



1

PŘESTAVBA HISTORICKÉHO KAMENNÉHO MOSTU NA ZDVIŽNÝ NA PLAVEBNÍ KOMOŘE HOŘÍN U MĚLNÍKA

RECONSTRUCTION OF THE HISTORICAL STONE BRIDGE INTO A LIFTING BRIDGE AT THE WATER LOCK HOŘÍN NEAR MĚLNÍK

Jan Blažek, Jakub Šmejkal, Radek Navrátil

Článek popisuje návrh a postup unikátní přestavby historického mostu na dolním ohlavi památkově chráněné plavební komory Hořín u soutoku Vltavy a Labe nedaleko Mělníka. Tento kamenný klenbový most bylo nutné přestavět na most se svislým zdvihem 5 m a přitom zachovat jeho původní vzhled. „Zapadnutí“ tvarově komplikovaného mostu do spodní železobetonové stavby obložené kamenem prověřilo inženýrské a stavařské schopnosti všech zúčastněných.

The article describes the design and process of the unique reconstruction of the historic bridge at the lower head of the Hořín Lock chamber, which is under monument protection, close to the confluence of the Vltava and Elbe Rivers near Mělník. This stone arch bridge had to be rebuilt into a bridge with a vertical lift of 5 m while preserving its original appearance. The “fitting” of the complicated bridge into the underlying reinforced concrete structure lined with stone tested the engineering and construction skills of all involved.

Investor	Ředitelství vodních cest ČR
Správce a provozovatel	Povodí Vltavy, státní podnik
Generální projektant RDS	Valbek, spol. s r. o.
Projektant mostu a VTD ocelové konstrukce	V – CON, s.r.o.
Dodavatel stavby	Metrostav, a. s.
Zhotovitel ocelové konstrukce	OK-BE, spol. s r. o.
Realizace stavby	1. 1. 2019 – 30. 5. 2021

V sobotu 18. září 2021 přes plavební kanál Vraňany–Hořín na Vltavě poprvé proplula největší česká osobní loď Florentina. Byly tím slavnostně dokončeny stavební práce na modernizaci velké plavební komory Hořín i přestavba sedmi zdvižných mostů, které nyní umožňují proplutí až 7 m vysokých lodí přes celý plavební kanál.

Součástí projektu byl i zdvižný kamenný most na plavební komoře Hořín

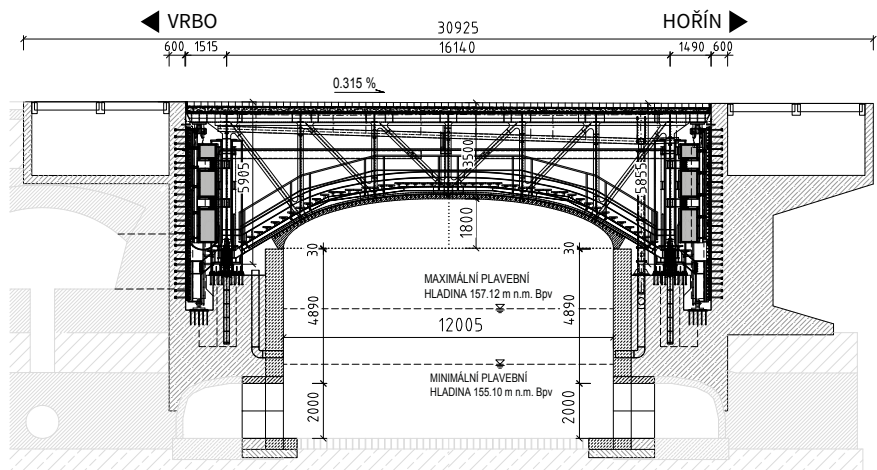
zachovávající jedinečnou architekturu památkově chráněného zdymadla. To se nachází u soutoku Vltavy a Labe na konci 10 km dlouhého laterálního kanálu Vraňany–Hořín, který umožňuje splavnit poslední část toku řeky Vltavy před soutokem. Zdymadlo vyrovnává rozdíl hladin řek, který je zde přes 8 m, a bylo postaveno v rámci stavby celého kanálu v období Rakouska-Uherska v letech 1902 až 1905.

Návrh stavby

Úpravou zdymadla Hořín byla dotčena pouze velká plavební komora. Tato úprava spočívala ve zvýšení podjezdné výšky pod přemostěním dolního ohlavlí ze stávajících cca 2,1 m nad nejvyšší plavební hladinou na 7 m zdvihací konstrukcí a zároveň v rozšíření užité šířky průjezdného profilu horního a dolního ohlavlí z 11 na 12 m. Do malé plavební komory stavba nezasáhla.

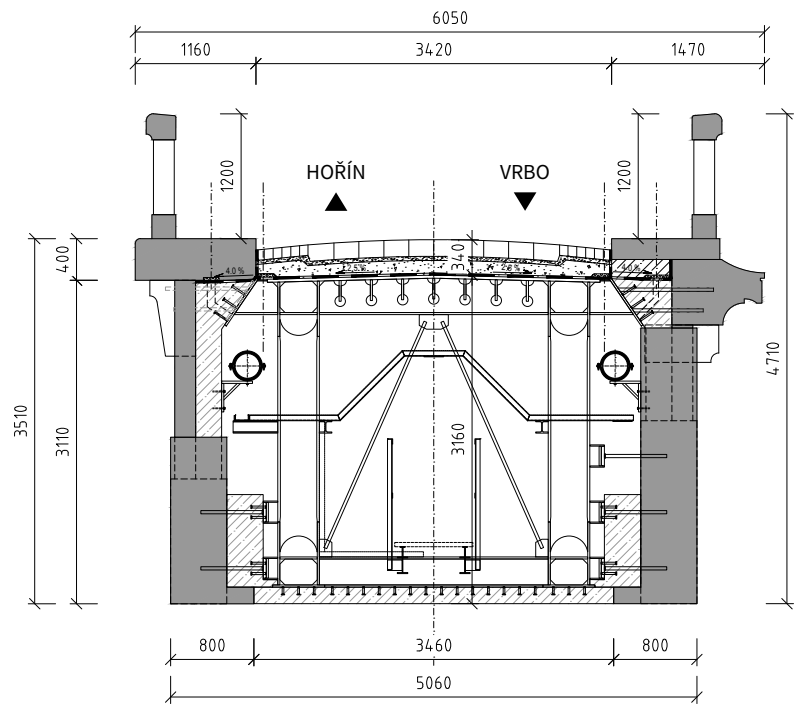
Vzhledem ke skutečnosti, že plavební komory Hořín jsou spolu s plavebním kanálem Vraňany–Hořín zapsány na seznamu nemovitých kulturních památek, bylo jediným možným řešením, se kterým památkáři vyslovili souhlas, použití zdvižné mostní konstrukce. Ta mohla být navíc použita pouze pro přemostění jedné plavební komory, resp. velké plavební komory, aby se minimalizoval zásah do stávající památkově chráněné stavby. Zvolené řešení je založeno na principu posuvného svislého zdvihu 19,1 m dlouhého mostního pole a současně zachovává původní kamenné části konstrukce, přičemž vnitřní železobetonová část mostu byla nahrazena ocelovou příhradovou konstrukcí, na kterou byla původní kamenná konstrukce znovu použita jako masivní obklad. Propojení ocelové konstrukce s kamenem zajišťuje spráhující vrstva železobetonu. Ocelová kostra je zdvihána čtyřmi hydraulickými písty a její poloha během zdvihání je kontrolována ocelovými vodičky, která, podobně jako u běžných osobních výtahů, zajišťují bezpečnost celé konstrukce, a systémem elektronického monitoringu polohy. Díky tomuto řešení zůstal při spuštění mostní konstrukci zachován původní vzhled dolního ohlavlí a zároveň plně zdvižení zajišťuje minimální podjezdnou výšku 7 m nad nejvyšší plavební hladinou. Zmiňovaná úprava

PODÉLNÝ ŘEZ VE SPUŠTĚNÉ POLOZE



2

PŘÍČNÝ ŘEZ UPROSTŘED ROZPĚTÍ

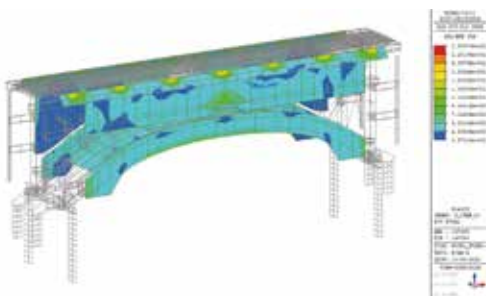


3

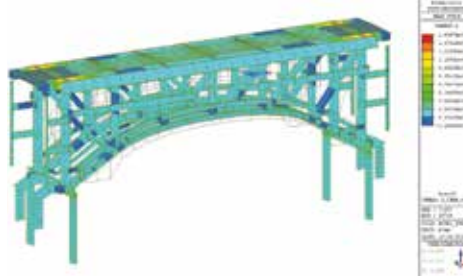
1 Plavební komora Hořín s mělnickým zámekem v pozadí 2 Podélný řez v ose mostu 3 Příčný řez ve středu rozpětí 4 Výpočetní model napětí: a) beton, b) pruty M_y , c) pruty N_x

1 Hořín Lock with Mělník Castle in the background 2 Longitudinal section in the bridge axis 3 Cross section in the middle of the span 4 Computational stress model: a) concrete, b) M_y members, c) N_x members

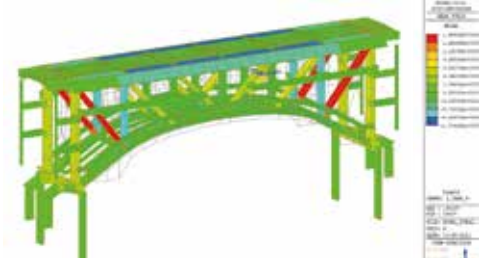
4a



4b



4c





5



6



7



8

vyžadovala rovněž výstavbu nových železobetonových skrytých opěr a konstrukce pro zakotvení nových ocelových vrat zdymadla.

Stavba řešila i rozšíření užité šířky průjezdného profilu dolního ohlaví rozšířením západního mostního oblouku natočením svislých stěn mostních pilířů, tzn. odbourání západního oblouku a západní stěny a vytvoření nového oblouku jiného poloměru a konstrukce. Principem této varianty je šikmý průjezd návrhového plavidla. Svislé stěny mostních pilířů jsou proto natočeny o 2°. Zároveň bylo provedeno i rozšíření užité šířky průjezdného profilu horního ohlaví z 11 na 12 m rozšířením horního ohlaví směrem do levého (západního) břehu.

Konstrukce mostu

Při volbě typu konstrukce musel být brán ohled nejen na požadavky technické a konstrukční, ale i na požadavky památkářů. Způsob výroby konstrukce musel zaručit, že ji bude možné vyrobit přesně, resp. s minimálními odchylkami. Konstrukce musela mít vysokou

tuhost, musela eliminovat rizika poškození kamenného obkladu, musela zajistit ukotvení částí kamenného zdiva na boku mostu a mostovce a zároveň měla vést k co možná nejmenší celkové hmotnosti mostu.

Uvedené požadavky nejlépe splnila příhradová ocelová konstrukce s integrovanými betonovými pasy a deskou klenby, sloužícími pro zakotvení kamenného obkladu z původního mostu. Železobeton pak pomohl zvýšit tuhost mostu.

Vnitřní nosná konstrukce zdvižné části je prostě podepřená ocelová celosvařovaná příhradová konstrukce s horní ortotropní mostovkou. Horní a dolní pásy příhrady jsou pravidelného komůrkového průřezu. Horní pás je přímý, na konci příhrady vykonzolovaný pro uložení na hydraulický lis, v místě konzoly je zesílený náběhem. Dolní pás je zaoblený ve tvaru kamenné klenby (eliptického tvaru) a v místě uložení má proměnnou výšku. Ke styčnickovým plechům jsou připojeny svislice a diagonály pravidelného otevřeného I-průřezu.

5 Rozebírání původního kamenného mostu
6 Výstavba opěr **7** Ocelová konstrukce v mostárně **8** Opěrná konstrukce pro montáž a betonáž mostu **9** Osazení mostu jeřábem Liebherr **10** Ocelové jádro po osazení **11** Spouštění rozestavěné konstrukce do spodní polohy

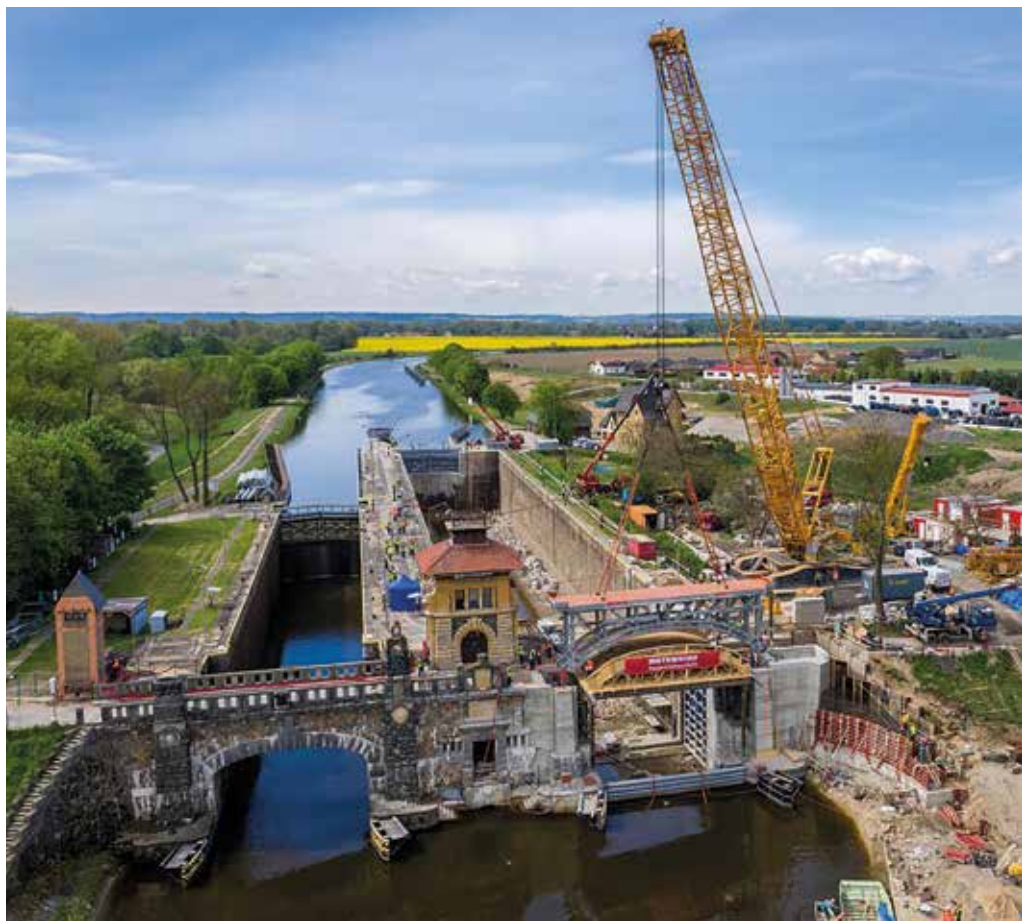
5 Dismantling the original stone bridge
6 Construction of abutments 7 Steel structure in the bridge building shop 8 Abutment structure for the assembly and concreting of the bridge 9 Fitting the bridge with a Liebherr crane 10 Steel core after installation 11 Lowering the erected structure to the down position

Krajní diagonály mají větší šířku pásnic a v místě uchycení ochrany proti pádu jsou doplněny výztuhami. Horní pás příhrady tvoří spolu s podélníky, příčníky a mostovkovým plechem ortotropní mostovku. Příhradové nosníky jsou příčně ztuženy pomocí tažených závěsů a ve spodní části pomocí roštu, který tvoří dolní pásy příhrady a příčníky. Mezipodorové příčníky jsou otevřeného I-průřezu, podporové příčníky jsou uzavřeného průřezu s výztuhami a s prostupy pro pohyblivé části aretace. Pro uložení na lisy, ložiska a aretační podpěry jsou na horním pase, dolním pase a podporových příčnících úložné desky.

Aretace mostu byla ve zdvižené poloze navržena uložení na ocelové podpěry přes otočné trámy. Ocelové podpěry jsou ukotveny do spodní stavby a jsou vždy ze dvou stojek tvořených uzavřenými profily a příčným rámovým ztužením. V podélném směru působí stojky staticky jako konzola, aby mezi nimi byla umožněna dilatace mostu.

Na krajní boční ocelové příhradové nosníky je zavěšena podpůrná železobetonová konstrukce, do které jsou ukotveny původní kamenné bloky. Spřahující pásy železobetonových stěn jsou umístěny na boky horních pásů příhrady a do horní i dolní části svislic a diagonál. Spřažení betonu je provedeno také pomocí spřahujících trnů, v horní části jsou zřízeny prostupy pro odvodnění a kabely k plavebnímu značení. V podhledu je provedena železobetonová klenba, která vytváří podlahu konstrukce a která také most ztužuje v příčném směru. Spodní hrana klenby je od spodní stavby oddělena vzduchovou mezerou, aby nedošlo k dosednutí klenby na kamenné zdivo.

Vedení mostu, které slouží pro zajištění jeho polohy v průběhu zdvihání a ve vysunuté poloze, je podélné a příčné, vždy po obou stranách. Podélné vedení je zajištěno pomocí vykonzolovaných vodicích trámeků z čela podporových příčniců. Trámky jsou navrženy tak, aby nekolidovaly se spodní stavbou a ochranou proti pádu. Vedení trámeků na straně Vrbno je pevné, na straně Hořín je umožněn podélný posun. Příčné vedení je zajištěno pomocí vykonzolovaných vodicích trámů z boků podporových příčniců. Trámy jsou zapuštěny do šachet ve spodní stavbě. Vedení trámů je pevné v příčném směru, v podélném



9

ném je umožněn posun a natočení. Vodicí profily tvoří T-kolejnice příslušného tvaru. Aby nebyly vodicí trámy ovlivněny historií deformace konstrukce při výstavbě, jsou s ocelovou konstrukcí spojeny dodatečně pomocí montážního šroubového spoje. Vodicí lišty jsou ke spodní stavbě ukotveny pomocí kotevních šroubů, vodicí kolejnice jsou vedeny v nylonových vodicích vložkách. Aby se omezil nepříznivý přenos vibrací do spodní stavby, jsou ve vodicích lištách umístěny antivibrační tlumicí podložky.

Obloukový zdvižný most je tvořen cca 100 t ocelové příhradové konstrukce a cca 300 t repasovaného kamenného obkladu včetně zábradlí a vozovky.

Hydraulický systém zvedání mostu je zajištěn dvěma nezávislými hydraulickými okruhy, zvláště pro levou a pravou stranu mostu. Každý okruh sestává z hydraulického agregátu umístěného ve strojovně, ze dvou hydraulických válců umístěných v mostové šachtě a z propojovacích

10



11





12

prvků mezi strojovnou a mostovou šachtou. Agregáty slouží pouze pro pohon mostu.

Maximální axiální zatížení čtyř hydraulických válců je 4×210 t po započítání nerovnoměrnosti zatížení, třecích sil od vedení, vlivu vnějších sil, jako je vítr a vrstva sněhu na mostovce, a silové rezervy. Radiální zatížení válce není povoleno a je částečně eliminováno kloubovým ložiskem ve dně válce i na konci písní tyče. Zdvih mostu má tři varianty rychlosti, běžná provozní rychlost zdvihu je 5 min, pomalá servisní rychlost je 15 min a v případě nutnosti je možné most expresně zdvihnout za 2,5 min.

Obě opěry jsou masivní monolitické ze železobetonu a jsou tvořeny stávající spodní stavbou zesílenou mik-

ropilotami, na ní umístěným úložným prahem, závěrnou zídou a pod vozovkou na předmostí skrytými komorami pro hydraulické agregáty a centrální server řízení zdvihu a monitoring polohy konstrukce.

Celá nosná konstrukce a spodní stavba byly analyzovány v softwaru Midas Civil, byl vytvořen komplexní prostorový kombinovaný prutový a deskostěnový model zahrnující ocelové i betonové části konstrukce. Obložení kamenem bylo modelováno jako balast.

Postup výstavby

Na začátku roku 2019 začali kameníci rozebírat a číslovat historické zdivo. Vzhledem k tomu, že všechny kameny obložení mostu tvořící pohledové plochy bylo nutné v maximální možné mí-

ře vrátit do původní podoby, musel být zvolen vhodný způsob jejich demontáže. Kvůli minimalizaci poškození bylo kyklopské a klenbové zdivo odřezáno stěnovými pilami a diamantovými lany v požadované budoucí tloušťce. Takto rozebrané kameny byly zdokumentovány, očíslovány a připraveny pro budoucí použití. Veškeré práce na demontážích, stejně jako na zpětných montážích kamenného obkladu probíhaly pod dohledem odborníků Národního památkového ústavu. S nimi byly konzultovány potřebné technologické a pracovní postupy, abychom minimalizovali případná nezvratná poškození, která by nám znemožnila vrátit dílo do podoby co nejvíce odpovídající stavu před stavebními úpravami.

Součástí stavby bylo i rozšíření a výměna vrat plavební komory. Po úpravách komory byla osazena nová vrata a zároveň bylo provedeno i provizorní podsukružení mostu. Toto podsukružení bylo navrženo tak, aby dokázalo podepřít konstrukci mostu a zároveň umožnilo podplutí lodí během hlavní sezony, kdy byla velká plavební komora ve zkušebním provozu. Hlavní prvek podsukružení představovalo bednění spodní betonové klenby mostu. Po provedení této konstrukce se na připravené aretační sloupy nové mostní konstrukce namontovala ocelová konstrukce mostu.

13





14

12 Pohled na spuštěný most **13** Pohled na zdvižený most při vypouštění plavební komory
14 Velín řízení plavební komory a mostu
 12 View of the lowered bridge 13 View of the raised bridge during the launching of the lock
 14 Lock and bridge control centre

Ocelová konstrukce byla rozdělena na tři montážní díly. Jednotlivé díly byly dovezeny na stavbu, kde byly osazeny na dočasnou podpěrnou konstrukci a svařeny montážními svary do definitivní podoby. V dubnu 2020 bylo za pomoci jednoho z největších mobilních jeřábů v ČR Liebherr LR 1750 osazeno ocelové jádro nového zvedacího mostu. Jeřáb musel přesunout ocelovou konstrukci o váze cca 80 t na vzdálenost cca 40 m.

Před osazením mostu bylo nutné mít ve výklencích pilířů mostu osazeny hydraulické válce. Dodatečně namontovat válce o výšce 6 m a Ø 400 mm by bylo velmi složité. Ačkoli konstrukce mostu a okolních konstrukcí umožňuje budoucí výměnu válců, zvolena byla varianta s osazením před montáží mostu. Po ukončení plavební sezony ve velké plavební komoře bylo podsukružení mostu demontováno a most byl na konci října 2020 spuštěn do své základní polohy.

Poté probíhaly práce na mostovce a převážně kamenném vybavení – původních kamenných římsách, chodnicích, vozovce a dalších historických prvcích. Značně komplikované bylo kompletní zapojení celého systému řízení zdvihu a monitoringu polohy mostu na počítačem řízený okruh a jeho seřízení s požadovanou přesností v jednotkách milimetrů. Samotnému uvedení do provozu předcházelo mnoho zkušebních zdvihů a měření geometrie mostu i regulace tlaku v hydraulickém systému.

Závěr

Výstavba zdvižného mostu byla hodi-nářská práce, při níž bylo nutné více než u běžných mostních konstrukcí dbát na přesnost výroby a sestavení jednotlivých částí v řádech jednotek milimetrů, aby při zdvihu několikasetunové konstrukce nic „nedrhlo“. Náročné rovněž bylo si prostorově představit a zkoordinovat „zapadnutí“ tvarově komplikovaného mostu do železobetonové spodní stavby obložené kamenem. Celá stavba prověřila inženýrské schopnosti všech zúčastněných tak jako málokterá jiná.

V předcházejících desetiletích musely posádky vyšších lodí pro proplutí komorou rozebírat celé nástavby a kormidelny. Největší moderní kajutové lodě končily svou plavbu proti proudu v Mělníku a do Prahy již nepropluly. Také pro dopravu vyšších nákladů byla Vltava uzavřená. Podjezdná výška na zdymadle Hořín totiž někdy klesala až na 2,1 m.

Odvážnou myšlenku zachovat vzhled památky z roku 1905 a zároveň zkvalitnit vodní cestu pro požadavky 21. století se podařilo zrealizovat díky vynikající práci projektantů a stavbařů. Vzniklo tak unikátní dílo, které nejenže prospěje dopravě, ale zároveň má potenciál stát se vyhledávanou turistickou atrakcí.

Projekt byl financován EU v rámci programu s názvem Nástroj pro propojení Evropy – doprava (CEF) a Státním fondem dopravní infrastruktury; společně s modernizací rejd plavební komory Praha-Štvanice šlo o první projekty vodních cest v České republice financované nástrojem CEF.

Fotografie: archiv společnosti V – CON a Valbek



Ing. Jan Blažek
 V – CON, s.r.o.
 jan.blazek@v-con.cz



Ing. Jakub Šmejkal
 V – CON, s.r.o.
 jakub.smejkal@v-con.cz



Ing. Radek Navrátil
 Valbek, spol. s r. o.
 radek.navratil@valbek.cz