

TUNELOVÝ ŘETĚZEC GRANITZTAL

TUNNEL CHAIN GRANITZTAL

Jiří Zmítko¹

ABSTRAKT

„Tunelový řetězec Granitztal“ (Tunnelkette Granitztal) je druhým nejdelším tunelovým komplexem tzv. Koralmské železnice (Koralmabahn), která v budoucnu propojí spolkové země Štýrsko a Korutany a je součástí Afriaticko-Baltického železničního koridoru. Spojuje údolí Lavanttal a Jauntal a přímo navazuje na 32,9 km dlouhý Koralm tunel. Úsek se skládá z tunelu Deutsch Grutschen (2,6 km), přesypaného tunelu Granitztal (0,6 km) a tunelu Langer Berg (2,9 km). Tunely jsou realizovány jako dva jednokolejné traťové tunely s propojkami, ražené pomocí NRTM (vyjma tunelu Granitztal). V obou ražených tunelech byly již kompletně ukončeny ražby. Příspěvek přináší pokud možno ucelený pohled na celou stavbu a hlavní problémy, které ji provázely.

ABSTRACT

„The Granitztal Tunnel Chain“ (Tunnelkette Granitztal) is the second longest complex of tunnels on the so-called Koralm rail track (Koralmabahn), which will in the future connect the federal states of Styria and Carinthia. The railway is a part of the Adriatic – Baltic rail freight corridor. It connects the Lavanttal and Jauntal valleys and directly continues on from the 32.9 km long Koralm tunnel. The tunnelled section (the chain of tunnels) consists of the Deutsch Grutschen tunnel (2.6 km), the Granitztal cut and cover tunnel (0.6 km) and the Langer Berg tunnel (2.9 km). The tunnels are realised as two single-track running tunnels interconnected by cross passages. With the exception of the Granitztal tunnel they are driven using the NATM. Excavations of the both mined tunnels have been completed. The paper brings an overall view on the whole construction including its major problems.

1 Úvod

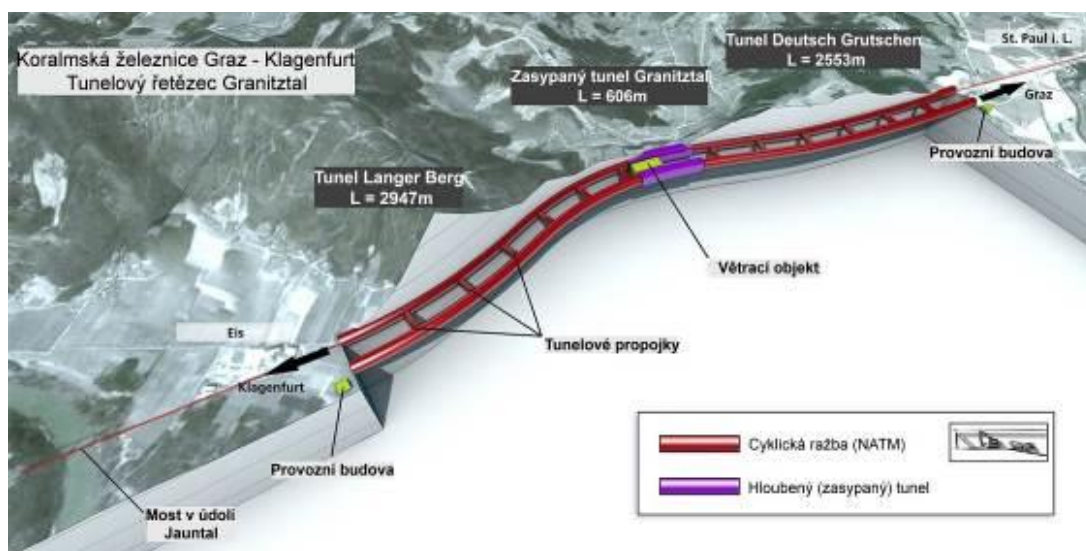
Tunely jsou navrženy jako dva jednokolejné tubusy s pevnou jízdni dráhou a s propojkami vzdálenými 500 m. Světlý průřez tunelů je 41,65 m² při ploše výrubu dle geotechnických podmínek 59 až 72,7 m².

Délka bloků sekundárního ostění je 12,5 m. S výjimkou bloků v prostoru propojek jsou realizovány jako nevyztužené.

Maximální návrhová rychlost je 250 km/h.

Plánované ukončení stavby je v průběhu roku 2020, vlastní uvedení do provozu je pak závislé na navazujících stavbách s předpokladem uvedení do provozu v roce 2022 společně s tunelem Koralm.

¹Mgr. Jiří Zmítko, 3G Consulting Engineers s.r.o., e-mail: zmitko@3-g.cz



Obr. 1 Situace stavby Tunnelkette Granitztal
Fig. 1 General layout of the tunnel chain Granitztal

1. Geotechnicko-geologické podmínky (aspekty, odlišnosti...)

Ačkoliv je stavba realizovaná jako celek, jedná se v podstatě o tři geotechnicky samostatná díla realizovaná v odlišných geologických podmínkách.

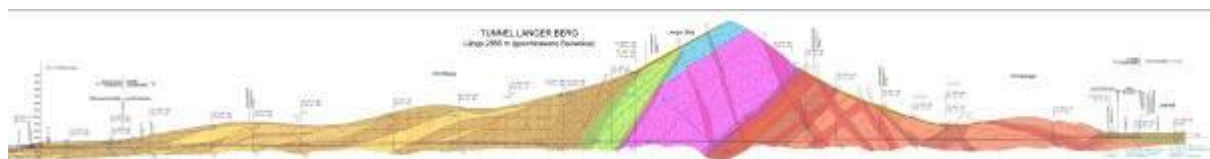
Ražba tunelů Deutsch Grutschen probíhala s výjimkou úvodních několika metrů v prakticky monotónním prostředí neogénních sedimentů.



Obr. 2 Podélný řez tunely Deutsch Grutschen
Fig. 2 Longitudinal cross section of the tunnels Deutsch Grutschen

Výstavbě přesýpaného tunelu Granitztal předcházely rozsáhlé úpravy podloží tunelu a výstavba mostu pro tunel v místě křížení s potokem Granitzbach. Práce probíhaly převážně v prostředí s kombinací jemnozrnných a šterkových kvartérních náplavů.

Ražby tunelů Langer Berg naopak probíhaly v geologicky pestrém prostředí tvořeném převážně karbonáty, břidlicemi a pískovci. Geologická rozmanitost byla doprovázena množstvím poruchových pásem, krasovými jevy, přítomností poloh s obsahem sádrovice a zejména pak objemově nestálého anhydritu. Portálové části tunelů Langer Berg se pak nacházely v prostředí sedimentů neogénu (severní portál) a v písčito-šterkovitých terasách řeky Drávy (jižní portály).



Obr. 3 Podélný řez tunely Langer Berg
Fig. 3 Longitudinal cross section of the tunnels Langer Berg

2.1 Tunely Deutsch Grutschen

Severní portál tunelů Deutsch Grutschen je umístěn v bývalém bazaltovém lomu, nacházejícím se v ojedinělém proniku vulkanitů (sopečném komínu) procházejícím sedimenty Lavantalské pánve. Po vytěžení horniny došlo ke vzniku kruhového přírodního amfiteátru s prakticky svislými skalními stěnami. Tloušťka bazaltových stěn je maximálně 10 m, místy však již skrz „okna“ vystupují tepelně přeměněné sedimenty.

Čediče byly rozpukané převážně neprůběžnými puklinami a rozpadavé na prismatické až sloupcovité bloky. Pevnost horniny se nacházela v intervalu 50 – 150 MPa.



Obr. 4 Pohled na vytěžený bazaltový lom, budoucí portály tunelů Deutsch Grutschen
Fig. 4 A view of the extracted basalt quarry, the future northern portal of the Deutsch Grutschen tunnels



Obr. 5 Detail kontaktu čediče s tepelně zpevněnými slepenci tunel Deutsch Grutschen 1.
Fig. 5 A detail of the contact of basalt with thermally solidified conglomerates in the tunnel Deutsch Grutschen 1.

Zóna tepelně přeměněných sedimentů okolo bazaltového komínu je zhruba 50 až 55 m.

Jednalo se o masívní, místy vrstevnaté horniny, převážně polymiktní slepence s vložkami prachovců a pískovců. Jejich pevnost byla oproti původním sedimentům zvýšena tepelnou přeměnou a pevnost v prostém tlaku se tak pohybovala v rozsahu 10 – 100 MPa.

Zbývající úsek ražeb tunelu Deutsch Grutschen probíhal v neogenních sedimentech Lavantalské a Granitztalské pánve. Tyto jsou tvořeny nepravidelným střídáním slepenců, pískovců a prachovců.

Polymiktní slepence jsou tvořeny valouny do velikosti 50 cm, nejčastěji dosahovaly pevností v rozsahu 0,5 – 10 MPa. Ojedinele byly zastiženy polohy s vyšším obsahem vápniitého tmelu s pevnostmi v rozsahu 10 – 50 MPa.

Prachovce a pískovce byly převážně masívní, místy s málo zřetelnou vrstevnatostí s pevnostmi od 0,5 do 10 MPa, pouze lokálně až 70 MPa.

Tyto monotónní podmínky byly jen místy narušeny ostře ohraničenými kluznými plochami, oddělujícími jednotlivé bloky horniny vůči sobě. Tyto kluzné plochy, pokud byly orientovány paralelně s čelbou, způsobovaly vyjíždění bloků z čelb tunelů a představovaly tak největší nebezpečí během ražby.

Pouze ve dvou případech pak byla zastižena pásma porušené horniny nepřesahující 20 m.



Obr. 6 Tektonická porucha oddělující slepence (pravá strana) a písčité prachovce, tunel Deutsch Grutschen 1

Fig. 6 Tectonic fault dividing conglomerates (right side) and sandy siltstone, tunnel Deutsch Grutschen 1

2.2 Tunely Langer Berg

Horniny jsou popsány postupně ve směru ražby sever → jih, a to včetně krátkého úseku v oblasti jižních portálů, které byly částečně realizovány protiražbou.

Neogén

Neogenní (miocén) sedimenty tzv. Granitztalské pánve (Granitztaler Becken).

Tvořené slabě zpevněnými prachovci, pískovci a slepenci respektive nepravidelným střídáním těchto hornin. Tyto horniny litologicky i geomechanicky odpovídali prostředí tunelů Deutsch Grutschen. A nijak zvlášť se ani nelišilo jejich chování.

Výplň granitizátské pánve je ohraničena strmým k severu ukloněným zlomem, za nímž následují horniny označované jako „Permomesozoikum“

Permomesozoikum

Pod souhrnný název Permomesozoikum byly zařazeny skalní horniny, v nichž probíhala zbývající část ražeb tunelů LB.

Svrchně křídové karbonáty souvrství Gosau - vápence, dolomity, vápenaté slínovce a brekcie. Pro tyto horniny bylo typický strmý sklon vrstev směrem k severu. Mimo vrstevních ploch byla hornina porušena nepravidelným systémem puklin, které byly vyhojeny kalcitem a dolomitem.

Pevnost těchto hornin se měla dle průzkumu pohybovat v rozmezí 10 – 190 MPa, s hodnotou pro 75 % vzorků v rozsahu 40 – 60 MPa. Přičemž těmto hodnotám následně odpovídaly i výsledky zkoušek odebraných během ražby, na nichž byly provedeny jednak okamžitá měření metodou Point Load Test i následné laboratorní zkoušky.



Obr. 7 Vápence a dolomity souvrství Gosau, tunel Langer Berg 1, TM 1402,4
Fig. 7 Limestones and dolomites in the Gosau group, tunnel Langer Berg 1, TM 1402.4

Horniny triasu

Trias byl zastoupen třemi základními formacemi, a to:

Převážně **masívními dolomity** (Wettersteindolomit), lokálně dolomitické brekcie. Tyto horniny poskytovaly nejpříznivější prostředí pro ražbu. Ražba zde probíhala pouze se zajištěním stříkaným drátkobetonem s omezeným použitím radiálních kotev. Pevnostně se tyto horniny pohybují ve stejných intervalech jako předešlé horniny.

Tyto horniny byly také místy postiženy krasověním. Zastiženy byly zejména dutiny vzniklé korozí původních diskontinuit, z nichž některé byly zvodnělé. Byly zastiženy jak volné, tak vyplněné či částečně vyplněné zvětralinami. Pro ražbu představovaly největší problém náhlé a vydatné přítoky vody, které se ne vždy povedlo včas zachytit.



Obr. 8 Dolomit, dolomitická breccie, zkrasovatělý úsek tunelu Langer Berg 1, TM 1542,8
Fig. 8 Dolomite, dolomitic breccia, karstic part of the tunnel Langer Berg 1, TM 1542.8

Lavicovitými až vrstevnatými dolomity a vápenci.

Tyto horniny tvoří na bázi mezozoických karbonátů polohu mocnou od několika m do maximálně 30 m. Pro tyto horniny je typická struktura „kostkového cukru“ vznikající na základě velice podobné vzdálenosti a průběžnosti ortogonálních puklin s vrstevnatostí. Pevnost horniny se pohybovala v rozsahu 10 – 130 MPa, s hodnotou pro 75 % vzorků v rozsahu 50 – 70 MPa. Zásadní vliv na chování těchto hornin však má právě jejich struktura.



Obr. 9 Vrstevnaté dolomity a vápence, s patrnou „strukturou kostkového cukru“, tunel Langer Berg 2, TM 1886,3

Fig. 9 Stratified dolomites and limestones with „sugar cube structure“, tunnel Langer Berg 2, TM 1886.3

Werfenským souvrstvím, s typickým střídáním pískovců a jílovitých břidlic obsahujících sádrovec a anhydrit. Střídání hornin s velmi rozdílnými geomechanickými vlastnostmi, spolu s výrazným tektonickým porušením horniny způsobuje vysokou anizotropii prostředí.

Mocnost poloh pískovců a břidlic se pohybuje v rozmezí několika cm do prvních dm. Hlavním strukturním prvkem je vrstevnatost, respektive břidličnatost, hornina však byla porušena i řadou výraznějších poruch.

Pevnosti se pohybovaly v rozsahu od 2 MPa do 50 MPa (břidlice) a od 5 MPa do 150 MPa (pískovce). Výrazný rozsah hodnot byl způsoben zejména vlivem velkého počtu různě vyhojených diskontinuit ve vzorcích, které zásadně ovlivňovali zkoušky.



Obr. 10 Čelba v prostředí Werfenského souvrství, jemnozrné pískovce, jílovité břidlice, žilky sádrovce a anhydritu. Langer Berg 1, TM 1802,20

Fig. 10 Tunnel face in Werfen formation, fine-grained sandstones, shales, stringers of gypsum and anhydride. Langer Berg 1, TM 1802.20

Pro Werfenské souvrství je typická přítomnost sulfátů. V průzkumu byla stanovena přítomnost sádrovce. Během ražby se však prokázala i přítomnost anhydritu, který v přítomnosti vody výrazně bobtná. Tato skutečnost si vynutila dodatečné úpravy vstrojení i následná opatření po dokončení ražeb. S přítomností sulfátů byla samozřejmě spojená i velmi vysoká síranová agresivita vody. Obsah SO_4 ve vodě dosahoval místy hodnoty až 2300 mg/l. Což samozřejmě vedlo k nutnosti použít cementy s odpovídající třídou odolnosti vůči tomuto prostředí.



Obr. 11 Detail Werfenského souvrství, detail žilek sádrovce (bílá) a anhydritu (světle modrá).
Langer Berg 1, TM 1802,20

Fig. 11 Detail of the Werfen formation, detail of gypsum stringers (white) and anhydrite
(light blue). Langer Berg 1, TM 1802.20



Obr. 12, 13 Detail anhydritu a sádrovce (vláknitá a masivní (růžová) varianta). Langer Berg
Figs. 12, 13 Detail of anhydrite and gypsum (fibrous and solid (pink) variant). Langer Berg 1

Původní předpoklad byl, že na rozhraní Werfenského souvrství a permských pískovců se nachází širší poruchové pásmo vyplněné kataklasity, doprovázené zvýšenými přítoky vody.

Pro tuto alternativu a očekávané deformace v řádech dm, byl připraven postup s využitím poddajných elementů vkládaných do primárního ostění.

Během ražby se však průchod touto poruchovou zónou obešel bez výraznějších problémů s využitím standardních tříd vystrojení.

Permské pískovce, slepence a prachovce

V podstatě se jednalo o dva litologické celky, jejichž hlavním rozdílem byla rozdílná zrnitost. V případě hrubozrnných se jednalo převážně o hrubozrnné pískovce s polohami slepenců, v případě jemnozrnných pak o prachovce a jemnozrnné pískovce. Pro celé souvrství byla typická červená až hnědočervená barva (s výjimkou hydrotermálně ovlivněných poloh, kde byla hornina převážně světle šedá).

Pískovce a slepence měly převážně charakter masivní až lavicovité horniny, převážně bez zřetelné vrstevnatosti. Jako celek byly porušeny více systémy neprůběžných puklin, které předurčovaly rozpad na kvádrovité až polyedrické bloky.

Slepence obsahovaly převážně valouny křemene s maximálním průměrem do několika cm.

Pevnost těchto hornin byla ovlivňována zejména typem tmelu a lokálně pak hydrotermálními vlivy. Průměrné hodnoty pevností v prostém tlaku se tak pohybovaly v rozmezí 10 MPa až 40 MPa, v místech s výraznějším podílem křemitého tmelu pevnost stoupala zhruba na rozmezí 50 MPa až 150 MPa. Polohy s hydrotermálním ovlivněním se vyznačovaly vizuálně odlišnou barvou, hornina zde byla převážně světlešedá. V místech nejintenzivnějšího ovlivnění byla hornina drobivá s pevností v řádu jednotek MPa. Změna barvy však ne vždy znamenala i redukci pevnosti a časté byly i polohy, kde se pevnost nijak neodlišovala od neovlivněné horniny.

Jemnozrné pískovce a prachovce se vyznačovaly plynulým, málo zřetelným přechodem jednotlivých poloh. V případě pískovců byla zřetelnější vrstevnatost oproti jemné laminaci v případě prachovců.

Pevnosti se pohybovaly převážně v rozsahu 5 MPa až 20 MPa.



Obr. 14 Kalota v permských hrubozrnných pískovcích (spodní část) a jemnozrnných pískovcích až prachovcích (horní, tmavší část), Langer Berg 1, TM 2550,1

Fig. 14 Top heading face in Permian coarse grained sandstones (lower part) and fine grained sandstones to siltstones (upper, darker part). Langer Berg 1, TM 2550.1

Kvartérní sedimenty v oblasti jižního portálu.

Oblast jižního portálu situovaná u obce Eis se nachází na rozhraní svahů hřebene Langer Berg a údolí v současnosti o zhruba 100 m hlouběji zaříznuté řeky Drávy. Tato morfologická pozice předurčovala v podstatě nejobtížnější geotechnické podmínky v celé trase. Které si mimo jiné vyžádaly i změnu projektu a posun ražených portálů směrem do jámy.

Úvodní úseky ražeb probíhaly výhradně v prostředí terasy řeky Drávy. Tato byla tvořena střídáním štěrků, písků a menším podílem jemnozrné složky. Tyto sedimenty se vyznačovaly minimální ulehlostí (převážně kypré) a minimální soudržností, kterou v podstatě pouze nahrazovala přirozená vlhkost.

Štěrky tvořily polohy o mocnostech od několika dm do zhruba 2 m. Obsahovaly polymiktní, zaoblená zrna do velikosti (průměru) až 50 cm. Obsah písku byl proměnlivý, nacházely se polohy složené pouze z vytríděných valounů bez jakékoliv příměsi.

V polohách písku docházelo k plynulým změnám zrnitosti v rámci vrstev, místy se vyskytovaly převážně prachovité polohy a čočky.



Obr. 15 Dílčí výrub kaloty, střídání terasových písků a štěrků tunel Lager Berg 2, TM 5,6
Fig. 15 Partial excavation of top heading, alternation of terrace sands and gravels, tunnel Lager Berg 2, TM 5.6

S postupem protiražby byly postupně zastíženy i zeminy, které se vyskytovaly v blízkosti úpatí svahu.

Postupně to byly jílovitoprachovité hlíny, místy s vysokým obsahem rostlinných zbytků. S velkou pravděpodobností se jednalo o pozůstatek bývalého močálu, který se nacházel na vyústění bočního potoka do plochého údolí Drávy. Tyto materiály se vyznačovaly vysokou plasticitou a velkým obsahem vody. Mocnost této polohy dosahovala až 3 m.

Pod touto vrstvou se nacházely svahové štěrky, tvořené převážně ostrohrannými úlomky permských pískovců. Velikost těchto úlomků se pohybovala od 2 do 15 mm. Typický byl vysoký obsah jemnozrnné složky, díky němuž byl tento materiál schopen udržet vysoké množství vody. Po odtěžení, kdy došlo k odstranění napjatosti se tyto štěrky chovaly prakticky jako tekuté (v podstatě měly charakter bláta), přesto však nedocházelo k viditelnému odkapávání nebo odtékání vody. Ani nedocházelo k prosakování vody do okolních propustnějších sedimentů. Tento jev v podstatě znemožnil prvotní pokusy o alespoň částečné odvodnění tohoto materiálu.

S postupem ražby pak docházelo k postupnému přibývání větších fragmentů pískovců a postupně k pozvolnému přechodu do pevných pískovců. Rozpukaný povrch pískovců procházel nejprve zhruba 30 m prakticky rovnoběžně se dnem kaloty. Následně došlo ke zdvihu skalního podloží pod úhlem cca. 35° a ražba přešla v plném profilu do pískovců.

2.3 Přesypaný tunel Granitztal

Výstavba přesypaného tunelu Granitztal probíhala ve stávající údolní nivě potoka Granitzbach. Zde došlo převážně během poslední doby ledové (Würm) k uložení většího množství jezerních sedimentů.

Tyto sedimenty měli převážně charakter plastických až vysoce plastických prachovitých hlín s polohami prachovitých jíílů. Místo se naopak vyskytovaly prachovité písky s přechody až do písků hrubozrnných. Ojedinele byly zastiženy i vrstvy štěrků. Časté pak byly vrstvy s vysokým obsahem organických zbytků.

Celkově byly tyto zeminy klasifikovány jako kypré, místy středně ulehle s převážně měkkou, lokálně tuhou konzistencí.

Maximální mocnost zhruba 25 m byla v severní části stavební jámy a postupně k jihu se postupně snižovala.

Okrajové části jámy pak byly tvořeny zvětralinami Granitztalských vrstev (písky, štěrky) s postupným přechodem do nezvětralých pískovců a slepenců.



Obr. 16 Jemnozrnné jezerní sedimenty, překryté zvětralinami neogénních sedimentů, údolí Granitztal, stavební jáma přesypaného tunelu

Fig. 16 Fine grained lake sediments overlaid by eroded Neogene sediments, Granitztal valley, excavation for cut and cover tunnel

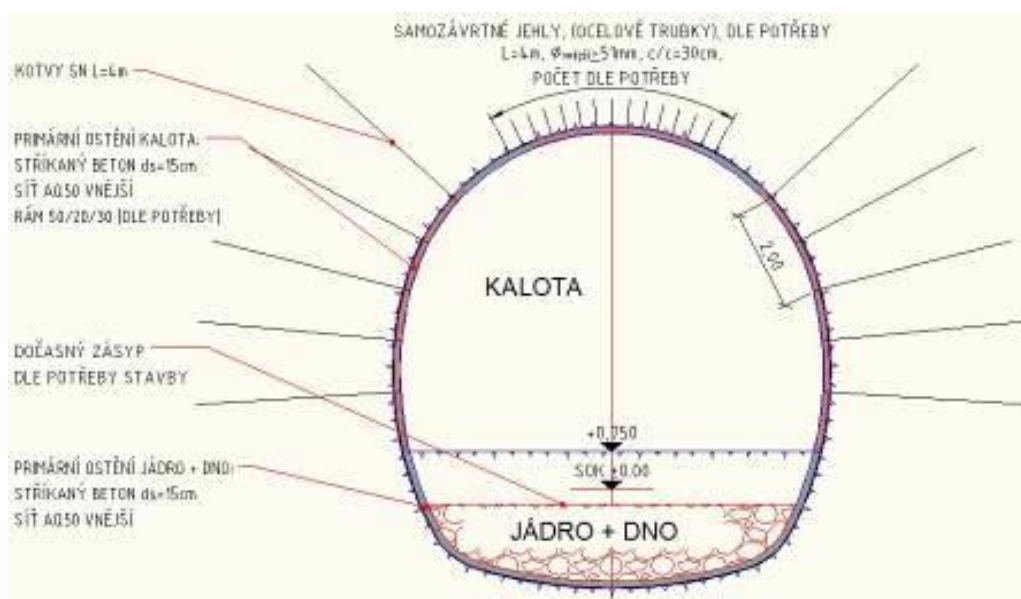
2. Ražené tunely

Tunely byly raženy dle zásad NRTM s horizontálním členěním výrubu na kalotu, jádro a dno.

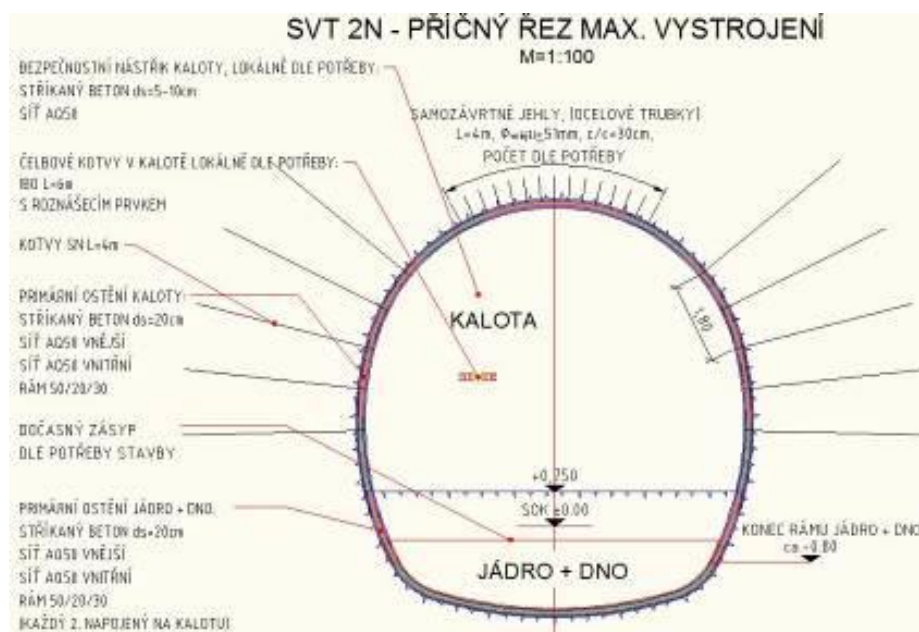
Třídy výrubu (zde označované jako „Systemvehrhaltentypen“) jsou pro celou stavbu rozděleny podle geologických celků, pro tunely DG jsou navrženy třídy „Neogen 1 až 6“. Tunely Langer Berg mají třídy „Neogen (N) a Permomesozoikum (PM), pro portálové úseky to pak byly třída SVT 6 NQ (neogén, kvartér).

Jednotlivé třídy jsou navrženy ve variantě minimální a maximální, čímž je definován rozsah prvků výstroje v rámci třídy.

Dle skutečně zastižených geotechnických podmínek se pak ražby řídí „schémata výstrojení“ (Ausbafestlegung). Zde jsou v rámci jednotlivých tříd přesně stanoveny výstrojovací prvky podle aktuální situace.



Obr. 18 Třída vystrojení SVT 2/N, příčný řez minimální rozsah
Fig. 18 Excavation support class 2/N, cross-section, minimum scope



Obr. 19 Třída vystrojení SVT 2/N, příčný řez minimální rozsah
Fig. 19 Excavation support class 2/N, cross-section, minimum scope

Z příčných řezů je evidentní, že v rámci jedné vystrojovací třídy byla ponechána výrazná variabilita v možnosti využití jednotlivých vystrojovacích prvků. Poměrně neobvyklá je zejména možnost použití jedné nebo dvou vrstev sítě. Neměnná zůstala pouze délka záběru 1,7 m v kalotě, respektive 3,4 m v jádře a dně.

S tímto zajištěním bylo v kalotě průměrně dosahováno 6 záběrů za 24 h, tedy 10,2 m.

Ve třídě SVT 2/N byla zahájena i krátká protiražba tunelu DG 2 z jižního portálu. Pouze přístropí tunelu bylo dodatečně chráněno mikropilotovým deštníkem délky 15 m.

Tunel DG 1 byl proražen přímo do portálové stěny, z níž byl rovněž navrtán mikropilotový deštník.

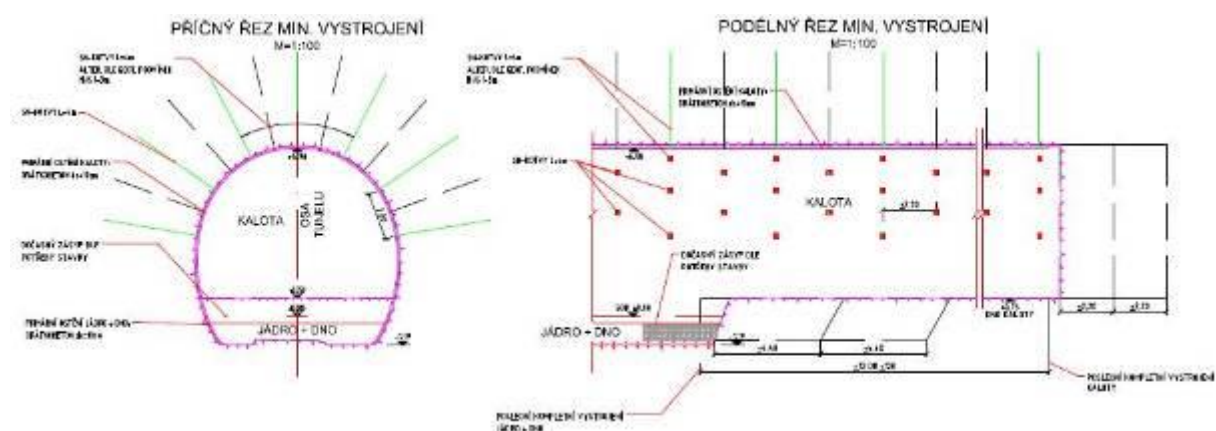
3.2 Ražby tunelů Langer Berg

Ražby tunelů Langer Berg byly zahájeny rovněž od severních portálů po zajištění portálové a bočních stěn a vyvrtání úvodních 18 m dlouhých mikropilotových dešťníků z portálové stěny. Ražba pokračovala ve třídě SVT 6 NQ, pod ochranou mikropilotových dešťníků délky 15 m s překryvem zhruba 5 m. Celkem bylo pro každou tunelovou troubu realizováno 6 mikropilotových dešťníků.

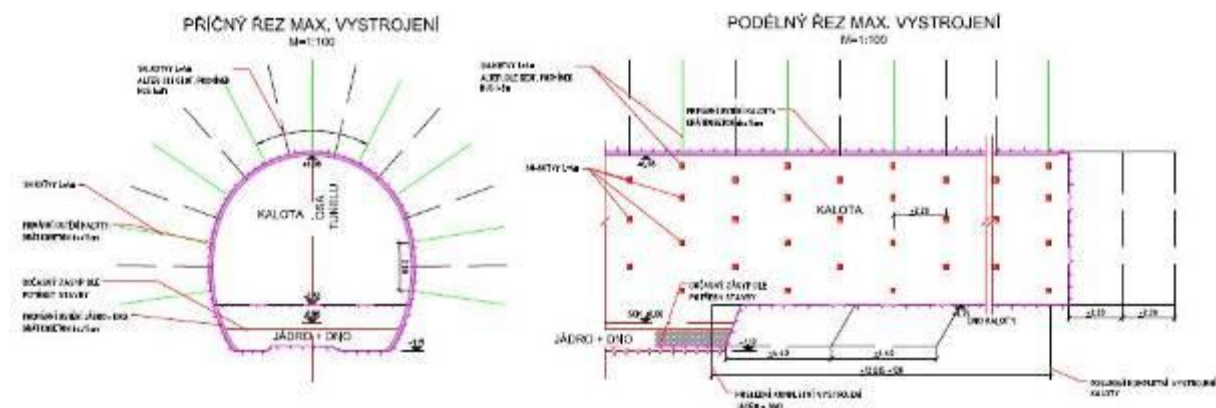
Další ražba pokračovala obdobně jako v tunelech Deutsch Grutschen n neogenních horninách ve třídách SVT 3/N a 2 převážně s délkou záběru 1,7 m.

Po přechodu do karbonátů ražba přešla do třídy SVT 3/PM, která nijak zásadně neliší od třídy SVT 2/N a rovněž umožňuje širokou variabilitu použitých prvků výstroje.

Se zlepšením geologie byla následně nasazena třída SVT 2/PM, která již neměla protiklenbu a byl zde použit stříkaný drátkobeton. Opět existovala varianta maximální a minimální, definující flexibilně možnost užití výstroje.

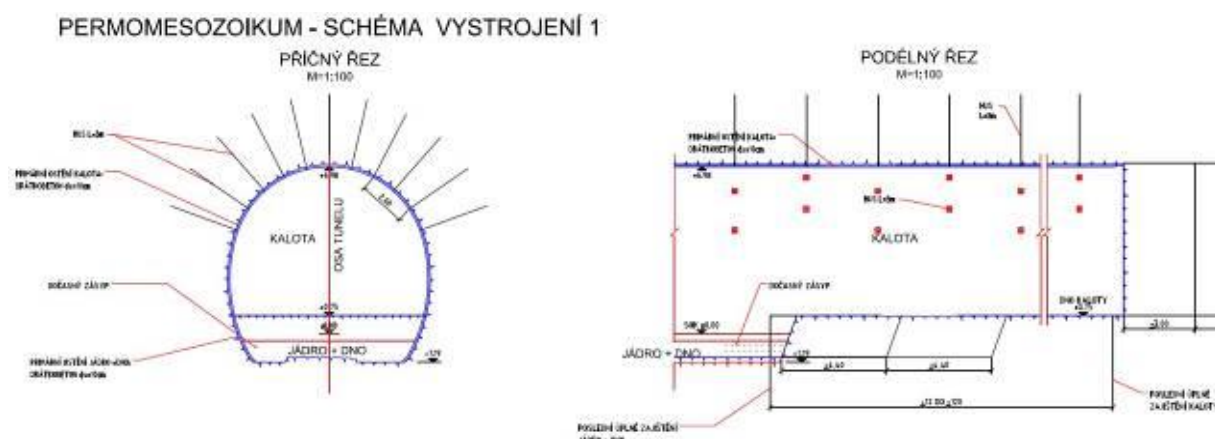


Obr. 20 Třída vystrojení SVT 2/PM, minimální rozsah
Fig. 20 Excavation support class 2/PM, minimum scope



Obr. 21 Třída vystrojení SVT 2/PM, maximální rozsah
Fig. 21 Excavation support class 2/PM, maximum scope

Následně v prostředí masivních dolomitických horniny byla použita i nejlehčí třída SVT 1/PM s délkou záběru do 3,0 m a primárním ostěním z drátkobetonu tloušťky 10 cm.



Obr. 22 Třída vystrojení SVT 1/PM
Fig. 22 Excavation support class 1/PM

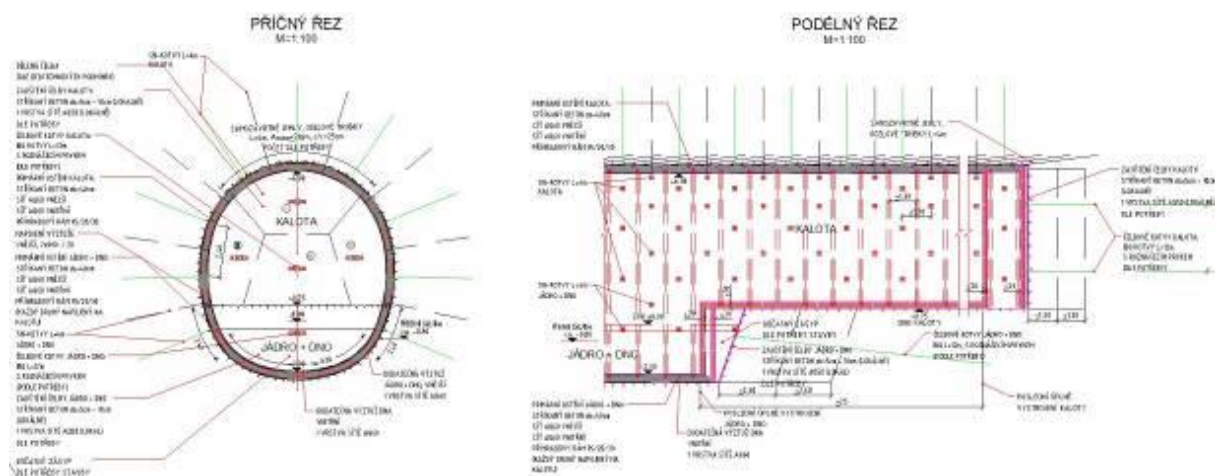
Zvláštní třída byla nasazena pro úsek ražený v horninách s anhydritem. Vzhledem k jeho schopnosti bobtnat i v minimální přítomnosti vody. Dle výzkumů je anhydrit zvětšit svůj objem až o 60 % a tento jev se již nepříznivě projevil například na tunelu Bosruck na dálnici A9. Jelikož nelze zajistit 100 % vodotěsnost prostředí a k aktivaci bobtnání dostačuje i vzdušná vlhkost, byla přijata řada opatření.

Veškeré vrtné práce byly prováděny s minimálním použitím vody.

Byl použit profil primárního ostění se dnem hloubky 2,8 m (tzv. hluboká protiklenba).

Profil tunelu byl zvětšen tak, aby umožnil instalaci silnějšího sekundárního ostění tloušťky 60 cm.

Následně před realizací izolací pod sekundární ostění byl začátek a konec úseku s anhydritem radiálně proinjektován řadami (prstenci) vrtů délky 1,5 m a 4 m. Přičemž nejprve byly cementovou suspenzí zainjektovány kratší vrty, jejichž účelem bylo utěsnění rozvolněné zóny v bezprostředním okolí výrubu. Následně byly pryskyřicí zainjektovány delší vrty, tvořící hlavní těsnící prvek.



Obr. 23 Třída vystrojení použitá v úseku s obsahem anhydritu.
Fig. 23 Excavation support class applied in section with anhydride content

Pro ražbu (protiražbu) tunelů Langer Berg v nesoudržných terasových sedimentech byl zvolen postup pod ochranou mikropilotových dešťníků délky 15 m. Čelba byla z důvodu zajištění stability rozdělena na 9 až 12 dílčích výrubů. Dílčí výrubu byly zajišťovány bezprostředně po odtěžení stříkaným betonem se sítí, a následně ještě stabilizovány pomocí převázek k IBO kotvám. IBO kotvy délky 12 m, byly instalovány vždy v dodatečném

předstihu, tak aby byl zajištěn jejich přesah.

Ještě před zahájením ražby došlo při odtěžování portálové stěny v její horní části ke vzniku několika deformací. Pro zahájení ražeb však bylo nutné stěnu prohloubit o dalších cca. 10 m. Tato situace a křížení s místní komunikací a inženýrskými sítěmi bezprostředně za hranou stavební jámy si vynutily změnu projektu. Bylo upuštěno od riskantního hloubení portálové stěny v původní poloze. Celý prostor byl naopak stabilizován dočasným zásypem. Následně byl vytvořen hutněný armovaný násep ze štěrkopísku a geotextílie. Tento násep jednak stabilizoval původní portálovou stěnu a rovněž umožnil zahájení ražby se stabilnějším nadložím.



Obr. 24 Pohled na portálovou stěnu tunelů Langer Berg, realizovanou již pod násypem z armovaných zemin.

Fig. 24 View on the tunnel Langer Berg portal, the portal wall was realised under embankment reinforced by geotextiles.

3.3 Výstavba přesypaných tunelů Granitztal

Varianta zasypání úseku vedeného údolím Granitztal byla zvolena hlavně z ekologických důvodů. Současně zde bude umístěn i budoucí vzduchotechnický objekt.

Překonání údolí je spojené s několika zajímavými technickými řešeními, která jsou spojena zejména s přítomností mocné vrstvy jezerních sedimentů a nutností překonat koryto potoka přesypaným tunelem.

Na jižní portál tunelů Deutsch Grutschen tak postupně navazovaly: první část dočasné deponie plnící funkci zatěžovacího konsolidačního násypu, druhá část násypu, objekt SA1 (v podstatě most pro tunely) a následné portálová jáma tunelů Langer Berg.

Během hloubení portálových jam bylo vytěženo zhruba 500 000 m³ materiálu, část pak byla využita k vytvoření 20 – 30 m vysokých konsolidačních násypů. Vzhledem k nepříznivým geomechanickým parametrům zejména jezerních sedimentů bylo nutné jejich promíchání se štěrkopískou granitztálského souvrství a následnou vápennou stabilizací zhruba 20 kg/m³ vápna.

Výstavba objektu SA 1, tedy „mostu pro tunely“ byla realizována ve stavební jámě

zajištěné štětovou stěnou. Po odtěžení přibližně 4 m sedimentů a jejich nahrazení kamenivem byla postupně vybetonována základová deska objektu s budoucím korytem potoka. Následně byly betonovány boční stěny a vlastní mosty.

Po dokončení betonáže byl do budoucího koryta navezen štěrk, stěny objektu byly obloženy kamenem a do nového koryta byl převeden potok.



*Obr. 25 Pohled na objekt SA1, „most pro tunely“
Fig. 25 View on object SA1 „bridge for tunnels“*

Bloky zasypaného (přesypaného) tunelu jsou realizovány jako vyztužené o délce 10 m a tloušťce 60 cm. Betonáž první části navazující na tunel LB byla zahájena po dokončení podkladní desky na jaře 2016. Následně došlo k přeložení stávající komunikace přes již vybudovanou část a byly dokončeny výkopy celé stavební jámy. Betonáž byla prováděna pomocí dvou bednicích vozů pro každý tunel a jednoho vnějšího bednění.



*Obr. 26 Celkový pohled na stavební jámu Granitztal, původní komunikace, přeložka, podkladní betony pro betonáž, most SA1, severní portály tunelů Langer Berg.
Fig. 26 Overall view on the Granitztal excavation, original road, relaying, concrete beds, bridge SA1, North portals of the Langer Berg tunnels*

3. Betonáže definitivního ostění

Bloky definitivního ostění jsou dlouhé 12,5 m a s výjimkou propojek jsou realizovány jako nevyztužené s tloušťkou 30 cm.

V celé trase nejsou realizovány záchranné výklenky.

Oproti zvyklostem v ČR/SR probíhá betonáž vždy ob jeden blok. Tento systém vznikl z požadavku investora. Důvodem je omezení tlakového působení čerstvě odbedněného bloku na již dříve realizovaný blok, čímž je eliminován vznik trhlin.



Obr. 27 Bloky definitivního ostění a izolace, střídavá betonáž bloků.

Fig. 27 Blocks of the secondary lining and membranes, alternate concreting of blocks

Novinkou je pak nasazení nového systému čištění drenáží, tzv. MDB-System (Modulares Drainagespuelsystem Bahn). Toto nové řešení umožňuje čištění drenáží bez nutnosti výrazného omezení provozu v tunelu. Základem řešení je umístění centrální čistící šachty do tunelových propojek. Z tohoto místa je pak možné čištění příslušných úseků drenáží bez nutnosti omezení provozu v tunelu. Tento systém je současně vyvíjen a zaváděn na tunelech Semmering a Pummersdorf.

4. Závěr

Záměrem článku bylo podat představu o stavbě Tunnelkette Granitztal. Z hlediska porovnání se stavbami v ČR/SR je nejvýraznější přístup k přijímání změn a reakce na vzniklé problémy.

Řešení „běžných“ problémů souvisejících s ražbami (nestabilita čelby, nárůst deformací, změna systému rozpojování, atd.) je ponecháno zcela v kompetenci týmu přítomného na stavbě. Opatření jsou přijímána bezprostředně a jsou plně akceptována zhotovitelem.

Změny schémat vystrojení na jedné straně vždy dodržovaly veškeré bezpečnostní zásady, současně byl však kladen maximální důraz na ekonomiku.

Ke změně vystrojení tak u tunelů délky 2600 m došlo zhruba 30 – 50 krát v každém tubusu. A i v tomto případě byly vždy veškeré změny dodavatelem přesně dodržovány.

Evidentní je také rozdíl v důrazu na rychlé zaměření konvergenčních profilů a dodržování pokud možno stejného času od osazení bodů do jejich nultého měření. Rovněž vzdálenost KVG profilů je výrazně menší, toto řešení poskytuje nejen podrobnější přehled o vývoji deformací, ale umožňuje i mnohem rychleji reagovat na případné změny.

Z hlediska dodavatele pak je zřejmé dokonalé zvládnutí sledu prací v cyklu, kdy bylo běžně dosahováno šesti i sedmi postupů za den.

Vzhledem k stále častějším informacím o záměru zahájení prací na VRT v ČR, které budou nutně napojeny na stávající a budované dráhy v sousedních zemích, je nutné sledovat vývoj, způsob výstavby a problémy spojené s výstavbou jak již provozovaných, tak v současnosti budovaných VRT v zahraničí.

Přestože každá tunelová stavba je ve své podstatě originál, najde se řada staveb, které se některým plánovaným stavbám na území ČR velice podobají. V takových případech by bylo velmi žádoucí se z těchto staveb poučit a nehladat jiná, mnohdy složitější a nákladnější řešení.

Literatura

- [1] 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH und BGG Consult Dr. Peter Waibel ZT GmbH (03/2015), Gutachten zur Geologie, Hydrogeologie und Geotechnik, Abschnitt ST. Paul-Aich, km 75.725 – km 82.100, ÖBB-Infrastruktur AG, Ausschreibungsprojekt Tunnelkette Granitztal.
- [2] PGGT Planungsgemeinschaft Tunnelkette Granitztal Tunnelbau, iC Consulente – IGT Geotechnik und Tunnelbau (2014), ÖBB-Infrastruktur AG, Tunnelkette Granitztal, Ausführungsprojekt
- [3] Übleis, M., Wagner, S., Zmitko, J., 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH, Geologisch - hydrogeologische Dokumentation, B12973: Baulos 50.4 – Tunnelkette Granitztal, ÖBB-Infrastruktur AG
- [4] Zmitko, J., 3G Consulting Engineers s.r.o, Výstavba tunelového „řetězce“ Granitztal, časopis Tunel 3/2017