

**Ing. Zdeněk Cigler**

Minova Bohemia s.r.o., divize Grouting, Lihovarská 10, 716 03, Ostrava – Radvanice  
tel. 00420 596 232803, fax. 00420596 232 993, E mail: [cigler@minova.cz](mailto:cigler@minova.cz)

**Ing. Oldřich Doležal**

Pražské vodovody a kanalizace a.s., závod Úpravny vody Hulice, 257 63 Trhový Štěpánov  
tel. 00420 327 531041, fax. 00420 327 531853, E mail: [oldrich.dolezal@pvk.cz](mailto:oldrich.dolezal@pvk.cz)

## UTĚŠŇOVÁNÍ PŘÍTOKŮ PODZEMNÍ VODY V OSTĚNÍ ŠTOLOVÉHO PŘIVADĚČE PITNÉ VODY ŽELIVKA

**Abstract**

The authors describe sealing of underground water inflows in the concrete in the concrete lining of the Želivka drinking water conduit. This conduit is a unique and significant water resource structure. The tunnel length is 51.3 km. It has been designed to supply Prague, Central Bohemia and Jihlava Region with drinking water. The water inflow was sealed by injecting of Bevedan-Bevedol WF, WFA and WT polyurethane resins approved for contact with drinking water. It was necessary to execute the works during a short conduit lock-out without the possibility of using electric power and pressured air.

**Úvod**

Štolový přivaděč pitné vody Želivka je ojedinělé vodohospodářské dílo. Přivaděč byl vybudován hornickým způsobem v letech 1964 až 1972 za účelem zásobování Prahy, Středočeského a Jihlavského kraje pitnou vodou. Do provozu byl uveden koncem roku 1976. Štola je vyražena v kruhovém profilu o světlem průměru 2640 mm, v podstatné části je vyztužena betonovou obezdívkou z litého betonu tl. 200 – 350 mm. Délka štoly činí 51,332 km. Přivaděč zásobuje pitnou vodou rozsáhlá území s vysokou koncentrací obyvatelstva, prakticky nemá rezervy a proto velmi záleží na jeho bezporuchovém provozu a dlouhodobé životnosti. Nežádoucí přítoky spodní vody mohou narušovat stabilitu betonové obezdívky štoly, a proto je nutné především v zájmu bezpečného provozu přivaděče řešit jejich utěsnění.

### 1. Bezpečnost a provozní spolehlivost přivaděče, průsaky vody v obezdívce

Při kategorizaci vodohospodářských děl České republiky z hlediska bezpečnosti byl přivaděč zařazen mezi významná díla (III. kategorie). Za celou dobu provozu nedošlo k poruchám nebo haváriím, které by způsobily dlouhodobější přerušení dodávky vody.

V rámci výkonu technicko-bezpečnostního dohledu (TBD) provádí správce díla mimo jiné činnosti i sledování, kontroly a revize přivaděče. Prohlídkami při odstávkách přivaděče jsou kontrolovány jeho vnitřní prostory – mimo jiné je sledován stav obezdívky, pracovních spar, trhlin, průsaků a přítoků vody. Na základě těchto prohlídek jsou dobře zdokumentovány průsaky a přítoky vody v tzv. „kritických“ oblastech.

## 2. Hledání způsobu opravy průsaků v obezdívce štolového přivaděče.

Protože bylo nutné řešit utěsnění nežádoucích průsaků a přítoků vod v obezdívce přivaděče byla v roce 2000 zajištěna společností VD – TBD Praha řešerše zkušeností a možností z tuzemské i zahraniční praxe ve vztahu k nápravným opatřením na dlouhých hydrotechnických štolových přivaděčích. Rešerše byla zadána ve Státní technické knihovně v Praze, a to pro oblast Evropa a Severní Amerika pro období let 1970 – 2000. Bylo nalezeno 12 záznamů. Dále bylo využito informací z mezinárodní sítě INTERNET, kde bylo nalezeno několik www. stránek, obsahujících odkazy na hydrotechnické štolové a možnosti jejich oprav a sanací. Základním obsahem těchto stránek byla především propagace moderních výrobků (např. stavební chemie) a technologií. **Konkrétní aplikace na hydrotechnických štolách nebyla uvedena. Rešerše nesplnila zcela očekávané přínosy pro praktické využití na štolovém přivaděči Želivka.**

Z vyhodnocení získaných informací vyplynulo, že při opravách nebo sanacích obezdívek štolových přivaděčů jsou využívány pracovní postupy a technologie odvozené z použití na jiných inženýrských konstrukcích, zejména dopravních nebo průmyslových staveb, které jsou účelově přizpůsobeny specifickým podmínkám vodního stavitelství. Na základě vyhodnocení všech podkladů bylo rozhodnuto, že pro provádění oprav betonové obezdívky štolového přivaděče Želivka, zejména míst, kde porucha betonu je provázána tlakovými vývěry průsakové vody je nutno připravit konkrétní technologický postup, který bude respektovat specifické podmínky štolového přivaděče Želivka (pitná vody, velmi krátký čas na realizaci prací, vzhledem k nezastupitelnosti vodárenského zdroje pro Prahu a části Středočeského kraje) a technické parametry obezdívky v místě průsaků.

Vzhledem ke dvěma neúspěšným pokusům o sanaci průsaků dvěma specializovanými firmami a také vzhledem ke ztíženým podmínkám v prostoru štolového přivaděče a omezené době pro sanaci se provozovatel začal zabývat zpracováním návrhu a realizací zkušební stěny, na které by se postupně odzkoušely různé technologie oprav a sanací včetně systému zkoušek zátěže a vyhodnocení, s cílem nalezení optimální technologie sanace betonové obezdívky štolového přivaděče. Bylo připraveno zadání projektu „zkušební stěny“.

Provozovatel paralelně sledoval odbornou literaturu, časopisy a výstavy. Na stavebním veletrhu v Brně došlo k prvním kontaktům se společností CarboTech - Bohemia s.r.o., ze kterých se postupně rozvinula velmi úzká a operativní spolupráce.

## 3. Oprava - utěsňování lokálního přítoku v km 40,060 km

Na základě zdokumentování přítoků vody v úseku *úpadnice Brtnice – uzávěrová komora Vestec* se provozovatel díla rozhodl provést další zkušební utěsňování silného lokálního přítoku vody ve staničení 40,060 km. Jednalo se o přítok tlakové vody o vydatnosti 2,86 l/sec. Cílem bylo úspěšně sanovat jeden z největších a nejproblematičtějších přítoků v přivaděči v oblasti Brtnice a ověřit spolehlivou technologii utěsňování přítoků vody ve štole tak, aby bylo v budoucnu možné utěsnit další přítoky vody zejména v úseku 47,50 km až 48,64 km, kde je soustředěno cca 90 % z celkových přítoků.



Předmětný přítok vody před utěsněním  
vydatnost přítoku činí 2,86 l / sec



Postupné utěšňování přítoku  
voda právě stříká z odlehčovacího vrtu

#### 4. Popis technologie utěsnění přítoku vody

Utěsnění přítoku vody v betonové obezdívce štolý bylo provedeno technologií nízkotlaké injektáže **polyuretanovými pryskyřicemi BEVEDAN-BEVEDOL WF, BEVEDAN-BEVEDOL WFA a BEVEDAN-BEVEDOL WT**. Všechny tři druhy pryskyřice jsou schváleny pro styk s pitnou vodou. Tyto pryskyřice jsou určeny pro utěšňování stavebních konstrukcí, hornin a zemin, zejména pak pro utěšňování průsaků vod a plynů.

Injekční vrty  $\varnothing$  14 mm v délkách do 400 mm byly vrtány ručním akumulátorovým rotačně přiklepným vrtacím kladivem. Vrtky byly pro provádění injektáže uzavřeny jednoduchými mechanickými obturátory  $\varnothing$  13 mm v délkách 150 až 300 mm. Protože ve štole není možné použít elektrocentrálu ani není dostatek času pro zřízení řádné elektrické přípojky, bylo nutné uvažovat s jiným pohonem injekčního čerpadla. Za tím účelem byla připravena tři injekční čerpadla a to pneumatické čerpadlo S 35 PU poháněné stlačeným vzduchem z tlakových nádob o tlaku 200 bar, dále čerpadlo 2K PED 12E poháněné lidskou silou – šlapáním nohy a čerpadlo DV 97 s upraveným pohonem – místo elektrické vrtačky bylo čerpadlo poháněno lidskou silou prostřednictvím speciálně upraveného cyklistického převodu. Pro vlastní injektáž bylo po důkladném zvážení použito čerpadlo DV 97 s cyklo pohonem a je možné konstatovat, že tato volba byla správná, čerpadlo s tímto neobvyklým pohonem se velmi dobře osvědčilo. Injektáž byla provedena injekčním tlakem do 1 MPa, pouze u několika ojedinělých vrtů při utěšňování pracovní spáry bylo nutné vyvinout tlak 2,5 až 3,0 MPa.



Injekční sestava – úsměvný cyklopohon,  
Čerpadlo DV 97, injekční hadice a pistole



Postupná injektáž – omezování přítoku

## 5. Organizace práce

Pro utěsnění průsaku byly z důvodu krátkého času pro provedení prací (od 6,00 do 20,00 hod.) vytvořeny 4 pracovní skupinky složené ze 2 – 3 pracovníků. Práce byly řízeny technikem se zkušenostmi z obdobných prací na jiných vodohospodářských dílech.

**pracovní skupina A** – provedla po zpřístupnění štoly průzkum, ověřila, že je pracoviště bezpečné, provedla měření O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S, dále byla v pohotovosti tak, aby mohla v případě potřeby nahradit jedince v ostatních pracovních skupinách popř. celou pracovní skupinu, zajišťovala náhradní zdroje pro vrtací kladiva, náhradní svítidla pro pracovníky ostatních pracovních skupin, zajišťovala případnou pomoc v případě vzniku havárie nebo úrazu.

**pracovní skupina B** –dopravila pomocné materiály pro vrtání a injektování, vybudovala soustavu dvou lehkých záchytných stěn pod pracovištěm ve směru toku vody, průběžně čistila záchytné stěny. Po utěsnění přítoku zlikvidovala záchytné stěny a odklidila ostatní materiál.

**pracovní skupina C**– dopravila vrtací techniku a ostatní pomocný materiál na pracoviště, provedla navrtání injekčních vrtů a osazení obturátorů. Poté zůstala v blízkosti pracoviště pro případné doplnění injekčních vrtů, po dokončení prací vyklidila z pracoviště vrtací techniku a provedla likvidaci injekčních vrtů.

**pracovní skupina D** – zajišťovala dopravu injekčního čerpadla, pohonu, záchytné vany a injekčních hmot, provedla injektáž a utěsnění průsaků, následně provedla dokončovací práce - demontáž obturátorů, vyklizení injekčního zařízení, zbytků injekčních hmot a zatmelení pracovních otvorů a injekčních vrtů cementovou maltou.

## 6. Doprava materiálu a techniky, osvětlení pracoviště

Protože přístup do vlastní štoly je v Brtnici možný pouze šikmou úpadnicí – úklon 35 ° a délka 120 m, byl na zhlaví úpadnice ukotven elektrický vrátek VTA 1000. Veškeré strojní zařízení, materiály a nářadí pak byly dopravovány na speciálním vozíku. Vozík byl úpadnicí popouštěn a vytahován právě pomocí tohoto vrátku. Je možné konstatovat, že instalace vrátku na zhlaví úpadnice velmi usnadnila dopravu do štoly a zpět a zejména došlo k významné časové úspoře.



Vrátek VTA 1000 na zhlaví úpadnice a speciální dopravní vozík



Doprava materiálů a zařízení úpadnicí

Ve štole je absolutní tma, a proto byli všichni pracovníci vybaveni osobními důlními svítilny. Na povrchu v blízkosti vstupu do štoly byla zřízena lampovna s kapacitou 30ti důlních svítilen.

## 7. Větrání pracoviště

Pracoviště bylo po vypuštění vody v daném úseku větráno průchozím větrným proudem. Před zahájením prací a v průběhu prací byla prováděna kontrola složení ovzduší ve štole. Kontrola

byla zaměřena zejména na ověřování množství kyslíku a oxidu uhličitého. Tato měření byla prováděna odpovědným technikem před zahájením prací a následně rovněž vícekrát v průběhu pracovní směny. Po celou dobu pohybu pracovníků ve štolě bylo ovzduší v naprostém pořádku (povolené hodnoty – kyslík min. 20 %, oxid uhličitý max. 1 %).

## 8. Bezpečnost a hygiena práce

Pro provádění práce byl zpracován technologický postup, se kterým byli předem seznámeni všichni pracovníci, kteří se na realizaci prací podíleli. Všichni pracovníci byli v potřebné míře vybaveni osobními ochrannými pomůckami.



Záchytná stěna pod pracovištěm pro zachycení nečistot



Vše potřebné je uloženo a dopravováno v záchytné vaně

Každý zaměstnanec, přicházející do přímého styku s pitnou vodou, se před zahájením prací podrobil preventivní zdravotní prohlídce u lékaře, ověřující jeho bezinfekčnost a schopnost práce ve styku s pitnou vodou. Vzhledem k přijatelné vzdálenosti pracoviště od místa vstupu do štolý používali pracovníci v případě potřeby sociální zařízení na povrchu.

## 9. Průběh, výsledky a hodnocení provedené práce

V dopoledních hodinách dne 31.7.2004 bylo po provedení průzkumu cca od 7,30 hod. prováděno utěšňování lokálního přítoku v km 40,060, tento přítok se podařilo zcela zastavit a úspěšně utěšnit cca v 10.00 hod. Velmi krátce po utěšnění tohoto silného přítoku se dle očekávání v betonové obezdívce štolý objevily nově vzniklé přítoky:

- lokální přítok ve vzdálenosti cca 6 m od utěšněného místa (staničení cca 40,054 km)
- liniový přítok v horizontální pracovní spáře ve vzdálenosti cca 7 až 12 m od utěšněného místa (staničení cca 40,067 mm až cca 40,072 km).



Přítok vody je utěšněn – odstraňování pomocných dřevěných klínek



Úspěšný výsledek práce – přítoky jsou utěšněny  
injekční vrty jsou zapraveny cementovou maltou

Přímo na pracovišti bylo po dohodě s objednatelem rozhodnuto, že tyto nové přítoky budou ihned utěšňovány. Utěšnění nového lokálního přítoku a nového liniového přítoku bylo úspěšně provedeno cca do 15.00 hodin. Následně byly v době od 15.00 do 16,30 hod. provedeny dokončovací práce – odstranění obturátorů, zbytků pryskyřice a zatmelení pracovních otvorů cementovou maltovou směsí, vyklizení materiálů a techniky z pracoviště a vyčistění pracoviště.

### Počet injekčních vrtů a parametry provedených injektáží

| utěšňované místo  | staničení           | počet injekčních vrtů | injekční tlak                        | spotřeba polyuretanové pryskyřice |
|---|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| lokální přítok  | km 40,060           | 7 ks                  | max 1,0 MPa                          | 17,0 l                            |
| nový lokální přítok   | km 40,054           | 4 ks                  | max 1,0 MPa                          | 3,5 l                             |
| nový liniový přítok v pracovní spáře součtová délka cca 4,6 m | km 40,067 až 40,072 | 34 ks                 | max. 1,0 MPa u 4 vrtů<br>max 3,0 MPa | 28,0 l                            |

### 10. Zhodnocení stavu betonové obezdívky

Jsme toho názoru, že naší povinností je upozornit na skutečnost, že při provádění utěšňovacích prací bylo zjištěno, že betonová obezdívka v okolí lokálního přítoku je do vzdálenosti cca 800 až 900mm všemi směry oslabena. O tomto jednoznačně svědčí délka injekčních vrtů, jimiž byla obezdívka navrtávána. V několika případech došlo při vrtání injekčních vrtů k nechtěnému provrtání obezdívky již po 100 mm ačkoli jsme předpokládali, že délka šikmých injekčních vrtů bude cca 150 - 200 mm tak, aby vrty protnulý komunikace vody přibližně v polovině tloušťky obezdívky. Dokonce v jednom případě byla obezdívka provrtána již po 30 mm – toto místo se nalézá ve vzdálenosti 100 mm kolmo nad přítokem (tzn. nad utěšněným otvorem).

Na základě znalostí a zkušeností z výstavby a utěšňování podzemních liniových děl se domníváme, že k oslabení obezdívky došlo již v době výstavby štol vyplavením pojiva z betonové směsi přitékající vodou. Kromě tohoto může být za rubem obezdívky postupným dlouhodobým vyplavováním jemné frakce z okolního prostředí vytvořena kaverna neznámého rozměru. Toto oslabení obezdívky a případné kaverny za obezdívkou mohou v budoucnu způsobovat vážné poruchy nebo zničení obezdívky.

### Závěr

Závěrem je možné konstatovat, že úspěšným utěšněním silného lokálního přítoku vody i nově vzniklých přítoků a průsaků v okolí původního přítoku byl splněn hlavní cíl celé akce. V náročných podmínkách byla ověřena účinnost a spolehlivost navržené technologie opravy

průsaku, utěšňovací injektáž byla provedena minimálním injekčním tlakem , obezdívka štoly tak nebyla namáhána tlakově, použité polyuretanové pryskyřice Bevedan – Bevedol WF, WFA, WT se pro daný účel velmi dobře osvědčily.

Provozovateli se ve spolupráci s realizační firmou podařilo splnit velmi důležitý a potřebný cíl: mít k dispozici vyzkoušenou technologii oprav a sanace betonové obezdívky štolového přivaděče minimálně pro případ vzniku lokálního znečištění sekundární vody v ochranném pásmu štolového přivaděče (skládky, čerpací stanice PHM), a z toho nutné potřeby utěsnění průsaků.

Vzhledem k více než 30letému provozu štolového přivaděče je třeba dále rozvíjet odzkoušenou technologii a zejména začít zpracovávat projekt provádění oprav a sanace betonové obezdívky v místech vzdálenějších od úpadnice. Do budoucna je třeba vyřešit moderní způsob dopravy materiálu, nářadí, strojů a řešit systém pohonu strojů a zařízení pro opravy a sanace. Současná možná doba odstávky štolového přivaděče se jeví i pro případ vyřešení dopravy a vyřešení problematiky pohonu strojů a nářadí jako velmi krátká až nedostatečná. Z tohoto důvodu je třeba se zabývat otázkou vytvoření vhodných podmínek pro delší odstávku štolového přivaděče. V neposlední řadě je rovněž třeba zajistit závazný odborný posudek technického stavu betonové obezdívky s prognózou odhadu termínu potřeby sanace a oprav konkrétních úseků štolového přivaděče.