

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 04/2015

**TECHNICKÉ PODMIENKY
OCHRANA TUNELOV PROTI VODE A ODVODNENIE TUNELOV**

účinnosť od: 01.05.2015

OBSAH

1	Úvodná kapitola	3
1.1	Vzájomné uznávanie	3
1.2	Predmet technických podmienok (TP)	3
1.3	Účel TP	3
1.4	Použitie TP	3
1.5	Vypracovanie TP	3
1.6	Distribúcia TP	4
1.7	Účinnosť TP	4
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	4
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy	4
1.10	Súvisiace a citované normy	4
1.11	Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky	4
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy	5
1.13	Použité skratky	5
2	Termíny a definície	5
3	Všeobecne	6
4	Hydroizolácia	6
4.1	Hydroizolačné systémy	6
4.2	Materiály a spôsob zabudovania	7
5	Odvodnenie tunela počas výstavby	8
5.1	Zachytávanie vody v oblasti klenby	9
5.2	Zachytávanie vody v oblasti dna	9
6	Drenážne odvodnenie tunela	9
6.1	Návrh drenážneho systému odvodnenia	10
6.2	Usadeniny	12
6.3	Realizácia drenážneho odvodnenia	14
7	Odvodnenie vozovky v tuneli	15
8	Prehliadky, kontroly, údržba a opravy	15

1 Úvodná kapitola

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení (EÚ) č. 305/2011.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti alebo technického pokroku.

„Štát EHP“ znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

„Slovenská norma“ ("Slovenská technická norma") predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych alebo iných medzinárodných noriem.

1.2 Predmet technických podmienok (TP)

Tieto TP sa zaoberajú návrhom systému ochrany tunelov pred podzemnou vodou a odvodnenia tunelov. Stanovujú podrobné špecifikácie tak pre navrhovanie a realizáciu, ako aj pre prevádzku systému ochrany proti vode a odvodnenia cestných tunelov, s cieľom znížiť náklady súvisiace s údržbou odvodňovacích systémov.

1.3 Účel TP

Tieto TP platia pre navrhovanie, výstavbu a prevádzku všetkých tunelov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I. triedy.

1.4 Použitie TP

Tieto TP sú určené investorom, správnym orgánom, projektantom, zhotoviteľom a iným subjektom, pôsiacim vo výstavbe tunelov na pozemných komunikáciách. TP sú záväzné pre použitie uvádzaných pojmov v dokumentácii stavieb cestných komunikácií.

1.5 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť Terraprojekt a.s, Podunajská 24, 821 06 Bratislava.

Zodpovední riešitelia:

- Ing. Miloslav Frankovský, tel. č.: +421 2 45523 771-4, e-mail:frankovsky@terraprojekt.sk
- Ing. Mária Šamová, PhD, tel. č.: +421 2 45523 771-4, e-mail:samova@terraprojekt.sk
- Ing. Roman Šály, tel. č.: +421 2 45523 771-4, e-mail:saly@terraprojekt.sk
- Ing. Jarmila Gogová, tel. č.: +421 2 45523 771-4, e-mail:gogova@terraprojekt.sk.

1.6 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovej stránke SSC: www.ssc.sk (technické predpisy) a na webovej stránke MDVRR SR: www.mindop.sk (doprava, cestná doprava, cestná infraštruktúra, technické predpisy).

1.7 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nenahrádzajú žiadny iný predpis.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z3] zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 73 6100	Názvoslovie pozemných komunikácií
STN 73 6101	Projektovanie ciest a diaľnic
STN 73 6615	Zachytávanie podzemnej vody
STN 73 6713	Dažďové vpusty
STN 73 7507	Projektovanie cestných tunelov
STN 75 6101	Stokové siete a kanalizačné prípojky
STN EN 124 (13 6301)	Vtokové mreže dažďových vpustov a poklapy vstupných šácht pre pozemné komunikácie. Konštrukčné požiadavky, typové skúšanie, označovanie, kontrola kvality
STN EN 1433 (73 6135)	Odvodňovacie žľaby pre pozemné komunikácie. Triedenie, návrhové a skúšobné požiadavky, označovanie a hodnotenie zhody
STN EN 13256 (80 6112)	Geotextílie a geotextíliám podobné výrobky. Vlastnosti požadované pri stavbe tunelov a v podzemných stavbách
STN EN 14487-1 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 1: Definície, špecifikácia a zhoda
STN EN 14487-2 (73 2431)	Striekaný betón. Časť 2: Zhotovovanie
STN EN ISO 14688-1 (72 1003)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia zemín. Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14688-1: 2002)
STN EN ISO 14689-1 (72 1001)	Geotechnický prieskum a skúšky. Pomenovanie a klasifikácia skalných hornín. Časť 1: Pomenovanie a opis (ISO 14689-1: 2003)

Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh

1.11 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

- [T1] TP 9C-1/2005 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Tunely – stavebné konštrukcie, MDPT SR: 2005;
- [T2] TP 03/2006 Dokumentácia stavieb ciest, prílohy 1 až 13, príloha 14, MDPT SR: 2006;
- [T3] TP 05/2006 Tunelové názvoslovie, MDPT SR: 2006;
- [T4] TP 04/2014 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Tunely – Technologické vybavenie, MDVRR SR: 2014;
- [T5] TKP časť 0 Všeobecne, MDVRR SR: 2012;
- [T6] TKP časť 26 Tunely, MDVRR SR: 2011;
- [T7] VL 5 Tunely, MDVRR SR: 2011.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

- [T8] Richtlinie Tunnelentwässerung, Ausgabe: April 2010, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, (Smernice pre riešenie odvodnenia tunelov, Vydanie. April 2010, Rakúske združenie pre betón – a stavebnú techniku);
- [T9] ZTV-ING - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 5 Tunnelbau, Abschnitt 5 – Abdichtung, Ausgabe: juli 2007, Ausgestellt: Bundesanstalt für Straßenwesen, (Doplňujúce technické zmluvné podmienky a smernice pre inžinierske stavby, Časť 5, Odsek 5 - Izolácia, Vydanie. Júl 2007, Spolkový úrad pre cestné staviteľstvo);
- [T10] Richtlinie für Bergwasserdränagesysteme von Straßentunneln, Ausgabe: December 2007, Ausgestellt: Bundesanstalt für Straßenwesen Abteilung Brücken- und Ingenieurbau, (Smernice pre drenážne odvodnenie podzemnej vody v cestných tuneloch, Vydanie: December 2007, Spolkový úrad pre cestné staviteľstvo Oddelenie mostov a inžinierskych stavieb).

1.13 Použité skratky

TP	technické podmienky
TKP	technicko-kvalitatívne podmienky
ZTKP	zvláštne technicko-kvalitatívne podmienky
DP	dokumentácia na ponuku

2 Termíny a definície

Odvodnenie tunela počas výstavby

Odvodňovacie prvky, ktoré sa používajú na dočasné odvedenie vody počas doby výstavby.

Plošné odvodňovacie prvky

Plošné prvky ktoré zabezpečujú priesak a zachytenie podzemnej vody z klenby tunela, opory a dna do drenáže.

Bočná drenáž

Drenáž a zberné potrubie na odvedenie podzemnej vody z klenby, opory a dna pozdĺž opory.

Drenážne odvodnenie tunela

Súbor potrubí a odvodňovacích prvkov a zariadení na trvalé odvádzanie podzemnej vody z tunela.

Odvodnenie pláne

Odvádzanie podzemnej vody z pláne prostredníctvom drenážneho potrubia.

Zberač drenážneho odvodnenia

Potrubie odvádzajúce podzemné vody z bočných drenáží a odvodnenia pláne.

Viacúčelový zberač

Kombinácia hlavného zberača tunela a odvodnenia pláne.

Odvodnenie vozovky

Odvedenie vody a kvapalín z vozovky cestného tunela, vody na umývanie tunela, vody na hasenie požiaru ako aj škodlivých kvapalín z vozidiel.

3 Všeobecne

Pri cestných tuneloch sa vyžaduje úplná vodotesnosť nosnej konštrukcie. Na návrh systému ochrany cestných tunelov pred podzemnou vodou sú základnými vstupnými parametrami úroveň podzemnej vody, množstvo prítokov a vlastnosti vody v horninovom prostredí, v ktorom je tunel situovaný. Rozhodujúce sú aj externé požiadavky, napr. vyžadovaný stupeň ochrany a požiadavka na neznižovanie hladiny podzemnej vody (dočasné alebo trvalé).

Pri návrhu systému odvodnenia tunelov je potrebné sa zaoberať hydroizoláciou, drenážnym odvodnením tunela ako aj odvodnením vozovky.

4 Hydroizolácia

Ochrana tunela pred podzemnou vodou sa navrhuje v nadväznosti na hydrogeologické podmienky, agresivitu podzemnej vody, postup výstavby a typ konštrukcie tunela. Ochrana sa zabezpečuje nasledovnými opatreniami:

- nepriepustnosťou definitívneho ostenia,
- hydroizolačným systémom.

4.1 Hydroizolačné systémy

Pri realizácii ochrany s hydroizolačným systémom ide o zabezpečenie úplnej nepriepustnosti konštrukcie tunela, pri ktorej nesmie dochádzať ku žiadnym priesakom vody na líci ostenia.

V zmysle STN 73 7507 sa navrhujú nasledovné systémy plášťovej izolácie:

- otvorený,
- uzatvorený,
- kazetový.

Opatrenia pre zabezpečenia nepriepustnosti pre hĺbené a razené tunely potrebné na tento účel podľa [T9] sú uvedené v tabuľkách 1 a 2. Pod otvoreným a uzatvoreným systémom tesnenia rozumieme to isté ako podľa STN 73 7507.

Tabuľka 1 Systém tesnenia hĺbených tunelov

Systém tesnenia	Hydrostatický tlak na klenbu tunela [m vodného stĺpca]	Chemicky agresívne prostredie	Požadované dodatočné opatrenia			
			Strop/ Klenba	Stena	Dno	Pracovná a dilatačná škára
Otvorený	Bez	Bez agresivity, slabo chemicky agresívne	fólia 3 mm	fólia 3 mm	-	-
		Stredne a silne chemicky agresívne	Vodonepriepustný betón nosnej konštrukcie		Vložený tesniaci pás	
Uzatvorený	Do cca 30	Bez agresivity, slabo chemicky agresívne	fólia 3 mm		-	
		Stredne a silne chemicky agresívne	Vodonepriepustný betón nosnej konštrukcie		Vložený tesniaci pás	
		Stredne a silne chemicky agresívne	Vodonepriepustný betón nosnej konštrukcie + fólia 3 mm		Vložený tesniaci pás	

Tabuľka 2 Systém tesnenia razených tunelov

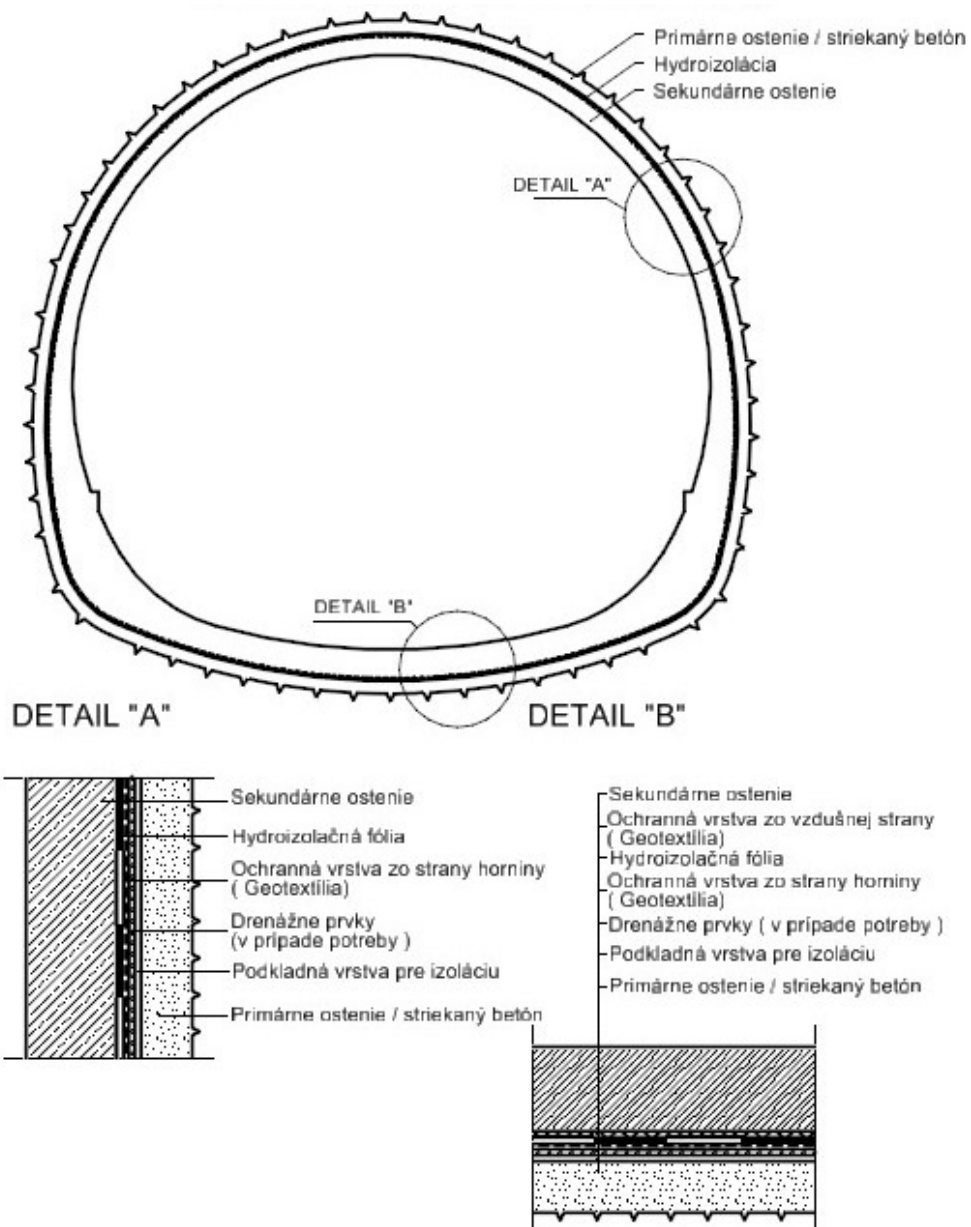
Systém tesnenia	Hydrostatický tlak na klenbu tunela [m vodného stĺpca]	Chemicky agresívne prostredie	Požadované dodatočné opatrenia			
			Klenba	Dno	Pracovná a dilatačná škára	Ďalšie
Otvorený	Bez	Bez agresivity, slabo chemicky agresívne	Fólia 2 mm	-	-	-
			Vodonepriepustný betón nosnej konštrukcie		Vložený tesniaci pás	
Uzatvorený	Do cca. 30 ²⁾	Stredne a silne chemicky agresívne	fólia 2 mm		-	-
		Bez agresivity, slabo chemicky agresívne	fólia 3 mm	Vonkajší tesniaci pás	Integrovaný injektážny systém ¹⁾	
			Vodonepriepustný betón nosnej konštrukcie	Vložený tesniaci pás	-	
		Stredne a silne chemicky agresívne	fólia 3 mm	Vonkajší tesniaci pás	Integrovaný injektážny systém ¹⁾	

¹⁾ od 10 m vodného stĺpca; pre jednovrstvové tesnenie medzi fóliou a vnútorným plášťom

²⁾ ak je tlak vody > 30 m vodného stĺpca, musia sa prijať osobitné opatrenia

4.2 Materiály a spôsob zabudovania

Pre kvalitatívne a kvantitatívne požiadavky na materiály hydroizolačných systémov a spôsob ich zabudovania a skúšania platí [T6]. Akékoľvek zmeny materiálov a stavebných výrobkov alebo ich vlastností uvedených v DP, TKP alebo ZTKP musia byť vopred schválené stavebným dozormom a objednávateľom.



Obrázok 1 Schéma a detaily hydroizolácie pre profil so spodnou klenbou

5 Odvodnenie tunela počas výstavby

Správne odvodnenie počas výstavby ovplyvňuje okrem lepších pracovných podmienok tiež nižšiu zásaditosť vody ako aj nižší výskyt bahna a odpadovej vody.

Povrchová voda má byť odvedená do priekop. Malé kalové nádrže s čistením v blízkosti pracovnej plochy výrazne odľahčia čistenie vody v čistiarňach odpadových vôd. Hoci striekaným betónom utesnené priekopy chránia horninové prostredie, zvyšujú zásaditosť tunelových vôd. Na úpravu hodnoty pH vôd vytekajúcich z tunela počas výstavby slúži chemická úprava vody.

V sedimentačnej nádrži zriadenej na prečistenie vody pritekajúcej z tunela sa vytvorí systém norných stien, ktoré predelia nádrž do troch sekcií. Sedimenty zachytené vo vode, ktorá pomaly preteká sústavou stien, sedimentujú na dne nádrže. Nádrž, hlavne jej prvú komoru, je potrebné s ohľadom na množstvo sedimentov pravidelne čistiť.

Pre prípad znečistenia vôd z tunela ropnými látkami je k dispozícii na stoke pred portálom Odľučovač ropných látok.

Pri horninách citlivých na vodu je potrebné s postupujúcim razením počítať dopredu s odvedením odpadových vôd (podľa potreby z oboch strán) tak, aby bola voda odvedená čo najkratšou cestou, podľa miestnych odvodňovacích opatrení. Okrem toho odvádzanie horninovej a technologickej vody je potrebné, aby sa ochránila základová škára konštrukcií pred zamokrením.

5.1 Zachytávanie vody v oblasti klenby

Pri raziacich prácach má byť venovaná osobitná pozornosť zachyteniu a odvedeniu vody presakujúcej cez primárne ostenie zo striekaného betónu. Aby bola kontaktná plocha vody a striekaného betónu čo najmenšia, je potrebné vodu zachytiť priamo na ploche medzi výrubom a striekaným betónom.

Prevedenie vody cez vrstvu striekaného betónu sa vykonáva hadicami, rúrkami alebo potrubiami. Ak to nie je možné v dôsledku plošne vyskytujúcich sa vôd alebo ak sú nepriaznivé horninové podmienky, je voda odvedená vrtmi z odľahčovacích otvorov, dodatočne navŕtaných, až po vytvorení vrstvy ostenia zo striekaného betónu. Ďalšie vody, vyskytujúce sa počas raziacich prác sú odvedené rovnakým spôsobom.

Na zachytenie vôd sa uprednostňujú rúrkové drenáže, pretože sú omočené plochy menšie. Po vykonaní raziacich prác, pred realizáciou hydroizolačných vrstiev tunela, sú drenáže skontrolované a v prípade potreby doplnené. Iba plošne sa vyskytujúce vody by mali byť odvedené pomocou kalíškovvej fólie alebo vrstvenej netkanej textílie.

5.2 Zachytávanie vody v oblasti dna

S postupujúcim razením a s paralelnou inštaláciou trvalého odvedenia vôd v dne, sú potrebné ochranné opatrenia proti znečisťovaniu, ako sú napr. dosky, zakrytie fóliou ako aj vrstva ochranného betónu.

5.2.1 Zachytávanie vody - spodná klenba

Pod spodnou klenbou tunela sú pomocou drenážnych materiálov (napr. štrk 16/32 mm alebo drenážny betón) vody zachytené a dočasnou drenážou odvedené do najhlbšieho miesta spodnej klenby. V priečnom smere môžu byť zhotovené membránové pásy na zabránenie narastaniu tlaku vody. Dočasné drenáže môžu v niektorých prípadoch slúžiť ako dnové trvalé drenáže.

Pred zriadením vrstvy striekaného betónu alebo monolitického dna klenby je potrebné drenáže prikryť fóliou tak, aby do nej nepresiaklo cementové mlieko.

5.2.2 Zachytávanie vody - rovné dno

V úsekoch tunela s rovným dnom je taktiež potrebné odvádzat' vyskytujúce sa vody pod podkladnou vrstvou vozovky pomocou drenážneho materiálu (napr. štrk 16/32 mm alebo drenážny betón). Pri väčších množstvách vody sa lokálne ukladajú drenážne potrubia a napoja sa do dnovej drenáže, alebo drenáže v podkladnej vrstve. Drenážne materiály a drenážne potrubia sa pred zriadením podkladného betónu alebo protinámrazového podsypu prikryjú kalíškovými fóliami alebo textíliou.

5.2.3 Odvedenie horninovej vody v prípade výmeny podložia

Ak vznikne potreba výmeny podložia, napr. v úseku hĺbeného tunela, je potrebné riešiť odvedenie vody drenážou individuálne.

6 Drenážne odvodnenie tunela

Výstavba a prevádzka cestných tunelov s použitím trvalého drenážneho odvodnenia tunelov poskytuje ekonomické a funkčne spoľahlivé riešenie. Avšak pokiaľ sa tunel razí v horninách s ľahko rozpustnými minerálmi, alebo je nesprávne navrhnuté zloženie striekaného betónu v primárnom ostení, pri presakovaní podzemnej vody sa rozpustné komponenty vylúhujú a rýchlo zanášajú drenážny systém tunela, pričom odstraňovanie takýchto znečistení predstavuje významnú časť nákladov na údržbu.

6.1 Návrh drenážneho systému odvodnenia

6.1.1 Prieskum pre návrh drenážneho odvodnenia

Už vo fáze inžiniersko-geologického prieskumu je nutné posúdenie potenciálu ohrozenia drenážneho systému z hľadiska inkrustácií vykonaním chemických analýz podzemnej vody, ktorej výsledkom majú byť nasledovné údaje:

- obsah vápna zriedenou kyselinou chlorovodíkovou podľa STN EN ISO 14688-1 a STN EN ISO 14689-1,
- chemická agresivita na betón,
- saturácia kalcitu,
- celková tvrdosť a uhličitanová tvrdosť.

6.1.2 Drenážne odvodnenie

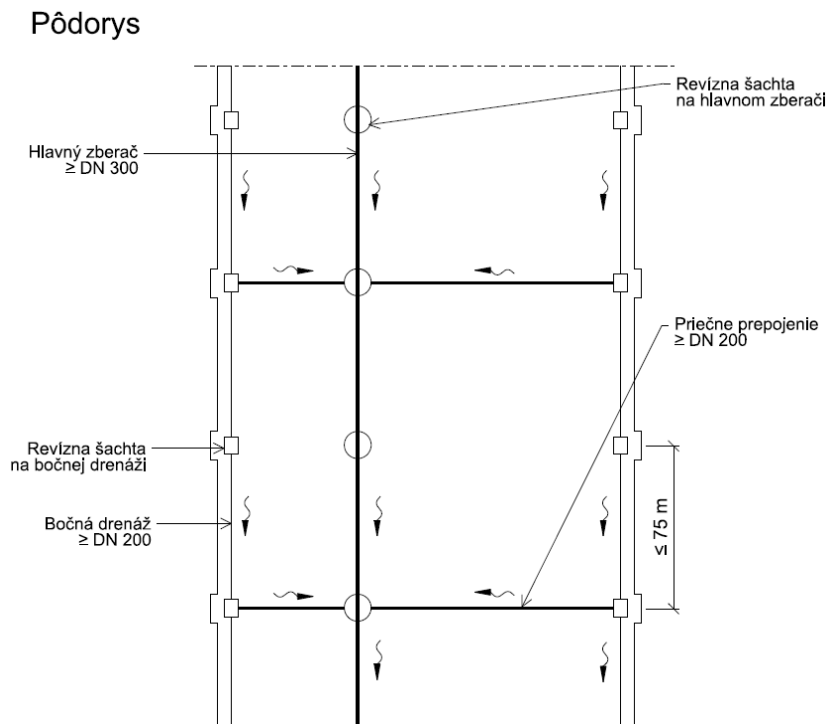
Základný drenážny systém tvorí systém odvodňovacích rúr, odvádzajúcich podzemné vody von z tunela.

Drenážny systém je navrhnutý podľa množstva vody, pritekajúcej z horninového masívu ako:

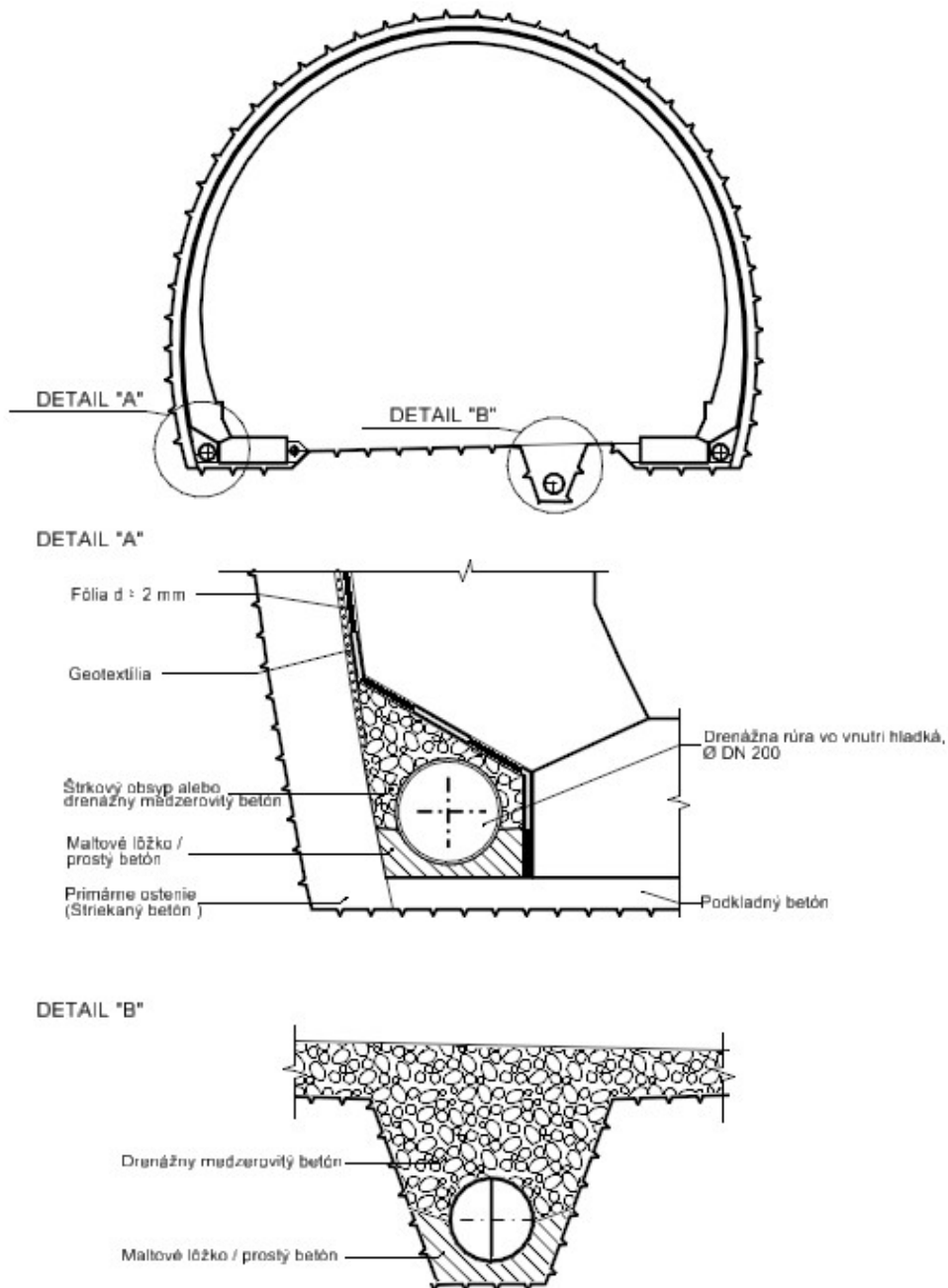
- systém bočných drenáží bez hlavného zberača,
- systém bočných drenáží s priečnymi zvodmi cez revízne šachty do excentricky umiestneného hlavného zberača (do stredu rýchleho jazdného pruhu).

Prvky drenážneho systému sú zobrazené na obrázku 3. Na obrázku 2 je znázornená schéma drenážneho systému s hlavným zberačom.

Pláň vozovky musí byť odvodňovaná buď samostatnými drenážnymi rúrkami, ktoré sú zaústené do šacht bočnej drenáže, alebo je hlavný zberač perforovaný a plní funkciu odvodnenia pláne.



Obrázok 2 Schéma drenážneho systému v tuneli



Obrázok 3 Prvky drenážneho systému v tuneli – priečny rez a detaily

Minimálne požiadavky na prvky zachytávajúce a odvádzajúce vodu v základnom systéme sú uvedené v nasledovných bodoch:

6.1.2.1 Primárne ostenie zo striekaného betónu

Na striekaný betón (SB) použitý na primárne ostenie tunelov platia požiadavky v STN EN 14487-1 a STN EN 14487-2.

Na zabránenie vylúhovania zo striekaného betónu je potrebné:

- použitie nízko-alkalického cementu,
- nepoužívanie urýchľovačov tuhnutia s alkalickými prísadami.

6.1.2.2 Drenážne rúry

- Požiadavky na materiál drenážnych rúr sú uvedené v [T6].

6.1.2.3 Filtračný obsyp

- Musí byť použitý filtračný štrk frakcie 16/32 mm, prany.
- Nesmie sa používať vápenec alebo dolomit.
- Pri použití drenážneho medzerovitého betónu musí byť spojivo 100 kg CEM III na m³ betónu.

6.1.2.4 Povrchové odvodnenie hydroizolačnej vrstvy

- Geotextília s parametrami uvedenými v [T6].
- Miesta na vonkajšom plášti v oblasti so silným prístupom vody musia byť navyše opatrené profilovanou fóliou alebo drenážnymi rohožami z geokompozitu.

6.1.2.5 Revízne šachty na bočnom drenážnom odvodnení

- Rozstup šachiet 50 m až 75 m.
- Poklopy musia byť vodotesné, kompozitné alebo z nehrdzavejúcej ocele.
- Skrutkové spoje, úchyty pokloпов musia byť vyhotovené z nehrdzavejúcej ocele.

6.1.2.6 Revízne šachty na hlavnom zberači vo vozovke

- Rozstup šachiet 50 m až 75 m.
- Poklopy musia byť vodotesné, uzamykateľné, liatinové, triedy zaťaženia D400, podľa STN EN 124.
- Skrutkové spoje, úchyty pokloпов musia byť vyhotovené z nehrdzavejúcej ocele.

6.1.2.7 Ďalšie požiadavky

- Majú byť dodržané dostatočne veľké sklony potrubí (najmenej 0,5 %).
- Podľa možnosti priame trasovanie medzi revíznymi šachtami.
- Zmeny smeru (napríklad v miestach výklenkov alebo núdzových zálivov) sa musia minimalizovať.
- Ak nie je dostatočne rovný podklad pod drenážne potrubie, je potrebné ukladať potrubie do súvislého maltového lôžka alebo vrstvy podkladového betónu (hrúbka najmenej 50 mm).
- Na prechod revíznou šachtou treba použiť diel drenážneho potrubia.
- Vyhýbať sa nedostupným vetvám.
- Neumiestňovať iné konštrukcie nad poklopy revízných šachiet, ktoré znemožňujú ich otvorenie.

Ku zanášaniu drenážneho systému môže dôjsť z dvoch dôvodov:

- degradácia stavebných materiálov v dôsledku zvýšenej agresivity horninovej vody,
- výskyt vápenitých sedimentov v horninovom prostredí.

Základný drenážny systém predstavuje minimálnu požiadavku na drenážny systém odvodnenia tunela. Tieto minimálne požiadavky sú dostatočné len v prípade, ak sa neočakáva zanášanie vôbec alebo je predpoklad nízkeho zanášania systému. So zvýšeným nebezpečenstvom výskytu agresívnej podzemnej vody, alebo prírodných vápenitých usadenín musí byť v návrhu uvažované so zvláštnymi opatreniami.

6.1.3 Vylepšenie základného systému

Pri zvýšenej prognóze zanášania odvodňovacích konštrukcií usadeninami sú pri projektovaní systému drenážneho odvodnenia navrhnuté dodatočné konštrukčné opatrenia – článok 6.2.1.1 .

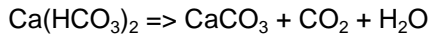
6.2 Usadeniny

Usadeniny vyskytujúce sa v odvodnení tunela môžu mať v krátkom čase negatívny vplyv na jednotlivé prvky odvodnenia. Pokiaľ nie sú pravidelne odstraňované, upchajú štrbiny alebo otvory na drenážnom potrubí a obmedzia prierez potrubia, tým nemôže byť podzemná voda odvedená v plnom rozsahu profilu. To môže spôsobiť tlak vody za utesnením, čo vedie k priesakom vody do tunela.

Vznik usadenín spôsobujú nasledovné procesy:

- usadzovanie v dôsledku presýtenia vôd vápencami

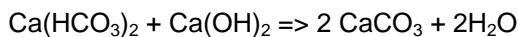
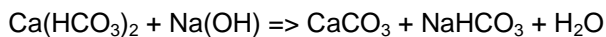
Presýtená voda môže pri odplavení z horniny do tunela následkom uvoľnenia tlaku a zmeny teploty uvoľňovať vápnik, ktorý sa usadzuje v odvodňovacom systéme. Tento proces nie je ovplyvnený betónom alebo striekaným betónom.



(Predpokladom pre túto reakciu je, že môže uniknúť CO_2 .)

- usadzovanie dôsledkom zvýšenia pH podzemnej vody

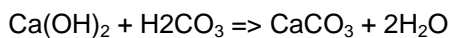
Zvýšenie hodnoty pH v podzemnej vode pri styku s alkalickými látkami môže spôsobiť vylúčenie vápna. Tento mechanizmus usadzovania sa týka všetkých tunelov, kde podzemná voda prichádza do styku so striekaným betónom, monolitickým betónom alebo cementovou injektážou. Prídavnými látkami, ako je napríklad urýchľovač tuhnutia na báze sodného alebo draselného hlinitanu a kremičitanov alkalických kovov (vodné sklo), sa môže usadzovanie ešte zvýšiť.



Reakcia pri vysokom obsahu hydrogénuhličitanov v podzemnej vode.

- usadzovanie vplyvom vody nasýtenej oxidom uhličitým (agresívnej vody)

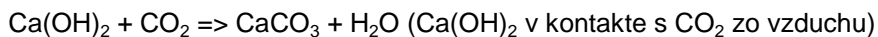
Nasýtená voda pri kontakte s betónom vyplavuje vo väčšom množstve hydroxid vápenatý ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), pričom dochádza k tvorbe vápencom presýtenej vody. Pred alebo po vstupe do kanalizácie môže dôjsť k uvoľneniu vápenca.



Poznámka: Agresívne vody narúšajú tiež aj uhličitanové prímеси (napríklad vápencové odštiepky), čo môže tiež viesť k vylúčeniu vápnika do drenážneho systému.

- usadzovanie vplyvom neagresívnej vody (kvapľový efekt)

V tomto usadzovacom procese, ktorý všeobecne vedie iba k malému množstvu vápenatých usadenín, voda, ktorá vyplavila z betónu hydroxid vápenatý $\text{Ca}(\text{OH})_2$ je v styku so vzduchom. Absorpciou CO_2 zo vzduchu, najmä pri nízkych prietokoch dochádza k uvoľneniu vápnika (kvapľový efekt).



6.2.1.1 Dodatočné konštrukčné opatrenia

V prípade zanášania systému vylúhovaním stavebných materiálov alebo v dôsledku prirodzeného obsahu vápnika v podzemnej vode musí byť základný systém odvodnenia okrem zmeny trasy odvodnenia posilnený o ďalšie konštrukčné opatrenia.

6.2.1.1.1 Zanášanie základného systému odvodnenia v dôsledku stavebných materiálov

V prípade agresívnej podzemnej vody, ktorá je stredne až silne agresívna na betón, musia byť na ňu prispôbolené najmä cementové zložky stavebných materiálov. Je dôležité zabezpečiť, aby čo najmenej podzemnej vody prišlo do kontaktu so stavebnými konštrukciami. Preto pokiaľ je to možné, musí byť voda zachytená priamo na stene výrubu.

1. Ostenie zo striekaného betónu

- Bodový výron podzemnej vody má byť zvedený priamo do odvodňovacej rúry pomocou perforovanej hadice.
- Pre lineárne prítoky vody musí byť zhotovené drenážne odvodnenie a presmerované na drenážne potrubie (len pri súdržnej hornine).

- Pri homogénnom zavodnenom prostredí s konštantne veľkým prítokom vody má byť pravidelne použitá kalíšková fólia v dolnej polovici ostenia. Kalíšková fólia má byť umiestnená priamo na povrch horniny.
- 2. Filtračný obsyp
 - je potrebné použiť len materiál filtračného obsypu bez spojiva,
 - je potrebné použiť elektricky zvárané spojky na drenážne rúry.

6.2.1.1.2 Zanášanie základného systému odvodnenia v dôsledku chemického zloženia podzemnej vody

1. Povrchové odvodnenie hydroizolačnej vrstvy
 - Pri homogénne zavodnenom prostredí s konštantným plošným prítokom vody je priepustnosť plošnej drenáže závislá od množstva vnikajúcej vody. Preto sa používa kombinácia ochrannej a drenážnej vrstvy ako povrchová drenáž hydroizolačnej vrstvy.
 - Pri nehomogénne zavodnenom prostredí musí byť zaručené, že lokálne zvýšené prítoky vody budú zachytávané kalíškovou fóliou alebo drenážnymi rohožami z geokompozitu. Rozmery musia byť zvolené v závislosti na predpokladanom množstve prítoku vody.
2. Filtračný obsyp
 - je potrebné použiť len materiál filtračného obsypu bez spojiva,
 - je potrebné použiť elektricky zvárané spojky na drenážne rúry.

6.2.1.2 Systémy na stabilizáciu tvrdosti

Ak sa v inžiniersko-geologickom prieskume zistia obzvlášť nepriaznivé podmienky na obsah minerálnych látok v podzemnej vode, tzn. očakáva sa silné zanášanie potrubí, navrhnu sa ďalšie opatrenia alebo systémy na stabilizáciu tvrdosti vody. Určené budú v DP a ZTKP.

6.3 Realizácia drenážneho odvodnenia

6.3.1 Optimalizácia stavebných postupov

Pre optimalizáciu stavebných postupov sa odporúča dodržať nasledujúce body:

- Pozícia perforovanej rúry na rovnom a pevnom podklade (betónový základ alebo na podkladový betón / do maltového lôžka, ktoré siaha až po perforovanú časť drenážnej rúrky).
- Presnosť smerového a výškového osadenie zvodov musí byť zaručená.
- Spôsob kladenia drenážnych potrubí (teda v následnosti, revízna šachta - potrubie - revízna šachta - potrubie atď.). Potrubie medzi dvomi šachtami má byť položené, ak je to možné v rámci jednej operácie. Je potrebné sa vyhnúť tomu, aby prekrytie drenáže filtračným štrkom bolo len čiastočné. Počas realizácie treba vylúčiť nedostatky ako nepresné dno, sadanie potrubia alebo trhliny na križovaniach a na spojoch.
- Prekrývanie jednotlivých sekcií s filtračným štrkom ihneď po ich ukončení.
- Odvodnenie má byť zabudované v takých dĺžkach, aby sa predchádzalo vzniku nerovností na ňom. Pri zastavení postupu výstavby v dôsledku vonkajších obmedzení musí byť ochrana drenážneho potrubia zabezpečená vhodnými bezpečnostnými opatreniami.
- Montáž odvodnenia - pokiaľ je to možné – treba realizovať v smere prúdenia vody: takéto kladenie rúr v smere sklonu vedie k tomu, že po dokončení odvodnenie priamo plní svoju funkciu. Pokiaľ sa nedá takto postupovať, je potrebné, aby boli drenážne rúrky chránené pred znečistením prúdiacou a znečistenou vodou.

6.3.2 Prvotná kontrola

V rámci prvotnej kontroly až do úplného dokončenia odvodňovacieho systému, ako aj pred uvedením tunela do prevádzky musia byť všetky relevantné údaje o zanášaní súvisle zhromažďované zhotoviteľom. Patrí medzi ne najmä kontrola celého drenážneho systému kamerovým prieskumom, ako aj kontrola revízných šachtiet.

6.3.2.1 Kamerový prieskum

Po dokončení celého drenážneho systému sa požaduje vykonať kontinuálnu prehliadku kamerou. Pred vykonaním prehliadky kamerou má byť celý odvodňovací systém prepláchnutý.

Kamera musí byť vybavená otočnou hlavou, takže steny rúrky môžu byť kontrolované po celom obvode. Kamerový záznam musí byť farebný.

Protokoly a záznamy z kamerových prehliadok potrubí musia byť súčasťou dokladov odovzdávaných pri preberacom konaní odvodnenia tunelov (resp. jeho častí).

6.3.2.2 Kontrola revíznych šachtiet

Pri všetkých revíznych šachtách majú byť zaznamenané údaje o zanášaní.

7 Odvodnenie vozovky v tuneli

V zmysle STN 73 7507 má byť po celej dĺžke tunela navrhnutý štrbinový odvodňovací žľab. V pravidelných intervaloch musí byť na línii odvodnenia umiestnená čistiaca šachta s prepážkou na čistenie, alebo potrubná zhybka s čistiacimi šachtami. Čistiace šachty a zhybky musia svojim konštrukčným riešením zabrániť šíreniu horiacej kvapaliny.

Štrbinové žľaby sa spravidla vyrábajú z materiálu obsahujúce plastové vlákna (kompozitné) alebo z vodostavebného betónu s vysokou mrazuvzdornosťou a vysokou odolnosťou proti pôsobeniu chemických látok. Požiadavky na materiály a konštrukčné riešenia sú uvedené v [T6] a [T7].

Výhodou štrbinového žľabu je jeho zloženie v kombinácii obrubníka a odvodnenia, ako aj v tom, že odtok vody z vozovky je riešený systémovo, najmä nebezpečné kvapaliny sa rýchlo a plynule odvádzajú z komunikácie. Okrem toho akumulčný objem (kapacita), tvorený prierezom a dĺžkou odvodneného úseku kanála kompenzuje veľkosť štrbiny.

8 Prehliadky, kontroly, údržba a opravy

Predpokladom pre použiteľnosť a trvanlivosť odvodňovacieho systému sú pravidelné kontroly, údržba a čistenie potrubných vedení a komponentov systému.

Konkrétne zásady čistenia súčastí odvodnenia tunela a vykonávacie pokyny musia byť spracované v prevádzkovo – manipulačnom poriadku odvodnenia tunela ako súčasti manuálu užívania stavby.

Pred odovzdaním tunela do užívania musí byť súčasťou technickej dokumentácie návod na bezpečné používanie a údržbu a podmienky vykonávania kontrol a prehliadok, resp. opráv.

Technická dokumentácia musí ďalej obsahovať: plán čistenia a údržby, plán kontrol (prevádzková, sezónna, ročná (nezávislým špecialistom)).

Zároveň musí byť pred uvedením tunela do prevádzky vykonaná nezávislá komplexná kontrola a to: kontrola potrubia kamerovým systémom a vizuálna kontrola ostatných viditeľných zariadení na úrovni vozovky.

Prevádzková dokumentácia musí obsahovať: záznam realizácie čistenia a údržby, záznam o vykonaných kontrolách, záznam o uskutočnených opravách, prehľad o zistených poruchách a ich odstránení, prehľad o zrážkach.

Minimálne podmienky údržby:

Potrubie sa musí pravidelne preplachovať. Častejšie čistenie zabráni postupnému zanášaniu vedenia. Použitie stabilizátorov tvrdosti zabraňuje alebo znižuje tvorbu vodného kameňa. Intervaly čistenia by mali byť stanovené v súlade s prítokom vôd, znečistenia a zanášania a je potrebné zvláštnosti zdokumentovať.

Čistenie potrubia musí byť vykonávané kvalifikovaným personálom. Čistenie/preplachovanie sa spravidla vykonáva proti sklonu potrubia.

Čistiaci účinok má byť skontrolovaný kamerovou kontrolou.

Základom plánu čistenia a údržby je dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby, v ktorej sú zakreslené drenážne potrubia, komponenty systému ako aj zaznačené množstvo podzemnej vody a jej vlastnosti v priebehu výstavby.

Na základe vyhotovených záznamov z priebehu čistenia sa môžu sledovať zmeny, ako množstvo podzemnej vody alebo zanesenie potrubí a v prípade potreby prispôsobiť interval čistenia.

V priebehu čistenia potrubia musí byť potrubie vyčistené od usadenín, no nesmie dôjsť k poškodeniu. Obvykle sa používa vysokotlakový výplach so sacími tlakmi do 200 bar na čerpadle (a do 150 bar na tryskách) a s celkovým objemom vody na preplachovej hlave až 500 l/min na odstránenie rozpustených usadenín. Pri použití každej metódy je potrebné zvážiť pred čistením, či je materiál potrubia na tento druh čistenia vhodný, aby nedošlo k poškodeniu stien potrubia.

V zásade je potrebné rozlišovať čistenie plnostennej rúry, drenážnej rúry a viacúčelovej rúry.

Plnostenné rúry si zachovávajú svoju funkciu, keď sú z prietokového prierezu vysokotlakovým čistením a výplachom odstránené usadeniny a zvyšky.

V drenážnych a viacúčelových potrubíach, kde funkcia nie je len zabezpečenie odtoku, ale hlavne v absorpčnej kapacite podzemných vôd prostredníctvom vstupných otvorov musí byť vysokotlakové preplachovanie upravené tak, aby zbavilo usadenín a zvyškov nielen prierez potrubia ale aj drenážne otvory. Preto je treba venovať zvláštnu pozornosť pri výbere čistiacich zariadení pre drenážne a viacúčelové potrubia čistiacej hlavy a zostave trysiek. Výber vhodnej preplachovacej hlavy závisí, okrem iného od typu potrubia, priemeru potrubia, druhu a zloženia znečistenia, rovnako ako od materiálu potrubia.

Pre drenážne potrubie je spravidla volená takzvaná "radiálna rotačná tryska (RRD)", ktorá sa pohybuje dopredu a vodným lúčom nasmerovaným šikmo dozadu, súčasne vyplaví radiálnymi tryskami odobratý materiál.

Pre tuhé nánosy v potrubí je vhodná "oscilačno-rotačná tryska". Za pomoci vibrácií dôjde k uvoľneniu usadenín zo stien potrubia a následnému vypláchnutiu.

Prehliadky, kontroly, údržba a opravy sa musia vykonávať tak, aby bola zabezpečená bezpečnosť a ochrana zdravia zamestnancov, ktorí túto činnosť vykonávajú. Zároveň zamestnanci musia byť viditeľne označení podľa platných predpisov a musia byť poučení z BOZP.