

## ZDRUŽENIE D1 TURANY - HUBOVÁ



VEDÚCI ČLEN ZDRUŽENIA : DOPRAVOPROJEKT, a.s. BRATISLAVA, DIVÍZIA ZVOLEN

RIADITEĽ DIVÍZIE  
Ing. Jaroslav GUOTH

HL. INŽ. PROJEKTU  
Ing. Imrich BEKEČ

Č. ZÁKAZKY  
7311-11

# D.8.3

VYPRACOVAL Ing. Michal KŘEPELA	ZODP.PROJEKTANT Ing. Branislav NEUSCHL	HL.INŽ.PROJEKTU Ing. Imrich BEKEČ	<b>Basler &amp; Hofmann</b> Slovakia s.r.o. Konzultační inženýři Panenská 13, SK-811 03 Bratislava T 02 5949 8478; F 02 5949 8498 www.baslerhofmann.sk	
KONTROLOVAL Ing. Branislav NEUSCHL	OKRES (OBVOD) STAVBY MARTIN, DOLNÝ KUBÍN, RUŽOMBEROK			
OBJEDNÁVATEĽ: NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a.s. BRATISLAVA				
<b>DIAĽNICA D1 TURANY - HUBOVÁ</b> <b>PRÍLOHY NAD RÁMEC DÚR</b>			STUPEŇ	FORMÁT
			DÁTUM	Č.ZÁKAZKY
			MIERKA	Č.ARCH.
<b>PROJEKT UTESNENIA TUNELOVÝCH RÚR</b> <b>NA ZABRÁNENIE DRENÁŽNEHO ÚČINKU TUNELA</b>			Č.PRÍLOHY	Č.SÚPRAVY
			3	



## D 8.3.3

---

Projekt utesnenia tunelových rúr na zabránenie  
drenážneho účinku tunela

---

Diaľnica D1 Turany - Hubová

**Objednávateľ**

Národná diaľničná spoločnosť, a.s.

Dúbravská cesta 14

841 04 Bratislava

---

**Dátum**

11.2018





## Impresum

### História zmien

Verzia	Dátum	Účel/ popis zmeny
0.1	31.10.2018	Koncept DÚR
1.0	11.2018	Čistopis DÚR

### Dokument zn./č.

### Vypracovanie

	Vypracoval	Kontroloval	Schválil
Pracovník	Michal Křepela	Branislav Neuschl	Štefan Choma
Dátum	11.2018	11.2018	11.2018

Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.  
Konzultační inženýři

Panenská13  
SK-811 03Bratislava  
T +421 259490470  
F +421 259490490

Tento dokument slúži výhradne pre účely Dokumentácie na územné rozhodnutie predmetnej stavby.

Titulná fotografia: Basler&Hofmann Slovakia



# Obsah

---

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
1.1	Identifikačné údaje	2
1.2	Stručný popis trasy diaľnice	3
1.3	Podklady	3
1.4	Použité predpisy, normy, literatúra a elektronické zdroje	4
<b>2.</b>	<b>Predmet riešenia</b>	<b>6</b>
2.1	Zdôvodnenie projektu utesnenia tunelových rúr	6
2.2	Rezervoáre podzemných vôd a ich ovplyvnenie výstavbou tunelov	6
<b>3.</b>	<b>Hydroizolačné systémy tunela</b>	<b>7</b>
3.1	Priepustný - otvorený systém (dáždniková izolácia)	8
3.2	Polopriepustný systém - injektáž	11
3.3	Nepriepustný – uzatvorený systém (celoplášťová izolácia)	15
<b>Prílohy</b>	<b>18</b>	

## 1. Úvod

### 1.1 Identifikačné údaje

Názov stavby:	Diaľnica D1 Turany – Hubová
Miesto stavby:	Žilinský kraj,
Katastrálne územie:	Turany, Krpeľany, Stankovany, Švošov, Hubová, Hrboltová (pre rekultiváciu opustenej trasy aj Ratkovo, Šútovo a Kraľovany)
Druh stavby:	Novostavba
Kategória cestnej komunikácie:	D 26,5/100
Kategória tunelov:	2T - 8,0 / 100 km/h
Stavebník a budúci správca:	Národná diaľničná spoločnosť, a.s., Dúbravská cesta 14, 841 04 Bratislava
Nadriadený orgán:	Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Projektant diaľnice:	DOPRAVOPROJEKT a. s., Kominárska 141/2,4 832 03 Bratislava - mestská časť Nové Mesto
Hlavný inžinier projektu:	Ing. Imrich Bekeč
Projektant tunelov:	Basler & Hofmann Slovakia s.r.o., Panenská 13, 811 03 Bratislava Zodpovedný projektant tunelov: Ing. Branislav Neuschl
Zhotoviteľ prílohy:	Ing. Michal Křepela



## 1.2 Stručný popis trasy diaľnice

Predmetný úsek diaľnice začína v údolnej nive rieky Váh v katastrálnom území mesta Turany na úseku prevádzkovej diaľnice D1 Dubná Skala – Turany v križovatke „Turany 2“. Začiatok úseku je situovaný na pravom brehu rieky Váh oproti záhradkárskej osade a jestvujúcej lávke pre peších ponad rieku Váh. Trasa diaľnice D1 pokračuje údolím Váhu po poľnohospodárskych pozemkoch medzi starým korytom Váhu a Krpeľanským kanálom, križuje štrkovisko Bôr a následne aj koryto rieky Váh a jestvujúcu cestu III/2131 do Nolčova, za ktorou vchádza trasa diaľnice D1 do dvoch za sebou idúcich tunelov Korbeľka a Havran. Tunel Korbeľka je vedený popod masív Kopy a tunel Havran popod rovnomenný masív. Medzi uvedenými tunelmi je krátky úsek diaľnice nad údolím Váhu riešený prevažne na mostoch. K západnému a východnému portálu tunela Korbeľka a k západnému portálu tunela Havran sú navrhnuté prístupové komunikácie potreby údržby a pre záchranné zložky. Trasa diaľnice je za tunelom Havran vedená juhovýchodným okrajom obce Švošov. Diaľnica D1 potom tretí krát križuje multimodálny koridor rieky Váh a napája sa na nadväzujúci úsek D1 Hubová - Ivachnová v križovatke Hubová. V koncovom úseku diaľnice D1 Turany – Hubová je v dostupnej vzdialenosti od križovatky Hubová navrhnuté Stredisko správy a údržby Švošov.

## 1.3 Podklady

- Porovnávacia štúdia, Diaľnica D1 Turany – Hubová, Dopravoprojekt a.s. Bratislava, 2013;
- Porovnávacia štúdia, Diaľnica D1 Turany – Hubová, aktualizácia technického riešenia - doplnok, Dopravoprojekt a.s. Bratislava, 2016;
- Záverečné stanovisko MŽP SR č.1294/2017-1.7/ml zo dňa 18.5.2017, nadobudlo právoplatnosť dňa 9.2.2018;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, tunely Rojkov - Havran, GEOFOS, s.r.o., Žilina, RNDr. Antonín Matejček a kol., 2007;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Hydrogeologický posudok, Vodné zdroje Slovakia, s.r.o, RNDr. Mária Némethyová a kol., 2008;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Podrobný inžinierskogeologický prieskum, INGEO-ighp, s.r.o., Žilina, RNDr. Alexander ZÁTHURECKÝ, RNDr. Anna GREŇČÍKOVÁ a kol., 2008;
- Diaľnica D1 Turany – Hubová (úsek 2), GEOFOS, s.r.o., Žilina, RNDr. Anna Grenčíková a kol., 2010;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Hydrogeologický posudok, Vodné zdroje Slovakia, s.r.o, RNDr. Mária Némethyová a kol., 2011;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, tunel Korbeľka, GEOFOS, s.r.o., Žilina, RNDr. Anna Grenčíková a kol., 2011;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Záverečná správa – variant V2 s tunelom Korbeľka, CAD-ECO a.s., RNDr. Marian Kuvik a kol., 2014;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, II. etapa, Hydrogeologický monitoring, CAD-ECO a.s., Mgr. Marián Coplák, RNDr. Emília Žabková, 2018;
- Zápisy z pracovných porád a rokovaní s objednávatelom a zástupcami projektantov, výkresová dokumentácia;

#### 1.4 Použité predpisy, normy, literatúra a elektronické zdroje

##### Predpisy

Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;  
Nariadenie vlády č.344/2006 Z.z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestenej sieti;  
Vyhláška MDPT SR č. 55/2008 Z.z. o projektovej dokumentácii stavieb diaľnic a ciest pre motorové vozidlá;  
Vyhláška MV č. 9/2009 Z.z. ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov;  
Smernica 2004/54/ES Európskeho parlamentu a rady z 29. apríla 2004 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti.  
Európska dohoda o hlavných cestách s medzinárodnou premávkou (AGR), ECE/TRANS/SC.1/384, Marec 2008;

##### Normy

STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov, február 2008;  
Použité slovenské technické normy z tried 01, 12, 72, 73, 92

##### Technické predpisy

TP 016 Katalóg porúch tunelov na pozemných komunikáciách, MDPT SR, 2005;  
TP 019 Dokumentácia stavieb ciest + Príloha (01 – 14), MDPT SR, 2007;  
TP 020 Tunelové názvoslovie, MDPT SR, 2006;  
TP 021 Vystrojovacie triedy. Časť 1: Cyklické razenie, MDPT SR, 2006;  
TP 022 Podzemné stavby. Časť 2: Kontinuálne razenie, MDPT SR, 2006;  
TP 026 Sekundárna ochrana betónových konštrukcií, MDPT SR 2007;  
TP 041 Analýza rizík pre slovenské cestné tunely, MDVRR SR, 2011;  
TP 049 Vetranie cestných tunelov, MDVRR SR, 2011;  
TP 080 Bezpečnosť cestných tunelov - Bezpečnostná dokumentácia, MDVRR SR, 2014;  
TP 082 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Tunely - technologické vybavenie, MDVRR SR, 2014;  
TP 089 Inžinierskogeologický prieskum pre tunely, MDVRR SR, 2015;  
TP 090 Ochrana tunelov proti vode a odvodnenie tunelov, MDVRR SR, 2015;  
TP 091 Monitorovanie betónového ostenia tunelov, MDVRR SR, 2015;  
TP 093 Centrálny riadiaci systém a vizualizácia - tunely, MDVRR SR, 2015;  
TP 094 Systém hospodárenia s cestnými tunelmi, MDVRR SR, 2015;  
TP 095 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Tunely-stavebné konštrukcie, MDVRR SR, 2015;  
TP 098 Navrhovanie cementobetónových vozoviek na cestných komunikáciach, MDVRR SR, 2015;  
TKP Časť 26 Tunely;  
TKP Časť 28 Geotechnický monitoring pre tunely a prieskumné štôlne;

TKP Časť 35 Geotechnický monitoring pre objekty líniových častí pozemných komunikácií

VL5/2011 Vzorové listy 5 Tunely;

Zdroje

Správa o hodnotení vplyvov, správa EIA, DOPRAVOPROJEKT a.s., 2016

Záverečné stanovisko EIA, MŽP SR., 2017

## 2. Predmet riešenia

### 2.1 Zdôvodnenie projektu utesnenia tunelových rúr

Predmetom riešenia tejto časti dokumentácie je minimalizovanie drenážneho účinku tunelov na okolité horninové prostredie, kde sa nachádzajú významné zdroje podzemnej vody, ktoré zásobujú pitnou vodou okolité obce. Pitná voda je významným nerastným bohatstvom krajiny a treba ju chrániť. Snaha o jej zachovanie je vyjadrená aj v záverečnom stanovisku hodnotenia vplyvov na životné prostredie EIA z 18.5.2017, v bode 5: *"Realizovať v trase tunela zodpovedajúce technické a technologické riešenie razenia a vystrojenie tunelových rúr s využitím hydroizolácie."* a v bode 6: *"Realizovať také technické opatrenia, ktoré zabezpečia zabránenie drenážneho účinku tunelových rúr, a teda zachovajú využiteľné množstvá podzemných vôd jednotlivých vodárenských zdrojov. Pre prípad čiastkového drenážneho účinku tunelových rúr vypracovať projekt zachytenia drenážnej vody z tunela a jej využitie na pitné účely/vrátenie do vodovodnej siete."*

### 2.2 Rezervoáre podzemných vôd a ich ovplyvnenie výstavbou tunelov

Hydrogeologické pomery v trase tunelov Korbeľka a Havran sú extrémne zložité. Vyplýva to najmä z rozličnej priepustnosti hornín, ktoré sa podieľajú na stavbe masívu a tiež zo štruktúrno-tektonických pomerov. Popis jednotlivých rezervoárov podzemných vôd je prevzatý z: Správa o hodnotení vplyvov, správa EIA, DOPRAVOPROJEKT a.s., 2016.

Z hľadiska vplyvu tunelov na okolité vodné zdroje Fatra, Korbeľka, Teplica a Kopa možno konštatovať nasledovné:

Vodný zdroj Korbeľka – vzhľadom na nízku výdatnosť vodného zdroja a jeho naviazanie na kontakt chočských horninových komplexov s podložnými málo priepustnými komplexami krížňanského príkrovu resp. paleogénu sa predpokladá v prípade výstavby tunela Korbeľka jeho úplný zánik.

Vodný zdroj Fatra – vzhľadom na zistené hydrogeologické a hydrochemické pomery v oblasti vodného zdroja Fatra sa predpokladá jeho čiastočné ovplyvnenie, pokiaľ nebudú realizované hydroizolačné opatrenia. Podľa dostupných informácií je vodný zdroj z časti viazaný na inú geologickú štruktúru na juh od Ľubochňanskeho sedla, oddelenú výrazným zlomovým systémom od dolomitického masívu Kopy. Druhá časť podzemných vôd pravdepodobne pochádza z komplexu dolomitov kóty Fatra, čo dokumentuje zmiešaný typ chemizmu vôd. Počas razenia je predpoklad, že výdatnosť vodného zdroja bude redukovaná o objem vôd prestupujúcich z dolomitového komplexu, za predpokladu významného zníženia piezometrických výšok HPV. Tento vplyv však môže byť eliminovaný vhodnými hydroizolačnými opatreniami tunela.

Vodný zdroj Kopa (Kraľovany) a vodný zdroj Rojkov – predstavuje potenciálne najviac ohrozený vodný zdroj v celej oblasti Kopy. Vzhľadom na vysokú priepustnosť karbonátického masívu sa predpokladá, že výstavbou tunela môže dôjsť k úplnému zdrénovaniu uvedeného vodného zdroja. V prípade, že ostenie tunela v najviac priepustných úsekoch bude riešené ako celoobvodová hydroizolácia, je možné vplyv na tento vodný zdroj eliminovať.

Vodný zdroj Teplica/Teplička – na základe výsledkov orientačného prieskumu možno predpokladať, že prevažná časť vôd pritekajúca do vodného zdroja pochádza zo severných svahov Kopy resp. lokality Sokol a vystupuje na tektonickom rozhraní medzi karbonátmi chočského príkrovu na severnej strane údolia a nepriepustným mezozoickým komplexom mráznického súvrstvia s fragmentami paleogénnych zlepenčových hornín v jeho nadloží na južnej strane. Stopovacou skúškou z vrtov TK-05 a TK-06 neboli zistené priame komunikačné kanály k vodnému zdroju. Je však potrebné uviesť, že počas výstavby tunela môže byť takýto kanál zachytený, aj keď je to nepravdepodobné vzhľadom na generálny smer prúdenia vôd. Z toho dôvodu je potrebné počas prác znížiť riziko zavlčenia znečistenia do tohto vodného zdroja vytvorením celoplošnej hydroizolácie najmä v komplexe skrasovatených vápencov a dôsledným dodržiavaním technologickej disciplíny, používaním ekologicky odbúrateľných mazív a podobne. Z hľadiska kvantity nepredpokladáme významné ovplyvnenie vodného zdroja razením tunela za predpokladu vhodného technického riešenia hydroizolácie tunela.

Rojkovské rašelinisko a vodné zdroje pri Rojkove, Kraľovanoch a Ľubochni - ide o hydrogeologické riziko v zmene prúdenia podzemnej vody a v zmene jej chemického zloženia počas výstavby a prevádzky diaľničného tunela Korbeľka. Riziko ovplyvnenia vodných zdrojov je možné minimalizovať vhodným technickým riešením tunela Korbeľka, spolu s operatívnym systémom monitoringu. Pre zásobovanie vodou je potrebné pripraviť alternatívy z dôvodov zníženia výdatnosti, ovplyvnenia kvality, resp. zrušenia niektorého vodného zdroja.

Vodné zdroje pri Švošove - vplyvy sa môžu prejavovať v zmene prúdenia podzemnej vody pri výstavbe a prevádzke tunela Havran. Vplyvy je možné minimalizovať vhodným technickým riešením tunela Havran a operatívnym systémom monitoringu. Pre zásobovanie vodou je potrebné pripraviť alternatívy pre scenár straty podzemných vôd.

### 3. Hydroizolačné systémy tunela

Ochrana tunela pred podzemnou vodou sa posudzuje vždy z hľadiska možnosti odvedenia vody, alebo nutnosti návrhu vodotesnej izolácie tunelovej rúry (s uvažovaním prípustnej zmeny hydrogeologických pomerov v okolí tunela).

Systém ostenia tunelovej rúry je sendvičová konštrukcia pozostávajúca z primárneho a sekundárneho ostenia. Medzi tieto dve ostenia je vložená drenážna a izolačná vrstva pozostávajúca z geotextílie a plošnej hydroizolácie. Rozlišujeme dva základné systémy hydroizolácie tunela:

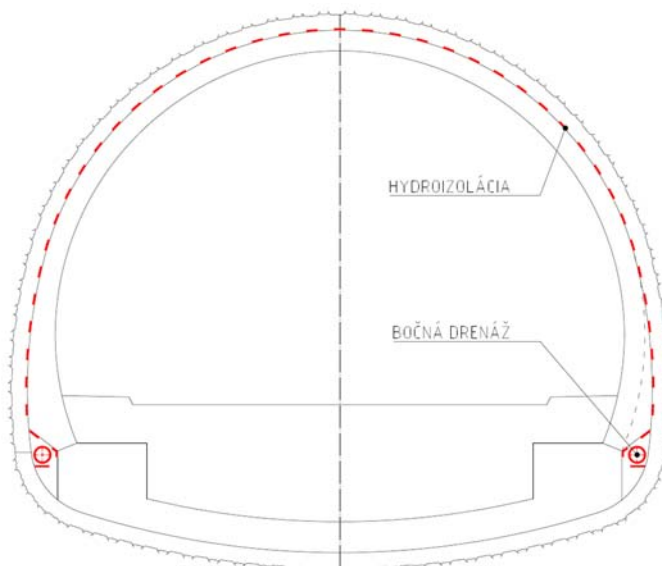
- otvorený systém - priepustný
- uzatvorený systém - nepriepustný

Doplnením otvoreného systému o cementovú, alebo chemickú vytesňujúcu injektáž horninového prostredia vzniká injektovaný - polopriepustný systém.

Rozsah použitia jednotlivých hydroizolačných systémov v tuneloch, bude možné určiť až na základe podrobného IGHP.

### 3.1 Priepustný - otvorený systém (dáždniková izolácia)

Pri použití otvoreného hydroizolačného systému sa izoluje iba horná stavba - horná klenba. Spodná stavba - základové pásy, resp. spodná klenba, nie je zaizolovaná. Drenážna vrstva hydroizolácie odvádza horninovú vodu do bočnej drenáže, odkiaľ je voda odvedená cez čistiace šachty vo výklenkoch do hlavného zberača, umiestneného pod vozovkou. Všetka drenážna voda je gravitačne zvedená na tunelové portály, kde je vyvedená do recipientu.



Obr. 1.: Priepustný otvorený systém – priečny rez

Odvodnenie horninovej a technologickej vody, počas razenia, je potrebné riešiť priamo na čelbe. V miestach priesakov sa horninová voda podchyť pomocou hadíc (sústredený prítok), alebo drenážnych fólií (plošný priesak) a odvedie sa do odvodňovacieho otvoreného rigolu. Odvodňovacie rigoly musia byť umiestnené pozdĺž bočných stien tunelovej rúry a musia zabrániť odvádzanej vode v priesaku do podlažia.

Pri dovrchnom razení je niveleta a teda pozdĺžny sklon tunelovej rúry navrhnutý so spádom k portálu. To znamená, že zachytená voda bude odtekať gravitačne smerom k portálu. Pri úpadnom razení je potrebné realizovať prečerpávanie na portál.

V portálových častiach, kde bude privádzaná horninová a technologická voda musia byť zriadené sedimentačné nádrže, úpravne pH a ORL, aby sa zaručila ekologická nezávadnosť vôd, ktoré budú ďalej vypúšťané do recipientov.

Pred osadením hydroizolácie musí byť povrch primárneho ostenia, na ktorý sa hydroizolácia prichytáva, očistený a vyrovnaný. Príliš veľké nerovnosti môžu vyvolať neprimerané ťahové namáhanie hydroizolácie, a jej následné pretrhnutie.

Ochranu hydroizolácie zo strany horniny zabezpečuje vrstva geotextílie, ktorá zároveň plní funkciu drenáže.

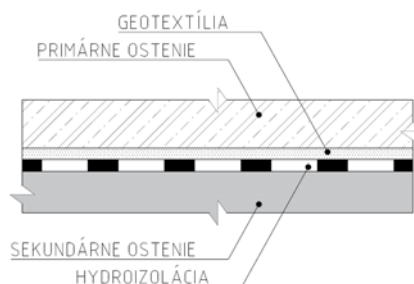
**Obr. 2.:** Kladenie geotextílie**Obr. 3.:** Terčík

Samotná hydroizolácia pozostáva s hydroizolačných pásov, ktoré sú prichytávané na primárne ostenie pomocou terčíkov. Spájané sú horúcim klinom s tvorbou dvojstopového zvaru, v ktorom sa vytvára vzduchový kanálik. Tesnosť zvarov hydroizolácie sa preukazuje nafukovaním vzduchového kanáliku, pričom sa sleduje pokles tlaku v kanáliku.

**Obr. 4.:** Spojie hydroizolačných pásov



Obr. 5.: Kladenie hydroizolácie



Obr. 6.: Uloženie hydroizolácie v ostení

Hydroizolácia je opatrená signálnou vrchnou vrstvou, ktorá má inú farbu ako zvyšok hydroizolácie. Pri prípadnom poškodení hydroizolácie (napr. pri kladení výstuže sekundárneho ostenia) sa jej vrchná vrstva poškrabe a poškodenie „hlási“ zmenou farby. Následne musí byť poškodené miesto opravené ďalšou vrstvou hydroizolácie.



Obr. 7.: Kladenie výstuže



Po vybudovaní sekundárneho ostenia s hydroizoláciou a drenážnym odvodnením tunela, systém hydroizolácie spoľahlivo chráni sekundárne ostenie a priestor tunela pred horninovou vodou, za podmienky obmedzenia šírky trhlín a škár v betóne ostenia tunela. Zároveň sa však systém správa ako drenáž pre horninové prostredie, v ktorom sa tunel nachádza. Hladina podzemnej vody, v bezprostrednej blízkosti tunela klesá na úroveň postrannej drenáže.



Obr. 8.: Dokončené sekundárne ostenie s vytiahnutou hydroizoláciou na

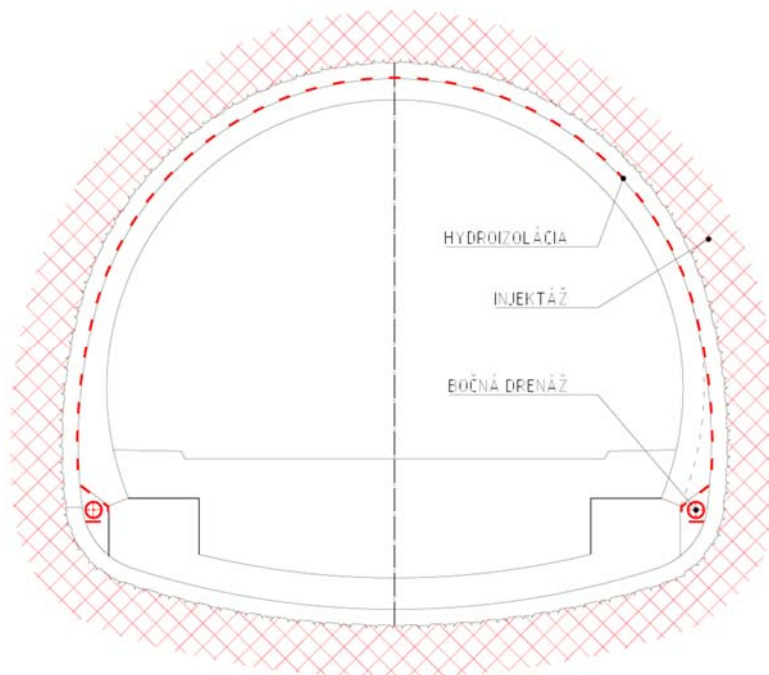
Otvorený systém hydroizolácie je vhodný do oblastí, kde sa tunel nachádza nad ustálenou hladinou podzemnej vody, resp. mimo dosahu vodných zdrojov. Jedná sa o najjednoduchší hydroizolačný systém ktorý svojím charakterom zabezpečuje najväčšiu funkčnosť ochrany pred prienikom vody do vnútorného priestoru tunela a zároveň najmenšie riziko vzniku vád počas výstavby a následnej prevádzky. V súčasnosti sa jedná o najrozšírenejší systém ochrany razených tunelov proti podzemnej vode, pretože je jednoduchý, pomerne ľahko realizovateľný, funkčný aj v prípade ak nie je dosiahnutá najvyššia úroveň kvality a kontroly stavebných prác a aj v prípade ak hydroizolačné súvrstvie obsahuje drobné vady z realizácie. Finančné aj časové nároky na jeho realizáciu sú z pomedzi navrhovaných hydroizolačných systémov najnižšie.

### 3.2 Polopriepustný systém - injektáž

Polopriepustný hydroizolačný systém, je kombináciou priepustného systému a injektáže horninového prostredia. Cieľom injektáže je utesniť a vyplniť trhliny, praskliny, pukliny v horninách a zeminách, ktoré vytvárajú cestu pre prúdiacu vodu. Tesniaca injektáž môže byť zrealizovaná v niekoľkých fázach, napr. plášťová do malej hĺbky - 2,0m a hĺbková postupne do väčších hĺbok, až sa zastaví nežiadúci prienik vody.

Pregrouting (pre-excavation grouting), je systém injektáže, kedy sa injekčné médium, pred realizáciou primárneho ostenia, vtláča do cieľovej zóny, pod vysokým

tlakom a takto dochádza k vyplneniu trhlín, pórov a voľných priestorov, kde inak dochádza k distribúcii podzemnej vody. Pregrouting môže byť na základe monitoringu primárneho ostenia doplnený postgroutingom (post-excavation grouting). Postgrouting je dodatočná injektáž už zrealizovaného primárneho ostenia, kedy sa injektujú prípadné priesaky podzemnej vody cez primárne ostenie. Pri postgroutingu často dochádza k premiestneniu zainjektovaných priesakov, preto je postgrouting časovo aj finančne náročnejší spôsob injektáže.



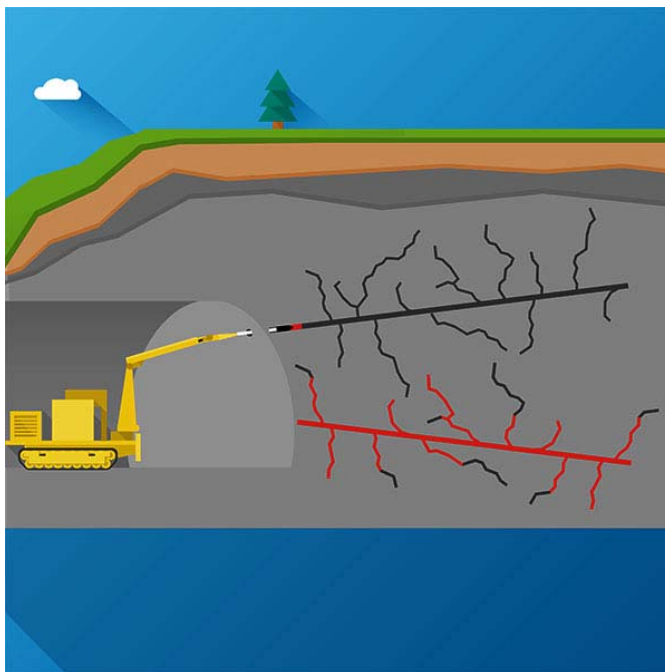
Obr. 9.: Injektovaný systém – pričný rez

Injektáž môže byť realizovaná napr. cementovou injektážnou zmesou, alebo injektážou na báze polyuretánovej živice.

Pri injektážach cementovou zmesou sa používajú cementy a mikrocementy s rôznymi prísadami. Je nutné venovať zvýšenú pozornosť javu krvácania, kedy dochádza k vyplavovaniu prebytočnej vody z cementovej zmesi, čo má nepriaznivý vplyv na tesniacu funkciu injektáže. Krvácanie cementovej zmesi sa dá upraviť použitím vhodných prísad - stabilizátorov.

Chemická injektáž môže byť realizovaná jedno alebo dvojzložkovou injektážnou zmesou. Jednozložková injektáž reaguje pri kontakte s horninovou vodou a vytvára penu, ktorá expanduje a vytesňuje trhliny a póry v hornine. Dvojzložková injektážna zmes reaguje s pôsobením horninovej vody aj bez pôsobenia horninovej vody.

Injektážne zmesi na báze cementov majú menšiu schopnosť prenikať do horninového masívu a nižšiu rýchlosť tuhnutia oproti chemickej injektáži. Nie sú vhodné do miest, kde je vysoká rýchlosť prúdenia vody, čo by malo za následok odplavovanie injektážnej zmesi. Technický sú ale menej náročné a lacnejšie. Pred začiatkom injektáže je potrebné vykonať skúšobnú injektáž na overenie vhodnosti zvolenej injektážnej zmesi.



Obr. 10.: Princíp injektáže

Injektážne práce prebiehajú nasledovne:

Do čelby, alebo primárneho ostenia sa vyhotoví vrt požadovanej dĺžky a priemeru. Do zhotoveného vývrtnu sa zasunie obturátor (paker), ktorý je opatrený gumovou manžetou a spätným ventilom. Jeho funkčnosť nastáva pri dokonalom upevnení vo vývrte a k zabráneniu vytlačaniu injektážnej zmesi pod tlakom späť z vývrtnu. Predĺženie obturátorov vo vývrtoch sa vykoná nadstavujúcimi trúbkami. Na takto upevnený obturátor vo vývrte sa nasadí injektážna pištoľ s tlakovými hadicami napojenými k injektážnemu čerpadlu, a ďalej sa postupuje princípom ABBA - spustením a zastavením ventilu čerpadla v priebehu injektáže.



Obr. 11.: Príklady realizácie injektáže

Postupným vtláčaním hmoty do injektovaného prostredia sa zvyšuje tlak, ktorý sa priebežne kontroluje na manometroch čerpadla. Po docelení požadovaného tlaku a odtlakovaní systému sa pištoľ odpojí a pokračuje sa na ďalší vývrt.

Použitá injekčná zmes musí byť po ukončení chemickej reakcie chemicky stálou a nezávadnou hmotou, tj. môže prísť do kontaktu s pitnou vodou, vodou a materiálmi pre hospodárske účely.

Počas realizácie primárneho ostenia je potrebné, aj napriek injektážam, uvažovať s horninovou a technologickou vodou, s ktorou saarába rovnako, ako pri otvorenom hydroizolačnom systéme.

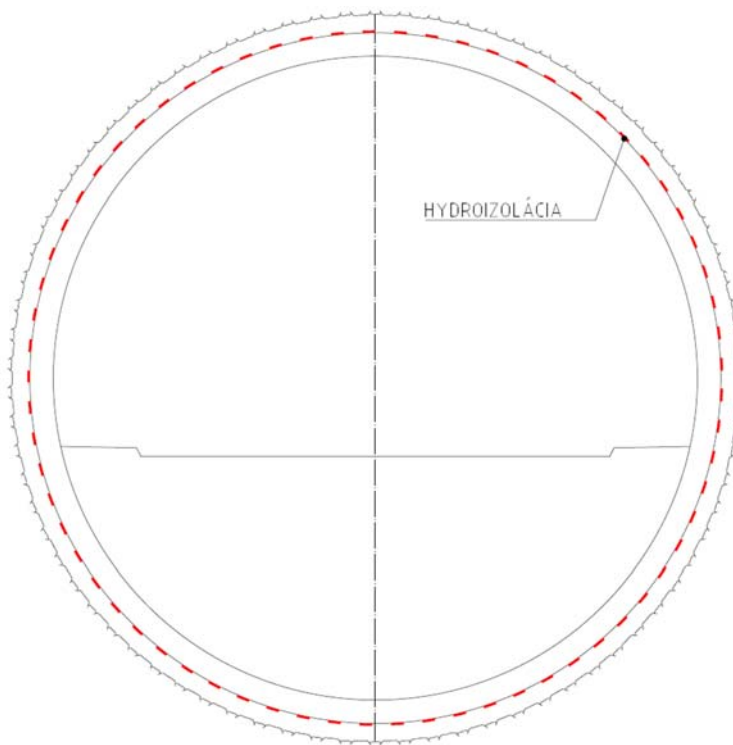
Po vybudovaní a zainjektovaní primárneho ostenia, pokračuje realizácia hydroizolácie rovnako, ako v prípade otvoreného hydroizolačného systému.

Nevýhodou takéhoto hydroizolačného systému je zvýšený tlak na ostenie a horninovú klenbu, vyvolaný vodným stĺpcom nad tunelom. Realizácie takéhoto typu hydroizolácie je časovo, finančne a technicky náročnejšia ako realizácia otvoreného systému hydroizolácie.

Hydroizolačný systém zachytáva väčšinu podzemnej vody, nedá sa však zaručiť jeho 100 % tesnosť. Vhodný je do oblastí, kde je prípustný čiastočný pokles výdatnosti zdroja podzemnej vody, kde je ustálená hladina podzemnej vody v primeranej výške voči budovanému tunelu.

### 3.3 Nepriepustný – uzatvorený systém (celoplášťová izolácia)

Celoplášťová hydroizolácia izoluje hornú aj spodnú stavbu zároveň, tzn. že je zaizolovaný celý profil tunelovej rúry. Keďže horninová voda nie je z horninového prostredia odvádzaná preč, nie je potrebné realizovať bočné drenáže. V profile sa nachádza hlavný tunelový zberač, ten je ale súčasťou otvoreného a injektovaného hydroizolačného systému a v mieste celoizolovaného tunela má len transportnú funkciu.



Obr. 12.: Uzatvorený systém – pričný rez

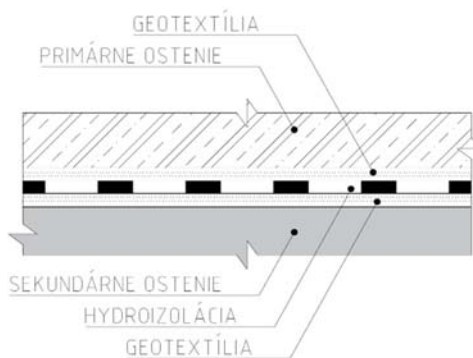
Počas realizácie primárneho ostenia je potrebné systém kombinovať s injektážou (pregrouting, postgrouting), aby bolo minimalizované vypúšťanie rezervoárov podzemnej vody, kým bude vybudované sekundárne ostenie s izoláciou.



Obr. 13.: Realizácia celoplošovej hydroizolácie

Injektáž primárneho ostenia sa realizuje rovnako ako v predošlom hydroizolačnom systéme. Počas realizácie primárneho ostenia sa nakladá s horninovou a technologickou vodou rovnako, ako pri otvorenom, alebo injektovanom hydroizolačnom systéme.

Kladenie a spájanie hydroizolačných pásov sa realizuje rovnako, ako v predošlých systémoch, s tým rozdielom, že v mieste spodnej klenby je hydroizolácia ochránená geotextíliou zo strany horniny, aj zo strany sekundárneho ostenia.



Obr. 14.: Uloženie hydroizolácie v spodnej klenbe

Hydroizolácia môže byť doplnená systémom dodatočnej plošnej injektáže. Ten pozostáva zo systému perforovaných hadíc, osadených v rovine hydroizolácie, do ktorých sa v prípade nedostatočnej tesnosti, spôsobenej poškodením hydroizolácie pri stavebných prácach, alebo jej zlyhaním v priebehu rokov, pod tlakom vstrečne živica, ktorá obnoví tesnosť hydroizolácie. Po samotnej injektáži sa do hadíc vtlačí nízkoviskozné nereaktívne médium, ktoré umožní opätovné použitie systému plošnej injektáže.

Výhodou systému je takmer úplná vodotesnosť tunela a zabránenie drenážneho účinku tunela na horninové prostredie. Ovplynieniu zdrojov podzemnej vody sa ale úplne zamedziť nedá. Nevýhodou je zvýšený tlak na ostenie, vyvolaný vodným stĺpcom nad tunelom. Maximálna prípustná výška vodného stĺpca nad tunelom, ktorá závisí od geologického prostredia a veľkosti razeného profilu, je 60-100 m. Ďalšou nevýhodou je že sa jedná o najkomplikovanejší hydroizolačný systém, ktorý si svojím charakterom vyžaduje vysoké požiadavky na kvalitu a kontrolu stavebných prác. Aj drobné poruchy počas výstavby spôsobia, že hydroizolačný systém nebude dosahovať 100 % tesnosť. Spomedzi navrhovaných hydroizolačných systémov je najdrahší a má najvyššie nároky na dobu výstavby. Systém je vhodný do miest, kde je potrebné minimalizovať pokles hladiny podzemnej vody.



## Prílohy

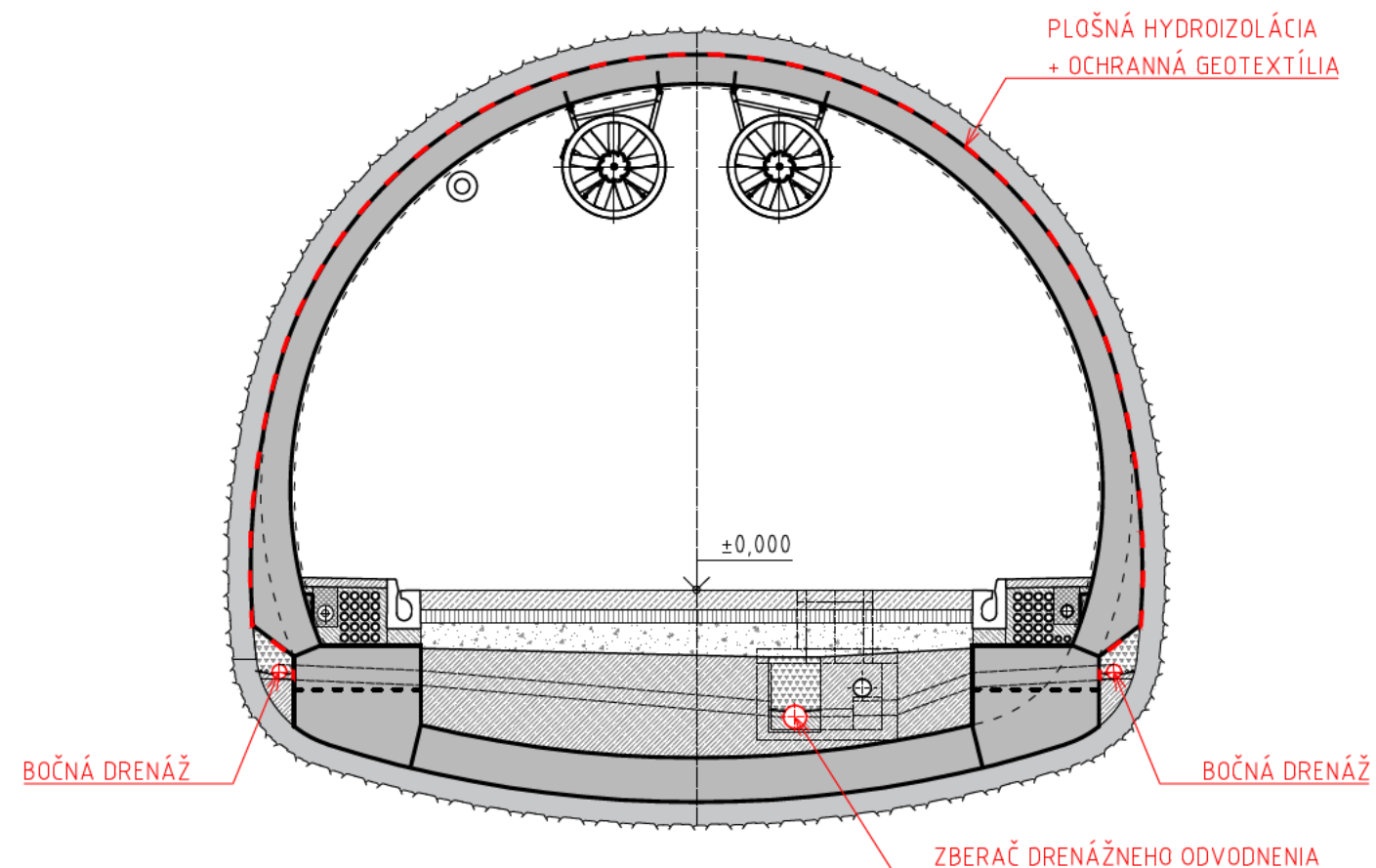
---

---

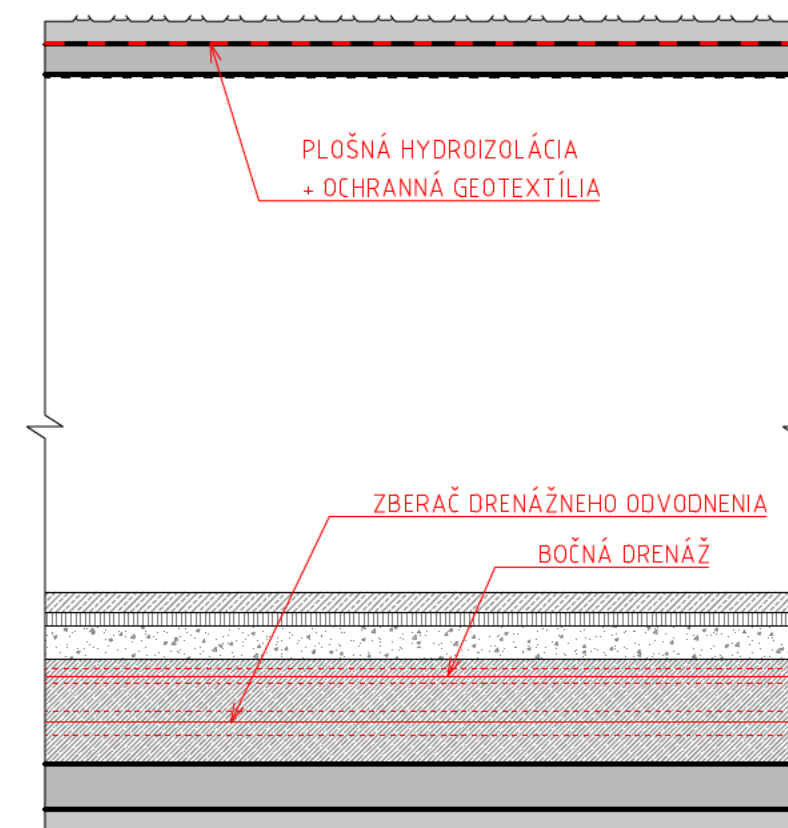
- \_ Príloha č.1 Priepustný systém – otvorený systém
- \_ Príloha č.2 Polopriepustný systém - injektáž
- \_ Príloha č.3 Nepriepustný – uzatvorený systém



PRIEPUSTNÝ – OTVORENÝ SYSTÉM  
DÁŽDNIKOVÁ HYDROIZOLÁCIA  
PRIEČNY REZ  
M 1:100



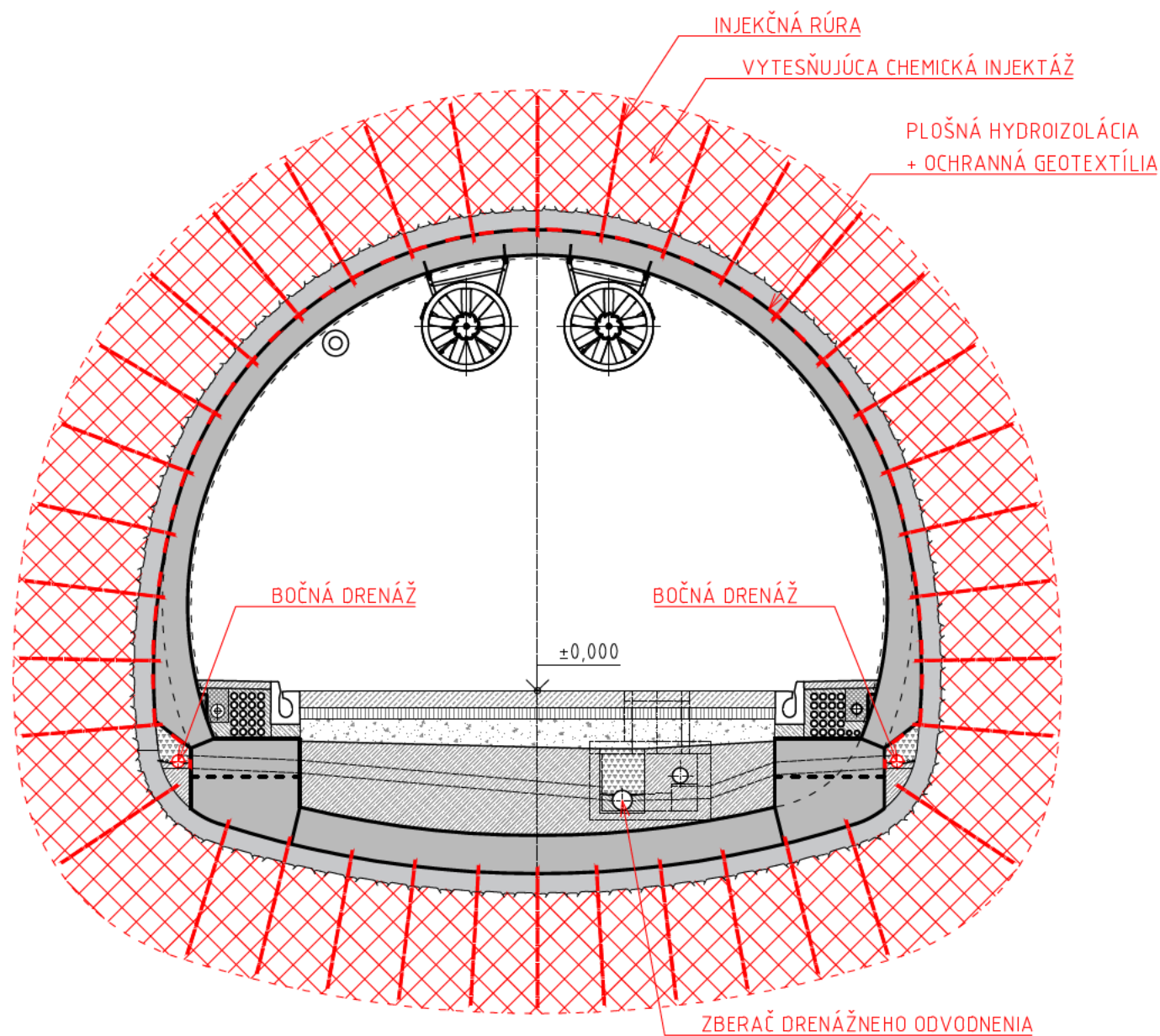
PRIEPUSTNÝ – OTVORENÝ SYSTÉM  
DÁŽDNIKOVÁ HYDROIZOLÁCIA  
POZDĽŽNY REZ  
M 1:100



# POLOPRIEPUSTNÝ SYSTÉM - INJEKTÁŽ

## PRIEČNY REZ

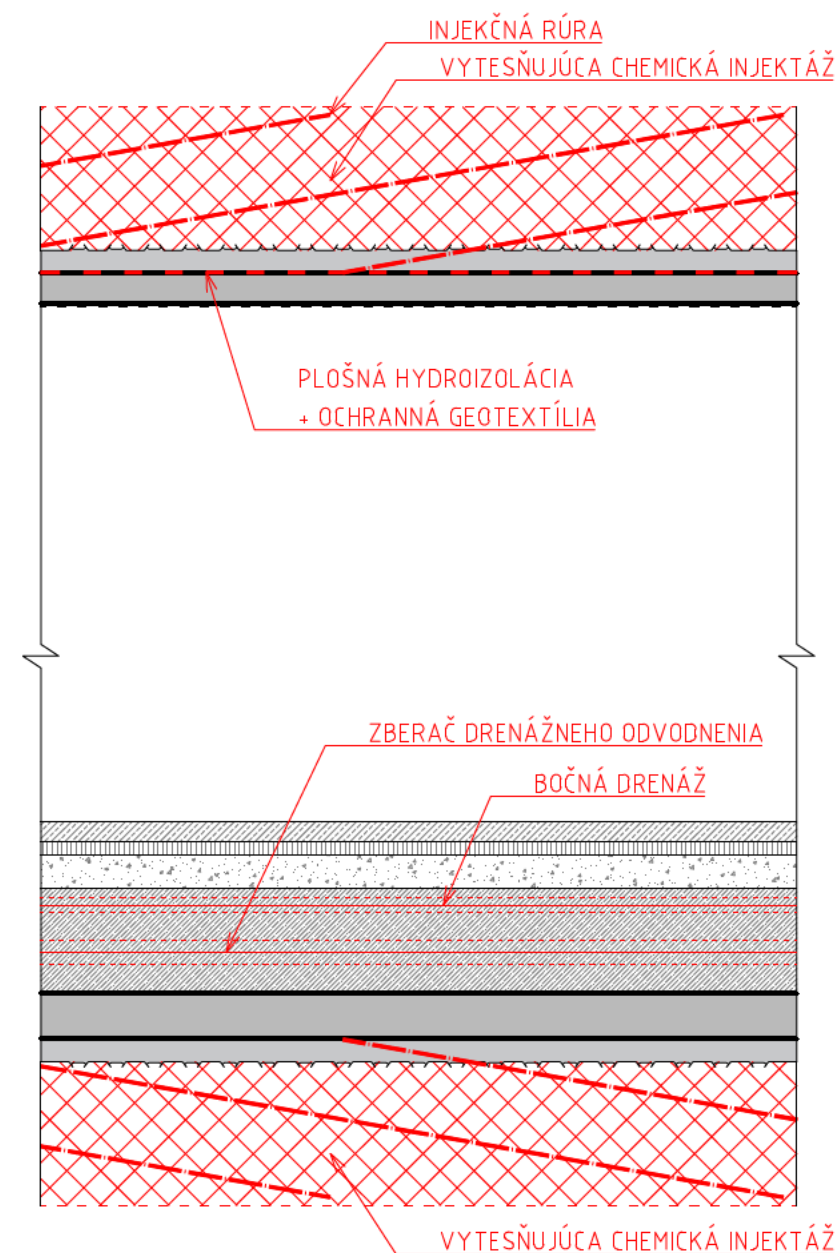
M 1:100



# POLOPRIEPUSTNÝ SYSTÉM - INJEKTÁŽ

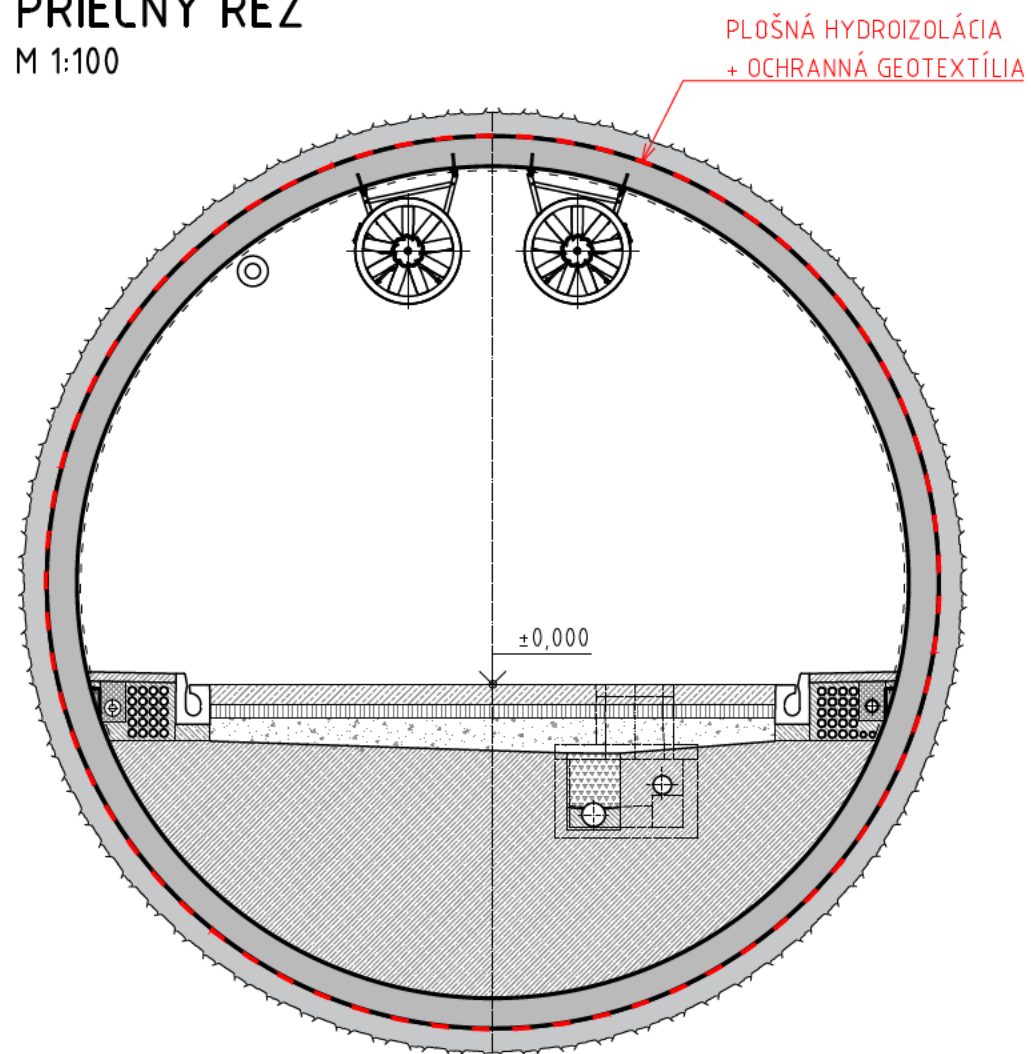
## POZDĹŽNY REZ

M 1:100



NEPRIEPUSTNÝ - UZATVORENÝ SYSTÉM  
CELOPLÁŠŤOVÁ HYDROIZOLÁCIA  
PRIEČNY REZ

M 1:100



NEPRIEPUSTNÝ - UZATVORENÝ SYSTÉM  
CELOPLÁŠŤOVÁ HYDROIZOLÁCIA  
POZDĹŽNY REZ

M 1:100

