

BETONOVÉ KONSTRUKCE PLAVEBNÍ KOMORY HNĚVKOVICE ■ CONCRETE STRUCTURES OF LOCK CHAMBER IN HNĚVKOVICE



ve zdrži jezu Hněvkovice a ve zdrži VD Kořensko (obr. 1).

POPIS ŘEŠENÍ PLAVEBNÍ KOMORY

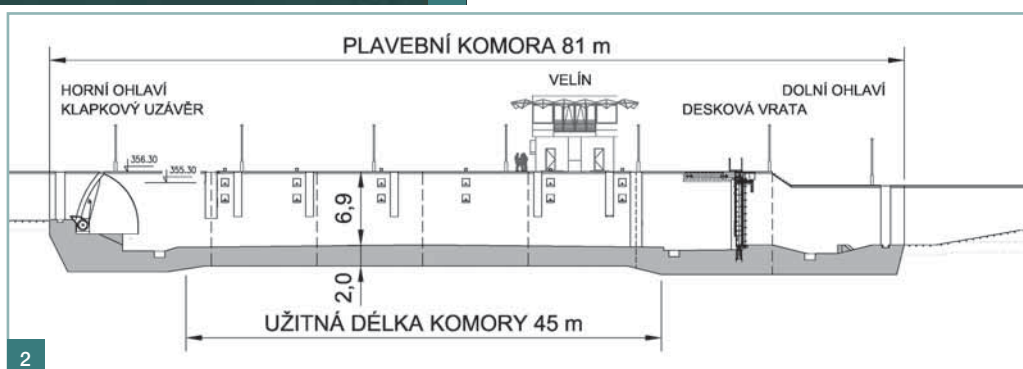
Plavební komora slouží k překonání stupně tvořeného jezem (ř. km 208,95) v obou směrech. Umožňuje proplavování plavidel do nosnosti 300 t a plavidel vyhovujících provozu na vodních cestách I. třídy s návrhovými rozměry 44 m délky a 5,4 m šířky. Užité rozměry přímé plavební komory jsou: šířka 6 m, délka 45 m a hloubka vody nad záporníky minimálně 3 m. Celková délka plavební komory včetně horního a dolního ohlavi je 81 m (obr. 2). Spád hladin je v rozsahu 2,4 až 1,3 m, doba plnění a prázdnění komory je cca 7 min.

Základovou spáru plavební komory tvoří pevné pararuly v různém stupni zvětrání, které však poskytují dostatečně únosné podloží pro založení stavby. Pevnost hornin v základové spáře se očekávala převážně ve třídě R2 (GT7–P),

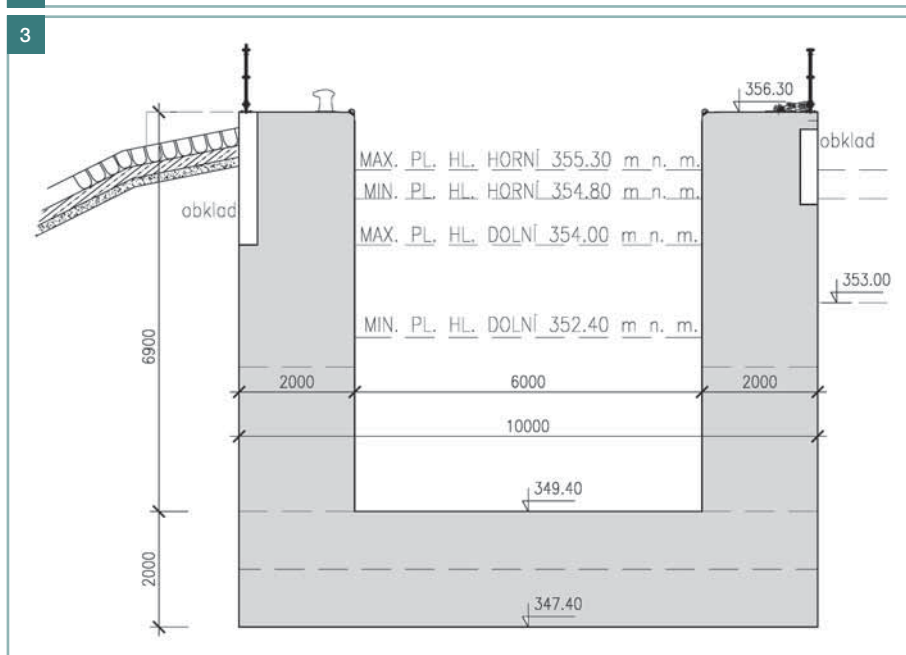
Miloš Zich, Jan Prokeš,
Kateřina Boříková, Jan Kolářek

Příspěvek představuje statické řešení betonových konstrukcí na stavbě plavební komory Hněvkovice, která je součástí souboru staveb na vltavské vodní cestě Hněvkovice – Týn nad Vltavou. Podrobněji jsou popsány konstrukce nové plavební komory u jezu. ■ This contribution shows the static solution of concrete structures of a lock chamber in Hněvkovice. The lock chamber is a part of the complex of waterway constructions Hněvkovice – Týn nad Vltavou. The structures of the new lock chamber near the weir are described in detail.

Stavba plavební komory se nachází v katastrálním území Hněvkovice u Týna nad Vltavou. Jedná se o soubor staveb s názvem Dokončení vltavské vodní cesty v úseku VD Hněvkovice – Týn nad Vltavou. Plavební komora byla realizována v letech 2014 až 2017 a navazuje na předchozí úseky České Budějovice – Hlubová nad Vltavou a Hluboká nad Vltavou – VD Hněvkovice [1], [2] a [3]. Plavební stupeň a jeho jednotlivé stavební objekty jsou navrženy při levém břehu Vltavy (ř. km 208,70–209,30). Součástí stavby byly konstrukce nové plavební komory, modernizace jezu, dolní rejdy, zajištění plavebních hloubek



2



3



4a



4b



5



6

s lokálními partiemi s nižší pevností třídy R3–R4. Založení komory tak mohlo být navrženo jako plošné. Komora byla zakládána v zajištěné stavební jámě pomocí kotvené rozpírané štětové stěny, větknuté pokud možno do skalního podloží. Úroveň založení je cca 5 m pod horní vrstvou skalního podloží (obr. 4). Přítok vody do stavební jámy byl současně omezen těsnicí tryskovou injek-

táží, která byla realizována v patě štětové stěny a dotěsnila tedy styk štětovnic se skalním masivem. Štětové stěny byly kotveny přes předřazené ocelové převázky pomocí pramencových kotev. Podrobněji je o zajištění stavební jámy pojednáno v [4].

Železobetonová konstrukce komory je rozdělena po délce těsněnými dilatačními spárami, které dělí komo-

ru na sedm bloků: jeden blok horního ohlaví délky 15,3 m, tři bloky střední plavební komory (3 × 10 m) a tři bloky dolního ohlaví (10,2 + 13 + 12,5 m) – z toho jeden velín, který je přístupný přes levoběžný koridor pomocí lávky (obr. 2). Všechny spáry mezi bloky jsou těsněny dilatačními PVC pásy šířky 300 mm.

Střední typická část plavební komory je rozdělena do tří dilatačních bloků

Obr. 1 Vizualizace stavby – celková situace

■ Fig. 1 Visualisation – general layout

Obr. 2 Podélný řez plavební komorou

■ Fig. 2 Longitudinal section of the lock

Obr. 3 Typický příčný řez plavební komorou

■ Fig. 3 Typical cross-section of the lock

Obr. 4a,b Armování základové desky

■ Fig. 4a,b Reinforcement of the foundation slab

Obr. 5 Armování stěn (osazená pacholata, úvazy lodí)

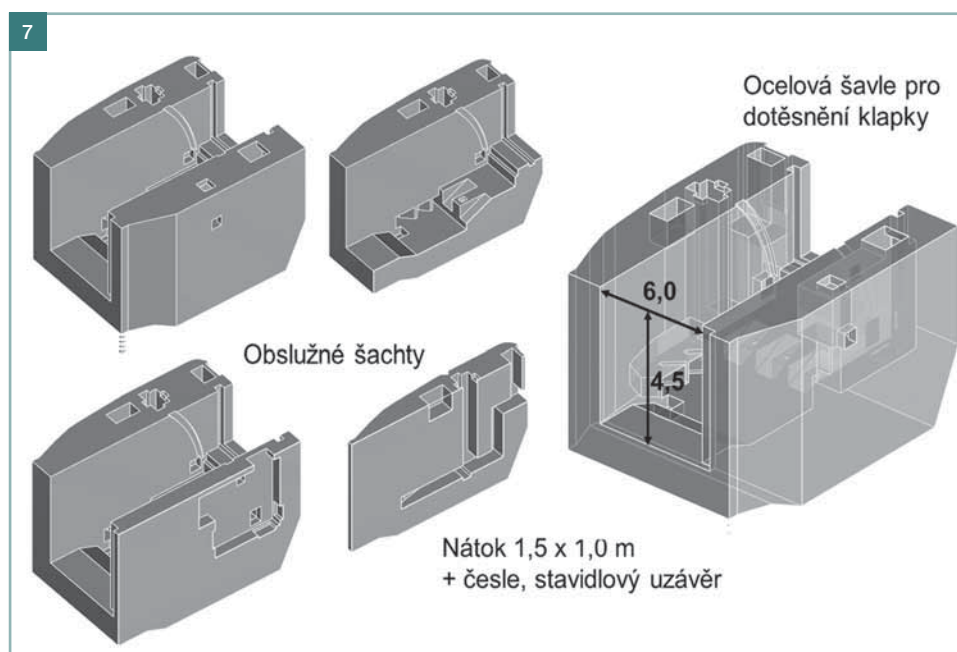
■ Fig. 5 Reinforcement of the walls

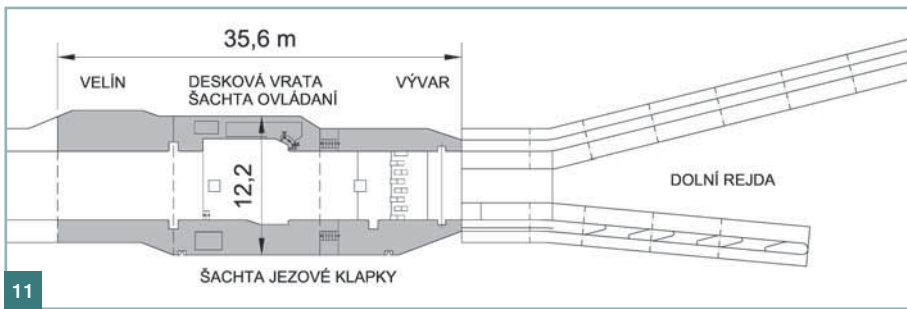
Obr. 6 Dokončené stěny plavební komory – střední část

■ Fig. 6 Completed concrete walls of the lock chamber – middle part

Obr. 7 Tvar horního ohlaví

■ Fig. 7 Shape of the top gate chamber



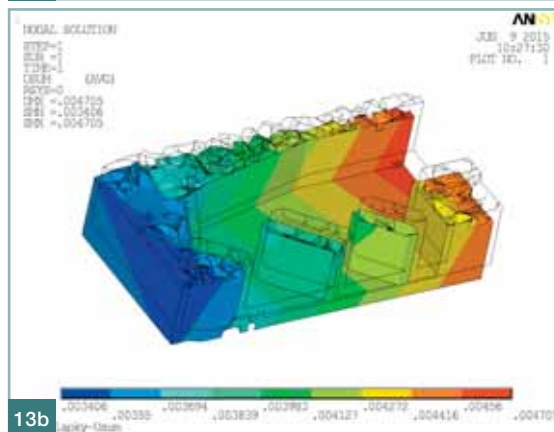
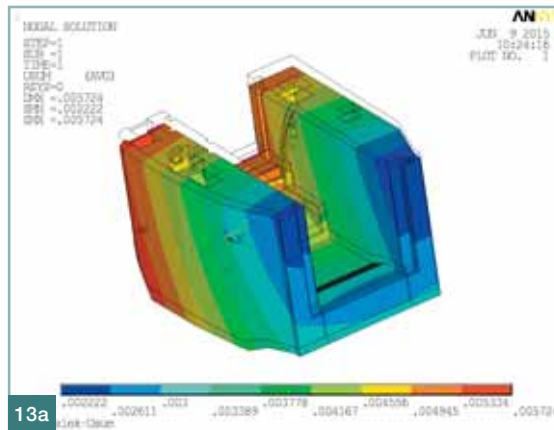


o délce 10 m každého z nich. Dno plavební komory je na kótě 349,4 m n. m. a dále se snižuje směrem k čerpací jírnice v dolním ohlavi ve sklonu 0,5 %. Tloušťka základové desky dna i tloušťka stěn je 2 m (obr. 3) a plavební komora tak v typickém řezu vytváří klasickou polorámovou konstrukci – stěny jsou vetknuté do základové desky.

Nejprve bylo prováděno armování a betonáž základové desky (obr. 4a a 4b), poté následovala betonáž stěn (obr. 5 a 6), která probíhala ve dvou pracovních záběrech (výšky 2,5 m nad deskou a výšky cca 4,5 m). Zhotovení stěn, zejména jejich bednění, bylo komplikované vzhledem k řadě nik pro obložení kamenem, výklenkům pro žebříky, zaobleným hranám apod. Do armoakošů bylo též nutné osadit řadu zámečnických výrobků. Veškeré hrany zapuštěných nik, horní vodorovné hrany zdí a ostatní ostré hrany v komoře jsou též opatřeny opancěrováním. Pro vyvazování plavidel je plavební komora vybavena pacholaty na koruně zdí, vázacími trny ve stěnách, vyvazovacími tyčemi,

vázacími kruhy a pěti žebříky osazenými v zapuštěných nikách (obr. 6). Vlastní plato je převýšeno 1 m nad maximální plavební hladinu a je ve sklonu 2 % směrem ven z komory.

Horní ohlaví představuje z hlediska nároků na bednění a výztuž tvarově značně komplikovaný prostorový celek. Je zde navržen klapkový uzávěr, obtok a několik obslužných šachet (obr. 7). Ve vztyčené poloze je klapka pomocí profilované pryže dotěsněna k ocelové šavli (obr. 8 a 9). Plnění plavební komory je zajištěno pomocí pravostanného krátkého obtoku s provizorním hrazením, česlemi a stavidlovým uzávěrem. Průřez obtoku má rozměry 1,5 × 1 m, přičemž kvůli optimálnímu hydraulickému proudění vody se průřez obtoku u výtoku rozšiřuje na 3,95 × 1 m a je navíc vybaven dvěma usměrňovacími tloušťkami 300 mm na celou výšku výtoku (obr. 10). Provizorní hrazení i stavidlový uzávěr jsou umístěny každý ve vlastní šachtě. Součástí levé zdi horního ohlaví je vodotěsná šachta s rozměry 6,8 × 1,5 m se dvěma poklopy, která





14

Obr. 8 Montáž klapky horního ohlaví
 ■ Fig. 8 Assembly of the top sluice gate

Obr. 9 Sklopená klapka a provizorní hrazení horního ohlaví
 ■ Fig. 9 Opened top sluice gate

Obr. 10 Nátok ve stěně horního ohlaví
 ■ Fig. 10 Culvert in the concrete wall of the top gate chamber

Obr. 11 Půdorys dolního ohlaví
 ■ Fig. 11 Layout of the bottom gate chamber

Obr. 12 Montáž vrat dolního ohlaví
 ■ Fig. 12 Assembly of the bottom sluice gate

Obr. 13 a) Výpočtový model horního ohlaví, b) detail – obtok s usměrňovači
 ■ Fig. 13 a) Structural analysis of the top gate chamber – total displacement, b) detail of the structural model – total displacement

Obr. 14 Stěny dolní rejdy
 ■ Fig. 14 Walls of the lower approach

Obr. 15 Dokončená komora a levobřežní koridor
 ■ Fig. 15 Completed lock chamber and the left side corridor

slouží jako strojovna pro ovládání klapky komory a klapky levobřežního koridoru.

Dolní ohlaví je tvořeno třemi dilatačními bloky (obr. 11) a jeho celková délka je 35,6 m. Prostor mezi plavební komorou a jezem je oddilátován. Opět se jedná o tvarově značně komplikované díly. Na prvním dilatačním bloku je umístěn velín, v druhém dilatačním bloku jsou osazena desková vrata (obr. 12) a třetí dilatační blok je s vývarem. Desková vrata mají dva otvory pro přímé prázdnění 0,45 x 2,05 m a konstrukce vrat je opřena do výklenku ve zdech dolního ohlaví. Hrazení otvorů je řešeno stavidlovými uzávěry poháněnými hydraulickými servoválci osazenými přímo na vratech. V levé zdi je vrátňový výklenek rozměrů 7,75 x 1,1 m, do kterého jsou zasunuta vrata při jejich otevření. V pravé zdi je menší vrátňový výklenek o rozměrech 4 x 0,4 m. Do levé zdi druhého dilatačního bloku dolního ohlaví je zabudována vodotěsná šachta s pohybovacími mechanismy deskových vrat rozměrů 6,7 x 1,46 m a vodotěsná šachta s agregátem pohybovacího mechanismu dolních vrat. Její rozměry jsou 1,1 x 2,1 m. V pravé zdi druhého dilatačního bloku dolního ohlaví se nachází vodotěsná šachta pro ovládání klapky jezového pole. Za deskovými vraty ve třetím dilatačním bloku je umístěn vývar s betonovými rozražeči k tlumení kinetické energie vody vytékající z komory. Vývar je tvořen stejně jako zdi plavební komory polorámovou konstrukcí.

STATICKÉ ŘEŠENÍ KOMORY

Statický výpočet typického řezu komory byl řešen pomocí programu SCIA CZ jako prutová rovinná, alternativně desková úloha v interakci s podložím. Ke statické analýze horního ohlaví plavební komory, při uvažování interakce se zemním prostředím, je použit výpočtový systém ANSYS (obr. 13a a 13b, [5]).

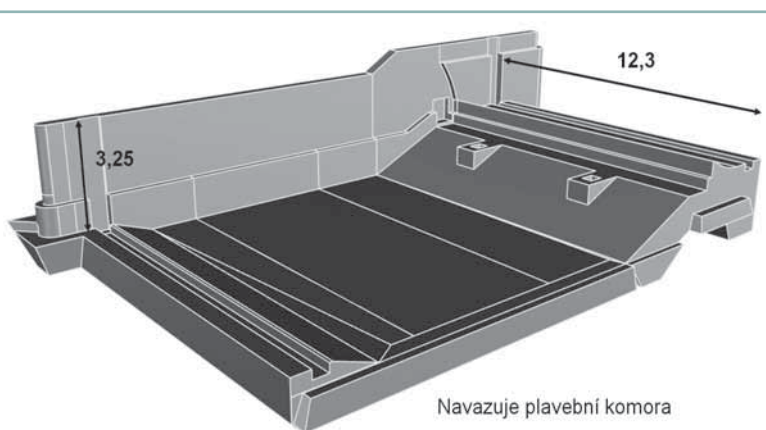
Modely respektovaly dané provozní hladiny vody v komoře a maximální a minimální plavební hladinu horní a dolní. Současně bylo uvažováno, že plavební komora může být ve zvláštní situaci (např. oprava) i zcela bez vody. Mimořádný důraz byl proto věnován zajištění stability plavební komory vůči vztlaku vody, který by mohl vyvolat vyplavání konstrukce. Bylo prokázáno, že vyplavání prázdné plavební komory je vyloučeno, neboť konstrukce je na-

vržena masivní tížná. Kromě vlastní tíhy konstrukce bylo pro výpočet uvažováno zatížení stěn komory zevnitř tlakem vody od zaplněného kanálu, obdobně vodou zvenčí, příp. zemním tlakem. Zatížení na pachole bylo uvažováno ve formě osamělé síly 60 kN a byla zohledněna i lokální zatížení od klapky a vrat. Nedílnou součástí návrhu bylo zohlednění reologických účinků betonu (zejména smršťování) a účinků od hydratačního tepla a nerovnoměrného oslunění konstrukce.

Konstrukce je vyztužena pravidelně při obou površích a v obou směrech betonářskou výztuží B500B. Komoře je navržena z betonu C30/37-*XC2*, *XF3*, *XA2* s požadovanou životností 100 let. Betony obtoku plnění plavební komory a šachta provizorního hrazení byly navíc navrženy třídy *XM3*.



15



16



18



17

Mezi plavební komorou a pevným jezem je navrženo **jezové pole** o světlosti 12 m (obr. 16 až 18), jehož účelem je regulace (stabilizace) úrovně horní hladiny jezové zdrže. Jezové pole navazuje na pravou zeď plavební komory a je odděleno od navazujícího obnoveného pevného jezu přímým pilířem. Pohyblivý jezový uzávěr tvoří troubová klapka, která je osazena do konstrukce Jamborova prahu tvořícího spodní část jezového tělesa. Klapka je pohybována jednostranně ze šachty umístěné ve zdi plavební komory, která tvoří levobřežní pilíř jezu. Vodní skok bude stabilizován ve vývaru.

OSTATNÍ OBJEKTY

Součástí stavebního objektu **dolní rejd** jsou dělicí zdi, opevnění břehu, prohrábky dna, schodiště pro vodáky, vázací prvky a písčité pláž. Dolní rejda a čekací stání pro návrhové plavidlo je chráněno oboustrannými dělicími zdmi. Jedná se o železobetonové konstrukce ve tvaru obráceného T široké 1 m. Obě dělicí zdi jsou železobetonové z betonu C30/37-XC2, XF3, XM1, XA2-T100, s výztuží z oceli B500B. Dilatační spáry dělicí zdi jsou navrženy jako netěsněné. Konstrukce zdí jsou rozděleny na bloky. Levá dělicí zeď je rozdělena na osm bloků a pravá na pět bloků (obr. 14). V pravé zdi jsou navržena tři průtočná okna. Tyto hydraulicky vhodné otvory jsou umístěny u dna a slouží k usměrnění proudění před zhlavím a snižují příčné rychlosti v plavební dráze. Výška otvorů je 1 m. Zdi jsou ze stran zajištěny těžkým kamenným záhozem z lomového kamene.

Součástí stavebního objektu **horní rejd** je levá dělicí zeď, levá a pravá svodidla, stabilizace dna před horním ohlavím plavební komory, opevnění břehu, prohrábky dna, schodiště pro vodáky a vá-

zací prvky. Z hlediska betonových konstrukcí je nejvýznamnější levá dělicí zeď, která je navržena jako železobetonová konstrukce ve tvaru obráceného T. Základ zdi je široký 3,5 m a vysoký 1 m. Konstrukce je rozdělena po délce netěsněnými dilatačními spárami na pět bloků. Ve zdi jsou navržena tři průtočná okna. Tyto hydraulicky vhodné otvory jsou umístěny u dna a slouží k usměrnění proudění před zhlavím a snižují příčné rychlosti v plavební dráze.

Stavební objekt **levobřežního koridoru** zahrnuje vybudování samostatného koryta v prostoru mezi levobřežní zdí navrhanou plavební komory a levobřežní hranou koryta Vltavy. Toto koryto bude spojit nadjezí nově navrhovaného jezu s jeho podjezím. Koridor bude plnit několik funkcí. Základním účelem je umožnit migraci ryb v toku, tj. přechod z dolní do horní vody a naopak, a bude využitelný i při převádění povodňových průtoků (obr. 15). V prostoru nátku do koryta je osazen vtokový objekt (dvě pole s pohyblivým jezovým uzávěrem vzájemně oddělené železobetonovým pilířem tloušťky 1 m), který umožní dle potřeby požadovanou manipulaci.

19



20



Obr. 16 Tvar betonových konstrukcí jezového pole ■ Fig. 16 Shape of the concrete structures of the weir

Obr. 17 Stavba jezového pole ■ Fig. 17 Weir under construction

Obr. 18 Dokončené jezové pole ■ Fig. 18 Completed weir

Obr. 19 Dokončená plavební komora ■ Fig. 19 Completed lock chamber

Obr. 20 Pohled na dokončený velín ■ Fig. 20 View of the control room

Obr. 21 Pohled na dolní rejd ■ Fig. 21 View of the lower approach

Literatura:

- [1] BOŘÍKOVÁ, K. Dokončení vltavské vodní cesty v úseku VD Hněvkovice – Týn nad Vltavou s novou plavební komorou u jezu Hněvkovice. *Zakládání*. 2016, č. 4.
- [2] AQUATIS. *Plavební komora u jezu Hněvkovice, Modernizace jezu Hněvkovice SO 01 Plavební komora*. Realizační dokumentace. AQUATIS, a. s., 2015.
- [3] BUKOVSKÝ, J. Dokončení splavnění Vltavy do Českých Budějovic. *Stavebnictví*. 2017, č. 12.
- [4] KAPOUN, M. Zajištění stavební jámy Plavební komora u jezu Hněvkovice a souvisejících objektů. *Zakládání*. 2016, č. 4.
- [5] ZICH, M., KRATOCHVÍL, M., PĚNČÍK, J. *Statický výpočet plavební komory Hněvkovice*. Brno, 2010.



21

Jezový práh je spodní stavba klapkového jezu. Jedná se o masivní betonový objekt stabilizovaný návodním ozubem. Tvar jezového prahu odpovídá následně osazené pohyblivé jezové konstrukci, kterou je troubová klapka. Jezový práh zahrnuje Jamborův práh výšky 450 mm, pod kterým je „schována“ výztužná dolní trouba klapky. Do vývaru přechází jezový práh sklonem 1 : 2,4. V jezovém prahu jsou vytvořeny dva podpurné pilířky sklopené klapky.

Jezový práh je v dilataci k plavební komoře těsněn pryžovým pásem. Konstrukce prahu je pevně, bez dilatace, spojena s vnitřní nosnou výztuží horní částí jezového pilíře. Pracovní spáry konstrukce jsou těsněny bobtnavým páskem. Na jezový práh navazuje objekt desky vývaru. Dilatace je šikmá se vzepřením bez těsnění. Vývar je tvořen vývarovou deskou a částí jezového pilíře. Vývarová deska je železobetonová konstrukce základní tloušťky 0,60 až 0,65 m zakončená prahem vývaru. Hloubka vývaru je 0,45 až 0,5 m.

Založení jezového pole je realizováno plně na skalním pararulovém podloží. Zazubení jezového prahu do skal-

ního podloží vytváří dostatečnou stabilitu proti posunu jezového pole. Vztlak v podzákladí bude záviset na puklinatosti skalního podloží. Pro eliminaci vztlaku jsou proto navrženy odlehčovací otvory železobetonové desky DN 110. Základová spára pod železobetonovou deskou skluzu je tvořena dobře ztuhnutou vrstvou štěrkodrtě frakce 0–63 mm tloušťky 200 mm, která slouží jako drenážní vrstva svádějící puklinovou vodu v základové spáře do odlehčovacích otvorů.

ZÁVĚR

Betonové konstrukce představovaly významnou část celé stavby plavební komory. Celkový objem betonu použitý na stavbě byl 7589 m³, z toho 5570 m³ připadalo na plavební komoru. Společným úsilím dodavatele, projektanta a dalších účastníků se stavbu podařilo v loňském roce úspěšně dokončit. Umožnilo se tak splavnění celé jihočeské Vltavy až do Českých Budějovic (obr. 19, 20 a 21) a nová vodní cesta umožňuje nerušenou plavbu na 98 km od hráze přehrady Orlík, pro menší lodě dokonce i z Prahy.

Investor	Ředitelství vodních cest ČR
Architektonické řešení	Atelier 8000, s. r. o.
Generální projektant	AQUATIS, a. s.
Projektant zakládání	FG Consult, s. r. o.
Zhotovitel	Společnost Hněvkovice – Metrostav, Zakládání staveb

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Fakulta stavební VUT v Brně
e-mail: zich.m@fce.vutbr.cz



Jan Prokeš
Metrostav, a. s.
e-mail: j.prokes@metrostav.cz



Ing. Kateřina Boříková
AQUATIS, a. s.
e-mail: katerina.borikova@aquatis.cz



Ing. Jan Koláček, Ph.D.
Fakulta stavební VUT v Brně
e-mail: kolacek.j@fce.vutbr.cz

