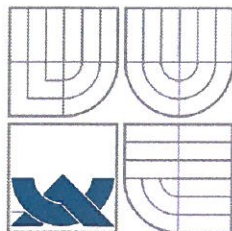


**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**METODIKA POSUZOVÁNÍ KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH  
STAVEB VYROBENÝCH Z PATINUJÍCÍ OCELI PRO  
SOUDNÍ ZNALCE**

METHODOLOGY FOR JUDICIAL EXPERTS ON ASSESSMENT OF STRUCTURES PRODUCED OF  
WEATHERING STEEL

**TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE**  
DOCTORAL THESIS

**OBOR**

**SOUDNÍ INŽENÝRSTVÍ**

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**ING. MILOSLAVA POŠVÁŘOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**DOC.ING.LEONARD HOBST CSC.**

**BRNO 06/2008**

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Pozemní stavby, ocelové konstrukce, patinující ocel, ocel se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, korozní oslabení, etalon, vizuální posouzení, svarové spoje, metodika, systém, technické podmínky, záruční doba, smluvní podmínky, obrazový katalog vad a poruch, soudní znalec, znalecký posudek.

## **KEY WORDS**

Structures, buildings, steel structures, weathering steel, thickness deficiency caused by corrosion, etalon, visual inspection, welds, methodology, technical condition, maintenance period, contract condition, judicial expert, Mott MacDonald's Atlas of Corrosion. Weathering Steel, expert assessment.

Disertační práce je uložena na Ústavu soudního inženýrství VUT v Brně, Údolní 53, budova U14, 1.patro

© Miloslava Pošvářová, 2008

# OBSAH

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>A ÚVOD</b>                                                                                       | 5  |
| <b>B SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY</b>                                                                 | 7  |
| <b>C CÍLE PRÁCE A METODY PRO DOSAŽENÍ CÍLE</b>                                                      | 8  |
| C.1 Cíle disertační práce                                                                           | 8  |
| C.2 Metody pro dosažení cíle                                                                        | 8  |
| <b>D METODY ZPRACOVÁNÍ</b>                                                                          | 9  |
| D.1 Experimentální část                                                                             | 9  |
| D.1.1 Režim chování oceli v atmosféře – obecný model                                                | 9  |
| D.1.2 Diagnostika konstrukcí v experimentální části                                                 | 17 |
| D.2 Teoretická část                                                                                 | 17 |
| <b>E VÝSLEDKY PRÁCE</b>                                                                             | 18 |
| E.1 Základní způsob přístupu soudního znalce                                                        | 18 |
| E.2 Aspekty, které jsou soudním znalcem posuzovány ve znaleckém posudku                             | 20 |
| E.2.1 Obecná teorie vypracování posudku                                                             | 20 |
| E.2.2 Konkrétní kroky znalce při vypracování posudku                                                | 23 |
| (Členění znaleckého posudku)                                                                        |    |
| 1. NÁLEZ                                                                                            |    |
| 1.1 SPISOVÝ MATERIÁL                                                                                |    |
| 1.2 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE OCELOVÉ KONSTRUKCE                                                       |    |
| 1.3 SMLUVNÍ PODMÍNKY                                                                                |    |
| 1.4 STAVEBNÍ, MONTÁŽNÍ DENÍKY, NATĚRAČSKÉ DENÍKY                                                    |    |
| 1.5 DODACÍ LISTY, FAKTURY                                                                           |    |
| 1.6 ZÁPISY Z DÍLENSKÝCH PŘEJÍMEK, MONTÁŽNÍCH PROHLÍDEK OCELOVÉ KONSTRUKCE, VČETNĚ VEŠKERÝCH DOKLADŮ |    |
| 1.7 ZÁPIS Z HLAVNÍ PROHLÍDKY V DOBĚ UVEDENÍ DO PROVOZU                                              |    |
| 1.8 ZÁPIS Z PŘEDÁNÍ A PŘEVZETÍ STAVBY                                                               |    |
| 1.9 PROTOKOLY GEODETICKÉHO ZAMĚŘENÍ KONSTRUKCE                                                      |    |
| 1.10 VÝSLEDKY MĚŘENÍ TLOUŠTKY OCELOVÝCH PROFILŮ                                                     |    |
| 1.11 ZÁPIS Z HLAVNÍCH PROHLÍDEK, BĚŽNÝCH A MIMOŘÁDNÝCH PROHLÍDEK, VČETNĚ PŘÍLOH                     |    |
| 1.12 ZÁPIS Z PROVÁDĚNÉ ÚDRŽBY KONSTRUKCE                                                            |    |
| 1.13 MÍSTNÍ ŠETŘENÍ                                                                                 |    |
| 2. POSUDEK                                                                                          |    |
| 2.1 ZNALECKÝ ÚKOL, PŘESNÁ CITACE                                                                    |    |
| 2.2 SYSTÉM ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ NÁLEZU DO DIAGRAMU NÁLEZU                                            |    |
| 2.3 ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH PŘÍČIN NÁLEZU                                                              |    |
| 2.4 VYHODNOCENÍ ANALÝZY PŘÍČIN                                                                      |    |
| 2.5 ZÁVĚR POSUDKU                                                                                   |    |
| <b>F ZÁVĚR</b>                                                                                      | 26 |
| <b>G LITERATURA</b>                                                                                 | 27 |
| <b>H ABSTRAKT (ANGLICKÁ VERZE)</b>                                                                  | 35 |
| <b>I AUTOROVO CV</b>                                                                                | 35 |

## Seznam zkratek a symbolů

V disertační práci byly použity tyto zkratky a symboly.

„**AASHTO**“ – American Association of State Highway and Transportation Officials

„**ASTM**“ (**American Society for Testing and Materials**) – Americká asociace pro zkušebnictví a materiály

„**ATMOFIX**“ – česká obchodní značka pro patinující ocel, dodávaná podle ČSN 41 5217 (ATMOFIX A) a ČSN 41 5127 (ATMOFIX B).

„**CH.R.L.**“ – chemické rozmrazovací látky, v ČR 18 - 21 % roztok NaCl nebo CaCl<sub>2</sub>, používá se podle pokynů Ředitelství silnic a dálnic ČR.

„**koroze**“ – fyzikálně – chemická reakce kovu a prostředí, vedoucí ke změnám vlastností kovu a znehodnocení prostředí.

„**korozní agresivita atmosféry**“ – schopnost atmosféry vyvolávat korozi v daném korozním systému.

„**korozní index I**“ – údaj, získaný výpočtem podle ASTM G 101-04. Určuje základní rozlišení způsobilosti patinující oceli vytvořit na svém povrchu ochrannou vrstvu.

„**NCHRP**“ – National Cooperative Highway Research Program Report

„**patinující ocel (ocel se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi)**“ – dříve používaný název, nízkolegovaná konstrukční svařitelná ocel, se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.

„**PK**“ – pozemní komunikace

„**RDS**“ – realizační dokumentace stavby

„**stupeň korozní agresivity atmosféry**“ – stupeň, vyjadřující intenzitu korozního působení v závislosti na obsahu škodlivých látek v atmosféře a na době ovlhčení povrchu kovu (termín a jeho definice, používaná ve VN 73 1466).

„**TKP MD ČR**“ – technické a kvalitativní podmínky Ministerstva dopravy České republiky

„**TP MD ČR**“ – technické podmínky Ministerstva dopravy České republiky

„**ZDS**“ – zadávací dokumentace stavby

„**životnost OK**“ – očekávaná doba funkce ocelové konstrukce.

„**OK**“ – ocelová konstrukce

„**PKO**“ – protikorozní ochrana (myšlen povlak na ocelové konstrukci)



## A ÚVOD

Smyslem a náplní disertační práce je návrh metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, se zaměřením na hodnocení ochranné vrstvy oceli, pro soudní znalce.

Pro pochopení celé práce je třeba nejprve vysvětlit, co jsou patinující oceli a jak se odlišují od běžných jakostí ocelí. Patinující oceli, podle současných norem nazývané: oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, se svým charakterem chování řadí mezi mikrolegované korozivzdorné oceli, tedy oceli, které odolávají procesům koroze. Patinující oceli byly vyvinuty v USA ve 30. letech minulého století z ocelí mikrolegovaných mědí. Zjistilo se totiž, že ocel vyrobená ze šrotu, kde nebylo možné metalurgicky odstranit měď, má vyšší odolnost vůči vlivům atmosféry než ocel, vyrobená ze surového železa. Postupně se složení ocelí ustálilo na legurách Cu, P, Cr, Ni, Mo, V, Nb a Ti. Výrobci těchto ocelí, US Steel, Bethlehem Steel, Stelco, Great Lakes Steel, Republic Steel, Armco, Kaiser Steel dodávali na trh v USA tyto oceli pod obchodním názvem COR -TEN A, COR -TEN B, MAYARI R - 50, STELCOLOY 50, REPUBLIC 50, apod. Ocel je schopná vytvářet (při působení venkovské nebo městské atmosféry) na svém povrchu vrstvu korozních produktů, která brzdí další korozní proces.

Použití této oceli bylo vyznané zejména pro výrobu železničních vagónů a kontejnerů, později také pro výrobu zejména dálničních mostů. Ocel se následně rozšířila i na evropský kontinent. Její použití bylo určeno převážně pro venkovní neuzavřené konstrukce, jediný omezující vliv bylo limitované znečištění vnější atmosféry  $\text{SO}_2$ . České směrnice pro použití těchto ocelí [67] uváděly kritickou hranici znečištění  $\text{SO}_2$  pro vznik ochranné vrstvy oceli pro přijatelnou korozní rychlost  $90 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$  (v zahraniční literatuře [2] je uváděna limitní hranice  $50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ).

Oceli byly vyráběny také v České republice, a to pod obchodním názvem ATMOFIX A a ATMOFIX B a jejich vývoj a použití bylo významně finančně podporováno tehdejšími socialistickým politickým systémem v rámci činnosti Koordinačního výboru pro zavádění oceli se zvýšenou odolností proti korozi do národního hospodářství. Vývoj ocelí byl řešen ve spolupráci se zeměmi RVHP, převážně s NDR a SSSR. Prognózy o používání těchto ocelí z let 1971 až 1976 byly velmi optimistické a byly směřovány k úplné náhradě konstrukčních uhlíkových ocelí za oceli patinující do 15 až 20-ti let.

**Přínosem disertační práce pro obor soudního znalectví je vypracování základní metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, se zaměřením na vyhodnocení ochranné vrstvy oceli, která ji chrání před degradací korozních účinků. V České republice ani v rámci EU neexistuje žádný standard, podle kterého by mohla být tato problematika jednoznačně posouzena.**

V rámci disertační doktorské práce byly současně vytvořeny originální etalony, metodiky měření a systém katalogu vad :

- 1) etalon koroze oceli pro vizuální posuzování ocelových konstrukcí
- 2) etalon koroze svarů pro vizuální posuzování ocelových konstrukcí,
- 3) metodika měření korozního oslabení ocelových konstrukcí během jejich životnosti
- 4) Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli.

V současné době (červen 2008) je metodika uvedená v této disertační práci zapracována do technických podmínek ministerstva dopravy ČR, je předmětem připomínkového řízení a bude během roku 2008 vydána jako TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli. Po mezinárodní recenzi Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli, bude katalog vydán v české a anglické verzi jako monografie.



ochranné vrstvy oceli a nemůžeme zásadně porovnávat například ocelové mosty v Itálii a v České republice. Pro vytvoření metodiky bylo třeba prostudovat značné množství zahraniční literatury, viz seznam použitých zdrojů. Výzkum těchto ocelí není zdaleka ukončen, proto se dá očekávat další nutná aktualizace metodiky v následujících letech zejména proto, že se vyvíjejí nové typy těchto ocelí, které mohou přinést odpovědi na skutečné chování ocelí nejdříve po 10 letech po jejich zabudování.

## **C CÍLE PRÁCE A METODY PRO DOSAŽENÍ CÍLE**

### **C.1 Cíle disertační práce**

Hlavním cílem disertační práce je vypracování metodiky pro posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli pro soudní znalce. Výhodou je, že pravidla pro navrhování, výrobu, montáž a záruční podmínky pro stavby pozemních komunikací jsou shodné, protože jsou vypracovány jedním autorem. Kritéria jsou tedy vzájemně provázána.

Schválením a přijetím technických podmínek TP Ocelové mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli [99], se tato disertační práce stane prakticky použitou pro všechny stavby v České republice, v působnosti ministerstva dopravy.

### **C.2 Metody pro dosažení cíle**

Pro dosažení cíle bylo třeba nejprve autorem této disertační práce vytvořit technické a kvalitativní podmínky pro ocelové konstrukce obecně, včetně jejich schválení. Technické a kvalitativní podmínky určené pro stavby pozemních komunikací, platné pro resort ministerstva dopravy, TKP kapitola 19 Ocelové mosty a konstrukce [102] vycházejí z více jak 21 let zkušeností autora na stavbách pozemních komunikací, viz životopis. Obsahují obecné specifikace pro provádění ocelových konstrukcí a mostů, včetně povlaků protikorozní ochrany. Proto jsou v předložené metodice soudního znalce uváděny odkazy na tyto základní TKP.

Technické a kvalitativní podmínky TKP kapitola 19 byly schváleny a vydány ministerstvem dopravy ČR pod číslem MD-OI, č.j.230/08-910-IPK/1 ze dne 12.3.2008, platí s účinností od 1.dubna 2008.

Souběžně s tvorbou technických a kvalitativních podmínek TKP kapitola 19, autor této disertační práce zpracoval experimentální a následně teoretickou část výzkumu a diagnostiky konstrukcí vyrobených z patinující oceli, tedy speciální části TKP kapitoly 19.

Experimentální část disertační práce probíhala v letech 2006-2007, tedy 2 roky, ve formě diagnostiky ocelových konstrukcí, které byly vyrobeny a zabudovány v letech 1975 – 1994. Až teprve poté, co byly získány informace o chování ocelových konstrukcí, bylo možné vytvořit teoretickou část disertační práce.

Teoretická část této disertační práce obsahuje zásady pro posuzování ocelových konstrukcí vyrobených z patinující oceli, na základě realizovaných vizuálních prohlídek konstrukcí, podle originálně vytvořeného etalonu koroze oceli, tabulka 1 a etalonu koroze svarů, tabulka 2 těchto tezí. Etalony byly zjišťovány a sestaveny v experimentální části, na základě realizovaných prohlídek konstrukcí. Současně byla vytvořena metodika měření ocelových profilů během životnosti konstrukcí a stanovení jejich oslabení korozními procesy. Disertační doktorská práce v teoretické části obsahuje metodiku sestavení Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli. Teoretická část řeší jednotlivé kroky, které musí být soudním znalcem učiněny, při vypracování znaleckého posudku.

## **D METODY ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE**

Disertační práce je koncepčně rozdělena do dvou částí:

- D.1 Experimentální část
- D.2 Teoretická část

V experimentální části práce (2006-2007) bylo řešeno na základě pochopení mechanismu koroze oceli, chování skutečných, zabudovaných ocelových konstrukcí ve vnější atmosféře. Byly vytvořeny rozsáhlé fotodokumentace vad a poruch konstrukcí, které sloužily jako materiál pro vytvoření originálních etalonů koroze oceli a svarů a k vytvoření Obrazového katalogu vad a poruch.

V teoretické části práce (2007-2008) byly výsledky experimentální části zpracovány.

### **D.1 Experimentální část**

Pro pochopení chování patinující oceli v korozním prostředí je třeba znát teorii vzniku koroze oceli.

#### **D.1.1 Režim chování oceli v atmosféře – obecný model**

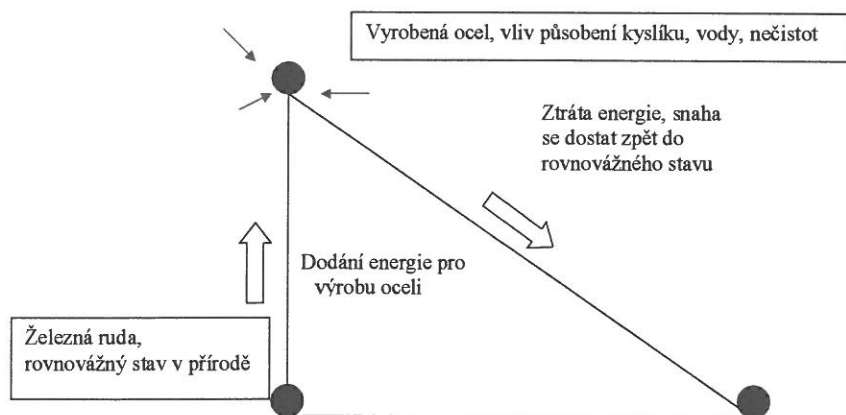
Koroze oceli souvisí s jejím vystavením vlivu atmosféry. Jedná se o interakci materiálu a prostředí, za podmínky působení vody a kyslíku, ale také znečištění, které je ve vzduchu přítomno, zejména vliv  $\text{SO}_2$ . Rychlost koroze je snižována vznikajícími korozními produkty, oxidy železa a dalšími nově se vytvářejícími chemickými sloučeninami. Tento proces můžeme definovat jako soubor chemických reakcí. Chemická reakce je současně elektrochemickým procesem v přírodě, protože se uvolňují a přemísťují elektrony. Tyto procesy je možné vysvětlit následovně. V přírodě volně se vyskytující železná ruda je za přidání velkého množství energie přeměněna na ocel, ale ta má tendenci se vrátit zpět do původního přírodního stavu. Tomu napomáhá působení vody, kyslíku,  $\text{SO}_2$  a dalšího znečištění, které je přítomno ve vzduchu. Proces je zřejmý z (obr. 1). Železná ruda, která je těžena

v přírodě, je s přidáním energie redukována a přetvořena do – oceli. Ocel se snaží při současném působení atmosféry (kyslíku, vody, nečistot) vrátit zpět do základního energetického stavu, se současnou ztrátou energie, do stavu železné rudy.

Cílem výzkumných pracovníků a týmů specialistů jako Bucka, Taylersona, Larrabee, Coburn [1] bylo vytvořit ocel, která by svým chemickým složením a energetickým obsahem simulovala stav železné rudy v přírodě, která by byla schopna vytvořit samoochrannou oxidickou vrstvu, která by zajistila rovnovážný stav uměle vytvořené oceli, podobně, jako to umí zinek nebo hliník v přírodě.

Podle publikované teorie v [1] je možné popsat tři druhy atmosférických korozních procesů, a to:

- Korozní proces 1 - Reakce se vzdušnou vlhkostí a kyslíkem
- Korozní proces 2 - Regenerační cyklus s kyselinou sírovou
- Korozní proces 3 - Elektrochemický cyklus



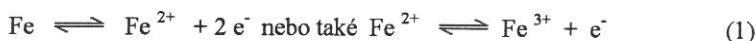
Obr. 1: Snaha oceli o návrat do stavu původní, přírodní železné rudy

### Korozní proces 1 - Reakce se vzdušnou vlhkostí a kyslíkem

Nejprve je třeba vysvětlit reakci povrchu oceli se vzdušnou vlhkostí a kyslíkem. Když je ocel napadena vlhkostí v přírodní atmosféře, prvním oxidačním produktem jsou vzniklé ionty železa ve formě  $\text{Fe}^{2+}$ . Série reakcí, které budou dále popisovány, byla publikována v pracích Kunze (1974) a v dalších.

Reakce na anodě:

Železo se na anodě za působení vlhkosti rozpouští podle reakce:

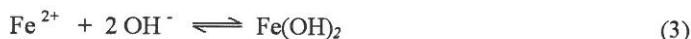


Reakce na katodě:

Současně na katodě, pro vyrovnaní rovnováhy, jsou přijímány z anody uvolněné elektrony, které reagují s kyslíkem a vodou a vznikají hydroxidové ionty (kyslíková depolarizace). Reakce probíhají v rozmezí pH 4 až 10:



A následně vzniká reakce:

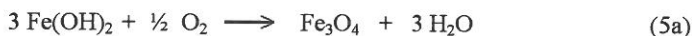


Rychlost této reakce je závislá na rychlosti průniku kyslíku k povrchu oceli a také na tom, jestli je povrch oceli relativně čistý nebo je již pokrytý silnými ale porézními korozními produkty. Korozní produkty (oxidy a hydroxidy železa) na povrchu oceli vznikají právě při prostředí, charakterizované hodnotou pH 4 – 10.

Dále však dochází k další reakci, a to:



Jestliže není přísun kyslíku dostačující, předchozí reakce se mění na :



nebo podle Hillera (1966):



Uvedené reakce se vzdušnou vlhkostí jsou pozvolné. Vlhký vzduch, dokonce i když je nasycený vodou, má při nepřítomnosti prachu a nečistot jen mírné korozní účinky. Avšak jestliže se vyskytnou aktivní stimulatory koroze, jako průmyslové prostředí, chloridové ionty, dochází k rychlé korozi povrchu oceli.

## Korozní proces 2 - Regenerační cyklus s kyselinou sírovou

Dále je třeba se věnovat popisu regeneračního cyklu s kyselinou sírovou.

Neznámějším znečištěním v průmyslovém prostředí je oxid siřičitý  $\text{SO}_2$ . Za jeho přítomnosti v prostředí dochází k následujícím, níže uvedeným reakcím.

Na povrchu rzi jako katalyzátoru, dochází ke vzniku kyseliny sírové (souhrnná reakce):



Kyselina sírová napadá železo a vzniká síran železnatý, relativně agresivní a nebezpečný odpad, který dále reaguje s kyslíkem a vodou. Následujícími reakcemi vzniknou korozní produkty železa a uvolní se zpět kyselina sírová. Proto název regenerační cyklus s kyselinou sírovou:



Rovnice ukazují, že spotřebovaná kyselina sírová se teoreticky opět regenerovala (působí jako katalyzátor koroze). V případě, že se přeruší dodávka  $\text{SO}_2$ , může koroze pokračovat elektrochemickou reakcí.

## Korozní proces 3 - Elektrochemický cyklus

Jako poslední je třeba vysvětlit elektrochemický cyklus.

Pro objasnění tohoto jevu se používá dvouvrstevný model oxidů, který si můžeme představit na povrchu oceli. Model vytvořil Kunze v roce 1974.

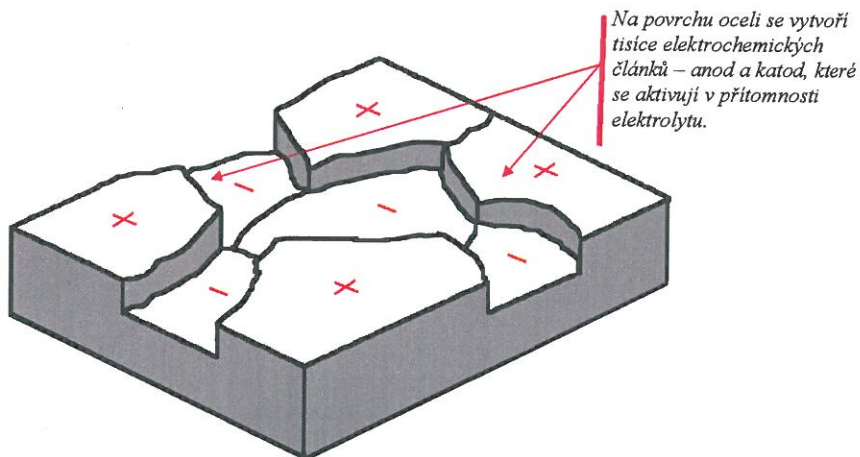
Model obsahuje dolní, vnitřní vrstvu a horní, vnější vrstvu.

Model je zřejmý na obr. 3, vrstvy jsou rozděleny červenou oxidačně-redukční hranicí.



Existence a funkce modelu je založena na následujících předpokladech:

1. Působením vlivu vlhkosti a  $\text{SO}_2$  se na povrchu oceli vytvoří rez.
2. Na povrchu oceli se vytvoří elektrické články - anoda a katoda, (obr.2).
3. Na povrchu oceli v místě anody a katody vznikají reakce, uvedené pod čísla reakcí (10) až (14)



Obr. 2: Model povrchu oceli

Na anodě:

Uvolňují se elektrony za vzniku iontů železa.



V přítomnosti  $\text{SO}_4^{2-}$  ve vrstvě rzi se vytváří:

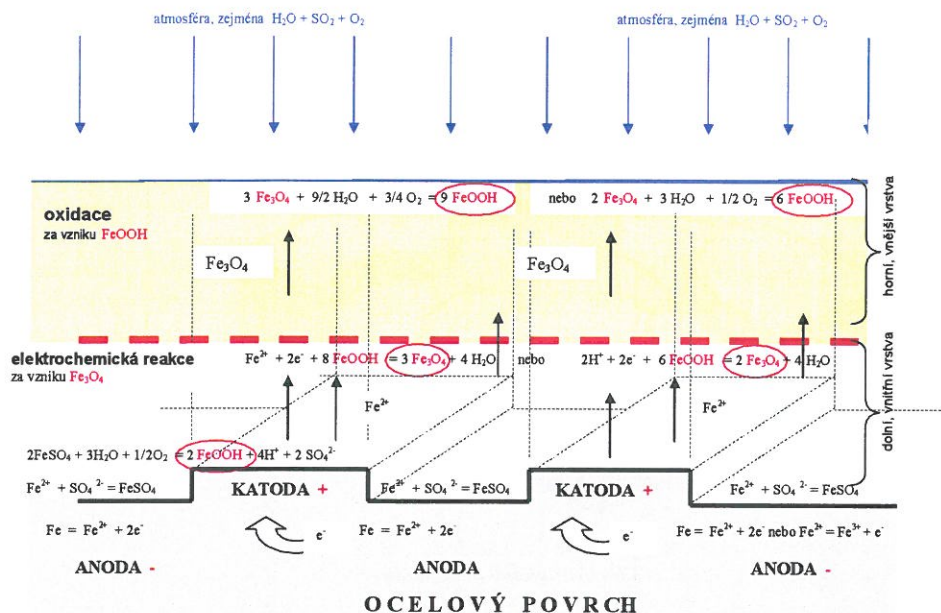


Dále dochází k reakci na anodě:



Na katodě:

Volné elektrony putují na katodu a dále k červené linii. V zóně katody na červené linii reagují na:



Obr. 3 : Dvouvrstevný korozní model povrchu uhlíkové oceli [1]

Na katodě nad červenou linií, kam proudí čerstvý kyslík a voda z atmosféry, probíhá reakce:



Červená linie odděluje horní a dolní vrstvu, kdy v horní vrstvě se chemickou oxidací mění magnetit na  $\text{FeOOH}$  a v dolní vrstvě, pod červenou linií elektrochemickou reakcí (redukci) vzniká z  $\text{FeOOH}$  magnetit.

Sloučeniny  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeOOH}$  mají zásadní vliv na ochrannou funkci povrchu oceli a jejich tvorba závisí na době ovlhčení a přísunu kyslíku. Proto není možné tyto reakce chápat jako stacionární a všeobecně platné.

### Mechanismus koroze patinující oceli

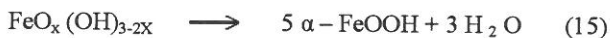
Jestliže do chemického složení oceli dodáme některé prvky, jako měď, nikl, molybden, chrom, fosfor, křemík, získáme ocel s jiným mechanismem koroze, než má uhlíková ocel bez těchto prvků.

Předpokládáme elektrochemický model koroze. Na rozdíl od uhlíkové oceli, kde se uvolňují ionty  $\text{H}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , se u legované oceli uvolňují ionty  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  a to v dolní vrstvě modelu, velmi blízko povrchu oceli. Teorie byla publikována v Japonsku - Misaka již v letech 1971, 1973, 1974 [1], [2].

Uvolňování iontů je umožněno proto, že během doby ovlhčení povrchu patinující oceli se červená zóna posunuje blíže k povrchu oceli, což způsobuje ztrátu  $\text{H}^+$ , pH prostředí obklopující povrch oceli se zvyšuje, čímž se ionty  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  uvolňují.

Teorie podle [1] popisuje následující mechanismus chování patinující oceli:

V prvním stádiu smáčení povrchu deštěm, který obsahuje  $\text{SO}_2$  se vytváří na povrchu oceli kyselé prostředí o  $\text{pH} = 4$ . Vodní film s tímto nízkým  $\text{pH}$  pokryje povrch oceli a řídí vytvoření struktury  $\gamma - \text{FeOOH}$  (lepidokrokit, oranžové až hnědé zbarvení povrchu oceli s destičkovými krystaly), má ochrannou funkci oceli. Dalším deštěm tato struktura hydratuje a vytváří se amorfni oxidohydroxid železitý  $\text{FeO}_x(\text{OH})_{3-2x}$ . Protože vrstva rzi je kompaktní, tvrdá a s malým množstvím trhlin, drží dobře vlhkost, vysychá pomaleji než povrch uhlíkové oceli (kde je vrstva rzi prachovitá), během vysychání povrchu oceli se struktura transformuje na:



V následujícím období tedy vznikají z  $\text{FeO}_x(\text{OH})_{3-2x}$  struktury  $\alpha - \text{FeOOH}$  (goetit, nejstabilnější oxihydroxid železitý, hnědá nebo žlutá barva, tvar destiček s hladkým povrchem nebo může být jehličkovitý nebo vláknitý), vytváří ochrannou funkci oceli.

Kromě těchto struktur vznikají na povrchu oceli další fáze  $\text{FeOOH}$  a další sloučeniny železa:

$\beta - \text{FeOOH}$  – akagenit

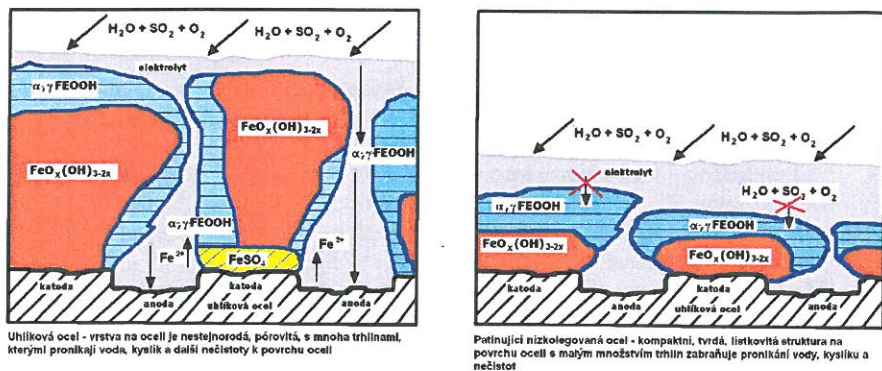
$\delta - \text{FeOOH}$  – amorfni složka

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  – magnetit

$\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$  – hematit

$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$  – maghemit.

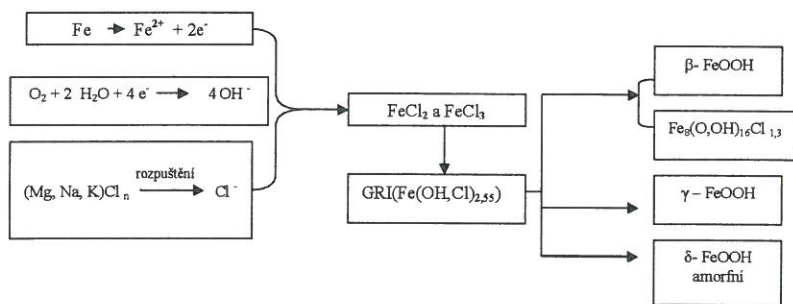
Rozdíl mezi vzniklými strukturami na povrchu oceli uhlíkové a patinující je vysvětlen na obr. 4 .



Obr.4: Rozdíl ochranné struktury na povrchu uhlíkové a patinující oceli [1]

## Poslední publikované výzkumy z roku 2007

Obecný model chování patinující oceli v přímořském prostředí je popsán podle posledních publikovaných výzkumů v roce 2007 podle obr.5 následovně:



Obr.5: Chování patinující oceli v přítomnosti chloridových iontů

GRI(Fe(OH,Cl)<sub>2,55</sub>) je zelená rez I (green rust I), která vzniká za neutrálního nebo lehce zásaditého prostředí (výzkum publikovaný v ScienceDirect v roce 2007, 22.června, výzkum číslo 50499331 Čína). Z GRI se vytváří oxidací největší

množství  $\beta$ -FeOOH a  $\text{Fe}_8(\text{O},\text{OH})_{16}\text{Cl}_{1,3}$ , malé množství se vzdušnou oxidací mění na struktury  $\gamma$ -FeOOH a dále se vytváří amorfni  $\delta$ -FeOOH. Akagenit  $\beta$ -FeOOH navíc absorbuje do porézní struktury chloridové ionty.

Akagenit  $\beta$ -FeOOH a  $\text{Fe}_8(\text{O},\text{OH})_{16}\text{Cl}_{1,3}$  slouží jako zásobárna chloridových iontů, které se aktivují za vzniku vlhkosti. Výsledná struktura rzi je vrstevnatá, tvrdá s množstvím trhlin, charakter povrchu oceli je nerovný, s velkým množstvím výškových nerovností (důlků). Z výše uvedeného popisu vývoje ochranné vrstvy na povrchu patinující oceli je zřejmé, že charakter koroze je nerovnoměrný, závisí na poměru velikostí anody a katody, na vlivu prostředí, množství a přítomnost solí, stejně jako na struktuře a chemickém složení oceli, jaké důlky se vytvoří.

Tento výzkum je pro země, kde se během zimní údržby používají NaCl nebo  $\text{CaCl}_2$  jako součást chemických rozmrazovacích látek (CH.R.L.), velmi důležitý. Je totiž prokázáno, že podle [1] a [2] je vliv zimní údržby na chování oceli významnější, než vliv přímořského prostředí. Přítomnost chloridových iontů zabráňuje tvorbě ochranné vrstvy na oceli a způsobuje vznik vrstevnatých korozních struktur s významným důsledkem na oslabení tloušťky oceli.

Z výše uvedené teorie je zřejmé, že se názor na tvorbu ochranné vrstvy patinující oceli od 80-tých let minulého století výrazně změnil, zejména v tom, že se měnily používané oceli. Patinující oceli, používané v současné době, obsahují totiž výrazně vyšší množství niklu, než dříve, tudíž ochranné sloučeniny na povrchu oceli jsou jiného charakteru.

### D.1.2 Diagnostika konstrukcí v experimentální části

Poté, co autor disertační práce získal potřebné teoretické znalosti o vzniku koroze na oceli, byla provedena diagnostika ocelových konstrukcí vyrobených z patinující oceli.

Jednotlivé ocelové konstrukce byly prohlédnuty, byly zaznamenány podle metodiky uvedené v části E.2. Opakující se systémové vady a poruchy konstrukcí byly zaznamenány do schematických formulářů. Byly odebrány vzorky ocelí pro stanovení struktury koroze oceli (vizuální etalon koroze), byla provedena fotodokumentace jednotlivých částí konstrukce. Po dvou letech prohlídek ocelových konstrukcí bylo zahájeno zpracování výsledků pro vytvoření metodiky posuzování konstrukcí, v letech 2007-2008.

## D.2 Teoretická část

Na základě výsledků experimentální části bylo možné vytvořit metodiku pro soudní znalce, která je koncentrovaná v teoretické části práce. Vychází ze zákonných požadavků na vypracování posudků, ze zákona č.36/1967 Sb. o znalcích a tlumočnících a vyhlášky ministerstva spravedlnosti č.37/1967 Sb., ve znění platných předpisů. To znamená, že vytvořená metodika a novost posuzování

konstrukcí byla zapracována do obecné formy členění znaleckého posudku tak, aby byla pro soudní znalce srozumitelná a snadno pochopitelná. Je samozřejmé, že posuzování konstrukcí z patinující oceli vyžaduje odbornou kvalifikaci znalce. Tato odbornost je uvedena v technických a kvalitativních podmínkách ministerstva dopravy, v TP Ocelové mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli [99] a také v tabulce 1 originálu disertační práce.

Přínos disertační práce spočívá ve vlastním vytvoření metodiky posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli, protože do doby přijetí této metodiky nemůže soudní znalec posudek seriózně a odborně vypracovat z důvodu neexistence standardů pro posuzování těchto konstrukcí.

V této disertační práci je dále originálně řešen a sestaven:

- Etalon koroze oceli, tabulka 20 [99];
- Etalon koroze svarů, tabulka 21 [99];
- Metodika měření korozního oslabení oceli, kapitola E.2.2 [99];
- Metodika provedení prohlídek ocelových konstrukcí, včetně záznamu, kapitola E.2.2 [99];
- Metodika sestavení Obrazového katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli, Příloha J [99] [101].

## E VÝSLEDKY PRÁCE

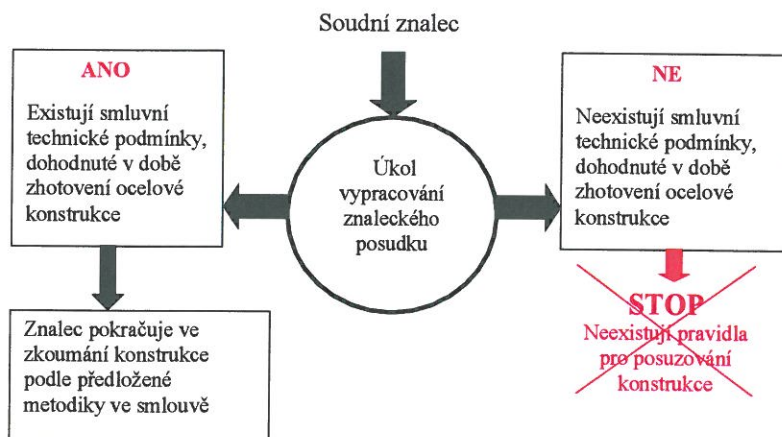
### E.1 Základní způsob přístupu soudního znalce

Soudní znalec, který posuzuje konstrukci vyrobenou z patinující oceli, musí znát smluvní podmínky, za kterých je použití této oceli investorem (objednatelstavby) povoleno. Výrobce oceli neposkytuje podle výrobních norem oceli podle platných standardů (ČSN EN 10025-5) záruku na vytvoření ochranné vrstvy oceli. Záruky jsou poskytovány pouze na: chemické složení oceli a její mechanické vlastnosti [92].

Z tohoto důvodu je postup soudního znalce popsán podle schématu 1.

V případě, že neexistují smluvní technické podmínky pro dodávku, výrobu, záruční podmínky pro ocelovou konstrukci vyrobenou z patinující oceli, soudní znalec nemůže využít žádných platných pravidel pro vypracování posudku, ani českých ani evropských standardů, protože žádné neexistují. Přínosem této disertační práce je současně stanovení pravidel, jak tyto konstrukce posuzovat s ohledem na tvorbu ochranné vrstvy oceli, současně s vytvořením technických podmínek pro ministerstvo dopravy TP Mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, z roku 2008 [99].





*Schéma 1: Základní způsob přístupu soudního znalce k řešení posudku konstrukce vyrobené z patinující oceli*

V opačném případě, jestliže smluvní technické podmínky existují, pokračuje znalec v jejich rozboru podle stanovených pravidel, uvedených v této metodice, musí však být uvedeny ve smluvních podmínkách. Pokud jsou uvedeny ve smluvních podmínkách dodávky stavby, jsou zde jednoznačně stanoveny veškeré parametry výrobu/konstrukce, včetně záručních podmínek. Potom je třeba, aby soudní znalec správně postupoval v posuzování konstrukce v záruční době a po jejím skončení. Odborná kvalifikace soudního znalce by měla odpovídat předepsané odborné kvalifikaci inspektorů (pracovníků objednatele), která je požadována těmito technickými podmínkami. Požadavky na kvalifikaci specialistů, kteří posuzují ocelovou konstrukci vyrobenou z patinující oceli, v rámci její životnosti, jsou uvedeny v tabulce 1 disertační práce.

Činnost specialistů (inspektorů) probíhá v rámci hlavních a mimořádných prohlídek mostů podle ČSN 73 6221.

## **E.2 Aspekty, které jsou soudním znalcem posuzovány ve znaleckém posudku**

### **E.2.1 Obecná teorie vypracování posudku**

Metodika posuzování konstrukcí vyrobených z patinující oceli vychází z obecně platných požadavků na vypracování znaleckého posudku podle zákona č.36/1967 Sb., o znalcích a tlumočnících a podle vyhlášky Ministerstva spravedlnosti č.37/1967 Sb., v platném znění. Jednotlivé aspekty, které jsou soudním znalcem posuzovány jsou uvedeny ve schématu 2.

Soudní znalec nejprve na základě studia dokladů a z výsledků místního šetření vypracuje část nazývanou 1.Nález. V nálezu, který soudní znalec postupně vyplňuje podle jednotlivých předepsaných bodů, se začínají shromažďovat údaje o příčinách posuzovaných jevů. Pokud využije návrh diagramu nálezu, podle schématu 3, bude mít jednodušší práci při vypracování části 2. Posudku. Z vyplněného diagramu nálezu je zřejmé, kde jsou zjištěné nesrovnalosti. Pokud se nesrovnalosti přímo uvedou ve slupci 2, například nepřípustné oslabení tloušťky profilu, je zřejmé, jakým směrem se bude ubírat výsledný posudek a soudní znalec neopomene žádný aspekt posuzovaného vlivu na ocelovou konstrukci.

V disertační práci je kromě systému běžného posuzování jednotlivých dokladů originálně řešena část 1.13 Místní šetření. Zde je zpracována speciální metodika doktoranda, nově vytvořená pro posuzování ocelových konstrukcí a to z hlediska:

- Vizualního posouzení stavu povrchu ocelové konstrukce a výsledek tvorby ochranné vrstvy oceli v ploše ocelové konstrukce
- Měření korozních úbytků ocelových profilů

Vizuální posouzení stavu ochranné vrstvy oceli se provádí podle etalonu korozního poškození, který byl vytvořen autorem disertační práce, na základě prohlídek ocelových konstrukcí v letech 2006-2007 [99]. Výsledek tvorby ochranné vrstvy v celé ploše ocelové konstrukce, vady a poruchy ocelové konstrukce se dále posuzují v Obrazovém katalogu vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli [101]. Ukázka systému katalogových listů je uvedena v Příloze J disertační práce.

Systém měření korozních úbytků ocelových profilů a možnost porovnání s počátečním (výrobním) stavem konstrukce, umožňuje stanovit hloubku korozního oslabení s přesností do 100  $\mu\text{m}$ , a to kdykoliv, během 100 let životnosti ocelové konstrukce [99].



## ZNALECKÝ POSUDEK

### 1. NÁLEZ

### 2. POSUDEK

#### 1.1 Spisový materiál

#### 1.2 Projektová dokumentace ocelové konstrukce

##### 1.2.1 Zadávací dokumentace

1.2.1.1 Návrh a tvar konstrukce, detaily, návrh spojů OK

1.2.1.2 Navržený základní materiál, specifikace

1.2.1.3 Předpokládané umístění konstrukce do korozního prostředí

##### 1.2.2 Prováděcí dokumentace

1.2.2.1 Skutečný tvar konstrukce, řešení detailů, typy spojů OK

1.2.2.2 Základní materiál, specifikace

1.2.2.3 Umístění konstrukce do korozního prostředí

1.2.2.4 Technologické předpisy výroby, montáže, PKO

1.2.2.5 Metodika měření korozního oslabení konstrukce, metodika posuzování chování konstrukce

#### 1.3 Smluvní podmínky

#### 1.4 Stavební, montážní deníky, natěračské deníky

#### 1.5 Dodací listy, faktury

1.6 Zápisy z dílenských přejímek, montážních prohlídek OK, včetně požadovaných dokladů

1.7 Zápis z hlavní prohlídky v době uvedení do provozu

1.8 Zápis z předání a převzetí stavby

1.9 Protokoly geodetického zaměření konstrukce

1.10 Výsledky měření tloušťky ocelových profilů

1.11 Zápis z hlavních prohlídek, běžných a mimořádných prohlídek, včetně příloh

1.12 Zápis z prováděné údržby konstrukce

#### 1.13 Místní šetření

1.13.1 Posouzení souladu mezi zadávací, prováděcí a technologickou dokumentací

1.13.1.1 Vliv tvaru ocelové konstrukce, detailů, spojů na stav OK

1.13.1.2 Vliv způsobu prováděné údržby na stav konstrukce

1.13.1.3 Vliv provedené povlakové PKO na stav konstrukce

1.13.1.4 Expozice konstrukce, teorie a skutečnost, mikroklima

1.13.2 Měření korozních úbytků ocelových profilů, porovnání s předpokladem

1.13.3 Posouzení tvorby ochranné vrstvy oceli podle etalonu korozního poškození

1.13.4 Použití dalších experimentálních metod pro vyhodnocení chování oceli, výsledky

1.13.5 Posouzení konstrukce a zařazení nálezu podle Obrazového katalogu vad a poruch

2.1 Znalecký úkol, přesná citace

2.2 Systém zpracování výsledků nálezu do diagramu nálezu

2.3 Analýza jednotlivých příčin nálezu

2.4 Vyhodnocení analýzy příčin

2.5 Závěr posudku

Originální metodika posuzování konstrukcí, řešená v této disertační práci, zapracovaná do technických podmínek ministerstva dopravy

Schéma 2: Jednotlivé aspekty, které jsou posuzovány soudním znalcem

| 1. N Á L E Z                                                                                  |                                                                                                                                                |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| NÁZEV POLOŽKY                                                                                 | Položka obsahuje nejasnosti nebo neexistuje                                                                                                    | Položka neobsahuje problém                                                        |
| 1.1 Spisový materiál                                                                          | X                                                                                                                                              | -                                                                                 |
| 1.2 Projektová dokumentace ocelové konstrukce                                                 | -                                                                                                                                              | X                                                                                 |
| 1.2.1 Zadávací dokumentace                                                                    | -                                                                                                                                              | X                                                                                 |
| 1.2.1.1 Návrh a tvar konstrukce, detaily, návrh spojů OK                                      | -                                                                                                                                              | X                                                                                 |
| 1.2.1.2 Navržený základní materiál, specifikace                                               | -                                                                                                                                              | X                                                                                 |
| 1.2.1.3 Předpokládané umístění konstrukce do korozního prostředí                              | -                                                                                                                                              | X                                                                                 |
| 1.2.2 Prováděcí dokumentace                                                                   | X                                                                                                                                              | -                                                                                 |
| 1.2.1.1 Skutečný tvar konstrukce, řešení detailů, typy spojů OK                               | -                                                                                                                                              | X                                                                                 |
| 1.2.1.2 Základní materiál, specifikace                                                        | X                                                                                                                                              | -                                                                                 |
| 1.2.1.3 Umístění konstrukce do korozního prostředí                                            |                                                               |  |
| 1.2.1.4 Technologické předpisy výroby, montáže, PKO                                           |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.2.1.5 Metodika měření korozního oslabení konstrukce, metodika posuzování chování konstrukce |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.3 Smluvní podmínky                                                                          |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.4 Stavební, montážní deníky, natěračské deníky                                              |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.5 Dodací listy, faktury                                                                     |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.6 Zápisy z dílenských přejímk, montážních prohlídek ocelové konstrukce, včetně dokladů      |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.7 Zápis z hlavní prohlídky v době uvedení do provozu                                        |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.8 Zápis z předání a převzetí stavby                                                         |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.9 Protokoly geodetického zaměření konstrukce                                                |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.10 Výsledky měření tloušťky ocelových profilů                                               | položky se postupně vyplňují a vytváří se jednotlivé příčiny poruch, které musí být soudním znalcem posouzeny v souvislostech - viz část E.2.2 | položky se postupně vyplňují                                                      |
| 1.11 Zápis z hlavních prohlídek, běžných a mimořádných prohlídek, včetně příloh               |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.12 Zápis z prováděné údržby konstrukce                                                      |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13 Místní šetření                                                                           |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.1 Posouzení souladu mezi zadávací, prováděcí a technologickou dokumentací                |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.1.1 Vliv tvaru konstrukce, detailů, spojů na stav OK                                     |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.1.2 Vliv způsobu prováděné údržby na stav konstrukce                                     |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.1.3 Vliv provedené PKO na stav konstrukce                                                |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.1.4 Expozice konstrukce, teorie a skutečnost, mikroklima                                 |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.2 Měření korozních úbytků ocelových profilů, porovnání s předpokladem                    |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.3 Posouzení tvorby ochranné vrstvy oceli podle etalonu korozního poškození               |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.4 Použití dalších experimentálních metod pro vyhodnocení chování oceli, výsledky         |                                                                                                                                                |                                                                                   |
| 1.13.5 Posouzení konstrukce a zařazení nálezu podle Obrazového katalogu vad a poruch          |                                                                                                                                                |                                                                                   |

Schéma 3: Diagram nálezu a příklad jeho postupného vyplnění

Kromě vizuálního posouzení povrchu ocelové konstrukce (základního materiálu) je třeba vyhodnotit jakost svarových a šroubových spojů. Svarové spoje se posuzují podle etalonu korozního poškození svarů [99] a šroubové spoje se hodnotí podle parametrů, které jsou stanoveny ve výrobní dokumentaci ocelové konstrukce.

Etalon korozního poškození svarů byl sestaven autorem disertační práce na základě realizovaných prohlídek ocelových konstrukcí a mostů v letech 2006 až 2007. Etalon korozního poškození oceli je uveden v článku 1.2.2.5, tabulka 20, společně s etalonem korozního poškození svarů, tabulka 21 originálního textu disertační práce. V těchto tezích je etalon korozního poškození oceli uveden v tabulce 1 a etalon korozního poškození svaru v tabulce 2.

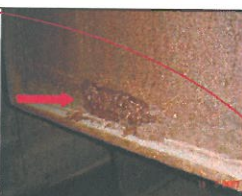
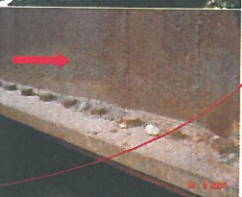
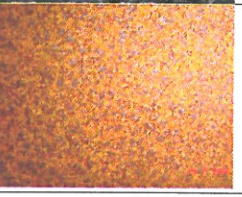
Na závěr místního šetření se provádí celkové posouzení konstrukce podle Obrazového katalogu vad a poruch [101], který je vytvořen autorem disertační práce. Jednotlivé zjištěné poruchy se zařadí pod číselné kódy, které jsou zde uvedeny. Číselné kódy jsou platné pro konstrukce pozemních komunikací, používané pro ministerstvo dopravy České republiky. Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli je uveden formou ukázek v Příloze J originálu disertační práce.

## E.2.2 Konkrétní kroky znalce při vypracování posudku

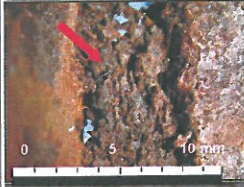
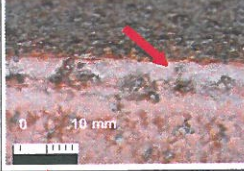
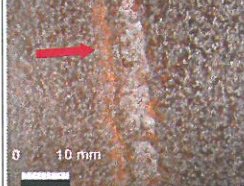
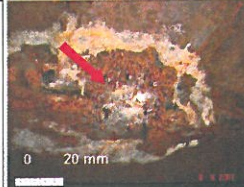
Disertační doktorská práce v části 1.Nález a 2.Posudek podrobně, krok za krokem, speciálně pro patinující ocel, rozebírá aspekty vlivů tvaru ocelové konstrukce, vliv detailů, svarů, spojů, orientaci konstrukce vůči světovým stranám, vliv umístění konstrukce do prostředí, vliv údržby, na stav ocelové konstrukce vyrobené z patinující oceli. Specifikuje požadavky na údržbu, záruční dobu, metodiku provádění prohlídek konstrukcí. Správný souběh všech aspektů umožní vytvoření ochranné vrstvy oceli. V opačném případě se ochranná vrstva oceli nevytváří a ocel koroduje běžným způsobem, v některých případech mnohem agresivněji, než u běžné uhlíkové oceli. Jaký je rozdíl mezi ochrannou vrstvou oceli a korozními produkty na oceli, je ukázáno v tabulce 1. Pokud je vrstva korozních produktů na oceli velikosti větší než 5 mm, se zabarvením tmavohnědým, jedná se již o nepřijatelné korozní projevy oceli. Etalon byl sestaven na základě prohlídek desítek ocelových konstrukcí s tím, že byl zohledněn systém etalonu, který je používán v Japonsku. Proto bylo shodným způsobem seřazeno číslování stupňů koroze, aby etalon byl porovnatelný kdekoliv v zahraničí. V Evropě a v USA se etalony koroze oceli nepoužívají, používá se popisný způsob definice koroze. Autor disertační práce však vycházel z reálných skutečností na stavbách a ze stavu prohlídek mostních objektů. Podle názoru autora práce bylo třeba etalon sestavit v obrazové (fotografické) podobě, protože slovní výklad pojmů nemusí být vyložen různými lidmi stejně. Obrazovým porovnáním je možné jednoznačně stanovit shodu se stupněm v etalonu.



Tab. 1: Etalon korozního poškození oceli, platný pro Českou republiku [99]. Stupně 1 až 3 vyžadují sledování a jsou nepřijatelné

| Stupeň koroze | Detail koroze                                                                       | Charakter korozních produktů/útl                                                                                                                                                                                                                                                              | Pohled na mostní konstrukci                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             |    | Tvar: puchýře, odupování po souvislých vrstvách délký nad 25 mm<br>Barva: tmavě hnědá, skvrny<br>tloušťka: > 800 µm<br><br><b>NEPŘIJATELNÝ</b>                                                                                                                                                |    |
| 2             |    | Tvar: listky, nepřilnutá rez k podkladu, vytváří díčky pod listky<br>Barva: tmavě hnědá, skvrny<br>tloušťka: > 400 µm, listky velikosti od 6 mm do 25 mm<br><br>VYŽADUJE SLEDOVÁNÍ A MĚŘENÍ KOROZNÍHO OSLABENÍ<br><b>NEPŘIJATELNÝ</b>                                                         |    |
| 3             |    | Tvar: šupiny, nepřilnuté k podkladu<br>Barva: tmavě hnědá, skvrny<br>tloušťka: < 400 µm, drobné šupiny velikosti od 1 do 5 mm<br><br>VYŽADUJE SLEDOVÁNÍ VÝVOJE, ZAČÍNÁJÍCÍ ZNÁMKY PORUCH<br><b>NEPŘIJATELNÝ</b>                                                                               |    |
| 4             |   | Tvar: šupinky, zrnité, jemné, částečně přilnuté k podkladu<br>Barva: středně až tmavě hnědá<br>tloušťka: < 400 µm, drobné šupinky do 1 mm<br><br><b>PŘIJATELNÝ</b>                                                                                                                            |   |
| 5B            |  | Tvar: tvrdá, přilnutá rez k podkladu, není možné ji setřít<br>Barva: tmavě hnědá až fialová, stádium na fotografii po 30 - ti letech<br>tloušťka: < 200 µm<br><br><b>PŘIJATELNÝ</b><br><br><i>Poznámka: Celoplošné nebylo zjištěno na žádné ocelové konstrukci, pouze jako lokální výskyt</i> |                                                                                     |
| 5A            |  | Tvar: velmi jemná, práškovitá přilnutá rez k podkladu, počáteční stádium vývoje ochranné vrstvy (prvních 0-3 let)<br>Barva: světle oranžová až středně hnědá<br>tloušťka: < 200 µm<br><br><b>PŘIJATELNÝ</b>                                                                                   |  |

Tab. 2: Etalon korozního poškození svarů, platný pro Českou republiku [99]

| Označení typu koroze | Detail koroze                                                                       | Popis typu koroze                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SV1                  |    | <p><b>ROZPAD KOUTOVÉHO SVARU</b></p> <p>Typ koroze: oslabení koutového svaru do stádia rozpadu koutového svaru vlivem trvalé vlhkosti v přechodu mezi dolní pásnicí a stěnou</p> <p><b>NEPŘIJATELNÝ</b></p>                                                                                                                                                                                    |
| SV2                  |    | <p><b>ROZPAD VÝPLŇOVÉHO SVARU</b></p> <p>Typ koroze: oslabení výplňového svaru do stádia rozpadu svaru vlivem trvalé vlhkosti a zvoleným nevhodným druhem přídavného materiálu</p> <p><b>NEPŘIJATELNÝ</b></p>                                                                                                                                                                                  |
| SV3                  |    | <p><b>DĚLKOVÁ KOROZE</b></p> <p>Typ koroze: oslabení koutového svaru vlivem dělkové koroze, nevhodně zvolený přídavný materiál pro svařování</p> <p><b>NEPŘIJATELNÝ</b></p>                                                                                                                                                                                                                    |
| SV4                  |   | <p><b>ROZDÍLNÁ KOROZE SVARŮ</b></p> <p>Typ koroze: rozdílná koroze svarů v koutech z důvodů zadržování vlhkosti. Svislý svar vytváří ochrannou vrstvu, vodorovný svar je v aktivním stavu dělkové koroze (odstín koroze oranžový)</p> <p><b>VYŽADUJE SLEDOVÁNÍ</b></p>                                                                                                                         |
| SV5                  |  | <p><b>KOROZE PŘECHODOVÉ OBLASTI SVARU A ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU (TEPLEM OVLIVNĚNÁ OBLAST TOO)</b></p> <p>Typ koroze: rozdílná koroze svislého svaru z důvodů zadržování vlhkosti ve vrubech a zápalech základního materiálu. Svislý svar vytváří ochrannou vrstvu, přechod svaru do základního materiálu je v aktivním stavu koroze (odstín koroze oranžový)</p> <p><b>VYŽADUJE SLEDOVÁNÍ</b></p> |
| SV6                  |  | <p><b>NETĚSNÝ SVAR MOSTOVKOVÉHO PLECHU</b></p> <p>Typ koroze: netěsný svar mostovkového plechu, zatékání roztoků s CH.R.L. do komor mostu</p> <p><b>NEPŘIJATELNÝ</b></p>                                                                                                                                                                                                                       |

## F ZÁVĚR

Smyslem disertační práce bylo vytvořit metodiku pro soudní znalce pro posuzování konstrukcí pozemních komunikací. Aby mohla být tato metodika vytvořena, bylo nutné nejprve sjednotit specifikace pro ocelové konstrukce obecně. Po stavby pozemních komunikací byly vypracovány technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací TKP kapitola 19 Ocelové mosty a konstrukce. Teprve potom bylo možné vytvořit speciální metodiku, a to pro speciální patinující oceli (oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi). Hodnocení chování konstrukcí z patinující oceli a posuzování tvorby ochranné vrstvy oceli je náročným problémem. Vyžaduje širokou odbornou kvalifikaci v oboru stavebnictví, oboru ocelových konstrukcí, strojírenství, znalosti o materiálu a jeho svařování, v oboru koroze oceli, praxi a zkušenosti v prohlídkách ocelových konstrukcí.

Protože způsob hodnocení povrchu oceli může být subjektivní a nemusí vždy znamenat shodu těch, kteří jej posuzují, bylo třeba vypracovat systém, kterým by se daly stupně koroze, zjištěné na povrchu oceli, zatřídít. Současně bylo třeba hledat mezinárodní shodu hodnocení se systémy, které již částečně existují v Japonsku nebo v USA, pro oceli vyráběné v těchto zemích. Pokud bude systém funkční, bude to znamenat zájem o jeho použití i v Evropě.

Využití disertační práce v praxi je potřebné a nutné. Systém hodnocení konstrukcí z patinující oceli byl zapracován do technických podmínek ministerstva dopravy TP Ocelové mosty a konstrukce vyrobené z patinující oceli, které budou po jejich schválení v platnosti pro stavby pozemních komunikací již v roce 2008 [99]. Vypracovaná metodika je v současnosti překládána do anglického jazyka a je diskutována v zahraničí (předběžně se projednává spolupráce s The Highways Agency v UK). Obrazový katalog vad a poruch bude vydán na náklady firmy Mott MacDonald během září roku 2008 v anglické verzi pod názvem Mott MacDonald's Atlas of Corrosion. Weathering Steel [101].

Výzkumná práce zdaleka nekončí. Kromě diagnostiky ocelových konstrukcí je třeba pokračovat ve výzkumu chování patinující oceli s ohledem na důsledky jejího korozního poškození pro životnost konstrukce. Zůstávají nezodpovězeny další otázky, týkající se důvodů příčin korozního poškození: proč k poškození oceli dochází, v jakých souvislostech, v jakém čase, při jaké údržbě, při jaké venkovní expozici? Zůstává otevřena i problematika vývoje nových ocelí se schopností vytváření vlastní ochrany. Autor disertační práce v současnosti řeší výzkumný grant pro ministerstvo dopravy ČR, pod názvem 1F82C/012/910 Hodnocení zbytkové životnosti hlavních ocelových částí mostních konstrukcí z ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, práce budou ukončeny v roce 2009.

## G LITERATURA

Vzhledem k tomu, že v rámci CENy nebyly vydány žádné standardizované ukazatele pro navrhování, provádění, údržbu a vyhodnocení ocelových konstrukcí vyrobených z patinujících ocelí, byly pro vypracování disertační práce použity níže uvedené podklady:

- [1] ALBRECHT P., NAEEMI A.H., *Performance of weathering steel in bridges* Washington, D.C., Transportation Research Board, National Research Council, 1984, National Cooperative Highway Research Program Report 272 164 s. ISSN 0077-5614, ISBN 0-309-03851-0
- [2] ALBRECHT P., COBURN S.K., WATTAR F.M., TINKLENBERG G.L., GALLAGHER W.P.,  
*Guidelines for the use of weathering steel in bridges*. Washington, D.C., Transportation Research Board, National Research Council, 1989, National Cooperative Highway research Program Report 314, 98 s. ISSN 0077-5614, ISBN 0-309-04611-4
- [3] BRIDGE INSPECTION FIELD MANUAL, (Draft Version 1.1), St. Paul, Minnesota Department of Transportation, 2004, NBI Condition & Appraisal Ratings Pontis Element Ratings, 157 s.
- [4] MCKENZIE M. *The Corrosion of Weathering Steel under Real and Simulated Bridge Decks*. Washington, D.C., Department of Transport. Transport and Road Research Laboratory. 1991 Research Report 233, ISSN 0266-5247
- [5] MCKENZIE M. *Corrosion Protection: The Environment Created by Bridge Enclosure*. Washington, D.C., Transport and Road Research Laboratory. Department of Transport. 1991, Research Report 293, 87 s. ISSN 0266-5247
- [6] MCKENZIE M. *Monitoring of Weathering Steel Structures – The Induction Ultrasonic Thickness Tester*. Washington, D.C., Transport and Road Research Laboratory. Department of the Environment, Department of Transport. 1981, TRRL Laboratory Report 677, 90 s. ISSN 0305-1315
- [7] MCKENZIE M. *The Corrosion Performance of Weathering Steel in Highway Bridges*. Washington, D.C., Transport and Road Research Laboratory. Department of the Environment, Department of Transport. 1978, Laboratory Report 857, 76 s. ISSN 0305-1923
- [8] *Cost Benefit Analysis of Bridge Degradation*. Washington, D.C., US Department of the Interior, National Park Service, National Center for Preservation Technology and Training, 1995, Final report to Materials Research Program National center for Preservation Technology and Training Publications No. 1995-15.
- [9] *Bridge Inspection Manual*. Columbus, Ohio Department of Transportation, 1998, 133 s.

- [10] *Quality Assurance Scheme for Paints and Similar Protective Coatings. BD 35/06*, Norwich, The Highways Agency, Crown, Her Majesty's Stationery Office, 2001, Design Manual for Roads and Bridges, 105 s. ISBN 0-11-552386-4
- [11] *Weathering Steel for Highway Structures, BD 7/01*, Design Manual for Roads and Bridges Volume 2 – Highway Structures Design (Substructures and Special Structures), Section 3 – Materials and Components, Norwich, Crown, Her Majesty's Stationery Office, The Highways Agency, 2001, ISBN 0-11-552377-4
- [12] *Surface Preparation Specification No.10* Near-White Blast Cleaning. National Association of Corrosion Engineers Endorsement 1985, Steel Structures Painting Council. March 1, 1985, p. 106-109
- [13] MCDAD Bashar, LAFFREY David C., DAMMANN Miskey, Ronald MEDLOCK D., P.E.  
*Performance of Weathering Steel in TxDOT Bridges*. Austin, A Research Project Conducted for the Texas Department of Transportation. June 2, 2000 Project 0-1818 Use of Weathering Steel in TxDOT Structures. 122 s.
- [14] KAMIMURA T., HARA S., MIZUKI H., YAMASHITA M., UCHIDA H.  
*Composition and Protective Ability of Rust Layer Formed on Weathering Steel Exposed to Various Environments*. Corrosion Science 48 p. 2799-2812, 29 November 2007, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [15] PENNEY David J., SULLIVAN James H., WORSLEY David A.  
*Investigation into The Effects of Metallic Coating Thickness on The Corrosion Properties of Zn-Al Alloys Galvanizing Coatings*. Corrosion Science 49 p. 1321-1339, 13 October 2006, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [16] HARA S., KAMIMURA T., MIYUKI H., YAMASHITA M. *Taxonomy for Protective Ability of Rust Layer Using its Composition Formed on Weathering Steel Bridge*. Corrosion Science 49 (2007), p. 1131-1142, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [17] MIYOGUCHI T., ISHII Y., OKADA T., KIMURA M., KIHARA H.  
*Magnetic Property Based Characterization of Rust on Weathering Steels*. Corrosion Science 47 (2005), p. 2477-2491, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [18] KIHARA H., SENUMA T., TANAKA M., NISHIOKA K., FUJII Y., SAKATA Y. *A Corrosion prediction method for weathering steels*. Corrosion Science 47, p. 2377-2390, 6 June 2005, [on line] [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)



- [19] LI Q.X., WANG Z.Y., HAN W., HAN E.H. *Characterization of The Rust Formed on Weathering Steel Exposed to Qinghai Salt Lake Atmosphere*. Corrosion Science 49 2007, doi:10.1016/j.corsci.2007.06.020, [on line] [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [20] GARCÍA K.E., MORALES A.L., BARRERO C.A., GRENECHE J.M. *New Contributions to The Understanding of Rust Layer Formation in Steel Exposed to a Total Immersion Test*. Corrosion Science 48 p. 2813-2830, 8 November 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [21] HARA S., MIURA M., UCHIUMI Y., FUJIWARA T., YAMAMOTO M. *Suppression of Deicing Salt Corrosion of Weathering Steel Bridges by Washing*. Corrosion Science 47 p. 2419-2430, 6 June 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [22] EVANS J.E., ILES D.C. *Steel Bridge Group: Guidance Notes on Best Practise in Steel Bridge Construction*. Third issue, Ascot, Berkshire, The Steel Construction Institute, 2002, SCI Publication P185, 111 s.
- [23] TOWNSEND H.E. *Extending The Limits of Growth Through Development of Corrosion-Resistant Steel Products*. Corrosion-Vol. 55, No. 6, NACE International, 1999, 65 s., ISBN 0010-9312/99/000117
- [24] *Recommendations for The Inspection and Maintenance of Continental Steel Bridges*, Continental Bridge, 2000, 13 s.
- [25] MUELLER K., PH.D. *Weathering Steel – Question*. Modern Steel Construction Template, AISC, 2004, 14 s.
- [26] *Inspection Rating System for Tubular*, Carbon Cudenver, 2002, [on line], [cit. 7.3.2006], dostupné na www: <http://www.carbon.cudenver.edu/~krens/Introduction.htm>
- [27] LI Yan, *Corrosion Behaviour of Hot Dip Zinc and Zinc-Aluminium Coatings on Steel in Seawater*. Bull. Mater. Sci., Vol.24, No.4, 2001, p. 355-360
- [28] SYED S. *Atmospheric Corrosion of Materials*. Emirates Journal for Engineering Research, 11(1), 2006, p. 1-24
- [29] SACCO E.A., CULCASI J.D., ELSNER C.I., DI SARLI A.R. *Evaluation of The Protective Performance of Several Duplex Systems Exposed to Industria Atmosphere*. Corrosion Science 47 p. 2499-2530, 6 June 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na www: <http://www.elsevier.com/locate/corsci>
- [30] CHOI Jong-Kyo, *Development of High Strength and High Performance Steels at Posco Though Hipers-21 Project*. POSCO, Pohang, Korea, 2003, 35 s.
- [31] KAGE I., MATSUI K., KAWABATA F. *Minimum Maintenance Steel Plates and Their Application Technologies for Bridge – Life Cycle Cost Reduction Technologies with Environmental Safeguards for Preserving Social Infrastructura Assets*. JFE Technical Report No.5, March 2005, JFE GIHO No.5 (Aug.2004), p. 31-37.

- [32] KIMURA M., OHTA N., KIHIRA H., KITAJIMA Y. *State of Chlorine in Rust Formed on 3 Mass% Ni-Added Weathering Steel*, Materials Science, 2003, 32 s. ISSN 11B/2003C006.
- [33] KIMURA M., OHTA N., KIHIRA H., NOMURA M.  $\text{Fe}(\text{O},\text{OH})_6$  Network Nanostructure of Rust Formed on 3 Mass% Ni-Added Weathering Steel (II), *Nippon Steel Technical Report No. 87*, 2003, p. 185
- [34] PEART J.W. Unpainted Weathering Steel Bridges: Corrosion Mechanisms and Maintenance Alternatives. *Journal of Protective Coatings & Linings*, Jan.1991, p. 36-42.Federal Highway Administration, Materials Division,
- [35] *Performance of Weathering Steel in Highway Bridges*. A Third Phase Report XIII.Exhibit A-1 až A-5 AISI, 2005, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www](http://www.steel.org/AM/Template.cfm?Section=Home&template=/CM/HTMLDisplay.a http/www.steel.org/Content/ContentGroups/Construction2/Bridges/AISI_Construction):  
[http://www.steel.org/AM/Template.cfm?Section=Home&template=/CM/HTMLDisplay.a http/www.steel.org/Content/ContentGroups/Construction2/Bridges/AISI\\_Construction](http://www.steel.org/AM/Template.cfm?Section=Home&template=/CM/HTMLDisplay.a http/www.steel.org/Content/ContentGroups/Construction2/Bridges/AISI_Construction)
- [36] *Guide Specification for Highway Bridge Fabrication With HPS 70W (HP 485W) Steel*. 2<sup>nd</sup> Edition, AISI, 2003, 34 s.
- [37] *Uncoated Weathering Steel in Structures*. Technical Advisory, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 3 Oct 1989, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www](http://www.fhwa.dot.gov/legregs/directives/techadv/t514022.html):  
<http://www.fhwa.dot.gov/legregs/directives/techadv/t514022.html>
- [38] SCHROEDER Gerald, P.E., *Use of Direct Tension Indicators (DTIs) in Bridge Structural Steel*. Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 14 May 2003, [on line], [cit.20.1.2006], dostupné na [www](http://www.fhwa.dot.gov/bridge/dti.htm): <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/dti.htm>
- [39] *High Performance Steel Designers' Guide*. 2<sup>nd</sup> Edition, Washington, D.C., U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2002, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www](http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm):  
<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm>
- [40] Bridge Technology. Structural Fastener Questions & Answers. Washington, D.C.,U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2000, [on line] [cit. 1.11.2007], dostupné na [www](http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm):  
<http://www.fhwa.dot.gov/bridge/guide08.htm>
- [41] *Steel Bridge Fabrication Technologies in Europe and Japan*. U.S., Report No. FHWA-PL-01-018, 64 s., U.S.Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, 2001, [on line], [cit.23.1.2006], dostupné na [www](http://www.fhwa.dot.gov/bridge): <http://www.fhwa.dot.gov/bridge>
- [42] *Report on The 1997 Scanning Review of Asian Bridge Structures*. Research Results Digest No. 232, National Cooperative Highway Research Program, Nov 1998, 44 s.
- [43] *Steel Bridge Fabrication Guide Specification*, AASHTO/NSBA Steel Bridge Collaboration, 2002, 88 s.

- [44] GULLNAN J., Weathering Steels and Experiences of Their Use in Scandinavia. *XI<sup>e</sup> Colloque, CEFRACOR, Paris 1982, Protection against Atmospheric corrosion*, p. 123-126
- [45] COOK D.C., *Bringing The Gap*. Catalyst 2001, [on line], [cit. 23.1.2006], dostupné na [www: http://www.cs.odu.edu/~vbanavar/catalyst/c2001/bgap.htm](http://www.cs.odu.edu/~vbanavar/catalyst/c2001/bgap.htm)
- [46] KIHARA H., YASUNAMI H., KUSUNOKI T., HARADA Y., TANAKA M. TAKEZAWA H., MATSUOKA K., TANABE K., 3% Ni-Advanced Weathering Steel and Its Applicability Assessing Method. *Nippon Steel Technical Report No. 90*, July 2004, p.33-38
- [47] KAWABATA F., MATSUI K., OBINATA T., KUMORI T., TAKEMURA M., KUBO T., Steel Plates for Bridge Use and Their Application Technologies. *JFE Technical Report No. 2*, Mar. 2004, p.85-90
- [48] *Steels for Modern Bridge Construction*. International Iron and Steel Institute, [on line], [cit 7.3.2006], dostupné na [www: http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=91](http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=91)
- [49] YUNOVICH M., THOMPSON N.G., BALVANYOS T., LAVE L., *Highway Bridges. Appendix D*. Report FHWA-RD-01-156, Sep. 2001, s. Di-Dxiii, D1-D74
- [50] ANTUNES R.A., COSTA I., L.ARAÚJO DE FARIA D., Characterization of Corrosion Product Formed on Steels in The First Months of Atmospheric Exposure. *Materials Research, 2003, Vol.6, No.3*, p. 403-408,
- [51] YAMASHITA M., NAGANO H., MISAWA T., TOWNSEND H.E., Structure of Protective Rust Layers Formed on Weathering Steels by Long-Term Exposure in The Industrial Atmospheres of Japan and North America. *ISIJ International, 1998, Vol.38, No.3*, p. 285-290
- [52] BALASUBRAMANIAM R., RAMESH KUMAR A.V., DILLMANN P., Characterization of Rust on Ancient Indian Iron, *Current Science, 2003, Vol.85, No. 11*, p. 1546-1555
- [53] BALASUBRAMANIAM R., *The Corrosion Resistant Delhi Iron Pillar*, Department of Materials and Metallurgical Engineering IIT Kanpur, Kanpur 208016, India, 4 s.
- [54] KIMURA M., KIHARA H., Nanoscopic Mechanism of Protective Rust Formation on Weathering Steel Surfaces. *Nippon Steel Technical report No.91*, 2005, p.86-90
- [55] KIMURA M., X-ray Evanescent Diffraction: Application to Metal Surfaces. *The Rigaku Journal, 1999, Vol.16, No.1/1999*, p. 25-31
- [56] COOK D.C. & C OLL., *Condensed Matter and Materials Physics*. Research Group, Old Dominion University, Norfolk Virginia, USA, 2005, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.physic.odu.edu/cmmp/](http://www.physic.odu.edu/cmmp/)
- [57] TOWNSEND H.E., SIMPSON T.C., JOHNSON G.L., Structure of Rust on Weathering Steel in Rural and Industrial Environments. *Corrosion-Vol. 50, No. 6*, NACE International, 1994, ISBN 0010-9312/94/000125

- [58] KIMURA M., SHIGESATO G., TANABE K., SUZUKI T., KIHIRA H., Fe(O,OH)<sub>6</sub> Network Structure of Rust Formed on Weathering Steel Surfaces and Its Relationship With Corrosion Resistance. *Nippon Steel Technical Report No. 87*, 2003, p. 17-20
- [59] STADLER S. & COLL., *The Electronic Structure of Tungsten Carbide*. Department of Physic Tulane University, New Orleans, USA, 1999, 22 s.
- [60] WOOD J., *Investigation of Nano-Phase Goethite and Its Role in Protective Rust Formation*. Submitted for review to The Undergraduate Committee c/o Honors College, 218 Education Building, Old Dominion University, 2004, 1: s.
- [61] COOK D.C., *Spectroscopic Identification of Protective and Non-Protective Corrosion Coatings on Steel Structures in Marine Environments*. Corrosion Science 47, 2005, p. 2550-2570, [on line], [cit. 1.11.2007], dostupné na [www: http://www.elsevier.com/locate/corsci](http://www.elsevier.com/locate/corsci)
- [62] LAGODA M., WIERZBICKI T., Maintenance Strategies for Weathering Steel Bridges. *Proceedings of Sixth International Conference on Structural Faults and Repair*, 3rd July 1995, Venue Westminster Central Hall, London, p. 21-24
- [63] YOON T-Y., SEONG T-R., LEE J-K., High Performance Steel for Bridges in Korea, *The 3<sup>rd</sup> Civil Engineering Conference in the Asian Region*, Sheraton Grande Walkerhill, Seoul, Korea, August 16-19 2004, p. 315-317,
- [64] DILLING C.N., HUDSON R.M., Weathering Steel Bridges, *Bridge Engineering 156 Issue BEI*, 2003, p.39-44
- [65] Steel Composites Meet Bridge Cost Challenge, *Road Construction and Maintenance*, 2005, p. 022-024
- [66] *Inspection of Highway Structures, BD 63/07*, Design Manual for Roads and Bridges, Vol 3 - Highway Structures: Inspection and Maintenance, Section 1 – Inspection, Norwich, Crown, Her Majesty's Stationery Office, 2007, ISBN 13 978-0-11-552827-9, ISBN-10 0-11-552827-X
- [67] *Směrnice pro použití oceli ATMOFLX*, 1. Vydání, TEVÚH, 1978, 89 s.
- [68] VN 73 1466:1995, *Nosné konstrukce z patinujících ocelí ATMOFLX*, Vítkovice a.s., 1995, v současnosti zrušena
- [69] KRAUS V., *Povrchy a jejich úpravy*, [on line], [cit. 20.11.2007], dostupné n [www: http://tzs.kmm.zcu.cz](http://tzs.kmm.zcu.cz)
- [70] NOVÁK P., Druhy koroze kovů. *Koroze a ochrana materiálu* 49(4), 2005, s. 75-82
- [71] NEVĚČNÝ P., Ochranné povlakové systémy. *Koroze a ochrana materiálu* 51(6), 2005, s. 44-46
- [72] PROŠEK T., *Konverzní a organické povlaky s chromem v oxidačním stavu V a jejich alternativy*. *Koroze a ochrana materiálu* 49(2), 2005, s. 27- 33
- [73] KREIBICH V., *Teorie a technologie povrchových úprav*, ES ČVUT Praha, 1999

- [74] KALEDOVÁ A., TAMCHYNOVÁ P., Studium nátěrových systémů pro korozní ochranu kovových materiálů z hlediska výběru pojiv a pigmentů. *CHEMagazín 1*, 2003, s. 28-31
- [75] Povrchová ochrana oceli. FSV, *Konstrukce 1/2006*, s. 64-65,
- [76] ŠEVČÍKOVÁ J., KOCICH J., TULEJA S., BURŠÁK M., *Ochranné vlastnosti korozních vrstev oceli CORTEN v podmínkách mechanického namáhání*. Katedra nauky o materiálech, Hutnícka fakulta Technickej univerzity, Košice, 1995, 6 s.
- [77] BYSTRÍANSKÝ J., NOVÁK P., Použití oceli ATMOFIX pro mostní konstrukce, *Technický týdeník*, 1999, č.50
- [78] MARTINEC J., JANOVEC J., Svařování patinujících ocelí. *Konstrukce*, 20.3.2006, roč. 2/2006
- [79] PRŮŠA S., *Vývoj ToF Less spektrometru pro zkoumání povrchů a tenkých vrstev*. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně, 2006, Edice PhD Thesis, sv.383, ISSN 1213-4198
- [80] *High Performance Steels for Bridges: HPS 70W*. A Technical Overview of High Performance Steels for Bridges, International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2003, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [81] *Weathering Steel*. A Technical Overview of Weathering Steels for Bridges and General Construction, International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2004, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [82] *SPARTAN™: A710, NAVY HSLA-80/100 and HPS 100W Steels. High Strength, Alloy Steels with improved weldability and toughness*. International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2003, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [83] *DURACORR®. A Corrosion-Resistant Formable Life-Cycle Cost-Effective 12% Chromium Stainless Steel*. International Steel Group, Coatesville, PA, USA, 2004, [on line], [cit. 20.1.2006], dostupné na [www: www.intlsteel.com](http://www.intlsteel.com)
- [84] *Bridges in Steel. The Use of Weathering steel in Bridges*, ECCS, CECM, EKS, Brussels, Belgium, No.81, 1992, 98 s. ISBN 92-9147-000-64
- [85] CORUS CONSTRUCTION & INDUSTRIAL *Corrosion Protection of Steel Bridges*, , Brigg Road, Scunthorpe, North Lincilnshire, UK, 2005, 108 s.
- [86] *A34 Atmospheric Corrosion Resistant Steels INDATEN®*. Arcelor, 13.9.2006, [on line], [cit. 11.1.2007], dostupné na [www: http://www.arcelor.com/fcse/prd\\_web/A34\\_EN.html](http://www.arcelor.com/fcse/prd_web/A34_EN.html)
- [87] NIPPON STEEL CORPORATION *Coastal Weathering Steel.*, 2006, [on line], [cit. 11.1.2007], dostupné na [www: http://www0.nsc.co.jp/shinnihon\\_english/](http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/)
- [88] NIPPON STEEL CORPORATION *Steel Plates. Technical document*, , 2006 [on line], [cit. 11.1.2007], dostupné na [www: http://www0.nsc.co.jp/shinnihon\\_english/](http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/)

- [89] NIPPON STEEL CORPORATION *S-TEN. Sulfuric Acid and Hydrochloric Acid Dew-point Corrosion-resistant Steel. Technical document.*, 2007, [on line], [cit. 11.1.2007] dostupné na [http://www0.nsc.co.jp/shinnihon\\_english/](http://www0.nsc.co.jp/shinnihon_english/)
- [90] MITTAL STEEL USA, *Plate steel specification guide 2006-2007* [on line] [cit. 11.1.2007], specifikace materiálu. Dostupné na [www: http://www.mittalsteel.com/documents/en/Inlandflats/ProductSpecification/AcelorMittal\\_SPEC\\_Guide\\_March\\_2006.pdf](http://www.mittalsteel.com/documents/en/Inlandflats/ProductSpecification/AcelorMittal_SPEC_Guide_March_2006.pdf)
- [91] FINNTRADING, *Manuál materiálů*, , 2007, [on line], [cit. 27.2.2007], dostupné na [www: http://www.aitom.cz/finntrading/produkty-manual-material](http://www.aitom.cz/finntrading/produkty-manual-material)
- [92] ČSN EN 10025-5 (42 0904) *Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí. – Část 5: Technické dodací podmínky na konstrukční oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.* 2005
- [93] ČSN ISO 9223 (03 8203) *Koroze kovů a slitin. Korozní agresivita atmosféry. Klasifikace.* 1994
- [94] ČSN 03 8260 (03 8260) *Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi. Předpisování, provádění, kontrola jakosti a údržba.* 1985, v současnosti zrušena
- [95] ČSN 03 8260 – ZMĚNA 2 (03 8260) *Ochrana ocelových konstrukcí proti atmosférické korozi. Předpisování, provádění, kontrola jakosti a údržba.* 1985, v současnosti zrušena
- [96] ČSN 03 8203 (03 8203) *Koroze kovů. Klasifikace korozní agresivity atmosféry.* 1980. 1984 v současnosti zrušena
- [97] BS 7668:2004 *Weldable Structural Steels – Hot Finished Structural Hollow Sections in Weather Resistant Steels – Specifications.*
- [98] ASTM G 101-04 *Standard Guide for Estimating The Atmospheric Corrosion Resistance of Low-Alloy Steels*, 2004
- [99] POŠVÁŘOVÁ M., *TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací vyrobené z patinující oceli. 1. a 2.díl*, Technické podmínky staveb pozemních komunikací. 180 s. Praha, 2008 (v připomínkovém řízení ministerstva dopravy, bude vydáno v červnu 2008), Mott MacDonald na základě smlouvy s ministerstvem dopravy ČR
- [100] ŠEVČÍKOVÁ J., BOJKO M., HORŇÁK P., ŠEVČÍK A., *Chemická analýza korozních vrstev ocele 15 217 po 20 roční korozní zkoušce v městské atmosféře.* Košice, 2002, HF TU
- [101] POŠVÁŘOVÁ M., *Obrazový katalog vad a poruch konstrukcí vyrobených z patinující oceli.* Monografie. 100s. Praha, 2008, připravuje se k vydání
- [102] POŠVÁŘOVÁ M., *TKP kapitola 19, Ocelové mosty a konstrukce.* Monografie. 215s. Praha, 2008

## H ABSTRAKT (ANGLICKÁ VERZE)

Content of the Doctoral thesis is a methodology for juridical experts on the assessment of structures manufactured of weathering steel, with special attention to evaluation of the protective corrosion layer. Existing status of knowledge of these materials is the base for work with assumption that research in to weathering steel continues.

Weathering steel is able – under specific condition, to develop on the surface layer of corrosion products, which protects material from further corrosion. Author of the dissertation work is also author of technical and qualitative condition for the Ministry of Transport – TP Steel structures produced of the weathering steel.

TP specifies the condition for design, production and life span maintenance of the structures. In the frame of the National Research Program of MoT (research task No. 1F82C/012/910), the author researches the uncontrollable corrosive process on steel bridges. Main benefit of the dissertation work is a establishing of thorough methodology for assessment of the structures of weathering steel structures. Nor Czech Republic, neither in other European countries exists today standard for the relevant proceedings on the subject. The author has developed the methodology based on visual assessment of the structure surface and comparison with etalon of corrosion. She has also developed methodology for the measurement of thickness reduction and she also assembled the Catalogue of defects of structures produced of weathering steel.

## I AUTOROVŮ CV

**Ing. Miloslava POŠVÁŘOVÁ**

Narozena: 4.10.1963, národnost česká

Adresa zaměstnavatele: Mott MacDonald Praha, spol.s r.o., Národní 15, Praha 1

Vzdělání: Ing. Fakulta stavební, VUT Brno, 1987

**Svářečský technolog**, VÚZ Bratislava 1989

**European Welding Engineer**, VUT Brno 2001

**FROSIO Inspector level III**, Dánsko, Kodaň 2005

**International Welding Engineer**, Praha 2007

**Oprávnění k provádění hlavních prohlídek mostů**,  
Ministerstvo dopravy ČR, Praha 2007

Speciální kvalifikace: **soudní znalec pro tyto obory (2008):**

Obor 35 Stavebnictví, odvětví různá, specializace: Výroba a montáž ocelových konstrukcí a mostů, posuzování vad ocelových materiálů, Obor 35 Stavebnictví, odvětví různá, specializace: Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí, ochranné nátěry a povlaky betonu

Zaměstnání:

**1987-1990** České dráhy – Mostní obvod Brno, mostní inženýr, svářečský technolog



**1990-1993** České dráhy, Olomouc, samostatný odborně technický pracovník na oddělení mostů a tunelů – odpovědnost za technický dozor na stavbách mostů na jižní Moravě, supervize mostů

**1993-1995** Pontis Brno, jednatel, založení soukromé konzultační společnosti zaměřené na projektování a supervizi ocelových konstrukcí a mostů

**1995-2006** Mott MacDonald Praha, vedoucí supervize pro Moravu

**2007 – současnost** Mott MacDonald Praha, vedoucí oddělení Special Services

**Publikační a odborná činnost:**

- Přednášky na tuzemských a mezinárodních konferencích 2000 - 2007:  
Rok 2000 Mezinárodní mostní konference Mosty 2000 (Brno) přednáška: Přehled nejčastějších vad plechů používaných pro ocelové mostní konstrukce  
Rok 2000 Konference ocelových konstrukcí 2000 (Ostrava) přednáška: Zkušenosti supervize staveb z přejímek ocelových mostních konstrukcí  
Rok 2002 Konference o jakosti (Brno) přednáška: Činnost supervize stavby na stavbách v ČR  
Rok 2003 Konference o jakosti (Brno) přednáška: Zkušenosti supervize a rozsah závad na novostavbách a opravách mostů v ČR  
Rok 2003 Konference o mostních izolacích (Luhačovice) přednáška: Zkušenosti supervize stavby s izolacemi mostů po 5 letech užívání  
Rok 2004 Mezinárodní geodetická konference (Brno) přednáška: Supervizorská činnost při kontrole jakosti dodávek stavebních prací v ČR  
Rok 2004 Školení pracovníků Ředitelství silnic a dálnic ČR  
Rok 2004 Školení pracovníků Generálního ředitelství drah  
Rok 2005 Mezinárodní mostní konference Mosty ( Brno ) přednáška: Supervize dopravních staveb v ČR  
Rok 2005 Mezinárodní mostní konference (Slovenská republika, Liptovský Ján) přednáška: Závady na mostních stavbách v rámci záruční doby  
Rok 2006 Konference ocelových konstrukcí (Beskydy, Čeladná) přednáška: Katalogizace vad protikorozi ochrany ocelových konstrukcí  
Rok 2007 Konference Železniční mosty a tunely (Praha) přednáška: TKP 19 – Prezentace a komentář zpracovatele z hlediska nového evropského přístupu k tvorbě technických a kvalitativních podmínek  
Rok 2007 Mezinárodní mostní konference Mosty (Brno) přednáška: Odezva mostních závěrů na zatížení silniční dopravou  
Rok 2007 Konference ocelových konstrukcí (Karlova Studánka) přednáška: Problematika svarů ocelových konstrukcí  
Rok 2007 Mezinárodní konference UK Corrosion 2007 (Hallam University, UK, Sheffield): přednáška Weathering steel in bridge structures  
Rok 2007 Konference Ocelové konstrukce (Novotného lávka, Praha), přednáška: Problematika jakosti svarů ocelových mostních konstrukcí
- Publikační činnost v časopise KONSTRUKCE, Silnice a Železnice,
- Spoluúčast na tvorbě ČSN – člen ČNI TNK 32

- Lektor CWS – ANB pro svařování betonářské výztuže, kurzy Svářečského dozoru pro svařování betonářské oceli - 2008

### Přehled projektů

*Seřazeno od roku 2008 - 1987*

*Výzkum, tvorba posudků, tvorba technických a kvalitativních podmínek pro státní organizace (ministerstvo dopravy a české dráhy) a publikační činnost*

#### **Rok 2008**

- TP 86 Mostní závěry (spoluautor), *technické podmínky pro ministerstvo dopravy*

#### **Rok 2007**

- TP Svařování betonářské výztuže a jiné typy spojů (autor), *technické podmínky pro ministerstvo dopravy*
- TP Mosty a konstrukce pozemních komunikací z patinující oceli (autor), *technické podmínky pro ministerstvo dopravy*
- Obrazový katalog vad koroze konstrukcí z patinující oceli (autor), *zpracováno pro ministerstvo dopravy*
- Výzkumný úkol pro SFDI, *zpracováno pro Ředitelství silnic a dálnic ČR – Analýza poruch modulárních a hřebenových mostních závěrů v době jejich životnosti*
- Výzkumný úkol pro ministerstvo dopravy – *Stanovení korozního prostředí na pozemních komunikacích*
- Výzkumný úkol pro ministerstvo dopravy – *Katalogizace vad a poruch konstrukcí z patinující oceli*
- TKP 19 Ocelové mosty a konstrukce (autor), *technické a kvalitativní podmínky pro ministerstvo dopravy, část A a část B. Část B nahradila TP 84 Protikorozní ochrana*

#### **Rok 2006**

- TKP 19 Ocelové mosty a konstrukce (autor), *technické a kvalitativní podmínky pro SŽDC*
- Analýza poruch lamelových mostních závěrů typu můžkové mostní závěry a typ MAGEBA, *vypracováno pro Ředitelství silnic a dálnic ČR*
- Analýza poruch mostních závěrů, typ Reisner-Wolff, *vypracováno pro Ředitelství silnic a dálnic ČR*

*Kontrola projektu, supervize staveb, supervize pro program rekonstrukce silnic financovaný EIB od roku 1987 - 2006. Technolog svařování, vedoucí supervizor, zodpovědná za projekty na území Moravy:*

*Supervize četných staveb pro program silnic evropské třídy v ČR – EI, EII, RI: Obchvat Mosty u Jablunkova – 15 mostů, Obchvat Český Těšín, Obchvat Věsky – Veletiny, rekonstrukce rychlostní silnice Vyškov – Olomouc, rekonstrukce silnice Brno – Svitavy, Lanžhot – mosty, Staré Hutě – Rasová, Slavkov – Bučovice – Střílky, Nový Jičín - Příbor a další.*

