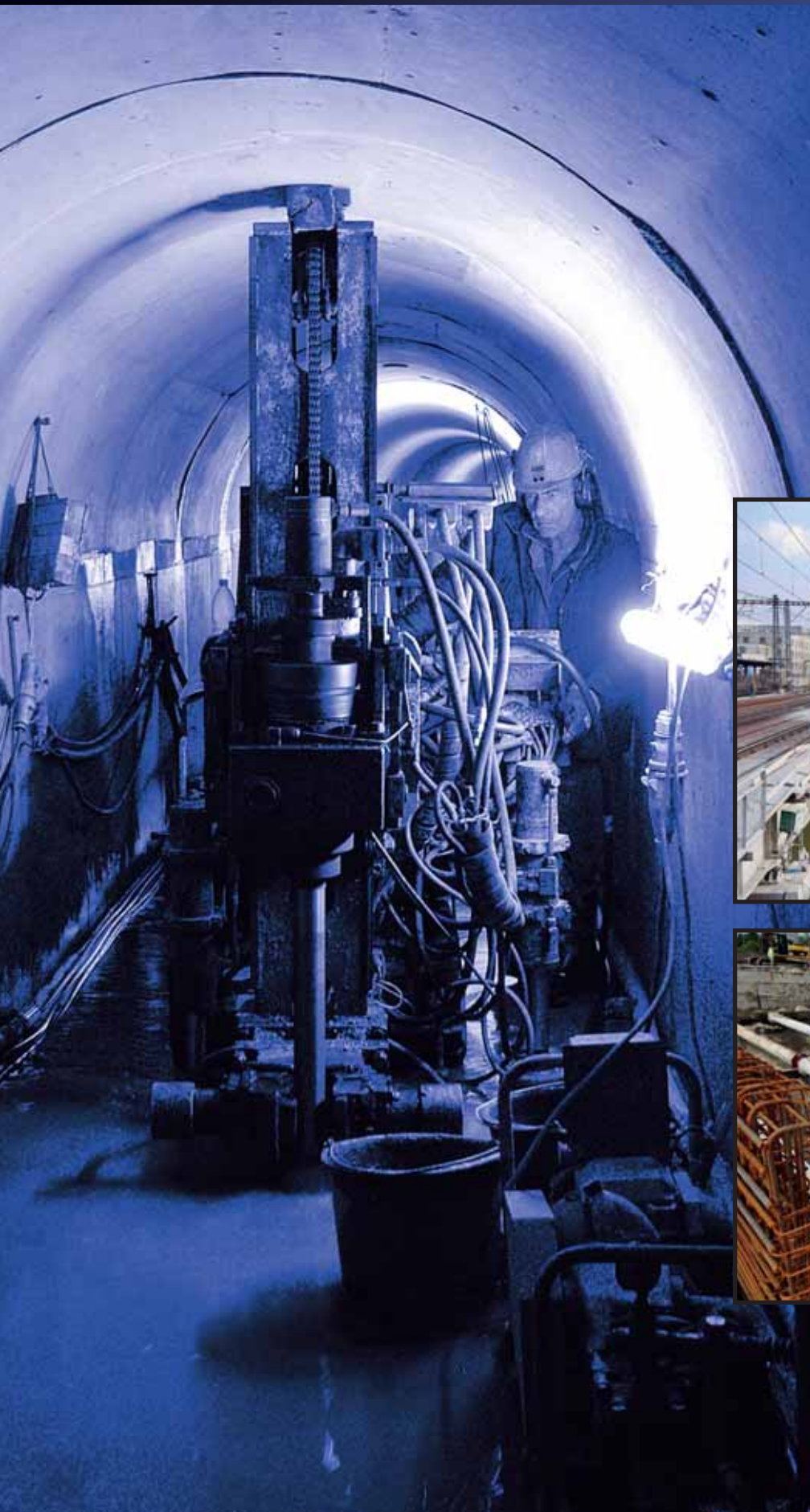


# ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

4/2013

Ročník XXV



- **VÝSTAVBA PŘÍSTUPOVÝCH RAMP PRO TUNEL POD MRTVOU VISLOU V GDAŇSKU**
- **NOVÉ LINKY METRA SE 17 STANICEMI SE STAVÍ V KODANI**
- **VODNÍ DÍLO JANOV - UNIKÁTNÍ RAŽBA INJEKČNÍ ŠTOLY A DODATEČNÉ TĚSNĚNÍ PRŮSAKŮ PODLOŽÍM HRÁZE**
- **REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍHO MOSTU V PŘEROVĚ**





Časopis ZAKLÁDÁNÍ  
vydává:  
**Zakládání staveb, a. s.**  
K Jezu 1, P.S. 21  
143 01 Praha 4 - Modřany  
tel.: 244 004 111  
fax: 241 773 713  
E-mail: propagace@zakladani.cz  
<http://www.zakladani.cz>  
<http://www.zakladani.com>

**Redakční rada:**  
**vedoucí redakční rady:**  
Ing. Libor Štěřba  
**členové redakční rady:**  
RNDr. Ivan Beneš  
Ing. Martin Čejka  
Ing. Jan Masopust, CSc.  
Ing. Jiří Mühl  
Ing. Michael Remeš  
Ing. Jan Šperger

**Redakce:**  
Ing. Libor Štěřba  
**Jazyková korektura:**  
Mgr. Antonín Gottwald

**Foto na titulní straně:**  
Libor Štěřba  
**Překlady anotací:**  
Mgr. Klára Koubská

**Design & Layout:**  
Jan Kadoun  
**Tisk:**  
H.R.G. spol. s r.o.

**Ročník XXV**  
**4/2013**  
Vyšlo 13. 2. 2014 v nákladu 1000 ks  
MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711  
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2013 je cena časopisu 90 Kč.  
Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,  
balného a poštovního.

**Objednávky předplatného:**  
**ALL PRODUCTION, s. r. o.**  
Areal VGP  
Budova D1 F V. Veselého 2635/15  
193 00 Praha 9 – Horní Počernice  
tel.: 234 092 811,  
fax: 234 092 813  
E-mail: obchod@allpro.cz  
<http://allpro.cz/>  
<http://predplatne.cz/>

Podávání novinových zásilek  
povolila PNS pod č.j. 6421/98

# OBSAH

## SERIÁL

**Historie speciálního zakládání staveb, 2. část** 2  
Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

## ZE ZAHRANIČNÍCH ČASOPISŮ

**Výstavba přístupových ramp a startovacích komor pro tunel pod Mrtvou Vislou v Gdaňsku** 7  
S použitím článku: „Ramping up Poland’s pioneering spirit“ od Claire Symes, European Foundations, léto 2013, napsal RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

**Nové metro se staví i v Kodani** 10  
Článek „Making The Connection in Copenhagen“ autorky Claire Symes, European Foundations Winter 2012, volně přeložil a upravil RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

## VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

**Technickobezpečnostní dohled nad vodními díly, průzkumy a sanace vodních děl** 14  
Ing. David Richtř, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.

**Dodatečné těsnění průsaků podloží vodního díla Janov, nejvyšší zděné hráze v ČR** 17  
Ing. David Richtř, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.

**Unikátní ražba štoly pro zajištění stability VD Janov** 20  
Ing. Karel Kratochvíl, Subterra, a. s.

**Realizace injekční clony pro zajištění stability VD Janov** 22  
Ing. Martin Čejka, Zakládání staveb, a. s.

**Technickobezpečnostní dohled nad VD Janov v době rekonstrukce hráze a zhodnocení efektu sanace průsaků podloží** 24  
Ing. David Richtř, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.

## OBČANSKÉ STAVBY

**Rekonstrukce objektů Jindřišská 16 a Jindřišská 18 v Praze 1, zajištění základových konstrukcí** 26  
Ing. Jaroslav Plíva

## DOPRAVNÍ STAVBY

**Rekonstrukce železničního mostu přes Bečvu v Přerově v rámci rekonstrukce železniční stanice Přerov** 29  
Ing. Jaroslav Sedláček, Moravia Consult Olomouc, a. s.

**Realizace spodní stavby** 32  
Miroslav Beňo, Zakládání staveb, a. s.

# TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍ DOHLED NAD VODNÍMI DÍLY, PRŮZKUMY A SANACE VODNÍCH DĚL

*V poslední době se společnost Zakládání staveb, a. s., podílela na několika sanacích vodních děl na našem území. I když objemem prací se jednalo zpravidla o menší akce, o to zajímavější jsou z hlediska jejich návrhu a vlastního provedení. Veškeré tyto činnosti na vodních dílech probíhají v úzké spolupráci s technickobezpečnostním dohledem tak, jak je v naší republice zavedený. Proto ještě před tím, než se budeme věnovat pracím speciálního zakládání a souvisejícím stavebním činnostem, představíme základní charakteristiku tohoto dohledu a principy jeho fungování.*

*Zmíníme specifika provádění průzkumných prací, která jsou pro péči o bezpečnost přehrad nezbytným podkladem, a uvedeme příklady sanací a rekonstrukcí vodních děl, jejichž potřeba vyplynula právě z výsledků technickobezpečnostního dohledu. Podrobněji se budeme věnovat problematice dodatečného těsnění podloží zděných tížných přehrad, konkrétně sanaci průsaků podloží naší nejvyšší zděné přehrady Janov na Mostecku, a to z pohledu projektanta, technickobezpečnostního dohledu a zástupců realizačních firem. Popsán zde bude návrh nové injekční štoly vedené pod hrází, její unikátní ražba, probíhající někde s výrubem jen 30 cm, následné vrtné a injekční práce v nové štole až do hloubky 36 m a konečně i nezbytné vyhodnocení výsledků měření a monitoringu po plném zprovoznění hráze.*

*V následujícím vydání ZAKLÁDÁNÍ problematiku věnovanou technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly uzavřeme uvedením průzkumů a sanací jiných typů vodních děl, např. VD Březová či VD Vřesník.*



Vodní dílo Janov

## Vodní díla v ČR

Česká republika patří k zemím s tradičně rozvinutým vodním stavitelstvím. Na svém území má velký počet vodních děl, určených ke vzdouvání a zadržování vod, k nakládání s vodami a ochraně před škodlivými účinky vod. Důležité jsou zejména přehradní s velkými nádržemi, které slouží různým účelům, například pro ochranu před povodněmi, k využití vodní energie, pro zásobení obyvatelstva a průmyslu vodou a mnohé jsou i víceúčelové. K dalším patří hráze malých vodních nádrží, pro chov ryb, rekreaci, sportovní rybaření, odběry vody k závlahám a komunálním potřebám a k ukládání kalů, jezy, zdymadla, stavby k využití vodní energie a energetického potenciálu a v neposlední řadě stavby na ochranu před povodněmi.

Naše vodní díla jsou součástí vysoce urbanizované a stále se rozvíjející krajiny. Existence zejména velkých přehrad však může vedle významných účinků přinést i velká nebezpečí pro území podél

říčního toku pod nimi v případě, že by došlo k jejich poruchám nebo haváriím.

Zajištění dlouhodobé spolehlivé funkce vodních děl, podmíněné jejich dobrým technickým stavem, ochrana území pod nimi před živelnými pohromami, minimalizace rizik ohrožení obyvatel a veřejných zájmů vyžaduje trvalou a kvalitní péči o ně. Ta spočívá v pravidelných kontrolách, v dobře fungující obsluze vodních děl a dodržování předepsaných manipulací s vodou, v jejich plánovitě udržbě, zaměřené hlavně na předcházení poruch nebo rychlého opotřebování a stárnutí stavebních a strojních konstrukcí a ve včasné provádění potřebných oprav a odstraňování zjištěných závad. Dobře organizovaná, operativní a efektivně fungující péče o bezpečnost vodních děl směřuje k odstranění nebo snížení všech rizik, která svou existencí provozem a technickým stavem představují. Současné organizační uspořádání péče o bezpečnost přehrad v České republice se opírá především

o systém technickobezpečnostního dohledu (TBD) nad vodními díly (VD), který vychází z ustanovení zákona o vodách a z příslušných prováděcích předpisů. Tento systém má v našich podmínkách dlouhou, téměř 40letou tradici.

## Průzkumné práce na vodních dílech

Za dlouhá léta programového výkonu TBD nad vodními díly jsou vytvořeny cenné soubory komplexních dat, informací a poznatků o vlivech, které na vodní díla působí, i o odezvách v jejich chování vyvolaných jejich zatížením a provozem. Tyto soubory poznatků jsou důležitým podkladem jak pro další rozvoj činností TBD, tak pro řešení různých zadání z provozu vodních děl, zpracování projektů jejich oprav nebo rekonstrukcí. Řada dlouhodobě shromažďovaných poznatků je využitelná i pro návrhy nových staveb.

Informace o vodních dílech, jejich založení, provedení vzdouvacích konstrukcí, rozhodujících zatíženích, parametrech použitých materiálů a jejich stárnutí je potřeba upřesňovat, rozšiřovat a doplňovat. Jedním z nejvýznamnějších zatížení, která ovlivňují stabilitu hrází (zejména tížných zděných a betonových), je **zatížení vztlakem**, tj. vodou prosakující podloží, případně tělesem, hrází. Právě tyto údaje bývají na přehradách největší „neznámou“. Na velikost vztlakových sil můžeme usuzovat obvykle jen z několika údajů ze vztlakoměrných vrtů. Pomocí nich se měří vztlaková úroveň nejčastěji v oblasti základové spáry, případně i v nižších úrovních podloží pod hrází. Získané informace jsou však vždy jen „bodové“ a pro komplexní informaci o vztlaku na celé těleso hráze je vždy potřeba mít k dispozici celý systém vztlakoměrných vrtů (nejlépe uspořádaný do podélných a příčných profilů). Podloží hrází bývá ve většině případů velice nehomogenní. V jednotlivých místech hráze (profílech) bývá odlišný i účinek těsnících prvků, který také významně ovlivňuje vztlak. Na některých (zejména historických) hrázích zařízení pro měření vztlaku zcela chybí nebo je v nedostatečném počtu nebo nevyhovujícím provedení.

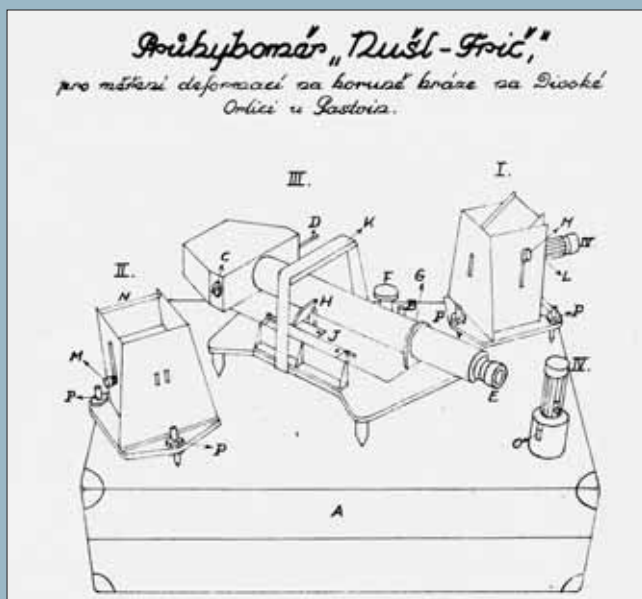
### Technickobezpečnostní dohled nad vodními díly

Vznik TBD je spojován s datem vydání vyhlášky č. 62/1975 Sb., o odborném TBD na některých vodohospodářských dílech a o technickobezpečnostním dozoru národních výborů nad nimi, která byla v platnosti s působností zákona o vodách č. 138/1973 Sb. Rok 1975 se tak uvádí jako milník zavedení systematického výkonu TBD na přehradách u nás. Systém dohledu obsahoval (a dodnes obsahuje) rozložení odpovědnosti za bezpečnost významných přehrad mezi dva spolupracující subjekty, vlastníka díla a spolupracující pověřený odborný subjekt. Uvedené předpisy vznikaly v době rozmachu výstavby přehrad a byly již také ovlivněny předchozími haváriemi vodních děl v Evropě i ve světě (např. havárií klenbové přehradly Malpasset na jihu Francie v prosinci 1959 nebo katastrofou na přehradě Vajont v severní Itálii v říjnu 1963).

Některé dílčí činnosti, které zahrnuje systém TBD, se prováděly samozřejmě už v době dřívější. Především šlo o měření a pozorování na přehradách, která byla chápána jako sběr informací o jejich chování. Péče o bezpečnost vodních děl byla např. také obsahem českého zemského zákona č. 71 z roku 1870, o tom, „*kerak lze vody užívati, ji svazovati a jí se brániti*“. Legislativní rámec výkonu TBD od roku 2001 určuje poprvé v naší historii nejvyšší právní předpis – tedy zákon č. 254/2001 Sb. o vodách v samostatných paragrafech 61 a 62 a dále jeho prováděcí předpis vyhláška 471/2001 Sb., o TBD nad vodními díly. Tento rámec byl zachován i v pozdějších novelizacích těchto předpisů.

TBD nad vodními díly se rozumí zjišťování technického stavu vodních děl určených ke vzdouvání nebo zadržování vody, a to z hlediska jejich bezpečnosti, stability a možných příčin poruch. Provádí se zejména pozorováním a prohlídkami vodních děl, měřením jejich deformací, sledováním průsaků vod, jakož i hodnocením výsledků všech pozorování a měření ve vztahu k předem určeným mezním nebo kritickým hodnotám. Součástí TBD je i vypracování návrhů opatření k odstranění zjištěných nedostatků.

Ve zjednodušeném výkladu je možné výkon TBD opsat slovem opatrování vodních děl, a to tak, aby dobře sloužila účelům, pro které byla postavena. TBD provádí vodní díla od úvodních studií a projektových řešení přes období výstavby, dále pak po celý čas provozu až do jeho případného ukončení, nárazně pak až do doby, kdy budou objekty vodního díla odstraněny nebo staveným způsobem upraveny.



Historické zařízení pro měření deformací hráze, schéma průhyboměru používaného na přehradě Pastviny

o výsledky pravidelných obchůzek a měření jsou zaváděna jen k objasnění nepříznivých skutečností. Podle kategorie vodního díla jsou, na základě vyhlášky o TBD, určeny i četnosti zpracování povinných písemností TBD a svolávání technickobezpečnostních prohlídek vodních děl.

Postupem času se TBD rozvinul z pouhého měření a pozorování do širokého souboru mnoha činností z více vědních oborů. Proto jsou v rámci TBD často, ve složitějších případech, navazovány cílené spolupráce složek TBD se specializovanými pracovišti, vědeckými a výzkumnými ústavy, katedrami vysokých škol a univerzit.

Systém TBD byl na vodních dílech dále celkově prohlubován a zdokonalován. Na vybraných vodních dílech jsou realizovány automatické monitorovací systémy veličin TBD a provozních veličin TBD s dálkovým přenosem dat a alarmových stavů k hodnotiteli, které zkvalitňují a usnadňují kontrolu bezpečnosti VD.

Kontrolní činnost orgánů státní správy v rámci TBD je ze zákona uložena obecním úřadům, obcím s rozšířenou působností a krajským úřadům, které ji provádějí jako součást vodoprávního dozoru nad vodními díly, jejichž stav by mohl ohrozit bezpečnost osob nebo majetku. Významná vodní díla mají v kompetenci krajské úřady, funkci vrchního vodoprávního dozoru vykonává Ministerstvo zemědělství ČR. Orgány státní správy dozírají zejména na to, jak vlastníci nebo uživatelé těchto vodních děl nad nimi zajišťují TBD a jak provádějí potřebná opatření k zajištění jejich bezpečnosti. Hlavním podkladem pro tuto kontrolu jsou písemné dokumenty TBD.



Měření náklonů hráze pomocí hrázového kyvadla

Vlastníci a správci vodních děl proto v rámci TBD tato zařízení doplňují a obnovují.

Zřizování vztlakoměrných vrtů je spojeno s vrtnými pracemi, které bývají většinou účelně spojovány i s dalšími průzkumnými pracemi. Pořizovány jsou jádrové vývrty zdíva hráze a podložní horniny, které dále slouží k posouzení materiálových a pevnostních charakteristik. Prováděny jsou vodní tlakové zkoušky (VTZ) vrtem zastíženého prostředí k popsání jeho propustnosti, případně další speciální průzkumy a zkoušky. (Příklad takovýto průzkumných prací bude obsahem příspěvku o vodním díle Březová v následujícím vydání časopisu ZAKLÁDÁNÍ.) Samostatnou kapitolou jsou pak průzkumné práce na sypaných přehradách nebo sypaných hrázích malých vodních nádrží, kde je hlavní pozornost zaměřena na vlastnosti použitých materiálů (zemín) a kontrolu průsakového režimu.

Svá specifika mají i průzkumné práce na jezích a zdymadlech, kde je značná část konstrukcí trvale

zatopena vodou, na vodních elektrárnách a hydrotechnických přivaděčích.

### Opravy, sanace a rekonstrukce vodních děl

Včasná realizace nápravných opatření prodlužuje životnost vodního díla a dlouhodobou provozuschopnost v bezporuchovém stavu. Některá opatření mají přímou vazbu na zásadní otázky stability a bezpečnosti vodního díla.

Tato nápravná opatření vycházejí ze závěrů a doporučení TBD a jsou vlastníky a správci vodních děl realizována formou oprav, sanací a i zásadních rekonstrukcí (podle stavebního zákona „změň“). Ty je možno rozdělit do několika kategorií:

- opatření k zajištění stability a bezpečnosti vodního díla,
- opatření k zajištění dlouhodobé životnosti a provozuschopnosti v bezporuchovém stavu,
- opatření k zajištění bezpečnosti vodního díla při povodních.

Velice časté jsou však kombinace více opatření.

Nutnost použití nápravných opatření, resp. oprav a rekonstrukcí, bývá důsledkem stárnutí konstrukcí, zvýšení požadavků na bezpečnost a provozuschopnost nebo zvýšení požadavků na bezpečnost vodních děl za povodní. A právě tento požadavek je v poslední době důvodem významných rekonstrukcí vodních děl, kdy zvýšené požadavky na bezpečnost vodních děl za povodní vedou vlastníky a správce vodních děl k nutnosti zvýšení kapacity zařízení pro převádění povodní (spodní výpusti, bezpečnostní přelivy, atp.) nebo provedení opatření ke zvýšení stability hrází při mimořádných zatíženích, která se při extrémních povodních mohou vyskytnout (navyšování a stabilizace hrází, úprava vlnolamů a těsnění hrází, těsnění podloží pro snížení vztlaku atp.).

Dalším důvodem bývá fakt, že při výstavbě některých historických vodních děl (například zděné přehrady) byly jiné požadavky na výstavbu než nyní. Neúplné byly tehdy i informace o působení hlavních zatížení ovlivňujících stabilitu hrází, zejména působení vztlaku. Neprovádělo se systematické těsnění podloží. Pro nápravu tohoto stavu bylo nutné v posledních letech v České republice provést na některých přehradách například dodatečné těsnění podloží.

#### Dodatečné těsnění podloží zděných tížných přehrad

V období let 1896–1939 bylo na území dnešní České republiky vybudováno celkem 18 tížných zděných přehrad z lomového kamene. Tento typ hrází byl předchůdcem klasického provedení betonové tížní hráze, které se používá v přehradním stavitelství doposud. Přehrady zděné z lomového kamene se již v České republice nestaví, ale všech původních 18 přehrad je stále v provozu. Je pochopitelné, že tyto přehrady podléhají procesu stárnutí

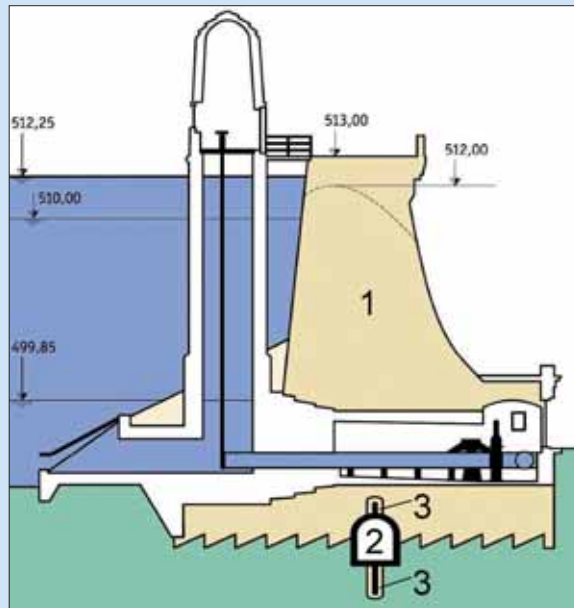


Schéma sanace průsaků podloží VD Mšeno v letech 1998–2000, příčný řez hrází, 1. zdívo hráze, 2. injekční štola, 3. injekční clona

a že při provozu 100 a více let se na nich vyskytly závady, které vyžadují zásadní opravy a rekonstrukce.

V době výstavby se ještě neprováděly injektáže podloží pro snížení průsaků a vztlaku na těleso hráze jako preventivní opatření, ale jen jako

náprava vzniklých stavů. První injektáž podloží byla provedena na přehradě Janov v roce 1914, kde již při prvním napuštění byly vysoké průsaky vody v levobřežním závazání. Tato injektáž však byla jen lokální a nesystematická. Jak již bylo výše uvedeno, nepřesné informace měli projektanti těchto hrází o účincích vztlaku. U starších zděných přehrad se účinek vztlaku do statického řešení při návrhu příčného profilu hráze vůbec nezavádělo. U některých nových přehrad, kde bylo těsnění podloží provedeno, zas docházelo ke stárnutí injekčních clon. Pro zamezení průsaků, vyplavování materiálu z podloží, zajištění stability a bezpečnosti těchto přehrad bylo nutno přistoupit k dodatečnému těsnění skalního podloží pod přehradou. V posledních 15 letech bylo provedeno dodatečné těsnění podloží u několika významných zděných přehrad v České republice. Za optimální byl vybrán způsob těsnění

průsaků podloží **vybudováním injekční štoly** a z ní provedené **injekční clony**. Injekční štola byla zpravidla situovaná v oblasti základové spáry a blíže k návodní patě hráze tak, aby snížení vztlaku bylo co nejvíce efektivní. Tento způsob není v přehradním stavitelství ojedinělý. V sousedním Německu bylo obdobnou technologií rovněž úspěšně těsněno podloží několika přehrad. Z příkladů z České republiky lze jmenovat těsnění průsaků podloží pravého křídla přehrady Les Království (1997), sanaci průsaků podloží hráze VD Mšeno (1998–2000), VD Bystřička (2004–2005) a ve dvou etapách (2007–2010 a 2011–2013) provedenou sanaci průsaků podloží VD Janov. Kompletní stavební práce spojené s nutností sanace průsaků podloží této přehrady budou popsány v následujících textech.



Letecký pohled na VD Mšeno u Jablonce nad Nisou po dokončení sanačních prací (1998–2000), foto: Povodí Labe, s. p.

Ing. David Richtr,  
VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.  
Foto a obr.: autor

### Technical and safety supervision of water works; surveys and remediation of water works

The Zakládání staveb Co. has recently taken part in several remediation projects on water works in our country. The volume of these works was not extensive; however, they were rather interesting from the point of view of their design and realisation. All tasks carried out on water works are always realised in close co-operation with technical and safety supervisors following the procedures established in our country. Therefore, before we start paying attention to the works of special foundation engineering and related construction activities, we may need to present basic ideas of technical and safety supervision as well as its principals of operation. We are going to mention the specifics of carrying out a survey – a necessary prerequisite for safe operation of dams – as well as give examples of remediation and reconstruction works on water works commissioned on the basis of technical and safety supervision outcomes.

More detailed information is going to be presented on the topic of additional sealing of bedrock in masonry gravity dams – specifically remediation of the bedrock seepage from our largest masonry dam Janov in the Most region from the perspective of the designer, technical and safety supervisors and representatives of the constructors.

The article is further going to give details on the following issues: a new grouting gallery located under the dam and its unique method of driving including occasional reducing of the overburden to 30 cm only; follow-up drilling and grouting works in the new gallery down to the depth of 36 metres, and finally the necessary evaluation of the outcomes of measuring and monitoring after putting the dam into full operation.

The next issue of the Zakládání magazine shall close the topic of technical and safety supervision of water works by providing examples of surveys and remediation on other types of water works, e.g. Vřesová or Vřesník water works.

# DODATEČNÉ TĚSNĚNÍ PRŮSAKŮ PODLOŽÍM VODNÍHO DÍLA JANOV, NEJVYŠŠÍ ZDĚNÉ HRÁZE V ČR

*Vodní dílo Janov je zatím poslední přehradou na území České republiky, kde byla v nedávné době dokončena rozsáhlá rekonstrukce, zahájená již v roce 2002. V letech 2007–2013 zde ve dvou stavebních etapách došlo k dodatečnému těsnění průsaků podloží za pomoci nově vybudované injekční štoly a injekční clony. V příspěvku je popsána celková koncepce řešení z pohledu technickobezpečnostního dohledu a projektanta. Správcem přehrady a investorem její rekonstrukce je Povodí Ohře, státní podnik.*

## Přehrada Janov

Přehrada Janov byla vybudována v letech 1912–1914 za účelem akumulace vody pro zásobení vodou tehdy královského města Most. Nádrž vodního díla zajišťovala zásobu vody pro obyvatele i průmysl dlouhá desetiletí. V současné době již není potřeba odběru vody z tohoto vodního díla z důvodu systému distribuce pitné vody v severočeském regionu a jeho dostatečné kapacity. Hlavním účelem tohoto vodního díla je nyní již jen záložní akumulace vody pro zásobení obyvatelstva pitnou vodou, zajištění minimálního průtoku v toku Loupnice v profilu limnigrafu Janov-odtok. Významná je i retenční funkce vodního díla, které přispívá ke snížení povodňových průtoků v Loupnici a částečně chrání území pod hrází před povodněmi. Vodní dílo Janov prochází od roku 2002 generální opravou a rekonstrukcí některých částí vzdouvacího prvků. K opravě se přistoupilo na základě výsledků dlouhodobého systematického technickobezpečnostního dohledu a znalostí současného nevyhovujícího technického stavu vodního díla, provozovaného již téměř 90 let (platí pro období přípravy rekonstrukce, nyní již téměř 100 let). Nevyhovující technický stav vodního díla Janov je především důsledkem přirozeného procesu stárnutí použitých materiálů i funkčních celků. Z dnešního pohledu jsou nevyhovující i tehdejší přístupy k úpravě podložní horniny a nasazení technických prostředků k omezení účinků vztaku. V době výstavby se ještě neprováděly injektáže podloží pro snížení průsaků a vztlaků na těleso hráze jako preventivní opatření, ale jen jako náprava vzniklých stavů. Právě na přehradě Janov bylo, jako na první přehradě na území dnešní České republiky, provedeno dodatečné těsnění podloží poté, co se při prvním napuštění nádrže v roce 1914 objevily rozsáhlé průsaky v levobřežním závazání. Značné výrony vody (až  $133 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) se objevily již při částečném napuštění nádrže.



Pohled na přehradu Janov na dobové pohlednici

## Sanace průsaků podloží – přípravné práce

I když byly již krátce po výstavbě hráze nejvýznamnější průsaky zatěsněny, nebylo podloží pod přehradou utěsněno systematicky, ale jen lokálně. Další lokální utěšňovací práce byly ještě provedeny v padesátých a sedmdesátých letech minulého století. Dalo by se říci, že utěsněny byly jen ty lokality, kde průsaky viditelně vystupovaly na povrch. Přitom pravděpodobně existovalo ještě mnoho míst, kde byly vyšší průsaky podloží, ale průsaková voda se ztrácela až v podhráží, kde byla zaústěna do toku nebo jímána původními systémy drenáží. Voda prosakující podloží působí vztakem na těleso hráze a snižuje tak jeho stabilitu. Dále dochází ke ztrátám vody v nádrži (což bylo zaznamenáno při vodo hospodářských bilancích). Nepříznivé účinky prosakující vody mohou vést k dalšímu vyplavování jemných částí z puklin podloží a dalšímu zvyšování propustnosti. To vše vytváří efekt postupného zhoršování průsakového a vztakového režimu v čase. V roce 2004 byl proveden podrobný inženýrsko-geologický (IG) průzkum u návodní paty hráze pro specifikování rozsahu a hloubky porušení podložní horniny. Jeho výsledky jen potvrdily nevyhovující stav podloží. Výsledky IG průzkumu i dalších souvisejících průzkumných prací byly společností VODNÍ DÍLA – TBD a. s. komplexně zhodnoceny

z hlediska bezpečnosti a stability vodního díla i jeho dalšího provozu. Součástí tohoto zhodnocení byl i návrh opatření k nápravě a dalšího postupu. Provedený IG průzkum potvrdil zvýšenou propustnost v oblasti základové spáry tělesa hráze a v zastižených partiích podložní horniny. Výsledky vodních tlakových zkoušek i vrtných prací poukázaly na propustné oblasti, kterými dochází k únikům vody z nádrže. Podle výsledků vodních tlakových zkoušek byly nejvyšší propustnosti v horizontech podloží pod základovou spárou. Žádná z testovaných

etází nevyhověla Jähdeho kritériu přípustné propustnosti ( $0,1$  až  $0,5 \text{ l/min/m/0,3 MPa}$ ). Závěrem bylo konstatováno, že v podélném profilu hráze existuje několik výrazných průsakových cest narušenou podložní horninou. Jednoznačně se ukázalo, že pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti a provozuschopnosti vodního díla Janov, bude v první řadě nutné provést dotěsnění průsaků horninového masivu v pravé části hráze. V levé části bylo již dotěsnění horninového masivu v minulosti provedeno a ve střešní části hráze byl alespoň částečně funkční drenážní systém. Sanace průsaků podloží ve střední a částečně levé části byla proto připravována až ve II. etapě. V budoucnu však nelze vyloučit i potřebu dotěsnění horninového masivu v dřívě injektované levé části hráze (1914, 1956–59). Sanační zásah byl tedy rozdělen na dvě etapy: I. etapa, pravá část hráze (realizace 2007–2010), II. etapa, střední a levá část hráze (realizace 2011–2013).

## Sanace průsaků podloží – I. etapa, pravá část hráze

Sanace podloží VD Janov se prováděla formou ražby injekční štoly hornickým způsobem, vedené na rozhraní tělesa hráze a skalního podloží. Z této štoly pak byla provedena injektáž puklinového skalního prostředí.

**Přehrada Janov** je evidována u Národního památkového ústavu, pracoviště v Ústí nad Labem, jako kulturní památka ČR. Hráz z lomového kamene při své výšce 53 m nad základovou spárou je nevyšší zděnou hrází v ČR. Hráz je založena na světlé rule s větším množstvím živce, rozpukané do značné hloubky. Zdivo hráze je vybaveno návodním (vertikálním) a základovým drenážním systémem. Vertikální drenáž je umístěna 1,0 až 1,5 m od návodního líce. Drenáž byla provedena z kameninových trubek o průměru 100 mm v rozteči 2,0 m. Základová drenáž je tvořena sítí drenů o průměru 50 mm a roztečích 6–8 m umístěných ve zdivu hráze cca 1 m nad základovou spárou. Tyto

dreny jsou zaústěny do sběrných drenů o průměru 150 a 200 mm. Vertikální i základová drenáž byly před stavebními zásahy značně zaneseny.

Kóta koruny hráze ... 493,52 m n. m.  
Výška hráze nad základovou spárou ... 53,0 m  
Šířka hráze v koruně ... 4,5 m  
Délka hráze v koruně ... 225,0 m  
Poloměr křivosti hráze v ose koruny ... 250,0 m  
Objem tělesa hráze ... 113 000 m<sup>3</sup>  
Max. objem nádrže ... 1 670 000 m<sup>3</sup>



Průsaky v levobřežním zavázání se objevily brzy po prvním napuštění nádrže v roce 1914



Dodatečné utěšňovací práce v období 1914–1915, vrtná souprava na koruně hráze

I. etapa stavby začala v červenci 2007 a dokončena byla v listopadu 2010. Dodavatelem stavebních prací bylo sdružení firem EREBOS pod povrchová výstavba, spol. s r. o., a ALGOMAN, s. r. o., projektantem společnost VODNÍ DÍLA – TBD, a. s., a investorem Povodí Ohře, státní podnik.

Pro vlastní výstavbu injekční štoly bylo nutné vybudovat přístupovou (těžní) šachtu a přístupovou štolu. Přístupová šachta hloubky 16 m je situovaná u vzdušné paty hráze, z ní byla pak vyražena přístupová štola délky 29,9 m směrem k návodnímu líci v úrovni základů hráze. Přístupová štola je větších rozměrů (6,18 m<sup>2</sup>/ 2,45x2,8 m), než je obvyklé z důvodu zabezpečení potřebného profilu definitivní obezdívky pro pokračování těsnicích prací ve střední a levé části hráze (injekční štoly a clony) v II. etapě. Z přístupové štoly byla provedena rozrážka části injekční štoly, která byla celá ražena jako dovrchní

Štola je rozměrů 1,86x2,2 m (3,649 m<sup>2</sup>) a šikmé délky 97,6 m. Nejstrmější úsek injekční štoly je ve sklonu až 32,7°. S původní revizní chodbou je podzemní dílo spojeno krátkou spojovací štolou. Z počvy injekční štoly byla po jejím dokončení prováděna injekční clona na požadovanou hloubku 2/3 výšky hráze nad základovou spárou v daném profilu. Podle výsledků IG průzkumu a průzkumné injektáže ve zkušebním poli (z injekční štoly) byla navržena jednořadá injekční clona provedená ve třech pořadích s konečným rozestupem vrtů cca 2,0 m. Součástí injekční clony byly krátké šikmé připojovací (fortifikační) vrty délky 6 m prováděné ve sklonu 20° směrem na návodní i vzdušnou stranu. Účelem těchto vrtů bylo omezit možný únik injekční směsi mimo zájmový prostor při následném provádění vlastní clony. Tyto vrty zajišťují i injektáž základové spáry štoly a horniny

bezprostředně pod ní. Injektovány byly vzesupně po etážích délky 3 m.

Vrty injekční clony průměru 56 mm byly hloubeny jádrovým vrtním. Přesnost vrtní byla dána max. přípustnou odchylkou od svislice 2% z délky vrtu (tj. pro 36 m vrt 72 cm) a ověřována inklinometrickým měřením u třech nejhlubších vrtů s pozitivním výsledkem. V průběhu vrtných prací byly vždy po cca 3 m realizovány vodní tlakové zkoušky (VTZ) v sestupném uspořádání.

Injekční clona byla prováděna metodou zahušťování podle jednotlivých pořadí. Injektáž byla provedena přednostně jako vzesupná po 3 m. Jako injekční směs byla použita jílocementová směs.

Pro kontrolu těsnicí funkce clony byly na kontrolních vrtech provedeny VTZ a dále byly zřízeny vztlakoměrny vrty. Projektem dané požadavky na kritéria přípustné propustnosti (pro horní polovinu clony 0,5 l/min/m při tlaku 0,3 MPa a pro dolní část 1,0 l/min/m při stejném tlaku) byly u většiny kontrolních vrtů splněny. V případě nevyhovujícího výsledku VTZ bylo navrženo lokální zahuštění clony. To se provádělo v části pravého zavázání, kde bylo nutno doplnit vrty IV. pořadí. Potom byl již výsledek vyhovující.

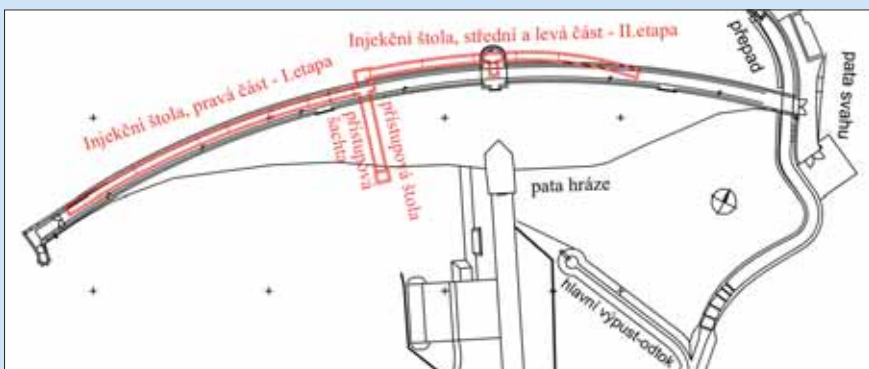
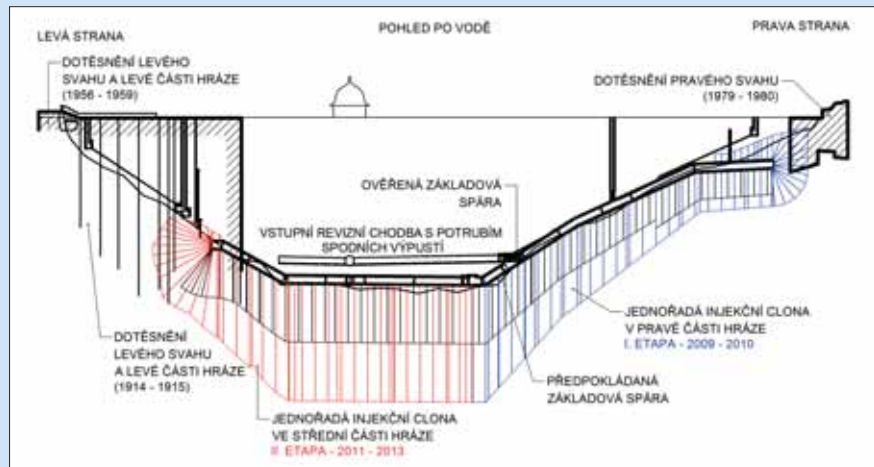


Schéma nově vybudovaných podzemních objektů na VD Janov



Podélný řez hrází, schéma injekčních prací, pohled po vodě

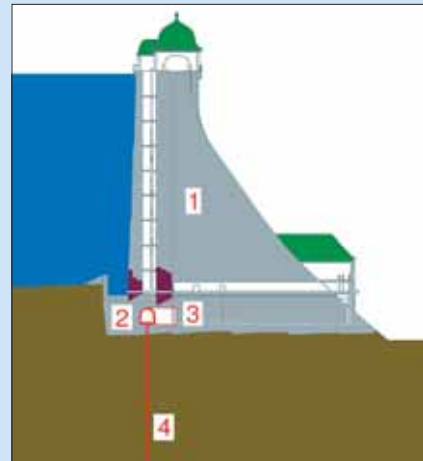


Schéma sanace průsaků podloží VD Janov, příčný řez hrází: 1. zdivo hráze, 2. injekční štola, 3. drenážní štola, 4. injekční clona

a krátká drenážní štola délky 3 m (pro usnadnění čištění drenáží). Z injekční štoly byla vybudována injekční clona a drenážní vrty podle stejných zásad jako v I. etapě. Dodavatelem stavebních prací bylo sdružení firem Subterra, a. s., a Zakládání staveb, a. s.

Na počátku stavby bylo třeba nejprve zpřístupnit po první etapě zakrytou přístupovou šachtu, opětovně ji vybavit lezným oddělením a nově vystrojit i přístupovou štolu. Z konce přístupové štoly pak byla provedena rozrážka do nové injekční štoly II. etapy. Injekční štola byla ražena jako mírně dovrcní v podélném sklonu 1 % v délce 55,10 m a dále pak jako dovrcní ve sklonu 55,22 % a šikmé délce 24,90 m. Posledních několik metrů na konci štoly bylo opět ve sklonu 1 %. Štola má v definitivním vystrojení stejné rozměry jako štola prováděná v I. etapě.

Ve středu hráze byla v místě pod spodními výpustmi z injekční štoly směrem ke vzdušnému líci provedena rozrážka drenážní štoly dl. asi 5,5 m, jejímž úkolem je zachycení křížení páteřního svodného a sběrného drénu základové drenáže a vytvoření podmínek pro možnost kontroly a vyčištění drénu – jak během stavby, tak i v dalším provozu.

Injekční clona byla následně z injekční štoly prováděna dle stejných zásad jako v I. etapě, tj. na požadovanou hloubku 2/3 výšky hráze nad základovou spárou v daném profilu. Nejhlubší injekční vrty ve střední části hráze pak byly hluboké 36 m. Podle výsledků IG průzkumu i zkušeností z I. etapy byla navržena jednořadá injekční clona provedená ve třech pořadích s konečným rozestupem vrtů cca 2,0 m.

Součástí injekční clony byly i zde krátké šikmé připojovací vrty ze dna štoly prováděné směrem na návodní i vzdušnou stranu.

Vrty injekční clony průměru 56 mm byly hloubeny jádrovým vrtáním. Pro vrty II. a III. pořadí bylo připuštěno vrtání na plnou čelbu. Vrty byly vedeny kolmo dolů z podlahy štoly. Přesnost vrtání byla obdobná jako v I. etapě, tj. daná max. přípustnou odchylkou od svislice 2 % z délky vrtu. V průběhu vrtných prací byly opět vždy po cca 3 m realizovány vodní tlakové zkoušky (VTZ) v sestupném uspořádání. Smyslem provádění VTZ před injektáží bylo mimo jiné sledovat žádoucí „propláchnutí“ puklin. Injekční clona byla prováděna metodou zahušťování podle jednotlivých pořadí. Injektáž byla provedena přednostně jako vzestupná po 3 m. Injektážní tlaky vycházely z výsledků VTZ a hloubky vrtů i zkušeností z I. etapy. Injekční tlaky nepřesáhly hodnotu 2,4 MPa. Injektování každé etáže bylo prováděno do nulové spotřeby při dosažení max. injekčního tlaku. Jako injekční směs byla použita jílocementová směs. Při sanačních pracích se musí vytvořit souvislá těsnící stěna. Pro kontrolu těsnící funkce byly provedeny VTZ na kontrolních vrtech a dále byly zřízeny vztlakoměrné vrty. Projektem dané požadavky na přípustné propustnosti (pro horní polovinu clony 0,5 l/min/m při tlaku 0,3 MPa a pro dolní část 1,0 l/min/m při stejném tlaku) byly u většiny kontrolních vrtů splněny. V případě nevyhovujícího výsledku VTZ mělo být provedeno lokální zahuštění clony.

(Podrobný postup při realizaci celé II. etapy injekčních prací přinášíme v příspěvku *Realizace*

*injekční clony pro zajištění stability VD Janov Ing. M. Čejky na str. 22.)*

Po dokončení injekčních prací byly dále provedeny **úpravy základového drenážního systému**, jehož účelem je bezpečné odvedení průsakových vod tak, aby se eliminovaly jejich vztlakové účinky na těleso hráze. Základový drenážní systém tak spolu s vybudovanou injekční clonou napomáhá ke snížení vztlaku a tím ke zvýšení stability a bezpečnosti hráze. Drenážním systémem je odvedena voda, která pronikne přes injekční clonu (která není nikdy 100% účinná), obteče injekční clonu nebo je dotována ze svahových vod.

Původní základový drenážní systém byl funkční jen částečně. Některé jeho větve a drenážní pera byla zanesena vápennými výluhy. Byla proto provedena jeho oprava a posílení.

Z injekční štoly bylo provedeno pět nových drenážních vrtů. Dále bylo provedeno čištění svodných a sběrných drénů základové drenáže. Tyto drény byly zaneseny vápennými výluhy a inkrusty. Zanesení bylo nejvyšší zpravidla v místech spojí kameninových a litinových dílů potrubí drénů. Inkrusty místy dosahovaly až 80 % profilu. Vyčištění drenáže na plný profil si vyžádalo značné úsilí a použití několika technologií specializovaných firem. Závěrem bylo provedeno bezpečné odvedení (svedení) vody z drenážních vrtů do sběrných drénů.

V rámci těchto závěrečných fází rekonstrukce bylo i doplněno zařízení pro měření a pozorování, které napomůže ke zkvalitnění TBD prováděného na tomto vodním díle i zhodnocení efektu provedených prací. Zároveň byl na vodním díle Janov zaveden automatický monitoring vybraných veličin TBD.

Již v průběhu dokončovacích prací začalo zkušební napuštění nádrže a ověřovací provoz. Ten se předpokládá v trvání minimálně jednoho roku. Již při prvním napuštění bylo potvrzené, že vztlaky za rovinou nové injekční clony jsou výrazně nižší a clona tak plní svoji funkci. Významný je i příspěvek drenážního systému, pomocí kterého lze účinek vztlaku ještě významně snížit.

#### Závěr

Dodatečná výstavba injekční štoly pod hrázi je významným zásahem do konstrukce vodního díla. Návrhu technického řešení předcházely výpočty stability hráze i spolupůsobení okolního horninového prostředí. Pro vyloučení jakýchkoli nepříznivých vlivů stavby (poklesy, deformace, trhliny) na vlastní hráz byl rozšířen systém sledování bezpečnosti. Byla zvýšena četnost vybraných měření, zvýšena operativnost předávání výsledků měření a zavedena nová měření a pozorování zaměřená na hodnocení postupu ražby i dílčích etap těsnících prací. Účinky trhacích prací použitých při ražbě podzemních objektů byly monitorovány. Díky všem definovaným omezením a citlivému postupu stavebních prací byl vliv celého stavebního zásahu na původní těleso hráze velice malý. Efekt těsnících prací byl velice významný a můžeme tvrdit, že metoda dodatečného těsnění podloží pod přehradami pomocí injekčních štol a clon se v podmínkách provozu přehrad v České republice osvědčila.

*Ing. David Richtř, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.*

*Foto a obr.: archiv autora*



*Pohled na dokončenou injekční štolu II. etapy od odbočky přístupové štoly*

### **Additional sealing of bedrock seepage in Janov water dam, the largest Czech masonry dam**

*The Janov water dam is the latest water work in the Czech Republic to undergo a complex reconstruction. It was started in 2002. Between the years 2007–2013 two construction phases were realised to provide additional sealing of bedrock seepage with the use of a newly built grouting gallery and a grouting curtain. The article describes the overall concept of the solution from the point of view of technical and safety supervision and designer. The reconstruction was financed by the water dam administrator – Povodí Ohře, S.E.*



## UNIKÁTNÍ RAŽBA ŠTOLY PRO ZAJIŠTĚNÍ STABILITY VD JANOV

*Jak již bylo uvedeno výše v textu, dodatečné těsnění průsaků VD Janov bylo časově rozděleno na dvě etapy. Firmy Subterra, a. s., divize 1, a Zakládání staveb, a. s., byly zhotoviteli druhé etapy. Následující popis prací se týká především složitých ražeb injekční a drenážní štoly ve II. etapě, prováděných firmou Subterra, a. s. Pro rozpojení zdiva či horniny při ražbě štoly se používaly trhací práce, které však bylo třeba provádět s nejvyšší opatrností tak, aby hráz a především litinové potrubí spodní výpusti, které jí prochází, nebyly nikterak dotčeny.*

Injekční štola vede střední částí hráze, přičemž kopíruje úroveň základové spáry hráze. Celková délka štoly je 80 metrů. Zhruba uprostřed štoly na ni navazuje kolmá drenážní štola směrem ven z hráze dlouhá 3,25. Profil injekční i drenážní štoly je shodný, a to 7,6 m<sup>2</sup>. Injekční štola je vedena převážně v plném profilu zdivem hráze, avšak ve staničení 60–83 metrů spodní částí zasahuje do horninového podloží. Kamenné zdivo hráze je tvořeno ortorulou zvětralou až navětralou, spojenou cementovým pojivem. Způsob ražby štoly vyžadoval dokonalou znalost provádění podzemních děl v rizikových podmínkách. Raziči museli několikrát měnit způsob postupu napříč tělesem hráze a vyvarovat se jakýchkoliv pochybení. Nejdůležitější bylo neporušit vlivem odstřelů litinové odtokové potrubí spodní výpusti, procházející celým tělesem hráze ve výšce 1,5 m kolmo nad raženou novou štolou.

### Ražba štoly

Vzhledem ke geologickým poměrům bylo pro rozpojení zdiva nutné použít trhací práce. Ty však měly zásadní omezení vzhledem k blízkosti litinového odtokového potrubí a zachování jeho neporušenosti i funkčnosti a neporušení samotné konstrukce hráze.

Potrubí se nachází ve vzdálenosti 35 m od rozrážky injekční štoly II. etapy. Ražba probíhala za neustálého měření seismických účinků. Mez dynamického namáhání je podle norem stanovena do čtyř stupňů poškození. „Museli jsme dodržet nejnižší stupeň poškození, a to stupeň 0. Ten nepřipouští žádná viditelná poškození a vodotěsnost přehrady musí být zachována,“ vysvětluje nejvyšší nároky na bezpečnost trhacích prací vedoucí projektu Karel Kratochvíl ze společnosti Subterra, a. s. Pro měření vibrací byly osazeny úrovňové digitální seismografy pro nepřetržitě sledování maximálních hodnot otřesových impulsů. Umístěny byly na šesti stanovištích stanovených projektem – na návodní straně hráze, na vzdušné straně hráze, na koruně hráze, v chodbě spodních výpustí včetně potrubí a ve stávající levé a pravé revizní chodbě hráze. Naměřené hodnoty byly okamžitě po odstřelu odečítány z měřicích přístrojů. Pokud dosahovaly 60 % hodnot přípustných, byly v následujícím odstřelu změněny parametry, aby v žádném případě nebyla překročena přípustná hodnota. Při zahájení trhacích prací byla čelba rozdělena na dvě fáze odstřelu. První s rozpojením pomocí klínového zálohu a druhá pomocí přibírek do již vystřelené první části. Jako trhavina byl použit

Perunit 28 a elektrické rozbušky různých časových stupňů. Celkem bylo vrtáno 61 vrtů o průměru 32 mm a délky 0,5 m. Množství trhaviny na jeden záběr bylo stanoveno na pouhých 6,7 kilogramu. Nálož na jeden vrt tedy představovala 0,1–0,15 kilogramu výbušniny. Ucpávka byla jílová. Čelba byla odvrtná ručně vrtacími kladivky. Vzhledem k tomu, že byla ražba prováděna v nehomogenním prostředí zdiva hráze, bylo nutné při každém odvrtní čelby pro nabíjení postupovat individuálně. Záleželo na aktuálním rozložení a velikosti kamenů ve zdivu. Pokaždé však bylo nutno dodržet předepsaný počet vrtů a maximální přípustné množství trhaviny.

Umístění obrysových vrtů bylo samozřejmě neměnné pro dosažení minimálních nadvýlomů. Při dosažení vyražené vzdálenosti deseti metrů se otřesy po odstřelu přiblížily varovné hodnotě. „Byli jsme nuceni poprvé měnit vrtné schéma a množství trhaviny na jeden odpal. Zvýšili jsme tedy počet vrtů, ale zachovali celkové množství trhaviny na jeden záběr. Tím se nám podařilo snížit množství nálože na jeden vrt,“ popisuje řešení vyvolané odstřelováním Karel Kratochvíl. Čelba se dále rozdělila na tři fáze odstřelu – klínový zálohu a spodní třetina čelby, prostřední část čelby a nakonec klenba. Množství trhaviny na jeden vrt se snížilo na 0,1 kilogramu. Varovných hodnot otřesů z důvodů blížení se litinovému potrubí pak bylo dosaženo zhruba po dalších 15 m ražeb. Opět bylo nutné operativně upravit parametry vrtného schématu. Počet vrtů byl zachován, celkové množství trhaviny se zmenšilo na 4,5 kilogramu a záběr byl zmenšen na 0,4 metru. Čelba byla rozdělena do čtyř fází. V místě, kde ražba podcházela litinové odtokové



Pohled na vstupní šachtu a zařízení staveniště



Úřední seismické měření při zkušebních odstřelech, jedno z měrných míst na litinovém potrubí spodní výpusti, detail osazení seismografu – triaxiální geofon chvěvní s orientací ve třech směrech kmitání x, y, z



Navrtávka čelby

potrubí, bylo nutné parametry vrtného schématu na základě dosažení varovných hodnot otřesů opět měnit. Počet vrtů byl výpočtem stanoven na 61 a celkové množství trhaviny pouze na 3,1 kilogramu, což znamená, že na jeden vrt bylo použito jen 0,05 kilogramu trhaviny. Na tak malé množství je již komplikované Perunit dělit a následně ho bezpečně spojit s rozbuškou. Proto byl změněn typ trhaviny na plastickou – Semtex 1A. Potřebné množství trhaviny se odvážilo a spojilo s rozbuškou. Čelba zůstala dělená na čtyři fáze a záběr se zmenšil na 0,3 metru. S touto variantou vrtného schématu byl pak úspěšně vyražen patnáctimetrový úsek nejbližší přiléhající k litinovému odtokovému potrubí.

S následným postupem ražeb a vzdalováním se od citlivého místa se opět parametry vrtného schématu měnily v příznivější hodnoty pro rychlejší postup. Celkové množství trhaviny se zvyšovalo, použit byl opět Perunit, záběr se zvětšil na původních 0,5 metru a čelba byla rozdělena na tři fáze. Od pětadesátého metru ražeb se práce prováděly v dovrchním sklonu 55,2 %, což pro samotné vrtání a následné nabíjení čelby přinášelo mírné komplikace. K vyražení injekční a drenážní štoly bylo použito celkem



Čelba po odpalu



Betonáž počvy injekční štoly

960 kilogramů Perunitu, 13 kilogramů Semtexu a 12 226 elektrických rozbušek. Po dokončení ražby štoly a ukončení trhacích prací byla provedena kontrola stavu hráze zástupcem technickobezpečnostního dohledu se závěrečným konstatováním, že prováděné trhací práce v vodním díle Janov neměly žádný negativní vliv na bezpečný stav a funkčnost hráze. Lze tak bez obav prohlásit, že použití trhacích prací v tělese hráze bylo úspěšné. „Byli jsme rádi, že jsme bez větších problémů dokázali vyrazit stolu v takto náročných podmínkách uvnitř hráze. Seběmenší chyba v rozhodování mohla mít nedozírné následky,“ ví své Karel Kratochvíl.

#### Primární ostění

Ražba štoly byla prováděna podle zásad nové rakouské tunelovací metody. Primární ostění bylo tvořeno příhradovou výztuží Bretex, kari sítěmi ve dvou řadách a stříkaným betonem C 20/25 tloušťky 150 mm. Bretexy byly osazovány po metru a v místě s dovrchním sklonem 55,2 % kotveny do zdiva hráze. Pouze v místě rozrážky do drenážní štoly byla použita ocelová důlní výztuž K21 typu LB. Pro zhotovení primárního ostění bylo nakonec

použito 863 tun betonové směsi. Zhotovení primárního ostění probíhalo bez větších problémů, práce částečně komplikoval pouze zvýšený přítok vody zdívm hráze, který místy dosahoval až 3 l/s.

#### Zhotovení sekundárního ostění

Před zahájením prací na definitivním ostění štoly bylo nutné provést výplňovou injektáž na kontaktu stříkaného betonu a zdiva hráze a v možných nevyplněných mikrotrhlinách. Sekundární ostění bylo členěno na podlahy, rovné stěny a klenby. Zhotovení je bez mezilehlé izolace z vázané armatury a betonu C 30/37 tloušťky 300 mm. Definitivní ostění bylo rozděleno pěti dilatačními spárami na šest celků a jeden celek tvořila drenážní štola. Po zhotovení armatury a betonáže podlahy následovalo ostění a poté klenba. Z důvodu směrového a výškového vedení trasy štoly, kdy se měnily dva poloměry zakřivení díla a zároveň dva podélné sklony trasy, bylo při betonáži stěn použito systémové bednění, forma na klenbu byla vyrobena na místě a několikrát v závislosti na vedení trasy upravována.

Ing. Karel Kratochvíl, Subterra, a. s.

Foto a obr.: autor a Ing. David Richt

### Unique driving works in the gallery providing stability to Janov water dam

As previously mentioned, the works on additional sealing of the seepages in Janov water dam were divided into two phases. The second phase was carried out by the Subterra Co. (Division 1) and Zakládání staveb Co. companies. The following work description focuses on the complex driving works in a grouting and drainage gallery within the second phase carried out by the Subterra Co. Blasting had to be used to release the walls and rock inside the gallery. However, it had to be carried out with maximum caution to prevent any damage to the dam and cast iron pipe of the bottom outlet.



Šikmá část injekční štoly – armování stěn definitivní obezdívky

# REALIZACE INJEKČNÍ CLONY PRO ZAJIŠTĚNÍ STABILITY VD JANOV

*Ve II. etapě prací na sanaci VD Janov prováděla společnost Zakládání staveb, a. s., z nově vyražené injekční štoly jednoradovou injekční clonu včetně dvou řad přípojovacích vrtů a dále drenážní a vztlakoměrné vrty. Vzhledem k omezenému manipulačnímu prostoru bylo veškeré provádění vrtných a injekčních prací velmi náročné a vyžadovalo maximální nasazení všech zúčastněných pracovníků.*

Vrtné a následně injekční práce byly realizovány z počvy nově vyražené injekční a drenážní štoly. Vstup do ní však nebyl z povrchu hráze u paty jejího vzdušného líce tak, jak je to běžné u vodních děl tohoto typu, ale z přístupové šachty, hluboké 16 m. Tato skutečnost mírně komplikovala prováděné práce, neboť veškerý stavební materiál a stroje musely být dopravovány na dno šachty jeřábem a dělníci a technici „fárali“ do podzemní za pomoci lezného oddělení. Práce na zhotovení injekční clony byly zahájeny v září roku 2012 a ukončeny byly předáním hotového díla v červnu roku 2013.

## Injekční clona

Injekční clona je umístěna do osy injekční štoly a z obou stran od této osy (návodní a vzdušné) je doplněna ve vzdálenosti 600 mm kratšími přípojovacími vrty (délka 3,0 m a 6,0 m). Injektáží těchto přípojovacích vrtů byly sanační práce v podloží hráze zahájeny, neboť tím dojde ke zpevnění, a tedy i utěsnění podložní horniny bezprostředně pod základovou spárou hráze. Výrazně je tak omezen případný únik injekční směsi při následujících systémových injekčních pracích. Vrty v injekční cloně byly seskupeny do tří pořadí. Vrty prvního pořadí byly ve vzájemné vzdálenosti 8 m, jejich hloubka činila 2/3 výšky hráze, což ve střední části injekční clony představovalo hodnotu až 36 m. Vrty druhého pořadí měly také vzájemnou rozteč 8 m a jsou umístěny tak, že půlí vzájemnou rozteč vrtů pořadí prvního. Jejich hloubka je stejná jako u vrtů pořadí prvního. Vrty třetího pořadí byly ve vzájemné vzdálenosti 4 m a zahušťovaly vrty pořadí prvního a druhého. Jejich vzájemná rozteč je tak po dokončení vrtů všech pořadí 2 m. Hloubka vrtů třetího pořadí byla ve střední části injekční clony 18 m. Zajímavostí této injekční clony je seskupení injekčních vrtů na konci její levé části do „injekčního vějíře“, kdy se vrty postupně ze svislé úpadní polohy narovnávají do polohy vodorovné a následně začínají dovrchně stoupat až do polohy opět svislé. Tři poslední vrty v tomto injekčním vějíři tak zasahovaly do konstrukce hráze.

## Injekční vrty

Všechny vrty byly hloubeny vrtným nástrojem průměru 56 mm. U vrtů prvního pořadí muselo být z vrtů vytaženo vrtné jádro, které bylo následně uloženo do jádrovnic a zdokumentováno. Tyto vrty byly hloubeny rotačním jádrovým způsobem s vodním výplachem. Použita byla speciální dvojitá jádrovka s vnitřním trhačem jádra a diamantovou vrtnou korunkou (výrobce Atlas Copco). Vrty druhého a třetího pořadí a přípojovací vrty byly hloubeny buď stejným způsobem jako vrty pořadí prvního, jádra ale nebyla skladována, anebo plinčelbovým rotačním způsobem opětovně na vodní výplach.

Především při hloubení vrtů prvního pořadí velice často docházelo k tomu, že se vrt vlivem zastižení velmi silně tektonicky porušené polohy zavaloval a vrtání muselo být přerušeno ještě před dosažením projektované délky vrtu. Nedokončený vrt musel být sestupně zainjektován v celé prozatímní délce jílocementovou nebo (při současném silném výronu vody z vrtu) cementovou injekční směsí (etáže po 3,0 m) a po částečném vytvrdnutí injekční směsi se v jeho hloubení pokračovalo. Tento problém se na jednom vrtu objevil i několikrát po sobě. Při hloubení vrtů druhého a především třetího pořadí se tato situace díky částečně proinjektovanému okolí naštěstí již téměř nevyskytovala. Injekční vrty v rovné části injekční štoly i v šikmině s nejstrmějším sklonem až 32,7 ° byly hloubeny menší vrtnou soupravou MSV 741/20 s pásovým

(gumové pásy) podvozkom. Na vrtné práce byly nasazeny dvě tyto vrtné soupravy. Na šikmině byla vrtná souprava usazena na speciální ocelové vrtné plošině, která byla zavěšena na dvou ocelových lanech, která byla v horní poloze ukotvena do konstrukce štoly. Na každém návrtném bodě byla ještě mechanicky přikotvena k betonovému dnu injekční štoly. Pohyb plošiny po šikmině zajišťovaly dva mohutné řetězové vrátky.

Na odvrtní dovrchních vrtů v injekčním vějíři (na levém konci injekční štoly) musela být nasazena vrtná souprava MSV741/20 se speciálně upravenou kinematikou vrtné lafety (slangově nazývaná „pavouk“), která umožnila dovrchní vrtní ve výšce od 0 až po 75 ° od svislice.

Vodní výplach zajišťovala dvě výplachová vodní čerpadla TRIDO E 80 s elektrickým pohonem.



Hloubení injekčního vrtu v rovné části injekční štoly, vrtná souprava MSV 741/20

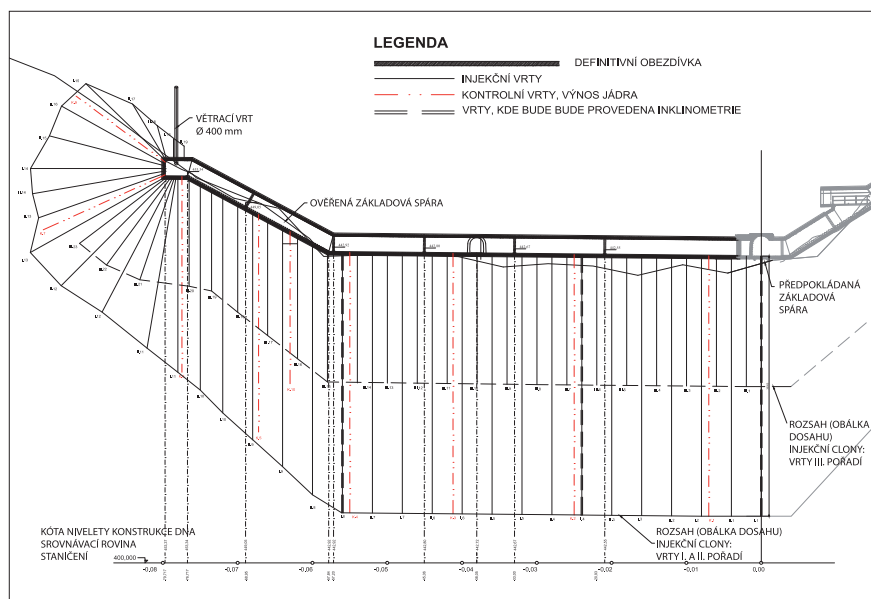


Schéma injekční clony a kontrolních vrtů II. etapy



Hloubení drenážních vrtů vrtnou soupravou Lumesa SIG Mounty 2000/91 H



Injekční štola II. etapy po dokončení prací s osazenými vztlakoměrnými vrty

### Vodní tlakové zkoušky (VTZ)

Před zahájením injekčních prací na každé etáži vrtů I., II. a III. pořadí byly realizovány vodní tlakové zkoušky sestupným způsobem s délkou etáže 3,0 m. Před injektovanou etáž byl do vrtu pomocí PVC injekční hadičky vždy zapuštěn a rozepnut jednoduchý necirkulační rozpínací obturátor typu Bimbar belgické firmy Geopro. Rozepnutí obturátoru ve vrtu se provedlo malou hydraulickou pumpou. Při vodní tlakové zkoušce byla pokaždé měřena spotřeba vody ve vrtu v dané etáži za 10 + 10 minut při konstantním tlaku vody 0,3 MPa (jednostupňová VTZ). Naměřené hodnoty spotřeby byly následně přepočteny na 1 bm vrtu a vyhodnoceny provozním technikem zhotovitele. Nejvyšší zaznamenaná hodnota byla 4,86 l/min/bm. Konstantní zkušební tlak vody byl vytvořen pomocí injekčního čerpadla a redukčního ventilu, který byl osazen na jedné z větví cirkulačního tlakového okruhu.

### Injektáž skalního prostředí – vrty I., II. a III. pořadí a připojovací vrty

Injektáž skalního prostředí byla provedena jako vzestupná po jednotlivých etážích délky 3,0 m. Sestupný způsob injektáže byl použit tehdy, pokud při hloubení vrtů nebo jejich částí docházelo k jejich zavalování. Před injektovanou etáž byl do vrtu vždy osazen a rozepnut jednoduchý necirkulační rozpínací obturátor (shodný jako u VTZ). Vzestupná i sestupná injektáž se řídily kritériem dosažení nulové spotřeby injekční směsi při stanoveném maximálním injekčním tlaku drženém po dobu minimálně 10 minut. Po dosažení tohoto požadavku injektáž pokračovala po rozepnutí a povytažení deaktivovaného obturátoru na nejbližší (vyšší) etáži daného vrtu. Pokud ani po 20 minutách injektáže dané etáže daného vrtu nedošlo při dosažení maximálního injekčním tlaku ke snížení spotřeby injekční směsi (snížení průtoku injekční sestavy při držení konstantního injekčního tlaku), byla injektáž ukončena a další postup injekčních prací na takovém vrtu určil technolog společnosti nebo zkušený provozní technik (např. použití směsi o větší objemové hmotnosti). Maximální injekční tlak pro daný vrt a danou etáž vrtu určil vždy provozní technik zhotovitele opět ve spolupráci

s technologem v závislosti na vyhodnocené VTZ této etáže. Pro injektáž byl použit maximální injekční tlak v rozmezí 0,3 až 2,4 MPa a maximální spotřeba injekční směsi na jednu etáž při jedné fázi injektáže byla stanovena na 900 l (tzn. 300 l na 1 bm vrtu). Při injektáži byla použita jílocementová injekční směs o objemové hmotnosti  $\gamma = 1,36 \text{ kg/dm}^3$  až  $\gamma = 1,61 \text{ kg/dm}^3$  a cementová injekční směs o objemové hmotnosti  $\gamma = 1,65 \text{ kg/dm}^3$  až  $\gamma = 1,80 \text{ kg/dm}^3$ . Při injektáži byla nasazena injekční stanice vybavená čtyřmi injekčními čerpadly Obermann 134/1063 s automatickým systémem řízení injektáže pomocí počítače. Všechna čtyři čerpadla obsluhuje tedy jen jeden zkušený injektážník. Řídicí systém umožňuje u každého čerpadla nastavit automaticky koncový injekční tlak, rychlost injektáže a celkovou spotřebu injekční směsi v jedné etáži. Protože injekční práce probíhaly i v zimním období, byly výrobní směsi a injekční stanice velmi dokonale zatepleny včetně rozvodů injekční směsi.

### Kontrolní vrty

Po dokončení injekčních prací na těsnící cloně bylo dále provedeno 8 ks kontrolních vrtů, jejichž délka a umístění byly předepsány projektem. Na těchto vrtech byly sestupným způsobem provedeny VTZ po etážích, odpovídající etážím sousedních injekčních vrtů. Jako kritérium pro hodnocení účinnosti byla použita hodnota propustnosti vyjádřená jako 0,5 l/min/bm při zkušebním tlaku 0,3 MPa (délka měření 10 minut) pro horní polovinu injekční clony. Ve spodní polovině těsnící clony byla kritériem hodnota 1,0 l/min./bm při zkušebním tlaku 0,3 MPa (délka měření 10 minut). Pouze u dvou vrtů nebyly na všech etážích splněny výše uvedené požadavky. Proto byly tyto vrty v celé své délce zainjektovány stejným způsobem jako běžné vrty injekční clony a projektant v tomto místě nařídil realizovat další, tedy devátý kontrolní vrt. Ten již v celé své délce vykázal požadované hodnoty VTZ.

### Drenážní a vztlakoměrné vrty

V rámci realizace injekční clony bylo ještě zhotoveno 10 vrtů vztlakoměrných a 8 vrtů drenážních.

Průměry vrtů byly 76 mm, vrty drenážní byly bez výstroje, vrty vztlakoměrné byly opatřeny plastovou perforovanou chráničkou, ústí vrtů byla zatamponována a osazena uzavíracími ventily. Pro specifické umístění návrtných bodů těchto vrtů musela být pro vrtání použita vrtná souprava Lumesa SIG Mounty 2000/91 H, která se skládá z vrtné lafety, vrtného rámu a samostatného hydraulického agregátu.

Hlavní výměry vrtných a injekčních prací:

Vrty připojovací injektáže: 123 ks, 708 bm;  
Injekční vrty I., II. a III., pořadí: 61 ks, 1395,5 bm;  
Vodní tlakové zkoušky: 470 ks;  
Kontrolní vrty: 9 ks, 264 m;  
Vodní tlakové zkoušky u kontrolních vrtů: 88 ks.

### Závěr

Po dokončení těsnící clony, drenážních vrtů a vrtů vztlakoměrných byl od dubna 2013 zahájen zkušební provoz (napouštění) vodního díla. Vodní nádrž byla naplněna koncem června 2013. Zkušební provoz prokázal, že injekční clona je provedena v požadovaném rozsahu a kvalitě a měřený vztlak za injekční clonou směrem k vzdušnému líci hráze je příznivě nízký. Vyhodnocení efektu zřízení nové těsnící clony je podrobněji popsáno v následujícím textu.

Ing. Martin Čejka, Zakládání staveb, a. s.  
Foto a obr.: Libor Štěrba, Ing. David Richtr  
a Subterra, a. s.

### Carrying out a sealing curtain to provide stability to Janov water dam

The 2<sup>nd</sup> phase of remediation works on the Janov water dam realised by the Zakládání staveb Co. involved carrying out of a single-row grouting curtain from the newly driven grouting gallery including two rows of connecting bores as well as drainage and pressure bores. Due to limited handling area all drilling and grouting works were rather complicated and required maximum involvement of all people concerned.

# TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍ DOHLED NAD VD JANOV V DOBĚ REKONSTRUKCE HRÁZE A ZHODNOCENÍ EFEKTU SANACE PRŮSAKŮ PODLOŽÍM

*Rekonstrukce vodního díla Janov přinesla významný zásah do jeho konstrukčních částí a funkčních prvků, zásadně ovlivňující jeho celkovou stabilitu a bezpečnost. Bylo proto nutné, aby byl u veškerých prací zajištěn výkon technickobezpečnostního dohledu v souladu se zákonnými předpisy. V dále uvedeném textu jsou popsány základní charakteristiky prováděného dohledu a současně je zhodnocen celkový efekt provedených komplexních sanačních opatření zamezujících průsakům podloží hráze.*



Měření svislých posunů metodou velmi přesné nivelace bylo prováděno i v obtížných zimních podmínkách

## Výkon TBD při rekonstrukci VD

Výkon TBD při rekonstrukci VD Janov má určitá specifika a mimořádnosti. TBD při rekonstrukci již probíhá více než 10 let. Po legislativní stránce je prováděn v souladu s následujícími právními předpisy:

- zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění pozdějších předpisů;
- prováděcí vyhláškou Ministerstva zemědělství ČR č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly ve znění vyhlášky č. 255/2010 Sb.

Po dobu rekonstrukce bylo v platnosti několik Programů TBD, které byly cíleně zaměřeny na monitorování vlivu stavby a efektu jednotlivých rekonstrukcí a sanačních prací. V jednotlivých Programech TBD byl vždy uveden rozsah kontrolních měření a sledování, četnosti měření i údaje o instalovaném zařízení i metodách měření včetně uvedení organizací odpovědných za provádění jednotlivých měření

a sledování. Rozsah TBD se samozřejmě měnil v jednotlivých fázích rekonstrukce. Bezsporně největší byl při obou etapách sanace průsaků podloží, kdy zohledňoval výstavbu podzemních objektů hornickým způsobem.

Po dobu rekonstrukce byla nádrž několikrát zcela vypuštěna. Docházelo tedy k význačné změně zatěžovacích stavů. Za celou dobu rekonstrukce bylo vydáno šest dílčích zpráv o TBD při rekonstrukci (dvoutletý cyklus) a několik desítek operativních měsíčních zpráv o výsledcích TBD, vydávaných v důležitých fázích rekonstrukce s měsíční četností, což je rozsah na vodních dílech v naší republice mimořádný a výjimečný.

## Rozsah TBD při rekonstrukci

V charakteristických fázích rekonstrukce byla zvýšena četnost měření vztahových a průsakových poměrů prováděných obsluhou díla, měření náklonů, resp. průhybů, hrázovým kyvadlem. Zavedena byla mimořádná geodetická měření svislých posunů

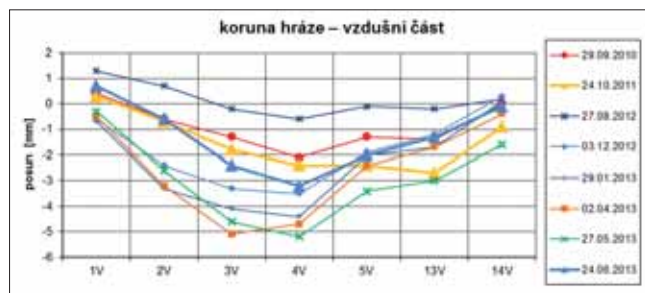
metodou velmi přesné nivelace (VPN), vodorovných posunů kontrolních bodů na vzdušním líci a koruně hráze metodou záměrné přímkou.

Zcela specifický byl rozsah TBD při sanaci průsaků podloží, kde byl sledován vliv výstavby podzemních objektů hornickým způsobem v oblasti základové spáry hráze. Nutnou podmínkou výstavby štol pod konstrukcí zděné hráze samozřejmě bylo vyloučení jakýchkoli nepříznivých vlivů stavby (poklesy, deformace, trhliny) na vlastní zdivo hráze. Oproti běžnému TBD prováděnému v trvalém provozu vodního díla byla zvýšena četnost vybraných měření, zvýšena operativnost předávání výsledků měření a zavedena byla rovněž nová měření a pozorování, zaměřená na hodnocení postupu ražby i dílčích etap sanace průsaků podloží. Nezbytností byl i monitoring účinků trhacích prací použitých při ražbě podzemních objektů. Měření a pozorování na VD Janov bylo po dobu sanace průsaků podloží prováděno několika subjekty. Byly to:

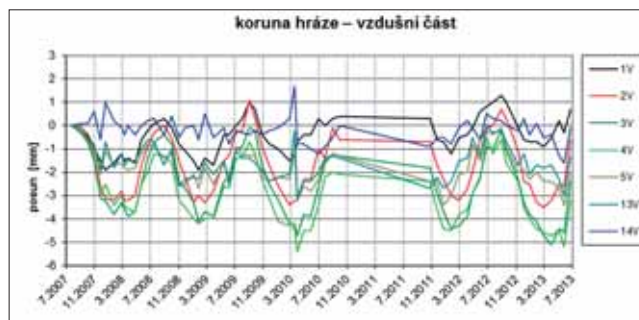
- Povodí Ohře, s. p. (správce vodního díla a toku) – obsluha díla,
- VODNÍ DÍLA – TBD, a. s. (organizace pověřená výkonem TBD),
- dodavatel stavby.

Vlastní stavební práce (výstavba injekční štoly a clo-ny) vyžadují rozsáhlý a organizovaný systém průzkumu, sledování účinků trhacích prací, ražby a injecktáží a v neposlední řadě i kontroly provedených prací po stránce kvalitativní i kvantitativní. Pro zajištění těchto specializovaných činností měli dodavatelé stavby smluvně zajištěnou součinnost několika odborných organizací: firmy Bartoš Engineering, spol. s r. o. (specialisté v oboru trhacích prací), akreditovaných stavebních laboratoří a dalších přízvaných odborných firem (geologové atp.). Seznámení s výsledky měření a pozorování probíhalo na kontrolních dnech stavby. Zástupci společnosti VODNÍ DÍLA – TBD, a. s., připravovali pro KDS aktuální zhodnocení všech provedených výsledků měření a pozorování ve vztahu k bezpečnosti hráze a postupu dalších prací.

Výsledky měření při obou etapách sanace průsaků byly po celou dobu stavby příznivé. Stavba byla prováděna velice opatrně a ohleduplně. Vliv stavebních



Výsledky měření svislých posunů na koruně hráze, deformační čáry, časový průběh



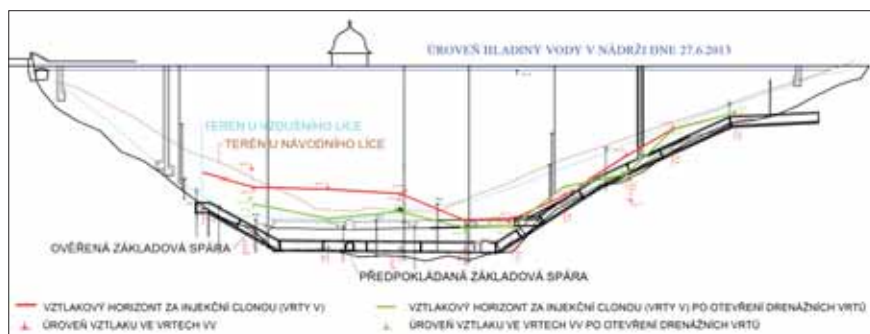


Schéma vztlakové úrovně za injekční clonou

práci na deformace hráže byl příznivě malý. Celkové trvalé deformace způsobené ražbou byly v první etapě jen do 3 mm, v druhé etapě dokonce jen do 2 mm. Nepříznivé důsledky výstavby podzemních děl ani injekčních prací nebyly pozorovány. Hráz VD Janov byla po zásahu stabilní a bezpečná. Stabilní byly i nově vybudované podzemní objekty. Bez negativních důsledků byla provedena i ražba injekční štoly v režimu „opatrné trhací práce“ v úseku pod stávajícími spodními výpustmi. Postup trhacích prací (mezní nálože, fáze, záběry i časování náloží) byl průběžně upravován tak, aby byly splněny požadavky bezpečnosti. Výsledky měření při postupném napouštění nádrže byly příznivé, deformace byly odpovídající zatížení.

#### Zhodnocení efektu těsnění průsaků podloží

V následujících odstavcích se pokusíme zhodnotit celkový výsledný efekt těsnících prací a podrobněji efekt nedávno dokončené II. etapy. Projektem bylo předepsáno, že při sanačních pracích má vzniknout souvislá těsnící stěna. Pro kontrolu těsnící funkce byly prováděny vodní tlakové zkoušky (VTZ) a byly zřízeny vztlakoměrné vrtví. Po dokončení těsnících prací byly ze štoly provedeny drenážní vrtví k posílení funkce základového drenážního systému. Požadavky na kritéria přípustné propustnosti jsou projektem dány pro horní polovinu clony 0,5 l/min/m při tlaku 0,3 MPa a pro dolní část 1,0 l/min/m při stejném tlaku. Propustnost se kontrolovala pomocí VTZ na kontrolních vrtech. Ve většině případů byla u VTZ kontrolních vrtů splněna požadovaná kritéria přípustných propustností.

Jak již bylo zmíněno v článku Ing. M. Čejky, požadavky projektu se nepodařilo splnit u dvou vrtů, i když překročili povolených propustností (spotřeb při VTZ) nebylo příliš významné (zpravidla cca 0,1–0,45 l/min/m, výjimečně 2,16 l/min/bm). V těchto místech byla zastížena i značně narušená hornina (navětralá rula s RQD 0 – 10 %). Bylo proto rozhodnuto o doplnění dalšího kontrolního vrtu v této oblasti. U toho již byly výsledky vyhovující. Veškeré kontrolní vrtví byly navíc zainjektovány jako běžné injekční vrtví, čímž se těsnost clony ještě zvýšila. Podle výsledků VTZ na jednotlivých kontrolních vrtech je patrné, že se podařilo vytvořit souvislou těsnící clonu v kvalitě odpovídající požadavkům projektu. Velice důležitý je fakt, že po postupném zahušťování injekční clony injekčními vrtví jednotlivých pořadí bylo z výsledků průběžně prováděných VTZ po dokončení vrtů III. pořadí a kontrolních vrtů

patrné prokazatelné globální snížení propustnosti horninového prostředí.

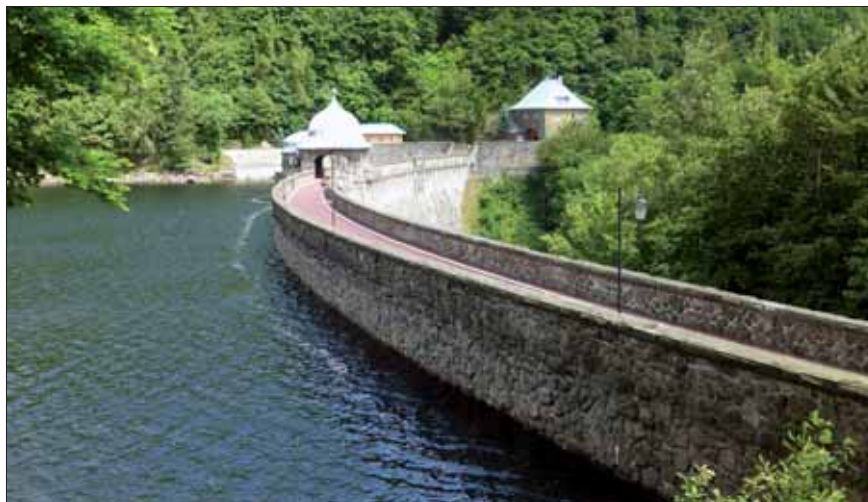
Pokud výsledky VTZ nevyhoví požadovaným kritériím, neznamená to ještě, že není v horninovém prostředí vytvořena souvislá těsnící clona požadované kvality. Pokud je vrt např. na kraji clony, může při VTZ unikat voda na vzdušný či návodní stranu, i když je clona kompaktní. Pro posouzení účinnosti IC byly proto ještě zřízeny vztlakoměrné vrtví, které jsou tvořeny dvojicí, případně čtveřicí, vrtů situovaných do oblasti základové spáry hráže před clonou a za clonou. Dva další vrtví ze čtveřice jsou vedeny hlouběji do podloží.

Pro vyzkoušení těsnosti injekční clony (včetně části budované v I. etapě) bylo od dubna 2013 zahájeno zkušební napouštění nádrže. Maximální úroveň hladiny vody v nádrži 492,51 m n. m. bylo dosaženo dne 20. 6. 2013. Od té doby se hladina udržovala na stejné úrovni až do ukončení stavebních prací. S postupným napouštěním nádrže se měnily i vztlakové úrovně v „nových“ vztlakoměrných vrtech (vrtví v injekční štole z I. i II. etapy), u vrtů před clonou tlak většinou odpovídal cca 80–90 % vodního tlaku

z nádrže. U vrtů za injekční clonou je vztlak příznivě nízký, což potvrzuje dobrou účinnost injekční clony. Tyto skutečnosti jsou zachyceny na obrázku podélného profilu hráže se zakresleným schématem vztlakových úrovní u vrtů za clonou. Vztlakové úrovně vycházejí z měření na vztlakoměrných vrtech v době, kdy již byla napuštěná nádrž. Pro příznivé hodnocení bezpečnosti hráže a zhodnocení efektu provedených prací je zásadní, že u vrtů za injekční clonou je vztlak výrazně nižší. Mnohde nedosahuje ani úrovně terénu u vzdušného líce.

Dobrou účinnost injekční clony na snížení vztlaku ještě podporuje základový drenážní systém a jeho nové posilující drény. Efekt těchto posilujících drénů je dobře patrný při jejich otvírání a zavírání. Po jejich otevření je pak zejména ve střední a levé části patrné ještě další výraznější snížení vztlaku za injekční clonou (i o více než 8 m, viz obrázek). Pro srovnání se stavem před sanačním zásahem je možné využít např. úroveň vody ve vztlakoměrné sondě PS3, která byla přímo spojená s podložní horninou (většina vztlakoměrných vrtů byla zřízena až při sanaci průsaků podloží). U tohoto vrtu v profilu revizní chodby byl tlak odpovídající téměř 60 % úrovně hladiny vody v nádrži. Po sanaci průsaků podloží tento poměr klesl na pouhých 10 %. Závěrem je možno konstatovat, že účinnost injekční clony je dobrá a efekt sanačních prací splnil očekávání projektu. Injekční clona napomáhá k výraznému snížení vztlaku v podloží hráže. Jako velice účinné se jeví i posílení funkce základového drenážního systému.

Ing. David Richtř, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.  
Foto a obr.: autor



Pohled na přehradu Janov po dokončení sanačních prací a napuštění nádrže

### Technical and safety supervision of Janov water dam during its reconstruction and evaluation of bedrock seepage remediation measures

*The reconstruction of Janov water dam brought a significant change to its structural and functional elements with a crucial impact on its stability and safety. It was therefore necessary to organize technical and safety supervision of all works carried out in accordance with valid legislation. The following text describes basic characteristics of the supervision carried out as well as it evaluates the overall impact of all measures implemented on the remediation of bedrock seepages.*



## REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍHO MOSTU PŘES BEČVU V PŘEROVĚ V RÁMCI REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍ STANICE PŘEROV

*Pětikolejný železniční most přes řeku Bečvu v km 183,974 v Přerově se nachází na původní trati Severní dráhy císaře Ferdinanda, budované v letech 1837–1847. Dnes je tato trať součástí modernizovaného II. tranzitního železničního koridoru. Významný úsek na této trati představuje železniční stanice Přerov, jejíž rekonstrukce proběhla v letech 2011–2013. Ve stanici došlo k celkové změně kolejového řešení, která měla zásadní vliv na konstrukční řešení navrhovaného železničního mostu (SO 43-19-10) nacházejícího se na olomouckém zhlaví. V jeho rámci bylo nutné navrhnout i nové založení spodní stavby obou mostních opěr a všech pilířů. Tyto práce prováděla společnost Zakládání staveb, a. s., a to převážně pomocí technologie mikropilot a vrtaných pilot. Většina prací byla prováděna z vody, z pontonových soulodí.*

**Rozhodující předpoklady pro rekonstrukci**  
Původní ocelové konstrukce s prvkovou mostovkou neumožňovaly umístění výhybek nového kolejového uspořádání a bylo nutné je nahradit novými konstrukcemi. Dále se jedná o koridor, kde se obecně nahrazují všechny prvkové mostovky za konstrukce se šterkovým ložem.

Zásadní pro návrh je i hodnota výšky hladiny  $Q_{100}$ , dosahující do horní třetiny původních

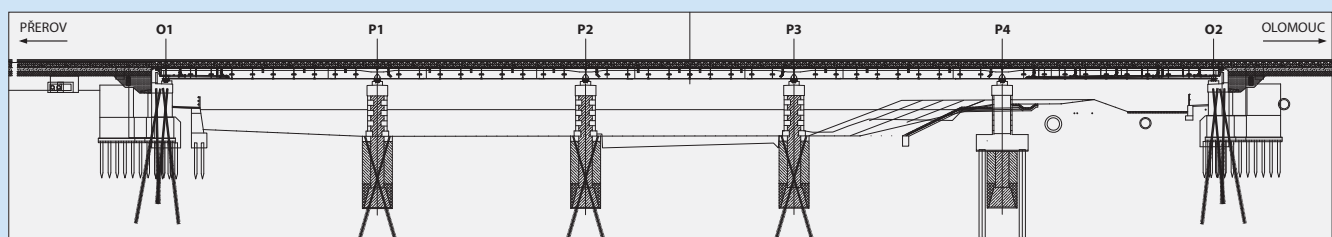
nosníků. (Při povodních v roce 1997 dokonce přetékala přes kolejnice.) Pro splnění požadavků norem na nový most by to znamenalo zdvih nivelety o cca 2 m, což je vzhledem k blízkosti stanice nemožné.

Ve vzdálenosti cca 140 m po proudu řeky je jez, udržující výšku vody pod mostem na cca 2,5 m. Dlouhodobé snížení hladiny nebylo možné, proto byla většina spodní stavby přístupná pouze z plovoucích pontonů a těsněných jímek.

Toto byly hlavní předpoklady vedoucí k ponechání spodní stavby a výstavby nové ocelové spojité konstrukce mostu, která má přibližně dvoutřetinovou konstrukční výšku oproti stávajícímu mostu.

### Stavební historie spodní stavby

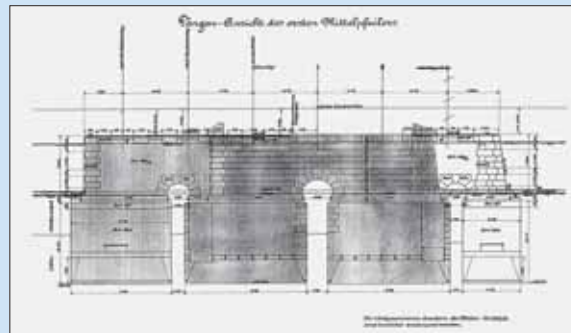
Už na první pohled bylo zřejmé, že most byl několikrát opravován a rozšiřován. Různá skladba zdiva mezi jednotlivými pilíři



Podélný řez novým mostem s vyznačením způsobů nového založení spodní stavby, pohled po proudu



Historický výkres návrhu opěry – různé výškové úrovně založení (vpravo nerealizovaná 6. kolej)



Historický výkres návrhu pilíře – založení na kesonech (vpravo nerealizovaná 6. kolej)

a opěrami, 6 kolejí zakreslených v archivní dokumentaci nebo plošně založení pilíře dle IG průzkumu si navzájem neodpovídaly. Bylo tedy nutné se postupně propátrat všemi přestavbami mostu až k jeho aktuální podobě. První most z roku 1840 byl dvoukolejný se spodní stavbou pilířů i opěr mělce založenou na dřevěných pilotách svázaných dřevěným roštem. Od roku 1860 byl most tříkolejný s novými pilíři P1, P2 a P3 založenými na dvou kesonech, které byly v úrovni dna propojeny klenbou. Pilíř P4 a opěry byly rozšířeny a založeny na dřevěných pilotách svázaných dřevěným roštem. V roce 1918 se měl most rozšířit na šest kolejí, ale realizovány byly jen dvě koleje na povodní straně. Rozšíření pilířů P1, P2 a P3 bylo založeno na kesonu s původní částí svázané opět klenbou. Pilíř P4 se vybudoval celý nový na dvou kesonech. Opěry byly rozšířeny a založeny na dřevěných pilotách bez svazujícího roštu. Ve výsledku má tedy most tři různé výškové úrovně založení částí opěr s různou šířkou základové spáry a dva druhy pilířů.

**Nový návrh řešení spodní stavby**

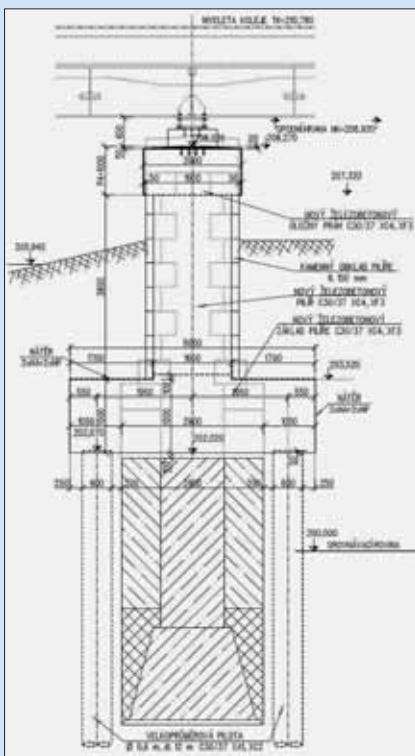
Vzhledem ke změně statického systému na spojitý nosník délky 100 m a omezení maximální dilatující délky mostu u bezстыkové koleje na 80 m bylo nutné umístit pevné ložisko na některý z pilířů. Tento pilíř tak ale ponese veškeré brzdné síly, které byly u původního mostu rozloženy do opěry a čtyř pilířů. Původní kamenné pilíře s betonovým jádrem však tyto síly nedokáží přenést a vybraný pilíř tak musel být proveden jako železobetonový. Plošně založení nového pilíře nebylo možné z důvodů nedostatečné únosnosti podloží a ani našim předkům se u původního pilíře (P4) tento typ založení neosvědčil. Proto bylo zvoleno **hlubinné založení na pilotách** průměru 800 mm, délky 12,0 m, rozkročené vně ponechaného kesonu. Pro přestavbu byl zvolen pilíř P4, který se od ostatních lišil tím, že jako jediný leží na

berm v inundačním území na pravém břehu a je zatopen pouze v případě povodní a je tak jediný dobře přístupný pro vrtnou soupravu. Pro sjednocení vzhledu s ostatními pilíři byl pilíř po dokončení prací obložen původním kamenem.

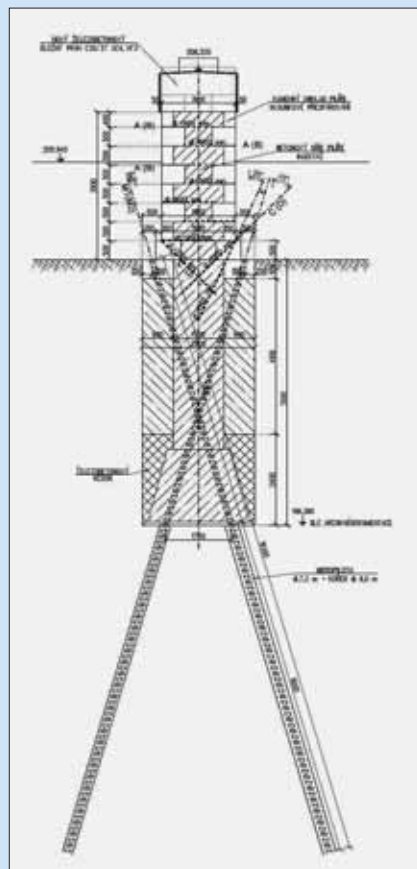
Únosnost základových spár u dalších ponechaných pilířů a opěr byla také nedostatečná, a proto bylo navrženo jejich podchyčení **mikropilotami**. Jejich poloha, délky a odklony musely být určeny zvláště pro každou část rozšiřování mostu. Bylo nutné se vyhnout železobetonovému lemu kesonu pilíře a u opěr projít dřevěným roštem pod základy.

Pilíře byly podchyčeny mikropilotami vrtanými ze základového výstupku skrz celý základ a keson. S kořenem délky 9,0 m byla jejich celková délka 16,3 m. Po injektáži kořene byl skrz trubku mikropiloty injektován celý keson a základ pod úrovní dna.

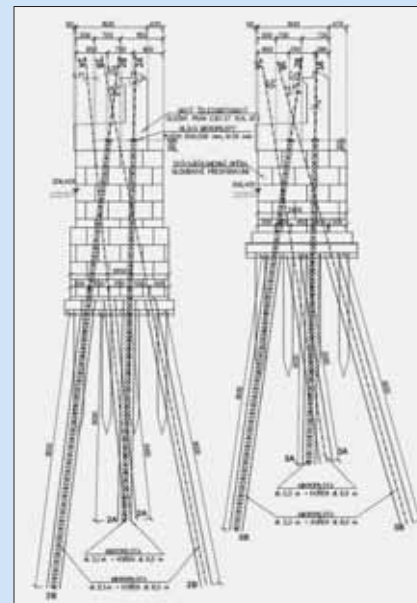
Díky pilířů byly v celém rozsahu injektovány skrz vrty ve spárách mezi kameny v rastru cca 0,5x0,5 m. O účinnosti injektáže cementovou maltou svědčila i voda vytlačovaná spárami. Opěry byly rovněž podchyčeny mikropilotami, vrtanými skrz dřík a základ. Vzhledem k proměnlivé výšce opěr bylo vrtno 4–6 m ve zdivu a následně byl proveden kořen délky 6,0



Pilíř P4, založení na pilotách vně ponechaného kesonu



Pilíř P1, P2, P3, podchyčení mikropilotami



Opěra, podchyčení mikropilotami pro různé tvary opěr



nebo 8,0 m dle polohy. Větší část opěr je skrytá pod terénem, proto byla injektována pouze skrz trubku mikropiloty.

Svrchní část pilířů s masivními kamennými bloky pod ložisky byla nahrazena železobetonovými prahy. Jelikož dlouhodobé snížení hladiny řeky nebylo možné, musely být veškeré práce na pilířích prováděny v **těsněných jímkách ze štětovnic**, zasahující do jílového podloží v hloubce cca 5–6 m pode dnem. Vzhledem k negativním zkušenostem při zaplavování jímek provizorních trakčních podpěr byly použity delší štětovnice, zavibrované 7 m pod dno. Po připočtení 2,5 m po hladinu řeky a 0,5 m rezervy vycházela celková délka štětovnic na 10,0 m. Celková délka vybudovaných štětových stěn byla 340 m, to odpovídá cca 365 t. Po vyčerpání jímek a odtěžení naplavenin ze dna byly obnaženy dřevěné piloty použité při výstavbě pilířů před 150 lety.

#### Nová nosná konstrukce mostu

Původní železniční most s prvkovou mostovkou měl pět prostých polí o rozpětí 20,25 m a 19,53 m. Vzhledem k jejich stáří byly konstrukce poškozeny korozí, mladší svařované z roku 1968 výrazně více než nýtované z roku 1921. Na tyto konstrukce ale není možné umístit výhybky a musely být vyměněny. Nové nosné konstrukce jsou ocelové nosníky s ortotropní mostovkou a průběžným kolejovým ložem. V podélném směru se jedná o spojitý nosník o pěti polích s rozpětím polí 20,46 + 3x20,16 + 20,46 m. V příčném směru je objekt dělen na tři samostatné nosné konstrukce značené NK1, NK2 a NK3. Dvoukolejná konstrukce v koleji č. 1 a 2 ve směru na Olomouc (NK1), dvoukolejná konstrukce v koleji č. 1 a 2 ve směru na Bohumín (NK2) a jednokolejná konstrukce pro výtažnou kolej 3v (NK3). Délka přemostění je 100,180 m, šířka mostu 26,3 m, stavební výška 1860 mm. Most je umístěn ve



HLAVY MIKROPILOT NA OPĚŘE O2

stanici, proto se uplatní volný mostní průřez VMP 3,0, traťová rychlost je 80 km/h. Jednotlivé mosty se skládají z roštu tvořeného podélnými hlavními nosníky tvaru „I“ výšky 1,01 a 1,03 m ve vzdálenosti 1,2 m a příčnými příčníky výšky 0,6–0,65 m umístěnými po 2,0 m. Tento rošt je dále doplněn soustavou výtuh.

Celkem bylo použito 632 t (NK1) + 582 t (NK2) + 316 t (NK3) = 1530 t oceli S355. Vzhledem k vysoké hladině  $Q_{100}$ , dosahující až do úrovně pražců, bylo při výpočtech uvažováno i příčné zatížení jednotlivých nosníků od proudící vody. Návodní konstrukce NK3, která je tímto případným zatížením ohrožena nejvíce, je jednokolejná, a tedy i nejlehčí. Proto zde byly navrženy zarážky bránící jejímu uvolnění z ložisek. Celkem bylo použito 60 hrncových ložisek o únosnosti 2000–5000 kN.

#### Postup výstavby

Výstavba objektu proběhla postupně ve fázích tak, aby byl zachován provoz na dvou traťových kolejkách. Propojení kolejí pro objetí nesjízdného místa bylo realizováno vkládáním provizorních spojek před a za most. V etapě 0., která probíhala v 2. polovině roku 2011, byly prováděny přípravné práce bez omezení provozu. První etapa zahrnovala rekonstrukci dvou kolejí ve směru na Olomouc

(březen–červen 2012), 2. etapa rekonstrukci dvou kolejí ve směru na Bohumín (červenec–listopad 2012) a ve 3. etapě byla dokončena výtažná kolej (prosinec 2012–květen 2013). U spodní stavby byla 2. a 3. etapa sloučena do jedné. Přípravné práce představovaly přeložky sítí a umístění provizorních trakčních stožárů do koryta řeky. Ze štětovnic byly vytvořeny jímky rozměrů cca 1,5x2,0 m, ve kterých byly tyto stožáry zabetonovány. Následovaly práce 1. etapy, kdy byly po zimní přestávce v prvních březnových dnech při teplotách až

–15 °C odstraněny koleje s pražci a následně vyjmuty stávající konstrukce pomocí jeřábu GEK 80. Byly přeloženy na plošinový vůz a odvezeny k sešrotování. Během třítydenního čekání na rozmrznutí řeky byla ubourána část spodní stavby a provedeny mikropiloty u opěr, dále založení nového pilíře P4 na pilotách průměru 800 mm. Po rozmrznutí řeky následovalo vybudování těsněných jímek kolem pilířů ze štětovnic o půdorysných rozměrech cca 6,5x13,0 m. Po vyčerpání vody byly v těchto jímkách provedeny mikropiloty, injektáž pilířů P1, P2 a P3 a nové železobetonové prahy. Souběžně se sanací spodní stavby byly v předpolí olomoucké opěry a v 5. poli svařovány dílce nového mostu. Vzhledem k omezené délce montážní plošiny probíhal výsun postupně po cca 20 metrech, tzn. po jednotlivých polích. Nakonec se celá konstrukce spustila dolů o 1,4 m do definitivní polohy. Po provedení nátěru a izolace mostovky bylo zřízeno šterkové lože a provedena statická a dynamická zatěžovací zkouška. Výsledky prokázaly lepší vlastnosti, než byly uvažovány statickým výpočtem, a první část nového mostu mohla být uvedena do provozu. Krátce po dokončení 1. etapy byly zahájeny práce na 2. etapě. Rozsah byl obdobný jako v 1. etapě s tím rozdílem, že byl proveden celý zbytek spodní stavby i pod výtažnou kolejí.



HLAVY PÍLÍŘE P4 PŘED ZAROVNÁNÍM



SOUCASNÉ PROVÁDĚNÍ PRACÍ NA VŠECH ŘÍČNÍCH PÍLÍŘÍCH, V POPŘEDÍ PÍLÍŘ P3



Montáž nosné ocelové konstrukce probíhala 2,5 m od osy sousední provozované koleje



Výsuv nosné konstrukce, vlevo je již nová konstrukce v provozu

Práce na poslední, 3. etapě zahrnovala již jen montáž a výsuv konstrukce ve výtažné koleji, která byla přerušena jen na vánoční svátky. Současně se dokončily terénní úpravy.

### Výsuvná plošina

Vzhledem k charakteru přemostované překážky byl jako nejlepší způsob montáže zvolen postupný výsuv a následné spuštění do definitivní polohy. Montážní plocha v délce cca 50 m zasahující do předpolí olomoucké opěry, 5. pole a pilíře P4 sloužila k umístění a svaření jednotlivých dílců. Svařené části byly tlačeny po výsuvných vozících a dráze pomocí dvojice hydraulických válců. Další podpůrné konstrukce byly tvořeny kluznými ložisky umístěnými na nových úložných prazích

pilířů. Podpěrná skruž byla sestavena z dílců pižma a vyrobených atypických prvků. Výstavba a odstranění skruže bylo ztíženo nutností provádět některé práce z pontonového soulodí.

### Zprovoznění stavby

Jednotlivé konstrukce byly po etapách průběžně předávány do zkušebního provozu s dočasným omezením rychlosti. Poslední práce byly dokončeny v květnu 2013. Po dokončení definitivního kolejového řešení celé stanice byl zahájen běžný provoz od července 2013.

### Závěr

Rekonstrukce železničního mostu představovala velmi náročný úkol, a to jak z hlediska

projekčního, tak stavebního. Počínaje zjištěním celé historie mostu, následným skloubením nových a starých částí, bezpečnostními riziky při výstavbě přes vodní tok a v blízkosti provozované koleje konče. V neposlední řadě hrály roli krátké výlukové časy na realizaci a nepřízeň počasí.

Nejstarší ponechané části jsou pravděpodobně z roku 1863 (možná 1851), slouží tedy minimálně 150 let. Nezbyvá než si přát, aby nový most sloužil podobně bez problémů další desítky let.

**Ing. Jaroslav Sedláček,**  
Moravia Consult Olomouc, a. s.

## REALIZACE SPODNÍ STAVBY

Jak již bylo uvedeno výše, byl pracovní postup založení nové spodní stavby rozdělen do dvou hlavních etap tak, aby bylo možné nepřetržitě provozovat železniční dráhu, i když v omezeném režimu. Založení opěr a pilířů bylo různorodé, a proto jejich sanace musela být navržena každému z podpůrných prvků na míru. Práce v blízkosti trakčního vedení se prováděly vždy ve výluce za trvalého dozoru pracovníka SZDC.

### Opěra 01

Sanace základu této opěry byla navržena z mikropilot pr. 114/10 mm o celkovém počtu 122 ks a délkách od 9,5 do 13,7 m podle hloubky založení s proinjektováním cementovou směsí.

Po demontáži dvou polí kolejí byl opotřeбенý železniční svršek ubourán na kótu 207,54 m n. m. a z této pracovní plochy byly realizovány vrty průměru 185 mm pro jednotlivé

mikropiloty pomocí vrtné soupravy KLEMM 806D na vzduchový výplach s pomocí kompresoru ATLAS COPCO AC 350. Zálivka a poté vzestupná injektáž měly stejnou recepturu a byly prováděny injekčním čerpadlem Haponic 10/80. Po realizaci mikropilot byly jejich horní části opatřeny roznášecími hlavami z ocelových desek 200/200/20 mm. Stejným způsobem byly na opěře č. 1 realizovány obě etapy sanace.



Sestava pontonů s hydraulickými nohami je tlačným člunem přesouvána na místo stavby.



Současné provádění prací na všech říčních pilířích, zleva P1, P2, P3



Beranění jímků kolem pilířů probíhalo často v těsné blízkosti provozovaných kolejí



Sanace pilíře P2 pomocí mikropilotů pod ochranou štětové jímky

### Pilíře P1, P2, P3

Pro sanaci pilířů P1, P2, P3 byly podobně jako u opěry O1 použity mikropiloty pr. 108/16 mm o celkovém počtu 54 ks na jeden pilíř a délkách 16,3 m s délkou kořene 9,0 m. Mikropiloty byly opatřeny navařenou spirálou z  $\varnothing$  R6 mm a po injektáži zabetonovány zároveň s rozšířeným dřívkem pilíře. Pomocí mikropilot byl také proinjektován samotný dřív pilíře a také keson. Návrtné body mikropilot byly na úrovni rozšířeného základu pilíře, což bylo cca 2 m pod úrovní hladiny vody v řece.

Jak již bylo uvedeno výše, pro instalaci mikropilot bylo třeba kolem pilířů vytvořit **dočasnou stavební jímku ze štětovnic**, která umožnila snížení hladiny vody v jámě pod návrtný bod a zároveň zabezpečila pohyb pracovníků. Beranění probíhalo z vojenských pontonů typu PS 50, které byly přesouvány pomocí tlačného člunu. Protože se beranilo v těsné blízkosti kolejového pole, bylo nutno použít odpovídající techniku ze strojního parku Zakládání staveb, a. s. Pro beranidla byly použity nosiče LIEBHERR 35T, LIEBHERR 40T, jako beranidla pak stroje ICE 18 a ICE 625, které svými malými rozměry umožnily nasazení i v omezeném prostoru. Pontony byly opatřeny čtyřmi hydraulicky poháněnými nohami, které po opření o dno řeky stabilizovaly ponton, který potom mohl fungovat jako běžná pracovní plošina.

Těsnění štětových jímků v kontaktu se zdívkou pilíře bylo provedeno za pomoci textilního vaku plněného jílocementovou směsí. Po zaberanění všech štětovnic bylo do jímků osazeno min. 6 ks kalových čerpadel (KDFU 100 nebo AS 35) a bylo zahájeno čerpání vody. Po vyčerpání pak bylo zapotřebí max. 3 ks čerpadel na udržení trvale snížené hladiny vody v jímkě. Mikropiloty byly realizovány podobně jako štětovnice z pontonů, míchací a injekční centrum bylo zřízeno na břehu a směs byla dopravována hadicemi přes most až k ústí vrtu. Po realizaci všech mikropilot I. fáze byly jímky zpětně zatopeny a štětovnice vytaženy až na ty umožňující napojení jímků 2. etapy na pilíř.

### Pilíř P4

Sanace tohoto pilíře proběhla v následujících krocích:

- realizace velkoprofilových pilot  $\varnothing$  600 mm vrtnými soupravami BAUER BG 28V v I. fázi a BAUER BG15H ve II. fázi.
- beranění jímků ze štětovnic VL 604 za pomoci nosiče LIEBHERR 40T a beranidlem ICE 18,
- výkop na úroveň hlav pilot 202,070 m n. m. s ubouráním původního dřívku pilíře,
- realizace nového pilíře,
- zpětný zásyp,
- vytažení štětovnic.

### Opěra O2

Posledním podpůrným prvkem ve směru na Olomouc byla opěra O2. Její původní založení bylo stejné jako u opěry O1, stejně byla navržena i realizována její sanace.

Na zřízení štětových jímků a přístavů bylo použito kolem 450 t štětovnic a na sanaci spotřebováno necelých 170 t mikropilot. Do velkoprofilových pilot bylo uloženo cca 200 m<sup>3</sup> betonu. Stavba ze strany společnosti Zakládání staveb, a. s., trvala celkem 174 dnů (po odečtení času mezi jednotlivými fázemi), finanční obrát činil cca 30 mil. Kč.

**Miroslav Beňo**, Zakládání staveb, a. s.

Foto: autoři a Libor Štěrba

Údaje o stavbě:

Investor:

Správa železniční dopravní cesty, s. o.

Generální projektant:

Moravia Consult Olomouc, a. s.

Generální dodavatel:

Sdružení Přerov OHL ŽS, a. s.;

EUROVIA CS, a. s.; AŽD Praha, s. r. o.)

Dodávka mostu:

FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby, a. s.

Realizace spodní stavby:

Zakládání staveb, a. s.



Pohled na dokončený most při snížené hladině řeky Bečvy

### Reconstruction of a railway bridge over the Bečva River in Přerov as a part of reconstructing the Přerov railway station

The five-track railway bridge over the Bečva River on the 183,974 river kilometre in Přerov is located on the original Emperor Ferdinand's Northern Line built in 1837–1847. Today the track forms a part of modernised 2<sup>nd</sup> rail transit corridor. The railway station in Přerov is a significant checkpoint of this line. The station was reconstructed in 2011–2013. Within the framework of this reconstruction the station underwent a complex change of the track system having a significant influence on the construction solution for the designed railway bridge (SO 43-19-10) located on the gridiron of Olomouc. The solution required designing a foundation for the lower parts of both bridge abutments as well as all bridge piers. These works were carried out by the Zakládání staveb Co., using mainly the technologies of micropiles and bored piles. The majority of works were carried out from pontoon naves.