

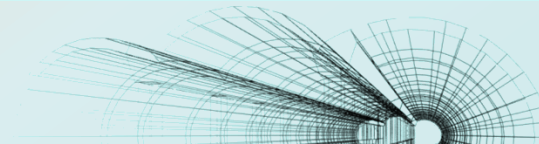


Výsledky výpočtů a skutečnost

Tunely prodloužení trasy metra A

Ing. Martina Urbánková

METROPROJEKT Praha a.s.



Prodloužení trasy A pražského metra



Začátek výstavby v roce 2010

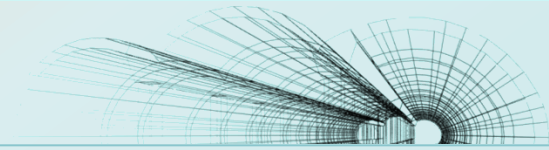
Ukončení výstavby se předpokládá v roce 2014

Objednatel:
Zástupce objednatele:
Zhotovitel:
Projektant/Autorský dozor:
Budoucí provozovatel stavby:

Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s.
Inženýring dopravních staveb a.s.
Sdružení metro V.A (Dejvická – Motol) Metrostav a.s., HOCHTIEF CZ a.s.
METROPROJEKT Praha a.s.
Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s.

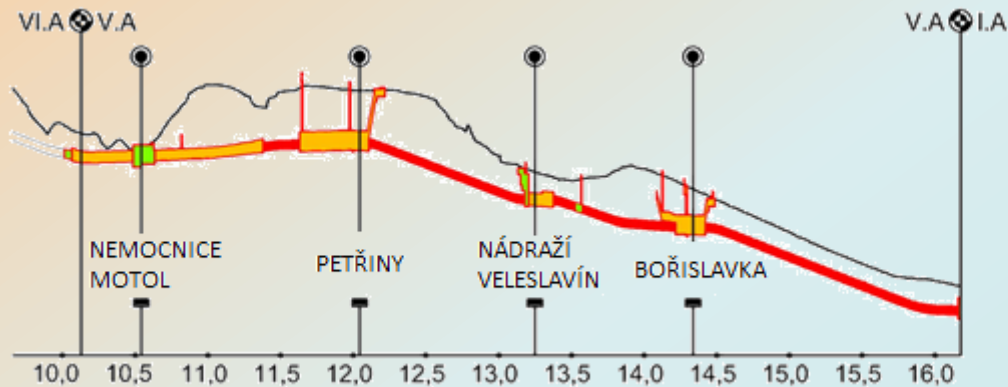
Celková délka úseku
Tři stanice NRTM
Jedna hloubená stanice
Traťové tunely

6134m
Bořislavka, Náměstí Veveřská, Petřiny
Nemocnice Motol
Převážná část traťových tunelů je ražena pomocí moderních tunelovacích strojů TBM jako dvojice jednokolejných tunelů s propojkami



Technologie výstavby

Stavební délka provozního úseku V.A 6 134 m



█ RAŽBA TBM
█ RAŽBA NRTM
█ HLOUBENÉ

➔ $4,06 + 4,04 = 8,10$ km
 jednokolejný traťový tunel

➔ 1.15 km
 dvoukolejný traťový tunel

➔ 3 stanice

➔ 1 stanice

➔ stavební jámy pro zahájení
 a obsluhu ražeb

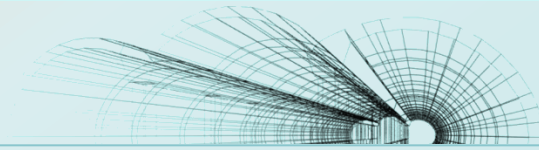
Převážná část traťových tunelů je ražena pomocí moderních tunelovacích strojů TBM jako dvojice jednokolejných tunelů s propojkami

- relativně velká celková délka nového úseku
- snaha o minimalizaci poklesů terénu nad raženými tunely (hustá zástavba, komunikace, sítě)
- vysoká rychlost výstavby, která úzce souvisí s konečnou cenou stavby

Ražba pomocí NRTM je navržena pouze v úsecích kolem stanice Nemocnice Motol, která má boční nástupiště a traťové tunely zde budou realizovány jako dvoukolejné.

Návrhové parametry trasy :

- maximální spád 39,5 ‰
- minimální poloměr směrového oblouku traťových kolejí 500 m
- minimální poloměr zakružovacího oblouku traťových kolejí 1800 m



Geologické a hydrogeologické podmínky



Předkvartérní podklad:

Paleozoikum – Ordovik – souvrství Šárecké, Dobrotivské, Libeňské, Letenské, Vinické, Zahořanské, Bohdalecké, Královské a Kosovské
(převážně jílovité břidlice; křemence, pískovce, prachovce, písčité a prachovité břidlice, droby)

Paleozoikum – Silur – souvrství Liteňské
(jílovité a vápnité břidlice)

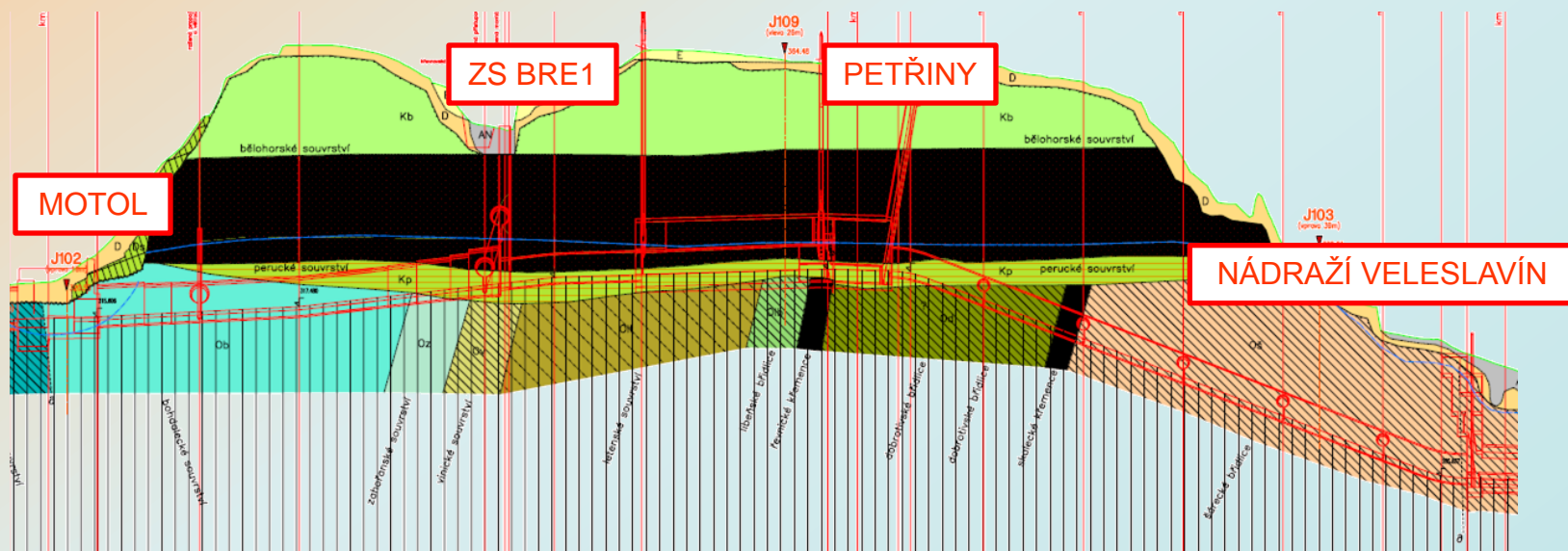
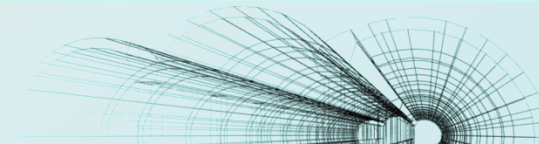
Omezená puklinová místy průlinová propustnost s velmi nízkou vydatností podzemních vod

Mesozoikum - svrchní křída – souvrství Perucké, Korycanské a Bělohorské
(pískovce, prachovce, slínovce, jílovce a slepence)

Oddělené zvodně jednotlivých souvrství, puklinová až průlino-puklinová propustnost

Kvartérní sedimenty:
(eolické, eolicko-deluviální, deluviální, fluviální, deluviofluviální a antropogenní)

Zvodnění vázáno hlavně na údolní fluviální sedimenty (HPV komunikuje s okolními vodotečemi)

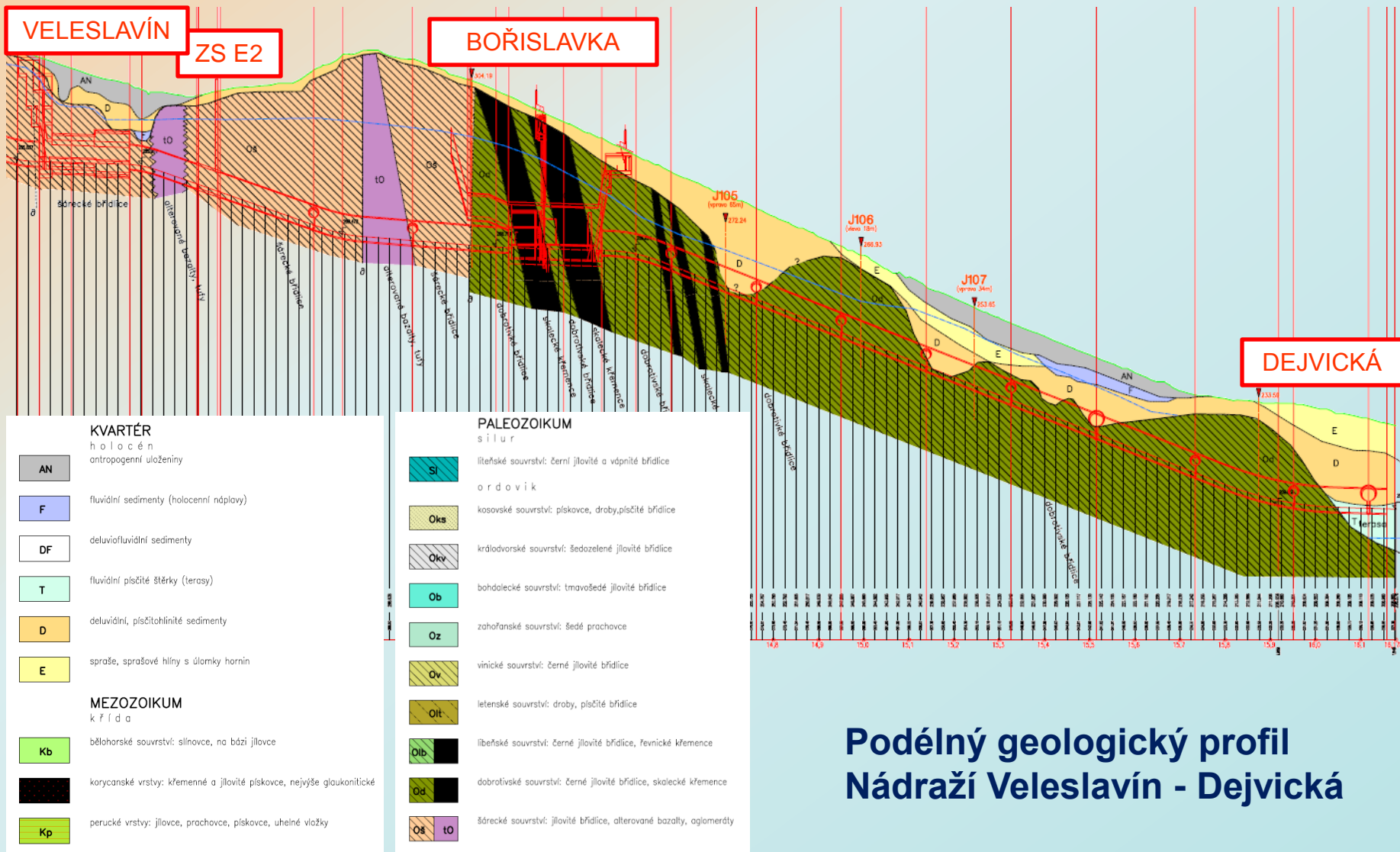
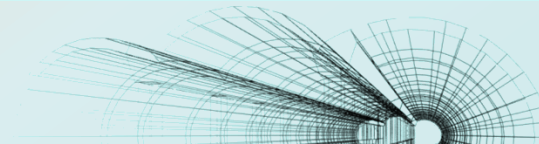


KVARTÉR	
AN	holocén antropogenní uloženiny
F	fluvijní sedimenty (holocenní náplavy)
DF	deluviofluvijní sedimenty
T	fluvijní písčité štěrky (terasy)
D	deluvijní, písčitolhinité sedimenty
E	spraše, sprašové hlíny s úlomky hornin
MEZOZOIKUM	
Kb	bělohorské souvrství: slonovce, na bázi jílovců
	korycanské vrstvy: křemenné a jílovité pískovce, nejvýše glaukonitické
Kp	perucké vrstvy: jílovců, prachovců, pískovců, uhelné vložky

PALEOZOIKUM	
Sl	silur lítefské souvrství: černé jílovité a vápňité břidlice
Or	ordovik kosovské souvrství: pískovce, droby, písčité břidlice
Okv	královovské souvrství: šedozelené jílovité břidlice
Ob	bohdolecké souvrství: tmavošedé jílovité břidlice
Oz	zahořanské souvrství: šedé prachovce
Ov	vinické souvrství: černé jílovité břidlice
Oit	lětské souvrství: droby, písčité břidlice
Oib	líbeňské souvrství: černé jílovité břidlice, fevnické křemence
Od	dobrotvské souvrství: černé jílovité břidlice, skalecké křemence
Os	šárecké souvrství: jílovité břidlice, alterované bazalty, aglomeráty

Podélný geologický profil Motol – Nádraží Veleslavín





VELESLAVÍN

ZS E2

BOŘISLAVKA

DEJVICKÁ

KVARTÉR

holocén

antropogenní úložení

- AN** antropogenní úložení
- F** fluvijní sedimenty (holocenní náplavy)
- DF** deluviofluvijní sedimenty
- T** fluvijní písčité štěrky (terasy)
- D** deluvijní, písčitolinité sedimenty
- E** spraše, sprašové hlíny s úlomky hornin

MEZOZOIKUM

křída

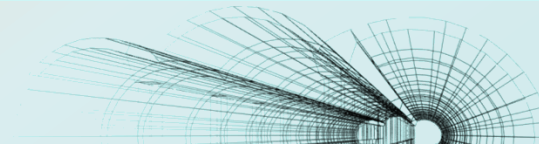
- Kb** bělohorské souvrství: slínovce, na bázi jílovce
- Kp** korycanské vrstvy: křemenná a jílovitá pískovce, nejvýše glaukonitické
- Kp** perucké vrstvy: jílovce, prachovce, pískovce, uhelné vložky

PALEOZOIKUM

silur

- S** líteňské souvrství: černí jílovité a vápnité břidlice
- ordovik**
- Oks** kosovské souvrství: pískovce, droby, písčité břidlice
- Okv** královčanské souvrství: šedozeleň jílovité břidlice
- Ob** bahdolecké souvrství: tmavošedé jílovité břidlice
- Oz** zahoňanské souvrství: šedé prachovce
- Ov** vinické souvrství: černé jílovité břidlice
- Olt** letenské souvrství: droby, písčité břidlice
- Olb** líbeňské souvrství: černé jílovité břidlice, fevnické křemence
- Od** dobrtovské souvrství: černé jílovité břidlice, skalecké křemence
- Oš to** šárecké souvrství: jílovité břidlice, alterované bazalty, aglomeráty

**Podélný geologický profil
Nádraží Veleslavín - Dejvická**



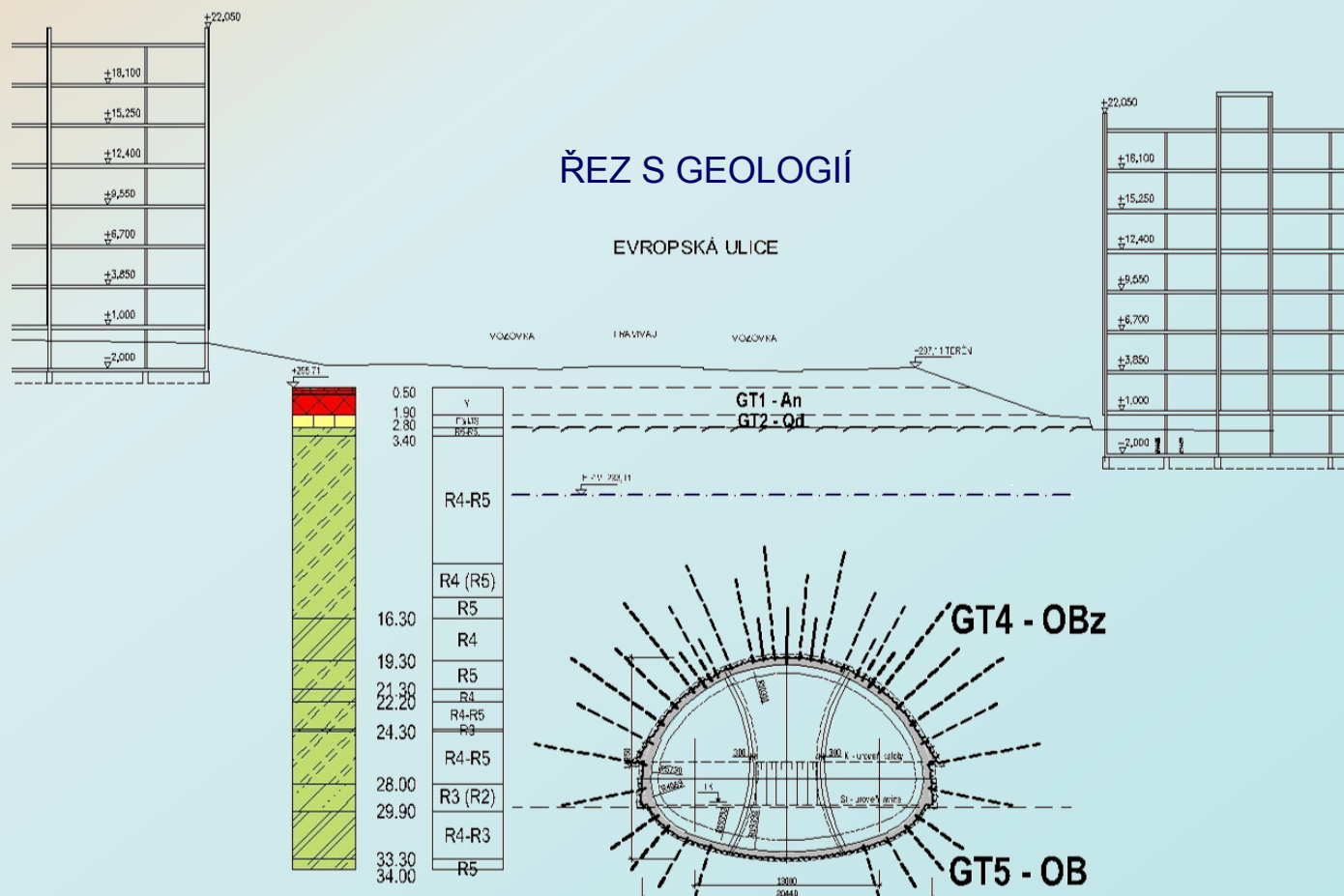
STANICE BOŘISLAVKA

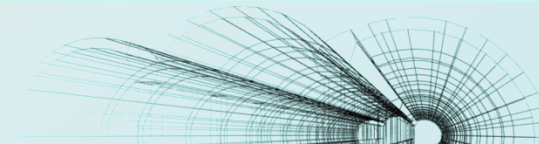
Stanice – Jednoduchá stanice o celkové ploše výrubu cca 257m²

Maximální výška 15m a šířka 21m.

Ražba stanice je prováděna pomocí tří dílčích výrubů a ty jsou dále členěny na kalotu, opěří (jádro) a dno.

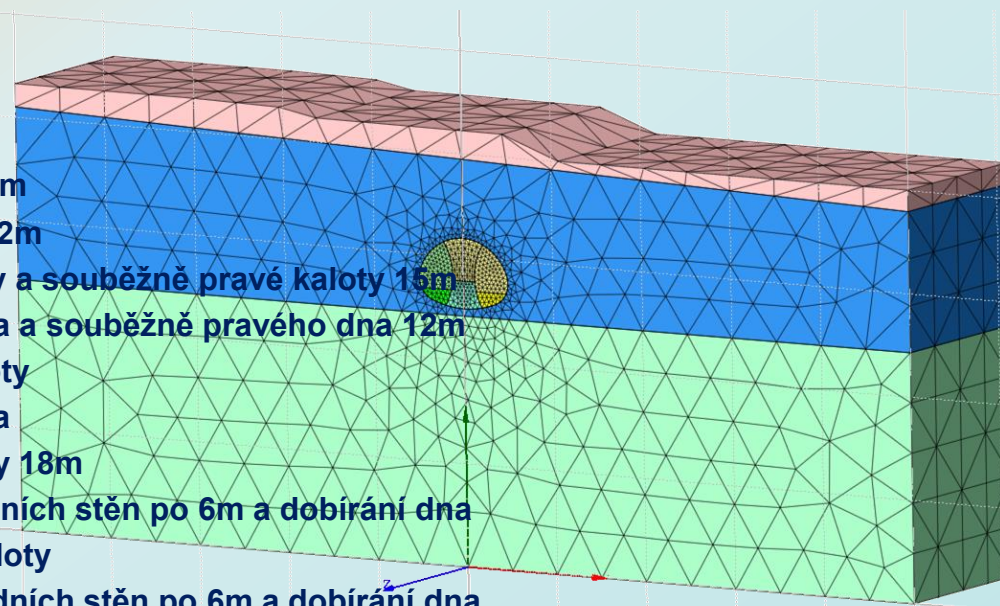
Modelem byl ověřován postup výstavby a odstup jednotlivých kroků ražeb





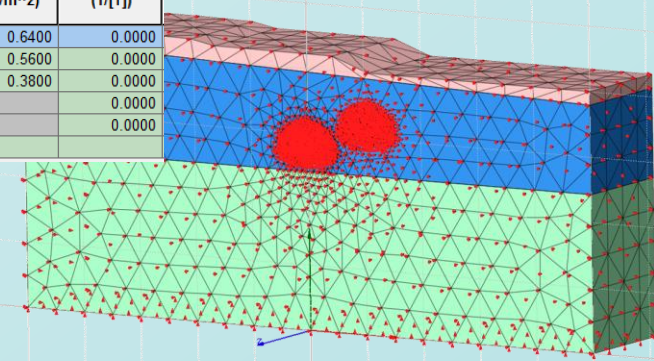
MODEL STANICE BOŘISLAVKA MIDAS GTS

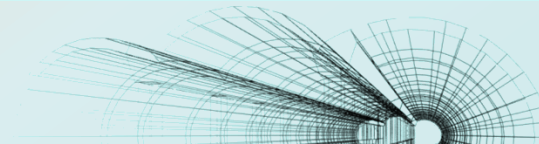
- Velikost modelu – 200 x 32 x 86m
- Počet 3D prvků – 96 756
- Počet 2D prvků – 7 584
- Počet fází výstavby - 116
- Postup výstavby
 - 1) Ražba levé kaloty 15m
 - 2) Ražba levého dna 12m
 - 3) Doražení levé kaloty a souběžně pravé kaloty 15m
 - 4) Doražení levého dna a souběžně pravého dna 12m
 - 5) Doražení pravé kaloty
 - 6) Doražení levého dna
 - 7) Ražba střední kaloty 18m
 - 8) Odbourání prostředních stěn po 6m a dobírání dna
 - 9) Doražení střední kaloty
 - 10) Odbourání prostředních stěn po 6m a dobírání dna



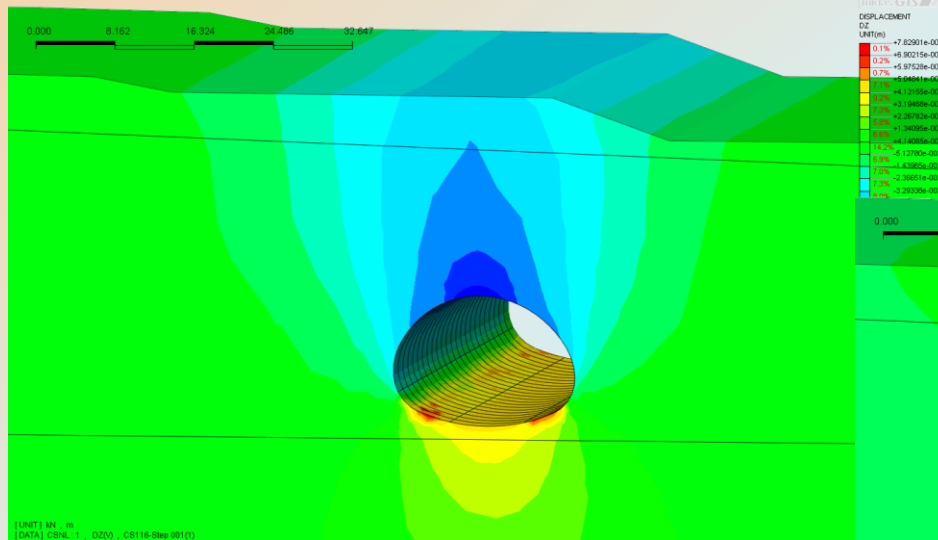
ID	Name	Material Type	Model Type	Modulus of Elasticity (kN/m ²)	Poisson's Ratio	Unit Weight (kN/m ³)	Unit Weight (Saturated) (kN/m ³)	Cohesion (kN/m ²)	Friction Angle (deg)	Initial Stress (K ₀) (kN/m ²)	Thermal Coef (1/[T])
1	N	Ground	Mohr Coulomb	24000.0000	0.3500	21.0000	22.0000	20.0000	21.0000	0.6400	0.0000
2	Bz	Ground	Mohr Coulomb	100000.0000	0.3000	24.0000	25.0000	35.0000	26.0000	0.5600	0.0000
3	B	Ground	Mohr Coulomb	300000.0000	0.2500	25.0000	26.0000	70.0000	38.0000	0.3800	0.0000
4	mlady beton	Structure	Elastic	14840000.000	0.2500	25.0000					0.0000
5	stary beton										0.0000

ID	Name	Attr Type	Element Type	Material	Property
1	Bz	Solid	Solid	2:Bz	0:
3	ml. beton 0.4	Plane	Plate	4:mlady beto	1:0.4
4	N	Solid	Solid	1:N	0:
5	B	Solid	Solid	3:B	0:
6	ml. beton 0.3	Plane	Plate	4:mlady beto	2:0.3
7	stl. beton 0.4	Plane	Plate	5:stary beton	1:0.4
8	stl. beton 0.3	Plane	Plate	5:stary beton	2:0.3

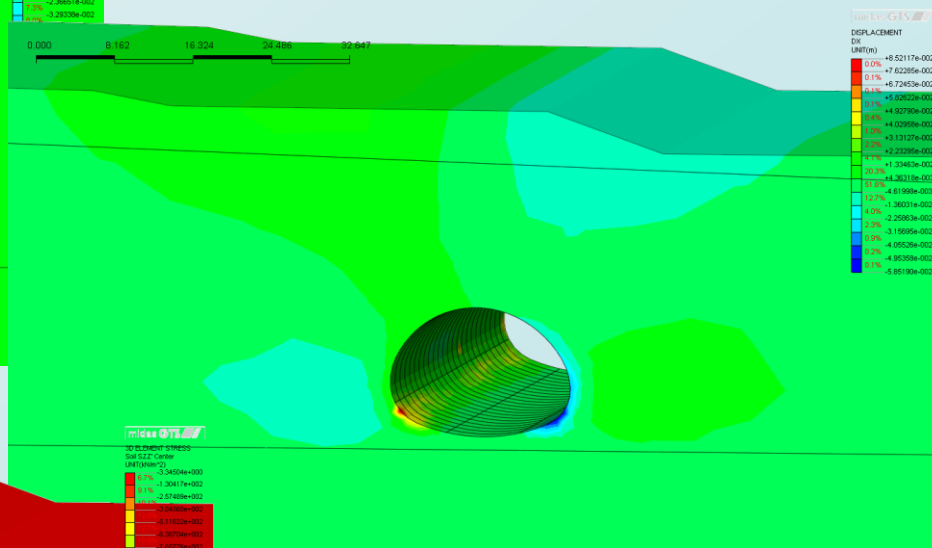




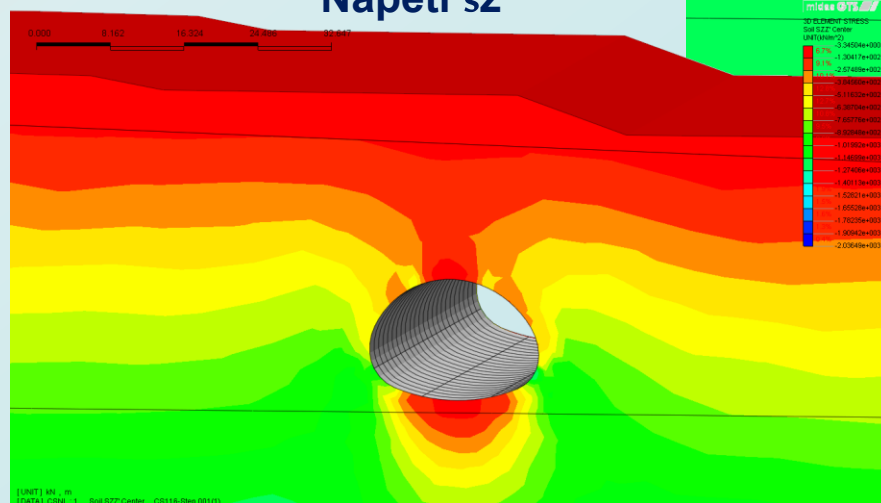
Deformace Dz

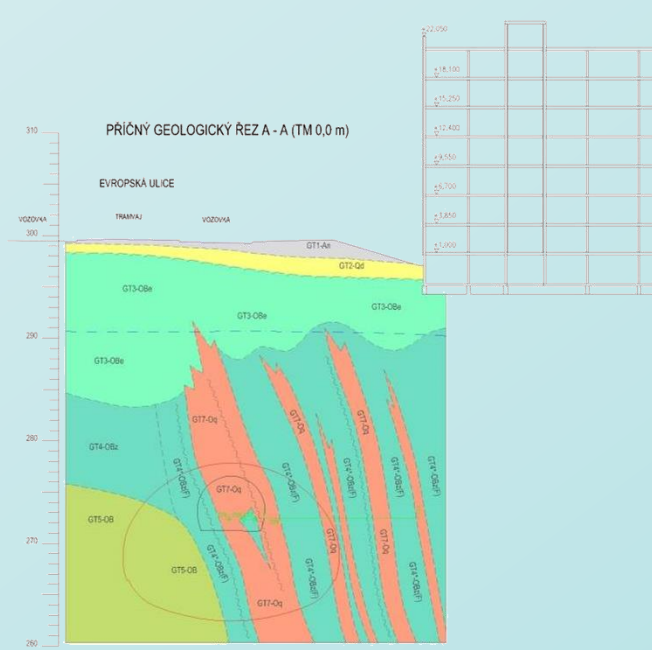
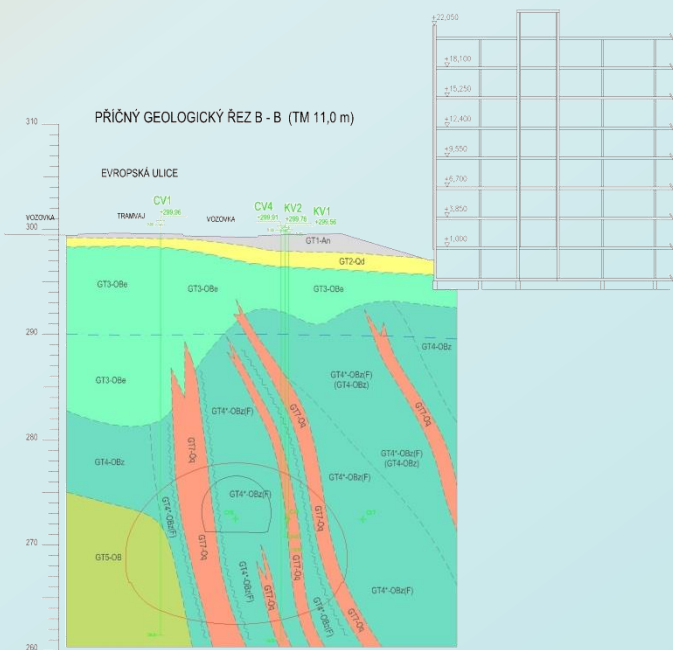
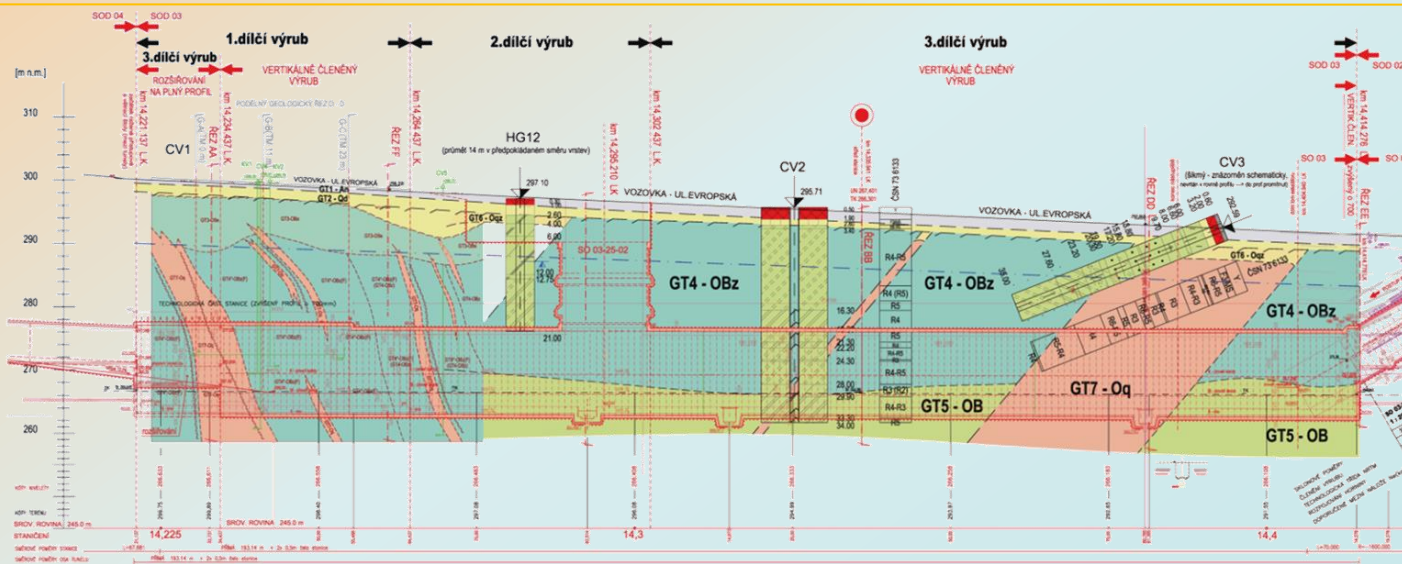
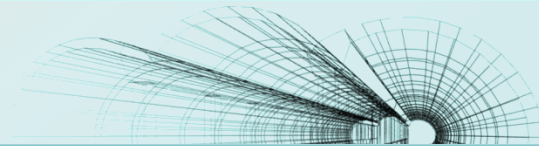


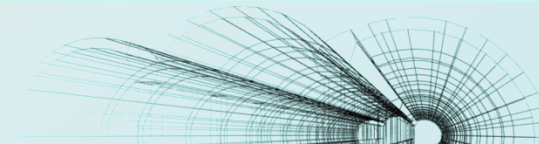
Deformace Dx



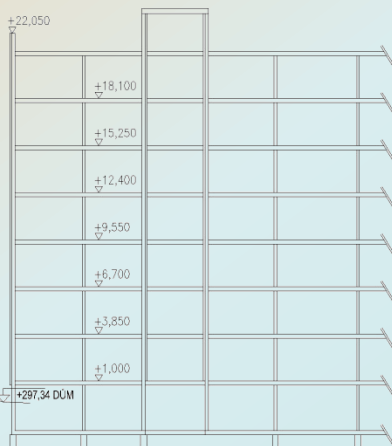
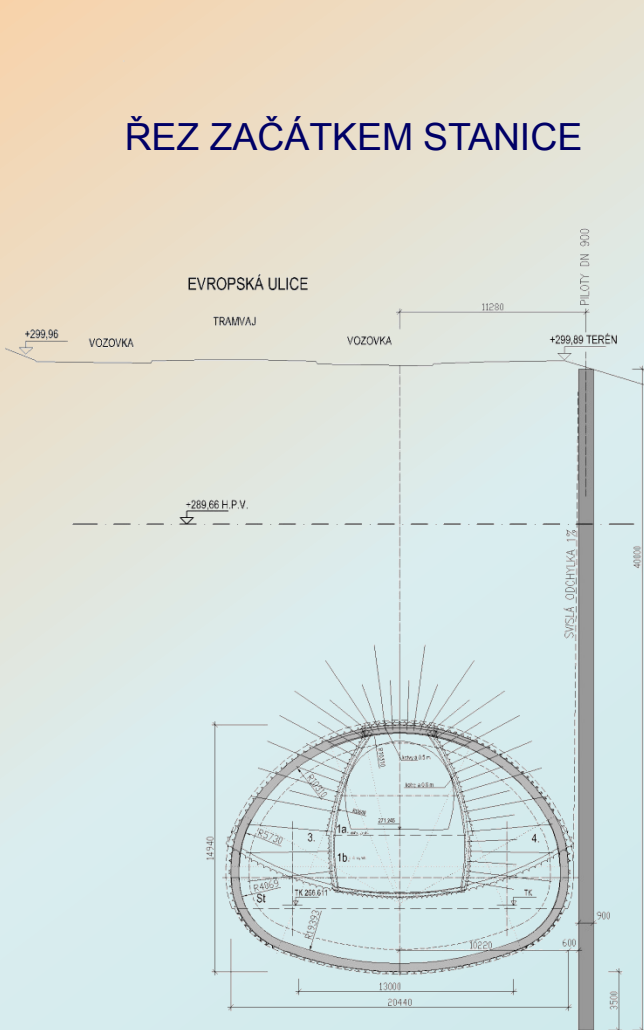
Napětí sz



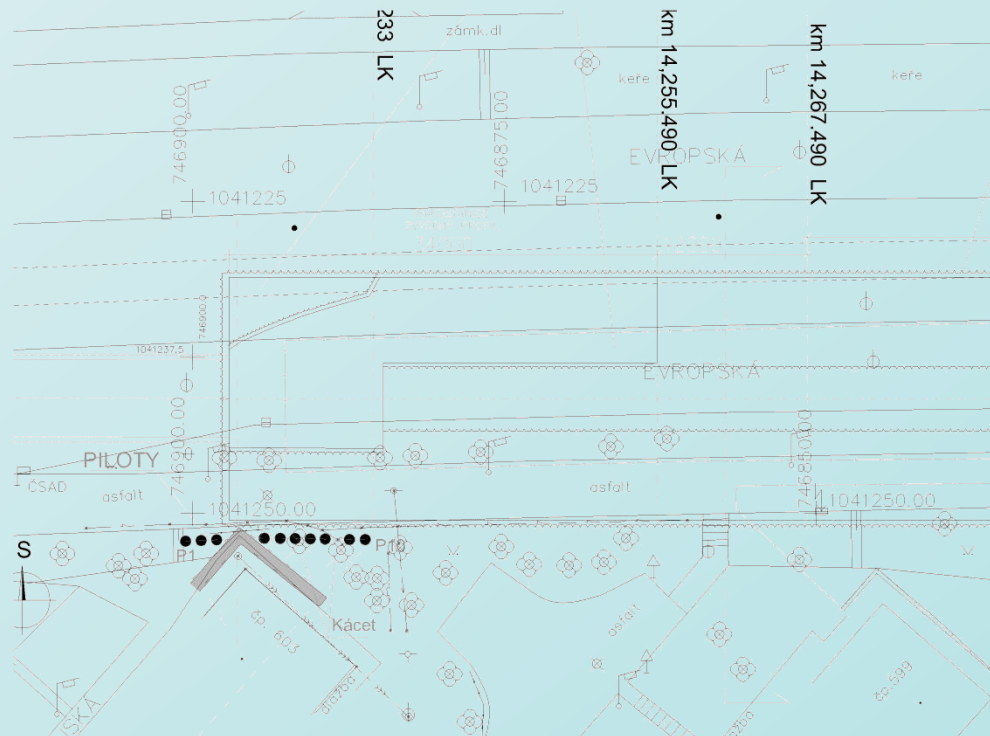


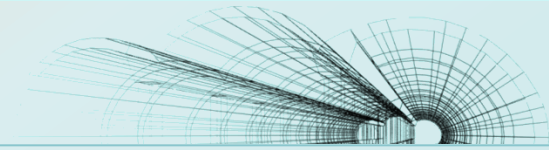


ŘEZ ZAČÁTKEM STANICE

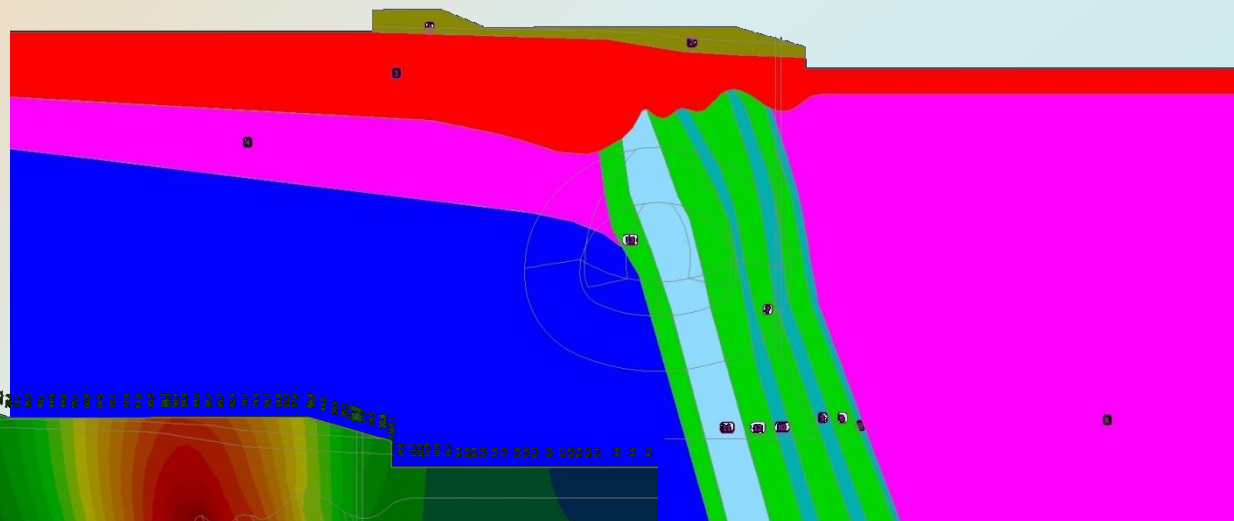


PŮDORYS

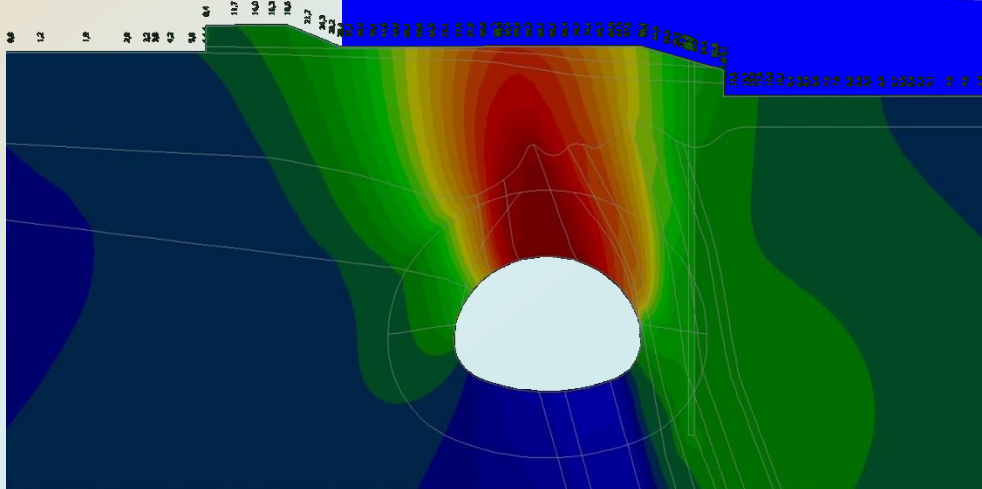




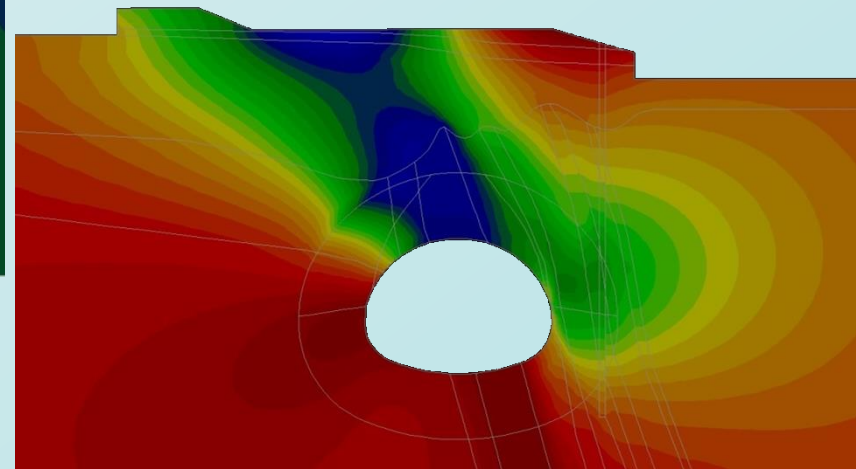
MODEL ŘEZU A-A GEO MKP

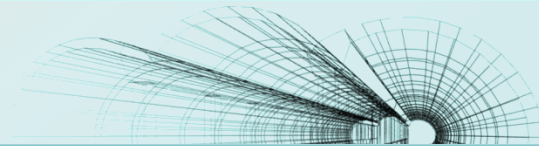


DEFORMACE Dz



DEFORMACE Dx

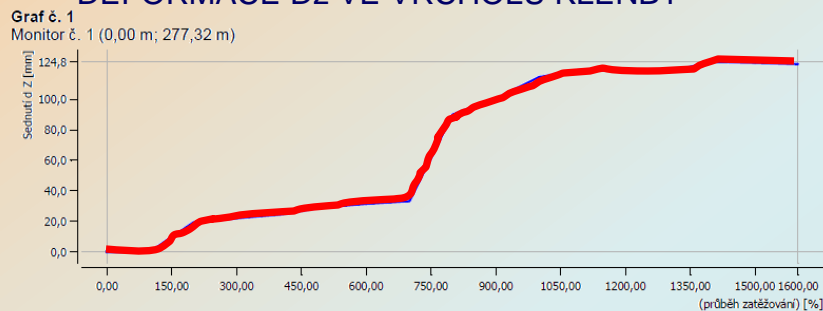




KONVERGENCE

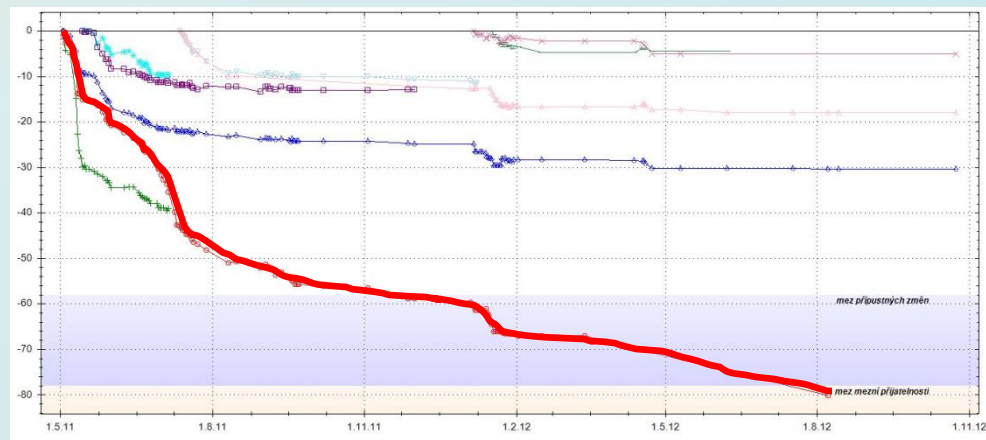
DEFORMACE VÝPOČTOVÉ

DEFORMACE Dz VE VRCHOLU KLENBY

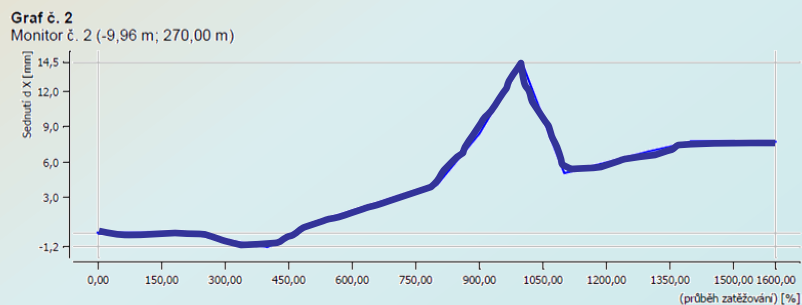


DEFORMACE NAMĚŘENÉ

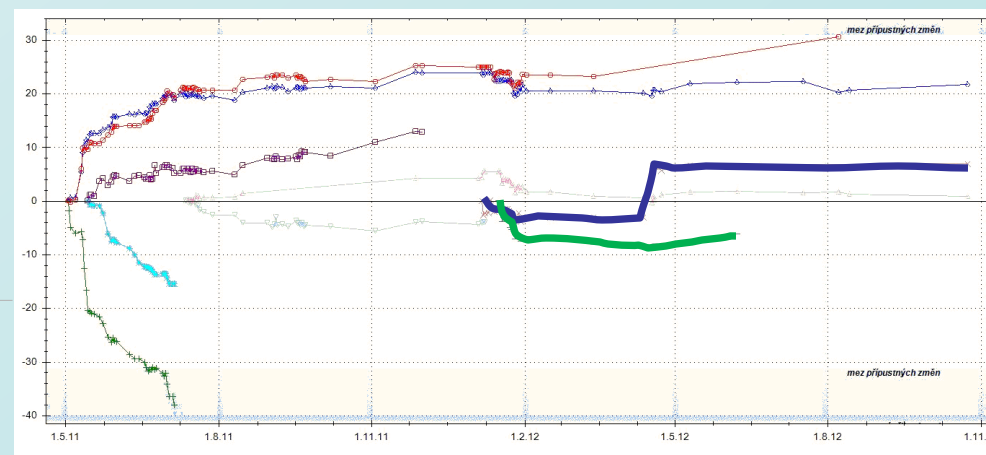
DEFORMACE Dz



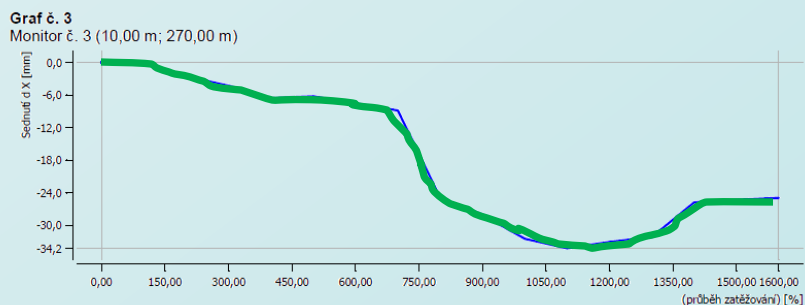
DEFORMACE Dx LEVÁ STRANA KLENBY

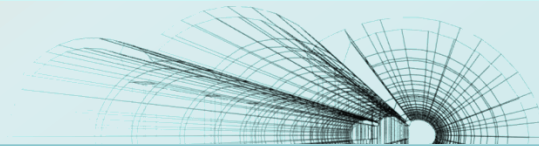


DEFORMACE Dx



DEFORMACE Dx PRAVÁ STRANA KLENBY

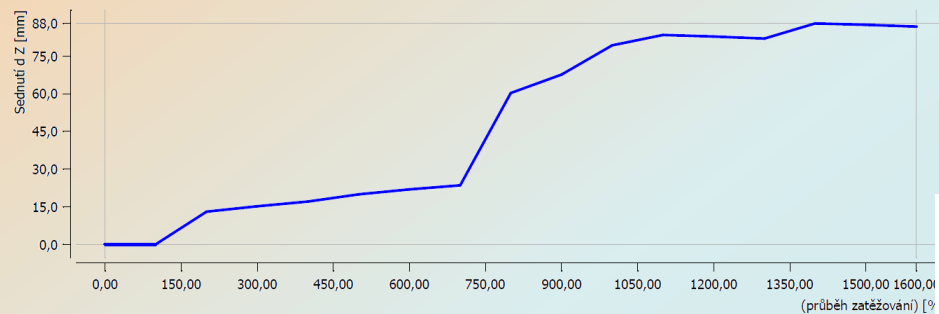




POKLESY NA TERÉNU

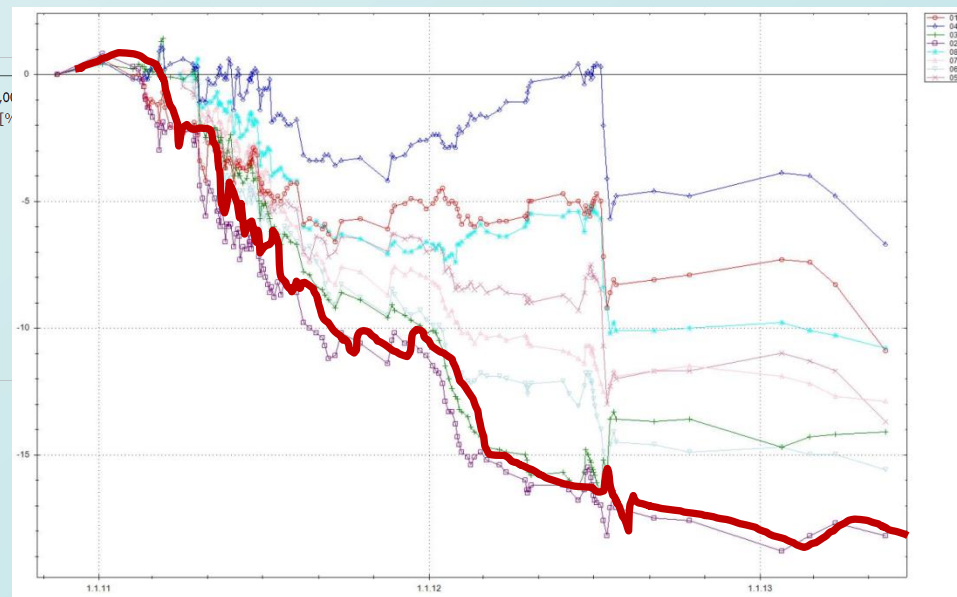
DEFORMACE VÝPOČTOVÉ

SEDÁNÍ NA TERÉNU NAD VRCHOLEM KLENY

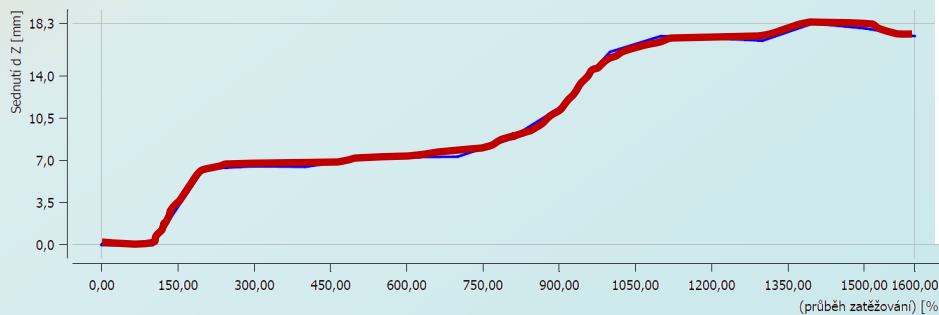


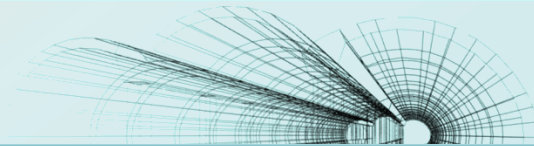
DEFORMACE NAMĚŘENÉ

SEDÁNÍ BUDOVY Č. 317



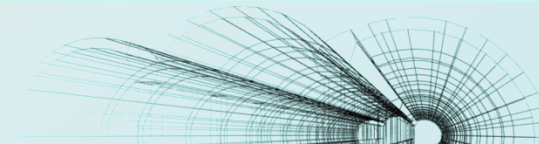
SEDÁNÍ BUDOVY Č. 317





STANICE BOŘISLAVKA

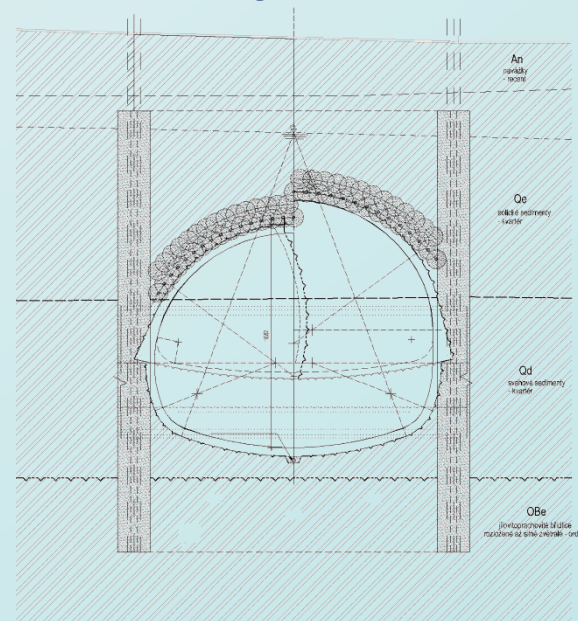




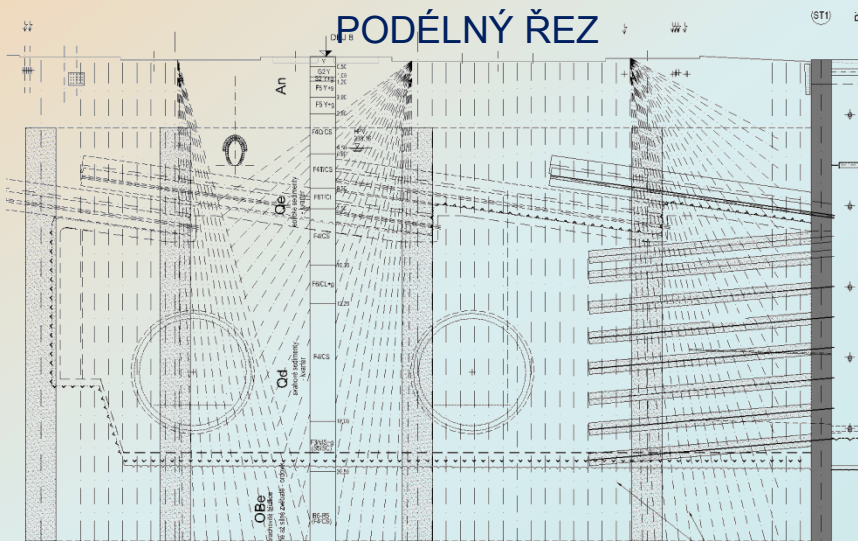
PŘÍSTUPOVÝ A VZT TUNEL KANADSKÁ

- **Tunel** – Maximální plocha výrubu 142m²
Maximální výška 12,5m a šířka 13,6m.

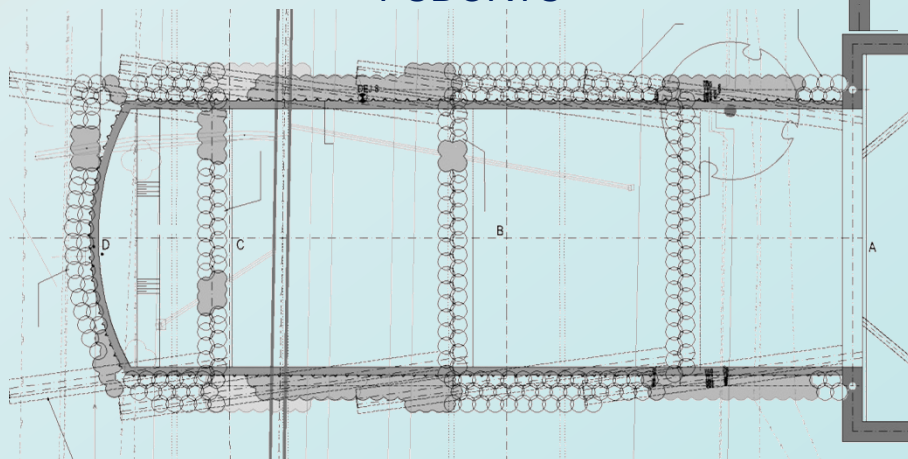
PŘÍČNÝ ŘEZ



PODÉLNÝ ŘEZ



PŮDORYS



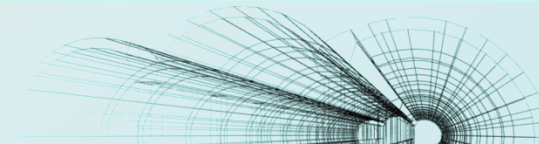
Tunel s velkou plochou výrubu v zeminách s malým nadložím pod rušnou komunikací (Evropská)

Obavy při realizaci:

- Přílišné deformace na terénu
- Nestabilní čelba při ražbě

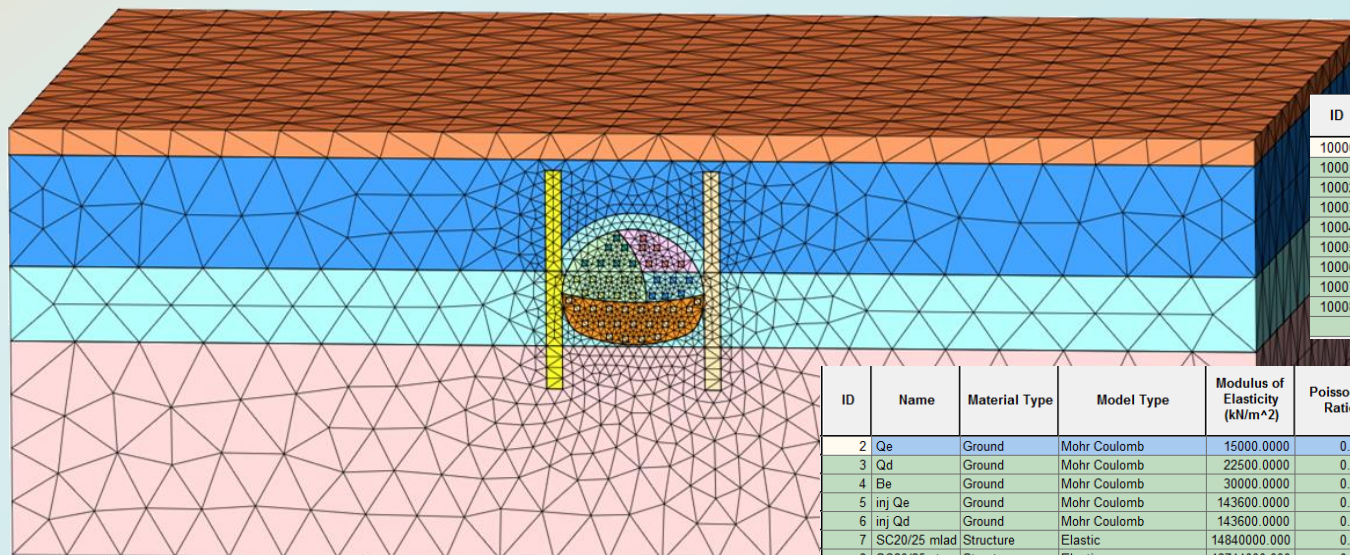
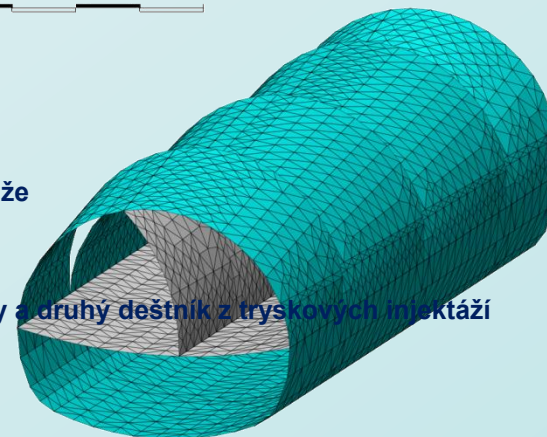
Opatření při ražbě :

- Svislé stěny z tryskové injektáže
- Deštník z tryskové injektáže nad klenbou
- Vodorovná zámková injektáž v čelbě výrubu
- Svislé členění kaloty



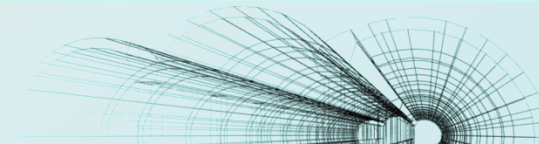
MODEL TUNELU KANADSKÁ MIDAS GTS

- Velikost modelu – 116 x 80 x 40m
- Počet 3D prvků – 261 642
- Počet 2D prvků – 5 792
- Počet fází výstavby – 69 (55)
- Postup výstavby
 - 1) Stěny z tryskové injektáže a první deštník z tryskové injektáže
 - 2) První etapa zámkových tryskových injektáží do čelby
 - 3) Vyražení pravé a potom levé kaloty až k první přepážce
 - 4) Druhá etapa zámkových tryskových injektáží do čelby kaloty a druhý deštník z tryskových injektáží
 - 5) Vyražení dna až k první přepážce
 - 6) Druhá etapa zámkových tryskových injektáží do čelby dna
 - 7) Stejným postupem budou vyraženy zbývající sekce tunelu.



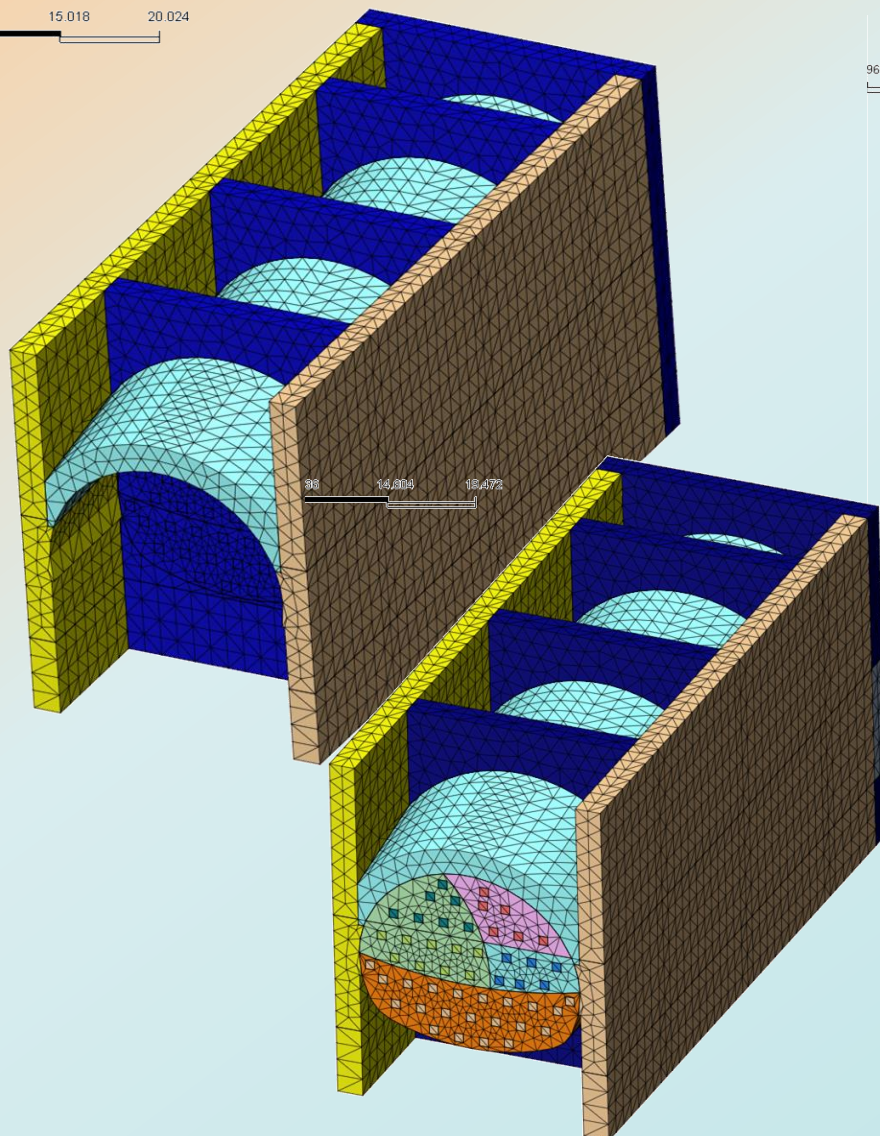
ID	Name	Attr Type	Element Type	Material	Property
10000	Qe	Solid	Solid	2:Qe	0:
10001	Qd	Solid	Solid	3:Qd	0:
10002	Be	Solid	Solid	4:Be	0:
10003	inj Qe	Solid	Solid	5:inj Qe	0:
10004	inj Qd	Solid	Solid	6:inj Qd	0:
10005	Beton mladý	Plane	Plate	7:SC20/25 m	1:0.4
10006	Beton mladý	Plane	Plate	7:SC20/25 m	2:0.3
10007	Beton stary	Plane	Plate	8:SC20/25 st	1:0.4
10008	Beton stary	Plane	Plate	8:SC20/25 st	2:0.3

ID	Name	Material Type	Model Type	Modulus of Elasticity (kN/m ²)	Poisson's Ratio	Unit Weight (kN/m ³)	Unit Weight (Saturated) (kN/m ³)	Cohesion (kN/m ²)	Friction Angle (deg)	Initial Stress (Ko) (kN/m ²)
2	Qe	Ground	Mohr Coulomb	15000.0000	0.3500	20.0000	20.0000	12.0000	23.0000	0.6100
3	Qd	Ground	Mohr Coulomb	22500.0000	0.3500	19.0000	19.0000	15.0000	25.0000	0.5770
4	Be	Ground	Mohr Coulomb	30000.0000	0.3000	22.5000	22.5000	25.0000	23.0000	0.6100
5	inj Qe	Ground	Mohr Coulomb	143600.0000	0.2500	20.0000	20.0000	1700.0000	14.7000	0.7460
6	inj Qd	Ground	Mohr Coulomb	143600.0000	0.2500	20.0000	20.0000	1700.0000	14.7000	0.7460
7	SC20/25 mlad	Structure	Elastic	14840000.0000	0.3000	25.0000				
8	SC20/25 stary	Structure	Elastic	18744000.0000	0.3000	25.0000				



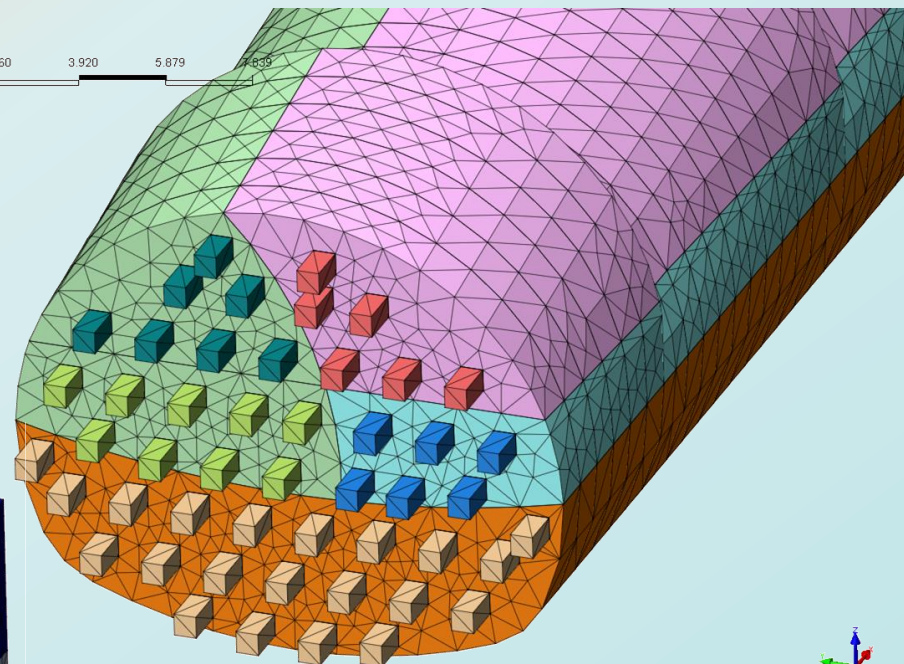
STĚNY A DEŠNÍK Z TRYSKOVÉ INJEKTÁŽE

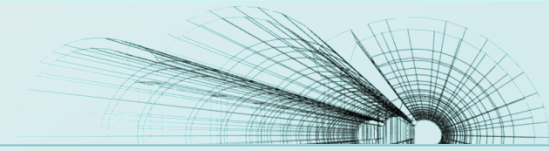
12 15.018 20.024



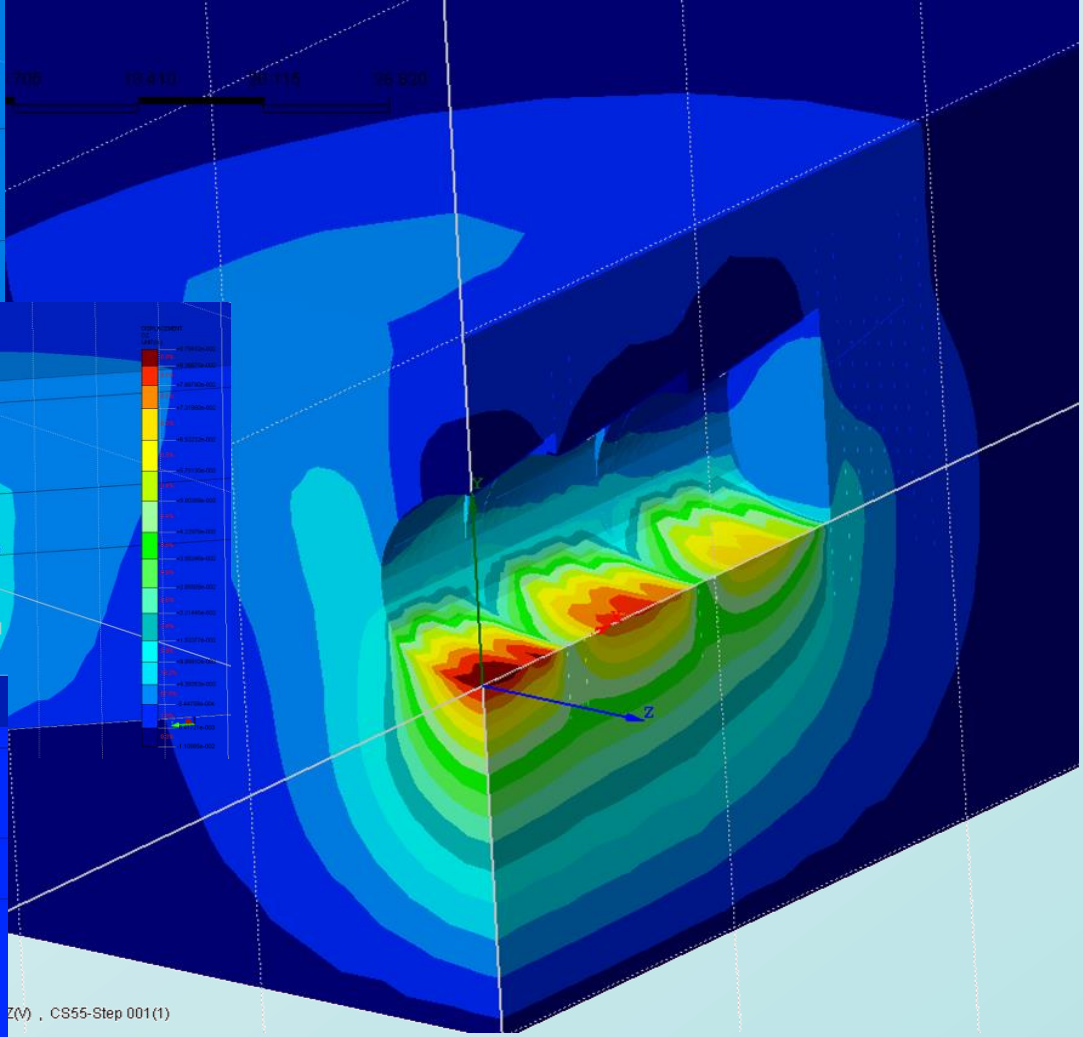
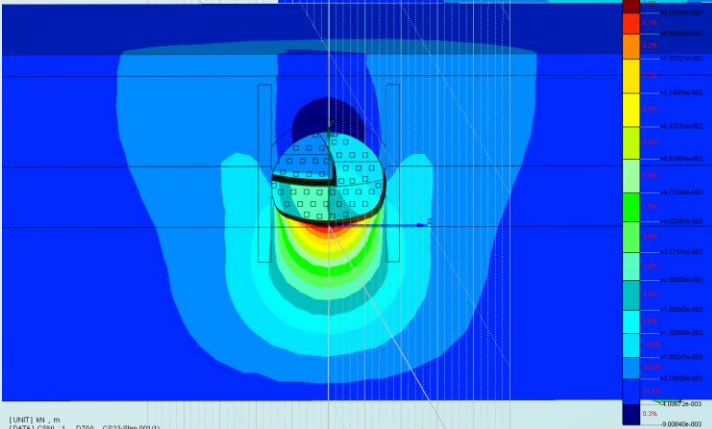
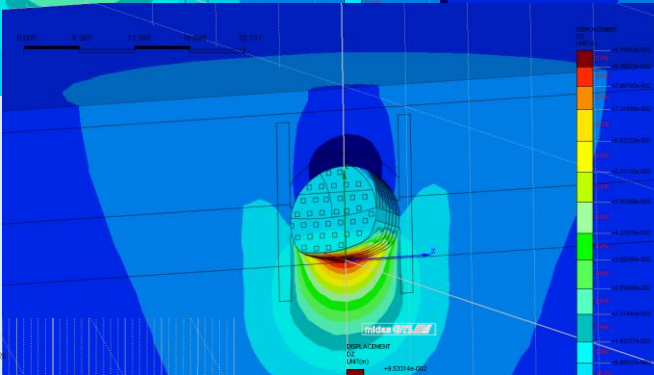
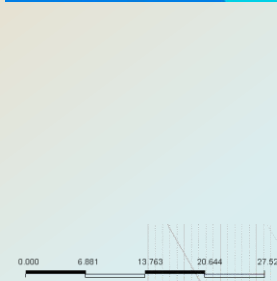
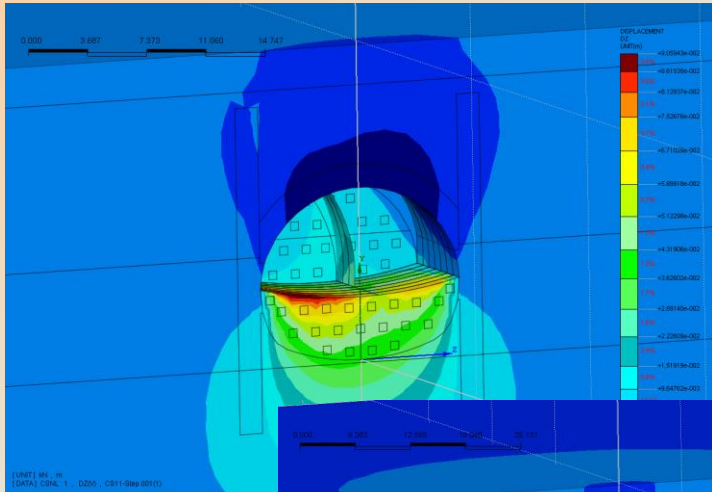
ZÁMKOVÁ TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ V ČELBĚ

960 3.920 5.879 7.839

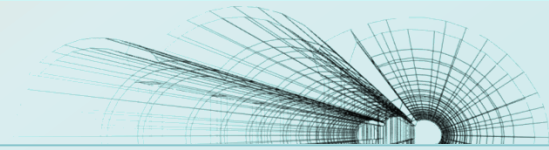




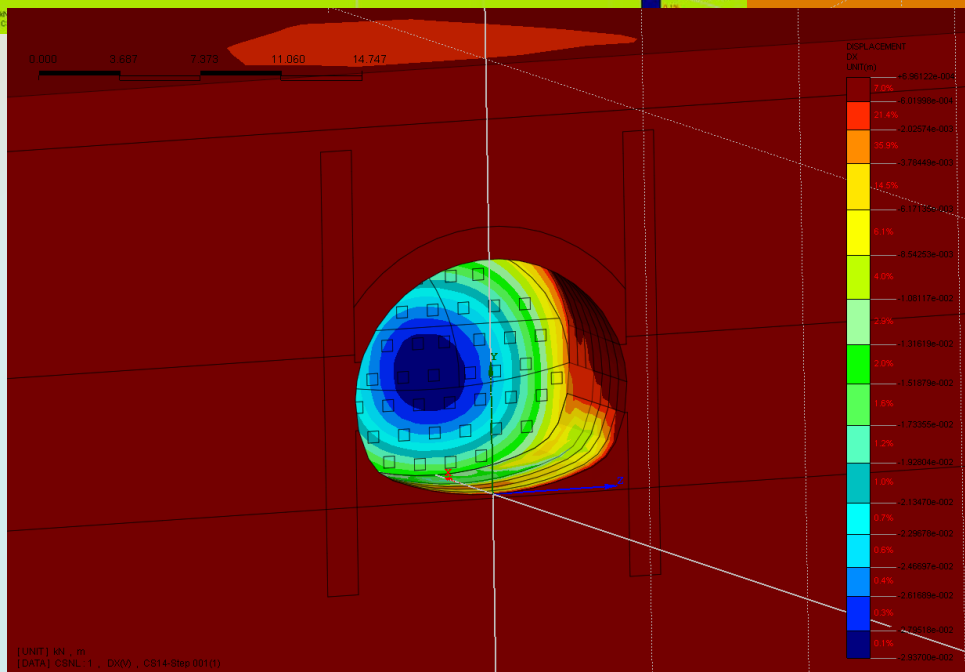
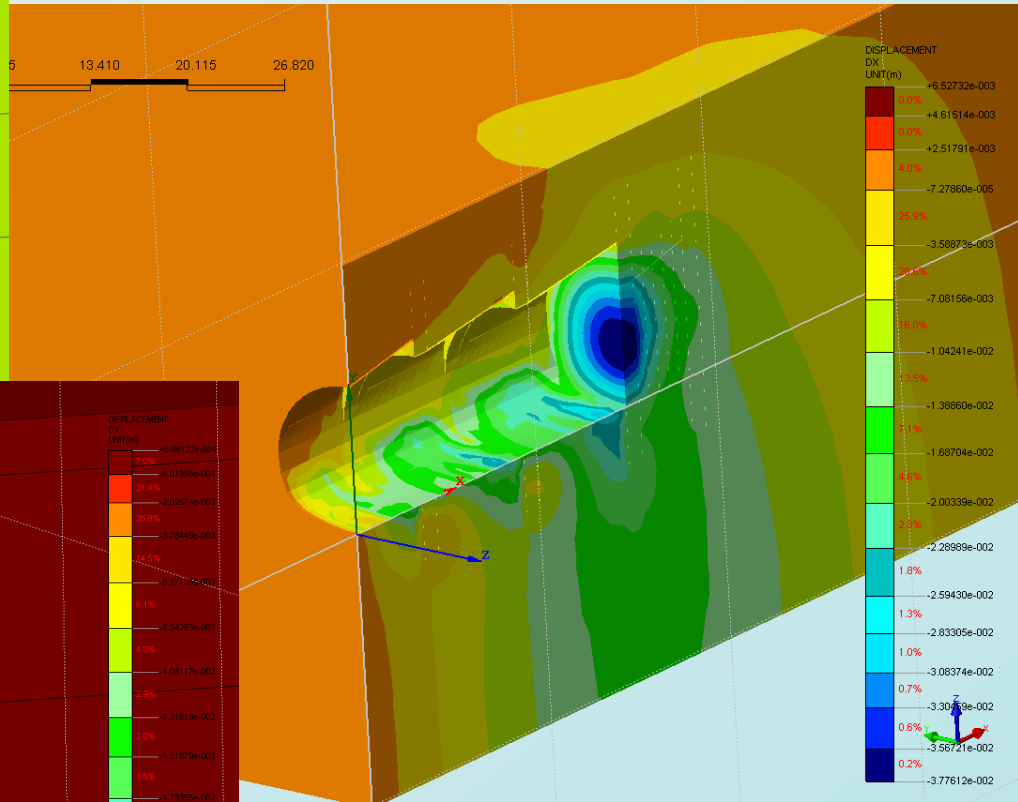
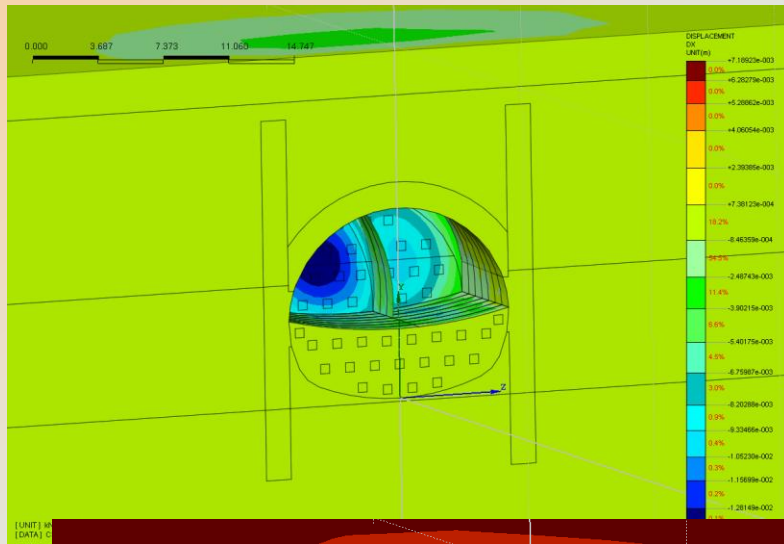
DEFORMACE Dz

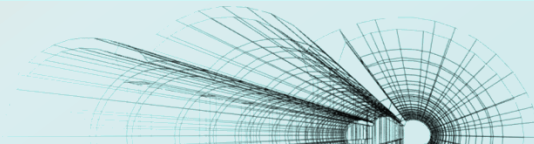


Z(v) , CS55-Step 001(1)

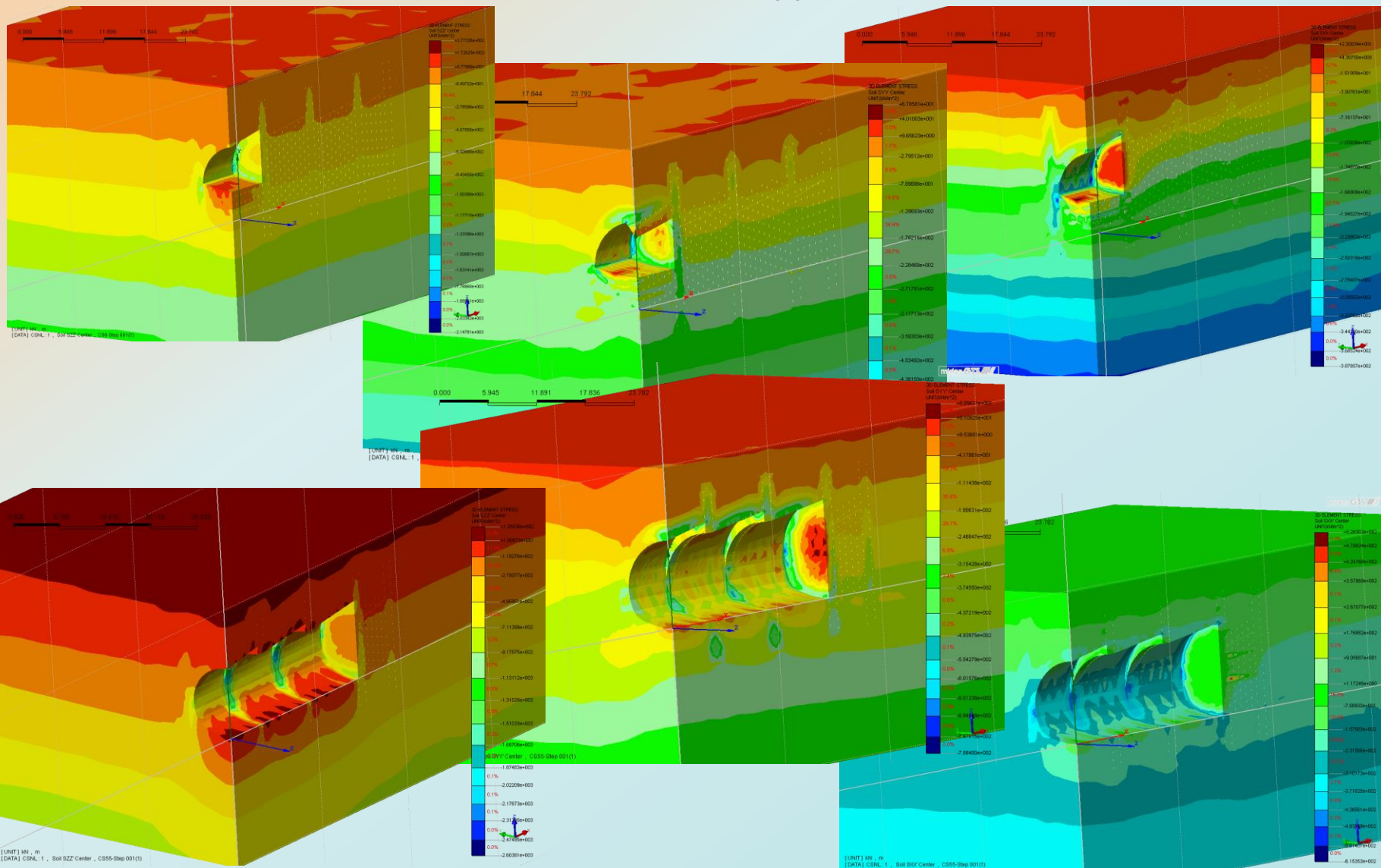


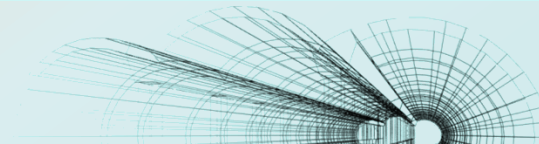
DEFORMACE Dx



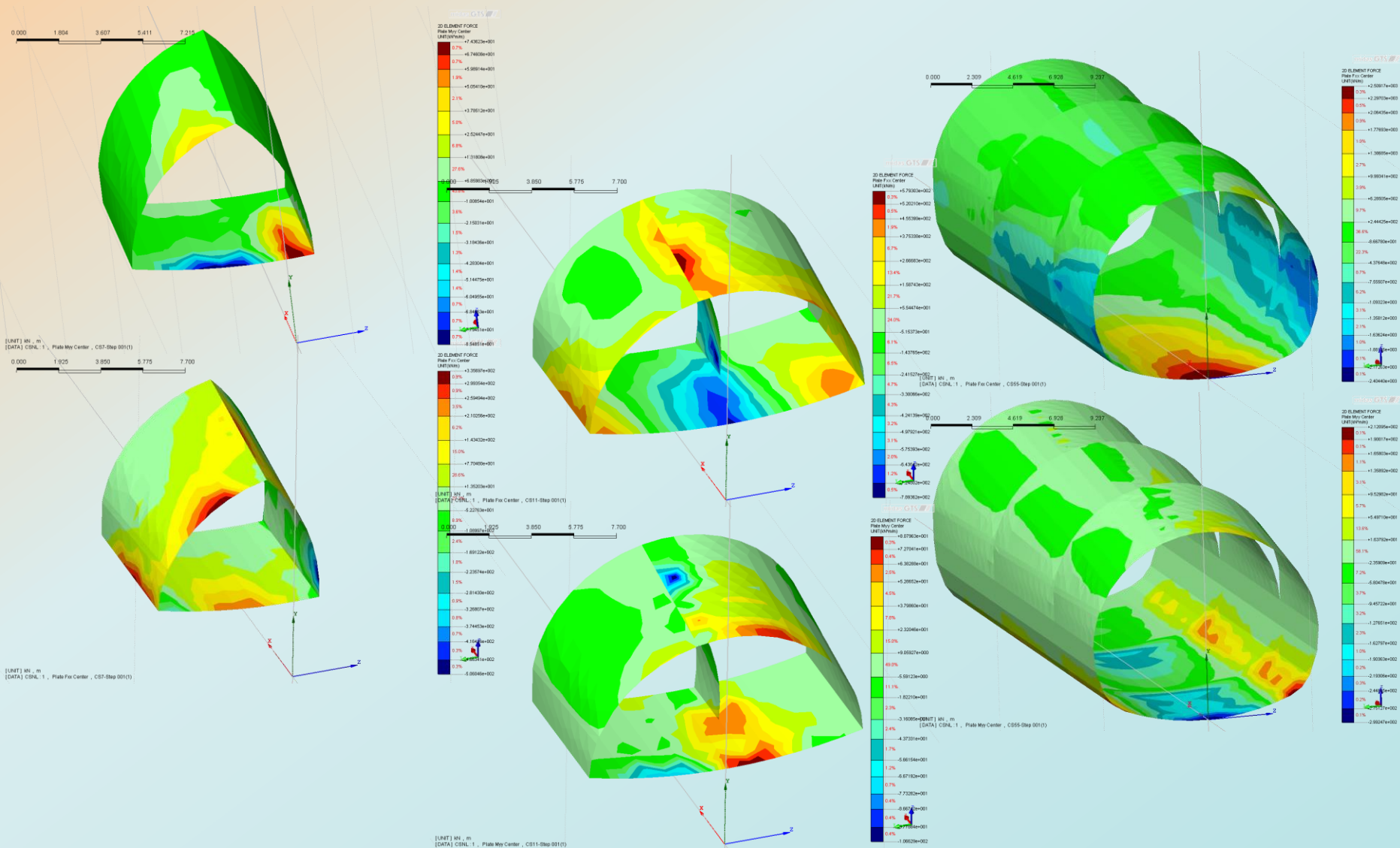


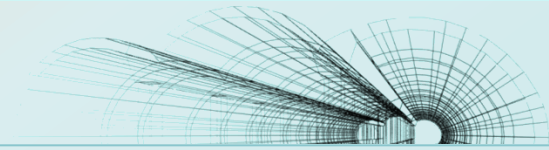
Napětí ϵ_{zz} , ϵ_{xx} , ϵ_{yy}



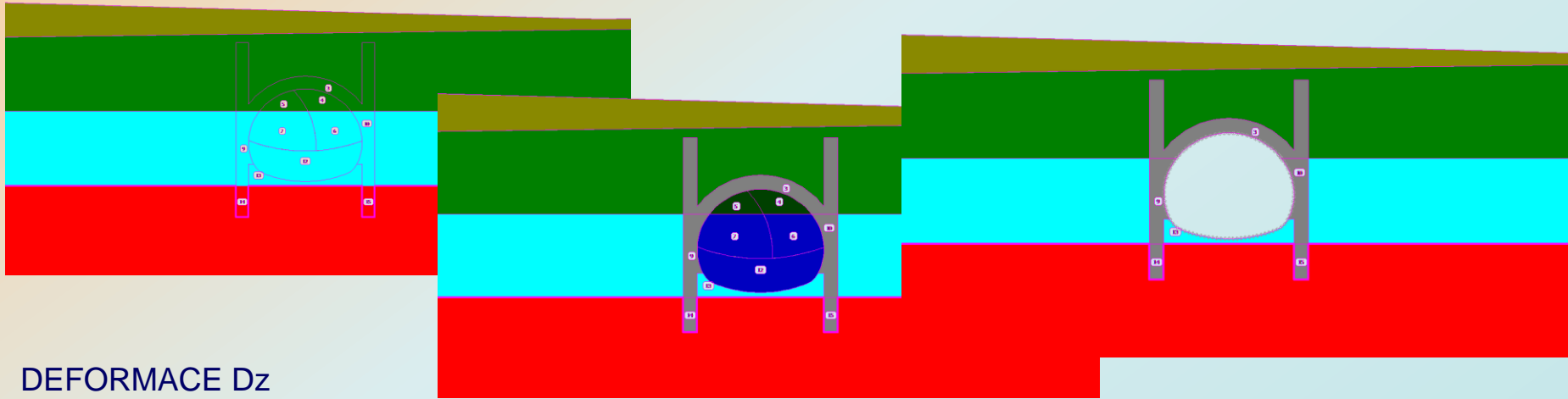


VNITŘNÍ SÍLY V OSTĚNI

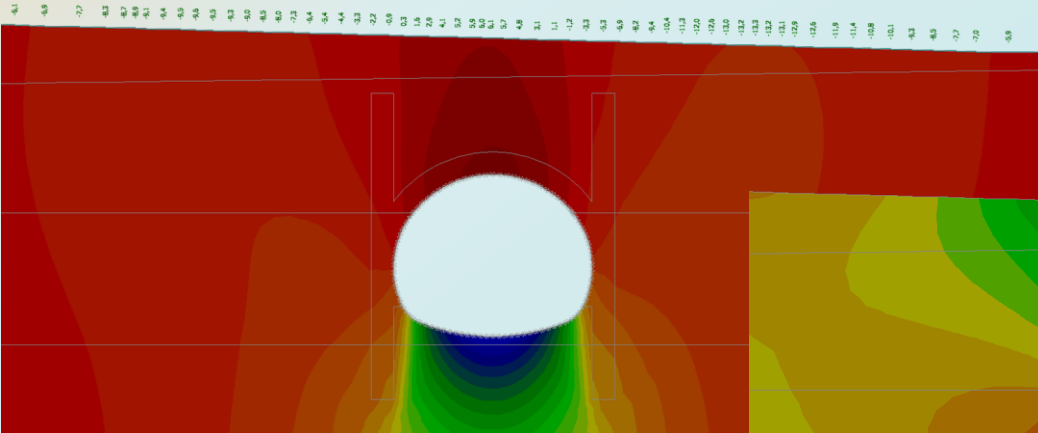




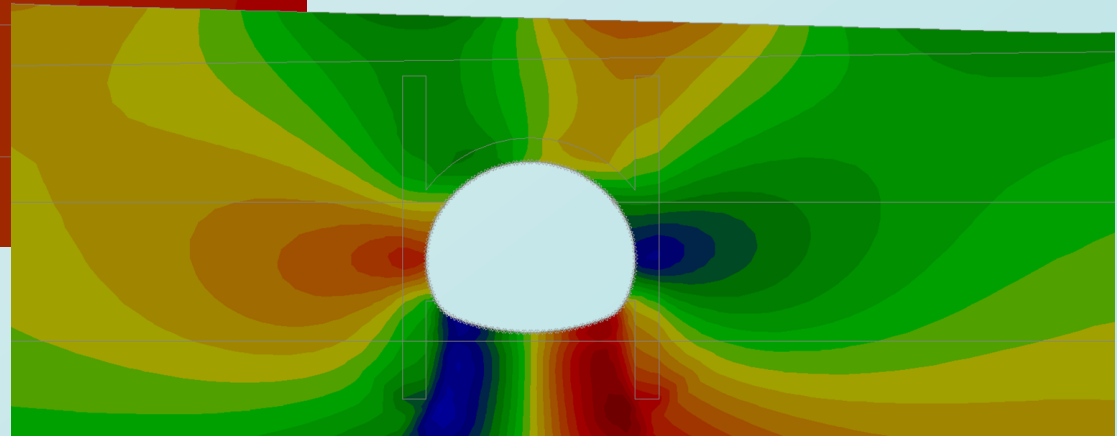
MODEL ŘEZU GEO MKP

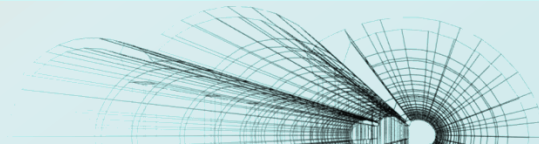


DEFORMACE Dz



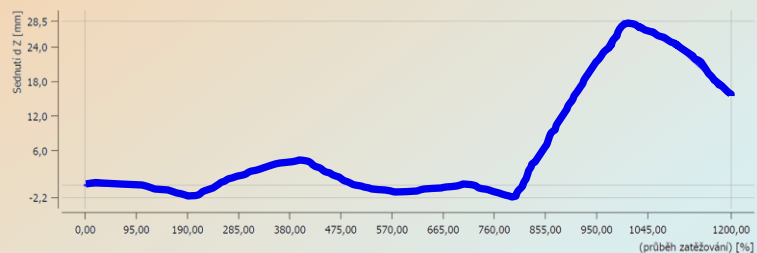
DEFORMACE Dx



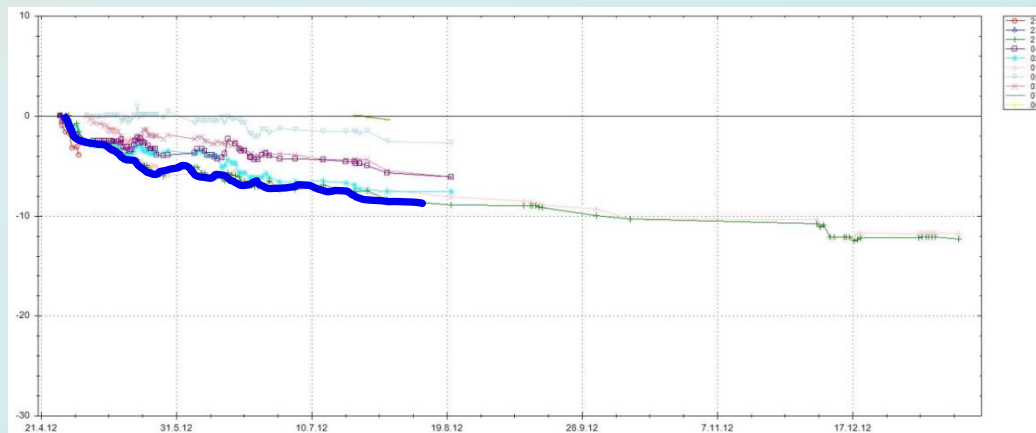


KONVERGENCE

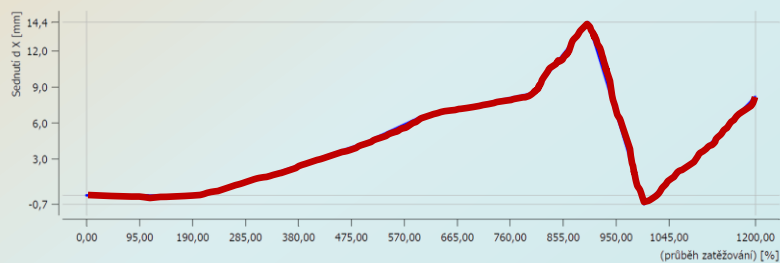
DEFORMACE VÝPOČTOVÉ – GEO MKP
DEFORMACE Dz VE VRCHOLU KLENBY



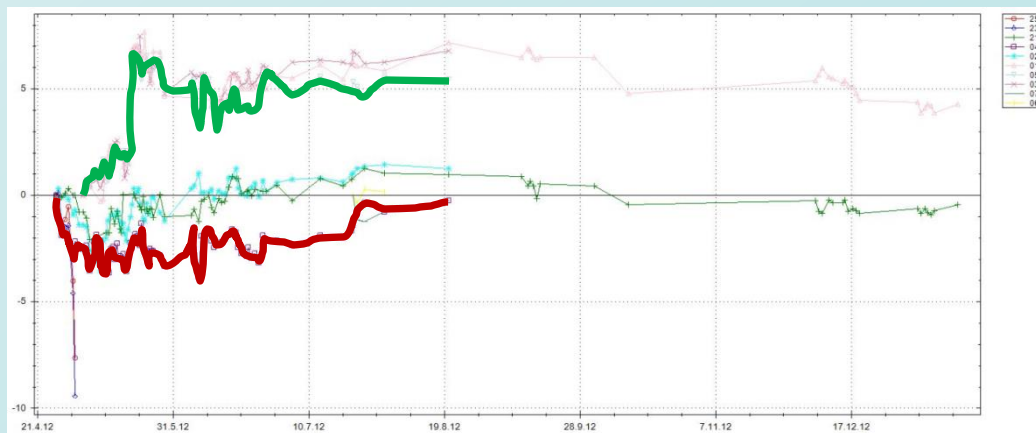
DEFORMACE NAMĚŘENÉ
DEFORMACE Dz



DEFORMACE Dx LEVÁ STRANA KLENBY

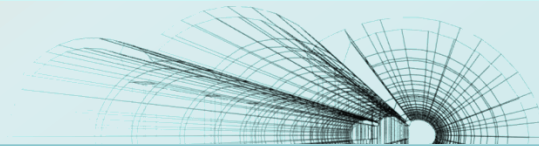


DEFORMACE Dx



DEFORMACE Dx PRAVÁ STRANA KLENBY

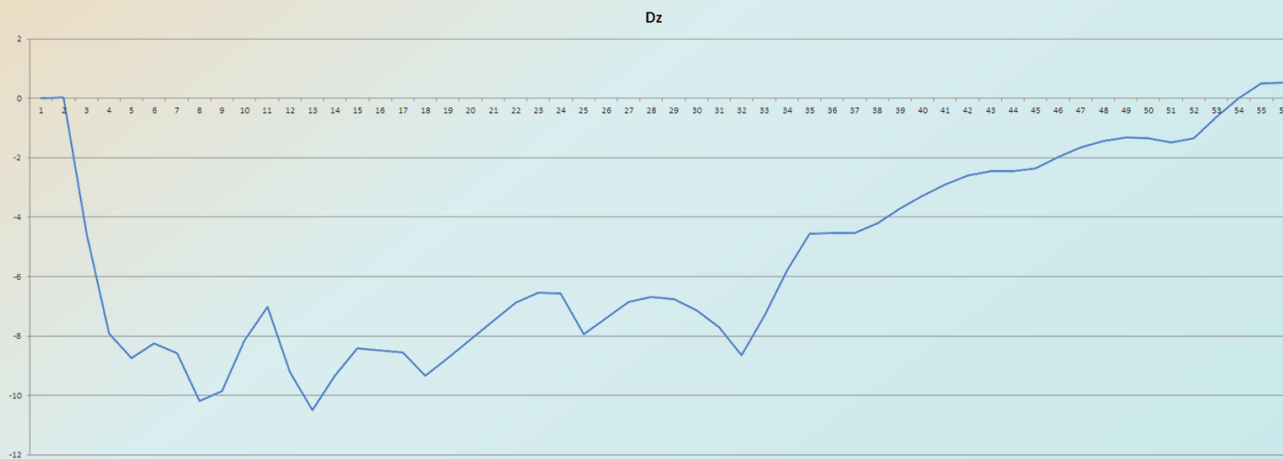




KONVERGENCE

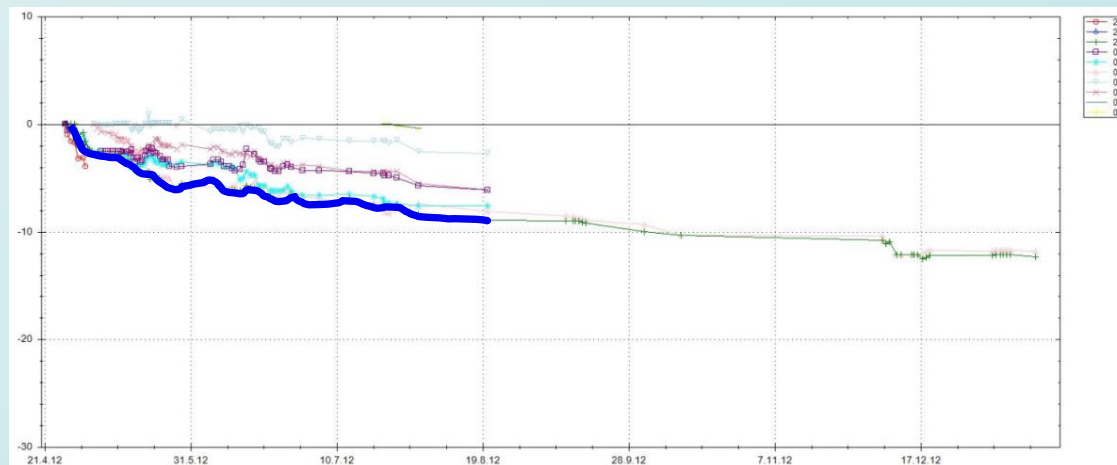
DEFORMACE VÝPOČTOVÉ – MIDAS GTS

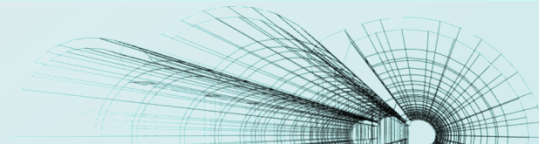
DEFORMACE Dz VE VRCHOLU KLENBY



DEFORMACE NAMĚŘENÉ

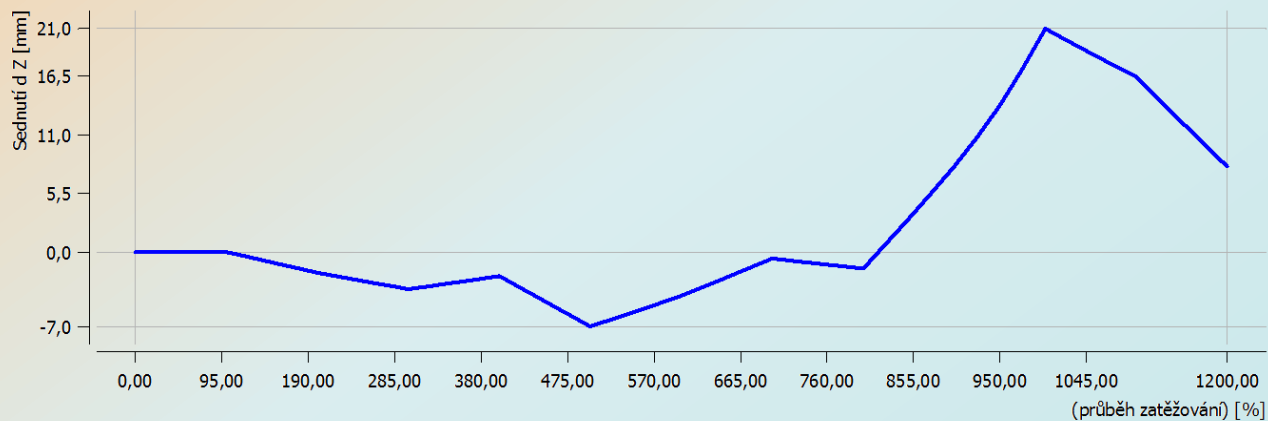
DEFORMACE Dz



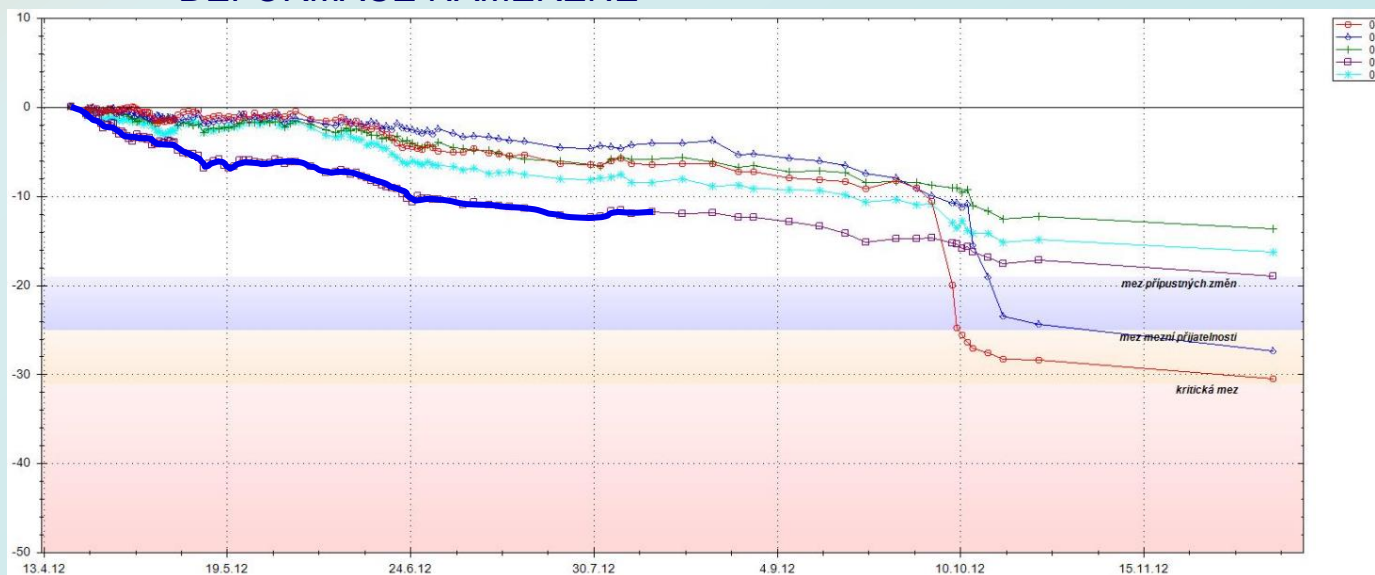


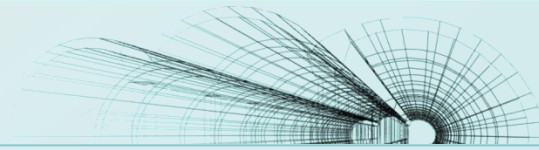
POKLESY NA TERÉNU - SEDÁNÍ NA TERÉNU NAD VRCHOLEM KLENY

DEFORMACE VÝPOČTOVÉ – GEO MKP



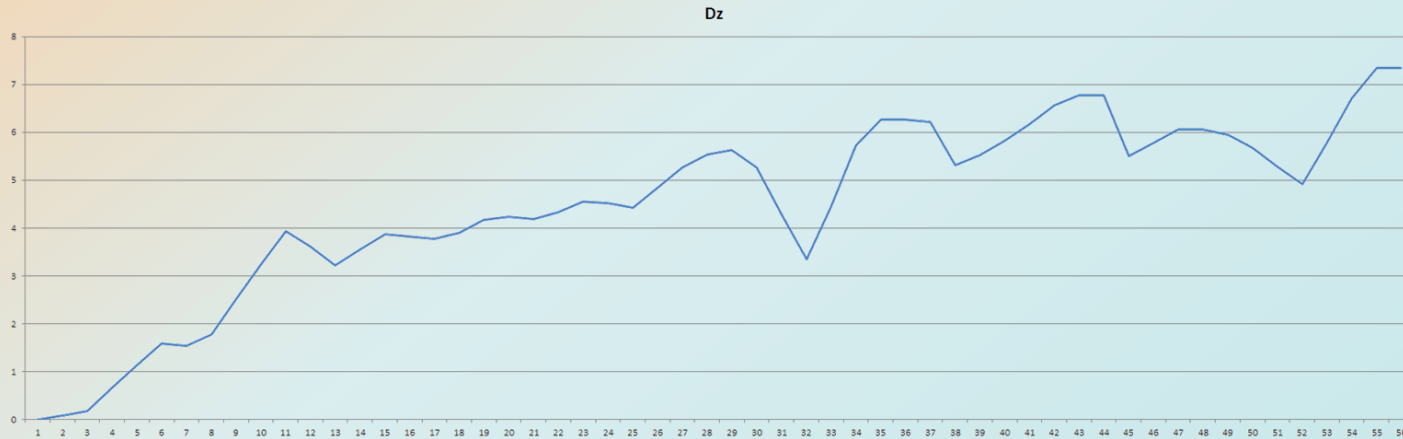
DEFORMACE NAMĚŘENÉ



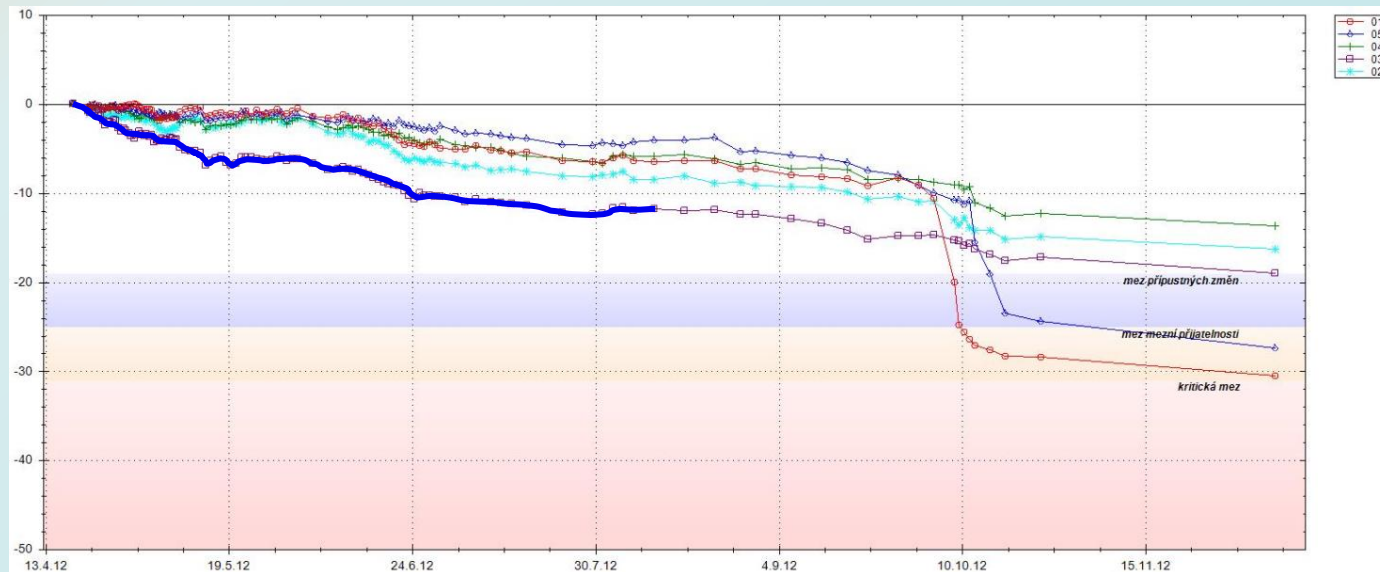


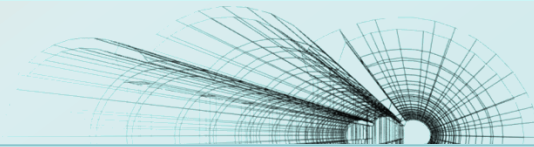
POKLESY NA TERÉNU - SEDÁNÍ NA TERÉNU NAD VRCHOLEM KLENY

DEFORMACE VÝPOČTOVÉ – MIDAS GTS



DEFORMACE NAMĚŘENÉ





VZT TUNEL KANADSKÁ





DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST