

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

# APLIKACE DLOUHODOBÉHO SLEDOVÁNÍ STAVEBNÍHO STAVU PRO ÚČELY HODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH ZDĚNÝCH ŽELEZNIČNÍCH OBLOUKOVÝCH MOSTŮ

LONG TERM CONDITION MONITORING IN ORDER TO ASSESSMENT OF EXISTING  
MASONRY ARCH RAILWAY BRIDGES

DISERTAČNÍ PRÁCE  
DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Ing. JAN KŮRKA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. LEONARD HOBST, CSc.

BRNO 2010

**Abstrakt**

Práce vychází z aktuálních požadavků na vytvoření standardního postupu při hodnocení stávajících zděných železničních klenutých mostů na základě dlouhodobého sledování jejich stavebního stavu. Hodnocení mostu je součástí každé prohlídky, obzvláště když v jejím průběhu vyvstanou pochybnosti z důvodu vážných poruch, nárůstu nápravových tlaků nebo nárůstu frekvence dopravy, které mají vliv na bezpečnost konstrukce, bezpečnost dopravy nebo na trvanlivost mostu.

Pokud průzkum zděných mostů nemůže zajistit dostatek dat pro aplikaci pravděpodobnostních metod, hledají se další možnosti sběru a vyhodnocování dat pro hodnocení. Významnou alternativou je hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti dle ČSN ISO 13822, kapitola 8.

**Abstract**

Thesis rises from an actual needs to make standard of practice for assessment an existing arch railway masonry bridges on the basis of condition long term monitoring. Bridge assessment is a part of any inspection, especially in case of doubts arising during inspections due to heavy defects, increase of axle load or increase of train frequency, which may influence the structural safety, traffic safety or durability of a bridge.

There are possibilities for utilization of monitoring results for assessment in case of investigation data absece. An important option is assessment based on satisfactory past performance by ČSN ISO 13822, chapter 8.

**Klíčová slova**

hodnocení, poruchy, zděné železniční klenuté mosty, dlouhodobé sledování

**Key words**

assessment, defects, arch masonry railway bridges, long term monitoring

**Bibliografická citace VŠKP**

KŮRKA, Jan. *Aplikace dlouhodobého sledování stavebního stavu pro účely hodnocení stávajících zděných železničních obloukových mostů: disertační práce*. Brno, 2010. 104 s., 13 s. příloh. VUT v Brně. Ústav soudního inženýrství. Vedoucí disertační práce Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.12.2010

.....  
podpis doktoranda

**Poděkování**

Za účinnou podporu, cenné připomínky a rady při zpracování této disertační práce děkuji především svému školiteli panu prof. Ing. Leonardu Hobstovi, CSc. Dále mé poděkování patří Ing. Petru Cikrlovi, Ph.D., a dalším kolegům za informace a pomoc při získávání podkladů.

**Obsah:**

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ÚVOD .....</b>                                                      | <b>7</b>  |
| 1.1 ZAŘAZENÍ TÉMATU DO SYSTÉMU SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ .....                 | 8         |
| <b>2. PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY .....</b>                    | <b>9</b>  |
| 2.1 VÝKLAD ZÁKLADNÍCH POJMŮ .....                                         | 9         |
| 2.2 SYSTÉM HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ DLE ČSN ISO 13822 .....      | 11        |
| 2.2.1 Obecný systém hodnocení .....                                       | 11        |
| 2.2.2 Údaje pro hodnocení .....                                           | 14        |
| 2.2.3 Hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti .....         | 16        |
| 2.2.5 Hodnocení existujících zděných konstrukcí .....                     | 20        |
| 2.3 HODNOCENÍ STAVEBNÍHO STAVU MOSTNÍCH OBJEKTŮ V ZAHRANIČÍ .....         | 21        |
| 2.3.1 Charakteristický proces degradace .....                             | 22        |
| 2.3.2 Typická slabá místa a spoje .....                                   | 22        |
| 2.3.3 Prohlídky zděných mostů .....                                       | 23        |
| 2.3.4 Doporučené testovací metody .....                                   | 24        |
| 2.3.5 Základy a přechodové zóny .....                                     | 26        |
| 2.3.6 Charakteristické procesy degradace, poruchy a problémy .....        | 27        |
| 2.4 HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ PODLE VNITŘNÍCH PŘEDPISŮ DRAH ..... | 28        |
| 2.4.1 Hlavní prohlídka .....                                              | 28        |
| 2.4.2 Dohlédací činnost .....                                             | 30        |
| 2.4.3 Provádění údržby a plánování opravných prací .....                  | 34        |
| 2.4.4 Pokyny pro provádění běžných prohlídek .....                        | 34        |
| 2.4.5 Pokyny pro provádění podrobných prohlídek (revizí) .....            | 35        |
| 2.5 STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM .....                                      | 38        |
| 2.5.1 Stavebně technický průzkum dle přílohy 2 kapitoly 23 TKP .....      | 39        |
| 2.5.2 Netradiční zkušební postupy podle přílohy 3 kapitoly 23 TKP .....   | 43        |
| 2.6 DIAGNOSTIKA MOSTŮ SE ZDĚNOU NOSNOU KONSTRUKCÍ .....                   | 44        |
| 2.7 ZAJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÝCH DŮKAZŮ PODLE PRÁVNÍ TEORIE .....              | 46        |
| 2.7.1 Obecně .....                                                        | 46        |
| 2.7.2 Měření .....                                                        | 47        |
| 2.7.3 Grafická dokumentace .....                                          | 48        |
| 2.7.4 Protokol .....                                                      | 48        |
| 2.7.5 Fotografie .....                                                    | 49        |
| 2.7.6 Odběry vzorků .....                                                 | 49        |
| 2.7.7 Prohlídka, demontáž, ověřování funkce, popis .....                  | 50        |
| 2.8 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU .....                                     | 51        |
| <b>3. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE .....</b>                                     | <b>52</b> |
| <b>4. VÝSLEDKY DISERTACE S UVEDENÍM NOVÝCH POZNATKŮ .....</b>             | <b>54</b> |
| 4.1 ÚVOD K HODNOCENÍ .....                                                | 54        |
| 4.1.1 Pojem hodnocení .....                                               | 55        |
| 4.1.2 Vymezení předmětu hodnocení .....                                   | 55        |
| 4.2 NÁVRH METODIKY HODNOCENÍ .....                                        | 57        |
| 4.2.1 Stanovení účelu hodnocení .....                                     | 59        |
| 4.2.2 Scénáře .....                                                       | 60        |
| 4.2.3 Předběžná prohlídka .....                                           | 65        |
| 4.2.4 Studium dokumentace a dalších údajů .....                           | 69        |
| 4.2.5 Předběžné ověření .....                                             | 73        |
| 4.2.6 Rozhodnutí o okamžitých opatřeních .....                            | 80        |
| 4.2.7 Doporučení pro další postup .....                                   | 84        |
| 4.3 NÁLEŽITOSTI POSUDKU .....                                             | 90        |
| 4.4 KVALIFIKACE PERSONÁLU .....                                           | 91        |
| <b>5. ZÁVĚR .....</b>                                                     | <b>94</b> |
| <b>6. POUŽITÉ ZDROJE .....</b>                                            | <b>96</b> |

---

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1 ČLÁNKY A MONOGRAFIE .....                                       | 96  |
| 6.2 VÝZKUMNÉ ZPRÁVY, POSUDKY, PROJEKTY .....                        | 96  |
| 6.3 NORMY A PŘEDPISY .....                                          | 97  |
| 6.4 SEZNAM VLASTNÍCH PRACÍ VZTAHUJÍCÍCH SE K DISERTAČNÍ PRÁCI ..... | 98  |
| 7. SEZNAM OBRÁZKŮ .....                                             | 100 |
| 8. SEZNAM TABULEK.....                                              | 101 |
| 9. SEZNAM SCHÉMAT .....                                             | 102 |
| 10. PŘÍLOHY DISERTAČNÍ PRÁCE .....                                  | 103 |

## 1. Úvod

Cílem dlouhodobého sledování konstrukcí je vytvoření časového modelu vzájemných interakcí mezi stavebním objektem a jeho okolím. Tento model by měl zahrnout všechny situace, které v průběhu užívání, ale i v průběhu výstavby nastaly. Úkolem hodnotitele je potom analyzovat zjištěné skutečnosti vyplývající z chování modelu a obhájit své hodnocení před zadavatelem práce. Je-li hodnotitel soudním znalcem, potom jeho cílem při znalecké činnosti je dle Bradáče [8] přetlumočit problematiku svého oboru do formy, jež je srozumitelná pro orgány činné v příslušném řízení i pro subjekty, jichž se výsledek řízení týká. Přitom způsob práce znalce musí být v souladu se zásadami procesního řízení v dané věci.

Koncepce disertační práce vychází z aktuálních požadavků na vytvoření standardního postupu znalce při průzkumu stávajících zděných železničních klenutých mostů pro účely následného hodnocení. Nezbytným podkladem pro hodnocení libovolného mostního objektu je zjištění jeho stavebního stavu. Veličin a podkladů, které je potřebné o mostním objektu nashromáždit, je celá řada. Pro mnohé z nich je normalizována nebo jinak teoreticky zpracována metodika jejich zjišťování. Jde především o údaje související s materiálovými a konstrukčními vlastnostmi, s rozměry, s vlivy prostředí a s dalšími podmínkami, které jsou aktuálně stanoveny pro stávající mostní objekt a pro jeho současné i předchozí zatížení. Se zjišťováním potřebných údajů souvisí i přístrojová a vyhodnocovací technika, která je dnes na vysoké úrovni, avšak vyžaduje kvalifikovaný obslužný personál. Přes všechny výhody techniky a normalizované postupy se může kvalita průzkumu, jeho vyhodnocení a interpretace výsledků ve znaleckém posudku značně lišit, a to v závislosti na osobě posuzovatele, jeho odborné kvalifikaci a zkušenostech. Z uvedeného tedy vyplývá, že pro zdárné vypracování znaleckého posudku nestačí jen držet se obecných zásad pro práci znalce, ale je vhodné postupovat i podle znaleckého standardu, který znalec provede danou metodikou a upozorní na úskalí, jež se mohou vyskytnout v průběhu zajišťování důkazů, opatřování podkladů, odběru vzorků, experimentování a vyhodnocování. Návrh takového standardu je stěžejním úkolem této disertační práce.

V experimentální části disertační práce je čerpáno z realizovaných posudků a stavebně technických průzkumů zděných železničních klenutých mostů, jenž byly zadávány za účelem odstranění havarijního stavu těchto objektů. V disertační práci jsou podrobně rozebrány nejen výsledky prováděných průzkumů, ale jsou zde zohledněny i výsledky dlouhodobého sledování uvedených objektů. Závěry učiněné na základě dlouhodobého sledování mostních objektů mají klíčový vliv na hodnocení i na samotný návrh znaleckého standardu.

Vybrané železniční mosty vzhledem k jejich rozmístění na území celé České republiky představují natolik statisticky významný a reprezentativní vzorek, že lze na základě něj získané výsledky zobecnit a docílit tak objektivního pohledu na problematiku znalecké činnosti při objasňování příčin havárií zděných železničních klenutých mostů.

Ze strany provozovatele dráhy nejen v ČR, ale i v zahraničí lze v posledních letech pozorovat zvýšený zájem o posuzování stávajících zděných železničních klenutých mostů. Důvodem je stále velký počet těchto typů mostů v železniční síti, jejich obecně špatný stavební stav a stáří přesahující 100 let. Dále pak požadavek na vyšší nápravné tlaky a vyšší přepravní rychlosti při zachování stávajícího objektu. Situace vyvolala potřebu vytvoření standardního postupu při hodnocení zděných mostů alternativními metodami jako je analýza dlouhodobého sledování stavebního stavu.

## 1.1 Zařazení tématu do systému soudního inženýrství

Téma disertační práce: Aplikace dlouhodobého sledování stavebního stavu pro účely hodnocení stávajících zděných železničních obloukových mostů.

Základní obor: **Stavebnictví**

Odvětví: **Stavby dopravní**

- zvláštní specializace: **Železniční mosty**

Specializace obsahuje:

- Mosty s ocelovou nosnou konstrukcí;
- Mosty s železobetonovou nosnou konstrukcí;
- Mosty s nosnou konstrukcí z předpjatého betonu;
- Mosty s nosnou konstrukcí se zabetonovanými nosníky nebo jinými tuhými vložkami;
- Mosty se spřaženou ocelobetonovou nosnou konstrukcí;
- **Mosty se zděnou nosnou konstrukcí;**
- Spodní stavba mostu;
- Mostní vybavení.

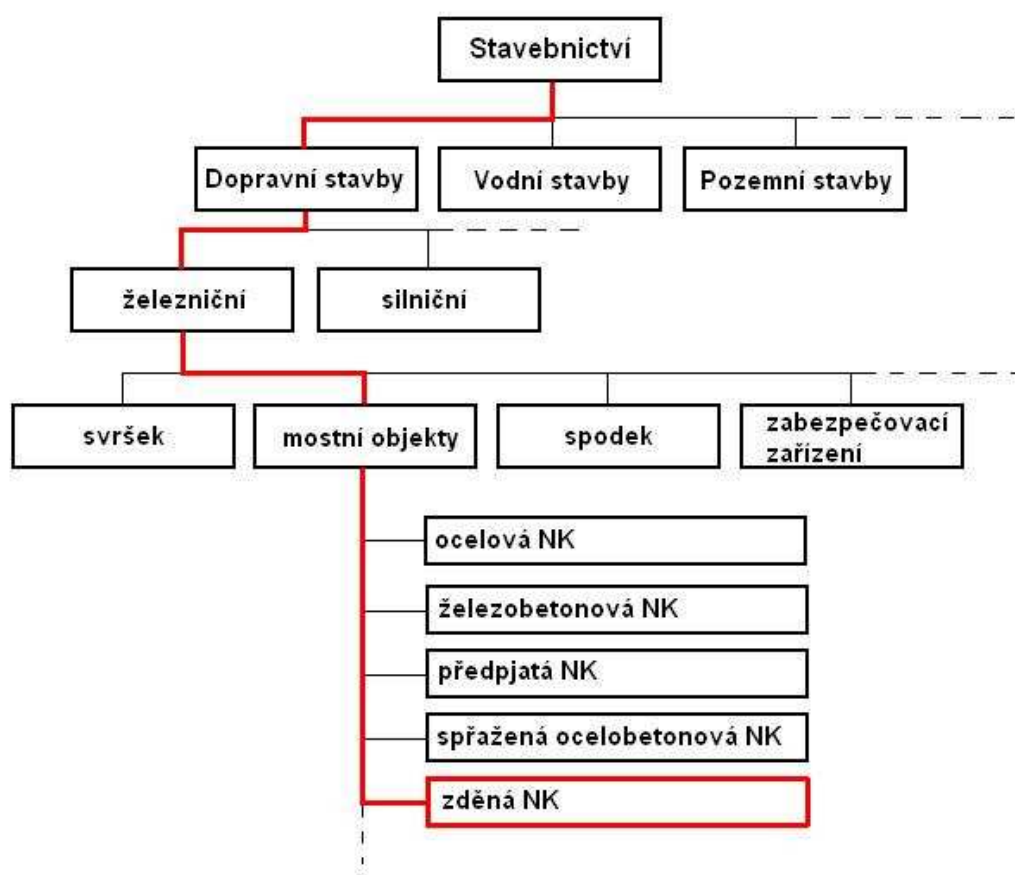


Schéma č.1 Zařazení tématu do systému soudního inženýrství

## 2. Přehled o současném stavu problematiky

Mostní objekty jsou v průběhu svého životního cyklu vystaveny různým účinkům namáhání. Od přírodního prostředí přes pohyblivé zatížení až po mimořádné účinky nehodových událostí. Každé namáhání na mostě zanechá nějakou stopu. Pokud byly alespoň některé z těchto účinků pečlivě zaznamenány, má hodnotitel velmi cenný podklad pro hodnocení. V praxi ale většina těchto vlivů zaznamenána není, ať už z nedbalosti nebo neexistence opory v legislativě. Potom nezbyvá než ze stop zanechaných na mostním objektu zpětně usuzovat na intenzitu, směr, tvar a dobu působení.

### 2.1 Výklad základních pojmů

Hierarchie termínů uvedená v ČSN ISO 13822 [27]

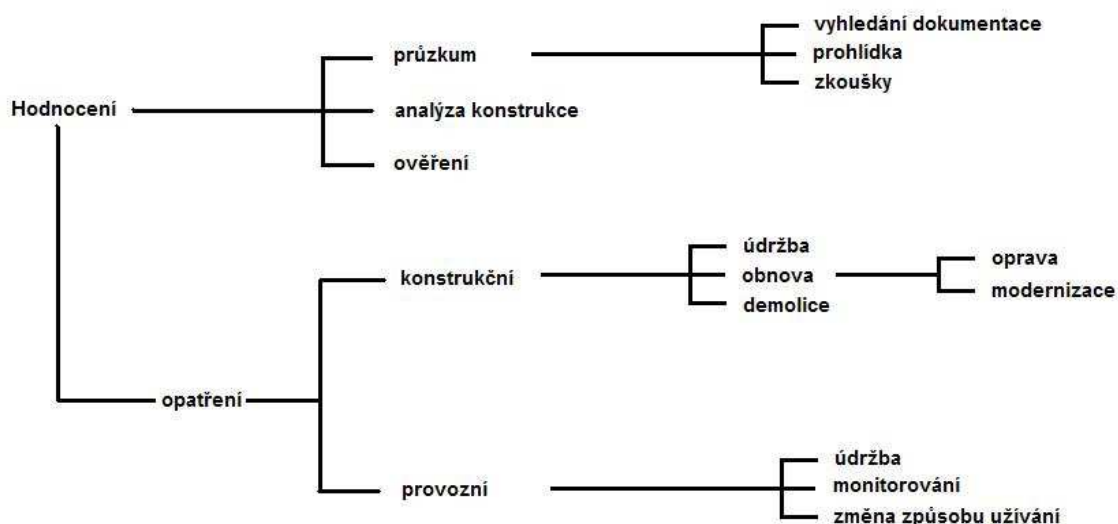


Schéma č.2 Hierarchie termínů

**hodnocení** ■ soubor činností prováděných za účelem ověření spolehlivosti existující konstrukce z hlediska jejího budoucího použití [27]

**průzkum** ■ shromažďování a hodnocení informací na základě prohlídky, přezkoumání dokumentace, zatěžovací zkoušky a jiných zkoušek [27]

**prohlídka** ■ nedestruktivní šetření v místě stavby umožňující stanovit současný stav konstrukce [27]

**údržba** ■ souhrn všech činností prováděných během životnosti konstrukce, které umožňují splnit požadavky na spolehlivost [29]

**monitorování** ■ časté nebo souvislé, obvykle dlouhodobé pozorování či měření stavu konstrukce nebo zatížení [27]

**oprava** ■ zlepšení stavu konstrukce obnovením či nahrazením existujících prvků, které byly poškozeny [27]

**modernizace** ■ souhrnný termín, který zahrnuje rekonstrukci, přestavbu, nástavbu, nebo přístavbu existující konstrukce [27]

**zatížitelnost** ■ označuje největší charakteristické hodnoty užitných zatížení, pro které je konstrukce dostatečně spolehlivá [27]

**spolehlivost** ■ schopnost konstrukce nebo nosného prvku splnit stanovené požadavky během návrhové životnosti; spolehlivost se obvykle vyjadřuje prostřednictvím pravděpodobnostních ukazatelů. Pozn. spolehlivost zahrnuje bezpečnost, použitelnost a trvanlivost konstrukce [29]

**porucha** ■ nedostatečná únosnost nebo nevhodná použitelnost konstrukce nebo konstrukčního prvku [28]

**použitelnost** ■ schopnost konstrukce nebo konstrukčního prvku přiměřeně sloužit při běžném užívání za působení všech očekávaných vlivů [28]

**poškození** ■ nepříznivá změna stavu konstrukce, která může ovlivnit její funkční způsobilost [27]

**vliv prostředí** ■ mechanické, fyzikální, chemické nebo biologické vlivy, které mohou způsobit rozrušování materiálu konstrukce a tak nežádoucím způsobem ovlivnit použitelnost a bezpečnost konstrukce [28]

**degradace** ■ proces, který nepříznivě ovlivňuje funkční způsobilost včetně spolehlivosti v čase vlivem:

- přirozeně se vyskytujících chemických, fyzikálních nebo biologických účinků;
- opakovaných zatížení, která mohou vyvolat únavu;
- obvyklých či nepříznivých vlivů prostředí;
- opotřebovanosti v důsledku způsobu využívání nebo nesprávného provozu nebo údržby konstrukce [27]

**závada mostu nebo jeho části** ■ rozdíl mezi vlastnostmi mostního objektu nebo jeho části splňující všechny vstupní požadavky dané projektovou dokumentací a skutečnými vlastnostmi mostu nebo jeho části, které vznikají v průběhu realizace nebo „zkušebního“ provozu mostního objektu, tj. rozdíl mezi mostním objektem nebo jeho částí „jaký má být“ a mostním objektem nebo jeho částí „jaký je“ [45]

**porucha mostu nebo jeho části** ■ částečná nebo úplná ztráta schopnosti plnit požadované funkce mostu nebo jeho části v čase od uvedení do provozu po jeho ukončení. Úplná ztráta schopnosti plnit požadované funkce vyplývá ze stavu mostu nebo jeho části v důsledku překročení některého z mezních stavů únosnosti nebo použitelnosti. Zdrojem vzniku poruch jsou obvykle „skryté závady“ (nezjištěné a neodstraněné před uvedením do provozu, jejichž původ je daný chybou projektu nebo realizace), působení prostředí, vliv provozu na mostě nebo pod ním, mimořádné situace, apod. [45]

**konstrukce** ■ uspořádaná kombinace spojených částí navržených k zajištění jisté míry stability [28]

**konstrukční prvek** ■ fyzicky oddělitelná část konstrukce [28]

**konstrukční systém** ■ nosné prvky staveb nebo stavební díla a způsob, jakým tyto prvky fungují dohromady [28]

**životní cyklus** ■ celková doba, během které se odehrálo plánování, zkoušení a užívání stavební konstrukce. Životní cyklus začíná identifikací potřeb a končí demolicí [28]

**nehodová situace** ■ výjimečné podmínky užívání nebo ohrožení konstrukce

Příklady: povodeň, sesuvy půdy, požár, výbuch, náraz nebo lokální porucha, které se odehrají ve většině případů za velmi krátký čas (na rozdíl od situací, kde lokální porucha může zůstat nepozorována po dlouhou dobu) [28]

**ověření** ■ zkoumání pravdivosti výroků (hypotézy), a to buď zkušeností, nebo logickým důkazem [10]

**výška kolejového lože a přesypávky** ■ Nejmenší výškový rozdíl mezi niveletou koleje a nejvyšším bodem na nosné konstrukci v ose příslušné koleje zmenšený o tloušťku izolace včetně ochrany. U klenbových konstrukcí se jedná o výšku tělesa násypu a kolejového lože měřenou od vrcholu klenby [36]

## 2.2 Systém hodnocení existujících konstrukcí dle ČSN ISO 13822

### 2.2.1 Obecný systém hodnocení

*Norma ČSN ISO 13822 [27] poskytuje obecné požadavky a postupy hodnocení existujících konstrukcí. V kapitole 4 je popsán obecný systém hodnocení. Disertační práce čerpá především z bodů a) b) c) e) této kapitoly.*

#### **Postup**

Postup hodnocení se obecně sestává z následujících kroků:

- a) Stanovení účelu hodnocení.
- b) Scénáře.
- c) Předběžné hodnocení:
  1. studium dokumentace a dalších údajů;
  2. předběžná prohlídka;
  3. předběžné ověření;
  4. rozhodnutí o okamžitých opatřeních;
  5. doporučení pro podrobné hodnocení.
- d) Podrobné hodnocení:
  1. podrobné vyhledání a prověření dokumentace;
  2. podrobná prohlídka a zkoušky materiálů;
  3. stanovení zatížení;
  4. stanovení vlastností konstrukce;
  5. analýza konstrukce;
  6. ověření.
- e) Výsledky hodnocení:
  1. zpráva;
  2. koncepční návrh konstrukčních opatření;
  3. řízení rizik.
- f) V případě potřeby se postup opakuje.

**ad a) Stanovení účelu hodnocení**

Na základě konzultací s objednatelem (vlastníkem, úřadem, pojišťovací společností, atd.) se musí stanovit účel hodnocení existující konstrukce z hlediska požadavků na její budoucí funkční způsobilost, která vychází z následujících funkčních úrovní:

- Úroveň bezpečnosti, která poskytuje uživatelům konstrukce odpovídající bezpečnost.
- Úroveň trvale udržitelných funkčních vlastností, která poskytuje nepřetržitou funkčnost pro speciální konstrukce, jakými jsou např. klíčové mosty v případech zemětřesení, nárazu nebo dalších předvídatelných nebezpečí.
- Požadavky objednatelů na speciální funkční vlastnosti, které se týkají ochrany vlastnictví (ekonomických ztrát) nebo použitelnosti. Úroveň těchto funkčních vlastností obvykle vychází z nákladů na celkovou dobu životnosti a na zvláštní funkční požadavky.

**ad b) Scénáře**

Aby se identifikovaly možné kritické situace, určí se v plánu bezpečnostních opatření scénáře související se změnou konstrukčních podmínek a nebo zatížení konstrukce. Každý scénář je charakterizován rozhodujícím procesem nebo zatížením, případně jedním nebo více vedlejšími procesy nebo zatíženími. Identifikace scénářů je základem pro hodnocení a návrh opatření, kterými se zajistí bezpečnost a použitelnost konstrukce.

**ad c) Předběžné hodnocení****Studium dokumentace a dalších údajů**

Projektová a inspekční dokumentace obsahuje důležité informace, které jsou nezbytné pro zevrubné hodnocení existující konstrukce. Musí se ověřit, zda je dokumentace správná a aktualizovaná, tak aby zahrnovala informace o každém předchozím provedeném konstrukčním opatření. Musí se zaznamenat a zdokumentovat další údaje, kterými jsou např. významné účinky prostředí nebo seizmická zatížení, extrémní zatížení, změny v základových poměrech, koroze a nesprávné využití konstrukce.

**Předběžná prohlídka**

Účelem předběžné prohlídky je identifikace konstrukčního systému a možného poškození konstrukce pomocí vizuální prohlídky a jednoduchých nástrojů. Shromážděné informace se vztahují například k vlastnostem povrchu, k viditelným deformacím, k trhlinám, oprýskávání, ke korozi. Výsledky předběžné prohlídky se vyjadřují kvalitativním zatříděním stavu konstrukce podle jejího možného poškození (např. žádné, menší, mírné, závažné, destrukční, neznámé).

*Národní příloha k předběžné prohlídce uvádí:*

Při předběžné prohlídce se identifikuje konstrukční systém, poruchy a vady konstrukce a předběžně se stanoví jejich pravděpodobné příčiny. Poznatky z předběžné

prohlídky se zpravidla vyjadřují kvalitativně zatříděním stavu konstrukce podle jejího možného poškození, doporučuje se však popsat co nejpřesněji konkrétní vady a poruchy (deformace, trhliny, koroze, porušené prvky).

### **Předběžné ověření**

Účelem předběžných ověření je identifikace kritických nedostatků s ohledem na budoucí bezpečnost a použitelnost konstrukce, na které je nutno se při dalším hodnocení zaměřit. Na základě výsledků se posuzuje, zda je další průzkum nutný či nikoliv.

### **Rozhodnutí o okamžitých opatřeních**

Pokud předběžná prohlídka a/nebo ověření zřetelně ukazuje, že se konstrukce nachází v nebezpečném stavu, je nutné oznámit objednateli, že se musí opatření provést okamžitě, tak aby se snížilo nebezpečí s ohledem na bezpečnost veřejnosti. V případě nejistoty se mají kritické nedostatky okamžitě určit a provést nezbytná opatření.

### **Doporučení pro podrobné hodnocení**

Pokud se při předběžné prohlídce zjistí, že během požadované zbytkové životnosti je konstrukce spolehlivá, podrobné hodnocení se nevyžaduje. Jestliže se vyskytnou nejistoty v zatíženích, v účincích zatížení nebo ve vlastnostech konstrukce, doporučuje se provést podrobné hodnocení.

### **ad e) Výsledky hodnocení**

#### **Zpráva**

Výsledky hodnocení musí být zachyceny ve zprávě (viz např. příloha G normy ČSN ISO 13822 [27]).

### **Koncepční návrh konstrukčních opatření**

Pokud se prokáže, že je bezpečnost nebo použitelnost konstrukce nedostatečná, pak se na základě výsledků hodnocení doporučí konstrukční opatření zahrnující opravy nebo modernizaci konstrukce, které jsou v souladu s účelem hodnocení pro zbytkovou životnost.

### **Řízení rizik**

Alternativním, v některých případech vhodným přístupem vůči konstrukčním opatřením je řízení nebo snížení velikosti rizik. Mezi různá opatření pro řízení rizik prostředí lze zahrnout omezení zatížení, změny způsobu využívání konstrukce a zavedení některého způsobu monitorování během provozu a kontrolního režimu.

### 2.2.2 Údaje pro hodnocení

*Kapitola 5 normy ČSN ISO 13822 [27] uvádí přehled údajů potřebných pro hodnocení libovolného druhu existující konstrukce.*

#### **Obecně**

Údaje použité pro hodnocení mají souviset s materiálovými a konstrukčními vlastnostmi, s rozměry a s dalšími podmínkami, které jsou aktuálně stanoveny pro existující konstrukci a pro předchozí a/nebo budoucí zatížení konstrukce.

#### **Zatížení**

Zatížení se musí stanovit podle platných norem. Musí se uvážit změny zatížení v důsledku změn ve způsobu využívání nebo změny existující konstrukce.

#### **Vlivy prostředí**

Musí se uvážit vlivy prostředí povahy fyzikální, chemické nebo biologické, které mohou ovlivnit materiálové vlastnosti existujících konstrukcí. Musí se uvážit změny vlivu prostředí v důsledku změn ve způsobu využívání nebo změn existující konstrukce.

#### **Původní výkresy a návrhové specifikace**

Zatížení a vlivy prostředí, na něž byla konstrukce původně navržena, se mají stanovit z výkresů a z návrhových specifikací, pokud nejsou pochybnosti o jejich platnosti.

#### **Prohlídka**

V případě nejistoty se vlivy prostředí zjistí na základě prohlídky. Také některé druhy zatížení lze v takových případech stanovit na základě prohlídky, například změřením rozměrů prvků.

*Příloha C normy rozlišuje druhy prohlídek takto:*

Záměrem prohlídky existující konstrukce je, aby se z různých hledisek aktualizovaly poznatky o podmínkách (stavu) konstrukce. První dojem týkající se stavu konstrukce se často opírá o kvalitativní prohlídku. Možná poškození konstrukce se popisují verbálními termíny jako „žádné, lehké, nepříliš významné, vážné, destruktivní, neznámé“. Rozhodnutí opírající se o tato pozorování provádějí znalci čistě intuitivně. Lepší úsudek o konstrukci je možné si vytvořit na základě kvantitativních prohlídek, z nichž se zjistí aktuální vlastnosti nosných prvků. Pro všechny metody prohlídek má být k dispozici informace o pravděpodobnosti, s jakou lze poškození v případě přítomnosti odhalit, a o přesnosti výsledků.

#### **Data charakteristická pro místo stavby**

Při určování zatížení a vlivů prostředí může být potřebné uvažovat specifické vlastnosti konstrukce, jejího okolního prostředí nebo sledovat zatížení. Je to důležité pro

stanovení dlouhodobých a extrémních účinků, které nelze během shromažďování informací o zatíženích a vlivech prostředí měřit přímo.

### **Skutečné vlastnosti materiálů**

Vlastnosti materiálů, které se použijí pro hodnocení, musí být skutečnými vlastnostmi materiálů existující konstrukce, a ne vlastnostmi materiálů specifikovanými v původním návrhu konstrukce, v normě nebo předpisu. Při určování vlastností materiálů se musí uvážit degradace a možné vlivy zatížení (např. požár) v průběhu existence konstrukce.

### **Zkoušky materiálů**

V případě nejistoty se vlastnosti materiálů stanoví experimentálně, včetně nedestruktivních nebo destruktivních zkoušek materiálů. Zkoušky se mají plánovat tak, aby se získaly údaje, které se přímo týkají požadované bezpečnosti a použitelnosti konstrukce a prokazují se v její analýze. Musí se vzít v úvahu účel konstrukce a vlivy prostředí, které na konstrukci působí.

### **Odběr vzorků a zkušební postupy**

Odběr vzorků a výběr zkušebních metod má být v souladu s odpovídajícími mezinárodními normami. Je nutné se vyhnout odběru vzorků v těch místech nebo takovými metodami, které mohou ohrozit spolehlivost konstrukce. Okamžitě po odběru vzorků se provede oprava a/nebo zesílení konstrukce.

### **Analýza výsledků zkoušek**

Po provedení zkoušek vzorků se vlastnosti materiálů stanoví z výsledků zkoušek pokud možno na základě statistických metod.

### **Zkoušení statických a dynamických vlastností konstrukce**

Pokud nejsou konstrukční vlastnosti dostatečně zřejmé a není možné určit požadované rozměry a vlastnosti materiálů jejich změřením, mohou se pro stanovení konstrukčních vlastností požadovat zkoušky. Dynamické zkoušky se provádějí, jestliže se u existující konstrukce vyžadují dynamické vlastnosti, které nejsou známy z dalších zdrojů.

### **Geotechnický průzkum**

Musí se zjistit, jak je chování konstrukce ovlivněno geotechnickými podmínkami a podloží.

### **Skutečné rozměry**

Ke stanovení skutečných rozměrů prvků existující konstrukce se použijí skutečné rozměry.

**Stanovení rozměrů**

Rozměry lze stanovit z výkresů a návrhových specifikací, pokud neexistují pochybnosti o jejich platnosti. V případě nejistoty se rozměry určí na základě prohlídky a měření.

**2.2.3 Hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti**

*Kapitola 8 normy ČSN ISO 13822 dává hodnotiteli možnost ověřit stavební stav existující konstrukce na základě výsledků dlouhodobého sledování. Uplatnění této kapitoly v praxi je stěžejním tématem této disertační práce.*

**Hodnocení bezpečnosti**

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo, pokud nebyly použity normy, navržené a provedené na základě osvědčených stavebních zkušeností, lze považovat za bezpečné pro všechna zatížení kromě mimořádných (včetně seizmických) za předpokladu, že

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení nebo degradace;
- se posoudí konstrukční systém včetně kritických detailů a jejich ověření z hlediska přenosu napětí;
- konstrukce vykazuje uspokojivé chování v průběhu dostatečně dlouhého časového období, ve kterém v důsledku užívání a účinků prostředí k výskytu nepříznivých zatížení;
- odhad degradace, při kterém se uvaží současný stav a plánovaná údržba, zajišťuje dostatečnou trvanlivost;
- po dostatečně dlouhé časové období nenastanou změny, které by mohly zvýšit zatížení konstrukce nebo ovlivnit trvanlivost, a žádné takové změny nejsou očekávány.

**Hodnocení provozuschopnosti**

Konstrukce navržené a provedené na základě dříve platných norem, nebo, pokud nebyly normy použity, navržené a provedené na základě dobrých stavebních zkušeností, se mohou považovat za provozuschopné pro budoucí použití za předpokladu, že

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení, degradace nebo přetvoření;
- v průběhu dostatečně dlouhého časového období konstrukce vykazuje uspokojivé chování s ohledem na poškození, přetížení, degradaci, přetvoření nebo kmitání;
- nenastanou změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího užívání, které by mohly významně změnit zatížení včetně účinků prostředí na konstrukci nebo její část;
- očekávaný proces degradace, stanovený s přihlédnutím k současnému stavu a plánované údržbě, neohrožuje trvanlivost konstrukce.

Celý systém hodnocení je přehledně vyobrazen v příloze B citované normy ČSN ISO 13822 [27]

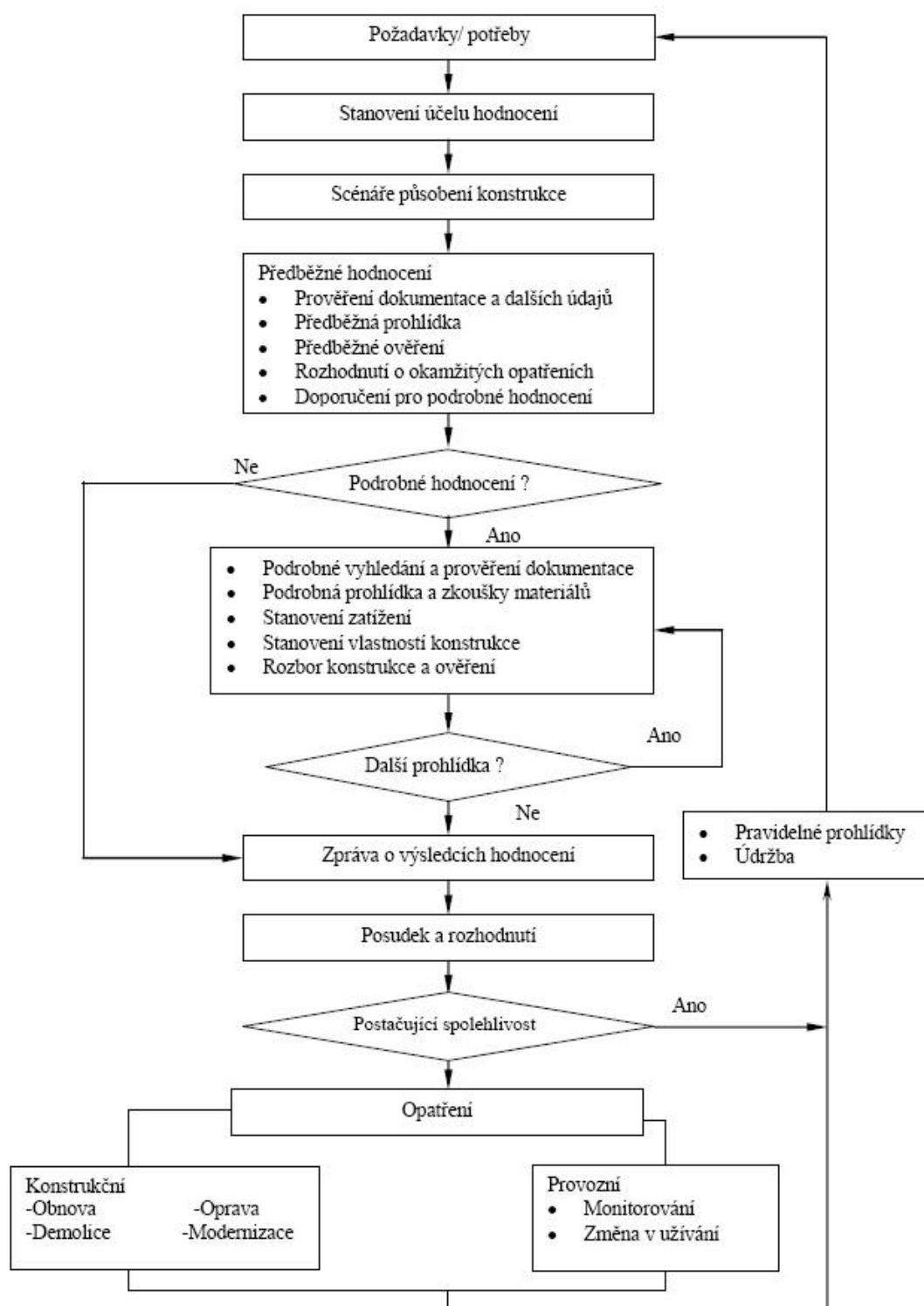


Schéma č.3 Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí

## 2.2.4 Struktura zprávy

*Užitečnou pomůckou pro hodnotitele existující konstrukce je doporučená struktura zprávy zachycující výsledky hodnocení. Struktura zprávy je přílohou G citované normy.*

### **Titulní strana**

Mají se uvést následující položky: název, datum, objednatel a autor (plné jméno a adresa inženýra a/nebo firmy)

### **Jméno inženýra a/nebo firmy**

Uvedou se osoby provádějící hodnocení společně se zástupci objednatele a s dalšími účastníky.

### **Souhrn**

Na jedné až dvou stranách se problém výstižně a stručně shrne, uvedou se významné prvky vyšetřování, hlavní závěry a doporučení včetně důležitých výhrad a/nebo zamítnutí.

### **Obsah**

Mají se zahrnout následující položky:

- a) rozsah hodnocení;
- b) popis konstrukce;
- c) vyšetřování;
  - zkoumané dokumenty,
  - předměty prohlídky,
  - postupy odběru vzorků a postupy zkoušek,
  - výsledky zkoušek;
- d) analýza;
- e) ověření;
- f) analýza údajů;
- g) posouzení možných variant opatření;
- h) závěry a doporučení;
- i) referenční dokumenty a literatura;
- j) přílohy.

### **Rozsah hodnocení**

Zde se mají určit důvody hodnocení a rozsah práce, tak jak jsou dohodnuty mezi objednatelem a inženýrem. Má být popsán postup hodnocení a zaznamenány všechny činnosti během hodnocení. Určí se plán využití a plán bezpečnostních opatření.

**Popis konstrukce**

Stručně a výstižně se mají uvést následující informace: název, místo (adresa), nosný systém včetně všech výkresů. Také se má uvést historie původní nosné konstrukce, následné změny, předchozí a současný způsob využívání.

**Zkoumané dokumenty**

Má se uvést seznam dokumentů, které má inženýr k dispozici, včetně jejich původu (např. dopisy od objednatele nebo jeho zástupce, výkresy a/nebo zprávy od dalších osob zaslané objednatelem).

**Počet prohlídek**

Může být důležité ověřit, že příslušně kvalifikované osoby provedly odpovídající počet prohlídek. Zaznamenají se případná omezení účinnosti prohlídek vzniklá okolnostmi mimo dosah kontroly inženýra.

**Postupy odběru zkušebních vzorků a postupu zkoušek**

Uvede se původ, počet a datum odběru zkušebních vzorků s označením místa, odkud byly vzorky odebrány. Dále se uvede jméno laboratoře společně se smluvními opatřeními pro postupy odběrů zkušebních vzorků a zkoušek. Má se uvést účel a podstata zkoušek/analýz následované shrnutím výsledků. Mají se přiložit kopie laboratorních protokolů o zkouškách. V případě zatěžovacích zkoušek se plán zkoušky a další dokumenty uvedou v příloze.

**Analýza**

Je třeba uvést způsob provedení výpočtu a kritéria, která se použila při posouzení. Mají se stručně shrnout výsledky analýzy. Podrobné výpočty se mohou uvést v příloze.

**Ověření**

Ověření bezpečnosti a použitelnosti konstrukce se má provést podle kapitoly 7 normy ČSN ISO 13822 [27]

**Analýza údajů**

Jak naznačuje nadpis, v této části se podrobuje diskusi důležitost každého výsledku, tak jak je popsáno v následujících odstavcích, zejména jejich důležitost pro účel hodnocení. Uvede se zde každá nejistota, která po vyšetřování zbývá, a nezbytnost případného dalšího ověření.

**Posouzení možných variant opatření**

Mají se posoudit možné varianty opatření. Pro každou z variant se mají odhadnout náklady.

**Závěry**

Závěry mají být přísnými a logickými posudky, které vyplývají z pečlivého zhodnocení získaných informací. Je vhodné stručně popsat přesnost a omezení použitých metod a skutečný význam výsledků. Každý závěr má vycházet z věcných náležitostí, které jsou obsaženy v předchozích kapitolách zprávy.

**Doporučení**

Stručně a v logickém sledu se popíše průběh činností, které jsou pro objednatele proveditelné a vycházejí ze závěrů. Pro jednotlivé práce se poskytne hrubý odhad nákladů. Má se určit zbytková životnost, plán prohlídek a údržby a termín dalšího hodnocení.

**Přílohy**

V přílohách mají být uvedeny: výkresy, fotografie, laboratorní protokoly o zkouškách, výpočty, atd.

*Národní příloha NF normy ČSN ISO 13822 je věnována hodnocení existujících zděných konstrukcí. Pro disertační práci jsou významné následující odstavce:*

**2.2.5 Hodnocení existujících zděných konstrukcí****Všeobecně**

Zděnou konstrukcí se v této příloze rozumí stavební konstrukce vyžděná ze zdicích prvků na maltu pro zdění. Při hodnocení existující konstrukce se postupuje podle platných norem pro navrhování zděných konstrukcí a pro zatížení.

**Vlastnosti zdicích prvků**

Vlastnosti zdicích prvků, zejména rozměry, tvar, uspořádání, objemová hmotnost a pevnost v tlaku se určí u existujících konstrukcí na vzorcích odebraných z vyšetřované konstrukce podle příslušných norem, nebo po odkrytí povrchu zdiva vhodnou nedestruktivní metodou.

**Pevnost v tlaku malty**

Pevnost v tlaku malty v existující konstrukci se zjišťuje:

- nedestruktivními tvrdoměrnými zkouškami na základě vhodných kalibračních vztahů, popřípadě odhadem podle hloubky vrypu;
- na základě obsahu pojiva stanoveného chemickým rozbořem;
- metodami lokálního porušení, například upravenou příklepovou vrtačkou na základě kalibračních vztahů.

**Charakteristická pevnost zdiva v tlaku**

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku se určí z pevnosti zdicích prvků a malty.

## 2.3 Hodnocení stavebního stavu mostních objektů v zahraničí

V roce 2003 byly zahájeny práce na významném evropském projektu s názvem „Udržitelné mosty“, který měl za cíl vytvořit postupy pro přesnější hodnocení železničních mostů tak, aby umožnily využití vyšších nápravových tlaků a vyšší rychlosti na stávajících železničních mostech. Účastníci projektu se rozdělili na několik pracovních skupin, z nichž jedna se zabývala právě prohlídkami a hodnocením stavebního stavu. Hlavním tématem této pracovní skupiny bylo vyvinout moderní spolehlivé nástroje a metody tak, aby byly použitelné pro prohlídky a hodnocení stavebního stavu železničních mostů při identifikaci a charakterizování běžných typů degradace mostů. Výsledkem práce pracovní skupiny je směrnice pro prohlídky a hodnocení stavebního stavu železničních mostů [21] založená na technických průzkumech zrealizovaných v rámci projektu jednotlivými evropskými železničními správami. Směrnice přináší srovnání systému prohlídek a hodnocení stavebního stavu v různých zemích Evropského společenství. V příloze 1 této směrnice jsou uvedeny definice a terminologie k nedestruktivnímu testování, prohlídkám a hodnocení stavebního stavu. Katalog poruch s typickými poruchami všech typů železničních mostů je v příloze 2. Ucelený přehled nedestruktivních metod zahrnující informace o aplikaci a hranicích použitelnosti těchto metod při prohlídkách železničních mostů je v příloze 3.

*K zděným mostům směrnice uvádí (volně přeloženo):*

Podle odpovědí vlastníků mostů, více než 40% z 219718 železničních mostů v Evropě (17 zemí) jsou klenuté mosty. Většina z nich jsou zděné. 64% mostů je starších 100 let.

Omezení: mosty z přírodního kamene a betonové klenby nejsou zahrnuty.

Z odpovědních formulářů plynou nejčastější problémy při údržbě mostů:

- degradace materiálu,
- trhliny,
- borcení a deformace,
- oddělení čelních zdí,
- praskliny kamenů,
- separace prstenců klenby,
- drolení, špatná ochrana,
- dutiny v kamenech,
- prosakování vody bez ohledu na materiál,
- náraz vozidla.

Degradace maltového pojiva, která se nejvíce rozvíjí při nasávání vlhkosti z důvodu dlouhodobě nefunkční vodotěsné izolace, doprovázená mrazovými cykly, může způsobit degradaci cihel. Destrukce pojiva a cihel vede k oslabení konstrukce, která je pozorovatelná při vizuální prohlídce jako podélné, šikmé nebo příčné trhliny, posun čelních zdí nebo separace mnohvrstevnatých kleneb. Právě při vizuální prohlídce mohou být snadno pozorovány některé běžné poruchy zděných mostů, jako jsou rozsáhlé trhliny, pohyb opěrných zdí a zdivo vykazující vysoký stupeň degradace.

### 2.3.1 Charakteristický proces degradace

Ve většině případů způsobuje iniciaci procesu degradace nedostatečná nebo žádná vodotěsná izolace doprovázená nevhodnými přírodními podmínkami jako například mrazové cykly.

Malta v historickém zdivu je často vyrobena z hašeného vápna, písku a vody. Teprve od devatenáctého století byl na výrobu malty do zdiva používán portlandský cement. Portlandský cement zvýšil pevnost a křehkost. Nahrazení slabší vápenné malty maltou cementovou vedlo k novým druhům poruch, které nebyly možné u starých a více elastických vápenných malt. Historická vápenná malta by měla být preferována při přespárování/opravách starých konstrukcí. Na druhé straně použití cementové malty snižuje absorpci vody. Přibližně okolo roku 1930 používání cementové malty zcela nahradilo vápennou maltu u zděných konstrukcí.

Voda nasáklá do malty ve spáře starých kleneb expanduje v důsledku mrazu a degraduje nejenom maltu, ale vystaví i cihelnou vazbu vysokému tlaku. Staré cihly mají nižší pevnost, jelikož nebyly vypáleny při vysokých teplotách mezi 1100–1250 °C jako současné zvonivky, ale pouze při nízkých teplotách 600–850 °C ohněm z dřevěného uhlí. U cihel pálených při nízkých teplotách je absorpce vody vyšší a hustota materiálu nižší, než je dnes běžně požadována. Tím jsou zvláště povrchové cihly vystaveny degradaci.

Historické mosty postavené z přírodního kamene, někdy bez použití malty, netrpí tolik degradací z důvodu nepříznivých přírodních podmínek.

Závislost na počasí, na použití kvalitního jílu, na procesu výroby cihel a na druhu malty dokazuje, že průzkum zděných klenutých mostů je velmi individuální a těžký úkol. Z tohoto důvodu lze stanovit univerzálně platné prognózy degradace pouze tehdy, pokud již byla historie degradace tohoto speciálního typu mostu prozkoumána v minulosti.

*Tato myšlenka je stěžejním tématem této disertační práce.*

### 2.3.2 Typická slabá místa a spoje

#### Typy a prvky historických zděných klenutých mostů

Typická místa oslabení u zděných klenutých mostů, která jsou nejčastěji postižována degradací, jsou způsobena nedostatečnou vodotěsnou izolací a vedou k nízké trvanlivosti. Dlouhodobé působení přírodních vlivů, mrazových cyklů, způsobuje chátrání cihelného zdiva a malty. Navíc vysoké nápravové tlaky a velký počet přejezdů vlaků vedou k separaci vrstev klenby, zvláště u mnohvrstevnatých kleneb a/nebo posun čelních zdí a jejich naklánění. Někdy klenby vykazují podélné a diagonální trhliny. Nestejnoměrné sedání například z důvodu povodní, měkké podloží nebo vymletí základů ve vodním toku může také způsobit trhliny v klenbě.

#### Speciální požadavky na materiál

Hlavní zdroj pro získávání aktuálních informací o zděném klenutém mostu je vizuální prohlídka. Většina příkladů použití níže popsaných NDT metod byla získána z testů in-situ. Základem pro první selekci metod je pravidelná vizuální prohlídka. Tab. 2.1 zobrazuje přehled vhodných metod pro průzkum neporušenosti zděných klenutých mostů.

### 2.3.3 Prohlídky zděných mostů

Nejběžnější přístup k ohodnocení stavebního stavu a zbytkové bezpečnosti zděných mostů je použití vizuální prohlídky. Během vizuální prohlídky je nutné věnovat zvýšenou pozornost následujícím aspektům: ověření informací shromážděných během fáze plánování, přítomnost vlhkosti, průsaky vody, přítomnost biologické aktivity (houby, vegetace apod.), značné deformace nebo vzhled povrchu materiálu, včetně degradace.

Zděné mosty musí být vykresleny v odpovídajícím měřítku. Doporučuje se použití digitální nízko rozsahové terestrické fotogrammetrie. Bezkontaktní a ne příliš drahá technika zajistí dostačující přesnost a umožní velmi precizní měření. Trojdimenzionální modely mostu lze pak vytvořit pomocí příslušného softwaru.

Použití nedestruktivních (NDT) a polodestruktivních (MDT) testů snižuje nejistotu posudku a dovoluje získat spolehlivé informace vztažené k: charakteristikám tvaru (odhad tloušťky; detekce rozštěpení; lokalizace poruch, povrchových i vnitřních) a mechanické vlastnosti (pevnost v tlaku a modul pružnosti).

#### **Dohled (průběžně prováděný zaměstnancem dráhy nebo strojvedoucím)**

Rutinní dohled se odehrává vždy, když zaměstnanec dráhy nebo strojvedoucí míjí most během pravidelné práce. Je to právě vizuální prohlídka na nejnižší úrovni. Je neplánovaná a není dokumentována, pokud nejsou vizuálně postřehnutelné problémy.

#### **Běžná prohlídka (jedenkrát ročně)**

Základ přípravy prohlídky zahrnuje přečtení předchozích prohlídek. Běžná prohlídka vychází ze základní úrovně. Inspektor vizuálně kontroluje:

- Čelní zdi (trhliny, boulení, natáčení, vegetaci);
- Trhliny v klenbě (podélné, diagonální);
- Celkový stavební stav (prosakování vody, vápenné výrůstky, graffiti);
- Stav náspu/přesypávky (eroze, posuny, sesuvy půdy).

Běžná prohlídka je ryze vizuální prohlídkou. Někdy jsou pořizovány fotografie, aby se doplnila psaná dokumentace.

Jednoduché opatření jako je odstranění graffiti nebo vykácení vegetace může být provedeno zaměstnancem dráhy. Pokud byly nalezeny vážné poruchy (velké kusy vypadajícího zdiva, velká vlhkost, zlomené zdivo, nebo dokonce destrukce náspu/přesypávky), které může ovlivnit bezpečnost konstrukce, bezpečnost dopravy nebo životnost, musí být svolána speciální prohlídka, aby objasnila rozsah úkonů, které je nutno vykonat.

#### **Základní prohlídka (v ČR tomu odpovídá kontrolní prohlídka, pozn. autora)**

Základní prohlídka (není vyžadována u všech Evropských železnic) zpřesňuje a nahrazuje běžnou prohlídku. Základní prohlídka se soustředí na bezpečnost u sporných a významných výsledků.

**Hlavní prohlídka / Běžná detailní zkouška** (v ČR tomu odpovídá *podrobná prohlídka*, pozn. autora)

První hlavní prohlídkou se přejímá most po jeho dokončení. Hlavní prohlídky vyžadují provedení od zkušených mostních inženýrů, schopných nalézt a analyzovat poruchy. Hlavní prohlídky jsou konány z bezprostřední vzdálenosti s „rukou na detailu“. Inspektor kontroluje klenbu:

- poklepem na povrch kladívkem,
- měřením pohybu čelních zdí (trhlin, boulení, naklánění, vegetace),
- průzkumem trhlin v klenbě (podélné, diagonální),
- s ohledem na stavební stav (prosakování vody, vápenné výrůstky, graffiti),
- s ohledem na stav náspu/přesypávky (eroze, posuny, sesuvy půdy).

Pokud byly nalezeny vážné poruchy (velké kusy vypadaného zdiva, velká vlhkost, náraz, zlomené zdivo, nebo dokonce destrukce náspu/přesypávky), které mohou ovlivnit bezpečnost konstrukce, bezpečnost dopravy nebo životnost, musí být proveden speciální průzkum, aby objasnil rozsah úkonů, které je nutno vykonat.

**Speciální průzkum**

Pro podrobné plánování speciálního průzkumu, například v průběhu opakovaného odborného přezkoumání, je nezbytné připravit úplný popis konstrukce zahrnující projekt a historické informace o průběhu výstavby, konstrukční změny a chování v průběhu života a existující předchozí zápisy z prohlídek. Tato příprava by měla zahrnovat případné odstranění prvků, které usnadní přístup pro vizuální prohlídku a vymežit všechna nepostradatelná nářadí jako: vybavení pro zpřístupnění, čisticí nástroje, vizuální pomůcky (binokulární lupy, zvětšovací skla a zrcadla), nahrávací zařízení, základní měřicí přístroje a bezpečnostní pomůcky.

Inženýr provádějící přezkoumání by se měl setkat s inženýrem, který je zodpovědný za provádění běžných prohlídek na mostě. Na začátku přezkoumání by se mělo provést porovnání výkresů s dokumentací z běžné prohlídky. V případě nehody je provedena speciální prohlídka nejprve jednoduchými ručními nástroji následovaná v případě pochybností dražšími laboratorními testovacími metodami.

Pokud je výsledek přezkoumání pro most pozitivní, proces přezkoumání zde končí závěrečným zápisem. V případě, že bezpečnost není dostatečná, musí být zahájena další fáze prohlášením v zápise z této první etapy přezkoumání.

**2.3.4 Doporučené testovací metody**

Výběr vhodné metody průzkumu závisí na konkrétním stavebním stavu mostu. Při provádění běžných prohlídek jsou často používány jednoduché metody. Propracovanější a přesnější NDT metody by měly být zvoleny v případě, že má inspektor pochybnosti nebo zkušený odhad o vývoji stavebního stavu. Výběr závisí na problému, který je potřeba řešit, a na dalších faktorech, které inspektor (nebo osoba zastupující vlastníka s právem činit rozhodnutí) by měl prodiskutovat se zkušenými specialisty. Tab. 2.1 ukazuje primární přehled o výběru vhodných NDT metod, které jsou použitelné pro

průzkum typických poruch zděných klenutých mostů. Přehled metod je v příloze 3 směrnice a obsahuje detailnější informace, omezení a nevýhody použití NDT metod.

**Tab. 2.1: NDT metody pro vyhodnocení poruch**

| Porucha/ dutina/<br>nehomogenita/<br>porucha<br>způsobená<br>degradací | Trhliny od bodového<br>zatížení | Vznik kloubů | Nerovnoměrné sedání | Rotace opěr | Rozšíření ve vodorovném<br>směru | Podélné trhliny | Poruchy vícevrstevných<br>oblouků před vznikem<br>trhlín | Povrchové trhliny<br>z důvodu nedostatečné<br>vazby v oblouku | Separace čelní zdi | Drolení nebo vypadávání<br>malty | Inkrustace | Drolení způsobená<br>mrazovými cykly | Nehomogenie výplně | Kaverny | Vegetace | Vlhkost | Rozdílné tloušťky |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------|-------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|------------|--------------------------------------|--------------------|---------|----------|---------|-------------------|
| NDT metody                                                             |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    |                                  |            |                                      |                    |         |          |         |                   |
| Vizuální prohlídka                                                     | ■                               | ■            | ■5)                 |             |                                  | ■               |                                                          | ■                                                             |                    | ■                                | ■          |                                      |                    |         | ■        |         |                   |
| Průzkum<br>geometrie                                                   |                                 |              | ■                   | ■           | ■                                |                 |                                                          |                                                               |                    |                                  |            |                                      |                    |         |          |         |                   |
| Poklep kladívkem                                                       |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    | ■                                |            |                                      |                    | ■       |          |         |                   |
| Ultrazvuková<br>impulsová                                              | ■2)                             |              |                     |             |                                  | ■2)             |                                                          |                                                               |                    |                                  |            |                                      |                    |         |          |         | (■)               |
| Šíření ultrazvuku                                                      |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    | ■1)                              |            | ■1)                                  |                    | ■1)     |          |         |                   |
| UZ tomografie                                                          |                                 |              |                     |             |                                  | ■1)             |                                                          |                                                               |                    | ■1)                              |            | ■1)                                  |                    | ■1)     |          |         | (■)               |
| Akustická emise                                                        | ■4)                             | ■4)          |                     |             |                                  | ■4)             | ■4)                                                      |                                                               |                    |                                  |            |                                      |                    |         |          |         |                   |
| Impact echo                                                            |                                 |              |                     |             |                                  |                 | ■3)                                                      |                                                               |                    |                                  |            |                                      |                    | ■3)     |          |         |                   |
| Georadar                                                               | ■5)                             |              |                     |             |                                  | ■5)             |                                                          | ■                                                             | ■                  | ■5)                              |            |                                      |                    | ■       |          | ■       | ■                 |
| Radarová<br>tomografie                                                 |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    |                                  |            | ■5)                                  | ■                  | ■       |          | ■       | (■)               |
| Termografie                                                            |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    | ■                                |            |                                      |                    | ■5)     | ■5)      | ■       |                   |
| Spektrální<br>polarizace                                               |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    |                                  |            |                                      | ■5)                |         |          | ■5)     | (■)               |
| Mikroseismicita                                                        |                                 |              |                     |             |                                  |                 |                                                          |                                                               |                    |                                  |            |                                      |                    |         |          |         | (■)               |

1) Přístup z obou stran, malta bez poruchy (zcela vyplněno maltou) při podélném měření

2) Povrchové trhliny v kamenech (ale pouze v povrchových vrstvách – na rozhraní různých materiálů)

3) Pouze specializovanou laboratoří za vhodných podmínek

4) Pouze aktivní trhliny, je nutné ověření a průzkum

5) Nespolehlivé použití

Kombinace různých průzkumných technik začala být možná teprve nedávno. Automatické skenování částí mostu představuje geometricky přesné měření s vysokou korelací a možností opakovatelnosti. Také měření s různými senzory jako je akustická odezva, impakt echo nebo radarová impulsní metoda lze opakovat. Metody na zjišťování velikosti tlaku, jako je flat-jack, mohou být použity jako dodatečné potvrzení stávajícího stavebního stavu a průběhu zatížení jako alternativa destruktivních metod. Jádrové vývrty poskytují užitečné informace o materiálových vlastnostech. Jádrový vývrt může být použit pro zpřesnění výsledků NDT metod, například pro ověření radarových vln nebo šíření akustických vln. Je dosažena vyšší spolehlivost pro interpretace výsledků a pro detekci nepravidelností jako jsou dutiny, trhliny, přítomnost vlhkosti a/nebo kontaminace solí atd. Použití elektromagnetických a akustických měřicích metod je spojeno s vyššími požadavky na výpočty, zpracování dat a jejich znázornění. Obrácené výpočty vedou k takzvaným novotvarům ležícím mezi představou a reálnými prázdnými prostory. K rozlišení mezi skutečnými nehomogenitami a novotvary je potřebná zkušenost.

Například pokud je nalezen prázdný prostor více jak jednou metodou, potom existenci takovéto nepravidelnosti můžeme považovat za reálnou s vysokou mírou pravděpodobnosti. Kromě toho to může pomoci pochopit vnitřní strukturu klenby. Výsledek NDT průzkumu může poskytnout informaci o přítomnosti nehomogenit, vlhkosti nebo slabých míst.

### 2.3.5 Základy a přechodové zóny

Podle odpovědí vlastníků mostů ze 17 evropských železničních správ, kteří vyplňovali dotazník, většina z nich má problém se základy a přechodovými zónami. Základy jsou často za hranicí životnosti a jejich stáří je dokonce větší než stáří samotných mostů.

Nejdůležitější problémy při údržbě:

- rozdílné sedání mezi opěrami a mezi podporami navzájem,
- rozdílné sedání mezi opěrou mostu a zeminou v přechodové zóně,
- podemletí (zejména u mostů, jejichž opěry nebo pilíře jsou v řece nebo blízko řeky),
- rozklad dřevěných pilířů,
- podzemní voda.

Další problémy zaznamenané jinde, ale také potenciálně důležité pro základ mostů jsou:

- degradace z důvodu agresivní spodní vody,
- zkapalnění zeminy a pohyb základů, hlavně v důsledku zemětřesení.

### Prohlídka základů a přechodových zón

Základy jsou důležitým prvkem konstrukce mostu. Selhání systému založení vede v mnoha případech k selhání celého mostu. Také chování přechodových zón je zásadní pro působení celého mostního systému.

Poruchy nebo nedostatky základů mostu, svahových kuželů, výplně a podloží často nemusí být bez provedení výkopu/sondy vizuálně detekovatelné. Nicméně sedání deformace a trhliny v konstrukci jsou indikátory problémů a měla by jim být věnována pozornost v průběhu prohlídky.

Podemletí a další problémy s erozí stejně jako nerovnoměrné sedání mezi opěrou mostu a přechodovou zónou jsou často jasně viditelné. I jim by měla být věnována pozornost při vizuální prohlídce. Následující položky by měly být kontrolovány během vizuální prohlídky:

- stav přesypávky,
- svahy – úhly, tvary (konvexní, konkávní), náhlé změny úhlu sklonu, erozní brázdy,
- voda – zamokřené plochy, význačný rys vegetace (například neobvyklý odstín zelené), výtok vody z odvodňovacích trubek, hladina vody v inspekčních trubkách, zakalení,
- pohyb – trhliny v povrchu okolní půdy, naklonění stromů a konstrukcí,
- trhliny v konstrukci – způsob šíření a rozsah,

- podemletí a eroze – materiál a topografie okolo mostních pilířů a podél břehu,
- výplň a navážky vedoucí k přetížení – porovnání s návrhem.

Indikace rozdílného sedání mezi přesypávkou v přechodové zóně a mostem jsou vždy zřejmé z měření geometrické polohy koleje. Měření geometrické polohy koleje může být prováděno měřicím kolejovým vozem. Studium a porovnání záznamů měření poskytuje dobré informace o postupu sedání v průběhu času.

Prohlídky by měly být prováděny jasným způsobem, založeným na informaci o výstavbě, historii (záznamech z předchozí údržby), vizuální prohlídce (např. trhliny) a polním měření (např. sedání). Obecně jsou potřeba následující informace:

- trvanlivost materiálu,
- tvar základů,
- rozložení zatížení,
- geologie a vlastnosti podloží.

Následující zdroje informací by měly být využity během prohlídky:

- vlastník,
- operátor dráhy,
- místní samospráva,
- záznam o návrhu základů,
- záznam o zhotoviteli základů,
- záznamy o údržbě.

### 2.3.6 Charakteristické procesy degradace, poruchy a problémy

Existuje celá řada důležitých procesů degradace v přechodových zónách. Tyto procesy jsou vztaženy k faktorům uvedeným v tabulce 2.2. K těmto faktorům musí být přihlédnuto během průzkumu.

**Tab. 2.2: Faktory související s procesem degradace v přechodových zónách**

| Skupina faktorů     | Popis faktoru                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Materiálové faktory | Neočekávané vlastnosti podloží buď ve výplni, nebo v rostlé zemině      |
|                     | Vlastnosti podloží se změnily (např. v důsledku tečení nebo opotřebení) |
|                     | Podemletí nebo jiná eroze                                               |
|                     | Nastala změna podmínek podzemní vody                                    |
|                     | Prvky základů zdegradovaly                                              |
| Návrhové faktory    | Návrh je nepřiměřený (např. nárůst zatížení)                            |
|                     | Geometrie základů se odchyluje od návrhu                                |
|                     | Návrh (geometrie) není zcela známa                                      |
| Faktory zatížení    | Od doby návrhu zatížení vzrostlo                                        |
|                     | Dynamické zatížení vzrostlo z důvodu rozdílného sedání                  |
|                     | Vliv vyšší rychlosti (např. seizmické vlny v podloží)                   |
|                     | Zatížení od zemětřesení (např. vedoucí ke zkapalnění)                   |

## 2.4 Hodnocení existujících konstrukcí podle vnitřních předpisů drah

### Legislativní úprava dohlédací činnosti na mostech

Zákon o dráhách resp. jeho prováděcí vyhláška č. 177/95 Sb. v platném znění ukládá provozovateli dráhy jako správci mostů nebo objektů mostům podobných mimo jiné provádět technickobezpečnostní zkoušky, pravidelné prohlídky a měření staveb drah. Technickobezpečnostní zkouškou se ověřuje stavba nebo její část z hlediska dosažení projektovaných parametrů, funkce stavby a bezpečnosti provozování dráhy a drážní dopravy a její výsledek je podmínkou povolení zkušebního provozu. U staveb a rekonstrukcí mostních objektů a objektů mostům podobných se technickobezpečnostní zkouškou rozumí provedení hlavní prohlídky, případně zatěžovací zkoušky k ověření projektovaných parametrů a chování konstrukce při kritickém zatížení. Pro zajištění provozuschopnosti dráhy a bezpečnosti drážní dopravy se provádějí pravidelné prohlídky a měření staveb drah v časových intervalech dle přílohy č. 1 zmiňované vyhlášky. Patří k nim obchůzka trati, běžná prohlídka mostů a objektů mostům podobných, při níž se zjišťuje celkový stav objektu, podrobná prohlídka mostů a objektů mostům podobných, při níž se zjišťují závady na každé části objektu. Vedle pravidelných prohlídek se provádějí i mimořádné prohlídky v závislosti na místních podmínkách a na opatřeních předešlých prohlídek. Časový interval pro obchůzku trati je 1 měsíc, pro běžnou prohlídku je 12 měsíců a pro podrobnou prohlídku je stanoveno 36 měsíců.

### Dohlédací činnost na zděných klenutých mostech podle současných předpisů drah

Na železničních mostech v majetku státu s právem hospodaření SŽDC s.o. provádí dohlédací činnost zaměstnanci infrastruktury. Pro upřesnění náplně dohlédací činnosti na mostech v souladu s výše uvedenou vyhláškou vydal provozovatel dráhy vnitřní předpis drah s názvem S5 Správa mostních objektů [32], který stanovuje systém v provádění jednotlivých druhů prohlídek, jejich věcnou náplň, hierarchii, návaznost, kompetence a odpovědnosti.

*V úvodním ustanovení je uvedeno:*

1. Předpis je závazný pro České dráhy (nyní SŽDC s.o., pozn. autora) a upravuje způsob správy železničních mostů a propustků, lávek pro chodce, kolejových vah, točnic, přesuven a hříží.
2. Správou se ve smyslu tohoto předpisu rozumí hlavní prohlídka, evidence, dohlédací činnost, ochrana a udržování objektů v provozuschopném stavu (údržbou, opravou, rekonstrukcí) a jejich rušení.

#### 2.4.1 Hlavní prohlídka

*Před uvedením do provozu je nutno vykonat tzv. hlavní prohlídku, jejíž náplň odpovídá technickobezpečnostní zkoušce dle vyhlášky č.177/1995 Sb. v platném znění (dále jen „vyhláška“).*

### Objekty podléhající hlavní prohlídce

7. Před zahájením kolejového provozu na trvalém i zatímním mostě, propustku, kolejové váze, točnici, přesuvně a hříži a před uvedením lávky pro chodce do provozu musí být vykonána, kromě případů podle čl. 8 a 9, hlavní prohlídka.

8. U dosavadních objektů se hlavní prohlídka před znovuzahájením kolejového provozu neprovádí, jestliže při pracích ve výluce nedošlo k zásahu do hlavní nosné konstrukce, jejího uložení nebo k zásahu do podpěr, popř. se neprovádí u krátkodobých zatímních mostů, jestliže došlo jen k úpravám uložení (zvedání a vypodkládání) mostního provizoria.

### Výkon hlavní prohlídky

19. Při hlavní prohlídce se posuzuje objekt z hlediska připravenosti k provozu, zejména po stránce zajištění bezpečnosti provozu (tj. zda objekt vyhovuje pro dané zatížení, zda vyhovuje jeho prostorové uspořádání a uspořádání koleje, popř. zda je připraven k zatěžovací zkoušce) a s ohledem na předpokládanou životnost. Podle druhu a charakteru objektu a technologie jeho výstavby lze hlavní prohlídku vykonat i po částech, tj. postupně, např. podle jednotlivých kolejí nebo konstrukcí apod.

20. U kolejových vah, točnic, přesuven a hříží se výkonem hlavní prohlídky nezabezpečuje kontrola (revize) strojních a jiných nestavebních částí a zařízení.

21. Hlavní prohlídka objektu sestává zejména:

a) z kontroly předložené dokumentace, při které se prověřují:

- úplnost projektu, popř. dodavatelské dokumentace z hlediska podmínek schvalovacího protokolu nebo souhlasu uděleného orgány ČD, *(nyní SŽDC s.o. pozn. autora)*
- záznamy a údaje ve stavebním deníku a ve zprávě o průběhu stavby,
- vyznačení změn ve výkresové dokumentaci použité při stavbě,
- doklady o jakosti použitých stavebních hmot,
- doklady o jakosti použitých stavebních materiálů a prefabrikátů včetně certifikátů, příp. posouzení systému jakosti a ověření shody výrobků dle vládního nařízení č. 178/1997 Sb., *(bylo zrušeno a nahrazeno NV č. 163/2002 Sb., pozn. autora)*
- doklady z dílenských přejímk a montážních prohlídek ocelových konstrukcí a betonových prefabrikátů,
- výsledky zaměření mostních objektů,
- výsledky únosnosti zásypů za opěrami mostních objektů,
- dodržování technologických předpisů při stavbě,
- dílčí doklady o provádění (doklady o založení stavby, napínací a injektážní protokoly, protokoly o třecích spojích, svařovací deník, montážní deník apod.) a doklady o ověření montážních prostředků (napínacích zařízení, momentových klíčů apod.);

b) z vlastní prohlídky objektu, při které:

- se objekt porovnává se schváleným projektem, popř. dodavatelskou dokumentací, s platnými technickými normami a vzorovými listy, popř. s

podmínkami stavebního povolení. Posuzuje se úplnost objektu (stav dokončovacích prací), proměřují se hlavní rozměry jednotlivých částí objektu včetně uložení nosné konstrukce a závěrů objektu, proměřuje se prostorové uspořádání a uspořádání koleje apod.,

- se posuzuje provedení jednotlivých částí objektu. Posuzuje se kvalita uložení koleje, povrchu masivních částí, protikorozi ochrany ocelových částí, provedení izolace proti vodě, odvodnění, montážních spojů, spár, dlažeb apod.

#### 2.4.2 Dohlédací činnost

*Samotnou dohlédací činnost v průběhu životnosti mostního objektu člení předpis S5 následovně:*

54. Dohlédací činnost na objektech uvedených v čl. 1 se člení na:

- stálý dohled,
- pravidelné prohlídky (běžné prohlídky a podrobné prohlídky),
- nepravidelné prohlídky (kontrolní prohlídky),
- zvláštní pozorování,
- kontrolní zatěžovací zkoušky.

#### Stálý dohled

56. Stálý dohled na mosty, propustky a kolejové váhy vykonávají traťový dělník obchůzkař, mistr a vedoucí traťového okrsku a vrchní traťmistr v rámci předepsaných obchůzek tratě. Přitom na mostech, propustcích a kolejových vahách věnují pozornost kromě upevnění a styků kolejnic zejména též stavu:

- uložení koleje (poškozené nebo posunuté mostnice, pražce nebo podélná dřeva, uvolněné podložky nebo rozchodové desky přímého uložení koleje),
- upevnění zajišťovacích úhelníků nebo pojistných úhelníků (kolejnic) včetně jejich výběhů do tratě,
- kolejnicového dilatačního zařízení (funkce, podkladnice, ulomený hrot),
- podbití pražců u závěrných zdí,
- podlah a zábradlí (poškození, posunutí),
- ukolejnění ocelových nosných konstrukcí a ostatních ocelových částí,
- koleje v místě nájezdu na kolejovou váhu.

Při stálém dohledu se též sleduje stavební činnost v blízkosti objektu.

57. Stálý dohled na lávky pro chodce organizuje podle místních podmínek a ročních období ta výkonná jednotka, která má lávku v přímé správě. Úkolem stálého dohledu na lávky je zejména sledování jejich trvalé a bezpečné schůdnosti. Přitom se zjišťuje stav povrchu podlahy a schodišť (odvodnění, překážky, poškození, sních apod.), stav zábradlí, protidotykových zábran apod.

58. Stálý dohled na točnice, přesuvny a hříže organizuje podle místních podmínek a ročních období ta výkonná jednotka, která má tyto objekty v přímé správě. Úkolem stálého dohledu je zejména sledování trvalé a bezpečné provozuschopnosti těchto objektů (stav koleje, podlah, závorovacího zařízení, odvodnění apod.).

59. O výkonu stálého dohledu se nevede pravidelný záznam. Pracovníci, kteří při stálém dohledu zjistí závady, ohlásí je způsobem stanoveným v příslušných předpisech pro výkon svých funkcí.

### **Běžné prohlídky**

60. Běžné prohlídky propustků vykonávají SDC alespoň jednou ročně. Úkolem běžné prohlídky propustku je zjištění celkového stavu objektu a jeho ohodnocení podle čl. 66. Při běžné prohlídce postupují SDC podle „Pokynů pro provádění běžných prohlídek“ uvedených v příloze 10.

61. Běžné prohlídky ostatních objektů uvedených v čl. 1 vykonává ten, kdo je má ve správě, a to nejméně v těchto termínech:

- most na poddolovaném území, v seismických oblastech a ve svážlivém území, krátkodobé zatímní mosty a mosty hodnocené jako nevyhovující – 2× ročně,
- ostatní mosty a další objekty podle čl. 1 (s výjimkou kolejových vah) – 1× ročně,
- kolejové váhy – 1× za 2 roky. *(dle platného znění vyhlášky jedenkrát za 12 měsíců, pozn. autora)*

Při běžné prohlídce těchto objektů se postupuje rovněž podle zásad uvedených v příloze 10. Hodnocení celkového stavu objektu podle čl. 66 se při běžné prohlídce provádí jen v těch případech, kdy jsou zjištěny okolnosti, pro které objekt neodpovídá hodnocení celkového stavu stanovenému po poslední podrobné prohlídce, protože např. došlo ke zhoršení jeho stavu tak, že se jeví jako nevyhovující. V takovém případě a v jiných odůvodněných případech se skutečný stav objektu zhodnotí kontrolní prohlídkou (viz čl. 78).

### **Záznamy o běžných prohlídkách**

62. O běžných prohlídkách objektů se pořizují průběžně stručné záznamy do „Záznamníku běžných prohlídek“, který je součástí programu MES. *(MES – mostní evidenční systém je počítačová databáze na Intranetové platformě, pozn. autora)* Podrobnosti k vyplnění záznamníku a k obsahu a zpracování záznamů jsou uvedeny v příloze 11 „Návod k vedení záznamů o běžných prohlídkách“.

63. Záznamy o běžných prohlídkách objektu se zapisují do příslušného záznamníku. Záznamy musejí být provedeny nejpozději do 1 měsíce po skončení běžné prohlídky. U nevyhovujících objektů (stupeň 3 – viz čl. 66) se pořizuje při běžné prohlídce fotodokumentace rozhodujících závad. Nová fotodokumentace se nepořizuje, pokud je z předchozí zřejmé, že se závady nemění.

64. Každý záznam o běžné prohlídce objektu musí být odsouhlasen pracovníkem, který ji provedl.

### **Hodnocení celkového stavu objektu**

65. Celkový stav objektu se hodnotí:

- a) u propustků při běžných prohlídkách;
- b) u ostatních objektů po podrobných prohlídkách.

**66.** Celkový stav objektu se hodnotí těmito stupni:

**Stupeň 1** (stav dobrý) – objekt vyžaduje jen běžnou údržbu.

**Stupeň 2** (stav vyhovující) – objekt vyžaduje opravu přesahující rámec běžné údržby, popř. i výměnu některých částí, např. obnovu nátěru, výměnu podlahy na mostě, souvislou výměnu mostnic. Závady neohrožují bezprostředně bezpečnost provozu.

**Stupeň 3** (stav nevyhovující) – objekt vyžaduje úplnou přestavbu, přestavbu opěr nebo výměnu nosné konstrukce, popř. jen opravu nebo výměnu některých částí, jejichž stav bezprostředně ohrožuje bezpečnost provozu (např. bylo nutné omezit rychlost na mostě nebo propustku s ohledem na trhliny v podélnících, v klenbě, nebo s ohledem na celkový stav mostnic, jejichž plánovaná souvislá výměna nemohla být včas provedena apod.) i z důvodu možného omezení přechodnosti železničních vozidel v příslušném TÚ (DÚ) (*provozovatel dráhy člení tratě do menších úseků, pozn. autora*) nebo nedostatečné prostorové průchodnosti.

### **Podrobné prohlídky (revize)**

**67.** V rámci DDC (*DDC – Divize dopravní cesty – již neplatná organizační struktura provozovatele dráhy, pozn. autora*) vykonávají podrobné prohlídky (revize) objektů revizní čtyry, a to každá ve svém stanoveném obvodu. (*v roce 2010 provozovatel dráhy zrušil bez náhrady pracovní čtyry vykonávající podrobné prohlídky, pozn. autora*) Úkolem podrobné prohlídky je zjištění všech závad na každé jednotlivé části objektu, zjištění celkového stavu objektu, zjištění vztahu objektu k okolí, případně zjištění nebo ověření základních rozměrů objektu.

**68.** Zjištěné závady, které bezprostředně ohrožují bezpečnost provozu nebo v jejichž důsledku hrozí výrazné dopravní omezení, musí revizní mostmistr ohlásit neprodleně a prokazatelně vrchnímu přednostovi příslušné SDC (nebo přímému správci, kterému objekt náleží). (*SDC – správa dopravní cesty – krajské zastoupení provozovatele dráhy, pozn. autora*)

**69.** Rozsah a způsob provádění podrobných prohlídek podle jednotlivých druhů objektů jsou stanoveny v „Pokynech pro provádění podrobných prohlídek (revizí)“, uvedených v příloze 12.

**70.** Revizní četa vykonává podrobné prohlídky mostů (včetně zatímních), točnic, přesuvů, hřbíků, lávek pro chodce a kolejových vah nejméně v těchto termínech:

- objekty na poddolovaném území, v seismických oblastech a ve svážlivém území, objekty s ocelovou a ocelobetonovou nosnou konstrukcí a s konstrukcí z předpjatého betonu, zatímní mosty a všechny objekty hodnocené jako nevyhovující – 1× za 3 roky,
- ostatní objekty (s výjimkou kolejových vah) po provedení revize v cyklu 1× za 3 roky – 1× za 6 let, (*dle platného znění vyhlášky jedenkrát za 36 měsíců, pozn. autora*)
- kolejové váhy – 1× za 6 let, nevyhovující váhy – 1× za 2 roky. (*dle platného znění vyhlášky pro všechny váhy jedenkrát za 36 měsíců, pozn. autora*)

V roce provádění podrobné prohlídky lze upustit od běžné prohlídky (neplatí u objektů hodnocených jako nevyhovující).

**75.** Po ukončení podrobných prohlídek na uceleném úseku tratě se výsledky podrobných prohlídek projednají za účasti místního správce, přednosty a vedoucího

OEČ příslušné SMT, revizního mostmistra a pracovníka OMT. (*OEČ – oddělení expertní činnosti, SMT – správa mostů a tunelů, OMT – oddělení mostů a tunelů, pozn. autora*) Předmětem jednání musí být i definitivní klasifikace stavebního stavu jednotlivých objektů. O výsledku se sepíše zápis.

### Kontrolní prohlídky

**78.** Kontrolní prohlídky objektů uvedených v článku 1 se vykonávají:

- a) jestliže byl celkový stav objektu při běžné prohlídce označen jako nevyhovující;
- b) jestliže bylo při běžné nebo podrobné prohlídce zjištěno neobvyklé chování konstrukce při průjezdu vozidel;
- c) jestliže v důsledku prací na železničním svršku došlo ke změně polohy koleje (směr, výška, převýšení) na mostním objektu;
- d) před zařazením objektu do plánu oprav nebo rekonstrukcí;
- e) po skončení opravných prací na objektu, jestliže nebyla vykonána hlavní prohlídka. Po skončení opravných prací na objektu ve výluce, jestliže nebyla vykonána hlavní prohlídka;
- f) před návrhem změny přechodnosti vozidel;
- g) před konáním kontrolní zatěžovací zkoušky;
- h) po dopravní nehodě na objektu nebo pod ním;
- i) po živelné pohromě (povodeň, pohyb svážlivého území apod.) v okolí objektu nebo po náhlé poruše cizího zařízení (plynovod, parovod apod.) umístěného na objektu nebo v jeho okolí;
- j) při náhlých poklesech poddolovaného území;
- k) na hraničních objektech podle dohod s cizími železničními správami;
- l) u dlouhodobých dopravních omezení;
- m) v jednotlivých případech podle rozhodnutí SMT nebo OMT. (*kompetentní zástupci provozovatele dráhy, kteří odpovídají za provádění dohlédací činnosti na mostech, pozn. autora*)

**79.** Účelem kontrolní prohlídky je posouzení celkového stavu objektu nebo jeho jednotlivých částí s ohledem na důvody, pro které se kontrolní prohlídka koná (viz čl. 78. Toto posouzení se provádí na základě výsledku běžné prohlídky a revizní zprávy, jejichž závěry (návrh opatření, hodnocení) se při kontrolní prohlídce současně prověřují.

### Zvláštní pozorování

**85.** Zvláštní pozorování objektů není prohlídkou ve smyslu ustanovení tohoto předpisu. Je to opakované pozorování objektu nebo jeho části (nosné konstrukce) v určeném rozsahu a časovém úseku kdykoli během životnosti objektu. Zvláštní pozorování se provádí pro zjištění nebo ověření chování objektu (sledované části) při běžném provozu, popř. při zvlášť určeném zatížení. Jako součást zvláštního pozorování lze vykonat i kontrolní zatěžovací zkoušku.

**86.** Zvláštní pozorování objektu smí být stanoveno i při hlavní prohlídce (viz čl. 22) pro odhalení a posouzení vlivu konstrukčních, stavebních nebo provozních nedostatků po zahájení provozu na objektu.

**87.** Zvláštní pozorování objektů v ostatních jednotlivých případech určí OMT na Ř DDC, (*Ř DDC – management správy mostních objektů, pozn. autora*) které přitom stanoví rozsah, způsob a lhůty tohoto pozorování.

### 2.4.3 Provádění údržby a plánování opravných prací

**96.** Pro zachování provozuschopného stavu objektů uvedených v čl. 1 musejí jejich přímí správci na podkladě stavu objektů zjištěného systémem dohlédací činnosti provádět údržbu objektů v rámci své plánované činnosti na údržbu, pravidelně plánovat a zajišťovat opravy, pravidelně sestavovat plán rekonstrukcí a navrhnout rušení nepotřebných objektů.

### Údržba masivních konstrukcí

**176.** Pro zachování dlouhodobé provozuschopnosti a dosažení předpokládané životnosti masivních konstrukcí je nutné v údržbě soustavně pečovat o jejich odvodnění, čistit a ošetřovat povrch konstrukcí. Zejména je třeba:

- čistit, opravovat, popř. obnovovat odvodňovací zařízení včetně pročistění vtoků,
- opravovat vadná ukončení izolací na přístupných místech,
- odstraňovat nečistoty (nánosy) z říms a vegetaci z povrchu zdiva,
- opravovat a obnovovat nátěr viditelných částí tuhých vložek,
- opravovat spárování, popř. vyměňovat poškozené jednotlivé kameny nebo cihly,
- opravovat spáry mezi prefabrikovanými konzolami,
- opravovat a vyplňovat místní otlučeniny a trhliny v povrchu betonového zdiva, především v místech obnažené výztuže a v okolí dilatačních spár.

### 2.4.4 Pokyny pro provádění běžných prohlídek

(příloha 10 předpisu S5 – zkráceno na body týkající se masivních mostů)

Při běžné prohlídce objektu je třeba věnovat pozornost stavu jednotlivých částí i objektu jako celku a zjištěné skutečnosti a závady uvést v záznamu o běžné prohlídce včetně stupně celkového stavu objektu (viz čl. 60 a 61). Pro základní popis objektu (při založení záznamníku běžných prohlídek) je třeba při běžné prohlídce ověřovat údaje (zejména rozměry) z dokumentace. Je třeba posuzovat stav železničního svršku, nosné konstrukce, spodní stavby i prostorové uspořádání.

### Podle druhu a charakteru objektu se sleduje zejména:

- tvar kolejnic, jejich upevnění, poloha a druh kolejnicových styků,
- uložení koleje (poškozené nebo posunuté mostnice, pražce nebo podélná dřeva, uvolněná upevňovací, uvolněné podložky nebo rozchodové desky přímého uložení koleje, stav a rozměry kolejového lože a jeho vztah k římsám),
- stav říms,
- ukolejnění ocelových nosných konstrukcí a ostatních ocelových částí,
- vzdálenost zábradlí nebo jiné překážky od osy koleje,

- volný schůdný a manipulační prostor (cizí zařízení),
- stav protidotykových zábran, stav ochrany proti účinkům výfukových plynů, stav krycích zábran (nad chodníky), popř. protinárazových zábran,
- vzhled a stav nosné konstrukce (deformace, trhliny, znečištění, nátěry, orezivění apod.),
- uložení nosné konstrukce a její chování při průjezdu vozidel,
- vzhled a stav zdiva spodní stavby včetně křídel (navětrání, trhliny, vegetace apod.),
- odvodnění a ukončení objektu (stav svahových kuželů),
- zda objekt jako celek nemá trvalé deformace (vychýlení), zda není podemlet, zanesen nebo jinak poškozen vodou nebo podjíždějícími vozidly,
- současný stav výšky mostních otvorů,
- u podjíždějících silničních komunikací označení podjezdné výšky dopravní značkou,
- vztah objektu k okolí (přístup k objektu, sousedící souběžné objekty přes vodoteč, stav na odtokové straně vodoteče apod.),
- stavební činnost v blízkosti objektu.

#### 2.4.5 Pokyny pro provádění podrobných prohlídek (revizí)

Při podrobné prohlídce mostu, lávky pro chodce nebo objektu mostu podobného (viz čl. 70) se podrobně prohlížejí jednotlivé části objektu, zjišťuje se jejich stav, správnost funkce a vzájemný vztah, zjišťuje se celkový stav objektu. Pro zpracování podrobného popisu objektu, který je obsažen v počáteční revizní zprávě se také proměřují rozměry jednotlivých částí a vzájemné vzdálenosti. Skutečnosti a závady zjištěné při podrobné prohlídce se uvádějí v patřičném rozsahu a uspořádání včetně hodnocení celkového stavu objektu v revizní zprávě (nyní protokol o podrobné prohlídce, pozn. autora). Závady ohrožující bezprostředně bezpečnost provozu nebo v jejichž důsledku hrozí výrazné dopravní omezení, se hlásí neprodleně a prokazatelně vrchnímu přednostovi příslušné SDC, popř. přímému správci, kterému objekt náleží (viz čl. 68). Při podrobné prohlídce se podle druhu a charakteru objektu zaměřuje pozornost na:

**Celkový popis objektu**, pro který se zjišťuje zejména:

- kilometrická poloha středu objektu odměřením od nejbližšího nižšího hektometrovníku,
- přemostěná překážka (most přes...), směr toku vodoteče,
- počet kolejí, jejich směrové a výškové uspořádání po délce objektu, nejvyšší dovolená rychlost,
- úhel křížení, šikmost objektu,
- počet otvorů, výška objektu (niveleta nad terénem),
- další podrobné údaje o jednotlivých částech objektu (materiál, rozměry, stáří), o prostorovém uspořádání a vztahu objektu k okolí – viz dále.

**Železniční svršek**, u kterého se zjišťuje zejména:

- tvar kolejnic a podkladnic a jejich stav,
- poloha, druh a stav kolejnicových styků, umístění výhybek a kolejových spojek,
- velikost spár kolejnicových styků,
- drážebnost upevňovadel v mostnicích, popř. v podélných dřevech nebo pražcích,
- typ přímého uložení koleje a úplnost jeho funkční sestavy (uvolněné rozchodové desky, podložky nebo upevňovadla apod.),
- umístění a správnost funkce (poškození) kolejnicového dilatačního zařízení,
- rozměry, uložení a stav kolejového lože a jeho vztah k římsám, druh a rozdělení pražců,
- stav podbití pražců u závěrných zdí, popř. v místech kolejnicových styků na nosné konstrukci,

**Podlahy a zábradlí**, u kterých se zjišťuje zejména:

*(podlahy se u klenutých mostů nevyskytují, pozn. autora)*

- druh zábradlí, rozměry a uspořádání jeho prvků, výška zábradlí nad povrchem, po kterém se chodí, deformace,
- délka zábradlí (na nosné konstrukci, mimo ni) a jeho úplnost, způsob vytvoření dilatace (uspořádání po délce) a její stav,
- půdorysný tvar zábradlí (přímé, lomené, sleduje tvar koleje apod.), úplnost a drážebnost přípojů prvků zábradlí,
- stav osazení zábradelních sloupků na chodníkové konzoly (na nosnou konstrukci) a do masivních říms (podlah), stav protikoroze ochrany,
- úplnost a stav vodivého propojení ocelového zábradlí objektů u elektrizovaných tratí,
- úplnost a stav zdiva masivního zábradlí.

**Prostorové uspořádání na objektu a pod ním**, při kterém se zjišťuje zejména:

- poloha osy koleje (kolejí) ve vztahu k ose nosné (mostní) konstrukce na koncích a uprostřed konstrukce, popř. ve vztahu k šířce podpěr nebo poloha osy koleje (kolejí) v podjezdu,
- vzdálenost vnitřního líce zábradlí (sloupku, madla, příčle) od osy krajní koleje vlevo i vpravo, měřená na koncích a uprostřed nosné konstrukce, na koncích zábradlí, popř. v místech půdorysného zalomení zábradlí nebo v jiném (na pohled zřejmě nejuzší) místě, celková šířka mezi zábradlím v těchto příčných řezech,
- vzdálenost vnitřní hrany nosné konstrukce s dolní nebo mezilehlou mostovkou od osy koleje vlevo i vpravo, měřená na koncích a uprostřed nosné konstrukce, celková šířka mezi vnitřními hranami nosné konstrukce v těchto řezech a výška hran nad podlahou, popř. nad spojnici TK (*TK – temeno kolejnic, pozn. autora*),
- poloha a rozměr ochranných výstupků v zábradlí,

- volnost a schůdnost v celé šířce a délce volného schůdného a manipulačního prostoru na objektu (umístění různých podélných překážek na podlaze, zevnitř zábradlí), popř. v mostním otvoru, schůdnost přechodů z objektu na drážní stezku,
- vzdálenost jiných překážek v délce platnosti mostního průjezdního průřezu (páka výměníku výhybky, sloup, návěstidlo, budka apod.) od osy krajní koleje směrem k zábradlí s udáním polohy a rozměrů (výšky),
- - vzdálenost os kolejí měřená ve stejných příčných řezech jako vzdálenost zábradlí, popř. vzdálenost os kolejí v podjezdu,
- umístění a rozměry překážek mezi kolejemi na objektech ve stanicích a zastávkách (plot, sloupy, stojany výměníku výhybek apod.),
- světlost (kolmá, šikmá) mostních otvorů a volná výška mostních otvorů v rozhodujících podélných řezech přemostřované komunikace.

**Masivní nosné (mostní) konstrukce a masivní podpěry všech objektů**, u kterých se zjišťuje zejména:

- rok stavby vyznačený na objektu,
- materiál, systém, rozměry a stav nosné (mostní) konstrukce, např.:
  - rozpětí, šířka a šikmost konstrukce, vyložení říms (konzol), konstrukční výška,
  - rozměry a stav průčelního zdiva nad klenbou (vyboulení),
  - stav říms (uvolněné, rozrušené),
  - výška přesypávky,
  - stav povrchu (znečištění, poškození cizím zásahem, obnažení výztuže, prosakování vody, pronikání rzi na povrch, zvětrání, odpadávání omítky, vypadávání zdiva – hloubka a plocha, stav spár, vegetace ve spárách, stav viditelných částí zabetonovaných nosníků apod.),
- rozsah trhlin a deformací (místo, velikost, směr, přechod do spodní stavby apod.),
- chování nosných konstrukcí při jízdě vlaků (posun v dilatačních spárách, popř. v trhlínách, rozevírání trhlin, posun v ložiskách apod.),
- stav povrchu kotvení nosné konstrukce do spodní stavby,
- stav izolace a překrytí přechodu kolejového lože z nosné konstrukce na opěru nebo další konstrukci (zejména stav dilatačního závěru), stav podélných a ostatních příčných dilatačních spár,
- stav a funkce odvodňovacího zařízení (trub, žlabů, chrličů apod.),
- materiál, rozměry a stav úložných prahů (vybočení z líce podpěry, kvádry, bloky, znečištění, trhliny, uvolněné a narušené zdivo, sklon povrchu, úroveň povrchu pod dolní hranou konstrukce a nad terénem),
- materiál, rozměry a stav podpěr, např.:
  - šířka a výška, popř. tloušťka,
  - rozdělení dilatační spárou a její stav,

- naklonění nebo vyboulení,
- trhliny a narušení zdiva, zejména pod úložnými kvádry (hloubka, plocha),
- stav spárování, vegetace, prosakování,
- stav odvodnění rubu opěr,
- systém, materiál, rozměry a stav křídel, popř. průčelních zdí, výškový vztah k římsám opěr, ostatní údaje obdobně jako u podpěr,
- vliv přemostěné vodoteče na spodní stavbu.

**Svahy u mostních objektů**, u kterých se zjišťuje zejména:

- stav zatravnění a odláždění svahu, popř. stav zdiva, patních zídek (vegetace, uvolněná dlažba),
- stav ukončení svahového kužele u konců říms rovnoběžných křídel a průčelních zdí,
- stav stezek, popř. stupňů pro umožnění přístupu pod most,
- vliv přemostěné vodoteče na svahy u mostního objektu.

**Vztah objektu k okolí**, při kterém se zjišťuje zejména:

- umístění cizích zařízení na objektu, pod ním a v jeho blízkosti (druh, správce, stav, přechody apod.),
- zda na podjížděných silničních komunikacích je označení šířky a podjezdné výšky dopravní značkou z obou stran mostu v souladu s naměřenou šířkou a volnou výškou, tj. údaj na značce musí být nejméně o 0,1 m menší než skutečně naměřený rozměr (*nyní se dle TP 65 udává skutečná výška průjezdného prostoru zmenšená o 0,15m a zaokrouhlená na celé desetiny metru směrem dolů, pozn. autora*),
- zda k objektu je možný příjezd silničními vozidly,
- stav terénu (komunikace, koryta vodoteče apod.) v mostním otvoru, jeho odvodnění,
- sousedící souběžné objekty přes pozemní komunikace i vodoteče (velikost otvorů),
- stav koryta vodoteče na odtokové straně (zajištění odtoku od objektu),
- stavební činnost v blízkosti objektu.

## 2.5 Stavebně technický průzkum

*Požadavky na průzkum zděných železničních klenutých mostů jsou specifikovány v Technických kvalitativních podmínkách staveb státních drah, (dále jen „TKP“) kapitole 23 – Sanace inženýrských objektů [30]. Výsledek stavebně technického průzkumu se vždy vztahuje k datu jeho porřízení. I přes jeho omezenou časovou platnost je z hlediska dlouhodobého sledování stavebního stavu velmi cenným podkladem pro hodnocení existující konstrukce. Autor technických kvalitativních podmínek v úvodu a především v příloze 2 kapitoly 23 mimo jiné uvádí:*

## Obecně

Je nutné preventivně posuzovat stav konstrukce ve vhodných intervalech a aktuální výsledky archivovat (musí být zaveden systém dohlédací činnosti a jejího evidování).

Pokud se zjistí vady nebo poruchy, mají se provést další posouzení, ve kterých se stanoví rozsah vad a poruch a jejich příčiny. Obvykle je potřebné provedení jak zkoušek přímo na místě, tak i zkoušek laboratorních, prostřednictvím stavebně technického průzkumu (STP).

Za primární zdroj ohrožení konstrukcí staveb železničního spodku je považováno působení vody v různých modifikacích spolu s účinky mrazových cyklů. Z tohoto důvodu se za prioritní považuje zajištění konstrukce proti průsakům vody.

### 2.5.1 Stavebně technický průzkum dle přílohy 2 kapitoly 23 TKP

*V příloze 2 kapitoly 23 je uvedeno:*

Stavebně technický průzkum je nezbytným podkladem pro zpracování projektu sanace a pro její objektivní ocenění.

**Cílem STP je především charakterizovat stav konstrukce z hlediska:**

- kvality, rozsahu a stupně degradace zdiva,
- kvality a rozsahu narušení spárování,
- kvality vazby zdiva a porušení povrchových vrstev zdiva,
- ověření skladby konstrukce,
- rozsahu a popisu deformací a nelinearit konstrukce,
- rozsahu nehomogenit konstrukce (např. kaverny ve zdivu kleneb apod.),
- popisu trhlin a ostatních závad z hlediska typu, četnosti a intenzity,
- zjištění materiálových charakteristik potřebných pro případné statické posouzení nebo návrh sanačního systému.

**Specifickou součástí STP může být:**

- pořízení dokumentace stávajícího stavu konstrukce (především z hlediska rozměrů),
- statický nebo dynamický přepočít konstrukce,
- průzkum základových poměrů konstrukce,
- průzkum korozního ohrožení konstrukce apod.

Požadavky na provedení těchto součástí STP musí být uvedeny v zadání STP. Kvalita STP významným způsobem závisí na zpřístupnění konstrukce. Je třeba počítat s tím, že náklady na zpřístupnění některých typů inženýrských konstrukcí mohou významně zvýšit cenu diagnostických prací, současně však výrazně zlepšit jejich průkaznost. STP, který nemohl být prováděn z objektivních důvodů na přijatelným způsobem zpřístupnění konstrukci, je třeba vždy navrhovat jako dvoustupňový. Informace zjištěné první etapou STP je třeba následně ověřit po postavení lešení či

zavěšení lávek v průběhu úvodních fází sanace, tj. v období předúpravy podkladu. V tomto případě musí projekt sanace i konstrukce ceny sanace respektovat skutečnost, že dodatečným diagnostickým průzkumem může být původně předpokládaný rozsah a intenzita sanačního zásahu významně ovlivněna.

**STP musí být prováděn podle projektu STP, ve kterém jsou stanoveny zejména:**

- cíle STP,
- typy zkoušek a postupy jejich provádění (podle ČSN, zvláštních metodik, apod.),
- počty zkoušek,
- rozsah vyhodnocení zkoušek,
- rozsah fotografické dokumentace a video dokumentace.

Základním výstupem STP musí být kromě celkové charakterizace stavu konstrukce zejména rozsah a intenzita poškození ve vazbě na předpokládané sanační zásahy.

STP může obsahovat doporučení pro sanaci konstrukce, jež může být zohledněno v následné projektové fázi.

STP může provádět fyzická osoba, která je autorizovaná v oboru diagnostiky a zkoušení staveb nebo fyzická, resp. právnická osoba, která zaměstnává pracovníky autorizované v oboru diagnostiky a zkoušení staveb.

Při porovnávání cen STP by měla být vždy vyžadována přesná specifikace oceňovaných prací tak, aby byly srovnávány co do rozsahu a kvality srovnatelné nabídky.

Objednatelem STP je zásadně vlastník nebo správce objektu, resp. jeho investorský útvar, případně právnické a fyzické osoby, na které vlastníci přenesli své pravomoci (např. projektant).

**Vlastník nebo správce objektu musí v rámci dostupných možností zajistit zpracovateli STP:**

- původní projektovou dokumentaci konstrukce, resp. dokumentaci skutečného provedení,
- údaje o stáří konstrukce, jejím užívání, zatížení a dosud provedených průzkumech,
- údaje o přestavbách, opravách a mimořádných událostech.

**Etapy stavebně-technického průzkumu**

STP se obvykle dělí na několik etap. Základní rozčlenění STP je na:

- předběžný průzkum,
- podrobný průzkum,
- doplňkový průzkum.

Rozsah jednotlivých etap je dán především předpokládaným rozsahem stavebního počínu a je třeba jej přizpůsobovat závěrům předchozí etapy a závěrům předchozího stupně projekční přípravy. Rozsah STP musí definovat projektant stavebního počínu. Pro každou etapu STP musí být vždy zpracován projekt STP. Projekt STP musí být odsouhlasen projektantem příslušného stupně projektové přípravy, který bude jeho závěry využívat.

Předběžný STP sestává obvykle z podrobné vizuální prohlídky konstrukce a fotografické dokumentace poruch a poškozených oblastí. Předběžný STP by měl zejména provést identifikaci konstrukčního systému, dále zaznamenat rozsah narušení povrchových vrstev zděných konstrukcí, výskyt trhlin, výskyt průsaků a výkvětů, výskyt nadměrných průhybů a deformací, veškerých dalších atypických okolností a měl by stručně charakterizovat i stav veškerých doplňkových konstrukcí a konstrukčních prvků.

Na základě předběžného STP lze pak definovat optimální rozsah podrobného stavebně technického průzkumu, který by identifikoval příčiny zjištěných závad, jejich rozsah a intenzitu.

Podrobný STP by se měl zaměřit zejména na:

- typ a rozsah porušení povrchových úprav (omítky, nátěry),
- rozsah porušení vrstev zdiva,
- soupis veškerých vad a poruch vzniklých provozem (např. trhliny),
- stav uložení konstrukce (stav podpor), průhyby, deformace,
- zjištění vlivu zabudované technologie na konstrukci,
- rozsah poškození doplňkových konstrukcí, zejména ocelových (např. zábradlí),
- stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev zdiva,
- stanovení pevnosti v tlaku zdiva,
- stanovení objemové hmotnosti zdiva,
- míry degradace a kontaminace zdiva,
- povrchové nasákavosti,
- zjištění stavu spárování,
- zjištění a ověření rozměrů konstrukcí (např. tloušťky kleneb apod.),
- charakterizaci deformace zdiva (např. boulení čelních zdí, vyklonění křídel a opěr apod.),
- zjištění mezerovitosti zdiva,
- diagnostiku skrytých částí konstrukcí.

Četnost těchto zkoušek a činností by měla být stanovena v závislosti na velikosti a významu konstrukce i s ohledem na rozsah jejího poškození. Podrobný STP musí vždy identifikovat i příčiny poruchy nebo závady.

Doplňkový STP se provádí tehdy:

- pokud výsledky podrobného stavebně technického průzkumu naznačují atypický stav či chování konstrukce, které nebylo možné provedenými zkouškami vysvětlit,
- pokud v průběhu projektu sanace či statického přepočtu vznikla potřeba doplnění potřebných údajů,
- pokud v průběhu sanace byly zjištěny neočekávané skutečnosti, které je nezbytné dodatečně přesněji charakterizovat.

### **Závěrečná zpráva o STP**

Závěrečná zpráva o STP musí být zpracována v rozsahu minimálně dle tohoto článku a v níže uvedeném členění:

#### Úvod

- základní údaje o zadavateli a dodavateli,
- přesná specifikace zadání,
- přehled podkladů dodaných zadavatelem.

#### Popis vyšetřované konstrukce

Základní údaje o konstrukčním provedení vyšetřovaného objektu včetně popisu jeho současného stavu.

#### Metodika a rozsah zkoušení

Uvede se přehled zjišťovaných parametrů s uvedením příslušných zkušebních předpisů (ČSN, metodické pokyny apod.), stručný popis provádění a rozsah zkoušení.

#### Výsledky STP

Výsledky stanovení jednotlivých parametrů na vyšetřovaných konstrukcích se zpracují do tabulek, které obsahují zejména:

- označení zkušebního místa nebo vyšetřované části,
- zjištěnou hodnotu příslušného parametru.

Pro jednoznačnou identifikaci jsou zkušební místa jednotlivých zkoušek a odběru vzorků vyznačeny na schematickém nákresu vyšetřované konstrukce. Tam musí být zaznamenávány i poruchy na vyšetřované části konstrukce (trhliny, vady apod.).

#### Vyhodnocení výsledků STP

- dílčí shrnutí a zhodnocení výsledků šetření a zkoušek pro jednotlivé části vyšetřovaného objektu,
- zhodnocení stavu celého objektu.

#### Závěr

Zde je nutné uvést, resp. shrnout:

- hlavní výsledky a poznatky z STP a z jeho vyhodnocení,
- doporučení z hlediska požadavků na další etapu průzkumu nebo na statické posouzení (typy a četnosti zkoušek a přepočtů),
- vyhodnocení průzkumu a statických šetření (pokud byly prováděny),

- stanovisko k eventuální potřebě ochrany a opravy konstrukce nebo jejích částí a souhrn podkladů vhodných pro rozhodnutí o provedení stavby,
- doporučený rámcový technologický postup sanace a doporučení základních technických a technologických kritérií pro ochranu a opravu, využitelných pro vypsání výběrového řízení na dodavatele sanace.

#### Přílohy

- fotografická dokumentace,
- video dokumentace.

Fotograficky, resp. pomocí videozáznamu se zpravidla dokumentuje:

- vyšetřovaný objekt, konstrukce nebo konstrukční prvek,
- odebrané vzorky, event. ilustrativně způsob odběru,
- charakteristické poruchy a poškození.

### **2.5.2 Netradiční zkušební postupy podle přílohy 3 kapitoly 23 TKP**

#### **Zkoušení mechanických vlastností cihelného nebo kamenného zdiva**

Únosnost zdiva je ovlivněna jak kvalitou zdicích prvků (cihly, kámen), tak zdící malty, ale i řadou dalších faktorů, jako je způsob skladby zdiva, šířka styčných a ložných spár, případný výskyt trhlin či jiných imperfekcí.

Stanovení únosnosti zdiva in-situ není jednoduchým technickým úkolem. Nejkomplexnější a nejověřenější přístup je uveden v Příloze 3 (*již neplatné, pozn. autora*) ČSN 73 0038 "Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách".

Vychází se zde jednoznačně ze separátního stanovení kvality zdicích prvků a zdící malty a následného vyhodnocení těchto veličin.

Využití odběru jádrových vývrtů a jejich zkoušek ke stanovení únosnosti cihelného zdiva je především teoretickou, prakticky obtížně realizovatelnou možností. V běžném, zejména starším cihelném zdivu dojde při odběru jakéhokoliv vývrtu k rozpadu celistvosti zdiva a následné odzkoušení jádrového vývrtu pak je prakticky nemožné. Odběr celistvého jádrového vývrtu ze zdiva by připadalo v úvahu pouze tehdy, pokud by zdící prvky i zdící malta měly vysokou kvalitu a vzájemně vysokou adhezi. Tato situace zejména u starších zděných objektů je však málo pravděpodobná.

Zatěžovací zkoušky zdiva podle ČSN 73 2061-1 Část 1 Všeobecná ustanovení, Část 2 Pevnost v tlaku, Část 3 Pevnost v tahu za ohybu (*nahrazeno normou ČSN EN 1052-1, pozn. autora*) předpokládají provádění těchto zkoušek na velkých vzorcích vyzděných ve svislé poloze přímo ve zkušebně.

Jednou z mála praktických možností, jak posoudit únosnost a deformační charakteristiky zdiva in-situ, je použití tenkých hydraulických válců, které se vkládají do vyčištěných ložných spár ve zdivu, případně do vodorovných drážek vyřezaných ve zdivu. Zároveň se zdivo v okolí osazeného válce osadí měřicími čidly vhodnými ke sledování deformací. Vnášením napětí do zdiva a měřením deformací lze získat kvantitativní informaci o chování zdiva. Pro tuto metodiku není k dispozici žádný normový postup.

## 2.6 Diagnostika mostů se zděnou nosnou konstrukcí

*V rámci projektu Státního fondu dopravní infrastruktury byl zpracován dokument s názvem „Vliv poruch na přechodnost zděných mostních objektů a bezpečnost drážní dopravy“. Podrobněji viz [45]. Autoři projektu zpracovali pro správce infrastruktury odborný náhled na problematiku poruch klenutých mostů a jejich možných příčin. V dokumentu se k diagnostice mostů se zděnou nosnou konstrukcí mimo jiné uvádí:*

Posuzování kamenného i cihelného zdiva in-situ je poměrně složitým a mnohovrstevnatým problémem. Je to dáno především tím, že únosnost zdiva je tvořena kombinací dvou podstatně rozdílných materiálů, a to kamenných, resp. keramických zdicích prvků a silikátové hydraulické či cementové malty. Kromě kvality a degradace těchto dílčích materiálů se na aktuální únosnosti zděného prvku, a tedy i jeho další využitelnosti, promítá i kvalita provedení, tedy skladba zdicích prvků (jejich vazba) a šířka ložných, resp. styčných spár.

U starších zděných konstrukcí však kromě těchto dvou aspektů je třeba pečlivě zaznamenat a monitorovat veškeré poruchy, tedy zejména trhliny, které kompaktnost zděných prvků narušují a významně mohou měnit jejich statické působení. Diagnostika zděné konstrukce se tedy musí zaměřit na tyto tři základní okruhy otázek:

- skladba zdiva a kvalita jeho provedení,
- kvalita a stav použitých materiálů,
- existence poruch v posuzovaném zdivu.

*Hlavní část projektu je věnována typickým poruchám mostů se zděnou nosnou konstrukcí. Obecně je k poruchám uvedeno:*

Zděné mosty jsou obecně velmi trvanlivé samozřejmě za předpokladu běžné údržby. Příčina tak dobré trvanlivosti je jednak ve statice těchto objektů, protože prakticky veškeré oblasti jsou namáhány tlakem, vůči kterému jsou používané materiály vícenásobně odolné než vůči namáhání tahovému. Druhou příčinou dobré trvanlivosti zděných mostů je použití většinou velmi trvanlivých materiálů, a to jak kvalitního kamene, tak cihel z hutného, kvalitně páleného střepu. Důkazy pro toto tvrzení lze nalézt na příkladech římských akvaduktů, které existují více než 2000 let a jsou v mnoha úsecích stále prakticky nedotčené. Podobně i řada středověkých zděných mostů je dokladem mimořádné trvanlivosti této koncepce. Současně však tyto příklady naznačují i zranitelnost těchto objektů. Mechanizmy degradace a devastace zděných mostních objektů lze rozdělit do tří oblastí:

- fyzikálně – chemická – biologická degradace použitých materiálů (kamene, cihel, zdicí malty),
- přetížení mostního objektu nebo jeho zatížení mimořádnými účinky,
- ztráta tuhosti opěr, jejich pokles, pootočení, posunutí.

Veškeré poruchy, které na zděných mostních objektech identifikujeme, lze interpretovat jako důsledek jednoho, dvou nebo všech tří výše uvedených mechanismů.

Fyzikálně – chemická – biologická degradace použitých materiálů je přirozeným procesem a je velmi závislá na vnějších klimatických podmínkách. Zatímco v suchém pásmu s minimálním množstvím dešťových srážek jsou zděné mosty postiženy

degradací významně méně, v oblastech s častými dešťovými srážkami a zejména zápornými teplotami v zimním období je mechanismus degradace významně urychlován. Současně o rychlosti degradace zdíva jako celku i jednotlivých materiálů rozhoduje jejich kvalita. Z hlediska trvanlivosti je jednoznačně určujícím parametrem hutnost materiálů, tedy jejich pórovitost (především kapilární pórovitost, která může být jednoduše indikována nasákavostí a objemovou hmotností). Zprostředkovaně může být hutnost charakterizována i pevností v tlaku materiálu. Obecně platí, že většina degradačních mechanismů je vázána na transport vody kapilárním pórovým systémem a fyzikálně chemické procesy, které s tím souvisí. Trvanlivější je tedy obvykle zdíva kamenná, ale i u něj podstatně závisí na použitém typu kamene. Ze zkušenosti víme, že trvanlivost opuky či některých druhů pískovce je nesrovnatelná s trvanlivostí zdíva zhotoveného např. ze žuly.

Zděné mosty z cihel mají v průměru menší schopnost odolávat degradačním procesům jako mosty kamenné, ale i v této oblasti lze nalézt velký rozptyl v kvalitě použitých staviv. Významně závisí na kvalitě cihelného střepe, tj. jak na kvalitě a přípravě použité suroviny, tak na jejím vypálení. V závislosti na hutnosti – nasákavosti cihelného střepe se můžeme setkat jednak s vysoce slinutou kyselinovzdornou či žáruvzdornou keramikou (šamot), ale i s cihlami, u nichž keramická vazba v cihelném střepe je velmi problematická a výsledná nasákavost cihelného střepe vysoká (nad 10 %) a pevnost v tlaku pod 15 MPa.

Současně je však třeba upozornit, že nejslabším článkem kamenného i cihelného zdíva je velmi často zdicí malta. Zvláště u starých zděných mostů z 19. století se velmi často místo cementu používala hydraulická vápna, která z hlediska pevnosti odpovídala požadavkům, ale z hlediska trvanlivosti byla již méně vhodná.

S ohledem na skutečnost, že kontakt vody se zdicími materiály je parametrem, který rozhoduje o intenzitě degradace, je zřejmé, že kromě samotných klimatických účinků rozhoduje i konstrukční řešení mostního objektu a jeho stav z hlediska odvodu srážkové vody. Pokud srážková voda nevniká do mostní konstrukce a je odváděna mimo mostní objekt, může být životnost shodného mostního objektu významně vyšší ve srovnání se situací, kdy srážková voda proniká do rubových oblastí kleneb, prosakuje a protéká zdívem a násobně zrychluje procesy degradace.

Všechny výše uvedené okolnosti jsou individuální a i u shodně konstrukčně řešených objektů se mohou projevovat různě s ohledem na různou kvalitu použitých staviv či s ohledem na různé klimatické účinky nebo pronikání vody mostní konstrukcí.

Mimořádné silové účinky se vyskytují u starých mostních objektů přirozeně v důsledku zvyšování nápravových tlaků železničních souprav nebo přisypáním kolejového lože. I když starší klenbové mosty byly navrhovány na základě empirických zásad, byly tyto koncepce v 19. století ověřovány početnými zatěžovacími zkouškami kleneb. Na hlavních tazích jsou během více než staletého provozu mostní objekty oproti původním zatěžovacím schémátům významně přetíženy a je zřejmé, že dochází v klenbách ke vzniku tahových napětí a tedy ke vzniku poruch – trhlin, které nemusí být zpočátku ani vizuálně patrné, které však významným způsobem ovlivňují např. průnik vody nosnou konstrukcí.

Podobně se mohou na stavu zděných mostních objektů projevovat atypické horizontální síly např. boční rázy. U mostních objektů, které jsou situovány v oblouku, pak i síly dostředivé, resp. odstředivé. Tato historicky velmi pravděpodobná, avšak obtížně kvantifikovatelná přetížení zděných objektů jsou faktorem, který se nepochybně podílí na snižování jejich životnosti.

Dalším atypickým silovým vlivem jsou dynamické účinky. Patří sem plochá kola, kolejnicové styky na mostě, výhybky na mostě, nedostatečné podbití kolejového lože, výšková a směrová nerovnost v GPK (*GPK – geometrická poloha koleje, pozn. autora*). I když tyto dynamické účinky jsou tlumeny železničním spodkem a klenbovým zásypem, jedná se o tzv. mikroseismické vlivy, které vyvozují sice velmi malé silové účinky, avšak počet jejich cyklů je obrovský. Vzhledem k tomu, že zdivo obecně má jen nepatrné tahové pevnosti, velmi špatně těmto silovým účinkům odolává a to vede postupně ke snižování celkové integrity zdiva. To se velmi negativně projevuje u kleneb, protože ty jsou velmi citlivé na posuny ve svých patách. Ve správně provedené klenbě je zdivo i díky jejímu tvaru namáháno tlakem. Sama klenba působí na své podpory velkými vodorovnými silami. Pokud dojde i k relativně malému posunu podpory, má to obvykle za následek změnu namáhání v některých oblastech klenby na tahové a vznik výrazných příčných trhlin.

Za zcela atypické účinky v našich podmínkách lze považovat účinky seismické. I když v průběhu sta let životnosti mostního objektu se ve většině regionů vyskytla lokální zemětřesení, jejich intenzita byla natolik malá, že měřitelné poškození je málo pravděpodobné. Podobně mezi atypické silové účinky lze zařadit i nárazy do konstrukce, vyvolané dopravou pod mostem či nehody, které se mohly odehrát na mostě. V některých případech může ovlivnit most i stavební činnost v okolí nebo různé stabilizace (např. železničního svršku).

Zcela zásadním faktorem, který vyvolává významnou část poruch zděných mostních objektů, je tuhost opěr. Zděná klenba je citlivá na jakékoliv poklesy, posunutí či pootočení opěry či pilíře a reaguje prakticky vždy vznikem významných trhlin a dalších defektů. Současně tento proces je při běžné vizuální prohlídce obtížně lidským okem identifikovatelný. Pokud tedy mostní objekt byl nevhodně založen, mohlo dojít k poruchám velmi brzy po jeho dokončení v důsledku přirozené konsolidace podloží a sedání základů. V průběhu využívání mostního objektu může být tuhost opěr a pilířů ovlivněna již jen nevhodnými stavebními zásahy v jejich okolí, v případě situování opěr nebo pilířů v říčním korytě pak v důsledku eroze vody. Nejčastější příčinou jsou pak atypické vodní režimy se zvýšeným průtokem ať již při tání sněhu nebo při větších záplavách.

*Součástí výše uvedeného dokumentu je i katalog poruch.*

## 2.7 Zajišťování technických důkazů podle právní teorie

### 2.7.1 Obecně

Dokazování dle Bradáče [8] probíhá tak, že se nejprve důkazy vyhledávají, pak následuje vlastní provádění důkazů a nakonec se důkazy hodnotí. Důkazem se pak rozumí výsledek procesu dokazování. Znalecký posudek je důkazem (*důkazním prostředkem, pozn. autora*), který soud hodnotí stejně jako ostatní důkazy, tj. sám o sobě i všechny v jejich vzájemných souvislostech. Ze soudně znaleckého hlediska můžeme podklady pro znalecké posuzování rozdělit následovně:

- podklady objektivní: přímo získané nebo zprostředkované,
- podklady subjektivní: zejména svědecké výpovědi.

U podkladů dále rozeznáváme stránku kvalitativní a stránku kvantitativní. Zejména stránku kvantitativní u subjektivních podkladů je nutno brát vždy s rezervou a pokud možno výpočtem prověřovat technickou přijatelnost podkladů.

Na metody použité při zajištění důkazů je kladen základní požadavek, aby situaci zachytily tak, že ji bude možno na základě pořízené dokumentace kdykoliv v budoucnu podle potřeby znovu zrekonstruovat.

Základními metodami zajištění technického důkazu jsou zejména:

- měření, příp. s vyhotovením náčrtku nebo plánu,
- fotografická dokumentace, její kvalitativní a kvantitativní analýza,
- filmová dokumentace, příp. její prostorová a časová analýza,
- odběry vzorků ke zkouškám,
- prohlídka, demontáž, ověřování funkce, popis,
- zápis a protokol.

Na začátku každé činnosti spojené se zajišťováním důkazu je potřeba provést identifikaci. Vždy se dokumentuje co nejpřesněji místo, kde se úkon provádí, čas začátku a konce úkonu, přítomné osoby a jejich funkce. Při použití přístrojů je třeba uvést jejich základní data; samozřejmě se použijí jen pomůcky a přístroje v řádném stavu, ocejchované. Identifikaci místa i předmětu provádí znalec vždy osobně. Stejně osobně provádí veškeré odečítání na pomůckách a měřicích přístrojích.

## 2.7.2 Měření

Základním požadavkem je zjištění rozměrů dokumentovaných objektů, jejich geometrického tvaru, vzájemných poloh a vzdáleností. Zjištěné údaje mohou být zachyceny buď písemně, graficky nebo jiným odpovídajícím způsobem. Musí umožňovat kdykoliv provést rekonstrukci objektu nebo situace, jaká byla v době měření, a to se všemi potřebnými detaily a s požadovanou přesností. Podklady získané měřením řadíme ze soudně znaleckého hlediska mezi objektivní, podle způsobu získání jako přímé nebo zprostředkované.

Výhody měření, náčrtků a plánků jsou zřejmé:

- rychlá kvalitativní a kvantitativní orientace,
- možnost různými způsoby zobrazování zachytit všechny tvary objektů,
- nezávislost na dalších úkonech.

Nevýhodou je vliv lidského činitele. Aby byla co nejvíce vyloučena chyba způsobená lidským faktorem, je potřeba, aby maximum údajů získával a dále zprostředkoval odborník, seznámený s technikou měření, kreslení náčrtů a plánků. Dále je nutno pro dosažení jednoznačnosti vycházet z pevných bodů, k nimž by bylo možno v budoucnu situaci rekonstruovat. Pro řádné zaměření místa je třeba použít metod, které zaručí požadovanou přesnost zaměření, tj. některou z geodetických metod. K měření je potřeba používat jen takové přístroje a pomůcky, které svým technickým stavem odpovídají požadavku na přesnost měření, v případě potřeby jsou řádně cejchovány.

Před měřením je třeba zjistit rozsah přístrojů, jejich výrobní čísla a nastavení na požadovaný režim měření.

### 2.7.3 Grafická dokumentace

- Každý plánec nebo výkres musí obsahovat název, vysvětlení, co přesně je znázorněno, jméno autora a datum vyhotovení.
- Je potřeba uvést, z jakého pramene grafická příloha čerpá.
- Z plánu musí být zřejmé, která poloha je původní a která je po přemístění.
- Plánek či jiný výkres musí obsahovat podrobnou legendu – buď očíslovanou samostatnými vysvětlivkami vedle, nebo popisem přímo vztaženým na příslušné pozice.
- Výkres nebo plánec musí vždy obsahovat měřítko nebo výslovné upozornění, že plánec je bez měřítka. Je třeba uvést i měřítko grafické vzhledem k možnému zkreslení při reprodukci.
- Velikost grafické dokumentace musí být taková, aby ji bylo možno svázat do spisu příp. do posudku.

### 2.7.4 Protokol

Protokol (o ohledání, vyšetřovacím pokusu, rekonstrukci, popisu poškození, o měření ap.) je základním písemným dokladem, který ze soudně znaleckého hlediska je možno řadit mezi podklady objektivní; předpokladem ovšem je, že byl vyhotoven podle určitých zásad. V trestním řízení je dáno, že veškeré úkony – a tedy i sepsání protokolu – provádí orgány činné v trestním řízení. Znalec se pouze účastní a účinně spolupracuje. Mimo trestní řízení není okolnost sepisování protokolu pro případ funkce znalce přesněji upravena. Znalec potom musí vycházet zejména z toho, jak důležité podklady by bylo třeba dokumentovat. Pokud jsou neurčité a jejich obsah by měl zásadní vliv na výsledky znaleckého zkoumání, je vhodné, aby protokol sepsal státní orgán, který znalce k podání posudku přibral. Obecně je potřeba v protokolu dokumentovat alespoň následující skutečnosti:

- přesné místo a čas provedení úkonů a sepsání protokolu,
- účastníky úkonu a sepsání protokolu, včetně jejich funkcí v zaměstnání a ve zkoumaném ději (při úkonu),
- účel sepisování protokolu, provádění ohledání příp. pokusů,
- v případě ohledání nebo pokusů podmínky, za kterých byly prováděny (vč. identifikace místa),
- přesnou a jednoznačnou identifikaci zkoumaných předmětů a použitých přístrojů,
- popis postupu ohledání a nebo pokusů,
- všechny získané výsledky s konkrétními podmínkami,
- vyjádření zúčastněných k celému postupu prací a k obsahu protokolu,

- seznam příloh,
- čas ukončení,
- vypsání jména a u nich podpisy,
- přílohy podle seznamu.

Je-li potřeba při ohledání provést ověření funkce zařízení, je nutno předem toto ověřování rozvážit, zejména z hlediska bezpečnosti provedení a s ohledem na možné ztracení další důkazní možnosti. Vždy je zásadou vše nejprve podrobně zdokumentovat, včetně polohy všech ovládacích a činných elementů, nejlépe i fotograficky, a až potom ověřovat funkci nebo provádět demontáže.

### **2.7.5 Fotografie**

Fotografická dokumentace je ze soudně znaleckého hlediska považována za nejobjektivnější podklad. Její užitná hodnota je ještě vyšší, je-li zhotovena podle určitých zásad, které umožní kromě údajů kvalitativních získat z fotografie i některé údaje kvantitativní. Patří sem především správná expozice, dostatek světla při pořizování snímku, použití stativu za snížené viditelnosti a dokumentace skutečné viditelnosti pomocí značek znázorňující vzdálenost od fotostanoviště. Při zhotovení fotografické dokumentace obecně je nutno postupovat systematicky:

- od celkových pohledů přes polocelkové, polodetailní až k detailním,
- volba vhodné kompozice tak, aby ze snímku bylo patrné, kam v celkové situaci patří a jak jsou orientovány,
- volit dostatečný odstup nebo naopak použít makrosnímky,
- fotografovaný předmět je vhodné dokumentovat s přiloženým měřítkem v úrovni předmětu.

Ke všem snímkům je potřeba pořizovat záznam, který by měl obsahovat:

- čeho se dokumentace týká,
- kdo snímky zhotovil,
- datum a místo, použitý přístroj, objektiv, fotomateriál,
- číslo fotostanoviště,
- číslo snímku,
- obsah snímku vč. důležitých detailů, vřícovacích bodů.

### **2.7.6 Odběry vzorků**

Způsob odběru vzorků pro další soudně znalecké zkoumání se řídí druhem expertízy, pro kterou je prováděn. Individuální zásady odběru budou v každém případě dominovat; přitom je potřeba upozornit na možnost existence předpisů pro odběr vzorků

v dané specializaci (například v technické normě). Z obecných zásad je nutno dbát na následující:

- místa a způsob odběru vzorků musí být jednotlivě perfektně dokumentovány písemně, příp. graficky a fotografií,
- odběr neprovádí znalec sám, ale až po vyzvání všech zainteresovaných stran k účasti,
- každý vzorek musí být nezaměnitelně označen, na štítku by měli být podepsáni i zúčastnění, aby byla zaručena autentičnost vzorku,
- odebírají-li se vzorky materiálu ke zkouškám, je potřeba odebrat nejméně vzorky pro základní analýzu, vzorky pro případnou analýzu kontrolní a konečně vzorky pro třetí analýzu pro případ, že by se první dvě neshodovaly.

V trestním řízení je na místě předat vzorky s posudkem objednateli posudku. V ostatních druzích řízení je vhodné počkat na právoplatnost příslušného rozhodnutí v řízení, v němž byl posudek podán, a po uplynutí určité doby oficiálně vrátit vzorky majiteli. V žádném případě však není vhodné vzorky zničit.

#### **2.7.7 Prohlídka, demontáž, ověřování funkce, popis**

K prohlídce resp. k ohledání autoři [8] mimo jiné uvádí: Na ohledání pozve znalec nebo soud všechny účastníky řízení, přitom požádá v případě potřeby o umožnění vstupu apod. Průklep pozvánky zašle i objednavateli posudku a zástupcům účastníků.

Pokud není znalci umožněn vstup nebo prohlídka, od ohledání upustí; tuto skutečnost oznámí orgánu, který jej požádal o vypracování posudku a vyčká dalšího rozhodnutí.

## 2.8 Zhodnocení současného stavu

Z diskuse nad současným stavem problematiky hodnocení železničních mostních klenutých mostů, uvedeném v předchozích kapitolách, vyplývají některé skutečnosti:

- V době vzniku této práce není zřejmé, kdo bude vykonávat dohlédací činnost na mostech ve vlastnictví státu.
- Není definován pojem opatření.
- Norma ČSN ISO 13822 [27] definuje druhy prohlídek a jejich věcnou náplň.
- Kapitola 8 normy ČSN ISO 13822 dává hodnotiteli možnost ověřit stavební stav existující konstrukce na základě výsledků dlouhodobého sledování.
- V letech 2003 až 2007 v rámci projektu „Udržitelné mosty“ vznikla celá řada směrnic pro hodnocení železničních mostních objektů včetně těch masivních [14], [16], [17], [18],[21].
- Výsledky projektu „Udržitelné mosty“ potvrzují hypotézu o náročnosti posuzování klenutých mostů a odkazují na nutnost dokumentace procesu degradace od výstavby mostu až po současnost jako podklad pro hodnocení.
- V rámci projektu „Udržitelné mosty“ byly porovnány systémy údržby, prohlídek, průzkumů a hodnocení mostů u sedmnácti evropských železničních správ, byla nalezena shoda v názoru na nutnost provádění pravidelných prohlídek.
- Správce infrastruktury (Správa železniční dopravní cesty, státní organizace) má vypracovaný systém evidence a dohlédací činnosti na mostech a vydala soubor technických kvalitativních podmínek staveb státních drah, jehož účelem je mimo jiné sjednotit zadávání průzkumných prací na mostech [30].
- Za podpory Státního fondu dopravní infrastruktury byl zpracován projekt s názvem „Vliv poruch na přechodnost zděných mostních objektů a bezpečnost drážní dopravy“ [45]. Dokument shrnuje problematiku poruch klenutých mostů a v příloze vydává dosud chybějící katalog poruch.
- Ekonomická situace nutí správce zachovávat v železniční síti stávající mostní objekty při minimální údržbě. Chátrající mosty však nevyhovují současným poměrně přísným požadavkům na bezpečnost, zatížitelnost, prostorovou průchodnost a rychlost.
- Správce má k dispozici metodiku pro provádění dohlédací činnosti [32] a disponuje souborem NDT metod s upozorněním na vhodnost použití [21].
- Chybí metodika pro vyhodnocování výsledků dohlédací činnosti a interpretace výsledků nedestruktivního zkoušení klenutých železničních mostů.

### 3. Cíle disertační práce

Disertační práce je orientována na jednu z dílčích oblastí problematiky poruch existujících zděných konstrukcí a tím je hodnocení na základě výsledků dlouhodobého sledování jednotlivých poruch ale i stavebního stavu jako celku. Je obecně známo, že poruchy patří k rozhodujícím faktorům ovlivňujícím hodnocení železničních mostů. Vydáním katalogu poruch železničních klenutých mostů [45] došlo ke sjednocení názvosloví poruch, určování jejich příčin a rozdělení podle závažnosti a současně vznikla příležitost k maximálnímu využití tohoto dokumentu v běžné praxi. Jedním z cílů disertační práce se tak stal **návrh metodiky hodnocení zděných konstrukcí, se zvláštním zřetelem na využití výsledků dlouhodobého sledování poruch zděných železničních klenutých mostů.**

Dlouhodobé sledování mostních objektů se skládá ze souboru mnoha vizuálních prohlídek, průzkumů a záznamů o měření. Každou příležitost k prozkoumání mostu je nutno efektivně využít ke sběru dat. Chybné nebo neúplné údaje o stavebním stavu mostu mohou ve fázi rozhodování vést k dalším chybám v plánování strategie údržby, obnovy a jejich financování. Nedostatečné znalosti personálu o chování zděných konstrukcí také způsobuje, že zápisy z vizuálních prohlídek a doklady o měření jsou pro hodnocení z hlediska dlouhodobého sledování nepoužitelné. Jedním z dalších cílů této práce je **definování základních kompetencí a kvalifikační předpoklady mostních inspektorů při hodnocení mostních objektů.**

Mosty jsou strategickými stavbami infrastruktury a vyžadují obzvlášť citlivý přístup a sledování od stádia výstavby přes celé období životnosti až po provedení obnovy nebo demolice. Právě informace o chování mostního objektu postiženého poruchami bývají jedním z nejčastějších podkladů pro rozhodnutí o způsobu a rozsahu statického zajištění objektu. Nedostatečné informace o stavebním stavu klenutých mostů vede v mnoha případech k přeceňování rizika zřícení mostu nebo naopak k podceňování závažného ohrožení bezpečnosti.

Zpracování standardního postupu znalce při hodnocení zděných železničních klenutých mostů je poměrně složité s ohledem na různorodost poruch a jejich příčin, rozdílné vlastnosti materiálů i odlišné statické působení porušené konstrukce. Zároveň je zapotřebí provést analýzu dlouhodobého sledování vybraných konstrukcí, aby bylo možné získané poznatky zobecnit. S ohledem na uvedené skutečnosti lze cíle disertační práce shrnout do několika bodů:

- **Analýza současně používaných metod získávání údajů pro hodnocení existujících konstrukcí včetně diagnostického průzkumu.**
- **Problémy spojené se získáváním údajů pro hodnocení.**
- **Vliv poruch na hodnocení existujících konstrukcí.**
- **Vyhodnocení praktických měření a výsledků průzkumů na zděných železničních mostních objektech.**
- **Stanovení účelu a obvyklé náležitosti posudku.**
- **Možnosti okamžitých opatření k zajištění bezpečnosti.**

Disertační práce navazuje na technicko ekonomické studie koordinované a připravované autorem této práce za podpory Státního Fondu dopravní infrastruktury.

Účelem těchto studií bylo definování způsobu diagnostikování železničních mostních objektů z hlediska vlivu poruch na přechodnost a bezpečnost železniční dopravy.

V disertační práci jsou prezentovány poznatky a zkušenosti autora z provádění nedestruktivní diagnostiky mostních objektů, které získal v rámci doktorského studia a desetileté praxe v oboru správy a údržby mostních objektů.

Publikované fotografie a citované zprávy mají za cíl zprostředkovat čtenáři reálný stav některých zděných železničních klenutých mostů a poskytnout představu o rozsahu problematiky poruch stávajících mostních konstrukcí a jejich hodnocení.

## 4. Výsledky disertace s uvedením nových poznatků

### 4.1 Úvod k hodnocení

Zděné klenuté mosty jsou jedny z nejstarších typů mostů v evropské železniční síti. Jejich chování však není tak dobře prozkoumáno jako u ostatních typů konstrukcí. Zděné mosty jejich stavitelé budovali dlouhou dobu bez znalosti teorií o jejich chování. Při jejich stavbě využívali poznatky, které jim poskytovaly přírodní úkazy a zkušenosti. Např. přírodní otvory s plochým stropem mají daleko menší životnost než stropy klenuté, přetěžovaný most se jednou zřítí, malý most při povodni odnese voda, most na nestabilním podloží se zdeformuje a popraská atd. Ze zkušenosti vycházejí i prvopočátky hodnocení mostních konstrukcí. Prvním a nedobrovolným hodnotitelem byl sám přepravce. Vyhodnotil riziko s ohledem na svůj náklad a pokusil se překonat most. Jak přibývalo dopravních prostředků, vzrůstaly i nápravné tlaky. Cestáři museli řešit opravy poškozených mostů a čerstvě nabyté zkušenosti použili při stavbě mostů nových. Stali se profesionály ve svém oboru. Potřeba po přemostování vyžadovala stále odvážnější řešení a bylo potřeba porozumět principům kleneb. První vysvětlení vypracoval Hooke [12] a pro svůj účel bylo na dlouhou dobu dostatečné. Stejný princip navrhování se realizoval i na železnici. První železnice byla postavena na našem území roku 1839. Pravidla pro navrhování a ochranu mostů proti účinkům přírodních živlů již byla známa a lety vyzkoušená. Nový byl pouze druh dopravy – železnice. Aby stavitelé železnic neztratili důvěru veřejnosti, museli být ve svých návrzích na rozdíl od silnic velmi konzervativní. V této situaci bylo nejjednodušší navrhnout a vyzkoušet jeden most a podle něj postavit sérii stejných mostů. Začaly platit tzv. „normální drah“, které pro klenuté železniční mosty kamenné i cihelné tabelárně určovaly jejich rozhodující rozměrové parametry [34]. První hodnocení autority v průběhu životnosti železničních klenutých mostů se týkalo především stavu železničního svršku a spodku. Majitel dráhy vydal příručku pro správu dráhy a pokyny pro zaměstnance, aby zajistil bezpečnost [32], [33]. S novými poznatky se změnil i pohled na správu a hodnocení mostů. Z živelného ke konzervativnímu navrhování a upřednostnění prevence před řešením následků. A tento princip se zachoval v drážních předpisech dodnes.

K zajištění spolehlivosti zděných klenutých mostů podle dnešních přísných požadavků zakotvených v normách pro navrhování je potřebné co nejhlubší pochopení základních principů chování tohoto typu konstrukce. Toho mostní inženýři dosáhli na základě experimentů a dlouhodobého sledování chování mostních objektů pod zatížením dopravou. Přesto jsou pochybnosti, zda současné poznání o chování zděných klenutých mostů je úplné. Hodnocení zděných klenutých mostů z tohoto hlediska zahrnuje kvalitativní a kvantitativní části. Kvalitativní složka představuje velmi zkušený inženýrský úsudek v porovnání s hodnocením mostů postavených z jiných materiálů a tvarů. Kvantitativní složkou je potom množství dat vstupujících do procesu hodnocení.

K tomu, abychom mohli hodnotit, potřebujeme porovnávat. Za tímto účelem musí být definován normální stav, vychýlený stav a havarijní stav. Ještě do nedávné doby nebyl pro hodnocení vytvořen žádný manuál. První kroky v této věci učinil až projekt UIC nazvaný Sustainable Bridges. Jeho cílem bylo sjednotit metodiky hodnocení jednotlivých evropských železničních správ napojených na páteřní evropské železniční trasy [14]. V poslední době nejvýznamnějším krokem k hodnocení existujících konstrukcí bylo vydání mezinárodní normy s názvem „Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí“ [26]. Alternativním způsobem ověřování existujících konstrukcí podle této normy je hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti.

#### 4.1.1 Pojem hodnocení

Hodnotit mostní objekt můžeme z různých hledisek. Hodnocení z hlediska spolehlivosti je kvantitativní vymezení schopnosti mostu přenést statické a dynamické zatížení [25]. Je to kombinace vlivu geometrického tvaru konstrukce, použitých materiálů, vzájemného spolupůsobení částí konstrukce a stavebního stavu konstrukce. Hodnocení je i soubor činností vedoucí ke zjištění, zda je spolehlivost konstrukce přijatelná či nikoliv [27]. Cílem hodnocení je definovat zatížení, které může most ještě přenést a které s jistou pravděpodobností nezpůsobí vážné poškození, tak aby mohl most plnit svou funkci [27].

Hodnocení stavebního stavu mostu je slovní vyjádření charakterizující přítomnost poruch a úroveň degradace mostního objektu. Vliv poruch na hodnocení existujících konstrukcí je popsán v mnoha domácích i zahraničních publikacích [14], [15], [16], [17], [20], [22], [23].

V závěrečném dokumentu pracovní skupiny zabývající se tématem prohlídek a hodnocení stavebního stavu [18] se hovoří o hodnocení jako o procesu, který se obecně skládá ze tří fází. Sběr vstupních dat, analýza konstrukce za použití vstupních dat a ověření získaných poznatků z hlediska bezpečnosti, trvanlivosti a použitelnosti. I přes existenci celé řady počítačových programů pro analýzu stavebních konstrukcí je potřebný zdravý úsudek hodnotitele. Hodnotit z tohoto úhlu pohledu znamená rozpoznat, jaké je chování konstrukce pod zatížením a jaké poruchy jsou slučitelné s bezpečným provozováním mostního objektu. Hodnotit také znamená vědět, jaké výsledky lze očekávat ještě před provedením analýzy konstrukce. Hodnotit v konečném důsledku znamená dokázat interpretovat výsledky analýzy s ohledem na skutečný stav konstrukce.

#### 4.1.2 Vymezení předmětu hodnocení

Předmětem hodnocení jsou zděné železniční klenuté mosty na území ČR, ve vlastnictví státu s právem hospodaření SŽDC s.o. V železniční síti státních drah je 6710 mostů. Jelikož mostní objekt může být složen z několika konstrukcí, je potřeba uvést, že v železniční síti je 13095 mostních konstrukcí. Z tohoto celkového počtu je 4129 konstrukcí klenutých, což představuje celých 31%. Zastoupení jednotlivých druhů stavebních materiálů a průměrné stáří konstrukcí je zřejmé z tab. 4.1.

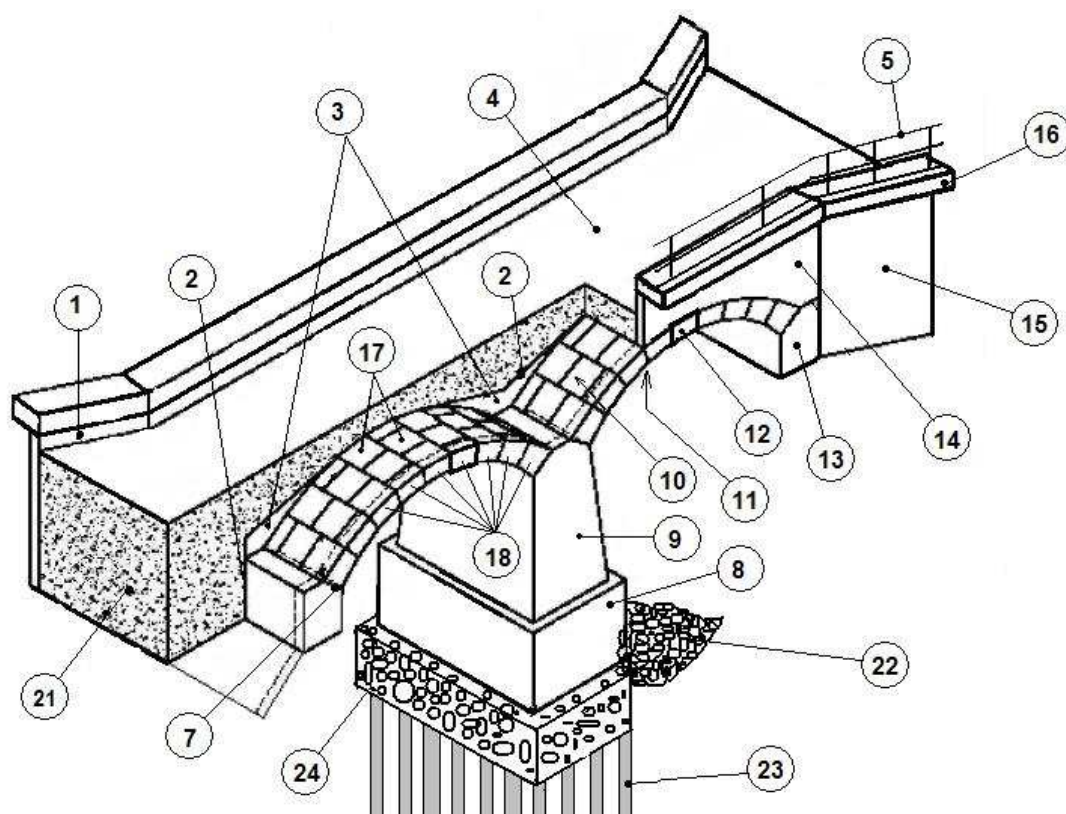
**Tab. 4.1: Rozdělení klenutých mostů podle stáří a materiálu stavebních prvků**

| Klenby podle materiálu nosné konstrukce | počet | průměrné stáří v letech |
|-----------------------------------------|-------|-------------------------|
| betonové                                | 874   | 66                      |
| kamenné                                 | 2840  | 126                     |
| cihelné                                 | 415   | 134                     |
| Celkem                                  | 4129  |                         |

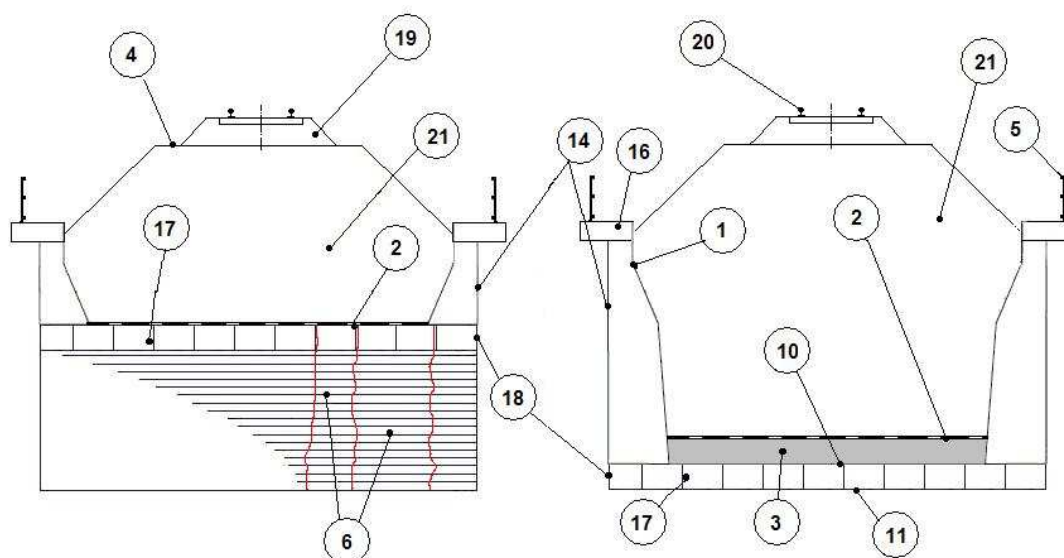
*Zdroj dat – mostní evidenční systém provozovatele dráhy 2010*

#### Názvosloví mostů se zděnou nosnou konstrukcí

Z důvodu sjednocení názvosloví železničních mostů se zděnou nosnou konstrukcí v českém jazyce byla vytvořena názorná schémata konstrukce zděného mostu s označením jednotlivých částí a s uvedením jejich názvů.



Obr. 4.1: Názvosloví klenutých mostů



Obr. 4.2: Názvosloví klenutých mostů v příčném řezu

Legenda k Obr. 4.1 a 4.2

|                       |                     |                          |                                    |
|-----------------------|---------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1 – parapetní zeď     | 7 – pata klenby     | 13 – opěra               | 19 – kolejové lože                 |
| 2 – vodotěsná izolace | 8 – základ          | 14 – čelní zeď           | 20 – železniční svršek             |
| 3 – výplň nadezdívky  | 9 – pilíř           | 15 – křídlo              | 21 – přesypávka                    |
| 4 – pláň              | 10 – rub klenby     | 16 – římsa               | 22 – kamenná rovinanina nebo zához |
| 5 – zábradlí          | 11 – líc klenby     | 17 – klenák              | 23 – piloty                        |
| 6 – klenbový pás      | 12 – závěrný klenák | 18 – čelo klenby / věnec | 24 – základová deska               |

Mostní názvosloví uvedené v normě ČSN 73 6200 [35], stejně jako názvosloví ve vnitřních předpisech drah [30], [31] nezachází do takových podrobností, aby soudní znalec, případně mostní inspektor dokázal pomocí nich jednoznačně a srozumitelně popsat konstrukční prvky zděného klenutého mostu. Názvosloví klenutých mostů je znázorněno na Obr. 4.1 a Obr. 4.2.

## 4.2 Návrh metodiky hodnocení

### Vstupní data

Hodnocení stávajících konstrukcí z hlediska spolehlivosti pomocí pravděpodobnostních metod dle Příručky pro hodnocení existujících konstrukcí [24] vyžaduje poměrně velké množství vstupních dat o současném i minulém působení konstrukce a zejména u zděných klenutých mostů je velmi obtížné je stanovit. Zkoumané veličiny, mezi které patří průřezové a materiálové charakteristiky, tvar konstrukce, zatížení a vliv prostředí, jsou navíc náhodně proměnné. K tomu je nutno připočítat nejistoty ve statickém působení v různých stádiích ať už při výstavbě, tak při stavebních zásazích nebo haváriích. Do výpočtu spolehlivosti resp. analýzy konstrukce vstupují data s nízkou vypovídací hodnotou, jelikož přesnější a větší počet dat nelze získat. Tato skutečnost vede k závěru, že podrobnými výpočty spolehlivosti nelze za těchto podmínek postihnout reálný stav konstrukce zděného mostu. K podobnému závěru došli i autoři projektu UIC pro hodnocení, spolehlivost a údržbu zděných klenutých mostů [14]. Je-li při ověřování spolehlivosti pravděpodobnostními metodami tak velké množství nejistot, může se přistoupit k hodnocení na základě dřívějšího uspokojivého chování konstrukce. Tuto hypotézu navíc podporují výsledky mnoha studií např. autoři Pátý, Sláma, Vodsloň v materiálu k novelizaci předpisu o přechodnosti železničních mostů [25] mimo jiné uvádějí: „Po zmíněné analýze normálií [34] lze konstatovat, že mosty podle nich navržené, pokud se u nich nevyskytují výrazné poruchy či závady (např. v kvalitě zdiva, trhliny apod.), vyhovují požadavkům dnešního železničního provozu i pro třídu přechodnosti D4 UIC“. Prof. Harvey ve své studii [12] uvádí: „Klenby s nízkým stálým zatížením, a tedy s nízkým předpětím, mohou být náchylné k poškození provozem od současně provozovaného zatížení. Při použití nynějších pravidel pro posuzování se tyto mosty jeví jako bezpečné“

Navrhovaná metodika hodnocení vychází z obecného systému hodnocení uvedeného v normě ČSN 13822 [27] v kapitole 8, a skládá se z následujících bodů:

- stanovení účelu hodnocení,
- scénáře,
- předběžná prohlídka,
- studium dokumentace a dalších zdrojů,
- předběžné ověření,
- rozhodnutí o okamžitých opatřeních,
- doporučení pro další postup.

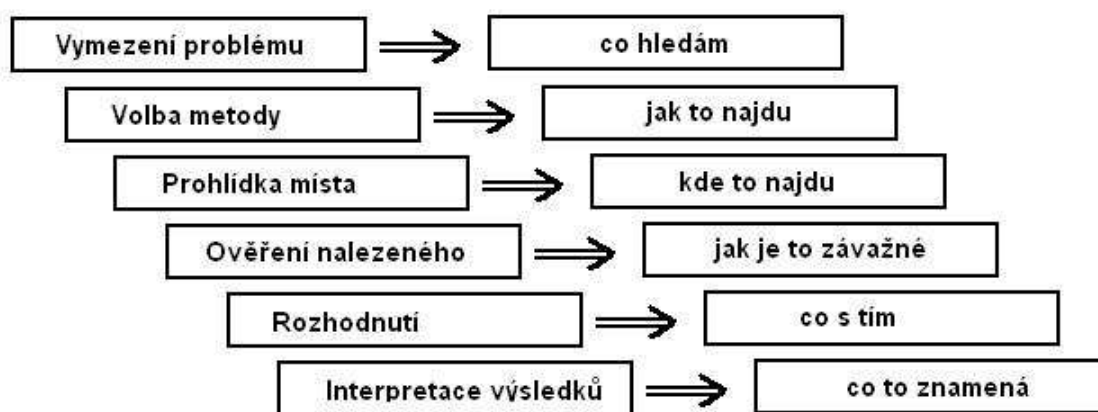


Schéma č. 4 Algoritmus hodnocení

Algoritmus hodnocení může vycházet i ze základních otázek, které si hodnotitel klade v průběhu zkoumání mostního objektu. Transformace algoritmu uvedeného v normě ČSN 13822 [27] do souboru otázek je uvedena ve schématu č.4.

### Uplatnění pravděpodobnosti u zvolené metody hodnocení

Hodnotitel/znalec je zpravidla vyzván k podání posudku v okamžiku, kdy má konstrukce poruchu, ale ještě nebylo dosaženo meze únosnosti, tj. pravděpodobnost poruchy je 100%, zbytková životnost je neznámá. V rámci procesu hodnocení hodnotitel následně hledá nejslabší část mostu, aby případně podle účelu posudku stanovil, za jakou dobu dosáhne kritické místo mezního stavu.

Životnost konstrukce s poruchou ovlivňuje:

- zatížení a jeho změny (provozní, extrémní, nehoda, dřívější stavební úpravy...),
- klimatické podmínky a jejich změny (teplota, déšť, látky rozpuštěné v ovzduší...),
- ostatní poruchy, které mohou násobit účinek hlavní poruchy,
- charakter poruchy (orientace, tvar, velikost...),
- materiálové vlastnosti (stupeň degradace...).

Do procesu rozhodování o zbytkové životnosti vstupuje velké množství neznámých veličin. Následkem toho nelze pomocí výpočtu ani za pomoci dobrého odhadu stanovit dobu, po kterou bude konstrukce bezpečná. Je-li hodnotitelem nalezený stavební stav konstrukce výsledkem dlouhodobého chátrání konstrukce, je možné přistoupit k hodnocení na základě dřívějšího uspokojivého chování konstrukce a volit opatření převážně konstrukční. Nastal-li havarijní stav konstrukce náhle, je nutno rozhodnout o okamžitém provozním opatření.

#### 4.2.1 Stanovení účelu hodnocení

Stavební stav mostu ovlivňuje celá řada veličin. Obecně lze říci, že se jedná o veličiny časově proměnlivé. Patří sem zatížení, geometrický tvar konstrukce, vlastnosti použitých materiálů, vzájemné působení jednotlivých konstrukčních prvků (malta/klenák, opěra/podloží, čelní zeď/výplň za rubem, atd.), základové poměry, působení vody, vegetace a přírodního prostředí na mostní objekt. Výsledkem působení zmiňovaných veličin je postupná degradace mostního objektu v čase a pokles schopnosti odolávat zatížení. Z toho plyne logický závěr, že pokud je odolnost mostu časově proměnlivá veličina, musí i hodnocení probíhat v časových intervalech, aby informace o stavu mostu byla stále aktuální.

K tomuto závěru došli i autoři textu vyhlášky č.177/1995 Sb. v platném znění, kde v § 26 odst. 1 uvádí:

„Pro zajištění provozuschopnosti dráhy a bezpečnosti drážní dopravy se provádějí pravidelné prohlídky a měření staveb drah. Časový interval prohlídek a měření je uveden v příloze č. 1

Pravidelné prohlídky a měření podle odstavce 1 se provádějí:

h) běžnou prohlídkou mostů, objektů mostům podobných a tunelů, při níž se zjišťuje celkový stav objektu,

i) podrobnou prohlídkou mostů, objektů mostům podobných a tunelů, při níž se zjišťují závady na každé části objektu.

Pro zajišťování provozuschopnosti dráhy a bezpečnosti drážní dopravy je vedle prohlídek a měření stavebně technického stavu nezbytné provádět v závislosti na změnách stavebně technických nebo provozních podmínek ověřování provozních parametrů staveb (zatížitelnost, přechodnost, prostorová průchodnost, dopravní moment a rozhledové poměry na železničních přejezdech).“

Veličiny, které se ověřují, jsou proměnlivé v čase. Každé ověřování bude tedy vztaženo k době svého vzniku. Na základě porovnání aktuálního stavu konstrukce s výsledky předchozích ověření lze predikovat další vývoj a navrhnout opatření. Problém může nastat, pokud historie mostu není známa. V takovém případě se doporučuje provést stavebně technický průzkum mostu za účelem nahrazení chybějící dokumentace. Je však důležité vědět, že okamžitým průzkumem mostu nemusí být nalezeny všechny souvislosti a aktuální obraz posuzovaného mostu nemusí být pravdivý. Proto je průběžné ověřování konstrukcí mostů klíčem k jejich dalšímu užívání.

K ověřování stavebního stavu konstrukce a následně k jejímu hodnocení se přistupuje nejčastěji z těchto důvodů:

- Konstrukce byla po krátkou dobu vystavena extrémnímu zatížení, např. náraz vozidla, tlak vody, požár, vyšší moc, apod.
- Konstrukce je po delší dobu vystavena zvýšenému zatěžování, např. vyšší rychlost, vyšší hmotnost na nápravu, dlouhodobé průsaky apod., přičemž poruchy mostu vykazují pohyb nebo nárůst.
- Provozovatel dráhy plánuje změnu v užívání konstrukce mostu a je nutno ověřit její uskutečnitelnost.
- Konstrukce mostu vykazuje poruchy bez zjevné příčiny a s ohledem na význam konstrukce je nutno posoudit její spolehlivost (zanedbaná údržba, skryté či

nepřístupné povrchy uvnitř konstrukce, podcenění závažnosti poruchy, porucha inženýrských sítí v blízkosti mostu, zazděný mostní otvor, apod.)

- Není znám stavební stav mostu ani jeho historie neboť provozovatel dráhy, potažmo správce mostu neprováděl řádně dohlédací činnost.
- Nastala potřeba aktualizovat informace o stavebním stavu konstrukce.
- Obchodní spor o odpovědnosti za vady díla – reklamace.
- Posouzení efektivnosti investice do provozních nebo konstrukčních opatření.

Účel hodnocení mostního objektu musí být jednoznačně definován v zadání. Hned na úvod je potřeba rozlišit, zda se jedná o znaleckou činnost, tj. podání znaleckého posudku v souvislosti s právním úkonem, nebo jde o expertizní činnost, řídící se zvláštními právními předpisy.

Znaleckou činností ve smyslu zákona č. 36/1967 Sb. v platném znění se rozumí činnost před státními orgány a orgány, na které přešly úkoly státních orgánů, jakož i znalecká činnost prováděná v souvislosti s právními úkony občanů nebo organizací. Právní úkon, jak je uvedeno ve skriptech pro soudní inženýry [8], může být zamýšlený, na základě závěrů posudku se pak může nebo i nemusí uskutečnit.

Zákon se nevztahuje na podávání posudků, které je upraveno jinými předpisy, a na podávání posudků, které neslouží potřebám řízení před státními orgány ani nejsou v souvislosti s právními úkony občanů a organizací; zejména se nevztahuje na expertizní činnost související s plněním výrobních úkolů organizací.

Orgán, který znalece ustanovil k podání posudku, vymezí znalci úkol nejčastěji formou otázek. Znalci nepřísluší se vyjadřovat k právní problematice, ale má se zabývat jen skutečnostmi, k jejichž posouzení je třeba jeho odborných znalostí. Znalec by měl spolupracovat při formulaci otázek, aby dosáhl jejich jednoznačnosti. Podobně bude znalec dbát na jednoznačnost zadání při formulování otázek v případě podání posudku na základě objednávky občana nebo organizace.

Pro objektivitu hodnocení je nutno postupovat dle obecně známých technologických postupů platných pro měření, zkoušení, porovnávání, výpočty a dokumentaci. Podrobněji je tato problematika uvedena v kapitole 2.7 této práce.

Mezi nejčastější otázky, které jsou hodnotiteli kladeny, patří:

- Co bylo příčinou poruchy?
- Jaký má porucha vliv na bezpečnost, provozuschopnost a životnost mostního objektu?
- Jakým způsobem lze poruchu odstranit?
- Za jakých podmínek lze konstrukci s poruchou provozovat do odstranění poruchy?
- Jakým způsobem monitorovat stavební stav mostního objektu do odstranění poruchy?

#### 4.2.2 Scénáře

Pro identifikaci všech možných kritických situací je nutné nejprve pojednat o typických poruchách, jejich obvyklém rozvoji až po závěrečné selhání konstrukce. Na

základě znalosti obvyklého chování konstrukcí lze volit vhodná opatření k zajištění bezpečnosti konstrukce. Lze říci, že po stanovenou dobu účinnosti okamžitých opatření, je konstrukce s jistými omezeními použitelná. Poruch klenutých mostů a jejich příčin je celá řada. Tabulka 4.2 ukazuje přehled známých poruch zaznamenaných na území ČR podle výsledků studie [45].

V dalším kroku byly účelově vybrány typické poruchy bez ohledu na příčiny, které jsou doprovázeny zřetelným pohybem. Pohyb lze relativně snadno identifikovat. Můžeme měřit jeho velikost, směr, časový a teplotní průběh apod. Pohyb je možno dočasně zpomalit pomocí okamžitých konstrukčních nebo provozních opatření. V úvahu připadají tyto poruchy:

- podélné trhliny,
- příčné trhliny,
- vypadávání stavebních prvků,
- boulení nebo vysouvání čelní zdi,
- změna geometrie tvaru klenby.

**Tab. 4.2: Přehled známých poruch zděných klenutých mostů**

|                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|
| Eroze základových prvků                                              |
| Podemílání a vyplavování ochranných prvků základů                    |
| Sedání pilířů a opěr                                                 |
| Podélné trhliny v klenbě                                             |
| Podélné trhliny mezi čelním obloukem a klenbou                       |
| Diagonální trhliny v klenbě                                          |
| Příčné trhliny v klenbě                                              |
| Vertikální trhliny v pilířích a opěrách                              |
| Stupňovité trhliny v pilířích či opěrách, čelních stěnách a křídlech |
| Vertikální trhliny mezi vlnolamem a pilířem                          |
| Vodorovné trhliny v opěrách                                          |
| Vertikální trhliny mezi opěrou a křídlem                             |
| Trhliny v omítkách                                                   |
| Průsaky zdivem klenby a spodní stavbou                               |
| Boulení čelní zdi                                                    |
| Naklánění a boulení zdiva křídel                                     |
| Boulení zdiva opěr a pilířů                                          |
| Vysunutí římsy                                                       |
| Separace čelní zdi                                                   |
| Separace povrchových vrstev zdiva                                    |
| Kaverny – vypadané zdivo                                             |
| Degradace stavebních prvků                                           |
| Degradace zdicí malty                                                |
| Obroušení zdiva dopravou                                             |

**Podélné trhliny**

Tyto trhliny se šíří z opěry do klenby a naopak a postupně odseparují konstrukci na jednotlivé podélné prvky, viz Obr. 4.3. Klenba svým tvarem nadále přenáší účinky svislého zatížení, avšak ve vodorovném směru její únosnost výrazně klesá. Dochází k postupnému rozevírání trhlin, až v závěru dojde ke ztrátě stability čela klenby v příčném směru a k jeho zřícení.



*Obr. 4.3: Podélná trhлина v klenbě*



*Obr. 4.4: Příčná trhлина v klenbě*

### Příčné trhliny

Tyto trhliny signalizují vznik mechanismu se specifickým počtem kloubů, viz Obr. 4.4. Blízko vrcholu klenby vznikne trhlina, která se šíří z vrcholu směrem k zatížení. Po dosažení místa zatížení vznikne kloub. V kloubu je moment nulový a trhliny se začnou tvořit jinde. Mechanismus je popsán např. ve studii [12]. Klenba mostu se rozdělí na samostatné klenbové segmenty, které vzájemně spolupůsobí v místě styků – kloubů. Tento stav výrazně snižuje únosnost konstrukce ve svislém směru. Kolaps mechanismu probíhá tak, že v místě kloubu dojde buď k vyboulení sousedních segmentů dolů, nebo naopak vpáčení nahoru. Varianta kolapsu je i usmyknutím v místě kloubu. Zřícení klenby nastává dosažením kritické výchylky sousedních segmentů od podélné osy klenby.

### Vypadnutí stavebních prvků

V dotykových plochách mezi jednotlivými stavebními prvky klenby působí smykové síly, které jim brání ve vypadnutí. Přetížením klenby narůstá tlak, který když překročí mez pevnosti, způsobí drčení materiálu. Ten se pak roztlačuje do volného prostoru pod klenbou. Nejprve se rozdrťí materiál s nižší pevností, nejčastěji malta. K tomu aby došlo k vypadnutí stavebního prvku, musí nastat fáze uvolnění. Ta nastává např. cyklickým zatěžováním při přejezdu vlaku, vibracemi, mrazovými cykly, viz Obr. 4.5, degradací materiálu nebo při roztlačování opěr apod. Vypadáním malty a několika sousedních stavebních prvků ještě nenastává kolaps. V konstrukci klenby dojde k přerozdělení vnitřních sil, které „obtékají“ vypadaná místa přes sousední dosud neporušené části klenby. Tím se vytvoří nový stav rovnováhy, avšak některá místa konstrukce jsou přetížena. K porušení s následkem kolapsu dojde v nejslabším místě konstrukce a projeví se propadnutím klenby, zřícením opěry apod.



Obr. 4.5: Vypadnutí stavebních prvků

**Boulení čelní zdi**

Zemní tlak od zeminy z přesypávky působí ve vodorovném směru na rubovou stranu čelní zdi. Je-li odpor čelní zdi menší než tlak zeminy, dojde k boulení. Z počátku se boulení projevuje v oblasti římsy a postupuje čelní zdí k rubu klenby. Když rostoucí deformace dosáhne kritického vychýlení nastane ztráta stability a zřícení čelní zdi, viz Obr. 4.6.



*Obr. 4.6: Boulení čelní zdi*



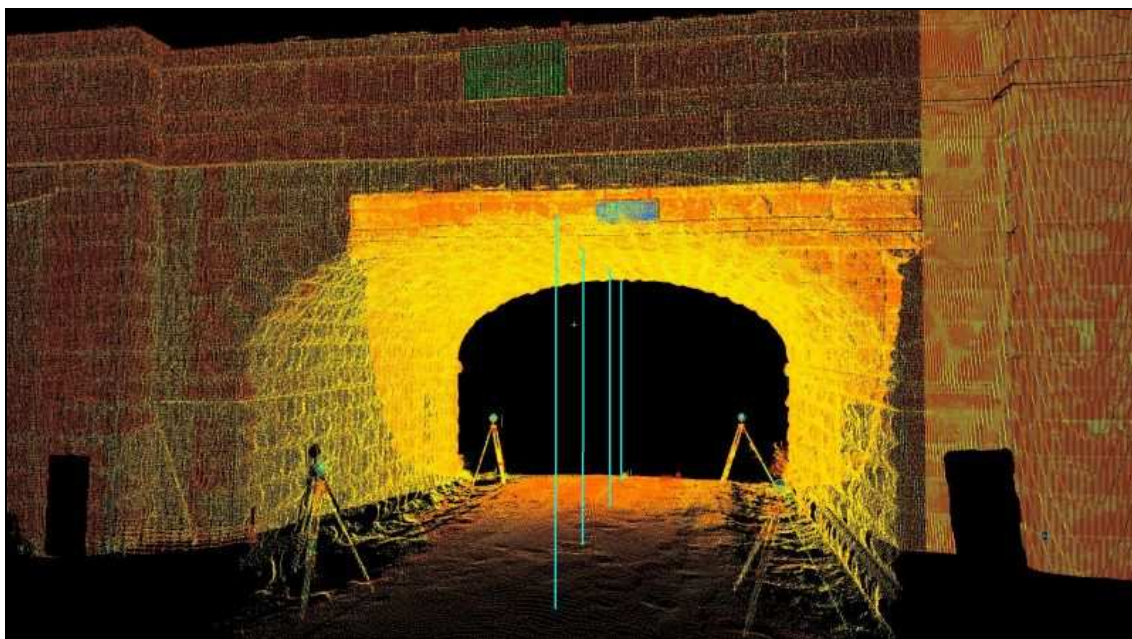
*Obr. 4.7: Vysouvání čelní zdi*

### Vysouvání čelní zdi

Mezi rubem klenby a čelní zdi nebývá žádné kotvení. Vysouvání nastane, je-li tlak zeminy za rubem čelní zdi větší než třecí odpor mezi čelní zdi a rubem opěry, viz Obr. 4.7. Vysouvání čelní zdi je omezeno její šířkou a končí přepadnutím zdi přes okraj klenby. Nutno připomenout, že vysouvání může být doprovázeno boulením čelní zdi.

### Změna geometrie tvaru klenby

Změna geometrie souvisí se všemi výše uvedenými poruchami. Je dobře detekovatelná pomocí laserového skenování jak popisují ve své práci autoři Werner a Morris [7]. Měření lze za stejných podmínek kdykoliv zopakovat a výsledky navzájem porovnat. Ke změně geometrie dochází při roztlačování opěr, při přetížení klenby, při sedání spodní stavby, při stlačování opěr zemním tlakem za rubem opěr, při pohybu segmentů rozdělených příčnými i podélnými trhlinami. Příklad skenování je dokumentován na Obr. 4.8.



Obr. 4.8: Laserové skenování

#### 4.2.3 Předběžná prohlídka

Primární informace, kterou si hodnotitel opatří před prohlídkou, se týká důvodu prohlídky a popisu konstrukce, nejlépe z projektu, pokud je dostupný. Dále informace o výstavbě, konstrukčních změnách a chování v průběhu užívání, ideálně ze zápisů z předchozích prohlídek.

Před samotným zahájením prohlídky mostu se doporučuje hodnotiteli vypracovat plán prohlídky, definovat si cíle a prostředky, kterými cíle dosáhne. V praxi to znamená sepsat seznam otázek, na které bude v terénu hledat odpovědi. Součástí plánu musí být seznam diagnostických metod, pomůcek a zařízení potřebných k prohlídce. V předstihu je nutno potřebné přístroje, pomůcky a zařízení opatřit nebo objednat a zajistit účast správce mostu a dalších důležitých osob. Neméně důležité je také ověření dostupnosti mostu a objednání potřebné prohlížecké techniky.

Nezbytné pomůcky a zařízení pro provedení prohlídky jsou čistící prostředky a nástroje (kartáče, brusky, vrtačky, drátkovače, kapesní nůž, svinovací metr, vodováha, spároměrka, kladívko, olovnice, atd.), prohlížečské pomůcky (kalibrovaný dálkoměr, dalekohled, Brinellova lupa, fotoaparát, kamera, chemická souprava, teploměr, vlhkoměr, zrcátko, atd.), bezpečnostní zařízení (bezpečnostní úvazky, jistící lana, lékárnička, vysílačka, přilba atd.), ostatní pomůcky (značkovač, lampa, komparátory, penetrační souprava atd.)

Při předběžné prohlídce jsou využívány diagnostické metody, jež lze aplikovat bez náročné předchozí přípravy a plánování. Vizuální prohlídka přístupných povrchů, termografie, fotogrammetrie tvaru, povrchové testování vlastností materiálu. V rámci prohlídky dojde i k ověření stavu zabudovaných měřidel a odečtení jejich aktuálních hodnot.

Na místě samém hodnotitel provede ohledání. Ověří si základní poznatky o mostě získané studiem dokumentace jako je typ nosné konstrukce konstrukční systém, počet mostních otvorů poloha mostu vzhledem k železniční trati a vzhledem k přemostované překážce.

Následuje dokumentace bezprostředního stavebního stavu pochůzkou, při které se doporučuje použít videokameru. Cílem je zejména odhalit původní povrchy konstrukcí, přítomnost vlhkosti a průsaků vody, přítomnost vegetace, nepřírozené tvary a deformace, známky zvětvování, známky nepřírozeného pohybu konstrukce.

Po seznámení se s objektem následuje zevrubná prohlídka s lokalizací poruch, definování směru vlevo, vpravo, začátek, konec, popis poruchy, délka, hloubka, šířka, orientace, počet, rozsah, vzdálenost od pevného bodu, popis stavu povrchu v době konání prohlídky – mokro, vlhko, sucho, prach, vegetace, přístupnost místa poruchy, teplota místa poruchy, stopy po interakci s jiným tělesem, stopy po opravách, vyztužení a sanacích mostu, stopy po stavební činnosti v okolí mostu, a pravděpodobné příčiny poruch. Prohlídkou je vhodné také stanovit místa pro následný odběr vzorků a identifikaci důležitých míst pro další podrobnější zkoumání.

Následuje výčet údajů, které obvykle mostní inspektor ověřuje při podrobné prohlídce. Hodnotitel k jejich ověření přistoupí dle uvážení s ohledem na charakter poruch nalezených na mostním objektu a v souladu s vypracovaným plánem prohlídky. Zkušenosti ukazují, že je lépe dokumentovat několik údajů navíc než vůbec. Opomenutí bude mít za následek opětovné svolání a provedení prohlídky. Každý níže uvedený údaj má svoji normální polohu, vychýlenou polohu a havarijní stav. Zkušený hodnotitel musí rozlišit normální stav od havarijního.

#### Základní rozměry mostu

- délky, šířky, výšky, hloubky, úhly sklonu, parametry zakřivených ploch, svislost stěn opěr a pilířů.

#### Zemní těleso na mostě i v jeho navazujícím okolí

- zmapovat stav přesypávky, funkčnost odvodnění, stav a tvar tělesa dráhy před a za mostem, typické projevy svážlivých a zavodněných míst, úhel sklonu přesypávky, trhliny v půdě, erozní rýhy, aktivní sesuvy.

#### Přemost'ovaná překážka

- světlá výška a šířka mostních otvorů, stav přemost'ované překážky – druh a stav povrchu, stupeň opotřebení, směr proudění vody, směr jízdy vozidel, jakému účelu mostní otvor slouží, vliv přemost'ované překážky na mostní objekt.

#### Konstrukční materiál nosných konstrukcí a spodní stavby mostu

- stupeň degradace, rovnoměrnost degradace po povrchu, orientační pevnost, druh stavebního prvku, typ vazby a uspořádání zdiva, druh řádkování.

#### Konstrukční detaily mostu

- vazba mezi obloukem klenby a čelní zdí, vazba mezi opěrou a křídly, vazba mezi podpěrou a vlnolamem, vazba mezi klenbou a opěrou, zda je odvodnění za rubem klenby svedeno do vrcholu nebo nad podpěru, přítomnost a stav pracovní, dilatační nebo zdicí spáry, stav trubek na vyústění odvodnění.

#### Stav nosných konstrukcí

- stav materiálu, tj. rozsah navětrání, podrcení, vydrolení, rozpukání, vysouvání jednotlivých kamenů apod., průvodní jevy porušené nebo neexistující izolace, jako jsou zatékání, vlhké zdivo, inkrustace, praskliny, průsaky vody apod., polohy trhlin, směr šíření, délky, šířky, deformace, poškození, umělé výtvary, podemletí a neobvyklosti v tvaru, naklonění jednoho prvku a návaznosti na další prvky nosné konstrukce, otvory a dutiny.

#### Stav základových konstrukcí

- zjištění způsobu založení, rovinatost a svislost stěn, známky působení vody, známky působení agresivního prostředí, identifikace základních vad základů jako je sedání, naklánění apod.

#### Chování při působení dynamického zatížení

- měřitelné projevy konstrukce při průjezdu vlaku po mostě nebo silničního vozidla pod mostem.

#### Přítomnost cizích zařízení na mostě a jeho okolí

- jaká zařízení jsou umístěna na mostě, pod mostem nebo v jeho bezprostřední blízkosti (vzdálenost, umístění, rozměry), z jakého materiálu jsou tato zařízení, probíhající stavební činnost v okolí mostu, přítomnost cizích těles v mostním otvoru nebo překážek v toku, vraků aut, skládek domovního odpadu, kontaminace půdy v těsné blízkosti mostu, reklama na mostě, sloup trakčního vedení nebo ochranné plechy, průrazky, vzdálenost kabelových žlabů od osy koleje (stav a úplnost vík), s jakými objekty most bezprostředně sousedí, s jakými objekty má most společné prvky a které to jsou, dopravní značení podjezdů výšky a šířky (údaj na dopravní značce z obou stran), hustota dopravy v okolí mostního objektu, jak cizí zařízení ovlivňuje most.

#### Stav koleje na mostě

- počet kolejí, výška přesypávky pod niveletou koleje, směrové a výškové vedení koleje, vady v geometrické poloze koleje, přítomnost kolejnicových styků na mostě, stav zašterkování a podbití, rozdělení pražců, chování kolejového lože při průjezdu vlaku, drážebnost upevňovadel.

### Stav zábradlí

- odolnost vůči působení vodorovné síly, protikoroze ochrana, vzdálenost od osy koleje, výška zábradlí, počet madel, deformace zábradlí.

### Křídla a svahové kužely

- základní rozměry a orientace křídel a svahových kuželů (sklon, délka, šířka, výška), stav materiálu, tj. rozsah navětrání, podrcení, vydrolení, rozpukání, vysouvání jednotlivých kamenů apod., druh horniny, stav zatravnění, vegetace, přítomnost odláždění, stav ukončení svahových kuželů a křídel, napojení křídla na těleso opěry, známky eroze nebo sedání.

### Prostorová průchodnost

- poloha osy koleje vůči ose konstrukce na začátku, uprostřed a na konci, vzdálenost osy koleje od nejbližšího bodu na konstrukci, vzdálenost osy krajní koleje od vnitřního okraje zábradlí, vyhodnotit naměřené vzdálenosti z hlediska prostorové průchodnosti, celková šířka mezi zábradlím nebo vnitřními hranami nosné konstrukce, nutnost instalace zábradlí z hlediska bezpečnosti (musí/nemusí být), poloha a rozměr ochranných výstupků v zábradlí, vzdálenost os kolejí v místě měření zábradlí, překážky v délce platnosti mostního průjezdného průřezu (poloha a vzdálenost).

Výsledkem prohlídky je zápis o prohlídce, který má obsahovat soupis a vyhodnocení podkladů, popis konstrukce, popis nalezených poruch, popis provedených zkoušek s uveřejněním výsledků, celkové zhodnocení s interpretací zjištěných poznatků a závěrečná doporučení.

### Některé postřehy z provádění podrobných prohlídek

Ne všechny poruchy jsou při prohlídce viditelné z důvodu zakrytí nebo znečištění. Pokud správce před konáním prohlídky mostní objekt vyčistí (např. vyřezání náletových dřevin, uklizení vypadaného zdiva, zahrnutí výkopů, přespárování zdiva apod.) může tím znehodnotit stopy vedoucí k příčině poruchy. Doporučuji provádět čištění až v průběhu prohlídky na vyzvu hodnotitele a údržbu provádět až po provedení prohlídky.

Mostní objekt bývá často opatřen měřicími body např. sklíčka, sádrové terče, tenzometry apod. Z měřících bodů často není jasné, kdo a kdy je osadil a jaký plní účel. Doporučuji nejprve ověřit funkčnost těchto měřících bodů, tj. spolehlivost dat, která poskytují. Nová měřičská místa je nutno volit tak, aby co nejdéle vydržela plnit svou úlohu a současně dokázala poskytnout co nejvíce informací o sledované poruše.

Místní obyvatelé často o mostu vědí víc než správce. Doporučuji se jich zeptat na historii a zkušenosti.

Okolí mostu je ve vzájemné interakci s mostem. Např. deformace terénu mohou pokračovat i pod mostem. Doporučuji věnovat zvýšenou pozornost souvislostem mezi okolím a mostem.

Poruchy nevznikají současně, ale v určitém pořadí. Některé se zastaví, jiné pokračují. Doporučuji hledat signály vypovídající o pořadí vzniku poruch a jejich skutečném stáří.

Voda vždy mostem nějak proteče. Někde se hromadí, tlačí, transportuje, trhá, když je zmrzlá. Doporučuji hledat a najít cestu, kterou voda prochází skrz most, neboť po cestě voda způsobuje poruchy.

Most na každé zatížení reaguje, třeba i nepatrně. Doporučuji zdokumentovat chování mostu při průjezdu vlaku nebo při průjezdu nákladu pod mostem.

Každý klenutý most má v sobě dutiny. V dutinách je vzduch, voda, odpady, chemické sloučeniny a skryté poruchy. Doporučuji dutiny hledat a to buď poklepem podle konfigurace povrchu, nebo NDT metodami.

Pevnost materiálu se dá zjistit orientačně jednoduchými metodami např. vrypem přímo na místě. Doporučuji prověřit orientační pevnosti materiálů při prohlídce se zkušeným odborníkem.

Vlastnosti materiálu klenutého mostu nejsou po celé konstrukci stejné. Stavitelé mostů věděli, kam dát kvalitní materiál a kam méně kvalitní. Doporučuji zohlednit tuto skutečnost při volbě míst pro odběr vzorků.

Správce mostu se může po celou dobu svého působení ve funkci držet mylných představ o vývoji a závažnosti poruch a podle toho se k mostu také chová. Doporučuji se na jeho představu o závažnosti poruch a na jeho metodiku prohlížení mostu zeptat.

Dohlédací činnost provádí pokaždé někdo jiný a měří poruchy pokaždé někde jinde a jiným měřidlem. Doporučuji položit správci a reviznímu mostmistrovi otázky směřující k objasnění těchto skutečností.

#### **4.2.4 Studium dokumentace a dalších zdrojů**

Správnost a přesnost hodnocení mostu ovlivňuje mimo jiné i úroveň dostupné dokumentace. Dokumentace je obvykle dostupná u správce. Není však vyloučeno, že bude pozměněna nebo ztracena. Proto je nutno hledat i u projektantů, v muzeu, v kronikách měst, v soukromých sbírkách, na dobových fotografiích apod. Pro představu, stáří klenutých mostů je v průměru 130 let, jejich dokumentace tudíž musela přežít dvě světové války, změny politických režimů, změny vlastníků, stěhování archivů a svévoli správců. Z hlediska hodnocení mostních objektů je původní dokumentace velmi cenným dokumentem.

Dokumentaci je vhodné studovat jak před vlastní prohlídkou, tak i po prohlídce. Studium před prohlídkou objevíme nejistoty, které se pokusíme v rámci prohlídky objasnit. Po prohlídce budou při studiu dokumentace mnohé souvislosti zřetelnější. Obecně platí, že dokumentace se před jejím použitím v procesu hodnocení musí ověřit, zda je v souladu s posuzovanou konstrukcí, resp. zda konstrukce byla podle ní realizována. V tabulce 4.3 následuje přehled dokumentace, kterou je možno při trpělivém hledání nalézt.

#### **Projektová dokumentace a dokumentace skutečného provedení**

Z doby výstavby mostů se dochovalo jen málo dokumentů. Většina klenutých mostů se stavěla podle tzv. normálních plánů [34], které obsahovaly parametry pro návrh klenby v závislosti na přemostované délce, druhu použitého stavebního materiálu a velikosti zatížení. Pro mnoho identických mostů je tedy jen jeden vzorový projekt. S návrhovými parametry by hodnotitel měl pracovat uvážlivě, neboť doporučení z návrhu nemuselo být vždy dodrženo kvůli novým poznatkům nebo změnám v průběhu výstavby. Dokumentace skutečného provedení se u mostů postavených dle normálních

plánů [34] nedochovala. U individuálních projektů se do projektu zakreslily změny barvami se specifickým významem. Červená znamenala nový stav, žlutá značila demolice. Neustálým stěhováním archivů a změnou politických režimů se mnohé dokumenty ztratily nebo skončily v soukromých archívech. Konstrukční plány jsou zajímavé především z hlediska vyobrazení navrhovaných tvarů a dimenzí konstrukčních prvků skrytých uvnitř mostního objektu. Na druhé straně je potřeba poznamenat, že skutečné rozměry a detaily se mohou od konstrukčních plánů lišit. Z tohoto důvodu je nutné údaje vhodnou sondou ověřit. Všechny takto zjištěné změny oproti konstrukčním plánům se musí zaznamenat.

**Tab. 4.3: Přehled dostupné dokumentace**

|                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Projektová dokumentace a dokumentace skutečného provedení                           |
| Informace z průběhu výstavby, stavební deníky                                       |
| Zápisy z dohlédací činnosti včetně mimořádných prohlídek a sledování                |
| Geotechnické průzkumy                                                               |
| Stavebně technické průzkumy                                                         |
| Historie zatížení od návrhového přes mimořádná až po současná provozní              |
| Dokumentace o realizovaných stavebních počinech a modernizaci                       |
| Informace o inženýrských sítích a stavbách v okolí mostu, jejich budování a poruchy |
| Informace o historii a parametrech přemostované překážky                            |
| Dobové fotografie a další vizuální materiál                                         |
| Záznamy o nehodách a mimořádných stavech                                            |
| Analýzy konstrukce                                                                  |
| Doklady o prováděné údržbě                                                          |

### **Informace z průběhu výstavby**

Povinnost vést stavební deníky v době výstavby mostů nebyla. Přesto je někdy možné nalézt tzv. mostní knihu, která je psána na způsob kroniky a postihovala důležité momenty stavby z hlediska společenského i technického. Stavební deníky ze sanací, oprav nebo rekonstrukcí by měl správce uchovávat ve svém archívu po celou dobu životnosti mostu. Pro hodnotitele bude cenné být informován o průběhu stavebního počínu, případně obtížích, které v průběhu stavby nastaly a jak byly řešeny. Cenná informace je i o použitých technologiích a materiálech a v neposlední řadě i rozsah provedených prací. Současné stavební deníky jsou psány velmi stroze ze strachu nést odpovědnost za údaje v nich uvedené. Chybějí tak skladby a místa skutečného uložení zesilovacích prvků, názvy a množství skutečně použitých nových materiálů a jejich kompatibilita s původními materiály. Jsou uváděny nepravdivé údaje o teplotách, i o technologických postupech a spousta dalších zlovyků znehodnocujících význam stavebního deníku pro účely hodnocení.

### **Zápisy z dohlédací činnosti včetně mimořádných prohlídek a sledování**

Od počátků železnice se na území tehdejšího Rakousko-Uherska postupně utvářely vnitřní předpisy dráhy, které poučovaly zaměstnance o pracovních postupech. Pro

železniční svršek, spodek, umělé stavby i zabezpečení dráhy byly z počátku prohlídky společné. S rozvojem technických oborů nebylo možné obsáhnout všechny znalosti o stavbách dráhy a prohlídky se rozdělily podle odborností. Původní záznamy o mostech byly psány ručně a doplňovány ručně malovanými náčrtů, posléze byly psány na psacím stroji a kromě náčrtů byly opatřovány vlepenými fotografiemi. Mnohé z nich se nedochovaly. Okolo roku 1993 se objevují první záznamy v digitální podobě. Současné vnitřní předpisy dráhy obsahují návody pro správce, jak provádět údržbu, evidenci a hodnocení mostních objektů [31]. Stavební stav mostů je klasifikován třemi stupni podle náročnosti stavebního zásahu k navrácení jejich původních projektovaných vlastností. Hodnocení je zcela subjektivní a závislé na potřebách správce. Technika měření poruch, vyhodnocení naměřených údajů, i samotný průběh prohlídky není správcem infrastruktury definován a probíhá spontánně. Použitelnost takových zápisů z prohlídek pro účely hodnocení na základě dlouhodobého sledování a dřívější uspokojivé způsobilosti je přinejmenším diskutabilní. Sledování a častější prohlídky se v praxi vykonávají, až když se dá konstrukce do pohybu. Za známky pohybu jsou považovány vypadané stavební prvky a rozevírání trhlin indikované sádrovými terči. Ze správně a dlouhodobě vedených zápisů z dohlédací činnosti lze např. vypátrat přibližný počátek vzniku poruchy. Z dobře vedených záznamů o sledování konstrukce je možné získat údaje o oscilaci teplot a změny parametrů pro vznik poruch.

### **Geotechnické průzkumy**

Geotechnické průzkumy mají za cíl objasnit polohu hladiny spodní vody, lokalizovat dutiny v podloží, popsat skladbu podloží vč. tloušťek, hloubky založení a materiálových vlastností. Rozsah je předmětem zadání. V praxi se průzkum zadává na žádost projektanta jako podklad pro návrh sanace spodní stavby a pro statický výpočet zesílené konstrukce. Výsledky jsou citovány v přípravné dokumentaci stavby. Jelikož se jedná o nákladnou činnost, objednatel často geotechnický průzkum vypustí z rozpočtu nebo omezí zadání na minimum. Odebrané vzorky pak nepostihují vlastnosti celého posuzovaného objektu. Geotechnický průzkum se neprovádí k ověření údajů z dohlédací činnosti ani ke zjištění zbytkové životnosti.

### **Stavebně technické průzkumy**

Stavebně technické průzkumy představují komplexní zdroj informací poplatný době svého vzniku. Podrobně popisují nalezené poruchy a to i do hloubky pod povrchem, materiálové vlastnosti stavebních prvků, geometrický tvar konstrukce a další parametry podle zadání. Zpracovatel průzkumu často analyzuje i možné příčiny poruch a jeho dílo je podkladem pro projektanta při zpracování projektu opravy nebo rekonstrukce mostu. Velmi důležitým aspektem kvality stavebně-technického průzkumu je formulace zadání. Na formulaci zadání by se měl podílet i zástupce investora, který po provedení průzkumu musí obdržet jeho výsledky. Odvolávky v projektu na výsledky průzkumu by investorovi neměly stačit.

### **Historie zatížení od návrhového přes mimořádná až po současná provozní**

První zatížení, kterému most odolává, je zatížení v průběhu výstavby. Pro hodnocení je důležité zjistit pořadí, ve kterém zatížení působilo. Např. okamžik odbednění skruže. Podobně je to u oprav, zesilování nebo změnách v užívání mostu. Historie odlehčení a přetížení v průběhu užívání konstrukce je pro hodnocení velmi důležitá.

Historie návrhových zatížení je shodná s historií železnice na našem území. Počátek spadá přibližně do roku 1839, jak uvádí autoři příručky základního semináře [22], a postupně se vyvíjela až do současnosti. Historická návrhová zatěžovací schémata platná pro jednotlivé tratě jsou známa, problém však může nastat při určování kategorie návrhového zatížení, která byla při stavbě mostu uplatněna. Zpravidla byly používány dvě až tři kategorie návrhového zatížení podle významu trati. Údaje o provozním zatížení jsou od roku 1993 evidovány a archivovány správcem infrastruktury v digitální podobě. Lze dohledat frekvence jízdy vlaků, druh hnacích vozidel, hmotnosti na nápravu, počet vagonů apod. Starší listinné údaje od počátku dráhy do první poloviny 20. století nejsou k dispozici. Zvláštní kategorií jsou mimořádné zásilky a zatěžovací zkoušky. Při zatěžovacích zkouškách není dovoleno překračovat návrhové zatížení. Mimořádné zásilky zejména na konci životnosti mostního objektu mohou návrhové zatížení překročit. Dostupné informace o úspěšném překonání mostu nadměrným nákladem, těžším než je návrhové zatížení, by měly jednoznačně poutat pozornost hodnotitele.

### **Dokumentace o realizovaných stavebních počinech**

Údržbové práce a jednoduché opravné práce se mnohdy vůbec nedokumentovaly, neboť jejich provedení nemusel schvalovat žádný nadřízený orgán. Díky tomu se stavební deníky ani jiné listinné dokumenty nevedly. Události zůstávají pouze v hlavách pamětníků. U staveb většího rozsahu se vedla dokumentace v nejnutnějším, ale předepsaném rozsahu. Patří sem opravy, rekonstrukce a sanace. Dokumentace k těmto počínům může obsahovat technologické postupy, výkresy, stavební deníky, zápisy o odstranění vad a nedodělků, certifikáty použitých materiálů. Certifikáty jsou poměrně spolehlivá data o materiálu použitém do konstrukce v době vydání dokumentu. Ne všechny stavební počiny realizované v dobrém úmyslu zlepšit či pouze stabilizovat stavební stav mostu byly úspěšné. Mnohé sanace se staly pouze experimentem a očekávané výsledky nepřinesly. Chybějící dokumentace o neúspěšných experimentech není žádnou výjimkou.

### **Informace o inženýrských sítích a stavbách v okolí mostu, jejich budování a poruchy**

Inženýrské sítě od počátku dráhy překonávaly železniční trať třemi způsoby. Méně často vzduchem, častěji však mostním otvorem a v současnosti téměř výlučně zemním tělesem dráhy. Není pochyb o tom, že porucha sítě, např. vodovodu pod mostem, výrazně ovlivní stavební stav mostu. Stejně tak samotné budování rýhy v mostním otvoru může nepříznivě ovlivnit stavební stav nebo být iniciátorem poruchy. Cenné informace o historii budování inženýrské sítě pod mostem by mohl mít její správce, dále pak místní samospráva, která vydala souhlas s umístěním sítě a nepochybně zástupce investora, který stavbu dozoroval.

Příklady staveb, které v bezprostřední blízkosti ovlivňují mostní objekt jsou: úpravy břehů vodoteče, městská zástavba, zdi navazující na křídla nebo opěry, inženýrské sítě, produktovody, kácení stromů apod. Tyto stavby mohou v průběhu let změnit některé předpoklady použité při návrhu. Změny návrhových předpokladů z důvodu současných i minulých stavebních aktivit blízko mostu je nutno vzít v úvahu při hodnocení.

### **Informace o historii a parametrech přemost'ované překážky**

V průběhu času se měnila konfigurace terénu v okolí mostu a to působením vody nebo člověka. Měnil se i význam a směr cest. To představovalo pro most přetížení, odlehčení nebo změnu směru namáhání. Například odplavení materiálu svahových kuželů nebo nárazy vozidel do klenby, úprava nivelety přemost'ované komunikace, či porušení dopravní značky omezující podjezdnou výšku.

### **Dobové fotografie a další vizuální materiál**

Dobové fotografie se pořizovaly především k zachycení nějaké významné společenské události. Přesto na pozadí skupinky fotografovaných lidí je možné nalézt nějaký důležitý konstrukční detail nebo část technologie výstavby mostu. Mnohé kritické detaily, které byly zakryty při kompletaci konstrukce, se mohou objevit na fotografiích, obrázcích nebo náčrtcích pořízených během výstavby. Dostupné jsou i fotografie pořízené při dohlédací činnosti.

### **Záznamy o nehodách a mimořádných stavech**

Informace týkající se nehodové události v souvislosti s mostem, mohou odhalit slabé místo v konstrukci. Toto místo může být pod vlivem nehodové události stále nestabilní a je mu potřeba věnovat zvýšenou pozornost při hodnocení. Údaje o nehodových událostech budou k dispozici u orgánu, který nehodu vyšetřoval. Zvláštní kategorií jsou povodně. Pro hodnocení základů jsou důležité chronologické údaje o velkých povodních, při kterých došlo k naplavení nebo odplavení či podemletí základů. Data vztahující se k povodňovým jevům mohou být zaznamenána nejen v archívu správce, ale i majiteli okolních staveb ležících podél vodního toku. Mimořádným stavem jsou i projevy sedání. Sedání poklesové kotliny jako projev důlní činnosti je pečlivě zaznamenáván důlní společností. Sedání opěr, pilířů a svahových kuželů mající jinou příčinu, budou zaznamenány ve zprávách z dohlédací činnosti. Stáří mostní konstrukce nemusí být totožné s dobou výstavby spodní stavby. I kamenná klenba nemusí být původní a hodnotitele by mělo zajímat, z jakého důvodu byla vybudována klenba nová.

### **Analýza konstrukce**

Původní statické výpočty a přepočty konstrukcí jsou velmi vzácné. Existující statické výpočty byly prováděny podle v té době platných norem. Byly realizovány buď v souvislosti se stavbou nového mostu, nebo v souvislosti s plánovaným významným stavebním zásahem do konstrukce. Analýza konstrukce za účelem ověření zbytkové životnosti se prakticky neprováděla. Podle novely vyhlášky č. 177/95 Sb. z roku 2003 se musí provádět při změnách provozních nebo stavebně technických podmínek ověřování provozních parametrů staveb, tj. zatížitelnosti a přechodnosti. Správce infrastruktury naplňuje tuto povinnost pomocí počítačového programu Casandra. Výsledky výpočtů jsou však obtížně interpretovatelné.

#### **4.2.5 Předběžné ověření**

Tento postup je aplikován v souladu s normou pro hodnocení existujících konstrukcí ČSN ISO 13822 [27]. Norma hovoří o alternativním postupu hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti. Postup je možné použít jednak při řešení otázky prodloužení životnosti konstrukce, ale také při hodnocení havarijního stavu a

návrhu okamžitých opatření. Hodnotit lze konstrukci jak z hlediska provozuschopnosti, tak z hlediska bezpečnosti. V postupu není významný rozdíl. Ověření probíhá po předchozím studiu dokumentace a provedené prohlídce. V rámci ověření je potřeba analyzovat:

- výsledek podrobné prohlídky,
- chování konstrukce v předchozím období na základě dostupných dat o poškození, přetížení, degradaci, přetvoření nebo kmitání,
- informace o chystaných změnách ve způsobu využívání konstrukce nebo změnách samotné konstrukce,
- další způsob údržby, monitorování a očekávaný proces degradace.

Ve své podstatě se jedná o průzkum zaměřený na sběr dat o minulosti, tj. studium archiválií, aktuálních dat z provedené podrobné prohlídky resp. stavebně technického průzkumu objektu a nakonec stanovení podmínek, za kterých bude konstrukce bezpečná s ohledem na možný vývoj stavebního stavu konstrukce po předpokládanou dobu provozuschopnosti.

### **Prohlídka mostního objektu**

Kvalitní provedení vizuální prohlídky je limitováno přístupností jednotlivých částí konstrukce, zkušenostmi a vzděláním hodnotitele. Hodnotitel vybaven teoretickými znalostmi, zkušenostmi, za pomoci dostupných, mobilních pomůcek a přístrojů se v krátké době potřebuje dostat do klíčových míst mostu a provést základní měření a odběry vzorků. Cílem je nalézt známky poškození, přetvoření, degradace. Ke každé nalezené poruše je nutno pořídit textovou a grafickou dokumentaci a fotografii s přiloženým měřítkem, viz Obr. 4.7. Jsou-li na konstrukci instalovány měřicí body, hodnotitel provede kontrolu jejich funkčnosti a nastavení. Následně zaznamená jejich aktuální hodnotu. V rámci prohlídky je doporučeno zaměřit se také na hledání pravděpodobných příčin vzniku poruch. Skutečnosti zjištěné prohlídkou hodnotitel zapíše do zápisu o provedené prohlídce. Jedná-li se o znalecký posudek připravovaný znalcem v souvislosti s právním úkonem, potom je nutno k prohlídce a odběru vzorků přizvat všechny zainteresované strany.

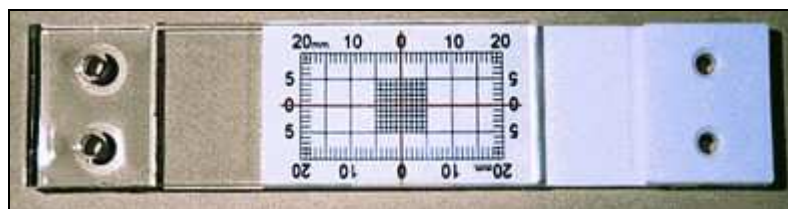
Interpretace výsledku prohlídky je prvním předpokladem pro objektivní hodnocení mostní konstrukce, neboť pouhé detekování a pozorování poruch nevysvětluje samotnou poruchu nebo její příčiny. V případě pochybnosti je nutno v rámci návrhu dalšího postupu doporučit další, ještě podrobnější průzkum.

### **Dlouhodobé měření a sledování**

Většina klenutých mostů má vzhledem k jejich stáří jisté známky poškození, přetížení, degradace i přetvoření. Tyto poruchy se u nich vyskytují po řadu let. Jejich sledováním se zjistilo, že jsou mnohdy stabilní a dále se nerozvíjejí. Nalezené poruchy je proto nutné vždy vztahovat k historickému vývoji stavebního stavu mostu. Nalezenou poruchu hodnotíme v souvislosti s její současnou aktivitou, s ohledem na dobu vzniku a s ohledem na současné provozní zatížení. K tomu je potřebné mít k dispozici data z kvalitně a pravidelně prováděné dohlédací činnosti. Nejistoty vzešlé z dokumentace o dohlédací činnosti ovlivní hodnocení mostního objektu z hlediska spolehlivosti natolik, že hodnotitel raději navrhne z důvodu bezpečnosti okamžitá provozní opatření.



Obr. 4.9: Prohlídka mostního objektu

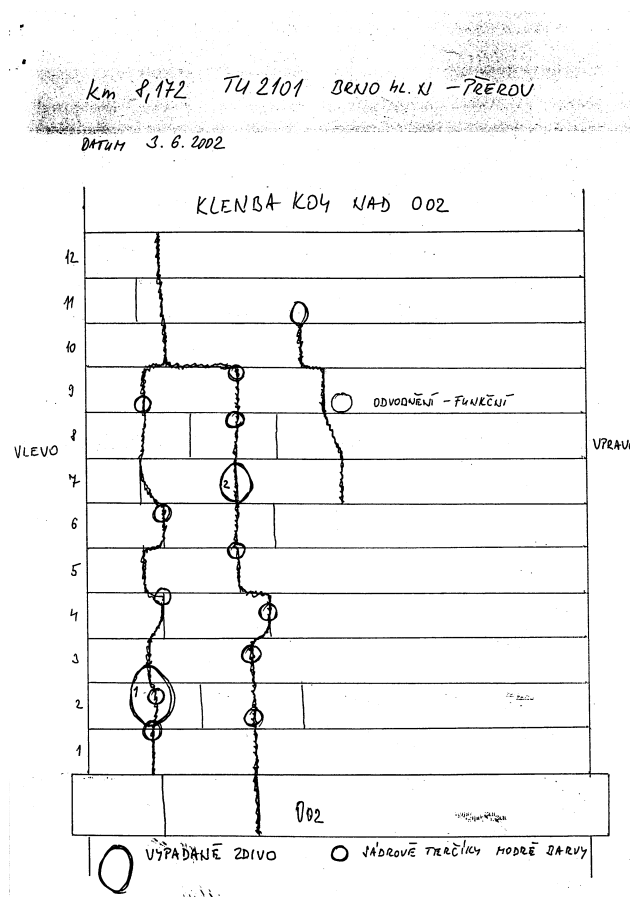


Obr. 4.10: Měření šířky trhliny

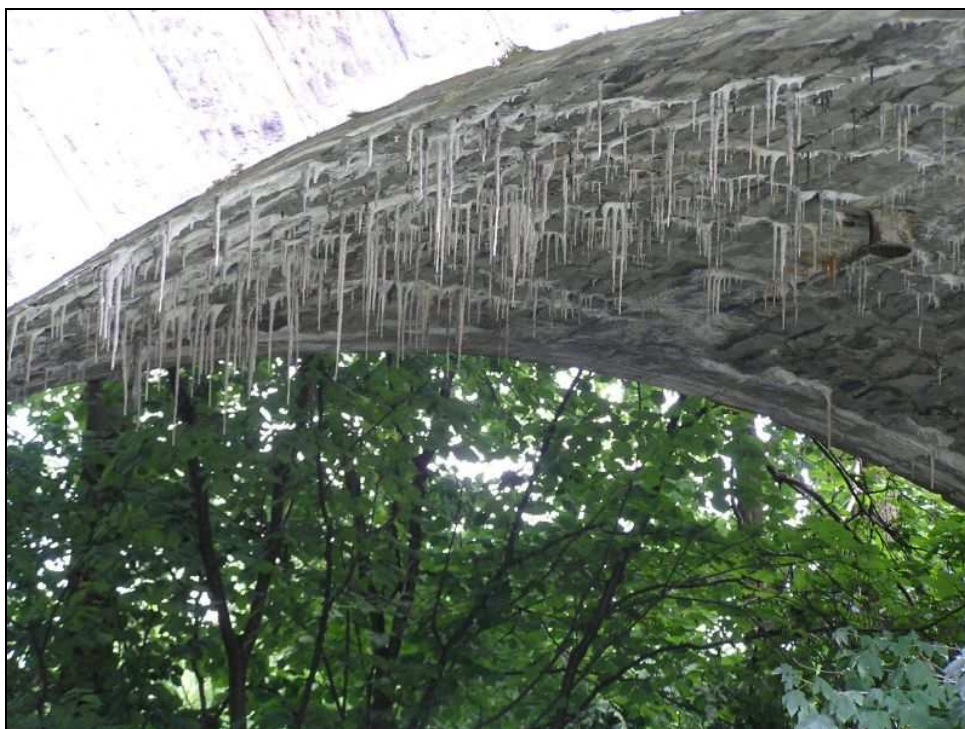
Mezi měřitelná poškození železničních klenutých mostů patří sedání, naklonění, průhyb, šířka a délka trhlin, rozsah degradace a průsaků. Pro kvantifikaci se v praxi používají mechanické, optické a elektrické přístroje. Měření může podle potřeby pokrýt celou konstrukci nebo se sledují jen jednotlivé konstrukční prvky. Měření je prováděno v různých intervalech od jednorázového až po kontinuální. Přístroje i zařízení může instalovat nebo obsluhovat kvalifikovaný specialista spolu s mostním inspektorem, který navrhne počet a polohu měřících bodů a na závěr provede interpretaci výsledků.

Kromě mostního objektu a jeho vlastností je vhodné v rámci dlouhodobého sledování měřit i velikost provozního zatížení. Hodnotitel tak získá představu o tom, do jaké míry proměnné zatížení ovlivňuje deformace mostu.

Princip měření spočívá v osazení pevných měřících značek na konstrukci jako na Obr. 4.10 a jejich zaměření ve vztahu k pevným bodům okolí konstrukce mimo zasaženou lokalitu, u nichž se nepředpokládá žádný pohyb či změny. Při zkoumání trhlin se instalují měřící značky tak, aby orientace měřící základny co nejlépe vystihovala předpokládaný směr pohybu [5].



Obr. 4.11: Grafické schéma poruchy



Obr. 4.12: Průsak vody nosnou konstrukcí

Mnohdy jde o nepatrné, okem nepostřehnutelné výchylky od původní polohy a proto je nutno volit přístroje a metody s vyšší přesností.

Význam měření poškození narůstá s množstvím dat získaných v minulosti a jejich vzájemným srovnáním. Získáme tak průběh chování konstrukce v čase. Jsou-li navíc zaznamenány teploty při měření, lze z výsledků vytvořit časový obraz deformace konstrukce s vlivem teplotních změn. Ze závislosti pohybu konstrukce na čase můžeme vysledovat, zda se jedná o změny vratné nebo trvalé.

Před každým měřením je potřeba provést kalibraci a ověření funkce přístroje, zkontrolovat neporušenost měřicích prvků a zaznamenat klimatické podmínky. Většina diagnostických metod je závislá na momentálních podmínkách, a proto je musíme zohlednit pro správnou interpretaci výsledků. Z pravidelného a systematického měření deformací můžeme předvídat chování konstrukce a tak předcházet nežádoucím stavům. Nevýhodou je nezbytnost přípravy povrchu konstrukce pro osazení měřicích prvků a jejich ochrana před nežádoucím poškozením. Typickým příkladem použití je dlouhodobé sledování trhlin v klenbě mostu a hledání příčiny vzniku této poruchy s ohledem na vhodnou volbu sanace, rekonstrukce či opravy.

Při sledování postupu degradace mostní konstrukce je vhodné při každé prohlídce vytvořit grafické schéma v měřítku (viz Obr. 4.11) nebo pořídit fotografii poškozených míst s přiloženým měřítkem (viz Obr. 4.7) doplněný verbálním popisem zobrazovaného. Takto vedené záznamy je možno porovnávat a sledovat tak vývoj poškození v čase. Verbální popis obsahuje místopis, lokalizaci poruchy s vyjádřením rozsahu plochy, hloubky, klimatických podmínek a pravděpodobné příčiny.

Průsaky se doporučuje sledovat v různých ročních obdobích a po vydatných srážkách. Stopy po průsaku vody je vhodné zakreslit do grafického schématu nebo opatřit fotografií s vypovídající hodnotou (viz Obr. 4.12). Důležité je si uvědomit, že místo pronikání vody konstrukcí se může lišit od místa úkapu vody. Průsak vody konstrukcí se často projevuje s určitým zpožděním oproti době srážek a proto i v suchém období může být konstrukce nasycená vodou.

Výsledkem sledování a měření mostního objektu v dostatečně dlouhém časovém období je zjištění, jaké pohyby v konstrukci probíhaly, které poruchy jsou stabilizované a které jsou aktivní, jaké dlouhodobé zatížení na konstrukci působilo, v které poloze a v jaké intenzitě.

### **Změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího využívání**

Dalším podkladem pro hodnocení je shromáždění dat o budoucím využívání konstrukce. Hodnotitel potřebuje získat co nejvíce informací o tom, zda v posuzovaném časovém horizontu nenastanou změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího využívání. Jde především o významné změny zatížení a účinků prostředí.

Hodnotitel by se měl v první řadě soustředit na výhledové zvyšování nápravových tlaků a rychlosti. Nápravové tlaky souvisejí s nákladní dopravou a traťovou třídou zatížení. Zvyšování traťové rychlosti zase úzce souvisí s modernizací vozového parku pro osobní dopravu. Nositelem informace o plánovaném zvyšování traťových tříd a rychlostí je provozovatel dráhy, který shromažďuje požadavky od provozovatelů drážní dopravy. Změna ve způsobu užívání může mít podobu změny geometrické polohy koleje na mostě, změny polohy osy koleje vůči ose mostu a změny výšky přesypávk. Podstatnou informací je, zda součástí modernizace/rekonstrukce dopravní cesty bude i posuzovaný mostní objekt.

Není-li mostní objekt stavebně přizpůsoben nově nastalé situaci, mohou nastat některé komplikace. Např. přetížení konstrukce dosypaným materiálem kolejového lože, přesypání říms a ohrožení provozu pod mostem, dále trhliny v konstrukci, sedání, naklánění, boulení a další známky přetížení.

Další významnou informací je intenzita dopravy. Změny intenzity dopravy nastávají při technickém zhodnocení tratě formou rekonstrukce, modernizace nebo dočasně, je-li trať použita jako objízdná v souvislosti s výlukou nebo mimořádnou událostí. Změna ve způsobu užívání může mít podobu změny frekvence jízd vlakových souprav bez zvýšení rychlosti a nápravových tlaků. V takovém případě je mostní objekt vystaven většímu počtu zatěžovacích cyklů a jeho životnost může být zkrácena jako na Obr. 4.13.



*Obr. 4.13: Porucha mostního objektu v důsledku nárůstu intenzity dopravy*

Hodnotitel by měl zohlednit i okolí mostního objektu. Především zmapovat důlní a stavební činnost, chráněná ložisková území, seizmické území či prognózní zdroje a průzkumná území. Je třeba posoudit dlouhodobý vliv uvedených činností na mostní objekt, obzvlášť je-li prokazatelný. Chování stavebních objektů v poklesové kotlině je specifické a zkušený hodnotitel zná nebezpečí, která hrozí klenutým objektům v nestabilním podloží, kde nelze zajistit dostatečnou tuhost podpěr.

Mezi další okolní vlivy, které na mostní objekt působí, patří znečištěné ovzduší v průmyslových oblastech a aglomeracích. Souvislost mezi polutanty v atmosféře a zhoršeným stavem stavebních objektů je prokázáný.

Hodnotitel se také bude informovat o plánovaných změnách v přemostované překážce. Jde o plánované změny nivelety přemostované komunikace, změny režimu vodního toku, elektrifikace, změna intenzity silniční dopravy, územní plán apod.

Při zjištění porušené malty ve spárách, vypadaného zdiva, nedostatků v GPK, přítomnosti kolejového styku na mostě a dalších vad lze ve výhledu počítat s tím, že pokud nedojde k jejich opravě, negativní účinky na konstrukci se budou zvětšovat.

Mimořádné zatěžovací stavy konstrukce, se kterými při hodnocení nelze počítat, ale které se přesto vyskytují, jsou mimořádné zásilky po železnici, havarijní stavy, požár, náraz, povodeň, vykácení vzrostlé zeleně v bezprostředním okolí základů, přetížení nebo odlehčení základové půdy při stavební činnosti v okolí mostu, upevnění velkoplošné reklamy na římsu apod.

Na základě známých výsledků pozorování dílčích procesů degradace, z obecných poznatků v oblasti stavební mechaniky, chemie a dalších souvisejících oborů lze vytvářet hypotézy a modely o budoucím chování konstrukce. Predikovat změny v konstrukci a ve způsobu jejího využívání lze jen do takové míry, kterou nám dovolí spolehlivost dat, ze kterých při hodnocení vycházíme. Obecně však platí zásada, že významná změna ve způsobu užívání konstrukce, která nastane až po hodnocení, ruší platnost posudku hodnotitele a jeho doporučení.

### Očekávaný proces degradace a plán údržby

Degradaci lze rozdělit např. podle stavebních prvků, které postihuje. Jsou to zdicí prvky, zdicí malta a konstrukce jako celek. Degradace (koroze) zdicích prvků a zdicí malty je přirozený proces vedoucí k postupnému rozpadu hmoty na menší části. Podle působících činitelů rozlišujeme degradaci fyzikální (silovou), chemickou, a biologickou [45]. Degradaci konstrukce jako celku vystihuje souhrn všech poruch, které se navzájem ovlivňují a mají tendenci rozdělit mostní objekt na menší části podobně jako koroze. Dělení probíhá prostřednictvím trhlin. Abychom dokázali vyjádřit, jaký proces degradace lze očekávat, je nutno nalézt v konstrukci nejslabší místa a zmapovat mechanismus, kterým degradace konstrukci devastuje. Nejslabším místem klenby po konstrukční stránce je tuhost jejich opěr a u zdiva je nejslabším článkem pojivo – malta.



Obr. 4.14: Diagonální trhliny v klenbě – pohled z rubové strany

Opěry zabezpečují stabilitu klenby v podélném směru. V příčném směru takové prvky nejsou, a tudíž většina poruch bude mít tendenci se projevovat ve směru

nejmenšího odporu. Důkazem toho je boulení nebo vysouvání čelních zdí (viz Obr. 4.6 a Obr. 4.7) a převažující podélné trhliny. Dojde-li k pohybu opěr vznikají typické diagonální trhliny (viz Obr. 4.14), nebo příčné trhliny (viz Obr. 4.4).

Pevnost malty závisí na jejím složení a tahové pevnosti, tedy soudržnosti se zdicími prvky. Z hlediska funkce se malta jako pružný prvek podílí na přenosu zatížení mezi jednotlivými zdicími prvky. Musí odolávat zatěžovacím cyklům i chemickým účinkům prostředí. Přitom její životnost je kratší než životnost ostatních prvků konstrukce. Vyčerpání životnosti malty se nejčastěji projevuje vypadáváním zdicích prvků.

Proces degradace je proces neustálý a probíhá u všech stavebních konstrukcí vystavených působení vnějších vlivů. Degradace je prokazatelně urychlována výskytem poruch, které obnažují prvky konstrukce dosud chráněné kompaktností povrchu. Chemická koroze se stává rozhodujícím činitelem degradace v okamžiku, kdy je porušena kompaktnost povrchu a srážková voda začne pronikat dovnitř konstrukce. Postup degradace se tak výrazně zrychlí.

Odolnost zdiva vůči působení srážkové vody je různá a závisí nejen na materiálových vlastnostech zdicích prvků, ale i na chemickém složení působící vody. Z toho plyne, že pozornost hodnotitele by se měla zaměřit i na stavební stav konstrukčních prvků bránících pronikání vody do konstrukce. Jedná se o stav izolace proti vodě, odvodňovací potrubí, odláždění, odvodňovací žlaby, vyspádování povrchů apod. Pozornost je potřeba věnovat i typickým projevům nasycení konstrukce vodou, jako je stálá vlhkost i v období sucha, stav vegetace a účinnost údržby.

Výsledkem zkoumání procesu degradace je prognóza o možném vývoji a následcích za předpokladu, že nebude v posuzovaném časovém úseku prováděna oprava či rekonstrukce. Stav posuzované konstrukce lze z hlediska degradace hodnotit kvantitativně. Velikost poškozené plochy, šířka trhlin, velikost přetvoření, zasažená hloubka, přírůstek za určitý časový úsek, typické místo výskytu. Hodnotitel ve svém posudku může stanovit kritickou hodnotu poškození, při jejímž překročení může být ohrožena bezpečnost konstrukce.

Očekávaný proces degradace lze kvalifikovaně odhadnout na základě vyhodnocení výsledků předchozích diagnostických zkoumání, tj. z výsledků pravidelných prohlídek, účelově provedených stavebně technických průzkumů a s přihlédnutím k aktuálnímu stavebnímu stavu. V souvislosti s očekávaným vývojem degradace se dá hovořit i o zbytkové životnosti mostního objektu. Ta musí být vždy posuzována individuálně na základě vývoje jednotlivých poruch a tendencí vedoucích ke zhoršování stavebního stavu celého objektu. Při posuzování je nutno přihlédnout ke kvalitě provedení mostního objektu, kvalitě použitých stavebních materiálů, zatížení, klimatickým podmínkám a v neposlední řadě i k jeho údržbě.

#### 4.2.6 Rozhodnutí o okamžitých opatřeních

Most v průběhu užívání může dosáhnout havarijního stavu dvojím způsobem. Náhle a postupně. Havarijní stav je ve své podstatě druhem stavebního stavu mostu. O stavebním stavu mostu musí být správce pravidelně informován nebo se o stavebním stavu osobně přesvědčit v rámci povinné dohlédací činnosti. Dozví-li se správce, že most v jeho správě se nachází v havarijním stavu, je povinen rozhodnout o okamžitých opatřeních. Za havarijní stav mostu lze považovat:

- takový stavební stav mostu, který je neslučitelný s bezpečným provozováním dopravy (např. chybějící část konstrukce),
- existence nejistot o únosnosti klíčové konstrukční části nebo celé konstrukce (např. nedostatek informací o mostu),
- dobu trvání extrémního zatěžovacího stavu (např. povodeň),
- nebezpečí ohrožující most zvnějšku (např. teroristický útok).

### **Havarijní stav vznikl náhle**

Mezi náhlé a tudíž téměř nevyzpytatelné události, které uvedou most do havarijního stavu, patří náraz, požár, výbuch, sesuv půdy, povodeň, zemětřesení. Změna je často tak rychlá, že ani nelze provést prohlídku tzv. „těsně před“. Správce v takovém případě neprodleně rozhodne o opatření, kterým je bezesporu zastavení dopravy. Jedná se tedy o opatření provozní, po jejichž zavedení následuje řešení náhradní dopravy a svolání kontrolní prohlídky. Vzhledem k naléhavosti situace a vysokým nákladům na náhradní dopravu je nutno v relativně krátkém čase rozhodnout o podmínkách obnovy provozu nejprve provizorně a posléze trvale s opraveným nebo novým mostem. Zde přichází na řadu hodnotitel, aby rozhodl, zda je nebo není možné dále využívat stávající most alespoň provizorně. Musí tedy odpovědět na otázku, jaké konstrukční opatření povede k uvedení mostu do stavu dočasné provozní způsobilosti případně jaká opatření je nutno učinit k uvedení do původního stavu nebo zda je výhodnější postavit most nový.

### **Havarijní stav vznikl postupně**

Tato situace by teoreticky neměla nikdy nastat. V praxi však v mimořádných případech nastává a to díky zanedbané dohlédací činnosti a následně neprováděné údržbě. Dosáhl-li most havarijního stavu postupně, pak není efektivní uzavřít most a čekat na výpočet zbytkové životnosti. Ani se to v praxi nedělá. Okamžitá opatření jsou konstrukčního charakteru a mají podobu dočasného řešení po předpokládanou dobu použitelnosti do provedení definitivního řešení. Metoda hodnocení musí být rychlá a na straně bezpečné. Taková metoda bude založena na porovnání výsledků z nařízené kontrolní prohlídky s výsledky dlouhodobého sledování a jejich odborné interpretaci. Předpokladem pro použití této metody je, že byla řádně prováděna dohlédací činnost (princip prevence) a tudíž nemůže dojít k projevu dosud skryté poruchy. V podstatě se jedná o bezprostřední odborný odhad spolehlivosti. Následky a tomu odpovídající okamžitá opatření jsou vedeny v tab. 4.4.

Odstranění příčiny bude mít dlouhodobý účinek, ale projeví se zpravidla až po provedení zásadního stavebního počínu. Jelikož je potřeba jednat okamžitě, bude okamžité opatření řešit především následek a tím je zajištění provozuschopnosti mostu po předem stanovenou dobu.

Doporučený postup je následující:

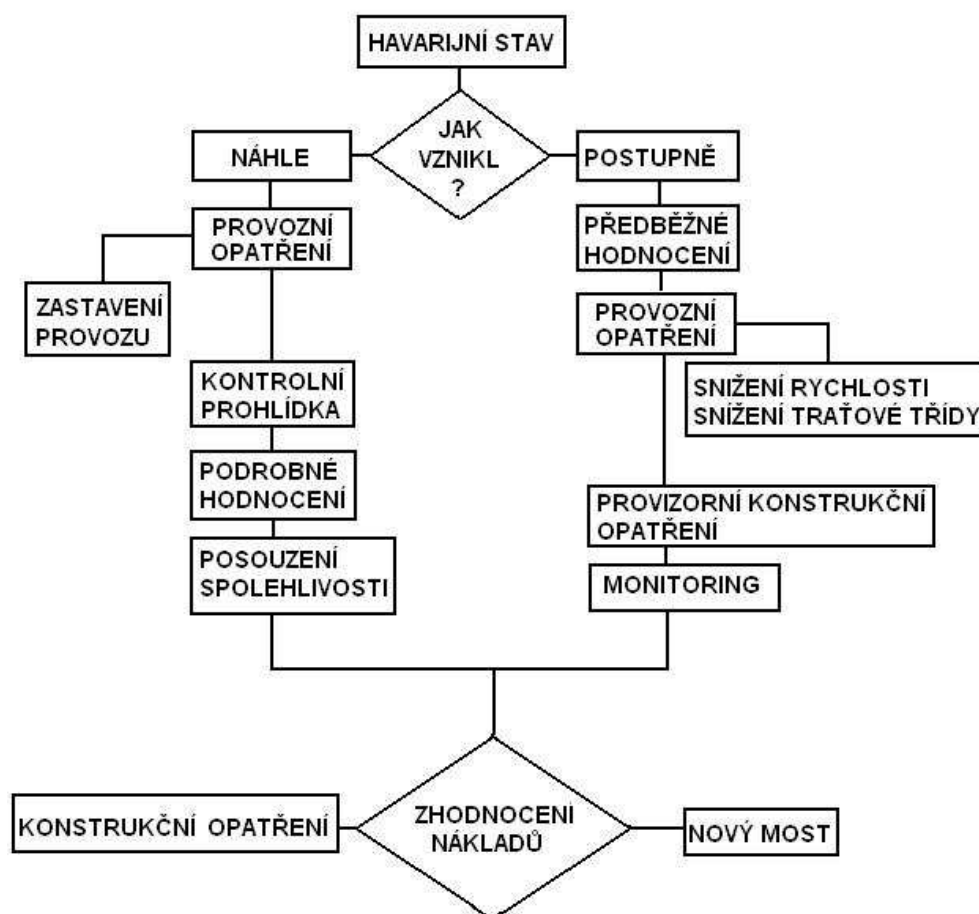
- Vykonání předběžné prohlídky za účelem zjištění závažnosti situace a shromáždění veškerých dostupných informací a dokumentů o mostě.
- Rozhodnutí o provozních opatřeních, tj. omezení traťové třídy zatížení a traťové rychlosti.
- Rozhodnutí o odstranění následku, tj. realizace provizorních konstrukčních opatření a rozhodnutí o dalším postupu.

- Monitoring.
- Podrobné hodnocení.
- Posouzení spolehlivosti.
- Ekonomické hodnocení variant a rozhodnutí o dalším využívání mostu.

**Tab. 4.4: Přehled následků a opatření**

| Následek                               | Opatření                                |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| pohyb konstrukce ve vertikálním směru  | vyztužení klenby skruží                 |
| pohyb konstrukce v horizontálním směru | stažení konstrukce táhlem               |
| boulení, naklánění, vysouvání zdiva    | podepření zdiva proti směru jeho pohybu |
| vypadávání zdiva                       | podepření mostu výztužnou konstrukcí    |

Obr. 4.15 až 4.18 demonstrují příklady provizorních konstrukčních opatření. Po dobu omezené provozuschopnosti je nutno sledovat nejen samotný mostní objekt, ale i výztužnou provizorní konstrukci. Tato konstrukce přenáší část zatížení a musí být předimenzována. Možné podpůrné konstrukce jsou: univerzální ocelové příhradové podpěry železničních mostů, podskržení, stříkaný beton, táhla, vzpěry, zemní kotvy, mostní provizoria.



*Schéma č.5 Rozhodovací schéma*



*Obr. 4.15: Klenba stažená táhly*



*Obr. 4.16: Klenba vyztužená skruží*



*Obr. 4.17: Přemostění neúnosné klenby mostním provizoriem*



*Obr. 4.18: Zajištění líce klenby stříkaným betonem*

#### **4.2.7 Doporučení pro další postup**

Následující doporučení vycházejí ze zadání, tj. účelu hodnocení a z možných scénářů chování konstrukce. Hodnotiteli může být zadána otázka týkající se stanovení příčin současného stavu, otázka směřující na možnosti odstranění následku nebo otázka na návrh odstranění příčiny.

### **Činnosti v průběhu omezené použitelnosti**

Činnosti probíhají in-situ a in-labo a zahrnují monitoring, údržbu, průzkum, prohlídky, zkoušky i zkoumání dostupné dokumentace. Za účelem vyloučení nebo omezení dalšího zhoršování stavu je možno přistoupit k zakrytí konstrukce, vyloučení provozu pod mostem apod. Na místě se zpravidla provádí sběr dat o konstrukci formou podrobného průzkumu. Data je potřebné co nejdříve vyhodnotit v laboratoři a s jejich pomocí provést výpočet zatížitelnosti. Zatížitelnost stanovuje statik jak pro stávající konstrukci, tak pro konstrukci upravenou, kde zohlední vliv navrhovaných definitivních konstrukčních opatření.

### **Podrobné hodnocení**

Podrobné hodnocení provede hodnotitel/znalec dle postupu v normě ČSN ISO 13822 [27]. Není-li schopen sám provést posouzení spolehlivosti, požádá o spolupráci další odborníky. Výsledkem je ověření, koncepční návrh konstrukčních opatření a řízení rizik.

### **Provizorní konstrukční opatření**

Provizorní stavební konstrukce musí být předimenzována, neboť částečně nebo zcela přebírá zatížení dosud přenášené samotným mostem. Toto opatření je dočasné a smí se použít za přesně stanovených podmínek.

### **Monitoring**

Monitoring představuje kontinuální sledování celého mostního objektu nebo jen těch jeho prvků, které jsou nejdůležitější ze stavebního a spolehlivostního hlediska. Mostní inženýr předepíše místa sledování a interval vyhodnocování výsledků z měřených míst. Dále předepíše, podle jakých kritérií se bude vyhodnocovat a jaké kroky je nutno podniknout v případě hrozícího nebezpečí.

K posouzení reálného stavebního stavu lze využít i běžný provoz na mostě. Pomocí zabudovaných senzorů lze měřit tvarové deformace mostu a porovnávat je s teoreticky vypočítanými deformacemi. Existuje-li úzký vztah mezi naměřenými a vypočítanými hodnotami, můžeme se pokusit výsledky interpretovat. Hodnotitel tak může dojít k závěru, že vliv nahodilého zatížení od dopravy na stav mostu je nepatrný, zatímco vliv působení přírodního prostředí je rozhodující. U klenutých mostů zůstává problémem volba správného výpočtového modelu pro stanovení teoretických deformací.

Součástí monitoringu je i měření šířky trhlin, viz Obr. 4.10. Ze znalosti chování klenutého mostu pod zatížením je nutno vyvodit závěr, že trhliny u tohoto typu konstrukce jsou zcela přirozené. Klenba, ač je složena z tuhých prvků, se deformuje v závislosti na působení zatížení, viz Obr. 4.19. Po odeznění zatížení se klenba vrací do původního tvaru. Veškeré pohyby tak probíhají ve spárách mezi jednotlivými klenáky. I přes tuto teorii nelze na klenbu pohlížet jako na pružný klenutý nosník, což potvrzuje Harvey ve své studii [12] nebo závěry projektu Sustainable bridges [16]. Stejně tak nelze měřit kritické šířky trhlin jako je tomu u betonových konstrukcí. Mnohem větší význam má měření celkové geometrie tvaru klenby, které odhalí vznik kloubového mechanismu už při nepatrných šířkách trhlin. Navíc u konstrukcí s vypadaným spárováním nelze měřit šířky trhlin, ale pouze rozevírání spár.

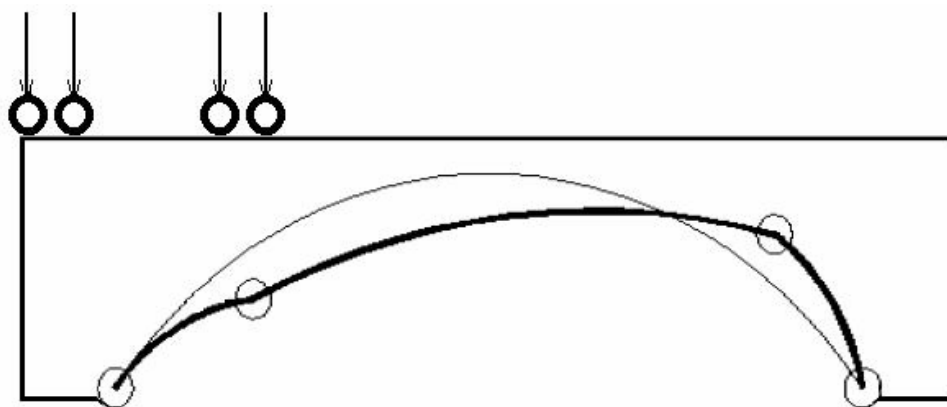
Přes všechny výhody zůstává stálý dohled nad stavem mostu velmi nákladný, a proto je vhodné přistoupit co nejdříve ke stavebnímu počínu.

### Podrobný průzkum

Podrobný průzkum se musí zaměřit na zjištění materiálových vlastností zdiva na co nejvíce charakteristických místech. Cílem je eliminovat nejistoty o materiálu za rubem viditelných konstrukcí. V rámci průzkumu se také podrobně zkoumá křivost klenutého oblouku a jeho odchylky od projektovaného nebo dříve měřeného tvaru. Ověřuje se tloušťka klenby a čelních zdí, mocnost a hloubka založení opěr. Provede se pasport poruch, tedy přesná lokalizace nedokonalostí konstrukce tak, aby bylo možné je zohlednit ve výpočtu zatížitelnosti. Získané údaje o mostě je nutno konfrontovat s údaji v dokumentaci. Výsledek tohoto průzkumu je pro další exploataci mostu zásadní.

### Analýza konstrukce

Ve fázi podrobného průzkumu je již zpravidla rozhodnuto o ponechání nebo odstranění posuzovaného mostu bez ohledu na výsledek výpočtu spolehlivosti/zatížitelnosti. Je velkou neznámou, zda výpočet spolehlivosti při současném stupni poznání dokáže odhalit skryté rezervy v únosnosti klenuté konstrukce postižené řadou vad a poruch, tak aby správce efektivně investoval finanční prostředky určené na modernizaci mostů. Je nutno najít spolehlivý způsob ověření únosnosti konstrukce klenutého mostu, který poskytne správci právní jistotu po dobu dočasné provozuschopnosti do provedení definitivního řešení. Jedna z možností je použití předdimenzovaných konstrukčních opatření a druhá možnost je analýza konstrukce, výpočet spolehlivosti a zbytkové životnosti. Do teoretických výpočtů vstupuje stále mnoho nejistot, kterými jsou především skryté detaily, rozdělení zatížení, interakce mezi klenáky, interakce mezi jednotlivými oblouky kleneb, nelineární chování, vliv poškození a interakce mezi klenbou a přesypávkou. V souboji teoretický výpočet proti konkrétnímu činu v praxi zatím vítězí konzervativní přístup v podobě konstrukčních opatření.



Obr. 4.19: Deformace klenby pod zatížením

## Příčiny poruch a způsoby jejich odstranění

Na celkovém stavu mostu se podílejí dva vzájemně se ovlivňující faktory. Materiálové vlastnosti a zatížení. Vlastnosti materiálů se vlivem degradace zhoršují a tím hůře odolávají silám, které na konstrukci působí. Ve většině případů je iniciátorem procesu degradace nedostatečná nebo neexistující vodotěsná izolace doprovázená nepříznivými klimatickými podmínkami jako jsou mrazové cykly. Izolace proti vodě byla na mostech prováděna podle úrovně znalostí dostupných v době výstavby, tj. před více jak 100 lety, a její životnost již byla překročena. Stručný přehled základních poruch klenutých mostů a jejich možných příčin a analýza rizik je uvedena v tabulce 4.5. Bez důkladného průzkumu mostního objektu, jeho historie a jeho okolí se nelze zodpovědně vyjádřit o příčině poruchy. Podrobněji je o příčinách poruch pojednáno ve výstupech pracovních skupin projektu Sustainable bridges [14], [17], ve studii zpracované provozovatelem celostátní dráhy [20], [45] nebo v katalogu závad mostních objektů pozemních komunikací [23].

**Tab. 4.5: Přehled základních poruch klenutých mostů a jejich možných příčin**

| Popis poruchy                                          | Možné příčiny                                                                                                                                          | odstranitelnost | řešení                                                                                          | ekonomické zhodnocení                                              | rizika                                                                             |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Degradace zdicích prvků vč. malty                      | nedostatečná nebo neexistující vodotěsná izolace, nízká odolnost proti mrazovým cyklům, nízká kvalita použitého stavebního materiálu, přetížení klenby | neodstranitelné | obnova vodotěsné izolace na rubu klenby, ochranný náštřík na líci                               | značné náklady                                                     | nedostatečnou pevnost samotných zdicích prvků nelze zvýšit                         |
| Vypadávání zdicích prvků vč. malty                     | nerovnoměrné sedání, podemletí, zatěžovací a/nebo mrazové cykly, náraz dopr. prostředku                                                                | odstranitelné   | přezdění                                                                                        | minimální náklady                                                  | bez obnovy vodotěsné izolace neúčelné                                              |
| Trhliny v pilířích, křídlech, klenbě, příčné i podélné | lokální nerovnoměrné sedání, cyklické zatěžování, kolej v oblouku, přetížení konstrukce, nevhodná vazba stavebních prvků                               | neodstranitelné | podélné trhliny – stažení táhly, vložení výztuž<br>příčné trhliny – vložení podpůrné konstrukce | podélné trhliny – vyšší náklady<br>příčné trhliny – značné náklady | podcenění vzniku X-klobového mechanismu                                            |
| Prorůstání vegetací                                    | přírodní vlivy, nedostatečná údržba                                                                                                                    | odstranitelné   | obnova spárování                                                                                | minimální náklady                                                  | bez obnovy vodotěsné izolace neúčelné                                              |
| Boulení a naklání zdi                                  | tlak přesypávky, přetížení, degradace pojiva, pracovní činnost v blízkosti mostu                                                                       | odstranitelné   | stažení táhly, zapření ve vodorovném směru, vložení výztuž, zemní kotvy, přezdění               | vyšší náklady                                                      | zhoršení estetického vzhledu, nevhodné použití kotev                               |
| Nerovnoměrné sedání                                    | podemletí, přetížení, stavební činnost v okolí mostu, nedostatečná únosnost základové spáry, změna vodního režimu v okolí mostu                        | neodstranitelné | injektáž podloží, zatěžovací lavice, vodní bariéry                                              | značné náklady                                                     | rozsah zóny postižené sedáním může být větší, než se podaří stabilizovat injektáží |
| Průsaky                                                | nedostatečná nebo neexistující vodotěsná izolace                                                                                                       | odstranitelné   | injektáž z líce, obnova z rubu klenby                                                           | značné náklady                                                     | nespolehlivá injektáž z líce klenby                                                |

Řada poruch vzniklých jako důsledek nějakého nedostatku je v podstatě neodstranitelná, jak vyplývá z tabulky 4.5. Pro zachování bezpečnosti a provozuschopnosti je provozovatel dráhy nucen řešit otázku zmírnění následků poruchy nebo odstranění její příčiny stavebním počinem. Stavební počiny realizované na mostech lze popsat jako opravy, rekonstrukce, obnovy a modernizace [27]. Při rozhodování hraje téměř ve všech případech klíčovou roli ekonomické zhodnocení

stavebního počinu. To představuje vážné riziko, že bude zvolena nejlevnější varianta na úkor optimálního technického řešení. Studie o chybách již realizovaných sanací [20] tuto skutečnost potvrzuje. Klenuté mosty nemusí být vždy postiženy jen poruchami, ale také nevhodným stavebním počinem navrženým a realizovaným pro jejich záchranu. Další riziko vzniká činností technického dozoru investora, který není dostatečně motivovaný, aby dbal na dodržování technologické kázně. Náklady na odstranění chyb vzniklých v průběhu realizace stavebního počinu jsou mnohonásobně vyšší než prostředky, které se ušetřily volbou úsporné varianty. Následující tabulka 4.6 shrnuje možná rizika spojená se stavebními počiny existujících klenutých mostů.

**Tab. 4.6: Přehled stavebních činností a souvisejících rizik**

| stavební činnost              | stručný popis                                                                                                                                                                                                                           | možná rizika                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Přezdění zdiva                | S pomocí původních i nově dodaných zdicích prvků a nové malty je vyzděna poškozená část zdiva                                                                                                                                           | nedostatečná nebo neexistující vodotěsná izolace poškodí i přezděnou část zdiva, nová malta je nekompatibilní s původními zdicemi prvky, rozdílné mechanické vlastnosti nové a původní části zdiva vedou ke vzniku nových poruch |
| Obnova spárování              | Spáry mezi zdicemi prvky jsou očištěny a vyplněny maltou                                                                                                                                                                                | nedojde k vyplnění dutin za rubem zdiva, nové spárování zakryje viditelné poruchy (trhliny) ale neodstraní je, použití nevhodného složení malty                                                                                  |
| Chemická injektáž z líce      | Použití metody předchází přezdění a přespárování zdiva. Následuje vyvrtání otvorů pro injektáž ve stanoveném rastru a osazení pakrů. Nakonec probíhá vtlačování chemické směsi pod stanoveným tlakem. Postupuje se od zdola nahoru.     | chybné očekávání, že plně nahradí poškozenou vodotěsnou izolaci, řídký rastr vrtů, boulení zdiva od nadměrných tlaků                                                                                                             |
| Sepnutí zdiva v příčném směru | Spojení protilehlých stěn táhly a roznos zatížení do stěny pomocí roznášecí desky. Táhla mohou být vedena po povrchu nebo vnitřkem konstrukce. Táhla jsou buď aktivní (předepnuta) nebo pasivní – zaktivuje je pohybující se konstrukce | ovlivní pouze malou část v okolí roznášecí desky, koroze materiálu táhel, dimenzování táhel bez předchozího diagnostického průzkumu, neaktivní táhlo nepodpírá žádné zdivo                                                       |
| Zemní kotvy                   | Vyvrtání vrtu do neporušené části mostu nebo jeho okolí. Do vrtu se vloží tyčová kotva s kořenem na konci a hlavici na začátku umožňující její předepnutí.                                                                              | neaktivní kotva nepodpírá žádné zdivo, koroze materiálu kotvy, dimenzování kotev bez předchozího diagnostického průzkumu, rozdrčení zdiva pod roznášecí deskou                                                                   |
| Stříkané malty a betony       | Po očištění původního zdiva následuje vložení a kotvení výztuže. Samotné stříkání směsi je prováděno mokřím nebo suchým způsobem. Typ a účel použití závisí na velikosti zrn kameniva a konečné tloušťce stříkaného materiálu           | zakrytí původního zdiva znemožní sledování aktivních dosud neodstraněných poruch, vlivem nedostatečné nebo neexistující vodotěsné izolace dojde k poškození stříkaného betonu nebo malty a hromadění vody za rubem               |
| Volně vkládaná výztuž         | Do předem vyřezaných drážek nebo do spár mezi zdicemi prvky se vloží dodatečná výztuž. Spára s výztuží se zaplní tmelem.                                                                                                                | nedoložení zvýšení spolehlivosti použitou metodou, návrhy bez analýzy konstrukce, sporná aplikace u zdiva s nízkou pevností                                                                                                      |
| Cementová injektáž            | Použití metody předchází přezdění a přespárování zdiva. Následuje vyvrtání otvorů pro injektáž ve stanoveném rastru a osazení pakrů. Nakonec probíhá vtlačování cementové směsi pod stanoveným tlakem. Postupuje se od zdola nahoru.    | příliš vysoký injektážní tlak poškodí konstrukci, nesprávné pořadí injektáže, řídký rastr vrtů, nedostatečný průzkum pro stanovení injektážních tlaků                                                                            |

Další rizika mající vliv na spolehlivost mostního objektu jsou neexistující dokumentace k provedeným stavebním počínům, neprovádění stavebně technických průzkumů před realizací, nedostatečná kontrola kvality prací ze strany investora, nesprávná volba technologie nebo materiálu. Obecně se dá říci, že podceněné riziko v průběhu přípravy a realizace vede ke vzniku vad. Po uvedení do provozu jsou neodstraněné vady považovány za zárodky poruch [45].

## Experiment

V rámci nejrozličnějších projektů a výzkumných úkolů je po světě každoročně vykonáno mnoho experimentů na mostech, klenby nevyjímaje [16]. Převážně se jedná o dvojí zkoumání. Jednak laboratorní zatěžování klenby až do úplného zničení, kdy v průběhu zatěžování experimentátoři sledují deformace a další veličiny pro ověření matematických modelů výpočtu spolehlivosti kleneb. Druhý způsob probíhá na provozovaných mostech, kde jsou měřeny deformace při průjezdu vlaku a odezva konstrukce na uměle vyvolaný impuls.

Následující experiment sleduje jiný cíl. Jelikož toho o chování kleneb víme tak málo [12] a poznatky získáváme pouze ze zkušenosti a pozorováním, navrhuji zkoumat právě ono chování v řízeném procesu zatěžování. Experimentální klenba bude vyrobena z geometricky přesných klenáků vyskládaných bez použití malty do tvaru klenby. Na styku klenáků budou senzory snímající tlak, smyk a deformace. Ke klenbě se dozdí i čelní zdi a celý objekt se přesype zeminou – přesypávkou.

V rámci experimentu budou simulovány následující podmínky:

- přesypávka do výšky kolejového lože, tj. 0,5 m,
- přesypávka nad 2,0 m.

Přes klenby bude přejíždět pohyblivé zatížení definované hmotností a rychlostí. Na snímačích bude odečítán tlak smyk a deformace. V druhé části experimentu navrhuji vybrané klenáky nahradit kusy o zmenšených průřezích a simulovat tak vypadávání zdiva.

Cílem experimentu je prokázat roznos zatížení po konstrukci při různých výškách přesypávky a přerozdělení napětí v místech oslabení. Simulací poruchy můžeme získat cenná data pro výpočet spolehlivosti a lépe tak interpretovat výsledky u klenby postižené poruchami.

Očekávané výsledky:

- Prokáže se významný vliv výšky přesypávky na výsledné napětí mezi jednotlivými klenáky.
- Prokáže se příznivý vliv předpětí klenutého oblouku na odolnost vůči pohyblivému zatížení.
- Prokáže se přerozdělení napětí do neporušených částí klenby při simulaci poruchy.
- Výsledky je možno sestavit do tabulky sloužící pro odhad zatížitelnosti vybraných klenutých mostů omezený typem poruch, přesypávkou a rozpětím.

Experiment reaguje na skutečnost, kdy neporozumění chování klenutých konstrukcí vede k neuváženým rozhodnutím o nahrazení konstrukce jiným, lépe popsatelným typem. Zkušenosti z demolice klenutých mostů však ukazují, že únosnost těchto konstrukcí je daleko větší, než se předpokládalo [40]. Dalším cílem experimentu je přesvědčit stavitele, že zděná klenba jako typ stavební konstrukce není mrtvá. Znalost chování tohoto typu nosné konstrukce může pomoci přizpůsobit klenby pro běžné používání a řízené udržování. Opravy je možno cíleně přizpůsobit účelu mostu a očekávané době životnosti konstrukce a vyhnout se tak neopravitelným poruchám.

### 4.3 Náležitosti posudku

Náležitosti znaleckého posudku podávaného v souvislosti s právním úkonem jsou upraveny vyhláškou č. 37/1967 Sb., v platném znění a musí být striktně dodrženy. Skladbu znaleckého posudku lze přiměřeně použít pro odborný posudek v rámci expertizní činnosti, nebo pro samotné hodnocení stavebního stavu mostu. Pro experimentální hodnocení stavebního stavu vybraných mostních objektů v celostátní železniční síti bylo použito následující schéma odborného posudku:

#### Titulní strana

Titulní strana obsahuje:

- kdo posudek vypracoval, adresa, postavení vzhledem k zadání posudku
- kdo a kdy posudek vyžádal a za jakým účelem
- zvláštní požadavky objednatele
- počet listů, příloh, a počet vyhotovení posudku
- datum a místo vypracování

### 1. Úvod

#### 1.1 Předmět hodnocení

Uvede se název mostního objektu v souladu s dokumentací, příp. v souladu s vyšetřovacím spisem.

#### 1.2 Lokalizace objektu

Uvede se poloha objektu ve vztahu k okolí

#### 1.3 Vymezení úkolu

Uvedou se otázky, na které má hodnotitel odpovědět

### 2. Nález

#### 2.1 Podklady

Uvede se přehled všech dokladů použitých pro hodnocení.

#### 2.2 Stručný popis konstrukce mostu

Uvede se popis konstrukce, zejména popis detailů, jež jsou předmětem hodnocení.

#### 2.3 Skutečnosti zjištěné při místním šetření na objektu

Uvedou se všechny nalezené skutečnosti, které mají přímou souvislost s předmětem hodnocení a dále postupy odběru vzorků a postupy zkoušek.

#### 2.4 Skutečnosti vyplývající z podkladů

Podrobně se analyzují jednotlivé podklady, odcitují se rozhodující údaje pro hodnocení.

### 3. Posudek

#### 3.1 Poškození, přetížení, degradace a přetvoření zjištěná prohlídkou

Analyzují se všechny zjištěné poruchy a poškození, jejich stáří, vývoj, příčiny.

#### 3.2 Vyhodnocení změn stavebního stavu konstrukce za sledované období

Analyzují se všechny zjištěné změny stavebního stavu.

#### 3.3 Vyhodnocení změn v konstrukci a ve způsobu užívání za sledované období

Analyzuje se vliv konstrukčních změn na stavební stav mostu.

### 3.4 Očekávaný proces degradace

Popíše se předpokládaný průběh degradace za předpokladu, že nedojde ke stavebnímu zásahu.

Ke každému bodu se uvede dílčí závěr.

## 4. Závěr

### 4.1 Stavební stav posuzovaného mostu

Vyhodnotí se stavební stav mostního objektu.

Povede se posouzení možných variant opatření.

### 4.2 K položeným otázkám

Hodnotitel odpoví na položené otázky.

#### Přílohy:

- fotografie
- výkresy
- detaily

## 4.4 Kvalifikace personálu

Kvalifikace pracovníka způsobilého provádět hodnocení železničního mostu musí být podloženy teoretickými a praktickými znalostmi v činnostech, které má provádět. Zejména pokud v rámci své činnosti bude specifikovat, předepisovat, kontrolovat nebo sledovat průběh, diagnostikovat či posuzovat. Požadované teoretické znalosti pracovník získá studiem na odborné škole a posléze neustálým sebevzděláváním, tj. na pravidelných školeních a seminářích. Praktické zkušenosti získá od zkušených kolegů a především praxí v oboru. Pracovník provádějící hodnocení by měl znát slabá místa klenutých mostů, příčiny poruch a jejich vývoj.

Navrhované kvalifikační předpoklady pro personál v oboru diagnostiky mostních objektů jsou obsaženy v tab. 4.7.

Základní i hluboké teoretické poznatky, které si pracovník musí osvojit, se vyučují na středních průmyslových školách a na stavebních fakultách vysokých škol. Mezi stěžejní disciplíny patří statika stavebních konstrukcí, dynamika, pružnost a pevnost. Řízení dohlédací činnosti a znalecká činnost v oboru diagnostiky mostních objektů navíc vyžaduje znalosti z oboru trestního a občanského práva a právní úpravy znalecké činnosti.

Při provádění vizuální kontroly, která je základem každého hodnocení, se postupuje v souladu s obecnými zásadami pro nedestruktivní zkušební uvedenými v normě ČSN EN 13018 [37]. Pracovník, který provádí kontrolu podle těchto zásad, musí prokázat, že je seznámen s příslušnými normami, směrnicemi, specifikacemi, přístroji a postupy/instrukcemi, použitými výrobními postupy a především, že má uspokojivou zrakovou schopnost v souladu s normou ČSN EN 473 [39]. Kromě toho, pokud provádí všeobecnou vizuální kontrolu, musí mít přezkoušenou schopnost vidění na dálku podle normalizovaného optotypu v souladu s normou pro zkoušku zrakové ostrosti ČSN EN ISO 8596 [38], stupeň ostrosti vidění 0,63 nejméně jedním okem, korigovaným nebo nekorigovaným. Jde především o čtení písma Jägrova testu číslo 1 nebo písma Times

Roman N 4.5 ze vzdálenosti ne menší než 30 cm jedním nebo oběma očima, buď bez korekce, nebo s korekcí. Zraková schopnost musí být ověřena každých 12 měsíců.

**Tab. 4.7: Systém kvalifikace personálu**

| požadovaná úroveň odborných znalostí                                    | Úroveň I.                                          | Úroveň II.                                         | Úroveň III.                                        |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| odborná škola                                                           | střední průmyslová škola stavební                  | Vysoká škola, stavební fakulta                     | Postgraduální studium forenzní inženýrství         |
| funkce                                                                  | revizní mostmistr                                  | mostní inspektor                                   | vedoucí pracovník, soudní znalec                   |
| praxe v dohlédací činnosti                                              | 2 roky                                             | 5 let                                              | 5 let                                              |
| oprávnění k výkonu dohlédací činnosti                                   | vydaná provozovatelem dráhy                        | vydaná provozovatelem dráhy                        | vydaná provozovatelem dráhy                        |
| Certifikace pro činnosti NDT zkoušení ve stavebnictví podle ČSN ISO 473 | podle ČSN ISO 473 Úroveň I.                        | podle ČSN ISO 473 Úroveň II.                       | podle ČSN ISO 473 Úroveň III.                      |
| zraková způsobilost                                                     | podle EN ISO 8596                                  | podle EN ISO 8596                                  | podle EN ISO 8596                                  |
| zdravotní způsobilost /*                                                | práce ve výškách, preventivní pravidelné prohlídky | práce ve výškách, preventivní pravidelné prohlídky | práce ve výškách, preventivní pravidelné prohlídky |

/\* dle zákona č. 258/2000 Sb. a směrnice č. 49/1967 věstníku MZ, v platném znění

Pro certifikaci a kvalifikaci pracovníků provádějících nedestruktivní zkoušení v průmyslu platí norma ČSN EN 473 [39]. Tabulka 4.8 obsahuje přehled nedestruktivních metod, pro něž je možné získat způsobilost a být certifikován.

**Tab. 4.8: NDT metody pro certifikaci**

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Zkoušení vířivými proudy               | ET |
| Zkoušení kapilární metodou             | PT |
| Zkoušení magnetickou metodou práškovou | MT |
| Radiografické zkoušení                 | RT |
| Zkoušení ultrazvukem                   | UT |
| Zkoušení těsnosti                      | LT |
| Vizuální zkoušení                      | VT |
| Zkoušení akustickou emisí              | AT |

Pro způsobilost k certifikaci musí uchazeč úspěšně složit odpovídající kvalifikační zkoušku, musí splňovat požadavky na školení, průmyslovou praxi v NDT, mít uspokojivé zrakové schopnosti a zdravotní způsobilost.

Certifikační orgán garantuje, že certifikovaná osoba je způsobilá provádět danou specifickou činnost uvedenou v certifikátu, podle stanovených nebo uznaných postupů či prováděcích pokynů.

**Certifikovaný personál v úrovni 1 musí být schopen:**

- a) rozumět pokynům a předpisům pro obsluhu použitých přístrojů a také pro samotnou zkoušku;
- b) nastavit a kalibrovat NDT zařízení;
- c) provést předepsanou zkoušku;
- d) vyhodnotit zkoušku a stanovit výsledky zkoušky podle předepsaných pokynů nebo postupů;
- e) vypracovat protokol o provedené zkoušce.

**Certifikovaný personál v úrovni 2 musí být schopen:**

- a) provádět všechny povinnosti stupně 1;
- b) zvolit vhodnou metodu pro NDT zkoušení;
- c) stanovit omezení použití zkušební metody;
- d) ověřit nastavení měřicího zařízení;
- e) vypracovat instrukce pro provedení NDT metody podle platných norem;
- f) vykonat dohled nad prováděním zkoušek;
- g) vysvětlit a vyhodnotit výsledky v souladu s předepsanými pokyny a postupy;
- h) zpracovat a obhájit výsledky NDT zkoušek;
- i) připravit směrnici pro pracovníka ve 2. nebo 1. úrovni.

**Certifikovaný personál v úrovni 3 musí být schopen:**

- a) nést odpovědnost za zkušební zařízení, zkušební pracoviště a personál;
- b) provádět všechny povinnosti úrovně 1 a 2;
- c) obhájit použití NDT metody;
- d) vyhodnotit a interpretovat výsledky podle platných předpisů;
- e) vysvětlit instrukce a postupy ostatnímu personálu;
- f) zavádět novou NDT metodu na pracovišti vč. kritérií použitelnosti;
- g) předepsat metodu zkoušení, postup a NDT instrukcí pro řešení úkol.

**Kvalifikační zkouška**

Kvalifikační zkouška se musí skládat z obecné a praktické části a obvykle zahrnuje zkoušenou činnost tak, jak se používá v průmyslové praxi.

**Platnost certifikace**

Počátek doby platnosti certifikace je stanoven datem úspěšně složené kvalifikační zkoušky. Období platnosti certifikace musí být omezeno na dobu určitou, před jejímž uplynutím je nutno opětovně ověřit kvalifikační předpoklady personálu. Tento systém nutí personál neustále se vzdělávat, být v kontaktu s oborem a mít přístup k nejnovějším poznatkům z oboru.

## 5. Závěr

V průběhu zpracování disertační práce byla shromážděna celá řada dokumentů, listinných, grafických i digitálních. Za stěžejní považuji zprávy z dohlédací činnosti, odborné i znalecké posudky a stavebně technické průzkumy zděných železničních klenutých mostů, jež byly realizovány za účelem stanovení příčin jejich havarijního stavu a obsahovaly i návrh opatření na odstranění těchto nežádoucích stavů. Sbírka dokumentů o zděných klenutých mostech v sobě zahrnuje celou řadu provázaných a navzájem se doplňujících činností, prováděných odborníky v oblasti statiky, stavební mechaniky, geotechniky, geodézie, diagnostiky a materiálového inženýrství. S využitím metod znalecké analýzy a systémového přístupu jsem dokumenty zatřídil podle významu z hlediska dlouhodobého sledování. Překvapivým zjištěním byl obsah některých dokumentů z dohlédací činnosti, od kterých jsem očekával největší zdroj informací, ale ukázaly se jako nepoužitelné.

### Díličí závěry lze shrnout takto:

- Výsledky současného způsobu provádění dohlédací činnosti správcem infrastruktury nelze využít pro účely hodnocení konstrukcí na základě dlouhodobého sledování.
- Rozhodující význam pro hodnocení provozuschopnosti má vznik nové poruchy a její včasné odhalení.
- Pravidelná údržba mostních objektů prokazatelně prodlužuje jejich životnost.
- Pravidelná dohlédací činnost založená na principu měření stejnými přístroji ve stejných místech umožňuje srovnání naměřených veličin a jejich vyhodnocení z dlouhodobého hlediska. První prohlídka musí jasně definovat měřené veličiny a měřená místa.
- Hodnocení stavebního stavu mostního objektu pro jakýkoliv účel může provádět pouze osoba znající principy měření, mechanismus chování konstrukcí a základní smysl diagnostiky – možnost srovnání výsledků.
- Realizací provizorních konstrukčních opatření získá hodnotitel čas pro výpočet zbytkové životnosti konstrukce pomocí pravděpodobnostních metod.

### Dosažení cílů

Cílem disertační práce bylo vytvoření standardního postupu znalce při hodnocení zděného železničního klenutého mostu na základě dlouhodobého sledování jeho stavebního stavu. Navrhovaná metodika hodnocení u konstrukcí, které do havarijního stavu dospěly postupně, vychází z odborného odhadu spolehlivosti na základě dostupných dat z předchozích hodnocení.

Samotné zajištění objektu z hlediska bezpečnosti a provozuschopnosti má probíhat ve dvou fázích. První fáze musí být rychlá a účinná po omezenou dobu platnosti. Provozními opatřeními se omezí přechodnostní parametry a konstrukčními opatřeními se odstraňují následky. Ve druhé fázi je dostatek času zabývat se hledáním příčin poruch a návrhu jejich odstranění. U konstrukce navržené na opravu nebo demolici je stanovení zbytkové životnosti neúčelné. Spolehlivost se stanoví na projektovaný stav po provedení stavebního počínu. Účinnost stavebního počínu na odstranění příčin poruch se očekává dlouhodobá.

**Přínos k rozvoji oboru soudní inženýrství**

Navržený postup zahrnující sběr informací, zkoumání použitelnosti dokumentů a doporučené činnosti vedoucí k ověření informací při místním šetření byl prakticky vyzkoušen a ukázal se jako užitečný v praxi.

Přínosem disertační práce po stránce rozvoje soudního inženýrství jako vědního oboru je posouzení využitelnosti kapitoly 8 normy ČSN EN 13822 pro účely hodnocení zděných mostních objektů v rámci zpracování znaleckého posudku. Metodika ukazuje, jak přistupovat k hodnocení mostního objektu postiženého poruchou, u které známe její vývoj až do současného stavu označeného jako havarijní.

Po stránce pedagogické je nutno zdůraznit, že personál provádějící hodnocení zděných mostních objektů bez ohledu na účel musí být dostatečně vzdělán. Je nutno organizovat vzdělávací semináře a motivovat mostní inspektory se jich účastnit. Každý seminář v rámci celoživotního vzdělávání je příležitostí pro získání nových poznatků v oblasti moderních diagnostických metod, v oblasti materiálového inženýrství a v neposlední řadě v oblasti chování konstrukce pod zatížením. Za vzdělání je nutno považovat i předávání zkušeností o původních technologiích výstavby, údržby a dohlédací činnosti pro objasnění pohnutek, které vedly tehdejší i současné zástupce provozovatele dráhy k závažným rozhodnutím.

Podání znaleckého posudku ve věci posouzení havarijního stavu zděného železničního mostu není vůbec jednoduché. Výsledky, ke kterým znalec dospěl a uvedl je v závěru posudku, musí obhájit. Závěry učiněné pouze na základě výpočtu pomocí pravděpodobnostních metod jsou při značném množství nejistot vstupujících do výpočtu snadno zpochybnitelné. Znalcovy výroky musí být podloženy především fakty, experimenty a zkušenostmi. Tento úhel pohledu považuji za praktický přínos navrhované metodiky pro posuzování stavebního stavu železničního mostního objektu postiženého řadou vad a poruch.

Disertační práce splnila stanovený cíl a potvrdila, že pro zajištění provozuschopnosti a bezpečnosti mostních objektů z dlouhodobého hlediska hraje klíčovou roli schopnost prohlídky odhalit změny stavebního stavu a rychlost, s jakou na změnu zareaguje správce formou údržby. Zanedbání údržby vede k dražším konstrukčním opatřením, jako je oprava, rekonstrukce nebo stavba nového mostu.

## 6. Použité zdroje

### 6.1 Články a monografie

- [1] WITZANY, Jiří. *Poruchy a rekonstrukce zděných budov*. Praha: Technická knihovna ČKAIT, 1999. 312 s.
- [2] VLČEK, Milan, et al. *Poruchy a rekonstrukce staveb*. 2. dopl. a oprav. vyd. Brno: ERA group, 2003. 222 s. ISBN 80-86517-56-X.
- [3] HOLICKÝ, Milan, et al. *Zásady navrhování a zatížení stavebních konstrukcí podle EN eurokódů: Sborník přednášek a příkladů*. Praha: Studio AXIS, 2005. 165 s. ISBN 80-239-5606-X.
- [4] HOBST, Leonard, et al. *Diagnostika stavebních konstrukcí*. Brno: [s.n.], 2005. 124 s.
- [5] CIKRLE, Petr. *Diagnostika poruch staveb – dlouhodobé sledování trhlin ve zdivu a měření posunů*. Brno: CERM, 2002. 141 s., 14 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí disertační práce Prof. Ing. Jiří Adámek, Csc.
- [6] ŠERTLER, Hynek. Stanovení spolehlivosti stávajících železničních mostů. In *ČD vědeckotechnický slovník Českých drah*: č. 7. Praha: GŘ ČD, 1999. s. 15.
- [7] WERNER, Thomas, MORRIS, David. 3D Laser Scanning for masonry Arch Bridges. In *FIG Congres 2010*. Sydney, 2010. 15 s.
- [8] BRADÁČ, Albert, et al. *Úvod do soudního znaleství*. Brno: CERM, 2004. 220 s. ISBN 80-7204-365-X.
- [9] KOLÁŘ, Jan, KLOKNER, František. *Mostní stavitelství*. Část 2. Sešit 1 : Kamenné a cihelné mosty. 2. přeprac. vyd. Praha: Technicko – vědecké vydavatelství, 1951. 64 s. Technický průvodce.
- [10] Encyklopedický institut ČSAV; *Malý encyklopedický slovník A-Ž*. Praha: ACADEMIA, 1972. 1456 s.
- [11] OŠLEJŠEK, Jiří; BRADÁČ, Albert. *Znalecká činnost ve stavebnictví*. Brno: CERM, 1994. 187 s. ISBN 80-85867-06-0.
- [12] HARVEY, Bill. Some problems with arch bridge assessment and potential solutions. In *The structural Engineer*, February 2006, pp. 45–50.
- [13] RYALL, Michael, et al. *Manual of bridge engineering*. 3rd edition. London: Thomas Telford Publishing, 2003. ISBN 0 7277 2774 5.

### 6.2 Výzkumné zprávy, posudky, projekty

- [14] ORBAN, Zoltan, et al. *Assessment, reliability and maintenance of masonry arch bridges*. Budapest: UIC, 2003.

- 
- [15] HOLICKÝ, Milan, et al. *Současné problémy hodnocení existujících konstrukcí: Sborník. K. Jung. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT v Praze, 2007. 166 s. ISBN 978-80-01-03918-2.*
- [16] *Sustainable Bridges: Assesment for Future Traffic Demands and Longer Lives.* Edited by Jan Bien, Lennard Elfgren, Jan Olofsson. Wroclaw: Dolnoslaskie Wydawnictwo Edukacyjne, 2008. 490 s. ISBN 978-83-7125-161-0.
- [17] OZAETA, Rafael, MARTÍN-CARO, Jose. *Catalogue of Damages on Masonry Arch Bridges: WP 3: Optimised Instection and Monitoring of Masonry Arch Bridges.* Paris: UIC, 2006. 185 s.
- [18] Federal Institute for Materials Research and Testing. *Workshop I: Inspection and Condition Assessment.* Berlin: BAM, 2006. 96 s.
- [19] DOHNÁLEK, Jiří, et al. *Vady a poruchy betonových staveb – poučení z chyb: Studijní texty.* Praha: ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, 2005. 140 s. Svazek č.4.
- [20] MATYÁŠ, Pavel, et al. *Sanace zděných klenutých mostů: Studie Českých drah.* Hradec Králové: TÚČD, 2004. 125 s.
- [21] WP3, Federal Institute for Materials Research and Testing. *Guideline for Inspection and Condition Assessment of Raiway Bridges.* 2006. 182 s.
- [22] *Příručka pro základní seminář Správy železniční dopravní cesty Správy mostů a tunelů 2009.* Praha: Správa železniční dopravní cesty, 2009. 318 s.
- [23] *Katalog závad mostních objektů pozemních komunikací.* Praha: Pontex, 2008. 214 s.
- [24] HOLICKÝ, Milan, et al. *Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí.* Praha: Česká technika, 2007. 175 s. ISBN 978-80-01-03790-4.
- [25] PÁTÝ, Vladimír; SLÁMA, Josef; VODSLOŇ, Jiří. *Materiály vypracované v souvislosti s novelizací předpisu ČSD S 66.* Praha: ČSD – Výzkumný ústav železniční, 1992. 20 s.

### 6.3 Normy a předpisy

- [26] International Union of Railways. *UIC Code 778-3: Recommendations for the Assessment of the Load Carrying Capacity of Existing Masonry and Mass-concrete Arch Bridges.* Paris: UIC, 1995. 89 s.
- [27] *ČSN ISO 13822. Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.* Praha: Český normalizační institut, 2005.

- [28] ISO 2394. General Principles on Reliability for Structures. Geneva: ISO. Zavedená v ČR jako ČSN ISO 2394:2003 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí, Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [29] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [30] DOHNÁLEK, Jiří. *Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah: Kapitola 23 Sanace inženýrských objektů*. 3. aktualiz. vyd. Praha: Správa železniční dopravní cesty, 2006. 57 s.
- [31] Správa železniční dopravní cesty, SR 5 (S) Určování zatížitelnosti železničních mostů. Praha: SUDOP Praha, 1995. 97 s.
- [32] Správa železniční dopravní cesty, S 5 Správa mostních objektů. Praha: České dráhy, 1996. 58 s., 66 s. příloh.
- [33] Studijní plány ÚSS, Praha: ČSD, 1920.
- [34] K.K. Privilegierte österreichische Staats Eisenbahn Gesellschaft, Unterbau – normallien. Wien: Wiener Stadtbahn, 1856.
- [35] ČSN 73 6202. Zatížení a statický výpočet mostů. Praha: Úřad pro normalizaci, 1953.
- [36] ČSN 73 6200. Mostní názvosloví. Změna a 5/1977, změna b 4/1983, Praha: Úřad pro normalizaci, 1977.
- [37] ČSN EN 13018. Nedestruktivní zkoušení-Vizuální kontrola – Všeobecné zásady. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [38] ČSN EN ISO 8596. Oční optika – Zkouška zrakové ostrosti – Normalizovaný optotyp a jeho zobrazení. Praha: Český normalizační institut, 2002.
- [39] ČSN EN 473. Nedestruktivní zkoušení – Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT – Všeobecné zásady. Praha: Český normalizační institut, 2009.

#### 6.4 Seznam vlastních prací vztahujících se k disertační práci

- [40] KŮRKA, Jan, HÖKL, Libor. Rekonstrukce železničního mostu v Brně Chrlících v km 8,172 trati Brno – Přerov. In *Železniční mosty a tunely*. Praha: Sudop Praha, 2004. s. 53 – 61.
- [41] KŮRKA, Jan. Podrobné prohlídky železničních mostních objektů. *Silnice železnice*, 2007, roč. 2, č 4, příloha s. VII – IX. ISSN 1807-8220.
- [42] KŮRKA, Jan. Podrobné prohlídky železničních mostních objektů. In *12. mezinárodní sympozium Mosty 2007*. Brno: Sekurkon, 2007. s. 57 – 61. ISBN 978-80-86604-30-5.

- [43] KŮRKA, Jan. Nedestruktivní metody diagnostiky zděných železničních mostů. In *Juniorstav 2008*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2008. s. 414. ISBN 978-80-86433-45-5.
- [44] KŮRKA, Jan. Nedestruktivní metody diagnostiky železničních mostů – vizuální prohlídka. In *13. mezinárodní symposium Mosty 2008*. Brno: Sekurkon, 2008. s. 49 – 53. ISBN 978-80-86604-35-0.
- [45] DOHNÁLEK, Jiří, et al. *Vliv poruch na přechodnost zděných mostních objektů a bezpečnost drážní dopravy*: Technicko ekonomická studie. Praha: [s.n.], 2008. 150 s.
- [46] KŮRKA, Jan. Hodnocení stávajících konstrukcí zděných mostů na základě dlouhodobého sledování stavebního stavu. In *Vědeckotechnický sborník ČD* [online]. 2009 [cit. 1.listopadu 2010]. Dostupné na WWW: <http://www.cd rail.cz/VTS/vts27.html>. ISSN 1214-9047.
- [47] KŮRKA, Jan. Hodnocení stávajících zděných obloukových mostů na základě dřívější uspokojivé způsobilosti In *Junior Forensic Science Brno '09*. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2009. s. 45. ISBN 978-80-214-3822-4.

## 7. Seznam obrázků

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 4.1: Názvosloví klenutých mostů .....                                    | 56 |
| Obr. 4.2: Názvosloví klenutých mostů v příčném řezu .....                     | 56 |
| Obr. 4.3: Podélná trhlina v klenbě .....                                      | 62 |
| Obr. 4.4: Příčná trhlina v klenbě.....                                        | 62 |
| Obr. 4.5: Vypadnutí stavebních prvků.....                                     | 63 |
| Obr. 4.6: Boulení čelní zdi.....                                              | 64 |
| Obr. 4.7: Vysouvání čelní zdi .....                                           | 64 |
| Obr. 4.8: Laserové skenování .....                                            | 65 |
| Obr. 4.9: Prohlídka mostního objektu.....                                     | 75 |
| Obr. 4.10: Měření šířky trhliny .....                                         | 75 |
| Obr. 4.11: Grafické schéma poruchy .....                                      | 76 |
| Obr. 4.12: Průsak vody nosnou konstrukcí.....                                 | 76 |
| Obr. 4.13: Porucha mostního objektu v důsledku nárůstu intenzity dopravy..... | 78 |
| Obr. 4.14: Diagonální trhliny v klenbě – pohled z rubové strany .....         | 79 |
| Obr. 4.15: Klenba stažená táhly .....                                         | 83 |
| Obr. 4.16: Klenba vyztužená skruží.....                                       | 83 |
| Obr. 4.17: Přemostění neúnosné klenby mostním provizoriem.....                | 84 |
| Obr. 4.18: Zajištění líce klenby stříkaným betonem.....                       | 84 |
| Obr. 4.19: Deformace klenby pod zatížením .....                               | 86 |

## 8. Seznam tabulek

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 2.1: NDT metody pro vyhodnocení poruch.....                                   | 25 |
| Tab. 2.2: Faktory související s procesem degradace v přechodových zónách .....     | 27 |
| Tab. 4.1: Rozdělení klenutých mostů podle stáří a materiálu stavebních prvků ..... | 55 |
| Tab. 4.2: Přehled známých poruch zděných klenutých mostů .....                     | 61 |
| Tab. 4.3: Přehled dostupné dokumentace .....                                       | 70 |
| Tab. 4.4: Přehled následků a opatření.....                                         | 82 |
| Tab. 4.5: Přehled základních poruch klenutých mostů a jejich možných příčin .....  | 87 |
| Tab. 4.6: Přehled stavebních činností a souvisejících rizik .....                  | 88 |
| Tab. 4.7: Systém kvalifikace personálu .....                                       | 92 |
| Tab. 4.8: NDT metody pro certifikaci .....                                         | 92 |

**9. Seznam schémat**

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Schéma č.1 Zařazení tématu do systému soudního inženýrství.....             | 8  |
| Schéma č.2 Hierarchie termínů.....                                          | 9  |
| Schéma č.3 Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí ..... | 17 |
| Schéma č. 4 Algoritmus hodnocení .....                                      | 58 |
| Schéma č.5 Rozhodovací schéma .....                                         | 82 |

## **10. Přílohy disertační práce**

Příloha č.1      Praktický příklad hodnocení

Příloha č.2      Licenční smlouva

Příloha č.3      Soubor metadat

**Příloha č. 1      Praktický příklad hodnocení**

Praktický příklad znaleckého posudku. Železniční most v km 8,172 byl vybrán z těchto důvodů:

- je postižen různými druhy charakteristických poruch,
- jeho stavební stav byl provozovatelem dráhy označen za havarijní,
- jsou dostupné doklady o dlouhodobém sledování mostu,
- jsou dostupné dokumenty související s historií mostu,
- byl proveden stavebně technický průzkum.

# **ZNALCKÝ POSUDEK č.29-3/XX**

o příčinách havarijního stavu železničního mostu v km 8,172  
v Chrlicích

Znalecký posudek je podán na základě usnesení Městského soudu v Brně čj. 8C  
154/XX-452 ze dne dd.mm.rrrr.

Účel posudku: Pro řízení před soudem

Posudek vypracoval: Ing. Jan Kůrka  
Herčíkova 16, 602 00 Brno  
tel.: 724 526 124

Datum místního šetření: dd.mm.rrrr

Posudek obsahuje 13 stran textu včetně titulního listu a tří příloh a předává se  
objednateli ve třech vyhotoveních.

V Brně, dne dd.mm.rrrr

Výtisk č.: 1

**OBSAH**

|                                                                                     |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1. Úvod.....                                                                        | 2 |
| 1.1 Předmět hodnocení .....                                                         | 2 |
| 1.2 Lokalizace objektu .....                                                        | 2 |
| 1.3 Vymezení úkolu .....                                                            | 3 |
| 2. Nález .....                                                                      | 3 |
| 2.1 Podklady .....                                                                  | 3 |
| 2.2 Skutečnosti zjištěné při místním šetření ze dne dd.mm.rrrr .....                | 3 |
| 2.4 Skutečnosti vyplývající z podkladů .....                                        | 4 |
| 2.4.1 Údaje o provozním zatížení .....                                              | 4 |
| 2.4.2 Údaje o traťové třídě .....                                                   | 5 |
| 2.4.3 Vlastnosti kamenného zdiva podle zprávy o laboratorních zkouškách kamene..... | 5 |
| 2.4.4 Zápisy z běžných prohlídek .....                                              | 5 |
| 2.4.5 Zápisy z podrobných a mimořádných prohlídek .....                             | 5 |
| 2.4.6 Výsledky z inženýrsko-geologického průzkumu.....                              | 6 |
| 2.4.7 Skutečnosti nalezené v provozní dokumentaci mostu v km 8,172 .....            | 7 |
| 2.4.8 Sdělení Ing. Šedého přednosty správy mostů a tunelů .....                     | 7 |
| 2.5 Zhodnocení .....                                                                | 7 |
| 3. Posudek.....                                                                     | 8 |
| 3.1 Poškození, přetížení, degradace a přetvoření zjištěná prohlídkou.....           | 8 |
| 3.2 Vyhodnocení změn stavebního stavu konstrukce za sledované období .....          | 8 |
| 3.3 Vyhodnocení změn v konstrukci a ve způsobu užívání za sledované období.....     | 9 |
| 3.4 Očekávaný proces degradace .....                                                | 9 |
| 4. Závěr .....                                                                      | 9 |
| 4.1 Stavební stav posuzovaného mostu .....                                          | 9 |
| 4.2 K položeným otázkám .....                                                       | 9 |

**1. Úvod****1.1 Předmět hodnocení**

Železniční most v km 8,172 trati Brno – Přerov

**1.2 Lokalizace objektu**

Jednokolejný kamenný železniční most přes údolí Tuřanského potoka v intravilánu obce Chrlice v Jihomoravském kraji. Konstrukce mostu má čtyři klenuté otvory, které překonávají postupně silnici III. třídy z Chrlic do Tuřan, volný terén, Tuřanský potok a polní cestu. Most je součástí jednokolejné elektrifikované železniční tratě vedoucí z Brna hlavního nádraží do Přerova.

### 1.3 Vymezení úkolu

Stavební stav mostu správce klasifikoval dle vnitřního předpisu provozovatele dráhy stupněm 3 – nevyhovující v roce 1995. Znalecký posudek je vypracován na základě usnesení Městského soudu v Brně čj. 8C 154/XX-452 ze dne dd.mm.rrrr. Zpracovatel posudku byl požádán soudem, aby odpověděl na tyto otázky:

- 1) Co je příčinou havarijního stavu mostu.
- 2) Jaká opatření jsou nezbytná pro zachování bezpečnosti železničního provozu.
- 3) Jak se dalo havarijnímu stavu předejít.
- 4) Zda byla stavba užívána v souladu s předpisy, v opačném případě, které předpisy byly porušeny.

## 2. Nález

### 2.1 Podklady

Objednatel poskytl zpracovateli posudku tyto podklady:

- [1] Údaje o provozním zatížení trati Brno – Přerov za období 1995 – 2002.
- [2] Údaje o přechodnosti mostu.
- [3] Inženýrsko-geologický průzkum, který vypracovala fy. GEO-ING Brno v 09/2002.
- [4] Zpráva o laboratorních zkouškách kamene a pojiva v rámci úkolu „ČD DDC, Rekonstrukce mostu v km 8,127 trati Brno – Přerov“ vypracovaná Ústavem stavebního zkušebnictví při VUT Brno; 10/2002.
- [5] Zápisy z běžných prohlídek prováděných v letech 1995 – 2001.
- [6] Zápis z mimořádné prohlídky konané v roce 2002.
- [7] Zápisy z podrobných prohlídek z období 1999 – 2002.
- [8] Protokol o místním šetření na místě samém ze dne dd.mm.rrrr.
- [9] Provozní dokumentace k mostu v km 8,172 uložená u správce provozovatele dráhy se sídlem v Brně, Kounicova 26.
- [10] Vnitřní předpis společnosti České dráhy, S5 Správa mostních objektů

### 2.2 Skutečnosti zjištěné při místním šetření ze dne dd.mm.rrrr

Místní šetření, které svolal znalec, se uskutečnilo na mostě v km 8,172 v obci Chrlice za účelem posouzení příčin havarijního stavu mostu. Místního šetření se zúčastnili:

Ing. Karel Šedý, ČD, a.s. Kounicova 26, Brno přednosta správy mostů a tunelů,  
pan Jan Kala, ČD, a.s. Kounicova 26, Brno revizní mostmistr,  
Ing. Radek Novotný, Ministerstvo dopravy, Nábř. L. Svobody 1222/12, Praha,  
vedoucí odboru železniční dopravy  
Ing. Jan Kůrka, Herčíkova 16, Brno znalec

Při místním šetření bylo zjištěno následující:

- a) Ve zdivu čtvrté kamenné klenby jsou 3 nepravidelné trhliny. Dvě z nich vlevo vedou od paty klenby až po devátou řadu kamenů, potom se v ložné spáře spojí a pokračují až do 12. řady. Třetí trhlina začíná v řadě č. 6 uprostřed šířky klenby v místě pod odvodněním a pokračuje až do řady č. 10, viz Obr.2.
- b) V okolí první trhliny zleva jsou mezi druhou a třetí řadou kameny silně rozrušené a částečně vypadané.

- c) V okolí druhé trhliny jsou mezi šestou a sedmou řadou kameny silně rozrušené a částečně vypadané.
- d) Čelní zdivo je popraskané. Vlasové trhliny vedou především ve spárách.
- e) Přes trhliny jsou instalovány sádrové terče bílé a modré barvy bez identifikačních údajů, vč. data osazení.
- f) V kameni v čelní zdi mezi druhou a třetí klenbou vlevo je vytesán letopočet 1868.
- g) Klenba v pořadí třetí od Brna je v dolní třetině tvořena kamennými klenáky a v horní třetině je betonová.
- h) Vpravo nad přerovskou opěrou zaznamenána jedna výrazná trhlina o síle až 27 mm vedoucí středem čela oblouku klenby. Trhlina prochází přes styčné spáry i přes kameny, od paty opěry až po řadu č. 16, viz Obr. 1.
- i) Na rozhraní čelní zdi a čela oblouku čtvrté klenby vpravo zaznamenána trhlina vedoucí od paty opěry až po řadu č. 16.
- j) Pravá čelní zeď se vysouvá po smykové ploše na rozhraní čelní zdi a čela oblouku klenby. Velikost vysunutí u šesté řady klenáků byla naměřena 42 mm.
- k) Kamenná římsa vpravo nad čtvrtým otvorem mostu je uvolněná a vyklání se ze svislé roviny směrem od osy koleje.
- l) Malta ze spár římsových kamenů je nad čtvrtou klenbou vydrolena.
- m) Kamenná římsa vlevo i vpravo je v celé délce mostu přesypána materiálem kolejového lože až o 40 cm. Následkem toho materiál kolejového lože přepadává přes hranu pod most.
- n) V okolí trhliny vlevo v čele oblouku čtvrté klenby jsou mezi pátou a osmou řadou kameny silně rozrušené a částečně vypadané.
- o) Na povrchu čtvrté klenby jsou zřetelné známky po průsacích vody přes spáry.
- p) Litinové zábradlí na mostě má výšku 95 cm. Na začátku mostu jsou prvky zábradlí deformované. Povrch zábradlí není opatřen protikorozní ochranou. Jednotlivé prvky zábradlí jsou oslabeny korozí.
- q) Přes mostní objekt je zavedena pomalá jízda 30 km/h.
- r) U kleneb v prvních třech otvorech nebyly zaznamenány obdobné poruchy jako u klenby ve čtvrtém otvoru. Jsou patrné pouze známky degradace odpovídající stáří konstrukce.

## 2.4 Skutečnosti vyplývající z podkladů

### 2.4.1 Údaje o provozním zatížení

Tab. 1: Vývoj provozního zatížení

| rok  | nápravový tlak [tun] | výsledné provozní zatížení [mil tun] |
|------|----------------------|--------------------------------------|
| 1995 | 20                   | 5,365                                |
| 1996 | 20                   | 7,767                                |
| 1997 | 20                   | ? – nezjištěno                       |
| 1998 | 20                   | 8,035                                |
| 1999 | 20                   | 8,911                                |
| 2000 | 22,5                 | 7,481                                |
| 2001 | 22,5                 | 6,277                                |
| 2002 | 22,5                 | 5,695                                |

### 2.4.2 Údaje o traťové třídě

Před elektrifikací tratě v roce 1995 bylo zatížení 20 tun na nápravu. V roce 2002 bylo zatížení definované traťovou třídou D4, tj. 22,5 tun na nápravu a traťová rychlost 90km/h.

### 2.4.3 Vlastnosti kamenného zdiva podle zprávy o laboratorních zkouškách kamene

Na vzorcích kamene a pojiva z vrtných jader odebraných při průzkumu mostu se provedly zkoušky pro stanovení pevnosti v tlaku, nasákavosti, objemové hmotnosti a zdánlivé pórovitosti materiálů. Vzorky byly podle druhu materiálu rozděleny do tří samostatných skupin:

- a) vápenec písčitý (lícni kvádrové zdivo opěr a pilířů)
- b) vápenec (bez písčité frakce – zdivo z lomového kamene v jádře dříků pilířů a opěr);
- c) pojivo (malta pravděpodobně s hydraulickým vápnem, v jednom případě beton).

#### Výsledky zkoušek byly následující:

Písčitý vápenec z lícniho zdiva měl průměrné hodnoty pevnosti v tlaku ve stavu vysušeném  $R_c = 60,7$  MPa (minimální 32,3 MPa), objemové hmotnosti  $\varsigma = 2460$  kg/m<sup>3</sup>, nasákavosti  $NV = 2,12$  % a zdánlivé pórovitosti  $NVV = 5,05$  %, ukazatel změknutí v tlaku byl  $KZc = 0,81$ .

Vápenec z vnitřního zdiva pilířů a opěr měl průměrné hodnoty pevnosti v tlaku ve stavu vysušeném  $R_c = 97,8$  MPa (minimální 42,9 MPa), objemové hmotnosti  $\varsigma = 2640$  kg/m<sup>3</sup>, nasákavosti  $NV = 0,55$  % a zdánlivé pórovitosti  $NVV = 1,44$  %, orientační hodnota ukazatele změknutí v tlaku byla  $KZc = 0,82$ .

Z dodaných kusů malty se podařilo vyrobit pouze omezený počet zkušebních těles s ohledem na malé rozměry vzorků. Na tomto malém souboru zkušebních těles byly průměrné hodnoty pevnosti v tlaku  $R_c = 8,5$  MPa, objemové hmotnosti  $\varsigma = 1765$  kg/m<sup>3</sup>, nasákavosti  $NV = 16,8$  % a zdánlivé pórovitosti  $NVV = 29,6$  %.

### 2.4.4 Zápisy z běžných prohlídek

Dochované záznamy prohlídek jsou z let 1999 až 2002 v intervalu jeden rok. Místní správce v textu každé zprávy opakovaně popisuje, že dochází k vypadávání malty ze spár, narůstá vegetace a je popraskané průčelní zdivo říms a křídel u čtvrté klenby. Zápisy z běžných prohlídek neobsahují číselné hodnoty kvantifikující zjištěné poruchy ani upřesnění místa poruchy. V zápise z běžných prohlídek je uvedeno doporučení most stále sledovat.

### 2.4.5 Zápisy z podrobných a mimořádných prohlídek

Podrobné prohlídky s dochovanými výsledky proběhly v letech 1995, 1998, 2001, tedy v tříletém intervalu, jak ukládá vnitřní předpis drah. Mimořádná prohlídka pouze čtvrté klenby byla provedena v roce 2002. Ve všech zprávách se revizní mostmistr zmiňuje o rozhodujících poruchách. Šířky trhlin jsou vyjádřeny číselnou hodnotou. Jednoznačné definování délky trhliny prostřednictvím kamenných řad bylo zvoleno při mimořádné prohlídce v roce 2002. V revizních zprávách z let 2001 až 2002 je uvedeno, že dochází ke zvětšení šířky trhlin a je doporučeno zvláštní pozorování. Vývoj poruch, tak, jak je zaznamenali správci provozovatele dráhy, jsou v tabulce 2.

Tab. 2: Vývoj poruch podle záznamů z prohlídek

| rok prohlídky                                                   | 1995  | 1998  | 2001 | 2002   |
|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|------|--------|
| počet identifikovaných trhlin ve čtvrté klenbě                  | 6     | 6     | 5    | 6      |
| délka [m]/ šířka trhliny [mm] ve čtvrté klenbě                  |       |       |      |        |
| 1. trhlina v 4. klenbě u levého okraje                          | 8/10  | 8/10  | -/-  | -/6    |
| 2. trhlina v 4. klenbě u levého okraje                          | 7/3   | 7/3   | -/3  | -/6    |
| 3. trhlina vedoucí středem 4. klenby                            | 2/3   | 2/3   | -/3  | -/6    |
| 4. trhlina na rozhraní čelní zdi a čela oblouku 4. klenby       | */-   | */-   | */3  | */5    |
| 5. trhlina vedoucí středem čela oblouku 4. klenby vpravo        | 1/30  | -/30  | -/10 | -/27   |
| 6. trhlina nad třetím pilířem vlevo                             | 2,5/3 | 2,5/3 | -/3  | -/3    |
| velikost vysunutí pravé čelní zdi přes okraj čela čtvrté klenby | 2 cm  | 2 cm  | -    | 4,2 cm |
| velikost vysunutí zdiva přerovské opěry vpravo                  | 3 cm  | 3 cm  | -    | -      |

\*/- trhlina vede od vrcholu klenby až po patu opěry, šířka neměřena

#### 2.4.6 Výsledky z inženýrsko-geologického průzkumu

Cílem průzkumných prací v roce 2002 bylo stanovení únosnosti základové půdy, ověření celkového stavu konstrukce a posouzení příčin deformací pro následné zpracování projektové dokumentace.

V rámci inženýrsko-geologického průzkumu byly provedeny 3 vrty do hloubek 10 a 12 m a jádra byla laboratorně vyhodnocena. Výsledky ověřily přítomnost navážek a deponie zemního odpadu ve svrchních vrstvách podloží mostu, a to až do hloubek 3 m. V korytě potoka převažuje výskyt splachových potočních sedimentů mocnosti až 5,1 m zasahující do hloubky 8,10 m. Průzkumné sondy nenavrtaly podzemní vody, avšak prokázaly průsaky vody z okolních vodou nasycených vrstev. Rozbor vzorků vody stanovil agresivitu prostředí jako středně agresivní, což u betonových konstrukcí na styku s podzemní vodou vyžaduje kombinaci primární a sekundární ochrany proti korozi.

Součástí inženýrsko-geologického průzkumu byly jádrové vrty do materiálu zdiva pro ověření jeho stavu a laboratorní zpracování výsledků. Dále byly uskutečněny vodní tlakové zkoušky pro zjištění množství a velikosti dutin v kamenném zdivu a upřesnění vzdálenosti injekčních vrtů. Nezbytnou součástí průzkumu byly i kopané sondy na zjištění hloubky založení základu, tloušťky zdí rovnoběžných a svahových křídel a stavu zdiva na jejich rubu.

Bylo zjištěno, že opěry, pilíře, rovnoběžná křídla, klenby a průčelní zdi mostu jsou budovány na líci kvádrovým zdivem z písčitého vápence. Vnitřní zdivo je tvořeno lomovým kamenem vápence nepísčitého, pojené maltou z hydraulického pojiva. Malta je stářím degradována, rozpadává se a je porézní. V ploše kleneb nosné konstrukce se nachází všesměrná síť vlasových trhlin s výluhy, které se nacházejí i v ložných a styčných spárách a ze kterých docházelo či dochází k průsakům vod po intenzivních srážkách. Porušena je zejména část klenby při přerovské opěře. Podélná průběžná trhlina vpravo v průčelí klenby prochází přes kamenné kvádry a na styku s průčelní zdí až po vrchol klenby. Na styku klenby s průčelní zdí dochází k drolení spár. V prstenci klenby vpravo blíže vrcholu vykazuje popraskané kamenné zdivo hloubkové zvětvování. Porušené zdivo je náchylné k rozpukávání vlivem mrazu nebo mechanickými vlivy.

Podle výsledků vodních tlakových zkoušek lze kamenivo považovat za hrubě pórovité s mezerovitostí přes 10% a v důsledku vyluhování je jeho propustnost značně zvýšena.

Stálé úkapy vody z litinových odvodňovačů i v době sucha ukazují na málo účinný systém odvodnění a vodotěsné izolace. Potvrzují to i průsaky vody přes zdivo klenby. Průzkumem byly též prověřeny základové poměry jako jednoduché, přizpůsobené geologickým podmínkám.

Z inženýrsko-geologického průzkumu vyplynuly následující návrhy a doporučení:

- a) zmonolitnění kamenné části mostu injektáží s hloubkovým přespárováním lícních kvádrů
- b) celková rekonstrukce odvodnění mostu s vodotěsnou izolací nosné konstrukce
- c) přenesení zatížení do pevných neogenních jílu např. pomocí mikropilot
- d) porušenou klenbu ve 4. otvoru – nahradit novou, staticky zajistit kotvením k opěře nebo zajistit původní klenbu železobetonovou skořepinou na jejím rubu

#### **2.4.7 Skutečnosti nalezené v provozní dokumentaci mostu v km 8,172**

Jedná se o most s průběžným kolejovým ložem o čtyřech otvorech, jehož nosné konstrukce tvoří čtyři polokruhové klenby o světlosti 9,48 m. Nejvyšší světlá výška 11,4 m je nad hladinou potoka. Osa konstrukce mostu svým tvarem kopíruje přechodnici a pravý směrový oblouk o poloměru 530 m. Šířka mostu je 5,50 m a délce 62,5 m. Vzdálenost zábradlí od osy koleje v nejužším místě činí 2050 mm. Most byl navržen na zatížení platné v době jeho výstavby, tj. na hmotnost obvykle přepravovaných vozů. Třetí klenba mostu ve směru od Brna je betonová, ostatní jsou kamenné.

Most byl postaven roku 1868. V rámci osvobozovacích akcí na konci II. světové války v roce 1945 byla klenba ve třetím otvoru z jedné třetiny poškozena a železniční trať přerušena. V následujícím roce 1946 byla v místě třetí klenby postavena monolitická betonová klenba, která tvarově kopírovala původní klenbu kamennou. O způsobu zničení klenby ani o její opravě se nedochovaly žádné dokumenty.

V roce 1989 byla na mostě zřízena bezstyková kolej a v rámci zajištění bezpečnosti provozu na bezstykové koleji bylo provedeno dosypání kolejového lože štěrkem. V roce 1995 byla dokončena elektrizace trati.

#### **2.4.8 Sdělení Ing. Šedého přednosty správy mostů a tunelů**

Od roku 2001 probíhají kontroly sádrových terčů 1 x za měsíc.

V osmdesátých letech dvacátého století byly pozorovány první větší trhliny, boulení zdiva a vypadávání materiálu.

### **2.5 Zhodnocení**

Největší poruchy byly objeveny ve čtvrté klenbě a v navazující přerovské opěře. Vznikly tři základní charakteristické trhliny, které procházejí jak spárováním, tak přes jednotlivé kamenné kvádry. Tyto trhliny přecházejí z klenby do opěry s pravděpodobným přechodem až do základů. V bezprostředním okolí trhlín dochází k drcení a rozvolňování kamene, drobení spárování a vypadávání kusů materiálu. Rozvoj trhlín postoupil tak daleko, že došlo k oddělení prstence nosné konstrukce čtvrté klenby od průčelního zdiva a vznikla spára pozorovatelná z průčelí mostu. Tato spára je smykovou plochou, po níž dochází k posouvání jednotlivých kamenů i celých bloků

zdiva. Za vysunutými kameny vznikají dutiny. Pohyby a destrukce jsou zaznamenány i na eliptických opěrných zídkách svahových kuželů, přimknutých k přerovské opěře.

Při jízdě vlaku jsou pozorovány vibrace, které způsobují pulzování trhlin a podporují destrukci materiálu. Mrazovými cykly v zimním období dochází k rozevírání vodou nasycených spár a trhlin. Oba jevy zvyšují riziko náhlého uvolnění zdiva.

V roce 1999 se přistoupilo k osazení sádrových terčů na trhliny v nejvíc postiženém místě, tj. ve čtvrté klenbě a navazující přerovské opěře, aby se potvrdilo nebo vyvrátilo podezření, že se trhliny neúměrně zvětšují. Podezření se potvrdilo, což dokumentuje i skutečnost, že některé sádrové terče vypadly i s okolním zdivem. Protože vznikla potřeba přesnější diagnostiky, byly dále na most osazeny kovové měřicí body. V roce 2002 byla svolána kontrolní prohlídka za účelem stanovení nezbytných kroků pro zajištění bezpečnosti provozu a definování požadavků na rekonstrukci. Na mostě je omezena traťová rychlost z 90 km/h na 30 km/h. Z provozní dokumentace i ze sdělení Ing. Šedého vyplývá, že ve sledovaném období od roku 1995 – 2002 nebyla prováděna žádná údržba mostu. Záznamy z dohlédací činnosti neobsahují specifikace pro zvláštní pozorování jako je způsob, rozsah a intervaly mezi měřeními.

### 3. Posudek

#### 3.1 Poškození, přetížení, degradace a přetvoření zjištěná prohlídkou

- Vznikly tři základní charakteristické trhliny, které procházejí jak spárováním, tak přes jednotlivé kamenné kvádry. Tyto trhliny přecházejí z klenby do opěry s pravděpodobným přechodem až do základů.
- Při jízdě vlaku jsou pozorovány vibrace, které spolu s mrazovými cykly způsobují střídavé otevírání a zavírání trhlin.
- V bezprostředním okolí trhlin dochází k drcení a rozvolňování kamene, drolení spárování a vypadávání kusů materiálu.
- Došlo k separaci čela čtvrté klenby od průčelního zdiva.
- Došlo k vysunutí čelního zdiva nad čtvrtou klenbou.

Dílčí závěr: Výše popsané poruchy jsou typické pro mosty s nízkou přesypávkou, na kterých došlo k prudkému nárůstu intenzity zatížení bez předchozího zesílení konstrukce.

#### 3.2 Vyhodnocení změn stavebního stavu konstrukce za sledované období

- V osmdesátých letech dvacátého století byly pozorovány první větší trhliny, boulení zdiva a vypadávání materiálu. Informace jsou pouze z ústního podání.
- Místa pro měření šířky, začátku a konce trhliny volí revizní mostmistr dle svého uvážení a bez označení pro možnost opakování a srovnání.
- V létě roku 1999 se přistoupilo k osazení sádrových terčů na trhliny v nejvíc postiženém místě. Sádrové terče neobsahují záznam o umístění.
- Od roku 2001 probíhají kontroly sádrových terčů 1 x za měsíc. Hodnotí se pouze praskl/nepraskl.

Dílčí závěr: V průběhu životního cyklu konstrukce mostu došlo ke značným změnám, které však nebyly důsledně zaznamenávány ze strany provozovatele dráhy. Místa měření jsou volena náhodně, bez možnosti porovnání výsledků s předchozím měřením.

### 3.3 Vyhodnocení změn v konstrukci a ve způsobu užívání za sledované období

Na základě předložených podkladů byly nalezeny příčiny, které se dají shrnout do následujících bodů:

- a) Destrukce třetí klenby v roce 1945.
- b) Nefunkční izolace proti vodě, proudění a kumulace podzemní vody za rubem přerovské opěry.
- c) Dosypání kolejového lože štěrkem v roce 1989 z důvodu zřízení bezстыkové koleje.
- d) Nárůst intenzity přepravy a zatížení v roce 1995 v souvislosti s elektrizací trati.
- e) Přetížení mostu dosypáváním štěrku pro zvyšování nivelety koleje.
- f) Prudký nárůst intenzity dopravy od roku 1995 bez odpovídajících stavebních úprav mostu.
- g) Ve sledovaném období od roku 1995 – 2002 nebyla prováděna žádná údržba mostu.

Dílčí závěr: Nárůst intenzity dopravy a zatížení provozovatel dráhy nezohlednil při plánování a realizaci stavebních počínů za účelem zvýšení únosnosti mostu.

### 3.4 Očekávaný proces degradace

- a) Bude narůstat šířka i délka trhlin.
- b) Rozsah poškozených klenáků v okolí trhlin bude vzrůstat.
- c) Množství vypadané malty ze spár bude narůstat.
- d) Dojde k rozdělení klenby trhlínami na jednotlivé klenbové pásy.
- e) Dojde ke ztrátě stability krajního klenbového pásu a jeho zřícení.

Dílčí závěr: Bez zajištění polohy konstrukce čtvrté klenby proti pohybu, bude vývoj poruch jednoznačně směřovat ke ztrátě stability. Zbytkovou životnost nezajištěné konstrukce je možno stanovit některou z pravděpodobnostních metod výpočtu spolehlivosti.

## 4. Závěr

### 4.1 Stavební stav posuzovaného mostu

Na konstrukci mostního objektu byly nalezeny závažné poruchy. Jejich aktivita jednoznačně směřuje ke ztrátě stability. Samotná existence poruch bezprostředně neohrožuje bezpečnost železničního provozu. Provozoschopnost mostu však musí být trvale omezena sníženou rychlostí na 30 km/h a snížením nápravových tlaků na 20 tun na nápravu.

### 4.2 K položeným otázkám

Otázka č. 1: Co je příčinou havarijního stavu mostu.

Odpověď:

Přirozený proces degradace mostu nebyl provozovatelem dráhy bržděn účinnou údržbou. Došlo k prudkému nárůstu intenzity zatížení bez předchozího zesílení konstrukce.

Otázka č. 2: Jaká opatření jsou nezbytná pro zachování bezpečnosti železničního provozu.

Odpověď:

Destrukci mostu lze spolehlivě odvrátit včasnou konstrukční úpravou čtvrté klenby. Součástí konstrukční úpravy by mělo být i zmonolitnění kamenné části mostu injektáží s hloubkovým přespárováním lícních kvádrů a celková rekonstrukce odvodnění mostu

včetně vodotěsné izolace nosné konstrukce.

Otázka č. 3: Jak se dalo havarijnímu stavu předejít.

Odpověď:

Před zvýšením intenzity zatížení je vždy nutné vyhodnotit vliv dopravy na zkrácení životnosti mostních objektů a navrhnout jejich zesílení.

Otázka č. 4: Zda byla stavba užívána v souladu s předpisy, v opačném případě, které předpisy byly porušeny.

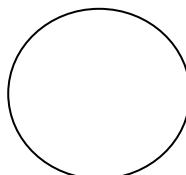
Odpověď:

Četnost provádění prohlídek a způsob archivace dokumentů je stanovena vyhláškou č. 177/95 Sb. v platném znění. Ustanovení této vyhlášky byla dodržena. Pro správu a údržbu mostů má provozovatel dráhy zpracován vlastní vnitřní předpis s označením S5 Správa mostních objektů. Ustanovení tohoto předpisu týkající se provádění údržby a plánování opravných prací byla dodržena. Předpis nestanovuje jaký stavební počín a v jakém časovém horizontu je nutné uskutečnit v souvislosti se zjištěným stavebním stavem mostu.

Přílohy:

- |                           |     |
|---------------------------|-----|
| 1. Příčný řez konstrukcí  | 1A4 |
| 2. Podélný řez konstrukcí | 1A4 |
| 3. Fotodokumentace        | 1A4 |

V Brně dne dd.mm.rrrr



Ing. Jan Kůrka  
Herčíkova 16, 602 00 Brno  
tel.: 724 526 124

**Znalecká doložka:**

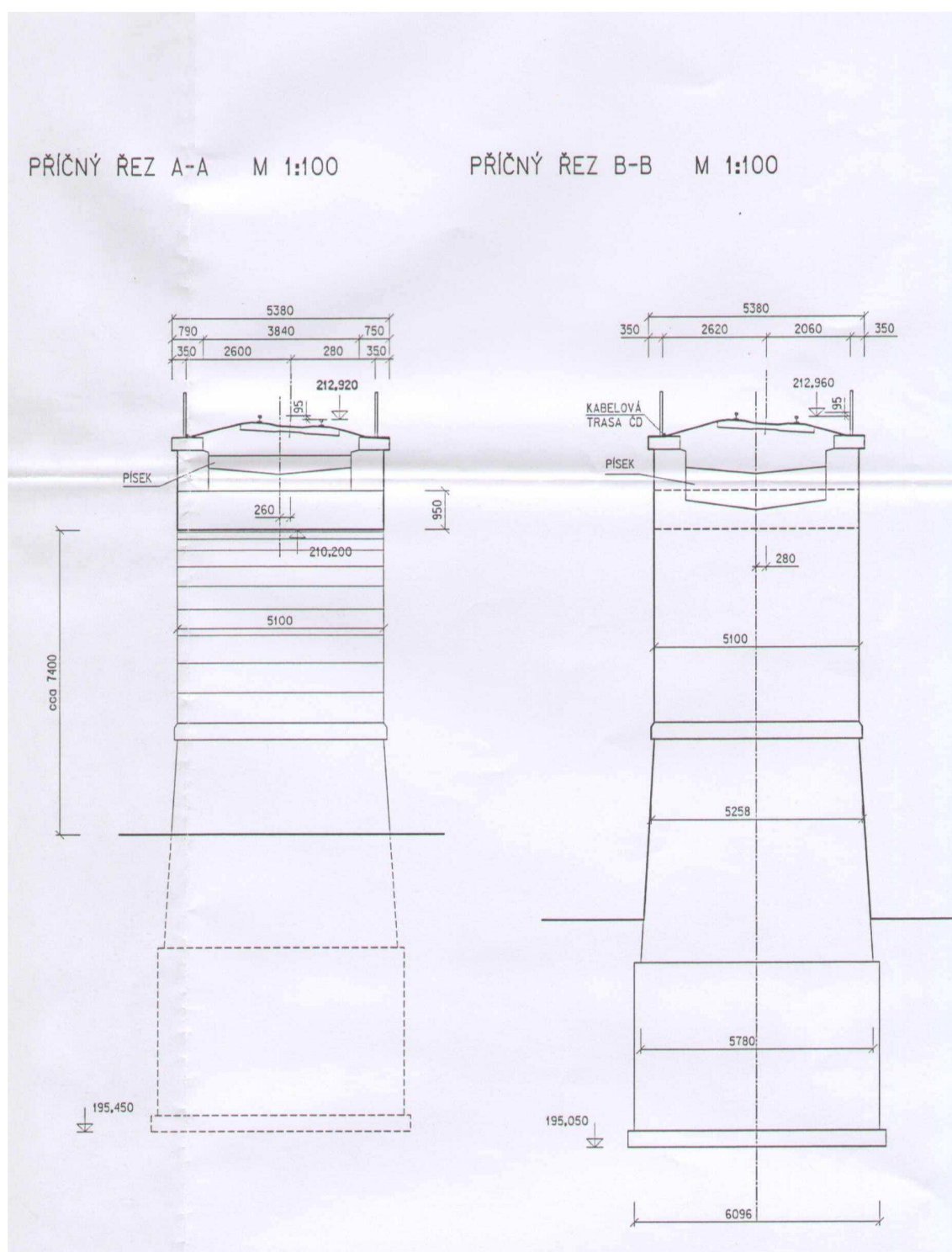
Znalecký posudek jsem vypracoval jako znalec jmenovaný rozhodnutím předsedy Krajského soudu v Brně ze dne dd.mm.rrrr, čj. Spr.YY/XX pro základní obor stavebnictví, specializaci stavby dopravní – mosty.

Znalecký posudek je zapsán ve znaleckém deníku pod č.29-3/02. Odměnu a náhradu nákladů účtuji na základě připojené faktury, doklad č.1

V Brně dne dd.mm.rrrr

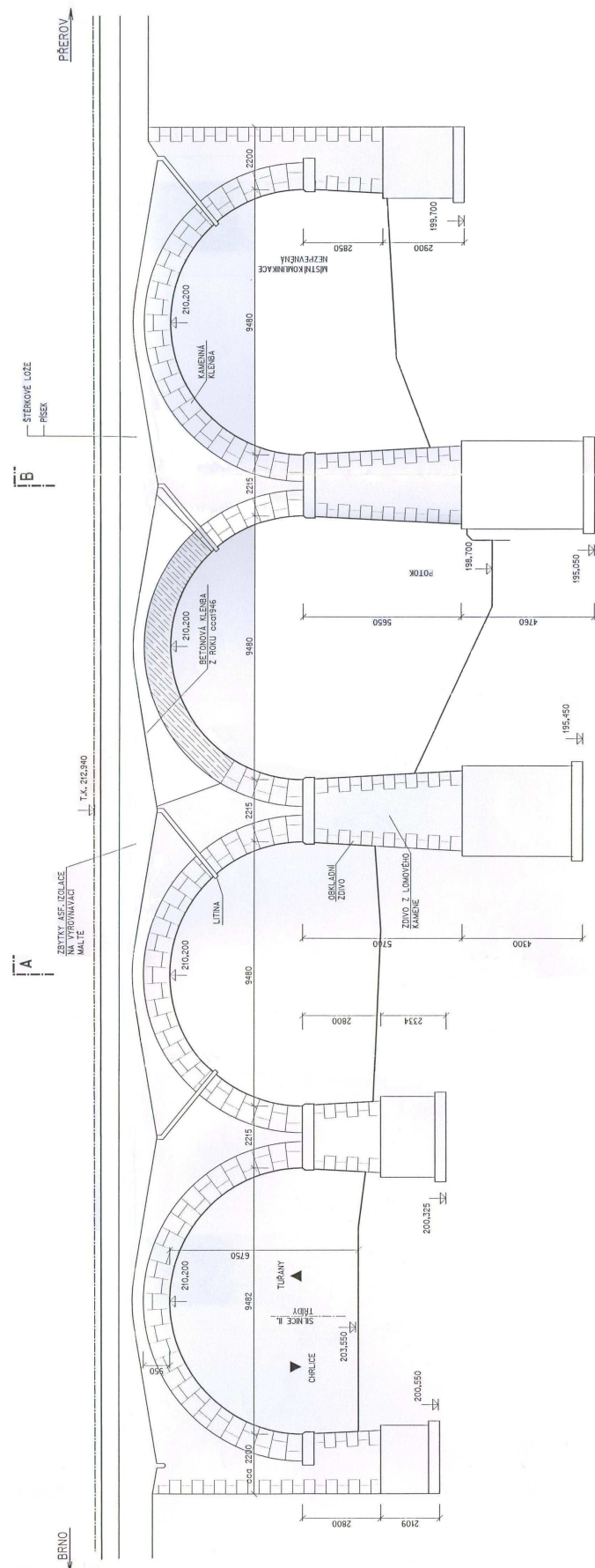
Ing. Jan Kůrka  
Herčíkova 16, 602 00 Brno  
tel.: 724 526 124

## Příloha č. 1. Příčný řez konstrukcí



MOST V KM 8,127 TRATI PŘEROV - BRNO

STÁVAJÍCÍ STAV - PODÉLNÝ ŘEZ M 1:100

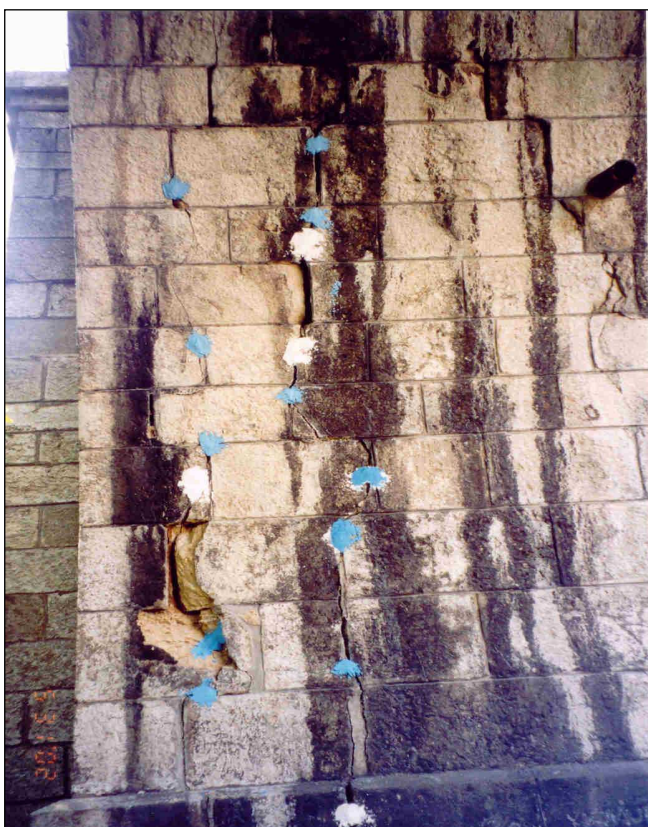


## Příloha č. 3. Fotodokumentace

Fotodokumentace zachycuje stavební stav železničního mostu v km 8,172 v obci Chrlice. Fotografie pořídil Ing. Jan Kůrka dne dd.mm.rrrr při místním šetření. K pořízení fotografií byl použit fotografický přístroj Praktica Bx20 s kinofilmem s citlivostí ISO 200.



Obr.1:  
Trhliny v čelním oblouku čtvrté klenby (pohled zprava)



Obr. 2:  
Tři hlavní trhliny ve čtvrté klenbě (pohled na přerovskou opěru)