

Technické podmínky

Ministerstvo dopravy

OPRAVY, OBNOVY A PŘESTAVBY OCELOVÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ MOSTŮ

**Metody a technologie k zvýšení zatížitelnosti
a prodloužení životnosti**



Ministerstvo dopravy



ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR

Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. MD-5363/2021-120/2 ze dne 22. 2. 2021 s **účinností od 1. 3. 2021** se současným zrušením předchozího znění schváleného Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. 119/2014-120-TN/1 ze dne 19. 11. 2014 s účinností od 1. 12. 2014.

Tento dokument se shoduje se schválenou verzí.

Distribuce pouze v elektronické podobě na webu www.pjpk.cz.

Obsah

1. VŠEOBECNÁ ČÁST	5
2. ZÁKLADNÍ POJMY	6
2.1 Ekonomické hodnocení	7
2.2 Důvod rekonstrukce (opravy, obnovy, přestavby)	7
2.3 Životnost po rekonstrukci	8
3. PŘÍPRAVA REKONSTRUKCE	9
3.1 Základní podklady pro předběžné posouzení	10
3.2 Kvalifikace pro provedení diagnostického průzkumu	11
3.3 Diagnostický průzkum OK	12
3.3.1 Průzkum ocelové konstrukce	13
3.3.1.1 Průzkum základních rozměrů konstrukce	13
3.3.1.2 Kontrola prvků konstrukcí z hlediska jejich funkčnosti	14
3.3.1.3 Materiálové charakteristiky, doporučené zkoušky pro OK	15
3.3.1.4 Únava konstrukčních detailů	17
3.3.2 Korozní průzkum	18
3.3.2.1 Kontrola stavu PKO	19
3.3.2.2 Korozní oslabení OK	20
3.3.3 Vyhodnocení Kontroly stavu PKO	22
3.3.3.1 Degradace OPS	23
3.3.3.2 Destrutivní zkoušky ke zjištění přilnavosti nátěrů	26
3.3.3.3 Průměrná tloušťka OPS	27
3.3.3.4 Složení OPS pro určení nebezpečného materiálu	27
3.3.3.5 Znečištění a zasolení ploch konstrukcí	27
3.3.3.6 Mechanická nebo jiná poškození	28
3.3.3.7 Zvláštní korozní namáhání – rozdělení ploch	28
3.3.4 Materiálové charakteristiky – doporučené zkoušky pro OPS	28
3.3.4.1 Odběr vzorků	28
3.3.4.2 Doporučené zkoušky	29
3.4 Rozsah a množství zkoušek podle typu rekonstrukce	29
4. MATERIÁL KONSTRUKCE	31
4.1 Základní materiály rekonstruovaných konstrukcí	31
4.1.1 Šedá litina	32
4.1.2 Svářková železa	33
4.1.3 Plávkové železo	34
4.1.4 Litá ocel	36
4.1.5 Kovaná ocel	37
4.1.6 Konstrukční ocel	38
4.1.7 Patinující ocel	41
4.2 OPS rekonstruovaných konstrukcí	41
4.2.1 OPS v období 1900 až 1960	41
4.2.2 OPS v období 1960 až 1989	41
4.2.3 OPS v období 1990 až do současnosti	44
4.3 Materiály používané pro zesilování konstrukcí	47
4.3.1 Konstrukční ocel	47

4.3.2	Volné kabely a předpínací tyče	48
4.3.3	Kompozity	48
4.4	Materiály používané pro opravy PKO	50
4.4.1	Materiály pro opravu systému, celkovou opravu PKO a částečnou obnovu systému	50
4.4.2	Materiály pro úplnou obnovu systému	51
5.	OPRAVY	51
6.	OBNOVY.....	52
6.1	Obnovy bez zesilování.....	53
6.2	Obnovy se zesilováním.....	53
6.2.1	Tažené prvky	53
6.2.2	Tlačené prvky	55
6.2.3	Ohýbané prvky	59
6.2.4	Předpínání.....	62
6.2.4.1	Předpínání při zesilování tažených prvků	62
6.2.4.2	Předpínání při zesilování ohýbaných prvků	64
6.2.5	Zesilování změnou statického systému a působení.....	64
7.	PŘESTAVBA	65
7.1	Částečná přestavba (dostavba).....	65
7.2	Úplná přestavba	66
8.	KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ OBNOVY ZESILOVÁNÍM	66
8.1	Svařování při zesilování	66
8.2	Nýty, šrouby a VP šrouby – při zesilování	67
8.3	Předpínací tyče, volné kabely	68
8.4	Zesílení kompozity.....	69
8.5	Příklady zesílených válcovaných nebo svařovaných průřezů.....	70
8.6	Zesílení složených průřezů nýtováním	71
8.7	Zesílení složených průřezů svařováním.....	73
8.8	Zesílení spojů, přípojů	74
9.	ZÁSADY PRO NÁVRH OPRAVY PKO	75
9.1	Čištění stávajících ploch a příprava povrchu pro aplikaci opravného systému PKO	76
9.2	Návrh opravného systému PKO	77
10.	UŽITÉ NORMY A LITERATURA.....	78
PŘÍLOHA A1.	POSTUP VÝPOČTU - OSNOVA	80
PŘÍLOHA A2.	PŘÍKLADY POUŽITÍ ZESÍLENÍ OK.....	82
A2.1	Předpínací tyče – příklady použití	82
A2.2	Volné kabely – příklady použití	83
A2.3	Změny statického systému – příklady použití	85
A2.4	Kompozity – příklady použití	86
PŘÍLOHA A3.	ZVLÁŠTNÍ KOROZNÍ NAMÁHÁNÍ - PŘÍKLADY	87
PŘÍLOHA A4.	KARTA PRVKU – KOROZNÍ OSLABENÍ.....	88
A4.1	KARTA PRVKU	88
A4.2	PŘÍKLAD MOSTNÍHO NOSNÍKU S KOROZNÍM NAMÁHÁNÍM	89
A4.3	VLIV ORIENTACE PLOCH NA KOROZNÍ NAMÁHÁNÍ	90
A4.3.1	Vnější prostředí.....	90
A4.3.2	Vnitřní prostředí komorových mostů	90

Zkratky

OK – ocelová konstrukce

NK – nosná konstrukce

MD – Ministerstvo dopravy

MDS – Ministerstvo dopravy a spojů

TKP-D – Technické kvalitativní podmínky pro dokumentaci staveb pozemních komunikací

TKP – Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací

TP – Technické podmínky

BMS – Systém hospodaření s mosty (Bridge management system)

PKO – Protikorozní ochrana

OPS – Ochranný povlakový systém

ONS – Ochranný nátěrový systém

EP – epoxidová pryskyřice

PUR – polyuretan

AYU – akryluretan (podle dřívějších předpisů)

AY – akrylátová pryskyřice

PCB – polychlorované bifenylly (např. Delor, Hydeler, Delotherm)

NDT – Nedestruktivní zkoušení (Non-destructive Testing)

VT – Vizuální kontrola (Visual Testing)

MT – Zkouška magnetickou metodou práškovou (Magnetic Testing)

PT – Kapilární zkouška (Penetration Testing)

UT – Zkoušení ultrazvukem (Ultrasonic Testing)

RT – Radiografické zkoušení (Radiographic Testing)

TOFD – jedna z UT metod s možností záznamu (Time of Flight Diffraction)

DIN – Německá národní norma (Deutsche industrie-Norm)

IWE – Mezinárodní svářečský inženýr (International Welding Engineer)

EWE – Evropský svářečský inženýr (European Welding Engineer)

1. Všeobecná část

První ocelové mostní konstrukce na silničních komunikacích se v našich zemích začaly stavět v první polovině 19. století. Největšího vzestupu dosáhla výstavba ocelových silničních mostů na přelomu 19. a 20. století v souvislosti s rozvojem motorizmu.

Podle údajů vedených v BMS v roce 2018 se v ČR nachází **1 643** ocelových silničních mostů. Z toho na dálnicích a silnicích I. třídy je **282** mostů (dálnice 105) a na silnicích nižších tříd zbývajících **1 361**. Celková délka přemostění činí 47 520 m, z toho 21 001 m na silnicích I. tříd a vyšší.

Počet plnostěnných mostních konstrukcí v ČR činí 1 084 (38 266 m). Příhradové ocelové mostní konstrukce jsou zastoupeny v počtu 114 (5 026 m). Ostatní mostní konstrukce jsou obloukového nebo jiného typu a jejich počet je 443 (4 229 m).

Z hlediska stavebního stavu je v ČR 1 172 ocelových silničních mostů ve stavu bezvadném, velmi dobrém, dobrém nebo uspokojivém. Ve stavu špatném, velmi špatném a havarijním je v současné době **471** konstrukcí o celkové délce 8 733 m. Na dálnicích, rychlostních silnicích a silnicích I. třídy se mostů ve stavu špatném a horší nachází **18**. Na silnice nižších tříd připadá zbývajících **453** mostů.

Stáří mostů ve stavu špatném, velmi špatném a havarijním lze rozdělit podle životnosti takto:

- mosty starší než 100 let (z dnešního pohledu za projektovanou životností) v počtu 103 kusů
- mosty starší než 50 let, ale nepřesahující 100 let životnosti v počtu 166 kusů
- mosty mladší než 50 let v počtu 202 kusů

V uvedené statistice nejsou zahrnuty mosty místních komunikací a mosty evidované mimo systém BMS.

Kromě špatného fyzického stavu, který je vesměs způsoben kombinací povětrnostních vlivů, chemických látek, nedostatečnou údržbou, kvalitou výstavby a kvalitou návrhu je velká část těchto mostů starých i morálně. Je to způsobeno tím, že mosty byly v době svého vzniku stavěny na menší zatížení silniční dopravou a s menšími nároky z hlediska prostorového uspořádání na mostních objektech.

Vzhledem k současné ekonomické situaci ČR a situaci ohledně investic do dopravy nelze předpokládat v dohledné době, že všechny tyto mosty budou uvedeny do takového stavu, aby plně vyhovovaly optimálním požadavkům jednotlivých komunikací jak zatížitelností, tak šířkovým uspořádáním. Proto je žádoucí a ekonomicky výhodné u mostů, které zatím nejsou ve špatném stavu, alespoň prodloužit jejich životnost vhodnou údržbou. U mostů, u kterých jsou údržbové práce zcela nedostačující pro prodloužení životnosti, je většinou nutné zabezpečit jejich další užívání vhodnou opravou nebo rekonstrukcí.

2. Základní pojmy

Klasifikace pojmenování zásahů do konstrukce dnes není jednotná, ani u nás, ani v zahraničí. Dle dostupné odborné literatury, platných norem a předpisů MD dělíme práce na mostech, které se provádějí z důvodů prodloužení životnosti, změny prostorového uspořádání, změny zatížení apod. na „opravy“ (dříve sanace), angl. repair - tedy na práce bez významnějších zásahů do nosných částí - a na „rekonstrukce“. Ty se pak dále dělí na „obnovy“ (angl. rehabilitation) a „přestavby“ (angl. reconstruction). Obnovou se rozumí přebudování objektu na stejném místě a ve stejných rozměrech. Pokud se při obnově zároveň posiluje únosnost konstrukce, hovoříme o „zesílení“ (angl. strengthening, us. retrofit). Přestavbou se pak rozumí případ, kdy dochází k významné změně směrových a výškových poměrů na mostě, změně rozpětí, k náhradě za jiný typ konstrukce apod. Z větší části se pak většinou jedná o výstavbu nové konstrukce. V projekční a stavební praxi se však nejčastěji setkáváme s všeobecným pojmenováním „rekonstrukce“ u všech výše zmíněných případů. Pro potřeby tohoto předpisu proto bude pojem „rekonstrukce“ označovat veškeré činnosti, které se budou týkat opravy, obnovy nebo přestavby konstrukce.

Rekonstrukce jsou pojmy, pod kterými zahrnujeme každou tvůrčí činnost směřující ke změně současného stavu díla. Ve vymezené problematice ocelových konstrukcí můžeme provádění těchto prací rozdělit podle:

- ekonomického hodnocení,
- důvodu rekonstrukce (opravy, obnovy, přestavby),
- životnosti po rekonstrukci.

Z hlediska přístupu k provádění rekonstrukcí je možno rozlišit na **opravy, obnovy a přestavby**. Podrobné definice jednotlivých způsobů rekonstrukcí jsou uváděny v kapitolách, které jsou příslušné jednotlivým typům rekonstrukcí.

Z hlediska způsobu provádění rekonstrukcí se jedná především o práce prováděné **za provozu** (plného nebo sníženého) nebo **za plného přerušení provozu**. Časté jsou případy kombinace obou způsobů provádění, kdy provádění za přerušeného provozu je vyhrazeno jen pro práce za provozu neproveditelné.

Z hlediska diagnostiky stávajících OK mostů rozlišujeme na konstrukci pojmy „**průzkum ocelové konstrukce**“ a „**korozní průzkum**“. Pro potřeby tohoto předpisu bude pojem „**průzkum ocelové konstrukce**“ v sobě zahrnovat veškeré činnosti týkající se zjištění základních rozměrů, funkčnosti prvků, materiálových charakteristik, únavy konstrukčních detailů a dalších případných informací týkajících se konstrukce. Pojem „**korozní průzkum**“ bude pro potřeby tohoto předpisu v sobě zahrnovat zjištění „**korozního oslabení**“ a „**kontrolu stavu PKO**“. Podrobné definice pro jednotlivé typy Korozního průzkumu jsou uváděny v kapitolách příslušných jednotlivým činnostem.

Z hlediska přístupu provádění oprav PKO rozlišujeme termíny jako je „**údržba**“, „**oprava systému**“, „**částečná obnova systému PKO**“, „**celková oprava**“ a „**úplná obnova systému PKO**“. Pro potřeby tohoto předpisu bude užíván obecný pojem „**oprava PKO**“, který bude označovat veškeré činnosti týkající se výše popsanych termínů. Podrobné definice jednotlivých způsobů oprav PKO jsou uvedeny v článku 3.3.3.

2.1 Ekonomické hodnocení

Při ekonomickém hodnocení jednotlivých variant oprav nebo rekonstrukcí je třeba brát v úvahu veškeré náklady na období, o které se předpokládá prodloužení životnosti mostu – což je typicky 30 až 50 let – tedy nejen náklady na vlastní rekonstrukci, ale i náklady na budoucí údržbu a též předpokládanou zbytkovou hodnotu mostu na konci období. Kritériem pro posouzení účelnosti rekonstrukce a výběr jejího rozsahu a způsobu má být ekonomické porovnání jednotlivých variant (vč. nákladů na budoucí údržbu a zohlednění délky prodloužení životnosti).

2.2 Důvod rekonstrukce (opravy, obnovy, přestavby)

Požadavek na provedení rekonstrukce je nejčastěji vyvolán změnou užitných parametrů konstrukce (prostorového uspořádání, zatížení), nezpůsobilostí konstrukce nebo jinými zvláštními důvody. V některých případech může dojít ke kumulaci důvodů, kdy dochází ke kombinaci několika faktorů, které rozhodují o důvodech provedení rekonstrukce.

Potřeba rekonstrukce je nejčastěji vyvolána těmito důvody:

- častým důvodem rekonstrukce je požadavek na zvýšení zatížitelnosti nebo změnu prostorového uspořádání a zvýšení bezpečnosti účastníků silničního provozu. Důvody pro tento typ rekonstrukce jsou vyvolány požadavky na provozní změny konstrukce. Primárně nejsou požadavky na tyto změny vyvolány stavem konstrukce z hlediska vzniku závad,
- po víceletém používání se mnoho OK silničních mostů i za nezměněných provozních podmínek může stát bez rekonstrukce nezpůsobilými pro další provoz z důvodu zanedbání běžné údržby, která má za následek ztrátu ochranné funkce PKO a s tím související vznik a rozšíření koroze materiálu. Nejčastější příčinou poškození stávajících mostních ocelových konstrukcí bývá působení **agresivního prostředí** jako je působení ovzduší, povětrnosti (běžných látek v ovzduší, deště, sněhu, ledu), chemických látek (typicky posypových solí), vliv ptactva (typicky ptačí trus), teplotní působení (teplotní rozdíly a fluktuace, zejména u hmotných sestav a kompletů), bludné proudy, podzemní vody a **drobná mechanická poškození** v kombinaci s **nedostatečnou údržbou a opravou** (jak co do rozsahu, způsobu, tak frekvence). Na některých mostech došlo k úbytkům materiálu snižujícím již vážně účinnost jednotlivých prvků OK a je třeba přistoupit k nákladným rekonstrukcím zesílením nebo výměnou zkorodovaných prvků,
- odolnost každé konstrukce je zásadním způsobem ovlivněna **kvalitou výstavby**, tedy použitých materiálů (nevhodný výběr třídy a jakosti oceli z hlediska únavy a křehkého lomu, ocelový materiál s vnitřními vadami nebo nevhodným povrchem), výrobků, detailů a kvalitou samotného provedení, významně se na ni však podílí i **kvalita samotného návrhu** (projektu) konstrukce (konceptně i v detailu),
- dalšími příčinami pak může být **nevhodné užívání konstrukcí** (nejen přetěžování, ale i užívání jiným typem provozu),
- samostatnou kapitolou jsou pak velká **mechanická poškození**. Ta mohou být způsobena náhlou událostí, ať už přírodního (povodeň, zemětřesení, vichřice, apod.) nebo umělého charakteru (naráz vozidel, plavidel, otřesy, výbuch, požár, trestná činnost, apod.), příp. mohou být příčina i následek rozloženy v čase (např. plíživé sesuvy půd, dlouhodobé podemílání konstrukcí vodou, apod.).

Účelem rekonstrukce ocelové mostní konstrukce je oprava, obnova nebo přestavba stávající konstrukce na nové požadavky. Kýženým výsledkem úspěšně provedené rekonstrukce je (kromě příp. zlepšení užitných vlastností konstrukce) zejména prodloužení její životnosti, resp. jejích částí.

2.3 Životnost po rekonstrukci

Každý prvek mostu má svou předpokládanou životnost. Nejmenší životnost se předpokládá u mostního příslušenství (cca 15-30 let) největší pak u samotné konstrukce mostu až 100 let. Požadavky na životnost jednotlivých prvků konstrukcí jsou dány normami, resp. resortními předpisy (TKP) a jsou stanoveny zejména pro novostavby. Životnost po rekonstrukci nelze stanovit žádnou exaktní metodou, její odhad se provádí pouze formou odborného posouzení kvality materiálu a rozhodujících detailů. Stanovení životnosti OK po rekonstrukci je jedním z hlavních kritérií pro posouzení rekonstrukce z hlediska hospodárnosti návrhu. Odhad delší životnosti, než je skutečně dosažená, např. nesprávně zvýhodňuje rekonstrukční variantu oproti novostavbě. Naopak častější jsou však případy, kdy rekonstrukce s dočasnou životností na několik málo let slouží i několik desetiletí.

Z hlediska časového období, po které bude rekonstrukcí prodloužena životnost OK mostu, rozlišujeme tyto základní typy:

- trvalá životnost rekonstrukce,
- omezená životnost rekonstrukce (dočasná),
- krátkodobá životnost rekonstrukce.

Trvalou životností rozumíme životnost běžně požadovanou pro novostavby stejného provozního určení. Při návrhu musí být uplatněna ustanovení všech platných ČSN EN, TKP a TP MD v plném rozsahu. Přiznání trvalé životnosti rekonstruovanému dílu musí být podloženo dokonalým průzkumem a rozbořem stavu konstrukce.

Omezenou (dočasnou) životností rozumíme životnost konstrukce, stanovenou na základě nově získaného stavu po rekonstrukci. Délka životnosti je závislá na provedeném rozsahu a typu rekonstrukce. Obvykle se jedná o životnost snižovanou na určitou, omezenou dobu, po uplynutí které má být rekonstruované dílo vyřazeno z provozu. V těchto případech lze zpravidla použít úlev z předpisů a směrnic s ohledem na omezení životnosti a omezit tak rozsah rekonstrukce a s tím spojené investiční náklady.

Krátkodobá životnost charakterizuje rekonstrukce vyvolané přechodnými, mimořádnými provozními nebo zvláštními důvody. Příkladem takových rekonstrukcí jsou např. přechodná zesílení mostů při přepravě mimořádných zásilek.

Při rozhodování ohledně délky časového období, po kterou bude konstrukce sloužit novým provozním požadavkům, je nutno zohlednit současně několik faktorů, které rozhodnou o požadavcích na životnost po rekonstrukci. Jedním ze základních požadavků je záměr objednatele a správce s využitím rekonstruovaného objektu do budoucna s ohledem na možnosti zatížitelnosti a nového prostorové uspořádání. Dalším faktorem, který rozhoduje o životnosti po opravě, je stav samotné konstrukce, typ konstrukce, degradační procesy stávajících prvků. Jedná se o procesy, které probíhají v čase a které postupně snižují použitelnost nebo zatížitelnost mostu. Na základě těchto předpokladů je pak nutno stanovit požadavky na životnost a tomuto přizpůsobit způsob a rozsah rekonstrukce objektu.

O životnosti konstrukce rozhodují zejména prvky stávající konstrukce, které budou při rekonstrukci opraveny, obnoveny, zesíleny nebo přestavěny. Životnost mostu může být ovlivněna některým z degračních procesů. U ocelových mostů to jsou buď koroze, nebo únava.

S korozí se lze vypořádat tak, že se provede náhrada prvku nebo jeho zesílení a lze tak dosáhnout plné životnosti. Významnější roli pro stanovení životnosti proto hraje při posuzování stavu konstrukce únava stávajících detailů. Na stávajících mostech je v některých případech možno zjistit únavové trhliny, jejichž vznik je většinou spojen s nevhodným konstrukčním detailem. Únavové trhliny ovlivňují zbytkovou životnost konstrukce. V případě zjištění takovýchto detailů jsou dvě možnosti jak se s tímto stavem vypořádat:

- pokud od rekonstrukce požadujeme následnou trvalou životnost konstrukce je nutno tyto problematické detaily odstranit a navrhnout nové odolné z hlediska únavové pevnosti,
- pokud se jedná o rekonstrukci se záměrem dočasné nebo krátkodobé životnosti je možno únavový detail posoudit na rychlost šíření únavové trhliny a spočítat tak zbytkovou životnost konstrukce.

3. Příprava rekonstrukce

Každý most podléhá běžnému režimu mostních prohlídek, které zajišťuje správce mostu, resp. vyškolení odborníci. V určených intervalech se provádí **běžné, hlavní** a příp. **mimořádné prohlídky**. Kontrola provádění běžných a hlavních prohlídek včetně kontroly plnění navržených opatření pro údržbu se provádí pomocí systému **kontrolních prohlídek**. V rámci těchto prohlídek jsou zjišťovány a dokumentovány viditelné závady a je určován stavební stav konstrukce. Dnes se postupně přechází na digitální správu mostů, výsledky prohlídek se tak ukládají do tohoto systému (BMS). Z výsledků těchto prohlídek vychází první impuls k opravě či rekonstrukci mostu.

Příprava opravy nebo rekonstrukce by měla začínat dvěma fázemi, v nichž se získávají a posuzují podklady pro konečný návrh řešení.

V **první fázi**, vycházející z provozního požadavku, se provádí na základě dostupných podkladů předběžné **technicko-ekonomické** posouzení možných variant, a to z hlediska proveditelnosti (jak technického, tak např. majetkoprávního, organizačního apod.), z hlediska dopadů na dopravu během rekonstrukce (dopravní omezení, objížďky, potřeba provizorií), samozřejmě z hlediska ekonomického a dalších hledisek (možnosti dalšího rozšíření konstrukce, osazení protihlukových stěn apod.). Klíčovým technickým kritériem je pak posouzení, zda uvažovaná varianta rekonstrukce prodlouží životnost konstrukce o požadované období. Snahou je vybrat nejvhodnější rekonstrukční záměr, případně i srovnatelný záměr nové výstavby, přichází-li v úvahu. Na základě komplexního zhodnocení je pak vybrána výsledná varianta rekonstrukce mostu.

Ve **druhé fázi** je potom prováděn podrobnější průzkum konstrukce, jehož zaměření je již dáno variantami rekonstrukčního záměru. V případě, kdy nejsou pochyby o příčinách poruch a rozsahu porušení mostu, je možno stanovit způsob a rozsah opravy z výsledků hlavní (mimořádné) prohlídky. Ve všech ostatních případech je nutný podrobný **diagnostický průzkum** konstrukce. U ocelových mostů jsou prakticky vždy závěry hlavní prohlídky nedostatečné, a proto je diagnostický průzkum nezbytný. Diagnostický průzkum OK se skládá zejména ze základní prohlídky mostu, Průzkumu ocelové

konstrukce (zaměření konstrukce, podrobné zjištění rozsahu poškození jednotlivých prvků mostu a funkčnosti, materiálové charakteristiky, únava detailů a další) a Korozního průzkumu (zjišťuje míru Korozního oslabení materiálů a Kontrolu stavu OPS, prověřuje stav i skrytých částí konstrukce) viz kapitola 3.3. V rámci průzkumu se pořizují záznamy o všech zjištěných závadách, provádí se testování odebraných vzorků v laboratoři. Zvláštního významu nabývají při rekonstrukcích otázky materiálové, zejména u konstrukcí starších. Na základě provedených zjištění se provádí odhad zbytkové životnosti testovaných prvků a jsou předloženy návrhy na opravu jednotlivých závad. V rámci průzkumu lze také provést experimentální ověření chování konstrukce.

Zásadně je třeba věnovat vždy dostatek úsilí přípravě, získání všech dostupných podkladů, na jejichž základě je pak z hlediska hospodárnosti vybráno konečné řešení.

Náklady na „nadbytečný“ podklad bývají obvykle zanedbatelné v porovnání se ztrátami, vzniklými z nedostatečně podloženého rozhodnutí. Je nutné si však uvědomit, že každou rekonstrukci je třeba realizovat v co nejkratší době, nemá-li klesat její efektivnost. Nelze tedy na druhé straně zaměnit získání „přesných“ podkladů za několikaletý výzkum.

3.1 Základní podklady pro předběžné posouzení

Pro stanovení správného způsobu rekonstrukce je důležité, aby byly stanoveny požadavky na budoucí provoz pro danou komunikaci. Základním podkladem rekonstrukčního záměru je požadovaná zatížitelnost mostu nebo určení nejmenší zatížitelnosti, požadovaný průjezdní průřez, pro nějž má konstrukce sloužit, a prostorové uspořádání pod mostem. Tyto údaje stanoví na základě požadavků pro danou komunikaci objednatel ve spolupráci se správcem objektu a předá projektantovi jako základní podklad pro přípravu projektu rekonstrukce.

Před provedením podrobného diagnostického průzkumu, kterému předchází technicko-ekonomické posouzení, se nejprve provede co nejširší sběr podkladů, za účelem získání co nejúplnějších údajů o mostním objektu. Archivní doklady o OK by měly být k dispozici u správce objektu, v okresních archivech nebo u projektových a investorských organizací. V ideálním případě bychom měli mít k dispozici:

- projekt konstrukce na úrovni realizační dokumentace nebo dokumentace skutečného provedení,
- dílenské výkresy konstrukce,
- základní údaje o provedené PKO nebo předpis provedené PKO,
- statické výpočty,
- rok výstavby,
- stavební deníky,
- údaje o použitých materiálech včetně příslušných zkoušek,
- záznamy z provedených prohlídek, diagnostických průzkumů, případně zatěžovacích zkoušek,
- dokumentaci o případných změnách provedených na konstrukci během doby jejího užívání,
- dokumentaci o opravách nebo rekonstrukcích (včetně všech oprav PKO),

- údaje z mostní databáze,
- fotodokumentace.

Ve většině případů, zvláště pak u konstrukcí menšího rozpětí, většina dokladů o OK chybí nebo jsou neúplné. Potom nezbývá než provést zaměření konstrukce a zhotovit technické podklady pro řešení rekonstrukčního záměru. Prohlídku konstrukce na místě spojenou s kontrolou archivních dokladů a zaměřením pro jejich doplnění či prohloubení je třeba vždy považovat za zásadní požadavek.

Nejdůležitější informací o konstrukci určené k rekonstrukci je materiál, ze kterého byla konstrukce vyrobena. Pro první informaci nám může dobře posloužit znalost výrobce OK a doba její výroby. Porovnání někdejších a současných nároků na základě dříve a nyní platných předpisů norem může usnadnit první zběžnou orientaci. Tyto údaje jsou zejména důležité pro konstrukce z období mezi roky 1840 až 1923, kdy se v našich zemích užívala k výrobě mostů šedá litina, svářkové a plávkové železo (ocel).

3.2 Kvalifikace pro provedení diagnostického průzkumu

Pracovník provádějící diagnostický průzkum ocelové konstrukce by měl splňovat zejména tyto kvalifikační podmínky:

- 1) vysokoškolské vzdělání technického směru, ukončené státní zkouškou
- 2) doložená praxe minimálně 3 roky fyzického výkonu v oboru diagnostiky staveb (zaměřeno na OK) nebo výkonu dílenských a montážních prohlídek
- 3) musí splňovat podmínky k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami a správou pozemních komunikací dle Metodického pokynu Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (MP SJ-PK), v platném znění
- 4) oprávnění k výkonu hlavních a mimořádných prohlídek mostů pozemních komunikací dle Metodického pokynu Oprávnění k výkonu prohlídek mostů pozemních komunikací, v platném znění
- 5) autorizace v oboru zkoušení a diagnostika staveb nebo autorizace v oboru mosty a inženýrské konstrukce
- 6) způsobilost pro kontrolu a vyhodnocení svarových spojů a to alespoň v rozsahu nedestruktivní kontroly VT podle požadavků ČSN EN ISO 17637, včetně doložení zdravotní zrakové způsobilosti
- 7) v případě nutnosti provedení NDT zkoušek by měl pracovník splňovat podmínky min. pro level 2 podle ČSN EN ISO 9712 nebo si na tuto činnost přizvat odborného specialistu
- 8) pro provedení a vyhodnocení kontroly stavu PKO jsou požadovány kvalifikační předpoklady pro prohlídku hlavní nosné konstrukce podle požadavků TKP 19B
- 9) pro měření a vyhodnocení korozního oslabení, které slouží pro přepočet zatížitelnosti mostu, jsou požadovány kvalifikační předpoklady pro prohlídku hlavní nosné konstrukce podle bodů 1), 2) a 5) tohoto článku. Samotné provedení a zaznamenání korozního oslabení může být provedeno v rámci korozního průzkumu i osobou s kvalifikačními předpoklady podle bodu 8), ale vyhodnocení musí být provedeno osobou s kvalifikačními předpoklady dle předchozích bodů 1), 2) a 5).

Tyto požadavky jsou výčtem základních předpokládaných kvalifikačních odborností při diagnostice OK. První dva kvalifikační požadavky by měla splňovat každá zodpovědná odbornost účastníci se

diagnostiky OK. Pro následující kvalifikační předpoklady není samozřejmě nutné, aby je splňovala jedna osoba, ale je možno mít na každý z těchto požadavků samostatného specialistu.

Podle typu diagnostického průzkumu a odhadovaného způsobu rekonstrukce je možno rozsah a charakter požadovaných kvalifikací specifikovat v zadávací dokumentaci.

3.3 Diagnostický průzkum OK

Prvotním impulsem pro provedení diagnostického průzkumu OK jsou závěry z běžných, hlavních nebo mimořádných prohlídek mostu. Na základě těchto prohlídek je díky zjištěnému stavebnímu stavu konstrukce v koordinaci s investičním záměrem rozhodnuto o nutnosti provedení dalšího průzkumu konstrukce pro rozhodnutí o způsobu provedení rekonstrukce objektu.

Každému diagnostickému průzkumu OK by měl předcházet **předběžný průzkum** a jeho posouzení (viz první fáze kap. 3 a čl. 3.1). Na základě tohoto průzkumu by mělo být provedeno vyhodnocení vybraného rekonstrukčního záměru s uvážení technicko-ekonomických souvislostí. Účelem předběžného průzkumu mostu je identifikace konstrukčního systému, ověření základních rozměrů a zjištění možného poškození konstrukce zejména za pomoci jednoduchých nástrojů a vizuální prohlídky. Informace získané předběžnou prohlídkou se mohou týkat např. vlastností povrchů, viditelným deformací, trhlin, koroze a dalších možných poškození zjistitelných bez nutnosti použití sofistikovaných diagnostických metod.

Na základě předběžného průzkumu a posouzení konstrukce mostu se připraví podklady pro rozsah a provedení **podrobného diagnostického průzkumu OK** (viz druhá fáze kap. 3 diagnostika mostu). Předběžný průzkum je ve většině případů prováděn ve spolupráci objednatele, správce mostu a pověřeného projektanta pro zpracování variantních způsobů řešení opravy nebo rekonstrukce.

Podkladem pro správné posouzení a návrh rekonstrukce musí být vždy co nejpřesnější popis stávajícího stavu konstrukce (a jeho příčin) – podrobný diagnostický průzkum OK. Rozsah diagnostického průzkumu je dán účelem, pro který se průzkum provádí, a dostupnosti dochované projektové dokumentace objektu. Rozsah prováděného diagnostického průzkumu je možno přesně specifikovat na základě požadavků objednatele a zpracovatele projektové dokumentace. Podkladem pro stanovení rozsahu prováděné diagnostiky je zejména předběžné posouzení rekonstrukčního záměru a archivní prohlídka mostu.

V případě, že nejsou dochovány žádné části původní dokumentace a nebyl proveden ani předběžný průzkum, je obvykle nutno provést diagnostiku OK mostu v plném rozsahu, což většinou znamená provedení **Průzkumu ocelové konstrukce** (zaměření přesné geometrie mostu se zaměřením na hlavní prvky NK, zjištění veškerých materiálových charakteristik hlavních nosných částí, ověření funkčních částí mostu, únavové detaily), **Korozního průzkumu** (viz čl. 3.3.2) a návrhu pro provedení rekonstrukce.

Podle rozsahu průzkumu rozlišujeme:

- **základní průzkum** se ve většině případů provádí pro upřesnění nebo doplnění výsledků hlavní nebo mimořádné prohlídky, případně k doplnění dat k zajištění dokumentace stávajícího stavu. Tento průzkum bývá součástí předběžného posouzení.

- **dílčí** průzkum se provádí v případě, kdy není dochovaná úplná dokumentace stávajícího stavu nebo např. existuje větší počet variant provedení. Ve většině případů slouží dílčí průzkum pro získání případně doplnění podkladů stávajícího stavu mostu např. pro zjištění zatížitelnosti.
- **podrobný** průzkum se provádí u konstrukcí se zjištěnými závadami, kde slouží jako podklad pro vypracování dokumentace návrhu rekonstrukce.
- **doplňkový** průzkum se provádí na základě požadavků, které vyplynou v průběhu provádění projektové dokumentace nebo rekonstrukce, a slouží k upřesnění návrhů nebo upřesnění rozsahu prováděných prací.

Zásady pro provedení diagnostického průzkumu se řídí platnými normami a předpisy. Z hlediska diagnostiky jsou důležité zejména tyto normy ČSN 73 6221, ČSN ISO 13822 a předpisy TKP 19, TP 72, TP 216.

3.3.1 Průzkum ocelové konstrukce

Průzkum ocelové konstrukce je souhrn činností, které v sobě zahrnují zjištění základních rozměrů konstrukcí, zjištění funkčnosti jednotlivých prvků, zjištění materiálových charakteristik a prověření únavy konstrukčních prvků a dílů. Podrobněji jsou rozepsány jednotlivé činnosti v následujících článcích.

3.3.1.1 Průzkum základních rozměrů konstrukce

Pro účely projektu rekonstrukce je nutno zjistit jak původní **základní rozměry** konstrukce, tak i **oslabené rozměry** konstrukce vzniklé zejména v důsledku vlivu korozního poškození. Pro účely posudku konstrukce je třeba mít informace jak o původních rozměrech konstrukce, tak o rozměrech konstrukce v důsledku oslabení korozním poškozením viz čl. 3.3.2.2.

Při zjišťování základních rozměrů konstrukce je v zásadě možno setkat se s těmito základními případy stávajícího stavu konstrukce:

- nejsou k dispozici žádné archivní podklady,
- jsou k dispozici fragmenty dokumentací nebo nejsou k dispozici všechny změny prováděné na konstrukci v průběhu let provozu konstrukce,
- je k dispozici kompletní archivní dokumentace konstrukce včetně všech provedených změn v průběhu let provozu.

V prvních dvou případech je nutno zjistit veškeré hlavní rozměry, jako je rozpětí, volná šířka na mostě, vzdálenosti příčníků a podélníků, systém ztužidel, typ detailů a základní původní geometrie jednotlivých prvků (pokud možno bez vlivu oslabení koroze). Hlavní rozměry konstrukce je vhodné zaměřit geodeticky, což je nutno v dostatečném předstihu specifikovat v požadavcích pro zamření stávajícího stavu konstrukce. S ohledem na skutečnost, že přesné zaměření NK geodeticky není běžně požadováno, je nutno geodeta o těchto požadavcích informovat. V přehledném schématu konstrukce zachytíme pokud možno naměřené průhyby a nadvýšení. Cílem tohoto průzkumu je vytvoření nové dokumentace náležitě popisující stávající stav. Rozsah tohoto průzkumu je nutno přizpůsobit požadavkům rekonstrukčního záměru. Průzkum by měl být takového rozsahu, aby mohl sloužit jako dostatečný podklad pro veškeré potřebné posudky a rozhodnutí nutné pro zpracování projektové dokumentace.

V třetím případě, kdy je k dispozici kompletní dokumentace, je doporučeno namátkově prověřit alespoň základní rozměry hlavních prvků, zda odpovídají stávající dokumentaci. Pokud je zjištěno, že základní rozměry hlavních prvků zcela neodpovídají archivní dokumentaci, je nutno provést oměření všech hlavních prvků konstrukce v obdobném rozsahu jako u předcházejícího odstavce.

Ve všech výše uvedených případech je žádoucí, aby byla prohlídka a provedení případného zaměření na místě prováděno za účasti projektanta, který bude připravovat rekonstrukci mostu. Přímá účast projektanta je podstatná pro vytvoření vhodného podkladu pro komplexní posouzení. Ve většině případů má pouze zpracovatel dokumentace jasnou představu o tom, které prvky konstrukce je nutno zaměřit. V případě, že účast projektanta při zaměření není z nějakého výše nespecifikovaného důvodu možná, je nutno upřesnit požadavky pro rozsah oměření v úzké koordinaci se zpracovatelem dokumentace.

Při provádění zaměření základních rozměrů konstrukce a jejich spojovacích prvků je doporučeno dodržet tyto zásady:

- Veškerá měření tloušťek materiálu, svarů, nýtových hlav provádíme zásadně jen na místech předem očištěných od nátěru, případně zbavených od korozních produktů. Tloušťky materiálu měříme po řádném očištění v dostatečném množství reprezentativních vzorků (doporučeno na dvou až třech místech).
- Válcované průřezy procházely stálým vývojem a charakteristika pouze výškou nebo šířkou příruby nebývá mnohdy dostačující. Často lze na válcovaných profilech nalézt válcovní značky. Doporučuje se důsledné proměření celého profilu.
- Při zaměřování spojů nakreslíme nejprve dispozici spoje, tvar, rozměry, tloušťku styčnickového plechu a fixujeme jeho polohu nejlépe vůči osovému systému.
- U svarů věnujeme pozornost jejich provedení, zejména s ohledem na vruby. Současně prohlédneme i stav okolního materiálu.
- Při určování průměru d nýtů měříme zpravidla průměr D několika hlav. Průměr d řádku potom $d \approx 0,66 D$.

Na konstrukci, u které byly stanoveny základní rozměry (dokumentace stávajícího stavu), je ve většině případů také nutno provést Korozní průzkum, který zahrnuje Kontrolu stavu PKO a stupeň Korozního oslabení jednotlivých prvků v důsledku korozního poškození. Zásady pro stanovení stavu PKO (OPS) a korozního poškození jsou řešeny v čl. 3.3.2.

3.3.1.2 Kontrola prvků konstrukcí z hlediska jejich funkčnosti

Nedílnou součástí podrobné diagnostiky OK je také provedení průzkumu funkčních prvků konstrukce se zaměřením na vady a poruchy, které mají vliv na únosnost a bezpečnost konstrukcí a jejich statického působení. Při kontrole funkčních prvků je třeba se zaměřit zejména na tyto části konstrukce:

- Ověření statické funkce mostu - kontrola prvků mostu, zajišťujících statické působení konstrukce. Jedná se například o omezení funkce ložisek z hlediska posunů a pootáčení, jejich poškození, omezení funkce závěrů a pohybu NK, funkci čepů, kloubů, styčníků.
- Kontrola prvků náchylných na vznik únavových trhlin (viz čl. 3.3.1.4).

- Kontrola prvků náchylných ke ztrátě stability. Jedná se o veškeré štíhlé tlačené nebo ohýbané prvky s ohledem na riziko vybočení či boulení, případně o klopení. Ke ztrátě stability může přispívat zvětšená geometrická imperfekce daného prvku, způsobená například nárazem vozidla.
- Kontrola rizikových styčníků. Jedná se o styčníky, které jsou zásadní pro únosnost a stabilitu konstrukce.
- Poruchy šroubů a nýtů, jde zejména o jejich porušení lomem, případně nadměrné deformace v otvoru a související ztráta předpětí. Tyto poruchy a změny mají vliv na statické působení konstrukce a tuhost styčníků a i na kompaktnost průřezů s ohledem na přenos silových účinků.
- Hodnocení deformací a chování při průjezdu dopravy, jde o nezbytnou součást každé diagnostiky, kdy lze zjistit vady a poruchy, které jsou jinak nezjistitelné.

Kontrola prvků a částí konstrukcí z hlediska jejich funkčnosti je nezbytná pro provedení správné a komplexní diagnostiky celé OK. Tyto kontroly jsou nezbytným podkladem pro správné určení problematických míst na konstrukci a slouží pro následné podrobné provedení průzkumu dle příslušných kapitol.

3.3.1.3 Materiálové charakteristiky, doporučené zkoušky pro OK

Důležitým kritériem pro provedení materiálových zkoušek je u většiny konstrukcí doba výstavby a také zachovaný rozsah původní dokumentace. Nejsou-li k dispozici archivní podklady o materiálu konstrukce, je třeba provést zkoušky materiálu pro potřebu rekonstrukce z odebraných vzorků na konstrukci. Obecně se doporučuje ověřit materiálové charakteristiky i u konstrukcí, kde máme dostatek informací o použitém materiálu, nebo jsou k dispozici archivní zkoušky.

Zkoušky by měly být provedeny v takovém rozsahu, aby byly prověřeny vlastnosti všech hlavních nosných prvků. Před vlastním rozhodnutím je třeba důkladně zvážit potřebný počet odebíraných vzorků a to jak z hlediska spolehlivosti vyhodnocení, tak na způsob rekonstrukce (použití svařování, spojování šrouby nebo nýtování). Stanovení přesného rozsahu zkoušek je velmi složitá disciplína, která vychází ze specifických podmínek konkrétní konstrukce, profesních zkušeností zpracovatele průzkumu a požadavků na rozsah opravy nebo rekonstrukce.

Odběr vzorků pro provedení materiálových zkoušek by měl být prováděn pouze po poradě se statikem. Pro provedení zkoušek, je třeba zajistit odběr vzorků, který zajistí buď zpracovatel diagnostického průzkumu, nebo přímo pracovníci akreditované zkušebny za dozoru zpracovatele diagnostického průzkumu. Snahou je odebírat vzorky z míst, která nejsou v místech max. napětí. Pokud je to možné, tak se tato místa umístí do rozhodujících částí nosné konstrukce, pokud to možné není, volí se podružné prvky, u kterých je předpoklad že mají shodné stáří s rozhodujícími prvky. Pro odběr vzorků lze využít například plechy dolních pasů a stojin za ložiskem, výztuhy stěn, odstávající konce úhelníků v místě přípojí, styčnickové plechy, přesah plechů za odstupňováním plechů na dolním a horním pasu, diafragmata, nulové pruty apod. Při odebírání vzorků by se také neměly používat metody, které mohou výrazně ovlivnit okolí odebíraného vzorku, jako je např. použití řezání plamenem nebo kyslíkem. Metody zkoušek jsou vesměs normovány a zkoušení vzorků je vhodné řešit v subdodávce u odborných zkušebních ústavů. Kontrolní zkoušky základních hutních materiálů mohou provádět akreditované zkušebny za dozoru zpracovatele diagnostického průzkumu. Tyto zkušebny by měly být schváleny objednatelem. Současně musí být splněny podmínky podle čl. 3.2.

Poznámka: Pokud zkušebna nemá ve svém akreditovaném programu příslušný odběr vzorků (norma ČSN EN ISO 17025, kap. 7.3 Vzorkování), nemůže toto uvádět do protokolu o zkoušce. Pak se za dodavatele vzorku považuje dozorcující zpracovatel diagnostického průzkumu.

Destruktivní odběry vzorků je vždy nutno provést pro každý typ prvku, který mohl pocházet z jiné hutě či se vyráběl odlišným způsobem. Typicky se jedná o plechy, pásovinu, úhelníky a další válcované profily.

V následujících odstavcích jsou obecná doporučení, jaké zkoušky by měly být provedeny podle roku výstavby. Rozsah zkoušek je spíše nastaven na nároky pro obnovy mostů (maximalistická verze investičního záměru). Je pravděpodobné, že pro opravy mostů může být tento rozsah upraven a některé zkoušky po dohodě s objednatelem vypuštěny.

Z hlediska doby výstavby je nutno rozlišovat konstrukce postavené před rokem **1905**, kdy byly používány běžně litiny, svářková a plávková železa. Ve většině případů jsou u těchto konstrukcí v zachovaných dokumentacích pouze kusé informace o použitém materiálu. Mezi lety **1905 až 1923** se ve většině případů již používalo plávkové železo. U těchto materiálů je zejména nutné zjistit použitý typ materiálu, jeho pevnostní charakteristiky a zejména svařitelnost. Na konstrukcích postavených mezi lety **1923 až 1929** bychom se již měli setkávat pouze s plávkovým železem. Proto je obvykle nezbytné provést u konstrukcí postavených do roku 1923 alespoň tyto základní zkoušky:

- **zkouška chemického složení materiálu** (zejména obsah C, prvků ovlivňujících svařitelnost a stanovení CEV, podle ČSN EN 10025 a ČSN EN 10210-1),
- **zkouška tahem** (podle ČSN EN ISO 6892-1, ČSN EN ISO 4136),
- **metalografická zkouška mikrostruktury**, výbrus a série snímků z mikroskopu,
- **zkouška ohybem** (důležitá zejména pro svářkové železo, provedena dle ČSN EN ISO 7438) pokud je nutno prokázat schopnost materiálu se plasticky deformovat,
- **zkouška rázem v ohybu** (podle ČSN EN ISO 148-1, ČSN EN ISO 9016),
- **zkouška svařitelnosti** (soubor zkoušek pro zjištění svařitelnosti, jedná se zejména o provedení zkoušky chemického složení, rázem v ohybu ovlivněné oblasti svaru a zkoušky ohybové návarové dle tloušťky použitého plechu, rozsah zkoušek by měl stanovit specialista s kvalifikačními předpoklady např. EWE (IWE)).

U konstrukcí vyrobených z válcovaných profilů po roce **1925** často postačí výsledky zkoušky chemického složení. Porovnáním obsahu jednotlivých prvků lze snadno ocel zařadit a získat vlastnosti oceli. Chemické složení se např. snadno zjistí z odebraných pilin po odvrtání otvoru. Materiály s obsahem C do 0,2 % mohou být v zásadě dobře svařitelné.

Po roce **1929** se začaly vyskytovat oceli s označením jako Cc, C38, C55 apod. Tyto oceli se běžně používaly až do roku **1937**, kdy se ustálilo používání ocelí řady C37 a C52. Od tohoto roku je také stanovena nejmenší mez kluzu u těchto ocelí. Tyto oceli se používali bez bližší specifikace vlastností jako je svařitelnost, tvárnost, odolnost proti korozi a dalších vlastností. Ke zlomu v označování ocelí dochází po roce **1948**, kdy je většinu vlastností již možno vyčíst z nového číselného označení. Podrobnosti o číselném označení těchto ocelí lze nalézt např. v knize „Prvky ocelových konstrukcí“ od Prof. Ing. Dr. Františka Faltuse. Do roku **1962** není u těchto ocelí zaručená svařitelnost, protože byla

v této době požadována za záruku svařitelnosti přírážka. Proto se doporučuje u konstrukcí postavených před rokem 1962 prověřit zkoušky v rozsahu podle předchozího odstavce vyjma zkoušky ohybem (pouze na vyžádání, nebo pokud je nutno prokázat schopnost plastické deformace).

Zkoušku svařitelnosti lze v některých případech nahradit prokazatelně provedenými funkčními svary bez zjevných závad (svary by měly být provedeny na sledovaných prvcích konstrukce), které byly provedeny v průběhu provozu konstrukce při některé z oprav nebo rekonstrukcí objektu.

Po roce **1962**, kdy bylo ustanoveno, že oceli pro mosty se mohou používat pouze v třídě 11, tedy se zaručenou svařitelností, se pro většinu tloušťek materiálů nemusejí provádět zkoušky svařitelnosti. Pro ověření vlastností se doporučuje provedení zejména těchto zkoušek:

- zkouška chemického složení,
- zkouška tahem,
- zkouška rázem v ohybu,
- v případě potřeby zkouška UT pro zjištěné necelistvosti v základním materiálu.

Při zjišťování stavu konstrukce, stanovení materiálových charakteristik, odběru vzorků a provádění materiálových zkoušek je nedílnou součástí také provádění **NDT** (zejména VT, MT, PT, UT, RT, TOFD) kontrol viz TKP 19. Tyto metody slouží k doplnění celkového obrazu o stavu diagnostikované konstrukce, jsou schopné stanovit stav provedených svarů, šroubových a nýtových spojů a také napomáhají k vtipování odběrných míst pro vzorky. Použití těchto metod je velmi subjektivní záležitostí a mělo by vycházet zejména ze zkušeností zpracovatele diagnostického průzkumu OK.

Po provedení materiálových zkoušek je nutno zvolit odpovídající metodu pro vyhodnocení výsledků. Metodika pro vyhodnocení materiálových zkoušek je např. zpracována v ČSN EN 1990, příloha D nebo v Národní příloze NA ČSN ISO 13822.

V praxi se vyskytují i případy, kdy je velmi obtížné odebrat z konstrukce vzorky o dostatečné velikosti pro provedení některých zkoušek nebo nelze odebrat žádné vzorky. V tomto případě je možno přistoupit k provedení zkoušek, které se běžně nepoužívají, ale jsou schopny dosáhnout požadovaného výsledku nějakými substitučními metodami (např. penetrační testy na vzorcích o velikosti průměru cca 30 mm a výšce cca 4 mm nebo měření tvrdosti a korelace s její pevností). Před provedením těchto metod by měl objednatel jejich použití schválit a potvrdit za vhodné pro požadovaný výstup průzkumu. Tyto metody jsou natolik specifické a běžně nepoužívané, že se jimi tyto TP dále nezaobírají.

3.3.1.4 Únava konstrukčních detailů

Na ocelových nebo ocelobetonových mostech mohou být zjištěny únavové trhliny po jisté době provozu. Případný vznik únavových trhlin je většinou spojen s nevhodným konstrukčním detailem. Únavové porušení je spojeno s pojmem vzniku trhliny, které působením opakovaného proměnného zatížení (zejména zatížení dopravou) roste do takové velikosti, že způsobí oslabení konstrukce a následný lom. Při běžné prohlídce se většinou nepodaří trhlínu proniklou k povrchu konstrukčního prvku objevit (může se jednat o trhliny kratší než 1 mm). Proto je nebezpečí únavového porušení skryté a nebezpečné. Z hlediska únavového procesu je možno rozlišit tyto tři fáze vzniku a šíření trhliny:

- stádium **změny mechanických vlastností** (v místě vrubu dochází ke zpevnění materiálu), které je prakticky nezjistitelné,

- stádium **nukleace trhliny** (vytvoří se zárodečná trhlina) je velmi obtížně zjištěitelné a proto je nutno se soustředit na místa s možností potenciálního vzniku trhliny a použít případně i některé metody NDT,
- stádium **šíření trhliny** (dochází k růstu trhliny a spojování s dalšími trhlínami) je již lépe viditelné a odhalitelné. Platí stejné zásady jako u nukleace trhliny.

Na rychlost šíření trhliny mají vliv zejména tyto aspekty jako je amplituda napětí, délka trhliny, způsob namáhání, geometrie prvku a materiálové vlastnosti. Negativně přispívají k únavovému procesu i další okolnosti jako je korozní napadení (vznik nových vrubů), teplota a stárnutí materiálu. Délka stádia růstu únavové trhliny bývá dost dlouhá, takže většinou je dost času přijmout vhodná opatření k zajištění bezpečnosti konstrukce. S ohledem na rychlost šíření únavové trhliny je možné odhadovat zbytkovou životnost konstrukce.

Únavové trhliny vznikají v detailech konstrukce s vysokou mírou vrubového účinku, kde dochází ke koncentraci napětí. Nejčastěji se vyskytující vruby na mostních konstrukcích jsou zejména tyto:

- místa s náhlou změnou průřezu, geometrie (zářezy, zúžení, rozšíření, otvory apod.),
- v místech vysoké koncentrace napětí,
- defekty ve svarech (svar a jeho okolí),
- v místech nehomogenit ocelového materiálu,
- povrchové vady materiálů (vrypy, rýhy, neopracovaný povrch svaru aj.),
- vlastní pnutí (zejména tahová).

Při provádění prohlídky z hlediska výskytu únavových trhlin u konstrukčních detailů je nutná určitá zkušenost a dobré znalosti únavového chování a nevhodných únavových detailů. Odhalit únavové porušení zejména ve stádiu nukleace trhliny je velmi obtížná disciplína, při které je nutno při podezření na výskyt této poruchy uplatnit dlouholeté zkušenosti v oboru v kombinaci s provedením některé z NDT metod diagnostiky. Stádium šíření trhliny je ve většině případů dostatečně viditelné a proto také lépe odhalitelné.

3.3.2 Korozní průzkum

Ve většině případů je součástí zadání pro provedení diagnostiky ocelového mostu i vypracování korozního průzkumu. Korozní průzkum musí provádět osoba s min. kvalifikačními předpoklady podle článku 3.2. Zásady pro provedení korozního průzkumu jsou stanoveny v tomto předpisu a mají velmi úzkou vazbu na TKP 19C. Výsledkem korozního průzkumu konstrukce by mělo být stanovení celkového stavu stávající PKO, korozního oslabení, odborný odhad zbytkové životnosti a stanovení zásad pro opravu nebo obnovu PKO.

Při provádění korozního průzkumu můžeme rozlišit prakticky tyto dva základní případy přístupu k postupu diagnostiky stavu konstrukce z hlediska stavu PKO a koroze:

- konstrukce se nachází v době diagnostiky ve stavu, kdy ještě nevypršela životnost naposledy provedeného PKO nebo je stávající PKO za svou předpokládanou životností v prokazatelně dobrém stavu a je nutno provést vyhodnocení stavu stávající PKO pro případné možné využití nebo zachování při rekonstrukci mostu,

- konstrukce je v době provedení diagnostiky za životností poslední provedené PKO nebo je jednoznačně prokazatelné, že stávající PKO je v takovém stádiu degradace, že není možno ji zachovat nebo využít při rekonstrukci mostu. Předmětem korozního průzkumu je v takovémto případě pouze stav a rozsah korozního oslabení a stav stávající PKO není nutno zkoumat.

U konstrukcí, jejichž nosnou konstrukci nebo větší část nosné konstrukce tvoří ocelové prvky se stávající PKO nebo již výrazným korozním poškozením, je nutné provést kompletní korozní průzkum. Při tomto průzkumu je nezbytné, aby zpracovatel průzkumu úzce spolupracoval se zpracovatelem navazující dokumentace. Výdaje spojené s detailním průzkumem jsou zanedbatelné v porovnání s přínosem, který mají tyto informace pro zdárný návrh opravy nebo rekonstrukce objektu.

Základním podkladem pro provedení každého korozního průzkumu je záměr na jeho provedení, kde jsou stanoveny alespoň tyto základní požadavky:

- určení stavebního objektu (konstrukce) a jeho částí pro provedení průzkumu,
- odůvodnění průzkumu (včetně předložení dostupných podkladů),
- dostupné archivní dokumenty,
- stanovení termínu provedení průzkumu,
- definování rozsahu průzkumu (Kontrola stavu PKO, Korozní oslabení),
- složení zkušebnímu týmu na provedení průzkumu včetně požadavků na kvalifikace,
- stanovení zajištění přístupů ke konstrukci, zda zajistí zhotovitel nebo objednatel,
- předpokládaný rozsah provedených zkoušek viz čl. 3.3.2.1 a 3.3.3,
- v případě potřeby požadavky na volbu zkušeben a laboratoří,
- určení technických pracovníků objednatele odpovídající za provedení průzkumu,
- další případné požadavky vycházející z konkrétních potřeb prováděného projektu.

Vliv bludných proudů na korozní poškození ocelových konstrukcí je nutno zvážit vzhledem k místním podmínkám té které konstrukce. Obecně lze konstatovat, že korozní poškození vlivem bludných proudů je na ocelových mostních konstrukcích spíše vzácným jevem a ve většině případů není nutno se problematikou bludných proudů u ocelových mostů zabírat. Bludné proudy způsobují poškození zejména betonářské výztuže nebo ocelových konstrukcí nacházejících se v přímém kontaktu s půdním prostředím a umožňující vznik elektrolytického článku.

3.3.2.1 Kontrola stavu PKO

V případě, že je určeno, nebo se jeví jako vhodné, provedení diagnostiky stávající PKO, je nutno v první fázi zajistit archivní podklady se zaměřením na konstrukční detaily, záznamy a informace ohledně naposledy použitého OPS (viz čl. 3.1). Ve stavební praxi, ale tyto záznamy často chybí a je nutno jak konstrukční detaily (viz čl. 3.3), tak složení ochranného systému zjistit jinými metodami.

Složení OPS je možno zjistit některou z těchto metod případně jejich kombinací:

- pokud existují pamětníci, kteří prováděli poslední PKO konstrukce, je možno základní informace získat z těchto zdrojů a následně pouze provést prověření některou z metod uvedených v následujících odrážkách,

- odebrání vzorků a provedení rozboru jednotlivých vrstev PKO a zjištění jejího složení chemickou analýzou nebo dalšími metodami, které jsou uvedeny v čl. 3.3.4 (je nutné provést i zkoušky pro určení nebezpečného materiálu jako jsou např. PCB, těžké kovy apod.),
- zjištění složení nátěrového systému provedením destrukčního řezu a odebráním vzorků, které je nutno vyhodnotit za pomoci lupy a mikroskopu. Případně ještě mikroskopické vyhodnocení odtrhových zkoušek.

Po zajištění dostupných podkladů a zjištění složení stávajícího OPS nebo zároveň s tímto procesem (zejména v případech, kdy je nutno odebrat vzorky pro analýzu) je možno započít samotné provedení diagnostického průzkumu PKO a zjištění korozního oslabení OK. Před provedením samotné diagnostiky je vhodné si sestavit plán průzkumu PKO. Při samotném provedení Kontroly stavu PKO je nutno zajistit zejména tyto činnosti:

- odběr vzorků pro zjištění nebo ověření složení OPS (viz čl. 3.3.4),
- odběr vzorků pro provedení stanovených laboratorních zkoušek (viz čl. 3.3.4),
- zjištění znečištění a zasolení ploch povrchů konstrukcí např. některou z metod dle ČSN EN ISO 8502-6, 9,
- zjistit a zaznamenat mechanická nebo jiná poškození povlaku,
- zjistit rozsah degradace nátěrů v souladu s normami ČSN EN ISO 4628-2 až 6, případně definovat jiné typy degradací vrstev OPS,
- stanovení průměrné tloušťky OPS některou z nedestruktivních metod,
- provedení destruktivních zkoušek ke zjištění přilnavosti k podkladu a zároveň zjištění stavu degradace jednotlivých vrstev vizuální metodou za pomoci lupy nebo mikroskopu. Základními metodami pro provedení těchto zkoušek je odtrhová zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 4624, křížový řez dle ČSN EN ISO 16276-2 nebo výjimečně mřížková zkouška ČSN EN ISO 2409. Pro zjištění stavu stávajících nátěrů je doporučena jako hlavní metoda odtrhová zkouška přilnavosti a zbývající zkoušky jsou doporučeny provádět pro získání dalších informací při vyhodnocení stavu PKO,
- rozdělení ploch podle typů zvláštního korozního namáhání, mikroklimatických podmínek na konstrukci a ovlhčení (nejčastější typy zvláštního korozního namáhání viz Příloha č. A.3).

Na základě zjištění stavu PKO, její tloušťky, její přilnavosti, degradace a míry poškození je možno poměrně objektivně vyhodnotit stávající OPS a rozhodnout o jeho následném využití při provádění rekonstrukce objektu. Zásady pro vyhodnocení stavu stávající PKO jsou uvedeny v čl. 3.3.3, 5.1 a 6.3.

3.3.2.2 Korozní oslabení OK

Další neméně důležitou částí korozního průzkumu je i stanovení **korozního oslabení** jednotlivých prvků. U mostů staršího data výstavby je ve většině případů při diagnostice OK prováděna zejména tato část průzkumu, protože stávající nátěrové systémy je možno vyhodnotit i bez výše uvedených sofistikovaných metod jako nevhodné pro další využití, neboť jsou pouze na základě kontroly vizuálního stavu jednoznačně za hranicí své životnosti.

Z hlediska korozní oslabení rozlišujeme následující typy oslabení:

- **Lokální korozní oslabení** – dílčí lokální oslabení prvku, které je svým rozsahem několikanásobně menší než hodnocený prvek či jeho část (pásnice, stojina atd.). Jedná se například o korozní důlky, prokorodování části průřezu prvku atd. Lokální oslabení je místem koncentrace napětí a může být významné pro hodnocení únavové životnosti.
- **Průměrné korozní oslabení** – jedná se o korozní oslabení, které odpovídá celkové průřezové ploše oslabení dílčí části průřezu (stojina, část pásnice atd.) podělené šířkou této části. Vyjadřuje v podstatě průměrné korozní oslabení na dílčí části prvku. Tato hodnota se odečte od původní tloušťky prvku a výsledná zbytková tloušťka se použije pro stanovení skutečných zbytkových průřezových parametrů celého prvku pro posouzení mezního stavu únosnosti a použitelnosti.

Nedílnou součástí průzkumu korozního oslabení je také stanovení typu **korozního poškození** stávajícího základního materiálu. Korozní poškození a jeho typ se vyhodnocuje zejména v místech, kde je zjišťováno korozní oslabení. Korozní oslabení jednotlivých prvků vychází ze zjištění reálných **korozních úbytků** způsobených různými typy korozního poškození, které je nutno v korozním průzkumu zaznamenat (viz následující text).

Rozsah a poloha korozního oslabení OK by měla být zpracována formou pasportizace tak, aby bylo možno jednoznačně definovat polohu a stav oslabených prvků. Pro provedení řádné pasportizace konstrukce je nutno provést **analýzu podkladů konstrukce**, která musí zahrnovat osově schéma konstrukce s definováním průřezů, rozdělením konstrukce na dílčí pruty (příhradové konstrukce) nebo části s konstantním průřezem definované délky (např. úsek mezi příčníky u plnostěnného trámu) a s jednoznačným označením jednotlivých prvků. Na základě této analýzy je nutno připravit **karty prvků** (viz Příloha A.4) pro jednotlivé zkoumané prvky, včetně schématu příčného řezu profilu v tištěné formě jako podklad pro detailní pasportizaci korozního oslabení konstrukce. Takováto pasportizace je nutným a nezbytným podkladem pro provedení řádného posudku konstrukce mostu a měla by být vyžadována jako jeden z hlavních výstupů korozního průzkumu v případě korozního oslabení konstrukce.

Při zjišťování korozního oslabení je nutno, aby bylo postupováno v souladu s těmito zásadami:

- je třeba zpřístupnit konstrukci, a to horolezecky, odkrytím podlahových plechů, nájezdem vysokozdvížné plošiny, osazením dočasných lávek atd. Pro korozní průzkum je nepřijatelné hodnocení z dálky, konstrukce musí být přístupna tzv. „na dosah ruky“. Mimořádně významné je to zejména pro mostovku, dolní pasy, dolní pásnice a všechna místa, kde dochází k hromadění vody, nečistot a ke zvýšenému koroznímu působení.
- Odměření korozního úbytku je nutno provádět po řádném odstranění korozních produktů a nátěrů. Je doporučeno v jedné oblasti korozního poškození provést min. 3 měření a vyhodnotit jako průměrnou hodnotu oslabení. Stanovení lokálních a průměrných korozních oslabení je nutno provést na všech dílčích částech průřezu samostatně (například u T průřezu stojina, pásnice vlevo, pásnice vpravo) a to tak, aby bylo možno sestavit v modelu průřezové parametry. Na korozní oslabení má také velký vliv orientace ploch jednotlivých prvků konstrukce. Vliv orientace ploch na korozní úbytky je součástí Přílohy A.4. Korozní oslabení se měří pomocí vhodné měřicí techniky (např. posuvného měřítka za pomoci příložené lišty, ultrazvukovým tloušťkoměrem a další).

- Je třeba provést zaměření na tolika místech, abychom stanovili kompletní obraz o rozložení korozního napadení na konstrukci a typu korozního poškození (koroze rovnoměrná, bodová, důlková, štěrbinová a další), o hodnotě minimálních tloušťek materiálu, o rozevírání styčných spár vlivem korozního napadení apod. Tato zjištění včetně i dalších poznatků a poškození (trhliny, poškozené nýty a šrouby, deformace) je nutno zaznamenat do karty prvku.
- Při provádění průzkumu korozního oslabení je nutno se zaměřit na místa se zvýšeným výskytem tvorby korozních produktů jako jsou:
 - místa, kde dochází k usazování nečistot a tvorbě ovhčeného prostředí jako jsou např. nevhodně provedené detaily bez možnosti odtoku vody a se zvýšenou náchylností k usazování nečistot,
 - místa, kde jsou úzké štěrbinové se špatným přístupem pro aplikaci nátěrového systému,
 - částečně uzavřené profily,
 - nevhodně orientované válcované a svařované profily,
 - místa, kde dochází ke styku různých materiálů kovu, dřeva apod.,
 - místa vystavená velkým rozdílům a fluktuacím teplot, zejména u hmotných sestav a kompletů,
 - místa ovlivněná bludnými proudy,
 - místa, kde došlo v průběhu životnosti konstrukce k opravám jak v důsledku předchozí rekonstrukce, tak mimořádných událostí jako je např. náraz vozidla apod.

Zjištěná data z korozního oslabení je nutno zpracovat do přehledné tabulkové formy, která bude sloužit jako podklad pro stanovení průřezových hodnot.

3.3.3 Vyhodnocení Kontroly stavu PKO

Pro potřeby vyhodnocení Kontroly stavu PKO je nejprve nutné definovat základní způsoby opravy PKO podle typu. Toto rozčlenění má přímou souvislost a úzkou vazbu na zjištěný stav poškození stávajícího PKO. Způsoby oprav jsou definovány i v resortních předpisech TKP 19B a TKP 19C vydaných MD. Definice zde uvedené jsou převzaty z těchto předpisů. Z tohoto hlediska rozlišujeme tyto základní způsoby oprav PKO:

- „**údržba**“ je řízená plánovitá činnost, kterou je zajišťována dlouhodobá funkčnost protikorozní ochrany,
- „**oprava systému**“ je místní oprava nátěru při jeho poškození,
- „**částečná obnova systému PKO**“ je oprava povrchu, kde došlo k porušení povlaku až k podkladu a následné zhotovení celého systému v dané oblasti s přechodem na stávající PKO; neprovádí se sjednocující vrstva nátěru na celém povrchu. Plocha porušení nepřesahuje stanovený limit,
- „**celková oprava**“ zahrnuje opravu poškozených míst, kde došlo k porušení povlaku až k podkladu v rozsahu základní vrstvy a požadovaného počtu mezivrstev (dle skladby systému, obvykle 1 až 2 mezivrstvy) a následného zhotovení sjednocujícího nátěru na opravovaném a stávajícím nepoškozeném povlaku (po odstranění nesoudržných vrstev a zdrsnění povrchu) v rozsahu požadované mezivrstvy (spojovací) a vrchní vrstvy dle zvolené skladby systému,

- „úplná obnova systému PKO“ je kompletní odstranění dosavadního protikorozičního povlaku až na ocel a následné zhotovení celého systému na celé ploše.

Zde uvedené způsoby opravy PKO budou v následujících částech této kapitoly používány pro základní rozčlenění a určení přístupu k zjištěnému stavu stávajících OPS při provedeném Korozním průzkumu.

Nejsledovanějšími parametry při rozhodnutí dalšího postupu při opravách PKO jsou zejména tato vyhodnocení a zkoušky:

- degradace nátěrů v souladu s normami ČSN EN ISO 4628-2 až 6 a jiné typy degradací vrstev OPS (např. zdegradovaný Zn vznikem jeho korozních produktů apod.),
- destruktivní zkoušky ke zjištění přilnavosti nátěrů dle norem ČSN EN ISO 16276-1,2,
- zjištění tloušťky OPS.

Kromě těchto základních způsobů zhodnocení stavu OPS se provádějí i další vyhodnocení a zkoušky, které mají nepřímý vliv na rozhodnutí o následném provedení opravy PKO. V této kategorii jsou kritéria pro vyhodnocení uváděna spíše formou doporučení, než jednoznačným parametrem jako je tomu u předchozích zkoušek. V této kategorii jsou zejména tato vyhodnocení a zkoušky:

- zjištění složení OPS pro určení nebezpečného materiálu jako jsou např. PCB, sloučeniny olova apod.,
- znečištění a zasolení ploch povrchů konstrukcí,
- mechanická nebo jiná poškození,
- rozdělení ploch podle typů zvláštního korozního namáhání, mikroklimatických podmínek na konstrukci a ovlhčení.

Vyhodnocení stavu stávající PKO a doporučení dalšího postupu v případě opravy PKO je velmi složitou problematikou, která je do značné míry ovlivněna praxí a zkušenostmi kvalifikovaných osob provádějících tyto práce. Kromě jednoznačně daných kritérií je při Korozním průzkumu vyhodnocováno velké množství souvisejících vazeb, které mohou mít určitý vliv na rozhodnutí o způsoby opravy PKO. Proto je vhodné před konečným vyhodnocením, provést konzultace v širším týmu a ideálně i se zpracovatelem navazující dokumentace.

3.3.3.1 Degradace OPS

Degradace nátěrových systémů je posuzována dle řady norem ČSN EN ISO 4628. Mezi velmi důležité typy degradace nátěrů nejvíce vypovídající o stavu PKO celé konstrukce patří zejména hodnocení stupně prorozavění (ČSN EN ISO 4628-3), stupně odlupování (ČSN EN ISO 4628-5) a stupně křídování (ČSN EN ISO 4628-6). Ostatní druhy degradací dle této normy se ve většině případů nevyskytují v takové míře jako výše popsané typy poškození nátěrů a jsou spíše doplňkového charakteru. Pokud se degradace typu puchýřkování (ČSN EN ISO 4628-2), praskání (ČSN EN ISO 4628-4) nebo nitkové koroze (ČSN EN ISO 4628-10) vyskytují jako dominantní poškození nátěrů, lze k těmto degradacím přistupovat obdobně jako v případě prorozavění nebo odlupování. V ostatních případech se spíše jedná o ojedinělé poškození, které je nutno řešit individuálně, dle konkrétních podmínek konstrukce (nelze stanovit obecná kritéria postihující všechny případy).

Z hlediska degradace nátěrů lze rozlišovat **lokální poškození** a **plošně rozmístěné poškození** nátěrů. V případě lokálních (místních) poškození se kritéria pro hodnocení liší oproti plošnému poškození v maximálním přípustném poměru poškození ku posuzované ploše.

Lokální poškození se vyskytuje zejména v oblastech, kde je riziko vyššího korozního namáhání oproti jiným částem konstrukce, jako jsou např. koncové příčníky, nadpodporové oblasti, nevhodně řešené detaily, místa kontaminovaná ve zvýšené míře chemickými látkami, ptačím trusem nebo mechanicky poškozená.

U odlupování je nutno rozlišovat, ve které vrstvě OPS dochází k odlupování. Pokud dochází k odlupování ve vrchní vrstvě, případně poslední mezivrstvě (je dostatečná zbytková tloušťka), je v případě vyhovujících podkladních vrstev (viz čl. 3.3.3.2) ve většině případů možné přistoupit k celkové opravě systému bez ohledu na poměr poškození ku celkové ploše. Toto rozhodnutí je samozřejmě závislé i na rozsahu dalších poškození jako je např. prorezavění nebo zdegradování podkladních vrstev.

Případné Korozní oslabení vyskytující se na konstrukci je nutno vyhodnotit v souladu s čl. 3.3.2.2. Toto vyhodnocení slouží zejména jako podklad pro případný statický přepočet ocelové konstrukce, ale nemá z hlediska opravy PKO ve většině případů zásadní vliv na rozhodnutí o metodice opravy PKO.

Tabulka 1 - Plošně rozmístěné poškození OPS prorezavěním (ČSN EN ISO 4628-3) a odlupováním (ČSN EN ISO 4628-5)

Stav povrchu OK	Korozní poškození	Stupeň prorezavění dle ČSN EN ISO 4628-3	Stupeň odlupování dle ČSN EN ISO 4628-5	Typ opravy PKO
Znečištění a degradace OPS do 0,5%	není	Ri0 – Ri2	1(S1)b – 3(S2)b	Údržba + oprava systému
Degradace OPS od 0,5% do 3%	Pouze povrchová koroze bez korozního oslabení	Ri3 – Ri4	3(S3)b – 4(S4)b	Do 1% degradace oprava systému jinak částečná obnova systému PKO
Degradace OPS od 3% do 10%	Povrchová koroze a lokální korozní oslabení	Ri4 – Ri5	5(S3)b – 5(S5)b	Do 5% degradace je možná částečná obnova systému jinak celková oprava
Degradace OPS > 10%	Korozní oslabení	Ri5	5(S5)b	Úplná obnova systému PKO

Poznámka 1: V případech, kdy jsou lokální poškození zařazena např. do částečné obnovy systému PKO a pro plošné poškození vyháží celková oprava nebo úplná obnova systému PKO, uplatňuje se tento typ opravy PKO i na lokální místa. Přístup k opravě PKO pro plošně rozmístěná poškození je nadřazen přístupu opravy PKO lokálnímu poškození.

Poznámka 2: Degradace OPS uvedená v 1. sloupci je prostým součtem prorezavění a odlupování. Pokud např. bude na konstrukci 3% plochy zařazeno do prorezavění s výskytem max. Ri4 (S4) a zároveň bude na konstrukci 4%

plochy zařazeno do odlupování s výskytem max. 5(S4)b je celková degradace OPS 7% plochy a je navržena celková oprava systému.

Poznámka 3: V případě návrhu částečné obnovy systému je nutno zohlednit i vizuální hledisko tohoto návrhu. Tento typ opravy PKO je zejména v případě vnějších povrchů trvale viditelný (není možno dosáhnout shodného odstínu s okolními vyhovujícími nátěry) a může dojít k přehodnocení výběru systému opravy PKO právě z těchto důvodů (např. na celkovou opravu systému). Návrh tohoto typu opravy je vhodné konzultovat se správcem stavby a zpracovatelem následující dokumentace.

Tabulka 2 - Lokální poškození OPS prorozáváním (ČSN EN ISO 4628-3) a odlupováním (ČSN EN ISO 4628-5)

Stav povrchu OK	Korozní poškození	Stupeň prorozávění dle ČSN EN ISO 4628-3	Stupeň odlupování dle ČSN EN ISO 4628-5	Typ opravy PKO
Znečištění a degradace OPS do 1%	Korozní oslabení není	Ri0 – Ri2	1(S1)b – 3(S2)b	Údržba + oprava systému
Degradace OPS od 1% do 15%	Povrchová koroze a lokální korozního oslabení	Ri3 – Ri5	3(S3)b – 5(S4)b	Do 3% degradace oprava systému jinak částečná obnova systému PKO
Degradace OPS od 15% do 40%	Korozní oslabení	Ri5	5(S4)b – 5(S5)b	Částečná obnova systému
Degradace OPS > 40%	Korozní oslabení	Ri5	5(S5)b	Do 50% částečná obnova systému PKO, jinak úplná obnova systému PKO

Poznámka 1: Zejména při vyšším rozsahu degradace OPS je pravděpodobné, že příčinou vzniku takového rozsahu poškození může být kromě konce životnosti OPS i jiné související poškození částí konstrukce, které způsobuje a urychluje degradaci OPS. I když tato část konstrukce není součástí Korozního průzkumu je nezbytné v závěrečném vyhodnocení na tyto detaily upozornit a doporučit Správci objektu sjednání nápravy. Samotná oprava PKO není bez odstranění příčiny vzniku poškození příliš efektivní, nicméně i tak konstrukci pomáhá prodloužit životnost a vytváří prostor pro případnou přípravu a následnou opravu nevyhovujících částí konstrukce jako jsou např. protékající mostní závěry, poškozené odvodnění, nevhodné konstrukční detaily apod.

Poznámka 2: Degradace OPS uvedená v 1. sloupci je prostým součtem prorozávění a odlupování. Pokud např. bude v lokální oblasti 4% plochy zařazeno do prorozávění s výskytem max. Ri5 (S4) a zároveň bude 6% plochy zařazeno do odlupování s výskytem max. 5(S4)b je degradace OPS 10% lokální (místní) plochy a je navržena částečná obnova systému PKO.

Tabulka 3 - Křídování OPS ČSN EN ISO 4628-6

Stupeň křídování dle ČSN EN ISO 4628-6	Stav povrchu OK	Typ opravy PKO
1 - 3	Povrchy přístupné UV záření, rozsah křídování až 100%	Sledování
4 - 5	Povrchy přístupné UV záření, rozsah křídování do 15%	Lokálně oprava vrchního nátěru
4 - 5	Povrchy přístupné UV záření, rozsah křídování > 15%	Celková oprava nebo úplná obnova systému, podle rozsahu prorezavění, odlupování a degradace ostatních vrstev

Poznámka 1: Křídování ve většině případů není rozhodujícím kritériem pro zvolený způsob opravy PKO.

Poznámka 2: V případě zjištěné vysoké míry křídování prověřit úbytek tloušťky povlaku PKO a jeho přilnavost (odtrhem, řezem, stěrem).

Dalším důležitým kritériem při vyhodnocení degradace OPS je i samotné zhodnocení degradace samotného materiálu podkladních a základových vrstev systému, které nejsou narušeny prorezavěním nebo odlupováním. Způsob a metoda vyhodnocení viz čl. 3.3.4 tohoto předpisu.

3.3.3.2 Destruktivní zkoušky ke zjištění přilnavosti nátěrů

Destruktivní zkoušky pro zjištění přilnavosti jsou velmi důležitým hodnotícím kritériem pro stanovení stavu stávající OPS. Pro objektivní vyhodnocení je nutno stanovit dostatečné množství těchto zkoušek v závislosti na ploše konstrukce, rozdílném korozním namáhání a vyskytujících se konstrukčních prvcích (stěny, pásnice, výtuhy apod.). Minimální doporučené množství odtrhových zkoušek je uvedeno v následující tabulce, ale je závislé na konkrétních podmínkách posuzované konstrukce. Zkouška přilnavosti systému se provádí dle ČSN EN ISO 4624 a ČSN EN ISO 16276-1. Mřížková zkouška a křížový řez se provádí dle ČSN EN ISO 2409 a ČSN EN ISO 16276-2.

Poznámka: Pokud byly na zkoušené ploše současně provedeny zkouška přilnavosti odtrhem (ČSN EN ISO 4624 a ČSN EN ISO 16276-1) a mřížková zkouška nebo zkouška křížovým řezem (ČSN EN ISO 2409 a ČSN EN ISO 16276-2), pak pro vyhodnocení platí zkouška odtrhem.

Tabulka 4 - Doporučený min. počet měření na diagnostikované ploše

Diagnostikovaná plocha (m ²)	Počet platných měření
≤ 1000	2 na každých 200 m ² plochy nebo její části
>1000	10, plus 1 na každých dalších 250 m ² plochy nebo její části

Poznámka 1: Doporučuje se rozdělení na menší kontrolní plochy.

Při hodnocení destrukčních zkoušek přilnavosti je nutno zohlednit, ve které vrstvě OPS došlo k dominantnímu porušení vrstvy a v jakém stavu se nacházejí jednotlivé vrstvy z hlediska degradace materiálů (viz předchozí kapitola). Porušení ve vrchních vrstvách OPS s nevyhovujícím výsledkem

nemusí nutně znamenat nutnost obnovy celého systému. V případech takovýchto zjištění je nutno posoudit stav základních a podkladních vrstev a jejich přilnavost k podkladu (např. provést odtrhové zkoušky v místech s porušenými vrchními vrstvami apod.). Obecně lze konstatovat, že pokud jsou vyhovující výsledky přilnavosti již ve vrchních vrstvách, budou vyhovující i základové a podkladní vrstvy.

Za vyhovující pro následnou opravu PKO při využití stávajícího OPS lze považovat systémy, kde průměrná hodnota přilnavosti systému v posuzované oblasti je $\geq 2,5 \text{ MPa}$ a vyhodnocení křížového řezu nebo mřížkové zkoušky je do **stupně (klasifikace) 2**. Pro hodnocení přilnavosti navíc platí, že jednotlivé hodnoty odtrhové pevnosti nesmějí být $\leq 1,5 \text{ MPa}$ (adhezní lom od podkladu nesmí vykazovat korozní body).

3.3.3.3 Průměrná tloušťka OPS

Průměrná tloušťka OPS se hodnotí v případech, kdy se uvažuje zachovat stávající systém nebo se uvažuje využít základové a podkladní vrstvy při opravě PKO.

V případech, kdy se nepředpokládá celková oprava PKO, ale budou prováděny pouze opravy systému nebo částečné obnovy PKO, se zpravidla považuje za vyhovující, když je průměrná tloušťka nátěru pro venkovní (vnější) povrchy min. 250 μm (minimální tloušťka jednotlivých měření 200 μm) a pro vnitřní povrchy 80 μm (minimální tloušťka jednotlivých měření 65 μm). Při nižších hodnotách se doporučuje pro vnější povrchy nanesení nové vrchní vrstvy nebo provedení celkové opravy PKO se spojovací a vrchní vrstvou.

Pokud se předpokládá celková oprava systému PKO, lze považovat za vyhovující průměrnou tloušťku pro venkovní (vnější) povrchy min. 150 μm (minimální tloušťka jednotlivých měření 120 μm). Pro vnitřní povrchy se doporučuje při průměrných tloušťkách < 60 μm provést úplnou obnovu systému PKO.

3.3.3.4 Složení OPS pro určení nebezpečného materiálu

Tyto zkoušky se provádějí zejména u OPS, které byly aplikovány před první polovinou 90. let 20. století. Mezi nejčastěji se vyskytující nebezpečné látky patří u nátěrů zejména sloučeniny šestimocného chromu, sloučeniny olova a polychlorované bifenylu (PCB).

Zkoušky na přítomnost PCB v nátěrech by se měly provádět vždy u systémů, které byly aplikovány před rokem 1986, kdy bylo dle dostupných podkladů možno ještě tyto materiály legálně na území Československa použít. Po tomto roce by se již neměly tyto látky v nátěrových hmotách nacházet.

Zkoušky na přítomnost dalších nebezpečných látek v povlakových systémech by se měly obecně provádět vždy. Pro zjištění výskytu nebezpečných látek se provede analýza. Výsledky obsahu nebezpečných látek v povlakových systémech potom slouží jako podklad pro stanovení přístupu nakládání s těmito materiály během opravy PKO.

3.3.3.5 Znečištění a zasolení ploch konstrukcí

Vyhodnocení znečištění a zasolení ploch se provádí za účelem zjištění reálného stavu kontaminace povrchů CHRL. Na základě zjištěného výskytu solí na konstrukci lze stanovit nebo vytipovat místa, která jsou zatížena vyšším korozním namáháním. Tyto údaje jsou následně důležitým podkladem pro správný návrh a postup opravy PKO.

3.3.3.6 Mechanická nebo jiná poškození

Poškození na konstrukci se dělí na poškození způsobená přímým mechanickým kontaktem jiných předmětů s konstrukcí, jako jsou např. poškození od odlétávajících kamínků z vozovky, odření povrchů způsobená vybočeními vozidel z dráhy nebo způsobená vandalismem. Naproti tomu existují i nepřímá poškození způsobená např. úsadami nečistot, ptačím trusem nebo zvýšenou kondenzací a ovlhčením konstrukce. Veškerá tato poškození je nutno při Korozním průzkumu zaznamenat a vyhodnotit zda se jedná o ojedinělý jev nebo systémový nedostatek vycházející z konkrétních podmínek nebo konstrukčního řešení mostu. Na základě těchto zjištění by měly být vypracovány doporučení nebo návrhy řešení, jakým způsobem tyto nedostatky při následném návrhu opravy PKO omezit nebo úplně odstranit.

Na vyhodnocení a doporučení pro opravy těchto typů poškození nelze stanovit obecná kritéria jako v případě jiných typů zkoušek. Vyhodnocení těchto typů poškození je velmi závislé na zkušenosti kvalifikované osoby provádějící tento průzkum, proto je doporučeno závěry a doporučení tohoto typu konzultovat v širším týmu kvalifikovaných osob.

3.3.3.7 Zvláštní korozní namáhání – rozdělení ploch

Zvláštní korozní namáhání slouží pro zatřídění jednotlivých částí konstrukcí podle typu korozního namáhání a zahrnují v sobě i zasolení ploch nebo mechanická a jiná poškození konstrukcí. Pro potřeby korozního průzkumu a jako podklady pro návrh opravy PKO je nutné provést vyhodnocení jednotlivých ploch, typů a detailů konstrukce z hlediska jejich korozního namáhání. Na základě takového vyhodnocení, které je součástí Korozního průzkumu, se provádí samotný návrh opravy PKO, který zohlední jednotlivá korozní namáhání a provede případné úpravy v návrzích podle typu nebo detailu konstrukce. Pro zjednodušení při zatřídění jsou nejběžněji se vyskytující typy korozních namáhání uvedeny v příloze A.3 tohoto předpisu. Tyto typy korozního namáhání je možno využít při závěrečném vyhodnocení Korozního průzkumu pro jednotlivé části konstrukce.

3.3.4 Materiálové charakteristiky – doporučené zkoušky pro OPS

3.3.4.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků, jejich předání zkušebně/laboratoři se provádí podle plánu a postupu vzorkování zkušebny/laboratoře v souladu s jejich akreditačními podmínkami. Pokud zkušebna/laboratoř nemá vzorkování ve svých schválených postupech, tyto se sjednají v rámci smlouvy o účasti. Sjednané postupy vzorkování musí být v souladu s normou ČSN EN ISO 17025, článek 5.7 Vzorkování. Příjem a uložení vzorků ve zkušebně/laboratoři je řízen jejím systémem kvality.

Poznámka: *Požadavek neplatí pro odběr vzorků pro předběžné orientační zkoušky. Pokud ale takové zkoušky budou zadokumentovány, musí být označeny jako orientační a neakreditované, a nemusí být považovány jako objektivní a závazné.*

Místo odběru vzorků musí být na objektu řádně a trvanlivě označeno, odběr musí být řádně popsán a zdokumentován. Podle dohody stran lze odebrat a v kontrolovaných inertních podmínkách uložit kontrolní vzorek. Ve sjednaných případech lze provést odběr a dokumentaci vzorků komisionálně. Vzorky, které nebudou při ukládání stabilní, nebo je nelze stabilizovat, musí být zpracovány neprodleně po odběru, případně musí být přijat jiný způsob zkoušení.

3.3.4.2 Doporučené zkoušky

Mezi nejčastěji prováděné zkoušky při korozním průzkumu patří zejména tyto zkoušky:

- Zkouška chemického složení (složení OPS včetně obsahu nebezpečných látek, korozních produktů, nečistot a kontaminujících hmot),
- Vyhodnocení degradace kovových povlaků (pouze žárově stříkané povlaky) a nátěrových povlaků,
- Hodnocení kompatibility stávajícího OPS s opravným systémem ONS v souladu s požadavky ASTM D5064 (Standard practice for Conducting a Patch Test to Assess Coating Compatibility).

Zkoušku chemického složení lze provádět ve většině případů metodami klasické chemické analýzy, případně různými metodami spektrometrických analýz. Tyto zkoušky se provádějí většinou v případech, kdy není znám typ a složení stávajících povlaků, je podezření na výskyt nebezpečných látek v povlacích nebo jsou povlaky na svých površích kontaminovány neznámou látkou nebo hmotou. Konkrétní metody použité při provádění průzkumu je nutno odsouhlasit oběma zúčastněnými stranami (objednatel, zhotovitel průzkumu) před prováděním a vyhodnocení této zkoušky.

Vyhodnocení degradace kovových povlaků se obvykle provádí jako vedlejší efekt po provedených zkouškách přilnavosti povlaků jako jsou např. šikmé řezy, odtrhy, mřížkové a křížové řezy anebo přímým odstraněním vrchních vrstev a zajištěním přístupu k těmto hodnoceným vrstvám. U těchto vrstev se hodnotí míra samotné degradace těchto materiálů. U metalických povlaků se hodnotí, zda si povlak zachoval svůj kovový vzhled a také se hodnotí míra oxidace zinkových nebo hliníkových vrstev. U nátěrových systémů se hodnotí míra degradace pojiv, pigmentů nebo plniv. Hodnocení míry degradace se provádí při přiměřeném osvětlení a zvětšení, obvykle při osvětlení min. 350 lx optickém zvětšení 5 až 12x. Toto vyhodnocení do značné míry závisí na praxi a zkušenostech posuzovatele a proto je vhodné závěry míry degradace materiálů povlaku konzultovat v širším týmu odborníků (obvykle další specialisté v týmu průzkumu). Obecně platí, že pokud je zjištěna degradace základních nebo podkladních vrstev OPS a došlo ke ztrátě původně požadovaných vlastností, je nutno navrhnout úplnou obnovu systému PKO.

Hodnocení kompatibility stávajícího OPS s opravným systémem ONS se provádí v případech, kdy je pravděpodobné provedení celkové opravy PKO. Zkoušku kompatibility je vhodné provést na konkrétní systém ONS v dostatečném předstihu před samotnou realizací opravy PKO, kde se provede aplikace opravného systému ONS dle vybraného zhotovitele, který má na tento systém platnou Průkazní zkoušku pro úplnou obnovu PKO (viz TKP 19C). Zkoušku kompatibility je možno provést i v průběhu korozního průzkumu, ale zde se bude jednat o zkoušku kompatibility s různými typy generických povlaků, protože ještě není znám konkrétní opravný systém. Provedení zkoušky kompatibility je v případě celkové opravy PKO nedílnou součástí Průkazní zkoušky opravného systému (detailnější požadavky viz TKP 19C) a je tedy nutné ji provést vždy. Zkouška kompatibility se provádí v souladu s požadavky uvedenými v TKP 19C, Příloha 19.C.P4 (při tvorbě metodiky této zkoušky se vycházelo ze standardu ASTM D5064).

3.4 Rozsah a množství zkoušek podle typu rekonstrukce

Při stanovení rozsahu a množství provedených zkoušek na konstrukci je nutno vycházet zejména z požadavku rozsahu rekonstrukce. Obecně lze konstatovat, že rozsah zkoušek a průzkumů nutný pro

opravu a některé druhy obnov bude výrazně menší než pro potřeby obnovy se zesílením nebo přestavby objektu.

Určení rozsahu je velmi subjektivní činnost, kterou je velmi obtížné generelním způsobem definovat a jasně rozlišit, kdy bude jaké množství zkoušek a rozsah průzkumu použit. Je to činnost, která je závislá na požadavcích objednatele, pohledu na konstrukci od zpracovatele průzkumu a představě projektanta, jaké informace má průzkum poskytnout. Při určování rozsahu a typu provedených zkoušek je také nutno zohlednit typ posuzovaného prvku, neboť např. pásové oceli a válcované prvky mohou mít zcela rozdílné charakteristiky a tím i požadavky na provedené zkoušky. Proto je nutno brát stanovené rozsahy zkoušek jako orientační a doporučující pro zpracovatele.

Obecně lze konstatovat, že počet odebraných vzorků má vliv na výsledné stanovení charakteristické, popř. návrhové hodnoty materiálových vlastností. Přestože je možno stanovit materiálové vlastnosti i z jedné zkoušky, doporučuje se provést nejméně 3 až 6 zkoušek. Stanovení vlastností na základě zkoušek je možno provádět podle ČSN EN 1990, příloha D. Metodika postupu je uvedena i v ČSN ISO 13822 v národní příloze.

Rozsah zkoušek při provádění **oprav** nebo **obnov bez zesílení** je možno definovat takto:

- Zkouška chemického složení na všech hlavních prvcích. Ověření předpokladu použitého materiálu.
- Zkouška tahová namátkově alespoň v rozsahu 3 ks na celou konstrukci. Ověření meze kluzu použitého materiálu.
- Pro opravu nebo obnovu bez zesílení, ale s výměnou některých prvků, je v případě technologie, která by vyžadovala svařování, nutno prověřit svařitelnost. Měla by postačit jedna zkouška s porovnáním chemického složení u dalších prvků. Pokud se projeví výrazné odlišnosti ve složení i u ostatních částí konstrukcí, je nutno svařitelnost prověřit i u ostatních prvků.
- Provedení kompletního korozního průzkumu konstrukce.

U oprav a obnov bez zesílení je možno v případě, že se jedná o konstrukci postavenou po roce 1962, po dohodě s objednatelem od většiny těchto zkoušek ustoupit.

Rozsah zkoušek při provádění **obnov se zesílením** a **přestaveb** je možno definovat takto:

- Zkouška chemického složení na všech hlavních prvcích. Ověření předpokladu použitého materiálu.
- Zkouška tahová by měla být provedena na všech hlavních prvcích a částech konstrukce, které budou součástí posudku. Minimální rozsah pro dostatečnou vypovídající hodnotu by měl být alespoň po 1 kusu na použitou tavbu zjištěnou dle chemického složení. Na celé konstrukci by měly být při min. rozsahu průzkumu provedeny alespoň tři zkoušky.
- Zkouška rázem v ohybu by měla být v obdobném rozsahu jako zkouška tahová.
- Zkouška ohybem podle požadavku objednatele nebo nároků na rekonstrukci. Není požadováno min. množství provedených zkoušek.
- Zkouška svařitelnosti v rozsahu nutném pro provedení rekonstrukce. Rozsah zkoušky je možno optimalizovat na základě zkoušek chemického složení jednotlivých zjištěných taveb.

Obecně platí, že pro konstrukce provedené před rokem 1962 by měl být rozsah zkoušek v mnohem širším záběru, protože vlastnosti ocelí nebyly tak jasně normalizované jako po tomto roce a v mnoha případech nejsou podrobnější informace o použitých materiálech dohledatelné.

U konstrukcí provedených po roce 1962 nebo tam, kde jsou dohledatelné podrobné informace o použitém materiálu, by mělo postačovat provedení zkoušek v rozsahu zejména pro ověření materiálových charakteristik odpovídajících uvažovaným hodnotám původního projektu.

4. Materiál konstrukce

Při provádění oprav, obnov nebo přestaveb ocelových konstrukcí se můžeme setkat s různými druhy materiálu, které se mohou výrazně lišit svými vlastnostmi. Minimální znalostí projektanta o ocelové konstrukci musí být doba jejího vzniku, ze které lze usuzovat na použitý druh materiálu pro hlavní nosné prvky a předběžně určit alespoň orientační materiálové charakteristiky.

Do roku 1969 byla u většiny materiálů uváděna hodnota dovolených namáhání, kterou je v některých případech nutno pro účely přepočtu konstrukce převést na návrhovou pevnost materiálů. Pro metodiku převodu těchto hodnot je možno postupovat zcela v souladu s ČSN ISO 13822, která vychází z tzv. míry bezpečnosti μ vztažené k mezi pevnosti nebo mezi kluzu. Pokud není přímo uváděna míra bezpečnosti v tabulkách u jednotlivých typů materiálů tohoto předpisu, je možno použít míry bezpečnosti stanovené normou ČSN ISO 13822.

Tento vztah umožňuje odhadnout návrhovou pevnost materiálů na základě informací o letopočtu výstavby, na jehož základě je možno přiřadit odpovídající pevnost a stupeň bezpečnosti pro daný způsob dovolených namáhání. Hodnoty takto získané je nutno považovat za orientační a je možno je využít v předběžných výpočtech nebo v případě, že je z původní dokumentace zcela zřejmé, o jaký se jedná materiál. Doporučuje se takto stanovené hodnoty porovnat s výsledky materiálových zkoušek, jejichž rozsah je nutno stanovit individuálně dle požadavků na rekonstrukci.

4.1 Základní materiály rekonstruovaných konstrukcí

V této kapitole jsou podrobněji rozepsány používané druhy materiálů a časová osnova použití a výroby jednotlivých druhů litin, želez a ocelí.

Rozhodující vliv na rozvoj kovových mostních konstrukcí měla průmyslová výroba kovů po roce 1785. Od tohoto data až do roku 1894 lze vždy předpokládat, že konstrukce byly zhotoveny ze svářkového železa nebo litiny. U konstrukcí postavených mezi lety 1895 až do konce roku 1905 je nutno zjistit, zda bylo použito svářkové nebo plávkové železo, případně litina.

Podle starých rakouských předpisů (z roku 1905) smělo být na mostě použito buď svářkové, nebo plávkové železo, ale vždy na témže mostě pouze jeden druh. Díky tomuto nařízení se na mostní konstrukce prakticky přestaly používat od roku 1905 svářková železa. V ojedinělých případech může docházet k výskytu svářkového železa i po tomto datu, ale bude se s největší pravděpodobností jednat o podružné části konstrukce.

Podle Návrhu československého řádu pro železniční mosty z roku 1921 – viz Zpráva veřejné služby technické str. 270 až 271 a pro silniční mosty z roku 1923 – viz Zprávy veřejné služby technické č. 21 až

23 byla předepsaná zvýšená dovolená namáhání a na nové železné mosty bylo povoleno použití pouze plávkového železa. Normou ČSN 1016/1926 zavádí Československá normalizační společnost jednotný název “ocel” pro oba dosavadní názvy “kujné železo” a “ocel”. Tímto jednotným názvem ocel se rozumí veškeré kujné železo vyrobené v tekutém stavu. Jednotlivé druhy oceli se označovaly písmenem C (uhlíková ocel) a číslem, značícím minimální předepsanou pevnost.

V normě ČSN 1230/1937, Navrhování mostů, se poprvé uvádí ocel C52 a předepisuje se u ocele na mosty mimo pevnosti i nejmenší mez kluzu (230 MPa u C37 a 360 MPa u C52). Norma ČSN 1016/1926 měla být r. 1939 revidována, práce však byly přerušeny válkou. Ministerstvo dopravy v Praze zavedlo výnosem ze 17.6.1940 zvýšená dovolená namáhání nýtů a šroubů. V tomto období vyšla ČSN 1016/1944, která byla překladem německých norem DIN. V průběhu válečných let se užívalo označení St (Stahl, Steel). Po válce Československé ministerstvo dopravy výnosem ze dne 15.9.1945 na základě předepsaných doplňků a změn ČSN 1230/1937 týkajících se zatížení mostů stanovilo největší přípustná napětí mostních konstrukcí z oceli C37 a C52.

Norma ČSN 1510/1948, Konstrukční oceli obvyklých jakostí rozšiřuje množství používaných ocelí podle jakosti a zavádí nové číselné označení. K význačnější změně ve značení ocelí dochází v roce 1962, kdy byly vydány nové materiálové listy. Oceli užívané podle tehdy nových platných norem se pro mostní stavitelství používají pro hlavní nosné prvky již jen se zaručenou svařitelností.

Po roce 1969 dochází u mostních konstrukcí ke změně metodiky výpočtu z Dovolенých namáhání na Mezní stavy. Oceli se výpočtově dělí na pevnostní řady 37 a 52, ke kterým jsou stanoveny výpočtové pevnosti. Od roku 1969 se u ocelí v mostním stavitelství započalo pracovat s výpočtovou pevností materiálu, která byla užívána až do roku 1994, kdy se v ČR přechodně začalo používat ČSN P ENV 1993-1-1. Tato norma byla v roce 1999 nahrazena aktualizací ČSN 73 6205, která byla v podstatné míře sjednocena s přípravnou evropskou normou. Od roku 1994 se tedy při výpočtu vychází přímo z meze kluzu materiálu a zavádějí se dílčí součinitele spolehlivosti materiálu. S drobnými změnami, zejména v hodnotách součinitelů spolehlivosti je tato metodika platná až do současnosti. Od roku 2010 jsou v ČR platné evropské normy.

4.1.1 Šedá litina

Železa nekujná se vyráběla ve vysokých pecích redukcí z rudy, a to buď jako surové železo bílé, nebo surové železo šedé. V bílém železe je uhlík rozpuštěn jako karbit Fe_3C , je tvrdé a velmi křehké, má hustý tok a není kujné, ani svařitelné a slouží výhradně jako surovina k výrobě oceli. V surovém železe šedém je uhlík rozpuštěn jen částečně a částečně je vyloučen jako grafit. Surové železo šedé je měkkší než surové železo bílé, je však křehké.

Ze surového železa šedého se vyráběla přetavením v kuplovně šedá litina. Tavenina se potom odlévala převážně do pískových nebo litinových forem.

Předností šedé litiny je její dobrá zabíhavost (zatékavost) i do složitých forem, relativně nízká tavicí a lící teplota (1100 – 1300 °C) a dobrá odolnost vůči korozi. Šedá litina je vícesložková slitina železa s uhlíkem, křemíkem, manganem, fosforem, sírou a s dalšími prvky. Obsah uhlíku je obvykle 2,8 až 4 %. Šedá litina má charakteristický šedivý, krystalinický lom, je opracovatelná a má relativně vysokou pevnost v tlaku. Ostatní mechanické vlastnosti jsou nepříznivě ovlivněny lamelárním tvarem grafitu. Grafitové lamely působí jako vruby v kovové hmotě a snižují pevnost v tahu (120 – 260 MPa) a ohybu

(200 – 370 MPa). Litina je málo houževnatá. Lamelová forma grafitu zvyšuje tepelnou vodivost šedé litiny.

V praxi se všeobecně ví, že tuto litinu lze při opravách někdy svářet bazickou elektrodou na ocel (pokud není v litině tolik uhlíku, že svar už pění - nutno vyzkoušet). Musí se ale také vědět, že svar se tak obohatí uhlíkem, že ztvrdne. Takový svar pak nelze kovoobrábět (soustružit, vrtat, frézovat), ale už jen brousit.

Šedá litina byla kdysi ve stavebnictví velmi rozšířena pro svoji lacinost a snadnou odlévatelnost různých tvarů. V mostním stavitelství se litina používala zejména na výrobu ložisek, obloukových konstrukcí (tlačené), tlačených prvků příhradových konstrukcí a sloupů. V mostním stavitelství se setkáváme s použitím těchto materiálů na nosné prvky až do roku 1894.

Pro litinu podle Nařízení c.k. Ministerstva železnic z roku 1904 je dovolené namáhání v tlaku 70 MPa, v prostém tahu 20 MPa a v tahu při ohybu 25 MPa. Podle tohoto nařízení, ale nesmí být z litiny zřízena žádná volně nesoucí část konstrukce.

Pro litinu podle Zprávy veřejné služby technické z roku 1923 je dovolené namáhání v tlaku 90 MPa a v tahu za ohybu 35 MPa.

Tabulka 5 - Hodnoty dovolených namáhání ložisek a kloubů podle ČSN 1230-1937

Materiál	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení hlavní			Zatížení hlavní a vedlejší		
	v ohybu	v tlaku	v soustředném tlaku při výpočtu podle Hertze	tah, tlak, ohyb	smek	v soustředném tlaku při výpočtu podle Hertze
Šedá litina	tah 45	100	500	tah 50	110	600
	tlak 90			tlak 100		

4.1.2 Svářková železa

Vyráběla se v těstovitém stavu v plamenných pudlovacích pecích, v nichž se surové železo a šrot zpracovávaly za přístupu vzduchu a stálého míchání (pudlování) při teplotě 1300°C (nebyla dosažena teplota tavení). Těstovitý produkt se pod bucharem vykoval v tyče a zbavil se tak co možná vměstků strusky. Následně se vyváloval v tlusté plechy, které se ve svazcích (paketovaly) na válcích kovářsky nebo tavením svářely. Následně se z nich vyválovala tvarová ocel (profily). Tato svářková ocel obsahovala až 99,8 % železa a 0,004 až 0,006 % uhlíku. Je značně prostoupená struskou, protaženou válcováním do délky, a je proto vrstevnatá. Jedná se o měkkou ocel s obsahem asi 1 % strusky. Vyráběla se s malým obsahem uhlíku, pevnost této oceli je 330 až 400 MPa a tažnost je cca 12 až 25 %. V příčném směru je pevnost i tažnost podstatně nižší. Svářková ocel vyniká tažností a odolností proti rezivění, odolává únavě a nárazům a je kovářsky svařitelná. Obecně není svářkové železo vhodné pro svařování nebo navařování. Specifická hmotnost je 7700 kg/m³. Ve stavebnictví se s použitím těchto ocelí setkáváme u staveb realizovaných přibližně do roku 1900 až 1904.

Pro potřeby předběžného posouzení konstrukcí provedených ze svářkové oceli jsou uvedeny následující tabulky s hodnotami dovolených namáhání materiálů získaných z norem a dobové literatury.

Tabulka 6 - Hodnoty dovolených namáhání dle Nařízení c.k. Ministerstva železnic ze dne 28.8.1904, o zřízení mostů silnicových o železných nebo dřevěných nosných ústrojinách

Konstrukce před rokem 1905	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení mimo vítr			Zatížení včetně větru		
Svářkové a plátkové železo, „I“ rozpětí NK v metrech, pro pilíře a sloupy brát průměr z přilehlých polí, pro příčníky a podélníky za „I“ brát rozpětí těchto nosníků, pro konzoly dvojnásobnou délku	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení
nosné konstrukce do 30 m	95	70	175	125	80	200
nosné konstrukce nad 30 m	92+0,1x					
nýty, těsné šrouby	-	75	175	-	85	200

Tabulka 7 - Hodnoty dovolených namáhání dle Nařízení c.k. Ministerstva železnic ze dne 28.8.1904, o zřízení mostů silnicových o železných nebo dřevěných nosných ústrojinách

Konstrukce od roku 1905 do roku 1923	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení mimo vítr			Zatížení včetně větru		
Svářkové železo, „I“ rozpětí NK v metrech, pro pilíře a sloupy brát průměr z přilehlých polí, pro příčníky a podélníky za „I“ brát rozpětí těchto nosníků, pro konzoly dvojnásobnou délku	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení
nosné konstrukce	75+0,2x max. 90	50	140	100	60	160
nýty, těsné šrouby	-	50	140	-	70	160
Pro svářkové železo je předepsána nejmenší pevnost v tahu ve směru válcování 330 MPa při tažnosti nejméně 20 %. Při pevnostech větších než 360 MPa je požadována tažnost ve směru válcování 12 %. Napříč směrem válcování je pevnost v tahu min. 300 MPa a tažnost nejméně 5 %.						

4.1.3 Plátkové železo

Od roku 1895 se začínají používat v mostním stavitelství tzv. plátkové oceli. Od počátku 20. století se na ocelové konstrukce užívá v celém světě téměř výlučně plátkové oceli. Plátková ocel je souborný název všech ocelí vyrobených v tekutém stavu. Má vysokou pevnost v tahu i tlaku, velkou houževnatost a na rozdíl od svářkové oceli má téměř stejné vlastnosti ve všech směrech namáhání. Podle způsobu výroby rozeznáváme hlavně tyto druhy plátkové oceli: ocel kelímkovou, ocel elektrickou, ocel konvertorovou (Bessemerova, Thomasova) a ocel Siemens-Martinovu. Zavedením Martinských pecí do hutní výroby na přelomu 19. a 20. století dochází k postupnému nahrazení dříve

používaných svárkových ocelí. Tekutá ocel se z konvertorů nebo Martinských pecí odlévá pomocí licích pánví do kokil (ocelových forem), a dále je ve formě ingotů (odlitků) zpracovávána ve válcovnách na válcované profily nebo v kovárnách na výkovky. Stavební oceli obsahují cca 0,1 až 0,2 % uhlíku, 0,5 až 1,5 % manganu a 0,3 až 0,55 % křemíku – v závislosti na třídě oceli. Tažnost je 20 až 30 %, pevnost v tahu 370 až 520 MPa. Plávkové oceli jsou dobře zpracovatelné a nekalitelné, pro zjištění svařitelnosti je potřeba ve většině případů provést dodatečné zkoušky pokud není svařitelnost prokazatelná jiným způsobem (např. již svařované detaily).

Jak již bylo řečeno, tak označení plávková ocel je souborný název pro všechny oceli vyráběné v tekutém stavu. Pro potřeby tohoto předpisu budeme označovat za plávkové oceli, materiály používané cca do roku 1929, kdy dochází ke změně označení ocelí podle ČSN 1016/1926 na uhlíkové nebo legované. Oceli vyráběné po tomto datu se dají již považovat za konstrukční oceli.

Pro potřeby předběžného posouzení konstrukcí provedených z plávkové oceli před rokem 1929 jsou uvedeny následující tabulky s hodnotami dovolených namáhání materiálů, případně mezí kluzu získaných z norem a dobové literatury platných v době významných změn.

Tabulka 8 - Hodnoty dovolených namáhání dle Nařízení c.k. Ministerstva železnic ze dne 28.8.1904, o zřízení mostů silnicových o železných nebo dřevěných nosných ústrojinách

Konstrukce od roku 1905 do roku 1923	Dovolená namáhání σ_{adm} [Mpa]					
	Zatížení mimo vítr			Zatížení včetně větru		
Plávkové železo, „I“ rozpětí NK v metrech, pro pilíře a sloupy brát průměr z přilehlých polí, pro příčníky a podélníky za „I“ brát rozpětí těchto nosníků, pro konzoly dvojnásobnou délku	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	Otlačení
nosné konstrukce	80+0,3xl max. 105	60	160	120	70	180
nýty, těsné šrouby	-	60	160	-	80	180
Plávkové železo musí mít pevnost v tahu nejméně 360 Mpa. Železo vyrobené v plamencových pecích nesmí mít vyšší pevnost než 450 MPa a plávkové železo jiného způsobu výroby nejvýše 420 MPa.						

Tabulka 9 - Hodnoty dovolených namáhání dle Zprávy veřejné služby technické, r. 1923, čís. 21 a 23

Konstrukce od roku 1923 do roku 1929	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení mimo vítr			Zatížení včetně větru		
Plávkové železo, „I“ rozpětí NK v metrech, pro pilíře a sloupy brát průměr z přilehlých polí, pro příčníky a podélníky za „I“ brát rozpětí těchto nosníků, pro konzoly dvojnásobnou délku	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení
nosné konstrukce do 10 m	90	70	190	135	80	210
nosné konstrukce nad 10 m	87+0,3xl max. 115					
nýty, těsné šrouby	-	70	190	-	90	210

4.1.4 Litá ocel

Litá ocel se nejčastěji používá pro výrobu mostních ložisek, u svařovaných konstrukcí i pro složité detaily zapojené svařením do konstrukce z válcovaného materiálu. Odlévání lité oceli je obtížnější než litiny šedé; podstatně lepší mechanické vlastnosti lité oceli vytlačily v uvedených případech šedou litinu z používání.

Chemické složení ocelí na odlitky se příliš neliší od složení ocelí k tváření. Litá ocel se vyrábí v nejrůznějších složeních tak jako oceli legované. Ze slévárenských důvodů bývá však poněkud zvýšen obsah uhlíku, manganu a křemíku. Lité oceli se vždy vyrábějí zcela uklidněné, neboť bubliny jsou v odlitcích nepřipustné. Po odlití se normalizačně žihají, aby se zjemnilo jejich zrno, a tím se zlepšily jejich mechanické vlastnosti. Posléze se opracovávají funkční plochy popřípadě svarové hrany. Spojování se nejčastěji provádí šrouby, VP šrouby nebo svařováním. Lité oceli mají vyšší obsah uhlíku a jsou proto obtížněji svařitelné než válcovaná nebo kovaná ocel o stejné pevnosti.

Ocelových odlitků se týkala norma ČSN 1027/1927, která byla za války nahrazena normou ČSN 1027/1943, která byla překladem DIN. Tato norma byla nahrazena novou normou ČSN 73 6204/1953. Tuto normu nahradila norma ČSN 73 6205/1969, která byla aktualizována v letech 1984 a 1999.

Pro potřeby předběžného posouzení konstrukcí provedených lité oceli jsou uvedeny následující tabulky s hodnotami dovolených namáhání materiálů, případně mezí kluzu získaných z norem a dobové literatury platných v době významných změn.

Pro mostní ložiska podle Nařízení c.k. Ministerstva železnic z roku 1904 je dovolené namáhání v tahu nebo tlaku při ohybu 100 MPa.

Pro ocel ložisek a kloubů podle Zprávy veřejné služby technické z roku 1923 je dovolené namáhání v tahu, tlaku a za ohybu 140 MPa, ale požaduje se pevnost v tahu nejméně 600 MPa.

Tabulka 10 - Hodnoty dovolených namáhání ložisek a kloubů podle ČSN 1230-1937

Materiál	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení hlavní			Zatížení hlavní a vedlejší		
	v ohybu	v tlaku	v soustředném tlaku při výpočtu podle Hertze	tah, tlak, ohyb	smyk	v soustředném tlaku při výpočtu podle Hertze
Litá ocel	180	180	850	200	200	1000

Tabulka 11 - Hodnoty dovoleného namáhání ložisek a kloubů podle ČSN 73 6204-1953

Materiál	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]	
	Zatížení hlavní	
	ohyb, tlak, tah	soustředný tlak
Litá ocel 42 2631	120	550
Litá ocel 42 2661	180	850
Litá ocel 42 2710	180	850

Tabulka 12 - Hodnoty Výpočtové pevnosti oceli na odlitky podle ČSN 73 6205-1969

Způsob namáhání	Převodní součinitel	Ocel na odlitky		
		12 024	11 523	11 600
		Výpočtová pevnost v MPa		
Tah, tlak, ohyb	1,00	160	240	240
Smyk	0,60	96	144	144

4.1.5 Kovaná ocel

Kovaná ocel se používala u prvků velkých tloušťek (nad 60 mm), na válce velkých ložisek, na čepy, na strojní součásti pohyblivých mostů, na složité konstrukční uzly namáhané prostorově, tlusté kované na patky těžkých sloupů apod.

Kovaná ocel se kove buď ručně, nebo strojem (bucharem), a to volně nebo do zápustky za vhodné kovací teploty (světlého žáru) z konstrukční oceli zaručené tvárnosti za tepla. Předností výkovků je, že u správného provedení vlákna sledují vždy směr nejpříznivější k očekávanému namáhání. Výkovky jsou v dnešní době ve většině případů nahrazovány svařovanými výrobky.

Tabulka 13 - Hodnoty dovoleného namáhání ložisek a kloubů podle ČSN 73 6204-1953

Materiál	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]	
	Zatížení hlavní	
	ohyb, tlak, tah	soustředný tlak
Kovaná ocel 11 344	120	550
Kovaná ocel 11 374	140	650
Kovaná ocel 11 600	180	850

Tabulka 14 - Hodnoty dovolených namáhání ložisek a kloubů podle ČSN 1230-1937

Materiál	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení hlavní			Zatížení hlavní a vedlejší		
	v ohybu	v tlaku	v soustředném tlaku při výpočtu podle Hertze	tah, tlak, ohyb	smyk	v soustředném tlaku při výpočtu podle Hertze
Kovaná ocel	200	200	950	220	220	1200
Ocel C37 (37P, 37 PS)	130	130	650	150	150	800
Ocel C52 (52P)	195	195	850	225	225	1000

Tabulka 15 - Hodnoty Výpočtové pevnosti oceli na výkovky podle ČSN 73 6205-1969

Způsob namáhání	Převodní součinitel	Ocel na výkovky							
		12 024	12 060	11 523			11 600		
		Tloušťka nebo průměr prvku v mm							
		nad 25 do 100	nad 25 do 100	do 40	od 40 do 100	od 100 do 300	do 40	od 40 do 100	od 100 do 300
				ø do 25	ø25-50	ø50-150			
		Výpočtová pevnost v MPa							
Tah, tlak, ohyb	1,00	190	280	280	270	230	265	250	240
Smyk	0,60	114	168	168	162	138	159	150	144

4.1.6 Konstrukční ocel

Historie moderních uhlíkových ocelí se započala psát zavedením normy ČSN 1016/1926, kdy bylo pro uhlíkovou ocel válenou a kovanou zaveden jednotný název ocel. Zhruba od roku 1929 se začaly vyskytovat oceli se značením C (uhlíková ocel) a číslem, značícím minimální předepsanou pevnost (např. C38). V normě ČSN 1230/1937 se poprvé uvádí ocel C52 a předepisuje se u ocelí na mosty mimo pevnosti i nejmenší mez kluzu.

V průběhu války vyšla 1016/1944, která byla překladem německých norem DIN. Užívá se označení St, čísla značícího min. pevnost a čísla, které odkazuje na příslušnou normu DIN (např. St 37.11 je ocel pevnosti 370 MPa podle normy DIN 1611).

V roce 1948 byla zavedena norma ČSN 1510, která zavádí nové číselné označení. Do roku 1962 jsou oceli pro stavební konstrukce označovány s počátečním dvojčíslem „10“, které znamená stavební oceli. Od roku 1962 se pro mostní stavitelství používají pro hlavní nosné prvky již jen oceli se zaručenou svařitelností, která je označena počátečním dvojčíslem „11“.

Od roku 1969 se u ocelí v mostním stavitelství započalo pracovat s výpočtovou pevností materiálu, která byla užívána až do roku 1994. Od roku 1994 se při výpočtu vychází přímo z meze kluzu materiálu a zavádějí se dílčí součinitele spolehlivosti materiálu. S drobnými změnami, zejména v hodnotách součinitelů spolehlivosti je tato metodika platná až do současnosti. Od roku 2010 jsou v ČR platné evropské normy.

Pro potřeby předběžného posouzení konstrukcí provedených z uhlíkové oceli jsou uvedeny následující tabulky s hodnotami dovolených namáhání materiálů, případně mezí kluzu získaných z norem a dobové literatury platných v době významných změn. Poslední aktualizací uváděnou u konstrukčních ocelí bude ČSN 73 6205/1984. Po tomto datu jsou materiálové charakteristiky konstrukčních ocelí běžně zjistitelné, a proto nejsou uváděny.

Tabulka 16 - Hodnoty dovolených namáhání podle ČSN 1016-1926

Konstrukce od roku 1929 do roku 1937	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení mimo vítr			Zatížení včetně větru		
ocel Cc a C38	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení
nosné konstrukce	100	80	180	140	80	210
nýty, těsné šrouby	-	85	180	-	100	210

Tabulka 17 - Hodnoty dovolených namáhání podle ČSN 1230-1937

Konstrukce od roku 1937 do roku 1949	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení hlavní			Zatížení hlavní a vedlejší		
Ocel C37 (37P, 37PS) pro NK a ocel C34 (34T) pro nýty a těsné šrouby	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení
nosné konstrukce	130	100	-	150	120	-
nýty, těsné šrouby	-	90	210	-	105	240
U oceli se předepisuje mimo pevnosti nejmenší mez kluzu 230 MPa.						

Tabulka 18 - Hodnoty dovolených namáhání podle ČSN 1230-1937

Konstrukce od roku 1937 do roku 1949	Dovolená namáhání σ_{adm} [MPa]					
	Zatížení hlavní			Zatížení hlavní a vedlejší		
Ocel C52 (52P) pro NK a ocel C44 (45T) pro nýty a těsné šrouby	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení	tah, tlak, ohyb	smyk	otlačení
nosné konstrukce	195	150	-	225	180	-
nýty, těsné šrouby	-	115	265	-	135	310
U oceli se předepisuje mimo pevnosti nejmenší mez kluzu 360 MPa.						

Tabulka 19 - Rozdělení ocelí podle tloušťek dle ČSN 1510-1948

Značka	Výška oceli I a U v mm	Průměr kruhové oceli v mm	Tloušťka ostatních ocelí a plechu v mm
te (tenký průřez)	do 300	do 25	do 16
st (střední průřez)	přes 300 do 360	přes 25 do 30	přes 16 do 25
tl (tlustý průřez)	přes 360	přes 30 do 50	přes 25 do 50

Tabulka 20 - Hodnoty dovoleného namáhání podle ČSN 73 6204-1953, výběr vhodných ocelí z ČSN 1510-1948

Druh oceli	10373.0 tl 10374.0 tl	10372 10373.0 st 10374.6 tl	10452	10523.0 tl	10523.0 st 10523.6 tl	10522 tl 10523.0 te
Nejmenší mez kluzu [MPa]	210	230	270	320	340	360
Základní dovolené namáhání [MPa]	130	140	160	190	200	210
Míra bezpečnosti proti dosažení meze kluzu	1,62	1,64	1,69	1,68	1,70	1,71
Smyk [MPa]	78	84	96	114	120	126
Příslušná ocel na nýty	10341	10341	10371	10451	10451	10451
Smyk [MPa]	104	112	128	133	140	147
Otlačení [MPa]	260	280	320	342	360	378
Tah [MPa]	115	115	125	150	150	150
Příslušná ocel na lícované šrouby	10501	10501	10501	10522	10522	10522
Smyk [MPa]	91	98	112	133	140	147
Otlačení [MPa]	208	224	256	304	320	336
Tah [MPa]	160	160	160	-	-	-

Tabulka 21 - Hodnoty dovoleného namáhání podle ČSN 73 6204, výběr vhodných ocelí podle materiálových listů z roku 1962

Druh oceli	11373 11375 11378		11523 11483 -		
Nejmenší mez kluzu [MPa]	240	230	360	350	340
Základní dovolené namáhání [MPa]	145	140	210	205	200
Míra bezpečnosti proti dosažení meze kluzu	1,66	1,64	1,71	1,71	1,70
Smyk [MPa]	87	84	126	123	120

Tabulka 22 - Hodnoty Výpočtové pevnosti podle ČSN 73 6205-1969 a 1984

Způsob namáhání	Převodní součinitel	Pevnostní řada oceli			
		37		52	
		Tloušťka prvku v mm			
		do 25	nad 25 do 60	do 25	nad 25 do 50
		Výpočtová pevnost v MPa			
Tah, tlak, ohyb	1,00	210	200	290	280
Smyk	0,60	126	120	174	168

4.1.7 Patinující ocel

Základní specifickou vlastností ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi (tzv. patinujících ocelí) je jejich schopnost tvořit za vhodných atmosférických podmínek postupně na svém povrchu vrstvu oxidů (patiny), která významně zpomaluje rychlost koroze. První patinující ocel byla patentována a uvedena v r. 1933 v USA pod obchodním názvem Corten. V období po r. 1968 byly v ČSSR vyvinuty oceli s označením Atmofix, které jsou svými charakteristikami srovnatelné s oceli Corten. Oceli Atmofix byly v ČR využity pro celou řadu mostních konstrukcí.

S ohledem na skutečnost, že uplatnění patinujících ocelí v ČR započalo až v 70. letech minulého století, jedná se o oceli, které jsou ve většině případů dobře dohledatelné, a není nutno se v tomto předpise detailně zabývat archivními podklady pro stanovení předběžného posouzení. Informace ohledně patinujících ocelí lze v současné době dohledat v archivní podnikové normě VN 731466 (v současnosti neplatná), v technických normách pro provádění ČSN EN 1090-2 (dříve ČSN 73 2601), v TP 197 a v ČSN EN 10025-5.

4.2 OPS rekonstruovaných konstrukcí

V této kapitole jsou zachyceny nejběžněji používané systémy protikorozní ochrany z hlediska časové osnovy, které byly čerpány z dostupné literatury a norem. Z historických dobových podkladů (vyhledaných v archivech) byla vytvořena základní časová posloupnost zachycující vývoj protikorozní ochrany ocelových konstrukcí mostů v průběhu dvacátého století s detailnějším zaměřením na OPS používané od 70. let minulého století do současnosti.

4.2.1 OPS v období 1900 až 1960

Nejstarším dohledaným podkladem byly rakouské předpisy z roku 1905, kde byly předepsány pro ochranu OK barvy na bázi lněných olejů nanášené ve třech vrstvách. V dílně byly plochy, které byly po sestavení nepřístupné, před spojením opatřeny základními nátěry a následně i veškeré viditelné plochy byly opatřeny základním nátěrem (většinou miniovým neboli suříkovým). Po zaschnutí byla u základních nátěrů provedena případná zatmelení tmelem připraveným ze suříku (minia) a lněného oleje. Následně byly doplněny zbývající dvě vrstvy. V pozdějších letech okolo roku 1950 se v některých případech opatrovaly mostní konstrukce v dílnách řídkou, horkou, rychle schnoucí fermeží. Před odesláním na staveniště takto ochráněné plochy konstrukcí byly doplněny prvním základním nátěrem ze suříkové barvy. Na staveništi byl nanesen druhý základní suříkový nátěr a následně byly aplikovány dva krycí nátěry olejovou barvou. Protikorozní ochrana byla tímto způsobem u ocelových konstrukcí prováděna v průběhu let 1905 až cca 1960. Tyto způsoby protikorozní ochrany lze např. nalézt v Technických průvodcích pro mostní stavitelství z let 1930 a 1949 nebo v Prvcích ocelových konstrukcí z roku 1962 od prof. Faltuse a v dalších dobových dokladech. Před rokem 1960 se začaly pro konstrukce vystavené obzvláště nepříznivým účinkům (např. ve styku se zemí) a zvýšenému koroznímu prostředí používat asfaltodehtové nátěry a následně i chlorkaučukové.

4.2.2 OPS v období 1960 až 1989

V přelomovém období kolem roku 1960 se započalo s využíváním syntetických nátěrů, kombinovaných povlaků a zároveň byly zavedeny normy stanovující zásady a pravidla pro ochranu ocelových konstrukcí nátěry. Mezi nejvíce využívané normy, které řešily protikorozní ochranu, patřily např. ČSN 03 8220, ČSN 03 8240, ČSN 03 8250, ČSN 03 8260, ČSN 03 8551, ČSN 03 8762 a další. Od počátku 70. let 20. století se začalo ve větší míře vyjma olejových barev používat i barev syntetických. U významných

konstrukcí docházelo již k využívání kombinovaných systémů ve složení metalizace s dvěma až třemi vrstvami syntetických (ve většině případů alkydové nátěry) nebo chlorkaučukových nátěrů.

Na vnitřní plochy konstrukcí, které nepřicházely do přímého kontaktu s chemickými posypovými prostředky, se většinou používaly syntetické nátěrové systémy nebo již méně často olejové nátěrové systémy (např. barvy O 2031, O 2005). Ve většině případů se tyto systémy prováděly v celkové tloušťce 110 až 120 μm . Typicky používaným systémem pro tyto podmínky byl např. syntetický nátěr o složení 1 x syntetické suříkové barvy o tl. 30 – 40 μm (např. S 2005) a 2 x syntetické emaily o tl. 30 – 40 μm (např. S 2013). Tyto systémy se běžně používaly až do 90. let 20. století. V období od konce 90. let 20. století se začalo upouštět od používání suříkových základních nátěrů, které byly nahrazovány např. zinkovými nátěry. Zatmelení se většinou provádělo tmely na suříkové bázi (směs suříku a oleje).

Na vnější povrchy se v případě běžných požadavků na životnost používaly pro základní nátěry obvykle O 2001 nebo S 2005 a pro vrchní nátěry S 2013. Velmi často se dílensky prováděly základní nátěry a vrchní nátěry se prováděly na stavbě. V případě požadavku na vyšší životnost se pro vnější povrchy používaly kombinované systémy, které byly ve většině případů ve složení žárově stříkaný Zn tl. 40 – 60 μm s pasivační vrstvou žárově stříkaného Al tl. 100 – 150 μm , kde byly jako ochrana proti poškození pasivační vrstvy oxidu hlinitého používány nátěry syntetické nebo chlorkaučukové. Typicky používané skladby syntetických nátěrových hmot byly v případě podkladu metalizace prováděny v tloušťkách 100 – 120 μm ve složení 1 x základní o tl. 30 – 40 μm (např. S 2003) a 2 x email syntetický venkovní o tl. 30 – 35 μm (např. S 2013). V případě kombinovaných systémů byly velmi často celé systémy PKO aplikovány až na stavbě. Tyto systémy se běžně používaly až do 90. let 20. století. Tmelení se i v tomto případě provádělo tmely na suříkové bázi. V případě požadavku na nižší životnost se používaly pouze nátěrové systémy.

Pro potřeby tohoto předpisu byly z archivních dokumentů a norem vypsány doporučené skladby systému PKO pro mostní konstrukce z let 1971 a 1986. Tyto skladby PKO jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 22 - Doporučená složení nátěrových systémů pro mostní konstrukce všeho druhu podle ČSN 03 8240 z roku 1971

číslo nátěru	Druh nátěru	Základní nátěry	Vrchní nátěry	Tloušťka nátěru [μm]	Vhodný pro druh podkladového kovu
1	olejový	O 2004 barva fermežová základní na konstrukce (1 vrstva)	O 2013 barva fermežová venkovní (1 vrstva)	120	Fe
2	olejový	O 2002 barva fermežová základní suříková (O 2001)	O 2117 email olejová venkovní	120	Fe
3	olejový	O 2005 barva fermežová-kumaronová základní suříková	O 2302 barva olejová na konstrukce pod vodu	120	Fe
4	olejový	O 2301 barva olejová na konstrukce (Plumbinol)	O 2013 barva fermežová venkovní	120	Fe
5	alkydový	S 2005 barva syntetická základní suříková	S 2013 email syntetický venkovní	120	Fe
6	alkydový	O 2002 barva olejová základní suříková	S 2014 barva syntetická na konstrukce vrchní	120	Fe
7	alkydový	S 2005 barva syntetická suříková základní	S 2038 email syntetický rychleschnoucí	120	Fe

Poznámka: Na povlak zinku nebo hliníku (ponor, metalizace) byl požadován pro základní nátěry (typ S 2003, S 2004, S 2035) a pro vrchní nátěry (typ S 2013, S 2014, S 2038).

Tabulka 23 - Doporučená složení nátěrových systémů pro mostní konstrukce všeho druhu podle ČSN 03 8240 z roku 1986

Pořadové číslo nátěru	Slovní označení nátěru	První část nátěru typ a počet vrstev	Druhá část nátěru typ a počet vrstev	Třetí část nátěru typ a počet vrstev	Tloušťka nátěru [μm]		Vhodný pro druh podkladového kovu
					předepsaná	T _D	
4	olejový protikorozi na vzduchu schnoucí pro atmosférické podmínky	základní protikorozi nátěr (1 vrstva)	podkladový nátěr (1 vrstva)	vrchní nátěr (1 vrstva)	110	100	Fe
12	alkydový rychle schnoucí s vyšší odolností proti agresivní atmosféře	základní protikorozi rychle schnoucí nátěr (1 vrstva)	vrchní rychle schnoucí nátěr		120	100	Fe, Al
16	chlorkaučukový nátěr odolný proti zvýšené agresivitě atmosféry	základní protikorozi chlorkaučukový nátěr (1 vrstva)	podkladový chlorkaučukový nátěr (1 vrstva)	vrchní chlorkaučukový nátěr (2 vrstvy)	120	100	Fe, Al

Poznámka: Typ nátěru č. 16 nebyl přímo uveden jako doporučený pro mostní konstrukce, ale používal se jako pasivační ochrana metalizace.

4.2.3 OPS v období 1990 až do současnosti

Po roce 1989 došlo na území Československé a následně České republiky k otevření trhu a začaly se ve větší míře využívat i zahraniční slitinové kovové povlaky a nátěrové hmoty. Po roce 1990 se začaly používat pro metalizaci kromě výše popsaných systémů i slitiny ZnAl15 a u nátěrových hmot se začaly pro pojivo využívat epoxidové pryskyřice, akrylátové pryskyřice a polyuretany. Ke konci 20. století cca od roku 1995 se začaly vyskytovat kromě kombinovaných systémů (metalizace + nátěr) i nátěrové systémy, které využívaly pro základní nátěry epoxidy nebo ethylsilikáty pigmentované zinkovým prachem. Tyto nátěrové systémy sice byly oficiálně schváleny MD pro použití na mostech až od roku 2008 (TKP 19B), ale i přesto se na mnoha konstrukcích vyskytují i v období předcházejícím (cca 10-13 let nazpět).

Od roku 1992 byly zavedeny MDS pro pozemní komunikace kromě již platných norem i nové resortní předpisy, které řešily provádění protikorozi ochrany na mostních konstrukcích a obecně na všech ocelových konstrukcích. Jako předpisy zabývající se problematikou PKO byly zavedeny TKP 19 a TP 84. TKP 19 bylo poprvé vydáno v roce 1992 a bylo revidováno v letech 1997 a 2002, v další revizi již bylo rozděleno v roce 2008 na TKP 19A a TKP 19B (od tohoto roku nedošlo u mostních konstrukcí k žádným význačným změnám ve skladbě OPS). TP 84 bylo poprvé vydáno v roce 1996 a v roce 2003 bylo revidováno. Platnost TP 84 byla ukončena v roce 2008, kdy bylo nahrazeno TKP 19B. Pro potřeby

tohoto předpisu byly z archivních dokumentů vypsaný stanovené skladby systému PKO pro mostní konstrukce z let 1992 až 2008. Tyto skladby PKO jsou uvedeny v následujících tabulkách. V TKP 19 z roku 1992 nejsou ještě uvedeny žádné systémy, pouze je předepsáno, že návrh ochrany ocelových mostních konstrukcí se řídí ČSN 03 8260 (1983), ČSN 03 8009 (1968), ČSN 03 8551 (1984) a ČSN 03 8762 (1989) a dvouvrstvá metalizace typu Zn 40 µm + Al 160 µm.

Tabulka 24 - Stanovení složení nátěrových systémů pro mostní konstrukce podle TP 84 z roku 1996

Poř. č.	Základní korozní zatížení, životnost PKO	Stupeň přípravy povrchu	Základní nátěr (počet vrstev, nominální tloušťka)	Vrchní nátěr včetně mezivrstev (počet vrstev, nominální tloušťka)	Nátěrový systém	
					Celkový počet vrstev	Celková nom. tloušťka [µm]
1	C ₃ , S	Sa 2 ½	Alkyd a jeho modif. (2 vrstvy, 80 µm)	Alkyd a jeho modif. (2 vrstvy, 80 µm)	4	160
2	C ₃ , V	Sa 2 ½	Alkyd a jeho modif. (2 vrstvy, 120 µm)	Alkyd a jeho modif. (2 vrstvy, 80 µm)	4	200
3	C ₃ , S	Sa 2 ½	Akrylát kopol. (1 vrstva, 100 µm)	Akrylát kopol. (1 vrstva, 100 µm)	2	200
4	C ₃ , V	Sa 2 ½	Akrylát kopol. (1-2 vrstvy, 200 µm)	Akrylát kopol. (1-2 vrstvy, 200 µm)	2-4	400
5	C ₃ , S	Sa 2 ½	Epoxid (1 vrstva, 100 µm)	Akryluretan, polyuretan (1 vrstva, 40 µm)	2	200
6	C ₃ , V	Sa 2 ½	Epoxid (1-2 vrstvy 200 µm)	Akryluretan, polyuretan (1 vrstva, 40 µm)	3	240
7	C ₄ , S	Sa 2 ½	Akrylát kopol. (1-2 vrstvy, 200 µm)	Akrylát kopol. (1 vrstva, 100 µm)	3	300
8	C ₄ , S	Sa 2 ½	Epoxid (2 vrstvy 200 µm)	Akryluretan, polyuretan (1 vrstva, 40 µm)	3	240
9	C ₄ , V	Sa 2 ½	Epoxid (2 vrstvy 220 µm)	Akryluretan, polyuretan (1-2 vrstvy, 80 µm)	4	300
10	C ₄ , V	Sa 2 ½	NH s vysokým obsahem Zn (1 vrstva, 40 µm)	Akryluretan, epoxid, polyuretan (4-5 vrstev, 240 µm)	5-6	280

Poznámka: Životnost dle TP 84 (1996) - N-nízká – 5 let, S-střední – 10 let, V-vysoká – 15 let, VV-velmi vysoká – nad 15 let. Životnost VV byla splněna použitím kombinovaného povlaku, přičemž nátěr byl uvažován v počtu vrstev a o tloušťkách určených pro S.

Tabulka 25 - Stanovená složení nátěrových systémů pro mostní konstrukce podle TKP 19 z roku 1997

Poř. č.	Popis konstrukčního dílu	Základní korozní zatížení	Předepsaná min. životnost (roky)		Předúprava	Ochranný systém	Tloušťka [μm]
			Konstrukce	Ochranného systému			
1	Hlavní nosné části ocelových nebo ocelobetonových mostních konstrukcí (plnostěnné a příhradové hlavní nosníky, podélníky, příčníky, desková mostovka, ocelové pilíře, ztužení hlavního nosného systému, výztuhy prvků hlavního nosného systému)	C ₃	90	30	Sa 2 ½	komb. povlak met. Zn + nátěr	100 160
2		C ₄	90	30	Sa 2 ½	komb. povlak met. Zn + nátěr	120 200

Tabulka 26 - Stanovená složení nátěrových systémů pro mostní konstrukce podle TKP 19 z roku 2002

Poř. č.	Popis konstrukčního dílu	Základní korozní zatížení	Předepsaná min. životnost (roky)		Stupeň přípravy povrchu	Ochranný systém	Tloušťka [μm]
			Konstrukce	Ochranného systému			
1	Hlavní nosné části ocelových nebo ocelobetonových mostních konstrukcí (plnostěnné a příhradové hlavní nosníky, podélníky, příčníky, desková mostovka, ocelové pilíře, ztužení hlavního nosného systému, výztuhy prvků hlavního nosného systému)	C ₃	100	30	Sa 3	Kombinovaný povlak = nástřík Zn nebo jeho slitin (např. ZnAl 15) + nátěr	100 + 160-200
3		C ₄	100	30	Sa 3	Kombinovaný povlak = nástřík Zn nebo jeho slitin (např. ZnAl 15) + nátěr	120 + 180-220

Tabulka 27 - Stanovení složení nátěrových systémů pro mostní konstrukce podle TP 84 z roku 2003

Poř. č.	Popis konstrukčního dílu	Základní korozní zatížení + životnost PKO	Doporučené nátěrové systémy dle tab. č. 11 a č. 12	Stupeň přípravy povrchu	Ochranný systém	Nominální tloušťka [μm]
1	Hlavní nosné části ocelových nebo ocelobetonových mostních konstrukcí (plnostěnné a příhradové hlavní nosníky, podélníky, příčníky, desková mostovka, ocelové pilíře, ztužení hlavního nosného systému, výztuhy prvků hlavního nosného systému)	C ₃	11.09, 11.13, 11.21	Sa 3	Kombinovaný povlak nástřik Zn nebo jeho slitin (např. ZnAl15) + nátěry	100 + 160-200
2		C ₄	11.10, 11.14, 11.22	Sa 3	Kombinovaný povlak nástřik Zn nebo jeho slitin (např. ZnAl15) + nátěry	100 + 180-220

Poznámka: Nátěrové systémy 11.09 a 11.10 jsou typu EP+PUR, nátěrové systémy 11.13 a 11.14 jsou typu AYU nebo AY a nátěrové systémy 11.21 a 11.22 jsou typu PUR.

4.3 Materiály používané pro zesilování konstrukcí

Nejběžněji využívanými materiály pro zesilování konstrukcí jsou konstrukční oceli, patinující oceli, předpínací prvky jako jsou volné kabely, předpínací tyče a v omezené míře i kompozitní uhlíkové materiály. Nedílnou součástí používaných materiálů jsou také přídavné materiály pro svařování, spojovací prostředky jako jsou šrouby, matice, podložky a nýty a také kotevní přípravky pro volné kabely a přepínací tyče. V současné době jsou požadavky na materiály, které je možno použít pro zesílení konstrukcí, řešeny systémem evropských norem, které jasně definují požadavky na materiálové charakteristiky, přejímku a dodávku.

Při volbě materiálu pro zesílení je nutno postupovat podle norem a předpisů, které jsou platné v době přípravy projektu pro zadání stavby.

4.3.1 Konstrukční ocel

Konstrukční oceli je možno rozdělit do několika základních skupin zejména podle obsahu legur, struktury oceli, způsobu výroby a materiálových charakteristik. Konstrukční oceli jsou dodávány podle ČSN EN 10025 řady 2 až 6 s následujícím rozdělením:

- Nelegované konstrukční oceli dodávané podle ČSN EN 10025-2 ve značkách S185 (pro mosty se nepoužívá), S235, S275, S355 a S450. Tyto oceli je možno dodat v jakostních stupních JR, JO, J2 a K2, kdy se jednotlivé jakostní stupně liší hodnotami nárazové práce. Z hlediska dodávaného stavu ocelí ještě rozlišujeme na oceli dodávané ve stavu +AR, +N a +M.
- Normalizačně žíhané/normalizačně válcované svařitelné jemnozrnné oceli dodávané podle ČSN EN 10025-3 nejčastěji ve značkách S275, S355, S420 a S460. Tyto oceli jsou dodávány

v jakostních stupních N a NL. Jemnozrnné oceli jsou oceli s jemnozrnnou strukturou s velikostí feritického zrna ≤ 6 určeného podle EN ISO 643.

- Termomechanicky válcované svařitelné jemnozrnné oceli dodávané podle ČSN EN 10025-4 nejčastěji ve značkách S275, S355, S420 a S460. Tyto oceli jsou dodávány v jakostních stupních M a ML. Jemnozrnné oceli jsou oceli s jemnozrnnou strukturou s velikostí feritického zrna ≤ 6 určeného podle EN ISO 643.
- Oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi dodávané podle ČSN EN 10025-5. Tyto oceli se běžně při rekonstrukcích ocelových konstrukcí nepoužívají, a proto není uvedeno bližší třídění.
- Svařitelné oceli vyšších pevností dodávané podle ČSN EN 10025-6 nejčastěji ve značkách S460, S500, S550, S620, S860 a S960. Tyto oceli jsou dodávány v jakostních stupních Q, QL a QL1.

Při rekonstrukcích se běžně používají nelegované konstrukční oceli a normalizačně žíhané/normalizačně válcované svařitelné jemnozrnné oceli. Využití termomechanicky válcovaných, ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi a ocelí vyšších pevností není ve stavební praxi příliš časté. Využití těchto ocelí pro rekonstrukce nelze v případě konkrétních specifických požadavků nebo neobvyklých podmínek zcela vyloučit.

4.3.2 Volné kabely a předpínací tyče

Jako předpínací výztuž se používají ocelová sedmidrátová stabilizovaná lana (pramence) – dále jen lana – dle prEN 10138–3 příp. národních předpisů. Předpínací výztuž sestává z lan se jmenovitou pevností v tahu 1770 MPa nebo 1860 MPa, která jsou označována dle této prEN 10138–3 Y1770 nebo Y1860 S7.

Jmenovitý průměr lan je:

- 12,5 mm nebo 12,9 mm,
- 15,3 mm nebo 15,7 mm.

Do počátku platnosti EN 10138 je nutno používat sedmidrátová lana v souladu s národními předpisy.

Základním materiálem pro výrobu předpínacích tyčí je ocel válcovaná za tepla. Z pohledu chemického složení jde o nelegované nebo nízkolegované oceli. Oproti betonářské výztuži je pevnost v tahu zvýšena obsahem uhlíku (až 0,9 %). Vhodnými legovacími přísadami lze docílit meze kluzu až 800 MPa a pevnosti v tahu 1000 MPa. Tyče větších průměrů bývají zušlechťovány tepelným ohřevem na 1000 °C s prudkým ochlazením, čímž dochází k jejich zakalení. Jejich křehkost a vnitřní pnutí je poté sníženo opětovným zahříváním a podržením teploty 450 až 650 °C po určitou dobu (popouštění). Následně je na tyčích po celé délce nebo na koncích za studena vyválcován závit.

Vyrábějí se tyče hladké nebo žebírkové v délkách 6 až 30 m o průměrech od 12 do 75 mm. Nestandardní průměry bývají dodávány na vyžádání.

4.3.3 Kompozity

Obecně jsou kompozity materiály složené ze dvou nebo více složek, s výrazně odlišnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Významným typem jsou vláknové kompozity skládající se z pojiva, neboli matrice, tvořené plastem či pryskyřicí a vyztužujících vláken. Rozlišujeme kompozity krátkovláknové

a dlouhoválnkové. Pro další potřeby zesilování ocelových konstrukcí se budeme výhradně zabývat dlouhoválnkovými - tj. takovými, u nichž je délka vláken rovna rozměrům celého dílu. Vyztužující vlákna mají o jeden až dva řády vyšší pevnost než matrice a přenášejí tak téměř veškerá napětí zatěžující kompozitní dílec. Jako výztuž se používají nejčastěji vlákna:

- skleněná,
- uhlíková,
- aramidová (kevlarová).

Matrice bývají nejčastěji polyesterové, epoxidové nebo fenolové.

U kompozitních materiálů je situace ohledně normalizace v raném stádiu vývoje, protože ve většině případů neexistuje ucelený systém norem pro výrobu, materiálové charakteristiky a dodávku. V současné době existují pro posuzování a zkoušení vlastností kompozitů normy ČSN EN 13421, ČSN EN ISO 14126, ČSN EN 13706-1, ČSN EN 13706-2, ČSN EN 13706-3 a ČSN EN ISO 15310.

Výhodou kompozitů je především:

- úspora hmotnosti,
- vyšší pevnost a přitom nižší hustota, zvolíme-li za srovnávací parametr podíl pevnosti a hustoty, předčí kompozity ocel mnohonásobně,
- směrově orientované vlastnosti,
- elektrická a tepelná vodivost.

Důležitou vlastností kompozitů je anizotropie, tj. odlišné mechanické vlastnosti pro různé směry zatížení. Vysoká pevnost platí jen ve směru orientace vláken. V ostatních směrech je pevnost nižší, nejmenší je kolmo na směr vláken. Pro jednoosé zatížení se používají kompozity jednosměrné, kde jsou všechna vlákna rovnoběžná. Pro složitější zatížení se používají kompozity složené z více vrstev s různou orientací vláken nebo vyztužené tkaninou.

Nevýhodou kompozitů jsou především:

- vysoká cena,
- konstrukční návrh, výroba,
- spoje, opracovatelnost, recyklace,
- defektoskopie, opravy,
- komplikovaný přenos zatížení do kompozitu.

Tabulka 28 - Mechanické vlastnosti vlákn (vybrané ukázky)

Typ vlákna	sklo	aramid	HS-uhlík	HM-uhlík
Modul pružnosti v podélném směru E_L [MPa]	74 000	130 000	230 000	390 000
Modul pružnosti v příčném směru E_T [MPa]	74 000	5 400	15 000	6 000
Modul pružnosti ve smyku G_{LT} [MPa]	30 000	12 000	50 000	20 000
Pevnost v tahu σ_{LT} [MPa]	2 100	3 000	5 000	3 800
Hustota ρ_f [kg/m ³]	2 500	1 500	1 600	1 700

Pro oceli lze z uvedených ukázek považovat za použitelné vzhledem k jejich mechanickým vlastnostem zejména uhlíkové kompozity. Využití ostatních kompozitů není zejména vzhledem k jejich modulu pružnosti prakticky možné.

4.4 Materiály používané pro opravy PKO

Materiály používané pro opravy PKO rozlišujeme na ty, které budou aplikovány na stávající nátěry, a na materiály, které budou aplikovány na očištěný povrch základního materiálu.

Při opravách systému, celkových opravách systému nebo částečných obnovách, kde dochází k využití stávajících OPS, se prakticky vždy jedná o organické nátěrové hmoty.

Při úplných obnovách je možno aplikovat jak hmoty na bázi organických nátěrů, tak materiály na bázi kovových povlaků.

4.4.1 Materiály pro opravu systému, celkovou opravu PKO a částečnou obnovu systému

Pro případy, kdy je v opravném systému uvažováno s využitím stávajících OPS, je nutno ověřit, zda jsou nově navržené ONS kompatibilní se stávajícími. Metody pro ověření kompatibility systémů jsou uvedeny v čl. 3.3.4 tohoto TP nebo jsou uvedeny v TKP 19C. Ve většině případů jsou pro tyto úpravy použitelné nátěrové hmoty na bázi **akrylátů, epoxidových pryskyřic, akryluretanů nebo polyuretanů**. Tyto nátěrové hmoty jsou pigmentovány nebo plněny materiály zajišťujícími zvýšenou antikorozi (zinečnaté fosfáty apod.) nebo bariérovou (hliníkové šupiny, železitá slída nebo mikroslída, skleněné vločky apod.) ochranu.

V případě částečných obnov systémů je doporučováno pro základní nátěry používat nízkomolekulárních dvoukomponentních epoxidů nebo polyuretanů o vysoké viskozitě, které jsou pro zlepšení ochranných vlastností plněny kvalitními bariérovými nebo pigmentovými částicemi, jako jsou např. hliník, titan apod.

Doporučené skladby a požadované průkazní zkoušky těchto ONS jsou uvedeny v **TKP 19C**.

Pro opravy systému a celkovou opravu je zcela nevhodné pro základní nátěry nebo spojovací nátěry používat nátěrové hmoty na bázi epoxidů s vysokým obsahem zinku a anorganické povlaky (např. ethylsilikáty s vysokým obsahem zinku).

4.4.2 Materiály pro úplnou obnovu systému

Pro případy, kdy v opravném systému není uvažováno s využitím stávajících OPS, rozlišujeme u základové vrstvy na bázi organické nebo kovových povlaků.

V případě organických nátěrových hmot platí stejná kritéria pro použití, která jsou uvedena v předchozí kapitole.

V případě kovových povlaků prováděných na místě přichází v úvahu pouze žárově stříkané kovy (metalizace). Pokud je kovové povlaky možno provádět dílensky, připouští se i povlaky prováděné jako žárové pokovování ponorem nebo metalizace prováděná slitinovými kovy. Mimo dílenské podmínky se nedoporučuje používat slitinové kovy, ale provádět metalizaci o složení základní žárově stříkaný zinkový povlak s bariérovou ochranou žárově stříkaného hliníku. Takto provedený povlak se utěsňuje a následně doplňuje nátěrovými hmotami dle schváleného systému. Kritéria pro použití následných nátěrových hmot platí stejná, jako jsou uvedena v předchozí kapitole.

Doporučené skladby a požadované průkazní zkoušky těchto OPS jsou uvedeny v **TKP 19C**.

Pro úplné obnovy systémů není vhodné pro základní nátěry používat nátěrové hmoty na bázi epoxidů s vysokým obsahem zinku a anorganické povlaky (např. ethylsilikáty s vysokým obsahem zinku).

5. Opravy

Opravou se rozumí práce provedené na konstrukci bez výraznějších zásahů do nosných částí konstrukce. Typickými případy opravy konstrukcí jsou výměny příslušenství konstrukcí, opravy nebo obnovy nátěrového systému nebo výměna některých částí konstrukce bez zesílení. Při opravě by nemělo docházet k masivní výměně prvků, ale pouze v omezené míře vyvolané lokálně způsobenými oslabeními nebo omezenou funkčností těchto prvků. Při opravě jsme ve většině případů schopni dosáhnout omezené životnosti a v ojedinělých případech i trvalé životnosti.

Při výměně částí konstrukce je nutno postupovat v souladu s požadavky na obnovy a zesilování konstrukcí. Při výměně dílců je nutno uvážit případné přerozdělení napjatosti prvku.

Oprava mostu se provádí na základě výsledků běžné, hlavní nebo mimořádné prohlídky nebo na základě diagnostického průzkumu. Výsledkem prohlídky nebo diagnostického průzkumu je návrh opatření, který je východiskem pro přípravu opravy mostu.

Při provádění oprav je nutné řídit se projektovou dokumentací pro opravu mostu, která musí vycházet z platných předpisů TKP-D, ČSN EN, TKP a TP MD. Projektová dokumentace pro provádění opravy mostu by měla zejména odpovídat požadavkům ČSN 73 6201, ČSN EN 1990 až 1991, ČSN EN 1993 až 1994, ČSN EN 1090 a TKP 19. V projektové dokumentaci musí být předepsán způsob kontroly kvality provedených prací.

Opravy ocelových konstrukcí je nutno provádět zejména podle ČSN EN 1090 a doplňujících požadavků TKP 19.

V případě provádění opravy PKO se postupuje podle zásad uvedených v kapitole 9 tohoto předpisu a v TKP 19C.

6. Obnovy

Obnova je činnost, při které je objekt přebudován na stejném místě a ve stejných rozměrech. Je to ten typ rekonstrukce, při kterém konstrukci nebo její část obnovujeme z daného na původní provozní stav nebo zvyšujeme zatížitelnost.

Obnovu vyvolávají vždy důvody nezpůsobilosti konstrukce. Důvodem k obnově je vždy stav konstrukce, ohrožující nebo znemožňující stávající provoz. Častou příčinou vyvolávající potřebu obnovy je poškození konstrukce korozí, která byla způsobena špatnou údržbou. Rozlišujeme obnovy **bez zesílení a se zesílením**.

Důvodem k obnově konstrukce, která byla místně nebo v celém rozsahu poškozena může být:

- změna požadavku na zatížitelnost konstrukce,
- degradační procesy, jako je koroze nebo únava,
- mechanické poškození v důsledku živelné pohromy nebo havárie vozidla,
- ztráta stability nebo vyboulení od nárazu vozidla.

Obnova ocelového mostu většinou obsahuje zásah do nosných prvků nebo do celého hlavního nosného systému ocelové konstrukce. Obnova poškozeného konstrukčního dílce se provádí buď přímo v konstrukci bez vyjmutí dílce, nebo po jeho vyjmutí mimo konstrukci. Součástí obnovy je statický výpočet nebo přepočítání nosné konstrukce. Ve statickém výpočtu je nutno respektovat skutečný stav ocelové konstrukce a rovněž požadovanou zbytkovou životnost konstrukce.

Obnovený dílec je třeba posoudit na zatížení, jímž projde ve fázi oslabení o nahrazovanou součást průřezu. Po obnovení původního průřezu dojde k přerozdělení napětí jako u zesíleného průřezu. Pokud nelze průběh a velikost napětí v některé z uvažovaných fází obnovy připustit, je třeba zřídit montážní podepření konstrukce nebo provést provizorní nahrazení obnovovaného dílce.

Obnova mostu se provádí zejména na základě výsledků základního nebo doplňkového diagnostického průzkumu. Ve většině případů je totiž nutno získat detailní informace o stávajícím materiálu OK, což nám běžná, hlavní nebo mimořádná prohlídka neposkytne. Jedná se zejména o materiálové charakteristiky, mez kluzu, vrubovou houževnatost a svařitelnost konstrukce pro potřeby statického přepočtu a návrhu provádění zesilování. Výsledkem diagnostického průzkumu by měl být návrh opatření, který je východiskem pro přípravu obnovy mostu nebo naopak doplnění informací, které jsou požadovány pro projekt obnovy.

V případě provádění opravy PKO se postupuje podle zásad uvedených v kapitole 9 tohoto předpisu a v TKP 19C.

6.1 Obnovy bez zesilování

Při obnově **bez zesílení** s výměnou prvků dochází k náhradě poškozených částí mostu. Případy obnovy bez zesilování pouze s výměnou určité části prvků se do určité míry překrývají s definicí opravy. Zda se jedná o opravu nebo již obnovu je nutno rozhodnout na základě rozsahu poškození a výměny prvků.

Obnovy s výměnou nosných částí lze rozdělit podle rozsahu a způsobu provádění na:

- výměny konstrukčních dílců,
- výměny prvků.

Pokud je vyměňovaný prvek ve fázi výměny pod napětím a spolupůsobí s konstrukcí mostu jako celek je třeba, aby tento prvek bylo možno provizorně odlehčit a vyřadit za pomoci montážních pomůcek.

Za výměnu konstrukčních dílců považujeme např. výměny podélníků, ztužidel. K výměnám konstrukčních dílců patří i výměny prutů příhradových nosníků, výměny rámových příčlů v portálech horního zavětrování mostů s dolní mostovkou nebo výměna mostovky.

Při výměně prvků bez zesilování je nutno postupovat v souladu s principy uvedenými v kapitole č. 5.

6.2 Obnovy se zesilováním

Při obnově se zesílením dochází k doplnění konstrukce o nové dílce a prvky, které doplní nebo nahradí nedostatečnou funkci prvků stávajících (zesilování). Při obnově se snažíme vždy dosáhnout trvalé životnosti, pokud ji sám provozní požadavek nelimituje určitou omezenou dobu.

Obnovy zesilováním některých dílců je výhodné provádět za těchto podmínek:

- únosnost hlavních nosných prvků je postačující (např. hl. nosníky),
- připojení zesílené části do stávající konstrukce je konstrukčně proveditelné.

Zesílením rozumíme takový druh rekonstrukce, při němž zvětšujeme stávající průřez konstrukčního prvku, abychom dosáhli zvýšení průřezových hodnot, nutného k převzetí zvýšených vnějších zatížení konstrukce provozem. Pod pojmem zesílení rozumíme pouze zesilování průřezů konstrukčních prvků připojením zesilujících, přímo spolupůsobících částí, tedy zvětšením průřezové plochy. Zesilování je tradičním druhem rekonstrukce a je vyvoláno vesměs provozními, případně zvláštními důvody.

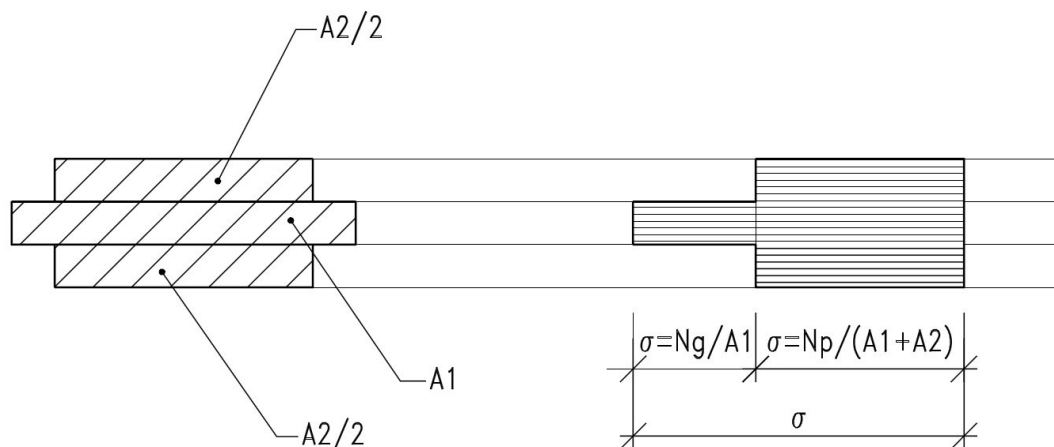
Návrh a posouzení zesilovaného prutu představuje vždy obtížnější úlohu než návrh nové konstrukce a to pro rozdílnost materiálů v zesilovaném průřezu, vazbu na danou dispozici a hlavně stav napjatosti zesilované části.

Zesilovaný průřez budeme ve většině případů předpokládat ve stavu působení vnějšího zatížení určitého stupně. Příklad zesilování v odlehčeném stavu je jen zvláštním jednodušším případem.

6.2.1 Tažené prvky

Při návrhu a posouzení zesilovaného taženého prutu použijeme výpočet podle mezních stavů. Používaná hypotéza o přisouzení účinku zatížení při zesílení původnímu průřezu prvku a zatížení po zesílení celému zesílenému průřezu vyžaduje, aby napětí v původním průřezu nepřekročila hodnotu mezního namáhání. Tím se prosté zesilování tažených prutů stává podle této metody značně

nevýhodné, poněvadž rozhodujícím místem pro dosažení mezního napětí je původní část zesíleného průřezu (viz obr. 1).



Obr. 1 - Napjatost zesíleného tažného prutu

$$\sigma = \frac{N_g}{A_1} + \frac{N_p}{A_1 + A_2} \leq f_{yd}$$

kde A_1/A_2 je plocha zesilované /zesilující/ části průřezu

N_g - návrhová síla, pod jejímž působením se zesilování provádí

N_p - návrhová síla působící po zesílení

f_{yd} - návrhová pevnost materiálu

Pro návrh a zesílení tažného prutu použijeme výhradně tento výpočet v případech, kdy nejsou podrobnější informace o posuzovaném materiálu.

Pokud existují dostatečné podklady nebo doplňující informace vycházející z diagnostického průzkumu o zesilovaném průřezu, které potvrdí schopnost materiálu plastické deformace, je možno výhodně zmenšit průřezovou plochu použitím výpočtu s využitím plastické rezervy. Důležitým parametrem kromě schopnosti materiálu se plasticky deformovat je také součinitel zatížení průřezu při zesilování α_g , který je vztažený k mezní výpočtové únosnosti původního průřezu.

$$N_g = \alpha_g \cdot A_1 \cdot f_{yd}$$

Pokud pro α_g podle předchozího vztahu platí $\alpha_g \leq 0,1$ je možno použít tuto metodu bez zvláštních opatření. V případech, kdy $0,1 < \alpha_g < 0,5$ a návrh s využitím plastické rezervy přináší podstatné úspory nebo je jediným možným řešením oproti pružnému návrhu, provedeme rozbor hospodárného

a bezpečného návrhu zesílení, s uvážením limitů napjatosti a deformace, které je možno připustit. K tomuto návrhu, doloženému výsledky podrobného rozboru, je vhodné vyžádat souhlas objednatele.

Případy, kdy je zesilování vyžadováno při $\alpha_g > 0,5$, jsou mimořádné a v zásadě vyžadují jinou formu rekonstrukce. Pokud napětí, při kterém se zesilování provádí, vyčerpává značnou část výpočtového namáhání zesilovaného prutu, jeví se tyto metody jako značně nevhodné a navíc ve většině případů neproveditelné. Pro takovéto případy je třeba užít např. zesílení za pomoci předpínání, při němž by během zesilování byla napjatost v zesilovaném průřezu postupně snižována připojováním předpínacích zesilujících prvků nebo zesilování provádět na konstrukci bez napětí, tzn. např. podepřenou na lešení. Zesilování tažených prutů ocelí vyšší pevnosti nemá opodstatnění.

Metody a postupy pro zesílení průřezů s využitím plastické rezervy jsou značně rozsáhlé a proto nejsou v tomto předpise detailně řešeny. Zásady návrhu a podrobnosti ohledně postupu výpočtu podle těchto metod je nutno čerpat z podkladů v odborné literatuře.

6.2.2 Tlačené prvky

Při zesilování tlačených prutů se předpokládá, že alespoň přibližně platí, že

$$f_{yd1} \cong f_{yd2}$$

tedy případ zesilování materiálem v zásadě stejné jakosti. Zesilování ocelí vyšší pevnosti se u tlačených prutů prakticky neuplatní.

Při výpočtu zesílení tlačených prutů pod zatížením je třeba dodržet podmínku

$$\frac{N_g}{A_1 \cdot \chi_z} + \frac{N_p}{(A_1 + A_2) \cdot \chi_z} \leq f_{yd}$$

kde A_1 / A_2 je plocha zesilované (zesilující) části průřezu

N_g - návrhová síla, pod jejímž působením se zesilování provádí

N_p - návrhová síla působící po zesílení

χ_z - součinitel vzpěrnosti zesíleného prutu

Základní podmínkou hospodárného zesílení je dosažení snížení štíhlosti, tj.

$$\chi_z > \chi_1$$

kde χ_1 je součinitel vzpěrnosti zesilovaného prutu.

Splnění podmínky vyjadřuje snahu o maximální využití zesíleného průřezu zvýšením poloměru setrvačnosti celku.

Uvádíme příklad porovnání zesílení dvou případů tlačeného prutu I šesti různými způsoby.

Jako zesilovaný prut je zvolen profil I200. Mezní výpočtové namáhání předpokládáme $f_{yd1} = f_{yd2} = 235 \text{ MPa}$.

Stupeň zatížení při zesílení

$$\alpha_g = \frac{N_g}{A_1 \cdot f_{yd} \cdot \chi_1}$$

k výpočtové mezní síle N_{1kr} zesilovaného prutu ve vzpěru

$$N_{1kr} = A_1 \cdot f_{yd} \cdot \chi_1$$

zavedeme využití průřezové plochy zesilovaného průřezu η_1

$$\eta_1 = \frac{N_{1kr}}{A_1 \cdot f_{yd}} = \chi_1$$

Dvě provedení zesilovaného prutu, označená A a B, se liší vzpěrnou délkou, která je u případu B poloviční oproti A.

Šest různých způsobů zesílení je zobrazeno v tab. 29. Při úvahách o účinnosti a hospodárnosti toho či onoho způsobu zesílení se neuvažuje s tím, že při zesilování v reálném případě může být některý způsob vyloučen místními poměry, zejména požadavky minimálního nebo omezeného obrysu prutu po zesílení s ohledem na provoz. Rovněž není do srovnání zahrnuta pracnost a náklady na rekonstrukci na ten či onen způsob, jež mohou být místně značně rozdílné a nabýt někdy rozhodující váhy pro volbu způsobu zesílení.

K výpočtové mezní síle N_{zkr} ve vzpěru prutu zesíleného pod zatížením

$$N_{zkr} = f_{yd1} \cdot A_1 \cdot \chi_z \cdot (1 + \mu \cdot (1 - \alpha_g))$$

definujeme využití plochy zesíleného průřezu

$$\eta_z = \frac{N_{zkr}}{f_{yd} \cdot (A_1 + A_2)} = \frac{1 + \mu \cdot (1 - \alpha_g) \cdot \chi_z}{1 + \mu}$$

jako poměr výpočtových mezních sil ve vzpěru a v prostém tlaku.

Jako další ukazatele pro posouzení efektivnosti zesílení tlačného prutu zavedeme - účinnost zesílení průřezu u_2 ve tvaru

$$u_2 = \frac{N_{zkr} - N_{1kr}}{A_2 \cdot f_{yd2}}$$

tedy jako poměr přírůstku výpočtového kritického zatížení ve vzpěru k výpočtovému zatížení zesilující části průřezu v prostém tlaku, poměrnou účinností zesílení u_p ve tvaru

$$u_p = \frac{\alpha_p}{\mu}$$

tedy jako poměr dosaženého stupně přetížení k danému poměru ploch zesilující a zesilované části průřezu.

Využití plochy průřezu η_1 pro zesilovaný prut I 200 jsou zřejmá ze záhlaví tab. 29 pro případ A i B.

Pro oba případy, A i B, zvolených šest způsobů zesílení je dále v tab. 29 - pokračování vyčíslena plocha zesilujícího průřezu A_2 , poměr μ a návrhová mezní síla v prostém tlaku $A_2 \cdot f_{yd1}$. Dále je uvedena štíhlost λ_z zesíleného průřezu, odpovídající vzpěrnostní součinitel χ_z a mezní výpočtové namáhání ve vzpěrném tlaku $f_{yd1} \cdot \chi_z$. Je vypočtena mezní návrhová síla N_{zkr} pro zesílený prut. Z této mezní výpočtové síly je vypočteno využití zesílené průřezové plochy η_z .

Dále je vyčíslen přírůstek mezní výpočtové síly

$$\Delta N_{kr} = N_{zkr} - N_{lkr}$$

pro vyčíslení účinnosti zesílení μ_z , stupeň přetížení α_p pro zesílený průřez a odpovídající poměrná účinnost μ_p .

Zejména porovnání v případě A (případ větší štíhlosti) znázorňuje rozhodující úlohu umístění zesilující plochy A_2 v průřezu z hlediska efektivnosti zesílení. Při způsobech zesílení 1,2 a 3 je dodána stejná plocha A_2 různými způsoby. Při způsobu 1 je při $\mu = 1,19$ dosaženo využití $\eta_z = 0,364$ a $\alpha_p = 2,47$. Zesílení pro téměř stejné přetížení ($\alpha_p = 2,40$) je dosaženo způsobem 6 při $\mu = 0,38$ a $\eta_z = 0,565$.

Způsoby 1, 2, 3 ukazují důsledky různého připojení zcela nebo prakticky stejné průřezové plochy a rozdíly ve využití zesíleného průřezu η , v účinnosti zesílení μ_z a tím i v dosaženém stupni přetížení α_p .

Při jednotlivých způsobech dosahují stupně přetížení α_p značně rozdílných hodnot. Porovnání také ukazuje, jak zesílení pro přibližně stejnou hodnotu stupně přetížení α_p lze dosáhnout se značně menší plochou zesilujícího průřezu při jeho vhodné volbě a umístění.

Z hlediska využití celku zesílení průřezové plochy (η_z) jsou na prvním místě způsoby zesílení 4 a 5, z hlediska účinnosti zesílení (μ_z) se jako nejefektivnější jeví způsob 5. Ukazatel η_z přímo odpovídá dosaženému snížení štíhlosti prutu jako celku, zatímco účinnost zesilující části průřezu μ_z ukazuje, kolik připojné plochy bylo třeba vynaložit k „mobilizaci“ plochy zesilovaného průřezu snížením štíhlosti.

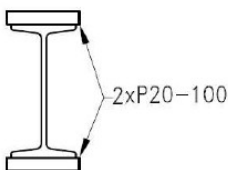
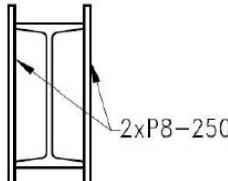
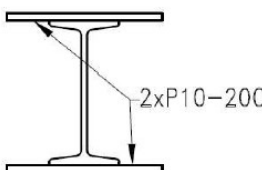
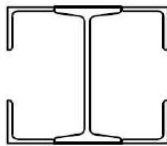
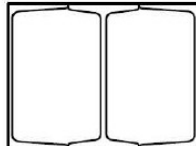
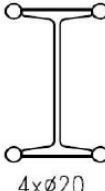
Nejnázornější obraz o efektivnosti zesílení dává poměrná účinnost zesílení μ_p . Podle tohoto ukazatele jsou výhodné způsoby 4 a 6. Zejména způsob 4 je všestranně výhodný, pokud jde o výdaj materiálu a jeho využití.

Srovnání případu A i B ukazuje, jak rozdíl ve štíhlosti nezesíleného prutu, navíc za jistého stupně zatížení při zesílení α_B , ovlivňuje efektivnost zvoleného způsobu zesílení. Při zmenšení štíhlosti zesilovaného prutu se rozdíly mezi efektivnostmi jednotlivých způsobů zesílení zmenšují.

Zejména porovnání dosažených stupňů přetížení ukazuje snížení těchto rozdílů. V limitě, při prostém tlaku, by už stupně přetížení byly úměrné jen připojované ploše zesilujícího průřezu.

Ve všech případech věnujeme pozornost maximálnímu snížení štíhlosti jako účinné cestě k hospodárnosti návrhu zesílení. Případy, kdy je zesilování vyžadováno při $\alpha_g > 0,5$, jsou mimořádné a v zásadě vyžadují jinou formu rekonstrukce nebo nutnost odlehčení prvku při zesilování. Pokud napětí, při kterém se zesilování provádí, vyčerpává značnou část výpočtového namáhání zesilovaného prutu, jeví se tyto metody jako značně nevhodné.

Tab. 29 – Porovnání různých způsobů zesílení tlačného průřezu I

Základní profil I200					$f_{yd1}=$	235	Mpa	$a_g=$	0,33		
$i_y=$	80	mm	$i_z=$	18,7	mm	$A_1=$	3350	mm ²	$A_1.f_{yd1}=$	704	kN
Případ	λ_i [mm]		λ_1		χ_1	$f_{yd1} \cdot \chi_1$ [Mpa]		N_{1kr} [kN]		η_1	
A	3000		160		0,276	64,86		217,281		0,276	
B	1500		80		0,69	162,15		543,2025		0,69	
Způsob zesílení											
1)			2)			3)					
											
4)			5)			6)					
											
4xL63x63x4			2xUE200			4xØ20					

Tab. 29 - Pokračování

Způsob zesílení		1	2	3	4	5	6
A_2 [mm ²]		4000	4000	4000	1990	4680	1260
$A_2 \cdot f_{yd2}$ [kN]		940	940	940	467,65	1099,8	296,1
$\mu = A_2/A_1$		1,19	1,19	1,19	0,59	1,40	0,38
A ($l_{vz}=3000$ mm)	λ_z	121	81	68	54	39	92
	χ_z	0,43	0,69	0,77	0,85	0,92	0,61
	$f_{yd1} \cdot \chi_z$ [Mpa]	90,81	143,88	161,68	178,37	193,19	128,08
	N_{zkr} [kN]	547,56	1057,48	1188,31	952,48	1551,30	590,46
	η_z	0,35	0,69	0,77	0,85	0,92	0,61
	ΔN_{kr} [kN]	330,28	840,20	971,03	735,20	1334,02	373,17
	u_2	0,35	0,89	1,03	1,57	1,21	1,26
	α_p	2,47	4,09	4,49	3,77	5,77	2,4
	u_p	2,07	3,43	3,76	6,35	4,13	6,38

Tab. 29 - Pokračování

Způsob zesílení		1	2	3	4	5	6
B ($l_{vz}=1500$ mm)	λ_z	61	41	34	27	20	46
	χ_z	0,81	0,91	0,94	0,97	1,00	0,89
	$f_{yd1} \cdot \chi_z$ [Mpa]	170,39	191,37	197,58	203,42	209,03	186,62
	N_{zkr} [kN]	1027,44	1153,94	1191,40	952,67	1355,70	782,72
	η_z	0,67	0,75	0,77	0,85	0,80	0,81
	ΔN_{kr} [kN]	484,24	610,74	648,20	409,47	812,50	239,52
	u_2	0,52	0,65	0,69	0,88	0,74	0,81
	α_p	1,74	1,96	2,03	1,54	2,32	1,23
	u_p	1,46	1,64	1,70	2,59	1,66	3,27

6.2.3 Ohýbané prvky

Při návrhu zesílení průřezu namáhaném na ohyb je třeba splnit podmínku:

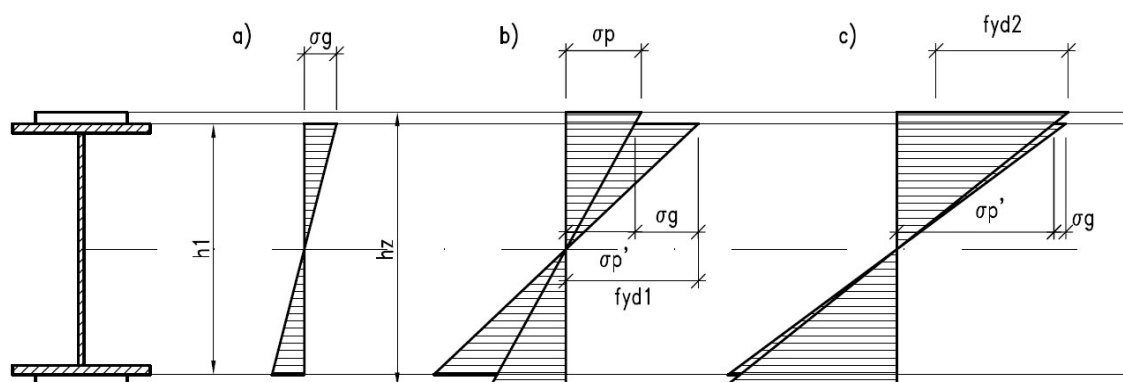
$$\frac{M_g}{W_1} + \frac{M_p \cdot h_1}{W_z \cdot h_z} \leq f_{yd1}$$

- kde
- h_1 je výška původního průřezu
 - h_z - výška zesíleného průřezu
 - M_g - výpočtový moment od zatížení při zesílení
 - M_p - výpočtový moment od zatížení po zesílení
 - W_1 - průřezový modul nezesíleného průřezu
 - W_z - průřezový modul zesíleného průřezu

Současně musí platit:

$$\frac{M_p}{W} \leq f_{yd2}$$

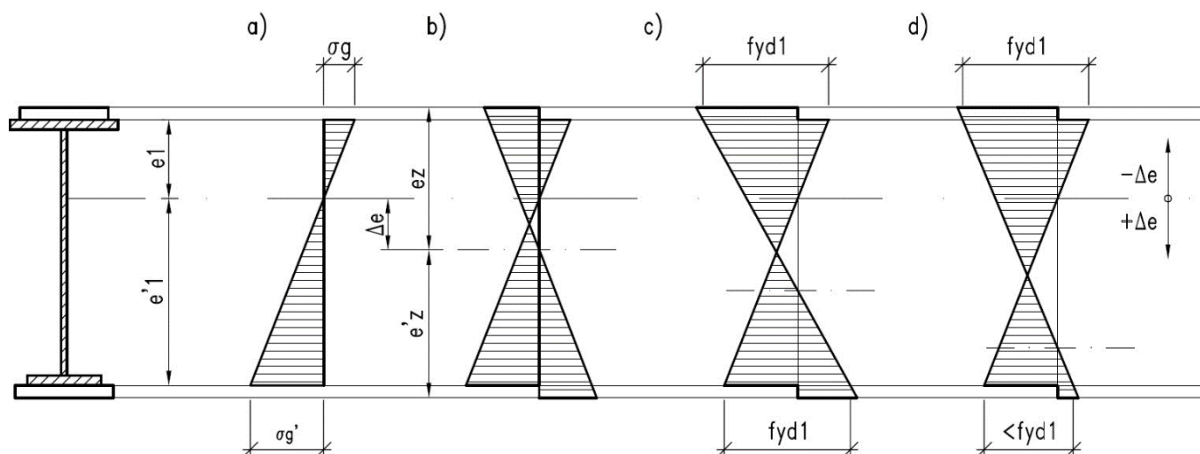
Pro souměrný průřez jsou uvedené vztahy graficky znázorněny na obr. 2.



Obr. 2 - Napětí v zesíleném souměrném průřezu namáhaném na ohyb

Na obr. 2 jsou znázorněny dvě možnosti mezního rozdělení napětí podle dvou předcházejících rovnic. Napětí je vypočteno podle klasické teorie pružnosti v zesíleném průřezu, symetrickém před i po zesílení. Průřez, v němž zatížení v okamžiku zesílení vyvolává maximální napětí v krajních vláknech σ_g (obr. 2a), je zesílen. Po zesílení dosáhnou mezní hodnoty napětí f_{yd1} buď krajní vlákna původního průřezu (obr. 2b), nebo krajní vlákna zesilující části průřezu dosáhnou mezní hodnoty napětí f_{yd2} (obr. 2c).

Základní zesilovaný průřez může mít velmi rozmanitý tvar, který odpovídajícím způsobem ovlivní rozdělení napjatosti od zatížení při zesílení. Samotné zesílení lze provést nejrůznějšími způsoby, které ovlivňují rozdělení napětí.



Obr. 3 - Napětí v zesíleném nesouměrném průřezu namáhaném na ohyb

U nesouměrného průřezu (obr. 3) namáhaného při zesílení ohybem vyvolujícím napětí v krajních vláknech σ_g , resp. σ_g (obr. 3a), mohou být připojeny zesilující součásti A_2 a A'_2 co do velikosti a způsobu umístění tak, že rozhoduje i nadále napjatost na stejné straně průřezu jako před zesílením (b).

Volbu A_2 a A'_2 co do velikosti i tvaru lze ovšem také zaměřit na současné dosažení mezní napjatost f_{yd1} v horních i dolních vláknech (obr. 3c), předpokládá se při tom takové zabezpečení tlačného pásu nebo

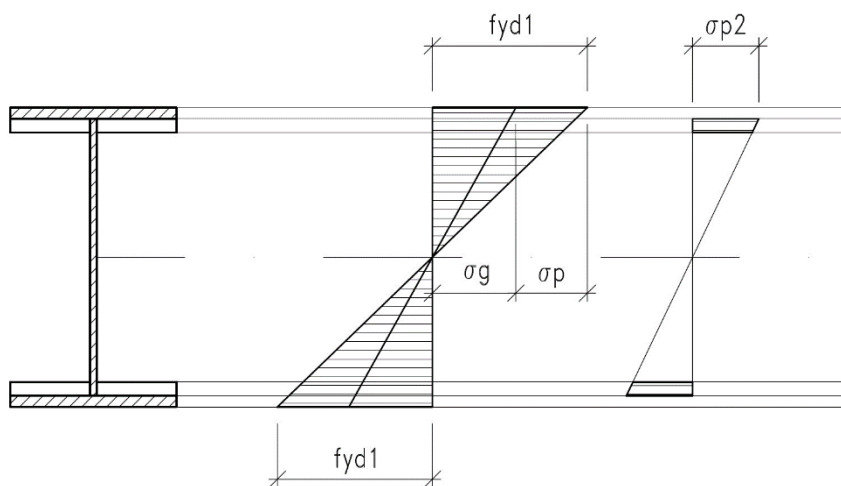
způsob namáhání, kdy není nutné udržet napjatost tlačného pásu od svislého ohybu v nižších mezích než taženého.

Konečně lze zesílením dosáhnout rozhodujícího mezního namáhání na opačné straně průřezu než před zesílením (obr. 3d).

Z obr. 4 je zřejmé, že dosažení symetrie průřezu po zesílení při zatížení jen zmírní rozdíly mezi napjatostmi horních a dolních vláken (obr. 3b), teprve volba asymetrie, úměrné stupni zatížení při zesílení α_g (obr. 3c) způsobí současné dosažení mezní napjatosti v taženém i tlačném pásu při asymetrickém průřezu.

Výhodnost záměrného zvyšování výšky nosníku připojenými zesilujícími částmi, při tradičním výpočtu na základě teorie pružnosti, se objevuje a roste teprve se stoupajícím stupněm zatížení α_g .

Každý nýtovaný symetrický průřez, který zesilujeme pod zatížením a u nějž jsme nuceni odpojit během zesilování část nebo všechny pásnice jednoho pásu, zesilujeme nakonec jako průřez nesouměrný a obdržíme v něm výsledné rozložení napjatosti podle obr. 3a nikoliv podle obr. 2.



Obr. 4 - Zesílení průřezu namáhaného na ohyb při zachování konstrukční výšky

Místní podmínky a omezení mohou vést k nutnosti provést zesílení při zachování stávající výšky průřezu (obr. 4). Potom rozhoduje vždy napjatost zesilované, původní části průřezu, zesilující část přebírá jen část napjatosti od zatížení po zesílení, odpovídající její poloze v průřezu. Tento způsob zesílení, kdy $h_z = h_1$, je vždy materiálově méně hospodárný než zesílení při $h_z > h_1$.

Zlepšení lze dosáhnout např. připojením zesilující části v taženém pásu za využití předpětí.

V případě, že je na základě zkoušek nebo materiálových listů u zesilovaného prvku možno prokázat schopnost plastické deformace, lze využít při návrhu zesilování plastické rezervy. Při návrhu podle teorie plasticity lze výhodně využít plastické rezervy zesilovaného, případně zesilujícího průřezu a připustit vytvoření zplastizované oblasti zesilované části při dodržení mezního namáhání v zesilující části, případně připustit vytvoření zplastizované oblasti zesilující části při dodržení mezního namáhání v zesilované části. Teorie plasticity u ohýbaných prvků lze hospodárně využít zejména při použití materiálu na zesílení z ocelí vyšších pevností. Metody a postupy pro zesílení průřezů s využitím plastické rezervy jsou značně rozsáhlé a proto nejsou v tomto předpise detailně řešeny. Zásady návrhu

a podrobnosti ohledně postupu výpočtu podle těchto metod je nutno čerpat z podkladů v odborné literatuře.

6.2.4 Předpínání

Nejúčinnějším způsobem zesilování konstrukce je instalace aktivních prvků, které do konstrukce vnesou síly působící proti zatížení. Předpínáním rozumíme provedení takových opatření, kterými se stav vnitřní napjatosti konstrukce příznivě upraví vůči stavu napjatosti, jenž bude vyvolán zatížením po úpravě. Nejčastěji se užívá dodatečného předpětí pomocí předpínacích kabelů, příp. předpínacích tyčí. Technologie předpínání např. uhlíkových lamel je zatím spíše ve fázi testování.

Pro rekonstrukce prováděné za provozu nebo pod zatížením vlastní tíhou je myšlenka předpínání významná z hlediska hospodárnosti využití zesilovaných a nových částí. Pokud dokážeme do konstrukce upravované pod zatížením vnést takovou napjatost, která odpovídá zatížení při úpravě zavedené na odlehčenému rekonstruovaném celku, je takováto úprava výhodná a hospodárná pro využití všech prvků zesílení.

Podle míry využití v návrhu lze předpínání při rekonstrukcích rozdělit na:

- připojení zesilujících částí pod napětím k vyrovnání účinků zatížení, pod nímž se úprava provádí, jde prakticky o rekonstrukci některých z obvyklých způsobů dříve uvedených zesílení
- záměrné zavedení předpínacích prvků, při kterém zavádíme do stávající konstrukce záměrně předpínací prvek tak, abychom jeho působením příznivě změnili stav vnitřní napjatosti konstrukce natolik, aby byla schopna přenést zvýšené provozní účinky.

U rekonstrukcí oproti použití předpětí u nových ocelových konstrukcí nastávají zejména tyto omezení:

- daný tvar základní konstrukce a možnosti jejího přizpůsobení
- umístění v dispozici daného celku a vazby na prvek s ohledem na přípustné hranice obrysu
- konstrukční obtíže pro úpravy konstrukce pro převzetí soustředných sil u zakončení předpínacích prvků
- použití předpětí pouze pro montážní procesy

6.2.4.1 Předpínání při zesilování tažených prvků

Zesilujeme-li tažený prut plochy A_1 pod zatížením N_g , které v něm vyvolává napětí σ_g a protažení ε_1 připojením přídavného průřezu plochy A_2 (obr. 5a) bez zvláštních opatření, obdržíme po spojení obou částí v celistvý průřez a zatížení celku silou N_p obraz rozdělení napjatosti podle obr. 5b, kde v původní části průřezu bude napětí:

$$\sigma_1 = \sigma_g + \sigma_p$$

v připojené části průřezu pak napětí

$$\sigma_2 = \sigma_p$$

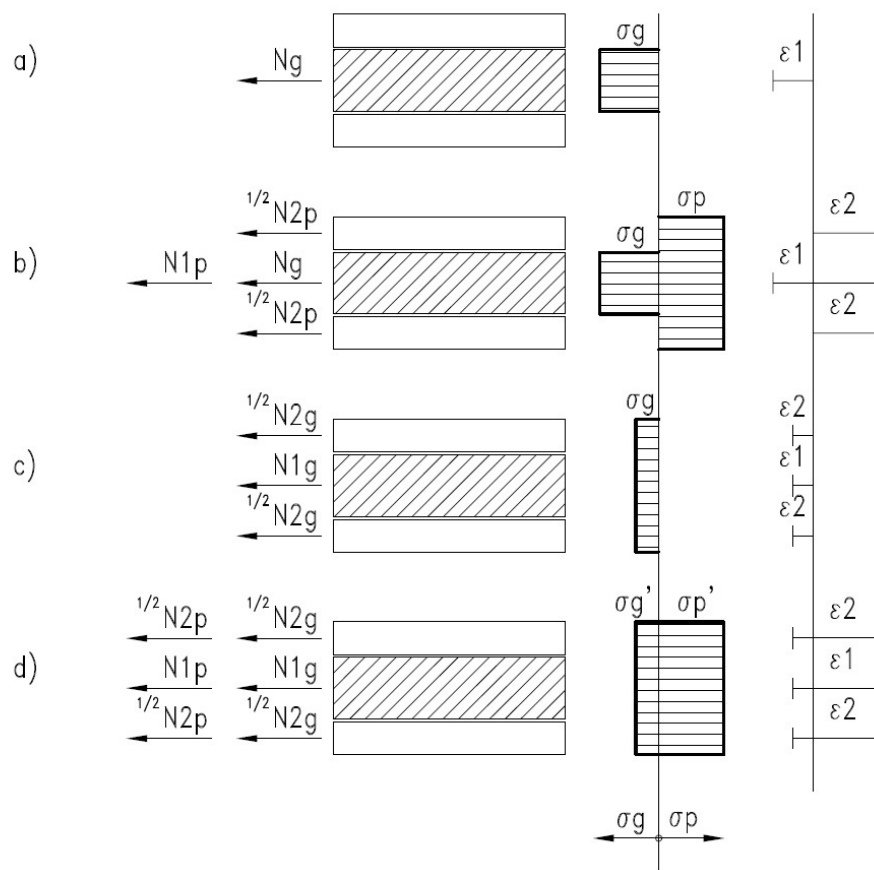
přičemž

$$\sigma_g = \frac{N_g}{A_1} ; \quad \sigma_p = \frac{N_p}{A_1 + A_2}$$

Chceme-li za pomoci předpínání připojit novou zesilující část průřezu tak, aby před zavedením zatížení na zesílený prut v něm bylo vyrovnané napětí σ'_g od zatížení silou N_g , tj.

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma'_g = \frac{N_g}{A_1 + A_2}$$

je třeba, aby v zesilované a zesilující části před jejich průběžným sepnutím nastalo rozdělení napjatosti a vnitřních sil podle obr. 5c. Při dalším zatěžování se napětí v zesíleném průřezu rovnoměrně zvyšuje podle obr. 5d.



Obr. 5 - Napětí a deformace v taženém průřezu zesilovaném za předpínání

Tento způsob zesílení lze provést v zásadě dvěma způsoby:

- do soustavy původního taženého prutu na jednom konci pevně spojené zesilující části se vyvodí rovnovážnou soustavou dvou vnitřních přepínacích sil P stejné hodnoty a směru, ale opačného smyslu. Na původní část průřezu je vyvozován tlak zmenšující tahové napětí, přičemž výslednicí vnitřních tahových sil v obou částech průřezu zůstává síla N_g . Toto uspořádání většinou odpovídá obvyklému způsobu mechanického vnášení předpětí do zesilující části pomocí lisů opřených do zesilované části. Použití předpínání při zesílení je zvláště výhodné při velkém zatížení při zesilování charakterizovaném vysokou hodnotou σ_g , kdy i malé poměrné

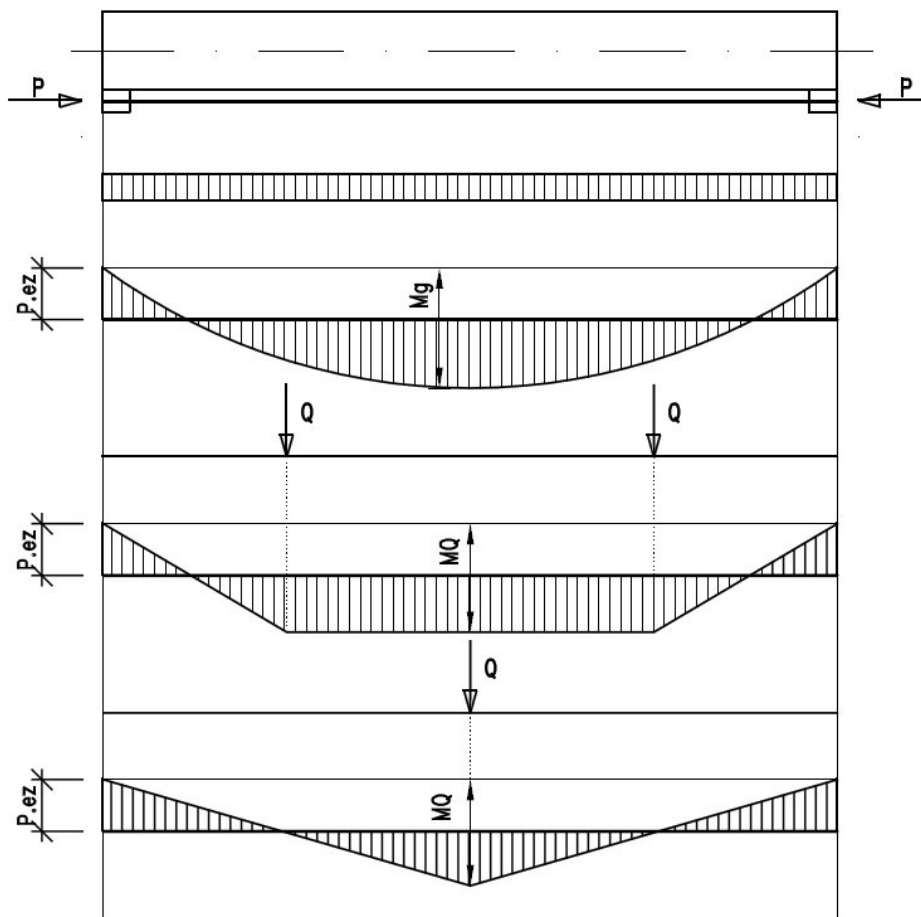
snížení σ_g přináší zajímavé výhody v absolutní hodnotě $|\sigma_g - \sigma'_g|$, zejména pak, je-li zesílení charakterizováno vysokým stupněm přitížení po zesílení α_p a tedy $A_2 > A_1$

- jiným způsobem zavedení předpětí může být vyvolání protažení zesilujícího prutu nezávisle na zesilované části (např. ohřevem) a jeho připojení do průřezu v protaženém stavu. U tohoto typu předpětí dochází k vyrovnání vnitřních sil druhotně, při snaze připojovaného prvku o zkrácení

Použití předpínání při zesílení poskytuje možnost výhodného užití ocelí vyšší pevnosti.

6.2.4.2 Předpínání při zesilování ohýbaných prvků

Při užití předpínání při zesilování taženého pásu před jeho připojením do průřezu předpínací sílu P na rameni e_z . Vzdálenost e_z odpovídá vzdálenosti působíště síly P od neutrální osy průřezu. Na nosníku obdržíme oproti průběhu momentu od zatížení konstantní moment $P \cdot e_z$. Výsledný průběh momentu po nosníku (obr. 6) je závislý na původním průběhu momentu a odlehčujícím momentu. Velikost optimální předpínací síly je závislá na způsobu zatížení po zesílení a jím vyvolaných účinků. Příklad průběhu momentu po nosníku viz obr. 6.



Obr. 6 – Průběh momentů na nosníku předpjatém pod zatížením

6.2.5 Zesilování změnou statického systému a působení

Dosazením nových prvků nebo konstrukčních dílců při rekonstrukci lze provést změnu statického systému u konstrukcí, kde se k takové úpravě jako nejehospodárnější hodí stávající systém konstrukce,

její dispoziční uspořádání, začlenění v provozním celku a způsob zatížení. Mezi nepoužívanější způsoby změny statického systému patří:

- u konstrukčních dílců, kdy jde především o příhradové nosníky, je možno provést zesílení vkládáním přídatných prvků, které zvyšuje vnitřní statickou neurčitost,
- u konstrukčních dílců plnostěnných i příhradových, které jsou namáhány ohybem, lze provést rekonstrukci vložením třetích pásů a to horních nebo dolních na způsob výztužných oblouků, vzpínadel nebo věšadel. Mezi tyto metody je také nutno započítat využití třetího pásu i jako předpjatého.

Při úpravách statického působení dochází jak ke změnám vnitřních sil v konstrukčním dílci, tak i ke změně účinků v jeho uložení nebo podepření. Mezi nejčastěji se vyskytující úpravy patří zejména zavedení spojitosti nosníků, dosud prostě uložených, úpravy pro zavedení roštového působení, spřažení dosud nezávisle působících dílců a úpravy pro zavedení rámového působení. V uložení konstrukce lze provádět úpravy k zavedení vetknutí, tj. měnit pohyblivá uložení na pevná. Zvláště u těchto úprav záleží na tom, aby výpočtové předpoklady odpovídaly skutečným konstrukčním úpravám. Dochází i k úpravám směřujícím naopak ke snížení statické neurčitosti konstrukce. Tyto úpravy jsou opodstatněné zejména tam, kde provoz prokázal nesplnění předpokladů návrhu a kde dochází např. k poklesům podpor spojitých nosníků, natáčení základů předpokládaných jako vetknuté apod.

7. Přestavba

Při přestavbě dochází k významné změně směrových a výškových poměrů na mostě. Přestavbou rozumíme zejména nepřímá zesílení, změny statického systému a předpínání. Z hlediska rozsahu rozlišujeme **částečnou** přestavbu a **úplnou** přestavbu.

Přestavba ocelového mostu prakticky vždy obsahuje zásah do nosných prvků nebo do celého hlavního nosného systému ocelové konstrukce. Součástí přestavby je téměř vždy statický výpočet nosné konstrukce. Ve statickém výpočtu je nutno respektovat skutečný stav ocelové konstrukce a rovněž požadovanou zbytkovou životnost konstrukce. Doporučuje se stanovit materiálové charakteristiky ocelové konstrukce, mez kluzu, vrubovou houževnatost a svařitelnost.

Požadavky na projektovou dokumentaci a provádění obnov ocelových konstrukcí a PKO jsou shodné s kapitolou č. 5.

V případě provádění opravy PKO u přestavby se postupuje podle zásad uvedených v kapitole 9 tohoto předpisu, TKP 19C a případně TKP 19B (úplná přestavba).

7.1 Částečná přestavba (dostavba)

V případě **částečné přestavby** dochází k výměně části konstrukce za novou konstrukci, resp. nové části a používáme při tom řešení odlišné od původní koncepce. Jsou to rekonstrukce, při kterých se objemově zvyšuje kapacita konstrukce pro provoz, přičemž stará i nová část konstrukce tvoří vzájemně se ovlivňující celek. Častým případem dostavby je např. rozšíření stávajících silničních mostů. V této skupině jde vesměs o rekonstrukce z provozních důvodů, omezené nebo trvalé životnosti, kdy splnění provozního požadavku je dosahováno vhodným spojením částí staré konstrukce a nových dílců do

rekonstruovaného celku často i změněného tvaru, případně statického systému. V této skupině rekonstrukcí se nabízí nejvíce možností vyhledání originálních a ekonomicky výhodných řešení.

7.2 Úplná přestavba

Pokud se jedná o **úplnou přestavbu**, dochází k náhradě stávající konstrukce za zcela novou konstrukci. Nejčastěji dochází k tomuto typu konstrukce při výrazné změně prostorového uspořádání, rozpětí nebo zatížitelnosti. Důvodem úplné přestavby je vždy taková změna provozu, které již stávající konstrukce nevyhovuje a jiný druh rekonstrukce by byl neproveditelný nebo neekonomický. Tento typ přestavby se řídí předpisy ve stejném rozsahu, jako je požadováno pro novostavby. Obsahově není úplná přestavba náplní tohoto předpisu, a proto nebude v dalších částech podrobně řešena. Životnost u úplných přestaveb se předpokládá trvalá.

8. Konstrukční provedení obnovy zesilováním

Připojování zesilující části k původnímu, zesilovanému průřezu provádíme v zásadě buď mimo konstrukci při provizorním nahrazení zesilovaného prvku, nebo přímo v konstrukci, na prvku, který je do ní zapojen.

Tato okolnost ovlivňuje výběr konstrukčního provedení i druh připojení. Při práci na vyjmutém, odlehčeném prvku je návrh ovlivněn jen montážními podmínkami provádění.

Při zesilování prvku zapojeného do provozovaného konstrukčního celku, komplikuje návrh napjatost zesilované části v průběhu prací i možnost vyvodit druhotné účinky i do ostatních částí konstrukce, např. při použití svařování.

Rozhodnutí mezi použitím svařování, nýtování nebo VP šrouby k připojení zesilujících částí ovlivňuje zásadním způsobem výběr možných konstrukčních provedení. Z těchto důvodů jsou úvodem řešeny zásady pro svařování, nýtování nebo VP šrouby při zesilování. Zesilování válcovaných průřezů a složených svařovaných průřezů lze považovat za obdobné případy a nebudou proto vytvářeny samostatné kapitoly.

Zesilování konstrukcí pomocí předpínání a kompozitů je často používáno v kombinaci s výše popsanými úpravami. V následujících článcích jsou uvedeny zejména zásady návrhu a konstrukčního provedení.

8.1 Svařování při zesilování

Podmínkou pro připojení zesilující části průřezu přivařením je svařitelnost materiálu zesilovaného průřezu a příznivé podmínky provádění svarů na místě (přístupnost). Svařování v případě rekonstrukce přináší oproti jiným metodám, kromě jednoduší přípravy, zachování stávající plochy bez oslabování a také bohatší výběr průřezového tvaru a umístění zesílení.

Svařování při zesilování má skoro vždy charakter svařování na montáži, přičemž se může jednat o práci na prvku ve stavu jisté napjatosti od působícího vnějšího zatížení. Návrh zesílení musí být proto spojen i s návrhem postupu svařování, který musí být stanoven specialistou na svařování (svářečí inženýr nebo technolog).

Je třeba sledovat tyto základní požadavky:

- dodržet symetrické rozvržení svarů i postupu jejich provádění, aby nedošlo k vyvolání nepříznivých jednostranně působících pnutí z podélného smrštění svaru,
- pro snížení nepříznivých účinků podélných pnutí užívat elektrod menšího průměru a provádět svary přerušovaným krokem,
- při volbě tvaru svaru dbát na účinky pnutí v příčném směru,
- postup při připojování zesilující části volit tak, aby nedošlo předem k jejímu upnutí a aby se její deformace při svařování mohly volně rozvinout,
- uvážit možná pnutí a deformace vnesené do zesilovaného prvku i s ohledem na statický systém i jejich vliv na ostatní prvky konstrukčního celku,
- vhodnou volbou detailů zabránit hromadění svarů a tvoření vrubů,
- u mostních konstrukcí musí být všechny svary průběžné. Použití přerušovaných svarů z důvodu koroze a vrubů vzniklých na koncích svarů není přípustné.

Při volbě tvaru zesílení je třeba posoudit, zda bude možné spolehlivě provést svary s ohledem na polohu svařování.

Návrh tlouštěk svarů provádíme podle obecně platných zásad uvedených v normách. U nosníků namáhaných svislým ohybem dimenzujeme přípojný svary vždy na posouvající síly, odpovídající plné únosnosti průřezového celku. Nepřehlídíme tedy k teoretickému rozdělení napětí při zesílení pod napětím, z něhož může vyplynout menší využití zesilující části i celku průřezu.

8.2 Nýty, šrouby a VP šrouby – při zesilování

Připojování zesilující části nýty, šrouby nebo VP šrouby může vést při potřebě roznýtování zesilovaného složeného průřezu k dočasnému oslabení prvku proti původnímu stavu, což pro návrh a posouzení prutu zesilovaného pod zatížením má stejný účinek jako zvýšení stupně zatížení při zesílení.

Obtížná a nákladná zůstává příprava otvorů v zesilované části konstrukce, kde jsme vázáni její polohou. V každém případě se otvory v zesilující části předvrtávají na průměr o stupeň, výjimečně i o dva stupně, nižší a na konečný průměr se společně se zesilovanou částí přestruží při montážním sestavení.

Při rekonstrukcích se připouští výjimka z běžných konstrukčních zásad:

- použití průměru nýtu (šroubu) o stupeň vyššího, než je pro daný prvek obvyklé.

Pokud průměr nýtových otvorů nezvětšujeme, je třeba počítat při výměně nýtů s větší délkou surového nýtu než u nové konstrukce. Uvádí se hodnota délky dvou průměrů pro závěsnou hlavu. Nejspolehlivěji se skutečná potřeba délky surového nýtu zjistí na několika prvních nýtech zanýtovaných na zkoušku.

Práce spojené s výměnou a zesilováním nýtů musí provádět zkušení zámečníci za odborného dozoru. Roznýtování se dříve provádělo odseknutím hlavy nýtu křížovým sekáčem, dnes se běžně užívá autogenních hořáků, kterými se hlava odpálí. Tento způsob sice zajistí, že otvor nebude poškozen mechanicky, vyžaduje však pečlivé provedení, aby nedošlo k nadměrnému ohřevu nebo dokonce porušení povrchu základního materiálu.

Šrouby se použijí v těch případech, kdy není možné na místě zřídit pracoviště pro nýtování, u prací malého rozsahu nebo pro připojení pomocných částí konstrukce. V některých případech může být užití

šroubů odůvodněno nepřístupností součástí pro obnovení nýtování bez zapojení dalších dílů konstrukce.

Podle povahy a důležitosti spoje předepíšeme potom užití těsných šroubů. Matice zajišťujeme pojistnými maticemi, případně zaseknutím závitu nebo stehovým svarem.

VP šrouby jsou pro rekonstrukce velmi vhodné. Jejich užitím oproti nýtům dosáhneme:

- zvýšení únosnosti při stejném průřezu, protože užití VP šroubů umožňuje zanedbat oslabení průřezu ve spoji (pokud není větší než 20 %), takže lze snížit rozsah zesílení,
- příznivého rozložení napjatosti v průřezu oslabeném otvorem, což má příznivý vliv na únavové namáhání profilu,
- výhodného montážního postupu.

Přes nesporné výhody není u nás VP šroubů při rekonstrukcích běžně užíváno. Využití VP - šroubů pravděpodobně brání nutnost určení součinitele tření ve spoji, který závisí na zdrsňení styčných ploch na stávající konstrukci. Přitom nejběžnější způsob úpravy povrchu styku je opálení kyslíkoacetylenovým plamenem, při kterém se lze prakticky „dostat“ na všechna místa.

8.3 Předpínací tyče, volné kabely

Při návrhu dodatečného předpětí se užívá buď přímého, nebo zvedaného vedení dodatečných předpínacích prvků. Použití metod zesílení pomocí předpínacích prvků je ve většině případů vyvoláno vysokým poměrem zatížení při zesilování ku celkovému výslednému zatížení, což ve výsledku neumožňuje zesílení konstrukce za běžných metod uvedených v předchozích kapitolách.

Vhodný výběr metody a konstrukčního řešení zesílení za pomoci předpětí závisí na samotném typu zesilované konstrukce, na velikosti vnesené přepínací síly a také na ekonomickém hledisku. V praxi jsou možnosti zesílení za pomoci předpětí omezeny limity stávající konstrukce, jako je tvar konstrukce a mezní únosnost prvků. V mnoha případech nelze tyto metody aplikovat, zejména z toho důvodu, že nejsme schopni na stávající konstrukci provést takové úpravy, aby byly schopny přenést koncentrovaná napětí v místech kotevních oblastí.

V případech, kdy je samotná konstrukce mostu ve velmi špatném stavu, mohou bezpečnostní rizika a nároky na budoucí údržbu převýšit přínosy relativně nízkých nákladů na obnovu konstrukce a je výhodnější provést úplnou výměnu nebo přestavbu.

Dodatečné předpětí může být použito nejen ke zvýšení únosnosti, ale je možno ho použít i ke zlepšení parametrů použitelnosti. Tyto metody mohou být použity ke zpoždění nebo zmírnění vzniku trhlin v betonových deskách, mohou redukovat již stávající trhliny v desce mostovky nebo zvyšovat odolnost měkké výztuže proti korozi. Externí předpětí také může omezit stávající průhyby a odolnost konstrukce proti kmitání. Za pomoci předpětí může být také snížena napětí a zlepšena odolnost konstrukce z hlediska únavy.

Excentrické dodatečné předpětí je používáno hlavně u trémových a komorových mostů. Kabely mohou být vedeny buď uvnitř konstrukce (komorové mosty) nebo i vně konstrukce (konstrukce trémové, příp. i komorové). Vždy je třeba vyřešit přenos značných předpínacích sil do konstrukce v místě kotev (kotevní bloky) a v případě zvedaných kabelů i přenos sil v obloucích kabelů – tzv. deviátory a zejména

přípevnění těchto prvků do stávající konstrukce. Profily konstrukce je nutno přizpůsobit požadavkům působení kombinace normálových a ohybových sil. Pokud nárůsty tlakových sil přesahují kapacitu stávajících prvků je nutno provést příslušná zesílení. Hlavním přínosem tohoto typu je nárůst ohybové únosnosti takto zesilovaných prvků.

Příhradové mosty mohou být také zesíleny za pomoci vloženého polygonu předpětí, kde je v podporových oblastech provedena fixace u horního pasu příhrady a kabel klesá k dolnímu pasu do středu rozpětí.

Zesilování vysoce namáhaných tažených prvků za pomoci koncentrovaného (centrického) předpětí je převážně rozšířené u příhradových konstrukcí. Typickým příkladem je zesílení taženého pásu za pomoci souosého předpjatého dlouhého kabelu nebo závitové tyče. Je nutno upozornit, že tyto druhy předpětí se chovají centricky pouze ve vztahu k zesilovanému prvku, na konstrukci jako celek samozřejmě působí jako excentrické předpětí a mají tedy vliv na průběh vnitřních sil většiny prvků konstrukce.

Zesilování stávajících mostů za pomoci předpětí má mnoho výhod a nevýhod a je proto nutno před návrhem a aplikací tohoto způsobu opatrně zvážit všechny okolnosti, které mohou tyto metody ovlivnit. Podcenění některých aspektů při návrhu může v extrémních případech vést až ke kolapsu konstrukce.

8.4 Zesílení kompozity

Zesilování pomocí kompozitů je činnost, která je závislá na použitém materiálu pro zesilování, konkrétním výrobcí a způsobu aplikace na konstrukci. Metody zesílení za pomoci kompozitů jsou natolik specifické, že není možno jednoduše definovat obecné konstrukční zásady pro jejich aplikaci.

Ve stavební praxi je možno rozlišit pasivní zesilování konstrukcí a aktivní zesilování konstrukcí za pomoci kompozitů:

- Při pasivním zesilování je hlavní nevýhodou možnost nízkého využití kapacity zesilujících prvků. Kompozity mají vzhledem k vysoké pevnosti relativně malý modul pružnosti a proto je možnost jejich využití v provozním stavu (SLS) velmi omezená, je možno odhadnout využití těchto prvků okolo 10 % jejich pevnosti. Z toho vyplývá, že zesilování za pomoci těchto metod je velmi nákladné a ve většině případů nahraditelné jinou efektivnější metodou.
- Při aktivním zesilování za pomoci kompozitů se jedná o aplikaci zejména uhlíkových lamel za pomoci předpínání. Tato metoda umožňuje plné využití výborných materiálových charakteristik kompozitů. Rekonstrukce provedené tímto způsobem se jeví i z hlediska hospodárnosti opravy jako efektivní.

Metody zesilování pomocí kompozitních materiálů nejsou v současné době u ocelových konstrukcí příliš běžné. V tomto předpisu jsou uvedeny pouze základní informace a principy fungování těchto metod. Při zesílení za pomoci kompozitů je nutno postupovat individuálně a v úzké spolupráci s dodavatelem materiálu. Při statické analýze a návrhu konstrukčních detailů je nutno správně uvážit spolupůsobení těchto materiálů se stávající konstrukcí.

8.5 Příklady zesílených válcovaných nebo svařovaných průřezů

Některé příklady zesílení válcovaných průřezů jsou uvedeny v obr. 7 pro průřezy I, U, úhelník a trubku. Hladký válcovaný nebo svařovaný průřez skýtá na rozdíl od složeného nýtovaného průřezu širokou možnost výběru v připojení zesilující části.

Zatímco všechny způsoby zesílení, uvedené na obr. 7 lze provést svařováním, jen u některých (7.1a, b, c, g, h, p, 7.2a, d, f, g, 7.3a, b, f, h) lze zesilující část připojit nýtováním nebo šrouby. Zesilování trubek je proveditelné výhradně svařováním.

Příklady uvedené v obr. 7 udávají některé základní možnosti zesílení běžných válcovaných, případně svařovaných průřezů. Největší možnosti se nabízejí pro pruty tažené, kde rozhoduje pouze hledisko zachování symetrie průřezu po zesílení, tedy zachování případu čistého centrického tahu. Pro tlačené prvky jsme již vázáni podmínkou hospodárného dosažení menší nebo nezměněné štíhlosti po zesílení, pro prvky namáhané ohybem je třeba dosáhnout hospodárného umístění zesilujícího materiálu od neutrální osy.

Nejrůznější možnosti přináší zejména průřez I. Způsoby zesílení podle obr. 7 – 7.1a, b, c jsou charakteristické pro namáhání na ohyb, pro namáhání tlakem jsou méně výhodné. Při zesílení pro nízké stupně přetížení α_p lze pro tlačené i ohýbané prvky dobře vystačit se způsoby 7.1d, f. Pro ohýbané prvky při omezení obrysem lze použít také alt. 7.1e.

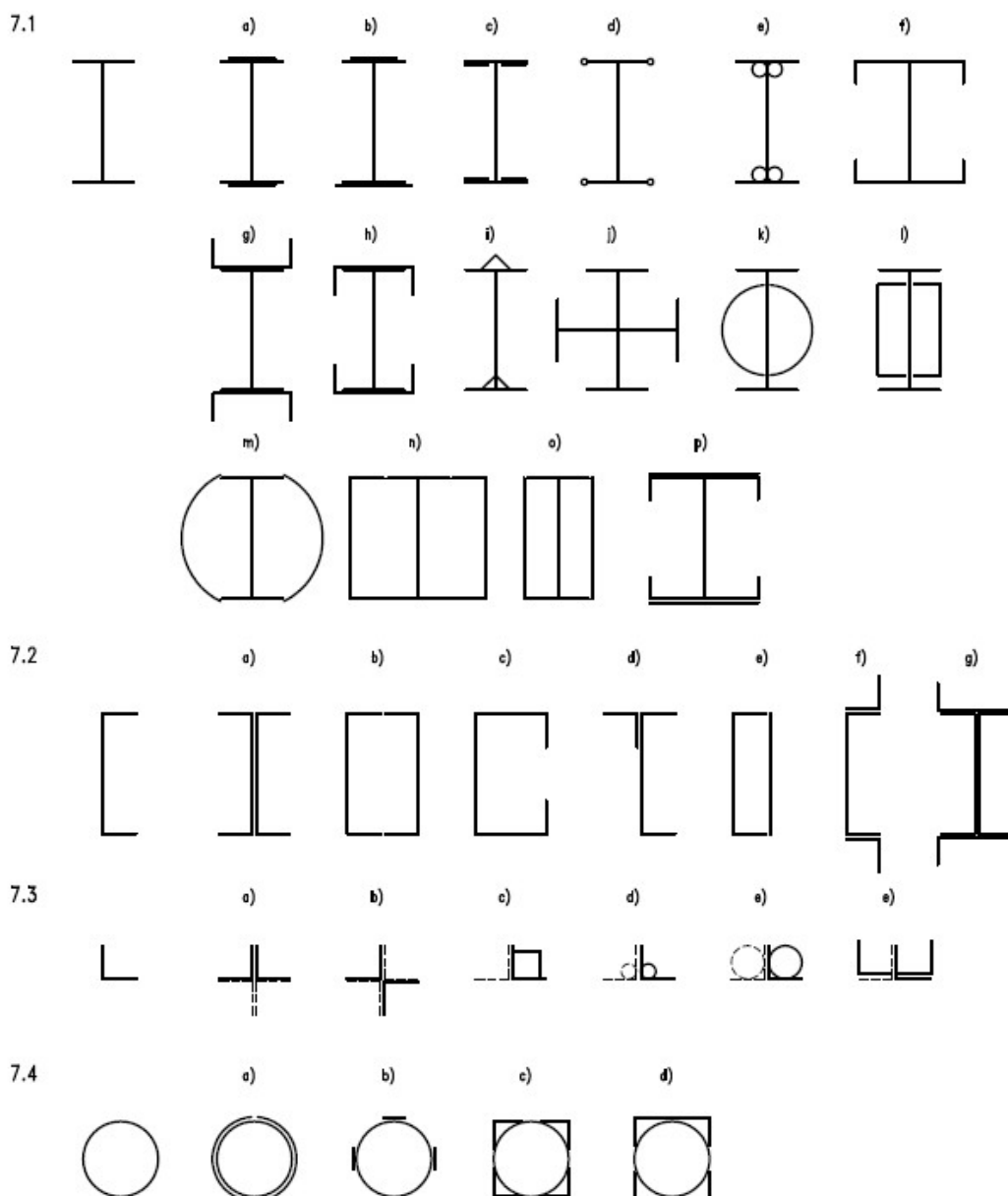
Způsob 7.1g je příkladem možnosti zvýšení tuhosti přírub pro vodorovné účinky. Nesymetrického i symetrického zesílení pro ohýbaný prvek lze také dosáhnout stříškovitým připojením úhelníků na přírubách. Dosáhneme tak zesilujícího účinku současně se zvětšením tuhosti pásu v kroucení.

Způsoby 7.1j, k, l, m, n, o proveditelné svařováním jsou typické pro zesílení tlačných prvků, účinně snižují štíhlost prvků po zesílení. Provedení 7.1j, n jsou vhodná též při rekonstrukci zesílením na ohyb ve dvou rovinách na sebe kolmých.

Zesílení průřezů U, uvedené ve 2. skupině, lze předpokládat ve většině případů na prvcích tvořených symetrickou dvojicí těchto průřezů - potom na ně lze aplikovat závady popsané u profilů I. Bude-li se jednat skutečně o jednotlivý průřez U, pak s ohledem na možnosti připojení nebo uložení bude namáhán většinou excentricky a bude třeba v první řadě buď jej uvést na symetrický a centricky namáhaný (7.2a), nebo zlepšit poměry jeho namáhání zesílením na uzavřený průřez svařováním (7.2b, e).

Prvky z úhelníků, tažené nebo tlačené, lze vesměs již předpokládat výhradně v symetrické dvojici, výjimečné případy u starších konstrukcí je třeba řešit především doplněním na symetrický stav (7.3a). Vhodné, zejména u tlačných prvků, je zesílení na uzavřený průřez (7.3c).

Zesilování trubek, typických ideálních prvků, je právě na tlak značně problematické. Při způsobu 7.4a nelze prakticky nikdy dosáhnout splnění základní podmínky - snížení štíhlosti po zesílení. Toho lépe dosáhneme zesílením segmenty silnostěnných trubek (7.4b), nebo jinými válcovanými průřezy (7.4c, d).



Obr. 7 - Příklady zesilování válcovaných nebo svařovaných průřezů

8.6 Zesílení složených průřezů nýtováním

Na obr. 8 jsou uvedeny příklady složených nýťovaných průřezů a jejich zesílení u souměrného a nesouměrného I profilu a u typického průřezu horního a dolního pásu příhradových nosníků.

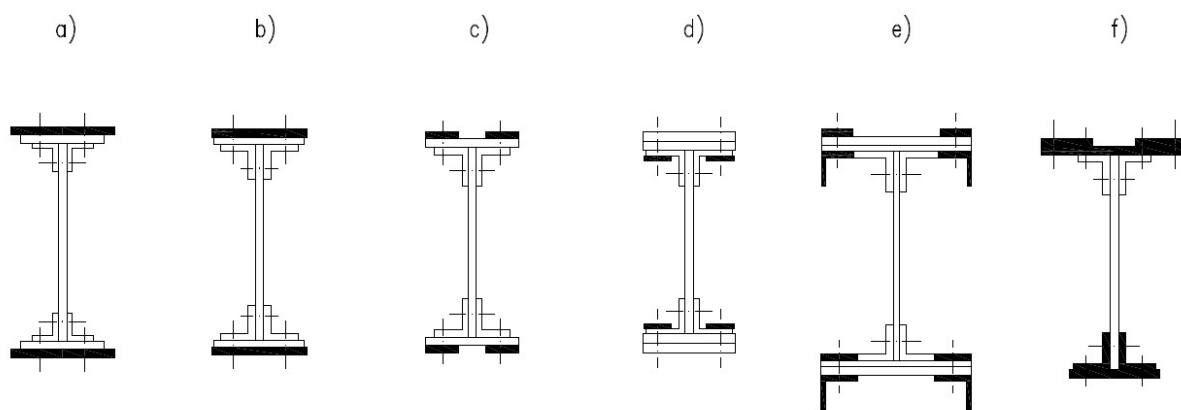
Běžným způsobem zesílení složeného nýťovaného průřezu je připojení další pásnice nebo více pásnic, příp. válcovaného průřezu symetricky (a) nebo jen k jednomu z pásů (b).

Pro připojení zesilující části průřezu je třeba uvolnit stávající nýtová spojení, případně je při provádění prací také zesílit.

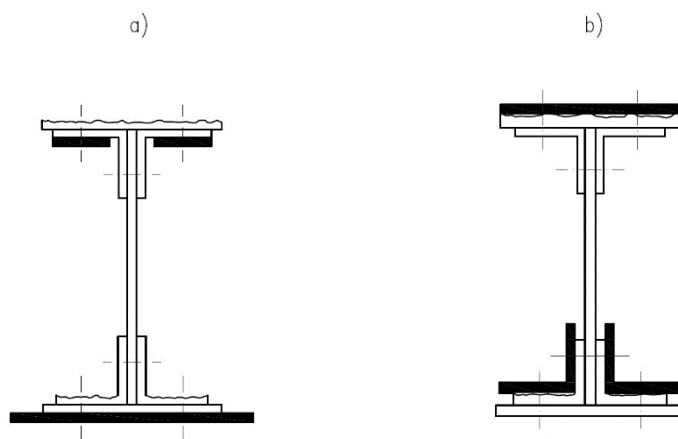
Uvolnění stávajících nýtových spojení lze v zásadě provést buď v plném rozsahu celého připojovaného prvku, nebo postupně.

Uvolnění v celém rozsahu je nejvýhodnější z hlediska rychlosti a velikosti nákladů. Práce postupují roznýtováním, osazením předvrtané zesilující části, slícováním předvrtaných otvorů, přestružením a zanýtováním.

Uvedený postup je však proveditelný v konstrukci jen v době zastaveného provozu, za předpokladu nízkého stupně zatížení při zesílení α_g , tj. přípustných změn v rozložení vnitřních sil v prvku vlivem jeho dočasného oslabení. V každém případě je třeba průběh napjatosti v jednotlivých fázích kontrolovat.



Obr. 8 – Zesílení složených průřezů nýtováním

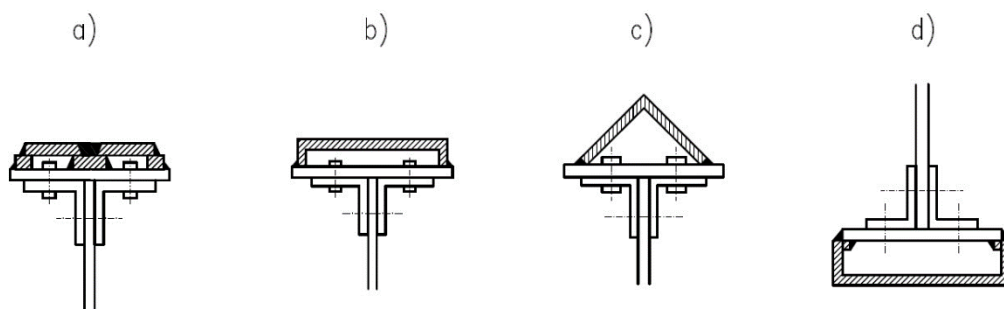


Obr. 9 – Obnova nosníku zesílením

a) správně b) chybně

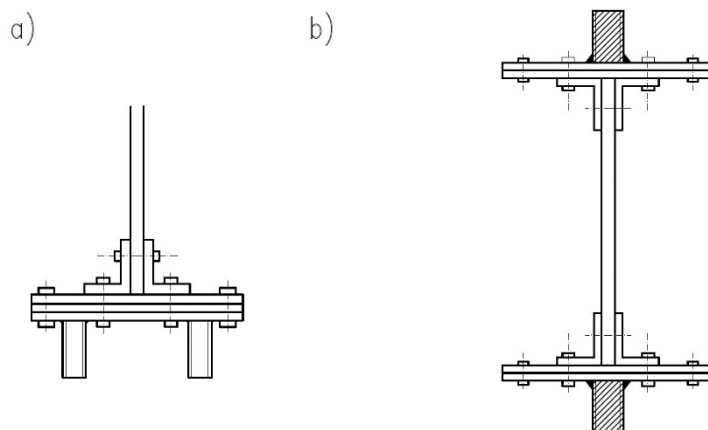
8.7 Zesílení složených průřezů svařováním

Obtíže se zesilováním nýtovaných složených průřezů vedly k tomu, aby připojení zesilující části bylo provedeno přivařením. Nevýhodou tohoto způsobu je však trvalé zakrytí nýtových hlav a tím vyloučení možnosti případných oprav nýtů a nejistý stav koroze v uzavřeném prostoru při porušení těsnosti nýtů. Proto tento způsob zesílení doporučujeme jen u rekonstrukcí omezené životnosti.



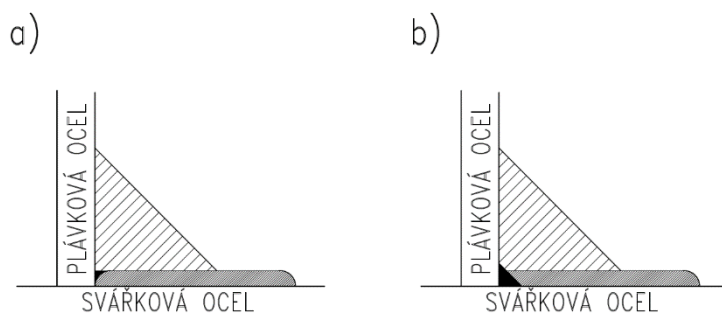
Obr. 10 - Připojení zesilujících částí na nýtované průřezy svařováním pro rekonstrukci omezení životnosti (nevhodné detaily, pouze pro omezenou životnost)

Výhodnější způsob zesílení složeného nýtovaného průřezu svařováním je zesílení tyčevinou obdélníkového průřezu. Viz obr. 11.



Obr. 11 - Zesilování složených nýtovaných průřezů tyčevinou

Pro připojování na svářkovou ocel byla vyvinuta technologie spočívající v předběžném nanesení široké ploché svarové housenky na svářkový materiál (obr. 12a) před provedením vlastního svarového spoje. Tato technika byla dále propracována vložením koutového svaru malé tloušťky jako první operace v pracovním postupu (obr. 12b).



Obr. 12 – Zesilování svařováním na svářkové oceli

U všech výše uvedených rekonstrukcí je třeba zdůraznit, že je možné tyto práce provádět až:

- po podrobném materiálovém rozboru,
- po zkouškách vzorků navržených svarových spojů,
- po provedení podrobného technologického postupu svařování,
- za průběžné kontroly svářecího dozoru při provádění.

8.8 Zesílení spojů, přípojí

Požadavek zesílení prvku vyvolává obvykle také potřebu zesílení spojů a přípojí. Jedná se především o vzájemné spojení prvků složených průřezů a dále o bezpečné připojení zesíleného prvku do celku konstrukce. V některých případech se může projevit také potřeba zesílení jiných částí jako je např. nutnost zesílení styků stěn nosníku namáhaných na ohyb.

Případy, kdy je třeba provést samotné zesílení spojů, svarů nebo nýtů, nejsou příliš časté. Po zesílení složeného průřezu namáhaného ohybem dojde ke změnám v napjatosti spojovacích nýtů, krčních a pásových. Je třeba vždy posoudit, zda není překročena únosnost nýtů, a případně spojovací nýty zesílit. Zesilování nýtů se provádí např. zvětšením průměru dříku nýtu, zvětšením počtu nýtů nebo zvýšením počtu střížných ploch.

Zesílení prvku vyvolává nutnost odpovídajícího zesílení jeho přípoje. Jednodušší provádění přináší řešení svařovaná. V některých případech nelze vystačit se stávajícími styčnickovými plechy. Dovolí-li to materiál, rozšíříme je přivařením a to vždy před připojením prvků zesílení. Přivaření doplňujících částí plechu provádíme vždy jako první operaci, aby se deformace ze svařování mohly volně rozvinout.

Nýtovaný spoj můžeme zesílit zvětšením počtu nýtů nebo zvětšením průměru stávajícího počtu nýtů, případně kombinací obou možností. Zesílení spoje se též dosahuje konstrukční úpravou pro vícestrážné namáhání nýtů. Zesilování provádíme při dodržení zásad uvedených v kapitole 8.2. Zvětšení průměru nýtů provádíme hromadnou (v odlehčeném spoji) nebo postupnou výměnou, jde-li o práci za provozu nebo v konstrukci za účinku stálého zatížení. V případě, že provádíme zesílení postupnou výměnou nýtů pod zatížením, je nutné předem určit, v jakém pořadí a počtu budou nýty s ohledem na uspořádání spoje otevírány a zavírány.

Při řešení zesilování spojů vyvstává problém spolupůsobení nýtů a svarů v jednom spoji. Kombinace nýtů a svarů v jednom spoji se v nové konstrukci podle ČSN EN 1993-1-8 nedoporučuje, ale připouští.

Může-li však při řešení rekonstrukce přinést výhodu, lze ji s ohledem na životnost rekonstruovaného díla s určitými předpoklady použít.

Zjišťováním stavu napjatosti v kombinovaných spojích, použitelných jen pro rekonstrukce, se zabývali ve svých pokusech Kayser, Komerell a Bierett. Z provedených zkoušek vyplynul závěr, že účinnost kombinovaného spojení spočívá především ve správném uspořádání, které zlepší silový tok v přípoji tak, aby svary přispěly ke snížení namáhání nýtů a ponechaly jim přitom možnost pružné deformace. Zkouškami při tomto uspořádání bylo prokázáno plné využití nosnosti svarů a dvoutřetinové využití nosnosti nýtů na mezi pevnosti. Za všeobecně bezpečné lze pokládat přisouzení napětí od vlastní tíhy nýtům, od nahodilého zatížení svarům.

Kayserovy zkoušky zároveň prokazují možnost použití svařování na dobré svářkové oceli. Shodně s dříve uvedenými zkušenostmi viz čl. 8.7 doporučuje provádět koutové svary spojující svářkovou ocel s plávkovou tak, aby průmět svaru na svářkový prvek byl dvojnásobkem průmětu na plávkový.

9. Zásady pro návrh opravy PKO

Z hlediska opravy PKO existují ve většině případů dva základní typy zjištěného stavu stávajících OPS (zbývající typy je nutno řešit individuálně). V prvním případě se jedná o stávající nátěry nebo povlaky, které je možno využít jako podklad v opravném systému, a v druhém případě se jedná o opravné systémy, které jsou aplikovány na povrchy očištěné až na základní materiál.

Zásadním podkladem pro návrh opravy PKO jsou výstupy z provedeného Korozního průzkumu, které stanoví základní předpoklady pro následný postup opravy. Výstupem korozního průzkumu musejí být zejména tyto informace:

- využití stávajícího OPS (možno využít nebo odstranit původní OPS),
- určení složení stávajících OPS a doporučení pro nakládání s odpady,
- doporučení pro čištění ploch před přípravou povrchu (znečištění, kontaminace CHRL apod.),
- doporučení pro přípravu povrchu stávajících konstrukcí pro aplikaci opravného systému PKO (ideálně ověřeno polní zkouškou na vytipovaných referenčních plochách dané konstrukce),
- rozdělení konstrukce podle intenzity korozního namáhání a určení ploch se zvláštním korozním namáháním,
- doporučení a zásady pro návrh opravného systému PKO.

Rozsah dokumentace pro návrh PKO pro stavební povolení a ZDS je stanoven v člancích TKP 19C.

Ve stupni ZDS musí být na základě Korozního průzkum vypracována Projektová specifikace protikorozi ochrany. Způsobnost zpracovatele a rozsah Projektové specifikace protikorozi ochrany pro opravy PKO je definován v TKP 19C.

9.1 Čištění stávajících ploch a příprava povrchu pro aplikaci opravného systému PKO

Před samotnou přípravou povrchu se obvykle provede důkladné omytí a odmaštění stávajících ploch PKO vodním paprskem s přídavkem ekologicky odbouratelného detergentu. Případné atypické požadavky na přípravu povrchu z hlediska očištění ploch konstrukce by měly být definovaným výstupem Korozního průzkumu a mělo by se postupovat na základě těchto doporučení.

Příprava povrchu OK pro opravu systému, celkovou opravu PKO nebo částečnou obnovu systému se provádí dle ČSN EN ISO 8501-2 nebo ČSN EN ISO 8501-4. Požadovaný stupeň přípravy povrchu musí být stanoven v Průkazní zkoušce navrženého ONS nebo ověřen zkouškou na referenčních plochách dané OK (podrobně definováno v TKP 19C). Obvykle jsou požadovány následující stupně přípravy povrchu dle použitého typu přípravy povrchu:

- u suchého abrazivního tryskání stupeň přípravy povrchu na P Sa 2 ½ s lokálními stupni přípravy na těžko přístupných místech na P St 3 nebo P Ma. V případě ploch, které vykazují plošně se vyskytující důlkovou korozi a současně znečištění rozpustnými solemi, musí být provedeno posouzení, zda suchým otryskáním nedojde k uzavření zbytků solí v tryskáním uzavřených korozních důlcích, pokud takové nebezpečí hrozí, musí být přijata odpovídající opatření,
- u vysokotlakého tryskání vodou je na plochách stávajících nátěrů bez výrazného prorezivění obvykle požadován stupeň otryskání Wa 1 (odstranit pouze nesoudržné stávající nátěry, rez a ostatní cizí látky) a na plochách s výrazným prorezivěním na stupeň Wa 2 ½. Na těžko přístupných místech se připouští stupně přípravy na P St 3 nebo P Ma. U vysokotlakého tryskání vodou je nutno po otryskání provést zdrsnění na plochách soudržných stávajících nátěrů. Na plochách otryskaných až na základní kov je nutno posoudit stávající kotevní profil, zda je dostačující pro použitý nátěrový systém (obvykle dochází ke kopírování původního kotevního profilu).

Příprava povrchu OK pro úplné obnovy systému se provádí dle ČSN EN ISO 8501-1 nebo ČSN EN ISO 8501-4. Požadovaný stupeň přípravy povrchu musí být stanoven v Průkazní zkoušce navrženého ONS. Obvykle jsou požadovány následující stupně přípravy povrchu dle použitého typu přípravy povrchu:

- u suchého abrazivního tryskání pro kovové povlaky je požadován stupeň přípravy na Sa 3 s lokálními stupni přípravy na těžko přístupných místech St 3,
- u suchého abrazivního tryskání pro nátěrové systémy je požadován stupeň přípravy povrchu na Sa 2 ½ s lokálními stupni na těžko přístupných místech na St 3,
- u vysokotlakého tryskání vodou je požadován stupeň otryskání Wa 2 ½. Na těžko přístupných místech se připouští stupně přípravy na St 3. Na otryskaných plochách je nutno posoudit stávající kotevní profil, zda je dostačující pro použitý nátěrový systém (obvykle dochází ke kopírování původního kotevního profilu).

Stávající hrany jednotlivých plechů (ostré hrany, otřepy apod.), pokud nejsou opracovány, se obvykle požaduje alespoň zkosit na 1/1 mm nebo lépe zaoblit na R2. Na stávajících površích a svarech je povoleno odstraňovat broušením pouze svarové rozstříky, kuličky, v plochách přeložky, pleny apod. Není povoleno provádět opravy stávajících svarů nebo povrchových vad svařováním. Tyto úpravy musí navrhnout a odsouhlasit zodpovědný projektant opravy mostu ve spolupráci se svářecím inženýrem. Opravy svařováním se většinou navrhuje pouze v odůvodněných případech, kdy je to vyžadováno na

základě statického posouzení stávající konstrukce. Ve většině případů se v případě rekonstrukcí vady ve stávajících svarech (dutiny, póry apod.), v místech styků plechů konstrukce (štěrbiny, dutiny) nebo na plochách konstrukce (zaválcované okraje, pleny apod.) opravují za pomoci polyuretanových, akrylátových nebo epoxidových tmelů.

9.2 Návrh opravného systému PKO

Pro opravné systémy PKO je z celé skladby zcela zásadní správný návrh základního nátěru nebo povlaku, kde je nutno zohlednit daný stav povrchu stávající konstrukce. U základových vrstev, v případě oprav PKO, je obecně požadována vyšší tolerance k nedokonalostem povrchů stávajících konstrukcí, které nelze v mnoha případech upravit tak, aby zcela vyhovovaly náročným požadavkům na přípravu povrchu, jako je tomu u novostaveb. U následujících vrstev, které se již aplikují na provedené základní vrstvy, jsou kritéria návrhu velmi obdobná jako v případě systémů používaných na novostavbách. U těchto vrstev je důležité, aby byly zejména kompatibilní se základním nátěrem a poskytovaly dobrou bariérovou ochranu.

Základní nátěry s vysokým obsahem zinku nebo ethylsilikátové nátěry s vysokým obsahem zinku obecně nejsou pro použití v opravných nátěrových systémech aplikovaných v terénu doporučovány především s ohledem k jejich vysoce náročným požadavkům na přípravu povrchu a vlastní aplikaci nátěru (hlavní je zde riziko pozdějšího praskání v místech náchylných k aplikaci vyšších tloušťek základního nátěru než je maximální doporučená DFT a v oblastech přechodu na stávající soudržný nátěr).

Naproti tomu vysokosušinné nízkomolekulární dvoukomponentní epoxidy (často používané označení jako epoxidové mastiky) plněné pigmenty s velmi dobrou bariérovou ochranou jsou pro základní nátěry v opravných nátěrových systémech velmi vhodné. Je to zejména z důvodů vysoké tolerance na přípravu povrchu, vlastní aplikaci nátěru, dobrou toleranci ke klimatickým podmínkám, velmi dobrou bariérovou schopnost a delší dobu zasychání, kdy dojde k zalití veškerých nerovností a nedokonalostí povrchu OK a k vyrovnání pnutí ve vysychajícím nátěru. Doporučené tloušťky a skladby ONS systému jsou uvedeny v TKP 19C Příloze 19C.P3.

Základní kovové povlaky se v případě oprav mimo dílenské podmínky doporučuje provádět ve dvou vrstvách tak, že nejprve se aplikuje základní zinková vrstva, která má obecně vyšší toleranci na přípravu povrchu (zejména dosažená drsnost), a následně se aplikuje vrstva hliníku. Doporučené tloušťky a skladby OPS systémů jsou uvedeny v TKP 19C Příloze 19C.P3.

ONS pro opravu systému nebo celkovou opravu stávajícího PKO se většinou skládají z následujících vrstev:

- **spojovací nátěr**, který se aplikuje na očištěný povrch stávajících nátěrů a povrchů,
- **mezivrstva**, která je aplikována v případě potřeby (nedostatečná tloušťka stávajících nátěrů) na spojovací nátěr,
- **vrchní nátěr**.

OPS pro částečnou nebo úplnou obnovu stávajícího PKO se většinou skládají z následujících vrstev:

- **základní nátěr nebo kovový povlak**, který se aplikuje na očištěný povrch stávajících základních materiálů,
- **uzavírací (penetrační) nátěr**, aplikuje se pouze u kovových povlaků,

- **mezivrstvy,**
- **vrchní nátěr.**

Konkrétní návrhy skladby OPS a požadované Průkazní zkoušky pro tyto systémy jsou uvedeny v TKP 19C.

10. Užité normy a literatura

- [1] ČSN 1016-1926, 1944 Uhlíková ocel válená a kovaná (1926, 1944)
- [2] ČSN 1027-1927, 1943 Ocelové odlitky (1927, 1943)
- [3] ČSN 1230-1937 Navrhování mostů (1937)
- [4] ČSN 1510-1948 Konstrukční oceli obvyklých jakostí – Stavební oceli (1948)
- [5] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí (1966, 1976, 1998)
- [6] ČSN 73 2603 Ocelové mostní konstrukce – Doplnující specifikace pro provádění, kontrolu kvality a prohlídky (2011)
- [7] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů (2008)
- [8] ČSN 73 6203 Zatížení mostů (1987)
- [9] ČSN 73 6204 Projektování ocelových mostních konstrukcí (1953)
- [10] ČSN 73 6205 Navrhování ocelových mostů (1969, 1989, 1999)
- [11] ČSN 73 6220 Zatížitelnost a evidence mostů pozemních komunikací (1996, 2009)
- [12] ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací (2011)
- [13] ČSN EN ISO 6892-1 Kovové materiály - Zkoušení tahem - Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty
- [14] ČSN EN ISO 4136 – Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů – Příčná zkouška tahem
- [15] ČSN EN ISO 148-1 Kovové materiály - Zkouška rázem v ohybu metodou Charpy - Část 1: Zkušební metoda
- [16] ČSN EN ISO 9016 - Destruktivní zkoušky svarů kovových materiálů – Zkoušky rázem v ohybu – Umístění zkušebních tyčí, orientace vrubu a zkoušení
- [17] ČSN EN ISO 7438 Kovové materiály - Zkouška ohybem
- [18] ČSN EN ISO 9712 Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků NDT
- [19] ČSN EN 10025-1 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 1: Všeobecné technické dodací podmínky
- [20] ČSN EN 10025-2 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 2: Technické dodací podmínky pro nelegované konstrukční oceli
- [21] ČSN EN 10025-3 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 3: Technické dodací podmínky pro normalizačně žíhané/normalizačně válcované svařitelné jemnozrnné konstrukční oceli
- [22] ČSN EN 10025-4 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 4: Technické dodací podmínky pro termomechanicky válcované svařitelné jemnozrnné konstrukční oceli
- [23] ČSN EN 10025-5 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 5: Technické dodací podmínky na konstrukční oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi
- [24] ČSN EN 10025-6 Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí - Část 6: Technické dodací podmínky pro ploché výrobky z ocelí s vyšší mezí kluzu v zušlechťeném stavu
- [25] ČSN EN 10210-1 Duté profily tvářené za tepla z nelegovaných a jemnozrnných konstrukčních ocelí – Část 1: Technické dodací podmínky

- [26] ČSN EN 13421 Plasty - Reaktoplasty pro tváření - Kompozity a vyztužující vlákna - Příprava zkušebních těles pro stanovení anizotropie vlastností lisovaných kompozitů
- [27] ČSN EN 13706-1 Vyztužené plasty (kompozity) - Specifikace pro tažené profily - Část 1: Označování
- [28] ČSN EN 13706-2 Vyztužené plasty (kompozity) - Specifikace pro tažené profily - Část 2: Metody zkoušení a obecné požadavky
- [29] ČSN EN 13706-3 Vyztužené plasty (kompozity) - Specifikace pro tažené profily - Část 3: Specifické požadavky
- [30] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí (2005)
- [31] ČSN EN ISO 14126 Vlákný vyztužený plastový kompozit - Stanovení vlastností v tlaku v rovině výtuzě
- [32] ČSN EN ISO 15310 Vlákný vyztužený plastový kompozit - Stanovení modulu pružnosti ve smyku metodou torzní desky
- [33] ČSN EN ISO 17637 Nedestruktivní zkoušení svarů - Vizuální kontrola tavných svarů
- [34] ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce (2009, 2012)
- [35] ČSN EN 1990, vč. Přílohy A2 Zásady navrhování konstrukcí, Příloha A2 : Použití pro mosty
- [36] ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [37] ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady
- [38] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
- [39] ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty
- [40] ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty
- [41] prEN 10138-3 Prestressing steels – Part 3: Strand
- [42] ASTM D 5064 - Standard Practice for Conducting a Patch Test to Assess Coating Compatibility
- [43] VN 731466 Nosné konstrukce z patinující oceli, Podniková norma Vítkovice a.s. (1995)
- [44] TKP 19 – Ocelové mosty a konstrukce, část A, část B, část C
- [45] TP 72 – Diagnostický průzkum mostů PK
- [46] TP 120 – Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK
- [47] TP 197 – Mosty a konstrukce z patinující oceli 1. díl
- [48] TP 216 – Navrhování, provádění, prohlídky, údržba, opravy a rekonstrukce ocelových a ocelobetonových mostů PK
- [49] Velflík a Kolář, Nařízení c.k. ministerstva železnic ze dne 28.srpna 1904, o mostech železnicových, nadželeznicových a mostech silnic příjezdných o železných nebo dřevěných ústrojinách, překlad (1911)
- [50] Stanislav Bechyně, Jan Kolář Technický průvodce pro inženýry a stavitele. Sešit jedenáctý. Mostní stavitelství. (1930)
- [51] Jan Kolář, František Faltus Technický průvodce. Svazek jedenáctý. Mostní stavitelství. (1949)
- [52] František Faltus, Prvky ocelových konstrukcí (1954, 1962)
- [53] Luděk Spal CSc., Rekonstrukce ocelových konstrukcí (1968)
- [54] Kayser, Spolupůsobení nýtů a svarů v jednom přípoji „Der Stahlbau“, 7, 1934: 113-115
- [55] Ferjenčík, Tocháček, Předpínání ocelových konstrukcí (1966)
- [56] Daly, Witarnawan, Strengthening of bridges using external post-tensioning

PŘÍLOHA A1. POSTUP VÝPOČTU - OSNOVA

Pro účely tohoto předpisu byla zpracována zjednodušená osnova postupu výpočtu pro běžné případy rekonstrukcí ocelových mostů. Snahou této osnovy je srozumitelně popsat souslednost jednotlivých kroků, které by měly následovat při posuzování ocelové konstrukce tak, aby výsledkem byla komplexní analýza stávající konstrukce s výsledným návrhem a posouzením jejího zesílení. Požadavky na rozsah a návrh rekonstrukce mostu vycházejí zejména z provozních požadavků objednatele a správce konstrukce.

Základním podkladem pro provedení rekonstrukce OK by měl být posudek stávajícího stavu s návrhem opatření a zesílení, která umožní mostní konstrukci odolávat budoucím provozním nárokům. Požadavky na budoucí prostorové uspořádání a zatížení konstrukce by měly být projektantovi známy před započítáním prací na přepočtu konstrukce. Rozsah požadavků je definován objednatelem/správcem na základě provedených diagnostických průzkumů a případných studií rekonstrukcí mostu. Při samotném přepočtu by se mělo postupovat alespoň v rozsahu této zjednodušené osnovy:

- 1) V počáteční fázi je nutno provést vyhodnocení podkladů, které jsou v době přepočtu konstrukce k dispozici. Ve většině případů se jedná o záměr objednatele/správce, dostupné diagnostické průzkumy, dostupné podklady ohledně původní dokumentace, zaměření stávajícího stavu nebo oměření konstrukce. V mnoha případech je nutno si zajistit oměření konstrukce vlastními silami. Při zajišťování podkladů je vhodné postupovat v souladu s rozsahem podle kapitoly č. 3 těchto TP.
- 2) Po zajištění dostatečných podkladů je nutno tyto podklady vyhodnotit a provést vhodný statický model se zohledněním skutečné geometrie konstrukce a skutečného stavu jednotlivých prvků konstrukce. Již v této části posudku je nutno vyhodnotit případná slabá místa konstrukce na základě zkušeností, existujících výpočtů zatížitelnosti, přibližných pomocných výpočtů, závěrů diagnostiky nebo jiných indicií a provést návrhy nutných zesílení. Tato zesílení je nutno zakomponovat do statického modelu konstrukce. Z hlediska přepočtu konstrukce se můžeme setkat s těmito případy uspořádání a zatížení konstrukce.
 - objednatel/správce požaduje přepočet na konkrétní zatěžovací soupravu případně přepočet původní zatížitelnosti při zachování stávající geometrie mostu. V tomto případě provedeme model s co nejpresnějším zohledněním stavu konstrukce a nově navrženými zesíleními.
 - objednatel/správce požaduje provést změnu v prostorovém uspořádání na konstrukci nebo je definována požadovaná nová zatížitelnost nejčastěji dle aktuální normy, případně kombinace obojího. V tomto případě je nutno nejprve namodelovat konstrukci se zohledněním skutečného stavu stávajících prvků, které budou při rekonstrukci zachovány, včetně případného zesílení jednotlivých částí konstrukce.
- 3) Po provedení a přípravě těchto modelů je nutno definovat komplexní zatížení na takto zesílené konstrukce podle požadavků, které definuje objednatel/správce rekonstruovaného objektu, nebo jsou přímo dány platnými normami a předpisy, které nejsou objednatelem blíže specifikovány.

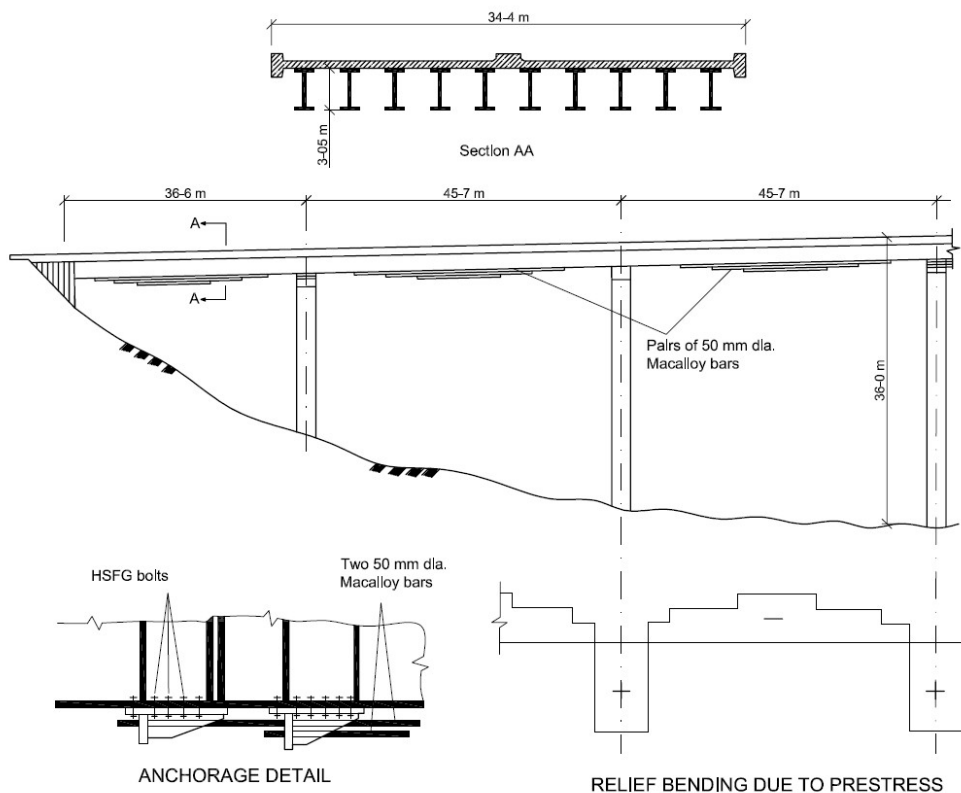
- 4) Následně po aplikaci zatížení na provedené výpočetní modely je nutno provést přepoččet pro zjištění napjatosti stávajících prvků, aby bylo možno stanovit následný postup a případný další návrh zesílení konstrukcí. Proveďte se vyhodnocení jednotlivých prvků konstrukce podle platných návrhových norem (pokud objednatel nestanoví jinak) a přehledně se vyhodnotí výsledky, na jejichž základě se stanoví případná slabá místa návrhu.
- 5) Na základě těchto výsledků je potom nutno provést rozhodnutí o následném způsobu zesílení konstrukce oproti předpokladům předběžného návrhu v předchozích bodech. V mnoha případech může na základě těchto výsledků dojít i ke kompletní změně koncepce návrhu rekonstrukce.
- 6) Na takto zesíleném modelu se provede konečné vyhodnocení a posouzení podle platných norem.
- 7) Na základě těchto výsledků se provede již detailní návrh konstrukčních řešení a návrh rekonstrukce mostu se zapracuje do konečného projektu, který musí odpovídat svým rozsahem návrhovému stupni dokumentace.

Na základě zkušeností ze stavební praxe je možno konstatovat, že nosné ocelové konstrukce je možné ve většině případů rekonstruovat tak, aby vyhovovaly potřebným požadavkům. Zásadním kritériem pro rozhodnutí, zda konstrukci opravit nebo odstranit, je ve většině případů stav hlavních nosníků z hlediska koroze a to, zda stávající prostorové uspořádání nebo jeho drobné úpravy mostu mohou vyhovovat požadavkům plánovaného provozu. Šířkové uspořádání na mostech s dolní mostovkou lze ve většině případů zlepšit umístěním chodníků vně hlavních nosníků.

Pokud jsou tedy na stávající konstrukci využitelné hlavní nosníky, lze mostovku ve většině případů vhodně zrekonstruovat na požadovanou zatížitelnost.

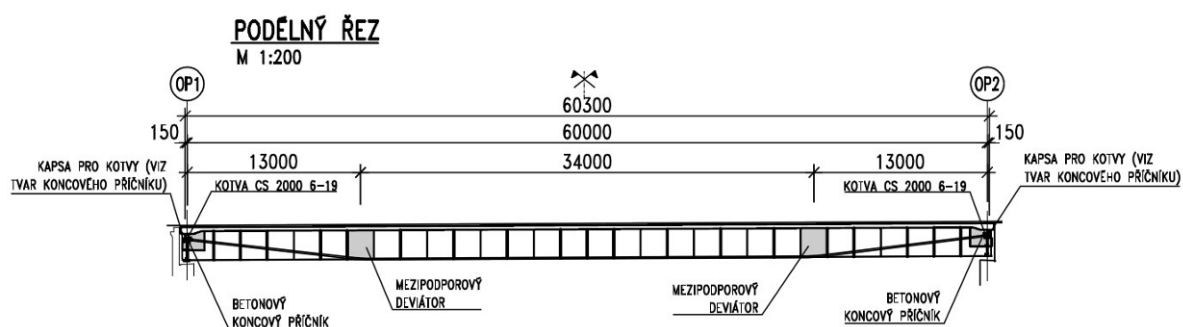
PŘÍLOHA A2. PŘÍKLADY POUŽITÍ ZESÍLENÍ OK

A2.1 Předpínací tyče – příklady použití

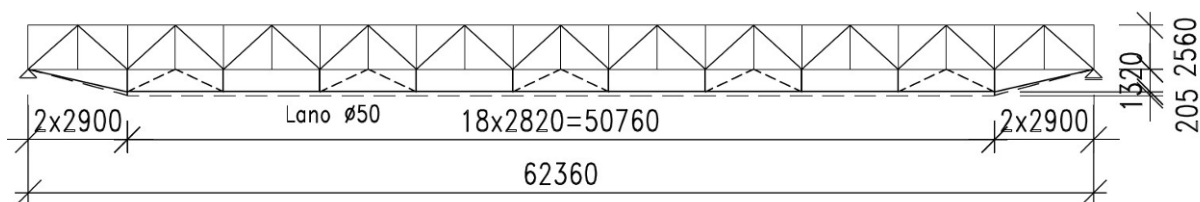


Příklad A2.1 - Zesílení za pomoci externího předpětí za pomoci ocelových přepínacích tyčí, Rakewood viadukt

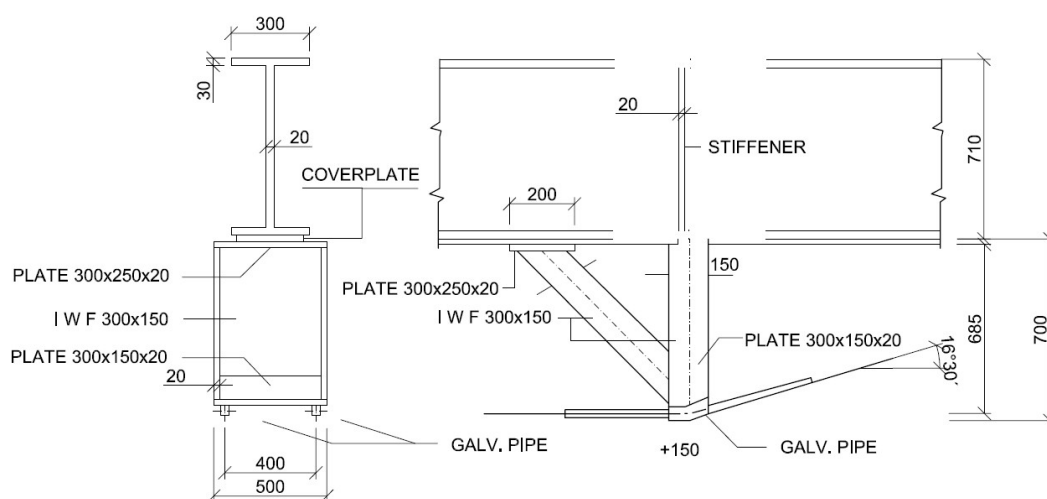
A2.2 Volné kabely – příklady použití



Příklad A2.2 – Zesílení ocelobetonové konstrukce za pomoci ocelových deviatorů, koncových železobetonových příčníků a externího předpětí

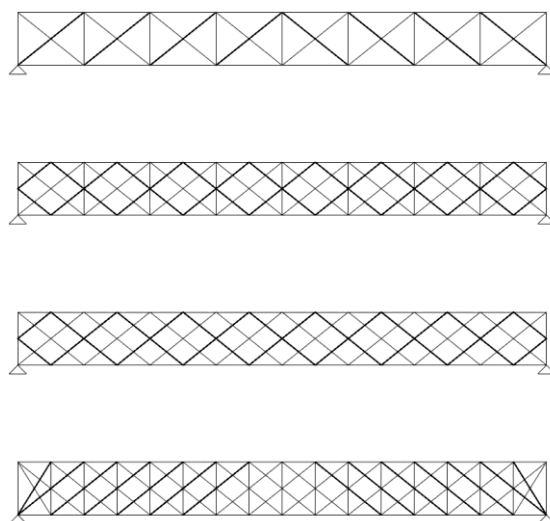


Příklad A2.3 – Rekonstrukce dopravního mostu na dole Hlubíná v Ostravě předepnutím

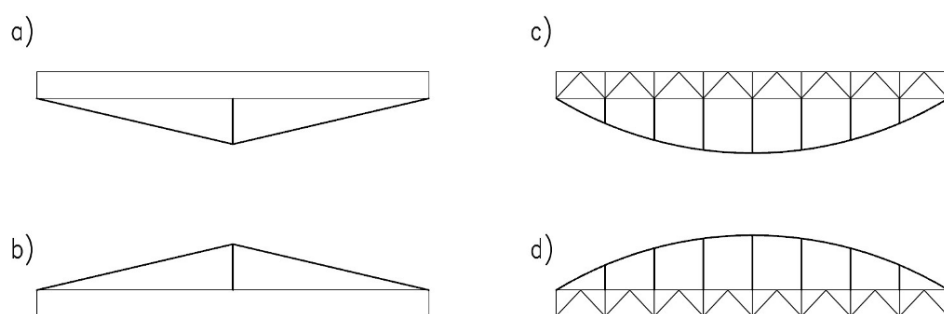


Příklad A2.4 – Zesílení ocelové konstrukce za pomoci ocelových deviátorů, koncových železobetonových příčníků a externího předpětí

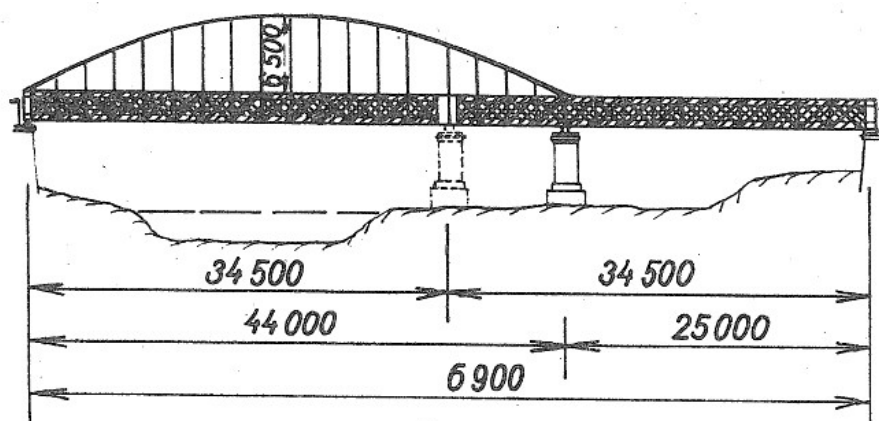
A2.3 Změny statického systému – příklady použití



Příklad A2.5 – Vkládání přídatných prutů do příhradových soustav



Příklad A2.6 – Zavádění třetích pásů



Příklad A2.7 – Zavedení výztužného oblouku na mostě přes řeku Dranse ve Francii

A2.4 Kompozity – příklady použití



(a) Primer application



(b) Cleaning CFRP laminates



(c) Epoxy application on laminates



(d) Epoxy application on beam

Příklad A2.8 – Zesílení lamelami z uhlíkových kompozitů

PŘÍLOHA A3. ZVLÁŠTNÍ KOROZNÍ NAMÁHÁNÍ - PŘÍKLADY

Tabulka A3.1 – Příklady zvláštních korozních namáhání

Stupně speciálního korozního namáhání	Popis stupně speciálního korozního namáhání v České republice
S1	působení chemických rozmrazovacích látek (CHRL)
S2	kondenzace vody zejména na stěnách a dolních pásnicích konstrukcí
S3	shromažďování kondenzované vody na horních plochách dolních pásnic a v místech spojů s výztuhami nebo příčníky, zahnívání spadu
S4	vliv mechanického poškození konstrukcí vlivem dopravy (kamínky, láhve apod.)
S5	zatékání do konstrukce vlivem poškození izolace mostu
S6	plísně, houby
S7	stékání vody po ocelové konstrukci vlivem dešťových srážek
S8	ptačí trus
S9	spad z vegetace
S10	nafta, oleje z nákladních vozidel
S11	shromažďování prachu a nečistot z ovzduší a dopravy
S12	extrémní teplotní rozdíly (osluněná strana, ochlazovaná strana od vodních toků), vliv kolísání teplot a teplotních cyklů u hmotných sestav
S13	zatékání do mostních konstrukcí v oblasti mostních závěrů a říms, prostupů odvodňovačů
S14	přítomnost organických látek, z rozkladu živých organismů
S15	netěsnost svarů (v případě, že není zabráněno přístupu vzduchu projevy plísní a kondenzace),
S16	zatékání do konstrukce vlivem dalších netěsností
S17	působení organických látek z půdy
S18	rostoucí vegetace
S19	bimetalická koroze
S20	sněhové a ledové valy kolem konstrukcí v zimním období
<p>Poznámka:</p> <p>Stupně a kategorie speciálního korozního namáhání byly definovány na základě provedených prohlídek ocelových konstrukcí pozemních komunikací a platí pouze pro Českou republiku.</p>	

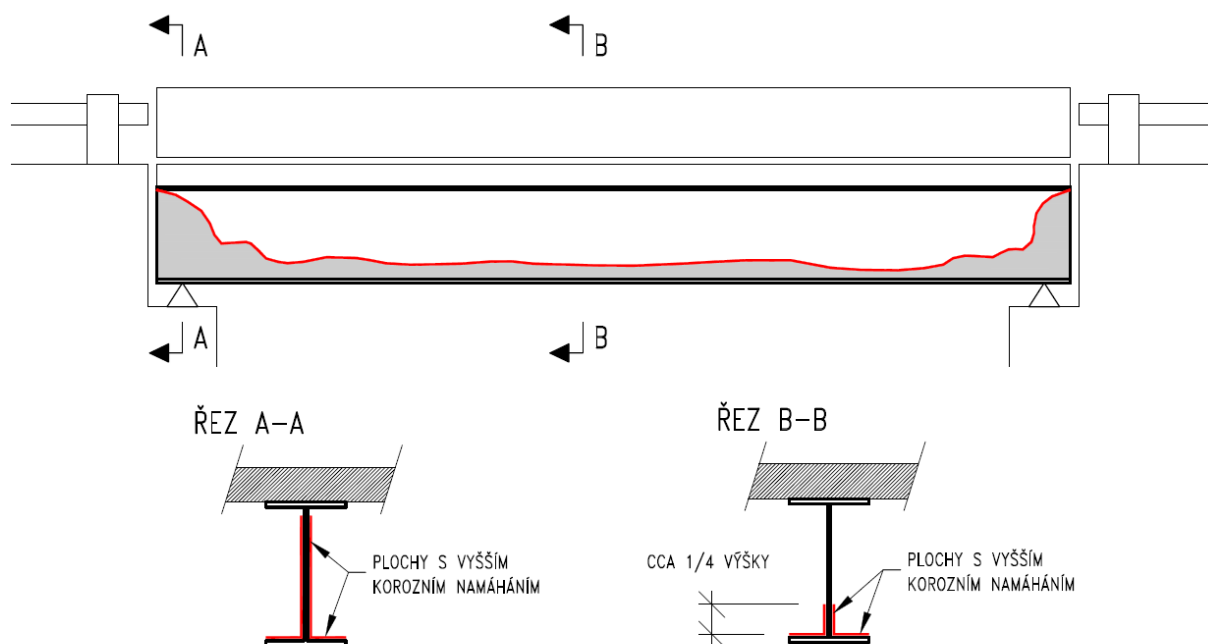
PŘÍLOHA A4. KARTA PRVKU – KOROZNÍ OSLABENÍ

A4.1 KARTA PRVKU

KARTA PRVKU – KOROZNÍ OSLABENÍ MOST V KM EV.Č. SVAŘOVANÝ HL. NOSNÍK – N1 ÚSEK – 0 – 3 DATUM/TEPLOTA VZD./TEPLOTA NK – <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;"></table> - <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;"></table>							
SCHÉMA KONSTRUKCE <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> < HORNÍ ROVNÁ </div> <div style="text-align: center;"> DOLNÍ LOVNÁ > </div> </div>							
SCHÉMA PRŮŘEZU 							
KOROZNÍ OSLABENÍ PRVKU [mm]							
Č.	ø / max	Šířka H / poloha	ø / max	Výška S / poloha	Č.	ø / max	Šířka D / poloha
1					1		
2					2		
3					3		
4					4		
5					5		
6					6		
POZN:		POZN:		POZN:			

Poznámka: Karta prvku je uvedena jako vzor. Kartu prvku bude nutno upravit vždy dle aktuálních parametrů konstrukce.

A4.2 PŘÍKLAD MOSTNÍHO NOSNÍKU S KOROZNÍM NAMÁHÁNÍM



Poznámka: *Plochy se zvýšeným korozním namáháním jsou uvedeny jako příklad. U jednotlivých konstrukcí bude vždy záležet na konkrétních místních podmínkách, poloze, omývání, ovlhčování, způsobu odvodnění, použitých detailech apod..*

Příklad A4.1 – Vyznačené plochy nosníku I s nejvyšším korozním namáháním

A4.3 VLIV ORIENTACE PLOCH NA KOROZNÍ NAMÁHÁNÍ

A4.3.1 Vnější prostředí

Sklon a orientace plochy ovlivňují korozní namáhání. Svislé plochy jsou korozně méně namáhané a korodují nižší rychlostí než vodorovné plochy v důsledku nižší doby ovlhčení povrchu, kumulace spadu prašného znečištění, atd. Studie ukazují, že vertikálně umístěné plochy uhlíkové oceli korodují nižší korozní rychlostí, než plochy standardních vzorků umístěných v úhlu 45° (směr korozní rychlosti podle ČSN 9224). Poměr korozní rychlosti je 1:1,2.

Tabulka A4.1 – Koeficient korozního namáhání v závislosti na poloze a umístění prvku v mostní konstrukci

Popis plochy	Koeficient	Příklady
Svislé plochy	1,00	Stěny hlavních nosníků (včetně šikmých stěn komorových průřezů), stěny příčníků i podélníků, opláštění konstrukcí
Vodorovné plochy shora nebo zdola	1,20	Horní i dolní plochy pásnic hlavních nosníků, příčníků i podélníků, plech mostovky
Plochy ohrožené zatékáním vody	1,50	Především plochy v blízkosti mostních závěrů u mostních konstrukcí bez ošetřování posypovými solemi (konzervativně lze uvažovat plochy ve vzdálenosti 1,5 násobku výšky OK od mostního závěru)
Plochy ohrožené zatékáním slaných roztoků při zimní údržbě mostů	2,00	Především plochy v blízkosti mostních závěrů u mostních konstrukcí v zimě ošetřovaných posypovými solemi (konzervativně lze uvažovat plochy ve vzdálenosti 1,5 násobku výšky OK od mostního závěru)
Koutové krční svary u dolní pásnice	1,50	Krční svary hlavních nosníků, příčníků i podélníků
Poznámka: U krčních svarů ohrožených zatékáním vody se uvažuje $\alpha_4 = 2,25$ (zatékání bez vlivu posypových solí) nebo $\alpha_4 = 3,00$ (zatékání s vlivem posypových solí)		

A4.3.2 Vnitřní prostředí komorových mostů

Korozní agresivita atmosférického vnitřního prostředí komorových nosníků je zanedbatelná a výrazně nižší, než vnější atmosféra. Problémem jsou místa prostupu odvodňovacího potrubí přes stěny nosníků, kde dochází k zatékání do vnitřního prostoru a dlouhodobé kumulaci srážek na spodní pásnici (dnu) komorového nosníku. Na těchto plochách je korozní odolnost a životnost nátěrových systémů ovlivněna nikoliv atmosférickým prostředím, ale prostředím ponoru.

**TECHNICKÉ PODMÍNKY – TP 42 Opravy, obnovy a přestavby ocelových nosných konstrukcí
mostů - Metody a technologie k zvýšení zatížitelnosti
a prodloužení životnosti**

Schválilo:	Ministerstvo dopravy
Zpracovatel:	Ing. Petr Matoušek (Pontex, spol. s r.o.)
Počet stran:	90
Tech. redakční rada:	Ing. Miroslav Cidl (ŘSD ČR) Ing. Pavla Fótyiová (ŘSD ČR) Daniel Balla, Dis. Ing. Hana Geiplová (SVÚOM, s.r.o.) Ing. Milan Kučera (Správa železnic, s.o.) Ing. Jan Kudláček, Ph.D. (ČVUT v Praze, FS) Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D. (VŠB-TUO, FAST) doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. (ČVUT v Praze, FSv)
Spolupracovali:	doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc. (ČVUT v Praze, FS) Ing. Filip Řehoř (Pragoprojekt, a.s.) Ing. Jaroslav Sigmund
Zástupce koordinátora:	Ing. Alena Nimrichtrová (ŘSD ČR)