí být vztaženo k pevnému bodu, který nebude případnými poklesy ovlivněn. Při překročení dovoleného poklesu je vhodným nápravným opatřením okamžité podbití prosednutého úseku koleje.

6. VÝPOČTOVÁ ČÁST

6.1 Cíle výpočtu

Cílem tohoto výpočtu je návrh a posouzení ostění navrhované technické chodby. Současně je nutné zabezpečit a posoudit zajištění stavebního díla po celou dobu provádění stavebních prací i na celou dobu jeho životnosti.

Provedený výpočet vychází z navržené geometrie technické chodby a stanovených charakteristických inženýrsko – geologických vlastností okolního prostředí.

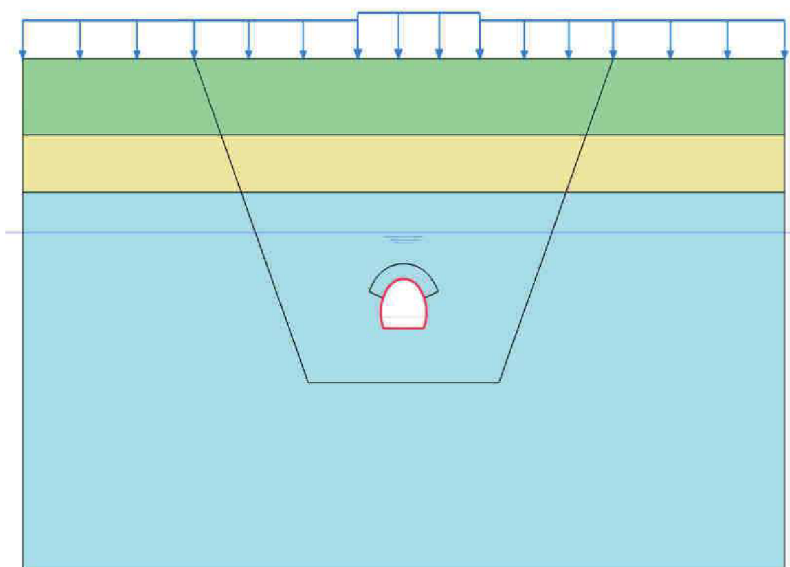
6.2 Použité výpočetní programy

Pro stanovení napětí, deformací a vnitřních sil působících na ostění technické chodby byl vypracován numerický model v programu Plaxis 2D. Vytvoření 3D modelu pro tento typ úlohy není nutné, prostorovou úlohu je možné dostatečně přesně zjednodušit na rovinnou posouzením několika charakteristických rovinných řezů.

Program Plaxis je založený na metodě konečných prvků, která spočívá v rozdělení spojitého prostředí do sítě konečných prvků s jednoduchou geometrií, na kterých lze relativně snadno dopočítat hledané veličiny. Vypočtené hodnoty prvku se dále použijí jako okrajové podmínky pro prvky sousední. Na základě interpolace sousedních bodů lze tedy dostat hledané hodnoty veličin v libovolném místě konstrukce.

Horninové prostředí v numerickém modelu tvoří homogenní vrstvy s izotropními vlastnostmi. Jako materiálový model byl použit asi nejrozšířenější Mohr-Coulombův model pro lineárně pružno – ideálně plastické materiály. Síť konečných prvků je tvořena 15ti uzlovými trojúhelníkovými prvky.

Při vytváření modelu je nutné zvolit hranice řezu v dostatečné vzdálenosti od výrubu tak, aby zóna ovlivnění nebyla oříznuta, ale zároveň nedocházelo ke zbytečným výpočtům mimo dosah vlivu budované konstrukce. Rozsah modelu byl stanoven přibližně jako 10násobek šířky chodby na obě strany od osy tunelu, spodní hrana je ve vzdálenosti 5x výška výrubu ode dna chodby.



Obr. 8: Geometrie výpočtového modelu – řez 2

6.3 Výpočetní řezy

Pro posouzení ostění technické chodby byly vybrány dva charakteristické příčné řezy. Řez č. 1 se nachází v místě s nejnižším nadložím (4,6 m nad vrchlíkem výrubu) a řez č. 2 v místě s nejvyšším nadložím (12,5 m). V obou případech se jedná o profily pod traťovou kolejí, tedy místa s největším užitným zatížením. Po délce posuzovaného úseku není předpoklad poruchové zóny, vlastnosti horninového masivu jsou konstantní.

Na Obr. 8 je uvedena poloha reprezentativního výpočetního řezu.

Primární ostění je navrženo ze stříkaného betonu SB 25 /typ II/J2, tedy stříkaného betonu s konstrukční funkcí pevnostní třídy minimálně C20/25 s oborem nárůstu pevnosti J2. Stříkaný beton bude aplikován v jedné vrstvě tloušťky 150 mm, bude použita jedna vrstva svařovaných ocelových sítí z betonářské výztuže typu KARI (KH30) Ø6,0x6,0 - 100 x 100 mm. Minimální krytí betonářské výztuže je 30 mm v líci konstrukce, 40 mm na rubu. Tloušťka ostění byla zvolena zejména z konstrukčních důvodů. Součástí primárního ostění tvoří také ocelový rám z důlní výztuže typu TH16,5 pro udržení tvaru líce primárního ostění, osazovaný v osové vzdálenosti 1,0 m.

6.4 Stanovení zatížení

6.4.1 Stálá zatížení

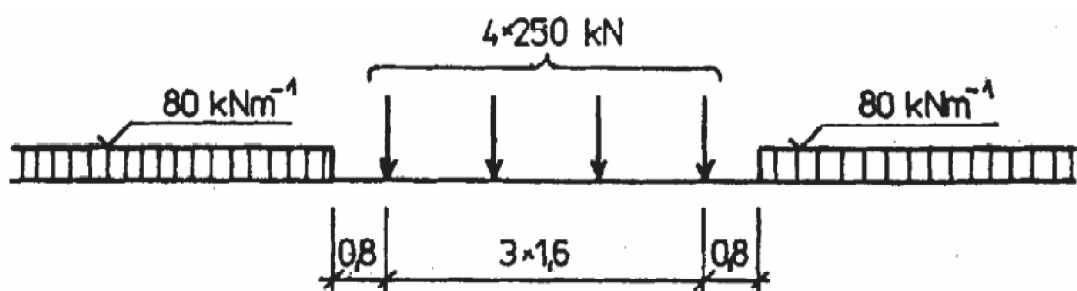
Ve výpočtovém modelu jsou uvažovány pokryvné vrstvy šterku a jílovitého písku a horninového masivu, které přímo generují zatížení od vlastní tíhy. V případě řezu č.2 je nutné připočíst zatížení od vrstvy navážky o mocnosti 1,0 m, kterou lze nahradit liniovým zatížením o hodnotě $f_{\text{navážka}}=18,0$ kN/m.

Průměrná tloušťka šterku kolejového lože je 0,73 m. Při započtení hmotnosti betonových pražců a kolejnic UIC 60 dostáváme hodnotu stálého liniového zatížení pro kolejové lože $f_{\text{lože}}=20$ kN/m.

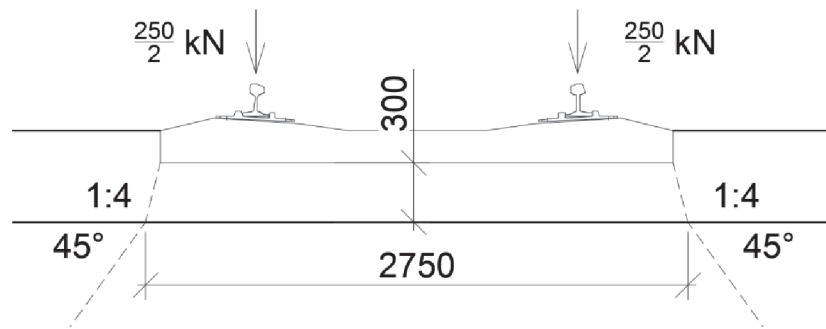
6.4.2 Proměnná zatížení – zatížení dopravou

Posuzované řezy jsou zatíženy dopravou. Pro stanovení zatížení povrchu pláň tělesa železničního spodku nad štolou je vycházeno z ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Z uvedených zatěžovacích modelů pro zatížení železniční kolejovou dopravou byl vybrán model zatížení 71 (viz Obr. 9), který byl následně přepočítán na liniové zatížení odpovídající 1 m šířky modelu.

Roznos zatížení na úroveň pláň železničního spodku byl proveden následujícím způsobem:



Obr. 9: Model zatížení 71 a charakteristické hodnoty svislého zatížení



Obr. 10: Stanovení roznášecí plochy

Přepočet zatížení náprav:

$$f_Q = \frac{4Q}{l_{\text{pražce}} * 4 * 1,6} = \frac{1000}{2,75 * 6,4} = 56,8 \text{ kN/m}$$

Přepočet spojitého zatížení:

$$f_q = \frac{q}{l_{\text{pražce}} * 1} = \frac{80}{2,75 * 1} = 29,1 \text{ kN/m}$$

Tratě Plzeň – Cheb i Plzeň – Domažlice jsou dvoukolejnými tratěmi 1. třídy, a proto musí být zatížení přenásobeno součinitelem $\alpha=1,33$. Přenásobením zatížení dostáváme „klasifikované zatížení“

Dynamické účinky dopravy jsou ve výpočtu uvažovány jako 10% nárůst statického zatížení.

$$f_{Q,k} = f_Q * \alpha * \Phi = 56,8 * 1,33 * 1,1 = 83,0 \text{ kN/m}$$

$$f_{q,k} = f_q * \alpha * \Phi = 29,1 * 1,33 * 1,1 = 42,6 \text{ kN/m}$$

U obou posuzovaných řezů se ve stavební fázi uvažuje se zatížením jedné koleje, při provádění ražby pod tratí bude krátkodobě zajištěno vyloučení současného zatížení kolejí v obou směrech.

Z důvodu roznosu zatížení 45° od pojížděných kolejí a malé osové vzdálenosti kolejí dojde po ukončení stavebních prací na kolektoru k nárůstu dopravního zatížení na dvojnásobek.

6.5 Principy modelování charakteristických řezů

6.5.1 Primární napjatost

Svislé primární napětí je spočteno z odpovídající výšky nadloží a objemové tíhy horninového prostředí a přitížení povrchu. Horizontální primární napětí je definováno hodnotou součinitele vodorovného napětí K_0 , který je určen ze vztahu:

$$K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

Kde ν je Poissonovo číslo daného materiálu.

6.5.2 Modelování ostění

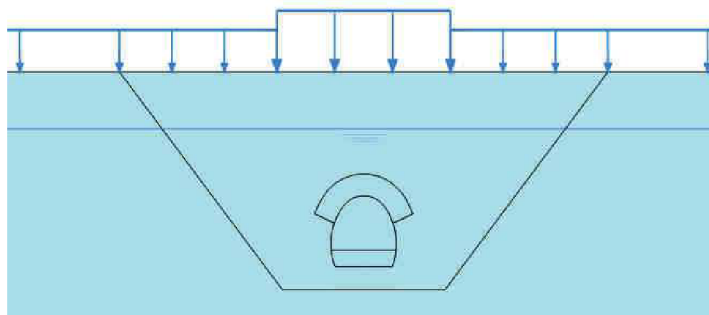
Ostění ze stříkaného betonu je modelováno lineárně elastickým prutovým prvkem.

6.5.3 Fáze výstavby

Fáze výstavby jsou níže popsány a ukázány na obrázcích 11–17. pro posuzovaný řez č.1, fáze výstavby v řezu 2 se liší pouze výškou nadloží a velikostí zatížení.

Fáze 1: Vnesení primárního napětí (Obr.11)

Stanovení primární napjatosti před provedením jakéhokoli zásahu do podloží v sobě zahrnuje také zatížení železniční dopravou. Přetvoření ve všech bodech sítě jsou nulová.



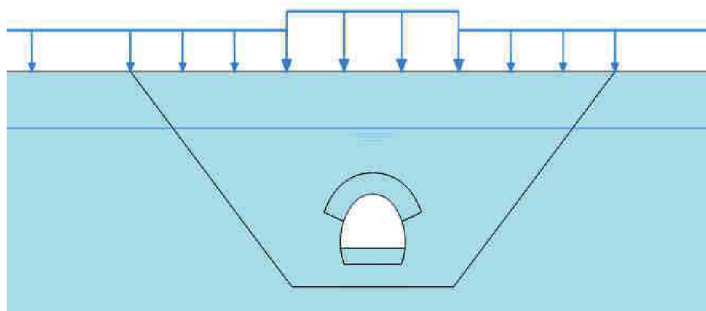
Obr. 11: Fáze 1

Fáze 2: Výrub kaloty a vnesení ekvivalentního zatížení (Obr.12)

Jelikož je ražba tunelu modelována prostřednictvím rovinného modelu, je zde třeba zahrnout také prostorové změny napjatosti a sedání, které probíhají v horninovém masivu ještě před otevřením čelby. Tento fenomén lze do výpočtu zahrnout pomocí Metody změkčení jádra, Metody podpůrných napětí, a nebo v případě programu Plaxis pomocí Metody redukce napětí, tzv. β -metody.

β -metoda vychází z předpokladu, že se působící zatížení rozdělí jak do horninového masivu, tak na nevyztužený výrub, tedy že v dané fázi působí na nevyztužený výrub jen část zatížení. Hodnota relaxačního součinitele β se stanovuje na základě geologických poměrů, geometrie výrubu, délky záběru i tuhosti nového ostění. Stanovení tohoto parametru je poměrně složité.

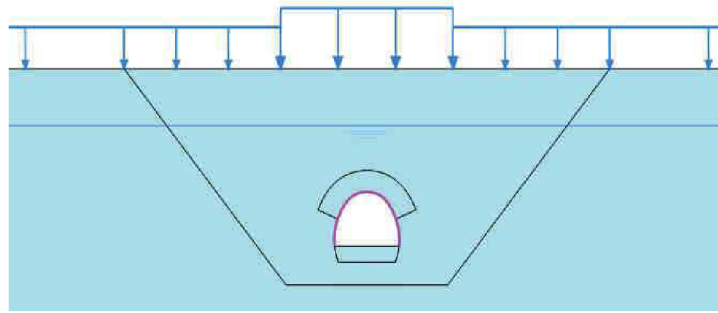
V programu Plaxis 2D je hodnota β zavedena zadáním koeficientu Σ -Mstage = $1 - \beta$, kterou je možné zadat samostatně pro každou fázi budování. Součinitel β byl stanoven na přibližnou hodnotu a bylo přibližně stanoveno na hodnotu $\beta=0,5$, tedy hodnota Σ -Mstage = $(1-0,5) = 0,5$.



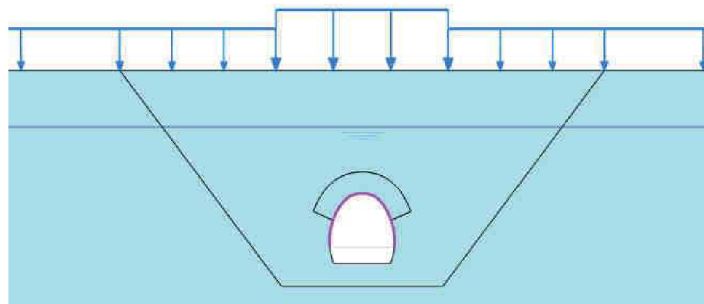
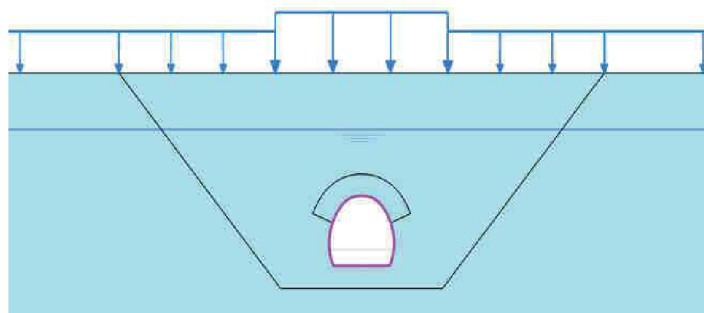
Obr. 12: Fáze 2

Fáze 3: Aktivace primárního ostění kaloty (Obr.13)

V této fázi dochází k aktivování ostění s paramenty mladého betonu i aktivaci rozhraní na kontaktu ostění a horninového masivu a současněmu plnému působení zatížení na 100%.

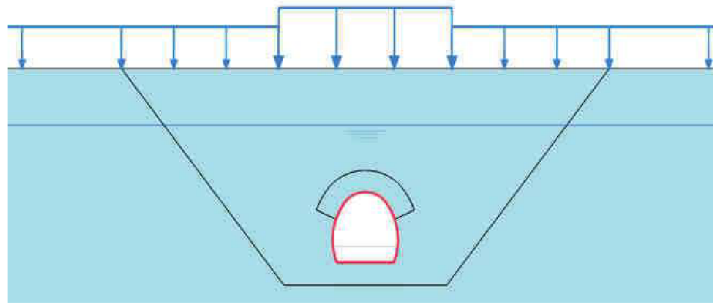
**Obr. 13: Fáze 3****Fáze 4 : Dobírka dna a vnesení ekvivalentního zatížení (Obr.14)**

Redukce zatížení je modelována obdobným způsobem jako ve fázi 2.

**Obr. 14: Fáze 4****Fáze 5: Aktivace primárního ostění dna (Obr.15)****Obr. 15: Fáze 5**

Fáze 6: Aktivace sekundárního ostění, plné zatížení od dopravy (Obr.16)

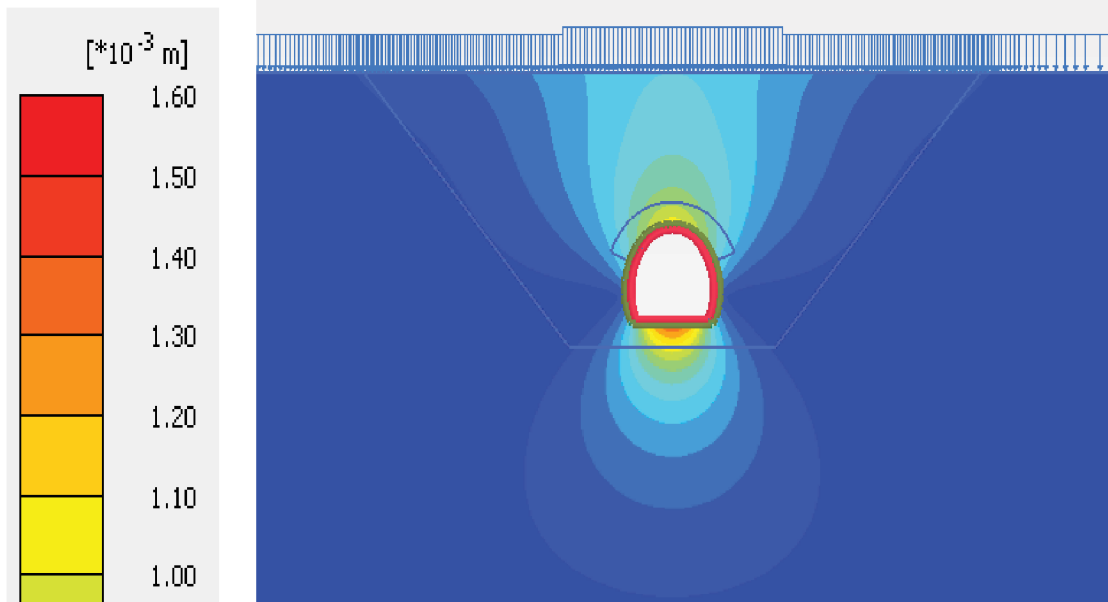
Tato fáze odpovídá provoznímu zatížení štoly po dokončení stavebních prací po celou dobu životnosti. Nosnou funkci primárního ostění z předchozích fází budování plně přebírá ostění sekundární. Je uvažováno s již plnou únosností betonového profilu.



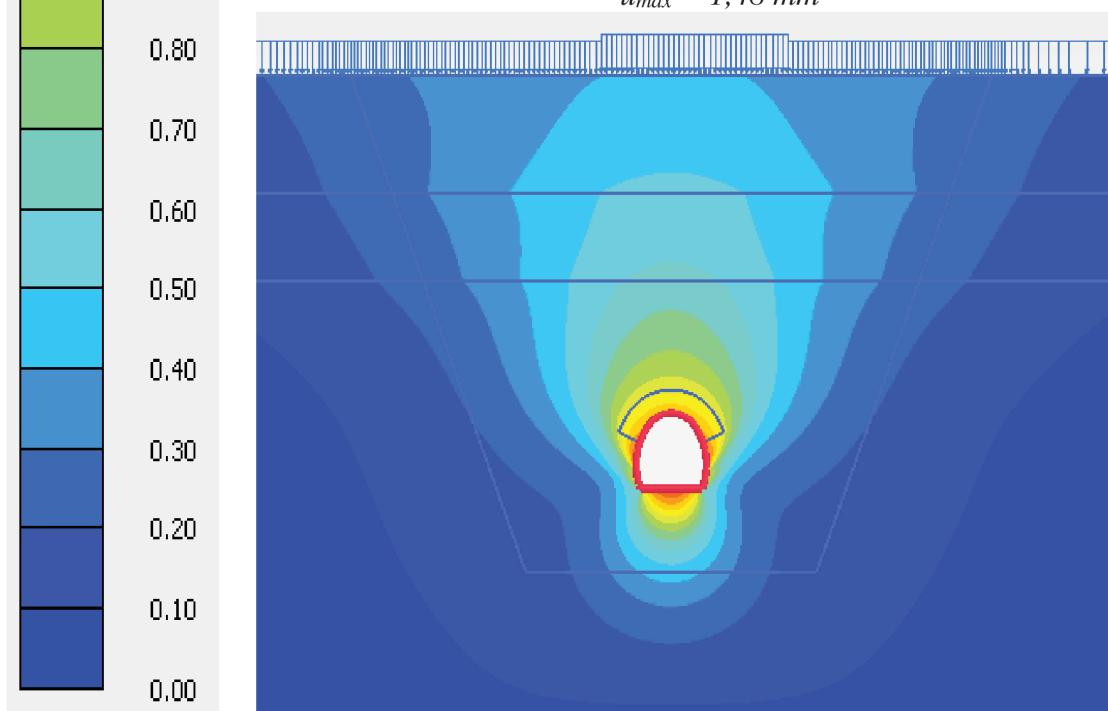
Obr. 16: *Fáze 6*

6.6 Výsledky

6.7 Přetvoření



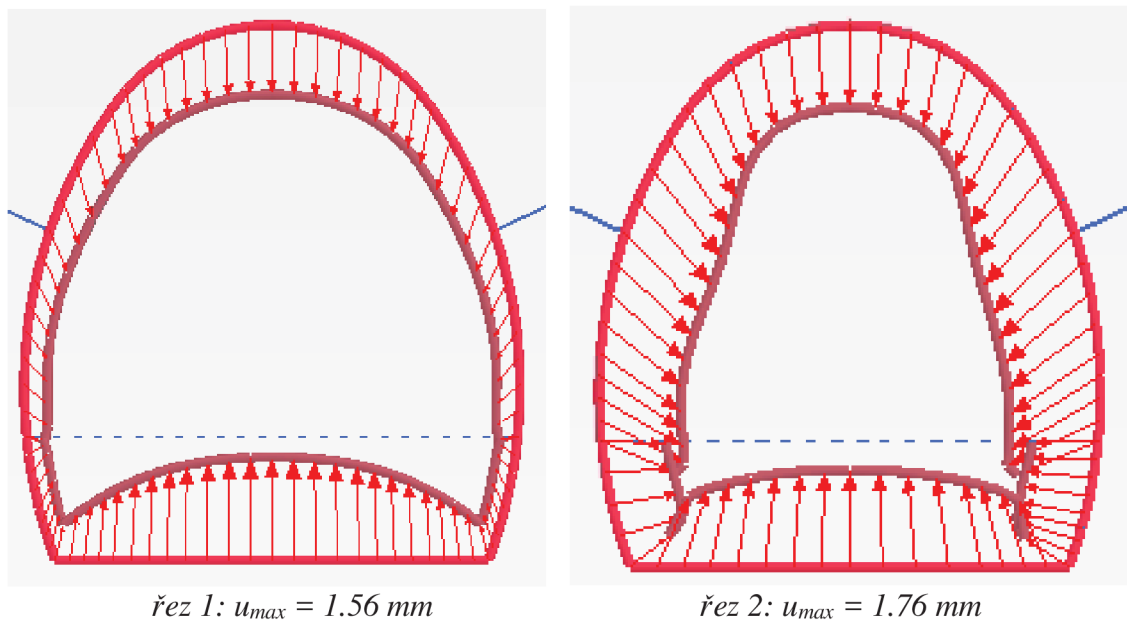
Obr. 17: Celkové přetvoření, fáze 6, řez 1
 $u_{max} = 1,48 \text{ mm}$



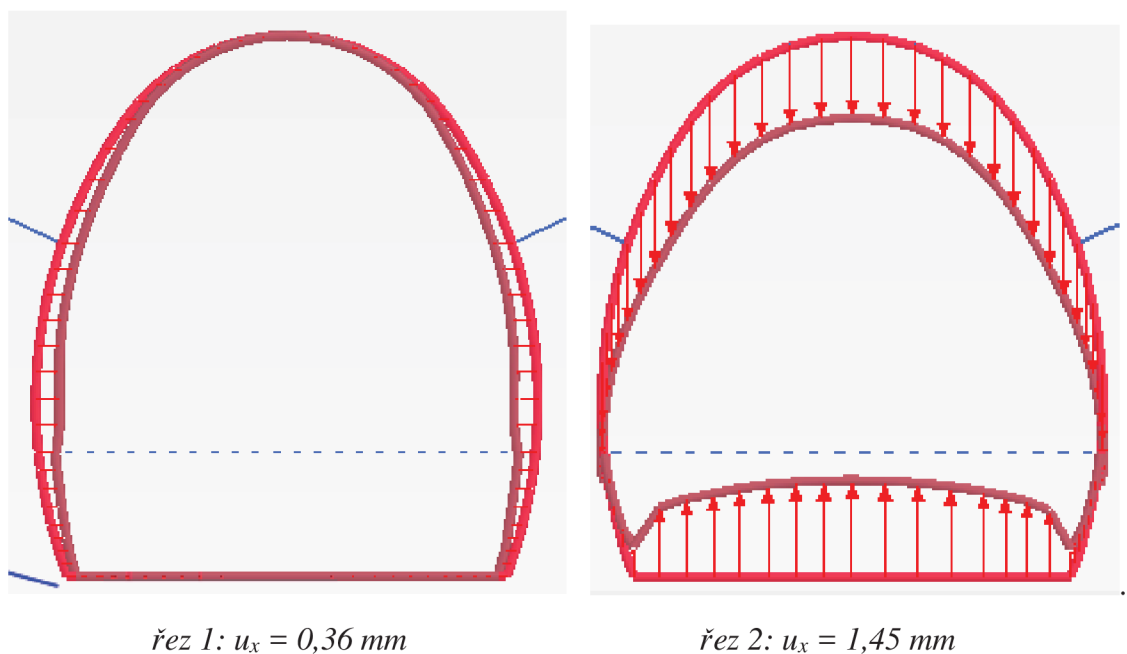
Obr. 18: Celkové přetvoření, fáze 6, řez 2
 $u_{max} = 1,52 \text{ mm}$

Maximální přetvoření oblasti výrubu, potažmo ostění, dosahuje hodnot $u_{\max} < 2,0$ mm (viz Obr: 17 až 21).

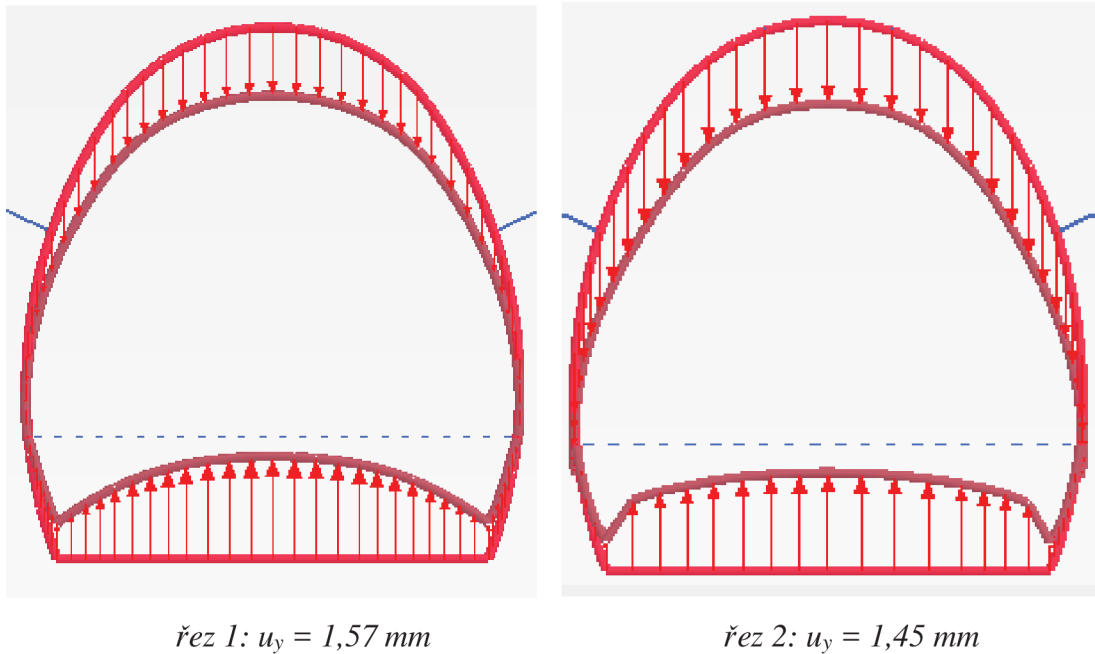
Přenos deformací z horninového masivu na terén a v tomto případě směrodatné poklesy kolejí dle výpočtu dosahují hodnot necelého milimetru, a tudíž pro provoz trati nejsou významné.



Obr. 19: a, b: Celkové přetvoření ostění, fáze 6



Obr. 20: a, b: horizontální deformace ostění, fáze 6



Obr. 21: a, b: Vertikální deformace ostění, fáze 6

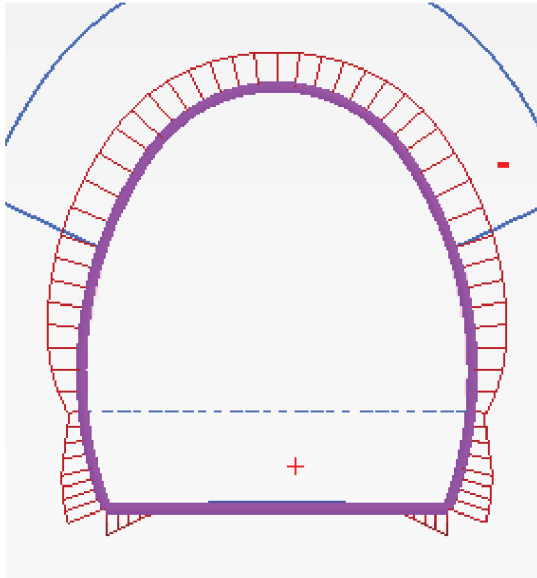
Pro oba dva řezy byla stanovena největší přetvoření v poslední fázi budování.

V průběhu výstavby bude nezbytné hodnoty sedání průběžně ověřovat pomocí geodetického měření.

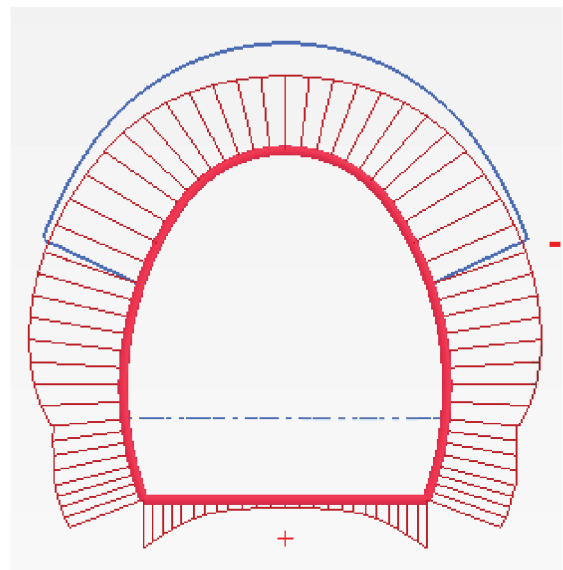
6.8 Vnitřní síly

Normálové síly

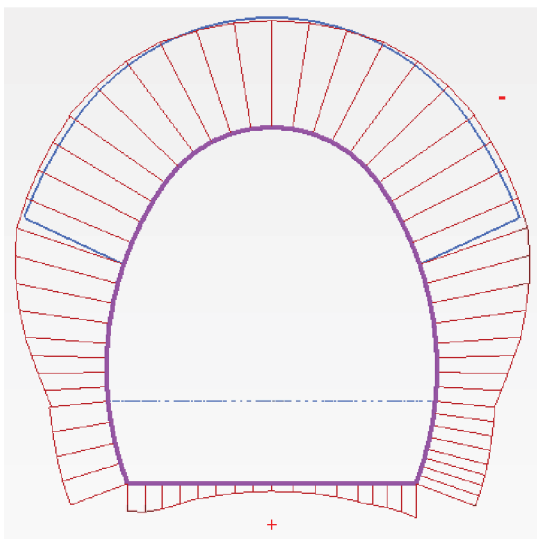
Tunelové ostění je namáháno tlakem ve všech fázích výstavby, v obou dvou řezech. Hodnoty normálových sil v ostění se pohybují do 200 kN/m. Nepříznivá tahová zatížení se vůbec nevyskytují. Znázornění průběhu normálových sil je znázorněno na Obr.22.



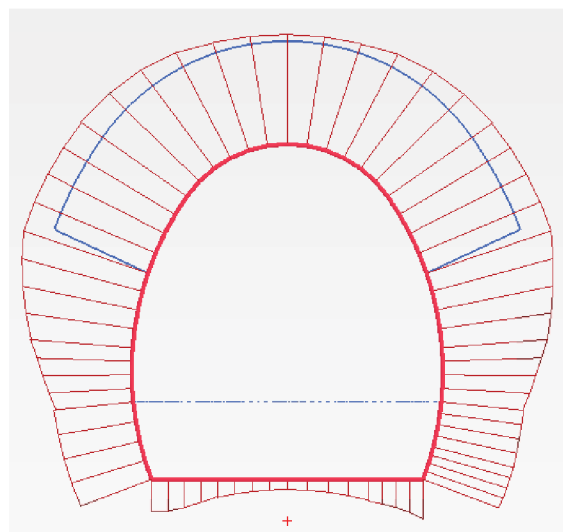
řez 1, fáze 5: $N_{max} = -11,4 \text{ kN/m}$
 $N_{min} = -172,2 \text{ kN/m}$



řez 1, fáze 6: $N_{max} = -16,0 \text{ kN/m}$
 $N_{min} = -204,1 \text{ kN/m}$



řez 2, fáze 5: $N_{max} = -11,39 \text{ kN/m}$
 $N_{min} = -172,2 \text{ kN/m}$

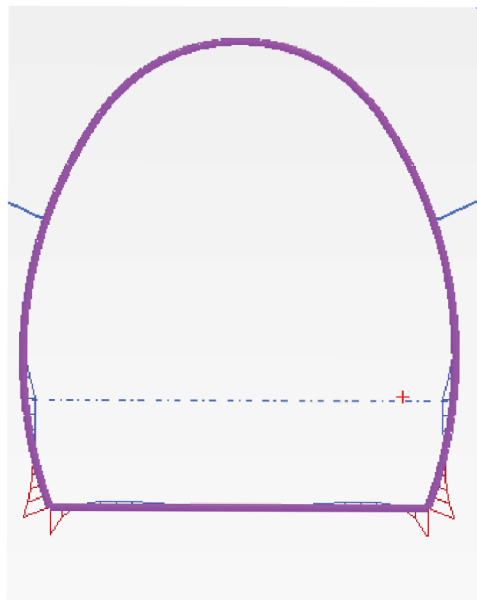


řez 2, fáze 6: $N_{max} = -16,0 \text{ kN/m}$
 $N_{min} = -204,1 \text{ kN/m}$

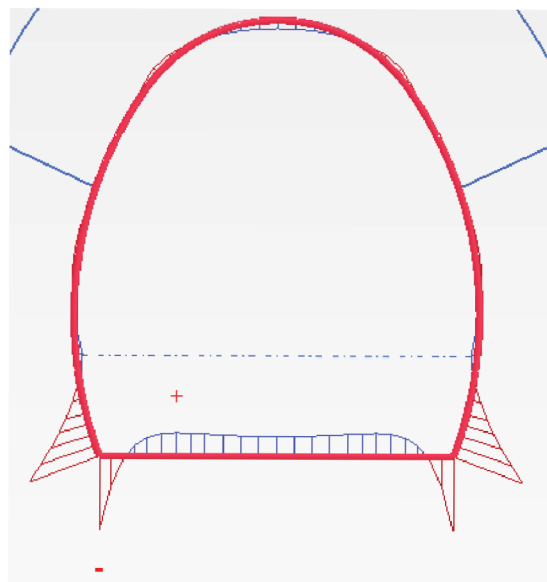
Obr. 22 a, b, c, d: Průběhy normálových sil

Ohybové momenty

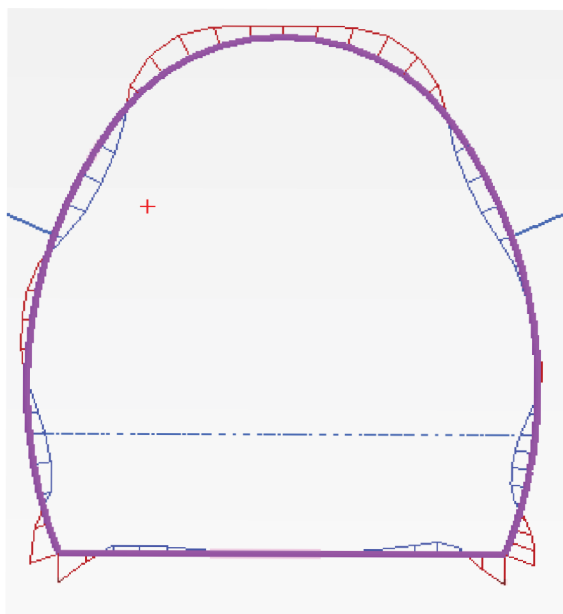
Největší ohybové momenty se objevují ve fázi budování 5 a 6, ale ani zde se nejedná o významné síly. Momenty nepřesahují hodnotu 10 kNm/m, jejich vliv je téměř zanedbatelný. Průběhy jsou znázorněny na Obr.23.



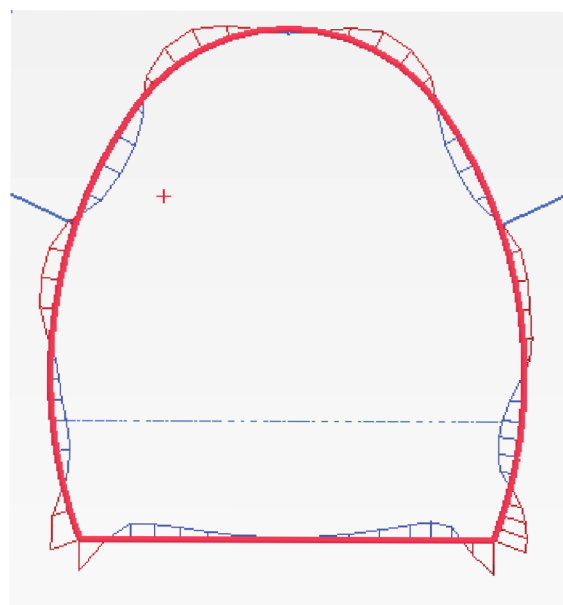
řez 1, fáze 5: $M_{max} = 1,217 \text{ kNm/m}$
 $M_{min} = -3,168 \text{ kNm/m}$



řez 1, fáze 6: $M_{max} = 2,793 \text{ kNm/m}$
 $M_{min} = -8,885 \text{ kNm/m}$

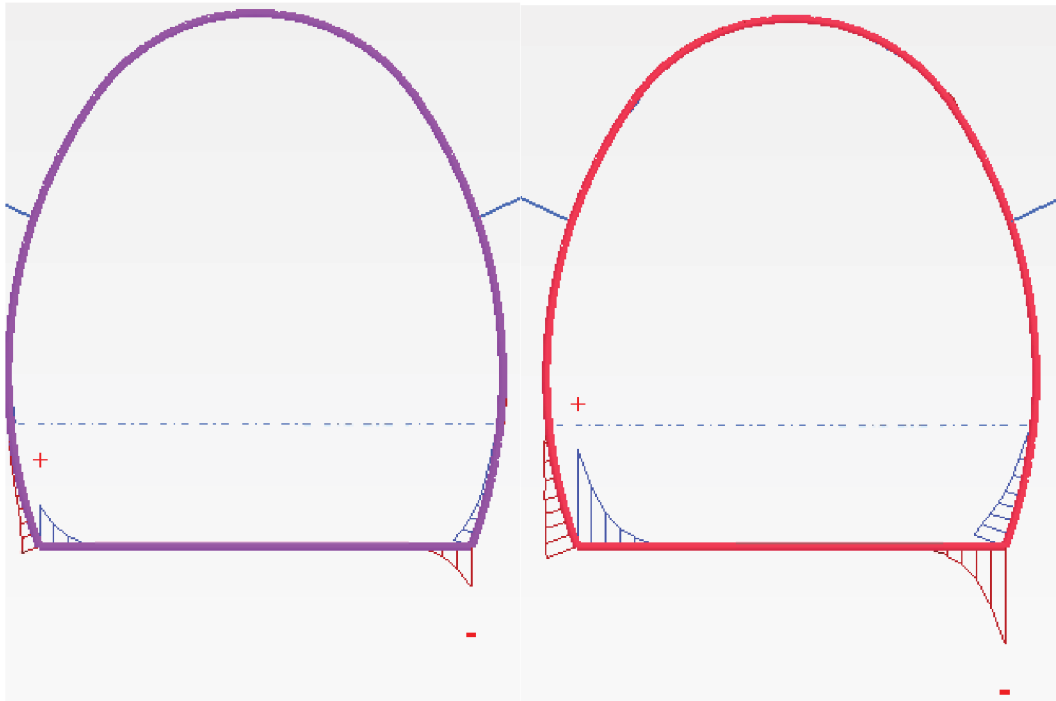


řez 2, fáze 5: $M_{max} = 2,274 \text{ kNm/m}$
 $M_{min} = -4,674 \text{ kNm/m}$



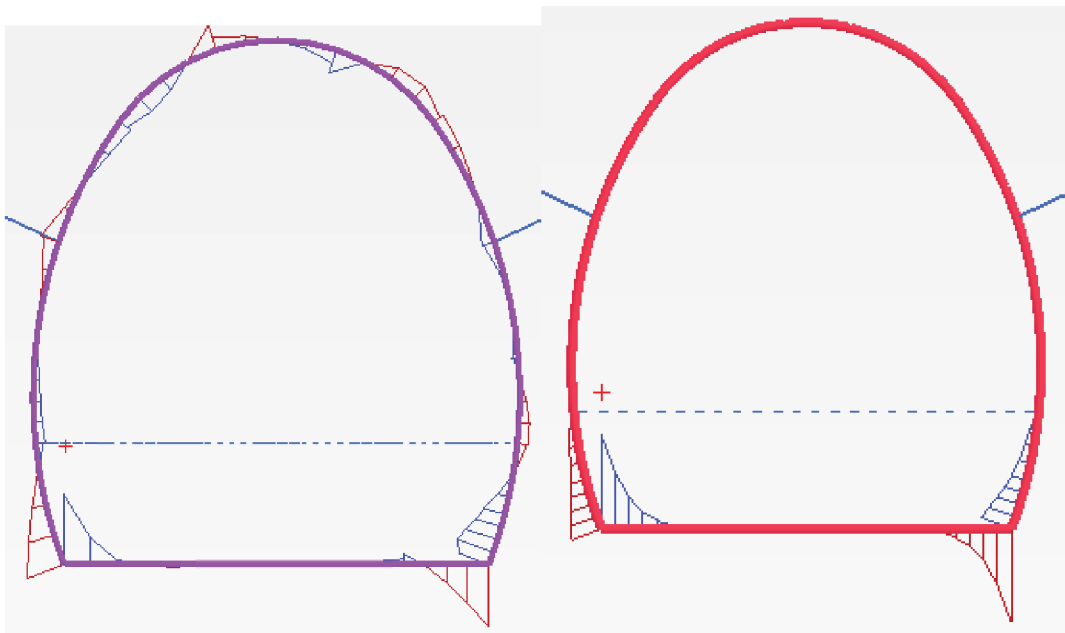
řez 2, fáze 6: $M_{max} = 2,533 \text{ kNm/m}$
 $M_{min} = -6,540 \text{ kNm/m}$

Obr. 23 a, b, c, d: Průběhy ohybových momentů



řez 1, fáze 5: $Q_{max} = -39,88 \text{ kN/m}$
 $Q_{min} = -39,78 \text{ kN/m}$

řez 1, fáze 6: $Q_{max} = 95,82 \text{ kN/m}$
 $Q_{min} = -95,79 \text{ kN/m}$



řez 2, fáze 5: $Q_{max} = 43,4 \text{ kN/m}$
 $Q_{min} = 38,6 \text{ kN/m}$

řez 2, fáze 6: $Q_{max} = 95,82 \text{ kN/m}$
 $Q_{min} = -95,79 \text{ kN/m}$

Obr. 24 a, b, c, d: Průběhy posouvacích sil

Rozhodující kombinace vnitřních sil byly uspořádány v tabulce 2 – 5.

Rozhodující kombinace vnitřních sil			
FÁZE BUDOVÁNÍ	M [kNm/m]	N [kN/m]	Q [kN/m]
FÁZE 5	1,2	-16,4	0,0
	-3,1	-34,0	39,0
	0,1	8,0	0,3
	0,5	-53,9	0,3
	-3,1	-34,0	-39,8
	-3,1	-34,0	39,9
FÁZE 4	-0,7	-42,0	-1,0
	-0,2	-55,0	-0,1
	0,5	-49,0	0,4
	-5,0	-55,0	0,2
	3,9	-26,0	-4,1
	2,1	-26,0	4,1
FÁZE 3	2,2	-43,4	-1,1
	-7,3	-5,0	-0,4
	2,7	-34,0	-5,6
	-7,0	-58,0	0,1
	-8,0	-36,0	5,5
	0,0	36,0	-5,6

Tab. 2: Rozhodující kombinace vnitřních sil – řez 1, primární ostění

Rozhodující kombinace vnitřních sil			
FÁZE BUDOVÁNÍ	M [kNm/m]	N [kN/m]	Q [kN/m]
FÁZE 5	-6,5	-49,8	-38,5
	2,3	-168,6	1,2
	0,1	-172,2	-4,9
	0,5	-11,3	0,0
	-4,7	-49,8	-38,5
	-4,3	-40,2	43,4
FÁZE 4	-0,1	-169,0	-10,0
	0,1	-121,0	-0,7
	-3,0	-160,0	-0,2
	0,7	-144,0	0,5
	-2,0	-153,0	-15,3
	0,2	-121,0	3,9
FÁZE 3	-3,0	-168,0	2,1
	2,9	-184,0	2,2
	1,8	-196,0	7,3
	0,0	-74,0	2,7
	-2,5	-167,0	13,7
	0,0	-94,6	-16,4

Tab. 3: Rozhodující kombinace vnitřních sil – řez 2, primární ostění

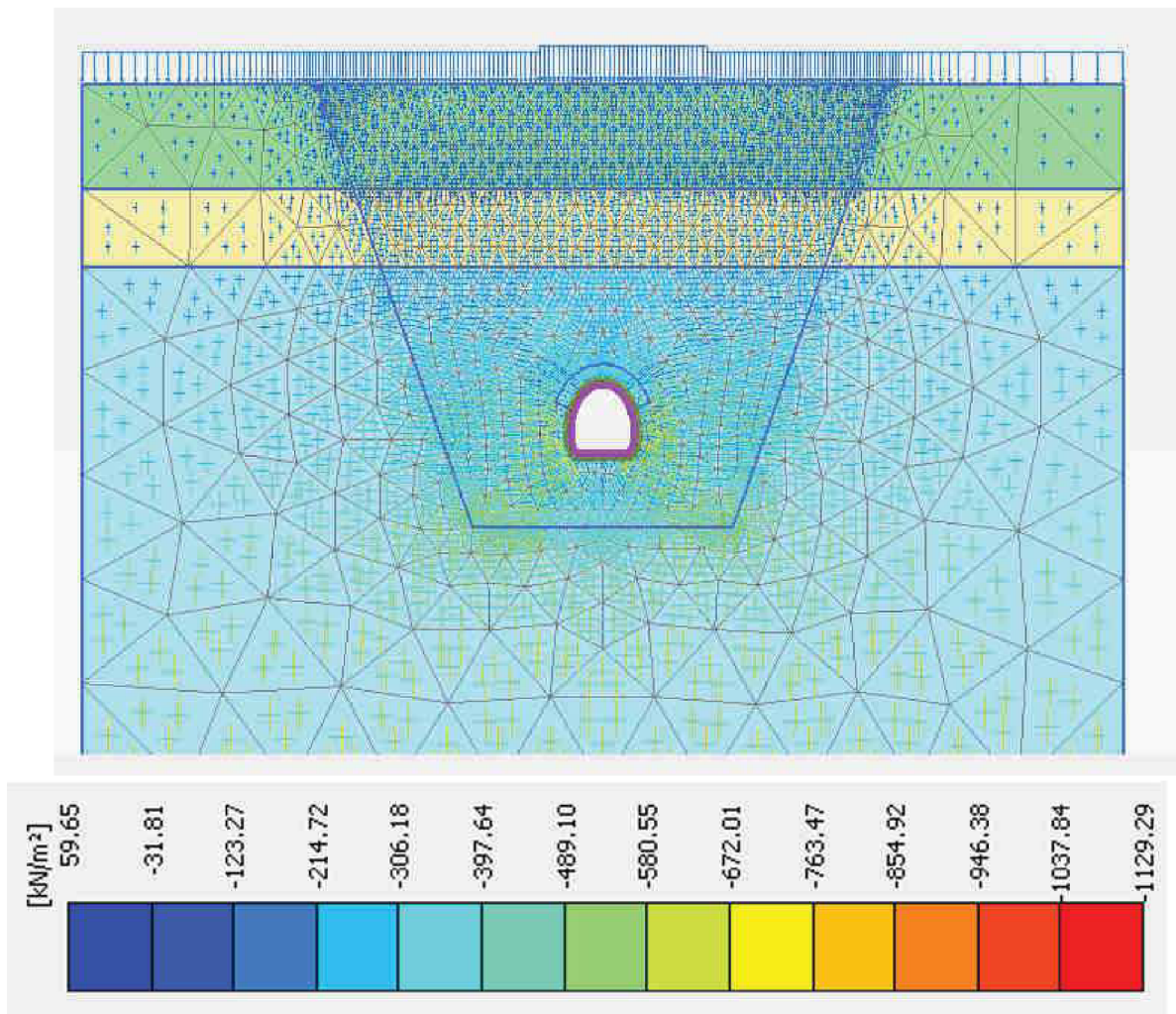
Rozhodující kombinace vnitřních sil			
FÁZE BUDOVÁNÍ	M [kNm/m]	N [kN/m]	Q [kN/m]
FAZE 6	2,8	-23,0	0,2
	-8,8	-72,0	95,0
	-0,2	-150,0	0,7
	2,3	-13,0	0,0
	-8,8	-72,0	-95,0
	-8,8	-72,0	95,0

Tab. 4: Rozhodující kombinace vnitřních sil – řez 1, sekundární ostění

Rozhodující kombinace vnitřních sil			
FÁZE BUDOVÁNÍ	M [kNm/m]	N [kN/m]	Q [kN/m]
FAZE 6	-6,5	-125,0	-18,0
	2,5	-203,0	-2,8
	-0,2	-204,0	12,4
	0,2	-16,0	0,2
	-6,5	-61,0	-62,0
	-5,2	-50,0	60,0

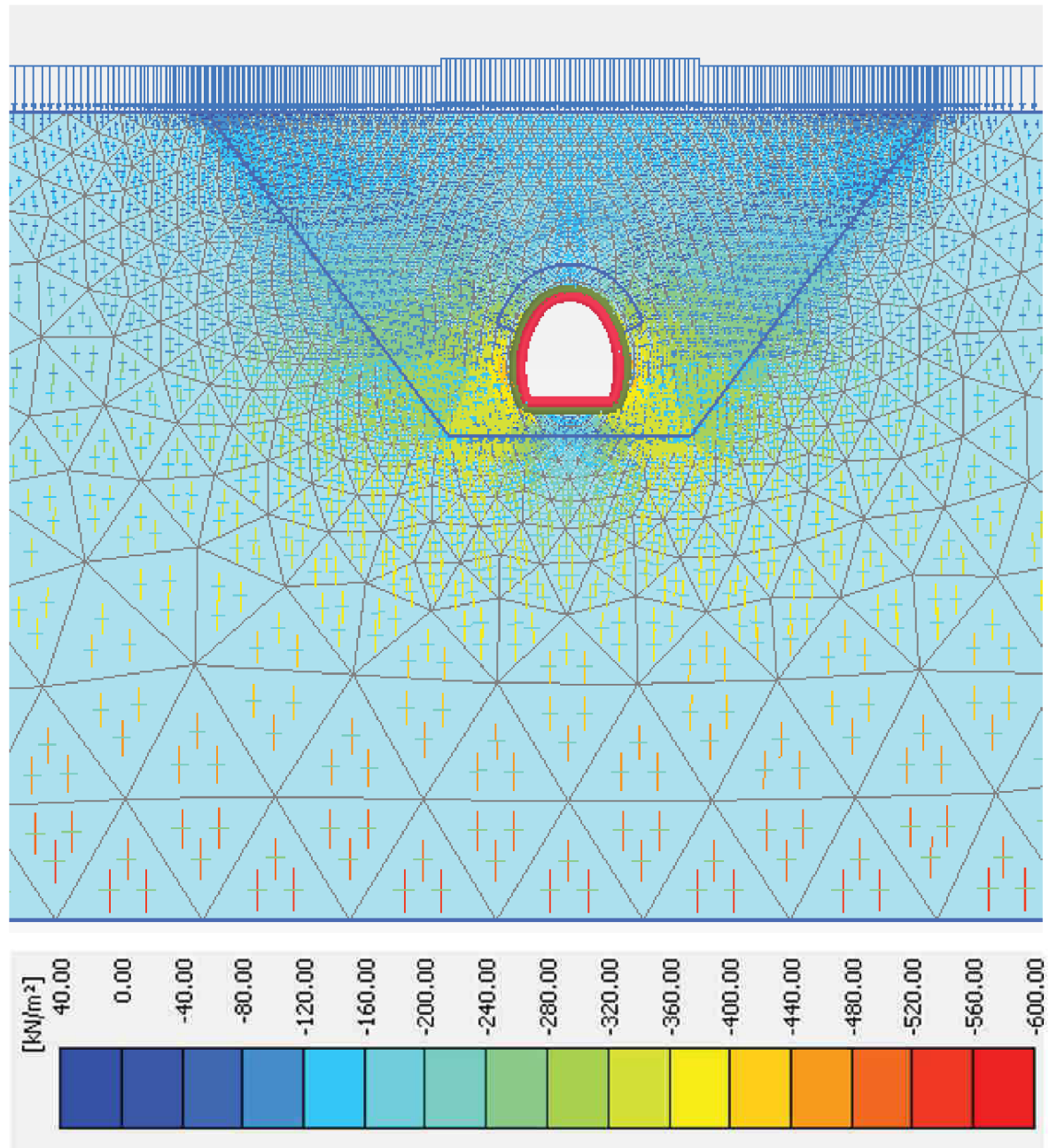
Tab. 5: Rozhodující kombinace vnitřních sil – řez 2, sekundární ostění

Hlavní napětí



Obr. 25: Směr a velikost hlavních napětí, fáze 5, řez 2

;



Obr. 26: Směr a velikost hlavních napětí, fáze 6, řez 1

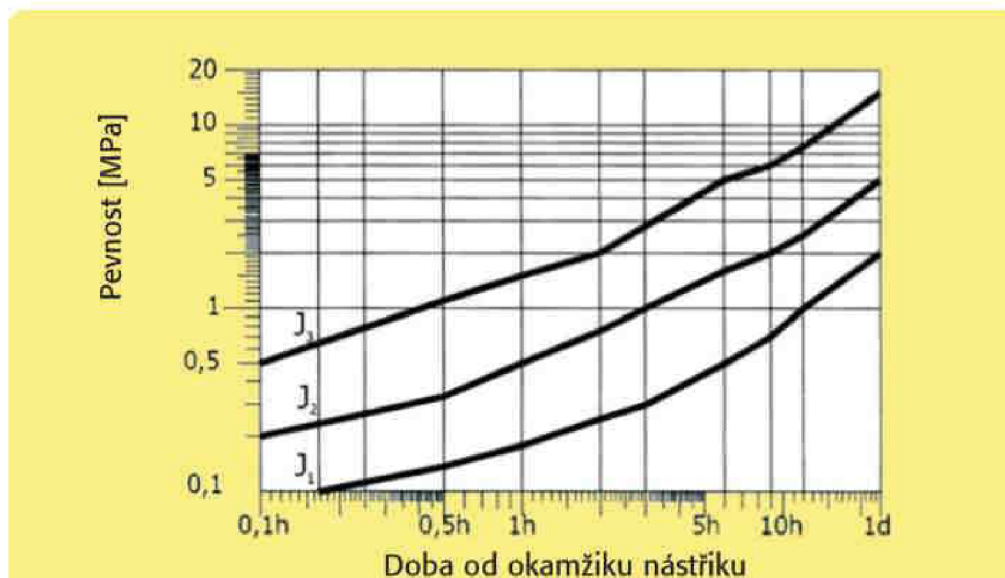
6.9 Statické posouzení

6.10 Materiálové charakteristiky:

Stříkaný beton se zařídjuje do pevnostních tříd analogicky jako monolitický beton. Pro klasifikaci je použita charakteristická pevnost betonu v tlaku. Třída pevnosti se zpravidla vztahuje ke stáří 28 dní, nicméně je možné požadovat zkoušení mladého betonu (beton do 24 hodin po aplikaci) nebo nezralého betonu stáří 3 nebo 7 dní. [12].

V případě primárního ostění je ve výpočtovém modelu simulován mladý beton 72 hodin po nástřiku, v případě definitivního ostění je uvažován plně vyzrálý beton. Křivka nástupu počáteční pevnosti pro jednotlivé typy stříkaného betonu v tlaku je znázorněna na Obr. 27.

Obory	Doba po nástřiku									
	6 min.	10 min.	30 min.	1 hod.	2 hod.	3 hod.	6 hod.	9 hod.	12 hod.	24 hod.
J1	0,10	0,14	0,18	0,25	0,30	0,50	0,70	1,00	2,00	
J2	0,20	0,25	0,33	0,50	0,75	1,00	1,60	2,00	2,50	5,00
J3	0,50	0,75	1,10	1,50	2,00	2,80	5,00	6,00	7,50	15,00



Obr. 27: Křivka nástupu počáteční pevnosti pro jednotlivé obory [12]

Vztahy mezi materiálovými charakteristikami pro určení vstupních hodno výpočetních modelů:

E_{cm} ... střední hodnota modulu pružnosti [GPa]

f_{cm} ... střední hodnota pevnosti v tlaku

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

$$f_{cd} = \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 * 20}{1,5} = 11,13 \text{ MPa}$$

$$f_{cm,t} = f_{ck,t} + 8$$

$$E_{cm,t} = \left(\frac{f_{cm,t}}{f_{cm}} \right)^{0,3} * E_{cm}$$

$$E_{cm} = 9500 * f_{cm}^{\frac{1}{3}} =$$

$$f_{ck} = f_{cm} - 8 = \left(\frac{E_{cm}}{9500} \right)^3$$

V tabulce níže jsou uvedeny hodnoty použité pro vypracování interakčního diagramu a vytvoření numerického modelu.

Stříkaný beton	E [MPa]	v [-]	d [m]
Mladý SB 25 (3dny)	15 000	0,25	0,15
Starý SB 30	29 000	0,2	0,1

Tab. 6: Výpočtové parametry stříkaného betonu

Posouzení primárního ostění[10]

Ostění je navrženo ze stříkaného betonu SB 25 / typ II/ obor J2 a je vyztuženo jednostrannou ocelovou svařovanou KARI sítí z betonářské výztuže z prutů průměru 8 mm s oky 100/100 mm. Ostění je dále zpevněno výztužným ocelovým příhradovým rámem s osovou vzdáleností 1,0 m, tento nosník se v posouzení neuvažuje.

Ostění o šířce 1,0 m je posuzováno na současné působení tlaku za ohybu jako prutový prvek, uvažované rozměry jsou znázorněny na Obr. 28..



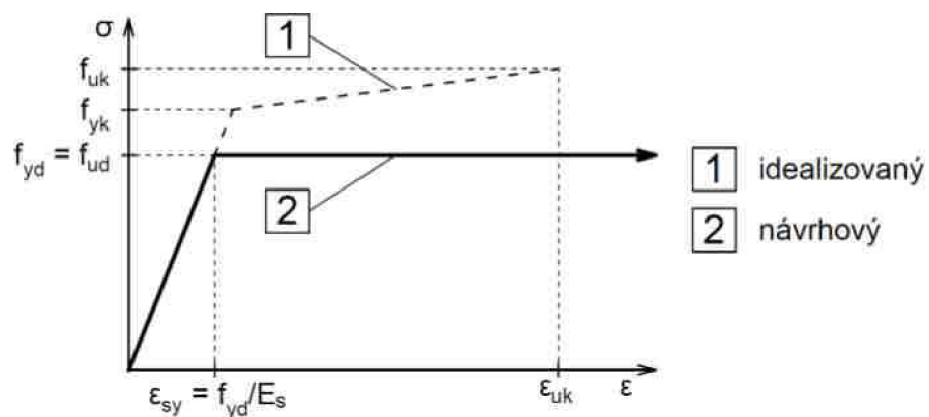
Obr. 28: Geometrie posuzovaného průřezu – primár

Sestrojení interakčního diagramu:

Pokyny pro sestavení interakčního diagramu a obrázky použity pro znázornění sil působících v průřezu bylo čerpáno z [12]

Předpoklady výpočtu:

- Při výpočtu napětí ve výztuži je uvažován pracovní diagram betonářské oceli s vodorovnou větví bez omezení poměrného přetvoření – viz Obr. 29.

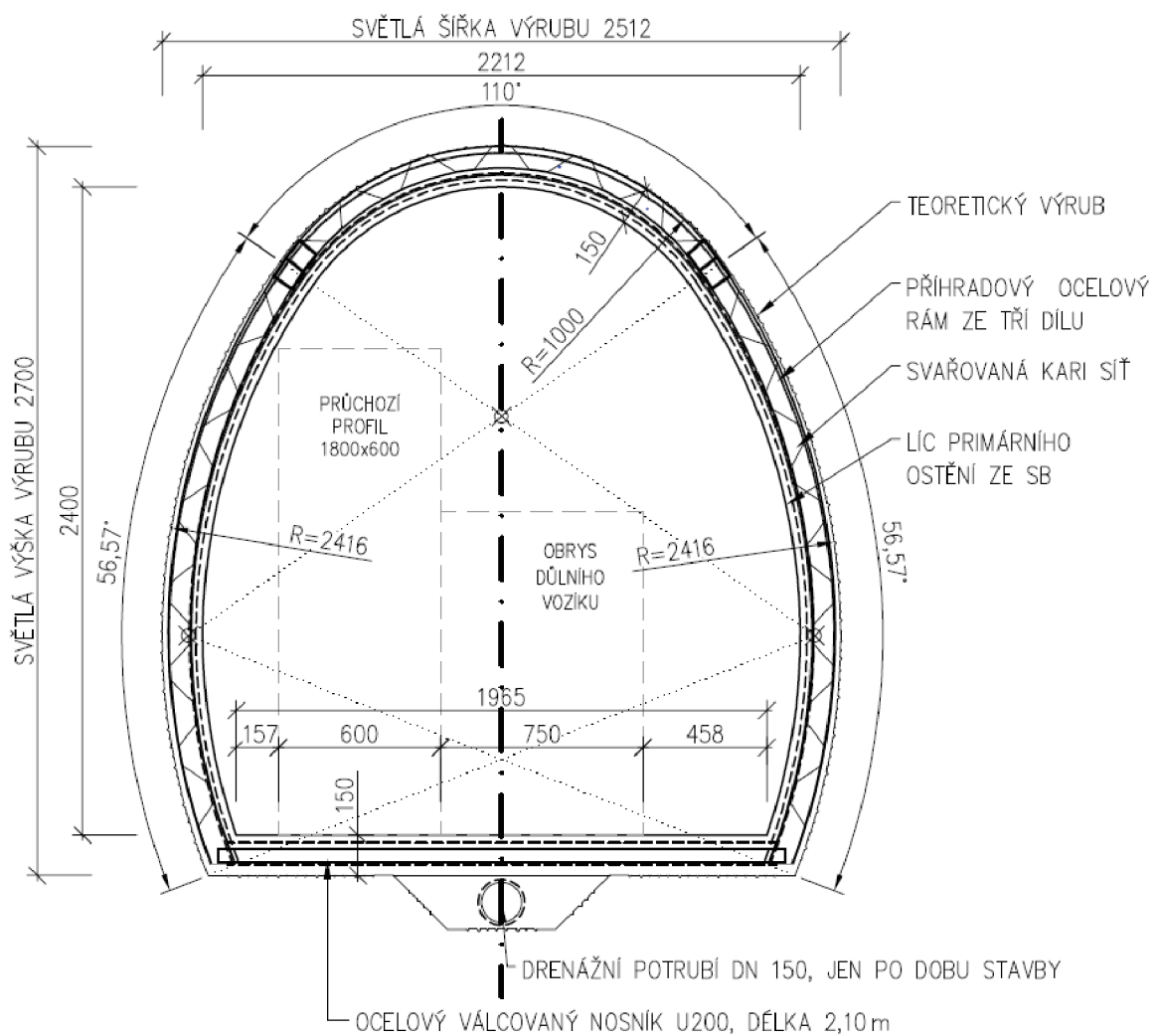


Obr. 29: Pracovní diagram betonářské oceli s vodorovnou větví

- Při výpočtu napětí v betonu je uvažováno rovnoměrné obdélníkové rozdělení napětí v tlačené oblasti betonu
- Oslabení betonového průřezu výztuží není uvažováno.
- Těžiště průřezu je uvažováno v polovině výšky průřezu.
- Dalšími uvažovanými předpoklady jsou:
- zachování rovinnosti průřezu při deformaci – přetvoření vláken je přímo úměrné jejich vzdálenosti od neutrální osy,

- dokonalá soudržnost betonu a výztuže – poměrné přetvoření výztuže je rovno přetvoření přilehlého betonu,
- nulová pevnost betonu v tahu.

PRIMÁRNÍ OSTĚNÍ 1:25



Obr. 30: Výkres tvaru primárního ostění

Posuzovaný průřez je asymetrický, ocelová výztuž je jednostranná. Maximální únosnost průřezu bude stanovena vypracováním interakčního diagramu a porovnáním

výstupních hodnot vnitřních sil viz Tab. 2 až 5. Výchres tvaru primárního ostění znázorňuje Obr. 30.

Materiálové charakteristiky

$$f_{cd} = \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 * 20}{1,5} = 11,13 MPa$$

$$\varepsilon_{c3} = 0,00175$$

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035$$

$$f_{yk} = 500 MPa$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = \frac{500}{1,15} = 435 MPa$$

$$E_s = 200 GPa$$

$$A_{s1} = 10 * \pi * \frac{\varnothing^2}{4} = 10 * \pi * \frac{0,008^2}{4} = 5,03 * 10^{-4} m^2$$

$$d_1 = c + 2\varnothing = 0,02 + 0,008 * 2 = 0,036 m$$

$$z_1 = \frac{h}{2} - d_1 = 0,05 - 0,036 = 0,014 m$$

$$d = h - d_1 = 0,1 - 0,036 = 0,064 m$$

Bod 0 – Rovnoměrný tlak po celé ploše průřezu (viz Obr.31)

K porušení průřezu dojde při dosažení maximálního poměrného přetvoření betonu

$\varepsilon_{cu3} = 0,0035$, přetvoření výztuže nabývá stejné velikosti,

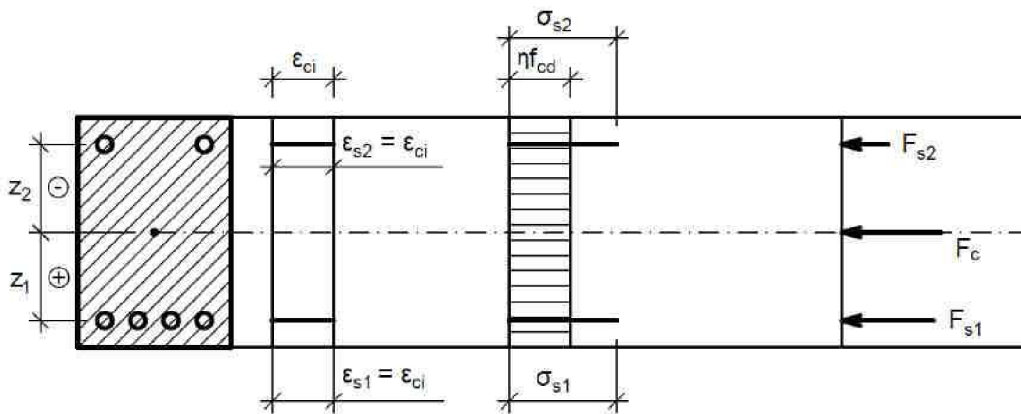
$$\varepsilon_{cu3} = \varepsilon_s$$

napětí v oceli se dopočítá ze vztahu:

$$\sigma_{s1} = E_s * \varepsilon_{cu3} = 20 * 0,0035 = 700 MPa < f_{yd} = 435 MPa$$

Po dosažení je zřejmé, že přetvoření výztuže přesahuje maximální poměrné přetvoření na mezi únosnosti a je nutné ve výpočtu uvažovat:

$$\sigma_{s1} = f_{yd} = 435 MPa$$



Obr. 31: Namáhání průřezu v bodě 0

$$N_{Rd,0} = b * h * \mu * f_{cd} + 0 + A_{s1} * \sigma_{s1}$$

$$N_{Rd,0} = 1 * 0,1 * 1 * 11,13 + 0 + 5,03 * 10^{-4} * 435 *$$

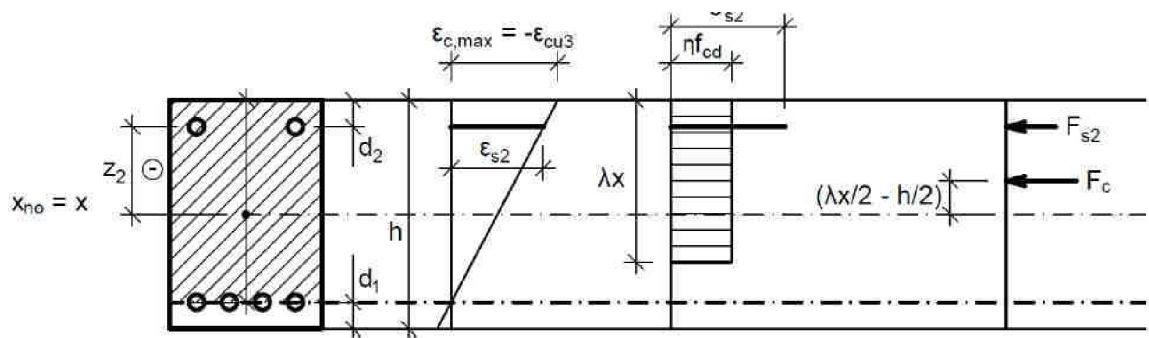
$$N_{Rd,0} = 1317 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = A_{s1} * \sigma_{s1} * z_1 + A_{s2} * \sigma_{s2} * z_2$$

$$M_{Rd,0} = 5,03 * 10^{-4} * 435 * 0,014 * 1000 + 0$$

$$M_{Rd,0} = 3,06 \text{ kNm}$$

Bod 1 - Namáhání kladným momentem, neutrální osa prochází těžištěm dolní výztuže (viz Obr.32)



Obr. 32: Namáhání průřezu v bodě 1

Z obrázku je patrné že:

$$x = h - d_2 = d = 0,064 \text{ m}$$

Maximálního přetvoření dosahují krajní vlákna betonu, síly ve výztuži (S1) jsou nulové, přetvoření tlačných vláken v chybějící horní výztuži není nutné dopočítávat, z výpočtu $A_{s2} = 0$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{(h-d_2)-d_1}{(h-d_2)} * (-\varepsilon_{cu3}) = \frac{(0,064-0,014)-0,014}{(0,064-0,014)} * (-0,0035) = 0,0025$$

$$N_{Rd,1} = b(\lambda x)\sigma_c + 0$$

$$N_{Rd,1} = 1 * 0,8 * 0,064 * 11,13 * 1000$$

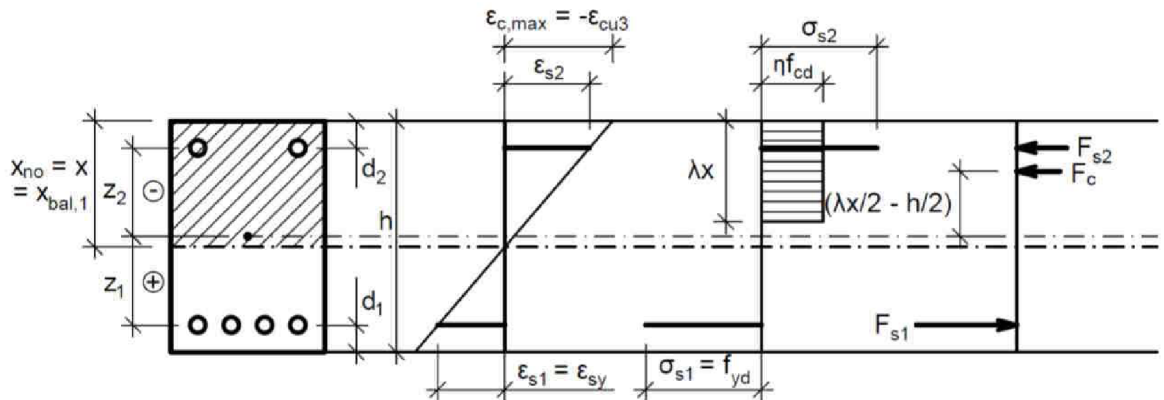
$$N_{Rd,1} = 580 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = b(\lambda x)\sigma_c * \left(\frac{\lambda x}{2} - \frac{h}{2}\right) \sigma_c + A_{s2} * \sigma_{s2} * z_2$$

$$M_{Rd,1} = 1 * 0,8 * 0,064 * 11,13 * \left(\frac{0,8 * 0,064}{2} - \frac{0,1}{2}\right) + 0$$

$$M_{Rd,1} = -13,9 \text{ kNm}$$

Bod 2 – Částečně tlačný průřez, tažená výztuž na mezi kluzu (viz Obr.33)



Obr. 33: Namáhání průřezu v bodě 2

Spodní tažená výztuž S1 je na mezi kluzu, proto:

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{sy} = f_{yd}/E_s = \frac{435}{200000} = 0,0021$$

Horní vlákna v betonu dosahují přetvoření na mezi únosnosti.

Z podobnosti trojúhelníků viz obr 1 lze dopočítat dosah tlačené zóny betonu.

$$\frac{\varepsilon_{sy}}{h - x - d_1} = \frac{\varepsilon_{cu,3}}{x}$$

Úpravou vzorce dopočítáme x :

$$x = \frac{\varepsilon_{cu,3}(h-d_1)}{\varepsilon_{sy} + \varepsilon_{cu,3}} = \frac{0,0035 \cdot (0,1 - 0,036)}{0,0035 + 0,002} = 0,041$$

$$\sigma_{s1} = f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$N_{Rd,2} = b(\lambda x)\sigma_c - A_{s1} * \sigma_{s1} + 0$$

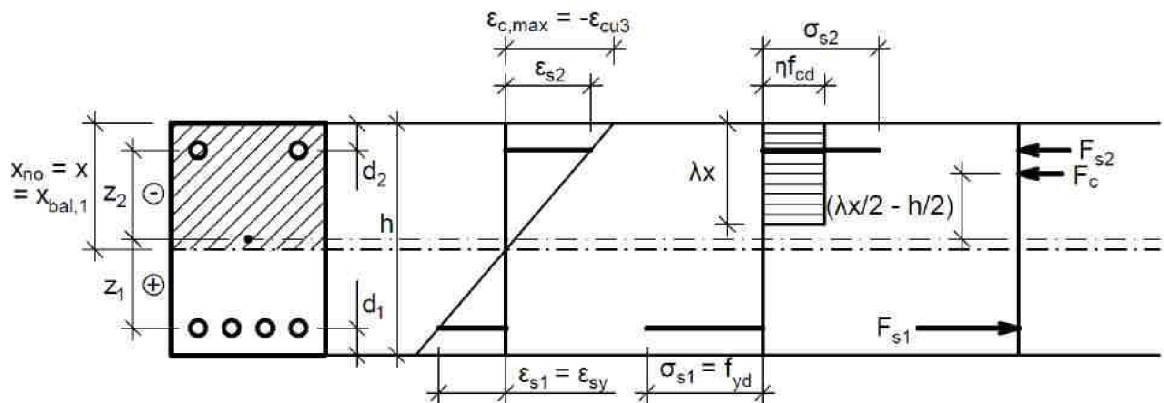
$$N_{Rd,2} = 1 * 0,8 * 0,041 * 11,13 * 1000 + 0 - 5,03 * 10^{-4} * 435 * 1000$$

$$N_{Rd,2} = 145 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = b(\lambda x)\sigma_c \left(\frac{h}{2} - \frac{\lambda x}{2} \right) \sigma_c + A_{s1} * \sigma_{s1} * \left(z_1 + \frac{h}{2} - x \right) + 0$$

$$M_{Rd,2} = 1 * 0,8 * 0,041 * 11,13 * \left(\frac{0,1}{2} - \frac{0,8 * 0,041}{2} \right) + 5,03 * 10^{-4} * 435 * (0,014 + 0,009)$$

$$M_{Rd,2} = -11,9 \text{ kNm}$$



Obr. 34: Namáhání průřezu v bodě 3

Bod 3– Prostě ohýbaný průřez (viz Obr.34)

Při prostém ohybu platí, že $F_c + F_{s1} + F_{s2} = 0$, tedy síly jsou v rovnováze

$$A_{s1} * f_{yd} = b(\lambda x)\sigma_c$$

Z toho lze dopočítat

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b(\lambda)\sigma_c} = \frac{5,03 * 10^{-4} * 435}{1 * 0,8 * 11,13} = 25 \text{ mm}$$

$$N_{Rd,3} = 0 \text{ kN}$$

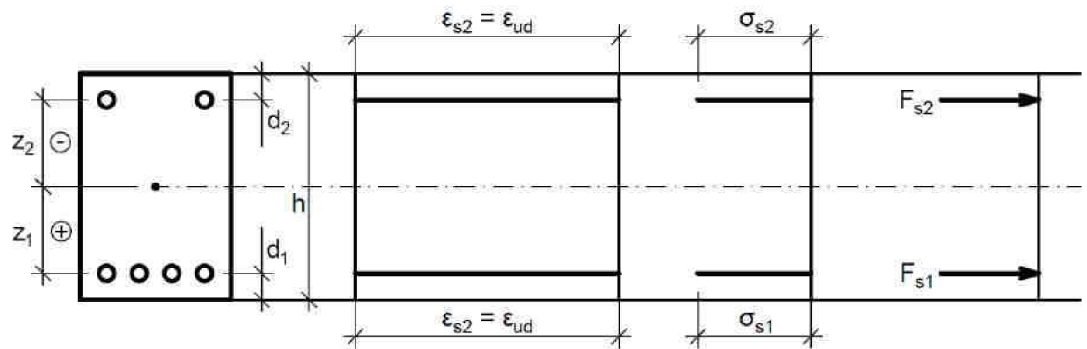
$$M_{Rd,2} = b(\lambda x)\sigma_c \left(\frac{h}{2} - \frac{\lambda x}{2} \right) \sigma_c + A_{s1} * \sigma_{s1} * z_1 + 0$$

$$M_{Rd,2} = 1 * 0,8 * 0,025 * 11,13 * \left(\frac{0,1}{2} - \frac{0,8 * 0,025}{2} \right) + 5,03 * 10^{-4} * 435 * 0,014$$

$$M_{Rd,2} = 11,9 \text{ kNm}$$

Bod 5 – Rovnoměrně rozdělené protažení po celé výšce průřezu (viz Obr.35)

V případě rovnoměrného tahu využíváme pouze sil ve výztuži na úrovni únosnosti na mezi kluzu



Obr. 35: Namáhání průřezu v bodě 5

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{cu3} = 0,0035$$

$$\sigma_{s1} = f_{yd} = 435 \text{ MPa}$$

$$N_{Rd,5} = -A_{s1} * \sigma_{s1} + 0$$

$$N_{Rd,5} = 5,03 * 10^{-4} * 435$$

$$N_{Rd,5} = -218 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,5} = A_{s1} * \sigma_{s1} - z_{s1} + 0$$

$$M_{Rd,5} = 5,03 * 10^{-4} * 435 * 0,014$$

$$M_{Rd,5} = 3,1 \text{ kNm}$$

Body na straně diagramu se spodními taženými vlákny určíme obdobným způsobem, po dosažení vychází:

$$N_{Rd,3'} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3'} = -3,4 \text{ kNm}$$

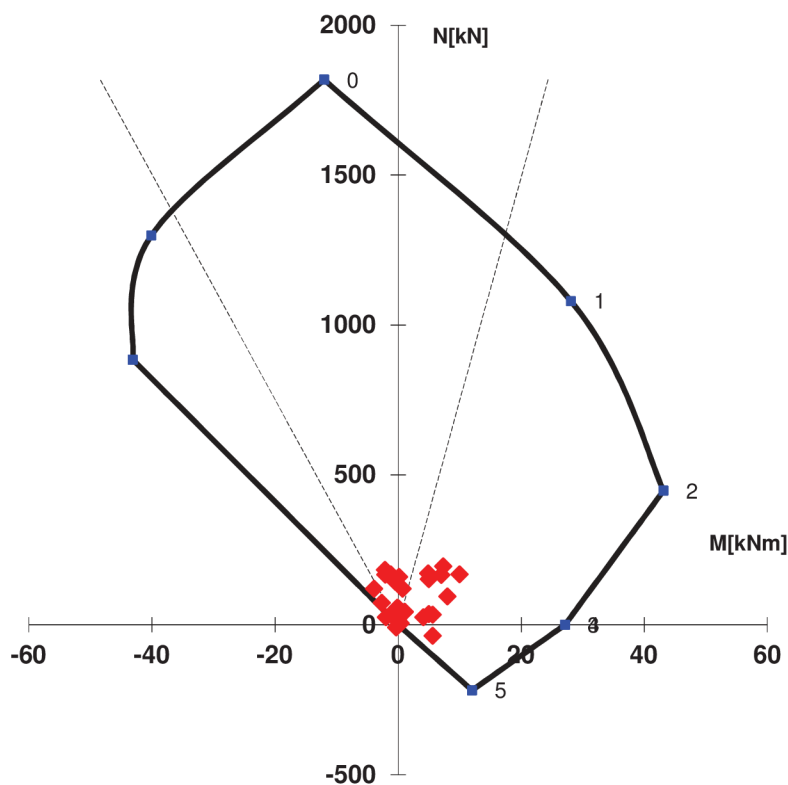
$$N_{Rd,2'} = 576,5 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2'} = -15,3Nm$$

$$N_{Rd,1'} = 1125,1 kN$$

$$M_{Rd,1'} = -12,1kNm$$

Na základě vypočtených bodů byl sestaven interakční diagram (viz Obr.36) a do něj byly vyneseny rozhodující body pro primární ostění za fází výstavby 3, 4 a 5 pro oba posuzované řezy:



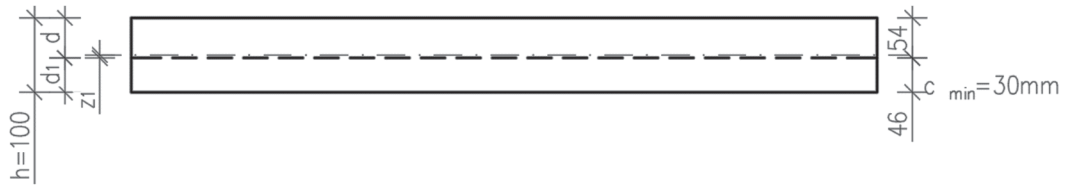
Obr. 36: Interakční diagram pro sekundární ostění z mladého betonu tl. 150 mm

6.10.1 Sekundární ostění

Sekundární ostění bylo posouzeno vnesením bodů s nejnepříznivějším zatížením do interakčního diagramu, který byl sestaven pro tl. ostění 100 mm z betonu SB30 (C30/37)/typ III/obor J2.

V případě aktivace sekundárního ostění se předpokládá plné zatížení zemními tlaky (nulové spolupůsobení primárního ostění) na plně vytvrdlý beton. Vliv primárního ostění na přenos sil není uvažován.

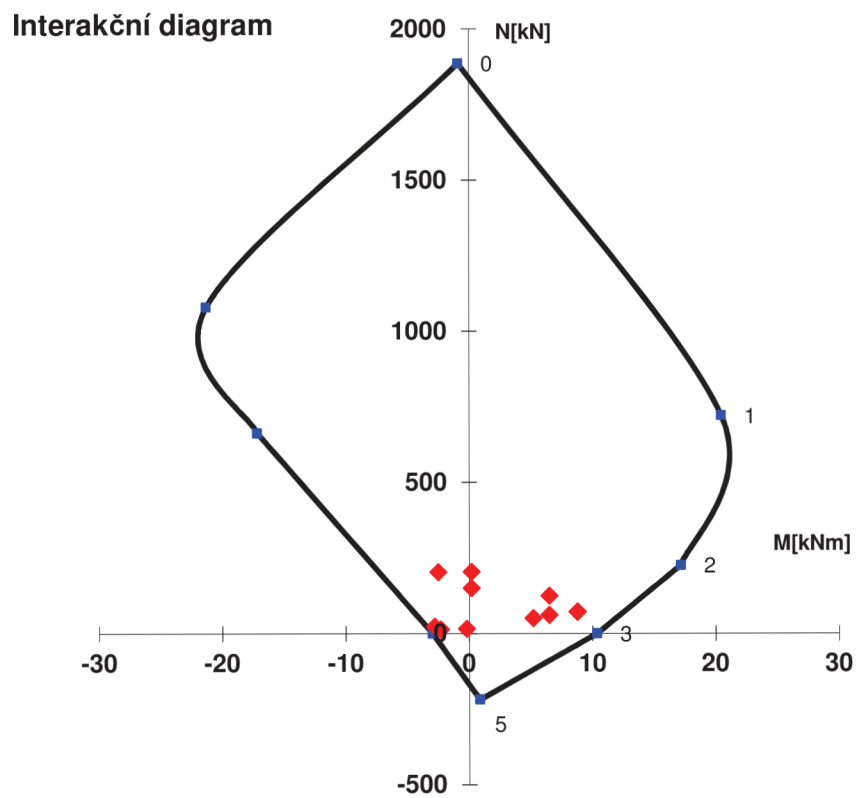
Obdobným způsobem jako v případě primárního ostění byly stanoveny krajní mody interakčního diagramu pro definitivní ostění. Posuzovaná geometrie je na Obr. 37, mezní body diagramu v tabulce 7.



Obr. 37: Navržená geometrie definitivního ostění.

Bod 0		Bod 5	
$N_{Rd0} = 1885,21 \text{ kN}$		$N_{Rd0} = -218,55 \text{ kN}$	
$M_{Rd0} = -0,87 \text{ kNm}$		$M_{Rd0} = 0,87 \text{ kNm}$	
Bod 1		Bod 1'	
$N_{Rd1} = 720,00 \text{ kN}$		$N_{Rd1} = 1079,33 \text{ kN}$	
$M_{Rd1} = 20,45 \text{ kNm}$		$M_{Rd1} = -21,32 \text{ kNm}$	
Bod 2		Bod 2'	
$N_{Rd,bal} = 225,59 \text{ kN}$		$N_{Rd,bal} = 662,68 \text{ kN}$	
$M_{Rd,bal} = 17,16 \text{ kNm}$		$M_{Rd,bal} = -17,16 \text{ kNm}$	
Bod 3		Bod 3'	
$N_{Rd} = 0,00 \text{ kN}$		$N_{Rd} = 0,00 \text{ kN}$	
$M_{Rd} = 10,37 \text{ kNm}$		$M_{Rd} = -2,97 \text{ kNm}$	

Tab. 7: Hraniční body pro sestavení interakčního diagramu

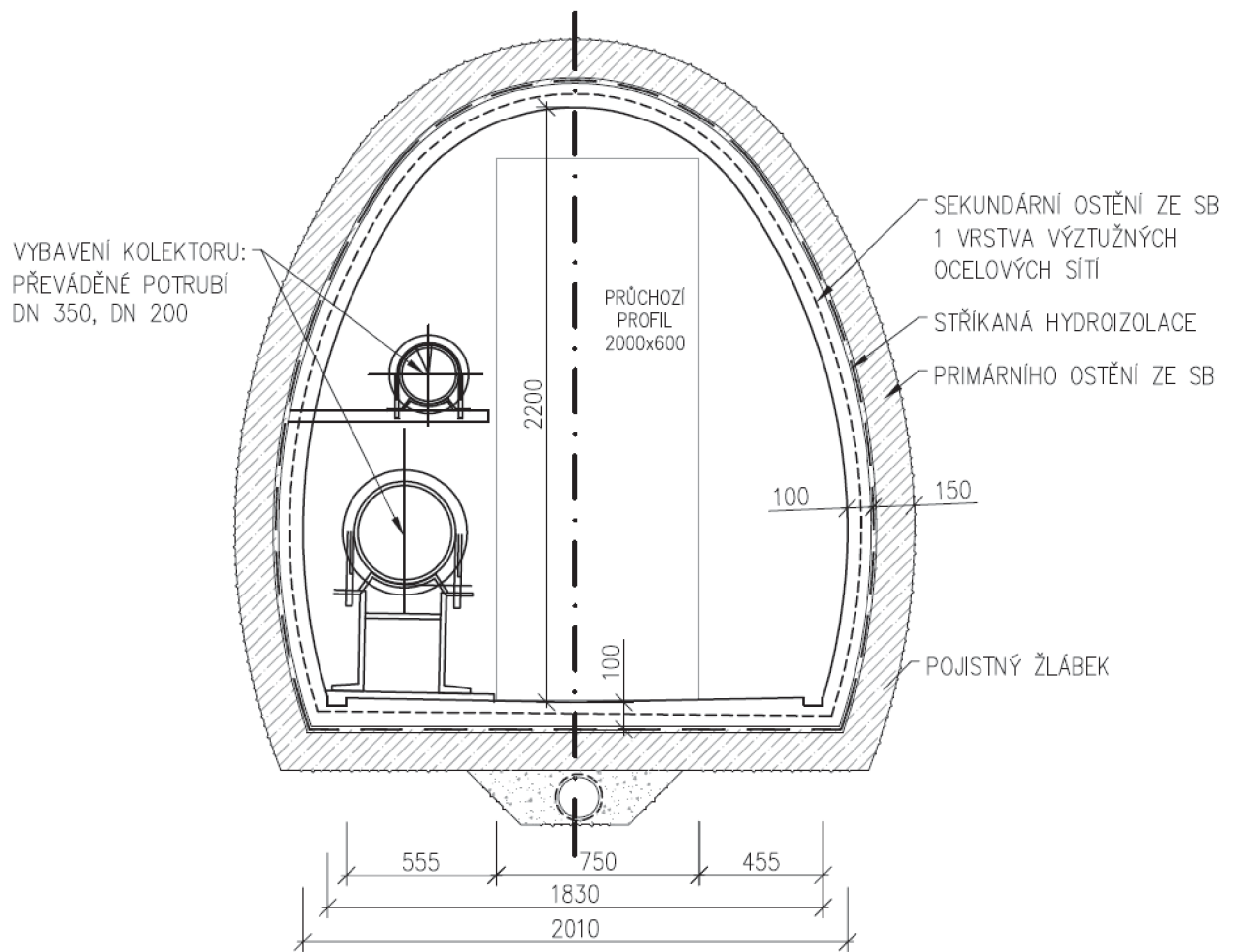


Obr. 38: Interakční diagram definitivního ostění ze zralého betonu tl. 100 mm

Znázorněny jsou body s nejhorší kombinací ohybového momentu a normálové síly v řezu 1 i 2, pro fázi budování 6. **Navržené ostění vyhoví.**

SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

1:25



Obr. 39: Geometrie sekundárního ostění.

7. ZÁVĚR

Cílem této práce je návrh primárního i sekundárního ostění technické chodby, které prochází horninovým masivem s proměnnou výškou nadloží v rozmezí 5 – 13 m. Kolmo k ose kolektoru zároveň zatěžuje terén intenzivní vlaková doprava. Z důvodu nemožnosti sjednání výluk a přerušení provozu nesmí mít probíhající podzemní výstavba žádný dopad na nadzemní činnost.

Posouzení celkového návrhu vychází z posouzení dvou nejnepříznivějších příčných řezů, konkrétně úseku štoly s nejvyšším a nejnižším nadložím, které jsou současně zatíženy dopravou z hlavních traťových kolejí.

Pro popis chování okolního horninového prostředí výpočetního modelu programu Plaxis 2D byl zvolen Mohr - Coulombův materiálový model na bázi ideálně elasticko - plastického chování zeminy, plastické přetvoření je uvažováno jen ve smyku.

Výstupem z programu jsou průběhy vnitřních sil a deformací navrženého ostění, deformace a stav napjatosti okolního prostředí.

Na základě sestavení interakčního diagramu pro vyztužený betonový průřez namáhaný tlakem za ohybu byly posouzeny rozhodující kombinace vnitřních sil působících na ostění. Jelikož je profil ražené štoly malý, cca 8,8 m², a okolní hornina je relativně nosná, jsou síly působící na ostění velmi malé a deformace, zejména sedání povrchu, téměř zanedbatelné.

Navržené ostění vyhoví na stanovené zatížení. Tloušťka navrženého ostění je relativně malá, 150 mm pro primární a 100 mm pro sekundární ostění. Z důvodu malé konstrukční šířky vyplývá zvýšená náročnost při provádění. Malé tloušťky umožňují pouze minimální hodnoty krytí, při započtení přesahu výztužných sítí není poskytnuta žádná rezerva, není umožněna aplikace sítí při líci i povrchu. Navýšením tloušťky ostění by došlo k usnadnění některých postupů výstavby, naproti tomu by ale vzrostly ekonomické nároky z důvodu větší spotřeby materiálu a nutného zvětšení objemu rubaniny.

Předložená práce si splnila vytyčený cíl a dává prostor k dalšímu zamyšlení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] STEINHEUSER, G. a B. MAIDL. Projektierung und Wahl des Bauverfahrens aufgrund der geologischen Voruntersuchungen, dargestellt am Beispiel des Straßentunnels Westtangente Bochum. *Tiefbau*. 1984, 1984(96), 74-86.
- [2] ZIEGLER, Martin. *Bau und Berechnung von Tunneln: Unterlagen zur Vorlesung*. Wintersemester 2013/2014. Aachen: RWTH, 2013.
- [3] SEZNAM.CZ, A.S: *Mapy.cz* [online]. [cit. 2019-10-12]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [4] SUDOP PRAHA A.S. *Uzel Plzeň, 3. stavba – přesmyk Domažlické trati*, Projektová dokumentace, Praha, 2015
- [5] ŠŤDC, S.O. *Posuzovací protokol přípravné dokumentace stavby: Uzel Plzeň, 3. stavba - přesmyk domažlické trati*. 2013. Dostupné online z: <https://smlouvy.gov.cz>
- [6] ČSN P 73 7505 (737505)
Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí
- [7] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: *Mapy on-line* [online]. Praha, 2016 [2019-10-12]. Dostupné z: <http://www.geology.cz>
- [8] *Geomorfologické členění Česka* [online]. [cit. 2016-06-05]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Geomorfologick%C3%A9_%C4%8Dlen%C4%9Bn%C3%AD_%C4%8Ceska
- [9] DEMEK, Jaromír. *Geomorfologie českých zemí*. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1965, Str. 152.
- [10] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: *Výpis geologické dokumentace objektů: stratigraficky vymezený výpis geologické dokumentace archivního vrtu*. Praha. 2018
- [11] HOLAN, Jakub. *Tvorba výpočetní aplikace pro analýzu železobetonových sloupů pomocí interakčního diagramu*. Praha, 2018. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Radek Štefan, Ph.D.

- [12] AUTORSKÝ KOLEKTIV. Stříkaný beton v podzemním stavitelství . 1st ed.
Praha: Český tunelářský komitét ITA-AITES, 2008.

SEZNAM POUŽITÝCH NOREM:

- ČSN EN 1992-1-1/2006 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- ČSN EN 1991-2 (736203) - *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- ČSN P 73 7505 (737505) *Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí*,
Praha: Český normalizační institut, 2017
- ČSN 73 1001 (731001) *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*.
Praha: Český normalizační institut, 1998
- ČSN 73 7501/1993: *Navrhování konstrukcí ražených podzemních objektů*. Praha,
Český normalizační institut, 1993.
- ČSN 73 3050 (733050) *Zemné práce. Všeobecné ustanovenia*. Praha: Český
normalizační institut, 1987
- ČSN EN 1992-1-1 (731201) *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český
normalizační institut, 2006

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Zájmové území s vyznačením umístění kolektoru [3]
Obr. 2: Situace širších vztahů [4]
Obr. 3: Podélný řez kolektorem [4]
Obr. 4: Průzkumné vrty v okolí díla [7]
Obr. 5: Výřez z geologické mapy [7]
Obr. 6: Zajištění výrubu pomocí jehel a stříkaného betonu, Westtangente Bochum [1], [2]
Obr. 7: Tvar poklesové kotliny v důsledku ražby
Obr. 8: Geometrie výpočtového modelu – řez 2
Obr. 9: Model zatížení 71 a charakteristické hodnoty svislého zatížení
Obr. 10: Stanovení roznášecí plochy
Obr. 11: Fáze 1
Obr. 12: Fáze 2
Obr. 13: Fáze 3
Obr. 14: Fáze 4
Obr. 15: Fáze 5
Obr. 16: Fáze 6
Obr. 17: Celkové přetvoření, fáze 6, řez 1
Obr. 18: Celkové přetvoření, fáze 6, řez 2
Obr. 19: a, b: Celkové přetvoření ostění, fáze 6
Obr. 20: a, b: horizontální deformace ostění, fáze 6
Obr. 21: a, b: Vertikální deformace ostění, fáze 6
Obr. 22 a, b, c, d: Průběhy normálových sil
Obr. 23 a, b, c, d: Průběhy ohybových momentů
Obr. 24 a, b, c, d: Průběhy posouvacích sil
Obr. 25: Směr a velikost hlavních napětí, fáze 5, řez 2
Obr. 26: Směr a velikost hlavních napětí, fáze 6, řez 1
Obr. 27: Křivka nástupu počáteční pevnosti pro jednotlivé obory [12]
Obr. 28: Geometrie posuzovaného průřezu - primár
Obr. 29: Pracovní diagram betonářské oceli s vodorovnou větví

Obr. 30: Výkres tvaru primárního ostění

Obr. 31: Namáhání průřezu v bodě 0

Obr. 32: Namáhání průřezu v bodě 1

Obr. 33: Namáhání průřezu v bodě 2

Obr. 34: Namáhání průřezu v bodě 3

;

Obr. 36: Interakční diagram pro sekundární ostění z mladého betonu tl. 150 mm

Obr. 37: Navržená geometrie definitivního ostění.

Obr. 38: Interakční diagram definitivního ostění ze zralého betonu tl. 100 mm

Obr. 39: Geometrie sekundárního ostění.

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha č.1 – Dokumentace archivního vrtu J-107

Příloha č.1 – Dokumentace archivního vrtu J-149

PŘÍLOHA Č. 1:

Výpis geologické dokumentace objektu J-107 [700195]

Česká geologická služba
databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

**STRATIGRAFICKY VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
J-107 [Plzeň]**

Klíč báze GDO	: 700195	Číslo posudku : P124626	Mapy 1:25.000	12-333	M-33-75-D-c
Souřadnice - X	: 1069923.15	Y : 824388.21	[zaměřeno]		
Nadmožská výška	: 328.96	[zaměřeno (systém neuveden)]		Rok ukončení	: 2008
Hloubka / délka	: 18.00	[vrt svislý]		Datum výpisu	: 23.2.2018
Účel objektu	: inženýrskogeologický				
Realizace	: SUDOP PRAHA a.s.				
Komentář	:				

stratigrafie

hloubkový interval
[m]

základní popis polohy
rozšíření popisu polohy
[komentář k poloze](#)

Kvartér

- 0.00 - 0.50 : **navážka** hlinitá, pevná, hnědočerná; příměs: štěrk
- 0.50 - 3.30 : **jíl** písčité, pevný, světle rezavohnědý
přítomnost : štěrk opracovaný, ojediněle
- 3.30 - 5.00 : **písek** jílovitý, světle hnědý
přítomnost : štěrk opracovaný
- Karbon - karbon svrchní**
- 5.00 - 7.00 : **jilovec** písčité, vrstevnatý, silně zvětralý, šedoohnědý
- 7.00 - 8.00 : **jilovec** písčité, slabě zvětralý, šedoohnědý
- 8.00 - 8.90 : **pískovec** arkóзовý, střednozmný, navětralý, světle rezavohnědý
- 8.90 - 10.50 : **pískovec** jílovitý, slabě zvětralý, šedý
- 10.50 - 11.90 : **pískovec** arkóзовý, navětralý, světle rezavohnědý
- 11.90 - 12.80 : **pískovec** slabě zvětralý, světle okrový
přítomnost : jíl v páscích červený
- 12.80 - 15.40 : **jilovec** uhelný, slabě zvětralý, šedočerný
- 15.40 - 16.00 : **jilovec** uhelný, navětralý, černý
- 16.00 - 16.50 : **jilovec** uhelný, silně zvětralý, šedočerný
- 16.50 - 18.00 : **jilovec** uhelný, navětralý, černý

ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY

- 5.00 - 18.00 : Plzeňská pánev

Hladina podzemní vody - hloubka [m] : 7.30 **druh hladiny :** ustálená

Provedené zkoušky

zkoušky zmitosti, geotechnické rozbory

PŘÍLOHA Č. 2

Výpis geologické dokumentace objektu J-149 [700214]

Česká geologická služba
databáze geologicky dokumentovaných objektů

gd3v

**STRATIGRAFICKÝ VYMEZENÝ VÝPIS GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE ARCHIVNÍHO VRTU
J-149 [Plzeň]**

Klíč báze GDO	: 700214	Číslo posudku	: P124626	Mapy 1:25.000	12-333	M-33-75-D-c
Souřadnice - X	: 1069984.45	Y	: 824367.33	[zaměřeno]		
Nadmořská výška	: 330.98	[zaměřeno (systém neuveden)]		Rok ukončení	:	2008
Hloubka / délka	: 12.00	[vrt svislý]		Datum výpisu	:	23.2.2018
Účel objektu	: inženýrskogeologický					
Realizace	: SUDOP PRAHA a.s.					
Komentář	:					

hloubkový interval	stratigrafie
[m]	základní popis polohy rozšíření popisu polohy komentář k poloze

	Kvartér
0.00 - 1.80	: navážka škvárová, kamenitá, hlinitá, rezavohnědá; příměs: cihly
1.80 - 3.00	: hlina písčitá, pevná, rezavohnědá přítomnost : štěrky opracované
3.00 - 6.20	: štěrky opracované, ulehlé, světle rezavohnědé přítomnost : zemina jemnozrná
	Karbon - karbon svrchní
6.20 - 6.70	: jilovec písčitý, silně zvětralý, světle červenošedý
6.70 - 9.00	: jilovec písčitý, slabě zvětralý, červenošedý
9.00 - 11.50	: jilovec písčitý, navětralý, šedý
11.50 - 12.00	: pískovec arkózový, navětralý, světle béžový

	ZJIŠTĚNÉ REGIONÁLNĚ GEOLOGICKÉ JEDNOTKY
6.20 - 12.00	: Plzeňská pánev

Suchý objekt

Provedené zkoušky
zkoušky zmitosti, geotechnické rozborů