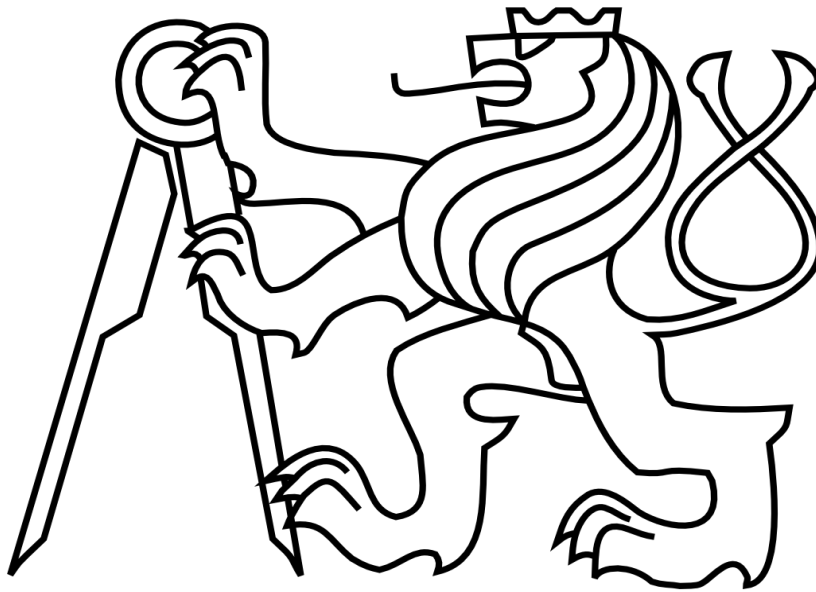


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

ZDVIŽNÝ MOST V TÝNĚ NAD VLTAVOU

Vypracoval: Bc. Jakub Vůjtěch

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

7.1.2018

Seznam příloh

- Teoretická část
- Technická zpráva
- Statický výpočet
- Výkresová dokumentace

Obsah výkresové dokumentace:

- 1.1 Situace, Stávající stav
- 1.2 Půdorys, Stávající stav
- 1.3 Příčný řez, Stávající stav
- 1.4 Podélný řez, Stávající stav
- 1.5 Pohled, Stávající stav
- 1.6.1 Průřezy, Stávající stav
- 1.6.2 Ztužení, Stávající stav
- 1.6.3 Mapa prvků hlavního příhradového nosníku
- 1.6.4 Mapa korozního oslabení prvků hlavního příhradového nosníku
- 2.1 Situace Nový stav
- 2.2 Půdorys, Nový stav
- 2.3.1 Příčný řez, ortotropní mostovka varianta (a)
- 2.3.2 Příčný řez, ortotropní mostovka varianta (b)
- 2.3.3 Příčný řez, Nový stav
- 2.3.4 Příčný řez nad středním pilířem, Nový stav
- 2.4 Podélný řez, Nový stav
- 2.5 Pohled, Nový stav
- 2.6.1 Detail propojení příčnicku a svislice
- 2.6.2 Detail uložení desky na příčník
- 2.6.3 Detail podélné výztuhy
- 2.6.4 Detail podporové výztuhy
- 3.3.1 Příčný řez, fibre line varianta (a)
- 3.3.2 Příčný řez, fibre line varianta (b)
- 4. Výkaz materiálu



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vůjtěch Jméno: Jakub Osobní číslo: 412683
 Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
 Studijní program: Stavební inženýrství
 Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zdvížený most v Týně nad Vltavou
 Název diplomové práce anglicky: The movable bridge in Týn nad Vltavou

Pokyny pro vypracování:
 Variantní řešení úpravy existující konstrukce silničního mostu v Týně nad Vltavou na pohyblivou konstrukci. Po analýze možných řešení rozpracovat zvolenou variantu, provést statický výpočet NK mostu a ověření založení, zpracovat výkresovou dokumentaci hlavních prvků mostu.


Seznam doporučené literatury:
 Ryjáček, P.: Moderní technologie výstavby ocelových mostů. 2014

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 9.10.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


 Podpis vedoucího práce


 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

9.10.2017
 Datum převzetí zadání


 Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 7.1.2018

Jakub Vůjtěch

.....

ANOTACE

Účelem této práce je návrh řešení úpravy existující konstrukce silničního mostu v Týně nad Vltavou na zdvižný most.

V práci jsou zpracovány 4 varianty řešení, po jejich analýze je vybrána ta nejvhodnější. Vybraná varianta řešení je dále podrobně rozpracována. Je provedeno posouzení nosné konstrukce a založení a je vypracována výkresová dokumentace.

Výpočty byly provedeny v souladu se systémem evropských norem zavedených do systému českých norem ČSN EN.

Klíčová slova: Ocelový most, Pohyblivý most, Plavební prostor, Technická památka

The goal of this thesis is to redesign existing steel bridge in Týn nad Vltavou into a movable bridge.

4 different variants of redesign are presented. The most suitable one is chosen and worked on in more detail.

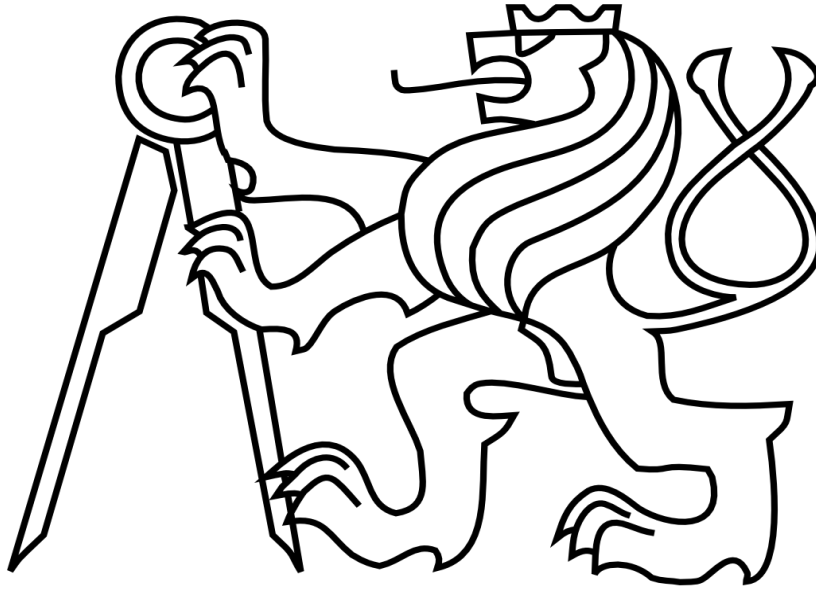
Keywords: Steel bridge, Movable bridge, fairway for boat traffic, Technical monument

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Pavlu Ryjáčkovi, Ph.D. za jeho čas a cenné rady, které mi usnadnily zpracování této práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Diplomová práce

ZDVIŽNÝ MOST V TÝNĚ NAD VLTAVOU

Teoretická část

Obsah

Seznam příloh.....	2
Obsah výkresové dokumentace:.....	2
Seznam obrázků	9
Úvod teoretické části	9
1 Pohyblivé mosty.....	10
1.1 Úvod	10
1.2 Historie	10
1.3 Typy pohyblivých mostů.....	13
1.3.1 Sklopné mosty.....	14
1.3.2 Otočné mosty	16
1.3.3 Zdvihací mosty.....	18
1.4 Navrhování zdvihacího mostu	20
1.4.1 Návrhová kritéria.....	20
1.4.2 Rovnováha mostu.....	20
1.4.3 Mostovka zdvihacích mostů.....	20
1.4.4 Průběh zdvihu mostního pole:	21
1.5 Technologie pohyblivých mostů.....	21
1.5.1 Údržba	22
1.5.2 Hlavní zdvižné nosné prvky	23
1.5.3 Hřídelová ložiska	23
1.5.4 Hřídelové spojky.....	24
1.5.5 Převodovka.....	25
1.5.6 Elektromotor a brzdy.....	26
1.5.7 Hydraulický motor	27
1.5.8 Přímý pohon motoru.....	29
1.5.9 Ruční pohon	29
1.5.10 Podpěry strojní technologie.....	30
1.5.11 Upevňovací prvky	30
1.5.12 Krytí strojní technologie	30
1.5.13 Ovládání pohyblivých mostů	31
1.5.14 Signalizace	31
1.5.15 Mostní zámky	32
1.5.16 Elektrické vedení	33
1.5.17 Mostní operátor	33
1.5.18 Operační místnost	33
1.6 Závěr	34

2	Most v Týně nad Vltavou	36
2.1	Založení města.....	36
2.2	Dřevěný most	36
2.3	Ocelový most	38
3	Seznam použité literatury.....	40

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1	PONT DI SAN FRANCESCO DI PAOLA (TARANTO, ITÁLIE)	11
OBRÁZEK 2	PONT NATIONAL (BREST, FRANCIE).....	11
OBRÁZEK 3	PONT DE LA RECOUVRANCE (BREST, FRANCIE)	12
OBRÁZEK 4	HEATHERWICK'S ROLLING BRIDGE (LONDÝN, ANGLIE)	13
OBRÁZEK 5	MILLENIUM BRIDGE (NEWCASTLE, ANGLIE).....	13
OBRÁZEK 6	MANCHESTER ROAD BRIDGE (LONDÝN, ANGLIE)	14
OBRÁZEK 7	TOWER BRIDGE (LONDÝN, ANGLIE).....	15
OBRÁZEK 8	FORYD HARBOUR BRIDGE (RHYL, WALES).....	15
OBRÁZEK 9	MACOMBS DAM BRIDGE (CITY OF NEW YORK, NEW YORK)	16
OBRÁZEK 10	EL FERDAN BRIDGE (ISMAILIA, EGYPT).....	16
OBRÁZEK 11	EAST HADDAM SWING BRIDGE (EAST HADDAM, CONNECTICUT)	17
OBRÁZEK 12	PUENTE DE LA MUJER (BUENOS AIRES, ARGENTINA)	17
OBRÁZEK 13	DANZIGER BRIDGE (NEW ORLEANS, LOUISIANA)	18
OBRÁZEK 14	PONT JACQUES CHABAN-DELMAS (BORDEAUX, FRANCIE)	19
OBRÁZEK 15	PONT GUSTAVE -FLAUBERT (ROUEN, FRANCIE).....	19
OBRÁZEK 16	PŘEPRAVA OCELOVÉ ČÁSTI KOMOROVÉHO NOSNÍKU, PONT JACQUES CHABAN-DELMAS (BORDEAUX, FRANCIE)	21
OBRÁZEK 17	ZDVIHACÍ LÁVKA S VODICÍMI PYLONY (HLUBOKÁ NAD VLTAVOU, ČESKÁ REPUBLIKA)	23
OBRÁZEK 18	TYPY OZUBENÝCH KOL	25
OBRÁZEK 19	ŠROUBOVÉ USPOŘÁDÁNÍ PŘEVODOVKY	26
OBRÁZEK 20	HYDRAULICKÝ POHON COLEMANOVA MOSTU (YORK RIVER, VIRGINIA).....	28
OBRÁZEK 21	HYDRAULICKÝ AGREGÁT FIRMY ARGO-HYTOS.....	28
OBRÁZEK 22	RETHE-KLAPPBRÜCKE (HAMBURK, NĚMECKO)	29
OBRÁZEK 23	MOTOR TYPU TENV (KOMPLETNĚ UZAVŘENÝ NEVĚTRANÝ MOTOR)	31
OBRÁZEK 24	SVĚTELNÁ SIGNALIZACE ZDVIHACÍ LÁVKY (HLUBOKÁ NAD VLTAVOU, ČESKÁ REPUBLIKA).....	32
OBRÁZEK 25	DOWNTOWN BASCULE BRIDGE (CHICAGO, USA).....	34
OBRÁZEK 26	SKLOPNÝ MOST (ČESKÉ VRBNÉ, ČESKÁ REPUBLIKA)	35
OBRÁZEK 27	POHLED OD STARÉ SOLNICE OD I. LINDAUERA (TÝN NAD VLTAVOU, ČESKÁ REPUBLIKA)	36
OBRÁZEK 28	DOBOVÁ FOTOGRAFIE DŘEVĚNÉHO MOSTU ROKU 1880 (TÝN NAD VLTAVOU, ČESKÁ REPUBLIKA)	37
OBRÁZEK 29	DOBOVÁ FOTOGRAFIE OCELOVÉHO MOSTU OKOLO ROKU 1910 (TÝN NAD VLTAVOU, ČESKÁ REPUBLIKA)	38
OBRÁZEK 30	POHLED NA NÁVODNÍ STRANU, 16.7.2017 (TÝN NAD VLTAVOU, ČESKÁ REPUBLIKA)	39

Úvod teoretické části

Zdvihacích či jinak pohyblivých mostů se na území České republiky příliš nenachází, dá se říci, že takové konstrukce jsou u nás raritou. Pro lepší pochopení problematiky a specifik podobných konstrukcí byla k tématu pohyblivých mostů zpracována esej. Další kapitola teoretické části pojednává o historii mostu a města Týn nad Vltavou.

1 Pohyblivé mosty

1.1 Úvod

Využití pohyblivých mostů bylo odjakživa spíše vzácné. Nicméně v určitých případech byly a jsou stále tím nejlepším řešením. Jedná se o mostní objekty, které umožňují, kromě převedení dopravy přes překážku, jako je tomu u běžných mostů, i dočasné uvolnění prostoru zabraného přemostěním. Obecně je využití těchto staveb spjato s přemostěním vodních ploch, kde díky pohyblivé funkci je umožněna splavnost vodních cest i pro větší plavidla. Převáděné komunikaci se meze nekladou, tato variuje od mostů pro pěší, silniční, železniční až po speciální případy převádění vodních plavidel.

1.2 Historie

Původ těchto speciálních konstrukcí je datován již do období starověkého Egypta. První verze pohyblivých mostů byly vystavěny u jižní hranice Egyptské říše během vlády dvanácté dynastie, dva tisíce let před naším letopočtem. Nejrozšířenější byly mosty sklopné, přemostující uměle vytvořené příkopy před obydlími, obdobné mostům padacím vznikajícím na našem území v období středověku. V záznamech ze 14. století před naším letopočtem je zmíněna výstavba pohyblivých pontonových mostů stavěných na řece Nil.

Kromě starověkého Egypta se tyto mosty stavěly i na území Babylonské říše (dnešní Irák), a to v období 5. století před naším letopočtem. Tato technologie se poté rozšířila na území dnešní Sýrie a odtud poté do Evropy. Za zmínku stojí, že také na území Číny byly objeveny důkazy o užívání pohyblivých mostů, a to zhruba z 9. století.

V Evropě byly hojně užívány již zmíněné mosty padací. Vzhledem k jejich obranné funkci nebylo nutné, aby dosahovaly větších rozpětí.

Jižní Evropa je ovšem místem, které se může pyšnit množstvím zajímavých konstrukcí pohyblivých mostů vznikajících od období středověku až dodnes. Obvyklé byly mosty sklopné a otočné. Stavebním materiálem těchto konstrukcí bylo dřevo, později železo a ocel. Obvykle se využívalo podélných trámů vysunutých jako konzoly nebo zavěšených. Mostovka byla zpravidla dřevěná.

Příkladem zajímavé konstrukce je otočný most v Tarantu, postaven roku 1887 (v roce 1958 došlo k renovaci).



Obrázek 1 pont di San Francesco di Paola (Taranto, Itálie)

Dalším příkladem je otočný most v Brestu (Obr.2), postaven roku 1861. V roce 1944 byl zničen při bombardování města, nahrazen byl roku 1954 novým mostem zdvihacím (Obr.3).



Obrázek 2 pont National (Brest, Francie)



Obrázek 3 pont de la Recouvrance (Brest, Francie)

Objevení nových stavebních materiálů, železa, oceli a betonu umožnilo výstavbu mostů o větších rozpětí. Základní konstrukční typy zůstaly stejné.

Za moderní pohyblivé mosty považujeme mosty vznikající od začátku 20. století. Tyto konstrukce nevyužívaly lidskou sílu, nýbrž místo ní v té době právě vynalezených elektromotorů. Největší výstavba proběhla ve Spojených státech amerických během období mezi světovými válkami.

V posledních letech, vzhledem k pokroku v technologii zvedacích zařízení a kontrolních programů, se tyto druhy mostů používají stále více. Právě zpřesnění a zajištění větší spolehlivosti zvedání/pohybu i bez nutnosti lidského dozoru dělá z pohyblivých mostů v mnohých případech vhodné řešení. Nově užívané hydraulické mechanismy a kontrolní programy zajišťují zpřesnění a větší spolehlivost při pohybu mostu, jejich výroba není příliš komplikovaná a údržba během doby životnosti je bezpečnější a snadněji proveditelná. Vedle pokroku v oblasti technologie se v současné době objevují i mnohá odvážná a zajímavá konstrukční řešení.



Obrázek 4 Heatherwick's rolling bridge (Londýn, Anglie)



Obrázek 5 Millenium bridge (Newcastle, Anglie)

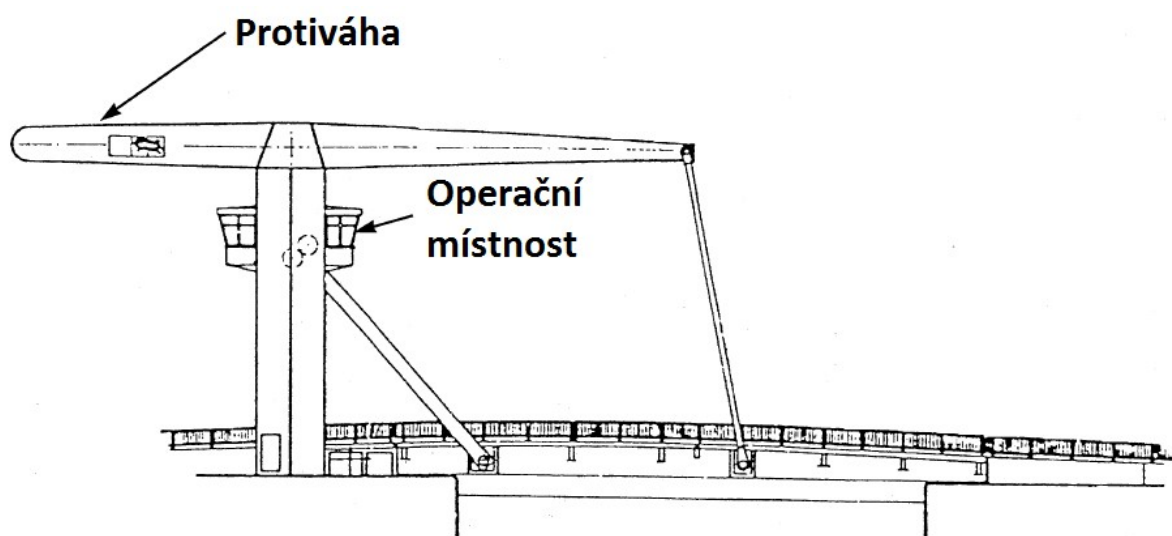
1.3 Typy pohyblivých mostů

Během staletí užívání se ustálily 3 hlavní typy pohyblivých mostů. Jsou to mosty sklopné, otočné a zdvihací. Jiné typy konstrukcí jsou ojedinělé a jedná se většinou o odvážná architektonická díla. V posledních letech vznikla různá extravagantní konstrukční řešení, příkladem je „skládací“ lávka v Londýně nebo naklánějící se most v Newcastlu. Zajímavá řešení se objevují především u mostů pro pěší a cyklisty.

Tato práce popisuje výše uvedené tři hlavní typy pohyblivých mostů a zaměřuje se především na mosty zdvihací.

1.3.1 Sklopné mosty

Sklopné mosty jsou nejznámějším příkladem pohyblivých mostů. Jejich předchůdci jsou středověké mosty padací. Pohyblivost je stejná, jedná se o sklopné pole, které rotuje z horizontální do šikmé roviny. Ve stavu sklopeném, uzavřeném, je na mostě umožněn provoz, po zdvihu do šikmé polohy, otevření, je umožněn provoz na vodní cestě pod mostem. Nejběžnější je jedno pole o dvou stejně velikých sklopných částech. Před počátkem užívání hydraulických mechanismů se běžně využívala pro zdvih mostu protiváha. Na konci sklopných částí se nacházejí zámky pro ukotvení konstrukce při běžném provozu, tj. v uzavřeném stavu. U mostu se nachází tzv. operační místnost, kde probíhá dozor nad zdvihem mostu. Operační místnost musí být vždy umístěna tak, aby z ní bylo možno sledovat jak provoz na mostě, tak i pod ním.



Obrázek 6 Manchester Road bridge (Londýn, Anglie)



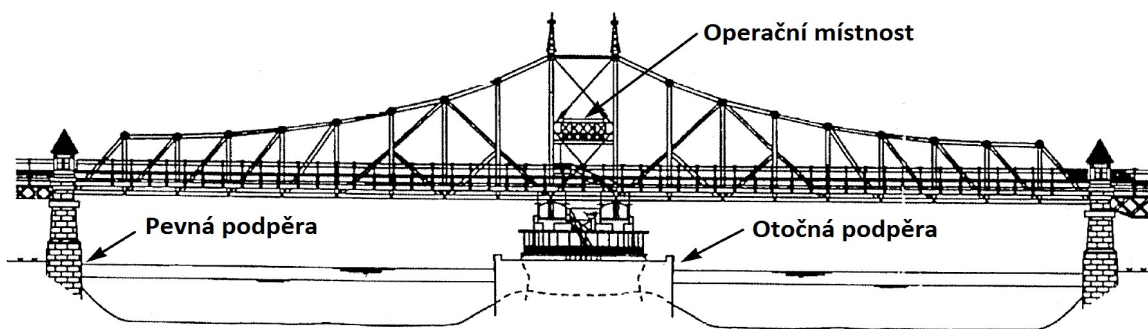
Obrázek 7 Tower bridge (Londýn, Anglie)



Obrázek 8 Foryd Harbour bridge (Rhyl, Wales)

1.3.2 Otočné mosty

Otočné mosty využívají rotace v horizontální rovině, uvolňují tak prostor vodní cesty. Tyto mosty byly hojně využívány na železničních cestách ve Spojených státech amerických. Slabinou tohoto konstrukčního řešení se ukázal být otočný pilíř, jelikož výstavba i údržba během doby životnosti je velmi náročná. Otočné mosty jsou vhodné pro přemostění delších překážek, nejdelším pohyblivým mostem na světě je otočný most v Egyptě. (obr.10) Vhodná varianta je střední otočný pilíř s vykonzolovanými poli, není potřeba žádné protiváhy. Otočné mosty jsou cenově výhodným řešením, pokud se jedná o realizaci nového mostu, a tak by neměly být v takových případech přehlíženy.



Obrázek 9 Macombs dam bridge (City of New York, New York)



Obrázek 10 El Ferdan bridge (Ismailia, Egypt)



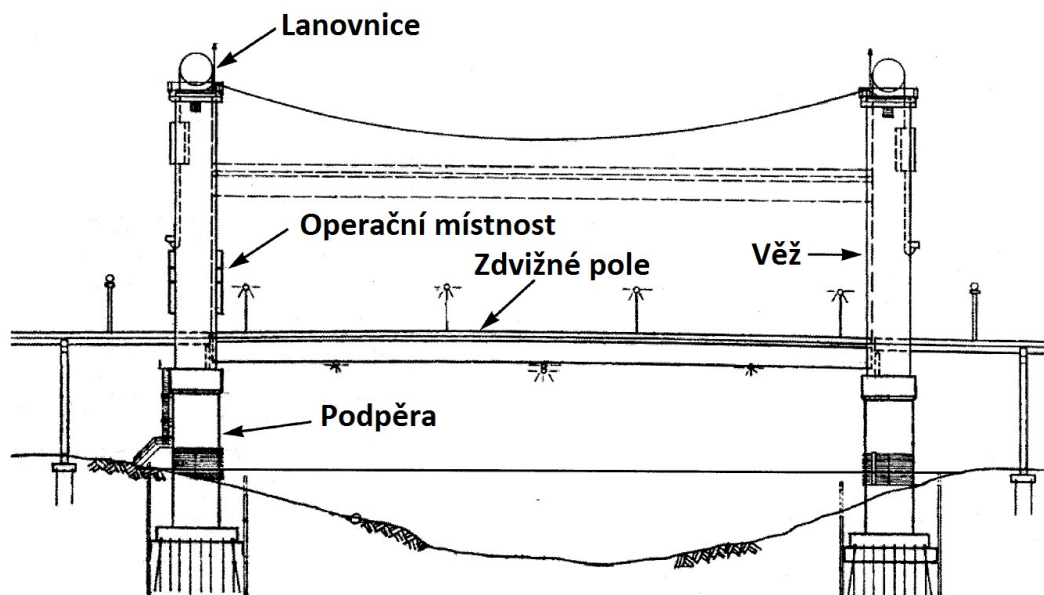
Obrázek 11 East Haddam swing bridge (East Haddam, Connecticut)



Obrázek 12 Puente de la mujer (Buenos Aires, Argentina)

1.3.3 Zdvihací mosty

Mosty zdvihací - oproti předchozím typům mostů je jejich výstavba levnější a jsou velmi vhodným řešením pro delší rozpětí. Díky vertikálnímu zdvihu je potřebná hmotnost protiváhy stejně velká jako hmotnost zdvižného pole. U dvou předchozích typů je potřebná hmotnost vyšší. U dnes užívaného zdvihu pomocí hydraulických lisů se protiváha nevyužívá, proto je poslední výhoda spíše zmínkou z historie. Nejčastější využití našly jako mosty železniční. Jedná se o mosty se zdvižnými systémy umístěnými v podpěrách, které zajišťují rovnoměrný vertikální zdvih celého pole. Běžně byly užívány dva typy uspořádání, a to věžové a mostovkové. V mostovkovém je zdvižný systém umístěn uprostřed rozpětí. Věžové uspořádání využívalo zdvižný systém v obou věžích. Výhoda zdvižného systému umístěného uprostřed rozpětí bylo zajištění rovnoměrného zdvihu, naproti tomu u zdvižných systémů umístěných na obou koncích bylo nutno zajistit dostatečnou přesnost celého procesu. Zdvih je zprostředkován za pomoci motoru, mechanického nebo hydraulického. Pohyb zdvižného pole je směrován pomocí vodících kolejnic a vodících kol. Při návrhu vodících prvků je třeba zohlednit tepelnou roztažnost celé konstrukce. Na obou stranách zdvižného pole jsou umístěny zámky. Zámky slouží k upevnění pole v otevřené poloze, pro fixaci konstrukce na potřebnou dobu. V uzavřené poloze pak znemožňují nadzvednutí konstrukce při běžném provozu na mostě.



Obrázek 13 Danziger bridge (New Orleans, Louisiana)



Obrázek 14 pont Jacques Chaban-Delmas (Bordeaux, Francie)



Obrázek 15 pont Gustave -Flaubert (Rouen, Francie)

1.4 Navrhování zdvihacího mostu

1.4.1 Návrhová kritéria

V uzavřené pozici probíhá návrh zdvihacích mostů stejně jako mostů běžných. Z tohoto hlediska je tento typ pohyblivých mostů vhodný i pro případné doplnění zdvižného systému na již fungující mostní objekt. Kromě odolnosti vůči klimatickým podmínkám je při výběru materiálu brán zřetel především na váhu pohyblivé konstrukce. Preferovány jsou lehčí materiály, mezi kterými dominuje ocel.

Při návrhu zdvihacích mostů by měly být zohledněny tyto kombinace zatížení:

- Zatížení nárazem plavidla - pro obě pozice zdvižného pole
- Zatížení větrem – pro obě pozice zdvižného pole
- Zatížení sněhem – uvažováno pro návrh zdvižného systému

1.4.2 Rovnováha mostu

Dříve běžně využívané zdvižné systémy využívaly protiváhy. Návrh takových konstrukcí musel počítat se změnami konstrukce v průběhu životnosti. Dnes využívané hydraulické zdvižné systémy protiváhu nevyužívají. Kontrolní programy dohlížejí na přesnost zdvihu konstrukce. Výhodou hydraulického zdvižného systému je rychlost i přesnost a snížení celkové váhy konstrukce díky absenci protiváhy. Nevýhodou pak vyšší spotřeba energie pro chod kontrolních programů a výpočetní techniky.

1.4.3 Mostovka zdvihacích mostů

Mostovka zdvihacích mostů musí splňovat dva protichůdné požadavky. Má spolehlivě přenášet účinky zatížení na hlavní nosnou konstrukci a zároveň mít co nejmenší váhu a rozměr, pro snadnou manipulaci. Prvními užívanými byly mostovky tvořené z dřevěných prvků, ty byly nahrazeny ocelovými mřížemi, později železobetonovými deskami. Nejvhodněji se však jeví ocelové ortotropní desky, poskytující dostatečnou únosnost při současné nízké hmotnosti.



Obrázek 16 Přeprava ocelové části komorového nosníku, pont Jacques Chaban-Delmas (Bordeaux, Francie)

1.4.4 Průběh zdvihu mostního pole:

Zdvih je prováděn dle stanoveného protokolu. V kontrolním systému je tento protokol zaveden jako soubor několika operací. Světelná signalizace, případně i zvuková, zastaví dopravu na mostě, a to s dostatečnou časovou rezervou pro opuštění zdvižného pole. Vstup na zdvižné pole je uzavřen zábranami. Zámky uzavírající pole v provozní poloze jsou uvolněny, poté je pomocí zdvižného systému pole zvednuto. Proběhne kontrola zdvihu a následná fixace konstrukce v otevřené poloze. Dále je signalizací otevřena cesta pod mostem. Při spouštění mostu je postup opačný až po otevření komunikace na mostu.

1.5 Technologie pohyblivých mostů

Strojní vybavení zajišťuje plynulý zdvih a spuštění mostu. Stabilita při pohybu je zajištěna pomocí vodících a zabezpečovacích prvků. Zároveň je pohyb prováděn rovnoměrně, tak aby nedošlo ke kontaktu a vzpříčení ve vodících prvcích.

1.5.1 Údržba

Důležitým elementem při návrhu pohyblivého mostu, který je často přehlížen, je údržba zdvižné technologie. Obecně je strojní zařízení mostu uzpůsobeno pro provádění pomalých, kontrolovaných pohybů se značnou zátěží. Vzhledem k tomu je vhodné, kromě mazání a další běžné údržby, zajistit dostatečnou robustnost jednotlivých prvků strojního zařízení. Namáhání strojních prvků je způsobeno hlavně třením. Hodnoty tření jsou odlišné pro různé prvky technologie a během návrhu technologie je není možné přesně určit. Při výpočtu valivého tření, respektive valivého odporu pohonného zařízení je zvykem brát v potaz co nejkonzervativnější hodnoty. Valivý odpor je při návrhu předpokládán co největší pro uvedení konstrukce do pohybu, naopak co nejnižší pro zastavení mostní konstrukce a jejím udržování v jedné pozici. Tření lze minimalizovat využitím speciálně vyrobených uzavřených pohonných jednotek a ložisek. Na tyto prvky, pokud jsou správně zapečetěny, nemají okolní podmínky na mostě vliv a opotřebení třením je téměř nulové. Takto uzavřená zařízení pracují velice spolehlivě a efektivně a není u nich zapotřebí provádění časté údržby. Přestože v dnešní době je k dispozici opravdu mnoho strojních součástí i pro ne příliš tradiční konstrukce, výstavba pohyblivých mostů není běžná a každý pohyblivý most je jiný. Proto je potřeba vytvořit seznam parametrů a kritérií pro dané podmínky a výroba většiny strojních součástí tak probíhá na zakázku.

Proto dochází ke zvýšení ceny mostní technologie. I z toho důvodu je potřeba adekvátního dozoru při instalaci veškeré technologie. Nutné je zajistit také přístup k technologickému zařízení pro snadné provádění údržby. Životnost strojních zařízení negativně ovlivňuje přetěžování navržených prvků, zaplavení během povodně či jiná neočekávaná zatížení. Řádná údržba je nezbytným předpokladem k zajištění životnosti zdvihací konstrukce. Přesto je z hlediska správce zdvihacího mostu optimální, když je zařízení zkonstruováno tak, aby byla potřebná údržba minimální. Toho se dá docílit například užitím uzavřených pohonných jednotek. Nicméně pravidelné prohlídky a kontroly je nutné provádět vždy. Frekvence provádění údržby je odlišná pro různá strojní zařízení. Například hydraulické pohonné jednotky jsou na údržbu velice náročné. Prováděna je výměna kapaliny, čištění a výměna filtrů kapaliny, kontrola prosakování. Na opačné straně uzavřené pohonné jednotky jsou schopné, při správném provedení fungovat bez údržby po celou životnost mostní konstrukce.

Náročnost a proveditelnost údržby je tedy nutné zohlednit v návrhu konstrukce. Na prvním místě by však měla být účelnost, funkčnost a bezpečnost mostu.

1.5.2 Hlavní zdvižné nosné prvky

Hlavní zdvižné nosné prvky pohyblivých mostů přenášejí extrémně velká zatížení a musí splňovat svoji funkci po celou dobu životnosti mostu.

Nejstarší zdvižné a sklopné mosty byly konstruovány s bronzovou dutou tyčí, mazanou tukem podpírající ocelové plechy. Dodnes je tento nosný prvek užíván u mnoha pohyblivých mostů v Severní Americe. V dnešní době jsou prvky s antiadhezivním povrchem již standardem. Téměř všechny takové prvky užívané na pohyblivých mostech jsou běžně vyráběny a uvedeny v katalogích výrobce. Výběr zdvižného prvku by měl být přenechán výrobcí nebo znalci se zkušeností v této oblasti. Počáteční vyšší cena by zdaleka nedosáhla případných nákladů na opravu špatně zvoleného prvku.



Obrázek 17 Zdvihací lávka s vodicími pylony (Hluboká nad Vltavou, Česká republika)

1.5.3 Hřídelová ložiska

V minulosti se u zdvižné mostní technologie používala hřídelová ložiska pouze z legované oceli. Tato ložiska byla jednoduchá na výrobu, avšak nevydržela příliš velká zatížení a často se přehřívala. Proto neměla dlouhou životnost. Výhodou byla možnost jednoduché opravy. Ta

probíhala většinou pouze nalitím nové slitiny místo slitiny původní. Dnes jsou u většiny mostů užívána bronzová ložiska v pouzdrech nebo antiadhezivní ložiska. Antiadhezivní ložiska nevyžadují přílišnou údržbu, pokud ovšem dojde k jejich poškození, stane se tak náhle a obvykle s velkými následky. Jejich kontrola musí být prováděna velmi opatrně, vhodné je konzultovat údržbu přímo s výrobcem. Bronzová ložiska vyžadují pravidelné mazání, nicméně se opotřebovávají pozvolna, proto je snadno zjistitelná případná nutnost výměny dříve než dojde k havárii. Opravy a výměny mohou být prováděny prakticky kdykoliv bez většího ovlivnění dopravy na mostě a pod ním. Obecně jsou častěji užívána ložiska antiadhezivní právě kvůli redukci tření a menším nárokům na údržbu.

Ložiska bez maziva jsou užívána u ručních hnacích hřídelí, které jsou zřídka užívány. V takovém případě se ložiska snadno začnou zadírat. Pokud není pohon často užíván, mezi hřídelí a ložiskem se kvůli absenci jakéhokoliv maziva utvoří koroze zabraňující plynulému pohybu.

Mezilehlé hřídelové ložisko by mělo být užito pouze v případech, kdy je to nezbytné. Již správná montáž tohoto ložiska je složitá, během životnosti pak může být příčinou vychýlení strojního zařízení vůči zvedané konstrukci. Pokud je potřeba dlouhé hřídele, je lepším řešením rozdělit tuto do několika kratších segmentů. Rotační hřídel by měla být upevněna pouze v jednom nosném bodě.

1.5.4 Hřídelové spojky

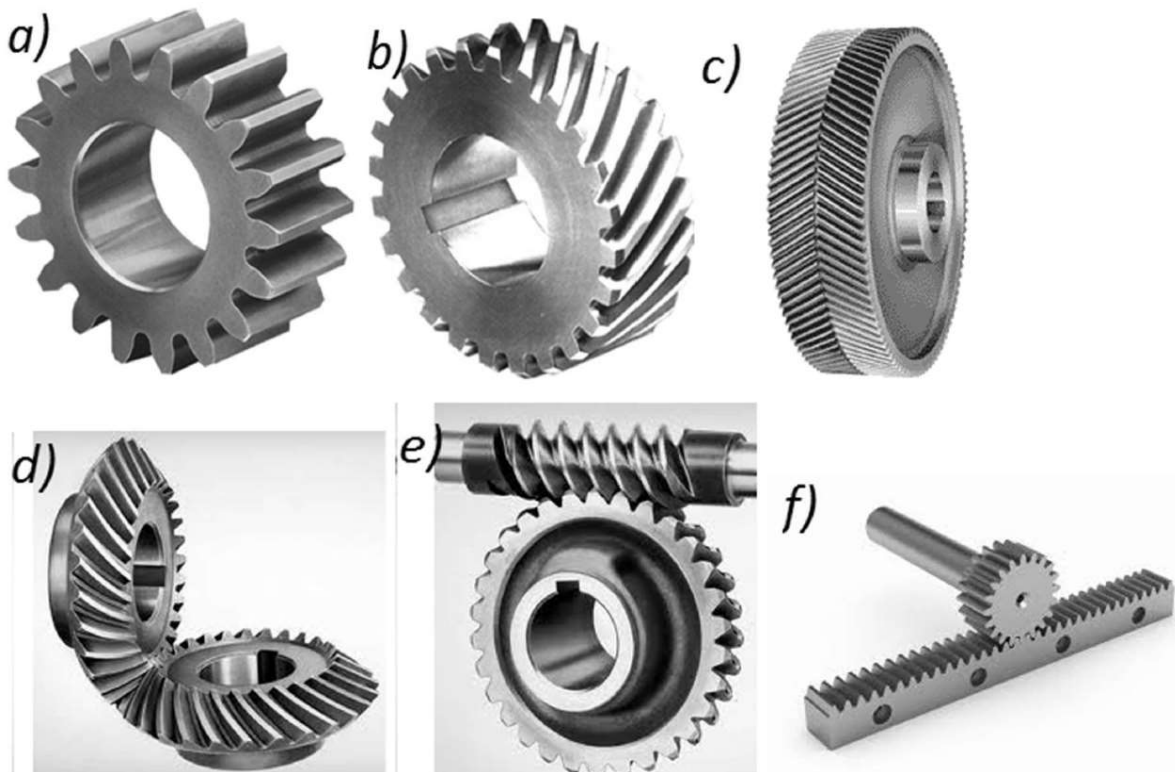
Hřídelové spojky mohou být pevné či pružné. Pružné spojky se užívají pro přenos rotačního pohybu, pokud jsou od sebe hřídele částečně vychýleny. Spojky mohou být celé z oceli nebo s částmi z termoplastického polymeru.

Pro spojení elektrických motorů s mostní technologií jsou obvykle použity mřížové spojky. Tyto se skládají z dvou uzlů, jeden pro strojní hřídel a jeden pro hřídel motoru. Uzly mají po obvodu podélné a příčné drážky ve kterých je vložen plochý ocelový drát (odtud „mřížová spojka“) spojující oba uzly a přenášející sílu z jedné hřídele na druhou.

Spojení pohonných hřídelí je zajištěno pomocí ozubené spojky. Tento typ se také skládá ze dvou uzlů. Jeden uzel s ozubem vystupujícím mimo svou konstrukci a druhý uzel s vnitřním ozubem. Uzly do sebe navzájem zapadají. Strojní hřídele nepřenášející velké zátěže a jsou spojeny pomocí malých čelistových spojek.

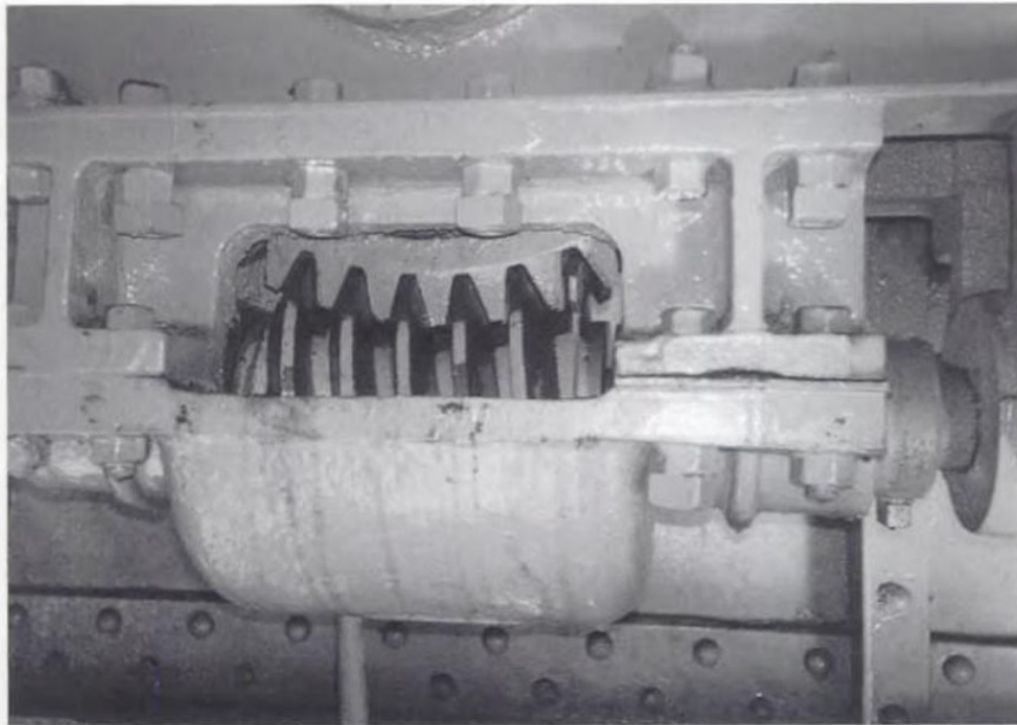
1.5.5 Převodovka

Síla určená k posunu pohyblivých mostů je přenášena pomocí převodovky. Převod je umožněn pomocí ozubených kol speciálně upravených pro přenos torzní síly. U pohyblivých mostů se užívají dva typy převodovek, a to otevřená a uzavřená. Uzavřené převodovky mohou být různých typů, u pohyblivých mostů jsou běžně užívána čelní kola s přímými zuby. Uzavření chrání technologii před znečištěním a umožňuje použití olejové lázně místo běžného maziva. Olejová lázeň je spolehlivější než běžné mazivo, není ovlivňována změnou teploty a není náročná na údržbu. Ozubená kola převodovek jsou velmi specifickou částí strojního zařízení. Převod sestává ze dvou částí, velkého ozubeného kola a pastorku. Pokud je v záběru více částí, jedná se o převod složený. Vzájemných uspořádání ozubených kol je celá řada. Také geometrie zubů kol se liší dle vzájemného uspořádání kol. Níže jsou uvedeny základní typy uspořádání zubů a kol.



Obrázek 18 typy ozubených kol

- a) čelní uspořádání přímými zuby
- b) čelní uspořádání s šikmými zuby
- c) čelní uspořádání s šípovými zuby
- d) kuželové uspořádání s šikými zuby
- e) šroubové uspořádání, ozubení šnekové a šikmé
- f) pastorek na nosiči, přímé zuby



Obrázek 19 šroubové uspořádání převodovky

Tento typ polouzavřené převodovky byl hojně využíván během první poloviny dvacátého století. Novější mosty jsou běžně opatřeny plně uzavřenými pohonnými jednotkami.

1.5.6 Elektromotor a brzdy

Většina pohyblivých mostů je poháněna elektrickými motory a zastavení pohybu je zajištěno elektricky ovládanými brzdami. Elektrický motor vytváří točivý moment, který pohybuje převody a dalšími částmi strojní technologie. Tento moment je přímo úměrný stanovenému výkonu motoru. Nepřímo úměrný pak návrhové rychlosti otáček motoru. Tyto charakteristiky jsou užity pro výpočet celkového točivého momentu, který je schopen motor vyprodukovat.

$$T = \frac{k \cdot HP}{RPM}$$

kde: **T** je maximální točivý moment produkováný motorem

HP je celkový výkon motoru

RPM je maximální rychlost motoru v otáčkách za minutu

k je konstanta závislá na jednotkách použitých pro výpočet točivého momentu

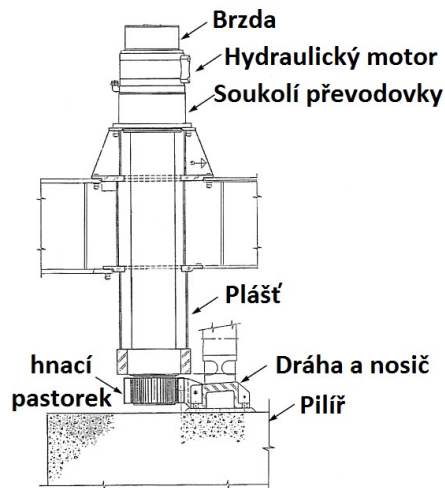
Důležité je brát v potaz výkonnost elektrických motorů, která je mnohokrát větší, než je běžně uváděno. Elektrické motory jsou limitovány především schopností vydržet přenos elektrického proudu, při kterém dochází k značnému zahřívání. Elektrické motory pro

pohyblivé mosty jsou hodnoceny na základě dosaženého výkonu během jedné hodiny, což zohledňuje jejich nesouvislé užívání.

Brzdy na pohyblivých mostech zajišťují zastavení pohybujícího se pole mostu, jakož i udržování mostu v dané poloze. Téměř všechny brzdy pohyblivých mostů jsou pružinové, elektricky ovládané. Běžně používaný je přítlačný brzdový systém. Přítlačný mechanismus umožňuje zpomalení přitlačení brzd tak, aby se minimalizoval rázový účinek. Přítlačný brzdový mechanismus je samostatná část technologie, jedná se o hydraulický lis s pumpou s elektrickým pohonem. U starších mostů byly také užívány brzdy vzduchové, ruční či cívkové.

1.5.7 Hydraulický motor

Užívání hydraulické síly je známé už od počátků naší civilizace. Ve starověku pravděpodobně existovaly pohyblivé mosty jejichž pohon byl mechanicky propojen s vodním kolem. Dle historických pramenů již v devatenáctém století byly ve Francii vystavěny mosty poháněné vodní energií. První hydraulické systémy využívali jako pracovní kapalinu vodu. The Tower Bridge v Londýně, postavený roku 1894, byl vybaven hydraulickým motorem poháněným akumulátory a parními motory. Během sedmdesátých let minulého století byl most renovován a vybaven moderním hydraulickým systémem. Využití vodní energie pro pohyblivé mosty vymizelo na počátku dvacátého století. To bylo způsobeno, jak již bylo uvedeno výše, vývojem nové technologie v podobě elektromotorů. Elektronické ovládání se u pohyblivých mostů objevilo až v sedmdesátých letech dvacátého století. Souběžně s tím opustilo výrobu ovládacích zařízení mnoho výrobců spolehlivých, avšak starších typů ovládacích zařízení.



Obrázek 20 Hydraulický pohon Colemanova mostu (York river, Virginia)

Od druhé světové války se hydraulika ukázala být správnou technologií pro ovládání velkých strojních zařízení. Instalace hydraulických motorů a ovládání zdvihu u pohyblivých mostů se prokázalo být vhodným řešením. Velkou výhodou hydraulických motorů je možnost instalace velice výkonného motoru na velmi malém prostoru. Kontrola hydraulického pohonu je provedena za pomoci ventilu, ten se otevírá či zavírá a tím postupně zvyšuje nebo snižuje tok kapaliny. Jiné hydraulické systémy používají kontrolovatelné pumpy, které také zajišťují postupné zrychlení či zpomalení pohybu. Tyto vlastnosti jsou vhodné pro uvádění do pohybu i zastavování velikých hmot, jako tomu je právě u pohyblivých mostů. Při návrhu hydraulických motorů musí být brán zřetel na okolní prostředí. Hydraulické motory jsou velmi citlivé na změnu teploty. Letní teploty nad 40°C či zimních klesajících pod -20°C mohou zapříčinit poškození hydraulických válců. Instalace hydraulického motoru je oproti instalaci elektromotoru levnější a snazší, avšak během životnosti se tento fakt kompenzuje většími nároky na údržbu hydraulického motoru.



Obrázek 21 Hydraulický agregát firmy Argo-Hytos

Hlavním a zároveň nejjednodušším způsobem převodu energie toku kapaliny do pohonu mostu je pomocí hydraulických válců. Hydraulické válce jsou tím nejběžnějším pohonem v průmyslu. Rozměry hydraulických válců nejsou nijak omezeny. Nicméně v potaz musí být brán fakt, že hydraulické válce jsou schopny přenášet pouze osovou sílu. Proto jsou mosty s pohybem poháněným touto technologií opatřeny vodícími prvky. Dosud nejdelší instalované hydraulické válce se nacházejí na sklopném mostě v Hamburku.



Obrázek 22 Rethe-klappbrücke (Hamburk, Německo)

1.5.8 Přímý pohon motoru

Je takový pohon, který užívá sílu vycházející přímo z motoru, bez přítomnosti dodatečných prvků jako je například hřídel. Jedná se o využití například spalovacího motoru. Tyto motory mohou být použity jako primární síla nebo jako záložní motor, jelikož jeho chod není závislý na elektrických obvodech či ovládacím systému. K jeho rozpořádání a následnému využití je potřeba přítomnost mostního operátora. Operace s tímto motorem je možné propojit přímo s Operační místností operátora, nicméně v případě využití právě jako záložního motoru je vhodná přítomnost operátora přímo u motoru, kdy může lépe korigovat jeho správný chod.

1.5.9 Ruční pohon

Ruční pohon je velice nepopulárním řešením, především u mostních operátorů. Je tomu tak, kvůli fyzické namáhavosti a dlouhému operačnímu času potřebnému pro otevření a uzavření

mostu. Ruční pohon je instalován prakticky u všech mostních konstrukcí jako motor záložní, nicméně jeho užívání je minimální. Ve většině případů kdy dojde k chybě hlavního motoru se most zastaví v dané pozici a je vyčkáno do opravy mostní technologie a k užití záložního pohonu vůbec nedojde.

1.5.10 Podpěry strojní technologie

Během návrhu pohyblivého mostu nesmí být opomenuty zvláštní nároky na spodní stavbu. Mnoho pohyblivých mostů muselo být opakovaně opravováno právě kvůli problémům podpěr v místě strojní technologie. U mostů poháněných motorem je nejvíce namáhaným místem prostor pod podporou s primární pohonnou jednotkou, a to z důvodu vzniku ohybového momentu při pohybu mostní hmoty. Zejména pak u sklopných a otočných mostů. Zdvihací mosty vzhledem k jejich geometrii tyto problémy nepostihují.

1.5.11 Upevňovací prvky

V minulosti nejužívanějším prvkem byly těsně lícované šrouby, pro dobrou pevnost ve smyku a v otláčení. Dnes se takové šrouby nepoužívají a nahradily je šrouby vysokopevnostní.

1.5.12 Krytí strojní technologie

Odstínit veškeré strojní komponenty pohyblivého mostu od působení vnějšího prostředí je složité, nicméně do jisté míry nezbytné, pokud chceme dosáhnout dostatečné životnosti tohoto zařízení. Vhodným primárním krytím je umístění strojních zařízení do strojovny, budovy vystavěné vedle mostu přímo pro tento účel. Některé strojní části obvykle nemohou být chráněny proti venkovnímu prostředí, jako například koncové klíny či převodové kolo a jeho nosič. Pro tyto prvky je proto nutné, aby byly vyrobeny z korozi-vzdorného materiálu.

Paradox ochrany strojní technologie je následující: Pokud je technologie správně zapečetěná, chráněná proti vnějším vlivům, nevyžaduje velké množství údržby a tudíž zůstává v dobrém stavu. Pokud je technologie přístupná, je provádění údržby snadnější, tudíž zůstává stále v dobrém stavu. Obě tato tvrzení jsou pravdivá. Pro návrh je tak vhodné zajistit dostatečné krytí, které ovšem umožňuje i snadný přístup pro případnou údržbu.



Obrázek 23 motor typu TENV (kompletně uzavřený nevětraný motor)

1.5.13 Ovládání pohyblivých mostů

Ovládacích systémů pro pohyblivé mosty existuje celá řada. Některé dodnes fungující jsou více než 100 let staré. Systémy se liší dle hlavní pohonné jednotky: hydraulický motor nebo elektromotor, pro přímý pohon spalovací motor. Ovládání se také liší dle požadavku na mostního operátora od plně automatického po plně manuální ovládání. Ovládací systém zajišťuje přívod síly do pohonné jednotky, která pak umožňuje pohyb mostu během jakýchkoliv i neočekávaných podmínek, během běžného provozu zajišťuje pohyb mostu návrhovou rychlostí. Ovládací systém kontroluje rychlost pohybu mostu, která nesmí překročit návrhovou hodnotu, jinak by mohlo dojít k poškození pohonné jednotky či samotné mostní konstrukce. Dále musí systém kontrolovat zrychlení respektive zpomalení mostu na počátku a konci posunu, tak aby nedošlo k přetížení některých částí konstrukce. Správné usazení mostu v uzavřené i otevřené pozici je nutné také kontrolovat a zajistit ovládacím systémem. V neposlední řadě ovládací systém zajišťuje funkci všech vedlejších zařízení jako například mostních zámků, dopravní závory apod.

1.5.14 Signalizace

Pohyblivé mosty musí být opatřeny signalizací nejen na komunikaci přecházející most, ale i na komunikaci pro dopravu pod mostem. Signalizace na vodní cestě pod mostem je zajištěna pomocí navigačních světel. Signalizace informuje obsluhu lodi, že na toku před nimi se nachází pohyblivý most, směřuje ji do plavebního kanálu a udává rozměry průjezdného profilu pod mostem. Světelná navigace dále signalizuje, zda je most v otevřené či uzavřené poloze. To je zajištěno světelnou signalizací na obou stranách zdvižného pole. Jako vedlejší signalizace pak mohou sloužit například bóje a vodočty. Tyto vedlejší signalizační prvky se užívají zejména v místech, kde je předpokládán velký pohyb vodní hladiny nebo

v záplavových oblastech. Mostní operátor musí mít možnost komunikovat s obsluhou lodí i uživateli mostu. To je běžně umožněno pomocí mostní sirény, která se užívá pro signalizaci chystaného zdvihu mostu či spuštění. Dalšími signalizačními prvky mohou být varovná světla, zvonky, rádiové vysílání, vztyčené zábrany, závory a jiné.

Oproti železničním mostům, kde vlakový operátor nařizuje zastavení vlakové dopravy a dále povoluje mostnímu operátorovi otevření mostu, na silničních komunikacích a komunikacích pro pěší taková možnost není. Při otevírání mostů pozemních komunikací musí být doprava bezpečně zastavena a účastníkům provozu musí být znemožněn vstup na most v době, kdy se pohybuje mimo základní pozici. Lze předpokládat, že mnoho motoristů či chodců se bude snažit zabránit jakémukoliv zdržení, a to i za cenu ignorování výstražných signalizací. Předpoklady vycházejí již ze zkušeností s železničními přejezdy, kde k podobným situacím dochází běžně. Proto musí být mosty opatřeny zřetelně viditelným značením a doporučené je použití plných zábran proti možnému vstupu na most. Kromě zvukových signalizací, sirén a hlásičů jsou běžně užívané rovněž světelné signalizace a padací závory.



Obrázek 24 Světelná signalizace zdvihací lávky (Hluboká nad Vltavou, Česká republika)

1.5.15 Mostní zámky

Jednou z nejdůležitějších funkcí ovládacího systému je zamykání a otevírání mostních zámků. Mostní zámky pomáhají fixovat mostní konstrukci v dané poloze. Mostní zámky jsou mechanické či elektronicky ovládané. Plně automatizovanou operaci mostních zámků zatím zvládají pouze ty nejmodernější ovládací systémy, a proto u většiny mostů je stále potřebný zásah člověka pro kontrolu správné funkce těchto zámků. Pohyblivé mosty procházejí při

otevření a uzavření specifickou řadou kroků. Níže jsou uvedeny běžné kroky prováděné při otevírání a uzavírání mostní konstrukce.

Běžný postup otevírání a uzavírání mostu:

1. Zastavení provozu na mostě – *pomocí světelné signalizace*
2. Spuštění závor na mostě – *pokud jsou instalovány*
3. Uzamčení mostu v plně otevřené pozici – *okamžikem uzamčení mostních zámků se změni navigační světlo pod mostem na zelenou barvu, která značí volný průjezd*
4. Otevření mostu pro vodní dopravu pod ním
5. Uzavření mostu pro vodní dopravu pod ním
6. Pohyb mostu zpět do uzavřené pozice – *uvolněním zámků se změni navigační světlo pod mostem na červenou barvu signalizující zákaz vjezdu*
7. Zdvih závor na mostě
8. Spuštění provozu na mostě

1.5.16 Elektrické vedení

Všechny vypínače, vysílače, motory, brzdy a jiné části jsou propojeny elektrickým vedením tak, že tvoří obvod potřebný pro operaci s mostem i jeho kontrolu a ovládání. U zdvihacích či sklopných mostů lze provést vedení mimo konstrukci mostu, například podvodním vedením. Využití mikrovlnných, radiových a jiných signálů není dostatečně spolehlivé. Přímé propojení elektrickým vedením je tím nejspolehlivějším řešením.

1.5.17 Mostní operátor

Osoba která má kompetenci k operaci s mostním zařízením je jeden z významných faktorů ovlivňujících správný chod mostu. Návrh mostu a jeho vybavení musí zohledňovat předpokládanou zkušenost a schopnosti mostního operátora. Pro co nejlepší bezpečnost a spolehlivost konstrukce je vhodné mnohé procesy nechat plně ve funkci operačního systému, avšak některé funkce mostních operací se bez zásahu člověka neobejdou. Plně automatizované pohyblivé mosty bez lidského faktoru pracují obvykle nejlépe, pokud se jedná o mosty setrávající většinu času v otevřené poloze. Prakticky se o plné automatizaci dá mluvit pouze u železničních pohyblivých mostů.

1.5.18 Operační místnost

Operační místnost je ovládací centrum pohyblivého mostu. Všechny informace ohledně operací mostu jsou dostupné a archivované v této místnosti. Operační místnost musí umožňovat pohled na stav na mostě i pod mostem. V operační místnosti jsou umístěny

ukazatele stavu a indikátory polohy mostu, ukazatele stavu motoru a brzd. Dále jsou indikovány i venkovní podmínky, jako je teplota vzduchu a rychlost větru. Nezbytné je také sanitární zařízení a zdravotnické vybavení.

U mnohých pohyblivých mostů je operační místnost, respektive operační dům jedinou částí mostního objektu, umožňující architektonickou realizaci projektanta. V dnešní době je obvyklý požadavek postavit pohyblivý most za co nejmenší náklady. V dobách prosperity jakou byla dvacátá léta nebo poslední desetiletí dvacátého století převládly jiné priority a to umožnilo vznik různých zajímavých konstrukcí operačních domů.



Obrázek 25 Downtown bascule bridge (Chicago, USA)

1.6 Závěr

Pohyblivé mosty umožňují i při nízké plavební výšce provoz také větším plavidlům, to je jejich velkou výhodou. Výstavba takovýchto konstrukcí probíhala na místech, kde byly vhodné podmínky, především v rovinách hojně prostoupených vodními cestami. V České republice jsou tyto mosty prakticky neznámé, teprve nedávno, v roce 2011, zde byl postaven první pohyblivý most.



Obrázek 26 Sklopný most (České Vrbné, Česká republika)

V poslední době se lodní doprava na našem území stává populárnější. Zvláště potom na Vltavě. Na úseku mezi přehradou Orlick a Českými Budějovicemi již byla dokončena výstavba plavebních komor na jednotlivých přehradách a jezích k zajištění plavební cesty pro rozvíjející se rekreační plavbu. Tomu je potřeba přizpůsobit i některé stávající mostní objekty. Zde se tedy otevírá prostor pro využití pohyblivých mostů na našem území.

2 Most v Týně nad Vltavou

2.1 Založení města

První zmínka o osídlení soutoku Vltavy a Hlineckého potoka pochází z poloviny 11. století. Na místě budoucího města tehdy stálo biskupské sídlo. Vzhledem k výhodné poloze u brodu přes vodní tok zde vznikla osada. Nejstarší písemná zpráva o této osadě pochází z roku 1229, kdy ji navštívil pražský biskup. Kromě významné obchodní cesty mezi Norimberkem a Vídní putoval přes Týnskou osadu též transport soli (tzv. Zlatá stezka) z Pasova do Prahy.



Obrázek 27 Pohled od staré solnice od I. Lindauera (Týn nad Vltavou, Česká republika)

2.2 Dřevěný most

V polovině 13. století bylo založeno nové městské centrum, tzv. Nový Týn. Zároveň byly na Vltavě vybudovány tři nové jezy pro nově vznikající mlýny, čímž došlo ke vzduť hladiny a omezení funkčnosti brodů. To si vyžádalo výstavbu mostu. Konstrukce sestávala z několika pilířů a mostovky, použitým stavebním materiálem bylo pouze dřevo. Most se nacházel na spojnici obchodní stezky vedoucí z Norimberka do Vídně a v rámci Čech mezi Českými Budějovicemi a Prahou. Tím byl význam města značně posílen. Přispěla k tomu i skutečnost, že týnský most byl až do výstavby kamenného mostu v Písku jediným na území jižních Čech.

Roku 1335 byla Zlatá stezka na příkaz Karla IV. odkloněna přes Vodňany. Nicméně většina ostatních obchodních cest i nadále vedla přes dřevěný most v Týně. Na počátku 15. století za vlády Václava IV. byly spory o vedení Zlaté stezky přes Týn či Písek ukončeny rozhodnutím o vedení této tranzitní cesty přes město Písek.



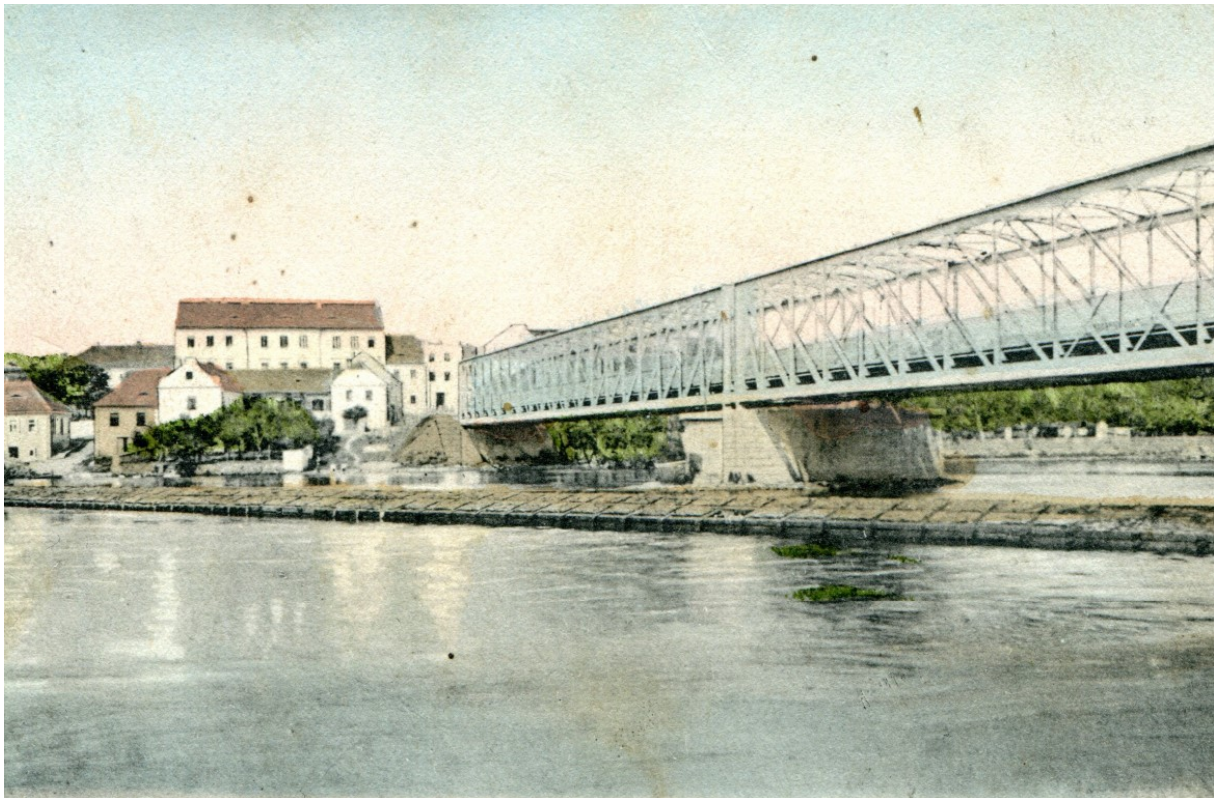
Obrázek 28 Dobová fotografie dřevěného mostu roku 1880 (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Za vlády Habsburků trasa Zlaté stezky ztratila svůj hlavní význam, neboť zástupci tohoto rodu obchodovali se solí z vlastních nalezišť u Gmundenu. Sůl byla nakonec přes Týn nad Vltavou převážena stále, už ovšem ne přes dřevěný most, nýbrž prostřednictvím voroplavby z Českých Budějovic do Prahy.

Do historie mostu zasáhly přírodní katastrofy i vojenské konflikty. Největším nepřítelem dřevěného mostu byly povodně. Písemné zprávy uvádějí, že most byl několikrát stržen povodněmi a to v letech 1367, 1515 a 1595. V období třicetileté války, konkrétně roku 1645, byl most zcela zničen, poničeno bylo i město. V roce 1652 a 1709 byl most opět poničen povodněmi. Tehdy byl vybudován nový a pevnější most za pomoci armády. V záznamech říšské pošty byl most popsán jako 200 loktů dlouhý a dostačující pro přejezd těžkých povozů. Mezi roky 1740 a 1746 most utrpěl další škody napáchané opět povodněmi a roku 1795 byla většina mostu stržena další povodní. Most byl znovu vystaven, nicméně již roku 1805 byl zničen další povodní. Roku 1810 byl vybudován most nový. Dle písemných zpráv přešlo na konci napoleonských válek, roku 1815, přes most na 50 000 vojáků. Konec dřevěného mostu nadešel roku 1891, kdy byl naposledy stržen povodní.

2.3 Ocelový most

Objednatelem nového mostu byla městská rada. Dne 31.července 1891 bylo vydáno povolení ke stavbě. V únoru 1892 vypsala městská rada výběrové řízení a zadání stavby získala Pražská mostárna, ta téhož roku vyrobila a dodala nosnou konstrukci. O stavbu pilířů se postarala firma J. Kruliše. Projekt byl vypracován zemským vrchním inženýrem a přednostou technického oddělení pro stavby pozemní, silniční a mostní v Praze, Josefem Maýrem. Dne 17.listopadu 1892 došlo k vysvěcení mostu a jeho a zpřístupnění pro veřejnost.



Obrázek 29 Dobová fotografie ocelového mostu okolo roku 1910 (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Nový most přečkal tři další povodně bez závad. Během druhé světové války most vydržel přechod Wehrmachtu i Rudé armády. Most byl dokonce i podminován, k odpálení náloží naštěstí nedošlo.

Mezi lety 1948 a 1949 byla provedena rekonstrukce konstrukce dle projektu Ing. Pavlíka. Původní mostovka z podlažnic Zorés se šterkovou výplní byla nahrazena monolitickou železobetonovou deskou mostovky uloženou na válcovaných podélnících. Dále došlo k částečné opravě nosné konstrukce a zesílení některých prvků.

V 60. letech 20. století byla zvýšena hladina vodního toku výstavbou přehrady Orlík. Na most nemělo zvýšení hladiny toku prakticky žádný vliv, nicméně v jeho okolí muselo být zbouráno několik budov.

Až do roku 1967 byl ocelový most jedinou spojnici mezi Malou stranou na levém břehu Vltavy a centrem města na břehu pravém. Narůstající silniční doprava si vyžádala další spojení obou břehů a tak byl jihovýchodně od starého mostu vybudován nový silniční železobetonový most. Nový most se nachází přímo na soutoku Vltavy a Hlinského potoka.

Další rekonstrukce ocelového mostu byla provedena roku 1996, kdy byla provedena kompletní protikorozní ochrana nátěrovým systémem a byla sanována deska mostovky z důvodu zatékání. Nosná konstrukce opravována nebyla.

Roku 1992 byl starý most prohlášen technickou památkou Ministerstvem kultury. Dnes je v péči Národního památkového ústavu České Budějovice. Vlastníkem mostu je město Týn nad Vltavou. V současné době je most využíván pro provoz pěších a cyklistů.



Obrázek 30 Pohled na návodní stranu, 16.7.2017 (Týn nad Vltavou, Česká republika)

3 Seznam použité literatury

V této práci byly použity nebo je odkazováno na následující normy předpisy a podklady:

- [1] Ministère de l'Équipement des transports et du logement; *Surveillance, Auscultation et entretien des ouvrages maritimes, fascicule 2: pont mobiles*; S.T.C.-P.M.V.N. 1992
- [2] Abrahams, M.J. ; *Movable bridges*, Bridge Engineering Handbook; Boca Raton: CRC Press 2000
- [3] Khaled M. Mahmoud; *Recent development in Bridge Engineering*; A.A. Balkema publishers 2003
- [4] Terry L. Koglin; *Movable bridge engineering*; John Wiley and Sons, Inc 2003
- [5] JVKONCEPT, s.r.o. ; *Stavebně historický průzkum příhradového mostu v Týně nad Vltavou* 2016
- [6] ČSN 73 6222: *Zatížitelnost mostů pozemních komunikací*
- [7] ČSN 73 6203 : *Zatížení mostů*
- [8] ČSN EN 1990 Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*
- [9] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1 *Zatížení konstrukcí – Část 1-1 Obecná zatížení*
- [10] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1 *Zatížení konstrukcí – Část 2 Zatížení mostů dopravou*
- [11] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1 *Zatížení konstrukcí – Část 1-4 Obecná zatížení – Zatížení větrem*
- [12] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1 *Zatížení konstrukcí – Část 1-5 Obecná zatížení – Zatížení teplotou*
- [13] ČSN EN 1993-1 Eurokód 3 *Navrhování ocelových konstrukcí*
- [14] ČSN EN 1993-2 Eurokód 3 *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2 Ocelové mosty*
- [15] Prof. Ing, Jindřich Melcher, DrSc., Ing Milan Pilgr, *Kovové konstrukce I, VUT v Brně*
- [16] doc. Ing. Pavel Ryjáček Ph.D., Ing. Petr Dupač, *Aktualizace architektonického řešení předpolí mostu, Zvýšení podjezdové výšky mostu v Týně nad Vltavou, Projektová dokumentace, 2017*

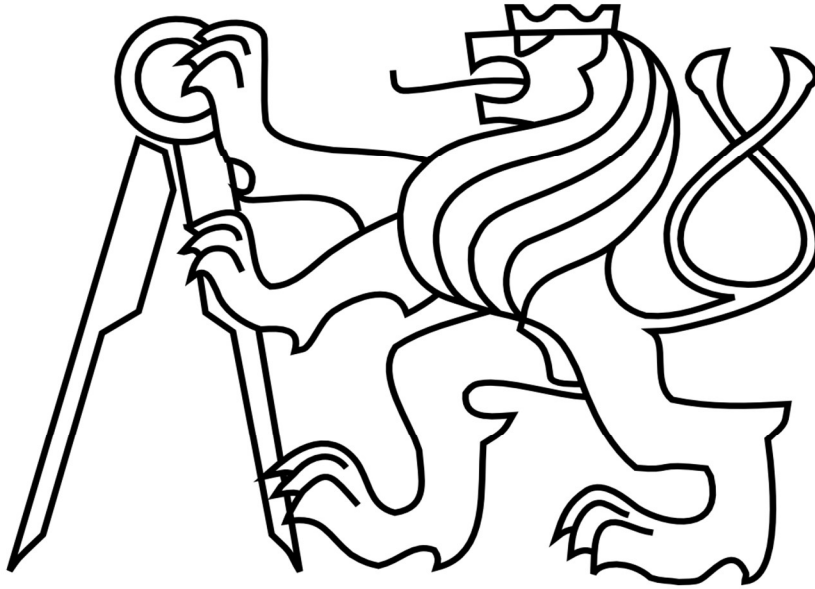
- [17] Kolínský, doc. Ryjáček, Stavebně – Technický průzkum mostu v Týně nad Vltavou, Materiálový a korozní průzkum, VPÚ DECO PRAHA a.s., 2016
- [18] Ing. Košán František, Hlavní prohlídka mostu, PONTEX s.r.o., 2012
- [19] SUDOP PRAHA a.s., Stavebně technický průzkum v Týně nad Vltavou, 2016
- [20] Oscar Minor García, The Impact of the Connection Stiffness on the Behaviour of a Historical Steel Railway Bridge, 2017

Pro vypracování této práce byly použity tyto programy:

- Scia Engineer 17.01.1030
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Geo5 – Mikropilota
- AutoCAD 2015

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



ZDVIŽNÝ MOST V TÝNĚ NAD VLTAVOU

Technická zpráva

Obsah

Seznam obrázků	3
1 Popis objektu	4
1.1 Identifikační údaje mostu	4
1.2 Popis objektu	4
1.3 Základní číselné údaje	5
1.4 Popis prvků a průřezů	6
1.4.1 Hlavní nosníky	6
1.4.2 Příčník	11
1.4.3 Podélník	11
1.4.4 Deska mostovky	12
1.4.5 Spodní ztužení	12
1.4.6 Horní ztužení	13
1.4.7 Spodní stavba	14
1.4.8 Mostní vybavení	17
1.4.9 Situace okolo mostu	18
1.5 Popis zjištěných závad a poruch	19
1.5.1 Nosná konstrukce	19
1.5.2 Spodní stavba	22
1.5.3 Stav vybavení	22
1.5.4 Hodnocení celkového stavu objektu	22
2 Rekonstrukce mostu	23
3 Návrh variant řešení zdvižného pole	24
3.1 Ortotropní mostovka	24
3.1.1 Varianta: ortotropní mostovka (a)	25
3.1.2 Varianta: ortotropní mostovka (b)	26
3.2 Mostovkové panely z FRP	27
3.2.1 Varianta: Fibre Line (a)	28
3.2.2 Varianta: Fibre Line (b)	29
3.3 Porovnání vlastní tíhy navržených mostovek oproti stávající ŽB desce mostovky	30
3.4 Výběr zpracovávané varianty	30
3.5 Předpokládaný průběh rekonstrukce	32
4 Statický výpočet	33
4.1 Cíl statického výpočtu	33
4.2 Výsledky statického výpočtu	33
4.2.1 Posouzení v uzavřené poloze	33

4.2.2	Posouzení při zdvihu.....	34
4.2.3	Ověření založení.....	38
4.3	Závěr statického výpočtu.....	42
5	Zdvižný most.....	42
5.1	Předpokládaný průběh zdvihu mostního pole	43
6	Závěr.....	44

Seznam obrázků

Obrázek 1	„Starý most“, návodní strana (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	4
Obrázek 2	Letecký pohled na most (Týn nad Vltavou, Česká republika)	5
Obrázek 3	Dolní pás (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	6
Obrázek 4	Horní pás (Týn nad Vltavou, Česká republika)	7
Obrázek 5	uložení krajní svislíce na opěře O3 (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	8
Obrázek 6	Svislíce povodní strany 1.pole (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	9
Obrázek 7	Diagonála hlavního příhradového nosníku (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	10
Obrázek 8	Příčník na opěře O3 (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	11
Obrázek 9	Podélníky a vedení inženýrských sítí (Týn nad Vltavou, Česká republika)	11
Obrázek 10	Deska mostovky s živičným povrchem (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	12
Obrázek 11	Spodní vodorovné ztužení (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	13
Obrázek 12	Horní vodorovné ztužení (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	14
Obrázek 13	Opěra O1, levý břeh (Týn nad Vltavou, Česká republika)	15
Obrázek 14	Pohled na středový pilíř P2, z pravého břehu (Týn nad Vltavou, Česká republika)	16
Obrázek 15	Opěra O3 (Týn nad Vltavou, Česká republika)	16
Obrázek 16	Pětiválečkové pohyblivé ložisko (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	17
Obrázek 17	Stolicové pevné ložisko (Týn nad Vltavou, Česká republika)	17
Obrázek 18	Snímač hladiny vodního toku (Týn nad Vltavou, Česká republika)	18
Obrázek 19	Pohled na most z Mostecké ulice (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	19
Obrázek 20	Korozní oslabení svislíce u dolního pásu (Týn nad Vltavou, Česká republika)	20
Obrázek 21	Usazování vody na pásnici dolního pásu (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	20
Obrázek 22	Rozevírání a koroze úhelníků horního ztužení (Týn nad Vltavou, Česká republika)	21
Obrázek 23	Degradovaný beton desky mostovky (Týn nad Vltavou, Česká republika)	21
Obrázek 24	Opěra 3, poškození graffiti (Týn nad Vltavou, Česká republika).....	22
Obrázek 25	Ilustrační fotografie mostovky, Hunt Club bridge (Ottawa, Kanada).....	24
Obrázek 26	Ilustrační příčný řez mostem s novou ocelovou ortotropní mostovkou (a).....	25
Obrázek 27	Ilustrační příčný řez mostem s novou ocelovou ortotropní mostovkou (b)	26
Obrázek 28	Ilustrační fotografie mostovky z panelů FBD600, Friedberg bridge (Frankfurt, Německo)	27
Obrázek 29	Ilustrační příčný řez mostem s novou mostovkou z panelů FRP (a).....	28
Obrázek 30	Ilustrační příčný řez mostem s novou mostovkou z panelů FRP (b)	29
Obrázek 31	Styčník dolního pasu poškozený korozí, u opěry O1.....	31
Obrázek 32	maximální nosné konstrukce mostu	34
Obrázek 33	Schéma podporové výztuhy.....	35
Obrázek 34	Schéma středního pilíře	38

1 Popis objektu

Popis objektu byl vytvořen na základě vlastní prohlídky mostu. Využity byly i historické projektové dokumentace a také hlavní mostní prohlídka [18] z roku 2012, provedená firmou PONTEX, s.r.o.

1.1 Identifikační údaje mostu

- Silniční most, přemostující tok Vltavy
- Říční km 204,718
- Aktuální využití: pěší a cyklisti
- Technická památka v péči NPÚ v Českých Budějovicích
- Vžitý název „Starý most“



Obrázek 1 „Starý most“, návodní strana (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.2 Popis objektu

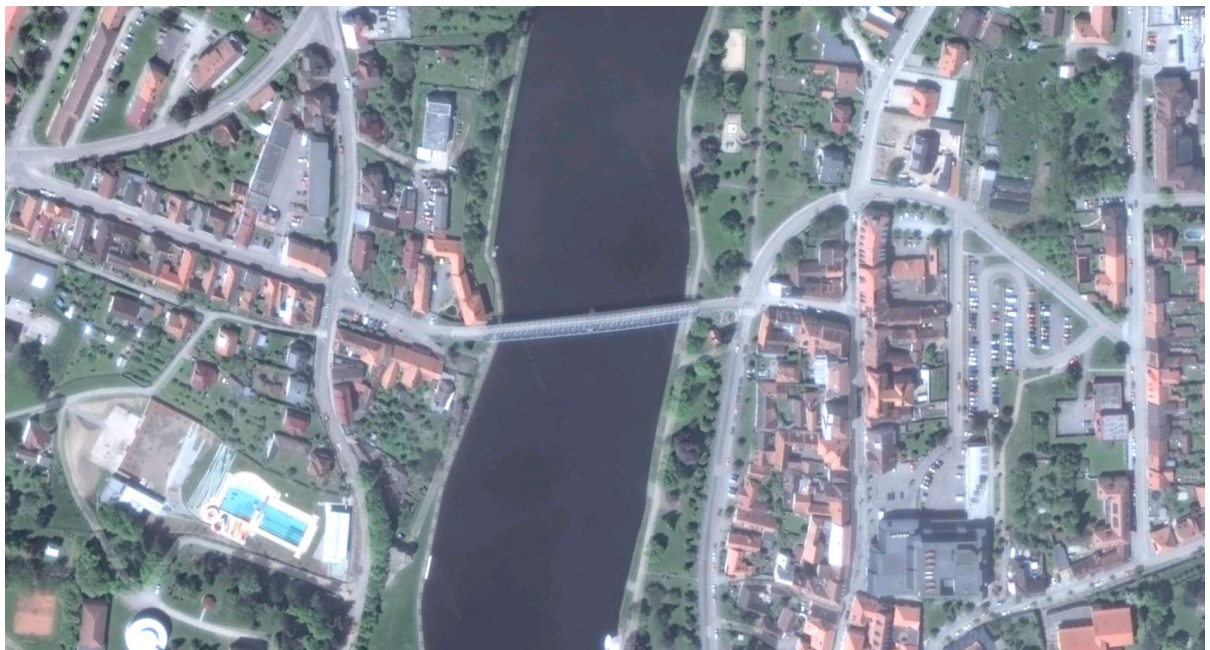
Stávající silniční most byl postaven roku 1892. V současné době je využíván pouze pro pěší a cyklistický provoz. Lodní doprava prochází pod pravým polem mostu. Materiál nosné konstrukce je plávková ocel. Rozměry průplavného profilu jsou 3,028m na výšku (+ 0,20m rezerva pro průhyb konstrukce) a 36,00m na šířku. Most je o 2 prostých polích a přemostuje vodní tok Vltavy. Most je šikmý, směrové vedení vozovky na mostě je přímé a vodorovné. Rozpětí mostu je 2x59,60m. Ložiska krajních opěr mají osovou vzdálenost 120,80m. Šířka mostu je 7,00m. Z toho šířka vozovky je 5,00m a 2x1,00m zabírají chodníky.

Spodní stavba mostu je masivní, betonová, obložená kvádrovým kamenným zdivem, křídla mostu jsou rovnoběžná.

Most je tvořen příhradovou, přímopasovou nosnou konstrukcí s dolní mostovkou. Jedná se o uzavřeně uspořádanou konstrukci. Obě pole jsou tvořena 2 ocelovými nýtovanými nosníky násobné soustavy. Hlavní nosníky jsou uloženy na ocelových ložiscích. Na hlavní nosníky jsou příčnický připojeny v místě styku dolního pásu se svislicemi. Na příčnicích jsou nasazeny podélníky, ocelové válcované, na kterých leží deska mostovky. Mostovku tvoří železobetonová deska o tloušťce 140mm s náběhy. Zábradlí je ocelové. Na horním ztužení jsou zavěšena svítidla veřejného osvětlení. Mezi podélníky, na příčnicích, jsou vedeny inženýrské sítě. Odvodnění je řešeno pomocí vpustí do koryta řeky.

1.3 Základní číselné údaje

- Délka mostu: cca 133,00 m
- Délka přemostění: 119,40 m
- Úhel křížení: 71,00 °
- Šířka mostu: 7,00 m
- Výška mostu: cca 9,00 m
- Stavební výška: 1,302 m
- Volná výška na mostě: 5,085 m (v ose mostu)
- Průplavný profil: 36,00m x 3,028m (rezerva 0,20m)



Obrázek 2 Letecký pohled na most (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4 Popis prvků a průřezů

Nosná konstrukce mostu je z plávkové oceli. Proto jsou prakticky všechny prvky mostu členěné, nýtované z menších částí.

1.4.1 Hlavní nosníky

Hlavními nosnými prvky jsou dva přímopasové nýtované příhradové nosníky násobné soustavy. Nosníky jsou tvořeny horním a dolním pásem, svislicemi a diagonálami. Hlavní nosníky jsou uloženy na ocelových ložiscích, pevná ložiska na středovém pilíři a pohyblivá na břehových opěrách. Mapa značení prvků hlavního příhradového nosníku je součástí výkresové dokumentace. (Příloha 1.6.3)

1.4.1.1 Dolní pás

Průřez dolního pásu tvoří obrácené T. Stojinu průřezu tvoří plech o tloušťce 16mm. Ke stojině jsou přinýtovány krční úhelníky 110x110x12mm, které tvoří spodní pásnici průřezu. Výška průřezu je 500mm.



Obrázek 3 Dolní pás (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Směrem ke středu pole se průřez dolního pásu zvyšuje. Ke krčním úhelníkům jsou nýtovány příložky, plechy o šířce 420mm a tloušťce 9-10mm. Ve středu rozpětí dosahuje výška dolního pásu 546mm.

1.4.1.2 Horní pás

Horní pás je nýtovaný s tvarem průřezu T. Stojinou tvoří plech o tloušťce 16mm a výšce 500mm. Pásnici tvoří dvojice úhelníku 110x110x12mm, dvojice úhelníků 80x80x10mm a plech šířky 450mm a tloušťky 12mm. Stejně jako u dolního pásu jsou ke stojině připojeny krční úhelníky 110x110x12mm. Na krční úhelníky je nýty připojen plech o tloušťce 12mm a šířce 450mm. Po krajích tohoto plechu jsou připojeny úhelníky 80x80x10mm. Výška průřezu je 512mm.



Obrázek 4 Horní pás (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Směrem ke středu pole se průřez horního pásu zvyšuje. Na vrchní plech pásnice průřezu jsou nýtovány příložky stejné šířky a tloušťky od 11 po 9mm. Ve středu rozpětí dosahuje výška dolního pásu 542mm.

1.4.1.3 Svislice

Krajní svislice mají specifický průřez. Krajní svislice mají přibližně průřez tvaru I s podélnou výztuhou. Stojinu tvoří tři plechy, střední tloušťky 16mm a dva krajní tloušťky 12mm. Spodní pásnici tvoří dva krční úhelníky 80x80x10mm. Pásnici ve středu průřezu tvoří po

každé straně dva krční úhelníky 80x80x10mm s mezilehlým plechem tloušťky 10mm. Horní pásnici tvoří dva krční úhelníky 80x80x10mm spojené se stojinou, plech šířky 450mm a tloušťky 10mm a dva úhelníky 100x100x13mm přinýtované na krajích plechu horní pásnice.



Obrázek 5 uložení krajní svislice na opěře O3 (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Svislice v poli mají tvar kříže. Průřez je snýtován vždy ze 4 stejných úhelníků. Velikost úhelníků se směrem do středu pole zmenšuje. Od úhelníků 4ks 120x120x10mm; 4ks 110x110x10mm; 4ks 100x100x10mm až po 4ks 100x100x8mm.



Obrázek 6 Svislice povodní strany 1.pole (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.1.4 Diagonály

Průřez diagonál tvoří dva plechy tloušťky 11mm s osovou vzdáleností 20mm. Šířka těchto plechů se různí. Diagonály blíže ke středu rozpětí mají menší průřez. Šířka se pohybuje od 70mm po 370mm.



Obrázek 7 Diagonála hlavního příhradového nosníku (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Výjimkou jsou průřezy D_{10} ; D_{11} ; D'_{11} ; D_{12} . U těchto diagonál nahrazuje jeden z plechů úhelník 110x110x10mm (pro D_{11} i D'_{11}) nebo dva úhelníky 2ks 80x80x10mm (pro D_{10}) a 2ks 70x70x11mm (pro D_{12}).

1.4.2 Příčník

Příčník je nýtovaný profil průřezu I. Spodní a horní pásnici tvoří vždy dva krční úhelníky 90x120x10mm, které jsou přivařeny k plechu stojiny, ten má tloušťku 10mm. Výška příčníku je 660mm a šířka 250mm. Svislé výztuhy příčníku jsou úhelníky rozměrů 80x80x10mm.



Obrázek 8 Příčník na opěře O3 (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.3 Podélník

Na příčnicích jsou posazeny podélníky (5ks) v osové vzdálenosti 1,10m. Podélníky tvoří válcované I-profilů o výšce 220mm a šířce 98mm.



Obrázek 9 Podélníky a vedení inženýrských sítí (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.4 Deska mostovky

Mostovku tvoří monolitická železobetonová deska tloušťky 140mm. ŽB deska je uložena na podélnících, u kterých náběhy zvyšují tloušťku desky na 230mm. V desce jsou umístěny uliční vpustě po 6020mm svádějící vodu z vozovky a chodníků do koryta řeky. Příčný sklon ve vozovce je střešovitý o velikosti 2%, na chodnících je sklon opačného směru o velikosti 1,5%. Vodorovný sklon je roven 0. Povrch vozovky je živičný.



Obrázek 10 Deska mostovky s živičným povrchem (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.5 Spodní ztužení

Spodní ztužení tvoří vodorovné podélné diagonály, které jsou přinýtovány ke styčníku dolního pásu a příčníku. Průřez diagonál jsou dva snýtované úhelníky 80x120x10mm tvořící tvar písmene T. Diagonály jsou jednoduché do „X“. Přecházejí vždy přes střed jednoho příčníku.



Obrázek 11 Spodní vodorovné ztužení (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Základní údaje o spodním ztužení:

- Počet spodních diagonálních ztužidel: 20ks
- Délka spodních diagonálních ztužidel: 4,616m

1.4.6 Horní ztužení

Podélné horní ztužení zajišťují vodorovné diagonály, ty jsou přinýtovány k horní pásnici horního pásu hlavních příhradových nosníků. Průřez diagonál má tvar obráceného písmene T, skládá se ze dvou snýtovaných úhelníků 80x80x8mm. Výjimkou jsou diagonály procházející nad 10. a 11. příčnicí, ty tvoří pouze jeden úhelník 80x80x8mm.

Příčné horní ztužení tvoří příhradové nosníky. Tyto nosníky sestávají ze 2 dvojic úhelníků 80x80x8mm propojených tenkými ocelovými plechy o tl.5mm. Horní dvojice úhelníků je přinýtována na horní pásnici horního pásu hlavních příhradových nosníků a dolní úhelníky jsou přinýtovány na vrchní část svislic hlavních příhradových nosníků.



Obrázek 12 Horní vodorovné ztužení (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Základní údaje o horním ztužení:

- Počet podélných diagonálních ztužidel: 2x20ks
- Délka podélných diagonálních ztužidel: 4,616m
- Počet příčných příhradových ztužidel: 2x21ks
- Délka příčných příhradových ztužidel: 7,00m

1.4.7 Spodní stavba

Břehové opěry i střední pilíř jsou tížné, masivní z kamenného zdiva pravidelného rádkování. Jako zdivo jsou použity kamenné kvádry pravidelného tvaru. Úložné prahy jsou tvořeny lomovým kamenem prolévaným betonem. Opěry i střední pilíř jsou založeny plošně na skalním podkladu. Během své životnosti nevykazují žádné poruchy a nikdy nebyly sanovány. I po více než sto letech provozu je jejich stav dobrý.

1.4.7.1 Opěra O1

Nachází se na levém břehu. Křídla jsou rovnoběžná, obě délky 5,20m. Okolo opěry se nachází obezděná travnatá plocha přibližně 1,00m pod úložným prahem. Dále vede okolo opěry místní stezka. Po pravé straně opěry O1 se nachází budova bývalého mlýna, č.p.1.



Obrázek 13 Opěra O1, levý břeh (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.7.2 Pilíř P2

Středový pilíř se nachází zhruba uprostřed vodního toku Vltavy, kde je hladina vody relativně nízká. Na úložném prahu pilíře mezi ložisky obou polí byl zjištěn betonový blok sloužící k podepření desky mostovky v prostoru mezi prvním a druhým polem mostu. Tento betonový blok nebyl součástí žádné dokumentace, pravděpodobně vznikl během rekonstrukce mezi roky 1948 a 1949.



Obrázek 14 Pohled na středový pilíř P2, z pravého břehu (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.7.3 Opěra O3

Jedná se o pravobřežní opěru. Křídla jsou rovnoběžná, jejich délka je 5,20m. Pod opěrou prochází písková stezka pro pěší a cyklisty vycházející z nedalekého přístaviště. Křídla jsou zasypána násypem převáděné komunikace.



Obrázek 15 Opěra O3 (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.8 Mostní vybavení

Vozovka je opatřena nástřikem přímopochozí izolace, její šířka je 5,00m. Na chodnících je provedena přímopochozí izolace s protiskluzovou úpravou. Šířka chodníků je 1,00m na každé straně. Mezi svislícemi prochází původní ocelové zábradlí se svislou výplní. Odvodnění je zajištěno pomocí uličních vpustí u krajů vozovky. Vpustě jsou rozmístěny po obou stranách vždy po 6,02m. Ložiska mostu jsou ocelová. Pohyblivá ložiska na břehových podporách jsou pěti-válečková. Pevná ložiska na pilíři jsou stolicová.

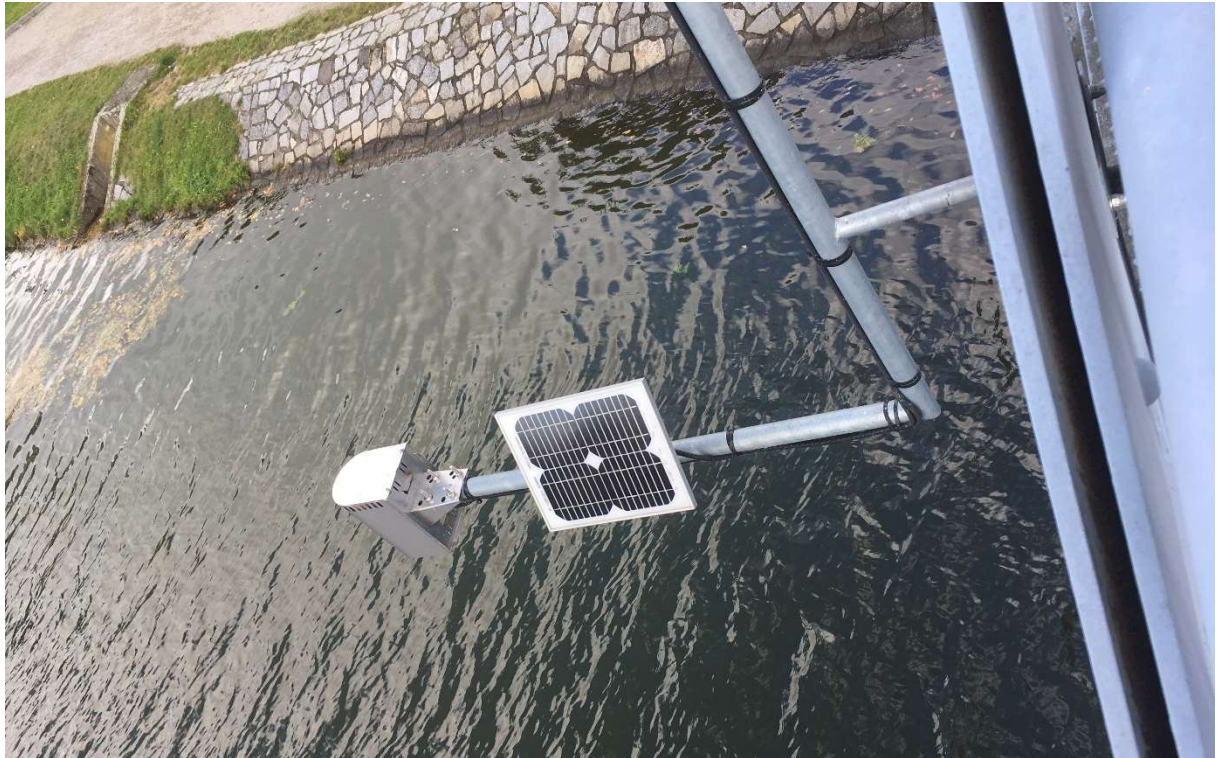


Obrázek 16 Pětiválečkové pohyblivé ložisko (Týn nad Vltavou, Česká republika)



Obrázek 17 Stolicové pevné ložisko (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Zvláštním vybavením mostu jsou inženýrské sítě vedené pod ŽB deskou mostovky. Jedná se o vedení vodovodu, parovodu, kabely silno i slaboproudé, kabely telekomunikací. Na horních příčných nosnících ztužení jsou zavěšena svítidla veřejného osvětlení. V září 2017 byl na 4. svislici povodní strany druhého pole upevněn snímač hladiny vodního toku.



Obrázek 18 Snímač hladiny vodního toku (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.4.9 Situace okolo mostu.

Přístup na most je z obou stran značen zákazem vjezdu všech motorových vozidel. Před vstupem na most jsou umístěny dekorativní zábrany v podobě velkých květináčů.

Z levé strany vede na most ulice Nádražní, vozovka i chodník jsou asfaltové. Po levé straně levobřežní opěry se nachází bývalá budova mlýnu č.p.1.

Na pravém břehu je most napojen na průsečnou křižovatku ulic Mostecká (podélná) a Puchmayerova (příčná). Vozovka i chodník před mostem jsou z dlažebních kostek. Na návodní straně se nachází budova informací a veřejné toalety. Před mostem je umístěna informační tabule „Železný most – Technická památka“. Po obou stranách mostu je schodiště, které vede na nábřeží a zdejší promenádu. Pod mostem vede prašná cesta pro pěší a cyklisty.



Obrázek 19 Pohled na most z Mostecké ulice (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.5 Popis zjištěných závad a poruch

1.5.1 Nosná konstrukce

Jedná se o nýtovanou konstrukci z členěných prvků. Mezi jednotlivými částmi průřezu jsou mezery o velikosti 10 až 20mm, tak aby bylo možno jednotlivé prvky vzájemně spojit nýty. To je největším nedostatkem konstrukce. Tyto mezery je prakticky nemožné vyčistit či v nich provést povrchovou ochranu. V místech usazených nečistot dochází k rozrušování a rozpínání vlivem usazenin a volnému postupu koroze. Nejvíce je tento fakt viditelný na styčnicích svislic a diagonál s dolním pásem. Na dolním pásu je patrná koroze od usazování vody. Z vodorovných částí krčních úhelníků a styčnickových plechů voda nemá kam odtéct.



Obrázek 20 Korozní oslabení svislíce u dolního pásu (Týn nad Vltavou, Česká republika)



Obrázek 21 Usazování vody na pásnici dolního pásu (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Usazováním nečistot jsou rozrušeny též profily horního ztužení, jednotlivé úhelníky jsou snýtovány po +/- 50cm, mezi těmito spojeními dochází k rozevírání stojin úhelníků vlivem usazených nečistot a postupující koroze.



Obrázek 22 Rozevírání a koroze úhelníků horního ztužení (Týn nad Vltavou, Česká republika)

Horní pás je narušen pouze povrchovou korozí. Příčnický jsou i vzhledem ke svému umístění pod deskou mostovky v dobrém stavu. Podélníky jsou lokálně oslabeny korozí. Živičný povrch desky mostovky je rozpraskaný. V místech mezi vozovkou a chodníkem dochází k usazování vody. Ocelová odvodňovací vpust koroduje. Na spodní straně desky jsou patrná štěrková hnízda. U opěry O1 je vidět dřívější vyspravení udroleného kusu desky mostovky a zkorodovaná výztuž.



Obrázek 23 Degradovaný beton desky mostovky (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.5.2 Spodní stavba

Podpěry O1, P2 a O3 jsou v dobrém stavu. Na úložných prazích jsou nečistoty a vegetace. Spárování kamenných kvádrů břehových opěr je lokálně vydrolené, mezi spárami na kraji úložného prahu středového pilíře prorůstá tráva. Z levého křídla opěry O3 prosakuje voda. Svahový kužel opevněný dlažbou je prorostlý vegetací. Opěry jsou místy lehce porostlé lišejníkem zeměpisným. Estetický vzhled opěry O3 a částečně i středového pilíře (P2) je narušen graffiti.



Obrázek 24 Opěra 3, poškození graffiti (Týn nad Vltavou, Česká republika)

1.5.3 Stav vybavení

Ocelové zábradlí je v dobrém stavu. Veřejné osvětlení na mostě je funkční. Vegetace okolo mostu je pravidelně udržována a tak jsou obě břehové opěry dobře dostupné. Inženýrské sítě pod mostem nevykazují žádné poškození.

1.5.4 Hodnocení celkového stavu objektu

Hodnocení stavu mostního objektu je převzato z [18] Protokolu o Hlavní mostní prohlídce z roku 2012 provedené firmou PONTEX s.r.o.

Nosná konstrukce – hodnocení stupněm: IV Uspokojivý

Spodní stavba – hodnocení stupněm: III Dobrý

2 Rekonstrukce mostu

V rámci výstavby plavební cesty na úseku mezi přehradou Orlík a Českými Budějovicemi byla Ředitelstvím vodních cest České republiky (dále jen ŘVC) podána objednávka na zvýšení plavební výšky starého mostu v Týně nad Vltavou. Říční km 204,718.

V současné době je zde řeka splavná, stávající plavební profil je umístěn do 2.pole. Plavební profil je šířky 36,00m a výšky 3,00m (rezerva pro průhyb konstrukce činí 0,28m). Nově požadovaná plavební výška je 5,25m + rezerva 0,20m na průhyb konstrukce.

Hlavním zhotovitelem projektové dokumentace je firma VPÚ DECO PRAHA a.s. Dle poskytnutých záznamů z projednání možných variant rekonstrukce bylo bráno v potaz 5 možností pro zajištění zvýšení plavební výšky v místě starého týnského mostu. Projednané možnosti jsou tyto:

A – Stávající most pro pěší upravený na zdvihací most.

B – Trvalé zvednutí mostu o +/-1,7m.

C – Výstavba nového silničního mostu a přesun mostu stávajícího na jiné místo.

D – Výstavba nové lávky pro pěší a přesun mostu stávajícího na jiné místo.

E₁ – Stávající most upravený na zdvihací most pro pěší a vozidla do 3,5t.

E₂ – Zkrácení 1 pole mostu a nový zdvižný most pro pěší a vozidla do 3,5t.

Dále bylo dle poskytnutého záznamu z jednání na ŘVC dohodnuto, jako nejvhodnější pokračovat v rozpracování Varianty E₁. Tato práce se zabývá řešením úpravy stávající konstrukce silničního mostu v Týně nad Vltavou na pohyblivou konstrukci – zdvihací most pro pěší a vozidla do 3,5t. Cílem nového návrhu je úprava nosné konstrukce mostu tak, aby umožnila v krizových situacích vedení silničního provozu na mostě a zároveň, aby byla dostatečně lehká pro co nejsnazší provádění zdvihu.

3 Návrh variant řešení zdvižného pole

Pro návrh nové konstrukce byla stanovena tato kritéria:

- Technologie zdvihu bude zajišťovat zvednutí mostu do dostatečné plavební výšky, tj. minimálně o 2222mm (Na 5,25m + 0,20m rezervy pro průhyb konstrukce).
- Zdvihací pole bude pole číslo 2, tímto polem prochází vodní cesta i v současnosti.
- Světlá šířka převáděné komunikace na mostě bude zvětšena z 5,00m na 6,00m. Po obou stranách vozovky budou odrazné obrubníky šířky 0,50m.
- Stávající ŽB deska mostovky bude vybourána a nahrazena novou, lehčí mostovkou.
- Stávající nosná konstrukce bude zachována a sanována. Koncové příčníky zdvižného pole sloužící pro zdvih budou v rámci sanace zesíleny.
- Nový zdvižný most bude nadále sloužit pěší a cyklistické dopravě. V krizových situacích, například při havárii na vedlejším, betonovém mostě, bude možno na zdvižném mostě zavést smíšený provoz pro pěší a silniční dopravu.

Na základě těchto kritérií jsem zpracoval 4 variantní návrhy nového uspořádání mostovky. Z toho byly 2 varianty ocelová ortotropní mostovka a dvě varianty uvažovaly využití FRP mostovkových nosníků.

3.1 Ortotropní mostovka

První byla brána v potaz výměna železobetonové desky za ocelovou ortotropní mostovku. Toto řešení má následující výhody. Ortotropní mostovka působí jako ztužení stávající nosné konstrukce. Má nižší hmotnost než železobetonová deska. Nároky na údržbu jsou nízké. Jedná se o prověřený typ konstrukce mostovky.



Obrázek 25 Ilustrační fotografie mostovky, Hunt Club bridge (Ottawa, Kanada)

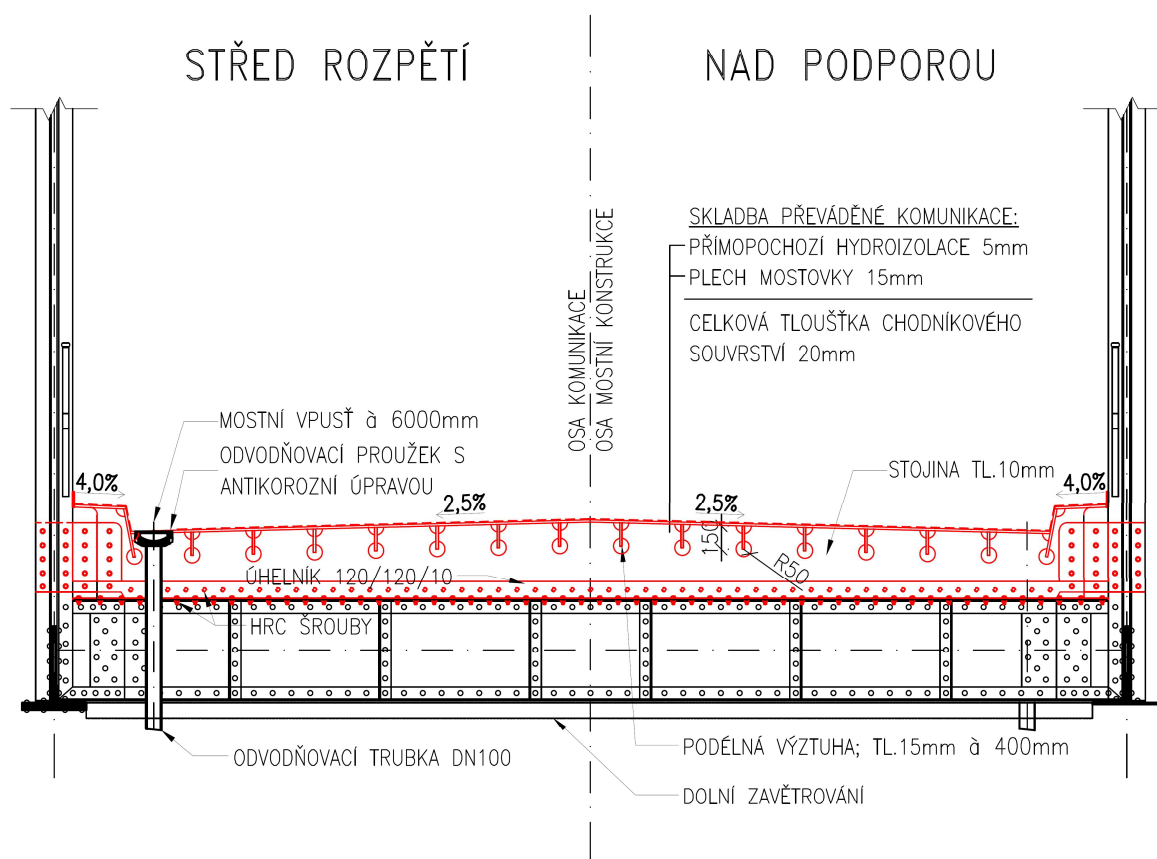
3.1.1 Varianta: ortotropní mostovka (a)

Bude provedeno zvýšení stávajících příčniců konstrukce. Na příčnicích bude posazena nová ocelová deska mostovky vyztužená podélnými výtuhami. Mostovka bude uložena ve stejné výšce jako stávající ŽB deska, k výškovým rozdílům na převáděné komunikaci by došlo pouze rozdílným příčným sklonem nově navržené a stávající desky.

Výhodou tohoto řešení je udržení stejného statického schéma konstrukce, vyztužení prvků nosné konstrukce, především stávajícího příčnicu a svislic hlavního příhradového nosníku.

Nevýhodou je nutnost roznytování styčniců svislic a dolního pasu pro montáž nové části příčnicu a desky mostovky. Nicméně této příležitosti bude využito k sanaci jednotlivých prvků nosné konstrukce, které nejsou ve smontovaném stavu přístupné.

Příčný řez je součástí výkresové dokumentace jako příloha č.2.3.1



Obrázek 26 Ilustrační příčný řez mostem s novou ocelovou ortotropní mostovkou (a)

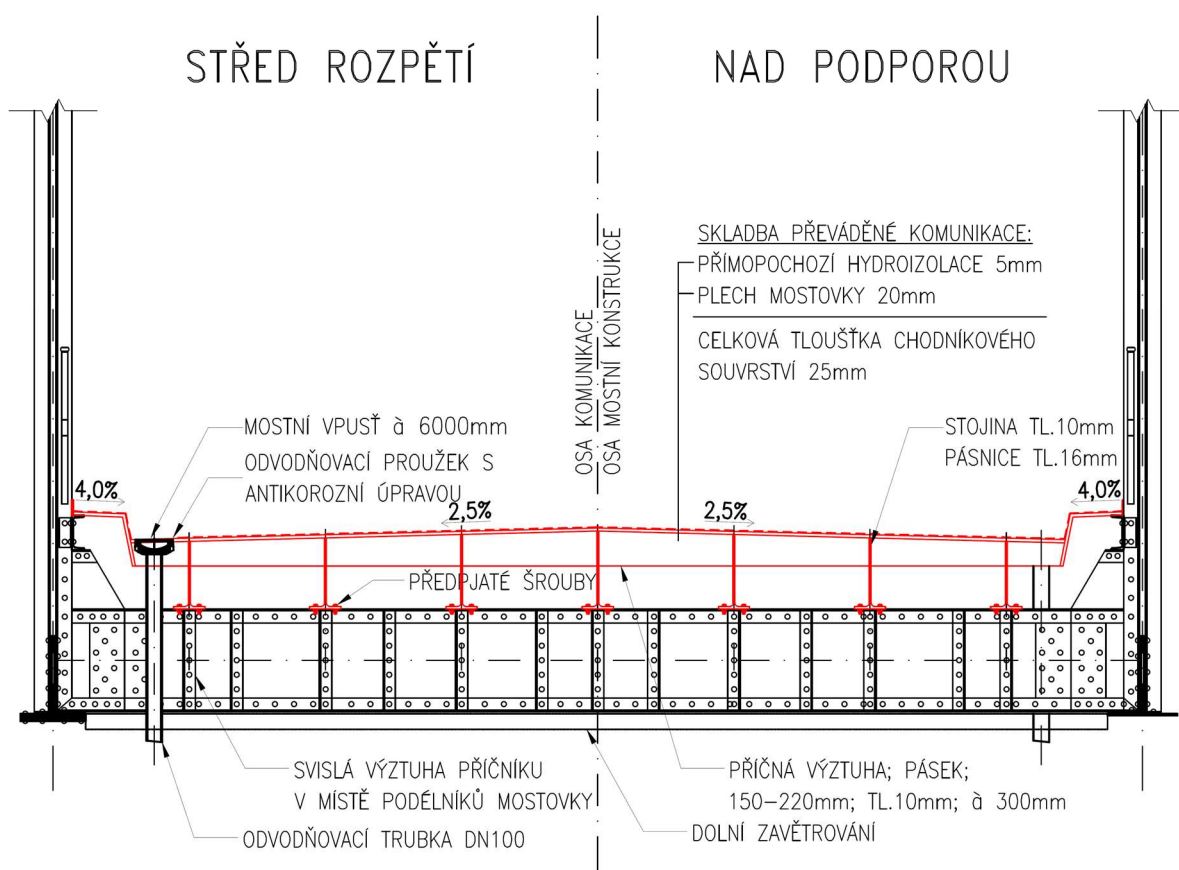
3.1.2 Varianta: ortotropní mostovka (b)

Na stávající příčníky budou přišroubovány podélníky nové ortotropní mostovky. Ortotropní mostovka budou tvořit podélníky a příčné výztuhy. Po stranách budou zalomením desky vytvořeny odrazné obrubníky. Kraje desky budou podepřeny stávajícími U-profilů. V místě připojení podélníků nové mostovky bude stávající příčník vyztužen svislými výztuhami. Ke změnám výškového vedení komunikace na mostě by došlo opět pouze vlivem rozdílného příčného sklonu.

Výhodou tohoto řešení je velmi lehká konstrukce mostovky. Montáž zasahuje pouze do stávajícího příčníku.

Nevýhodou je právě zmíněné spojení mostovky s nosnou konstrukcí, které sice přispívá ke ztužení celé konstrukce, ale převádí zatížení přímo a pouze do stávajících příčníků.

Příčný řez je součástí výkresové dokumentace jako příloha č.2.3.2



Obrázek 27 Ilustrační příčný řez mostem s novou ocelovou ortotropní mostovkou (b)

3.2 Mostovkové panely z FRP

Druhou uvažovanou variantou jsou mostovkové panely z FRP. FRP je zkratka z anglického Fibre Reinforced Polymer, neboli vlákny vyztužené plasty. FRP je kompozitní materiál. Skládá se ze dvou hlavních složek. Z vláken (nejčastěji skleněná nebo uhlíková), ty dodávají materiálu pevnost a tuhost a z matrice (obvykle epoxidová pryskyřice), která zajišťuje tvar profilu a odolnost vůči vlivu okolního prostředí.

Výhody tohoto řešení jsou následující: Velmi lehká konstrukce. Naprosto bezúdržbové prvky. Snadná a rychlá montáž in-situ. Na druhou stranu se jedná o novou technologii, se kterou není tolik zkušeností. V porovnání s ostatními materiály jsou prvky z FRP dražší a složitější na výpočet.



Obrázek 28 Ilustrační fotografie mostovky z panelů FBD600, Friedberg bridge (Frankfurt, Německo)

3.2.1 Varianta: Fibre Line (a)

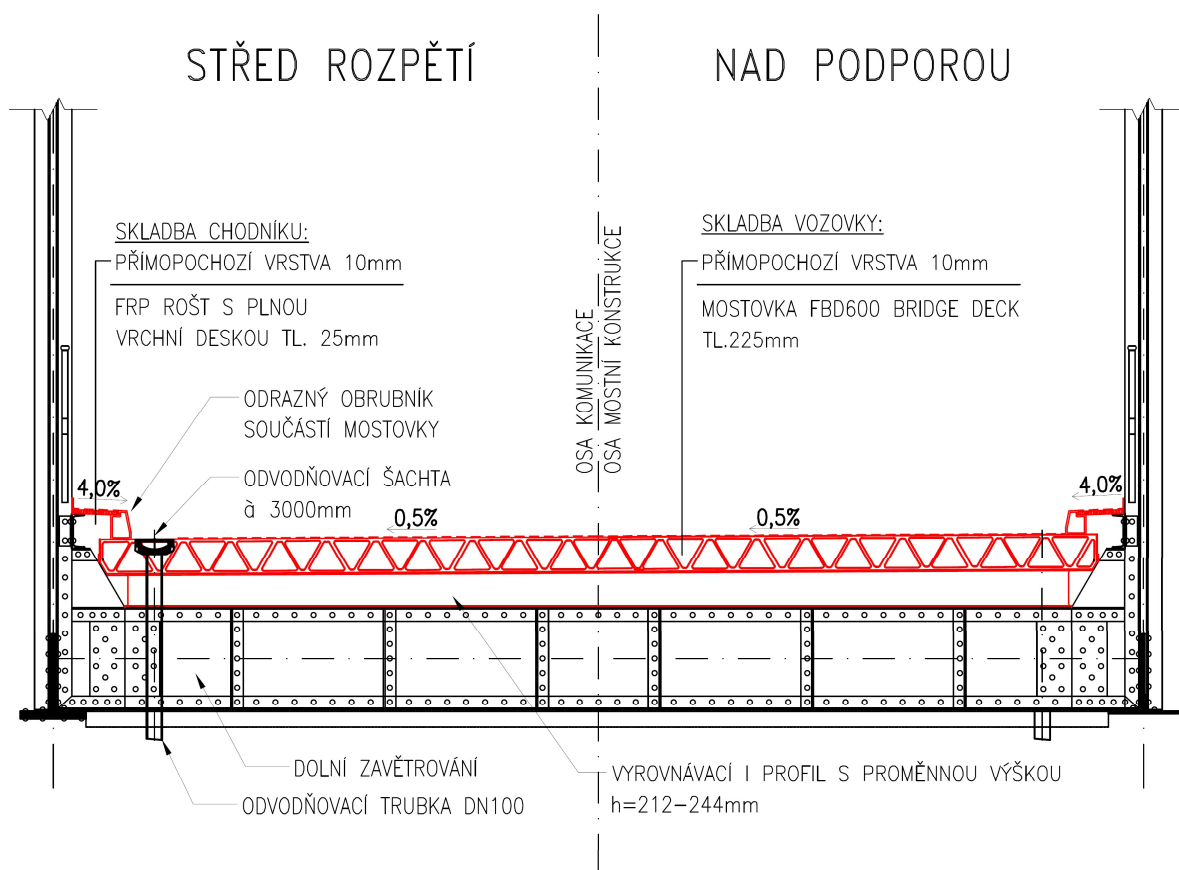
Na stávající příčník bude přišroubován vyrovnávací ocelový I-profil v jednostranném sklonu.

Na tento profil budou uloženy mostovkové panely z FRP. Součástí mostovkového panelu budou po krajích připojené odrazné obrubníky též z materiálu FRP. Chodníky budou tvořit FRP rošty uložené mezi odrazné obrubníky a stávající U-profil.

Výhodou této varianty je snadná a rychlá montáž. Panely z FRP jsou bezúdržbové

Nevýhodou je změna uspořádání příčného sklonu na jednostranný, to se projeví zhuštěním uličních vpustí. Dále tím vznikne složitý detail napojení vozovek mostu a na předmostí.

Příčný řez je součástí výkresové dokumentace jako příloha č.3.3.1



Obrázek 29 Ilustrační příčný řez mostem s novou mostovkou z panelů FRP (a)

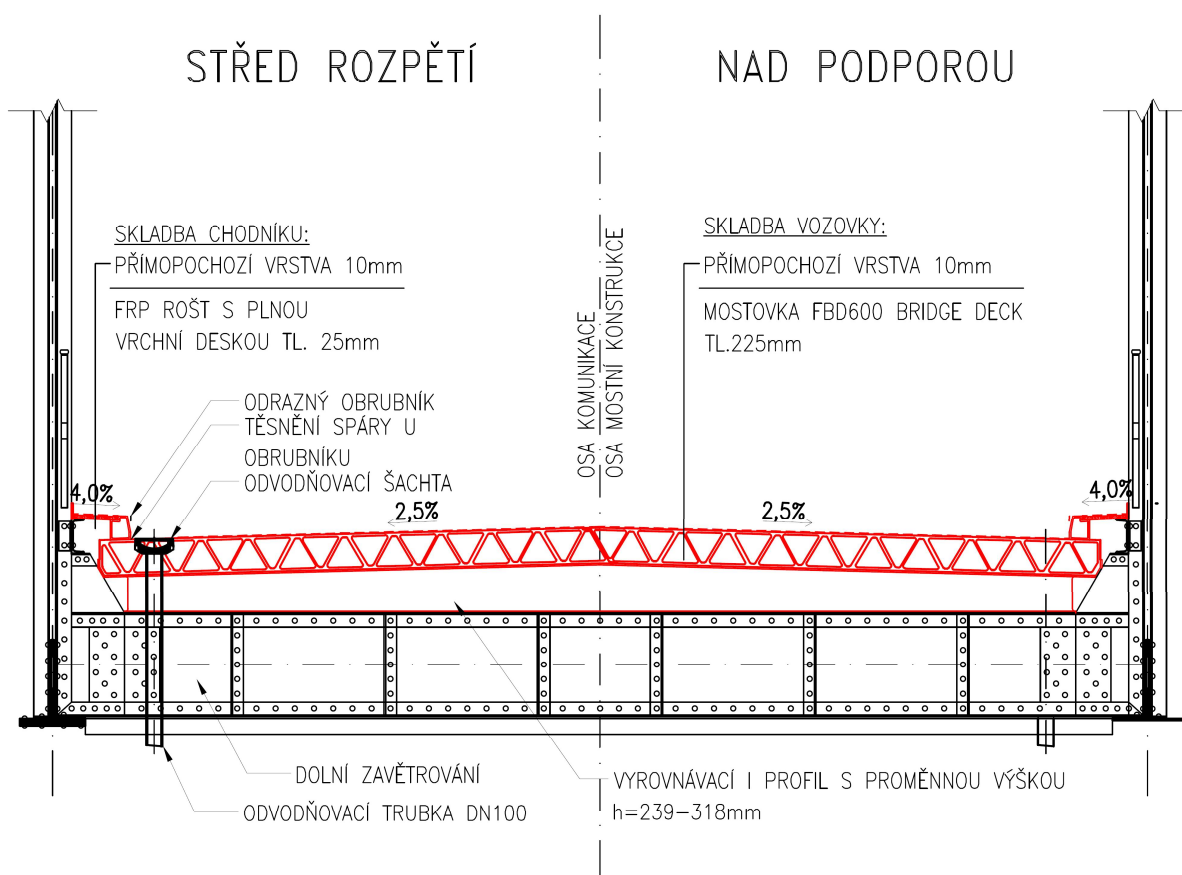
3.2.2 Varianta: Fibre Line (b)

Stávající příčník bude zvýšen vyrovnávacím ocelovým I-profil, který vytvoří střechovitý sklon. Na vyrovnávací profil budou uloženy mostkové panely. Součástí panelů budou odrazné obrubníky, umístěné vždy na kraji vozovky. Mezi odrazný obrubník a stávající U-profil budou uloženy plné rošty z FRP.

Výhodou je udržení stávajících výškových poměrů na mostě. Mostovka z FRP je bezúdržbová.

Nevýhodou je nutnost řešení složitých detailů, např.: napojení dvou mostkových panelů opačného sklonu nebo upevnění panelů na vyrovnávací profil.

Příčný řez je součástí výkresové dokumentace jako příloha č.3.3.2



Obrázek 30 Ilustrační příčný řez mostem s novou mostovkou z panelů FRP (b)

3.3 Porovnání vlastní tíhy navržených mostovek oproti stávající ŽB desce mostovky

V programu Excel bylo vytvořeno jednoduché srovnání hmotností stávající a nově navržených mostovek.

Tab.1

Mostovka	Materiál	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem materiálu na 1m konstrukce [m ³ /m]	Tíha mostovky po délce jednoho pole [t]	Plošné zatížení jednoho pole mostu [kN/m ²]
Stávající stav	Ocel plávková	7 850,00	0,02	10,65	2 071,55
	Beton C12/15	2 200,00	0,34	44,75	
	Beton C30/37	2 400,00	1,06	151,75	
Ortotropní ocelová (a)	Ocel S355 J2	7 850,00	0,27	117,50	1 175,01
Ortotropní ocelová (b)	Ocel S355 J2	7 850,00	0,22	104,04	1 040,36
FRP panely (a)	FRP (FBD 600)	460,84	1,44	39,55	998,65
	Ocel S355 J2	7 850,00	0,14	60,31	
FRP panely (b)	FRP (FBD 600)	460,84	1,44	39,55	1 001,74
	Ocel S355 J2	7 850,00	0,14	60,62	

Z tabulky 1 vyplývá, že hmotnost nově navržených mostovek je zhruba poloviční než hmotnost stávající desky mostovky.

Stávající stav	100 %
Ortotropní mostovka (a)	56,72 %
Ortotropní mostovka (b)	50,22 %
FRP panely (a)	48,21 %
FRP panely (b)	48,36 %

3.4 Výběr zpracovávané varianty

V předchozí kapitole (3.3) bylo zjištěno, že hmotnost nově navržených variant je téměř stejná. O výběru varianty ke zpracování nakonec rozhodla míra vyztužení stávající nosné konstrukce. Proto byla vybrána ortotropní mostovka varianty (a).

Z provedené vlastní prohlídky mostu a ze záznamu korozního průřezu je zřejmé, že místem nejvíce poškozeným korozi jsou styčníky dolního pásu, na které jsou připojeny svislice, diagonály a příčníky. Obecně by roznytování prvků nosné konstrukce nebylo počítáno mezi výhody prováděné rekonstrukce, nicméně v tomto případě tak vzniká ideální příležitost k provedení sanace členěných prvků hlavního příhradového nosníku. Tyto prvky jsou ve stávajícím stavu nepřístupné.



Obrázek 31 Styčník dolního pasu poškozený korozí, u opěry O1

3.5 Předpokládaný průběh rekonstrukce

Po dobu rekonstrukce bude provoz odkloněn na vedlejší betonový most. Inženýrské sítě budou z mostu přesunuty na vedlejší most nebo budou na druhý břeh převedeny podvrtáním říčního koryta. Pod most bude umístěna skruž. Stávající ŽB deska mostovky bude odstraněna společně s podélníky a podélnými U-profily. Po odstranění desky mostovky dojde k přípravě spodní části svislic na montáž nové mostovky (odstranění PKO, nečistot a koroze; částečné roznýtování; otryskání aj.). Náběhy příčníků ke svislicím budou oříznuty. Montážní dílce desky mostovky budou nasazeny na stávající příčník a upevněny. Po provedení sanace budou mezi úhelníky svislic umístěny styčnickové plechy pro spojení svislic s novou částí příčníku. Dále bude provedena výměna stávajících ložisek 2. pole za ložiska umožňující rovněž zdvih mostu. Mostní závěr na břehové opěře O3 bude vyměněn za závěr dovolující zdvih pole, stejně tak bude tento závěr umístěn nad středním pilířem na rozhraní 1. a 2. pole.

Stávající spodní stavba bude sanována. Na pilíři P2 a opěře O3 dojde k úpravám pro zdvih konstrukce. Vnitřní část úložného prahu středního pilíře a břehové opěry bude zesílena mikropilotami. Zesílení je provedeno k zajištění sil od větru působících na nosnou konstrukci mostu ve zdvížené poloze. Zdvih mostu bude proveden pomocí 4 hydraulických zvedáků, jedna dvojice na každé straně 2. pole. Hydraulické zvedáky budou ukotveny do úložného prahu pilíře a opěry v blízkosti ložisek. Koncový příčník bude v místě napojení hydraulických válců zesílen svislou podporovou výztuhou. Uprostřed, mezi každou dvojicí hydraulických zvedáků bude v úložném prahu umístěn hydraulický agregát. Do opěry O3 a pilíře P2 bude dále ukotven vodící pylon. Vodící pylon bude na pilíři P2 a opěře O3 umístěn na návodní straně vedle krajní svislice hlavního příhradového nosníku. Krajní svislice bude zesílena a opatřena krátkou konzolou. Tato konzola bude připojena k vodícímu pylonu pomocí pohyblivé části, válečkovými ložisky.

Podrobný postup montáže musí být zpracován technologem v prováděcí dokumentaci.

4 Statický výpočet

4.1 Cíl statického výpočtu

Cílem statického výpočtu je ověření zdvižného mostu v Týně nad Vltavou. Potřebná výška zdvihu pro zajištění podjezdne výšky 5,25m je 2,222m.

Zatížení na mostě je stanoveno s ohledem na možný výskyt silniční dopravy v havarijních a krizových situacích. Silniční doprava na mostě je modelována ideálním pohyblivým zatížením zatěžovací třídy B dle ČSN 73 6203.

Byla posouzena nosná konstrukce během provozu na mostě a v poloze při zdvihu pole. Dále bylo navrženo a ověřeno mikropilotové založení.

4.2 Výsledky statického výpočtu

V programu Scia Engineer 17.01.1030 byl vytvořen výpočetní model konstrukce. Model zahrnuje skutečný stav konstrukce. Zavedeny jsou jednotlivé tuhosti styčnicků, dle počtu nýtů. Oslabení průřezů korozi či výřezy jsou také zohledněny.

Na základě výsledných hodnot vnitřních sil bylo provedeno posouzení nosné konstrukce v uzavřené poloze a v otevřené poloze.

Ověření založení bylo provedeno ručně. Nejvíce zatížená mikropilota byla modelována v programu GEO5-Mikropilota.

4.2.1 Posouzení v uzavřené poloze

4.2.1.1 Z hlediska Mezních stavů únosnosti

TAB 2

Nejnamáhanější průřezy

Prvek nosné konstrukce	Nejnamáhanější část	Dominantní zatížení	Rozhodující kombinace	Využití [%]
Dolní pás	U13	Interakce M+N	6.10 N1 (22t vozidla)	85,64%
Horní pás	O12	Interakce M+N	6.10 N1 (22t vozidla)	96,06%
Svislice	S1	Interakce M+N	6.10 N1 (22t vozidla)	125,60%
	S1 (po zesílení)	Interakce M+N		97,43%
Diagonála	D5	Interakce M+N	6.10 N1 (22t vozidla)	97,26%
Spodní ztužení	Střed rozpětí	Interakce M+N	6.10 N1 (22t vozidla)	41,03%
Horní ztužení	Střed rozpětí	Interakce M+N	6.10 N1 (22t vozidla)	54,14%
Deska mostovky	Kraj vozovky	(Napětí z modelu)	6.10 N1 (22t vozidla)	54,17%
Podélná výztuha	kraj, střední pilíř	Interakce M+N	6.10 R1 (40t vozidlo)	73,43%
Příčník	3. od opěry O3	(Napětí z modelu)	6.10 N1 (22t vozidla)	41,86%

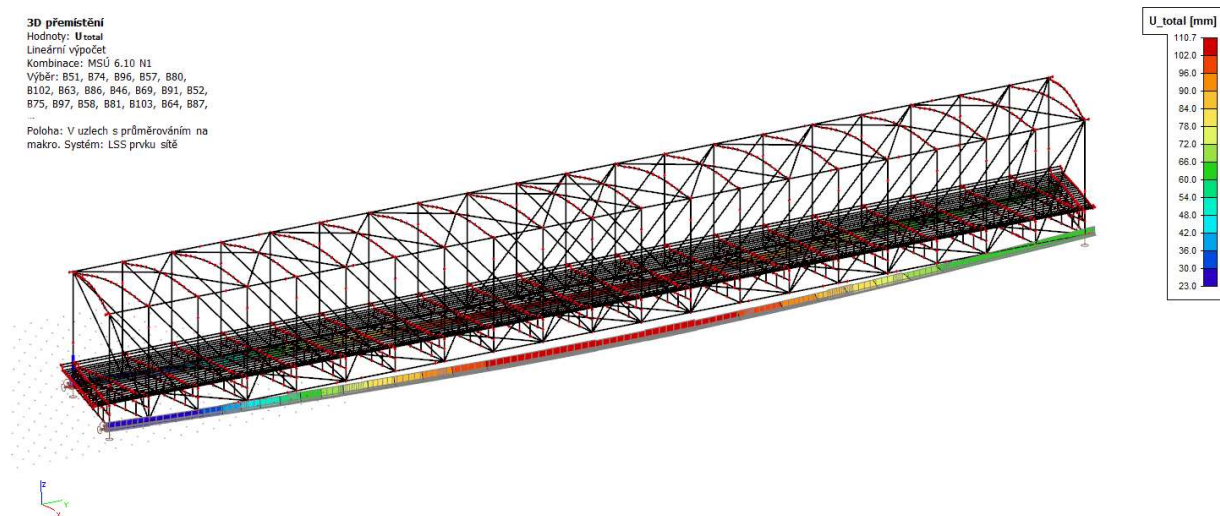
Nevyhovujícími prvky byly svislíce S1, S2, S4, S18. Zesílení bylo navrženo pro nevyhovující svislíce a také pro svislíce S3, S16, S17, S19. Zesílení bude provedeno pomocí plechu tl.10mm vloženého příčně mezi úhelníky svslíc. Po zesílení těchto prvků všechny svislíce vyhoví. Obecně je pro most nejnepříznivější kombinací 6.10 N1 (kombinace 6.10 s hlavním proměnným zatížením normální zatížitelností sestavy 1, přejezdem vozidel do 22tun).

Největší lokální účinky vyvozuje kombinace 6.10 R1 (Kombinace 6.10 s hlavním proměnným zatížením výhradní zatížitelností sestavy 1, přejezd vozidla do 40tun). Tyto účinky se projevují na přesahu desky mostovky nad středním pilířem.

4.2.1.2 Z hlediska Mezních stavů použitelnosti

Posouzen byl maximální průhyb konstrukce. Rezerva pro průhyb nosné konstrukce byla stanovena jako 0,20m.

$W_{REZ} =$	200,00 mm	-rezerva nad plavebním prostorem pro průhyb nosné konstrukce
$W_{MAX} =$	110,70 mm	-celkový maximální průhyb konstrukce od rozhodující kombinace zatížení



Obrázek 32 maximální nosné konstrukce mostu

$$W_{MAX} = 108,20 < 200,00 = W_{LIM}$$

VYHOVUJE

4.2.2 Posouzení při zdvihu

Pro zdvih byl upraven výpočetní model konstrukce v uzavřené poloze. Změněno bylo statické schéma, modelovány byly vodící konzoly na krajní svislíce. Zatížení větrem bylo omezeno na rychlost 15m/s. Zatížení teplotou nebylo zavedeno, nové statické schéma konstrukce je staticky určité.

Posouzení bylo provedeno pro krajní příčnický, u kterých byl proveden návrh a následné posouzení podporové výztuhy. Dále byly posouzeny krajní svislice. Při zdvihu mostu za současného působení větru bude v krajních svislicích vznikat kroucení díky vodící konzole držené vodícím pylonem.

Navrženy byly dimenze vodícího pylonu, potom byl pylon posouzen jako prut a bylo provedeno zjednodušené ověření základové patky vodícího pylonu.

4.2.2.1 Posouzení podporové výztuhy

Na koncový příčník budou připojeny hydraulické zvedáky. V místech zdvihu je zapotřebí zesílit průřez příčníku podporovou výztuhou. Na část stojiny mezi úhelníky budou přidány vložky o tl.10mm, na tyto vložky pak budou přidány ocelové výztuhy a spojeny s příčníkem pomocí HRC šroubů. Detail podporové výztuhy je součástí výkresové dokumentace (příloha 2.6.4).

Lokální zatížení svislou silou od zdvihu:

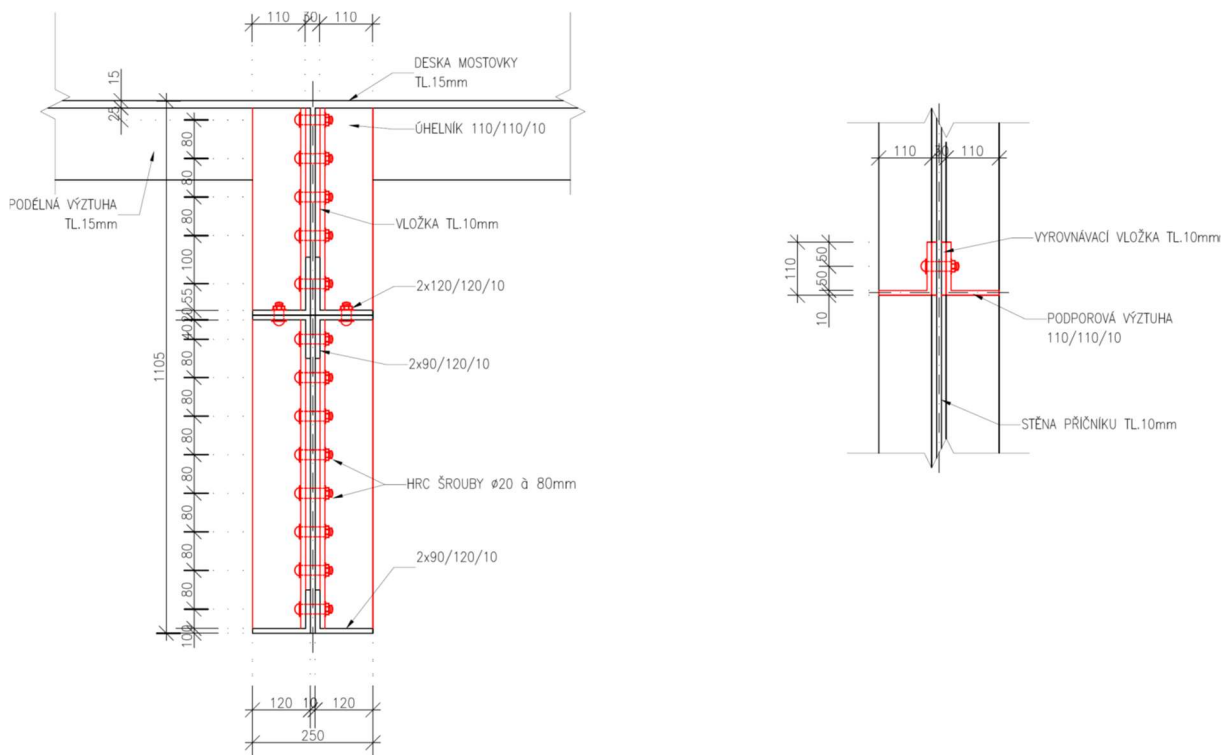
6.10 Větr (kombinace pro zdvih)

Rz=	789,67	[kN]
-----	--------	------

-kombinace zatížení při zdvihu mostu
-svislá reakce v místě zdvižného zařízení

Návrh podporové výztuhy:

Úhelníky 110/110/10



Obrázek 33 Schéma podporové výztuhy

Prvek nosné konstrukce	Dominantní zatížení	Rozhodující kombinace	Využití [%]
Podporová výztuha	Tlak (vzpěr není)	6.10 Vítr (zdvih)	44,58%

4.2.2.2 Posouzení krajní svislice

Posouzen je průřez S0 návodní strany. Jedná se o svislici připojenou k pylonu na středním pilíři.

Vnitřní síly:

6.10 Vítr (kombinace pro zdvih) - Kombinace vyvolující největší účinek

N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
-596,26	112,28	-197,87	-51,88	127,32	111,52

Prvek nosné konstrukce	Dominantní zatížení	Rozhodující kombinace	Využití [%]
Krajní svislice	Kroucení	6.10 Vítr (zdvih)	22,78%
	Interakce N+M		88,14%

4.2.2.3 Posouzení vodícího pylonu

4.2.2.3.1 Pylon

Vnitřní síly:

6.10 N1 (Přejezd vozidel do 22t) - Kombinace vyvolující největší účinek

N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
17,90	147,96	-268,04	0	-1286,59	710,208

Posuzovaný prvek konstrukce	Dominantní zatížení	Rozhodující kombinace	Využití [%]
Pylon	Interakce N+M	6.10 Vítr (zdvih)	78,65%

4.2.2.3.2 Založení vodícího pylonu

Provedeno je posouzení kotevních šroubů a tlačené části betonu patky pylonu. Kompletní návrh uložení vodícího pylonu nebyl předmětem této práce. Předpokládána je patka silně vyztužená, s náběhy a kotevními šrouby.

Návrh rozměrů patky

Beton C30/37 -materiál
 f_{ck} = 30 MPa -pevnost v tlaku

$\gamma_c =$	1,5	-	-součinitel spolehlivosti
$d =$	850	mm	-uvažovaná šířka patky
$a =$	150	mm	-vzdálenost šroubů od kraje patky
$b_p =$	850	mm	-délka patky
$h =$	600	mm	-výška patky

Posouzení napětí v betonu:

$\sigma_{x,ed} =$	17,73	\leq	22,67	$=f_{jd}$	VYHOVUJE
Využití:	78,21%	\leq	100,00%		

Návrh kotevních šroubů:

-šroub s kotevní hlavou

M64x4

$d =$	70	mm ²	-průměr šroubu
$A_s =$	2851	mm ²	-plocha jádra šroubu
$f_y =$	235	MPa	-mez kluzu
$f_y =$	360	MPa	-mez pevnosti
$\gamma_{M0} =$	1,0	-	-součinitel spolehlivosti
$n =$	4	ks	-počet šroubů na jedné straně pylonu

Porušení v místě řezaného závitu:

$F_{t,Sd} =$	634,36	\leq	785,2	$=F_{t,Rd}$	VYHOVUJE
Využití:	80,79%	\leq	100,00%		

Porušení v místě dřívku:

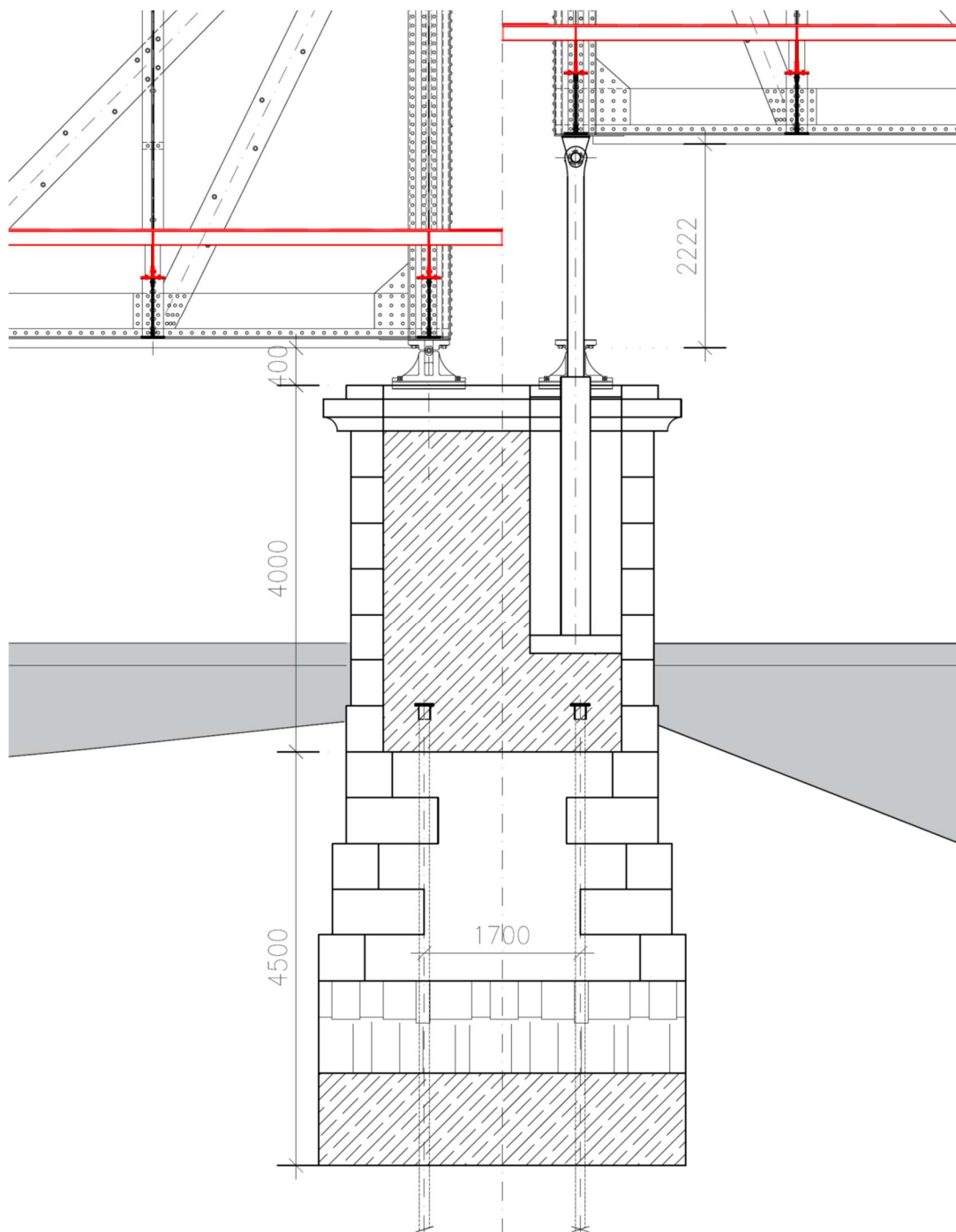
$F_{t,Sd} =$	634,36	\leq	904,4	$=F_{t,Rd}$	VYHOVUJE
Využití:	70,14%	\leq	100,00%		

Rozhoduje únosnost řezaného závitu. Kotevní šrouby vyhoví.

4.2.3 Ověření založení

Ověřen byl střední pilíř mostu, který je nejvíce zatíženou podporou. Předmětem této kapitoly byl návrh a posouzení základu tvořeného mikropilotami.

Na stávající plošné založení působí pouze vlastní tíha pilíře včetně nově vybudované ŽB části. Samotné mikropiloty pak přebírají všechna ostatní uvažovaná zatížení, včetně vodorovných.



Obrázek 34 Schéma středního pilíře

Byl zpracován rozbor zatížení vycházející z hodnot stanovených v kapitole 3 Zatížení statického výpočtu. Kombinace pro posouzení mikropilotového základu byly určeny podle rovnice 6.10 .

Pomocí výsledných kombinačních součinitelů byly vytvořeny kombinace pro 3 různé stavy polohy a provoz na mostě. Kombinace značené těmito indexy K_z , K_p a K_u .

K_z je kombinace zatížení při zdvihu (max. rychlost větru je omezena hodnotou 15m/s). K_p je kombinace zatížení pilíře v uzavřené poloze mostu, vozidla/chodci pouze v jednom poli (vítr o max. rychlosti 25m/s) a K_u je kombinace zatížení pilíře v uzavřené poloze mostu (plný provoz na mostě, vítr o max. rychlosti 25m/s).

Navržené jsou dvě řady mikropilot v osově vzdálenosti 1,70m. V každé řadě je 10 mikropilot.

Dalším výpočtem byly stanoveny největší kladná a záporná reakce na 1 mikropilotu.

Největší kladná a záporná reakce na 1 mikropilotu:

Kombinace:		Ku1	Ku6=Kp6
reakce na 1 mikropilotu:	$R_{A,1}$ [kN]	770,08	454,03
	$R_{B,1}$ [kN]	-211,61	-248,95

Pozn.: Kladná reakce - tlačená mikropilota; Záporná reakce - tažená mikropilota

4.2.3.1 Posouzení mikropilotového založení

Mikropiloty jsou posouzeny v programu GEO5-Mikropilota.

Návrhové zatížení na mikropilotu:

$$N_{Ed,max} = 248,95 \text{ kN} \quad \text{-tažená mikropilota}$$

$$N_{Ed,min} = -770,08 \text{ kN} \quad \text{-tlačená mikropilota}$$

Podloží pod základem tvoří mírně zvětralá rula. Navržený průřez mikropiloty je TR108/16, průměr kořene se předpokládá 0,20m. Mikropiloty budou vrtány po odbourání horní části pilíře. Vrtání bude provedeno 3m pod úroveň stávající základové spáry, což bude rovněž délka kořene mikropiloty.

4.2.3.2 Protokol o posouzení z programu GEO5-Mikropilota

Výpočet Mikropiloty**Vstupní data****Projekt**

Akce : Týn nad Vltavou
Datum : 20.12.2017

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
Díličí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$

Mikropiloty

Výpočet únosnosti dřívku : geometrická (Eulerova) metoda
Výpočet únosnosti kořene : metoda Lizziho
Metodika posouzení : mezní stavy

Součinitele redukce parametrů zemin			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_{m\phi} =$	1,25	[-]
Součinitel redukce soudržnosti :	$\gamma_{mc} =$	1,40	[-]
Součinitel redukce kritické síly :	$\gamma_{mf} =$	1,00	[-]
Součinitel spolehlivosti cementové směsi :	$\gamma_{sc} =$	1,50	[-]
Součinitel spolehlivosti oceli :	$\gamma_{ss} =$	1,50	[-]
Součinitel redukce únosnosti kořene :	$\gamma_r =$	1,50	[-]

Parametry zemin**Rula R3**

Objemová tíha : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 40,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 2000,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Geometrie

Průměr = 108,0 mm
Tloušťka stěny = 16,0 mm
Volná délka mikropiloty $l = 5,00 \text{ m}$
Délka kořene $l_r = 3,00 \text{ m}$
Průměr kořene $d_r = 0,20 \text{ m}$
Odklon mikropiloty od svislice $\alpha = 0,00^\circ$
Vysazení mikropiloty nad terén $l_a = 0,50 \text{ m}$

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$
Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : Cementová směs (uživatelský)

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti $E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$

Ocel konstrukční: Ocel (uživatelský)

Mez kluzu $f_y = 355,00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti $E = 210000,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	-	Rula R3	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
	nové	změna			
1	Ano		Tlačená mikropilota	770,08	0,00
2	Ano		Tažená mikropilota	-248,95	0,00

Posouzení čís. 1**Posouzení průřezu 1**

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepriznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10,00 \text{ MN/m}^3$

Spočtený počet půlvln $n = 2,06$

Vzpěrná délka $l_{cr} = 2,23 \text{ m}$

Kritická normálová síla $N_{crd} = 2190,82 \text{ kN}$

Maximální normálová síla $N_{max} = 770,08 \text{ kN}$

Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE**Posouzení únosnosti spřaženého průřezu:**

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čís. 1

Plocha ideálního průřezu $A_i = 5,27E+03 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 5,27E+06 \text{ mm}^4$

Štíhlost prutu $\lambda = 70,626$

Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0,752$

Napětí v oceli = 207,23 MPa

Výpočtová pevnost oceli = 236,67 MPa

Spřažený průřez mikropiloty VYHOVUJE**Posouzení čís. 1****Posouzení kořene**

Způsob výpočtu - metoda Lizziho.

Součinitel vlivu průměru kořene = 0,85

Průměrné mezní pláštové tření $q_{sav} = 1000,00 \text{ kPa}$

Posouzení tlačené mikropiloty

Únosnost pláště mikropiloty $R_s = 1602,21 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $R_d = 1068,14 \text{ kN}$

Maximální normálová síla $N_{max} = 770,08 \text{ kN}$

Únosnost tlačené mikropiloty VYHOVUJE**Posouzení tažené mikropiloty**

Únosnost pláště mikropiloty $R_s = 1602,21 \text{ kN}$

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $R_d = 1068,14 \text{ kN}$

Maximální tahová síla $N_{max} = 248,95 \text{ kN}$

Únosnost tažené mikropiloty VYHOVUJE**Svislá únosnost mikropiloty VYHOVUJE**

4.3 Závěr statického výpočtu

Variantní řešení mostu vyhovuje na zadaná zatížení během běžného provozu na mostě i během zdvihu mostního pole.

Pro splnění navrhovaného řešení musí být provedeno:

Stávající ŽB deska mostovky bude vybourána a nahrazena ocelovou ortotropní mostovkou varianty (a). Horní části podpor P2 a O3 budou nahrazeny úložným prahem, ve kterém budou uloženy technologie pro zdvih konstrukce. Na povrchu úložného prahu bude vztyčen a ukotven vodící pylon.

Svislice S1, S2, S3, S4, S16, S17, S18, S19 budou zesíleny plechem tloušťky 10mm příčně uloženým mezi úhelníky, a to minimálně do poloviny výšky svislice od dolního pásu. Koncové příčníky budou v místě připojení hydraulických zvedáků zesíleny podporovou výztuhou. Dojde k zesílení krajní svislice. Toto zesílení bude konstrukčního rázu, sloužící pro napojení na vodící pylon pomocí krátké vodící kladky. Krajní svislice z hlediska namáhání zesílení nevyžadují.

Úložné prahy středního pilíře P2 a břehové opěry O3 budou zesíleny mikropilotami. Maximální rychlost při které bude možné most zdvihat je omezena rychlostí 15m/s.

5 Zdvizný most

Přemostění bude vzhledem k vedlejšímu novému mostu stále sloužit pro provoz pěších a cyklistů z centra směrem k nádraží. V havarijních situacích, např. uzavření vedlejšího mostu, bude možno na mostě provozovat smíšený provoz pěších a dopravy. Na mostě bude probíhat kyvadlová doprava, provoz bude řízen policií. Jeden pruh vozovky bude vyhrazen pro přejezd vozidel.

Stávající nosná konstrukce bude zachována a sanována. V rámci sanace dojde v poli 2 k zesílení koncových příčníků a k zesílení svislic S1, S2, S3, S4, S16, S17, S18, S19 návodní i povodní. Spodní stavba bude upravena pro uložení zdvižné části mostu. Dojde k úpravě úložných prahů středního pilíře P2 a opěry na pravém břehu O3. Vnitřní části úložných prahů budou zesíleny mikropilotami pro zajištění sil vznikajících při zdvihu mostu od působení větru. Vnější části úložných prahů budou obloženy původním kamenným zdivem.

Zdvih mostu je proveden pomocí svislých vodících tyčí hydraulických zvedáků umístěných pod krajními příčníky. Hydraulické válce jsou ukotveny v úložném prahu pilíře a opěry. Velikost maximálního zdvihu je 2250mm, pro zajištění plavební výšky je zdvih o 2222mm. V provozu je předpokládán zdvih pole vždy pro konkrétní plavidlo osobní dopravy, dle skutečné potřeby. Přerušení pěšího provozu na mostě nepřesáhne 10minut.

Zdvižné pole (pole 2) budou zdvihát 4 hydraulické zvedáky o nosnosti min.1000kN. Hydraulické válce zvedáků budou umístěny v blízkosti mostních ložisek. Zakotvené budou v dostatečně hlubokých kapsách v úložných prazích pilíře P2 a opěry O3. Každá dvojice válců bude mít mezi sebou hydraulický agregát. Hydraulické rozvody budou vzhledem k válcům osově symetrické. Synchronizace pohybu hydraulických válců na středovém pilíři P2 a na pravobřežní opěře O3 bude provedena elektronicky. Všechny prvky zdvižné technologie budou hermeticky utěsněny proti vzdušné vlhkosti, dešti i sněhu. Zároveň bude každá část zdvižné technologie přístupná pro provádění revize.

Do úložného prahu budou na návodní straně vedle krajních svislic zakotveny vodící pylony. Vodící pylony budou zajišťovat vodorovnou stabilitu konstrukce v průběhu zdvihu. Na středovém pilíři bude pylon zajišťující vodorovnou stabilitu v podélném a příčném směru, na pravobřežní opěře pylon zajišťující vodorovnou stabilitu ve směru podélném. Krajiní svislice bude konstrukčně vyztužena pro upevnění krátké konzoly s vodícími kladkami. Tyto kladky budou propojeny s vodícím pylonem. Tím je zprostředkováno spojení vodícího pylonu s nosnou konstrukcí.

Stávající ocelová ložiska budou nahrazena novými umožňujícími rovněž zdvih konstrukce. Dále bude na břehové opěře O3 a nad středním pilířem P2 osazen nový mostní závěr umožňující zdvih konstrukce, zároveň bude mostní závěr opatřen zámkou pro fixaci mostu v provozní poloze.

Operační místnost pro dozor na most bude umístěna ve věži blízkého veslařského klubu.

Přesná technologie strojních zařízení musí být konzultována a navržena kvalifikovaným strojním inženýrem

5.1 Předpokládaný průběh zdvihu mostního pole

- Uzavření vjezdu na most pomocí návěstidel s dostatečnou prodlevou na opuštění pole
- Uzavření vstupu na most závorami
- Uvolnění zámků provozní polohy
- Zdvih konstrukce do požadované výšky pomocí hydraulických válců
- Provedení kontroly úplnosti otevření
- Zajištění konstrukce ve zdvižené poloze
- Signalizací bude otevřena plavební cesta

Uzavření plavební cesty a návrat mostu do provozní polohy je proveden opačným postupem až po otevření pěší komunikace.

6 Závěr

Byl proveden návrh variant řešení úpravy existujícího silničního mostu v Týně nad Vltavou na pohyblivou konstrukci. Po analýze navrhovaných řešení byla vybrána varianta s ortotropní mostovkou (a). Pro zvolenou variantu řešení byl proveden statický výpočet nosné konstrukce mostu a bylo provedeno ověření založení.

Statickým výpočtem bylo zjištěno, že stávající nosná konstrukce po provedení sanace vyhoví v provozní poloze na zatížení silniční dopravou (zatěžovací třídy B). V poloze při zdvihu most vyhoví na zatížení větrem. Zesílený střední pilíř vyhoví na zatížení vznikající při zdvihu 2 pole.

Po návrhu řešení úpravy konstrukce a posouzení byla zpracována výkresová dokumentace stávající a nově navržené konstrukce mostu.