

Zatížitelnost a přechodnost stávajících ocelových konstrukcí malých rozpětí

Ing. Luboš Dejmek, Ing. Michal Kábrt
EČMO – oddělení Expertních činností na mostních objektech

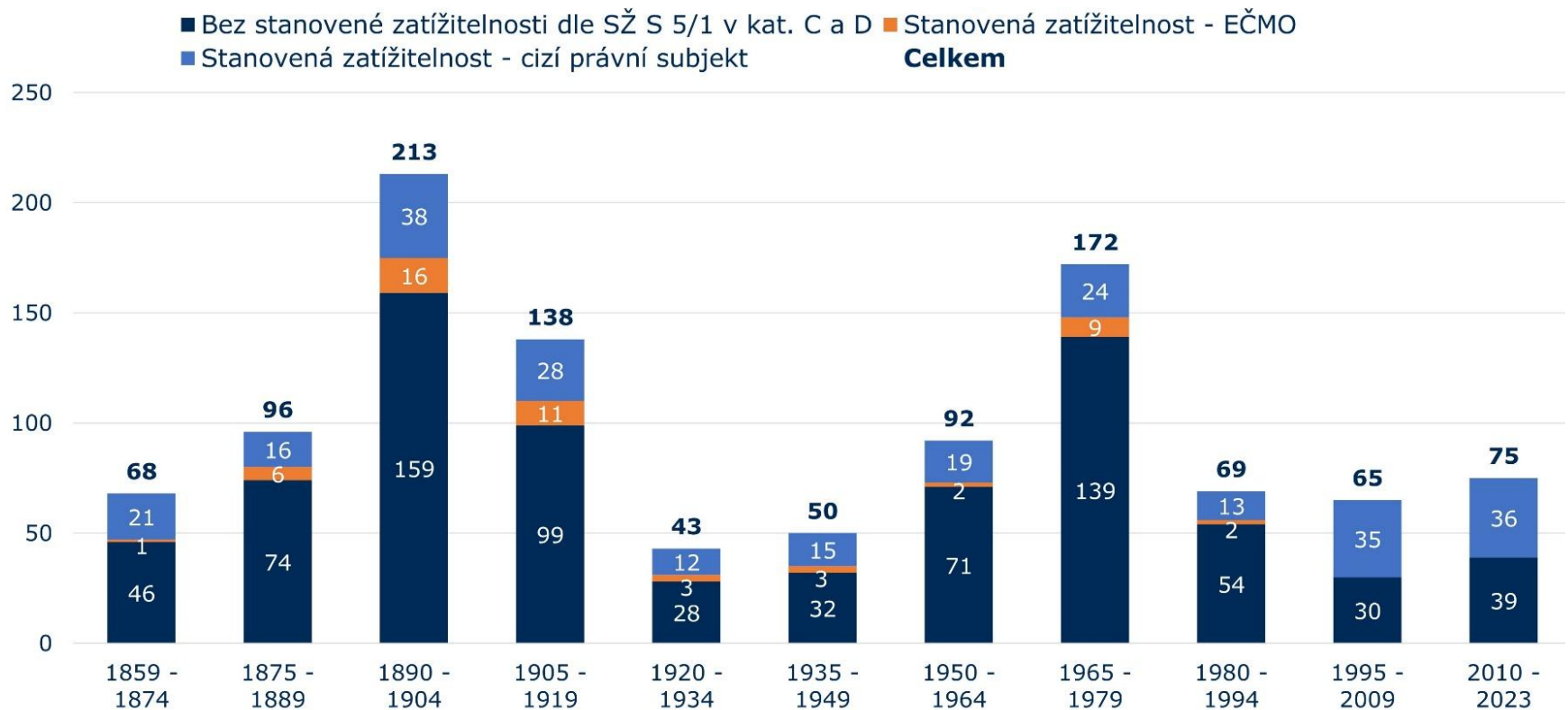
Ocelové konstrukce ve správě Správy železnic

- na tratích Správy železnic se nachází více jak 6 700 mostů
 - z toho **1376 ocelových konstrukcí do rozpětí 20,0 m na 1081 objektech**
 - cílem je mít stanovenou zatížitelnost v kategorii C a D na každém objektu, jako důležitý údaj pro přechodnost železničních vozidel
 - za tímto účelem bylo zřízeno v roce 2018 oddělení Expertních činností na mostních objektech (dále EČMO)



Ocelové konstrukce ve správě Správy železnic

- přehled stanovení zatížitelnosti dle roku výroby konstrukce
 - na 257 objektech je stanovena zatížitelnost cizím právním subjektem
 - na 53 objektech je stanovena zatížitelnost oddělením EČMO
 - na 771 objektech není zatížitelnost stanovena v požadované kategorii



Materiálové charakteristiky

- pokud je možné, tak z dokumentace
- jinak lze pevnosti materiálu získat z předpisu SŽ S5/1 tabulka A.1
 - přes 70 % námi spočítaných mostů je vyrobeno před rokem 1937
 - pokud je objekt nepřechodný a správce nesouhlasí s dopravním omezením, tak se přistoupí k odběrům vzorků a stanoví se přesné materiálové charakteristiky
 - materiál nýtu se nejčastěji zjišťuje pomocí tvrdoměru in-situ

Tabulka A.1 - Vlastnosti ocelí a dílčí součinitele materiálu

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy	Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Zaručená mez kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	Norma	
do 1894	svářkové železo	130	210	340	1,10	1,20	1,30		
1895 - 1904	svářkové železo	130	210	340	1,10	1,20	1,30	Nařízení 97/1904	
	plávková ocel	140	230	360	1,10	1,20	1,30		
1905 - 1937	plávková ocel	140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1230	
1938 - 1950	37 (S235)	140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1232	
	52 (S355)	195	335	490	1,10	1,25	1,30		
1951 - 1968	37 (S235)	tloušťka $t \leq 25$ mm	140	230	360	1,10	1,20	1,30	Směrnice pro navrhování mostů, ČSN 73 6202 ČSN 73 6204
		> 25	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
	52 (S355)	≤ 16	210	360	510	1,10	1,25	1,30	
		> 17	200	340	490	1,10	1,25	1,30	

Úlevy dle předpisu SŽ S5/1

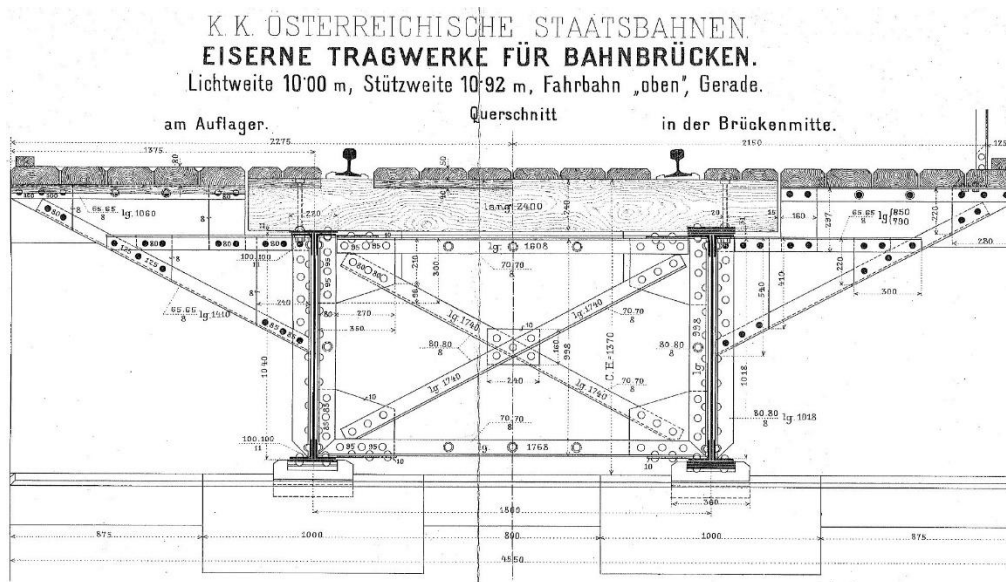
- dle stáří objektu lze upravit dílčí součinitele zatížení
 - **dle přílohy F lze vypočítat dílčí součinitele zatížení a materiálu stávajících mostních objektů na základě zbytkové životnosti objektu odsouhlasené správcem objektu**
- lze upravit součinitele kombinace ψ_0 pro klimatické zatížení
- pokud vyjde $Z < 1,0$ je možné iteračně snížit účinky od bočních rázu, odstředivých sil a rozjezdových a brzdových sil
- dle přílohy G lze zpřesnit výpočet součinitele síly větru c_{fx} a c_{fz}
 - **vychází z tvaru konstrukce a z reprezentativních kolejových vozidel**

Přehled využitých úlev při stanovení zatížitelnosti



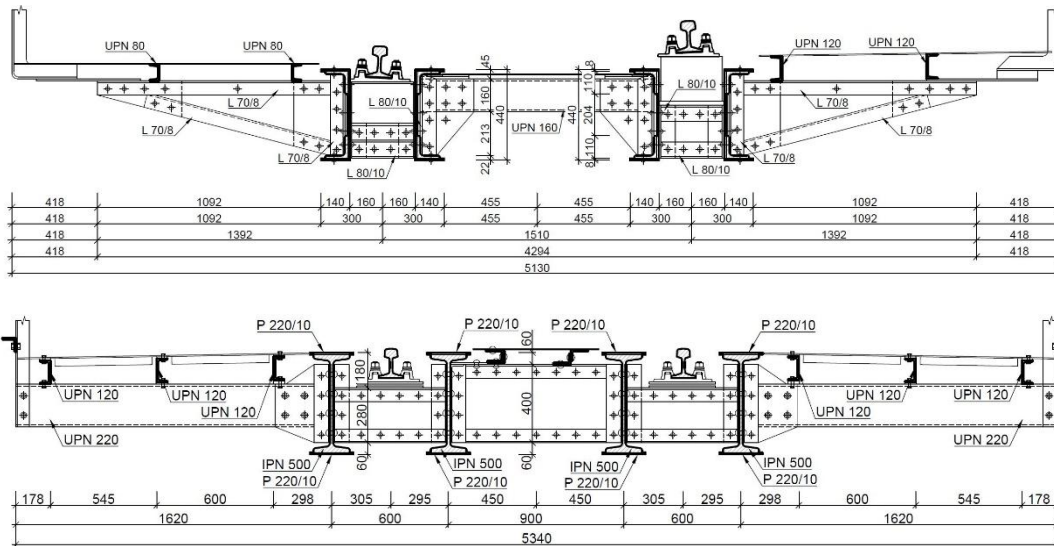
Ocelové trémové konstrukce do rozpětí 20,0 m

- ocelové trémové konstrukce
 - **zatížitelnost stanovená na 43 objektech**
 - průměrné stáří 102 let
 - rozpětí od 3,5 – 20,0 m
 - nejčastěji konstrukce nýtované
 - během životnosti došlo u jednotlivých objektů k dílčím opravám, především ztužení, obnově PKO a úpravě chodníkových konzol



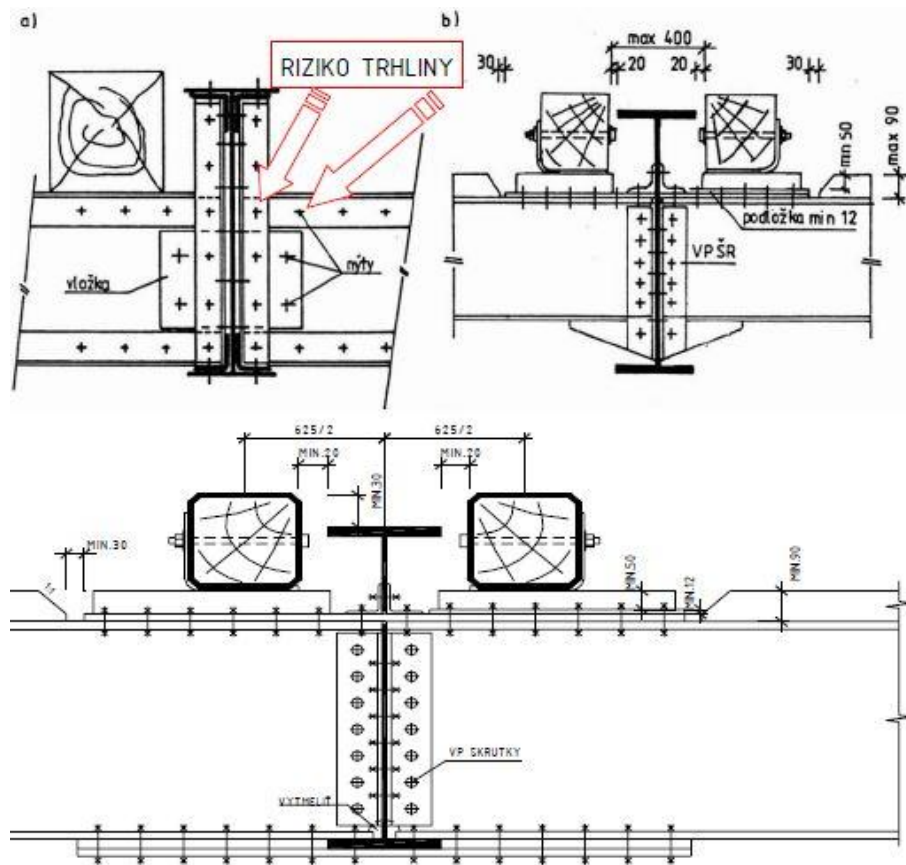
Ocelové trémové konstrukce do rozpětí 20,0 m

- ocelové trémové konstrukce dvojčité
 - **zatížitelnost stanovená na 10 objektech**
 - průměrné stáří 100 let
 - rozpětí od 3,5 – 12,5 m
 - nejčastěji konstrukce nýtované
 - během životnosti došlo k obnově PKO a u jednotlivých objektů úpravě chodníkových konzol



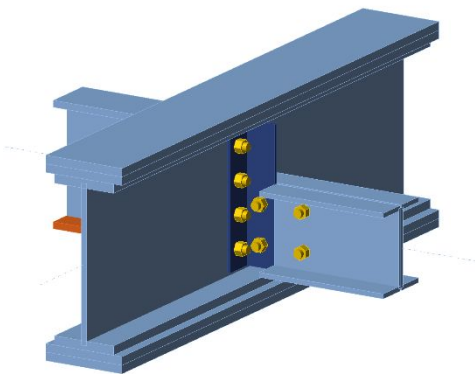
Závady a poruchy

- nevhodně navržené prvky a detaily
 - napojení podélníku na příčník bez průběžné horní pásnice



Závady a poruchy

- nevhodně navržené prvky a detaily
 - napojení podélníku na příčník bez průběžné horní pásnice
 - napojení stoličky na hlavní nosníky s jednou střižnou rovinou



Závady a poruchy

- nevhodně navržené prvky a detaily
 - napojení podélníku na příčník bez průběžné horní pásnice
 - napojení stoličky na hlavní nosníky s jednou střižnou rovinou
 - jednostranně upevněné L profily ztužení – přidavné momenty od excentricity



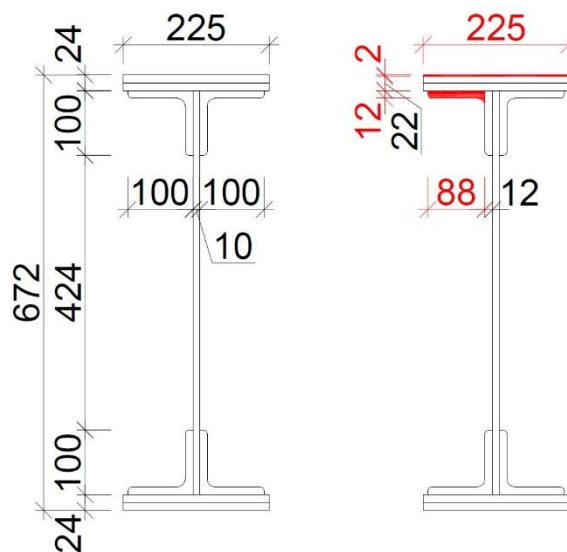
Závady a poruchy

- nevhodně navržené prvky a detaily
 - napojení podélníku na příčník bez průběžné horní pásnice
 - napojení stoličky na hlavní nosníky s jednou střižnou rovinou
 - jednostranně upevněné L profily ztužení – přidavné momenty od excentricity
 - nevhodně zvolené průřezy



Závady a poruchy

- korozní oslabení
 - **pásnice a krční úhelníky v místech namáhaných ohybem**
 - významné oslabení se značným vlivem na zatížitelnost objektu
 - horní pásnice pod mostnicemi, nebo v místě dřívějšího uložení mostnic



Závady a poruchy

- korozní oslabení
 - **pásnice a krční úhelníky v místech namáhaných ohybem**
 - významné oslabení se značným vlivem na zatížitelnost objektu
 - horní pásnice pod mostnicemi, nebo v místě dřívějšího uložení mostnic
 - dolní pásnice v místě napojení ztužení a výztuh



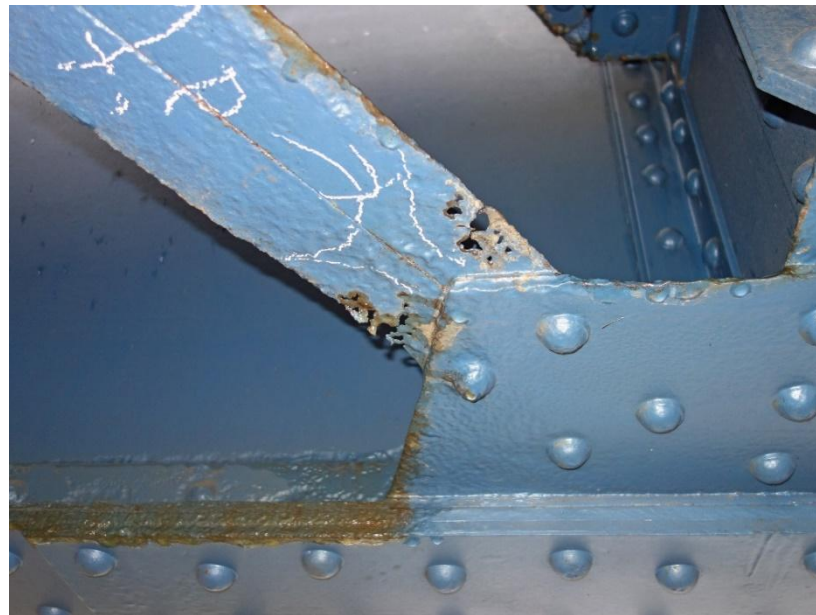
Závady a poruchy

- korozní oslabení
 - **stojiny nosných prvků v místech největšího smykového namáhání**
 - v okolí uložení hlavních nosníků v ložiscích
 - v místě styčnickových plechů ztužení
 - v místě napojení prvků mostovky



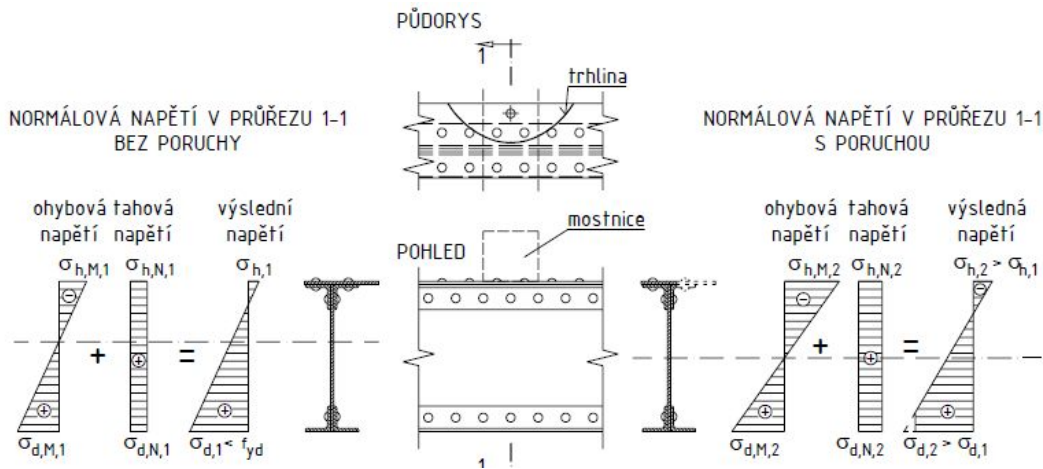
Závady a poruchy

- korozní oslabení
 - prvky ztužení konstrukce



Závady a poruchy

- trhlina v horní pásnici a pasovém úhelníku
 - únavová trhlina – hlavní příčinou je plošné uložení mostnic připojených k pásnici mostnicovým šroubem, které při přejezdu vlaku namáhají horní pásnici příčným ohybem
 - v počáteční fázi je trhlina v podélném směru a nemá významný vliv na statickou funkci prvku
 - v závěrečné fázi se stáčí kolmo k ose mostu, až dojde k vylovení pásnice, což vede ke značnému snížení ohybové únosnosti



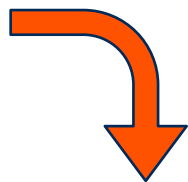
Závady a poruchy

- trhlina v dolním krčném úhelníku v uložení



Závady a poruchy

- deformace, vruby a trhliny
- příčinou bývá



Závady a poruchy

- deformace hlavního nosníku v podélné ose
 - vliv na zatíženost je potřeba řešit individuálně
 - využít vliv vázaného kroucení dle regresního vzorce odvozeného Davidsonem, Kellerem a Yoo [1]

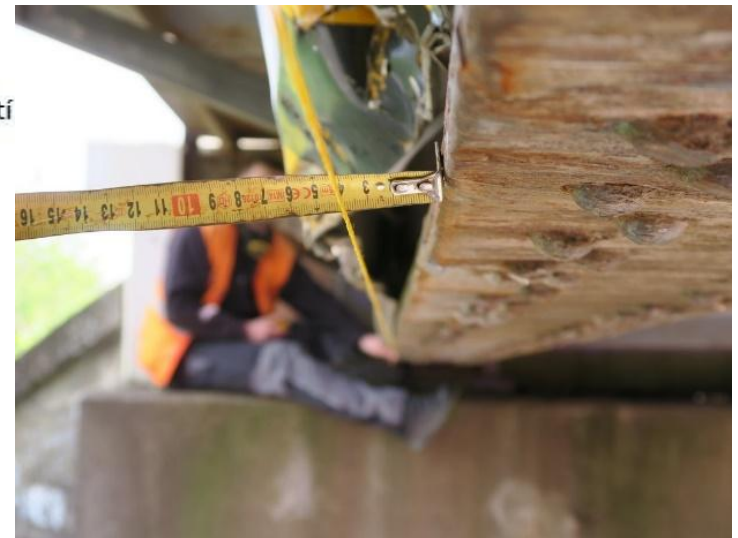
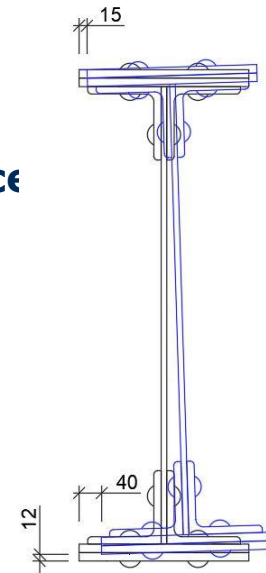
$$\frac{\sigma_w}{\sigma_b} = 609,4 \left(\frac{L^{1,947}}{R \cdot b_f} \right) \cdot e^{-N^{0,659}}$$

kde	σ_w	napětí od příčného ohybu na okraji dolní pásnice
	σ_b	napětí od svislého ohybu v dolní pásnici
	L	rozpětí mostu [m]
	R	poloměr vnějšího nosníku [m]
	b_f	šířka dolní pásnice [m]
	N	počet úseků, na které dělí mezilehlá příčná ztužidla rozpětí
	e	základ přirozeného logaritmu $e = 2,718281$

$$\frac{\sigma_w}{\sigma_b} = 609,4 \left(\frac{8,25^{1,947}}{212,715 \cdot 300} \right) \cdot e^{-3^{0,659}} = 0,0739 \rightarrow 7,39\%$$

Zatížení bude zvětšeno o 7,39%.

[1] RYJÁČEK, Pavel. *Půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty*. Praha, 2003. Disertační práce. ČVUT. Fakulta stavební. Vedoucí práce doc. Ing. Tomáš ROTTER, CSc.



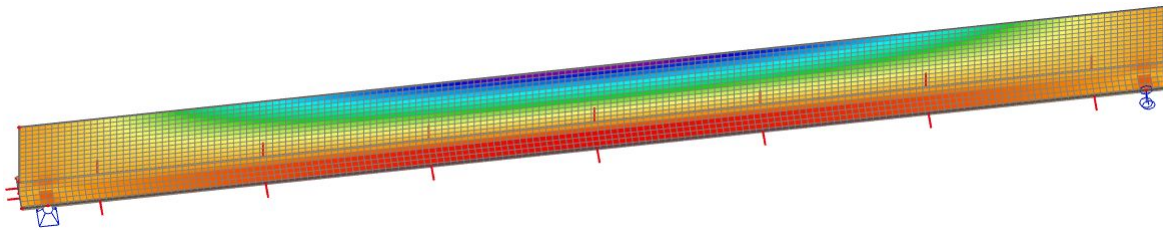
Závady a poruchy

- deformace dolních pásnic hlavního nosníku
 - příčinou je mechanické poškození od provozu pod objektem, v okolí ložisek může vzniknout i při vkládání konstrukce
 - vliv na zatížitelnost je potřeba řešit individuálně – platí, že blíže ke středu rozpětí konstrukce je vliv na zatížitelnost větší

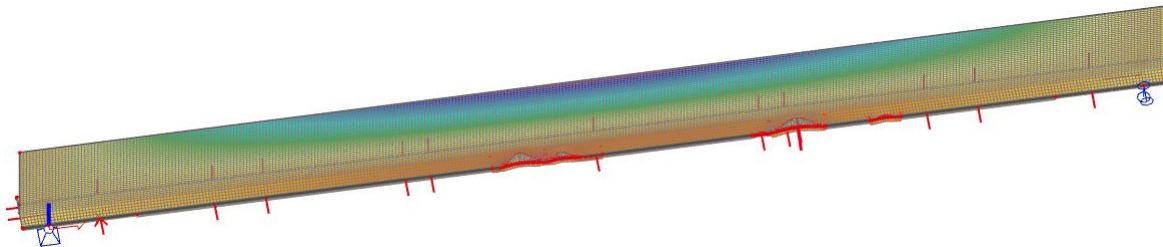


Závady a poruchy

- deformace dolních pásnic hlavního nosníku
 - V tomto případě řešeno deskostěnovými modely nedeformované a deformované konstrukce. Ty byly následně zatěžovány. Poměr napětí těchto modelů představuje nárůst napětí vlivem deformací.



Vykreslení napětí na tažené části nedeformovaného nosníku



Vykreslení napětí na tažené části deformovaného nosníku

- **nárůst napětí až o 50 %**

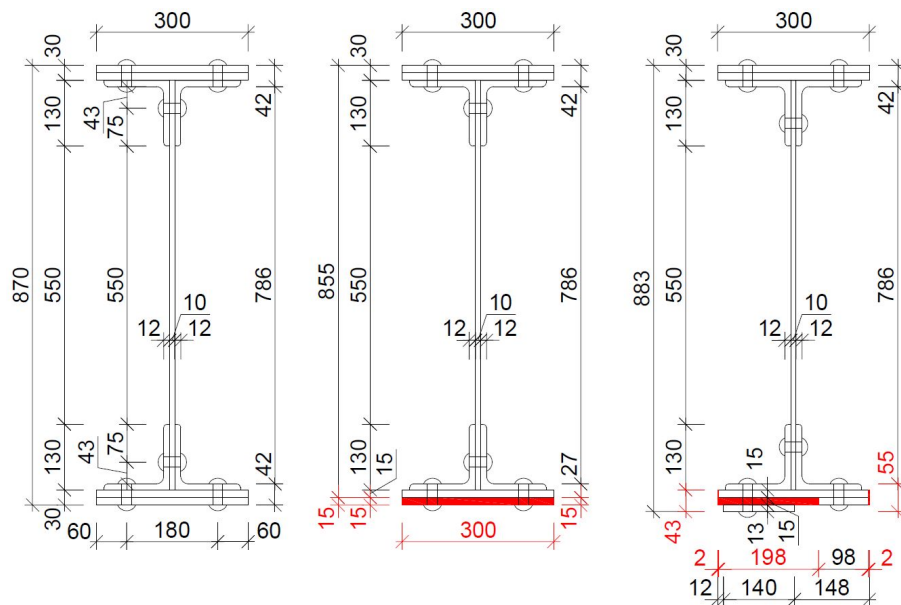
Závady a poruchy

- příčná trhlina v dolní pásnici nosníku
 - příčinou je mechanické poškození od provozu pod objektem
 - u ložisek je vliv poruchy mírný
 - s rostoucí vzdáleností směrem ke středu rozpětí vliv poruchy na zatížitelnost silně roste



Závady a poruchy

- příčná trhlina v dolní pásnici nosníku
 - přetržené, případně natržené pásnice nebo i velké lokální deformace v kombinaci s trhlinami ohrožují bezpečnost konstrukce a tím i přechodnost mostu
 - takto porušené prvky by měly být okamžitě vyměněny



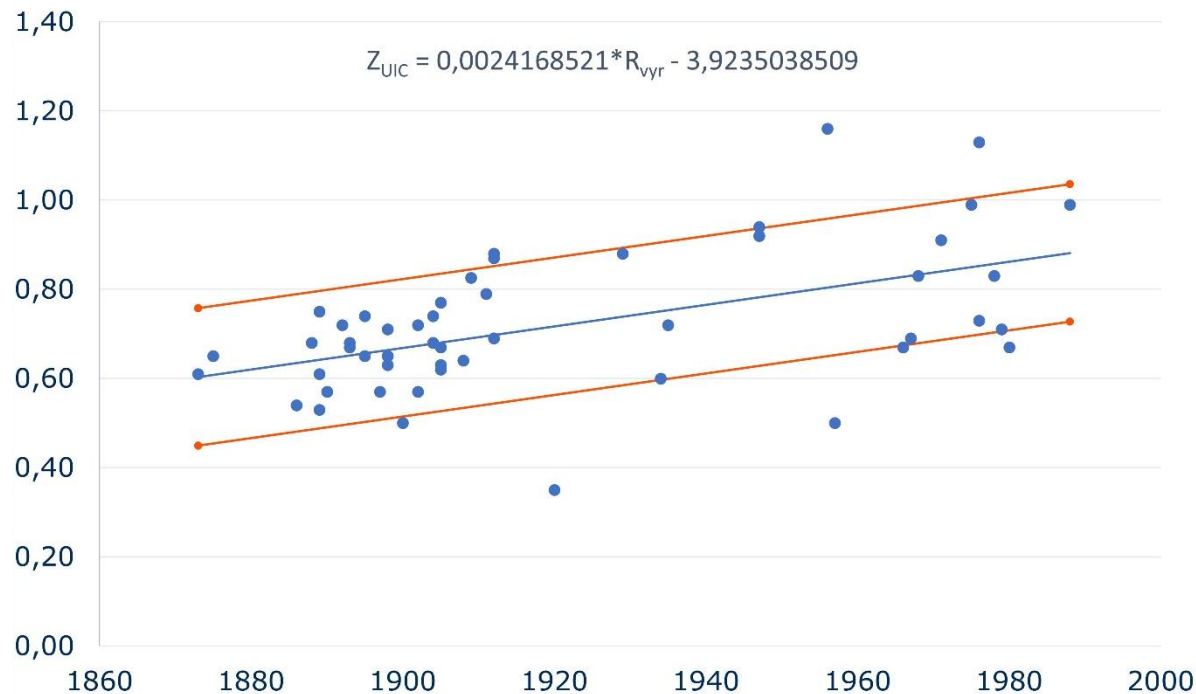
Závady a poruchy – řešení problému



Závěrem

- oddělení EČMO stanovilo zatížitelnost a přechodnost na 53 ocelových konstrukcích
 - pouze na 15 objektech nebylo potřeba využít úlev dle předpisu SŽ S5/1
 - na 4 objektech bylo nutné využít všech úlev a zavést i dopravní omezení
 - z výsledků byl vytvořen graf závislosti zatížitelnosti na roku výroby, podle kterého lze predikovat zatížitelnost konstrukce

Závislost zatížitelnosti na roku výroby konstrukce



Děkuji za pozornost

Ing. Luboš Dejmek