



## DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY






<b>STAVEBNÍK:</b> <b>ZOO Brno a stanice zájmových činností,</b> <b>příspěvková organizace</b> U Zoologické zahrady 46 635 00 Brno		Zoo Brno a stanice zájmových činností, příspěvková organizace U zoologické zahrady 46 ② 635 00 Brno IČ: 00101451 · DIČ: CZ00101451  RAZÍTKO
---	---	---

<b>GENERÁLNÍ PROJEKTANT:</b> <b>GEOSTAR, spol.r.o.</b> Tuřanka 240/111 627 00 Brno		 GEOSTAR, spol. s r. o. Tuřanka 240/111, 627 00 Brno-Slatina IČO: 13690337, DIČ: CZ13690337  RAZÍTKO
Hlavní inženýr projektu: Ing. Karel Zdražil, CSc.		
Č. ZAKÁZKY      22.0644		

<b>PROJEKTANT STAVEBNÍ ČÁSTI</b> <b>ATRENO Mosty, s.r.o.</b> Na Bystřičce 740/26 779 00 Olomouc		 ATRENO Mosty s.r.o. Na Bystřičce 740/26 779 00 Olomouc IČ: 09895221      DIČ: CZ09895221 Tel.: +420 605 237 453      +420 739 450 864  RAZÍTKO
Zodpovědný projektant Ing. Lenka Zapletalová		
Č. ZAKÁZKY      2303		

### DODATEK Č. 01

Výškový systém Bpv  
 Souřadnicový systém S-JTSK

HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU	ING. KAREL ZDRAŽIL, CSc.			
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	ING. KAREL ZDRAŽIL, CSc.			
VYPRACOVAL	ING. ANDREA BORTL			
KONTOLOVAL	ING. KAREL ZDRAŽIL, CSc.			
KRAJ: JIHMORAVSKÝ	OKRES: BRNO – MĚSTO	K.Ú.: BYSTRČ	DATUM	02/2025
AKCE:  <b>SANACE SVAHOVÉ NESTABILITY</b>  <b>V AREÁLU ZOO BRNO</b>			FORMÁT	
			MĚŘÍTKO	
			ÚČEL	PDPS
			ČÍS. ZAKÁZKY	22.0644
PŘÍLOHA:  STATICKÝ VÝPOČET ZAJIŠTĚNÍ SKALNÍHO SVAHU			ČÍS. SOUPRAVY	ČÍS. PŘÍLOHY
				F.3

# **Sanace svahové nestability v areálu ZOO Brno**

**Statický výpočet zajištění skalního  
svahu**

**únor 2025**

**Zak. č.: 22.0644**

**Výtisk č.:**

<b>Název zakázky:</b>	<b>Sanace svahové nestability v areálu ZOO Brno</b>
<b>Zhotovitel:</b>	GEOSTAR, spol. s r.o. Tuřanka 240/111, 627 00 Brno Tel.: 545 221 218 geostar@geostar.cz www.geostar.cz IČO: 13690337 DIČ: CZ 13690337
<b>Objednatel:</b>	Zoo Brno a stanice zájmových činností, příspěvková organizace U zoologické zahrady 147/46 635 00 Brno – Bystrc
<b>Identifikační číslo zakázky:</b>	22.0644
<b>Datum ukončení zakázky:</b>	únor 2025
<b>Zpracovala:</b>	Ing. Andrea Bortl
<b>Zodpovědný řešitel:</b>	Ing. Karel Zdražil, CSc.

## Obsah

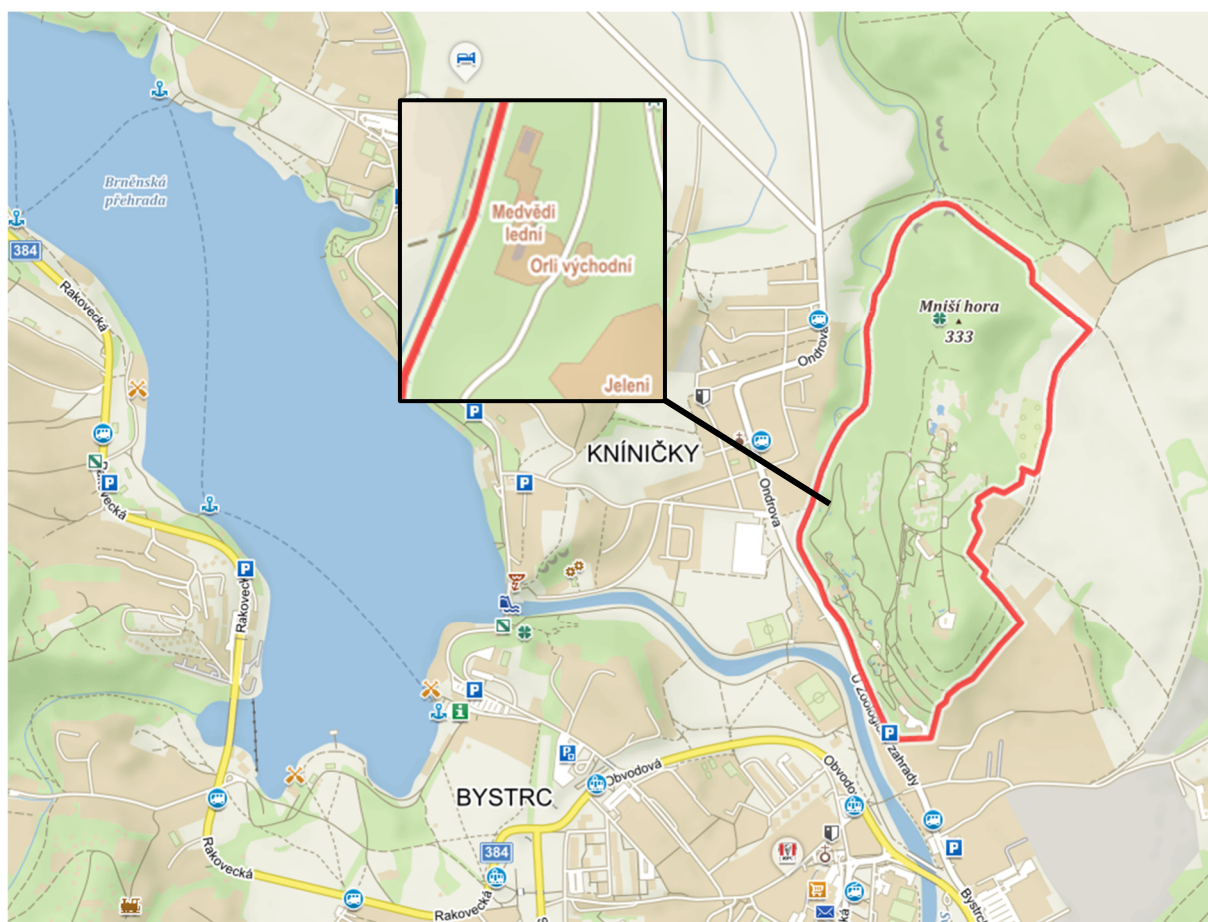
1	ÚVOD .....	4
1.1	Použité podklady, normy a literatura .....	6
1.1.1	Podklady .....	6
1.1.2	Normy a TKP .....	6
1.1.3	Literatura .....	6
1.2	Použité programy .....	6
2	INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY .....	6
3	POPIS ŘEŠENÍ A METODIKA VÝPOČTU .....	8
4	ZPŮSOB ZAJIŠTĚNÍ ZÁŘEZŮ .....	8
4.1	Příčný řez 1-1' .....	11
4.2	Příčný řez 2-2' .....	12
4.3	Příčný řez 3-3' a příčný řez 4-4' .....	13
4.4	Příčný řez 45-45' a příčný řez B-B' .....	14
4.5	Příčný řez 5-5' .....	15
4.6	Příčný řez 6-6' a příčný řez 7-7' .....	16
4.7	Příčný řez 8-8' .....	17
5	POSUZOVANÉ ŘEZY A VÝSLEDKY VÝPOČTU .....	18
5.1	Řez B-B' .....	18
5.2	Řez 5-5' .....	22
6	ZÁVĚR.....	26
7	PŘÍLOHY .....	27
7.1	Plaxis report – řez B-B' .....	28
7.1.1	Materiály .....	28
7.1.2	Nastavení výpočtu .....	31
7.1.3	Fáze výpočtu.....	32
7.1.4	Total deviatoric strains .....	33
7.2	Plaxis report – řez 5-5' .....	35
7.2.1	Materiály – stejné jako pro řez B-B' (viz kapitola 7.1.1 Materiály).....	35
7.2.2	Nastavení výpočtu .....	35
7.2.3	Fáze výpočtu.....	35
7.2.4	Total deviatoric strains .....	37



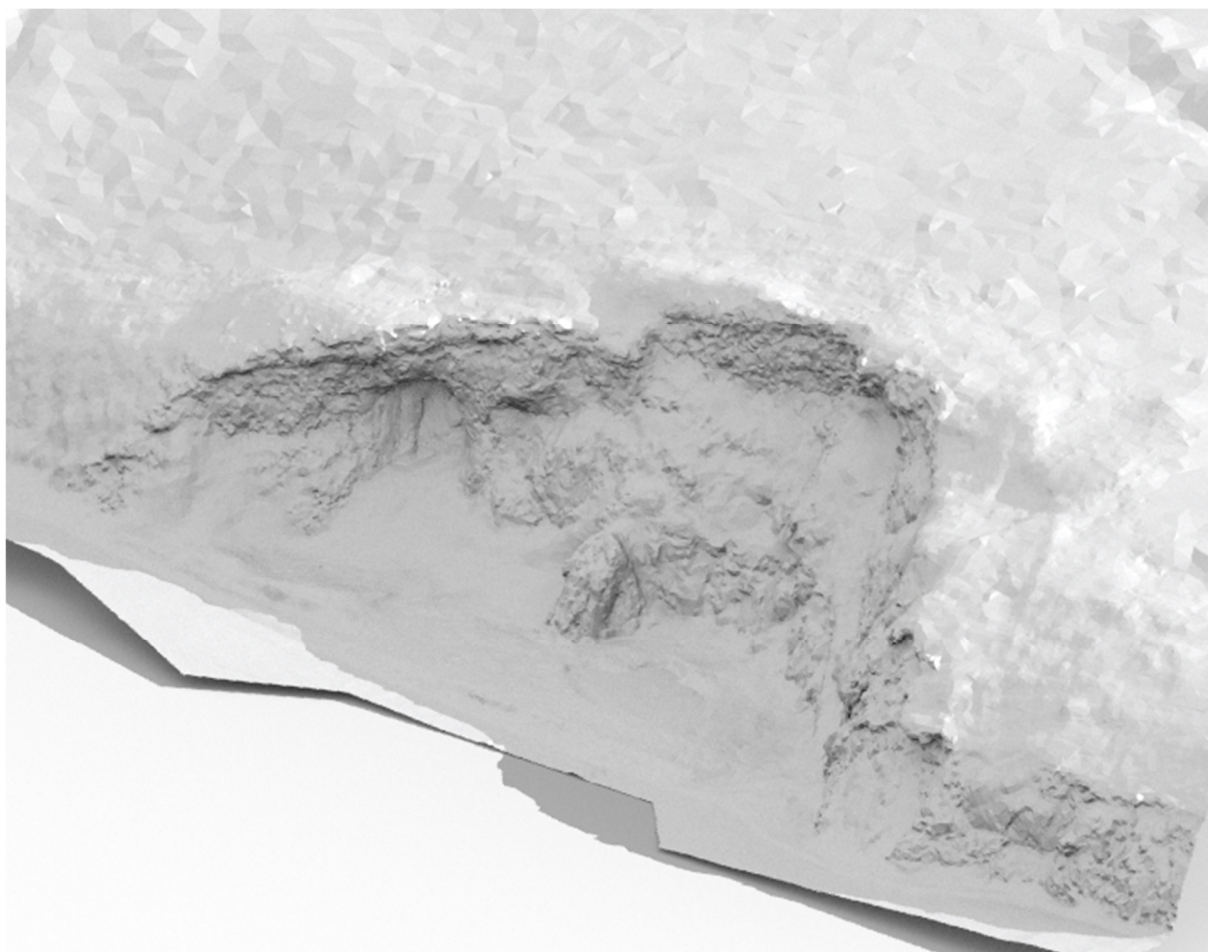
# 1 ÚVOD

Návrh a výpočet zajištění skalního svahu, objednala Zoologická zahrada Brno a stanice zájmových činností, příspěvková organizace. Jedná se o skalní svah výšky 6-11 m, který je situován v těsné blízkosti voliéry orla východního. Dotčený svah je dle České geologické služby zařazen do kategorie III sesuvných území – vysoké riziko.

Pro posouzení a návrh sanace byl zaměřen původní a stávající polohopis a výškopis dotčeného svahu [2], [3], zpracován inženýrskogeologický průzkum [1] a biologický průzkum. Jako doplňující podklad byl dodán geofyzikální průzkum lokality [4], který byl proveden po demontáži voliéry a očištění skalního svahu.



Obr. 1-1 Zájmové území – zdroj [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz) [1]



Obr. 1-2 Zájmové území – zaměřený svah – původní stav – 3D model [2]

Posuzovány byly dva příčné řezy. První příčný řez byl veden nejvyšším místem zhruba ve středu svahu. Jako další byl posouzen řez s označením 5-5', jelikož v pravé části svahu se dle geofyzikálního průzkumu nachází deprese skalního podloží R4 - R3.

Pro zajištění stability svahu jsou použity zemní hřebíky jako hlavní nosné prvky zamezující rozvoj smykové plochy po nepříznivě situovaných diskontinuitách. Mimo tyto nosné prvky se na střední až pravé horní části svahu nachází konstrukční injekční zavrtávací tyče délky 2,5-3,5 m v rastru 1,5 x 1,5 m. Rastr je třeba na stavbě operativně přizpůsobit současnému stavu svahu. Lícové opevnění je navrženo jako měkké – dvouzákrtová síť, která je v horních částech svahu doplněna georohoží, pro zamezení eroze zemin. Hřebíková konstrukce se navrhuje jako trvalá na životnost 50 let.

## 1.1 Použité podklady, normy a literatura

### 1.1.1 Podklady

- [1] ZACHAŘ A., KOPEČNÝ T., ZOO Brno – *geologické zmapování svahu, Inženýrskogeologický průzkum*, GEOSTAR, spol. s r.o., Brno 03/23
- [2] Polohopisné a výškopisné zaměření původního svahu, HRDLIČKA spol. s r.o., Brno 03/23
- [3] Polohopisné a výškopisné zaměření očištěného svahu, UNIGEO a.s., Brno 08/24
- [4] RŮŽIČKA V.: Sanace svahové nestability v areálu ZOO Brno, Určení hladiny pevného podloží pro navrhovanou sanaci svahu, KOLEJCONSULT & servis, spol. s r.o., Brno 05/2024
- [5] Část projektové dokumentace, ATRENO Mosty s.r.o. Olomouc 05/23

### 1.1.2 Normy a TKP

- [6] ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla (2005).
- [7] ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, Praha: Český normalizační institut, 2010
- [8] ČSN EN 206+A2 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda (2021)
- [9] TKP 30 Speciální zemní konstrukce (2009).
- [10] ČSN EN 14490 Provádění speciálních geotechnických prací – Hřebíkování zemin (2010).

### 1.1.3 Literatura

- [11] CHALMOVSKÝ J.: Základy matematického modelování v geotechnice s využitím programu Plaxis. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-4938-1
- [12] Plaxis 2D, uživatelská příručka.
- [13] MASOPUST J.: Navrhování základových a pažících konstrukcí. 2. vydání. Praha: pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2018. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-88265-12-2.

## 1.2 Použité programy

- PLAXIS 2D, Bentley
- AUTOCAD LT®, Autodesk, Inc.
- MS OFFICE 2013, Microsoft

## 2 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

V rámci průzkumu byly na lokalitě provedeny terénní práce v rozsahu: změření vzdálenosti mezi puklinami, změření šířky puklin a sklonů puklin. Dále byla terénně stanovena drsnost puklin a popis výplně puklin s následným určením blokovitosti skalního svahu [1].

Skalní svah je tvořen silně tektonizovanými a zvětralými (meta)diority a podružně žilou ryolitu. Horniny krystalinika jsou překryty balvanitými svahovými sedimenty, na okraji také štěrkopísčitémi sedimenty říční terasy [1]. Přímě ve voliéře orla vystupuje z velké části odtěžená žíla ryolitu, přibližně SSV-JJZ směru. Jedná se horninu vytvářející ostře ohraničené bloky, které vystupují také v nejvyšší části skalního svahu ve svahových sedimentech.

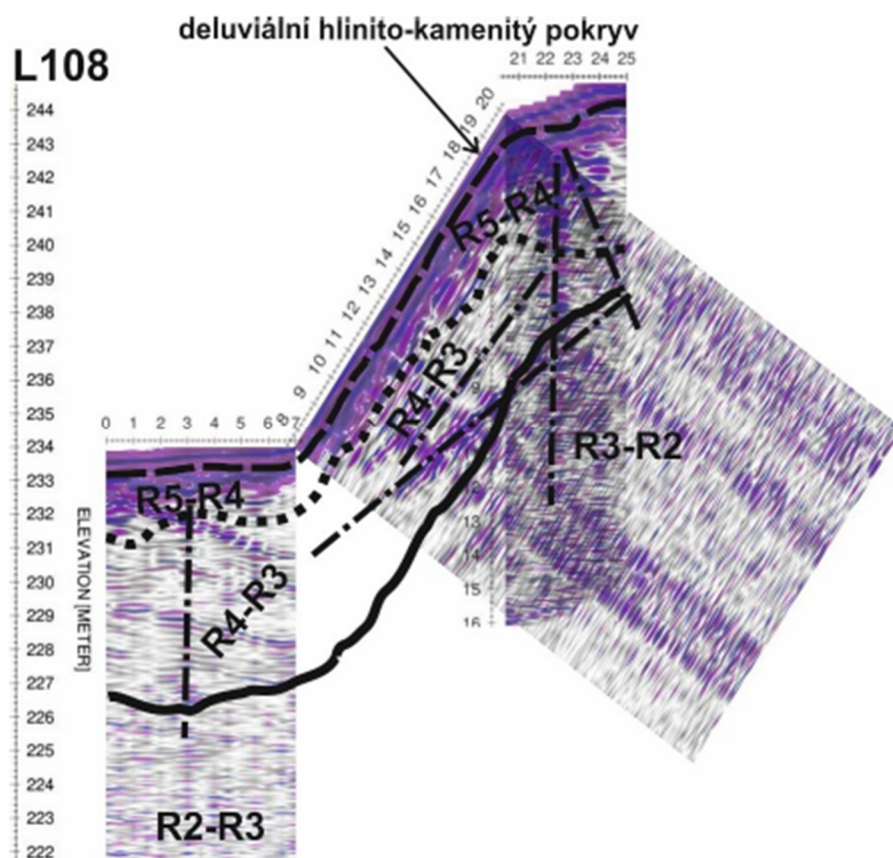
Měření tektonických prvků ukázalo, že nestabilita svahu je modifikována především těmito systémy puklin:  $254^{\circ}/71^{\circ}$  a  $285^{\circ}/70^{\circ}$  v úseku A,  $326^{\circ}/70^{\circ}$  v úseku B. Převažující směr puklin je SV-JZ, tedy v podstatě paralelně se směrným protažením svahu. V důsledku toho je vyvinuta aktivní svahová nestabilita, řazená Registrem svahových nestabilit do III. kategorie sesuvných území – vysokého rizika [1].

Z lokality byly odebrány dva vzorky. Jeden z výplně puklin, který byl laboratorně vyhodnocen jako písek hlinitý. Druhým vzorkem byla zemina z kvartérního profilu a ta byla laboratorně zatříděna jako jíl písčité.

Během terénních prací nebyla zastižena hladina podzemní vody [1].

Geofyzikálním průzkumem byl po demontáži voliéry a očištění skalního masivu zjištěn průběh skalního podloží R3-R2, který byl doložen dodáním přesných souřadnic. V dodaných řezech bylo také znázorněno i skalní podloží třídy R4-R3, které bylo modelováno do výpočtových řezů.

V pravé části svahu bylo geofyzikálním průzkumem zjištěna deprese pevnějšího skalního podloží R4-R3.



Obr. 2-1 Příčný řez pravou částí svahu [4]



### 3 POPIS ŘEŠENÍ A METODIKA VÝPOČTU

Výpočty byly provedeny programem PLAXIS 2D, který je aplikací metody konečných prvků, směřovanou pro matematické modelování geotechnických problémů a úloh. V tomto případě se jedná o řešení úlohy stabilitního charakteru v horninovém prostředí

Pro posouzení a návrh zajištění svahu byly na základě informací o geologii sestaveny dva příčné řezy. Do řezů byly na základě geofyzikálního průzkumu [4] vkresleny geologické vrstvy. Velikost modelů je určena na 25x50 m tak, aby okraje modelu neovlivňovaly dosažené výsledky. Nejprve je modelován upravený stav svahu (očistění od převisů a uvolněných skalních bloků), spočtena jeho stabilita, poté určena geometrie svahu po odtěžení na podloží třídy R4-R3 a prvků zajištění plnicích statickou funkcí. Při výpočtu stupně stability v jednotlivých fázích je použit výpočet typu Safety. Tento typ výpočtu získává stupeň stability s využitím tzv. Phi/c reduction přístupu. V průběhu výpočtu jsou postupně redukovány vstupní parametry pevnosti: úhel vnitřního tření a koheze. Stupeň stability SF (Safety factor) lze zapsat:

$$SF = \frac{\text{pevnost materiálu}}{\text{pevnost při poruše}} = \sum M_{SF}$$

Pro stupeň stability zářezu ve skalních zeminách platí dle normy [6] minimální hodnota 1,3.

Parametry materiálového modelu byly použity z dodaných podkladů [1], [4], další parametry byly zvoleny dle doporučení tvůrců programu.

Materiály byly modelovány pomocí materiálového modelu Mohr-Coulomb (MC) s ideálně plastickým průběhem zatěžovací křivky. Poruchy skalního svahu (diskontinuity) byly modelovány pomocí prvků Discontinuity.

Prvky zajištění svahu se statickou funkcí jsou také součástí matematického modelu. Konkrétně se jedná o hřebíky definované prvkem Embedded Beam a dvouzákutová síť je vystižena pomocí prvku Geogrid. Použité parametry pro tyto prvky jsou uvedeny v příloze (příloha 1).

Všechny použité materiály včetně vstupních parametrů jsou uvedeny v příloze 1.

### 4 ZPŮSOB ZAJIŠTĚNÍ ZÁŘEZŮ

Pro zajištění stability svahu jsou použity zemní hřebíky jako hlavní nosné prvky zamezující rozvoj smykové plochy po nepříznivě situovaných diskontinuitách. Mimo tyto nosné prvky se na střední až pravé horní části svahu nachází konstrukční injekční zavrtávací tyče délky 2,5-3,5 m v rastru 1,5 x 1,5 m. Rastr je třeba na stavbě operativně přizpůsobit současnému stavu svahu. Lícové opevnění je navrženo jako měkké – dvouzákutová síť, která je v horních částech svahu doplněna georochoží, pro zamezení eroze zemin. Hřebíková konstrukce se navrhuje jako trvalá na životnost 50 let.

Povrchy svahů budou před zajištěním mechanicky odtěženy za pomoci běžných mechanických prostředků na projektovanou úroveň. Je nutné odstranit veškeré převisy (i případně vzniklé během očišťování svahu) a uvolněné části horniny. Je nutno odstranit také veškeré úlomky, které by mohly propadávat oky sítě. Pokud bude během čištění svahu naraženo na podloží třídy R4-R3 dříve, než je dáno projektem, není nutné dále svah odtěžovat. O této skutečnosti bude informován AD a po konzultaci s ním bude případně úměrně zvětšena délka zemních hřebíků na potřebnou hodnotu.

V horních částech svahu, kde se nachází silně zvětralé horniny či zeminy, je nutné síť podložit georochoží k zamezení propadávání zrn skrz dvouzákutovou síť. Terén nad skalním masivem bude

upraven do maximálního sklonu 1:1 v levé a střední části svahu. Na pravé straně svahu, kde se nachází deprese skalního podloží R4-R3 je navrženo vysvahování ve sklonu 1:1,7 (sklon 30°).

Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,0 m nad hranu svahu v levé a střední části. Nad upraveným terénem nad skalním masivem ve sklonu 1:1, bude ve vzdálenosti min. 0,75 m umístěn svislý trn z injekční zavrtávací tyče max. délky 3,5 m. V pravé části svahu bude přesah dvouzákrutové sítě alespoň 1,5 m a budou zde umístěny dvě řady injekčních zavrtávacích tyčí v rastru 1x1m.

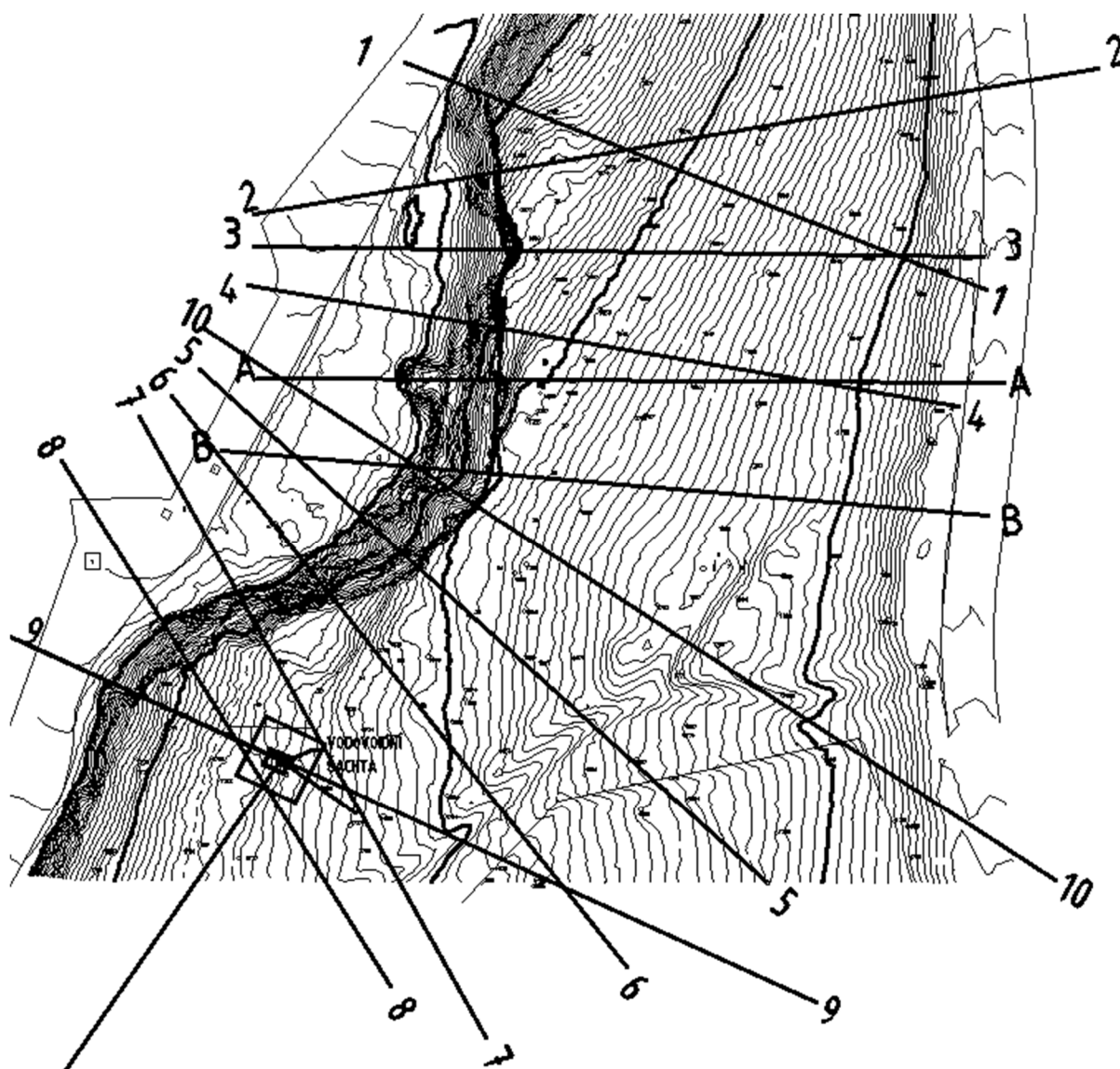
U příčného řezu s označením 8-8' se nachází vodovodní šachta z níž je vedeno po spádnici svahu vodovodní potrubí. Vzhledem k neznámé hloubce vodovodního potrubí ve svahu, bude nutno tuto hloubku ověřit před započítáním prací kopanými sondami a návrh ekvivalentně přizpůsobit dané situaci. Od řezu č. 8-8' bude docházet k napojení na původní terén, aby nedocházelo, popř. docházelo jen k minimálním odtěžovacím pracem v místě vodovodního potrubí a nebyla tak ohrožena či omezena jeho hloubka uložení.

**V okolí průchodu vodovodního potrubí mohla být zakreslena geoelektrická měření prováděna v rámci geofyzikálního průzkumu. O to důležitější bude ověřit v tomto místě hloubku skalního podloží.**

Použity jsou profily oceli průměru 25 mm uložené do vrtu o průměru 105 mm vyplněného cementovou zálivkou. Vzhledem k trvalému charakteru konstrukce je nutné navrhnout protikorozi opatření tak, aby nebylo v době životnosti konstrukce omezeno jejich statické působení. Navrhuje se dostatečné krytí ocelových hřebíků zálivkou (40 mm) v kombinaci s dimenzací na ztracenou tloušťku, která je v daném prostředí uvažována dle normy [10] maximální hodnotou 8 mm (dlouhodobé působení 30 – 100 let). Délka a vzdálenosti jednotlivých hřebíků jsou vypsány v tabulce Tab.1.

Jako staticky ekvivalentní řešení je povolena záměna použití průměru vrtu z původních 105 mm na 56 mm a původních zemních hřebíků z betonářské oceli profilu 25 mm za injektážní zavrtávací kotevní tyče pr. R32 v protikorozi úpravě. Pevnostní a deformační vlastnosti injektážní zavrtávací tyče musí odpovídat minimálně požadavkům dle návrhu systému výše uvedených zemních hřebíků.

**Vzhledem k dodaným podkladům geofyzikálního průzkumu, jsou v příčných řezech vyznačeny diskontinuity horninového prostředí. Hřebíky jsou navrženy v délkách, tak aby dokázaly zabránit rozvoji smykové plochy po těchto diskontinuitách. Proto není přípustné zkrácení projektovaných hřebíků.**



Obr. 4-1 Situace příčných řezů

#### 4.1 Příčný řez 1-1'

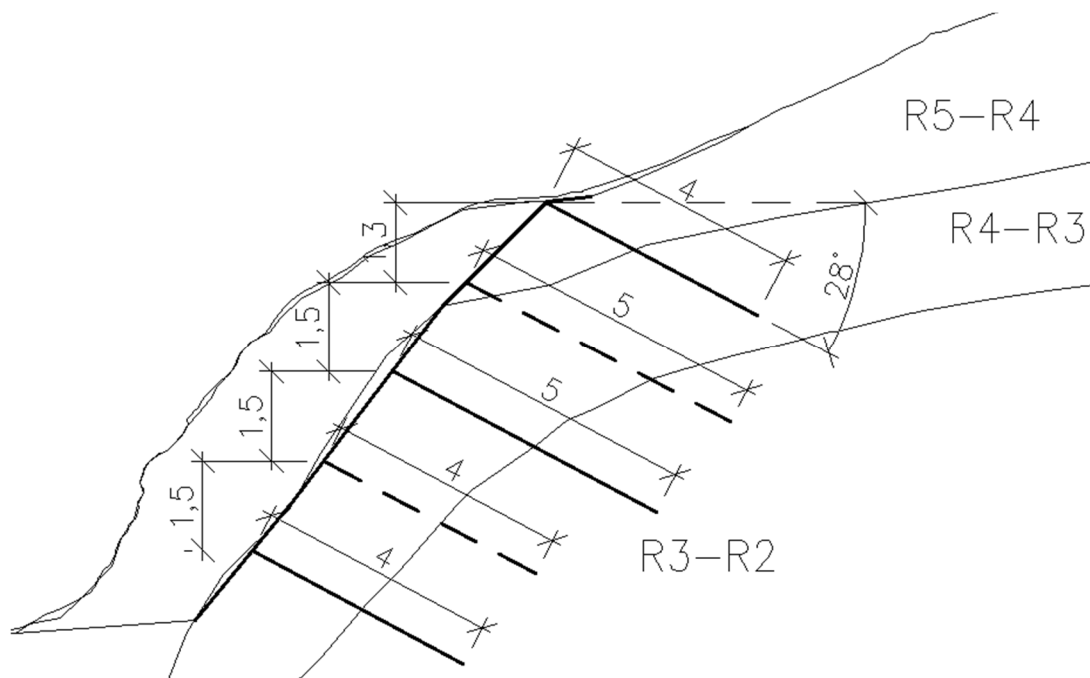
Do svahu zářezu v řezu 1-1' (výška cca 7,0 m) budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 5 kotevních úrovních. Výška etáží bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,0 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, bude umístěn svislý trn z injekční zavrtávací tyče max. délky 3,5 m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K1-5	4,0	1,5	1,5	28
K1-4	5,0	1,5	1,5	28
K1-3	5,0	1,5	1,5	28
K1-2	4,0	1,5	1,5	28
K1-1	4,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K1



Obr. 4-2 Návrh zajištění zářezu – řez 1-1'



## 4.2 Příčný řez 2-2'

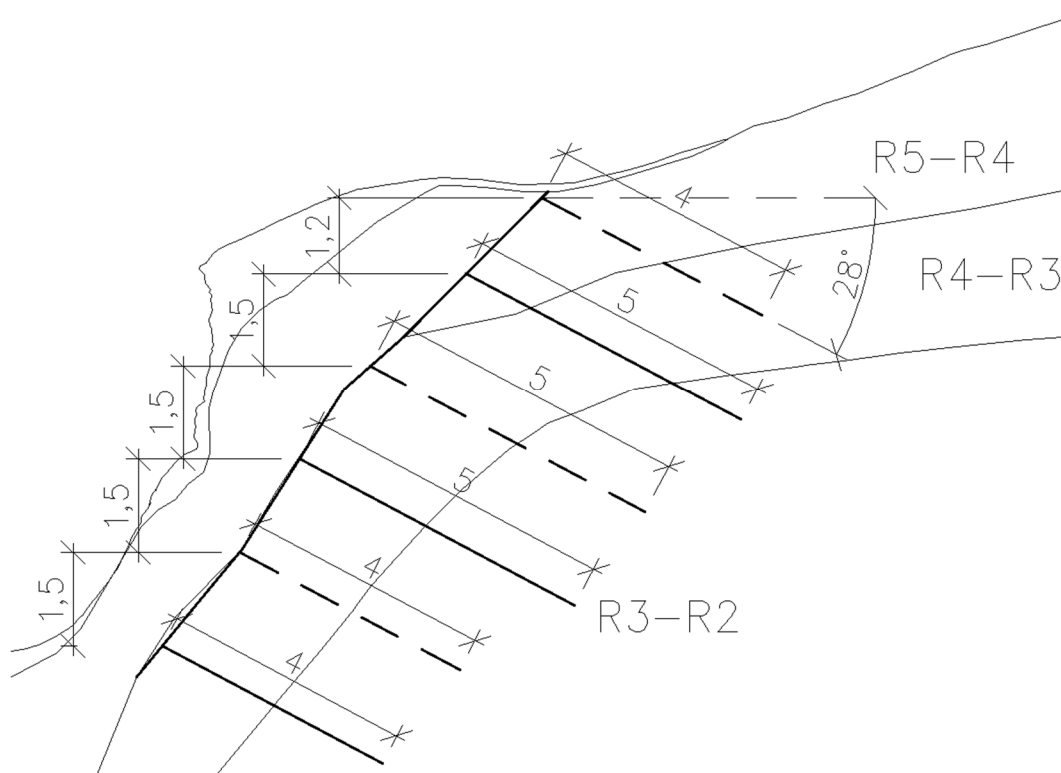
Do svahu zářezu v řezu 2-2' (výška cca 8,0 m) budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 6 kotevních úrovních. Výška etáží bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,0 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, bude umístěn svislý trn z injekční zavrtávací tyče max. délky 3,5 m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K2-6	4,0	1,5	1,5	28
K2-5	5,0	1,5	1,5	28
K2-4	5,0	1,5	1,5	28
K2-3	5,0	1,5	1,5	28
K2-2	4,0	1,5	1,5	28
K2-1	4,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K2



Obr. 4-3 Návrh zajištění zářezu – řez 2-2'

### 4.3 Příčný řez 3-3' a příčný řez 4-4'

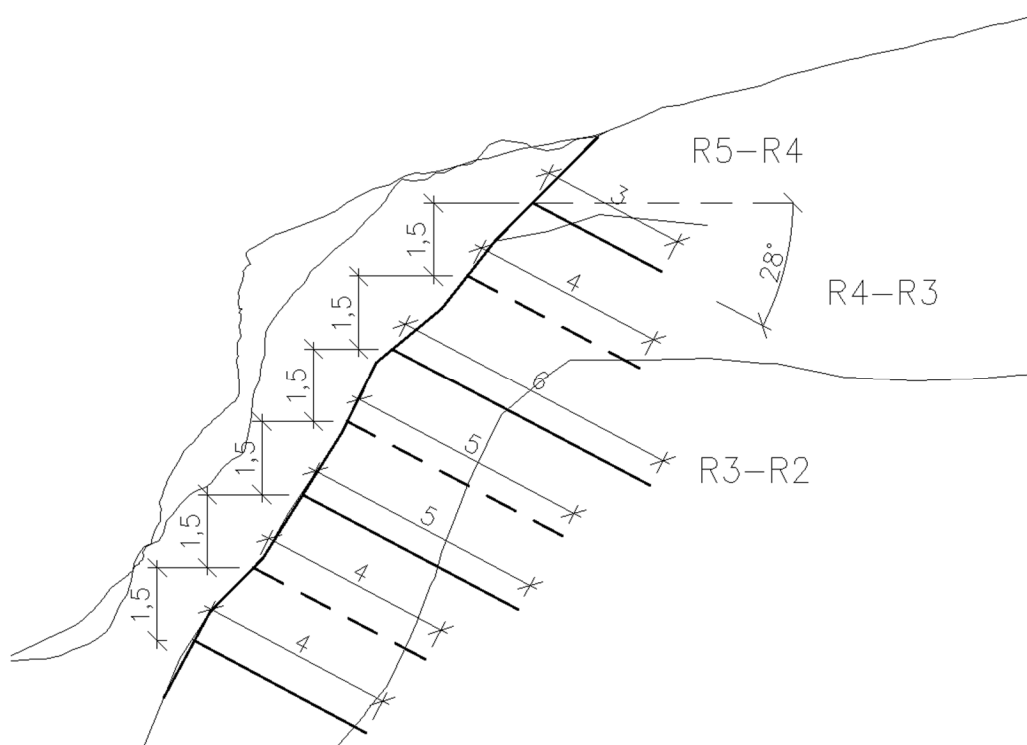
Do svahu zářezu v řezu 3-3' a 4-4' budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 7 kotevních úrovních. Výška etáží bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,0 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, bude umístěn svislý trn z injekční zavrtávací tyče max. délky 3,5 m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K3-7	3,0	1,5	1,5	28
K3-6	4,0	1,5	1,5	28
K3-5	6,0	1,5	1,5	28
K3-4	5,0	1,5	1,5	28
K3-3	5,0	1,5	1,5	28
K3-2	4,0	1,5	1,5	28
K3-1	4,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K3, K4



Obr. 4-4 Návrh zajištění zářezu – řez 3-3' a řez 4-4'

#### 4.4 Příčný řez 45-45' a příčný řez B-B'

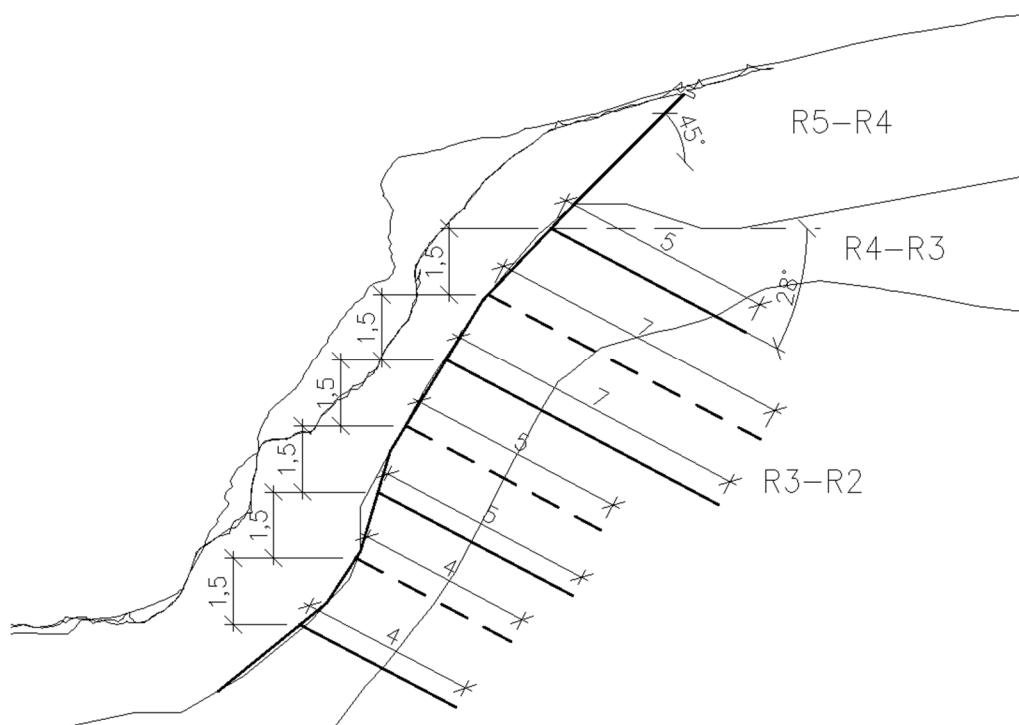
Do svahu zářezu v řezu 45-45' budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 7 kotevních úrovních. Výška etáží bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,5 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, budou umístěny svislé trny z injekčních zavrtávacích tyčí max. délky 3,5 m v rastru 1x1m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K45-7	5,0	1,5	1,5	28
K45-6	7,0	1,5	1,5	28
K45-5	7,0	1,5	1,5	28
K45-4	5,0	1,5	1,5	28
K45-3	5,0	1,5	1,5	28
K45-2	4,0	1,5	1,5	28
K45-1	4,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K10



Obr. 4-5 Návrh zajištění zářezu – řez 45-45'

## 4.5 Příčný řez 5-5'

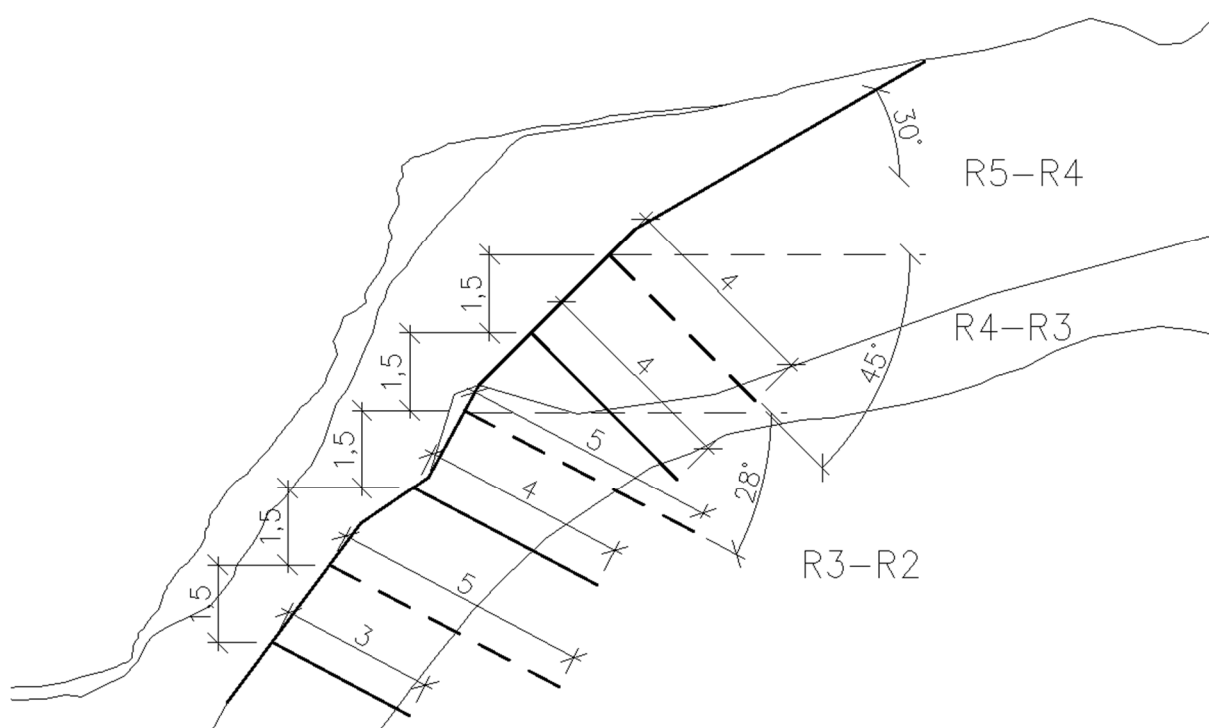
Do svahu zářezu v řezu 5-5' budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 6 kotevních úrovních. Výška etází bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1,7. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,5 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, budou umístěny svislé trny z injekčních zavrtávacích tyčí max. délky 3,5 m v rastru 1x1m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K5-6	4,0	1,5	1,5	45
K5-5	4,0	1,5	1,5	45
K5-4	5,0	1,5	1,5	28
K5-3	4,0	1,5	1,5	28
K5-2	5,0	1,5	1,5	28
K5-1	3,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K5



Obr. 4-6 Návrh zajištění zářezu – řez 5-5' [5]

#### 4.6 Příčný řez 6-6' a příčný řez 7-7'

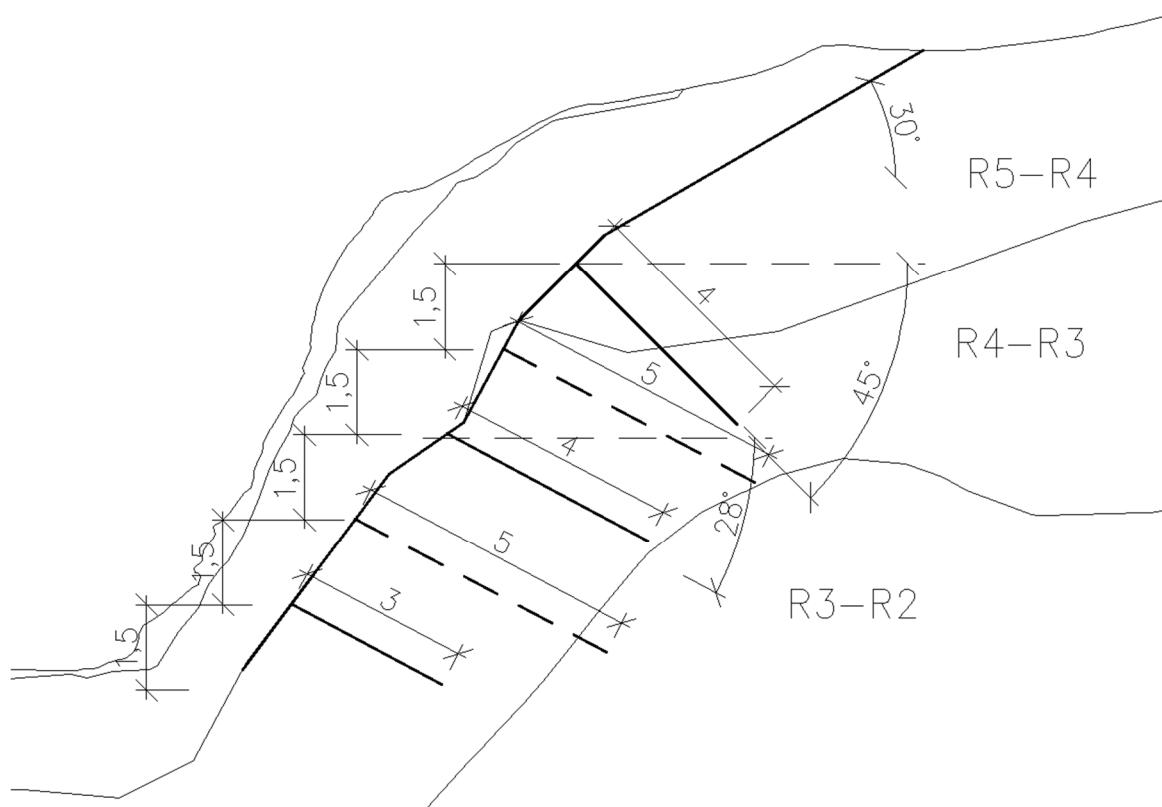
Do svahu zářezu v řezu 6-6' a 7-7' budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 5 kotevních úrovních. Výška etáží bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1,7. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,5 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, budou umístěny svislé trny z injekčních zavrtávacích tyčí max. délky 3,5 m v rastru 1x1m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K6-5	4,0	1,5	1,5	45
K6-4	5,0	1,5	1,5	28
K6-3	4,0	1,5	1,5	28
K6-2	5,0	1,5	1,5	28
K6-1	3,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K6



Obr. 4-7 Návrh zajištění zářezu – řez 6-6' a řez 7-7' [5]

## 4.7 Příčný řez 8-8'

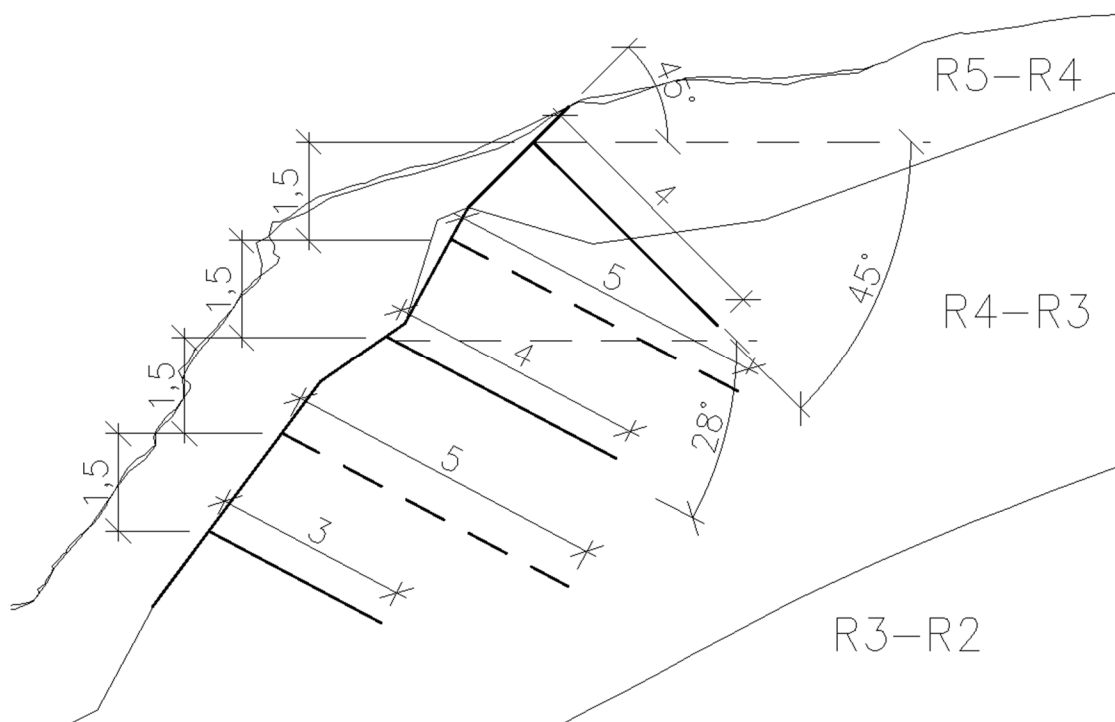
Do svahu zářezu v řezu 8-8' budou po jeho očištění postupně shora osazeny hřebíky a jejich následné zalití zálivkou. Po vytvrdnutí zálivky bude odshora osazena dvouzákrutová hexagonální síť. Zemní hřebíky budou zhotoveny v 5 kotevních úrovních. Výška etáží bude zvolena dle technických možností prováděcího stroje, ne však vyšší jak 2,5 m.

Rozmístění hřebíků bude provedeno po vzdálenostech 1,5 m vodorovně i svisle. Mezi kotevními úrovněmi je uvažován vzájemný horizontální posun o půl osově vzdálenosti jednotlivých hřebíků, aby nedošlo k sloupcovému rozmístění hřebíků.

Lícové opevnění je navrženo jako měkké, pomocí dvouzákrutové hexagonální sítě s povrchovou úpravou odpovídající životnosti konstrukce. Terén nad skalním masivem bude upraven do maximálního sklonu 1:1. Dvouzákrutová síť bude zatažena alespoň 1,0 m nad hranu svahu. Nad upraveným terénem, bude umístěn svislý trn z injekční zavrtávací tyče max. délky 3,5 m.

Kotevní úroveň	Délka hřebíků [m]	Vodorovná vzdálenost hřebíků [m]	Svislá vzdálenost hřebíků [m]	Sklon od vodorovné [°]
K8-5	4,0	1,5	1,5	45
K8-4	5,0	1,5	1,5	28
K8-3	4,0	1,5	1,5	28
K8-2	5,0	1,5	1,5	28
K8-1	3,0	1,5	1,5	28

Tab. 1 Parametry kotevních úrovní K8



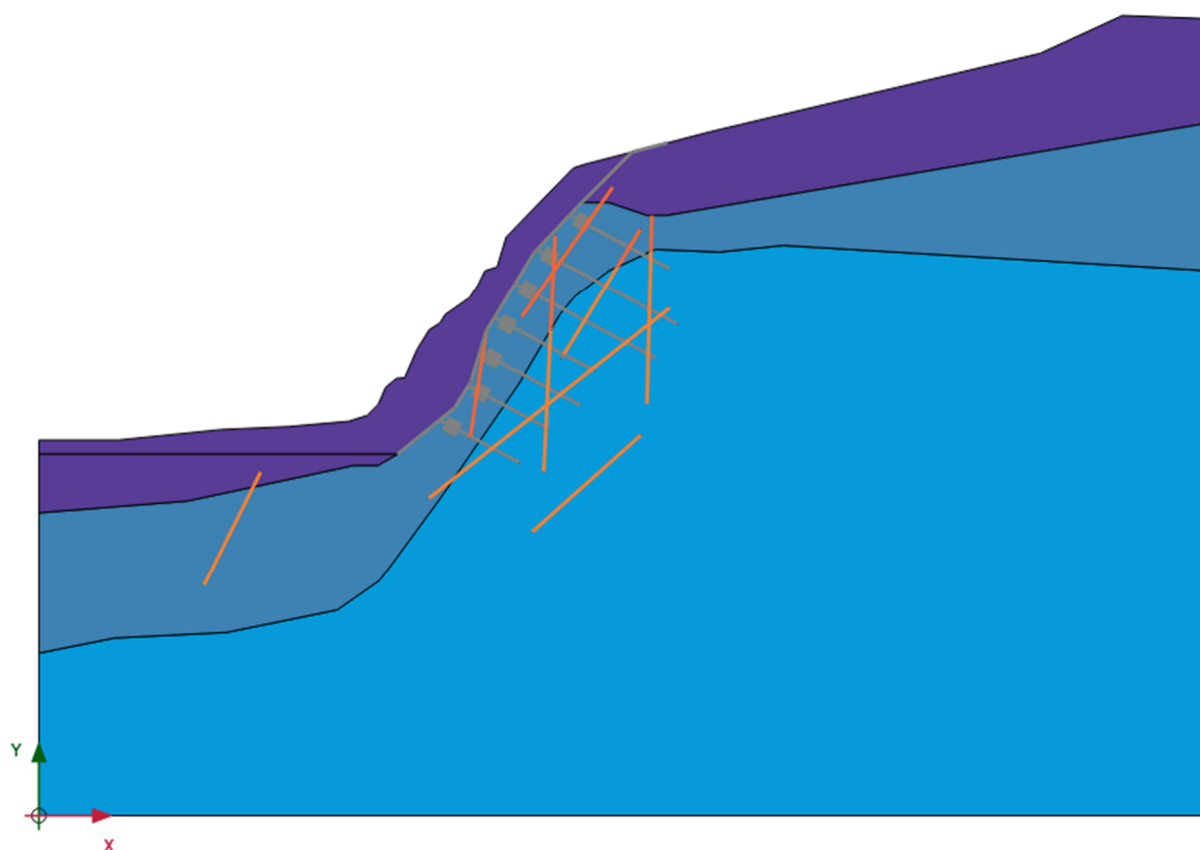
Obr. 4-8 Návrh zajištění zářezu – řez 8-8' [5]

## 5 POSUZOVANÉ ŘEZY A VÝSLEDKY VÝPOČTU

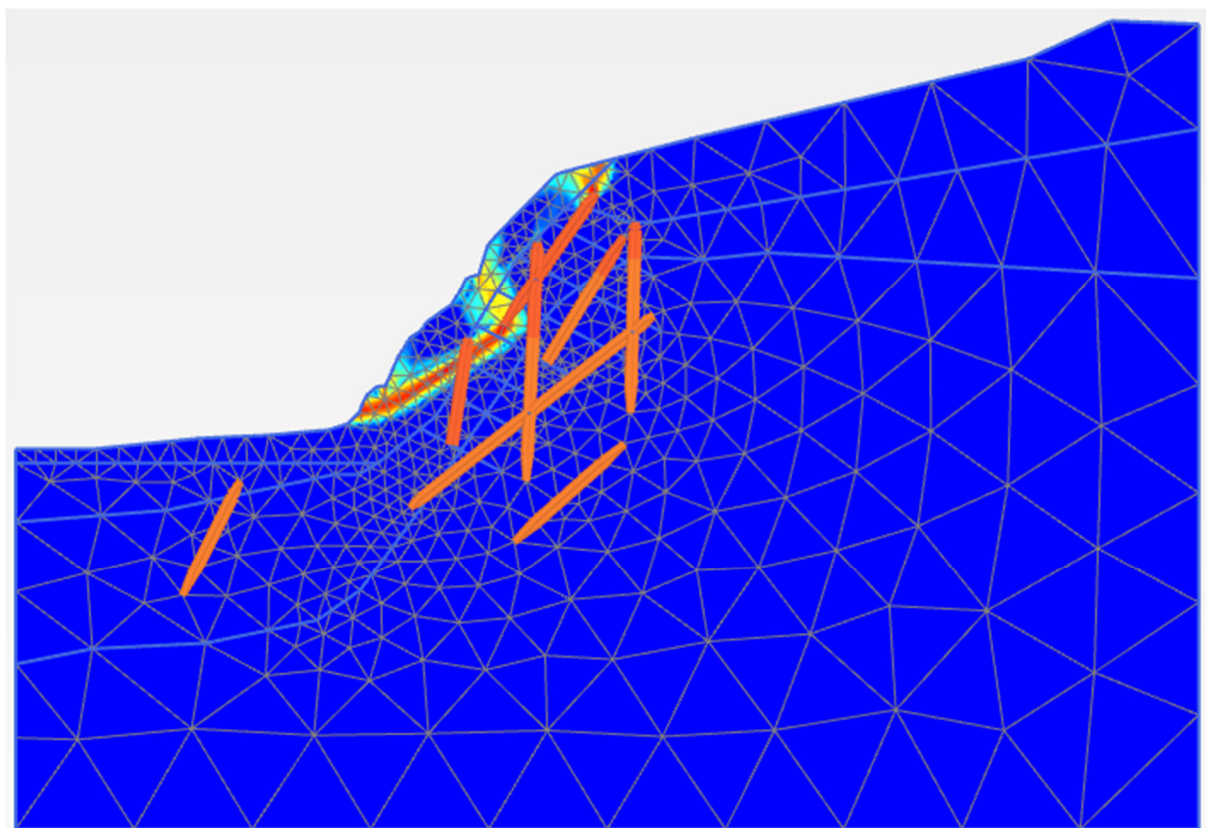
### 5.1 Řez B-B'

Pro výpočet stupně stability byl použit výpočet typu Safety. Tento typ je určen pro výpočet stupňů stabilit svahů. V průběhu výpočtu jsou postupně redukovány vstupní parametry: úhel vnitřního tření a koheze

Na začátek výpočtu bylo spočteno původní pole napětí a pórových tlaků aplikací gravitačního zatížení v aktivovaných vrstvách podloží. Po provedení této fáze jsou spočtené deformace vynulovány. Na Obr. 5-1 je znázorněn model současného svahu svahu.



Obr. 5-1 Řez B-B' upravený současný svah (pozn. šedě zbarvené prvky nejsou pro tuto fázi aktivní)

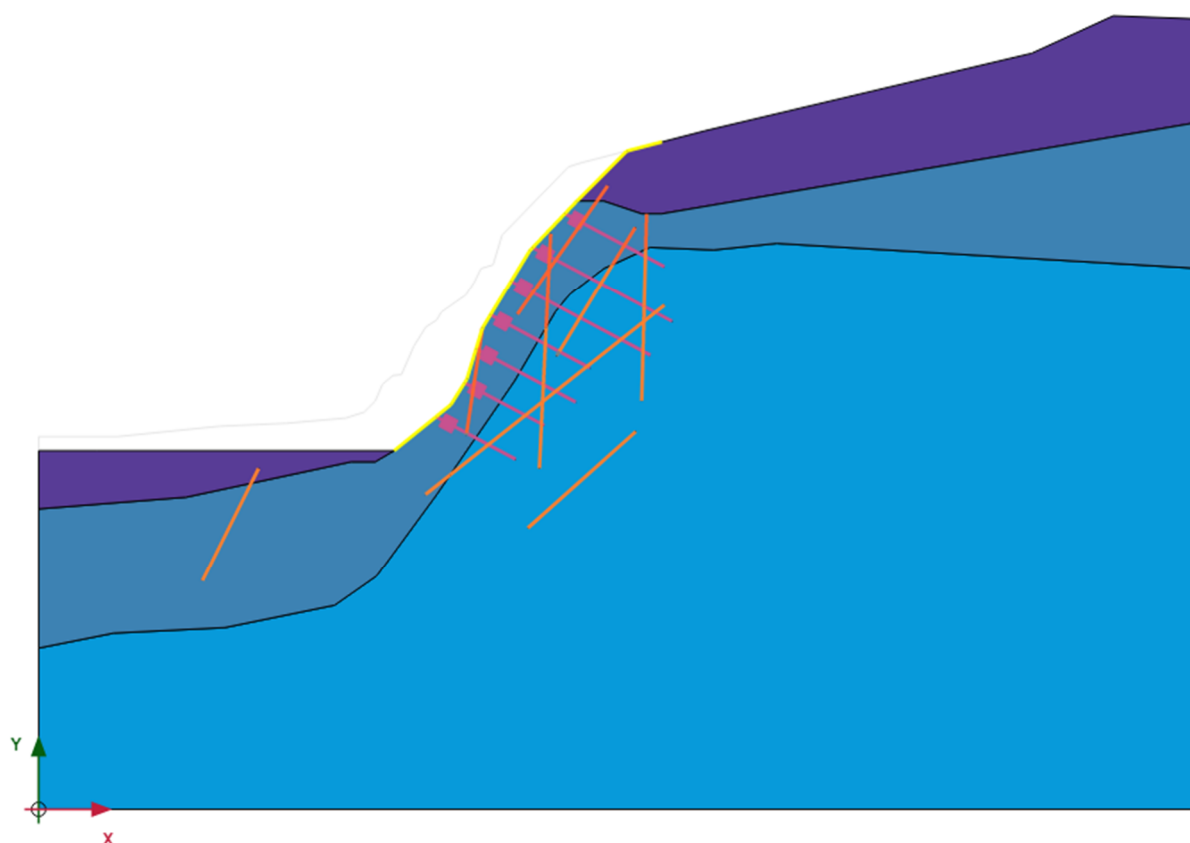


Obr. 5-2 Řez B-B' stabilita upraveného svahu

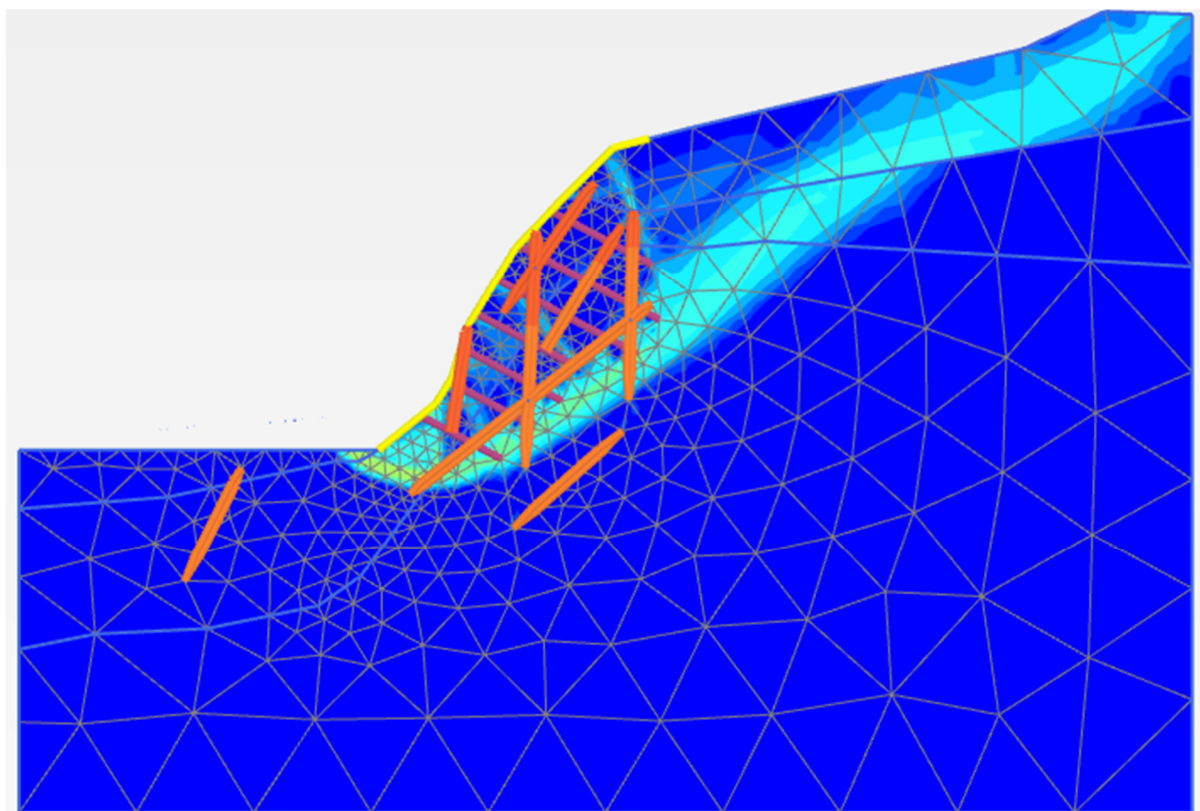
Stupeň stability upraveného svahu je spočten na  $FS \sim 1,0$ . Stupeň stability značí, že svah po odtěžení uvolněných částí svahu a převisů dle současně platných norem nesplňuje požadavky na stupeň stability pro zářezy ve skalních horninách.

Pro další fázi je použit typ výpočtu *Plastic*, který se používá pro elastoplastickou deformační analýzu. V tomto typu výpočtu se neuvažuje se změnou pórových tlaků v čase. Při tomto typu výpočtu nedochází ke konsolidaci. V této fázi dojde k odtěžení svahu na projektovanou úroveň a k aktivaci zemních hřebíků a aktivaci dvouzákrutové sítě. Pro tuto fázi je výsledný stupeň stability  $FS > 1,3$  (1,737) což splňuje požadavky normy [7] na stupeň stability zářezu ve skalních horninách.



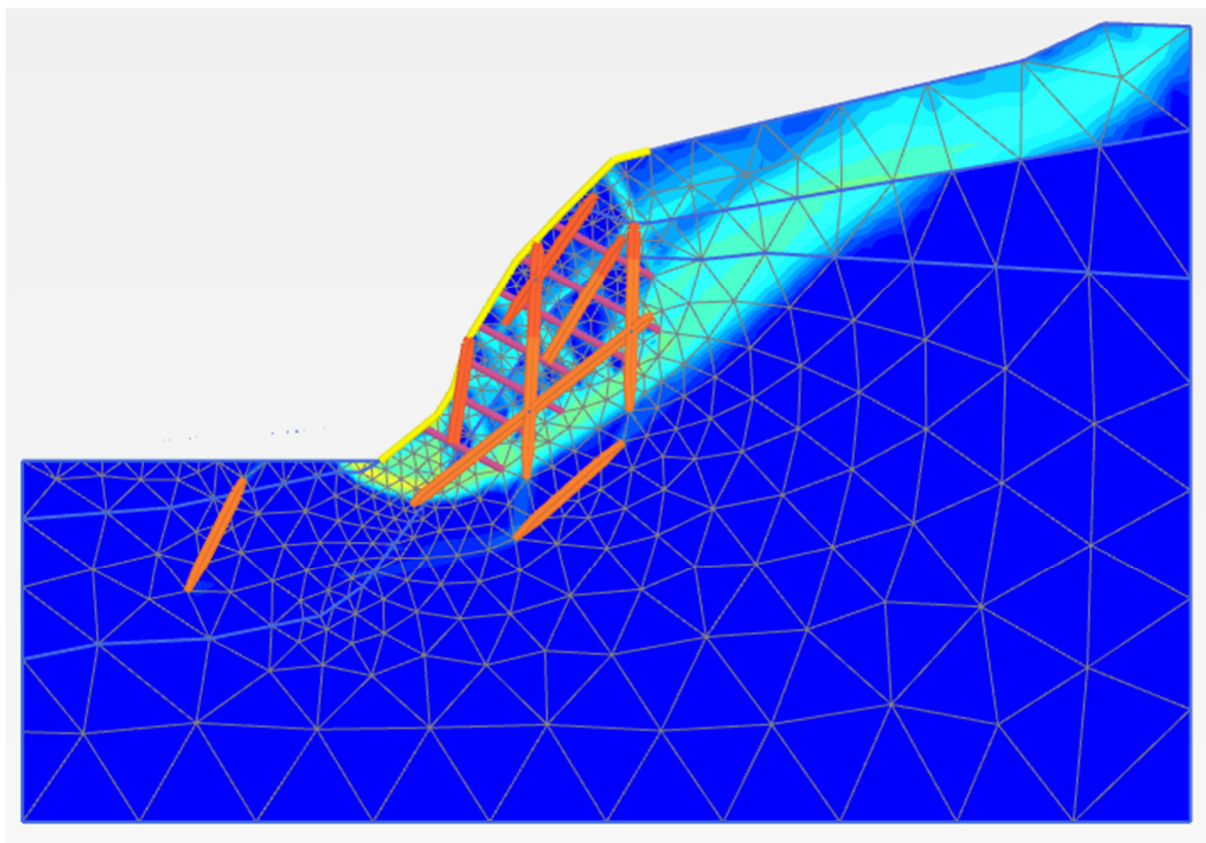


Obr. 5-3 Řez B-B' model zajištěného svahu



Obr. 5-4 Řez B-B' smyková plocha po zajištění zemními hřebíky a sítí

Jako další fázi je spočtena stabilita svahu na konci životnosti (50 let). V této fázi je uvažováno, že dojde po 50 letech působení, k úbytku průměru hřebíků (protikorozní opatření – ztracený průměr). Výsledný stupeň stability je pro tuto fázi stále **FS > 1,3 (1,721)** což splňuje požadavky na stupeň stability svahů dle [7] i po 50 letech působení.



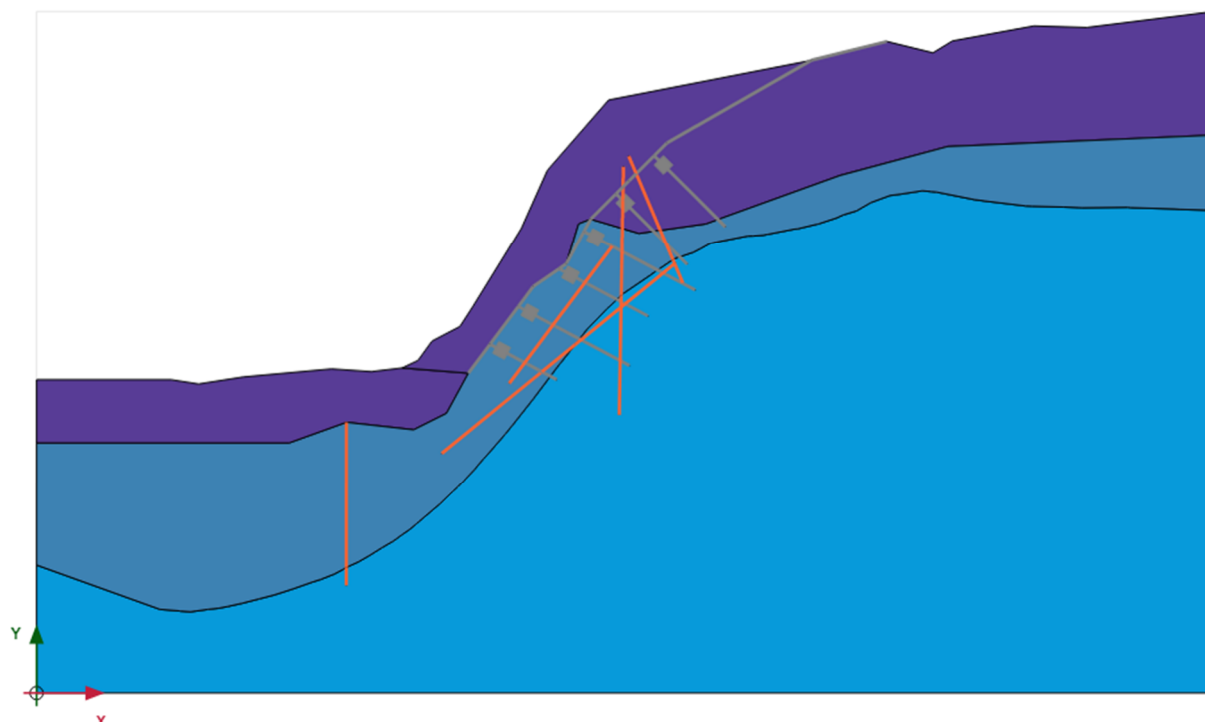
Obr. 5-5 Řez B-B' smyková plocha na konci životnosti konstrukce

Z dosažených výsledků stupně stability  $SF > 1,3$  lze konstatovat, že je splněn minimální požadovaný stupeň bezpečnosti 1,3 (dle normy [7]).

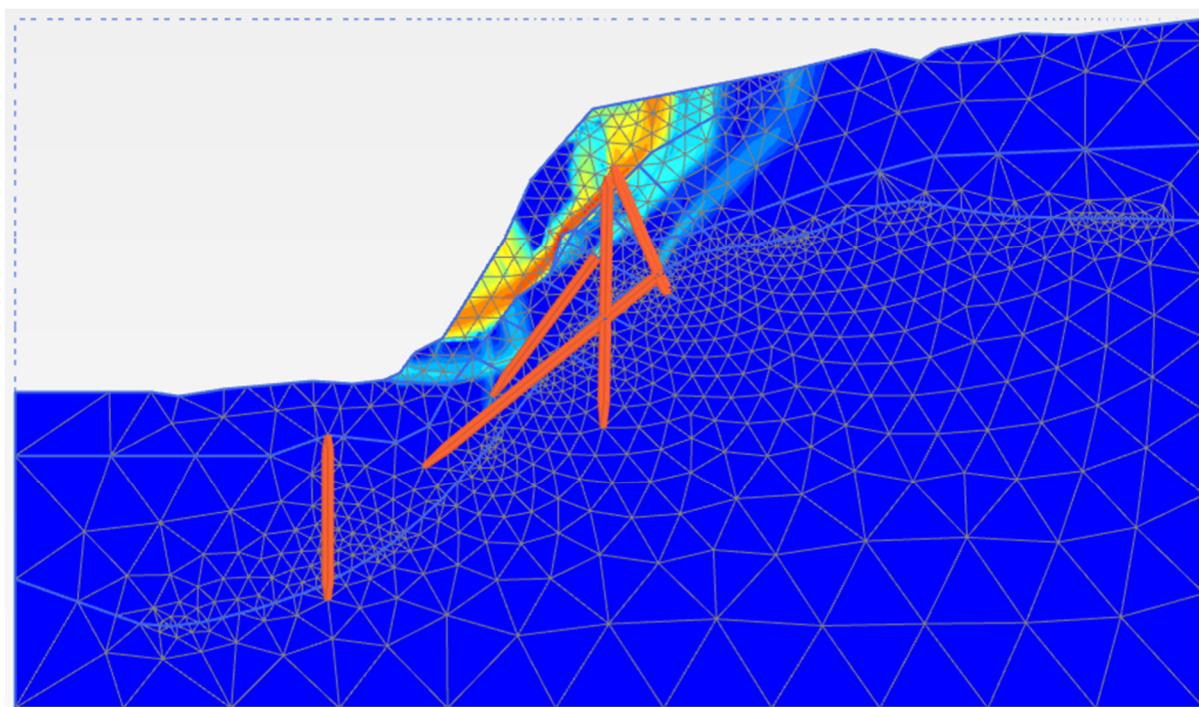
## 5.2 Řez 5-5'

Pro výpočet stupně stability byl použit výpočet typu Safety. Tento typ je určen pro výpočet stupňů stabilit svahů. V průběhu výpočtu jsou postupně redukovány vstupní parametry: úhel vnitřního tření a koheze

Na začátek výpočtu bylo spočteno původní pole napětí a pórových tlaků aplikací gravitačního zatížení v aktivovaných vrstvách podloží. Po provedení této fáze jsou spočtené deformace vynulovány. Na Obr. 5-6 je znázorněn model současného svahu svahu.



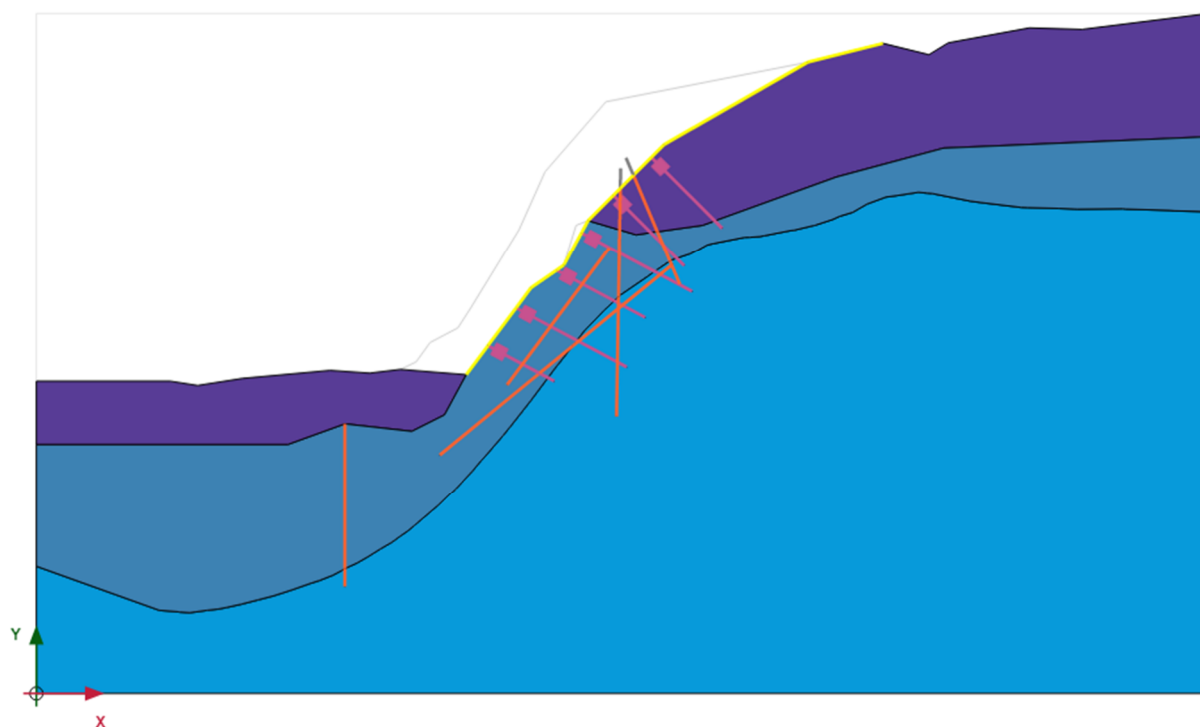
Obr. 5-6 Řez 5-5' upravený současný svah (pozn. šedě zbarvené prvky nejsou pro tuto fázi aktivní)



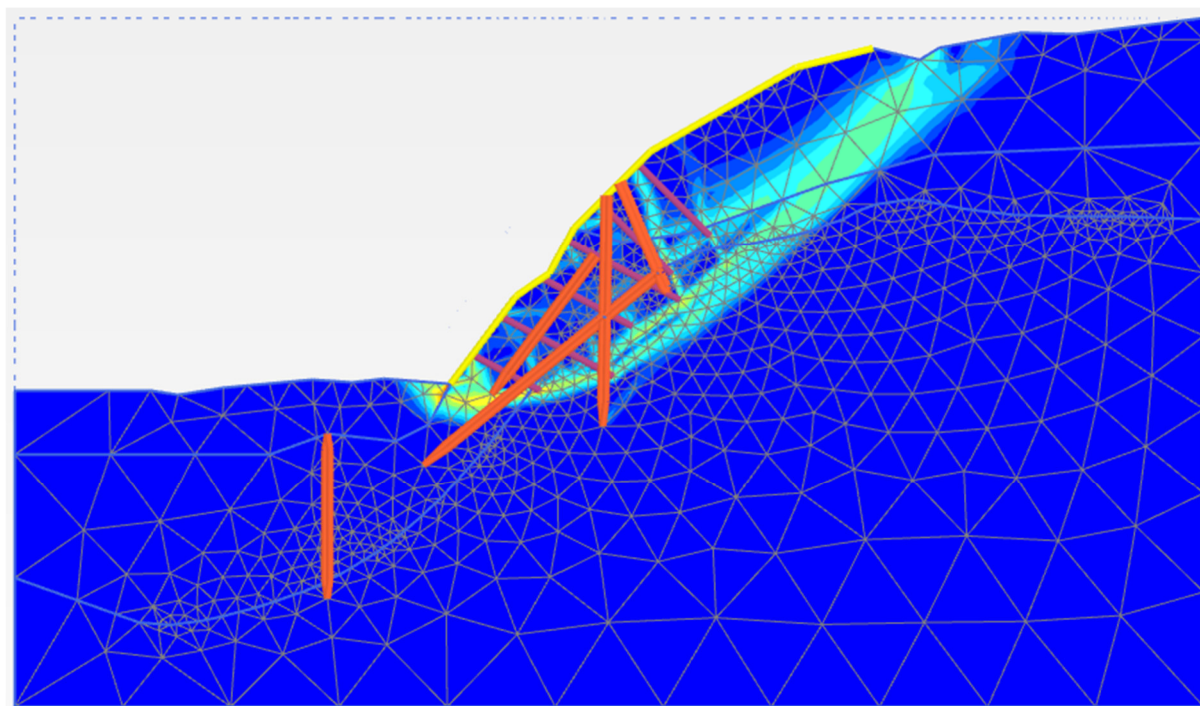
Obr. 5-7 Řez 5-5' stabilita současného svahu

Stupeň stability upraveného svahu je spočten na  $FS \sim 1,0$ . Stupeň stability značí, že svah po odtěžení uvolněných částí svahu a převisů dle současně platných norem nesplňuje požadavky na stupeň stability pro zářezy ve skalních horninách.

Pro další fázi je použit typ výpočtu *Plastic*, který se používá pro elastoplastickou deformační analýzu. V tomto typu výpočtu se neuvažuje se změnou pórových tlaků v čase. Při tomto typu výpočtu nedochází ke konsolidaci. V této fázi dojde k odtěžení svahu na projektovanou úroveň a k aktivaci zemních hřebíků a aktivaci dvouzákrutové sítě. Pro tuto fázi je výsledný stupeň stability  $FS > 1,3$  (1,873) což splňuje požadavky normy [7] na stupeň stability zářezu ve skalních horninách.



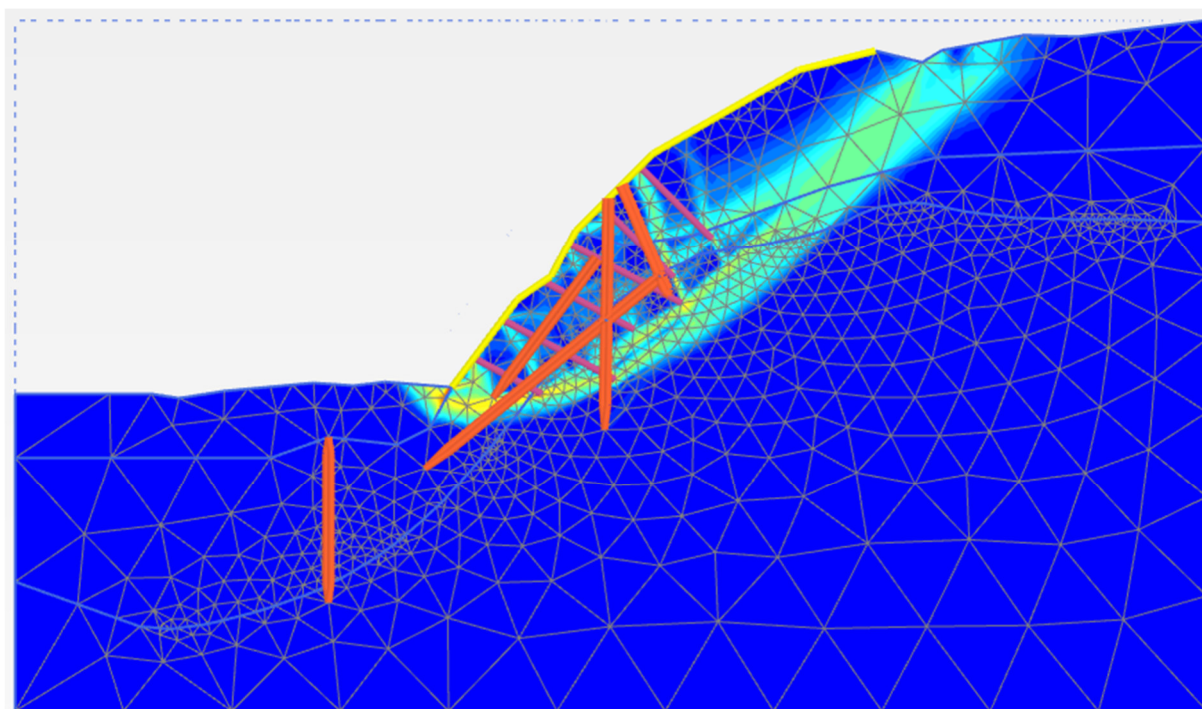
Obr. 5-8 Řez 5-5' model zajištěného svahu



Obr. 5-9 Řez 5-5' smyková plocha po zajištění zemními hřebíky a sítí

Jako další fázi je spočtena stabilita svahu na konci životnosti (50 let). V této fázi je uvažováno, že dojde po 50 letech působení, k úbytku průměru hřebíků (protikorozní opatření – ztracený průměr). Výsledný stupeň stability je pro tuto fázi  **$FS > 1,3$**  (1,846) což splňuje požadavky na stupeň stability svahů dle [7] i po 50 letech působení.





Obr. 5-10 Řez 5-5' smyková plocha na konci životnosti konstrukce

Z dosažených výsledků stupně stability  $SF > 1,3$  lze konstatovat, že je splněn minimální požadovaný stupeň bezpečnosti 1,3 (dle normy [7] ).

## 6 ZÁVĚR

V rámci tohoto statického výpočtu byl stanoven způsob trvalého zajištění svahů skalního zářezu v zoologické zahradě v Brně u voliéry Orla východního.

Pro zajištění stability bylo navrženo zajištění svahu zemními hřebíky s ochrannou dvouzákrtovou sítí.

**Konkrétní specifikace způsobu zajištění je blíže popsána v kapitole 4 Způsob zajištění zářezů.**

Pro řez B-B': Z dosažených výsledků stupně stability  $SF > 1,3$  lze konstatovat, že je splněn minimální požadovaný stupeň bezpečnosti 1,3 (dle normy [7]).

Pro řez 5-5': Z dosažených výsledků stupně stability  $SF > 1,3$  lze konstatovat, že je splněn minimální požadovaný stupeň bezpečnosti 1,3 (dle normy [7]).

Sanace musí proběhnout bez zbytečné prodlevy za příznivých klimatických podmínek. Nelze připustit sanaci při teplotách pod bodem mrazu či deštích.

Mimo průběžnou vizuální kontrolu budou do upraveného skalního svahu osazeny nerezové měřické značky, na nichž bude možné sledovat případné deformace skalního svahu. Předpokládaná monitorovací metoda je geodetické sledování pomocí totální stanice (potřeba zhotovení stabilizačního bodu). Četnost měření by měla být v intervalu co 2 měsíce první rok po uvedení konstrukce do provozu. Po skončení prvního roku provozu konstrukce bude při naměření pouze nepatrných změn interval upraven na 4 měření ročně po dobu dalších 2 let provozu konstrukce. Po další 2 roky 2 měření ročně. Měření by mělo probíhat v přibližně stejných ročních obdobích. V den měření je potřeba uvést čas a klimatické podmínky, při kterých bylo měření prováděno. Každá měřická zpráva musí obsahovat zhodnocení naměřených pohybů autorizovaným geotechnikem.

U příčného řezu s označením 8-8' se nachází vodovodní šachta z níž je vedeno po spádnicí svahu vodovodní potrubí. Vzhledem k neznámé hloubce vodovodního potrubí ve svahu, bude nutno tuto hloubku ověřit před započítáním prací kopanými sondami a návrh ekvivalentně přizpůsobit dané situaci. Od řezu č. 8-8' bude docházet k napojení na původní terén, aby nedocházelo, popř. docházelo jen k minimálním odtěžovacím pracem v místě vodovodního potrubí a nebyla tak ohrožena či omezena jeho hloubka uložení.

**V okolí průchodu vodovodního potrubí mohla být zkreslena geoelektrická měření prováděna v rámci geofyzikálního průzkumu. O to důležitější bude ověřit v tomto místě hloubku skalního podloží.**

Během provádění prací jsou navrženy zatěžovací zkoušky na systémových hřebících. Zkouška by měla prokázat uspokojivé chování hřebíku při navrženém zatížení. Navržené maximální zkušební zatížení  $P_p = 120 \text{ kN}$  na 1 m délky hřebíku (např. 7 m hřebík má  $P_p = 840 \text{ kN}$ ). Četnost zkoušených hřebíků je 3 % z celkového počtu hřebíků, minimálně však 5 zkoušek. Pokud možno zkoušky by měly být rovnoměrně rozmístěny po celé konstrukci. Podrobněji viz [10].

**Vzhledem k dodaným podkladům geofyzikálního průzkumu, jsou v příčných řezech vyznačeny diskontinuity horninového prostředí. Hřebíky jsou navrženy v délkách, tak aby dokázaly zabránit rozvoji smykové plochy po těchto diskontinuitách. Proto není přípustné zkrácení projektovaných hřebíků.**

Zpracovala: Ing. Andrea Bortl

## **7 PŘÍLOHY**

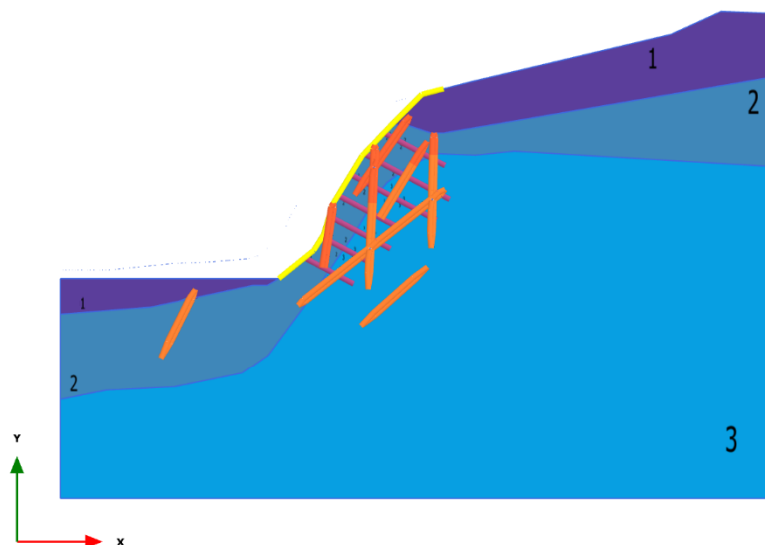
**Příloha 1 Plaxis report – řez B-B‘**

**Příloha 2 Plaxis report – řez 5-5‘**





### 7.1 Plaxis report – řez B-B'

#### 7.1.1 Materiály




**Materials plot**

*Tabulka materiálů – Embedded beams*


Identification number		1	2
Identification		závit tyč 31,3/20 mm a1,5m	Ubytek_závit tyč 31,3/20 mm a1,5m
Material type		Elastic	Elastic
Colour			
Comments			
$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	0,000	0,000
L_spacing	m	1,500	1,500
Cross section type		Predefined	Predefined
Predefined cross section type		Solid circular beam	Solid circular beam
Diameter	m	0,05600	0,05600
A	m <sup>2</sup>	2,463E-3	2,463E-3
I	m <sup>4</sup>	0,4827E-6	0,4827E-6
E	kN/m <sup>2</sup>	39,31E6	12,70E6
Axial skin resistance		Linear	Linear
T_skin, start, max	kN/m	158,0	158,0
T_skin, end, max	kN/m	158,0	158,0
Lateral resistance		Unlimited	Unlimited
F_max	kN	0,000	0,000
Default values		True	True
Axial stiffness factor		0,2123	0,2123
Lateral stiffness factor		0,2123	0,2123
Base stiffness factor		2,123	2,123

*Tabulka materiálů – Geogrids*

## PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Identification number		1
Identification		Dvouzákrutová síť
Material type		Elastoplastic (N-ε)
Colour		
Isotropic		True
EA_1	kN/m	687,5
EA_2	kN/m	687,5
N_1-ε_1 diagram		2 rows
N_2-ε_2 diagram		2 rows



Tabulka materiálů Mohr-Coulomb

Identification number		1	2	3
Identification		(meta) diority R5-R4	(meta) diority R4-R3	(meta) diority R3-R2
Soil model		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour				
$\gamma_{\text{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	26,50	26,50	26,50
$\gamma_{\text{sat}}$	kN/m <sup>3</sup>	26,60	26,60	26,60
$E'_{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	5,000E6	10,00E6	20,00E6
$\nu$ (nu)		0,3500	0,3000	0,2500
$G_{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	1,852E6	3,846E6	8,000E6
$E_{\text{oed}}$	kN/m <sup>2</sup>	8,025E6	13,46E6	24,00E6
$E'_{\text{inc}}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0,000	0,000	0,000
$y_{\text{ref}}$	m	0,000	0,000	0,000
$V_{\text{s}}$	m/s	828,0	1193	1721
$V_{\text{p}}$	m/s	1724	2232	2981
$c'_{\text{ref}}$	kN/m <sup>2</sup>	18,00	35,00	50,00
$\phi'$ (phi)	°	25,00	30,00	35,00
$\psi$ (psi)	°	0,000	0,000	5,000
Tension cut-off		True	True	True
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0,000	0,000	0,000
Determination		v-undrained definition	v-undrained definition	v-undrained definition
$v_{\text{u}}$ definition method		Direct	Direct	Direct
$v_{\text{u, equivalent}}$ (nu)		0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B		0,9699	0,9783	0,9833
$K_{\text{w, ref/n}}$	kN/m <sup>2</sup>	179,0E6	375,0E6	784,0E6

## PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Classification type		Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)		Coarse	Coarse	Coarse
< 2 µm	%	10,00	10,00	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00	13,00	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00
Use defaults		False	False	False
k <sub>x</sub>	m/day	0,5000	0,5000	0,5000
k <sub>y</sub>	m/day	0,5000	0,5000	0,5000
Void ratio dependency		False	False	False
c <sub>k</sub>		1000E12	1000E12	1000E12
n <sub>init</sub>		0,3333	0,3333	0,3333
f <sub>Tv</sub>		0,000	0,000	0,000
Stiffness determination		Derived	Derived	Derived
Strength determination		Rigid	Manual with residual strength	Manual with residual strength
R <sub>inter</sub>		1,000	1,000	1,000
R <sub>inter,residual</sub>		1,000	0,7500	0,7500
Consider gap closure		True	True	True
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable
K <sub>0</sub> determination		Automatic	Automatic	Automatic
K <sub>0,x</sub>		0,5774	0,5000	0,4264
K <sub>0,z</sub>		0,5774	0,5000	0,4264

Tabulka materiálů Discontinuities

Identification number		1	2
Identification		Diskontinuita_R4-R5	Diskontinuita_R3-R2
Material model		Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Drainage type		Drained	Drained
Colour			
Normal stiffness, k <sub>n</sub>	kN/m <sup>3</sup>	150,0E3	180,0E3
Shear stiffness, k <sub>s</sub>	kN/m <sup>3</sup>	5000	7000
Strength method		Peak	Peak
Cohesion, c'	kN/m <sup>2</sup>	1,000	1,000
Friction angle, φ' (phi)	°	28,00	28,00

## PŘÍLOHOVÁ ČÁST

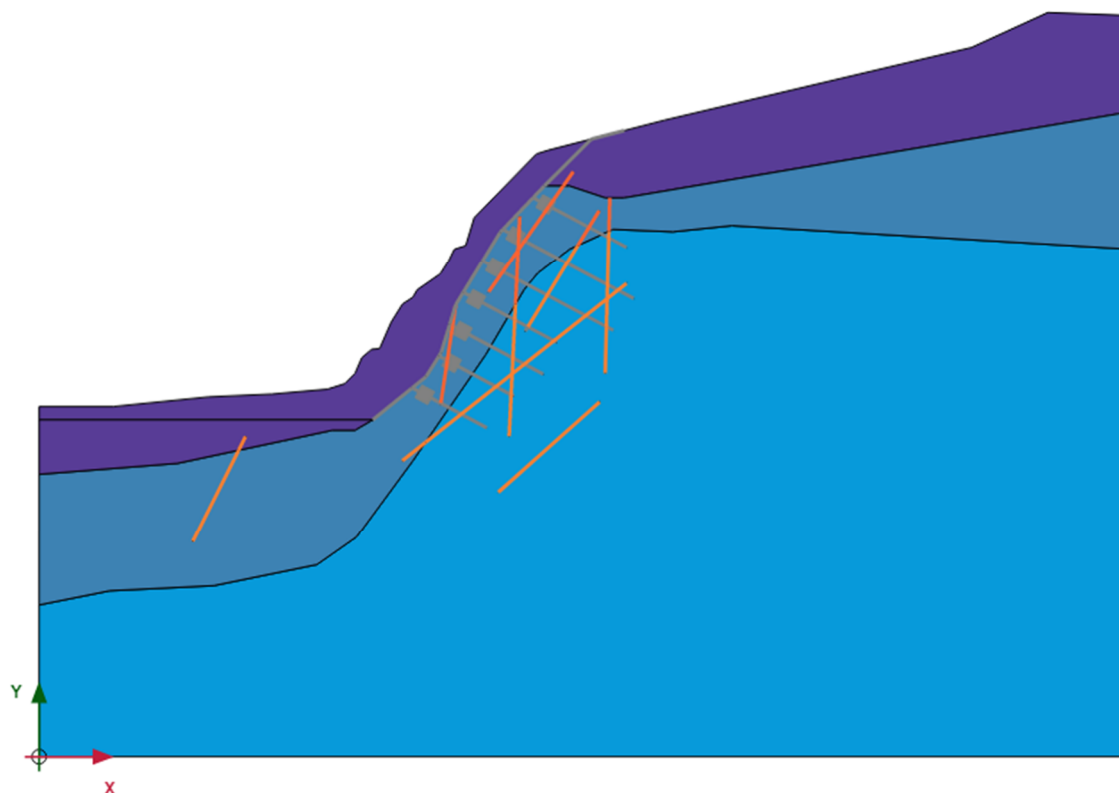
Dilatancy angle, $\psi$ (psi)	°	0,000	0,000
Consider gap closure		True	True

### 7.1.2 Nastavení výpočtu

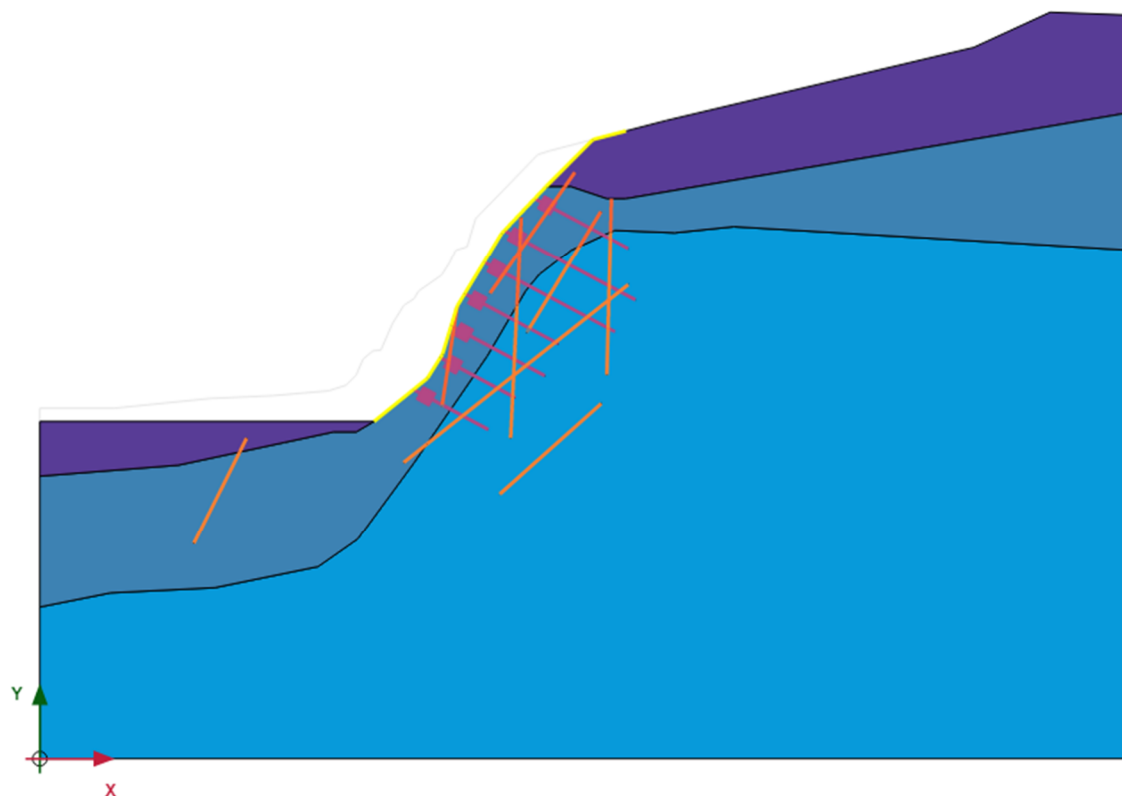
Identification ▲	Phase ▲	Start from ▲	Calculation type ▲	Loading input ▲	Pore pressure ▲
Initial phase [InitialPhase]	0	N/A	Gravity loading	N/A	Phreatic
SF initial [Phase <sub>1</sub> ]	1	0	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase
odtěžení/zajištění 1 [Phase <sub>2</sub> ]	2	0	Plastic	Staged construction	Phreatic
SF [Phase <sub>3</sub> ]	3	2	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase
na konci životnosti [Phase <sub>4</sub> ]	4	2	Plastic	Staged construction	Phreatic
SF na konci životnosti [Phase <sub>5</sub> ]	5	4	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase

Tab. Nastavení výpočtu

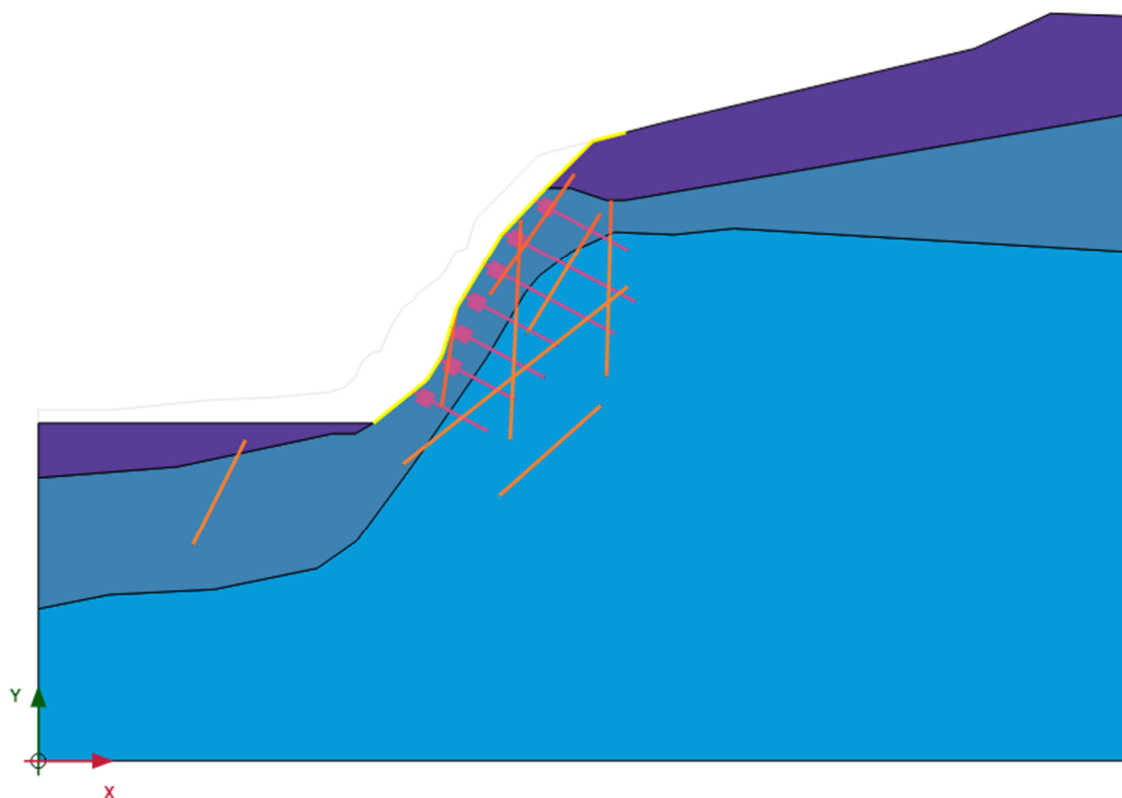
### 7.1.3 Fáze výpočtu



*Initial Phase = Stabilita současného stavu (pozn. šedě zbarvené prvky nejsou v dané fázi aktivní)*

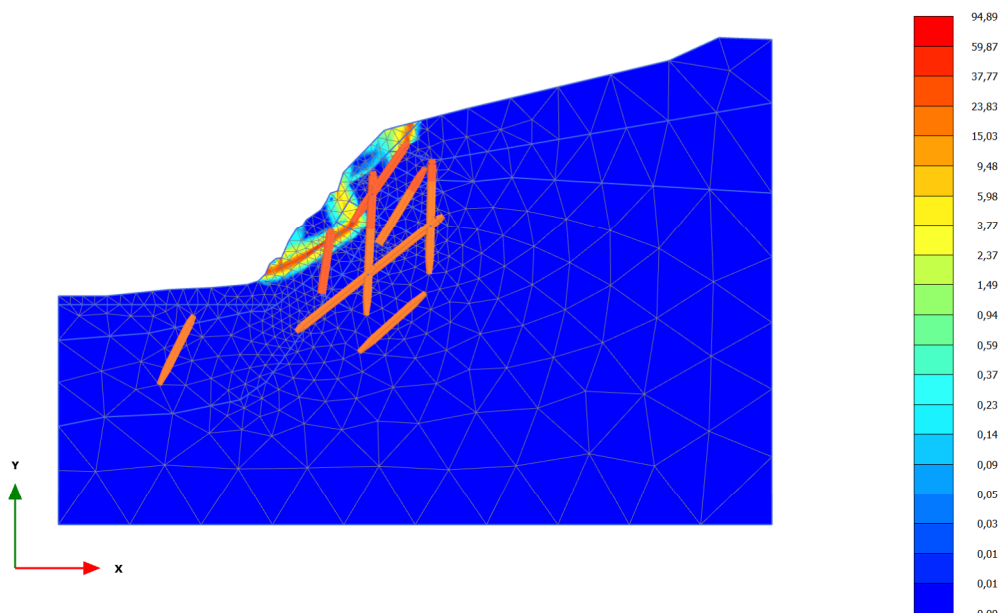


*Aktivace zajištění zemními hřebíky + sítí = Finální stabilita*



*Stabilita na konci životnosti (jiný materiál zemních hřebíků)*

### 7.1.4 Total deviatoric strains

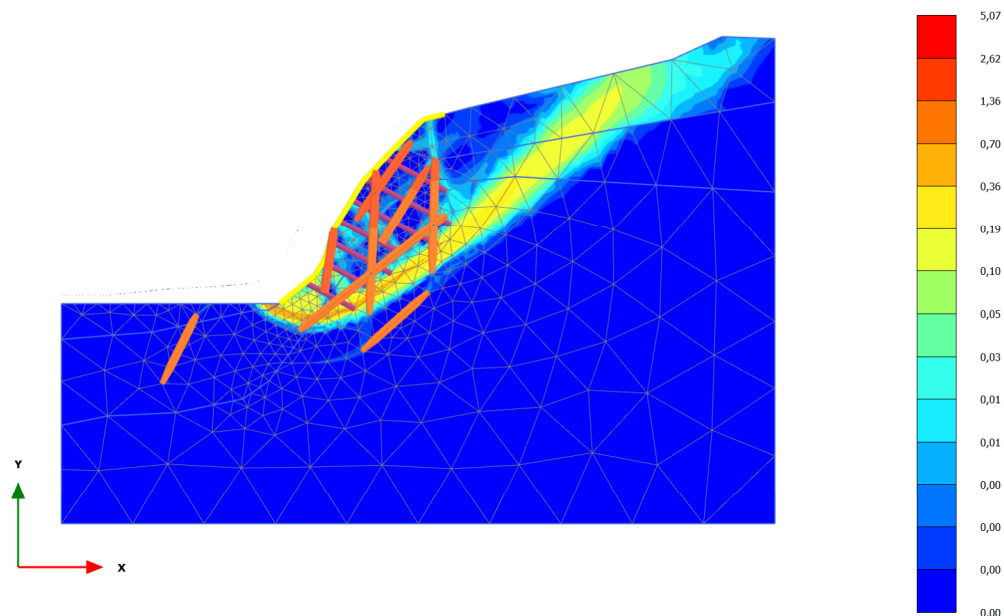


**Total deviatoric strain  $\gamma_s$  (scaled up 0,0200 times)**

Maximum value = 94,89 (Element 272 at Node 6430)

Minimum value =  $1,790 \cdot 10^{-9}$  (Element 66 at Node 5560)

*Stabilita současného upraveného svahu*

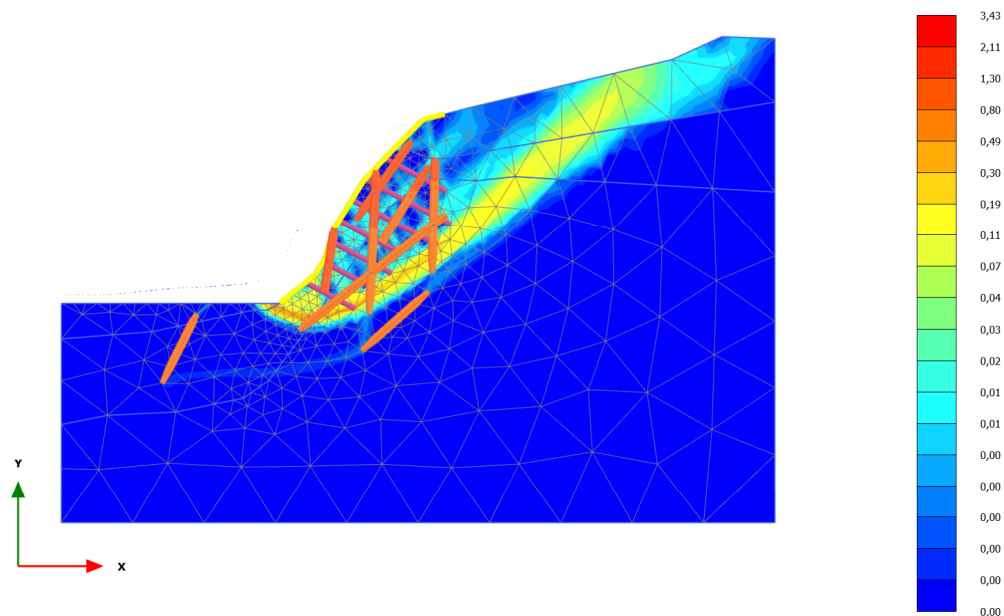


**Total deviatoric strain  $\gamma_s$  (scaled up 0,500 times)**

Maximum value = 5,067 (Element 267 at Node 8212)

Minimum value =  $0,2297 \cdot 10^{-6}$  (Element 826 at Node 512)

*Finální stabilita*



**Total deviatoric strain  $\gamma_s$  (scaled up 0,500 times)**

Maximum value = 3,427 (Element 267 at Node 8212)

Minimum value =  $0,2275 \cdot 10^{-6}$  (Element 826 at Node 512)

*Stabilita na konci životnosti konstrukce*

### 7.2 Plaxis report – řez 5-5'

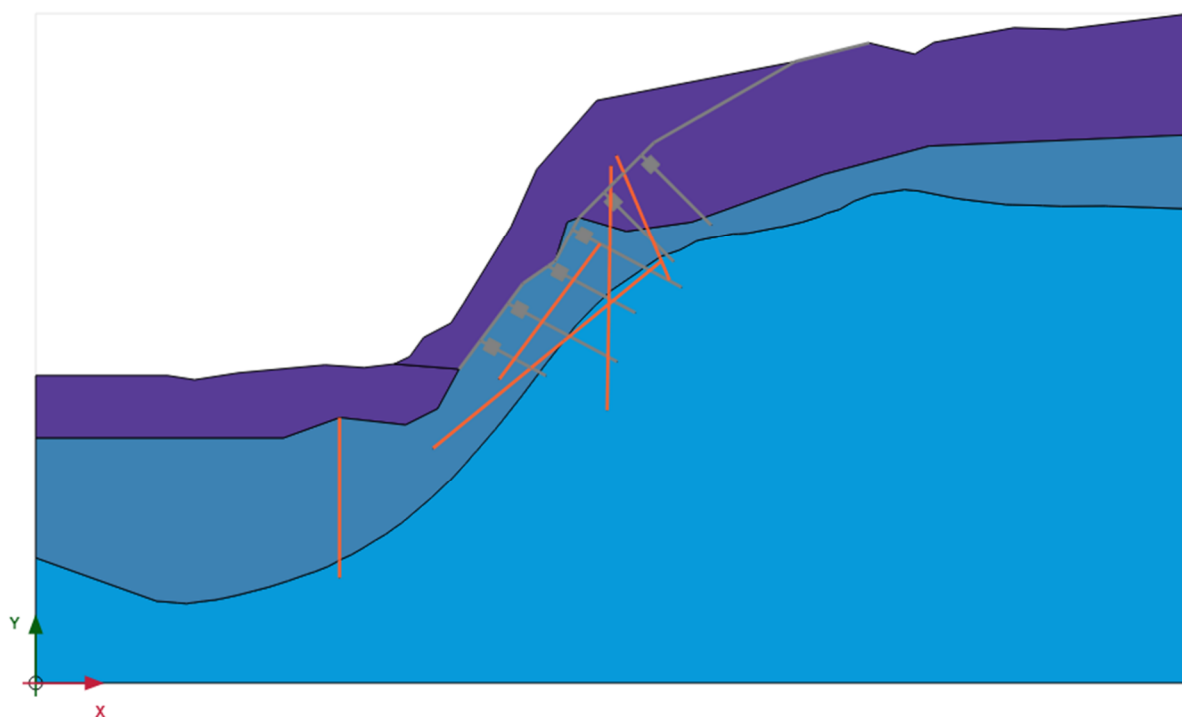
#### 7.2.1 Materiály – stejné jako pro řez B-B' (viz kapitola 7.1.1 Materiály)

#### 7.2.2 Nastavení výpočtu

Identification ▲	Phase ▲	Start from ▲	Calculation type ▲	Loading input ▲	Pore pressure ▲
Initial phase [InitialPhase]	0	N/A	Gravity loading	N/A	Phreatic
SF initial [Phase <sub>1</sub> ]	1	0	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase
odtěžení/zajištění 1 [Phase <sub>2</sub> ]	2	0	Plastic	Staged construction	Phreatic
SF [Phase <sub>3</sub> ]	3	2	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase
na konci životnosti [Phase <sub>4</sub> ]	4	2	Plastic	Staged construction	Phreatic
SF na konci životnosti [Phase <sub>5</sub> ]	5	4	Safety	Incremental multipliers	Use pressures from previous phase

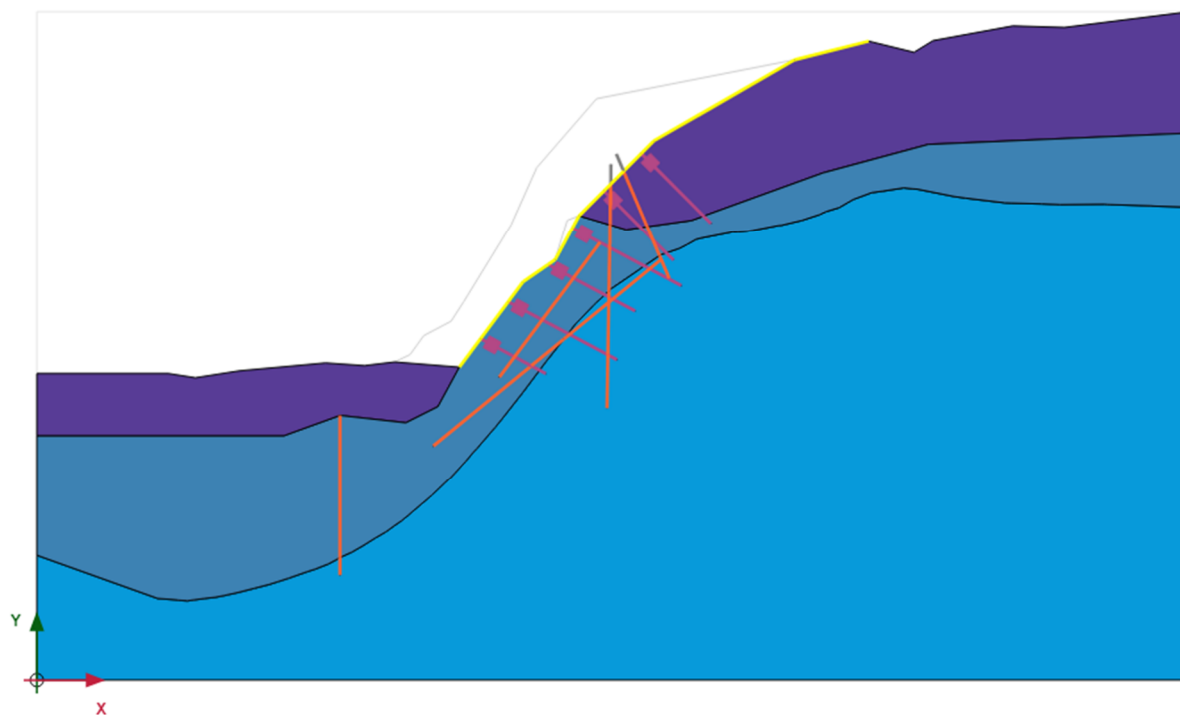
Tab. Nastavení výpočtu

#### 7.2.3 Fáze výpočtu

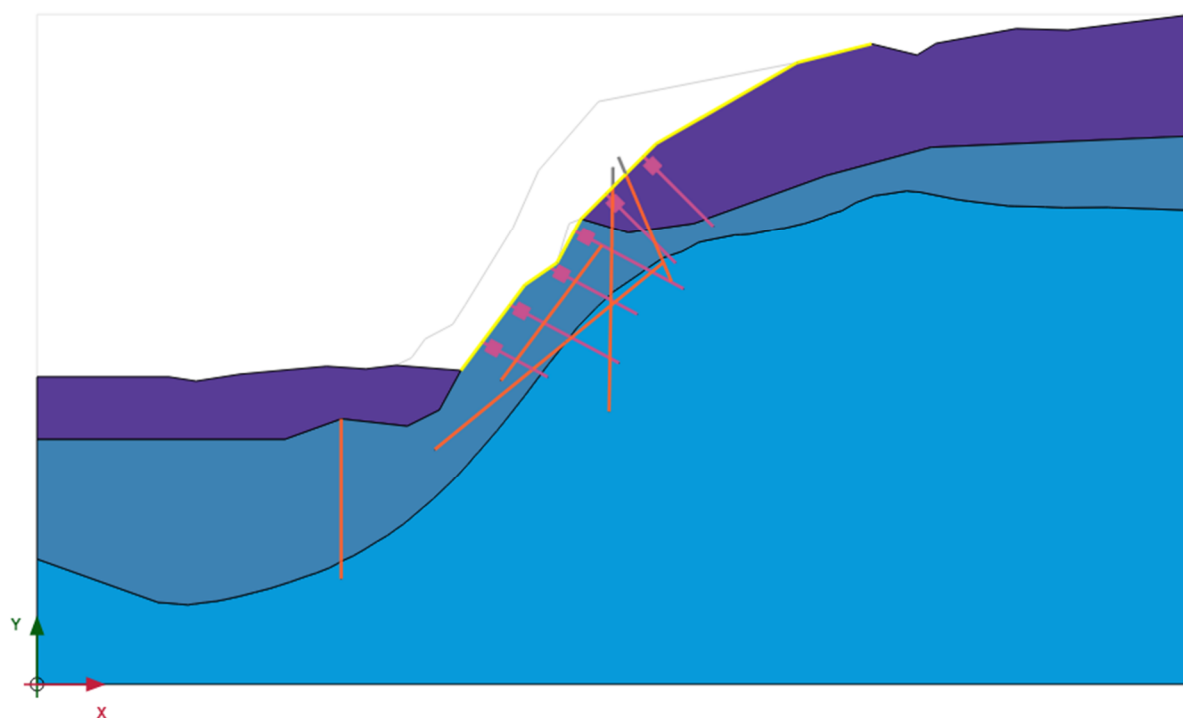


Initial Phase = Stabilita současného stavu (pozn. šedě zbarvené prvky nejsou v dané fázi aktivní)



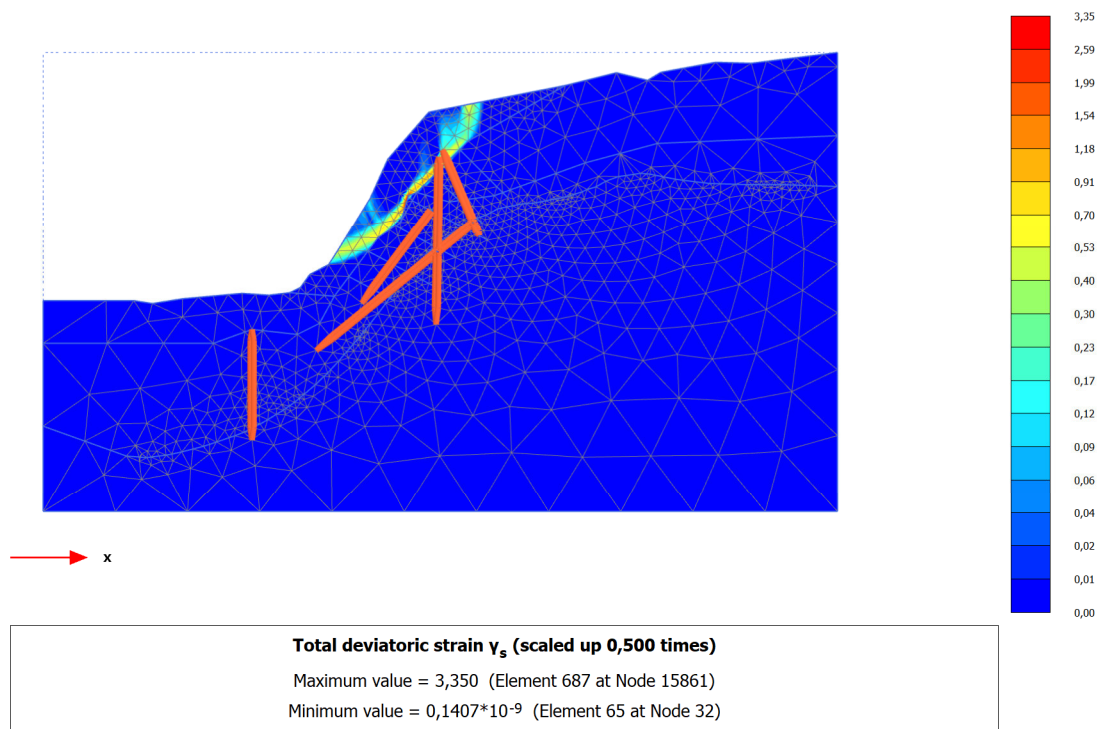


*Aktivace zajištění zemními hřebíky + síť = Finální stabilita*

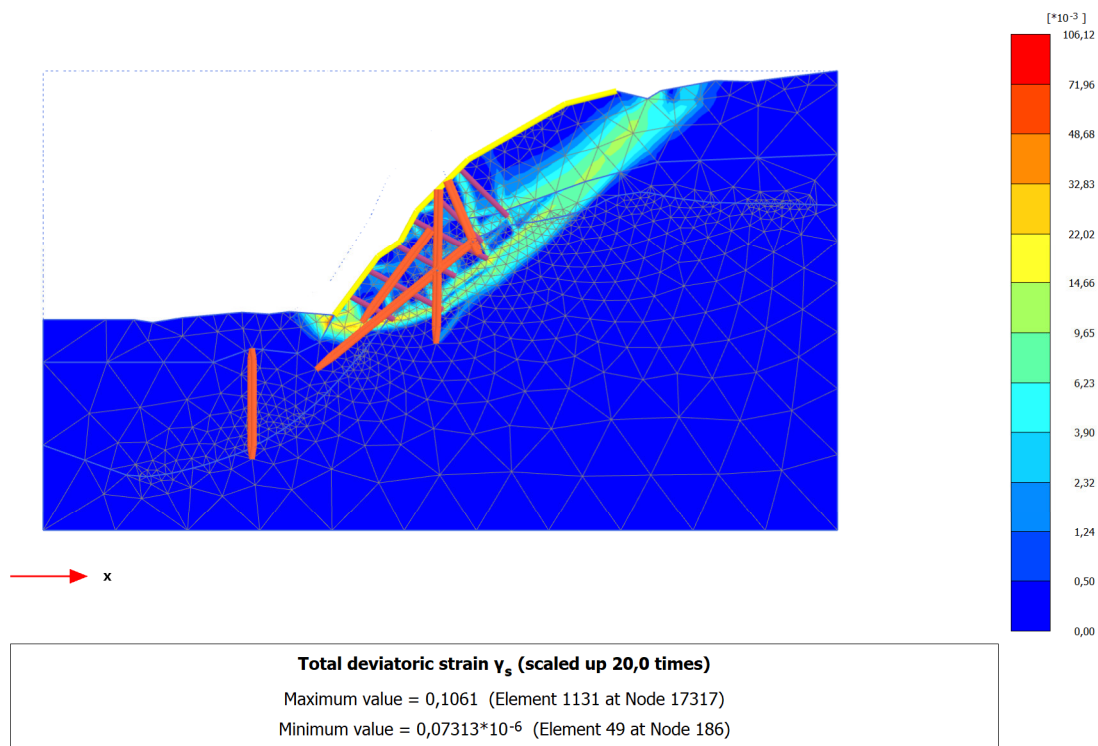


*Stabilita na konci životnosti (jiný materiál zemních hřebíků)*

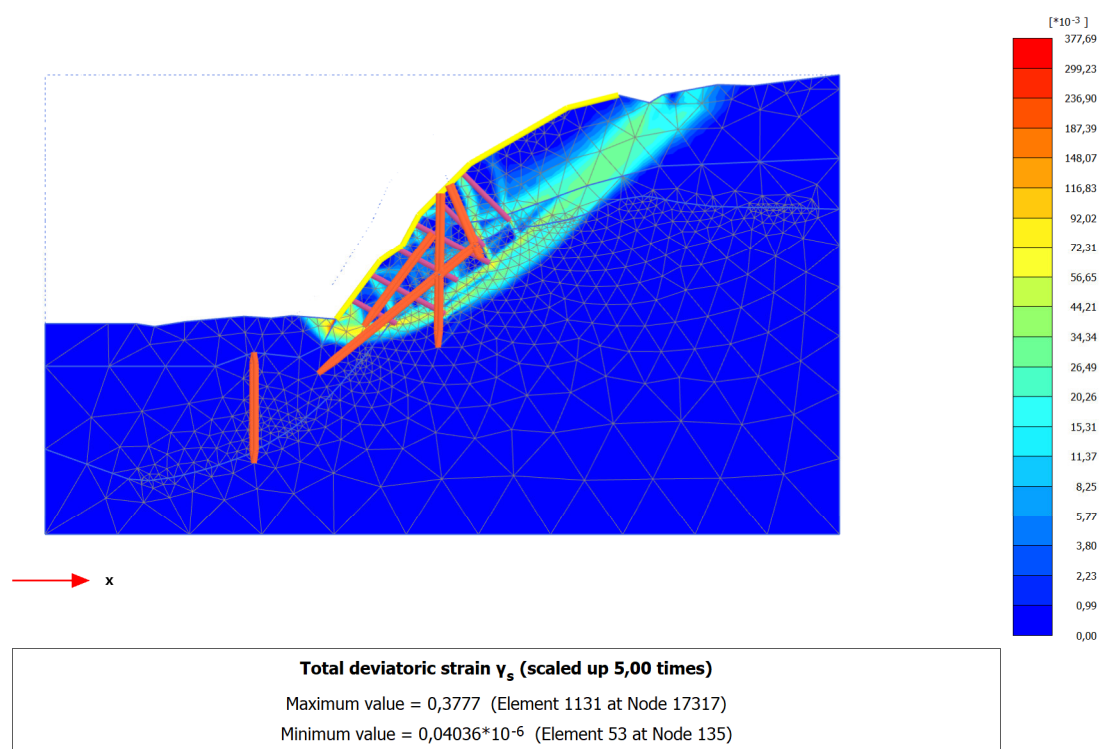
### 7.2.4 Total deviatoric strains



*Stabilita současného upraveného svahu*



*Finální stabilita*



*Stabilita na konci životnosti*