

Přírodovědecká fakulta
Univerzity Karlovy
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky
Albertov 6, Praha 2, 128 43



STRUKTURNÍ ANALÝZA PRŮZKUMNÉ ŠTOLY PRACKOVICE

Diplomová práce

Tomáš Svoboda

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Jiří Zmítko

Praha, květen 2006

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury.

Praha, květen 2006

Tomáš Svoboda

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce Mgr. Jiřímu Zmítkovi za neocenitelné rady, podněty a trpělivost. Ing. Janu Boháčovi za jeho věcné připomínky a RNDr. Suchému, Mgr. Starinskému a Ing. Kůrkovi, že mi umožnili přístup do průzkumné štolý Prackovice a dokumentačních materiálů.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá strukturní analýzou průzkumné štoly Prackovice, vedené v ose budoucích tunelů Prackovice v Českém středohoří, na stavěné dálnici D8 spojující Prahu – Ústí nad Labem – státní hranici ČR / SRN. Vstupními parametry analýzy jsou hodnoty strukturních měření realizovaných na jednotlivých čelbách průzkumné štoly. Prostřednictvím analýzy jsem se pokusil odhadnout možný způsob porušení horninového masivu v okolí volného výrubu, který je protnut systémy ploch nespojitosti. Vymezil tvar a velikost technologického nadvýlomu a upozornil na nejrizikovější úseky. Vyhodnocením výsledků strukturní analýzy jsem stanovil nebezpečí nadvýlomu a zvolili jsme vhodný způsob zajištění projektovaného tunelu Prackovice.

Abstract

The Thesis deals with the structural analysis of the Prackovice exploration gallery in the České středohoří Mountains (Mittelgebirge) in North Bohemia. The gallery has been built in the axis of the future Prackovice tunnels on the D8 motorway connecting Prague with Dresden (Germany). The analysis is based on structural measurements carried out from the faces of the exploration gallery. The analysis enabled me to estimate the possible failure mechanism of the jointed rock mass around the unsupported excavation. A probable shape and size of the technological overbreak was determined and the most critical parts of the tunnel were identified. From the results of the structural analysis we suggested a suitable support of the Prackovice tunnels.

Obsah

Abstrakt	2
1. Úvod	5
2. Geologie Českého středohoří	6
2. 1. Geologie okolí vrchu Debus v Českém středohoří.....	7
3. Průzkumná štola Prackovice	8
3. 1. Umístění štoly	8
3. 2. Směrové vedení štoly	9
4. Geotechnický monitoring štoly	10
4. 1. Geologická dokumentace	10
4. 3. Měření nivelace	12
4. 4. Měření extenzometrie.....	12
4. 5. Presiometrické zkoušky	14
4. 6. Měření radiálních tlaků	14
4. 7. Měření náklonů.....	14
4. 8. Měření přesné inklinometrie	14
4. 9. Měření konvergencí.....	14
4. 10. Kontrolní sledování únosnosti svorníků.....	15
4. 11. Měření pevnosti stříkaného betonu Schmidtovým kladívkem	15
4. 12. Hydrogeologický monitoring	15
4. 13. Odběr vzorků a laboratorní zkoušky.....	16
4. 14. Terénní zkoušky bobtnání	16
4. 15. Geoelektrická korozní měření	17
4. 16. Zkoušky pevnosti betonu	17
4. 17. Úřední měření otřesů při trhacích pracích	17
4. 18. Měření bludných proudů před odstřelem	17
4. 19. Úřední seismická měření.....	17
4. 20. Geofyzikální měření	18
5. Zastižené geologické poměry.....	19
5. 1. Geologické poměry přístupové šachty	20
5. 2. Geologické poměry průzkumné štoly	20
5. 3. Zatřídění dle tunelářských klasifikací.....	21
5. 4. Hydrogeologické poměry v díle	22

6. Strukturní analýza.....	23
6. 1. Hlavní směry ploch nespojitosti	24
6. 1. 1. Strukturní data	24
6. 1. 3. Konstrukce diagramů.....	26
6. 2. Vyhodnocení nebezpečí nadvýlomu	29
6. 2. 1. Teorie bloků.....	29
6. 2. 2. Typy bloků.....	29
6. 2. 3. Vyznačení bloků	30
6. 2. 4. Shi Teorie	31
6. 2. 5. Využití stereografické projekce pro vymezení vypadnutelných bloků	31
6. 2. 6. Aplikace na podzemní prostory	33
6. 2. 8. Spektrum zajištění tunelu	42
6. 2. 9. Závěry	44
6. 3. Vyhodnocení nadvýlomu softwarem Win-Geovek 5.0	44
6. 3. 1. Strukturní data	44
6. 3. 2. Blokdiagram	45
6. 3. 3. 2D projekce tunelu.....	47
6. 3. 4. 3D projekce tunelu.....	48
7. Návrh zajištění a postupu ražby	49
8. Závěr.....	52
9. Přílohy	54
9. 1. Geologická dokumentace čeleb.....	1
9. 2. Strukturní analýza.....	4
9. 2. 1 Vstupní data.....	4
9. 2. 2. Diagramy	9
9. 2. 3. Blokdiagramy	21
9. 2. 4. 2D projekce.....	33
9. 2. 5. 3D projekce.....	45
9. 3. Podélný řez	volně

1. Úvod

Tunely Prackovice představují zvolenou alternativu při trasování dálnice D8 v lokalitě vrchu Debus v Českém středohoří, úseku Lovosice – Ústí nad Labem. Pro zhodnocení geotechnického stavu horninového masivu byla zvolena průzkumná štola vedená v ose budoucího tunelu. Zhotovitelem štoly byla společnost Subterra a.s. a zpracovatelem geotechnického monitoringu firma AZ Consult s.r.o.

Jednou z možností vyhodnocení geotechnického monitoringu je strukturní analýza průzkumné štoly, jež se stává alternativní přílohou projektu ražby tunelu. Strukturní analýza je založena hodnotách strukturních měření ploch nespojitosti a můžeme ji rozdělit na dvě váhově rovnocenné fáze. První definuje princip vymezení úseků štoly s vyvinutými charakteristickými systémy ploch nespojitosti. Druhá využívá výsledků první fáze a teorie klíčového bloku prof. Goodmana ke stanovení rizika nebezpečí technologického nadvýlomu dle predisponovaných ploch nespojitosti v podélném profilu projektovaného tunelu. Výsledkem analýzy je vyhodnocení dat obou fází a zvolení vhodného způsobu zajištění tunelů Prackovice.

Pro strukturní analýzu byly využity dva typy softwaru, a to konkrétně Sphaira 2.0 a Win-Geovek 5.0. Dále jsem využil poznatky získané na Technische Universität Graz.

2. Geologie Českého středohoří

Vulkanická činnost Českého středohoří spadá do období neoidního vulkanismu v Českém masivu, které je současné s horotvornými procesy alpinského vrásnění v alpsko-karpatské oblasti. Alpinské procesy se ve varisky konsolidované kře Českého masivu projeví vznikem tzv. saxonských zlomů a zlomových pásem.

Vulkanická činnost započala již ve svrchní křídě (79Ma), její maximum spadá do terciéru a dozvuky přetrvaly až do kvartéru. Hlavní vulkanická centra se v Českém masivu soustředí v oblasti tzv. oherského riftu v severozápadních Čechách (České středohoří, Doupovské hory). Na našem území byly vymezeny tři neovulkanické fáze s částečně odlišnými produkty:

předriftová fáze: období v rozpětí campan-spodní eocén (79-50 Ma), se vyznačuje proniky ultamafických ultraalkalických vulkanitů, které tvoří drobnější žilná tělesa, soustředěná při vnějších zlomech severovýchodní části oherského riftu (Podještědí).

riftová fáze: oligomiocénní fáze, která časově koresponduje s tvorbou oherského riftu (40-24 Ma) a odráží jeho hlavní tektonickou a vulkanickou aktivitu. Produktem jsou povrchová, žilná, intruzivní tělesa, od ultrabazických až k intermediálním horninám a akumulace vulkanoklastik. (České středohoří, Doupovské hory).

závěrečná fáze: projevy pliocenního až pleistocenního vulkanismu (2 Ma-170 tisíc let). Produkty mají ultrabazický charakter (centra v Nížkém Jeseníku a v oblasti chebského zlomu-Železná a Komorní hůrka) (Chupáč, 2002, Kachlík, 2001).

Vulkanický komplex Českého středohoří zaujímá uvnitř oherského riftu plochu přes 1200km² (mezi Chomutovem a Novým Borem u České Lípy). Vznikl seskupením vulkanických těles v oblasti vymezené krušnohorským zlomem na SZ a litoměřickým zlomem na JV, a to podél předpokládaného centrálního zlomu, jenž probíhá středem oherského riftu. Současný tvar krajiny není původní, z vulkánů se působením eroze zachovaly jen výplně přírodních drah a obnažená podpovrchová tělesa.

Vulkanická činnost Českého středohoří patří do fáze riftogeneze, tedy do oligomiocénní fáze. Mezi vyvřelinami převládají bazanity nad trachybazalty, olivinickými bazalty, fonolity a trachyty. Dle novějších výzkumů vznikaly nejdříve silně explozivní vulkány podél litoměřického zlomu, pak následovaly výlevy bazanitů, které se na styku s vodním prostředím rozrušovaly na úlomkovité hyaloklastity. Dále výlevy trachybazaltických vulkanitů, akumulace explozivních produktů (vulkanoklastik, tufů) a intruze pestré škály

bazaltických hornin, intermediálních a kyselých subvulkanitů (essexitů, syenitů). Sopečnou činnost zakončily intruze nefelinických bazanitů, které tvoří ložní žíly v miocénních sedimentech.

V rozmístění vulkanitů Českého středohoří lze pozorovat určitou zákonitost. Kyselejší horniny se koncentrují v centrální části, nejbazičtější se naopak soustřeďují v okrajových částech riftu nebo i mimo hlavní vulkanická centra (Chlupáč, 2002, Kachlík, 2001).

2. 1. Geologie okolí vrchu Debus v Českém středohoří

Kvartér

Deluviální, převážně kamenité sedimenty s bloky vulkanitů a antropogenní navážky o mocnostech od 2m až přes 5m.

Terciér

Z alkalických vulkanických hornin převládají olivinické bazalty, místy autometamorfované, olivinické leucity, nefelinity, analcimity, trachyty a jejich pyroklastika. Bazalty se vyskytují od zcela rozložených až po technicky zdravé horniny. Mají černou až šedočernou barvu, texturu masivní až pórovitou, strukturu ofitickou s vyrostlicemi minerálů (1-8mm): olivín, augit, amfibol. Matrix obsahuje bazický plagioklas, vulkanické sklo, magnetit a augit.

Z pyroklastických hornin převládají tufy. Mívají rezavě šedou barvu. Makroskopicky jsou na vzorcích rozeznatelné krystaly biotitu, augitu, amfibolu, dále i lapili. Dutinky jsou často vyplněny sekundárními minerály: kalcit, limonit. Strukturně jsou tufy velmi proměnlivé, silně porézní, v navětralém stavu pevné. V tufech se místy objevují polohy konglomerátů a alterované, tektonicky porušené polohy charakteru soudržné zeminy o mocnostech několika metrů.

Mezozoikum

Z podloží neovulkanitů vystupují křídové sedimenty březenského souvrství, představovaného slínovci až vápnitými jílovci s vložkami jemnozrnných pískovců. Jde o flyšovou facii stáří coniak-santon.

Proterozoikum

Horniny krystalinika vystupují při dolním toku Milešovského potoka, v Opárenském údolí a při JZ okraji obce Libochovice (AZ Consult et al., 2005).

3. Průzkumná štola Prackovice

Tunely Prackovice budou dálniční tunely protínající kopec Debus v Českém středohoří na stavěné dálnici D8 spojující Prahu – Ústí nad Labem – státní hranici ČR/SRN.

Tunely Prackovice budou jednosměrné, dvoupruhové, kategorie T 9,5. Tunelové trouby budou o délkách 270 m (LTT) a 260 m (PTT) (AZ Consult, 2005).



3. 1. Umístění štoly

Průzkumná štola Prackovice prostupuje masiv východního hřebene kopce Debus (395 m. n. m.) ve vrcholové partii bývalého Prackovického lomu, 1.5km severozápadně nad obcí Prackovice nad Labem v oblasti Českého středohoří.



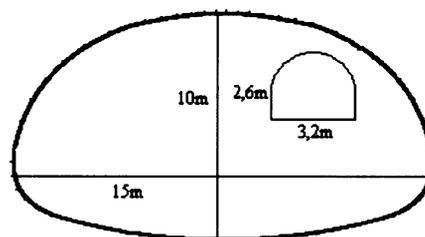
Obr. 1 a 2: Průzkumná štola označena červenou tečkou, výřez geologické mapy (ÚÚG, 1990), 1: 28750

Těžba v lomu probíhala v období 60 až 70 let minulého století a to ve dvou etážích. V současné době se úroveň spodní etáže pohybuje na 317-319 m. n. m., úroveň horní etáže na 340-341 m. n. m. Úroveň vrcholového svahu je přibližně 360-362 m. n. m. Sklony svahů jsou poměrně strmé a mezi spodní a vrchní etáží dosahují v zasucených místech 35-38°, sklony svahů nad vrchní etáží jsou podobné, ale místy dosahují až 40°. Skalní výchozy mají sklon cca 70-80°.

Průzkumná štola měla být původně ražena z prostoru pražského portálu na spodní etáži lomu. Po zahájení prací na portálové části byl zjištěn zhoršený stav skalního masivu oproti předpokladům, a proto bylo přijato rozhodnutí o změně způsobu ražby v oblasti pražského portálu. Štola byla zahájena hloubenou vertikální přístupovou šachtou z úrovně 340 m. n. m., tedy z vrchní etáže lomu. Konkrétně byla provedena ve staničení odpovídající původnímu staničení pražského portálu + 45m. Dále štola pokračuje podle původního projektu a je ražena způsobem NRTM – novou rakouskou tunelovací metodou (AZ Consult, 2005).

3. 2. Směrové vedení štoly

Průzkumná štola je vedena v pravé části budoucí levé tunelové trouby tunelu Prackovice. Niveleta je 1,4 m od osy levého pásu tunelu. Štola byla ražena dovrchně s jednotným spádem 2,125% a se směrem 319° (AZ Consult, 2005).



Obr. 3: Vedení průzkumné štoly v řezu budoucího tunelu (Svoboda, 2006)

3. 3. Parametry štoly

Po vyhloubení vstupní šachty a realizaci ochranného deštníku z kotev, byla zahájena ražba vlastní štoly. Světlá šířka štoly je 3,177m a výška 2,646m (teoretický výrub 10,64m²), světlá šířka výhybny je 4,261m a výška 2,722m (teoretický výrub 13,03m²) a šířka zkušební rozrážky je 2,5m a výška 2,0m (teoretický výrub 6,33m²).

Šachta v oblasti pražského portálu se nachází na dálničním km 58,397 (to odpovídá km 0,000 00 pro ražbu průzkumné štoly). Severní, ústecký portál na km 58,541 (km 0,136 80 pracovní štoly). Délka vlastní štoly činí 135,55m + 0,5m vytažení ochranného límce na ústeckém portále. Ze dna šachty byl vyražen výklenek tzv. appendix směrem k pražskému portálu o délce 6,25m. Na km 58,418 (km 0,020 průzkumné štoly) je vyražena zkušební rozrážka o délce 8,0m.

4. Geotechnický monitoring štoly

Geotechnický dozor a inženýrskogeologickou dokumentaci, které jsem měl možnost se několikrát zúčastnit, zajišťovala firma AZ Consult spol. s r.o. Ve štole probíhala tato dokumentace a měření:

4. 1. Geologická dokumentace

Od zahájení prací byla na stavbě přítomna stálá geologická služba, která pořizovala průběžnou primární geologickou dokumentaci (grafická dokumentace + fotodokumentace), vedla správu databáze a zajišťovala odběr horninových vzorků pro laboratorní zkoušky.

Po každém odpalu byla čelba zaznamenána v dokumentačním listě. Graficky a textově zachycena litologická rozhraní, petrografický popis hornin, počet puklinových systémů, J_v -počet puklin v 1m^3 , pevnost horniny v prostém tlaku dle ČSN 73 1001 (z laboratorních zkoušek, a Schmidovým kladívkem typu N), stupeň zvětrání dle ČSN 73 1001 (při charakteristice horninových typů byla použita ČSN 72 1001), stupeň rozpukání dle ČSN 73 1001, systémy diskontinuit (směr, sklon, vzdálenost, průběžnost, rozevřenost, drsnost, výplň) a zvodnění. V dalším kroku byla vyhodnocena orientace systému diskontinuit ke směru ražby dle Bienawskeho. Každý výrub zhodnocen pomocí klasifikace QTS (Tesař) a zaříděn do klasifikační třídy. Pomocí grafického vztahu (šířka výrubu/počet bodů QTS) následně stanovena technologická třída NRTM, s doporučením pro stavbu obsahujícím délku záběru a vystrojovací třídu. Dokumentované údaje umožňují též zařadit horninové prostředí dle klasifikace RMR (Bienawski), (AZ Consult, 2005).

Klasifikace QTS

V souvislosti s výstavbou tras pražského metra byla v 80. letech minulého století vypracována O. Tesařem klasifikace QTS. Metodicky hodnotí horninový masiv na základě klasifikačních bodů TS závisících na strukturních a texturních vlastnostech masivu:

σ_d – pevnost úlomků horniny v prostém tlaku

d – vzdálenost diskontinuit

D – hloubka díla pod bází pokryvných útvarů

Počet klasifikačních bodů je dán vztahem: $TS = 10\log \sigma_d + 26,2\log d + 6,2\log D + 61,4$

Při přepočtu klasifikačních bodů TS na index QTS je prováděna redukce v závislosti na sklonu hlavních ploch nespojitosti, směru diskontinuit vzhledem k orientaci díla, výplni a

drsnosti povrchu diskontinuit, přítoku podzemní vody do čelby apod. Pro přepočítání platí vztah: $QTS = TS - \sum (\alpha + \beta + \gamma + \delta)$

α - sklon hlavních ploch nespojitosti mezi 30° až 80°, pokud jsou ukloněné proti směru ražení nebo rovnoběžné a osou tunelu o sklonu 30° až 90°.

β - plochy diskontinuit jsou nepříznivě ukloněné, rovné, hladké nebo s výplní jílu a průběžné ve vzdálenosti větší než je polovina profilu tunelu nebo je puklinový systém rozevřený.

γ - výskyt podzemní vody, protékající volně horninou bez hydrostatického tlaku.

δ - vývěry podzemní vody pod hydrostatickým tlakem nebo při vyplavování jemnějších materiálů.

Následuje zařazení horniny dle kvality do klasifikačních tříd: A, B, C, D.

Je třeba zdůraznit, že klasifikace QTS byla uzpůsobena geologickým podmínkám pražského metra a její volba v lokalitě Prackovice není zcela vhodná (D2 Consult).

Klasifikace RMR (Rock Mass Rating system)

Klasifikace odvozená Bienawskim v letech 1972-1973, v průběhu let několikrát modifikována a nyní též známa jako Geomechanics Classification.

Následujících šest parametrů využívá klasifikace RMR k hodnocení horninového masivu:

- 1) pevnost v prostém tlaku
- 2) RQD (rock quality designation)
- 3) vzdálenost diskontinuit
- 4) podmínky na diskontinuitách
- 5) podmínky podzemní vody
- 6) orientace diskontinuit (vzhledem k ražbě)-parametr jehož bodová hodnota je záporná

Každý parametr je rozdělen do pěti bodovaných úseků dle vstupních hodnot. Ve výsledku je konkrétní horninový typ ohodnocen max. 100 body. Dle celkového zisku je zařazen do jedné z pěti horninových tříd: I, II, III, IV, V. Třída umožňuje stanovit soudržnost horniny, časovou stabilitu nevystrojeného výrubu vzhledem k šířce stropu (lépe je se držet stanoveného počtu bodů RMR a s využitím grafické závislosti šířka stropu/časová stabilita, tuto dobu přesněji stanovit), délku záběru-plnou čelbou, či dělenou, vystrojení: počet kotev, tloušťka stříkaného betonu, atd (Bienawski, 1972).

Technologická třída NRTM

Dle počtu dosažených bodů, ať již v klasifikaci QTS nebo RMR, je možné stanovit technologickou třídu ražby. Obvykle používáno pět tříd: 1, 2, 3, 4, 5a. Třídy stanoví: podmínky pro ražbu, stabilitu výrubu, technologický nadvýlom, délku záběru, členění výrubu, odstupy ražeb (kalota, jádro, počva), systém kotvení, typ a délku kotev, tloušťku primárního ostění, typ a počet betonářských sítí (Zmítko, 2006).

4. 2. Měření konvergencí – 3D

Představuje měření absolutních prostorových souřadnic bodů pomocí geodetické totální stanice. Body jsou osazeny na tzv. konvergenčním profilu a představují odrazné terčíky zafixované k primárnímu ostění tak, aby se trnem dotýkaly horninového masivu. Každý konvergenční profil zahrnuje tři monitorované body – odrazné terče, ve stropě a v obou stěnách ve výšce 2m. Z geodetických měření pořízených geodetickou stanicí TRIMBLE 5601 byly odečítány hodnoty vertikálních úhlů a šikmých vzdáleností terčů, a následně vyhodnoceny konvergence, neboli radiální přetvoření ostění v závislosti na deformaci masivu.

Naměřený průběh konvergencí byl ve štoli příznivý, konvergence se v průběhu několika dní po instalaci ustálily.

4. 3. Měření nivelace

Vzhledem k nepříznivým terénním podmínkám (velký sklon svahů, sutě), bylo osm nivelačních bodů, nad podélnou osou štoly, měřeno trigonometrickou nivelací z výchozích výškových bodů, ležících mimo vliv ražby. Dva příčné profily, každý osazený po pěti bodech, byly měřeny metodou přesné nivelace digitálním nivelačním přístrojem Trimble DiNi12.

Pro sledování výškových změn ústí šachty byla měřena přesná nivelace na čtyřech bodech, dále na zhlaví dvoustupňového extenzometru a inklinometru.

Příčné profily a jednotlivé body v podélném profilu zaznamenaly hodnoty sedání povrchu do 4mm.

4. 4. Měření extenzometrie

Víceúrovňovými tyčovými extenzometry bylo monitorováno rozvolnění horninového masivu v okolí výrubu do vzdálenosti 3,5m od klenby štoly. Na zhlaví extenzometru byly

v časových intervalech odečítány relativní změny vzdáleností mezi kotvou a zhlavím ext. Ve dvou sdružených profilech, ve staničení 37,40m a 97,5m, po presiometrických zkouškách byla provedena instalace sestav extenzometrů. Profil je vždy ze tří víceúrov.ext:

Strop štoly: třístupňový extenzometr (kotvy ve vzd.:1,5m; 2.5m; 3.5m,od klenby štoly) – 1x

Boky štoly: dvoustupňový extenzometr (kotvy ve vzd.: 1,5; 2,5m) – 2x

Po 8 dnech došlo k ustálení rozvolnění na uvedených hodnotách:

profil E1 (staničení 37,2m): strop: tříúrovňový extenzometr E1-1

L1 (1,5m) rozvolnění cca 7,6mm směrem do prostoru

štoly

L2 (2,5m): 7,4mm

L3 (3,5)m: 10,0mm

levý bok: dvouúrovňový ext. E1-2

L1 (1,5m): 1,6mm

L2 (2,5m): 6,9mm

pravý bok: dvouúrovňový ext. E1-3

L1 (1,5m): 4,8mm

L2 (2,5m): 5,6mm

Profil E2 (staničení 97,7m): strop: tříúrovňový extenzometr E2-1

L3 (3,5m): zaznamenal pohyb do 0,5mm

levý bok: E2-2

L2 (2,5m): 0,5mm

pravý bok: E2-3

L2 (2,5m): do 1,4mm

Po třech dnech od instalace došlo k ustálení hodnot.

Pro přesné měření výškových změn u dna šachty a v cca poloviční hloubce šachty byl instalován při stěně dvoustupňový ext.

1.výšková úroveň: 11m od úrovně terénu: kotva ext. přichycena k nosnému rámu šachty

2.výšková úroveň: 21m od úr. terénu: kotva zabetonována do dna šachty

Zhlaví je připevněno k ocelové desce navažené na rám konstrukce a nivelačně proměřováno.

Výsledky z tohoto ext. odráží reakci ocelové konstrukce na teplotní změny.

4. 5. Presiometrické zkoušky

Byly provedeny ve dvou sdružených profilech ve staničení 37,40m a 97,50m. V každém vějíři bylo celkem 10 zkoušek (v jednotlivých vrtech 3 + 4 +3). Ke zkouškám byl použit presiometr Ménard, typ GA určený pro skalní horniny (rozsah radiálního napětí 9MPa) se sondou NX (průměr 74mm). Získané hodnoty modulů přetvárnosti a pružnosti jsou vstupní parametry pro výpočtový model tunelu.

4. 6. Měření radiálních tlaků

Měření radiálních napětí na kontaktu hornina-primární ostění. Měření se provádělo pomocí tlakových podušek firmy Slope Indicators, obdélníkového tvaru o vel. 200cm² s el.snímačem. Podušky jsou umístěny ve sdružených profilech (37,50m;97,50m), vždy po třech: 1ks ve stropě, 2ks v klenbě v cca 2m.

4. 7. Měření náklonů

Náklonová měření se uskutečnila na konstrukci šachty za využití tiltmetru-měření náklonu na instalované podložce ve dvou kolmých osách. Bod PD1 je umístěn na ocelovém rámu cca 1,5m od ústí šachty, bod PD2 cca 5m na de dnem šachty. PD1 vykazuje náklon 142 úhlových minut, PD2 88 úhl. minut. U obou je patrný mírný vzrůstající trend náklonu.

4. 8. Měření přesné inklinometrie

Vedle ústí šachty (340m n.m.) byl vybudován vertikální inklinometrický vrt pro kontrolu vzniku a vývoje smykových ploch, ohrožujících stabilitu spodního svahu a průzkumného díla. Měření bylo provedeno sondou Glotzl typ NMG 30/2 s hloubkovým intervalem měření po 0,5m. Výsledky měření jsou vztaženy k výchozímu bodu u dna vrtu Sonda měří úklon od vertikální osy ve dvou kolmých rovinách v intervalu 0,5m. Vyhodnocují se horizontální deformace a tedy vznik smykové plochy. Vrt je 36m hluboký o \varnothing 200mm. Vrt nevykázal v celém průběhu měření výrazné polohové změny (do 2 mm).

4. 9. Měření konvergencí

K monitorování deformací definitivního ostění šachty bylo prováděno konvergenční měření pomocí extenzometrického pásma SINCO, a to na dvou profilech osazených každý čtyřmi body.

4. 10. Kontrolní sledování únosnosti svorníků

Kontrolní měření sil ve svornících prováděla fa SQZ s.r.o. dle objednávky zhotovitele štoly (Subterra a.s.) a odborník na GTM Pavol Mačina, který pro účely monitoringu provedl 10 dalších měření. Zkoušky představují postupné zatěžování tělesa svorníku až na hodnotu meze kluzu materiálu. Sleduje se deformace a případné vytažení svorníku z vrtu. Zkoušky proběhly na svornících typu Boltex 12 (hydraulické upevnění) , pomocí hydraulického tahoměru TORO – 2 .

Požadovaná únosnost zkoušených svorníků typu Boltex 12 délky 3m je 120kN.

Zkoušky pro monitoring: zkoušky proběhly na únosnost 133kN, z 10 kotev jedna nevyhověla, povytažena při tahu 45,6kN. U dvou kotev byla zkouška ukončena při 121,6kN.

Zhotovitel štoly: 18 zkoušek na kotvách Boltex 12, délka 3m, zkoušeny na 122kN (dvě na 129kN). Čtyři kotvy povytaženy, 3 při 106kN, 1 při 114kN.

15 zkoušek na svornících IBO 25R, délky 4m, cementová zálivka. Minimální únosnost na mezi kluzu je 120kN, na mezi pevnosti 160kN. Výsledky vyhovují.

Celkově jsou výsledky zhodnoceny jako vyhovující.

4. 11. Měření pevnosti stříkaného betonu Schmidtovým kladívkem

Nedestruktivní způsob měření pevnosti v jednoosém tlaku za využití získaného odrazového čísla a Millerova diagramu. Byl použit Schmidtův tvrdoměr typu N (C 181 Concrete Hammer) a bylo postupováno dle ČSN 73 1317 Stanovení pevnosti betonu v tlaku, ČSN 73 1370 Nedestruktivní zkoušení betonu, ČSN 73 1373 Tvrdoměrné zkoušení betonu. Provedeno 12 zkoušek.

4. 12. Hydrogeologický monitoring

Hydrogeologický monitoring měl stěžejní funkci s ohledem na přítomnost bobtnavých jílových minerálů v jemnozrnné frakci alterovaných tufů. Z prací podrobného průzkumu vyplývá, že hladina podzemní vody je zakleslá cca 10m pod úroveň nivelety štoly a tudíž nedošlo k ovlivnění stavby podzemní vodou. Na čelbách nebyl zaznamenán žádný přítok a v případě vody na počvě se jednalo o vodu technologickou a dešťovou (v jímce). Monitoring hladin podzemních vod byl realizován pomocí loggerů osazených ve dvou vrtech – HJ 24 a ARCH 1 a jednom podchyceném přelivném prameni, ze kterého bylo zásobováno zařízení staveniště.

4. 13. Odběr vzorků a laboratorní zkoušky

Laboratorní zkoušky hornin měly za úkol zjistit mechanické vlastnosti vybraných vzorků hornin v těchto částech trasy:

: v podélné ose štoly (30 lokalit): stanoven index pevnosti v bodovém zatížení a vlhkost

: ve sdružených profilech: odběr vzorků z vrtných jader, zjištěna pevnost v jednoosém tlaku

a moduly přetvárnosti

: prostor rozrážky pro zatěžovací zkoušky: index pevnosti v bodovém zatížení u vzorků odebraných při ražbě, pevnost v prostém tlaku, moduly přetvárnosti a bobtnání u vzorků z vrtného jádra.

4. 14. Terénní zkoušky bobtnání

Úkolem terénních zatěžovacích zkoušek bylo ověření efektu bobtnání a dlouhodobého (reologického) přetváření horniny a jeho vliv na výstavbu tunelu. Rozrážka pro tyto zkoušky byla situována ve staničení štoly 20,5m v pravé stěně štoly. V pravé stěně rozrážky převládal horninový typ N13a – silně zvětralý tuf, zatímco v levé již N13b.

Metodika: 6 zatěžovacích zkoušek označených od začátku rozrážky Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6 (lichá čísla na levé – severozápadní stěně, sudá na pravé – jihovýchodní) orientovaných v horizontálním směru zjišťovaly charakteristiky hornin v nezapažených bocích rozrážky. Zkoušky efektu bobtnání probíhaly jednak za „původní vlhkosti“ v průzkumné štole (resp. podmínek relativní vlhkosti vzduchu v rozrážce 49 až 54%) a po „zvlhčení“ (vlhkost vzduchu 96 až 100%). U povrchové části se přitom vlhkost horniny zvýšila v průměru z původních cca 25% na cca 30%.

U dvojic zkoušek (Z1+Z2 a Z3+Z4) byla dlouhodobě (5 měsíců) vyšetřována hodnota přetvoření (zatlačení dotvarováním a zvednutí v důsledku bobtnání) při udržování konstantního horizontálního napětí (0,1 a 0,3MPa). U třetí dvojice (Z3+Z4) byl dlouhodobě zjišťován vývoj bobtnacích tlaků za podmínek udržování konstantního počátečního přetvoření (odpovídajícímu horizontálnímu napětí 0,2MPa, zkouška typu „relaxační“). Sledování těchto jevů probíhalo ve 2. a 3.fázi zatěžovacích zkoušek (za původní vlhkosti a po zvlhčení). 1. fáze měla průběh standardní zatěžovací zkoušky a u tří dvojic se lišila jen ve vyvozeném napětí (0,1; 0,2; 0,3MPa).

Po zhodnocení uvedených částí zkoušek bylo u tří dvojic ve 4.fázi zvýšeno vyvozené napětí na 0,8; 0,9 a 1,2MPa a z tohoto pokračování standardní zatěžovací zkoušky

vypočteny příslušné moduly přetvárnosti. V 5.fázi bylo sledováno dlouhodobé (42dní) dotvarování (reologické přetváření) při uvedených maximálních napětích.

Zatěžovací desky měly kruhový tvar s průměrem 650mm (dosedací plocha 3320cm²) a splňovaly požadavky tuhosti. Pro spolehlivost výsledků byly měřicí systémy zdvojeny.

4. 15. Geoelektrická korozní měření

Zjištění eventuelního ohrožení kovových částí stavby tunelu korozním působením bludných proudů: měření bludných proudů na povrch terénu v podélné ose tunelu a u portálů

: stanovení zdánlivých měrných odporů na povrchu terénu a podél ostění štoly

4. 16. Zkoušky pevnosti betonu

Zhot. stavby prováděl kontrolu pevnosti betonu v tlaku dle ČSN EN 12504-1. Zkoušky zajišťoval fa SQZ.

4. 17. Úřední měření otřesů při trhacích pracích

Měření účinků technické seismicity provedl ing. Bartoš, Brno. Proběhlo kontrolní seismické měření otřesových účinků a akustického tlaku zkušebního odstřelu čelby. Tím byla ověřena stanovená technologie trhacích prací a prošetřeny dynamické účinky na okolních objektech a nejbližší obytné zástavbě v obci Prackovice, kde byly také ověřeny akustické účinky odstřelu.

4. 18. Měření bludných proudů před odstřelem

Ing. Bartoš provedl kontrolní měření možného výskytu bludných proudů a el. energie na profilu průzkumné štoly. Účele bylo proměření stávajícího pracoviště z hlediska zajištění bezpečnosti elektrického roznětu při provádění trhacích prací ve smyslu vyhl. ČBÚ č.72/1988 Sb.

4. 19. Úřední seismická měření

Kontrolní měření pro zhotovitele GTM provedla fa Geodyn spol. s.r.o., Praha. Vyhodnocení hluku, akustického tlaku a seismických účinků na lokalitě.

4. 20. Geofyzikální měření

V rámci první fáze projektu byl proměřen podélný profil P0 v průmětu osy štoly na povrchu a 6 příčných profilů P2 až P7 vedených symetricky v místech geodetických bodů a konvergenčních profilů G,K2 až G,K7, které jsou vzájemně vzdáleny 20m. Profil P1 vedený bodem G,K1 nemohl být změřen pro naprostou nepřístupnost terénu (strmá lomová stěna). Povrchový geofyzikální průzkum byl zaměřen na zjištění zvodnělých puklinových systémů a upřesnění geotechnických poměrů v okolí průzkumné štoly. Na profilech P0 a P2 až P7 byly využity tyto metody: VES (vertikální elektrické sondování): pro zjištění litologických poloh ve vertikálním sledu a subvertikálních poruch

DOP (dipólové odporové měření): odporové změny podél měřeného profilu, za účelem vymapování strmých tektonických poruch

MRS (mělká refrakční seismika): dle rychlosti šíření seismických vln byl charakterizován geotechnický stav hornin: třída pevnosti dle ČSN 73 1001, třída těžitelnosti dle ČSN 73 3050.

Geofyzikální průzkum ve štole byl zaměřen na stanovení geotechnických vlastností horniny přímo těžené. Proveden seismický profil S metodou MRS a dva rovnoběžné profily R1 a R2 georadarovou metodou GPR: vyhledání nehomogenit v okolí měřeného profilu do hloubek prvních metrů.

Dle MRS bylo horninové prostředí rozděleno na tyto vrstvy:

1.vrstva: kvartérní hlíny a sutě o seismických rychlostech 350-600 m/s, nižší hodnoty odpovídají hlínám, vyšší sutím.

2.vrstva: podložní horniny. tufy , místy i bazalty, se seismickými rychlostmi 800m/s a vyššími, v úrovni štoly pak 800-1600m/s.

Porovnáním výsledků měření na povrchu, ve štole a s přihlédnutím ke geologickému řezu se vyčlenily následující porušené zóny: 58.410 (13.0m staničení), 58.435-58440 (38.0-43.0m), 58.458 (61.0m), 58.495-58.505 (98.0-108.0m), 58.530-58.540 (133-143m).

Georadarové měření ukazuje, že v hlouce cca 3m pod počvou štoly lze sledovat rozhraní, které by mohlo odpovídat pevnějším horninám a dále jsou zřetelné poklesy odrazných rozhraní v místech vyššího porušení hornin (AZ Consult et al., 2005)

5. Zastižené geologické poměry

V díle bylo zastiženo, vyčleněno a charakterizováno 7 horninových typů:

- N12 - tufy zcela zvětralé, třídy R6, rozložené na jílovotopísčitou zeminu tuhé konzistence, dle ČSN 73 1001 je řadíme do tř. R6 s těžitelností dle ČSN 73 3050 tř. 3, dle ČSN 72 1001 tř. W5.
- N13a - tufy silně zvětralé R5, jsou cihlově červené barvy s bílými šmouhami až rezavě hnědé s vyrostlicemi tmavých minerálů, zejména amfibolů, dále pak olivínů, dle ČSN 73 1001 je řadíme do tř. R5 s těžitelností tř. 4, dle ČSN 72 1001 tř. W4.
- N13b - tufy mírně zvětralé až navětralé R4, jsou převážně cihlově červené až světle fialové barvy, taktéž s vyrostlicemi tmavých minerálů, tento typ tufů je tvořen úlomkovitě až kusovitě odlučnou horninou, na puklinách místy s povlaky kalcitu, dle ČSN 73 1001 je řadíme do tř. R4 s těžitelností tř. 5, dle ČSN 72 1001 tř. W3-2.
- N14 - bazalty rozložené na eluvium – jsou tvořené zeminou charakteru eluviálního rezidua, tř. R6, kde převažuje písek hlinitý a hlína písčité s drobnými úlomky bazaltu, s třídou těžitelnosti 3 - 4, dle ČSN 72 1001 třída W5.
- N14a - bazalty silně zvětralé R5, jsou růžově šedé barvy, olivínické, dle ČSN 73 1001 je řadíme do tř. R5 s těžitelností tř. 4, dle ČSN 72 1001 tř. W4.
- N15 - rozpukané bazalty zcela zvětralé, třídy R4, jsou šedozelené barvy, olivínické, hornina je drobně úlomkovitě rozpadavá, vel. 1 - 5cm, porézní, na puklinách s povlaky Fe-oxidů a hydroxidů, limonitizovaná, snadno rozpojitelná, řazená dle ČSN 73 1001 do tř. R3, R4 a dle ČSN 73 3050 to tř. 5, dle ČSN 72 1001 tř. W4-3.
- N15a - rozpukané bazalty navětralé, třídy R2, jsou šedozelené barvy, olivínické, hornina je převážně kusovitě rozpadavá, místy s povlaky Fe-oxidů a hydroxidů na puklinách, těžce rozpojitelná kladívkem, řazená dle ČSN 73 1001 do tř. R2 s těžitelností 6, dle ČSN 72 1001 tř. W2.

5. 1. Geologické poměry přístupové šachty

Popisovaný geologický profil zastižený při hloubení šachty se vztahuje k SZ stěně šachty, která je současně směrem ražby štoly.

úroveň: 340 m n.m. (ústí šachty): v mocnosti 1m zastiženy navážky charakteru zemin

hlinitopísčitých až písčitých se šterky s kameny bazaltů

339 - 334 m n.m.: zastiženy N15a navětralé bazalty R2, silně rozpukané na úlomky vel. do 20cm, hornina je šedé barvy, zastižené pukliny jsou rozevřevé do 5mm a bez výplně.

334 - 326,5 m n.m.: byly zastiženy především horniny N13a - tufy silně zvětralé R5, tyto horniny jsou cihlově červené barvy s bílými šmouhami, rozpukané do úlomků vel. do 20cm. V úrovni 329,0 - 328,0 m n.m. bylo zachyceno drobné těleso zcela zvětralých bazaltů N15 třídy R5 s úlomky vel. do 5cm. V úrovni 328,0 m n.m. nastupují pak zcela zvětralé tufy N12 třídy R6, které jsou charakteru jílovitopísčitých až písčitojílovitých zemin (F4 CS až S5 SC) tuhé konzistence. V těchto zeminách nebyly zjištěny plochy nespojitosti. Od hloubky 17,0m, tj. 323,0m n.m. byly v budoucí čelbě vlastní štoly zastiženy bazalty zcela až silně zvětralé třídy R5 - R4 s jílovitou výplní puklin, které jsou otevřené na 1-2mm. Povrch puklin je zvlněný a drsný.

Podzemní voda nebyla v celém odkrytém profilu zastižena.

5. 2. Geologické poměry průzkumné štoly

Apendix:

Staničení (m)	Zastižené horninové typy
-3,05 až -6,25	N13a tuf silně zvětralý R5 a N12 tuf zcela zvětralý R6, N15 bazalty silnězvětralé třídy R4

Štola:

Staničení (m)	Zastižené horninové typy
3,1 - 6,3	N15 bazalty silně zvětralé třídy R4, zpočátku též N12 tufy zcela zvětralé, třídy R5
6,3 - 8,7	N13a tufy silně zvětralé R5
8,7 - 11,9	N15 bazalty silně zvětralé třídy R4

11,9 - 13,9	N13b tufy mírně zvětralé až navětralé R4
13,9 - 15,65	N13a tuf silně zvětralý R5
15,65 - 16,65	N13a tuf silně zvětralý R5 a N14a bazalt zcela zvětralý R5
16,65 - 20,65	N13a tuf silně zvětralý R5 a N12 tuf zcela zvětralý R6
20,65 - 21,65	N13a tuf silně zvětralý R5 a N13b tufy mírně zvětralé až navětralé R4
21,65 - 27,65	N13a tuf silně zvětralý R5
27,65 - 31,40	N13b tufy mírně zvětralé až navětralé R4
31,40 - 43,00	N13a tuf silně zvětralý R5
43,00 - 47,50	N12 tuf zcela zvětralý R6
47,50 - 80,15	N12 tuf zcela zvětralý R6 a N13a tuf silně zvětralý R5, hranice mezi oběma typy je nezřetelná
80,15 - 99,30	N13a tuf silně zvětralý R5
99,30 - 102,40	střídání N13a tufů silně zvětralých R5 a N13b tufů mírně zvětralých R4
102,40 - 107,40	N13a tuf silně zvětralý R5
107,40 - 110,40	střídání N13a tufů silně zvětralých R5 a N13b tufů mírně zvětralých R4
110,40 - 135,95	N13b tuf mírně zvětralý R4, místy přítomnost bazaltů N15 mírně až silně zvětralých R3-R4

Rozrážka pro zkoušky bobtnání (st. 20,5m):

Staničení (m)	Zastižené horninové typy
0,0 - 0,6	N13a tuf silně zvětralý R5, N13b tufy mírně zvětralé a N12 tuf zcela zvětralý R6
0,6 - 5,1	N13a tuf silně zvětralý R5
5,1 - 8,0	N13b tufy mírně zvětralé R4

5. 3. Zatřídění dle tunelářských klasifikací

Standardně bylo prováděno zatřídění každé čelby dle QTS (Tesař). Dokumentace však obsahuje dostatek informací i pro zatřídění dle klasifikace RMR (Bienawski).

V závislosti na typu horniny, výplně diskontinuit a především intenzitě rozpukání jsou uvedeny dosažené hodnoty QTS s odvozenou technologickou třídou NRTM pro průzkumnou štolu Prackovice (AZ Consult, 2005).

Štola (0-136m):

Staničení (m)	Počet bodů QTS	Technologická třída NRTM
0,0 - 4,7	klas. jako zemina konzistence tuhé	5a
4,7 - 42,25	37 - 51 bodů	3
42,25 - 70,95	max. 32 bodů, zemina konzistence tuhé	4-5a
70,95 - 76,75	43 - 64,5 bodů	3
76,75 - 80,15	klas. jako zemina konzistence tuhé	5a
80,15 - 88,00	39,5 - 55 bodů	3
88,00 - 93,60	37 - 38	4
93,60 - 135,95	38,5 - 58 bodů	3

Rozrážka do boku (ve st. 20,5m):

Staničení (m)	Počet bodů QTS	Technologická třída NRTM
0,0 - 8,0	51,5 - 59 bodů	2-3

Apendix (směr pražský portál):

Staničení (m)	Počet bodů QTS	Technologická třída NRTM
-3,05 až -6,25	max. 41 bodů, zemina konzistence tuhé	4-5a

5. 4. Hydrogeologické poměry v díle

Z předběžné i podrobné fáze průzkumných prací vyplývá, že hladina podzemní vody je zakleslá cca 10 m pod úroveň nivelety štoly. Proto se ani nepředpokládalo, že by režim podzemních vod ovlivnil stavbu a naopak stavba měla vliv na režim podzemních vod. Nebyly zaznamenány žádné přítoky na čelbách. Voda vyskytující se na počvě ve formě bláta je technologická voda používaná při vrtání a při stříkání betonů.

Ze současných poznatků a měření v pozorovacích vrtech by ražba budoucího tunelu neměla být ovlivněna sezónním kolísáním hladiny podzemní vody a naopak by neměl být ovlivněn její režim (AZ Consult, 2005)

6. Strukturní analýza

Strukturní analýza horninového masivu v prostoru budoucího tunelu je alternativní součástí projektu ražby tunelu. Stabilita výrubu ve skalních horninách v menších hloubkách je výhradně podmíněna systémy přirozených ploch nespojitosti, které představují místa oslabení pevnosti skalního masivu. Proto jsem se pokusil analyzovat modelově prostředí v okolí otevřeného výrubu s cílem vytipovat kritická místa v podélném řezu projektovaného tunelu.

Nejpříhodnější alternativou pro strukturní analýzu je zvolená průzkumná štola vedená v tunelové troubě zamýšleného tunelu. Neboť má za úkol ověřit geologické podmínky v místě ražby z předběžného průzkumu, vymezit kvazihomogenní celky, zvolit vhodnou technologii ražby, charakterizovat geotechnický stav zastižených hornin a zdokumentovat rozpukanost masivu prostřednictvím provedených strukturních měření. Strukturní měření představují nejdůležitější vstupní data do strukturní analýzy, jejímž úkolem je jejich vyhodnocení.

Za první fázi analýzy mohu označit vyhodnocení převládajících směrů ploch nespojitosti, které jsou zároveň charakteristické pro jednotlivé úseky štoly. Analýza začíná popisem a zatříděním všech strukturních měření zdokumentovaných na jednotlivých čelbách, a je zaměřeno na výplň každé plochy nespojitosti. Nejpodstatnějším krokem první fáze je rozdělení štoly v podélném profilu do úseků, na kterých proběhne samotný statistický výpočet hodnot (sklon a směr) charakteristických ploch nespojitosti. Tato část analýzy je důležitá pro získání představy o rozpukanosti horninového masivu ve zvoleném úseku štoly a výsledné hodnoty strukturních dat jsou vstupními parametry do další fáze analýzy.

Druhá fáze umožňuje vyhodnocení nebezpečí nadvylomu horniny do prostoru výrubu na námi zvolených úsecích průzkumné štoly v podélném profilu. Jádrem vyhodnocení nadvylomu je teorie klíčového bloku (Goodman, Shi, 1984). Ta předpokládá, že při ražbě podzemního díla v rozpukaném horninovém masivu může dojít k uvolnění bloků do prostoru výrubu. Bloky jsou vymezeny plochami nespojitosti, jejichž hodnoty na jednotlivých úsecích jsou známy z první fáze analýzy. Hlavním principem teorie klíčového bloku je určení a vymezení maximálního kritického bloku v okolí výrubu, který se označuje jako „klíčový blok“. Zmíněný blok vypadne do prostoru výrubu v okamžiku, kdy dojde k jeho úplnému vymezení volnými plochami výrubu, tedy postupem ražby. Avšak k pohybu tohoto bloku nemusí vůbec dojít, je-li včas rozpoznán a je zajištěna jeho stabilita (Lang, 1986). Vymezení maximálního klíčového bloku ve stěně výrubu a jeho velikost

v příčném řezu tunelu je schopna vynést teorie klíčového bloku. Sílu potřebnou k dosažení limitní rovnováhy bloku lze vypočítat s využitím vhodného softwaru.

Výsledkem strukturní analýzy je výběr vhodného způsobu zajištění a vystrojení jednotlivých úseků budoucího tunelu.

Na závěr uvedeného principu analýzy je třeba podotknout, že se jedná o studii, která by měla odhadnout mechanismus nejčastějšího porušování stěn volného výrubu vlivem orientace ploch nespojitosti a upozornit na nejkritičtější místa.

6. 1. Hlavní směry ploch nespojitosti

Cílem první fáze analýzy je vyhodnocení převládajících směrů ploch nespojitosti charakteristických pro zvolené úseky průzkumné štoly. Jako vhodný pro tuto část analýzy jsem zvolil software Sphaira 2.0, umožňující přehledné zpracování a statistické vyhodnocení strukturních měření. Sphaira nabízí tvorbu projektu zahrnujícího strukturní data pro jeden a více řezů. To znamená, že již v prvním kroku je třeba rozlišit, z jakého místa čelby data pocházejí. Ze stropu, levého, pravého boku či z čela čelby. Pro každou uvedenou část čelby je pak možné vytvořit vlastní podélný řez. Každý řez je tvořen diagramy. S využitím nabídky filtrů rozdělujeme data do jednotlivých diagramů a volíme jejich a projekci ve vhodné síti.

6. 1. 1. Strukturní data

Zdrojem strukturních dat se stala primární dokumentace čelb průzkumné štoly provedená firmou AZ Consult spol. s r.o.

Každému strukturnímu měření je přidělen směr (azimut), sklon, třída, skupina, váha, souřadnice x,y,z a komentář.

směr vrstvy:

Odchylka směru roviny vrstvy od magnetického severu, udávaná ve stupních (0-360°) nebo v gradech (0-400g). Směr vrstvy je určen směrovou přímkou, což je průsečnice vodorovné roviny s rovinou vrstvy.

sklon vrstvy:

Odchylka roviny vrstvy od vodorovné roviny. Je charakterizován sklonovou přímkou, která je přímkou největšího spádu vrstvy a je vždy kolmá ke směrové přímce.

Obě hodnoty byly dokumentovány v gradech, ale pro analýzu byla data převedena na stupně.

třída:

Představuje označení strukturního prvku, rozdělení na lineární či planární prvek a jeho charakteristiku, která je zaměřena na výplň.

Dokumentace průzkumné štoly Prackovice obsahuje 543 strukturních měření, vždy planárních, které jsem rozdělil do 10 tříd podle druhu výplně diskontinuity. Horniny zastížené v profilu průzkumné štoly nenesly známky strukturních prvků, tedy foliace ani vrstevnatosti, které by se jinak staly dalším měřítkem pro rozdělení dat.

Typy vymezených tříd v Průzkumné štolě Prackovice:

č.třída	označení	popis výplně
1	d	bez výplně
2	dj	s jílovitou výplní
3	dp	s písčitou výplní
4	dFe	s Fe povlaky
5	dCa	s kalciovou výplní
6	dFeCa	s Fe povlaky a kalcitovou výplní
7	djp	s jílovitopísčitou výplní
8	djCa	s jílovitokalcitovou výplní
9	djFe	s jílovitou výplní a Fe povlaky
10	dlim	s limonitem

skupina:

Nabídka umožňuje strukturním měřením přidělit příslušnou litologii, ve které byly zdokumentovány, a podle ní rozčlenit do skupin.

váha:

Všem strukturním měřením jsem přiřknul stejnou váhu.

souřadnice xyz:

Souřadnice **x** představuje staničení průzkumné štoly, které se na stavbě 0805 G pohybovalo od -6,25 do 135,95 metru.

: úsek -6,25-0,00 představuje tzv. "Apendix", který byl vyražen ze vstupní šachty směrem k budoucímu pražskému portálu.

: úsek 0,00-135,95 je tedy hlavní část štoly: pražský - ústecký portál.

Souřadnice yz jsem ponechal nulové, protože nebylo počítáno s řezy pro strop či boky.

komentář:

Doplňkový popis diskontinuity-průběžnost, rozevření,...

6. 1. 2. Zobrazení dat

Pro vynesení parametrů orientací ploch nespojitosti, které byly ve štole zdokumentovány, jsem zvolil metodou Lambertovy projekce do pólové, tzv. „ekvatoriální“ sítě.

Lambertova projekce, někdy též označována jako Schmidtova, je plochojevné zobrazení, kde strukturní prvky zobrazíme v rovině nadiru a následně sklopíme. Tato projekce je vhodná pro statistickou analýzu strukturních dat.

Výsledná síť je Lambertova síť narotovaná do pólové polohy a je tvořena systémem koncentrických kružnic a svazkem azimutálních přímek. Přímký určují azimutální rozdělení kružnic sítě. Velikost poloměru každé z koncentrických kružnic pak vyjadřuje velikost sklonu, 0° odpovídá obvodová kružnice, 90° střed. Rozteč mezi dvěma kružnicemi představuje 10° . Pólová síť slouží k vynášení přímek. Každý zobrazený bod je bodové znázornění jedné plochy nespojitosti jako průnik normály této plochy se spodní projekční polokoulí promítnutý na horní rovinnou kruhovou plochu.

Nabídka programu poskytuje i další druhy zobrazení (velké kružnice, malé kružnice, růžicový diagram,..), ale póly ploch jsou při větším množství dat nejprůhlednější metodou.

Pro zvýraznění jsem barevně odlišil všech 10 tříd strukturních měření.

6. 1. 3. Konstrukce diagramů

Ze základního zobrazení pólů všech ploch nespojitosti v jednom pólovém diagramu potřebujeme rozdělit štolu na určitý počet úseků, tedy diagramů. V každém úseku by měl být vyvinut určitý charakteristický systém diskontinuit, který vlastně hledáme a s ním pak dále pracujeme.

Rozdělení do diagramů:

- 1) vytýčení libovolného úseku štoly s využitím hodnot staničení
- 2) „aktivní“ úsek posouváme libovolně po délce řezu průzkumné štoly a libovolně měníme jeho velikost, cílem uvedeného přerozdělování dat je, aby póly ploch spadající do vymezeného úseku začaly tvořit shluky na pólové síti, z nich pak ve

výsledku jsou vypočteny hlavní směry ploch nespojitosti charakteristické pro „aktivní“ úsek.

- 3) v dalším kroku se naváže na horní hodnotu staničení ukončeného úseku a pokračuje se stejným způsobem, dokud není jednotlivými diagramy pokryt celý podélný profil raženého díla.

Vznik shluků a jejich dostatečné vizuální ohraničení závisí na subjektivním hodnocení zpracovatele, ale místa největší koncentrace určí Sphaira statistickým výpočtem.

Celý profil štoly jsem rozdělil na 12 diagramů, tedy úseků (v m): (-6,5-6), (6-10), (10-20), (20-35), (35-53), (53-64), (64-79), (79-94), (94-105), (105-115), (115-125), (125-136). Vzhledem k délce štoly je toto rozdělení poměrně jemné. Na stavbě, kde jsem použil stejnou metodu distribuce dat (stavba 514 Lahovice-Lochkov) se délky úseků pohybují od 20 až do 150 metrů.

Takto dlouhé úseky však v případě Prackovic nebylo možné vytýčit vzhledem k zastížené geologii v průzkumné štolě. Přítomné oligomiocénní bazalty a tufy jsou silně rozpukané a postižené střelnými pracemi prováděnými v 70. letech při realizaci těžby. Bez přítomnosti zvrstvení, foliace a jiných pravidelnějších strukturních a tektonických prvků, které by se staly dominantními při zobrazení všech ploch nespojitosti.

Při vynesení delších úseků docházelo k téměř pravidelnému rozptýlení strukturních měření po pólovém diagramu a proto jsem musel přistoupit k jemnějšímu dělení štoly, aby se shluky pólů staly zřetelnějšími.

6. 1. 4. Charakteristické směry ploch nespojitosti

Pro výpočet hlavních směrů jsem pólový diagram převedl pomocí programu na diagram plošných četností. Principem je zavedení kruhového počítáče, jehož plocha v mém případě představuje 0,25% plochy diagramu a má průměr 9°. Počítač v každém kroku výpočtu je umístěn svým na středem na libovolný průsečík sítě a zaznamená počet zobrazených bodů ležících uvnitř jím definované plochy. Tento postup je zopakován pro všechny průsečíky, přičemž některé body jsou započítány vícekrát. Výsledkem je zjištění maximální hustoty dat na 0,25% plochy diagramu.

Na zpřesnění některých údajů maxim jsem použil eliminování dat pomocí specifikovaných polygonů, které umožnily výpočet pro vybranou skupinu dat. U některých skupin dat jsem zvolil metodu připínání a odepínání některých z 10 tříd strukturních dat, která umožnila zjistit vliv dané či daných tříd na výpočet maxima.

Výsledné hodnoty maximálních hustot byly v pólovém diagramu vyznačeny křížky, jejich hodnoty odečteny a dále vyneseny jako velké oblouky v poledníkové síti. Ty představují hlavní směry ploch nespojitosti.

V závěrečné fázi jsem do diagramu vynesl isolinie podle maximálních hodnot hustot, které měly za úkol zpřehlednit a zobrazit jejich plošné rozložení. Každá jsem označil odlišnou barvou a příslušnou hodnotou hustoty.

Výsledné parametry hlavních ploch nespojitosti

Diagram	1	2	3	4	5	6
Úsek (m)	-6-6,5	6-10	10-20	20-35	35-53	53-64
Hodnoty(°)	229/72	319/72	211/63	180/54	139/45	157/45
	85/54	148/54	139/79	94/81	157/54	184/54
	130/54	121/72	293/72	112/81	229/81	58/72
		184/72			49/90	220/81
					229/90	
Diagram	7	8	9	10	11	12
Úsek	64-79	79-94	94-105	105-115	115-125	125-136
Hodnoty	157/36	130/72	148/36	139/36	157/18	148/90
	311/72	4/81	139/90	319/36	58/72	329/90
	58/81	211/72	319/90	301/63	157/54	275/18
			229/81	76/72	337/63	311/72
				166/81		

6. 2. Vyhodnocení nebezpečí nadvýlomu

Druhá fáze analýzy je založena na teorii „klíčového bloku“ (Goodman, Shi 1984). Proto je důležité seznámit se s jejími vstupními podmínkami a následně výsledky.

6. 2. 1. Teorie bloků

Výrub do horninového masívu s větším počtem systémů diskontinuit může uvolnit bloky různých velikostí. Při potenciálním pohybu toho nejkritičtěji umístěného pravděpodobně dojde k porušení sousedních bloků a následné vypadávání a skluzu bloků změni tvar výrubu a mohou narušit i celkovou integritu podzemního díla.

Základním principem teorie klíčového bloku je poznatek, že bloky jsou tvořeny průniky různoběžných ploch nespojitosti a ploch výrubu. Bez ohledu na to, jakým počtem ploch je blok vymezen, zpočátku je jeho pohyb určen jen několika způsoby, a to: vypadáváním, skluzem po ploše, nebo kombinací skluzu a rotace. Všechny tyto pohyby vyžadují, aby došlo k otevření některé z ploch. Prvním varováním o pohybu bloků je tedy rozevírání diskontinuit. Avšak je-li potenciaálně nebezpečný blok objeven dříve než nastane pohyb a je zajištěna jeho stabilita, potom nedojde k pohybu žádného bloku. To je principem teorie klíčového bloku (Goodman a Shi, 1984). Nejnebezpečněji vymezené bloky se nazývají „klíčové bloky“. Metoda stanoví postupy pro popis a lokalizaci klíčových bloků, pro zavádění schémat a výběr výrubových směrů a tvarů, které minimalizují nebo kompletně eliminují požadavky na vystrojení.

6. 2. 2. Typy bloků

Schéma 1 představuje šest typů bloků v okolí výrubu. Typ VI je puklinový blok, který nemá žádnou společnou plochu s obvodem výrubu, a tedy ani volnou. Typ V sice má, je však nekonečný. Žádný z těchto bloků nemůže být blokem klíčovým. To samé platí i pro IV, který má kónický tvar a neexistuje směr pohybu do vytěženého prostoru, aniž by došlo k posunu sousedních bloků. Všechny ostatní bloky jsou vymezené a mohou vypadnout. Zda se tak stane, nezávisí jen na geometrii, ale i na směru výsledné síly velikosti třecích úhlů na plochách.

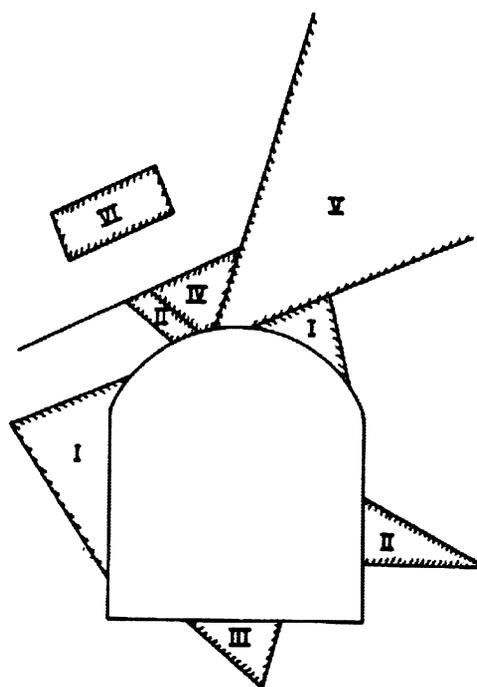


Schéma 1: Typy bloků (Goodman, Shi, 1984)

Blok III je bezpečný vlivem působení gravitace. Oba typy II jsou bezpečné díky tření, ten ve stropě je tvořen dvěma paralelními plochami, čili možnost pohybu přichází v úvahu pouze v daném směru a zároveň toto omezení výrazně zvyšuje smykový odpor (Goodman, Boyle 1986). Typ II ve stěně má vodorovnou základnu, a pokud úhel tření má přijatelnou hodnotu, nemělo by dojít k pohybu, (pokud tedy nedochází na puklině k prudění vody, nebo zrychlení neotáčí směr výsledné síly z vertikály do prostoru výrubu).

Bloky typu I se nepochybně pohnou v momentě, kdy ražba dospěje k jejich vymezení jako individuálních bloků. Blok ve stropě vypadne a druhý vyjede po ploše ze stěny. Oba dva představují „klíčové bloky“.

Teorie bloků zavádí systém pro rozdělování bloků do seskupení. Prvním krokem je oddělení nevypadnutelných bloků (IV, V, VI) od vypadnutelných (I, II, a III) podle Shi (1984). Následné řešení bere v úvahu směr skluzu a vypadnutí, orientaci výsledné síly, a proto můžeme rozlišit typ III od typů II a I. Výsledné řešení limitní rovnováhy stanoví klíčové bloky a určí požadavky na vystrojení.

6. 2. 3. Vyznačení bloků

Můžeme uvažovat, že každá plocha nespojitosti rozděluje prostor tvořený horninovým masivem do dvou poloprostorů, které se pro zjednodušení označují jako „horní poloprostor“ a „dolní poloprostor“. Podle úmluvy jsou jim přiřazeny numerické hodnoty, a to 0 pro horní poloprostor a 1 pro dolní. Bloky v horninovém masivu nesou tedy číselné označení. Jejich kombinace závisí na prostorovém uspořádání ve smyslu horních a dolních poloprostorů tvořených určitým počtem diskontinuit v masivu (Harrison, 1997).

Pro příklad, blok na schématu 2 je tvořen průnikem čtyř poloprostorů: 0100 (U₁L₂U₃U₄)

U₁, značí, že blok je tvořen horním poloprostorem definovaným plochou 1,

L₂, je dolní poloprostor od plochy 2

U₃, poloprostor nad plochou 3

U₄, definuje poloprostor nad plochou 4

První dvě plochy představují diskontinuity v masivu, zbylé dvě pak charakterizují stěny podzemního díla.

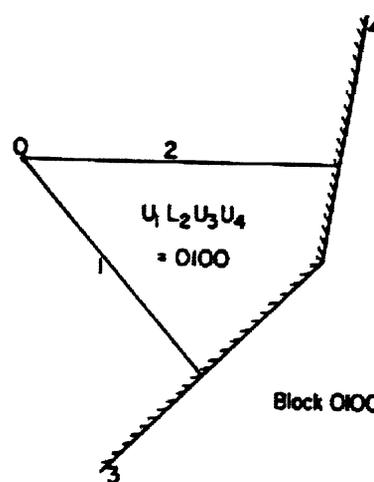


Schéma 2: Blok vymezený dvěma diskontinuitami a dvěma plochami (Goodman, Shi, 1984).

6. 2. 4. Shi Teorie

Doposud jsme neuvažovali konkrétní, specifickou polohu diskontinuit. Proto je vhodné vnést podmínku, že geometrie bloku je definována, jestliže se všechny plochy protínají v jednom bodě, 0. (schéma 3) (Shi, 1984). Při splnění této podmínky nabývají bloky pyramidového tvaru, který můžeme též nazvat „puklinová pyramida“ a značit JP (joint pyramid)

Taktéž u ploch tvořících stěny výrubu uplatňujeme pravidlo, že dělí prostor na „skalní a volný poloprostor“ a dle podmínky protnutí v bodě označíme skalní stranu jako „výrubová pyramida“, EP (excavation pyramid).

Shi (1984) stanovil, jestliže puklinová pyramida a výrubová pyramida nemají žádný průnik, $JP \cap EP = 0$, pak se jedná o blok, který má možnost vypadnout.

Na schématu 3 jsou vykresleny dvě diskontinuity, 1 a 2, a dvě výrubové plochy, 3 a 4, které vymezují skalní blok 0100. Obě pyramidy jsou jasně vyznačeny a matematicky definovány jako:

$$U_1 \cap U_2 = JP$$

$$U_3 \cap U_4 = EP$$

a jelikož JP a EP nemají společný sektor, stává se blok vypadnutelným.

S využitím představeného postupu může být stanoveno nebezpečí vypadnutí všech vzniklých bloků vzhledem ke všem možným plochám výrubu (strop, levý, pravý bok). V této 2D projekci jsou bloky představovány úhly v ploše, ve 3D se stanou pyramidami s vrcholem v počátku.

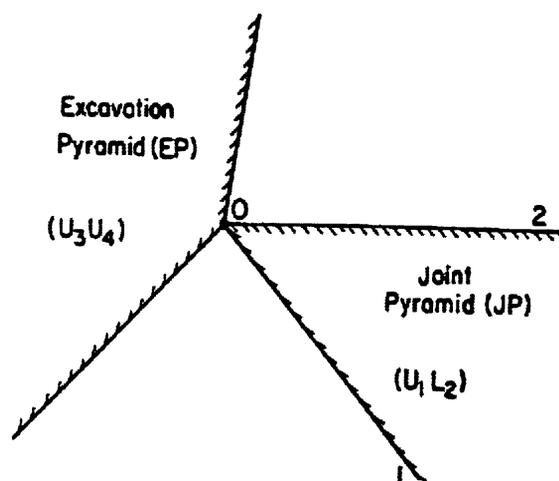


Schéma 3: JP a EP pro vypadnutelný blok
(Goodman, Shi, 1984)

6. 2. 5. Využití stereografické projekce pro vymezení vypadnutelných bloků

Stereografická projekce zjednodušuje řešení blokové teorie, neboť redukuje jednu z prostorových dimenzí. Přímka procházející středem referenční koule je zobrazena jako bod a plocha procházející tímž středem je zobrazena jako oblouk velké kružnice. Předpokládáme, že plocha je ukloněna o úhel α od horizontální plochy a má směr β měřený od severu po směru hodinových ručiček. Středem velké kružnice zobrazující danou plochu je bod C, jehož vzdálenost od středu referenční kružnice s poloměrem R a středem 0 je dána vztahem:

$$OC = R \tan \alpha$$

a poloměr velké kružnice r : $r = R/\cos \alpha$

Schéma 4 ukazuje příklad stereografické projekce plochy nespojitosti a jejích dvou poloprostorů. Plocha je ukloněna 30° k západu ($\alpha = 30^\circ$, $\beta = 270^\circ$). Například pro zvolený poloměr $R = 5$, potom $OC = 2.89$ a $r = 5.77$. (Různé R mění velikost projekce, ale nemá vliv na vztahy mezi úhly.)

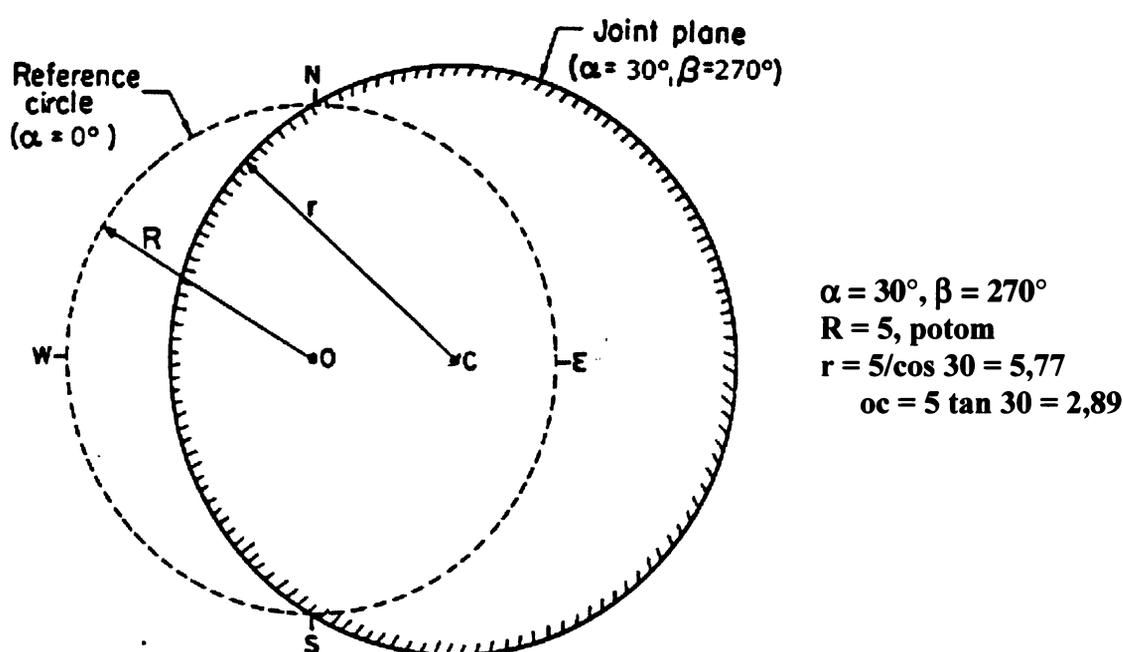


Schéma 4: Stereografická projekce diskontinuity 270/30 do spodní hemisféry (Goodman, Shi, 1984)

Část vymezená velkou kružnicí protínající oblast uvnitř referenční kružnice představuje linie ležící v dané ploše, které směřují do spodní hemisféry projekční koule. Část kružnice, která leží vně referenční kružnice vyjadřuje linie v ploše vedoucí do horní hemisféry.

Prostor uvnitř kružnice se středem C zahrnuje všechny linie procházející bodem O, které směřují do spodního poloprostoru plochy 270/30. Body ležící mimo kružnici jsou zobrazením všech linií procházejících O do horního poloprostoru.

Jestliže je kružnice se středem C zobrazením diskontinuity ze systému diskontinuit označeného jako č.1, potom můžeme oblasti uvnitř kružnice přiřadit označení L1(lower) a oblasti vně U1(upper).

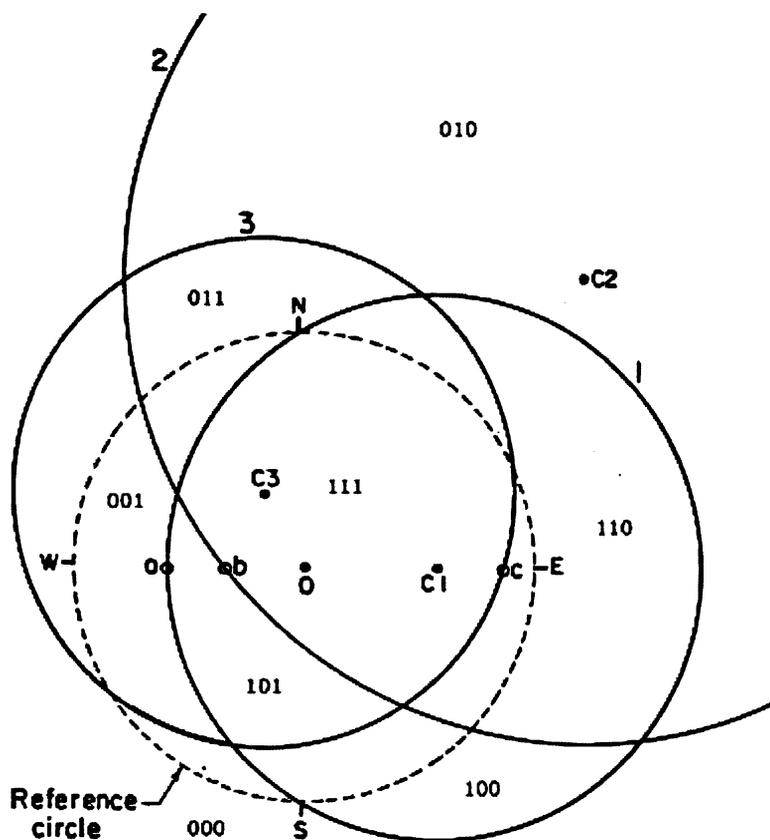
Nyní uvažujeme puklinový systém zahrnující tři systémy diskontinuit. První je reprezentován plochou 270/30, druhý systém 225/60 a třetí 150/20. Tyto tři plochy byly

vyneseny jako oblouky velkých kružnic. Jejich průniky tvoří osm sférických trojúhelníků. Předpokládáme, že bod 0 je středem referenční koule a současně leží v každé kružnici. A proto linie, kterou je bod 0 charakterizován, směřuje do spodního poloprostoru každého ze tří zobrazených systémů diskontinuit.

Následně přiřadíme kombinaci čísel 0 a 1 jednotlivým sférickým trojúhelníkům vzhledem k pravidlu spodního a horního poloprostoru, tedy zda trojúhelník leží uvnitř (1) či vně (0) kružnice. Při tvorbě kombinací je nutné dodržovat číselné pořadí diskontinuit (na schématu 5: 1,2,3).

Podle tohoto pravidla byl sférický trojúhelník s bodem 0 označen 111. Bod C2 leží uvnitř velké kružnice č.2 a zároveň vně velké kružnice č.1 a č.3, proto mu byla přidělena kombinace 010.

Osm sférických trojúhelníků na schématu 5 jsou třídimenzionálními analogiemi úhlu U1L2 na schématu 3. Můžeme říci, že jsou puklinovými pyramidami (JP) systému. Shi teorie (1984) stanoví, že blok je vypadnutelný jen tehdy, existuje-li JP ve stereografické projekci a zároveň tato JP nemá žádný průnik s výrubovou pyramidou (EP).



<u>Diskontinuita</u>	<u>sklon (α)</u>	<u>směr sklonu (β)</u>
1.	30	270
2.	60	225
3.	20	150

Schéma 5: Konstrukce velkých kružnic a JP's pro systém disk.

(Goodman, Shi, 1984), (upraveno, Svoboda, 2006)

6. 2. 6. Aplikace na podzemní prostory

Strop díla

Každá stěna podzemního díla, hrany, rohy mají vlastní specifické výrubové pyramidy (EP's). Pro zjednodušení si představme horizontální strop díla. Na schématu 3, ve

dvoudimenzionální projekci, je vidět, že výrubová pyramida je úhel mezi poloprostory výrubových ploch, které zahrnují blok. V případě stropu je jasné, že bloky budou ležet v horním poloprostoru plochy, tudíž EP je prostor nad stropem. Ve stereografické projekci tedy oblast vně referenční kružnice.

Nyní uplatníme Shi teorii, abychom našli takovou puklinovou pyramidu (JP), která nemá žádný průnik s EP. Pouze JP 101 splňuje tyto požadavky a ukazuje se, že jen bloky tvořené průnikem stropu s dolními poloprostory diskontinuit 1 a 3 a s horním poloprostorem diskontinuity 2 mohou vypadnout ze stropu průzkumné štoly.

V dalším kroku je třeba vykreslit plochu vypadnutelného bloku z pohledu shora a následně zespoda z prostoru štoly. Na schématu 7a byly vykresleny směry a sklony každé z diskontinuit ze známých hodnot α , β . Přičemž horní poloprostor ukloněné plochy je na straně směru malé čárky zahrnující hodnotu sklonu. Ze znalosti kombinace 010 vykreslíme

plochu bloku, který je

ohraničen třemi

volnými plochami,

z pohledu shora,

schéma 7b. Následně

rotací kolem

horizontální osy VZ

(EW), otočením od

severu k jihu, získáme

pohled zespoda,

schéma 7c.

Vykreslení tvaru

plochy je důležité pro

rozpoznávání

nebezpečných bloků

při postupu ražby,

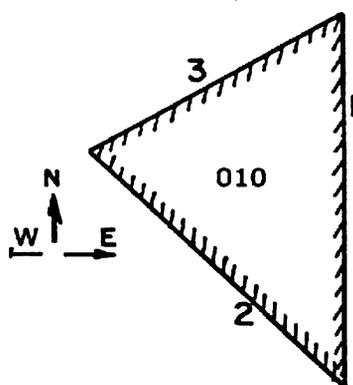
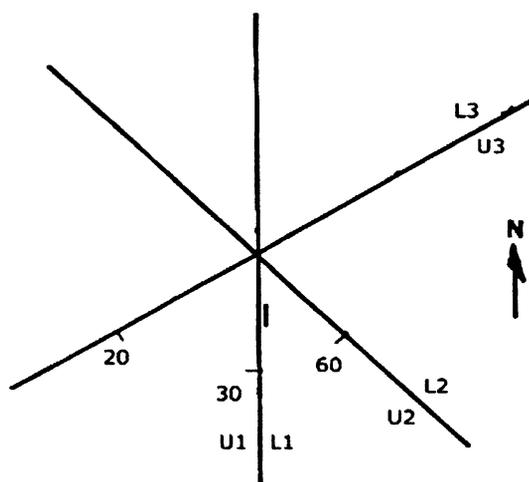
neboť blok může být

včas zajištěn, než

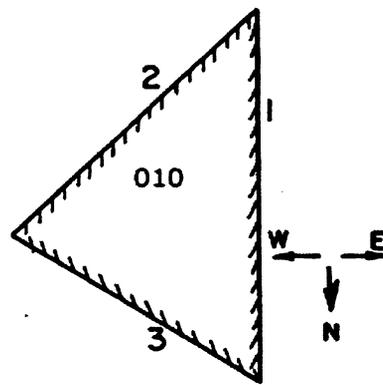
dojde k jeho úplnému

vymezení postupem

ražby.



Pohled shora



Pohled ze spoda

Schéma 7: Konstrukce tvaru vypadnutelného bloku v ploše stropu (Svoboda, 2006)

Stěna štoly

Důležité je i stanovení bezpečnosti stěn podzemního díla. Zvolme si vertikální stěnu směru východ-západ. Jelikož se jedná o plochu se sklonem 90° , poloměr velké kružnice je nekonečný a stereografickou projekcí je přímka. V případě otevírání podzemní štoly v jižním směru se hornina nachází na jižní straně stěny a volný prostor na severní. A proto výrubová pyramida jižní stěny je oblast pod linií východ-západ procházející bodem 0, jak je znázorněno ve schématu 8. Při porovnání EP se systémem JP's (schéma 5) je jasné, že pouze JP 011 může představovat vypadnutelné bloky. (Ale je ověřeno, že také

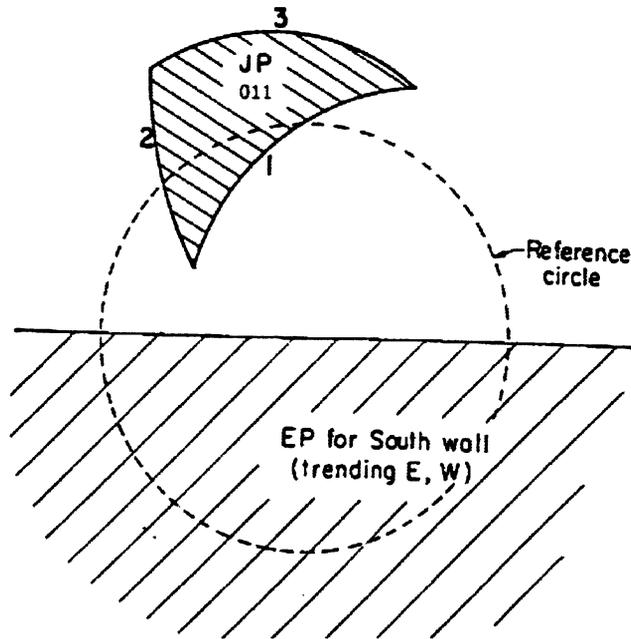
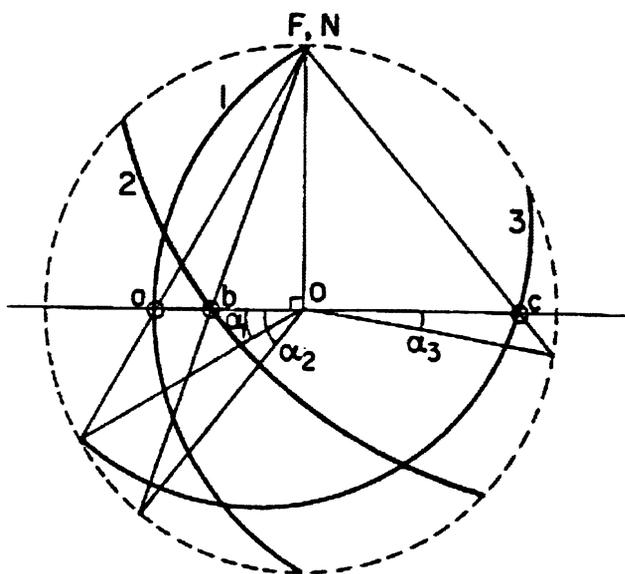


Schéma 8: Jediná JP, která nemá průnik s EP pro jižní stěnu

JP 100, „sestřenice“ 011, přináší vypadnutelné bloky, ovšem v severní stěně.)



$\alpha_1 = 30^\circ$ pod západem

$\alpha_2 = 53^\circ$ pod západem

$\alpha_3 = 9^\circ$ pod východem

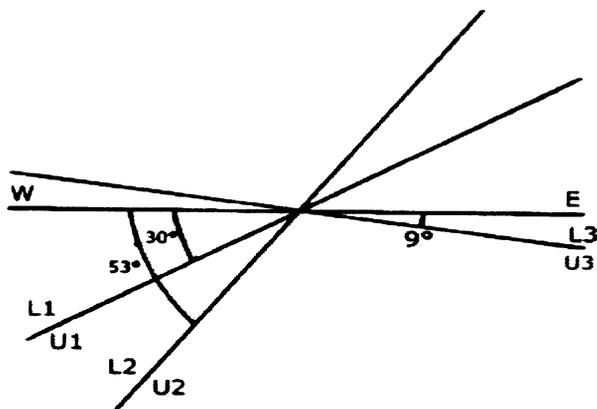
Pro vykreslení plochy bloku 011 potřebujeme získat jejich úklony ve vertikální východozápadní stěně. Schéma 9 ukazuje základní proceduru pro odečet úhlů z konstrukce.

Tzv. „zdánlivé úhly“ ve stěně VZ jsou definovány body a, b, c, což jsou průniky velkých kružnic diskontinuit 1, 2, 3 s průměrem referenční kružnice. Stopy těchto disk. jsou 30° pod západem, 53° pod západem, 9° pod východem. Pod západem můžeme říci, že bod ležel na západní straně referenční kružnice.

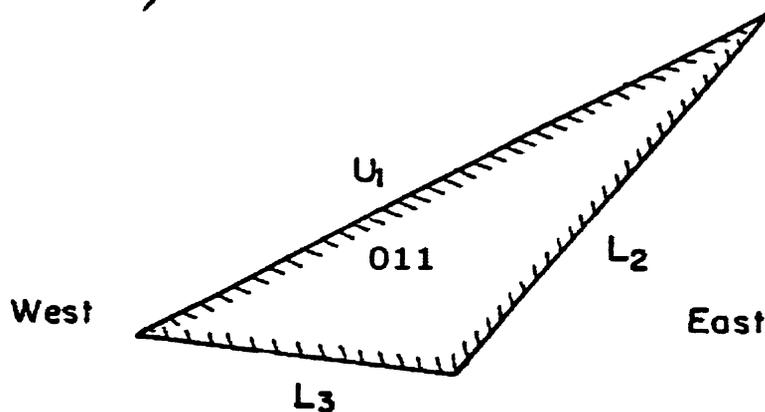
Schéma 9: Konstrukce hran vypadnutelného bloku v jižní stěně (Goodman, Shi et al., 1984)

To vše nám umožní vykreslit úklony ploch s označením poloprostorů JP 011 na schéma 10a, pohledem k severu.

Schéma 10b dále určuje volné plochy vypadnutelného bloku vzniklé kombinací poloprostorů 011, opět směrem sever. Rotací kolem vertikální osy, od východu na západ, získáme pohled na jižní stěnu, tedy čelbu, směrem na jih z vnitřního prostoru štol.

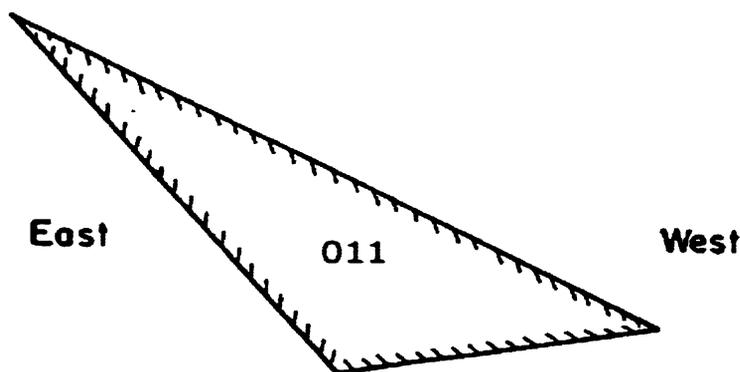


(a)



(b)

South wall looking North



(c)

South wall looking South

Schéma 10:

Zobrazení vymezeného bloku v jižní stěně (Svoboda, 2006)

V tuto chvíli můžeme říci, že jsme schopni vidět průběh stop diskontinuit na čelbě (schéma 11a). Průniky ploch tvoří velké množství polygonů, ale z předchozí analýzy jsme schopni určit bloky, které mohou vypadnout. Volná plocha těchto bloků je vyznačena ve spodní části schématu a je možné rozeznat její vzory v řezu stop. Schéma 11b ukazuje

plochy všech vypadnutelných bloků a jeli následně zajištěna jejich bezpečnost vystrojením, ze stěny v tu chvíli nemůže nic vypadnout a stává se bezpečnou.

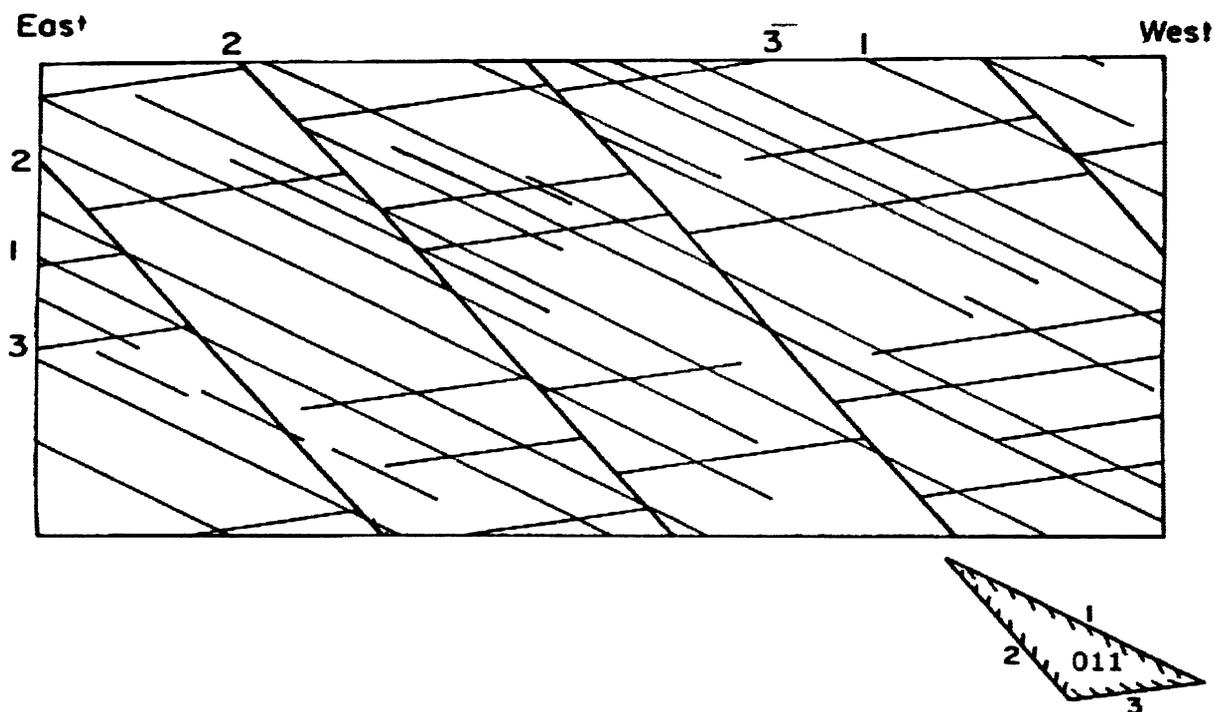


Schéma 11a: Průběhy diskontinuit v jižní stěně (k jihu)
(Goodman, Shi, 1984)

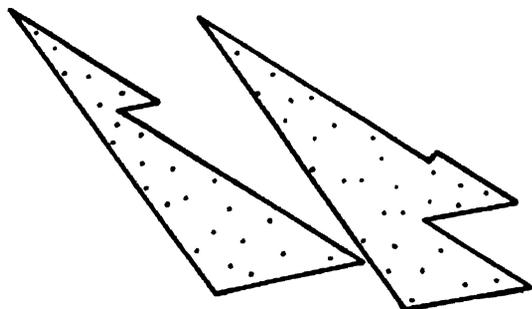
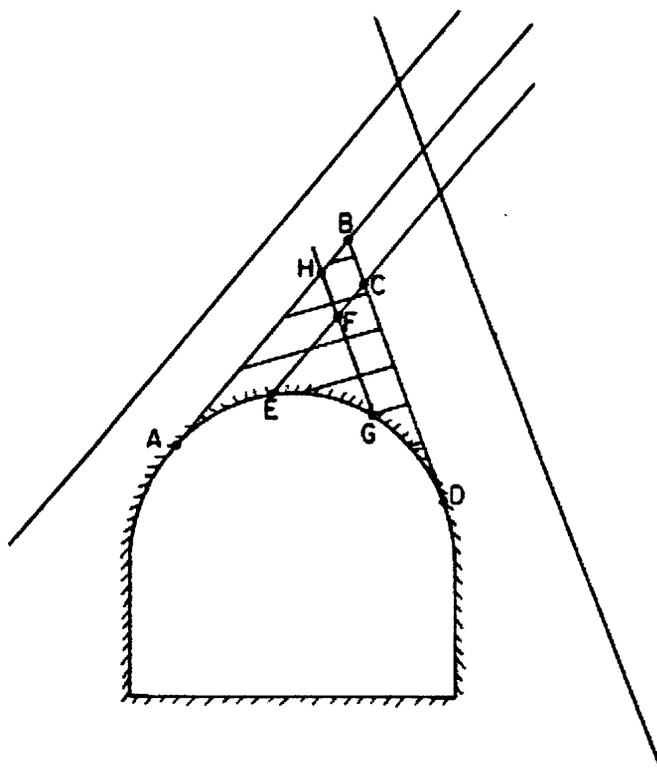


Schéma 11b: Vypadnutelné bloky jižní stěny (k jihu) (Goodman, Shi, 1984)

5. 2. 7. Aplikace na tunely

V případě tunelu si můžeme povrch výrubu představit jako svazek ploch paralelních s osou tunelu. Proto téměř každá puklinová pyramida může v okolí tunelu vymezit vypadnutelný blok.

Jako příklad si ukážeme diskontinuity ve 2D řezu na schématu 12. Jestliže specifikujeme, že bloky musí ležet současně ve spodním poloprostoru každé z diskontinuit, potom žádný blok není větší než oblast vymezená ABD, což představuje maximální vypadnutelný blok. Avšak ve skutečnosti bloky mohou být menší, to záleží na vzdálenosti diskontinuit v systému.



ABD = maximální klíčový bloky

EFG

ECD = klíčové bloky té samé JP

AHG

Schéma 12: Max. klíčový blok tunelu odpovídající JP (Goodman, Shi, 1984)

Maximální blok

Pro určení maximálního bloku jsme vybrali konkrétní JP 101, která je na schématu 13a vyšrafována. Tunel je horizontální s azimutem N 21° E a projekcí jeho

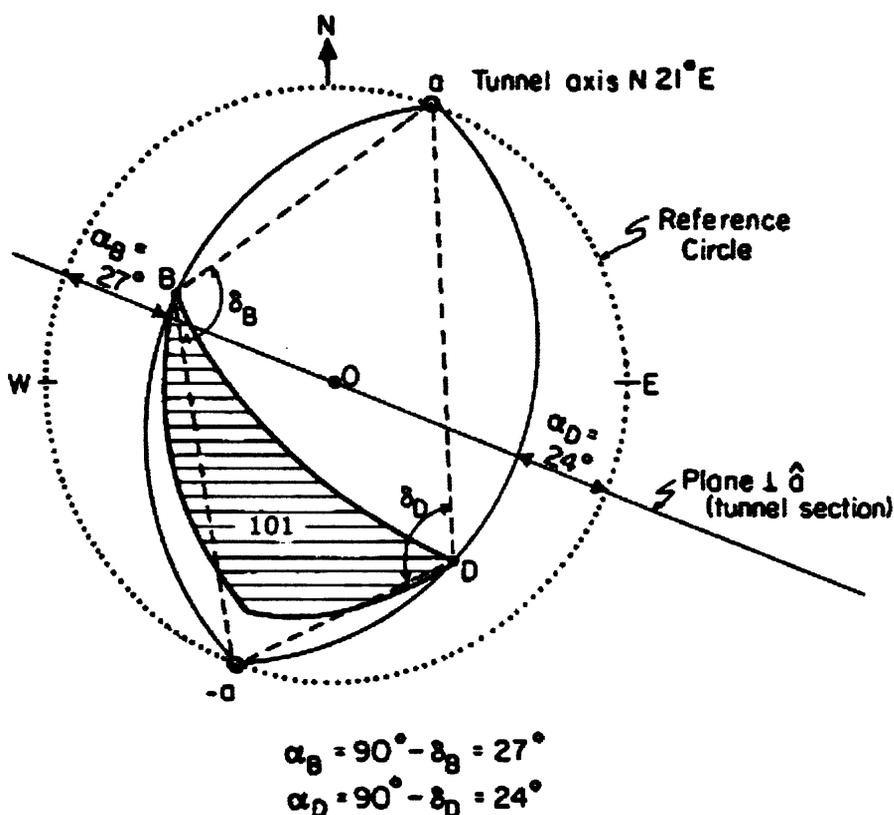


Schéma 13a: Projekci hranic max. vypadnutelného bloku v řezu tunelu pro JP 101 (Goodman, Shi, 1984)

jeho osy je bod a , a jeho obraz, \underline{a} . Vrcholy puklinové pyramidy jsou tvořeny průsečíky diskontinuit a každý má své zobrazení do vertikální plochy kolmé na osu tunelu $a\text{-}a$. Toto zobrazení vrcholů JP má za následek vznik třech bodů kolem řezu tunelu. Dva z nich jsou zobrazením extrémních hranic maximálního vypadnutelného bloku pro JP 101, jak bylo vyznačeno na schématu 12. Pro stanovení úklonů extrémních hranic (limitních ploch) maximálního bloku sestrojíme dvě velké kružnice procházející body a , \underline{a} a vrcholy JP tak, aby byla JP zcela obalena. Hodnoty úklonů limitních ploch maximálních bloků jsou reprezentovány body, kde došlo k průniku velkých kružnic s řezem tunelu (viz schéma 13a). Mohou být odečteny ze stereografické sítě nebo vypočteny.

Jestliže vrchol JP leží mimo referenční kružnici, pak jeho obraz leží uvnitř a limitní plocha musí procházet oběma, vrcholem i jeho obrazem. Pakliže má vrchol od středu referenční kružnice vzdálenost x , pak jeho obraz má vzdálenost R^2/x od středu, ale v opačném směru.

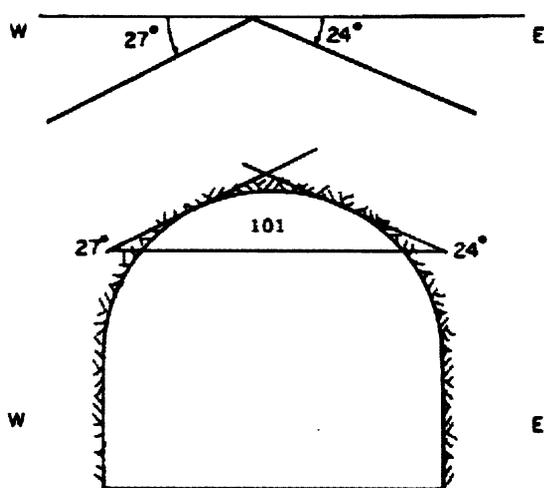


Schéma 13b: Projekce MKB v řezu tunelu JP101
(Svoboda,2006)

V případě schématu 13a, JP leží uvnitř obou limitních ploch (velkých kružnic), čili JP je pod oběma plochami. Úklony a maximální vypadnutelný blok jsou vykresleny na schématu 13b, přičemž vypadnutelný blok leží v prostoru pod oběma limitními plochami. V tomto případě maximální vypadnutelný blok je i klíčovým blokem, při úvaze působení gravitace, která představuje zároveň směr výsledné síly.

Schéma 14a ukazuje podobnou konstrukci, ale tentokrát pro JP 110. Vrchol I12 této puklinové pyramidy leží mimo papír a jeho obraz -I12 je vynesena uvnitř referenční

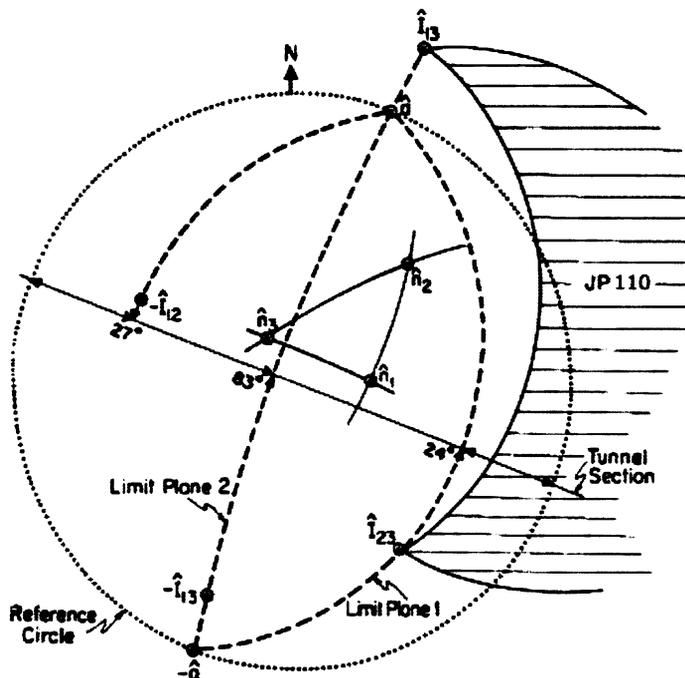
kružnice. (Obraz je přímka směřující do dolní hemisféry a je kolmá na normály

$n1$ a $n2$ a tudíž kolmá na velkou kružnici

propojující $n1$ a $n2$.) Velké kružnice

procházející vrcholy I23 a I13, protínající příčný řez tunelu a body osy tunelu a a \underline{a} , jsou limitními plochami maximálního bloku 110 a to konkrétně 24° pod východem a 83° pod

západem. JP leží vně limitní plochy 1 a uvnitř limitní plochy 2, tudíž JP 110 je nad LP1 a současně pod LP2. Schéma 14b převádí tyto informace do řezu tunelu.



**JP 110 je pod limitní plochou 1
a nad limitní plochou 2**

Schéma 14a: Konstr. hran max.vypadnutelného bloku v řezu tunelu odpovídající JP 110
(Goodman, Shi, 1984)

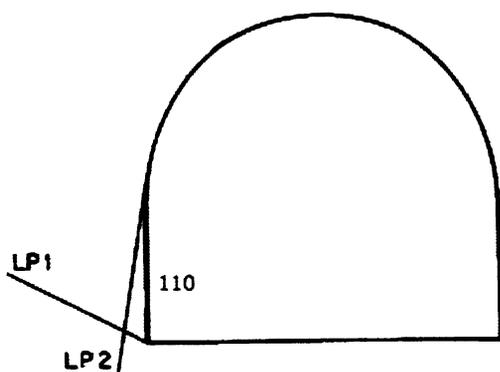
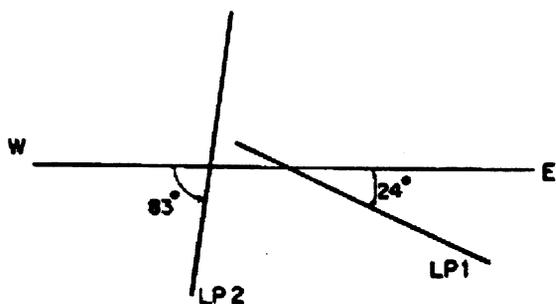


Schéma 14b: Projektce MVB v řezu tunelu pro JP 110 (Svoboda, 2006)

V tomto okamžiku máme provedenou analýzu maximálního bloku pro dvě puklinové pyramidy a můžeme stejným způsobem pokračovat pro určení zbývajících. Důležité je upozornit na JP111, která nemá maximální plochu MKB, neboť jí prochází osa tunelu. Ale představuje nejnebezpečnější klíčový blok, jelikož se nachází v dolních poloprostorech všech diskontinuit na konkrétním úseku výrubu a vypadne působením gravitace, bez většího účinku tření na plochách.

Oblasti maximálních klíčových bloků jsou znázorněny ve schématu 15. Na první pohled je zřejmé, že JP 101 a 001 budou vlivem gravitace vytvářet bloky vyžadující zajištění. Tuto 2D analýzu je možné převést na 3D analýzu pro každý blok a podrobit řešení limitní rovnováhy.

Směr skluzu působením gravitace je závislý na směru výsledné síly (nutné uvážit, zda nepůsobí výrazné horizontální síly) a popisu puklinové pyramidy (tvar a třecí síly na plochách). Následně mohou být vypočteny velikosti zajišťovacích vektorů pro každý klíčový blok. Může se stát, že žádný blok nebude vyžadovat zajištění. Avšak v odlišném směru tunelu, ten samý systém diskontinuit a třecích úhlů může požadovat obrovské náklady na vystrojení a zajištění výrubu. A proto je velmi důležité si uvědomit změny velikostí maximálních klíčových bloků vzhledem k měnícímu se směru tunelu.

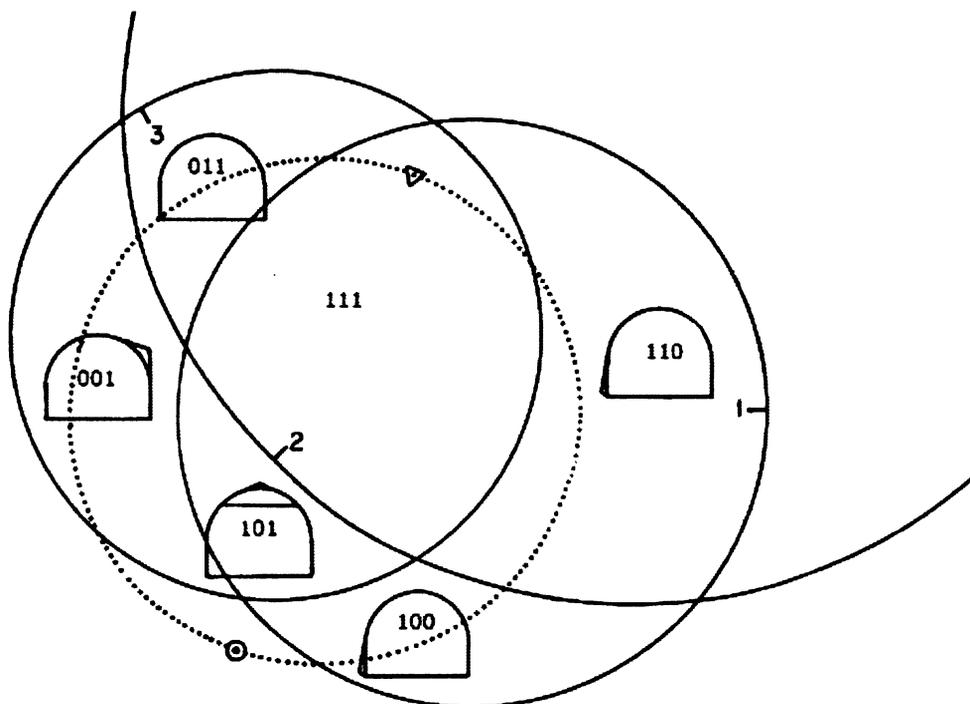


Schéma 15: Příčné řezy tunelem s vyznačenými MVB pro každou puklinovou pyramidu JP (Goodman, Shi, 1984), (upraveno Svoboda, 2006)

6. 2. 8. Spektrum zajištění tunelu

Efekt směru tunelu na požadavky zajištění horninového masivu bude zobrazen pro masiv charakterizovaný ve schématu 5 a studium bude zaměřeno na velikost zajišťovací síly pro stanovení rovnováhy nejkritičtějšího bloku, který je funkcí kompletního svazku tunelových směrů. Uvažujeme pouze horizontální tunely, pěti směrů, na kterých můžeme pozorovat relativní velikost nejkritičtějšího klíčového bloku (schéma 16).

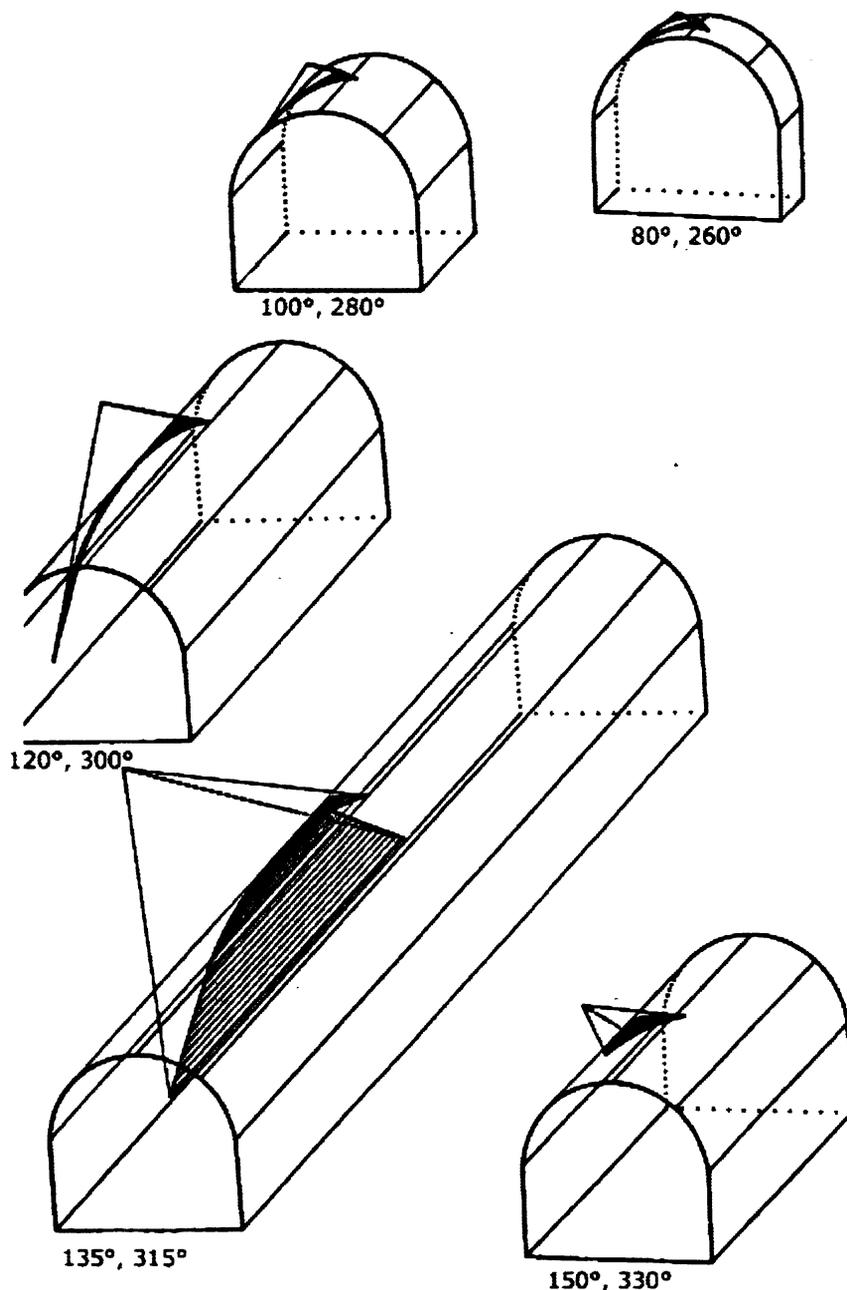


Schéma 16: Maximální klíčový blok nejkritičtější puklinové pyramidy podrobený řešení limitní rovnováhy pro tunely v různých směrech (hodnoty ve stupních) (Goodman, Shi, 1984)

Maximální klíčové bloky se stávají dramaticky větší při dosažení směru 315°. Řešení limitní rovnováhy daného systému, pro podkovovitý tvar tunelu či štoly 6 metrů široké a

5,4 metru vysoké, poskytuje požadované zajišťovací síly pro maximální klíčový blok. Ty se pohybují od hodnot menších než 1 metrická tona na metr délky tunelu, až po maximum 33 metrických tun na metr tunelu, jak je zobrazeno na schématu 17. (Metrická technická jednotka hmotnosti = 9,81kg).

Ostrost vrcholu v tomto diagramu charakterizuje „spektrum zajištění tunelu“ pro tento typ prezentace.

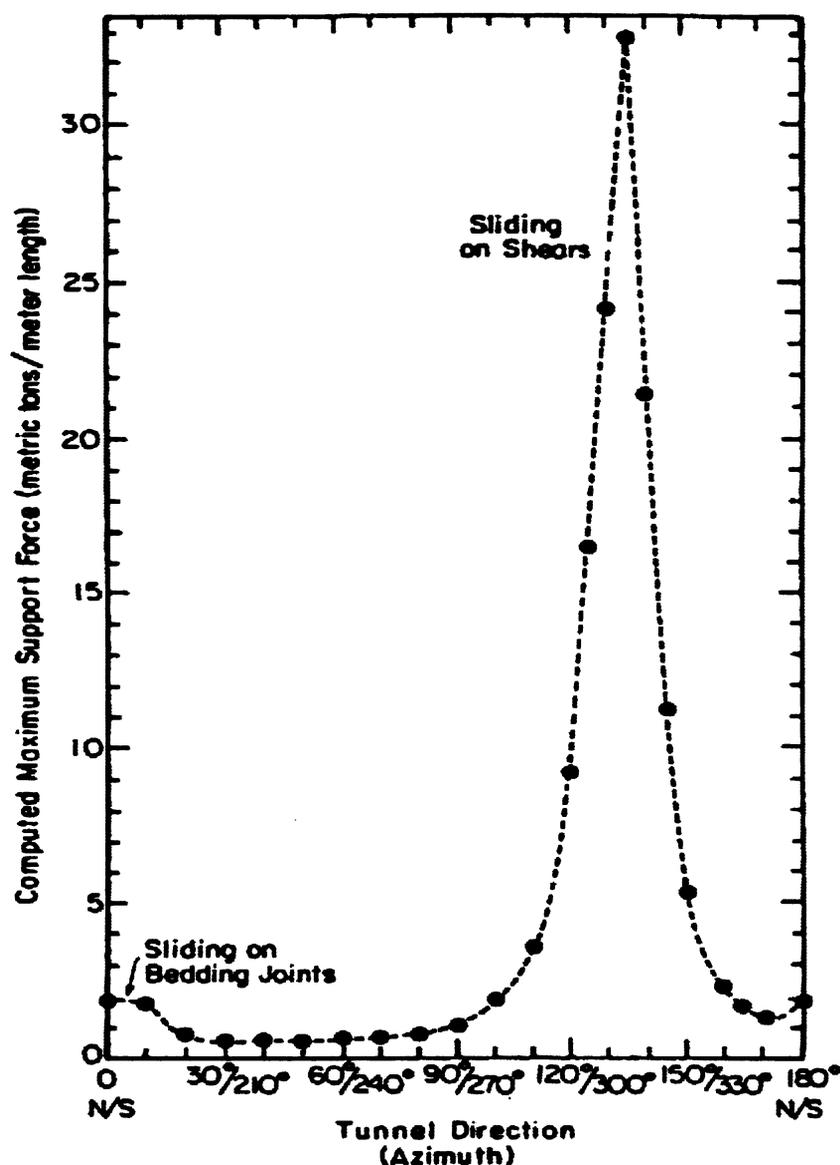


Schéma 17: „spektrum zajištění tunelu“: Zajišťovací síla, orientovaná proti směru výsledné síly, nutná k dosažení limitní rovnováhy pro maximální klíčový blok, pro horizontální tunely všech směrů. (podkovovitý tunel 6m široký a 5,4m vysoký) (Goodman, Shi, 1984)

6. 2. 9. Závěry

Pro tvrdý, puklinami protnutý horninový masiv, by návrh zajištění tunelu měl být založen na síle potřebné ke stabilizaci potenciálního klíčového bloku vymezeného průnikem predisponovaných ploch nespojitosti a povrchem tunelu. Pro popis a analýzu těchto bloků je nezbytný 3D přístup.

Využití blokové teorie je vhodné pro určení nejkritičtějších bloků, specifického směru, tvaru a velikosti tunelu. Informace pro tuto analýzu zahrnují orientaci ploch nespojitostí a úhly tření na plochách.

Tato část měla nastínit teoretické základy a grafické procedury pro aplikaci teorie klíčového bloku na výpočet zajišťovacích sil pro tunel. Zároveň nabízí optimální návrh tunelu a podzemních prostorů vzhledem k požadavkům zajištění. Teorie bloků poskytuje potenciální snížení finančních nákladů a snížení rizika nadvýlomu, ať už dojde k přizpůsobení návrhu tunelu geometrickým vlastnostem rozpukaného masivu, či ne (Goodman, Shi et al., 1986)

6. 3. Vyhodnocení nadvýlomu softwarem Win-Geovek 5.0

Pro grafické a početní vyhodnocení nebezpečí nadvýlomu jsem zvolil software Win-Geovek 2.0. Program vychází z Goodmanovy teorie klíčového bloku, že plochy nespojitosti vymezují ve skalním masivu bloky, které se mohou po odkrytí výrubem dostat do pohybu do volného prostoru účinkem vlastní tíhy, případně působením jiných okolních podmínek. O stabilitě těchto bloků rozhodují především dva hlavní faktory:

- 1) orientace ploch nespojitosti ke směru podzemního díla
- 2) úhly tření na plochách nespojitosti

6. 3. 1. Strukturní data

Vstupní data do programu představují výsledné hodnoty strukturních dat z první fáze analýzy. Tím je splněn první z hlavních faktorů. Pro druhý hlavní faktor jsem stanovil podmínku, že všechny úhly tření na plochách nespojitosti budou zadány nulové. Tato podmínka vychází z předpokladu, že se snažím analyzovat nejhorší možný stav v okolí výrubu. A to konkrétně, že stabilita bloku závisí na jeho geometrii v okolí výlomu a na působení gravitace, tedy vlastní tíhy bloku.

6. 3. 2. Blokdiagram

Jedná se o orientované prostorové zobrazení průsečnic ploch nespojitosti s pláštěm podzemního díla v modelovém 1m délky tunelu podkovovitého tvaru. Vykreslený směr díla odpovídá směru osy tunelu, který je v rámci projektové dokumentace navržen. Jednotlivé plochy odlučnosti jsou v blokdiagramu vyneseny s pravidelnou četností na 1m délky tunelu. Vzdálenosti charakteristických ploch odlučnosti jednotlivých systémů pro vybrané úseky jsem získal statistickým vyhodnocením primární dokumentace čeleb průzkumné štoly. Četnosti jednotlivých puklinových systémů se s přibývajícím hloubkou zmenší, což je usuzováno z provedeného měření seismických rychlostí (MRS), které s přibývajícím hloubkou rostou, (315m n.m., seismické rychlosti 2200-2600m/s, R3-R2) (AZ Consult, 2005).

Blokdiagramy s plochami odlučnosti mají umožnit představu o stupni rozpukanosti horninového masivu a příznivosti orientace těchto ploch vůči podzemnímu dílu na vybraném úseku, kterým prochází plánovaný výrub. A dále zdali je maximální vypadnutelný blok rozpukán na několik menších částí, které se mohou postupně uvolňovat do prostoru výlomu.

Každý systém ploch odlučnosti je v modelovém zobrazení zvýrazněn barvou:

1. systém: okrová barva
2. systém: světle zelená barva
3. systém: tmavě fialová barva
4. systém: tmavě modrá barva
5. systém: světle modrá barva

Samozřejmě počet systémů je variabilní dle zvoleného úseku tunelu.

Vzdálenosti ploch nespojitosti systémů pro jednotlivé úseky štoly

diagram (č.)	úsek (m)	hodnoty (°)	vzdálenost diskontinuit (mm)
1	-6,5 - 6	229/72	700
		85/54	500
		130/54	400
2	6-10	319/72	700
		148/54	400
		121/72	600
		184/72	400
3	10-20	211/63	300
		139/72	400

		293/72	1000
4	20-35	180/54	400
		94/81	200
		112/81	2000
5	35-53	139/45	500
		157/54	700
		229/81	1500
		229/90	1500
6	53-64	157/45	500
		184/54	800
		58/72	1500
		220/81	1000
7	64-79	157/36	500
		311/72	1000
		58/81	2000
8	79/94	130/74	600
		4/81	2000
		211/72	200
9	94-105	148/36	400
		139/90	1000
		319/90	400
		229/81	500
10	105-115	139/36	400
		319/36	1000
		301/63	700
		76/72	400
		166/81	300
11	115-125	157/18	500
		58/72	800
		157/54	200
		337/63	1000
12	125-136	148/90	500
		329/90	200
		275/18	150
		311/72	1000

6. 3. 3. 2D projekce tunelu

Jedná se o příčné 2D řezy budoucím tunelem s vykreslenými maximálními vypadnutelnými bloky. Metoda je založena na teorii prof. Goodmana, která vychází z faktu, že geometrie bloků v prostoru je určena vzdáleností ploch nespojitosti a orientací volných ploch pláště podzemního díla. Vzdálenost ploch nespojitosti je v metodě početně převedena na vzdálenost normál těchto mezních ploch od počátku kartézského souřadného systému. Základem výpočtu velikosti bloku jsou následující parametry:

1. orientace ploch nespojitosti v prostoru
2. směrové vedení podzemního díla (tunelu)
3. vzdálenost ploch od počátku zvoleného souřadného systému
4. tvarové a velikostní parametry tunelu
5. směr výsledné síly
6. objemová tíha horniny (zeminy)

Aby bylo možné vzniklé bloky definovat staticky, je normálám ploch dle jejich polohy v souřadném systému přisouzena velikost směrového vektoru. Díky orientaci ploch, vzdálenosti jejich normál, velikosti směrových vektorů, parametrů tunelu a vlastností horninového masivu je přesně stanoveno každé těleso a je možné ho tím pádem spočítat.

Mnou zadané parametry v této části analýzy představují eliptický tvar tunelu, v oblasti počvy zploštělejší, o šířce 15m a výšce 10m. Projekt stanovil dovrchní ražbu tunelu v jednotném spádu 3,2% a ve směrovém vedení 319°. Výsledné síle působící v horninovém masivu v okolí výrubu jsem přisoudil směr 0° a sklon 90°, v kartézské soustavě souřadnic 0, 0, -1. Objemová tíha horniny jsem charakterizoval průměrnou hodnotou $\gamma = 2,0 \text{ kN/m}^3$.

Po zadání uvedených vstupních parametrů program vykreslí příčný 2D řez tunelem pro příslušný úsek s vyznačenými limitními plochami maximálních vypadnutelných bloků. Každý MVB je charakterizován dvěma číselnými kombinacemi a dvěma hodnotami:

- a) Code: číselná kombinace 0 a 1 ve smyslu horního a spodního poloprostoru dle teorie bloků (Goodman, Shi 1985). Počet čísel v kombinaci odpovídá počtu systémů ploch odlučnosti na daném úseku tunelu.
- b) Sliding mode: vyjadřuje podle které plochy (ploch) dojde k sesutí (vyjetí) bloku. Plochy jsou očíslovány 1 až max. 5. Výsledné číslo, případně kombinace dvou čísel, označuje plochu MVB, či kombinaci dvou ploch MVB (klín), na nichž dojde k pohybu. Specifickým a zároveň nejdůležitějším je označení bloku 0, neboť ten volně vypadne do prostoru účinkem vlastní tíhy, tedy gravitace.

- c) Area (m^2): jedná se o plochu, kterou vymezení maximální vypadnutelný blok do pláště výrubového prostoru.
- d) Load (kN/m): představuje zatížení, které vyvíjí přesně dimenzovaný blok, neboli se jedná o velikost výsledné síly nutné k zajištění stability konkrétního bloku na metr délky tunelu.

Ve výsledku jsou ve 2D řezu vymezeny maximální vypadnutelné bloky v okolí výlomu a především blok s číselnou kombinací 111 a označením 0, což je maximální klíčový (kritický) blok zvolené části tunelu. A samozřejmě pro něj odpovídající zajišťovací sílu vycházející z řešení limitní rovnováhy bloku.

Dále jako vysoce rizikové lze označit bloky vyznačené v zóně do 6m vzdálenosti od pláště výlomu. Se vzrůstající vzdáleností vrcholů bloků (puklinových pyramid) se riziko uvolnění do volného prostoru snižuje. Existují samozřejmě případy, kdy plochy odlučnosti a zvolený směr tunelu nevymezují žádné bloky, lze tedy předpokládat, že výlom bude stabilní a nebude vyžadovat náročné vstrojení.

Zobrazení zvoleného výsledného 2D řezu tunelem nám umožní rozvést představu o počtu puklinových pyramid (vypadnutelných bloků) a riziku technologického nadvýlomu na konkrétním úseku. 2D řezy jsem vynesl pro všech 12 úseků, na které jsem rozdělil průzkumnou štolu a tedy i budoucí tunel.

6. 3. 4. 3D projekce tunelu

Z analýzy opakování zjištěných ploch odlučnosti vychází ve stropě výlomu predispozice pro vytvoření maximálního klíčového (kritického) bloku, který je zde ve 3D zobrazení promítnut na plášť výrubu. Jedná se tedy o blok: code 111, sliding mode 0. Předpokládáme, že nemusí dojít k vypadnutí celého objemu jehlanu, ale pravděpodobně budou vypadávat bloky menšího objemu, ale stejného tvaru, což je podmíněno vzdáleností přítomných ploch odlučnosti. I v tomto případě se jedná o klíčové bloky. (viz. 5. 2. 7. Aplikace na tunely, schéma 12).

Uvedené 3D analýze je možné podrobit i bloky s odlišnými číselnými kombinaci, které dle naší úvahy mohou představovat případné riziko pro stabilitu volného výrubu.

V závěru této kapitoly je nutné opět podotknout, že se jedná o studii, která by měla odhadnout princip nejčastějšího porušování stěn volného výlomu vlivem orientace ploch odlučnosti a orientací raženého díla a upozornit na nejkritičtější místa.

7. Návrh zajištění a postupu ražby

V této kapitole předkládám návrh na zajištění a postup ražby na základě inženýrskogeologické dokumentace a provedené strukturní analýzy.

Postup ražby v případě použití metody NRTM se řídí určitými zásadami vycházejícími ze statického návrhu vypracovaného na základě zjištěných geomechanických vlastností hornin a geometrického tvaru díla. Přesto však je jednou z hlavních výhod NRTM možnost reagovat na aktuální změny geologických podmínek a operativně přijímat opatření a změny v rozsahu daném projektem.

V zásadě jsou tedy v projektu, jehož součástí je statický výpočet, navrženy tzv. technologické třídy (někdy též třídy výrubu).

Třídy výrubu stanovují pro jednotlivé předpokládané podmínky, členění výrubu, délku záběru, tloušťku stříkaného betonu, typ a počet betonářských sítí, typ výztužného oblouku, typ a schéma použitého kotvení. Těchto tříd je zpravidla 5 nebo 6, eventuálně jsou navrženy varianty v jednotlivých třídách. Platí, že čím vyšší číslo, tím je zajištění mohutnější a podmínky jsou tedy horší. Třídy tak v podstatě stanovují i ekonomickou náročnost díla danou jednotlivými použitými položkami a časovou náročností.

Jistým zažitým pravidlem pro odlišení jednotlivých tříd je délka záběru, která se běžně pohybuje od 0,7m až k hodnotám přes 3m. S klesající délkou záběru pak zpravidla narůstá síla primárního ostění a hustota a délka kotev.

Přesto však je mnohdy výhodné upravit délku záběru nebo některý prvek výztuže nad rámec daný projektem. Tyto změny přinášejí často výrazné finanční a časové úspory nebo naopak řeší náhlá zhoršení podmínek. Změny tříd výrubu nejsou přijímány okamžitě, ale musejí být podloženy znalostí deformačního chování systému hornina - ostění, stability výrubu a technických možností dané stavby, výjimku tvoří okamžitě přijímaná opatření v případě zhoršení situace.

Nejčastějšími změnami nad rámec tříd bývá redukce tloušťky stříkaného betonu, počtu a typu sítí a změna (snížení délky a počtu) kotev. Děje se tak nejčastěji v případech, kdy není možné prodloužit záběr a tím přejít do vyšší třídy. Tato situace nastává například tehdy, kdy je pevná hornina výrazně rozpukaná (např. břidlice). Při prodloužení záběru pak dochází k riziku vzniku velkých nadvýlomů někdy hrozí i vykomínování, přitom se však podobné horniny i při relativně malém zajištění chovají stabilně a dochází u nich jen k nepatrným deformacím.

Právě v takových případech je výhodné použít metody strukturní analýzy ke stanovení kritických míst vznikajících za daných geologických podmínek pro realizované dílo.

Druhotně je možno strukturní analýzu využít tam, kde dochází k časté tvorbě nadvýlomů a dodavatel se odvolává na geologické podmínky, přičemž jsou zjevné nedostatky v technologické kázní.

Pro stanovení rizika na základě kritických bloků definovaných strukturní analýzou je nutná znalost daného horninového masívu z hlediska litologie, typu a intenzity porušení, velikosti budovaného díla, chování hornin v otevřeném výrubu a výšky nadloží. Strukturní analýza stanoví vždy nejkritičtější možný blok, mnohdy však platí, že relativně velké bloky nejsou nebezpečné a naopak menší způsobují periodické problémy.

V případě průzkumné štoly Prackovice bylo na základě strukturní analýzy stanoveno 12 úseků, vzhledem k malé délce štoly je toto rozčlenění značně podrobné.

Charakteristika jednotlivých úseků na základě strukturní analýzy je uvedena v následující tabulce.

Číslo úseku	Staničení	Délka úseku	Výška nadloží	Popis kritických bloků	Předpoklad chování výrubu	Opatření
1.	-6,5-6	11,5	22-23	malé, mělko zasahující bloky na bocích jižní strany výrubu	stabilní	dodržování tvaru výrubu, obrysové vrty
2.	6-10	4	24	malé, mělko zasahující bloky na bocích jižní strany výrubu	nižší stabilita, tvorba nadvýlomů na jižní straně	dodržování tvaru výrubu, obrysové vrty
3.	10-20	10	24-32	definován zanedbatelný blok	stabilní	bez opatření
4.	20-35	15	32-40	blok nebyl definován	stabilní	bez opatření
5.	35-53	18	40-43	definován zanedbatelný blok	stabilní	bez opatření

6.	53-64	11	43-36	blok nebyl definován	stabilní	bez opatření
7.	64-79	15	36-30	blok středních rozměrů, severní část klenby	nebezpečí vzniku nadvýlomu, omezeně stabilní	délka záběru do 1,5 m, jehlování
8.	79-94	15	30-23	dlouhý blok nad klenbou	vzhledem k délce bloku nehrozí bezprostřední nebezpečí. Vypadávání v případě velké hustoty puklin	jehlování dle potřeby
9.	94-105	11	23-19	malé, mělko zasahující bloky na bocích jižní strany výrubu	nižší stabilita, tvorba nadvýlomů na jižní straně	održování tvaru výrubu, obrysové vrty, jehlování dle potřeby
10.	105-115	10	19-16	střední bloky nad vrcholem klenby, výrazněji porušený úsek	výrazné nebezpečí tvorby nadvýlomů, nestabilní oblast klenby	zkrácení délky záběru dle situace, jehlování, injektovatelné, samozávrtné kotvy IBO
11.	115-125	10	16-12	blok středních rozměrů, severní část klenby	nebezpečí vzniku nadvýlomů po obvodu klenby	zkrácení délky záběru dle situace, jehlování
12.	125-136	11	12-8	definován zanedbatelný blok	stabilní	bez opatření

8. Závěr

Při strukturální analýze jsem vykreslil diagramy, blokdiagramy, 2D projekce tunelu a 3D projekce tunelu (obě představují příčné řezy) jednotlivých úseků, ze kterých byl složen výsledný podélný profil.

Na základě vyhodnocení inženýrskogeologické dokumentace a strukturální analýzy průzkumné štoly Prackovice jsme pro vymezené úseky tunelu doporučili opatření k projektu ražby tunelů Prackovice. Dále jsme podrobně popsali pravděpodobné chování a stabilitu volného výrubu, velikost a umístění kritických bloků.

Seznam použité literatury

Chlupáč, I. (2002): Geologická minulost České republiky

Kachlík, V. (2001): Geologický vývoj území České republiky

AZ Consult (2005): D8 – 0805 část G – průzkumná štola Prackovice, Geotechnický monitoring – 5. etapová zpráva (měsíční)

AZ Consult (2005): D8 – 0805 část G – průzkumná štola Prackovice, Geotechnický Monitoring – závěrečná zpráva

Harrison, J.P., Hudson, J.A.(1997): Engineering Rock Mechanics – An Introduction to the Principles

Goodman, E.R., Shi, G-H. (1986): The application of block theory to the design of rock bolt supports for tunnels

9. Přílohy

9. 1. Geologická dokumentace čeleb

Ukázka inženýrskogeologické dokumentace realizované firmou AZ Consult s.r.o., čelba č. 144, staničení 134,450m, přiložena fotodokumentace

9. 2. Strukturní analýza

9. 2. 1. Vstupní data: strukturní měření provedená na čelbách průzkumné štoly Prackovice, které představují vstupní data do softwaru Sphaira 2.0

9. 2. 2. Diagramy: 12 diagramů, neboli úseků štoly, s vyznačenými charakteristickými směry ploch nespojitosti, charakterizující výsledné hodnoty sw Sphaira

9. 2. 3. Blokdiagramy: 12 diagramů s vyznačenými průběhy ploch nespojitosti na pláště podzemního díla

9. 2. 4. 2D projekce: 12 příčných řezů tunelem s vykreslenými limitními plochami maximálních vypadnutelných bloků

9. 2. 5. 3D projekce: 11 3D příčných řezů tunelem (na úseku štoly -6,5-6 nevzniká v prostoru tvořeném horninovým masivem žádný blok) s vyznačeným nejkritičtějším blokem s označením 111, 0.

9. 3. Podélný řez

Jedná se o podélný řez projektovaným tunelem (LTT) a vyraženou průzkumnou štolu. S tabulkou hodnot a 2D projekcí tunelu ze strukturní analýzy.

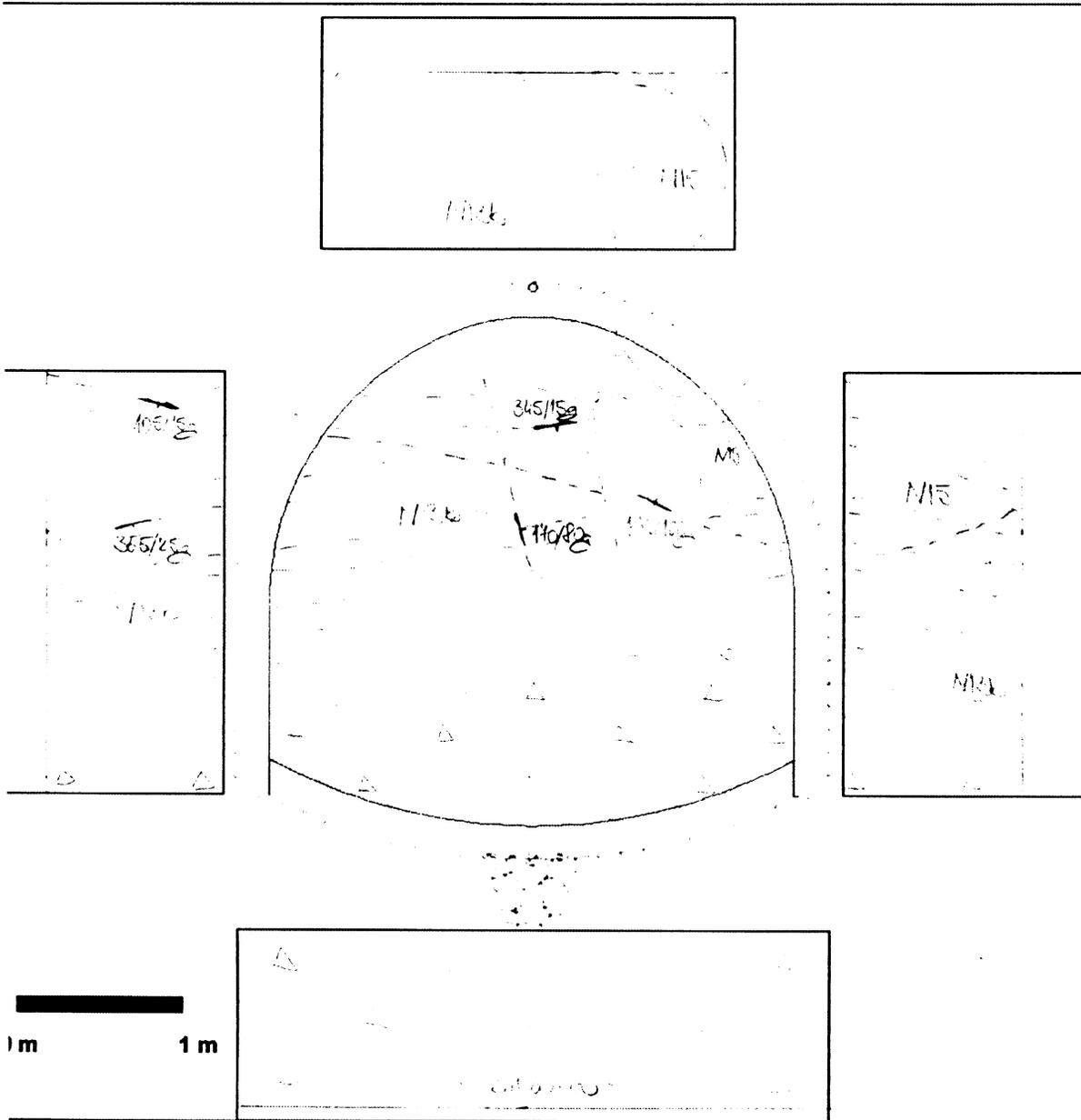
**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky**

**GEOLOGICKÁ
DOKUMENTACE ČELEB**

**příloha: 9. 1.
str.: 1 - 3**

**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**

CONSULT , spol. s r.o.		GEOLOGICKÁ DOKUMENTACE ČELEB		čelba č. 144	
ká 12, 400 01 Ústí nad Labem		Dálnice D8 - stavba 0805 G - průzkumná štola Prackovice			
75 669 211, fax: 475 201 128, mail: azconsult@azconsult.cz		Prackovice - štola		Datum: Hodina: 24. 2. 15 3:30	
Prac. staničení:		Geodet. staničení: 1345000		Dokumentoval: Staněk	
Výš. výrubu 210/15		Výstroj, třída: C		Způsob rozpojování:	
Levý bok:		Klenba:		Pravý bok:	
i - inerciální (v l/s/m):		Voda kontrolní:		Počva:	
ost v prostém		Schmidtovým kladivkem:		laboratorní zk.:	
ost skalního sží (m):		Počet puklinových systémů: 2		J _v - počet puklin v 1 m ³ : 32	
				RQD= 115-3,3.J _v =	



známky:

Hornina - popis (název, zrnitost, barva, struktura, textura)	Zastoupení	Mocnost (m)	Kategorie R1 - R6	Stupeň alterace A _x	Intenzita rozpuštění D _x
Mise - 14 m... 20					

Strukturní měření směr sklonu/sklon	Vzdál.puklin	Průběžnost	Povrch,drsnost:	Výplň	Rozevření:	Odebrané vzorky:
Poř.č. diskontinuity	355	25%	250cm			Mechanika hornin:
	15	25%				Mechanika zemin:
	15	25%				Petrografický rozbor:
						Voda:

puklinový systém	orientace vzhledem ke směru ražby dle Bienawského
15/150	N40E
15/150	N40E

Zařazení výrubu do technologických tříd - kvalifikovaný odhad	
počet bodů RMR	
typ dle ČSN 73 1001 (R1 - R6)	R3
počet bodů QTS	40-50
třída NRTM	III

Legenda ke zkratkám, indexům:

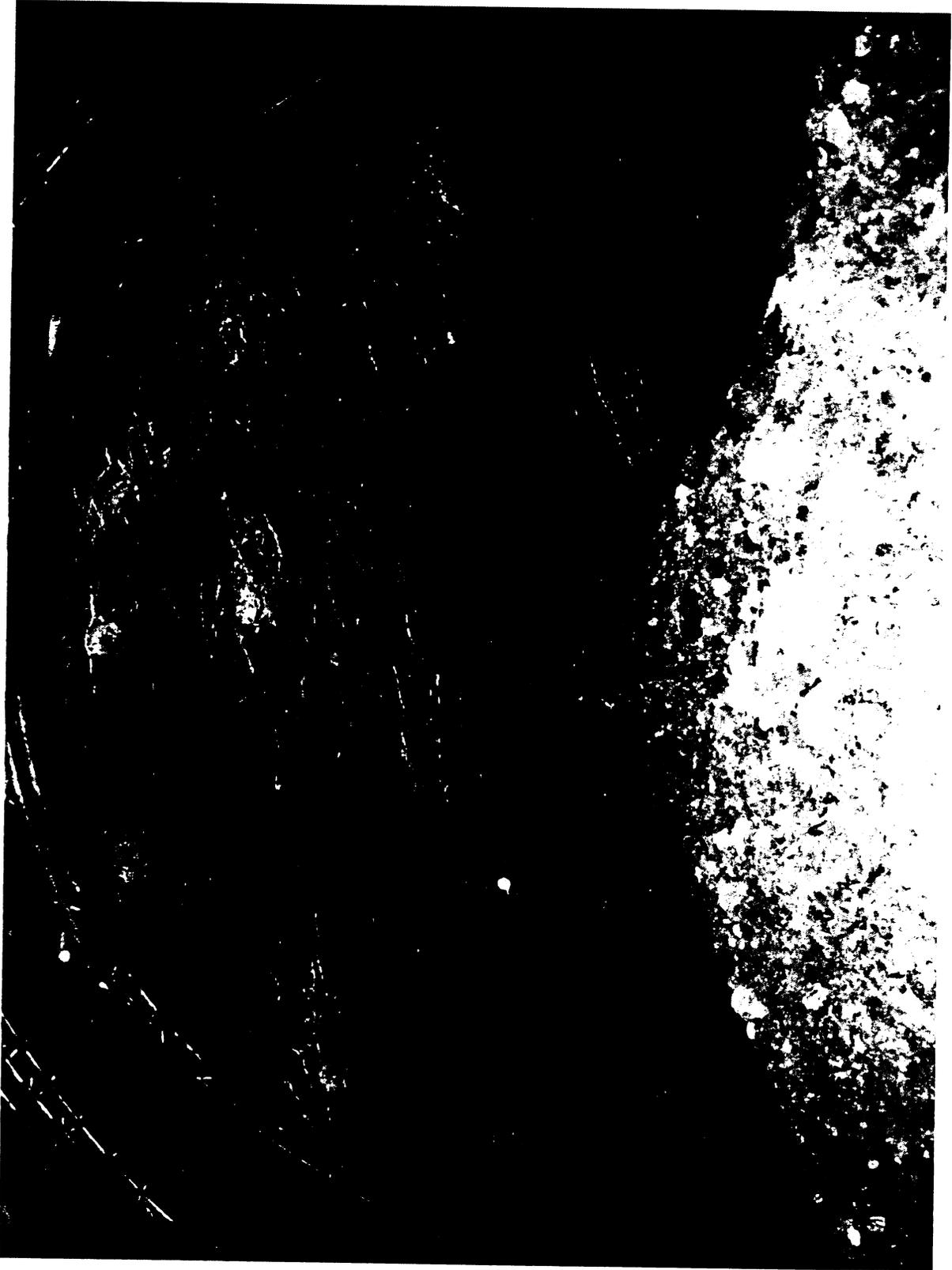
Zatřídění dle pevnosti (ČSN 73 1001)

Třída	Pevnost (MPa)	Pevnost	charakteristika
R1	> 150	Velmi vysoká	Horninu lze kladivem těžce otloukat
R2	50 až 150	Vysoká	Horninu lze kladivem těžce rozbít
R3	15 až 50	Střední	Horninu lze kladivem lehce rozbít
R4	5 až 15	Nízká	Horninu lze škrábat nožem, nikoliv nehtem
R5	1,5 až 5	Velmi nízká	Horninu lze rozdrobit rukou
R6	0,5 až 1,5	Extremně nízká	Horninu lze škrábat nehtem

Hustota diskontinuit masívu dle ČSN 73 1001

Stupeň zvětrání hornin dle ČSN 73 1001

Hustota diskontinuit	Vzdálenost diskontinuit (cm)	index Dx	Hornina	zvětralé minerály v %	index Ax
Velmi malá	>200	D1	zdravá	0	A1
Malá	60 - 200	D2	navětralá	0-10	A2
Střední	20-60	D3	mimě zvětralá	10-35	A3
Velká	6-20	D4	silně zvětralá	35-75	A4
Velmi velká	2-6	D5	zoela zvětralá	>75	A5
Extremně velká	<2	D6			



**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky**

**STRUKTURNÍ ANALÝZA
Vstupní data**

**příloha: 9. 2. 1.
str.: 4 - 8**

**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**

Průzkumná štola Prackovice-stavba 0805G, Strukturní měření

poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)	poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)
1	243	59	dj	jil	3,9	62	135	59	dj	jil	17,65
2	327	81	dj	jil	3,9	63	252	81	dj	jil	17,65
3	56	54	dj	jil	3,9	64	306	59	dj	jil	17,65
4	248	86	dj	jil	4,7	65	185	45	dj	jil	18,65
5	297	34	dj	jil	4,7	66	140	72	dj	jil	18,65
6	327	86	dj	jil	4,7	67	248	68	dj	jil	18,65
7	243	69	dj	jil	4,7	68	306	72	dCa	kalcit	18,65
8	10	45	d	bez	4,7	69	180	59	dj	jil	19,65
9	257	59	dj	jil	5,5	70	168	50	dj	jil	20,65
10	243	81	dj	jil	5,5	71	189	79	dj	jil	20,65
11	27	77	dj	jil	5,5	72	342	86	dj	jil	20,65
12	308	81	dj	jil	5,5	73	180	77	dj	jil	20,65
13	99	79	dj	jil	6,3	74	90	54	dj	jil	20,65
14	158	69	dj	jil	6,3	75	153	50	dj	jil	21,65
15	123	69	dj	jil	6,3	76	293	79	dj	jil	21,65
16	171	63	d	bez	7,7	77	218	79	dj	jil	21,65
17	228	59	dj	jil	7,9	78	158	86	dCa	kalcit	21,65
18	123	69	dj	jil	7,9	79	174	54	dCa	kalcit	21,65
19	347	77	dj	jil	7,9	80	79	59	dj	jil	21,65
20	317	75	dj	jil	8,7	81	279	54	djFe	jil+Fe povl.	22,65
21	322	69	dj	jil	8,7	82	158	59	djFe	jil+Fe povl.	22,65
22	315	69	d	bez	8,7	83	207	59	djFe	jil+Fe povl.	22,65
23	342	59	dj	jil	9,5	84	347	79	dCa	kalcit	22,65
24	338	86	dp	písek	9,5	85	10	75	dCa	kalcit	22,65
25	239	86	djp	jil+písek	9,5	86	10	86	dCa	kalcit	23,65
26	185	68	djp	jil+písek	9,5	87	228	75	dCa	kalcit	23,65
27	351	69	djp	jil+písek	9,5	88	69	75	dCa	kalcit	23,65
28	317	54	dFe	Fe povlaky	10,3	89	180	50	djFe	jil+Fe povl.	23,65
29	158	54	dFeCa	Fe p.+kalcit	10,3	90	171	50	dj	jil	23,65
30	338	59	dFeCa	Fe p.+kalcit	10,3	91	99	45	dj	jil	23,65
31	0	59	dFeCa	Fe p.+kalcit	10,3	92	207	86	dCa	kalcit	24,65
32	297	74	dFe	Fe povlaky	11,1	93	221	59	dCa	kalcit	24,65
33	327	30	dFeCa	Fe p.+kalcit	11,1	94	194	59	d	bez	24,65
34	41	41	dFeCa	Fe p.+kalcit	11,1	95	139	69	d	bez	24,65
35	131	45	d	bez	11,1	96	207	63	d	bez	24,65
36	288	68	dCa	kalcit	11,9	97	185	50	d	bez	25,65
37	212	83	dCa	kalcit	11,9	98	126	68	dCa	kalcit	25,65
38	333	54	d	bez	11,9	99	207	68	dCa	kalcit	25,65
39	176	41	d	bez	11,9	100	90	68	dj	jil	25,65
40	324	81	d	bez	11,9	101	171	54	djCa	jil+kalcit	25,65
41	207	45	dj	jil	12,65	102	162	63	dj	jil	26,65
42	297	90	dj	jil	12,65	103	153	59	dj	jil	26,65
43	108	59	dj	jil	12,65	104	198	54	dCa	kalcit	26,65
44	10	90	dFe	Fe povlaky	12,65	105	180	54	dCa	kalcit	27,65
45	218	54	d	bez	13,65	106	149	50	dj	jil	27,65
46	338	77	d	bez	13,65	107	228	77	dj	jil	27,65
47	149	63	dj	jil	13,65	108	198	90	dj	jil	27,65
48	207	59	dj	jil	14,65	109	149	45	dj	jil	28,65
49	198	45	dj	jil	14,65	110	126	86	dj	jil	28,65
50	207	59	d	bez	14,65	111	270	90	dj	jil	28,65
51	234	69	dj	jil	15,65	112	198	50	dCa	kalcit	28,65
52	207	59	dj	jil	15,65	113	261	81	d	bez	29,65
53	203	69	dj	jil	15,65	114	149	50	dlim	limonit	29,65
54	135	69	dj	jil	15,65	115	189	42	dj	jil	30,65
55	0	75	dj	jil	15,65	116	108	81	dj	jil	30,65
56	288	69	dj	jil	15,65	117	180	41	dj	jil	31,65
57	153	86	dj	jil	16,65	118	90	86	dj	jil	31,65
58	252	59	djCa	jil+kalcit	16,65	119	171	32	dj	jil	32,4
59	270	90	dj	jil	16,65	120	90	77	dj	jil	32,4
60	77	72	dj	jil	16,65	121	167	50	dj	jil	33,435
61	266	81	dCa	kalcit	17,65	122	108	81	dj	jil	33,435

Průzkumná štola Prackovice-stavba 0805G, Strukturní měření											
poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)	poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)
123	0	59	d	bez	33,435	184	60	90	dj	jil	55,9
124	252	77	d	bez	34,435	185	20	79	dj	jil	55,9
125	90	81	d	bez	34,435	186	168	45	dj	jil	55,9
126	158	50	dj	jil	34,435	187	149	75	dj	jil	55,9
127	144	45	dCa	kalcit	36,435	188	279	79	dj	jil	55,9
128	221	77	d	bez	36,435	189	198	65	dj	jil	55,9
129	45	90	d	bez	36,435	190	293	77	dj	jil	56,75
130	144	50	dCa	kalcit	37,435	191	212	77	dj	jil	56,75
131	50	86	d	bez	37,435	192	162	27	dj	jil	56,75
132	135	50	dCa	kalcit	38,434	193	275	68	dj	jil	57,55
133	131	41	djCa	jil+kalcit	39,434	194	216	77	dj	jil	57,55
134	135	45	djCa	jil+kalcit	39,434	195	158	77	dj	jil	57,55
135	99	77	dj	jil	39,434	196	158	50	dj	jil	57,55
136	131	50	djCa	jil+kalcit	40	197	279	72	dj	jil	57,55
137	135	50	djCa	jil+kalcit	40,75	198	297	59	dj	jil	57,55
138	275	77	dj	jil	40,75	199	275	63	dj	jil	58,35
139	176	68	dj	jil	41,5	200	302	77	dj	jil	58,35
140	36	86	dj	jil	41,5	201	153	41	dj	jil	58,35
141	140	45	djCa	jil+kalcit	41,5	202	189	68	dj	jil	58,35
142	135	45	dCa	kalcit	42,25	203	54	72	dj	jil	58,35
143	155	54	dCa	kalcit	43	204	185	36	dj	jil	59,35
144	144	77	d	bez	43	205	131	68	dj	jil	59,35
145	149	54	dCa	kalcit	43,75	206	149	45	dj	jil	60,55
146	140	45	dCa	kalcit	44,5	207	248	72	dj	jil	60,55
147	153	50	dCa	kalcit	45,25	208	144	81	dj	jil	60,55
148	230	81	d	bez	45,25	209	306	45	dj	jil	60,55
149	261	86	d	bez	45,25	210	153	61	dj	jil	61,35
150	135	59	dCa	kalcit	46	211	252	68	dj	jil	61,35
151	153	50	dCa	kalcit	46,75	212	54	72	dj	jil	61,35
152	230	81	d	bez	46,75	213	158	41	dj	jil	62,15
153	153	50	dCa	kalcit	47,5	214	180	54	dj	jil	62,15
154	230	81	d	bez	47,5	215	302	86	dj	jil	62,15
155	144	81	d	bez	48,25	216	140	41	dj	jil	62,95
156	288	18	d	bez	48,25	217	198	27	dj	jil	62,95
157	63	81	dj	jil	48,25	218	77	81	dj	jil	62,95
158	189	81	dj	jil	49	219	171	27	d	bez	63,75
159	45	90	dj	jil	49	220	63	81	d	bez	63,75
160	54	45	d	bez	49	221	135	45	d	bez	64,55
161	239	90	dj	jil	49,75	222	14	90	d	bez	64,55
162	10	86	dj	jil	49,75	223	162	63	d	bez	65,35
163	351	86	dj	jil	51,25	224	225	68	d	bez	65,35
164	140	32	dj	jil	51,25	225	153	36	dj	jil	66,15
165	198	45	dj	jil	51,25	226	288	77	dj	jil	66,15
166	257	79	d	bez	51,25	227	0	63	dj	jil	66,15
167	144	45	dj	jil	52	228	140	50	dj	jil	66,95
168	225	72	dj	jil	52	229	108	86	dj	jil	66,95
169	189	41	dj	jil	52	230	27	68	dj	jil	66,95
170	0	72	dj	jil	52	231	140	45	dj	jil	67,75
171	320	14	dj	jil	53	232	59	77	dj	jil	67,75
172	140	36	dj	jil	53	233	18	81	dj	jil	67,75
173	216	77	dj	jil	53	234	153	41	dj	jil	68,55
174	225	77	dj	jil	53,55	235	347	81	dj	jil	68,55
175	333	59	dj	jil	53,55	236	36	86	dj	jil	68,55
176	167	50	dj	jil	53,55	237	306	72	dj	jil	69,35
177	248	81	dj	jil	54,35	238	54	27	dj	jil	69,35
178	180	50	dj	jil	54,35	239	54	77	dj	jil	69,35
179	315	72	dj	jil	54,35	240	311	72	dj	jil	70,15
180	41	90	dj	jil	55,15	241	153	50	dj	jil	70,15
181	168	54	dj	jil	55,15	242	135	68	dj	jil	70,95
182	308	70	dj	jil	55,15	243	171	18	dj	jil	70,95
183	308	81	dj	jil	55,15	244	27	27	dj	jil	71,75

Průzkumná štola Prackovice-stavba 0805G, Strukturní měření

poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)	poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)
245	261	27	dj	jil	71,75	306	180	50	dj	jil	88
246	162	23	dj	jil	71,75	307	216	72	dj	jil	88
247	144	45	dj	jil	71,75	308	113	50	dj	jil	88
248	135	27	dj	jil	72,75	309	0	63	dp	bez	88
249	63	50	dCa	kalcit	72,75	310	131	72	djp	jil+pisek	89
250	72	18	d	bez	72,75	311	212	72	dj	jil	89
251	279	63	d	bez	72,75	312	297	59	dj	jil	89
252	340	86	dCa	kalcit	73,75	313	275	50	dj	jil	89
253	311	81	dCa	kalcit	73,75	314	198	32	dj	jil	89,7
254	59	86	dj	jil	73,75	315	194	86	dj	jil	89,7
255	257	27	dj	jil	73,75	316	77	14	dj	jil	89,7
256	131	32	dj	jil	73,75	317	149	77	djp	jil+pisek	89,7
257	293	86	dCa	kalcit	74,75	318	113	90	d	bez	89,7
258	50	90	dj	jil	74,75	319	90	45	dj	jil	90,5
259	131	21	dj	jil	74,75	320	180	45	dj	jil	90,5
260	180	75	dj	jil	74,75	321	18	86	dj	jil	90,5
261	110	45	dj	jil	74,75	322	126	68	dj	jil	90,5
262	41	90	dj	jil	75,75	323	216	90	dj	jil	91,3
263	131	50	dj	jil	75,75	324	189	41	dj	jil	91,3
264	180	59	dj	jil	75,75	325	149	50	dj	jil	91,3
265	167	50	dj	jil	76,75	326	126	18	dj	jil	91,3
266	68	81	dj	jil	76,75	327	311	81	dj	jil	91,3
267	135	90	dj	jil	76,75	328	117	9	dj	jil	92,1
268	144	36	dj	jil	77,75	329	108	18	dj	jil	92,1
269	153	36	dj	jil	77,75	330	189	45	dj	jil	92,1
270	50	72	dj	jil	77,75	331	149	81	dj	jil	92,1
271	153	36	dj	jil	78,55	332	180	81	dj	jil	92,1
272	162	18	dj	jil	78,55	333	131	27	dj	jil	92,1
273	275	63	dj	jil	78,55	334	189	75	dj	jil	92,1
274	225	72	dj	jil	78,55	335	140	32	dj	jil	92,9
275	69	86	dj	jil	79,35	336	180	14	dj	jil	92,9
276	279	45	dj	jil	79,35	337	158	59	dj	jil	92,9
277	168	75	dj	jil	79,35	338	180	69	dj	jil	92,9
278	180	45	dj	jil	79,35	339	198	63	dj	jil	92,9
279	90	90	dj	jil	80,15	340	171	72	dj	jil	93,6
280	158	63	dj	jil	80,15	341	189	68	dj	jil	93,6
281	0	81	dCa	kalcit	80,15	342	162	27	dj	jil	93,6
282	342	81	dCa	kalcit	80,95	343	95	9	dj	jil	93,6
283	32	77	dj	jil	80,95	344	306	81	dj	jil	94,5
284	329	90	dj	jil	82	345	189	63	dj	jil	94,5
285	351	77	djCa	jil+kalcit	82	346	140	75	dj	jil	94,5
286	0	86	dCa	kalcit	83	347	230	81	dj	jil	94,5
287	131	69	dj	jil	83	348	320	86	dj	jil	95,3
288	108	14	dj	jil	83	349	198	90	dj	jil	95,3
289	239	81	dj	jil	84	350	158	59	dj	jil	95,3
290	131	50	dj	jil	84	351	257	81	dj	jil	95,3
291	158	36	dj	jil	84	352	99	14	dj	jil	95,3
292	329	77	dCa	kalcit	84	353	144	81	dj	jil	96,1
293	0	81	dCa	kalcit	85	354	329	50	dj	jil	96,1
294	207	23	dj	jil	85	355	77	59	dj	jil	96,1
295	171	86	dj	jil	85	356	14	77	dj	jil	96,1
296	288	69	dj	jil	86	357	117	81	dj	jil	96,1
297	230	50	dj	jil	86	358	122	36	dj	jil	96,1
298	0	81	dCa	kalcit	86	359	63	72	dj	jil	96,9
299	279	41	dp	pisek	87	360	99	59	dj	jil	96,9
300	315	68	dj	jil	87	361	212	18	dj	jil	96,9
301	135	68	dj	jil	87	362	320	41	dj	jil	96,9
302	270	63	dj	jil	87	363	135	77	dj	jil	96,9
303	207	72	dj	jil	87	364	311	41	dj	jil	97,7
304	257	45	dj	jil	87	365	144	50	dj	jil	97,7
305	135	9	dj	jil	88	366	140	90	dj	jil	97,7

Průzkumná štolá Prackovice-stavba 0805G, Strukturní měření											
poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)	poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)
367	63	90	dj	jil	97,7	428	117	90	dCa	kalcit	112,4
368	248	86	dj	jil	97,7	429	324	45	dCa	kalcit	112,4
369	144	9	dj	jil	98,5	430	167	68	djCa	jil+kalcit	112,4
370	117	23	dj	jil	98,5	431	90	14	djCa	jil+kalcit	112,4
371	293	45	dj	jil	98,5	432	9	9	djCa	jil+kalcit	113,4
372	144	72	dj	jil	98,5	433	167	77	djCa	jil+kalcit	113,4
373	140	90	dj	jil	99,3	434	342	45	dCa	kalcit	113,4
374	162	50	dj	jil	99,3	435	126	90	dCa	kalcit	113,4
375	162	86	dj	jil	99,3	436	72	72	dCa	kalcit	114,4
376	144	41	d	bez	99,3	437	288	63	d	bez	114,4
377	149	32	d	bez	100,4	438	153	32	d	bez	114,4
378	153	68	d	bez	100,4	439	144	41	d	bez	115,4
379	351	50	dj	jil	100,4	440	243	77	d	bez	115,4
380	131	32	dj	jil	101,4	441	0	54	dCa	kalcit	115,4
381	140	14	dj	jil	101,4	442	297	63	dCa	kalcit	115,4
382	140	81	dj	jil	101,4	443	18	54	dCa	kalcit	116,4
383	221	86	dj	jil	101,4	444	54	72	d	bez	116,4
384	81	63	d	bez	101,4	445	153	77	d	bez	116,4
385	149	59	d	bez	101,4	446	293	36	dj	jil	116,4
386	0	86	d	bez	101,4	447	329	68	dj	jil	117,4
387	158	41	d	bez	102,4	448	153	48	dj	jil	117,4
388	86	81	d	bez	102,4	449	351	45	d	bez	117,4
389	230	81	d	bez	103,4	450	266	86	d	bez	117,4
390	149	38	d	bez	103,4	451	135	23	djCa	jil+kalcit	117,4
391	315	63	dj	jil	103,4	452	23	41	dCa	kalcit	117,4
392	315	63	dj	jil	104,4	453	153	14	djCa	jil+kalcit	118,5
393	144	36	d	bez	104,4	454	248	14	djCa	jil+kalcit	118,5
394	225	72	d	bez	104,4	455	338	63	djCa	jil+kalcit	118,5
395	131	75	dj	jil	105,4	456	153	54	d	bez	118,5
396	30	90	dj	jil	105,4	457	302	41	dj	jil	118,5
397	41	30	dj	jil	105,4	458	189	45	dj	jil	119,6
398	140	36	dj	jil	105,4	459	140	66	dj	jil	119,6
399	288	41	dj	jil	105,4	460	149	50	dCa	kalcit	119,6
400	158	14	dj	jil	105,4	461	338	69	dCa	kalcit	119,6
401	140	50	dj	jil	106,4	462	158	14	dCa	kalcit	120,7
402	297	59	dj	jil	106,4	463	189	24	dCa	kalcit	120,7
403	75	25	dj	jil	106,4	464	306	69	dCa	kalcit	120,7
404	158	86	dj	jil	106,4	465	180	54	dj	jil	120,7
405	0	66	dj	jil	106,4	466	126	81	dj	jil	121,8
406	252	77	d	bez	106,4	467	153	27	djCa	jil+kalcit	121,8
407	212	75	d	bez	106,4	468	158	23	djCa	jil+kalcit	122,9
408	315	77	dj	jil	107,4	469	59	68	dj	jil	122,9
409	302	59	dj	jil	107,4	470	108	90	dj	jil	124
410	108	54	dj	jil	107,4	471	279	50	dj	jil	124
411	0	45	dj	jil	107,4	472	158	21	dj	jil	124
412	126	59	dj	jil	107,4	473	180	21	dj	jil	124
413	72	68	dj	jil	107,4	474	108	14	dCa	kalcit	124
414	5	54	dj	jil	108,4	475	95	66	dCa	kalcit	125,1
415	9	59	dj	jil	108,4	476	162	14	dCa	kalcit	125,1
416	261	36	d	bez	108,4	477	124	45	dj	jil	125,1
417	225	18	dj	jil	109,4	478	203	81	dj	jil	125,1
418	117	81	dj	jil	109,4	479	144	90	dj	jil	125,1
419	261	27	dCa	kalcit	109,4	480	30	45	dj	jil	125,1
420	261	72	dCa	kalcit	110,4	481	333	3	dCa	kalcit	126,2
421	315	36	dCa	kalcit	110,4	482	351	86	dCa	kalcit	126,2
422	135	36	d	bez	110,4	483	162	77	dCa	kalcit	126,2
423	162	77	d	bez	111,4	484	324	45	dCa	kalcit	127,3
424	302	9	d	bez	111,4	485	198	36	dCa	kalcit	127,3
425	315	59	dCa	kalcit	111,4	486	306	69	d	bez	128,4
426	315	36	dCa	kalcit	111,4	487	0	14	d	bez	128,4
427	270	30	dCa	kalcit	111,4	488	149	77	d	bez	129,5

Průzkumná štola Prackovice-stavba 0805G, Strukturální měření

poř.	směr (°)	sklon (°)	označ.	char.výplně	stanič.(m)
489	288	18	dCa	kalcit	129,5
490	311	68	dCa	kalcit	129,5
491	108	81	dCa	kalcit	129,5
492	131	36	dCa	kalcit	130,6
493	320	66	dj	jíl	130,6
494	311	90	d	bez	130,6
495	144	86	d	bez	131,7
496	99	14	dCa	kalcit	131,7
497	0	23	dCa	kalcit	132,93
498	54	41	dCa	kalcit	132,93
499	135	90	djCa	jíl+kalcit	132,93
500	185	14	djCa	jíl+kalcit	132,93
501	144	90	djCa	jíl+kalcit	133,7
502	297	81	djCa	jíl+kalcit	133,7
503	342	23	dCa	kalcit	133,7
504	320	23	dCa	kalcit	134,45
505	153	77	djCa	jíl+kalcit	134,45
506	95	14	djCa	jíl+kalcit	134,45
507	149	90	dj	jíl	134,45
508	275	18	dCa	kalcit	135,2
509	275	18	dCa	kalcit	135,95
510	315	68	djCa	jíl+kalcit	-3,85
511	252	36	djCa	jíl+kalcit	-6,25
512	140	54	dCa	kalcit	-6,25
513	149	63	dj	jíl	0,2
514	216	72	d	bez	0,2
515	234	54	djCa	jíl+kalcit	0,8
516	90	54	djCa	jíl+kalcit	0,8
517	86	54	djCa	jíl+kalcit	1,6
518	230	63	dj	jíl	1,6
519	162	63	dj	jíl	2,4
520	86	54	djCa	jíl+kalcit	2,4
521	225	68	dCa	kalcit	2,4
522	225	68	dCa	kalcit	3,2
523	126	50	dCa	kalcit	3,2
524	36	72	dj	jíl	3,2
525	180	59	dj	jíl	4
526	225	68	dCa	kalcit	4
527	126	50	dCa	kalcit	4
528	216	59	dCa	kalcit	4,8
529	153	59	djCa	jíl+kalcit	4,8
530	234	63	dj	jíl	4,8
531	171	59	dj	jíl	4,8
532	126	59	dCa	kalcit	5,6
533	306	86	d	bez	5,6
534	167	45	djCa	jíl+kalcit	6,4
535	108	72	dj	jíl	6,4
536	131	50	dj	jíl	7,2
537	122	54	d	bez	7,2
538	149	54	d	bez	7,2
539	54	72	dCa	kalcit	7,2
540	95	59	dCa	kalcit	8
541	185	68	dj	jíl	8
542	149	54	d	bez	8
543	50	59	d	bez	8

**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky**

**STRUKTURNÍ ANALÝZA
Diagramy**

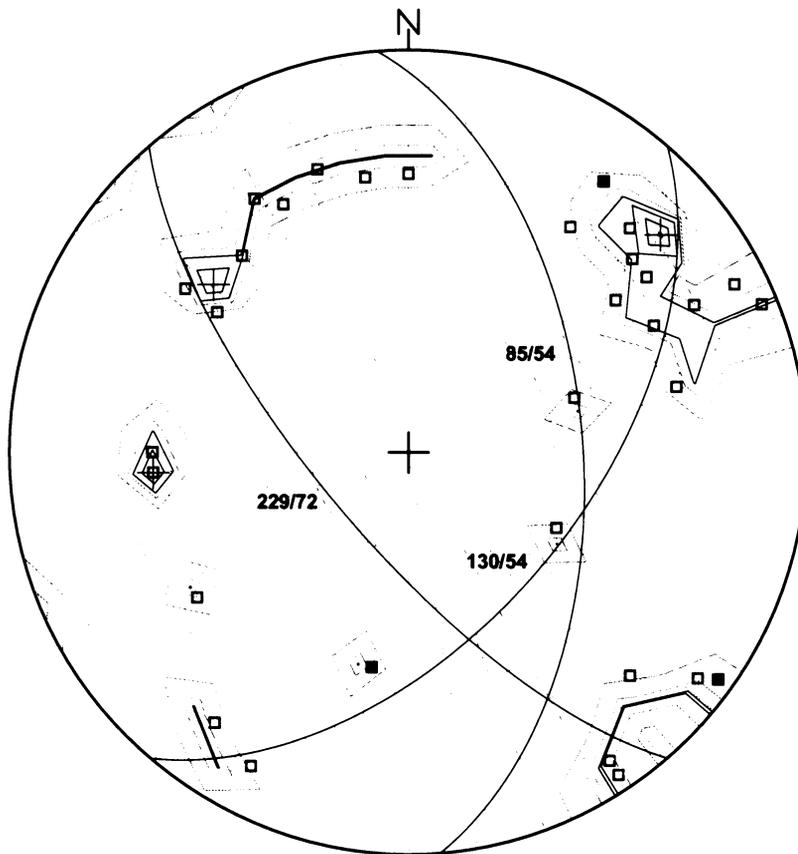
**příloha: 9. 2. 2.
str.: 9 - 20**

**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**

Lambert projection

Selected classes:	
d	3 of 77 ■
dCa	8 of 88 □
dFe	0 of 3 □
dFeCa	0 of 5 □
dj	18 of 325 □
djCa	7 of 32 □
djFe	0 of 4 □
djp	0 of 5 □
dlim	0 of 1 □
dp	0 of 3 □
Σ	36 of 543

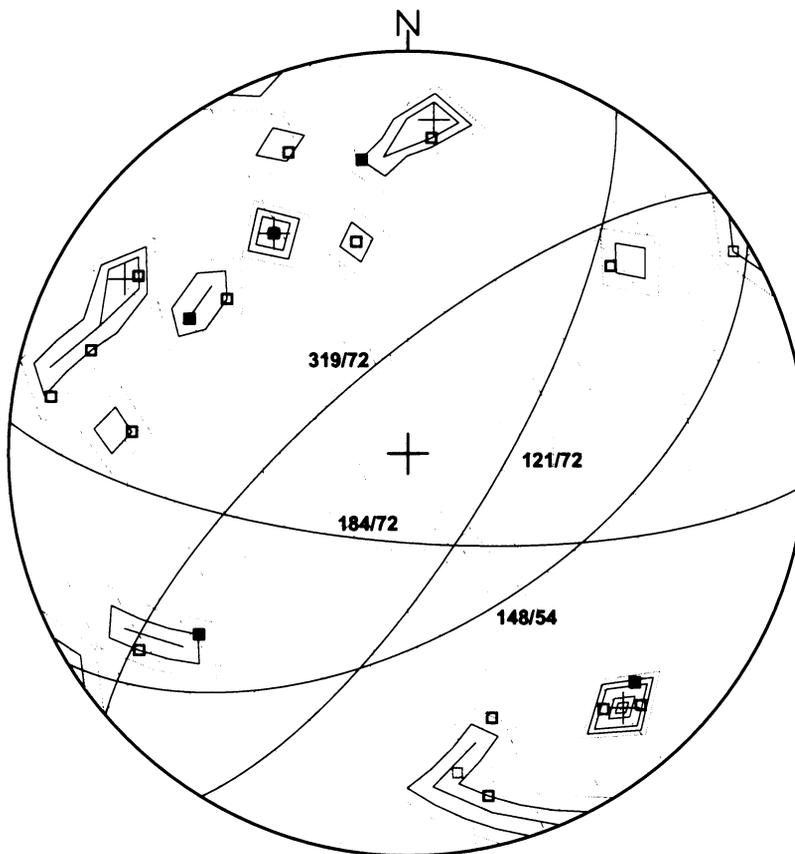
Pol Density:	
0,0 % - 0,5 %
0,5 % - 2,0 %	-----
2,0 % - 2,7 %	—————
2,7 % - 4,0 %	—————
4,0 % - 5,0 %	—————
5,0 % - 6,0 %	—————
6,0 % - 8,0 %	—————
8,0 % - 8,3 %	—————



Lambert projection

Selected classes:		
d	6 of 77	■
dCa	2 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	12 of 325	□
djCa	1 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	3 of 5	□
dlim	0 of 1	□
dp	1 of 3	□
Σ	25 of 543	

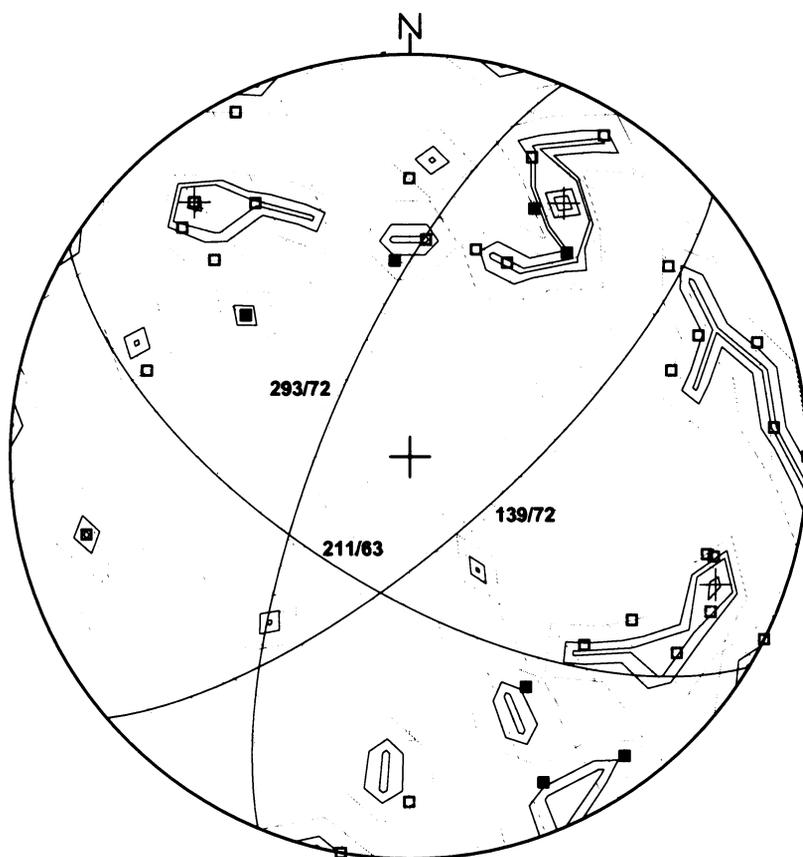
Pol Density:	
0,0 % - 0,1 %	—
0,1 % - 2,0 %	—
2,0 % - 4,0 %	—
4,0 % - 6,0 %	—
6,0 % - 8,0 %	—
8,0 % - 10,0 %	—
10,0 % - 12,0 %	—



Lambert projection

Selected classes:	
d	7 of 77 ■
dCa	4 of 88 □
dFe	3 of 3 □
dFeCa	5 of 5 □
dj	22 of 325 □
djCa	1 of 32 □
djFe	0 of 4 □
djp	0 of 5 □
dlim	0 of 1 □
dp	0 of 3 □
Σ	42 of 543

Pol Density:	
0,0 % - 0,1 %	—
0,1 % - 1,5 %	—
1,5 % - 2,2 %	—
2,2 % - 2,8 %	—
2,8 % - 4,0 %	—
4,0 % - 5,5 %	—
5,5 % - 7,1 %	—



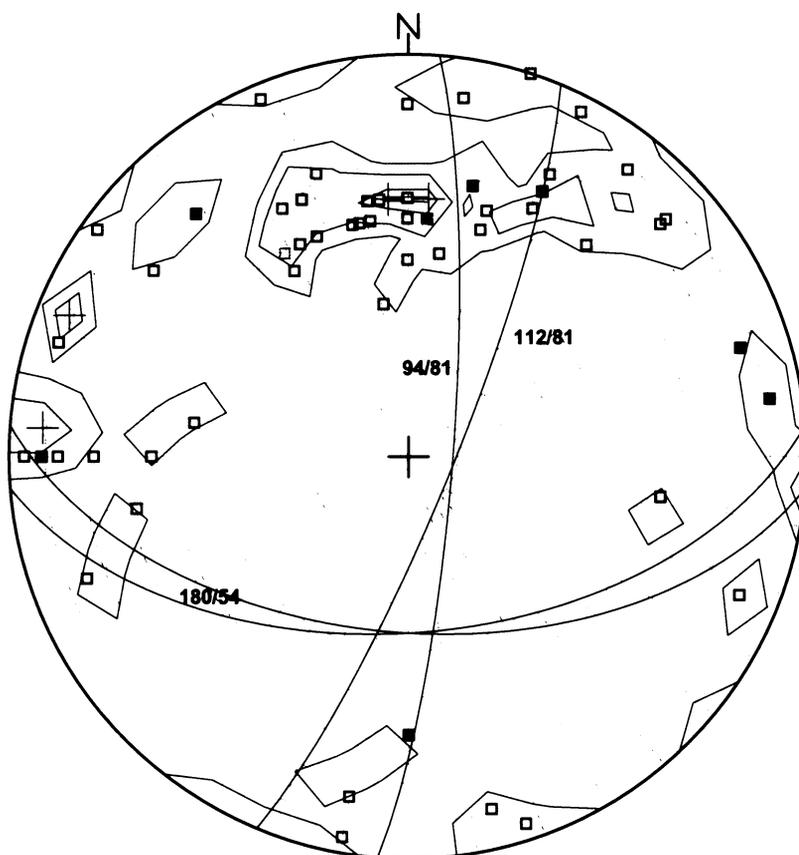
Lambert projection

Selected classes:

d	8 of 77	■
dCa	14 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	29 of 325	□
djCa	1 of 32	□
djFe	4 of 4	□
djp	0 of 5	□
dlim	1 of 1	□
dp	0 of 3	□
Σ	57 of 543	

Pol Density:

0,0 % - 0,5 %	———
0,5 % - 2,0 %	———
2,0 % - 3,0 %	———
3,0 % - 4,0 %	———
4,0 % - 5,0 %	———
5,0 % - 5,3 %	———



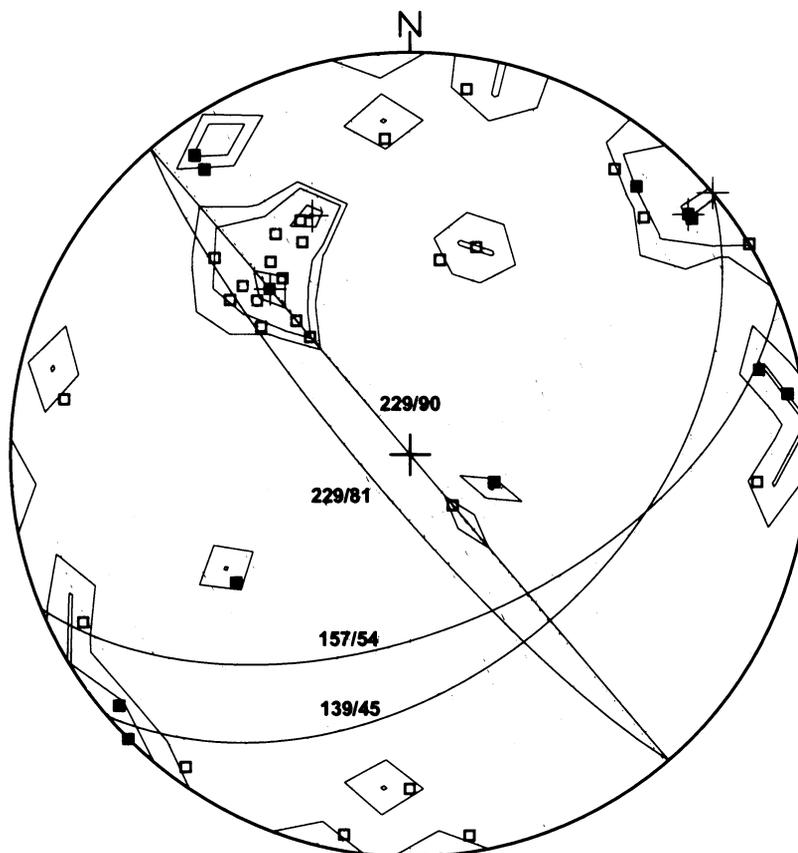
Lambert projection

Selected classes:

d	12 of 77	■
dCa	11 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	19 of 325	□
djCa	5 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	0 of 5	□
dlim	0 of 1	□
dp	0 of 3	□
Σ	47 of 543	

Pol Density:

0,0 % - 0,5 %	———
0,5 % - 2,0 %	———
2,0 % - 4,0 %	———
4,0 % - 6,0 %	———
6,0 % - 8,0 %	———
8,0 % - 8,5 %	———



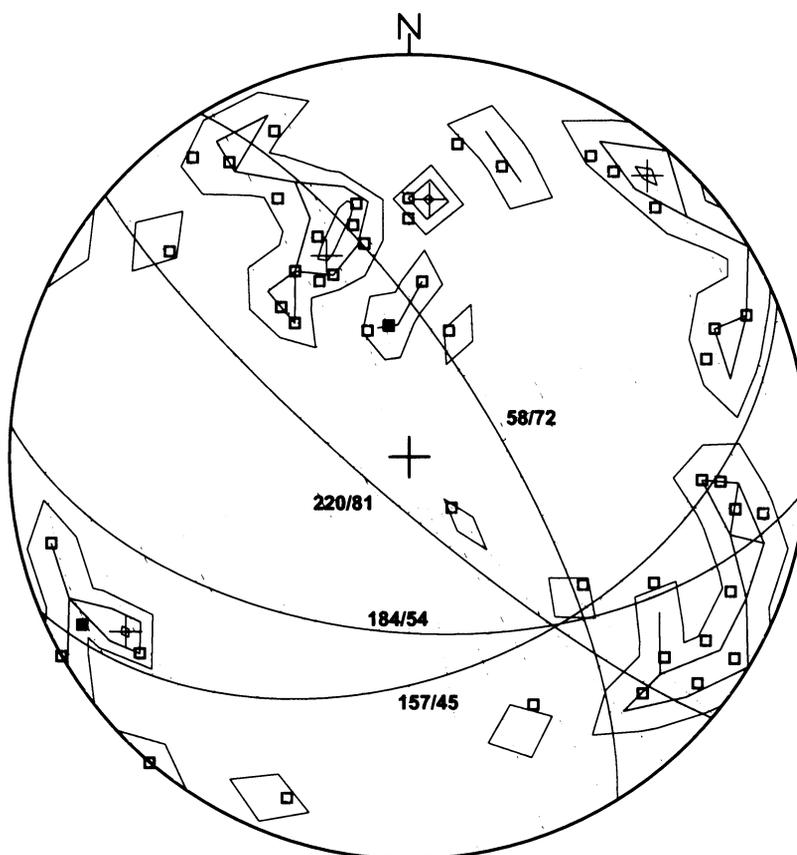
Lambert projection

Selected classes:

d	2 of 77	■
dCa	0 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	48 of 325	□
djCa	0 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	0 of 5	□
dlim	0 of 1	□
dp	0 of 3	□
Σ	50 of 543	

Pol Density:

0,0 % - 0,5 %	———
0,5 % - 1,0 %	———
1,0 % - 2,0 %	———
2,0 % - 3,5 %	———
3,5 % - 4,0 %	———



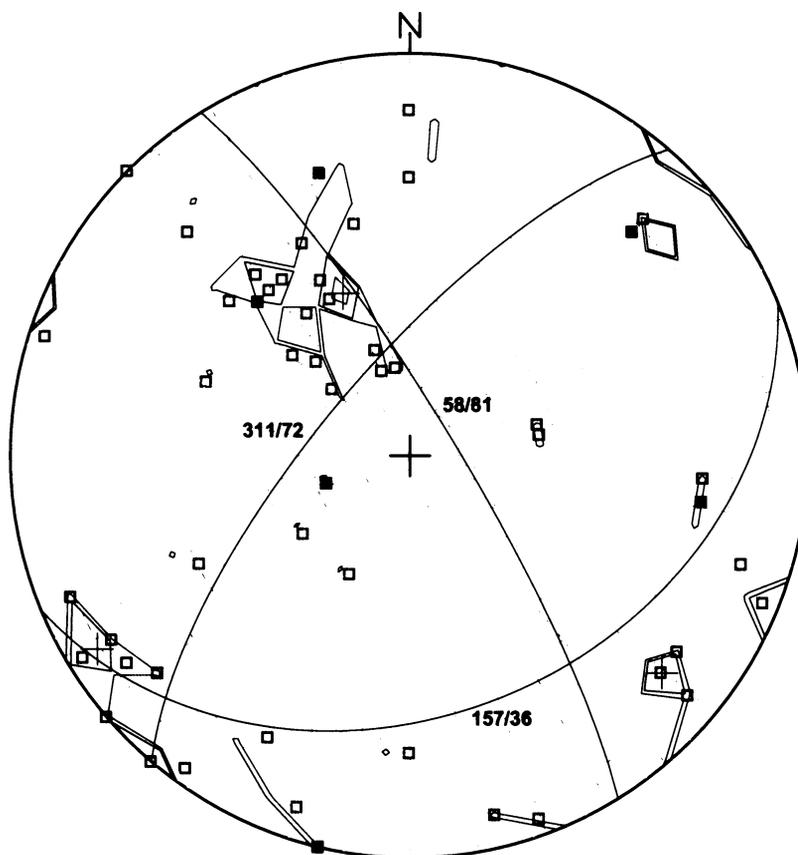
Lambert projection

Selected classes:

d	6 of 77	■
dCa	4 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	
dj	44 of 325	□
djCa	0 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	0 of 5	
dlim	0 of 1	
dp	0 of 3	
Σ	54 of 543	

Pol Density:

0,0 % - 1,0 %	—
1,0 % - 1,7 %	—
1,7 % - 2,0 %	—
2,0 % - 4,0 %	—
4,0 % - 5,6 %	—



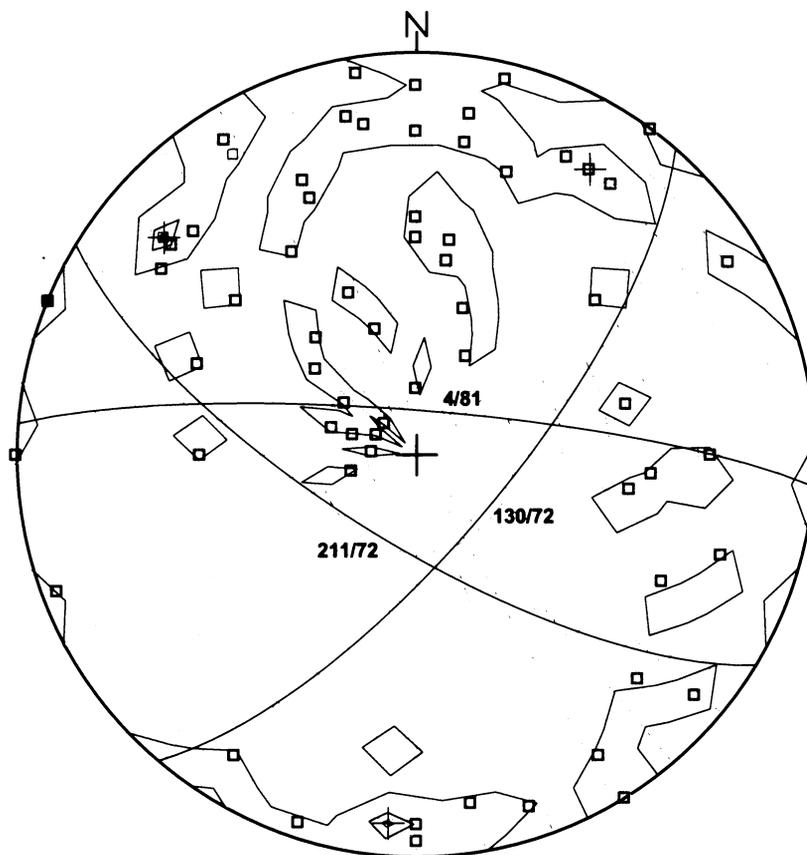
Lambert projection

Selected classes:

d	1 of 77	■
dCa	6 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	57 of 325	□
djCa	1 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	2 of 5	□
dlim	0 of 1	□
dp	2 of 3	□
Σ	69 of 543	

Pol Density:

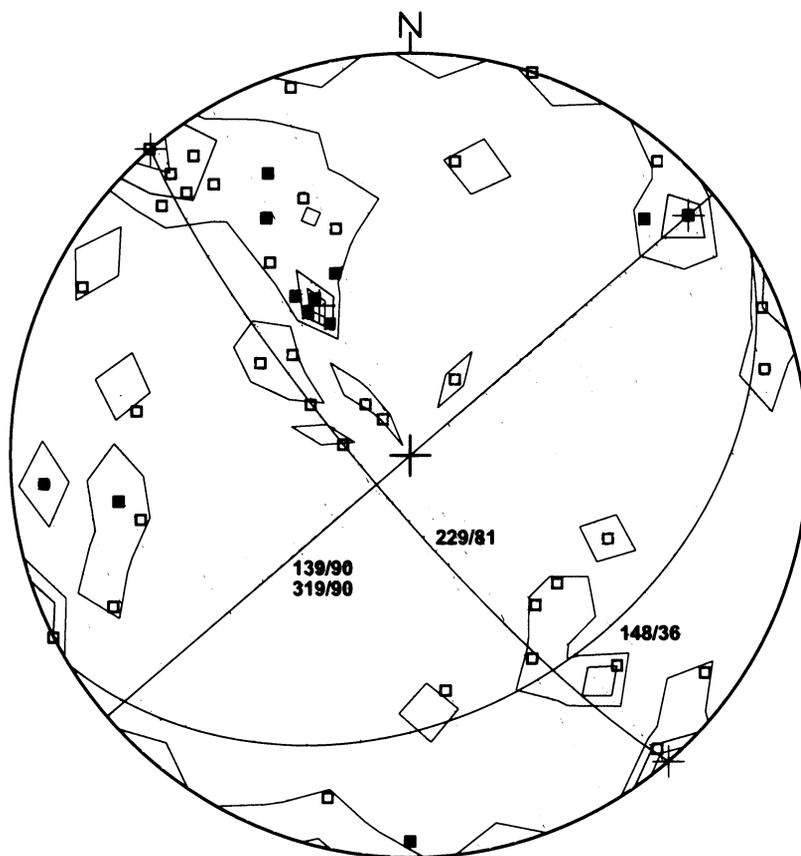
0,0 % - 0,5 %	—
0,5 % - 2,0 %	—
2,0 % - 3,0 %	—
3,0 % - 4,0 %	—
4,0 % - 4,3 %	—



Lambert projection

Selected classes:	
d	12 of 77 ■
dCa	0 of 88 □
dFe	0 of 3 □
dFeCa	0 of 5 □
dj	39 of 325 □
djCa	0 of 32 □
djFe	0 of 4 □
djp	0 of 5 □
dlim	0 of 1 □
dp	0 of 3 □
Σ	51 of 543

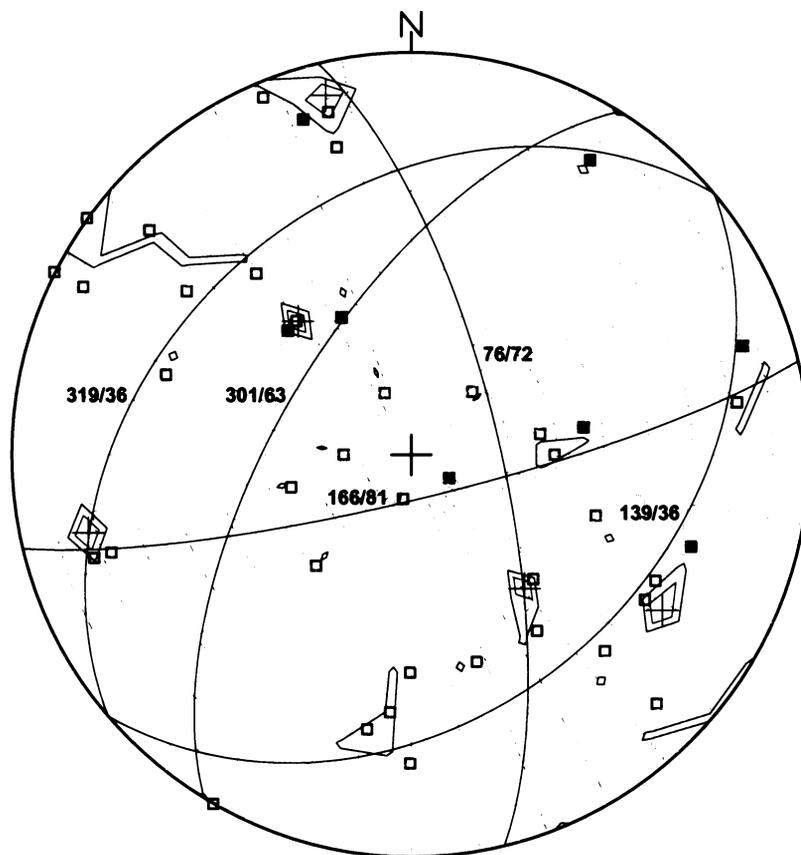
Pol Density:	
0,0 % - 0,5 %	——
0,5 % - 1,5 %	——
1,5 % - 2,0 %	——
2,0 % - 4,0 %	——
4,0 % - 5,9 %	——



Lambert projection

Selected classes:	
d	8 of 77 ■
dCa	11 of 88 □
dFe	0 of 3 □
dFeCa	0 of 5 □
dj	21 of 325 □
djCa	4 of 32 □
djFe	0 of 4 □
djp	0 of 5 □
dlim	0 of 1 □
dp	0 of 3 □
Σ	44 of 543

Pol Density:	
0,0 % - 0,5 %	—
0,5 % - 2,0 %	—
2,0 % - 3,0 %	—
3,0 % - 4,5 %	—



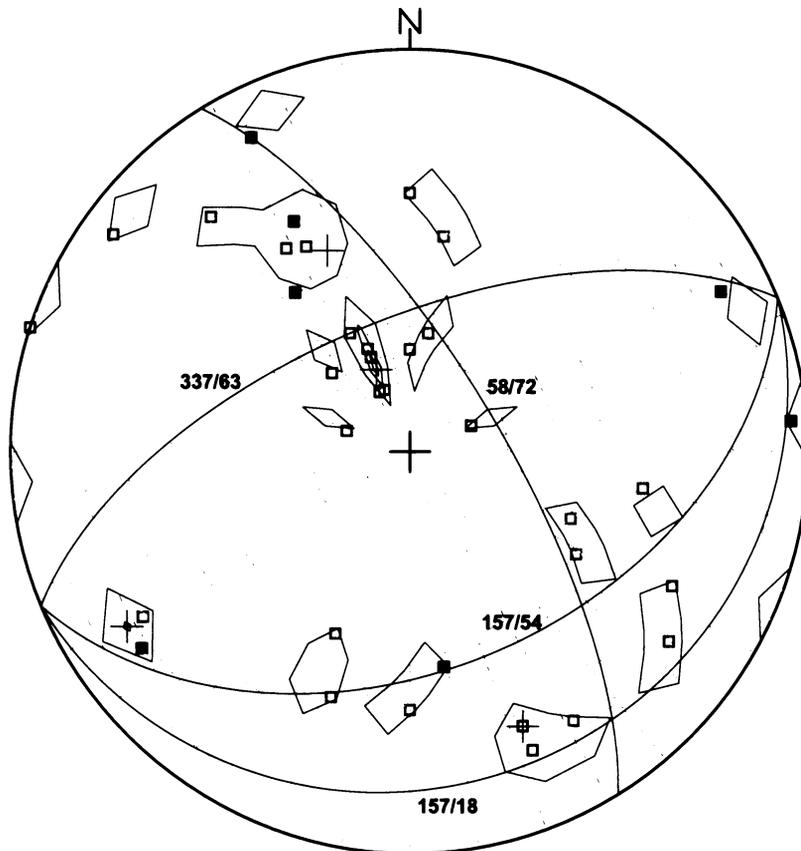
Lambert projection

Selected classes:

d	7 of 77	■
dCa	10 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	13 of 325	□
djCa	6 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	0 of 5	□
dlim	0 of 1	□
dp	0 of 3	□
Σ	36 of 543	

Pol Density:

0,0 % - 1,0 %	—
1,0 % - 2,0 %	—
2,0 % - 5,0 %	—
5,0 % - 7,0 %	—
7,0 % - 8,3 %	—



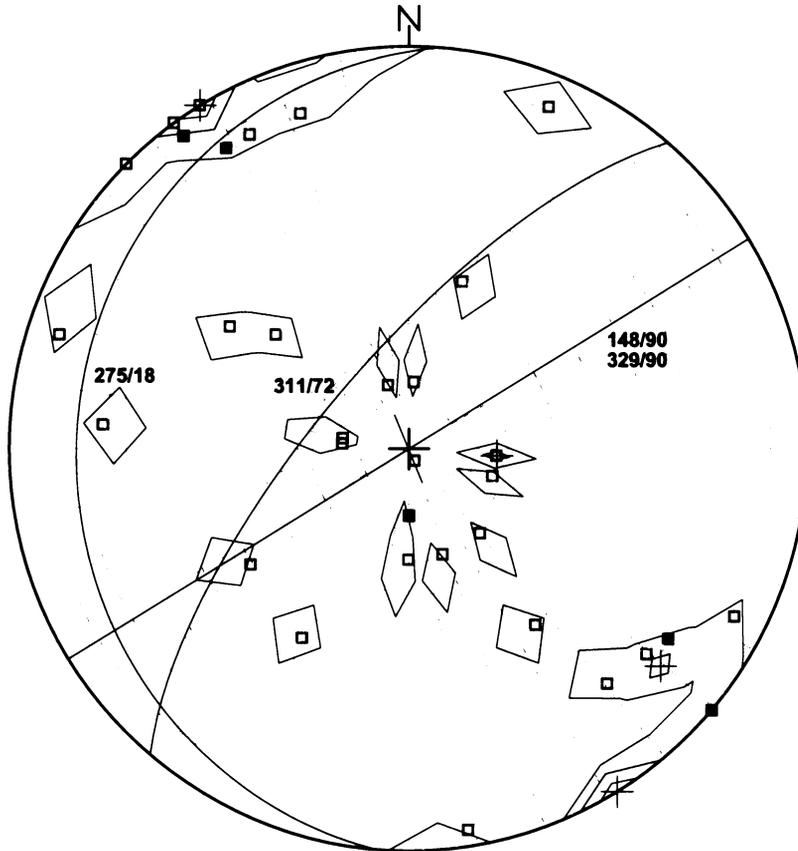
Lambert projection

Selected classes:

d	5 of 77	■
dCa	18 of 88	□
dFe	0 of 3	□
dFeCa	0 of 5	□
dj	6 of 325	□
djCa	6 of 32	□
djFe	0 of 4	□
djp	0 of 5	□
dlim	0 of 1	□
dp	0 of 3	□
Σ	35 of 543	

Pol Density:

0,0 % - 0,5 %	———
0,5 % - 2,0 %	———
2,0 % - 4,0 %	———
4,0 % - 8,0 %	———
8,0 % - 11,4 %	———



**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užitá geofyziky**

**STRUKTURNÍ ANALÝZA
Blokdiagramy**

**příloha: 9. 2. 3.
str.: 21 - 32**

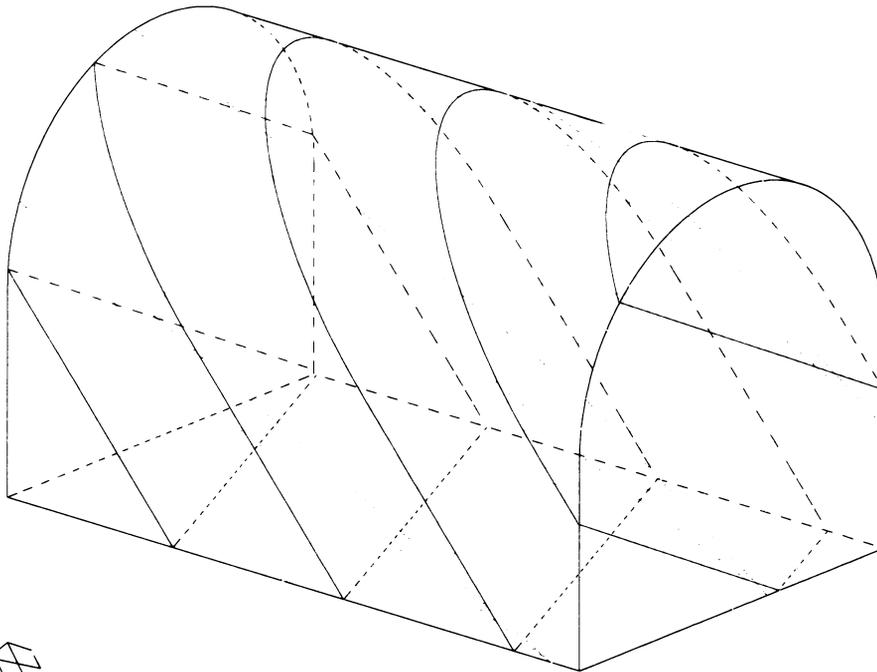
**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets	
Azimut	Dip
229	72
85	54
130	54

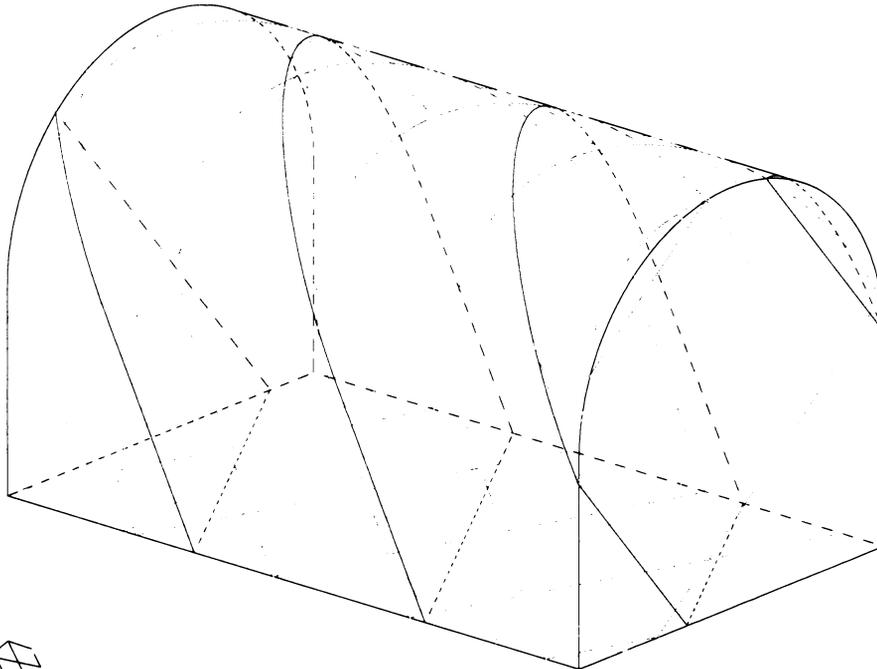
Datei : iso1
Aufschluss : (-6.5-6)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
319	72
148	54
121	72
184	72

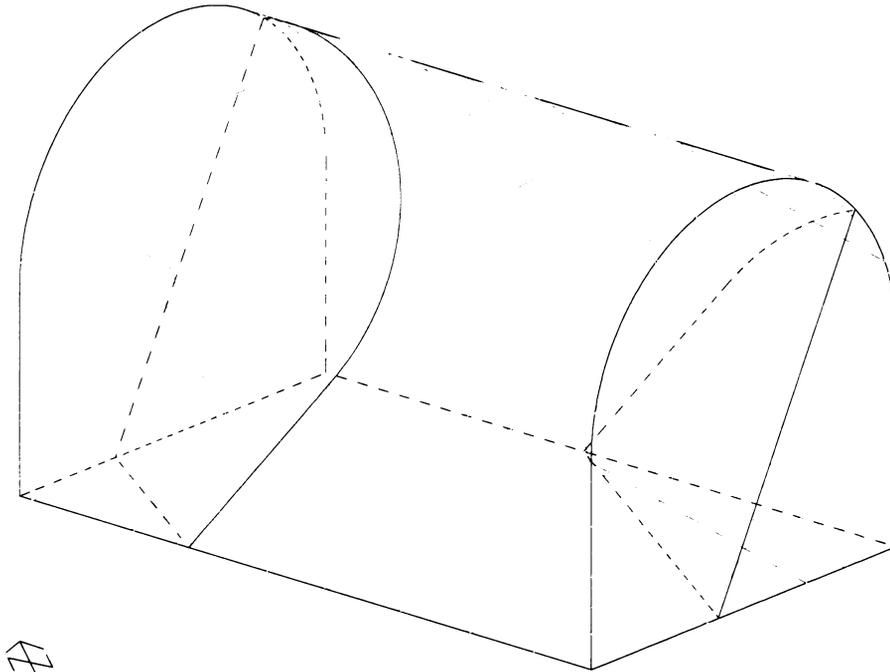
Datei : iso2
Aufschluss : (6-10)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
211	63
139	72
293	72

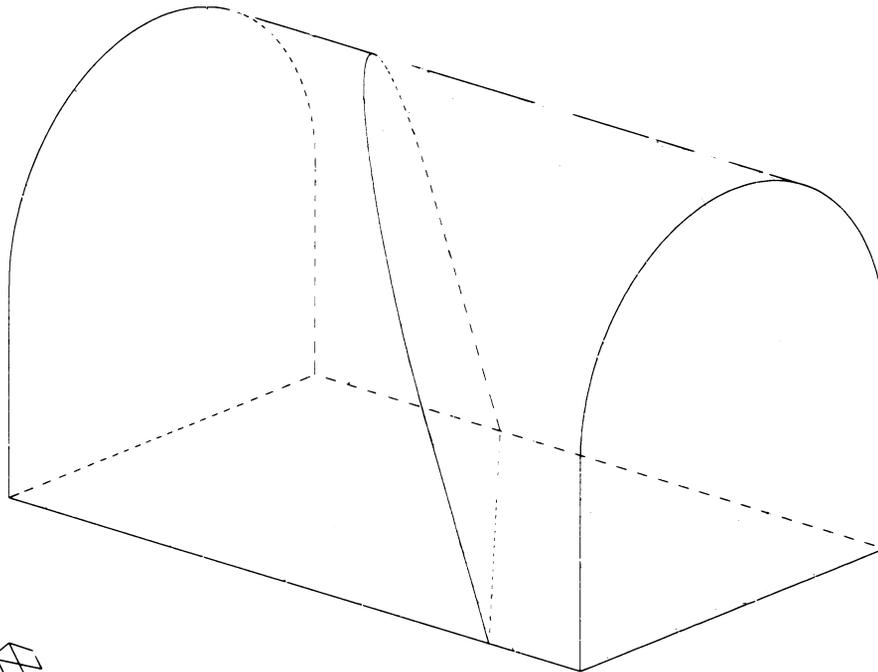
Datei : iso3
Aufschluss : (10-20)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
180	54
94	81
112	81

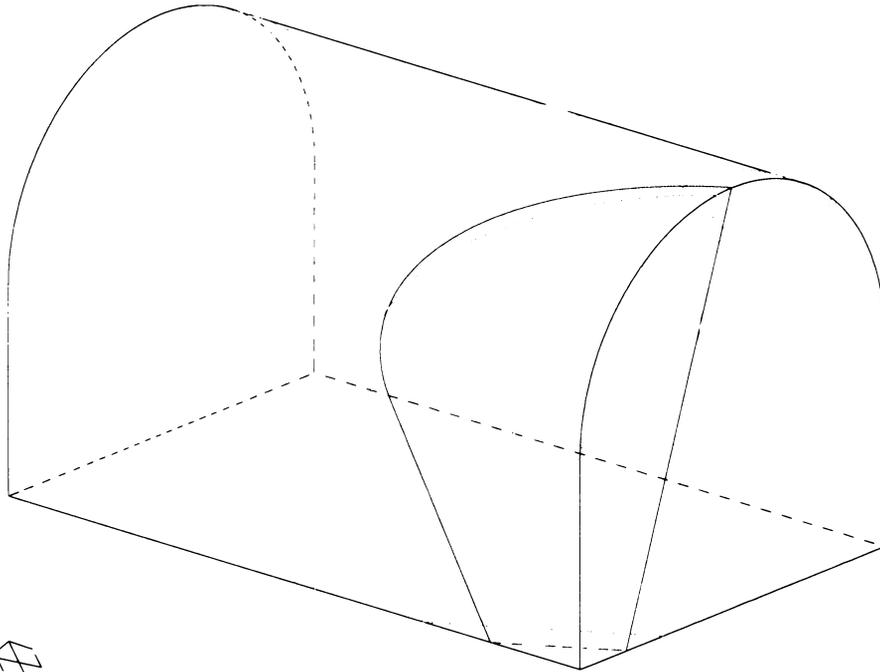
Datei : iso4
Aufschluss : (20-35)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
139	45
157	54
229	81
229	90

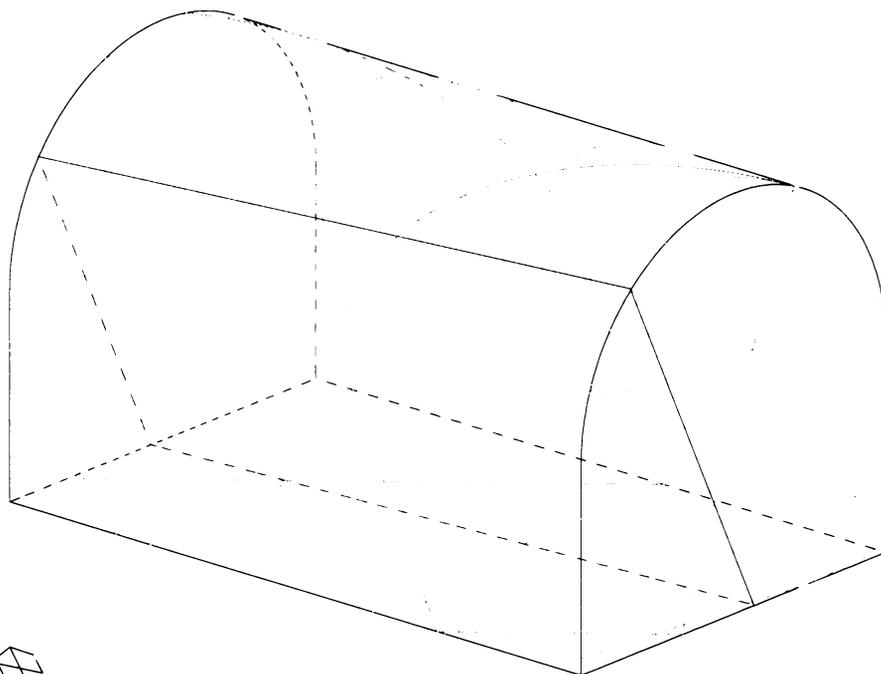
Datei : iso5
Aufschluss : (35-53)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
157	45
184	54
58	72
220	81

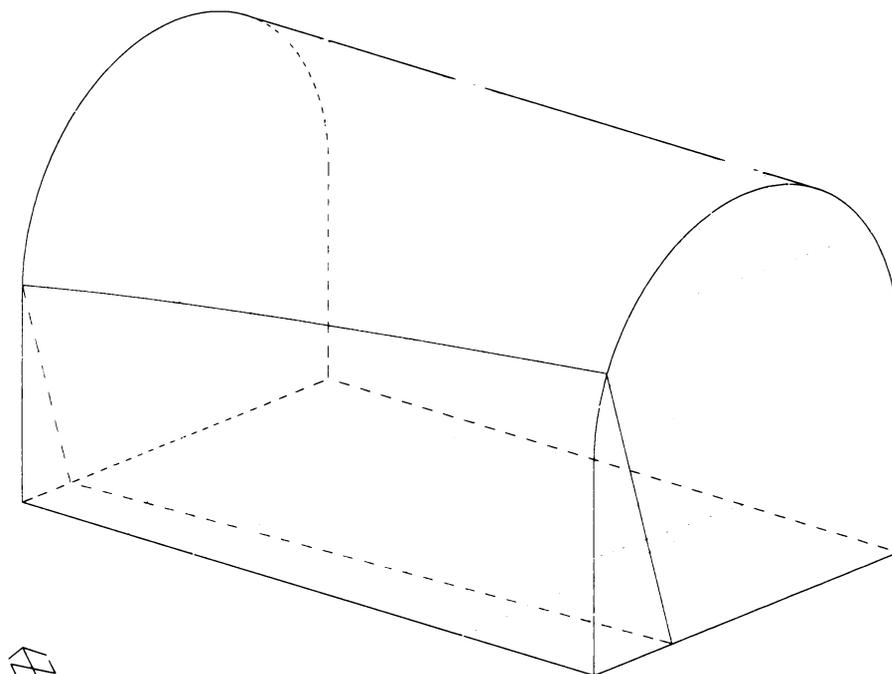
Datei : iso6
Aufschluss : (53-64)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
157	36
311	72
58	81

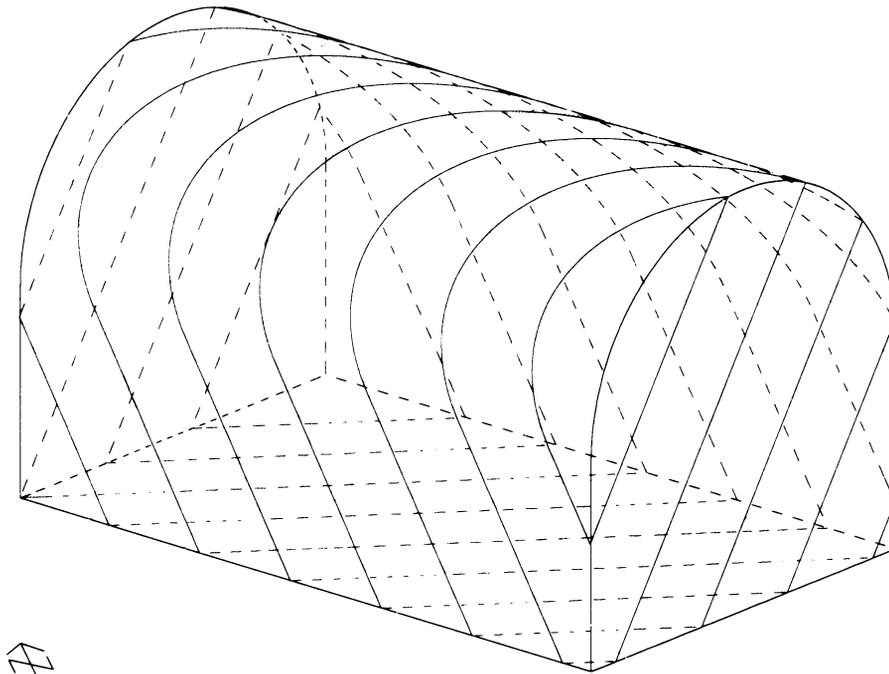
Datei : iso7
Aufschluss : (64-79)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
130	72
4	81
211	72

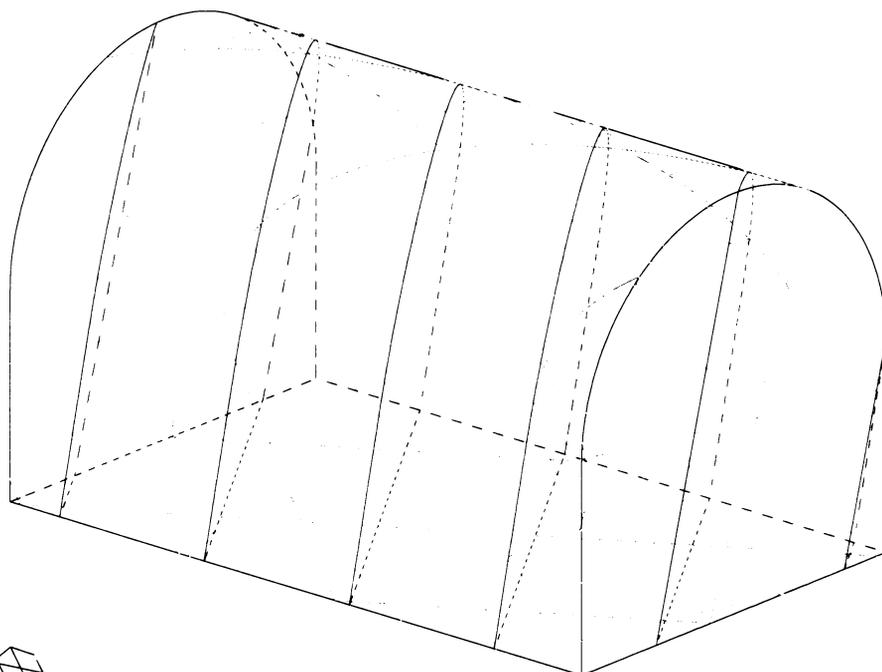
Datei : iso8
Aufschluss : (79-94)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

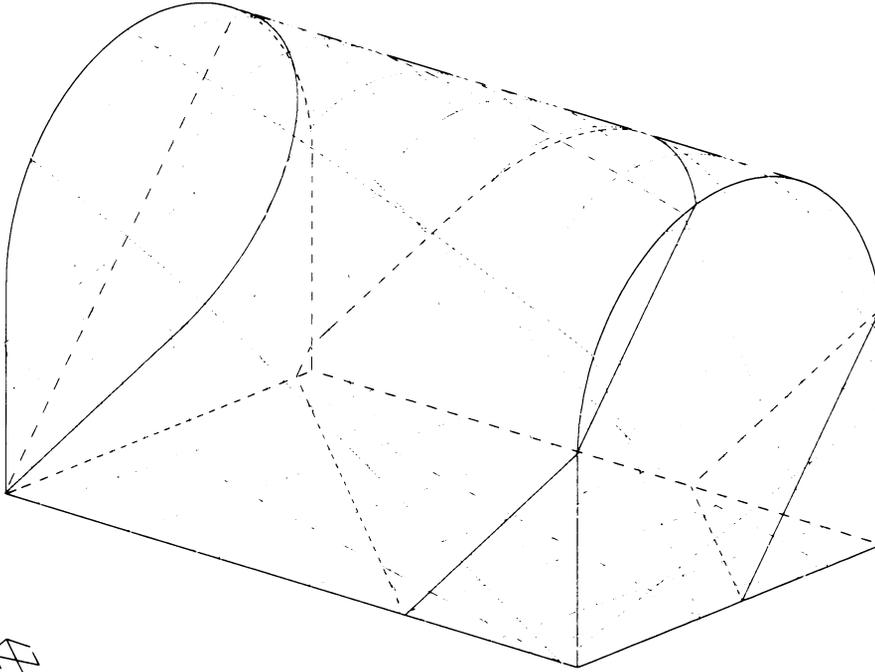
geo system - Win-Geovok 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
148	36
139	90
319	90
229	81

Datei : iso9
Aufschluss : (94-105)



Joint Sets

Azimut	Dip
139	36
319	36
301	63
76	72
166	81

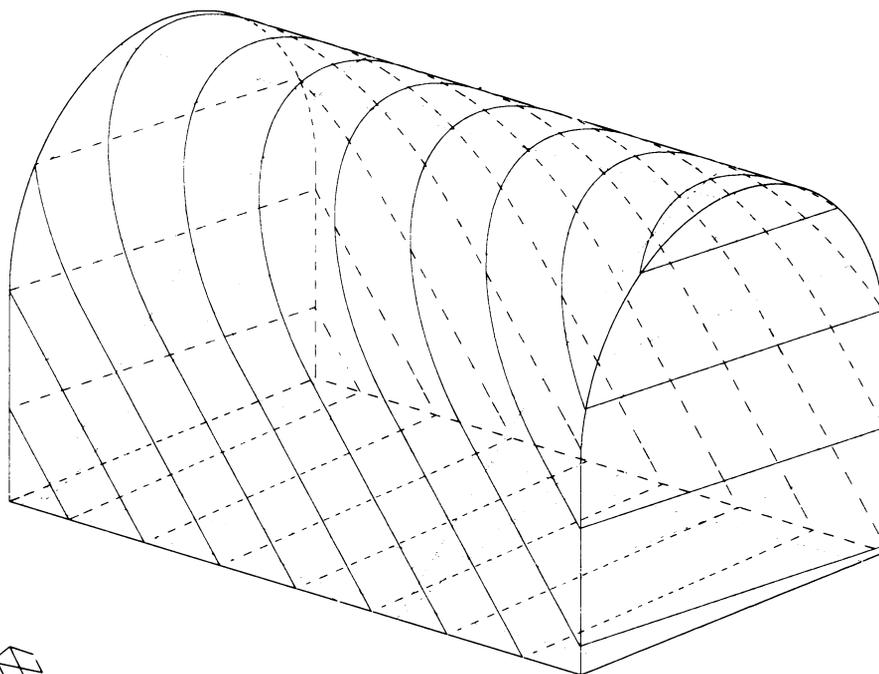
Datei : iso10
Aufschluss : (105-115)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
157	18
58	72
157	54
337	63

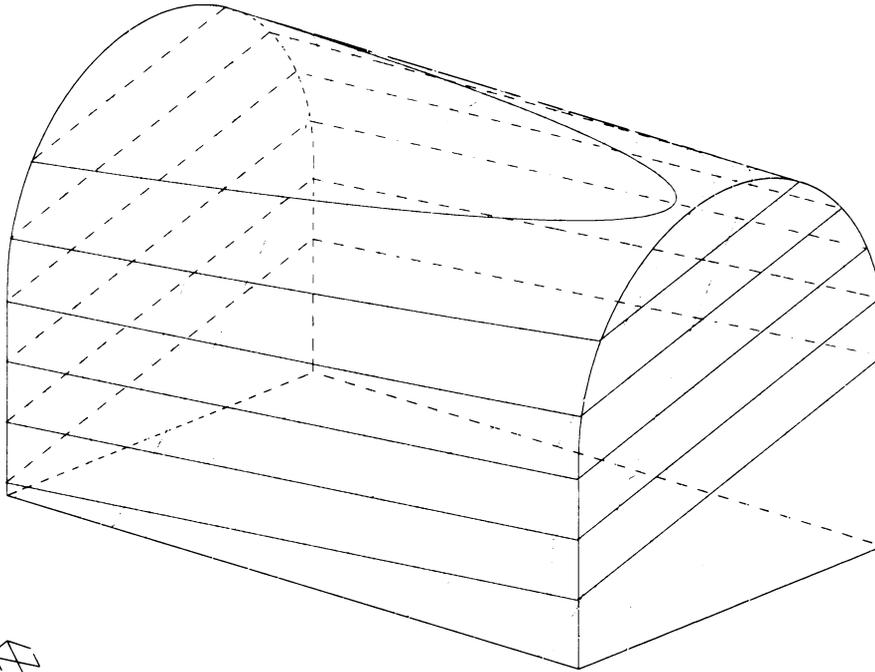
Datei : iso11
Aufschluss : (115-125)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Joint Sets

Azimut	Dip
148	90
329	90
275	18
311	72

Datei : iso12
Aufschluss : (125-136)

**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky**

**STRUKTURNÍ ANALÝZA
2D projekce**

**příloha: 9. 2. 4.
str.: 33 - 44**

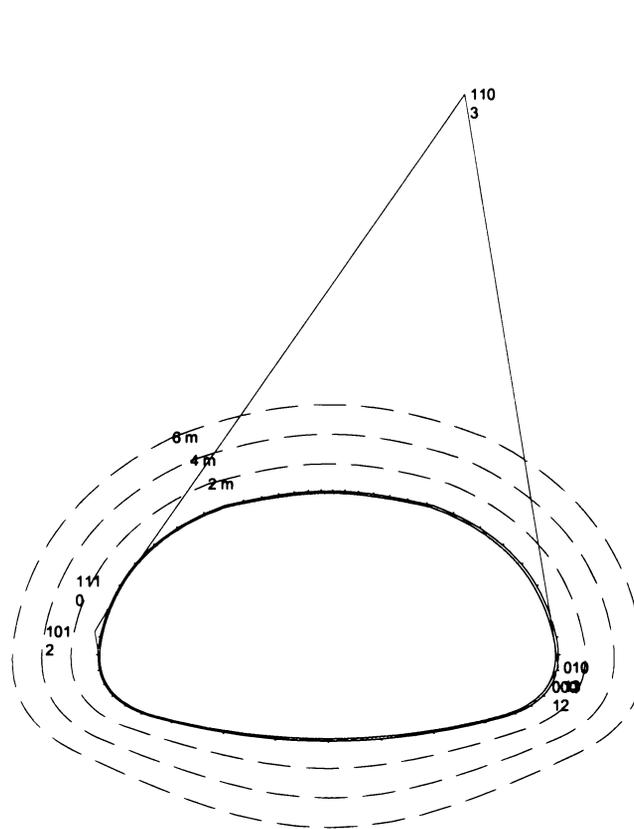
**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Masstab 1 : 500

Cross Section			Kluftkörper			
Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0			Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
Trennflächengefüge						
Azimut	Dip	Friction Angle				
229	72	0	110	3	353.4	5003
84	54	0	101	2	1.1	17
130	54	0	010	13	0.3	3
			111	0	0.0	0
			000	12	0.0	0

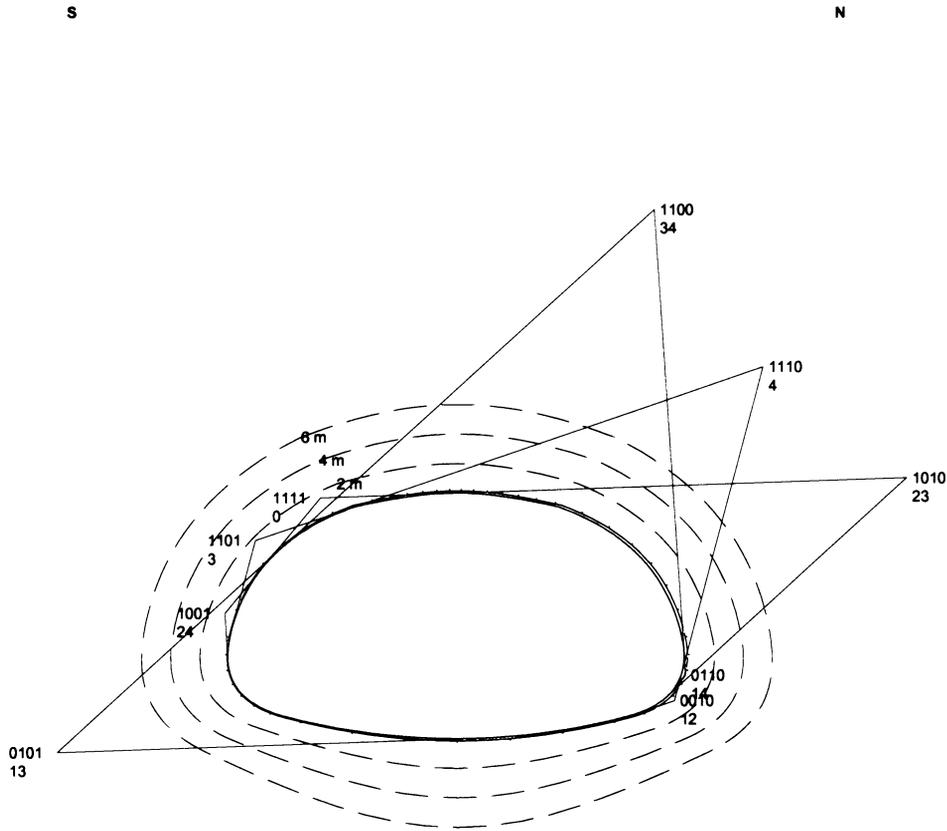
Datei : iso1
 Aufschluss : (-6.5-6)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Masstab 1 : 500

Cross Section						
Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0						
Trennflaechengefuege			Kluftkörper			
Azimuth	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
319	72	0	1100	34	253.8	4146
148	54	0	1110	4	152.5	2531
121	72	0	1010	23	140.8	1446
184	72	0	0101	13	82.2	190
			1111	0	6.4	127
			1101	3	6.4	113
			1001	24	1.9	25
			0110	14	0.3	3
			0010	12	0.8	3

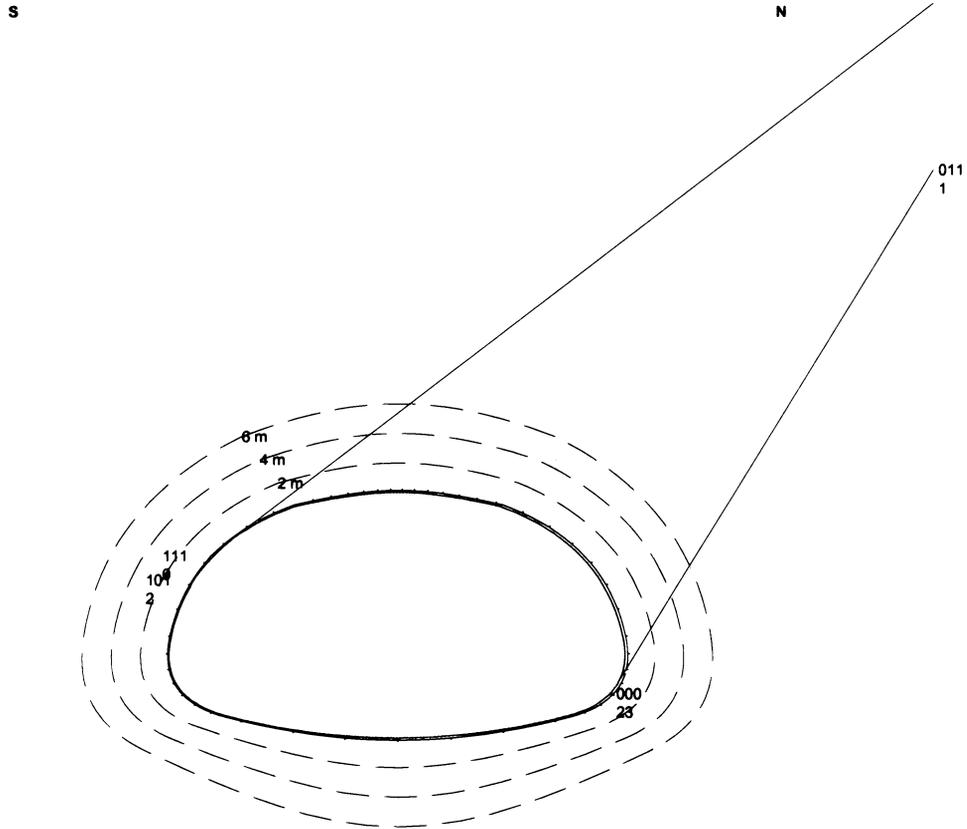
Datei : iso2
 Aufschluss : (6-10)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Masstab 1 : 500

Cross Section						
Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0						
Trennflaechengefuege			Kluftkörper			
Azimit	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
211	63	0	011	1	736.8	10925
139	72	0	111	0	0.2	4
293	72	0	000	23	0.0	0
			101	2	0.0	0
			010	13	0.0	0

Datei : iso3
 Aufschluss : (10-20)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

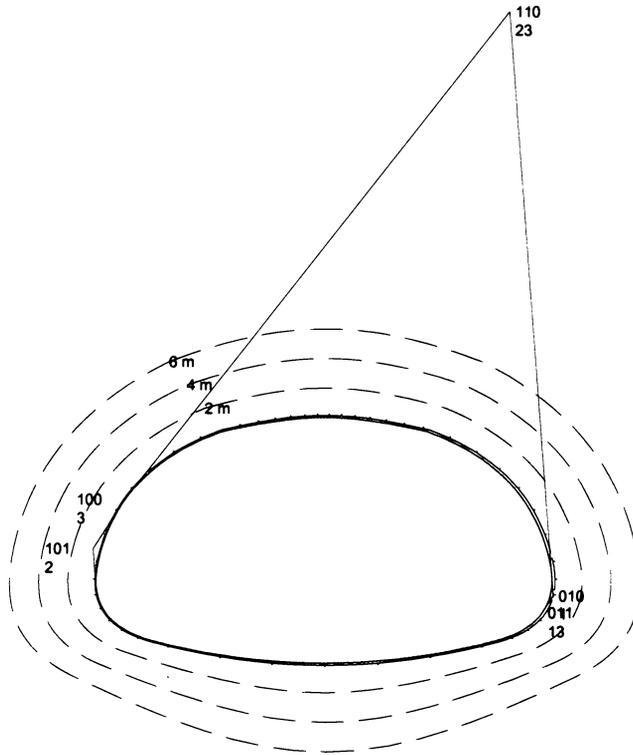
kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovak 5.0

S

N



Masstab 1 : 500

Cross Section

Resultand Force Vektor 0/90
 Tunnel Axis: 319/0

Trennflaechengefuege
 Azimut Dip Friction Angle

Trennflaechengefuege			Kluftkörper			
Azimut	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
180	54	0	110	23	368.5	6935
94	81	0	101	2	1.1	21
112	81	0	010	1	0.2	2
			100	3	0.0	0
			011	13	0.0	0

Datei : iso4
 Aufschluss : (20-35)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

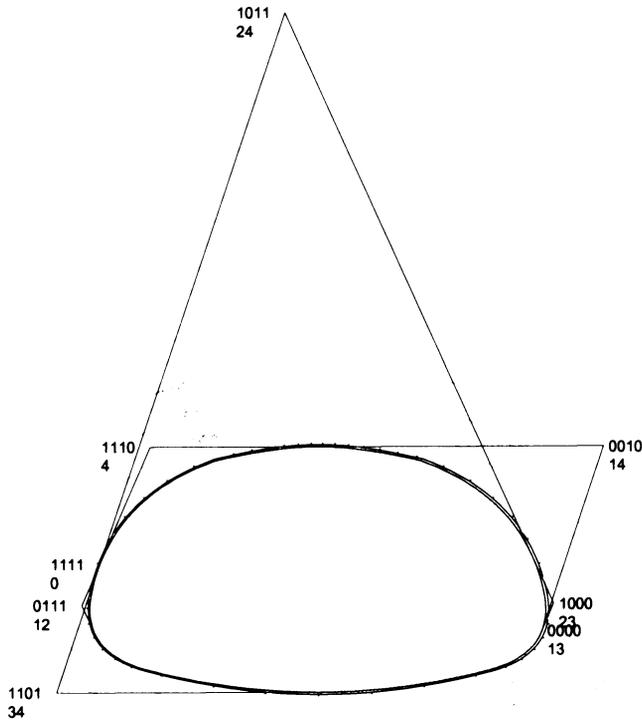
kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0

S

N



Masstab 1 : 500

Cross Section

Resultand Force Vektor 0/90
 Tunnel Axis: 319/0

Trennflaechengefuege			Kluftkörper			
Azimut	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
139	44	0	1011	24	378.0	5042
157	54	0	0010	14	59.3	681
229	81	0	1110	4	15.3	292
229	90	0	1101	34	23.7	33
			1000	23	1.0	14
			0111	12	0.9	10
			1111	0	0.0	0
			0000	13	0.0	0

Datei : iso5
 Aufschluss : (35-53)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

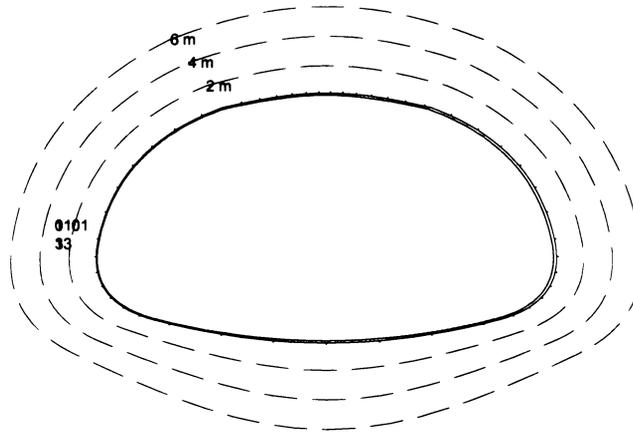
kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0

S

N



Massstab 1 : 500

Cross Section						
Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0						
Trennflaechengefuege			Kluftkörper			
Azimut	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
157	44	0	1101	3	0.0	0
184	54	0	0101	13	0.0	0
58	72	0				
220	81	0				

Datei : iso6
 Aufschluss : (53-64)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

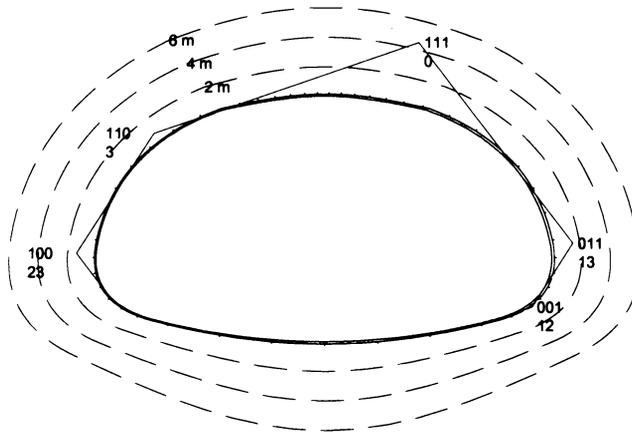
kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0

S

N



Masstab 1 : 500

Cross Section			Kluftkörper			
Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0			Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
Trennflächengefüge Azimut	Dip	Friction Angle				
157	36	0	111	0	34.3	687
311	72	0	100	23	3.5	57
58	81	0	110	3	2.2	43
			011	13	4.4	38
			001	12	0.3	1

Datei : iso7
 Aufschluss : (64-79)

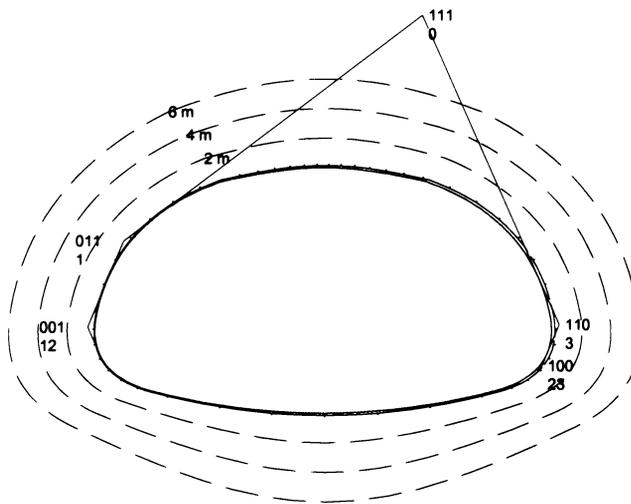
Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0

N



Massstab 1 : 500

Cross Section

Resultand Force Vektor 0/90
 Tunnel Axis: 319/0

Trennflaechengefuege			Kluftkörper			
Azimut	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
130	72	0	111	0	113.8	2277
4	81	0	110	3	0.9	16
211	72	0	001	12	0.9	14
			011	1	0.8	13
			100	23	0.1	0

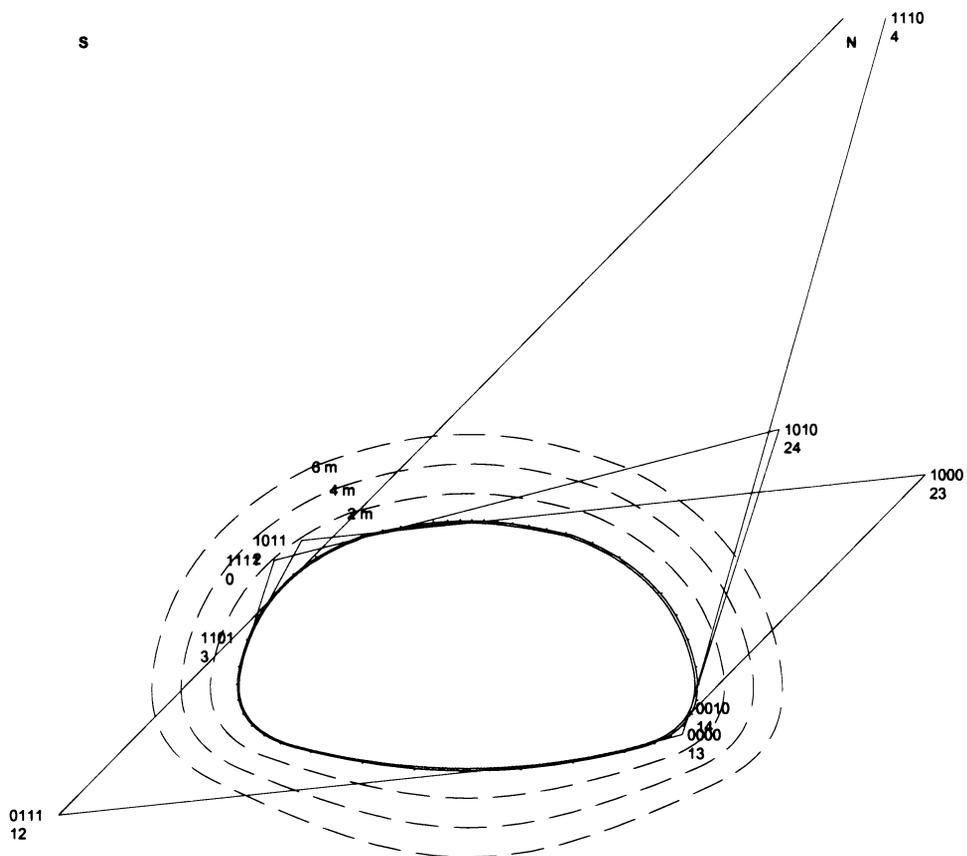
Datei : iso8
 Aufschluss : (79-94)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0



Massstab 1 : 500

Cross Section			Kluftkörper			
Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0			Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
Trennflächengefüge						
Azimuth	Dip	Friction Angle				
148	36	0	1110	4	579.9	10500
139	90	0	1010	24	130.0	2315
319	90	0	1000	23	160.7	1910
229	81	0	1111	0	7.1	142
			1011	2	6.3	122
			0111	12	103.5	65
			0000	13	1.0	2
			1101	3	0.1	1
			0010	14	0.0	0

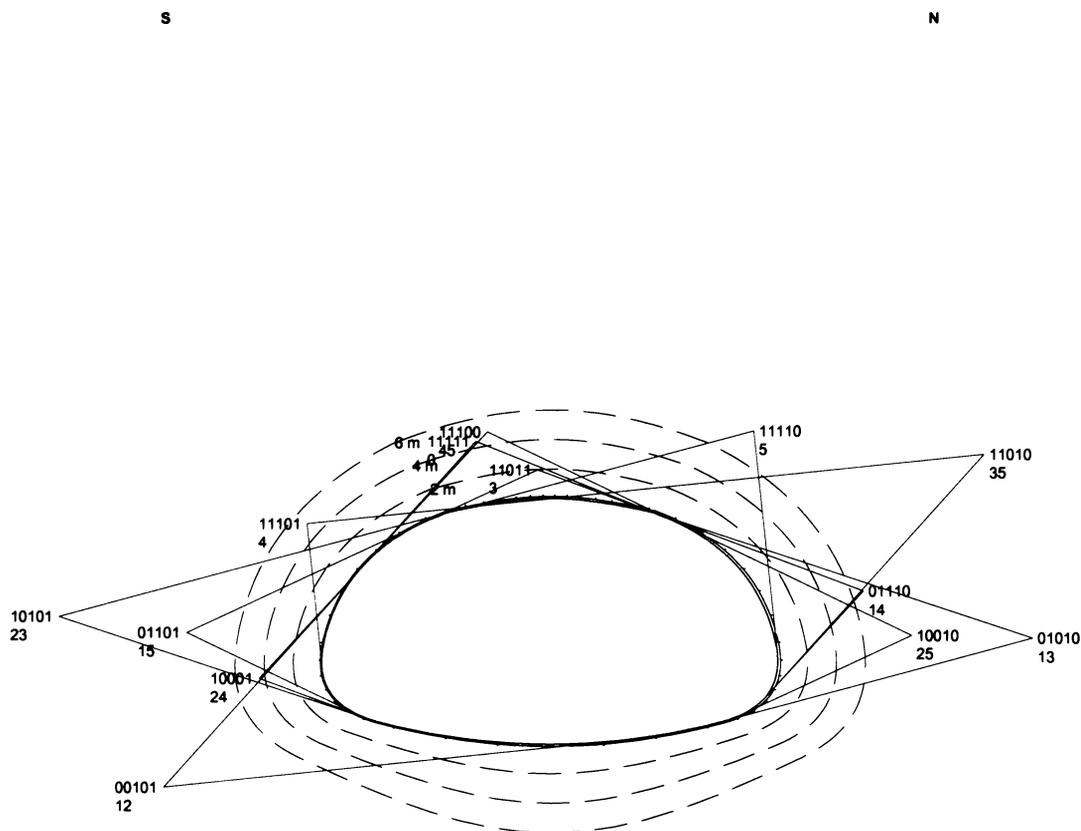
Datei : iso9
 Aufschluss : (94-105)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Masstab 1 : 500

Cross Section			Resultand Force Vektor 0/90 Tunnel Axis: 319/0							
Trennflaechengefuege			Kluftkörper				Kluftkörper			
Azimut	Dip	Friction Angle	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)	Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
139	36	0	11010	35	147.4	1807	00101	12	92.1	78
319	36	0	11110	5	70.9	1287				
301	63	0	10101	23	112.6	953				
76	72	0	11100	45	39.6	687				
166	81	0	11111	0	34.1	682				
			11101	4	28.0	521				
			01101	15	49.5	357				
			01110	14	36.2	296				
			10010	25	48.6	247				
			01010	13	105.1	212				
			11011	3	12.2	206				
			10001	24	16.6	147				

Datei : iso10
 Aufschluss : (105-115)

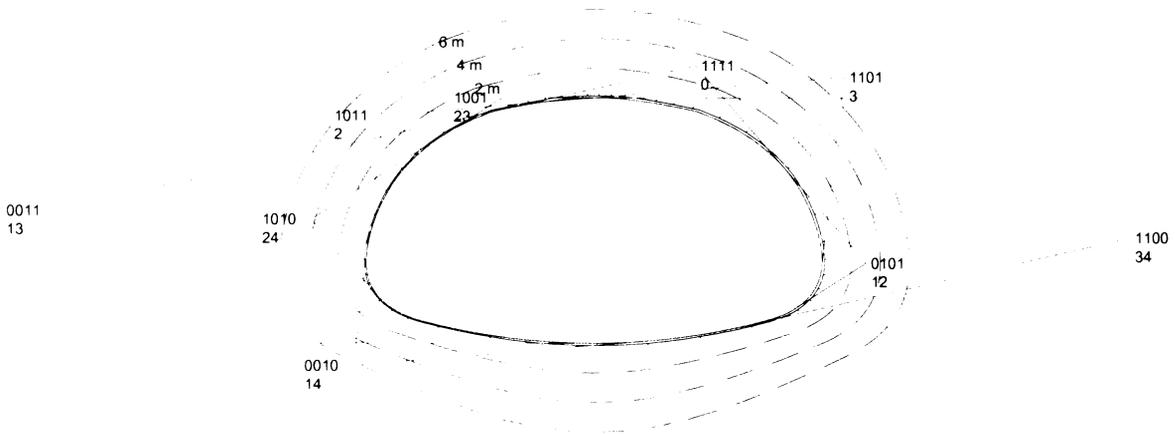
Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

geo system - Win-Geovek 5.0

S

N



Masstab 1 : 500

Cross Section

Resultand Force Vektor 0/90
 Tunnel Axis: 319/0

Trennflaechengefuege		
Azimet	Dip	Friction Angle
157	18	0
58	72	0
157	54	0
337	63	0

Kluftkörper			
Code	Sliding Mode	Area (m ²)	Load (kN/m)
0011	13	445.3	871
1100	34	482.7	782
1101	3	54.6	729
1111	0	20.3	407
1011	2	20.1	379
1010	24	18.1	294
1001	23	2.9	38
0101	12	10.4	35
0010	14	31.2	32

Datei : iso11
 Aufschluss : (115-125)

Průzkumná štola Prackovice
 Dálnice D8-stavba 0805 G

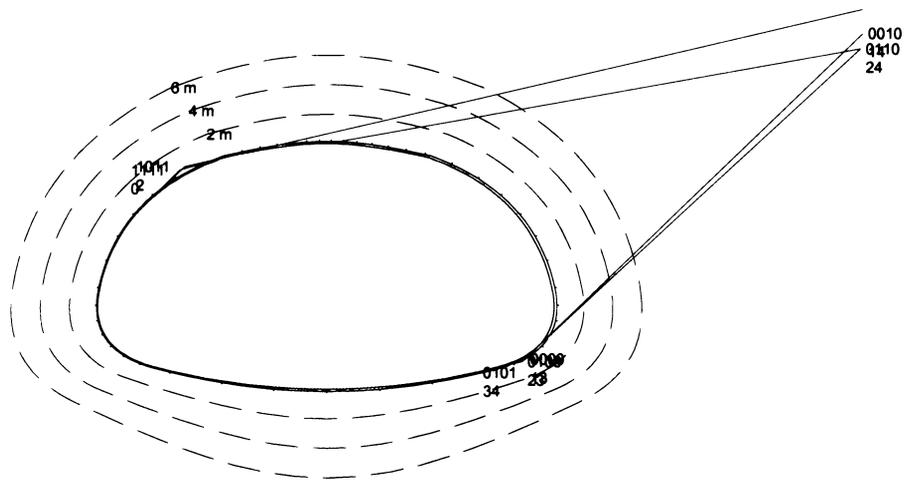
kenozoikum
 bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
 Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0

S

N



Massstab 1 : 500

Cross Section

Resultand Force Vektor 0/90
 Tunnel Axis: 319/0

Trennflächengefüge
 Azimut Dip Friction Angle

Code	Kluftkörper		Load (kN/m)
	Sliding Mode	Area (m ²)	
0010	14	273.7	3098
0110	24	219.4	2411
1011	2	1.2	24
1111	0	1.1	22
0000	13	0.2	0
0100	23	0.3	0
0101	34	0.1	0

Datei : iso12
 Aufschluss : (125-136)

**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užitě geofyziky**

**STRUKTURNÍ ANALÝZA
3D projekce**

**příloha: 9. 2. 5.
str.: 45 - 54**

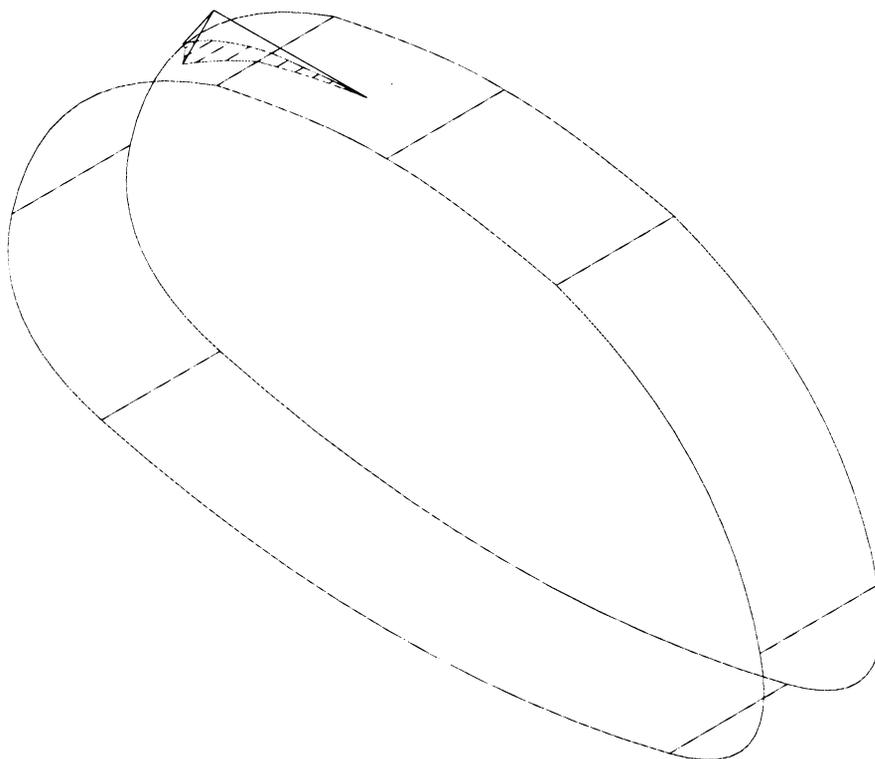
**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovék 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
319	72
148	54
121	72
184	72

Joint Pyramid

Angular Interval: 310-358
Half Space Code: 1111

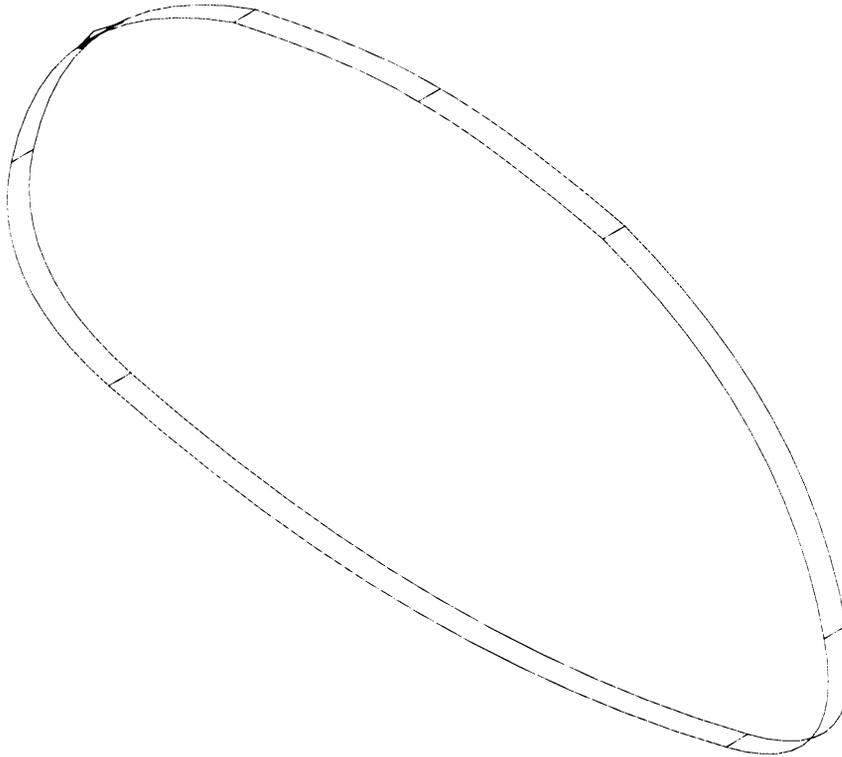
Datei : iso2
Aufschluss : (6-10)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
211	63
139	72
293	72

Joint Pyramid

Angular Interval: 305-323
Half Space Code: 111

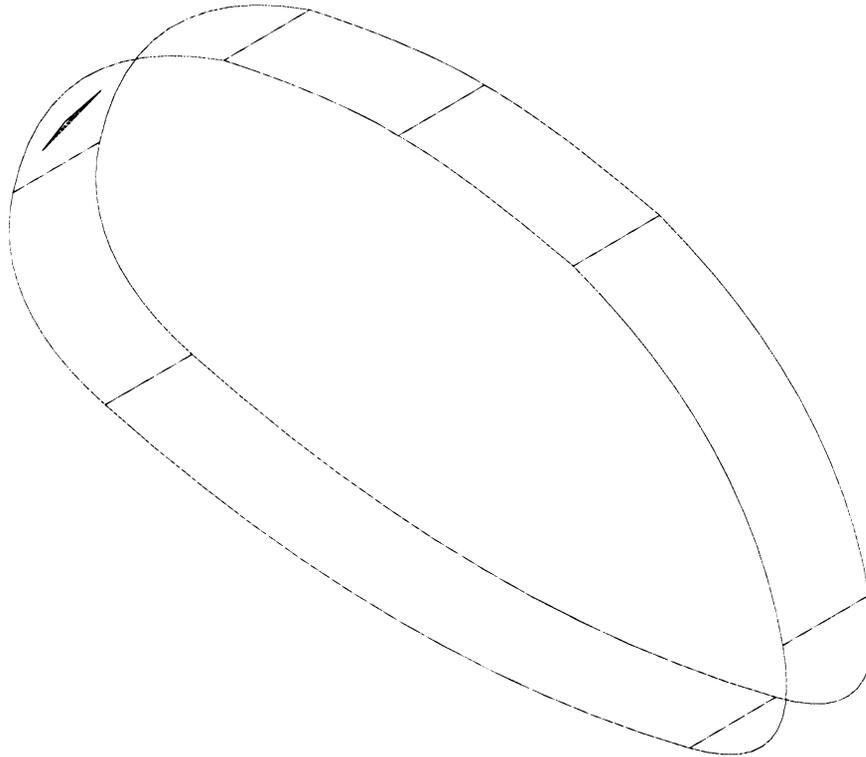
Datei : iso3
Aufschluss : (10-20)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimut	Dipping
139	44
157	54
229	81
49	90
229	90

Joint Pyramid

Angular Interval: 287-298
Half Space Code: 11111

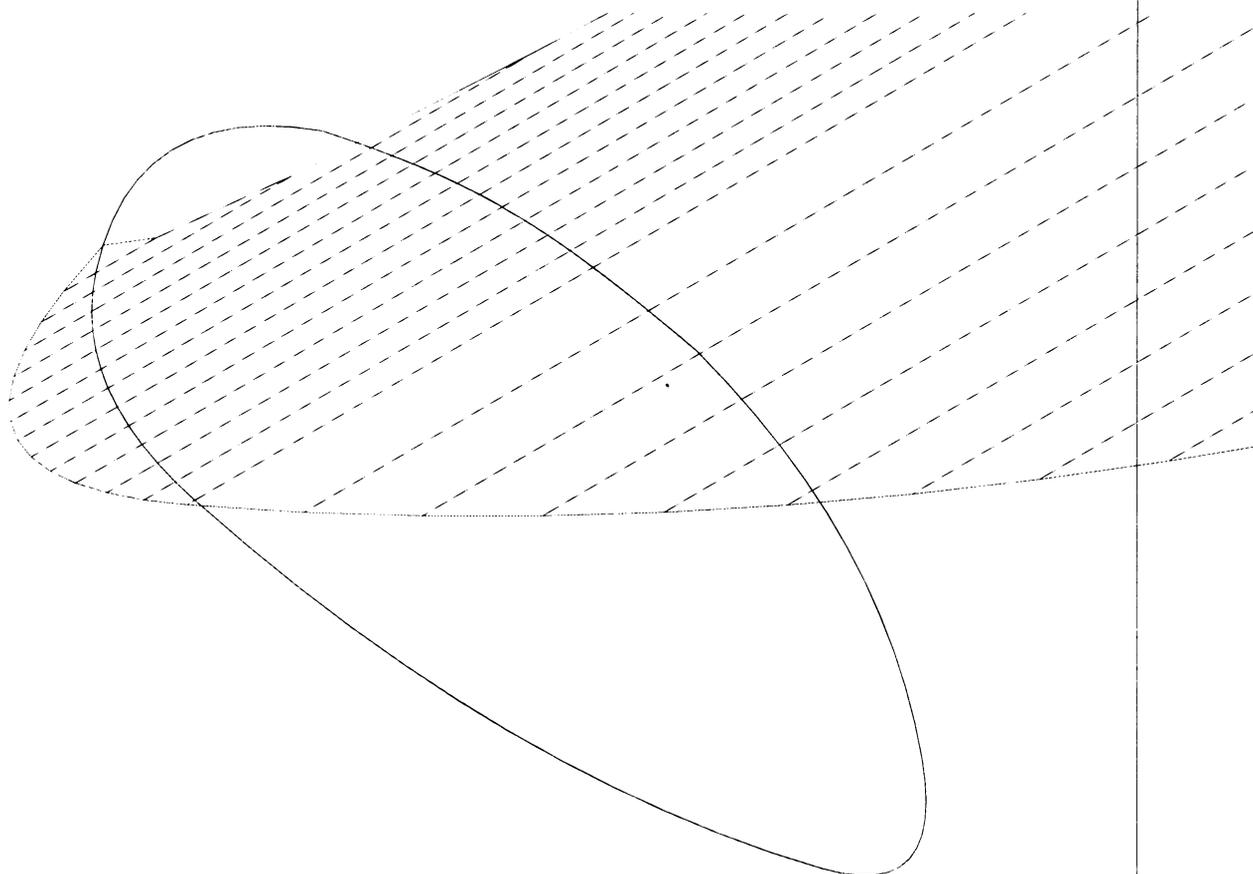
Datei : iso5
Aufschluss : (35-53)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
157	44
184	54
58	72
220	81

Joint Pyramid

Angular Interval: 288-288
Half Space Code: 11111

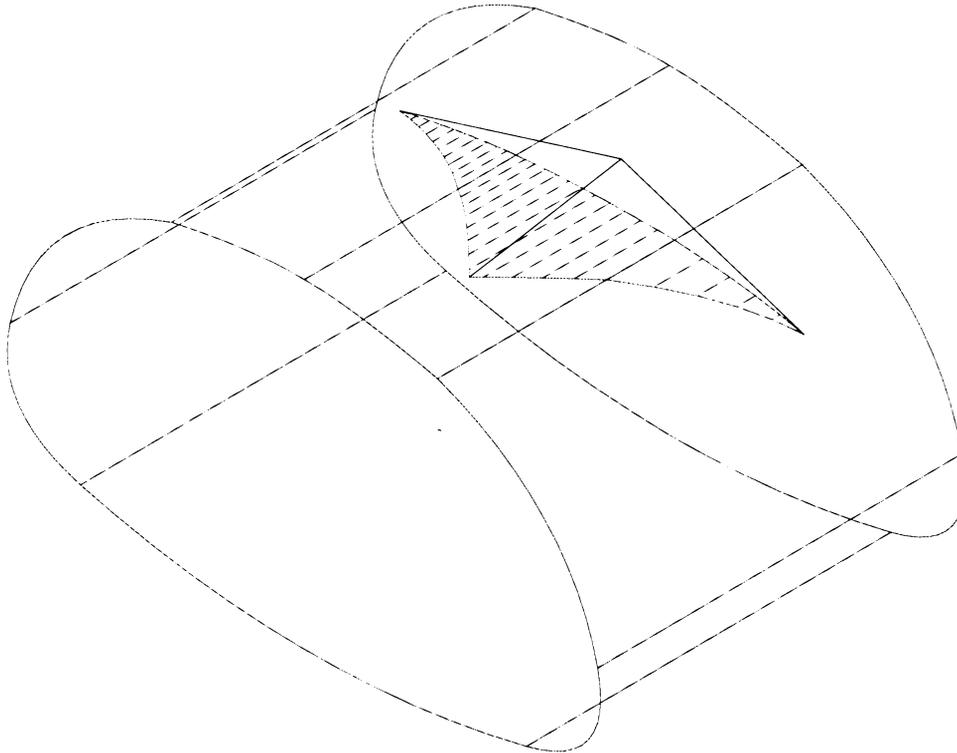
Datei : iso6
Aufschluss : (53-64)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
157	36
311	72
58	81

Joint Pyramid

Angular Interval: 341-52
Half Space Code: 11111

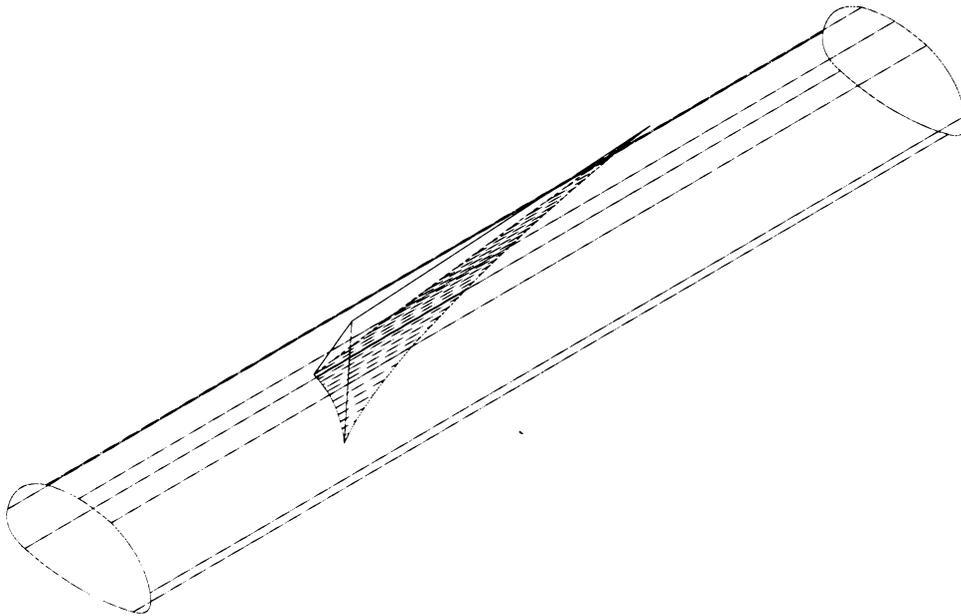
Datei : iso7
Aufschluss : (64-79)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovok 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
130	72
4	81
211	72

Joint Pyramid

Angular Interval: 323-66
Half Space Code: 11111

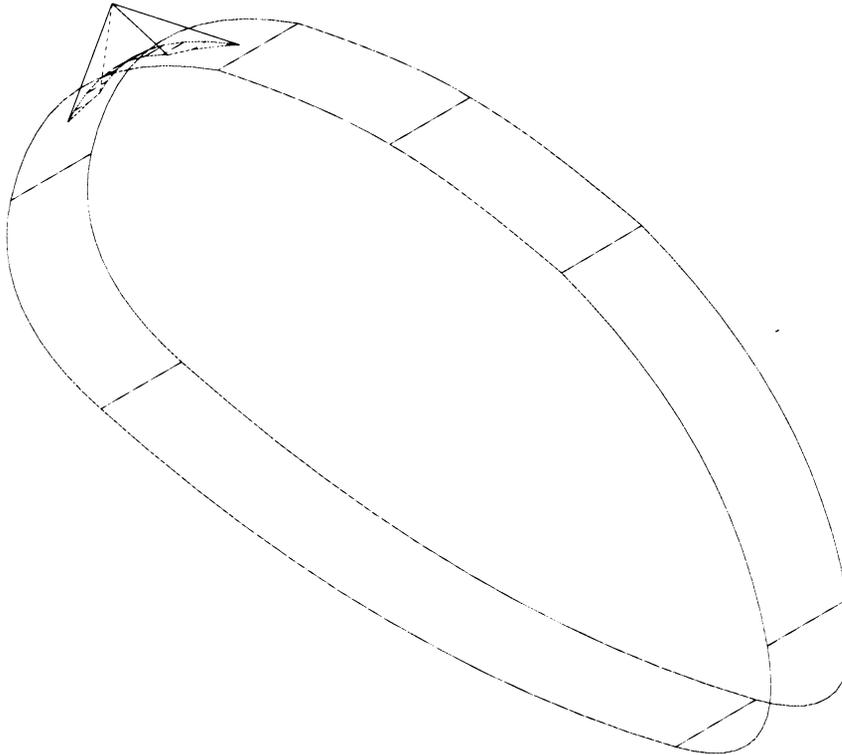
Datei : iso8
Aufschluss : (79-94)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
148	36
139	90
319	90
229	81

Joint Pyramid

Angular Interval: 288-346
Half Space Code: 1111

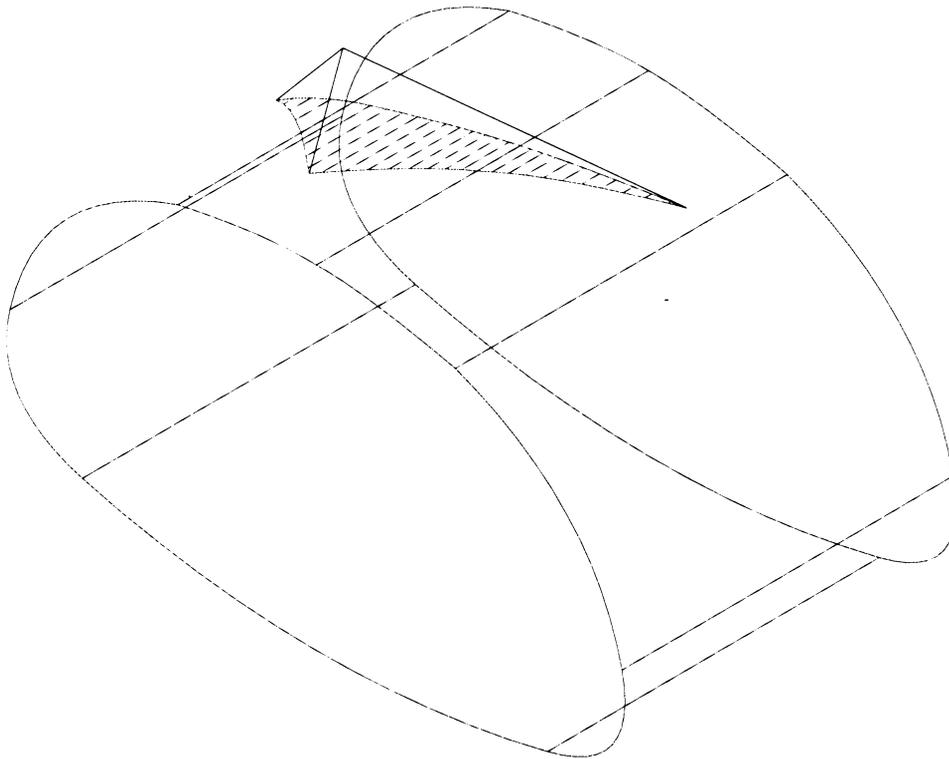
Datei : iso9
Aufschluss : (94-105)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
139	36
319	36
301	63
76	72
166	81

Joint Pyramid

Angular Interval: 312-22
Half Space Code: 11111

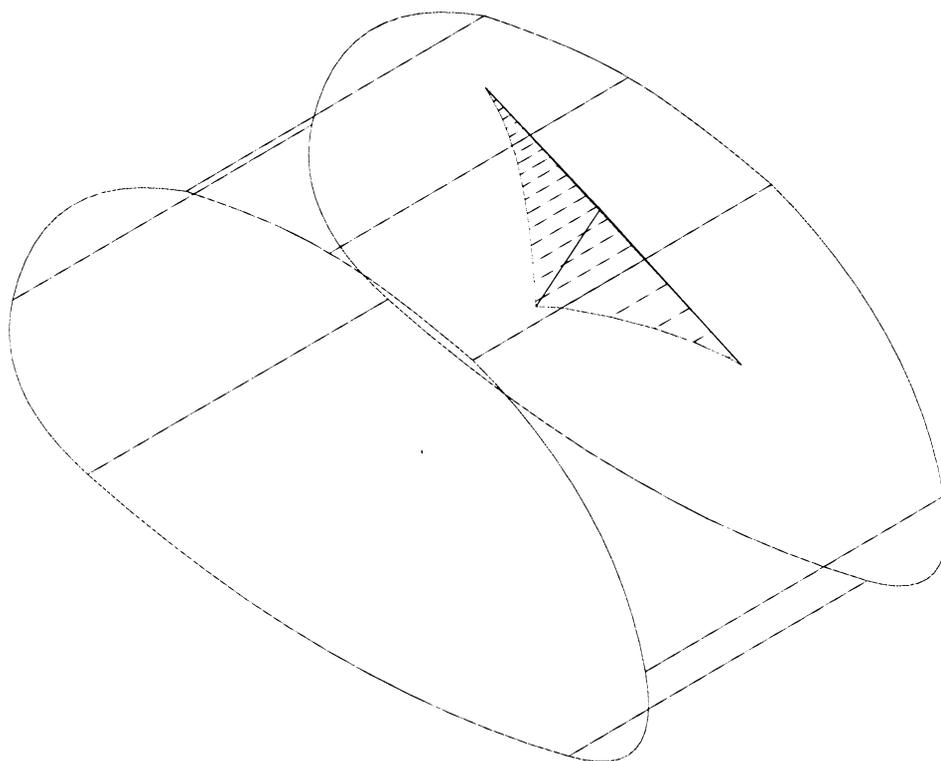
Datei : iso10
Aufschluss : (105-115)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimut	Dipping
157	18
58	72
157	54
337	63

Joint Pyramid

Angular Interval: 347-49
Half Space Code: 11111

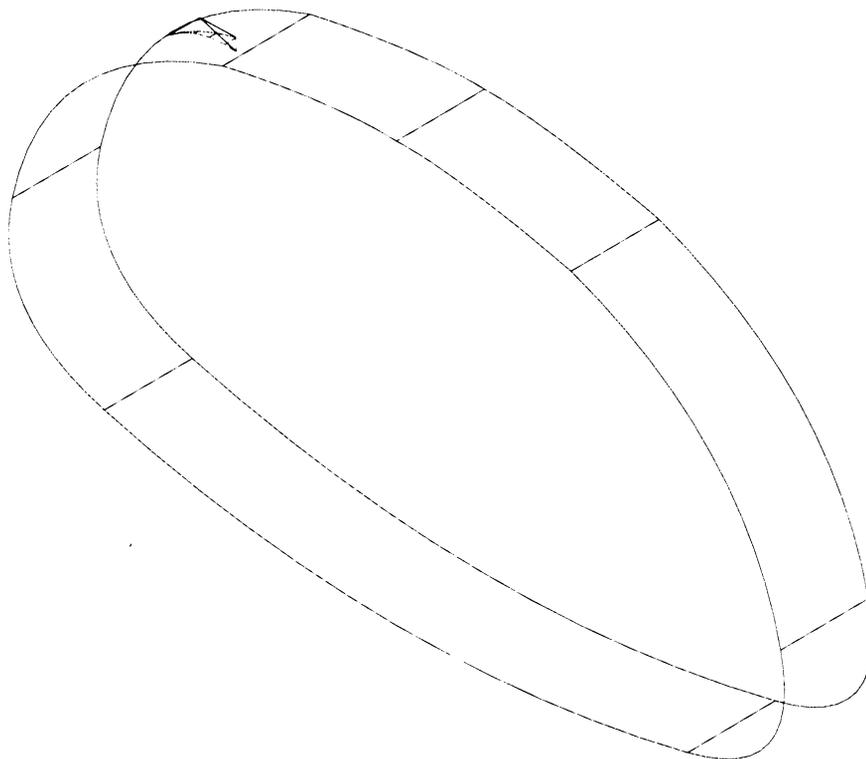
Datei : iso11
Aufschluss : (115-125)

Průzkumná štola Prackovice
Dálnice D8-stavba 0805 G

kenozoikum
bazalt, bazaltový tuf

Zpracoval:
Tomáš Svoboda

geo system - Win-Geovek 5.0



Tunnel Axis: 319/0

Joint Sets

Azimuth	Dipping
148	90
329	90
276	18
311	72

Joint Pyramid

Angular Interval: 315-344
Half Space Code: 11111

Date : iso12
Aufschluss : (125-136)



**Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky**

PODÉLNÝ ŘEZ

**příloha: 9. 3.
str.: volně**

**Tomáš Svoboda
Praha, květen 2006**