

**STATICKÝ PŘEPOČET
– POSOUZENÍ ZATÍŽITELNOSTI
A PŘECHODNOSTI MOSTU
Ocelový most**



**v km 33,758
trati Rožnov – Černý Kříž.**

Obsah

1. Úvod	4
2. Identifikační údaje.....	4
2.1. Popis nosné konstrukce.....	4
2.2. Předpoklady výpočtu	5
2.3. Postup výpočtu	5
2.4. Použitá literatura.....	5
2.5. Použité programy	6
3. Nosná příhradová konstrukce	6
3.1. Příčný řez OK	6
3.2. Podélný řez a půdorys – schéma s označením prvků	7
3.3. Profily prvků - bez oslabení korozí	8
3.4. Výpočetní model.....	9
3.5. Materiálové charakteristiky	10
4. Posouzení zatížitelnosti: zatížení vlakem UIC 71	10
4.1. Zatížení	10
4.1.1. Stálé	10
4.1.2. Nahodilé dlouhodobé	10
4.1.3. Nahodilé krátkodobé	11
4.2. Dynamické součinitele	13
4.3. Mostovka	14
4.3.1. Podélník PO1	14
4.3.2. Podélník PO2.....	18
4.3.3. Příčníky PR1	22
4.3.4. Příčníky PR2	27
4.3.5. Šikmé příčníky PRS1	33
4.3.6. Šikmé příčníky PRS2	38
4.4. Hlavní nosník.....	43
4.4.1. Horní pas HP1- HP7	43
4.4.2. Dolní pas DP1- DP4.....	48
4.4.3. Svislice S1 – S3	51
4.4.4. Diagonály D1-D4.....	54
4.4.5. Diagonály T1-T3	57
4.5. Brzdné ztužidlo	59
4.5.1. Vnitřní síly	59
4.5.2. Posouzení	60
4.6. Větrové ztužidlo	62
4.6.1. Vnitřní síly	62
4.6.2. Posouzení	63
5. Posouzení přechodnosti pro převedení traťové třídy C3/65:	64
5.1. Zatěžovací schéma požadované traťové třídy:	64
5.2. Zatížení krátkodobé.....	64
5.3. Mostovka	65
5.3.1. Podélník PO1	65
5.3.2. Podélník PO2.....	70
5.3.3. Příčníky PR2	76
5.3.4. Šikmé příčníky PRS1	82
5.3.5. Šikmé příčníky PRS2	88
5.4. Hlavní nosník.....	94
5.4.1. Horní pas HP1- HP7	94
5.4.2. Dolní pas DP1- DP4.....	98
5.4.3. Diagonály D1-D4.....	101
5.5. Větrové ztužidlo	103

5.5.1. Vnitřní síly	103
5.5.2. Posouzení	104
6. Zjištění skutečné přechodnosti:	105
6.1.1. Podélník PO1	105
6.1.2. Podélník PO2	107
6.2. Větrové ztužidlo	108
7. Zesílení prvků	110
7.1. Podélník PO1	110
7.2. Podélník PO2	111
7.3. VZ	112
8. Výpočet zatížitelnosti Z_{LM-71}	112
9. Zatížitelnosti a přechodnosti konstrukcí	112
9.1. Ocelový most s prvkovou mostovkou	113
9.2. Spodní stavba	113
10. Navrhovaná úprava	113
11. Tabulka zatížitelnosti	114

1. Úvod

Účelem tohoto statického přepočtu je ověření únosnosti dosavadní **ocelové mostní konstrukce**, která pochází z roku 1891. Most se nachází v širé trati v ev. km 33,758 traťového úseku 0491 Rožnov – Černý Kříž.

Výpočet se týká jen hlavní nosné konstrukce, spodní stavba v tomto výpočtu není posuzována. Objekt umožňuje mimoúrovňové převedení jednokolejné železniční tratě přes říčku Polečnici. Vžitý název mostů je U Ovčí farmy I. a II.

2. Identifikační údaje

Název stavby:	Posouzení traťové třídy zatížení na mostních objektech v obvodu OŘ Plzeň
Objednatel:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, OŘ Plzeň Sušická 1168/23, 326 00 Plzeň
Správce mostního objektu:	SŽDC, s.o., Oblastní ředitelství Plzeň
Přepočet stavby:	TOP CON servis, s.r.o.
Katastrální území:	Novosedly u Kájova [662062]
Okres:	Český Krumlov
Trat':	Volary – České Budějovice
Trat'ový úsek :	0491 Rožnov (mimo) - Černý Kříž (mimo)
Definiční úsek:	12 Kájov – Hořice na Šumavě
Staničení :	km 33,758
Překonávaná překážka :	říčka Polečnice
Úhel křížení :	60°
Délka mostu:	33,10 m
Délka přemostění:	20,78 m
Šířka mostu:	5,05 m
Výška mostu:	3,90 m
Volná výška pod mostem:	cca. 4,30 m
Poloměr oblouku	R = 294 m
Převýšení	68 mm
Posun osy koleje	146 mm vlevo, respektive 18 mm vpravo

2.1. Popis nosné konstrukce

Konstrukce je ze dvou prostých příhradových nosníků, s dolní mostovkou a prostými podélníky, spoje nýtované. Ukončení šikmé 60°. Rozpětí polí činí je 21,76 m. Délka hlavních nosníků 22,29 m. Výška hl. nosníku ve středu části je shodná pro vnější i vnitřní nosník a to 2,3 m. Osová vzdálenost hl. nosníků je 4,8 m. Horní pasy tvoří T profil složený z horního plechu šířky 250 mm a dvojice L-profilů po délce ještě zesílených příložkami šířky 250 mm, dolní pasy jsou z dvojice L-profilů po délce ještě zesílených příložkami šířky 250 mm. Příčníky, umístěné v pravidelném rastru po 2,72 m, jsou plnostěnné, nýtované, proměnné výšky 0,640 m v místě podélníků a v místě připojení k hlavním nosníkům jsou připojeny náběhy do výšky jsou připojeny pomocí dvojice L-profilů. Svislé výztuhy jsou z dvojice L-profilů. Mostovka se skládá z dvojice prostých válcovaných podélníků z I.č.35 zesílenými při horním povrchu plechem 250 mm tl. 10 vzájemně spojených příčníky a ztužením podélníků. Mostovka je půdorysně v pravém oblouku R = 294 m. Mostnice jsou převýšeny 68 mm. Podélníky jsou příčně odsazeny o 1900 mm. Příčníky a ztužení je navrženo kolmé na podélnou osu konstrukce. Konstrukce se dále sestává z brzdného ztužení a dolního ztužení hlavních nosníků. Ložiska na opěře O1 pevná stolicová. Na opěře O2 válcová podélně pohyblivá. Na obou opěrách jsou dále podružná ložiska pod koncovými příčníky. Nosná konstrukce byla vyrobena ze svářkového železa (roku výstavby 1892), při výpočtu budeme uvažovat odpovídající výpočtovou mez kluzu, a to 210 MPa při výpočtu dle mezních stavů, dle /2/.

Základní fyzikální vlastnosti ocelí se uvažují podle /3/ Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Při použití svářkového železa se návrhová hodnota modulu pružnosti uvažuje hodnotou $E = 200 \text{ GPa}$.

2.2. Předpoklady výpočtu

Výpočet vnitřních sil na jednotlivých prvcích byl proveden na prostorovém prutovém modelu. Oslabení průřezů vlivem korozních úbytků materiálu bylo s ohledem na protokol o podrobné prohlídce z roku 2016 /6/ uvažováno:

Hlavní nosníky:

- Stav dobrý

příčníky:

- Stav dobrý

podélníky:

- Stav dobrý

mostovkové ztužení:

- Stav dobrý

dolní podélné ztužení:

- Stav dobrý

Styčnickové plechy

- Stav dobrý

Konstrukce je, vzhledem k jejímu stáří, v zachovalém stavu.

Osa koleje v oblouku se pohybuje vůči ose NK příčně cca 18 mm vpravo (na O2) až po cca 146 mm vlevo (uprostřed pole). Při výpočtu je mostovka zatěžována svislými a vodorovnými silami přepočtenými do těžištové osy podélníků (mimo zábradlí uchyceném na hl. nosníky).

Za základní materiál je předpokládána svářkové železo, pro mez plasticity a mez únosnosti jsou uvažovány hodnotou $f_y=210$ MPa a $f_u=340$ MPa (dle MP /2/). Z tohoto důvodu bude také moment únosnosti počítán z elastických průřezových charakteristik. Zatížení je uvažováno podle /1/, /2/, /8/a/9/. Výpočet byl proveden podle /2/, /3/, /4/ a /7/.

2.3. Postup výpočtu

Cílem tohoto přepočtu je posouzení zatížitelnosti a přechodnosti mostu. Na úseku trati v místě mostu je v současné době přechodnost C2/65 km/hod. Požadovaná přechodnost je C3/65, zatížitelnost, resp. odpovídající třída přechodnosti bude určena.

Postup výpočtu:

- definice průřezů a materiálu
- určení jednotlivých zatížení, výpočet vnitřních sil na konstrukci
- výpočet průřezových charakteristik a únosnosti prvků
- posouzení zatížitelnosti prvků pro zatížení vlakem LM-71
- případné posouzení prvků pro zatížení odpovídající traťové třídě C3/65 km/hod popř. nižších traťových tříd s připojeným návrhem opatření pro zvýšení přechodnosti na C3/65.

2.4. Použitá literatura

- /1/ ČSN EN 1990 ed.2 Zásady navrhování konstrukcí (2015)
- /2/ METODICKÝ POKYN pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů (2015)
- /3/ ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí – obecná pravidla (2006)
- /4/ ČSN EN 1993-2 – Navrhování ocelových konstrukcí – ocelové mosty (2008)
- /5/ Ocelové konstrukce 30 – Ocelové mosty, pomůcka pro cvičení – Doc. Ing. Tomáš Rotter CSc., Prof. Ing. Jiří Studnička, Drsc. (ČVUT 1999)
- /6/ Protokol o podrobné prohlídce (Ing. Ivana Švábeníková, SŽDC 2016)
- /7/ ČSN EN 1993-1-5 – Navrhování ocelových konstrukcí - boulení stěn (2008)
- /8/ ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (2005) + ed2 (2013)

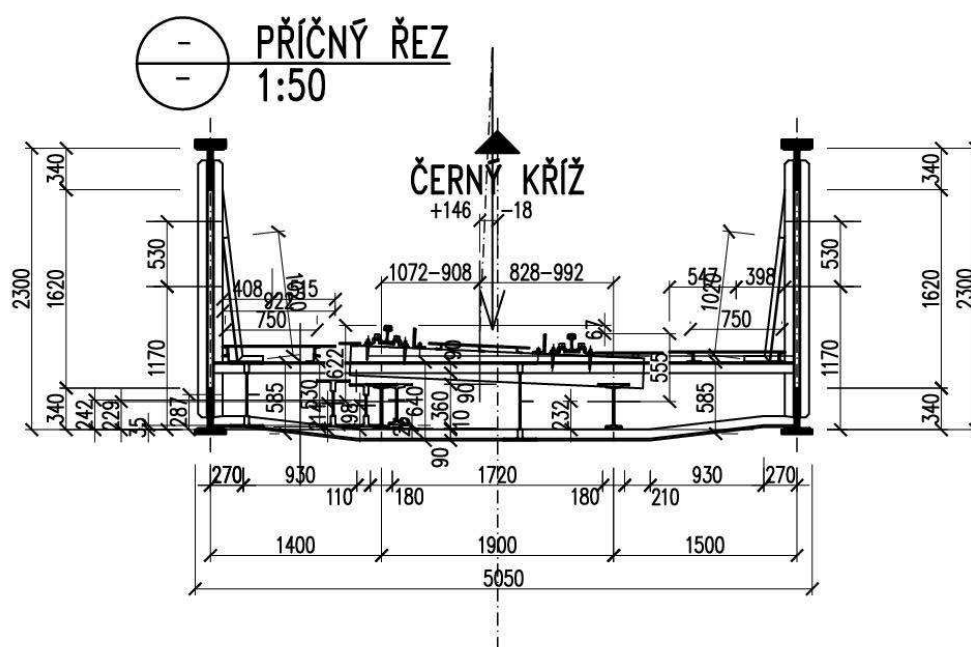
- /9/ ČSN EN 1991-2 ed2– Zatížení konstrukcí –Zatížení mostů dopravou (2015)
 /10/ ČSN EN 15528_A1– Železniční aplikace – Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi
 dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly (2013)

2.5. Použité programy

Pro výpočet vnitřních sil byl použit program Nexis 32,
 Výrobce programu je SCIA International.
 Vlastník licence TOP CON SERVIS s.r.o.

3. Nosná příhradová konstrukce

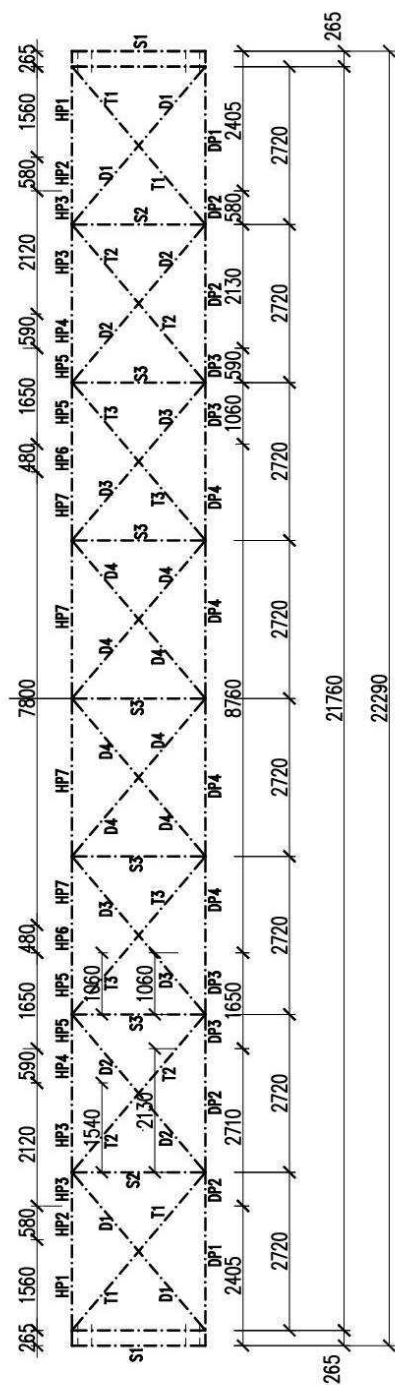
3.1. Příčný řez OK



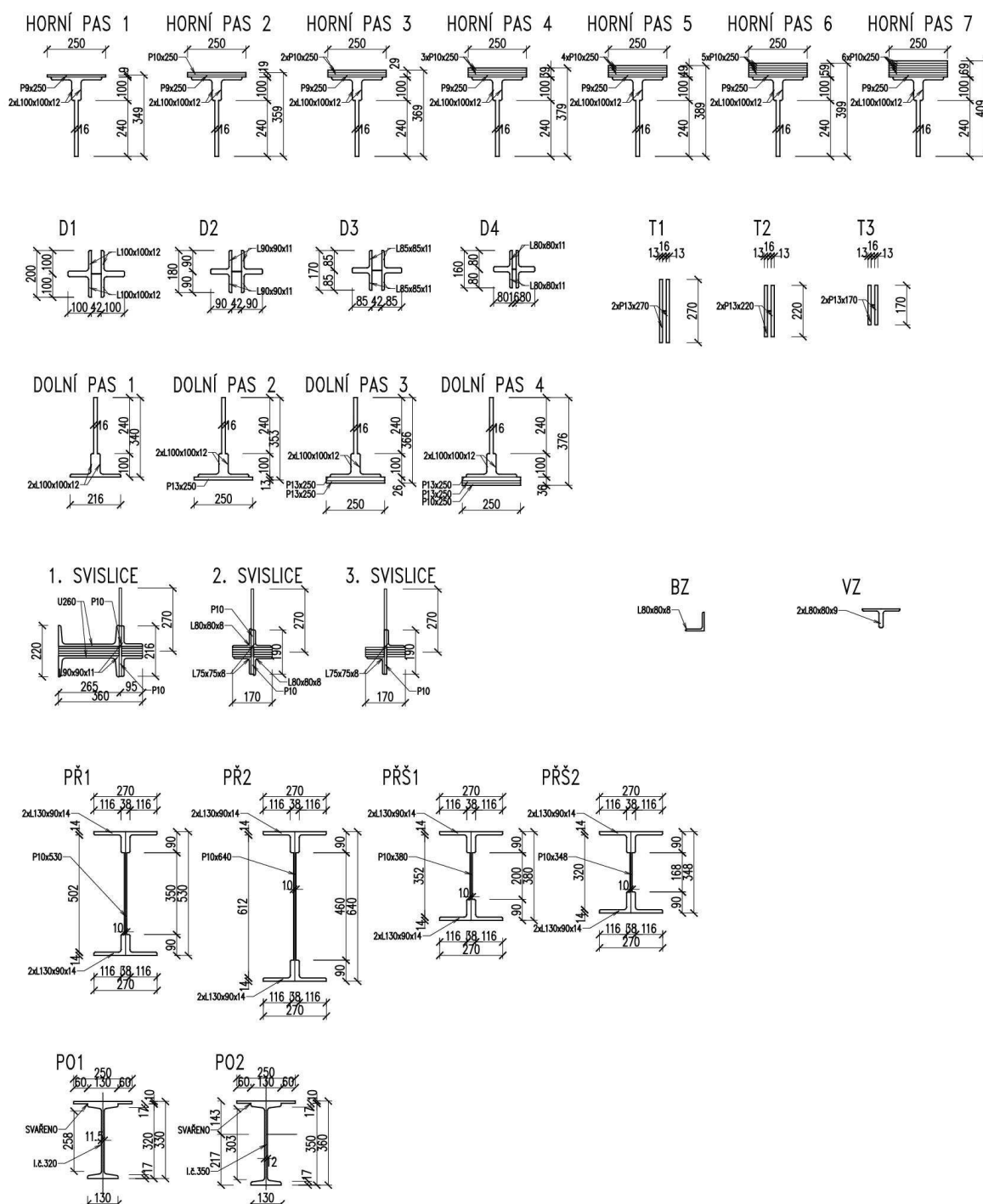
3.2. Podélný řez a půdorys – schéma s označením prvků

POHLED NA HL.N. – SCHÉMA + ZNAČENÍ PRUTŮ

1:100

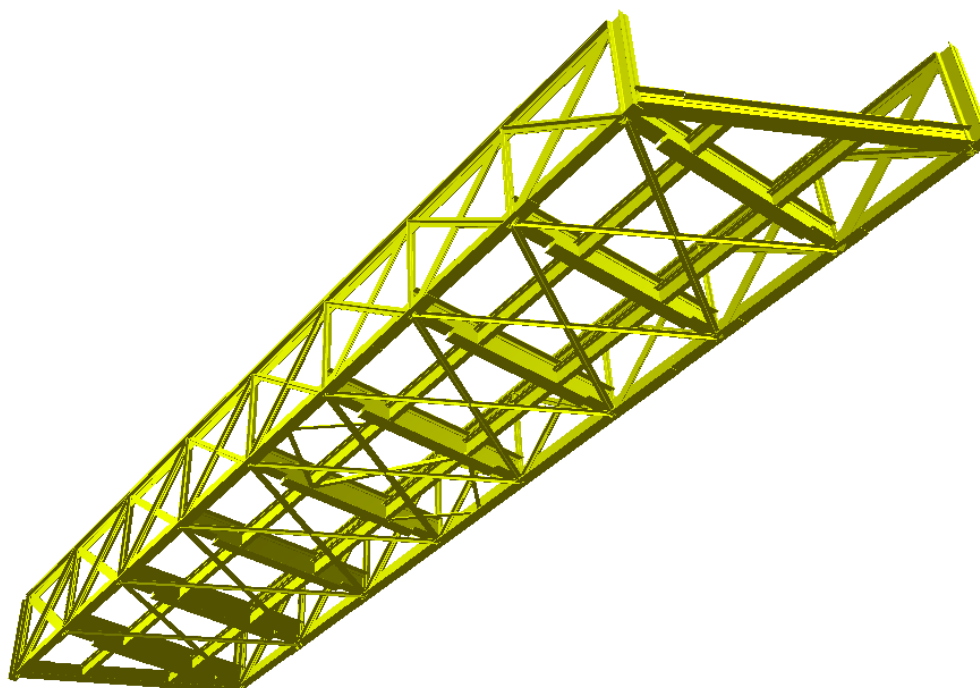
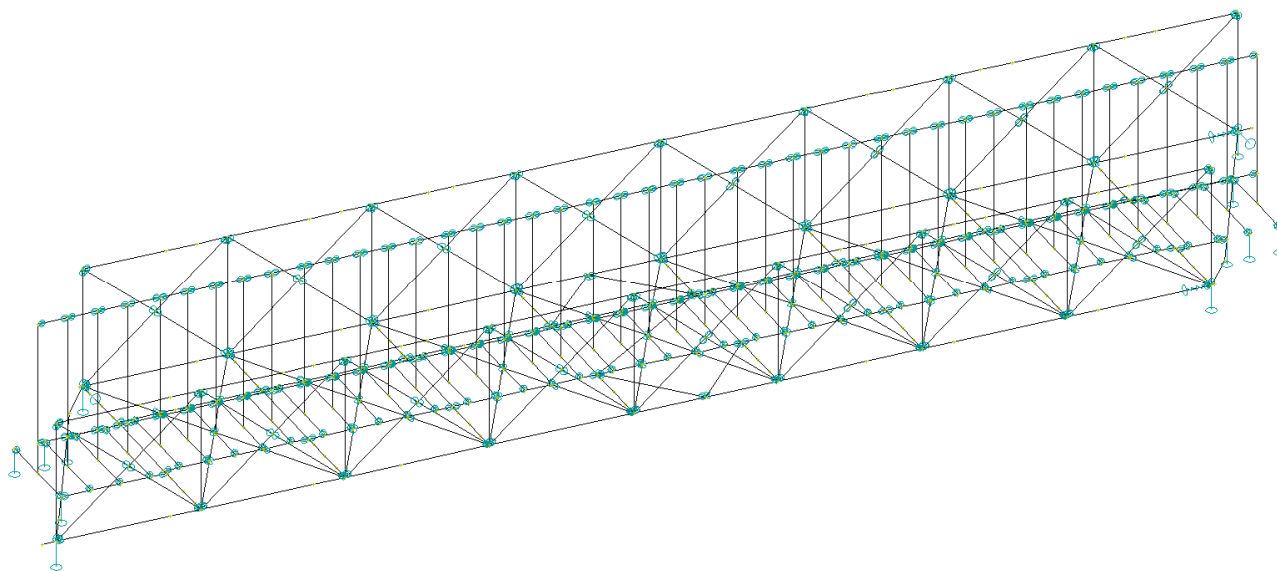


3.3. Profily prvků - bez oslabení korozi



3.4. Výpočetní model

Konstrukce je modelována prostorovým prutovým modelem se skutečnými průřezovými charakteristikami. Podélně pevná ložiska modelována s tuhostí umožňující posun cca. 3 mm.



3.5. Materiálové charakteristiky

Dle skutečnosti, že zkoušky materiálových charakteristik nebyly provedeny uvažujeme tako dle /2/

Svářková železo

$$f_{yk} = 210 \text{ MPa}$$

$$f_u = 340 \text{ MPa}$$

$$E = 200 \text{ GPa}$$

Dílčí součinitele spolehlivosti materiálu:

$$\gamma_{M0} = 1,10$$

$$\gamma_{M1} = 1,20$$

$$\gamma_{M2} = 1,30 \text{ – průřezy oslabené otvory}$$

$$(f_{yd,0} = 210/1,30 = 161,5 \text{ MPa – návrhová hodnota meze kluzu materiálu, odpovídá /2/}$$

4. Posouzení zatížitelnosti: zatížení vlakem UIC 71

4.1. Zatížení

Dílčí součinitele účinků stálého zatížení pro zbytkovou životnost 5 let dle /2/

$$\gamma_G = \gamma_{Sd} \cdot (1 - \alpha_E \cdot \beta_t \cdot v_G), \text{ ale } \gamma_G \geq 1,20$$

$$\gamma_G = 1,05 \cdot (1 - (-0,7) \cdot 2,791 \cdot 0,1) \geq 1,20$$

$$\gamma_G = 1,255 \geq 1,20$$

Dílčí součinitele účinků zatížení železniční dopravou pro zbytkovou životnost 5 let dle /2/

$$\gamma_{Q,LM71} = \gamma_{Sd} \cdot \frac{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln \Phi(-\alpha_E \cdot \beta_t))]}{1 - v_Q [0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln(0,95))]}$$

$$\gamma_{Q,LM71} = 1,05 \cdot \frac{1 - 0,29[0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln \Phi(-(-0,7) \cdot 3,205))]}{1 - 0,29[0,449 + 0,778 \cdot \ln(-\ln(0,95))]}$$

$$\gamma_{Q,LM71} = 1,2$$

Dílčí součinitele účinků klimatických zatížení dle /2/

$$\gamma_w = 1,5$$

4.1.1. Stálé

(zatíž. je vztaženo na 1 podélník)

	<u>charakteristické zatížení</u>		<u>návrhové zatížení</u>
	kN/m	γ_f	kN/m
Hlavní nosníky, příčníky, podélníky, ztužení	zatížení generováno programem		

4.1.2. Nahodilé dlouhodobé

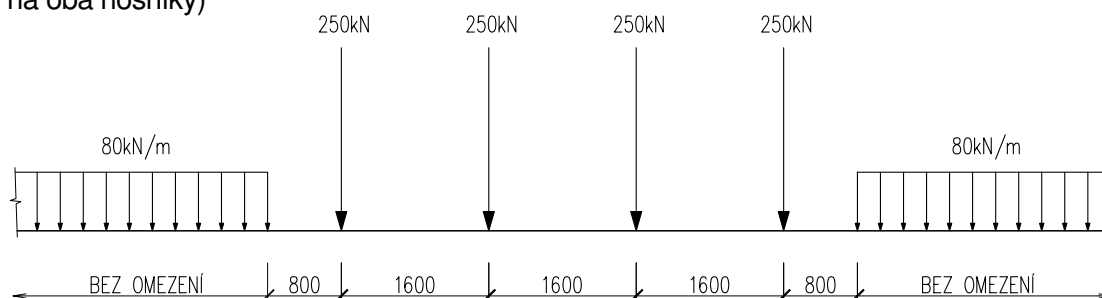
	<u>charakteristické zatížení</u>		<u>návrhové zatížení</u>
	kN	γ_f	kN
zatížení od podlahy v místě vnějšího p. nosníku	0,77	1,255	1,00
zatížení od podlahy v místě vnitřního p. nosníku	0,94	1,255	1,22
Zábradlí na jednu svislici	0,4	1,255	0,53
	kN/m	γ_f	kN/m
železniční kolejnicový pás s upevňovacími a mostnicemi	5,0	1,255	6,5

4.1.3. Nahodilé krátkodobé

Pohyblivá zatížení jsou umístěna do polohy vyvolávající maximální účinky ve sledovaném průřezu.

Model zatížení 71

(zatížení na oba nosníky)



Pro zatížení vlakem uvažováno:

$$\gamma_{Q,LM71} = 1,2$$

$$\omega = 1,0$$

δ_r = viz Dynamické součinitele

Odstředivá síla

(charakt. zatížení v úrovni t.o. podélníků)

$$F = m \cdot a$$

$$a = v^2/r = (65/3,6)^2/300 = 1,09 \text{ ms}^{-2}$$

Vodorovné zatížení:

$$F_{\text{odstř,max,k}} = 25 \cdot 1,09 = 27,25 \text{ kN}$$

$$F_{\text{odstř,max,k, spoj}} = 8 \cdot 1,09 = 8,72 \text{ kN/m}$$

Svislé přetížení vnějšího nosníku:

$$F_{\text{přit.}} = 27,25 \cdot (1,9 + 0,625)/1,9 = 36,2 \text{ kN}$$

$$F_{\text{přit.,spoj}} = 8,72 \cdot (1,9 + 0,625)/1,9 = 11,6 \text{ kN/m}$$

Svislá zatížení: pro maximalni posun vlevo $e = 146 \text{ mm}$

- stojící vlak

podélník A – vnitřní

$$250 \cdot 908/1900 / 1900 = \mathbf{119,5 \text{ kN}}$$

$$80 \cdot 908/1900 = \mathbf{15 \text{ kN/m}}$$

podélník B – vnější

$$250 \cdot 992/1900 = 130,5 \text{ kN}$$

$$80 \cdot 992/1900 = 41,8 \text{ kN/m}$$

- jedoucí vlak

podélník A – vnitřní

$$250 \cdot 908/1900 - 36,2 = 83,3 \text{ kN}$$

$$80 \cdot 908/1900 - 11,6 = 26,6 \text{ kN/m}$$

podélník B – vnější

$$250 \cdot 992/1900 + 36,2 = \mathbf{166,7 \text{ kN}}$$

$$80 \cdot 992/1900 + 11,6 = \mathbf{53,4 \text{ kN}}$$

Svislá zatížení: pro maximalni posun vpravo $e = 18 \text{ mm}$

- stojící vlak

podélník A – vnitřní

$$250 \cdot 1072/1900 = \mathbf{141,1 \text{ kN}}$$

$$80 \cdot 1072/1900 = \mathbf{45,1 \text{ kN/m}}$$

podélník B – vnější

$$250 \cdot 828/1900 = 108,9 \text{ kN}$$

$$80 \cdot 828/1900 = 34,9 \text{ kN/m}$$

- jedoucí vlak

podélník A – vnitřní

$$250 \cdot 1092/1900 - 36,2 = 104,9 \text{ kN}$$

$$80 \cdot 1092/1900 - 11,6 = 33,5 \text{ kN/m}$$

podélník B – vnější

$$250 \cdot 828/1900 + 36,2 = \mathbf{145,1 \text{ kN}}$$

$$80 \cdot 828/1900 + 11,6 = \mathbf{46,5 \text{ kN}}$$

Boční rázy (dle /2/)

	<u>charakteristické zatížení</u>	<u>návrhové zatížení</u>
	kN	$\gamma_{Q,LM71}$
Osamělá síla ve výšce temene kolejnice	100	1,2
		kN
		120

(charakt. zatížení v úrovni t.o. podélníků)

vzdálenost těžiště podélníků od TK = 0,625 m, vzdálenost podélníků = 1,9 m)

$F_{1k,B,R} = 100 \cdot 0,625 / 1,9 = \pm 32,9$ kN (svisle na jeden podélník)

Zatížení větrem

$\gamma_f = 1,5$

(větrová oblast III)

Zatížení větrem mostních konstrukcí

L=	22,290	m		
(a) $d_{tot} =$	0,640	m	(a) $b/d_{tot} =$	7,9
(b) $d_{tot} =$	5,522	m	(b) $b/d_{tot} =$	0,9
b=	5,050	m	(a) $c_{fx,0} =$	1,3
$z_e =$	3,9	m	(b) $c_{fx,0} =$	2,3
			(a) $c_e =$	1,3
			(b) $c_e =$	1,3

Nezatížený most

Zatížený most

Nezatížený most

Zatížený most

Nezatížený most

Zatížený most

(a) C= 1,66

(b) C= 2,91

$v_b = v_{b0} =$ 25 m/s

$\rho =$ 1,25 kg/m³

$F_w = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x}$

A= 27,03 m²

Ac= 52,72 m²

$\varphi = A/A_c =$ 0,51

(a) $F_w =$ 0,65 $\cdot A_{ref,x}$ (kN)

(b) $F_w =$ 1,14 $\cdot A_{ref,x}$ (kN)

Součet průmětů ploch prvků nosníku

Celková plocha obálky $Ac = L \cdot b$

součinitel plnosti (příhrady)

	h - prvku mm	Nereduk kN/m	Reduk kN/m
vlak	4635	5,26	2,70
DP	360	0,41	0,21

HP	340	0,22	0,11
DP	360	0,23	0,12
S1	370	0,24	0,12
S2	170	0,11	0,06
S3	170	0,11	0,06
D	270	0,18	0,09

Pro vítr na zatíženém mostě byl aplikován korekční součinitel dle MP /2/ přílohy G.

Zatížení teplotou

Zatížení NK nerovnoměrnou teplotou neuvažujeme s ohledem na typ konstrukce. (Prvková mostovka)

Rozjezdové a brzdě síly

$\gamma_{Q,LM71} = 1,2$

Délka podélníku: $L_{a,b} = 21,963$ m

Na celý most:

Rozjezdová síla: $Q_{lak} = 33 \text{ kN/m} \cdot L_{a,b} \leq 1000 \text{ kN}$ pro model zatížení 71 a SW

$$Q_{lak} = 33 \cdot 22,959 = 758 \text{ kN}$$

Brzdná síla: $Q_{lbk} = 20 \text{ kN/m} \cdot L_{a,b} \leq 6000 \text{ kN}$ pro model zatížení 71 a SW/0

$$Q_{lbk} = 35 \text{ kN/m} \cdot L_{a,b} \text{ pro model zatížení 71 a SW/2}$$

$$Q_{lbk} = 20 \cdot 22,959 = 505 \text{ kN}$$

Síly od bezстыkové koleje

Před mostem a zamostem se nachází kolejové styky – tyto účinky nejsou uvažovány.

4.2. Dynamické součinitele

$$\delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73$$

Hlavní nosník

L	=	21,760	m (rozpětí)
L_ϕ	=	21,760	m (náhradní délka)
δ	=	1,21	dyn. součinitel
δ_{r1}	=	1,25	dyn. Součinitel pro standart. kvalitu j.d.

Příčníky PR1 a PR2

L	=	4,800	m (rozpětí)
L_ϕ	=	9,600	m (náhradní délka) dle ČSN EN 1991-2 ed.
δ	=	1,48	dyn. součinitel
δ_{r1}	=	1,60	dyn. Součinitel pro standart. kvalitu j.d.

Příčníky krajní PRS1 a PRS2

L	=	5,420	m (rozpětí)
L_ϕ	=	3,600	m (náhradní délka) dle ČSN EN 1991-2 ed.
δ	=	2,00	dyn. součinitel
δ_{r1}	=	1,74	dyn. Součinitel pro standart. kvalitu j.d.

Podélníky PO2 (prosté)

L	=	2,720	m (nejmenší vzdálenost příčniců)
L_ϕ	=	5,720	m (náhradní délka) dle ČSN EN 1991-2 ed.
δ	=	1,72	dyn. součinitel
δ_{r1}	=	1,71	dyn. Součinitel pro standart. kvalitu j.d.

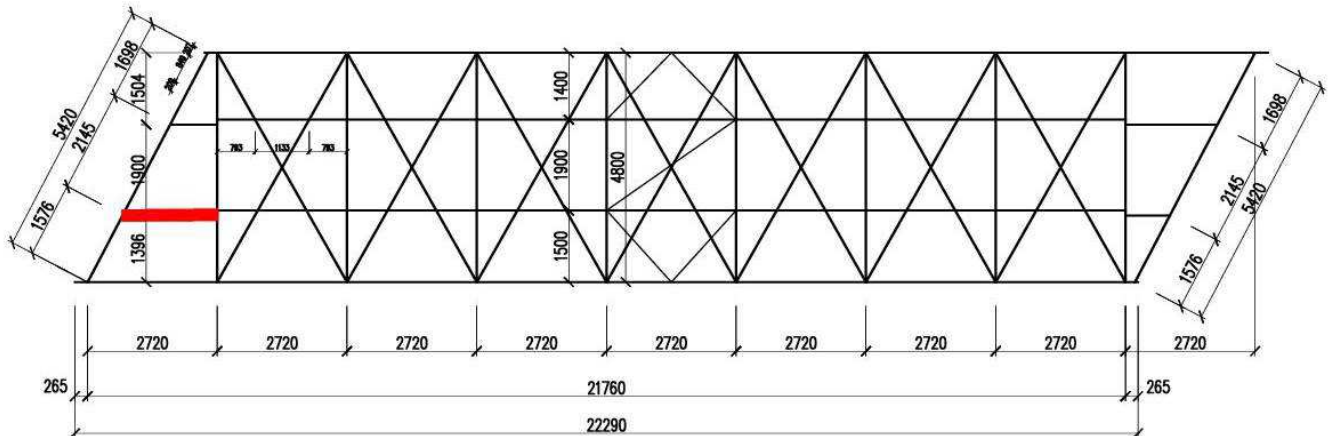
Podélníky PO1 (prosté)

L	=	2,000	m (nejmenší vzdálenost příčniců)
L_ϕ	=	5,000	m (náhradní délka) dle ČSN EN 1991-2 ed.
δ	=	1,79	dyn. součinitel
δ_{r1}	=	1,730	dyn. Součinitel pro standart. kvalitu j.d.

4.3. Mostovka

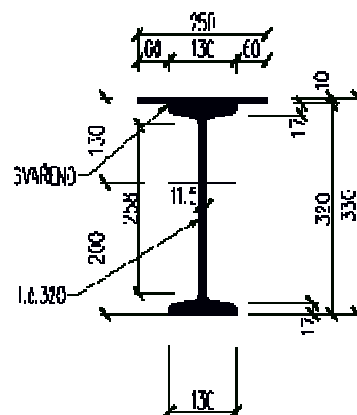
4.3.1. Podélník PO1

Pro posouzení podélníků je rozhodující řez pod druhou mostnicí.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,02706E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,76477E+08	mm ⁴
	I _z =	1,85609E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	130	mm
	e _d =	200	mm
	e _f =	125	mm
	e _f =	65	mm
	W _{y,min,eI} =	1,35752E+06	mm ³
	W _{z,min,eI} =	1,48487E+05	mm ³
	I _w =	1,95083E+08	mm ⁶
	I _t =	2,35013E+08	mm ⁴



L= 1988,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	$f_y =$	210 MPa	$E =$	2,00E+08 kPa
	$f_u =$	340 MPa	$G =$	8,07E+07 kPa
	$\gamma_{M,0} =$	1,1		
	$\gamma_{M,1} =$	1,2		
	$\gamma_{M,2} =$	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$$

b _h =	60 mm	tlačená č.	c _h /t _{fh} =	6,00	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{fh} =	10 mm						
h=	258 mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	22,43	<	150,45	...Třída průřezu 3
t _w =	11,5 mm						
b _g =	59 mm	tlačená č.	c _g /t _{fg} =	3,47	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{fg} =	17 mm						

4.3.1.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment Mz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_z	α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			0,9	0,5	-1,8	1,0	-0,9	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	Q_{71st}	1,20	1,79	1,00	2,6	-0,6	42,6	7,1	24,1	-0,4
Vlak UIC-71 jedoucí	Q_{71mo}	1,20	1,79	1,00	8,2	-12,7	39,8	4,6	22,5	-7,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	0,2	-0,1	0,3	0,1	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,20		1,00	8,4	-0,9	-1,2	0,1	-0,7	-0,5
Boční rázy	X_{sk}	1,20		1,00	23,0	-24,5	-1,2	-4,5	-0,7	-13,9
Vítr	X_w	1,50			0,1	-1,4	-10,0	-0,4	-5,7	-0,8

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,1	0,6	-2,2	1,2	-1,1	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. sil)	Q_{71st}	5,5	-1,4	91,5	15,2	51,7	-0,8
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	Q_{71mo}	17,7	-27,3	85,6	9,8	48,4	-15,4
Nezatížený vlak	Q_{NV}	0,2	-0,1	0,3	0,1	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	10,1	-1,1	-1,4	0,1	-0,8	-0,6
Boční rázy	Q_{Sk}	27,6	-29,4	-1,4	-5,4	-0,8	-16,7
Vítr	Q_w	0,1	-2,1	-15,0	-0,5	-8,5	-1,2
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	41,6	-43,1	89,4	12,7	50,5	-24,4
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	50,4	-57,2	89,4	9,9	50,5	-32,4
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	41,6	-43,1	89,4	12,7	50,5	-24,4
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	50,4	-57,2	89,4	9,9	50,5	-32,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satibilita	Q_{gr15-A}	32,9	-30,0	-1,9	-5,2	-1,1	-17,0

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Mz
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	55	-58	78	11	44	-33	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	43	-44	78	14	44	-25	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	52	-58	78	11	44	-33	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	43	-44	78	14	44	-25	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	52	-58	78	11	44	-33	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	34	-31	-13	-4	-7	-17	

min -33 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	54,6	-58,3	77,8	10,9	44,1	-32,9

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,00			0,6	0,4	1,8	0,9	-0,9	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,20	1,79	1,00	0,6	-0,7	-83,9	5,0	48,1	0,4
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mov}}$	1,20	1,79	1,00	-13,1	-2,3	-100,9	3,2	57,7	1,3
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	0,1	0,2	0,3	0,0	-0,2	-0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	6,4	-2,2	-1,2	-3,1	0,7	1,2
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	0,2	-0,8	-1,8	-0,4	1,0	0,4
Vítr	X_w	1,50			-2,0	0,7	-9,4	-0,4	5,3	-0,4

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	0,6	0,4	1,8	0,9	-0,9	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. síl)	$Q_{71 \text{ st}}$	1,3	-1,4	-180,2	10,6	103,2	0,8
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. síl)	$Q_{71 \text{ mov}}$	-28,1	-4,8	-216,6	6,8	123,8	2,7
Nezatížený vlak	Q_{NV}	0,1	0,2	0,3	0,0	-0,2	-0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	7,7	-2,6	-1,4	-3,7	0,8	1,5
Boční rázy	Q_{Sk}	0,2	-0,9	-2,2	-0,5	1,2	0,5
Vítr	Q_w	-3,0	1,1	-14,0	-0,5	7,9	-0,6
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-20,4	-7,9	-219,1	6,7	125,2	4,5
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-24,1	-7,1	-219,5	8,3	125,5	4,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-20,4	-7,9	-219,1	6,7	125,2	4,5
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-24,1	-7,1	-219,5	8,3	125,5	4,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	4,2	-2,0	-2,6	-2,3	1,5	1,1

LM-71 max Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_{w} + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-23	-7	-227	8	130	4	1
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-22	-7	-226	7	129	4	
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-25	-6	-226	9	129	3	
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-22	-7	-226	7	129	4	
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-25	-6	-226	9	129	3	
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	3	-1	-9	-2	5	1	

Min -227 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-23,1	-6,8	-226,6	7,8	129,6	3,8

4.3.1.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_{\perp} =$	1386,04	
$\kappa =$	0,93	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	0,359 kNm	
$\tau_{t,f,Ed} =$	3,918 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	0,314 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	25,3	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	4710	mm ²
	$A_{v,z} =$	3422	mm ²

$$\text{plasticky } V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	519,1	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	6,8	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	377,2	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	226,6	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	519,1	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	6,8	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	377,2	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	226,6	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{226,6}{377,2} = 0,60 > 0,5$$

NELZE ZANEDBAT

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,04 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 201,47 \approx 201 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{F_y / \gamma_{M0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd} =$	1877,0	kN		$N_{Ed} =$	-23,1
$M_{el,Rd,y} =$	124,3	kNm		$M_{y,Ed} =$	129,6
$M_{el,Rd,z} =$	23,9	kNm		$M_{z,Ed} =$	3,8
$M_{el,Rd,x} =$	0,0	kNm ²		$B_{Ed} =$	0,000
	23,1				
	1877,0	+		129,6	
			+	3,8	
				23,9	<
					1

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad 0,01 + 1,04 + 0,16 = 1,22 > 1 \quad \text{nevyhovuje}$$

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,85$

KOMBINACE

N + My + Mz

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{\lambda} A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}} < 1$$

Horní vlákna

$$\frac{-54,6}{1403,21} + \frac{44,10}{1,00 \cdot 237,57} + \frac{32,93}{25,99} < 1$$

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad -0,04 + 0,19 + 1,27 = 1,41 > 1,00 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,71$

Dolní vlákna

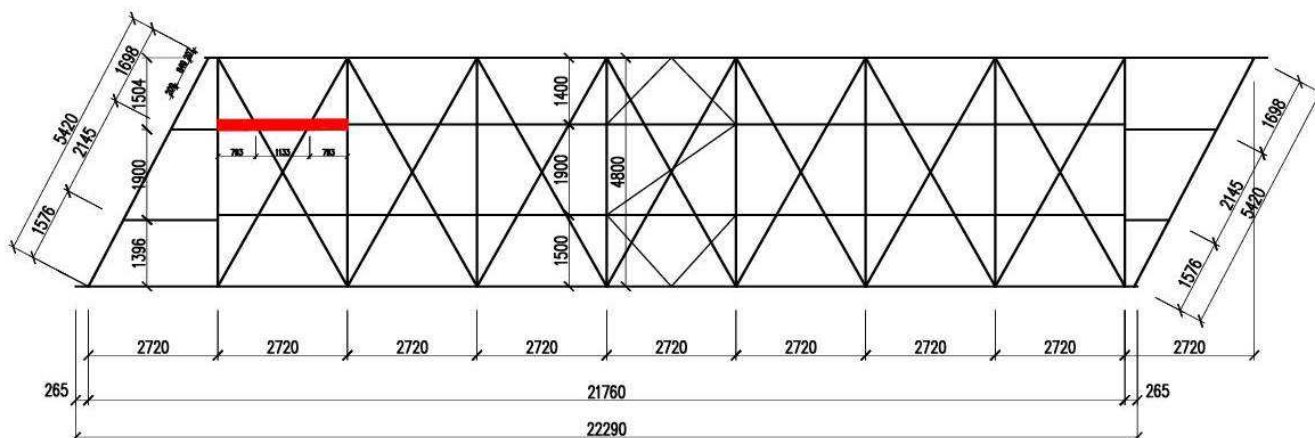
$$\frac{54,6}{1403,21} + \frac{44,10}{1,00 \cdot 154,42} + \frac{32,93}{49,97} < 1$$

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad -0,04 + 0,29 + 0,66 = 0,91 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Podélníky PO1 nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

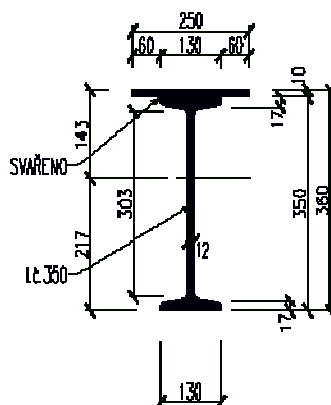
4.3.2. Podélník PO2

Pro posouzení podélníků je rozhodující první podélník a to ve středu rozpětí podélníku (MaxMy).



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,09718E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	2,22789E+08	mm ⁴
	I _z =	1,88194E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _n =	143	mm
	e _d =	217	mm
	e _i =	125	mm
	e _r =	65	mm
	W _{y,min,eI} =	1,02668E+06	mm ³
	W _{z,min,eI} =	1,50555E+05	mm ³
	I _w =	6,04378E+11	mm ⁶
	I _t =	2,35013E+08	mm ⁴



L= 2720,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210	MPa	E=	2,00E+08	kPa
	f _u =	340	MPa	G=	8,07E+07	kPa
	γ _{M,0} =	1,1				
	γ _{M,1} =	1,2				
	γ _{M,2} =	1,3				

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

ε=	(235/f _y) ^{0,5} =					
=	1,00					
b _n =	60	mm	tlačená č.	c _n /t _{fn} =	6,00	< 42,00 ...Třída průřezu 3
t _{fn} =	10	mm				
h=	303	mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	25,25	< 40,92 ...Třída průřezu 3
t _w =	12	mm				
b _d =	59	mm	tlačená č.	c _d /t _{fd} =	3,47	< 14,00 ...Třída průřezu 3
t _{fd} =	17	mm				

4.3.2.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment M_y

Charakteristické hodnoty

		γ_f	ϕ_s	vlak-Z α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	1,26			13,2	1,9	1,1	1,4	5,2	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	Q _{71 st}	1,20	1,72	1,00	66,0	8,7	-34,5	6,1	113,3	0,1
Vlak UIC-71 jedoucí	Q _{71 mo}	1,20	1,72	1,00	66,5	8,8	-34,0	6,1	113,3	0,1
Nezatížený vlak	Q _{Lak}	1,00		1,00	-2,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdě síly	Q _{NV}	1,20		1,00	15,4	8,0	6,8	3,1	3,4	0,0
Boční rázy	X _{Sk}	1,20		1,00	29,5	13,7	0,3	2,9	2,4	-5,5
Větr	X _w	1,50			7,9	1,1	-1,2	0,8	8,8	0,0

reduované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	16,6	2,3	1,4	1,7	6,6	-0,1
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	Q _{71 st}	136,2	18,0	-71,1	12,7	233,9	0,1
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	Q _{71 mo}	137,3	18,2	-70,2	12,5	233,9	0,1
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-2,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdě síly	Q _{Lak}	18,4	9,6	8,1	3,7	4,1	0,0
Boční rázy	Q _{Sk}	35,4	16,5	0,4	3,5	2,8	-6,6
Větr	Q _w	11,9	1,7	-1,8	1,2	13,2	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	173,4	36,0	-62,8	18,1	239,4	-3,2
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	181,9	39,5	-66,7	18,0	238,8	-6,5
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	173,4	36,0	-62,8	18,1	239,4	-3,2
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	181,9	39,5	-66,7	18,0	238,8	-6,5
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q _{gr15-N}	42,3	21,4	4,5	5,5	5,0	-6,6

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdě síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Větr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1 G _k +Q ₇₁ +(ψ_0 *Q _{Lak} + ψ_0 Q _{Sk} + ψ_0 Q _w + ψ_0 Q _T + ψ_0 Q _u)	211	46	-64	22	255	-7
3 G _k +Q _{gr11-71} +(ψ_0 Q _w + ψ_0 Q _T)	197	39	-62	21	254	-3
4 G _k +Q _{gr12-71} +(ψ_0 Q _w + ψ_0 Q _T)	206	43	-66	20	253	-7
5 G _k +Q _{gr13-71} +(ψ_0 Q _w + ψ_0 Q _T)	197	39	-62	21	254	-3
6 G _k +Q _{gr14-71} +(ψ_0 Q _w + ψ_0 Q _T)	206	43	-66	20	253	-7
7 G _k +Q _{gr15-NV} +(ψ_0 Q _w + ψ_0 Q _T)	66	25	5	8	19	-7

M _y
1

Max 255 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	211,2	45,7	-63,9	21,6	254,5	-6,6

Kombinace pro maximální posouvající sílu Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	vlak-Z α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,30			20,2	0,6	7,7	1,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,30			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,30	1,72	1,00	99,1	-7,7	172,5	1,3	0,0	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mov}}$	1,30	1,72	1,00	99,9	-7,7	172,5	1,2	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-1,9	-0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	0,00		1,00	-24,2	-4,7	-8,5	-1,6	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	0,5	7,1	3,7	1,5	0,0	0,0
Vítr	X_w	1,35			-6,3	0,2	11,3	0,8	0,0	0,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	26,3	0,8	10,1	1,3	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sí	$Q_{71 \text{ st}}$	221,5	-17,3	385,8	3,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.s	$Q_{71 \text{ mov}}$	223,3	-17,3	385,8	2,7	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,9	-0,2	0,2	0,1	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	0,7	9,2	4,8	2,0	0,0	0,0
Vítr	Q_w	-8,4	0,3	15,2	1,1	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	223,6	-12,7	388,2	3,9	0,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	224,0	-8,1	390,6	4,9	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	223,6	-12,7	388,2	3,9	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	224,0	-8,1	390,6	4,9	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-1,2	9,1	5,0	2,1	0,0	0,0

LM-71 max Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8			0,5	1,0	0,5	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	245	-7	410	7	0	0	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	245	-12	407	6	0	0	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	245	-7	410	7	0	0	4
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	245	-12	407	6	0	0	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	245	-7	410	7	0	0	6
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	20	10	24	4	0	0	

Max 410 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	245,2	-7,1	409,8	6,9	0,0	0,0

4.3.2.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t=$	34,07	
$\kappa=$	0,92	
$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed}=$	0,360 kNm	
$\tau_{t,f,Ed}=$	4,055 kPa	
$\tau_{t,w,Ed}=$	0,372 kPa	

SMYK	$h_w/t_w=$	25,3	<	$72\varepsilon/\eta=$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	------------	------	---	-----------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y}=$	4710	mm ²
	$A_{v,z}=$	3419	mm ²

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd}=$	519,1	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	7,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	376,8	kN	<	$V_{z,Ed}=$	409,8	kN	NEVYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	519,1	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	7,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	376,8	kN	<	$V_{z,Ed}=$	409,8	kN	NEVYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{409,8}{376,8} = 1,09 > 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{LM71}= 0,87$

NELZE ZANEDBAT

Ověření pružné únosnosti průřezu třídy 3 dle MP:

KOMBINACE

N+ My +Mz

$$\frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,e} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,e} f_y / \gamma_{M1}} < 1$$

Horní vlákna

$$\frac{-664,3}{1947,81} + \frac{254,51}{1,00 \cdot 272,64} + \frac{6,58}{26,35} < 1$$

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad -0,34 + 0,93 + 0,25 = 0,84 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Dolní vlákna

$$\frac{664,3}{1947,81} + \frac{254,51}{1,00 \cdot 179,67} + \frac{6,58}{50,67} < 1$$

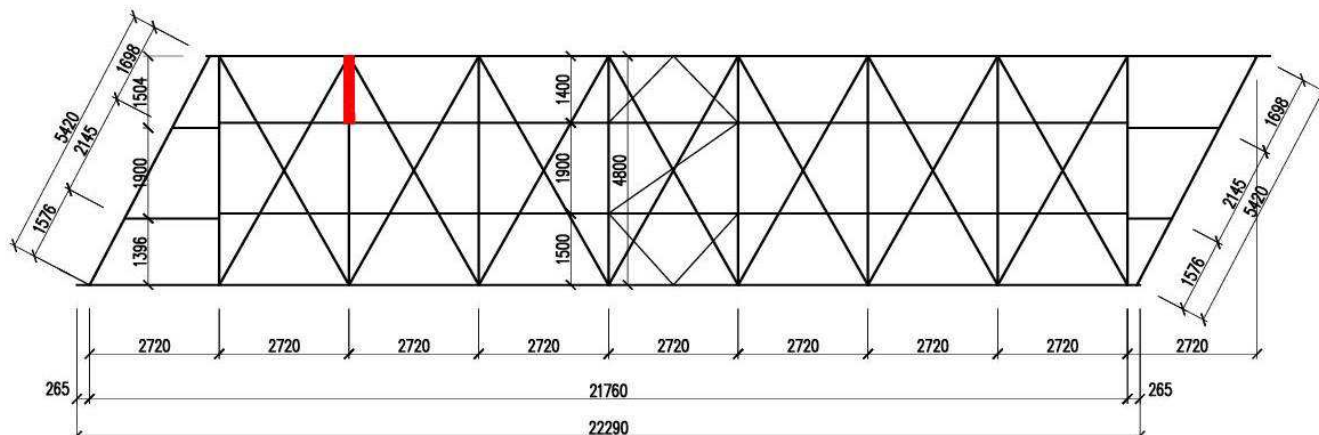
$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad 0,34 + 1,42 + 0,13 = 1,89 > 1,00 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71}= 0,39$

Podélníky PO2 nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

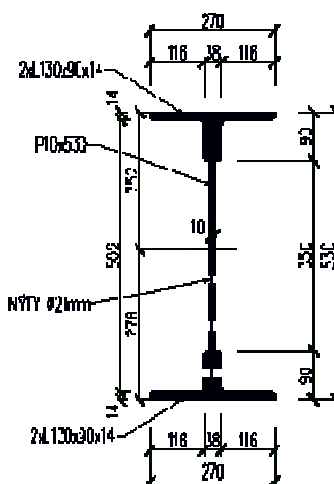
4.3.3. Příčníky PR1

Pro posouzení příčníků je rozhodující druhý příčník PR1.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,57420E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	7,66326E+08	mm ⁴
	I _z =	4,62084E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	252	mm
	e _d =	278	mm
	e _i =	135	mm
	e _r =	135	mm
	W _{y,min,el} =	2,75657E+06	mm ³
	W _{z,min,el} =	3,42284E+05	mm ³
	I _w =	3,05709E+12	mm ⁶
	I _t =	6,61253E+05	mm ⁴



L= 4800,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210	MPa	E=	2,00E+08	kPa
	f _u =	340	MPa	G=	8,07E+07	kPa
	γ _{M,0} =	1,1				
	γ _{M,1} =	1,2				
	γ _{M,2} =	1,3				

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\epsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$$

b _h =	115	mm	tlačená č.	c _h /t _{th} =	8,21	<	42,00	...Třída průřezu 3
t _{th} =	14	mm						
h=	350	mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	35,00	<	99,78	...Třída průřezu 3
t _w =	10	mm						
b _d =	115	mm	tlačená č.	c _d /t _{td} =	8,21	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{td} =	14	mm						

4.3.3.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment M_y a max V_z

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-9,4	-0,3	10,1	-1,7	5,2	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	1,48	1,00	-150,1	-1,9	237,7	-9,8	126,1	-1,4
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	1,48	1,00	-151,6	-2,4	254,3	-17,2	138,1	-1,8
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	-1,1	0,1	-0,8	0,7	2,0	0,0
Rozjezdové a brzdě síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-3,7	1,0	2,6	-0,6	1,3	0,7
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	21,1	-0,2	-1,6	1,1	4,6	-0,1
Vítr	X_w	1,50			-12,1	-0,2	18,2	-1,2	9,7	-0,2

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-11,8	-0,4	12,7	-2,1	6,5	-0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	-266,6	-3,4	422,1	-17,4	224,0	-2,5
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71\ mo}$	-269,2	-4,2	451,6	-30,6	245,2	-3,1
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,1	0,1	-0,8	0,7	2,0	0,0
Rozjezdové a brzdě síly	Q_{Lak}	-4,5	1,1	3,1	-0,7	1,5	0,8
Boční rázy	Q_{Sk}	25,3	-0,2	-1,9	1,3	5,6	-0,1
Vítr	Q_w	-18,2	-0,3	27,3	-1,9	14,6	-0,2
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-261,0	-3,2	453,8	-30,6	249,6	-2,4
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-246,1	-3,9	451,3	-29,6	251,6	-2,8
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-261,0	-3,2	453,8	-30,6	249,6	-2,4
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-246,1	-3,9	451,3	-29,6	251,6	-2,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	22,0	0,4	-1,1	1,7	8,3	0,3

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdě síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	M_y
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-270	-4	481	-33	267	-3	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-284	-4	483	-34	265	-3	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-269	-4	480	-33	267	-3	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-284	-4	483	-34	265	-3	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-269	-4	480	-33	267	-3	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-1	0	28	-2	24	0	

Max 267 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
1	-270,2	-4,1	481,4	-33,0	267,3	-3,0

Kombinace pro max Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-9,4	-0,3	11,2	-1,7	-2,7	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,20	1,48	1,00	-150,1	-1,9	237,7	-9,9	-48,6	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mov}}$	1,20	1,48	1,00	-151,6	-2,4	254,3	-17,3	-48,9	0,0
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-1,1	0,1	-0,8	0,7	2,6	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-3,7	1,0	3,4	-0,6	-0,8	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	-20,2	-0,5	1,6	-1,7	-5,5	0,0
Vítr	X_w	1,50			-12,1	-0,2	18,2	-1,2	-3,7	0,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-11,8	-0,4	14,1	-2,1	-3,4	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.síl)	$Q_{71 \text{ st}}$	-266,6	-3,4	422,2	-17,5	-86,3	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.síl)	$Q_{71 \text{ mov}}$	-269,2	-4,3	451,7	-30,7	-86,8	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,1	0,1	-0,8	0,7	2,6	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-4,5	1,1	4,0	-0,7	-0,9	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	-24,2	-0,6	1,9	-2,0	-6,6	0,0
Vítr	Q_w	-18,2	-0,3	27,3	-1,9	-5,5	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-285,8	-3,4	456,7	-32,4	-91,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-295,6	-4,3	455,6	-33,1	-93,9	0,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-285,8	-3,4	456,7	-32,4	-91,0	0,0
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-295,6	-4,3	455,6	-33,1	-93,9	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-27,5	0,0	3,1	-1,7	-4,5	0,0

LM-71 max Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-320	-5	487	-37	-101	0	1
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-308	-4	487	-36	-98	0	
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-318	-5	486	-36	-101	0	
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-308	-4	487	-36	-98	0	
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-318	-5	486	-36	-101	0	
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-50	-1	34	-5	-11	0	

Max 487 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-319,7	-4,6	487,3	-36,6	-100,8	0,0

4.3.3.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t =$	1,42	
$\kappa =$	0,13	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	19,949 kNm	
$\tau_{t,f,Ed} =$	0,364 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	2,510 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	35,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7560	mm ²
	$A_{v,z} =$	7904	mm ²

$$\text{plasticky } V_{pl,Rd} = \frac{A_y (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	4,6	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	871,2	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	487,3	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	4,6	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	871,2	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	487,3	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{487,3}{871,2} = 0,56 > 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{LM71} = 1,63$

NELZE ZANEDBAT

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,01 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 207,04 \approx 207 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

VZPĚR

$$\text{štíhlostní poměry } \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \text{e} = 93,9$$

$$L_{cr,y} = 1500 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$L_{cr,z} = 1500 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$i_y = 220,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 54,2 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,07 < 0,2 - \text{účinky vzpěru je možné zanedbat a posuzovat pouze průřez na prostý tlak}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,29 > 0,2 - \text{účinky vzpěru není možné zanedbat}$$

$$\text{součinitel vzpěrnosti } \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,45	$\chi_y =$	1,00
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,58	$\chi_z =$	0,93

$$\chi_{\min} = 0,93$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	2554,56	kN	>=	$N_{Ed} =$	247,9	kN	VYHOVÍ
			vyhovuje - využití		0,10	%		

KLOPENÍ $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$

$\chi_{LT} = 0,98 < 1,0$

$\phi_{LT} = 0,54$

$\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3

$\alpha_{LT}^I = 0,23$

$M_{\sigma} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$

$M_{\sigma} = 11216,84 \text{ kNm}$

$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$

$\mu_{cr} = 7,626334738$

$C_1 = 1,13$

$C_2 = 0,46$

$C_3 = 0,53$

$k_z = 1$

$k_y = 1$

$k_w = 1$

$k_{wt} = 7,09$

$\zeta_g = -2,25E-01$

$\zeta_j = -9,93E-01$

$z_s = 0,07 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

$z_a = 0,06 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_g = -0,01 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$z_j = -0,04 \text{ m}$

$M_{y,Ed} = 267,3 \text{ kNm}$

$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 472,13 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 267,3 \text{ kNm}$

vyhovuje - využití 0,57 %

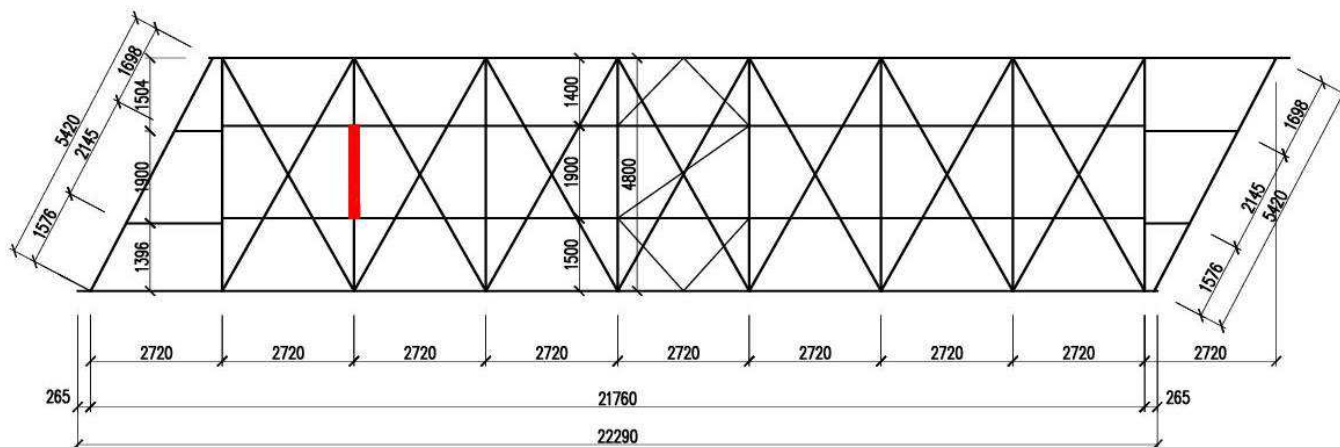
KOMBINACE TLAK
N + My + Mz

	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna	$\frac{270,2}{2554,56}$	+	$\frac{267,25}{0,98 \cdot 524,57}$	+	$\frac{3,02}{59,04}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,11	+	0,52	+	0,05 = 0,68	<	1,00	Vyhovuje
					Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 1,50$			
Dolní vlákna	$\frac{-270,2}{2554,56}$	+	$\frac{267,25}{0,98 \cdot 475,51}$	+	$\frac{3,02}{59,04}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,11	+	0,57	+	0,05 = 0,52	<	1,00	Vyhovuje

Podélníky PR1 vyhoví pro zatížitelnost

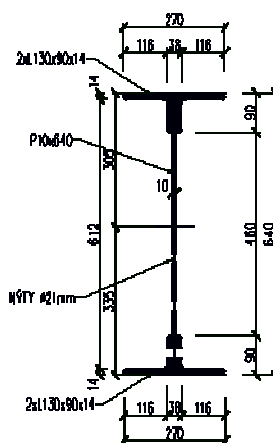
4.3.4. Příčnící PR2

Pro posouzení příčníků je rozhodující druhý příčník PR2 v místě připojení vnějšího podélníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,68419E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,17999E+09	mm ⁴
	I _z =	4,62176E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	305	mm
	e _d =	335	mm
	e _f =	135	mm
	e _r =	135	mm
	W _{y,min,el} =	3,52237E+06	mm ³
	W _{z,min,el} =	3,42352E+05	mm ³
	I _w =	4,49943E+12	mm ⁶
	I _t =	6,97920E+05	mm ⁴



L= 4800,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	$f_y =$	210 MPa	$E =$	2,00E+08 kPa
	$f_u =$	340 MPa	$G =$	8,07E+07 kPa
	$\gamma_{M,0} =$	1,1		
	$\gamma_{M,1} =$	1,2		
	$\gamma_{M,2} =$	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$\xi = (235/f_y)^{0,5} =$ $= 1,00$						
b _h =	115 mm	tlačená č.	c _h /t _{th} =	8,21	<	42,00 ...Třída průřezu 3
t _{th} =	14 mm					
h=	460 mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	46,00	<	112,10 ...Třída průřezu 3
t _w =	10 mm					
b _d =	115 mm	tlačená č.	c _d /t _{td} =	8,21	<	14,00 ...Třída průřezu 3
t _{td} =	14 mm					

4.3.4.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-9,4	-0,3	9,1	-1,7	12,1	-0,4
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	1,48	1,00	-150,1	-1,9	237,7	-9,7	292,5	-2,7
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	1,48	1,00	-151,6	-2,4	254,3	-17,1	315,5	-3,4
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	-1,1	0,1	-0,8	0,7	1,5	0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-3,7	1,0	1,7	-0,6	2,8	1,3
Boční rázy	Q_{Sk}	1,20		1,00	21,1	-0,2	-1,6	1,1	2,4	-0,2
Větr	Q_w	1,50			-12,1	-0,2	18,2	-1,2	22,5	-0,3

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-11,8	-0,4	11,4	-2,1	15,2	-0,6
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	-266,6	-3,4	422,2	-17,2	519,4	-4,8
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	-269,2	-4,3	451,6	-30,4	560,4	-5,9
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,1	0,1	-0,8	0,7	1,5	0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-4,5	1,1	2,0	-0,8	3,3	1,6
Boční rázy	Q_{Sk}	25,3	-0,2	-1,9	1,3	2,9	-0,3
Větr	Q_w	-18,2	-0,3	27,3	-1,8	33,7	-0,5
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-261,0	-3,2	452,7	-30,5	565,2	-4,5
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-246,1	-3,9	450,8	-29,4	565,0	-5,4
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-261,0	-3,2	452,7	-30,5	565,2	-4,5
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-246,1	-3,9	450,8	-29,4	565,0	-5,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	22,0	0,4	-1,7	1,6	6,1	0,6

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Větr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	My
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-270	-4	479	-33	601	-6	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-284	-4	481	-34	601	-5	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-269	-4	479	-33	600	-6	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-284	-4	481	-34	601	-5	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-269	-4	479	-33	600	-6	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-1	0	26	-2	41	0	

Max 601 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-270,2	-4,1	479,2	-32,9	601,4	-5,8

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-9,6	-0,3	-8,7	-2,0	12,6	0,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	1,48	1,00	-152,0	-1,8	-239,0	-11,7	318,0	2,7
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mov}$	1,20	1,48	1,00	-151,9	-1,8	-239,0	-11,2	315,4	2,7
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-0,7	-0,1	-0,9	-0,8	-0,3	0,2
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-8,2	-1,5	-2,4	-0,2	3,3	2,3
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	-5,8	-1,0	-1,8	-2,5	1,6	1,5
Vítr	X_w	1,50			0,9	0,7	9,4	5,0	-13,6	-1,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-12,0	-0,4	-10,9	-2,5	15,8	0,6
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. síl)	$Q_{71\ st}$	-269,9	-3,2	-424,4	-20,7	564,8	4,8
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. síl)	$Q_{71\ mov}$	-269,8	-3,2	-424,4	-19,8	560,1	4,8
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-0,7	-0,1	-0,9	-0,8	-0,3	0,2
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-9,8	-1,8	-2,9	-0,2	3,9	2,8
Boční rázy	Q_{Sk}	-7,0	-1,2	-2,2	-3,0	1,9	1,8
Vítr	Q_w	1,4	1,0	14,1	7,5	-20,4	-1,5
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-283,1	-5,7	-428,4	-22,4	569,7	8,5
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-281,7	-5,4	-428,1	-23,8	568,7	8,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-283,1	-5,7	-428,4	-22,4	569,7	8,5
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-281,7	-5,4	-428,1	-23,8	568,7	8,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-12,6	-2,3	-4,5	-3,9	3,6	3,4

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 \cdot Q_{Sk} + \psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T + \psi_0 \cdot Q_U)$	-296	-6	-431	-22	573	9
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-294	-5	-431	-20	573	8
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-293	-5	-430	-22	572	8
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-294	-5	-431	-20	573	8
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-293	-5	-430	-22	572	8
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-24	-2	-7	-2	7	3

Vz
1

Min -431 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-295,9	-5,7	-431,3	-21,9	573,4	8,5

4.3.4.2 Posouzení

Zatížitelnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t=$	1,20	
$\kappa=$	0,09	
$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed}=$	12,366 kNm	
$\tau_{t,f,Ed}=$	0,337 kPa	
$\tau_{t,w,Ed}=$	3,227 kPa	

SMYK	$h_w/t_w=$	46,0	<	$72\varepsilon/\eta=$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	------------	------	---	-----------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y}=$	7000	mm ²
	$A_{v,z}=$	8584	mm ²

$$\text{plasticky } V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd}=$	771,5	kN	>=	$V_{y,Ed}=$	5,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	946,1	kN	>=	$V_{z,Ed}=$	431,3	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	771,5	kN	>=	$V_{y,Ed}=$	5,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	946,1	kN	>=	$V_{z,Ed}=$	431,3	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{431,3}{946,1} = 0,46 < 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{LM71} = 1,00$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,01 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 208,37 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_I = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{M0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd}=$	3215,3	kN		$N_{Ed}=$	-295,9	
$M_{el,Rd,y}=$	738,6	kNm		$M_{y,Ed}=$	573,4	
$M_{el,Rd,z}=$	65,4	kNm		$M_{z,Ed}=$	8,5	
$M_{el,Rd,x}=$	0,0	kNm ²		$B_{Ed}=$	0,000	kNm ²
$\frac{295,9}{3215,3}$	+	$\frac{573,4}{738,6}$	+	$\frac{8,5}{65,4}$	<	1

Pro $\alpha=1,0$	0,09	+	0,78	+	0,13	=	1,00	< 1 vyhovuje
------------------	------	---	------	---	------	---	------	-----------------

Zatížitelnost pro kombinaci max My

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_{\tau} =$	1,20085E+00	
	$\kappa =$	0,09	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	340,313 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed} =$	0,244 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	2,338 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	46,0	$<$	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5)
					pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)	

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7560	mm ²
	$A_{v,z} =$	8584	mm ²

$$\text{plasticky} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	833,3	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	4,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	946,1	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	479,2	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	833,3	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	4,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	946,1	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	479,2	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$f_y =$	210
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,00
$(1-\rho) \cdot f_y =$	209,96 \approx 209 Mpa

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{479,2}{946,1} = 0,51 > 0,5$$

NELZE ZANEDBAT

VZPĚR

$$\text{štíhlostní poměry} \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \text{e} = 93,9$$

$$L_{cr,y} = 4800 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$L_{cr,z} = 1900 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$i_y = 264,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 52,4 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,19$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,39$$

< 0,2 - účinky vzpěru je možné zanedbat a posuzovat pouze průřez na prostý tlak

> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat

$$\text{součinitel vzpěrnosti} \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,52	$\chi_y =$	1,00
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,65	$\chi_z =$	0,86

$$\chi_{\min} = 0,86$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	2535,56	kN	\geq	$N_{Ed} =$	270,2	kN	VYHOVÍ
					vyhovuje - využití	0,11	%	

KLOPENÍ $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$

$\chi_{LT} = 0,93 < 1,0$

$\phi_{LT} = 0,58$

$\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3

$\alpha_{LT}^I = 0,30$

$M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$

$M_{cr} = 8372,95 \text{ kNm}$

$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$

$\mu_{cr} = 7,018175664$

$C_1 = 1,13$

$C_2 = 0,46$

$C_3 = 0,53$

$k_z = 1$

$k_y = 1$

$k_w = 1$

$k_{wt} = 6,61$

$\zeta_g = 0,00E+00$

$\zeta_j = -9,28E-01$

$z_s = 0 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

$z_3 = 0,00 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_g = 0,00 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$z_j = -0,04 \text{ m}$

$M_{y,Ed} = 601,4 \text{ kNm}$

$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 570,51 \text{ kNm} < M_{y,Ed} = 601,4 \text{ kNm}$

Nevyhovuje o 0,05 %

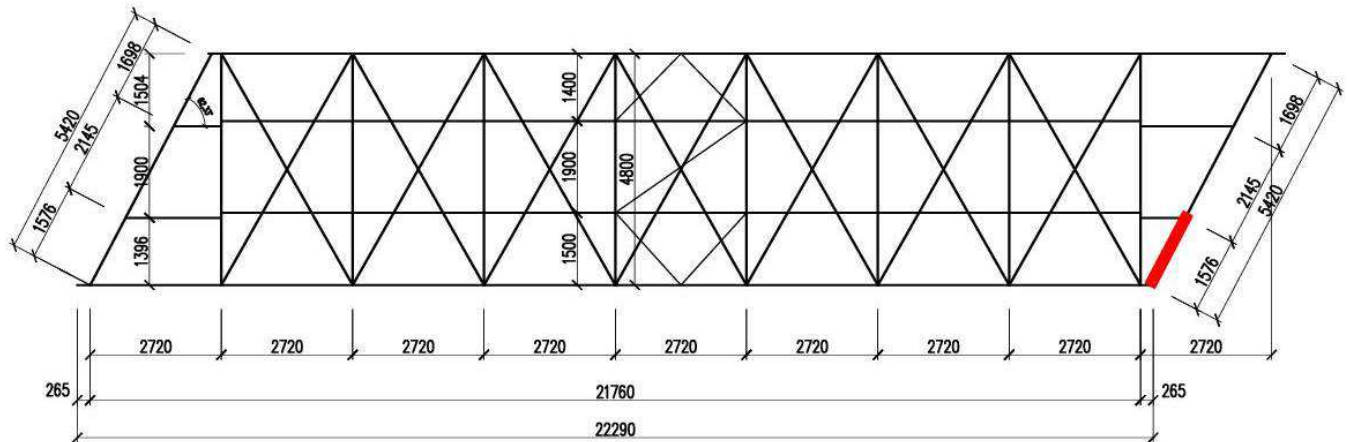
KOMBINACE TLAK**N + My + Mz**

	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna	$\frac{270,2}{2535,56}$	+	$\frac{601,38}{0,93 \cdot 673,82}$	+	$\frac{5,76}{59,63}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,11	+	0,96	+	0,10 = 1,17	>	1,00	Nevyhovuje
					Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,84$			
Dolní vlákna	$\frac{-270,2}{2535,56}$	+	$\frac{601,38}{0,93 \cdot 613,48}$	+	$\frac{5,76}{59,63}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,11	+	1,06	+	0,10 = 1,05	>	1,00	Nevyhovuje

Podélníky PR2 nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

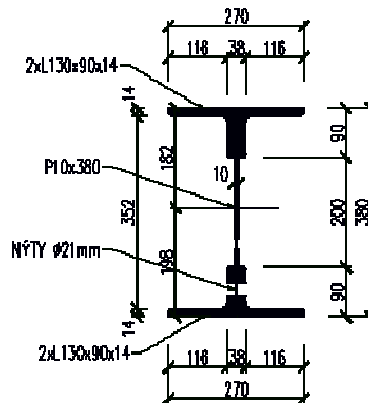
4.3.5. Šikmé příčnický PRS1

Rozhodující průřez uprostřed proměnného prutu PRS1.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,44309E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	3,58113E+08	mm ⁴
	I _z =	4,61976E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _n =	182	mm
	e _d =	198	mm
	e _l =	135	mm
	e _r =	135	mm
	W _{y,min,el} =	1,80865E+06	mm ³
	W _{z,min,el} =	3,42205E+05	mm ³
	I _w =	1,53805E+12	mm ⁶
	I _t =	6,11253E+05	mm ⁴



	L=	2145,00 mm	délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny					
materiál	f _y =	210 MPa	E= 2,00E+08 kPa					
	f _u =	340 MPa	G= 8,07E+07 kPa					
	γ _{M,0} =	1,1						
	γ _{M,1} =	1,2						
	γ _{M,2} =	1,3						
ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU	ε= (235/f _y) ^{0,5} =							
	=	1,00						
	b _h =	116 mm	tlačená č.	c _h /t _{th} =	8,29	<	42,00	...Třída průřezu 3
	t _{th} =	14 mm						
	h=	290 mm	ohýb. + tl.č.	h/t _w =	29,00	<	43,46	...Třída průřezu 3
	t _w =	10 mm						
	b _d =	116 mm	tlačená č.	c _d /t _{td} =	8,29	<	14,00	...Třída průřezu 3
	t _{td} =	14 mm						

4.3.5.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment Mz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	1,26			-7,1	0,2	11,2	0,6	-2,1	0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	2,00	1,00	-54,0	3,1	18,4	-3,2	10,3	2,8
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	2,00	1,00	-242,4	19,0	22,4	-2,9	6,2	17,1
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	19,9	-1,7	-0,5	-0,2	0,4	-1,5
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-23,5	0,2	34,6	4,8	-11,3	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	1,20		1,00	-113,6	9,9	3,6	0,3	-3,2	8,9
Vítr	Q_W	1,50			-95,7	8,1	2,2	-0,1	-2,1	7,3

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	-8,9	0,2	14,1	0,7	-2,6	0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. sil)	$Q_{71\ st}$	-129,6	7,4	44,1	-7,6	24,7	6,6
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71\ mo}$	-581,9	45,6	53,8	-7,1	14,9	41,1
Nezatížený vlak	Q_{NV}	19,9	-1,7	-0,5	-0,2	0,4	-1,5
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-28,2	0,2	41,5	5,8	-13,5	0,2
Boční rázy	Q_{Sk}	-136,4	11,9	4,3	0,3	-3,8	10,7
Vítr	Q_W	-143,6	12,2	3,3	-0,1	-3,2	10,9
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-678,2	51,7	97,4	-1,6	9,3	46,6
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-732,3	57,6	78,8	-4,3	14,1	51,9
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-678,2	51,7	97,4	-1,6	9,3	46,6
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-732,3	57,6	78,8	-4,3	14,1	51,9
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-130,6	10,3	24,5	3,1	-10,2	9,3

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_K + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_U)$	-836	65	107	-2	6	59
3 $G_K + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-773	59	113	-1	5	53
4 $G_K + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-827	65	95	-4	10	59
5 $G_K + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-773	59	113	-1	5	53
6 $G_K + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-827	65	95	-4	10	59
7 $G_K + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-226	18	41	4	-15	16

My
1

Max 59 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-835,9	65,1	107,3	-2,0	5,5	58,7

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-7,1	0,2	12,4	0,6	-12,7	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	2,00	1,00	-26,4	-0,8	80,3	3,2	-92,1	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mov}$	1,20	2,00	1,00	-195,0	13,3	85,0	2,5	-100,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	19,9	-1,7	-0,5	-0,2	0,9	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-23,5	0,2	35,3	4,8	-42,5	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	-96,6	7,8	3,9	0,0	-6,8	0,0
Vítr	X_w	1,50			-3,3	0,0	5,6	-0,1	-5,4	0,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-9,0	0,2	15,6	0,7	-16,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods.sí)	$Q_{71\ st}$	-63,3	-1,8	192,7	7,7	-221,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods.sí)	$Q_{71\ mov}$	-468,0	31,9	203,9	5,9	-240,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	19,9	-1,7	-0,5	-0,2	0,9	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-28,2	0,2	42,4	5,8	-51,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	-115,9	9,4	4,7	0,0	-8,1	0,0
Vítr	Q_w	-5,0	0,0	8,4	-0,2	-8,1	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-554,2	36,8	248,7	13,5	-295,1	0,0
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-598,1	41,4	229,8	10,6	-273,6	0,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-554,2	36,8	248,7	13,5	-295,1	0,0
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-598,1	41,4	229,8	10,6	-273,6	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-110,2	7,8	25,5	2,8	-32,8	0,0

LM-71 max Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-618	42	263	13	-310	0
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-566	37	269	14	-316	0
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-610	42	250	11	-295	0
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-566	37	269	14	-316	0
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-610	42	250	11	-295	0
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-122	8	46	3	-54	0

Vz
3
5

Max 269 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	-566,1	37,0	269,3	14,1	-316,0	0,0

4.3.5.2 Posouzení

Zatížitelnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_1 =$	0,86	
$K_2 =$	0,05	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	8,340 kNm	
$\tau_{t,t,Ed} =$	1,179 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	21,964 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	29,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7560	mm ²
	$A_{v,z} =$	3380	mm ²

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	37,0	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	372,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	269,3	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	37,0	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	372,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	269,3	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{269,3}{372,5} = 0,72 > 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{LM71} = 0,80$

NELZE ZANEDBAT

Vliv smyku na ohyb

$$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,20$$

$$(1-\rho) \cdot f_y = 168,22 \approx 168 \text{ Mpa}$$

Zatížitelnost pro kombinaci max My

VZPĚR

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \varepsilon = 93,9$$

$$L_{cr,y} = 1600 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$L_{cr,z} = 1600 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$i_y = 157,5 \text{ mm}$$

$$i_z = 56,6 \text{ mm}$$

$$l_y = 0,11$$

$$l_z = 0,30$$

< 0,2 - účinky vzpěru je možné zanedbat a posuzovat pouze průřez na prostý tlak

> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat

$$\text{součinitel vzpěrnosti} \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,47	$\chi_y =$	1,00
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,58	$\chi_z =$	0,92

$$\chi_{min} = 0,92$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	2329,94	kN	>=	$N_{Ed} =$	835,9	kN	VYHOVÍ
				vyhovuje - využití	0,36	%		

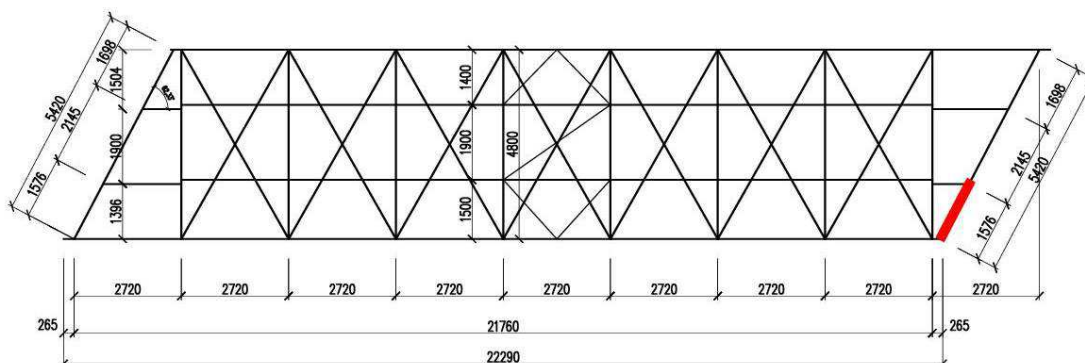
**KOMBINACE TLAK
+ OHYB**

	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
	Horní vlákna							
	$\frac{835,9}{2329,94}$	+	$\frac{5,52}{1,00 \cdot 275,47}$	+	$\frac{58,66}{47,91}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,36	+	0,02	+	1,22 = 1,60	>	1,00	Nevyhovuje
					Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,58$			
	Dolní vlákna							
	$\frac{-835,9}{2329,94}$	+	$\frac{5,52}{1,00 \cdot 253,21}$	+	$\frac{58,66}{47,91}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,36	+	0,02	+	1,22 = 0,89	<	1,00	Vyhovuje

Podélníky PRS1 nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

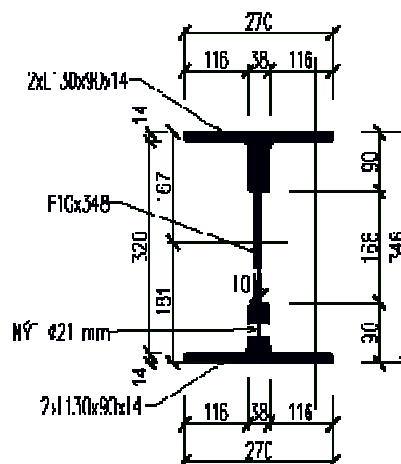
4.3.6. Šikmé příčníky PRS2

Rozhodující průřez uprostřed proměnného prutu PRS1.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,41109E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	2,92464E+08	mm ⁴
	I _z =	4,61950E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	167	mm
	e _d =	181	mm
	e _f =	135	mm
	e _r =	135	mm
	W _{y,min,eI} =	1,75128E+06	mm ³
	W _{z,min,eI} =	3,42185E+05	mm ³
	I _w =	1,28086E+12	mm ⁶
	I _t =	6,00587E+05	mm ⁴



L= 2145,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210	MPa	E=	2,00E+08	kPa
	f _u =	340	MPa	G=	8,07E+07	kPa
	γ _{M,0} =	1,1				
	γ _{M,1} =	1,2				
	γ _{M,2} =	1,3				

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$$

b _h =	116	mm	tlačená č.	c _h /t _{fh} =	8,29	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{fh} =	14	mm						
h=	258	mm	ohýb.+ tl. č.	h/t _w =	25,80	<	81,20	...Třída průřezu 3
t _w =	10	mm						
b _d =	116	mm	tlačená č.	c _d /t _{fd} =	8,29	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{fd} =	14	mm						

4.3.6.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-7,0	-1,3	-10,2	0,2	6,4	0,9
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	2,00	1,00	-28,1	-6,3	-78,3	-1,0	44,3	5,5
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	2,00	1,00	-198,5	-26,5	-82,9	-2,1	47,2	8,5
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	19,8	2,3	0,5	-0,1	-0,2	-0,3
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-23,0	-4,5	-33,6	2,5	15,1	3,4
Boční rázy	Q_{Sk}	1,20		1,00	-33,0	-4,7	-3,3	-4,0	3,3	2,0
Vítr	X_w	1,50			-3,3	-0,7	-5,6	-0,2	4,1	0,5

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-8,8	-1,6	-12,8	0,2	8,0	1,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sil)	$Q_{71\ st}$	-67,5	-15,1	-187,8	-2,4	106,2	13,2
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	-476,4	-63,5	-199,0	-5,1	113,2	20,4
Nezatížený vlak	Q_{NV}	19,8	2,3	0,5	-0,1	-0,2	-0,3
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-27,6	-5,4	-40,3	3,0	18,1	4,1
Boční rázy	Q_{Sk}	-39,6	-5,7	-3,9	-4,8	4,0	2,4
Vítr	Q_w	-4,9	-1,0	-8,4	-0,3	6,2	0,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-523,9	-71,8	-241,3	-4,5	133,2	25,7
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-529,9	-71,9	-223,1	-8,4	126,2	24,8
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-523,9	-71,8	-241,3	-4,5	133,2	25,7
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-529,9	-71,9	-223,1	-8,4	126,2	24,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-33,7	-6,1	-23,6	-3,3	12,8	4,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-550	-76	-253	-7	143	28
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-536	-74	-259	-4	145	27
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-542	-74	-241	-8	138	26
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-536	-74	-259	-4	145	27
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-542	-74	-241	-8	138	26
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-45	-8	-42	-3	25	6

My
3
5

max 145 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	-535,7	-73,9	-259,2	-4,4	145,0	27,2

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-7,0	-1,3	-10,2	0,2	6,4	0,9
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\text{ st}}$	1,20	2,00	1,00	-25,7	-6,0	-80,3	-0,7	43,7	5,4
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\text{ mov}}$	1,20	2,00	1,00	-193,8	-25,9	-85,0	-1,9	46,6	8,4
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	19,8	2,3	0,5	-0,1	-0,2	-0,3
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-23,0	-4,5	-33,6	2,5	15,1	3,4
Boční rázy	Q_{Sk}	1,20		1,00	-96,2	-11,6	-3,9	-0,4	1,5	2,1
Vitr	Q_w	1,50			-3,3	-0,7	-5,6	-0,2	4,1	0,5

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-8,8	-1,6	-12,8	0,2	8,0	1,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.st)	$Q_{71\text{ st}}$	-61,7	-14,4	-192,7	-1,8	104,8	13,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.s)	$Q_{71\text{ mov}}$	-465,0	-62,1	-203,9	-4,5	111,8	20,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	19,8	2,3	0,5	-0,1	-0,2	-0,3
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-27,6	-5,4	-40,3	3,0	18,1	4,1
Boční rázy	Q_{Sk}	-115,5	-14,0	-4,7	-0,5	1,8	2,6
Vitr	Q_w	-4,9	-1,0	-8,4	-0,3	6,2	0,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-550,4	-74,6	-246,6	-1,7	130,7	25,6
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-594,3	-78,8	-228,8	-3,5	122,6	24,8
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-550,4	-74,6	-246,6	-1,7	130,7	25,6
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-594,3	-78,8	-228,8	-3,5	122,6	24,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-109,5	-14,3	-24,4	0,9	10,6	4,3

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vitr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_{wT} + \psi_0 Q_{wB})$	-614	-83	-259	-3	140	28
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_{wT} + \psi_0 Q_{wB})$	-562	-77	-264	-2	142	27
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_{wT} + \psi_0 Q_{wB})$	-606	-81	-247	-3	134	26
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_{wT} + \psi_0 Q_{wB})$	-562	-77	-264	-2	142	27
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_{wT} + \psi_0 Q_{wB})$	-606	-81	-247	-3	134	26
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_{wT} + \psi_0 Q_{wB})$	-121	-17	-42	1	22	6

Vz
3
5

Min -264 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	-562,2	-76,7	-264,5	-1,6	142,5	27,2

4.3.6.2 Posouzení

Zatížitelnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t=$	0,63	
$\kappa=$	0,03	
$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed}=$	0,994 kNm	
$\tau_{t,f,Ed}=$	1,364 kPa	
$\tau_{t,w,Ed}=$	46,593 kPa	
SMYK	$h_w/t_w=$	32,0 < $72\varepsilon/\eta=$ 72,0 Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)

smyková plocha	$A_{v,y}=$	7000	mm ²
	$A_{v,z}=$	6504	mm ²

$$\text{plasticky} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd}=$	771,5	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	76,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	716,9	kN	\geq	$V_{z,Ed}=$	264,5	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	771,5	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	76,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	716,6	kN	\geq	$V_{z,Ed}=$	264,5	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{264,5}{716,6} = 0,37 < 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{LM71}= 0,91$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} \cdot 1)^2 = 0,07 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 195,60 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Zatížitelnost pro kombinaci max Mz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUCENÍ	$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t=$	9,33010E-01	
	$\kappa=$	0,06	
	$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed}=$	85,222 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed}=$	2,749 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed}=$	43,459 kPa	
SMYK	$h_w/t_w=$	25,8	< $72\varepsilon/\eta=$ 72,0 Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)

smyková plocha	$A_{v,y}=$	7000	mm ²
	$A_{v,z}=$	6504	mm ²

$$\text{plasticky} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd}=$	771,5	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	73,9	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	716,9	kN	\geq	$V_{z,Ed}=$	259,2	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	771,5	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	73,9	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	716,7	kN	\geq	$V_{z,Ed}=$	259,2	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned}
 f_y &= 210 \\
 \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,08 \\
 (1-\rho) \cdot f_y &= 193,92 \approx 210 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{259,2}{716,7} = 0,36 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá**KOMBINACE TLAK****+ OHYB**

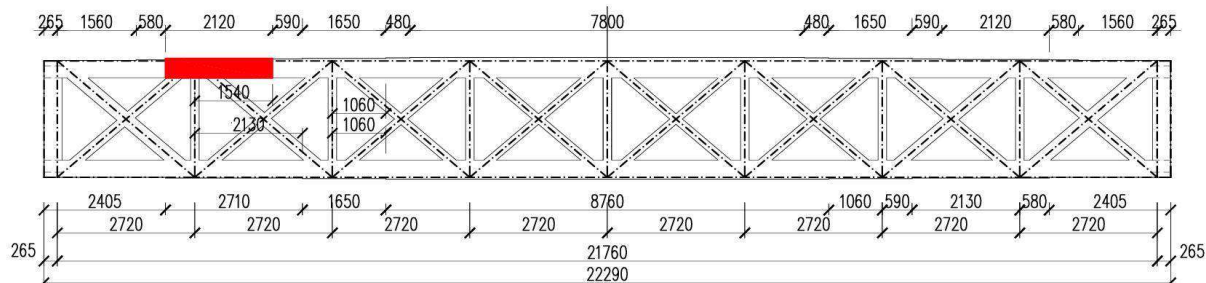
	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,ef} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,ef} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna	$\frac{535,7}{2101,29}$	+	$\frac{144,98}{1,00 \cdot 306,47}$	+	$\frac{27,23}{59,88}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,25	+	0,47	+	0,45	=	1,18	> 1,00 Nevyhovuje
								Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,83$
Dolní vlákna	$\frac{-535,7}{2101,29}$	+	$\frac{144,98}{1,00 \cdot 282,77}$	+	$\frac{27,23}{59,88}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,25	+	0,51	+	0,45	=	0,71	< 1,00 Vyhovuje

Podélníky PRS2 nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

4.4. Hlavní nosník

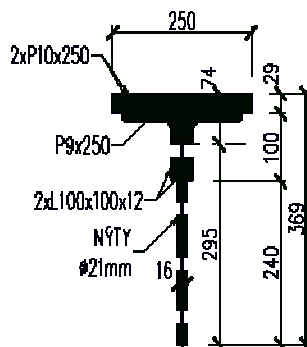
4.4.1. Horní pas HP1- HP7

Pro posouzení horního pasu hlavních nosníků je rozhodující průřez **HP3** na vnějším hl. nosníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,54689E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,35753E+08	mm ⁴
	I _z =	4,81068E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	74	mm
	e _d =	295	mm
	e _f =	125	mm
	e _r =	125	mm
	W _{y,min,el} =	4,60178E+05	mm ³
	W _{z,min,el} =	3,84854E+05	mm ³
	I _w =	3,46529E-20	mm ⁶
	I _r =	2,51643E+06	mm ⁴



L= 2720,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

material	$f_y =$	210 MPa	$E =$	2,00E+08 kPa
	$f_u =$	340 MPa	$G =$	8,07E+07 kPa
	$\gamma_{M,0} =$	1,1		
	$\gamma_{M,1} =$	1,2		
	$\gamma_{M,2} =$	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU	$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} =$						
	$= 1,00$						
$b_h =$	126 mm	tlačená č.	$c_h/t_{fh} =$	14,00	<	42,00	...Třída průřezu 3
$t_{fh} =$	9 mm						
$h =$	240 mm	ohýb. + tl. č.	$h/t_w =$	15,00	<	66,41	...Třída průřezu 3
$t_w =$	16 mm						

4.4.1.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	1,26			-128,5	0,0	1,0	0,2	4,3	-0,4
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	1,21	1,00	-930,2	-0,3	-7,0	1,1	38,3	-4,1
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	1,21	1,00	-920,6	-0,3	-7,0	1,1	38,3	-4,2
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	-5,0	0,2	-0,1	0,0	0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-11,7	-0,1	-0,2	0,0	0,5	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	1,20		1,00	4,3	0,0	-0,2	0,0	0,4	-0,2
Vítr	Q_w	1,50			-90,4	0,0	-0,8	0,1	3,7	-0,3

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	-161,3	-0,1	1,2	0,2	5,4	-0,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	-1350,7	-0,4	-10,2	1,6	55,7	-6,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71\ mo}$	-1336,7	-0,4	-10,2	1,7	55,7	-6,1
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-5,0	0,2	-0,1	0,0	0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-14,1	-0,1	-0,2	0,0	0,5	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	5,1	0,0	-0,2	0,0	0,5	-0,3
Vítr	Q_w	-135,6	0,0	-1,1	0,2	5,5	-0,5
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-1362,2	-0,4	-10,5	1,6	56,4	-6,1
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-1352,6	-0,4	-10,5	1,7	56,4	-6,3
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-1362,2	-0,4	-10,5	1,6	56,4	-6,1
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-1352,6	-0,4	-10,5	1,7	56,4	-6,3
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-6,9	0,2	-0,4	0,0	1,0	-0,2

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_K + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-1599	0	-10	2	65	-7
3	$G_K + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-1605	0	-10	2	65	-7
4	$G_K + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-1595	0	-10	2	65	-7
5	$G_K + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-1605	0	-10	2	65	-7
6	$G_K + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-1595	0	-10	2	65	-7
7	$G_K + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-250	0	0	0	10	-1

My
1

Max 65 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-1599,4	-0,5	-10,0	2,0	65,3	-7,0

4.4.1.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t =$	1,47236E+16	
	$\kappa =$	0,93	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	3,021 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed} =$	0,270 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	0,022 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	15,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	2250	mm ²
	$A_{v,z} =$	3984	mm ²

plasticky $V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$

$V_{y,pl,Rd} =$	248,0	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	439,1	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	10,0	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	248,0	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	439,1	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	10,0	kN	VYHOVÍ

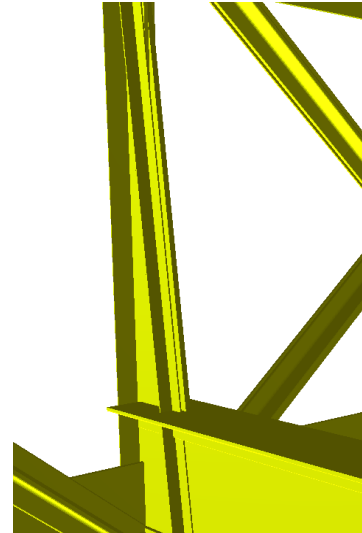
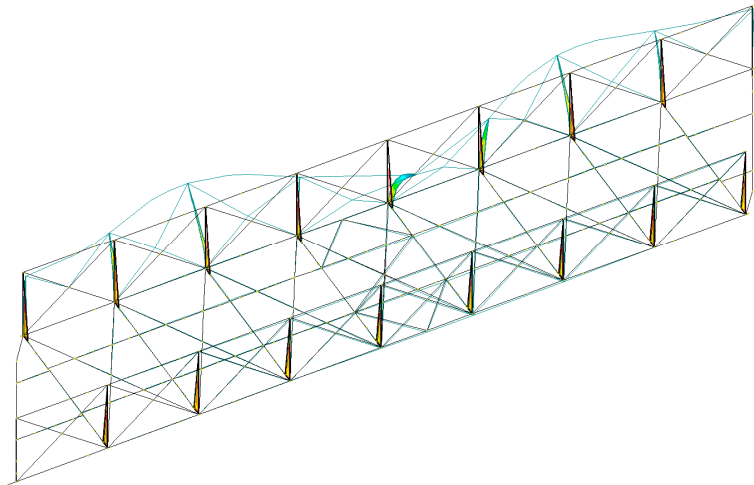
Vliv smyku na ohyb

$f_y =$	210		
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,91		
$(1 - \rho) \cdot f_y =$	18,75	\approx	210 Mpa

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,0}{439,1} = 0,02 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Pro zjištění vzpěru byl proveden stabilitní výpočet se skutečným průřezem rámového rohu

$$\alpha_{cr}=5,841$$

$$N_{cr} = \alpha_{cr} \cdot N_{Ed}$$

VZPĚR
štíhlostní poměry

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = 2720 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = 1 \times L$$

$$L_{cr,z} = 2720 \text{ mm}$$

$$L_{cr} = 1 \times L$$

$$i_y = 93,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 55,8 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,31$$

> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat

$$\bar{\lambda}_z = 0,59$$

> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat

Pro $\bar{\lambda}_z$ vypočteno stabilitním výpočtem

$$\alpha_{cr} = 5,841$$

$$N_{cr} = \alpha_{cr} \cdot N_{Ed} = 9342,15 \text{ kN}$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti

y-y

d

$$\alpha = 0,76$$

$$\phi = 0,59$$

$$\chi_y = 0,92$$

z-z

d

$$\alpha = 0,76$$

$$\phi = 0,82$$

$$\chi_z = 0,72$$

$$\chi_{\min} = 0,72$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost

$$N_{c,Rd} = 1941,20 \text{ kN}$$

>=

$$N_{Ed} = 1599,4 \text{ kN}$$

VYHOVÍ

vyhovuje - využití

$$0,82$$

%

**KOMBINACE TLAK
+ OHYB**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}} < 1$$

Horní vlákna

$$\frac{1599,4}{1941,20} + \frac{65,25}{1,00 \cdot 321,04} + \frac{6,99}{66,81} < 1$$

Pro $\alpha=1,0$ **0,82** + **0,20** + **0,10** = **1,13** > **1,00** **Nevyhovuje**
Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,83$

Dolní vlákna

$$\frac{-1599,4}{1941,20} + \frac{65,25}{1,00 \cdot 80,53} + \frac{6,99}{1052,34} < 1$$

Pro $\alpha=1,0$ **-0,82** + **0,81** + **0,01** = **0,01** < **1,00** **Vyhovuje**

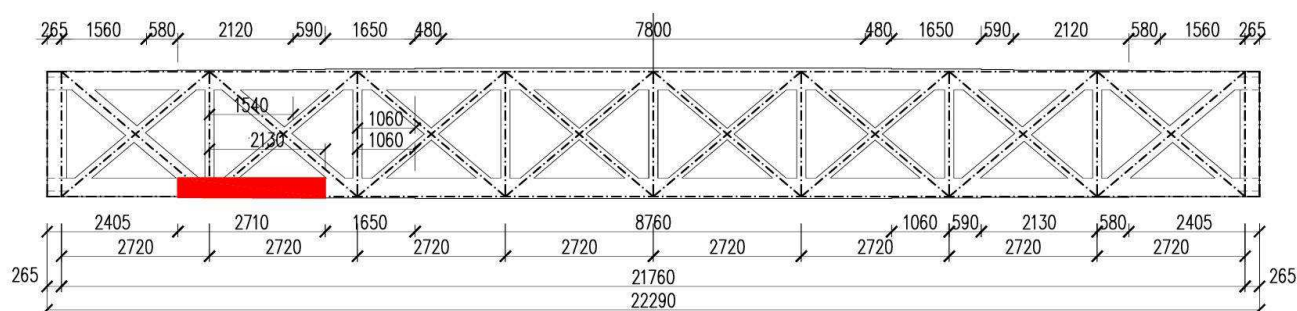
Přehled zatížitelnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	HP1	HP3	HP5	HP7
N_{Ed} [kN]	-6,07821	1599,41	2519,115	3119,974
$M_{y,Ed}$ [kNm]	21,32	65,25	45,52	43,24
$M_{z,Ed}$ [kNm]	0,53	6,99	0,51	1,03
N_{Rd} [kN]	360,44	1941,20	2684,85	3337,28
$M_{y,Rd}$ [kNm]	69,43	321,04	384,73	412,52
$M_{z,Rd}$ [kNm]	485,12	66,81	102,98	139,15
využití v %	0,29	1,13	1,06	1,05
Z_{LM71}	3,75	0,83	0,91	0,91

Horní pas hl. n. nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

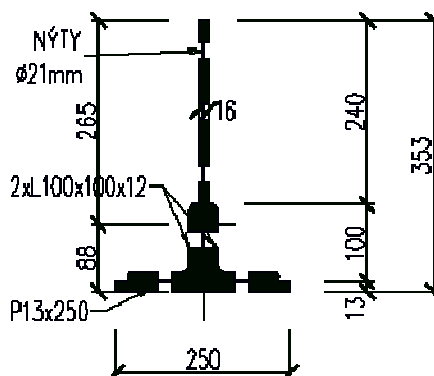
4.4.2. Dolní pas DP1- DP4

Pro posouzení horního pasu hlavních nosníků je rozhodující průřez **DP2** na vnitřním hl. nosníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	$A = 1,04609E+04 \text{ mm}^2$
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,06767E+08 \text{ mm}^4$
	$I_z = 2,41872E+07 \text{ mm}^4$
průřezové moduly	$e_h = 265 \text{ mm}$
	$e_d = 88 \text{ mm}$
	$e_l = 125 \text{ mm}$
	$e_r = 125 \text{ mm}$
	$W_{y,min,el} = 1,21327E+06 \text{ mm}^3$
	$W_{z,min,el} = 1,93498E+05 \text{ mm}^3$
	$I_w = 4,41697E-21 \text{ mm}^6$
	$I_t = 6,56171E+05 \text{ mm}^4$



$L = 2720,00 \text{ mm}$ délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	$f_y = 210 \text{ MPa}$	$E = 2,00E+08 \text{ kPa}$		
	$f_u = 340 \text{ MPa}$	$G = 8,07E+07 \text{ kPa}$		
	$\gamma_{M,0} = 1,1$			
	$\gamma_{M,1} = 1,2$			
ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU	$\gamma_{M,2} = 1,3$			
	$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$			
	$b_h = 88 \text{ mm}$	tlačená č.	$c_h/t_h = 9,78$	$< 14,00$...Třída průřezu 3
	$t_h = 9 \text{ mm}$			
	$h = 285 \text{ mm}$	ohýb. + tl.č.	$h/t_w = 17,81$	$< 28,54$...Třída průřezu 3
	$t_w = 16 \text{ mm}$			

4.4.2.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			120,8	0,0	0,5	0,4	2,1	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,20	1,21	1,00	821,7	0,3	-3,0	0,4	16,2	-0,2
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mo}}$	1,20	1,21	1,00	822,0	0,3	-2,9	0,3	16,1	-0,2
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	7,5	0,2	-0,1	0,1	0,2	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	289,9	0,1	-5,1	0,4	5,7	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	60,2	-0,1	-0,3	0,2	1,2	0,5
Vítr	X_w	1,50			80,7	0,0	-0,3	0,3	1,5	0,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	151,6	0,1	0,6	0,5	2,7	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1193,1	0,4	-4,3	0,6	23,5	-0,2
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71 \text{ mo}}$	1193,5	0,4	-4,3	0,5	23,4	-0,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	7,5	0,2	-0,1	0,1	0,2	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	347,9	0,1	-6,1	0,4	6,8	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	72,3	-0,1	-0,4	0,2	1,5	0,6
Vítr	Q_w	121,1	0,1	-0,4	0,4	2,3	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	1577,5	0,4	-10,6	1,1	31,1	0,1
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	1439,7	0,3	-7,7	1,0	28,4	0,3
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	1577,5	0,4	-10,6	1,1	31,1	0,1
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	1439,7	0,3	-7,7	1,0	28,4	0,3
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	253,7	0,1	-3,5	0,5	5,1	0,5

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	1768	0	-9	2	35	0
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	1802	1	-10	2	35	0
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	1664	0	-7	2	32	0
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	1802	1	-10	2	35	0
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	1664	0	-7	2	32	0
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	478	0	-3	1	9	0

My
3
5

Max 35 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	1801,7	0,5	-10,3	1,8	35,1	-14,0

4.4.2.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t =$	2,10590E+16	
$\kappa =$	0,93	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	1,626 kNm	
$\tau_{t,t,Ed} =$	0,299 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	0,024 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	17,8	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	3250	mm ²
	$A_{v,z} =$	4096	mm ²

plasticky $V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$

$V_{y,pl,Rd} =$	358,2	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	451,5	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	10,3	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	358,2	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	451,5	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	10,3	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,3}{451,5} = 0,02 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,91 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 18,67 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Ověření pružné únosnosti průřezu třídy 3 dle MP kap. A2.2.11

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{m0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd} =$	1997,1	kN		$N_{Ed} =$	1801,7	
$M_{el,Rd,y} =$	231,6	kNm		$M_{y,Ed} =$	35,1	
$M_{el,Rd,z} =$	36,9	kNm		$M_{z,Ed} =$	-14,0	
$M_{el,Rd,x} =$	0,0	kNm ²		$B_{Ed} =$	0,000	kNm ²
$\frac{1801,7}{1997,1}$				$\frac{35,1}{231,6}$		
	+			$\frac{14,0}{36,9}$		
					<	1

Pro $\alpha=1,0$ **0,90** + **0,15** + **0,38** = **1,43** > 1
nevyhovuje

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,53$

Přehled zatížitelnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	DP1	DP2	DP3	DP4
N_{Ed} [kN]	1729,029	1801,74	2263,456	2320,058
M_{yEd} [kNm]	70,04	35,13	35,54	42,89
M_{zEd} [kNm]	0,65	14,00	14,00	14,00
N_{Rd} [kN]	1569,06	1997,08	2513,30	2910,39
M_{yRd} [kNm]	168,84	231,62	296,83	332,64
M_{zRd} [kNm]	18,29	36,94	60,24	78,16
využití v %	1,55	1,43	1,25	1,11
Z_{LM71}	0,6	0,53	0,71	0,87

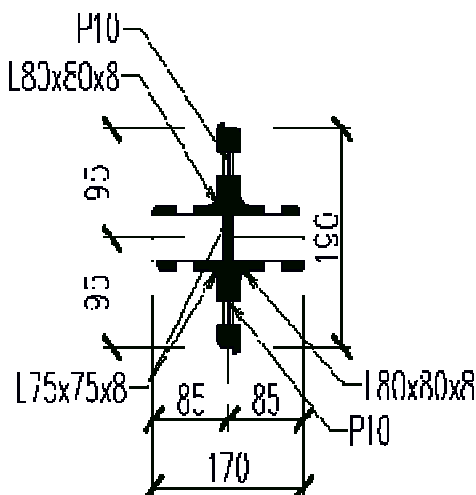
Dolní pas hl. n. nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

4.4.3. Svislice S1 – S3

Svislice S1 je nulový prut sloužící pouze jako součást celku a polorámu, její zatížitelnost není třeba dokazovat. Rozhodující je druhá svislice S2.

Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	$A = 4,96692E+03$	mm^2
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,18448E+07$	mm^4
	$I_z = 4,42772E+06$	mm^4
průřezové moduly	$e_h = 0,95$	mm
	$e_d = 0,95$	mm
	$e_f = 0,85$	mm
	$e_r = 0,85$	mm
	$W_{y,min,el} = 1,24683E+07$	mm^3
	$W_{z,min,el} = 5,20909E+06$	mm^3
	$I_w = 1,00000E-17$	mm^6
	$I_t = 2,31469E+08$	mm^4



$L = 2300,00$ mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	$f_y = 210$	MPa	$E = 2,00E+08$	kPa
	$f_u = 340$	MPa		
	$\gamma_{M,0} = 1,1$			
	$\gamma_{M,1} = 1,2$			
ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU	$\gamma_{M,2} = 1,3$		$G = 8,07E+07$	kPa
	$\epsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$			
	$b_h = 80$	mm		
	$t_{th} = 11$	mm		
	$h = 180$	mm	$c_h/t_{th} = 7,27$	$< 14,00$...Třída průřezu 3
	$t_w = 10$	mm	$h/t_w = 18,00$	$< 41,97$...Třída průřezu 3

4.4.3.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální tah N

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	1,26			44,3	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	1,21	1,00	370,1	0,0	-0,4	-0,2	0,9	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	1,21	1,00	393,9	0,0	-0,5	-0,3	1,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	-0,5	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	1,20		1,00	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	Q_W	1,50			35,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	55,6	0,0	-0,1	-0,1	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	537,4	0,0	-0,6	-0,2	1,3	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	572,0	0,0	-0,7	-0,4	1,5	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-0,5	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	Q_W	53,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	581,0	0,0	-0,7	-0,4	1,5	0,0
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	582,6	0,0	-0,7	-0,4	1,5	0,0
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	581,0	0,0	-0,7	-0,4	1,5	0,0
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	582,6	0,0	-0,7	-0,4	1,5	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	7,7	0,1	0,0	0,2	-0,1	0,0

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,6	0,0	0,0					
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_K + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_U)$	672	0	-1	-1	2	0
3 $G_K + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	668	0	-1	-1	2	0
4 $G_K + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	670	0	-1	0	2	0
5 $G_K + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	668	0	-1	-1	2	0
6 $G_K + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	670	0	-1	0	2	0
7 $G_K + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	95	0	0	0	0	0

My
1

Max 672 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	671,5	0,0	-0,8	-0,5	1,6	0,0

4.4.3.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t =$	7,02904E+15	
$\kappa =$	0,93	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	0,074 kNm	
$\tau_{t,f,Ed} =$	0,000 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	0,000 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	18,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	2250	mm ²
	$A_{v,z} =$	1910	mm ²

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	248,0	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	0,0	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	210,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	0,8	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	248,0	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	0,0	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	210,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	0,8	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,8}{210,5} = 0,00 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,98 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 3,17 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{M0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd} =$	802,3	kN		$N_{Ed} =$	671,5	
$M_{el,Rd,y} =$	2380,3	kNm		$M_{y,Ed} =$	1,6	
$M_{el,Rd,z} =$	994,5	kNm		$M_{z,Ed} =$	0,0	
$M_{el,Rd,x} =$	0,0	kNm ²		$B_{Ed} =$	0,000	kNm ²
	671,5					
	802,3	+	2380,3	+	994,5	< 1
Pro $\alpha=1,0$	0,84	+	0,00	+	0,00	= 0,84 < 1 vyhovuje

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 1,22$

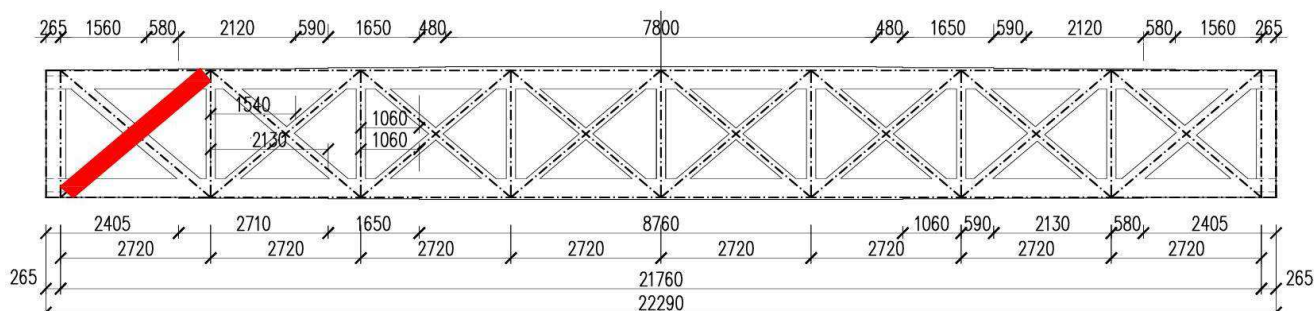
Přehled zatížitelnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	S1	S2	S3
N _{Ed} [kN]	1,89	671,50	149,61
M _{y,Ed} [kN]	2,19	1,61	1,80
M _{z,Ed} [kN]	0,00	0,00	0,00
N _{Rd} [kN]	2026,78	802,35	507,79
M _{y,Rd} [kN]	62,62	2380,30	1504,56
M _{z,Rd} [kN]	173,28	994,46	465,12
využití v %	0,04	0,84	0,30
Z _{LM71}	28,84	1,22	3,55

Svislice hl. n. vyhoví pro zatížitelnost.

4.4.4. Diagonály D1-D4

Pro posouzení tlačných diagonál hlavního nosníku je rozhodující tlačená diagonála D1 vnějšího hl. nosníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

2xL100x100x12

plocha profilu $A = 9,16981E+03 \text{ mm}^2$

A= 9,16981E+03 mm²

momenty setrvačnosti $I_y = 1,59257E+07 \text{ mm}^4$

$$I_y = 1,59257E+07 \text{ mm}^4$$
$$I_z = 3.10236E+07 \text{ mm}^4$$

$l = 3562.00 \text{ mm}$

2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 26

délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

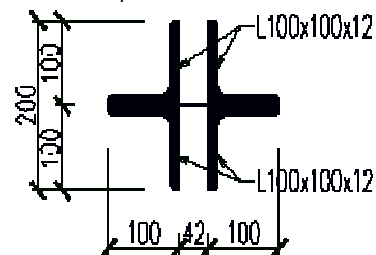
material

 $f_v = 210 \text{ MPa}$

E= 2,00E+08 kPa

 $f_u = 340 \text{ MPa}$

G= 8,07E+07 kPa

$$\gamma_{M,0}=1,1$$
$$\gamma_{M,1} = 1,2$$
$$\gamma_{M,2}=1,3$$
$$\varepsilon = (235/f_v)^{0,5} = 1,00$$


4.4.4.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální tlak N

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_S	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-131,8	0,0	-0,2	0,6	0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,20	1,21	1,00	-929,8	0,1	3,5	6,2	0,2
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,20	1,21	1,00	-1002,0	0,1	3,7	6,6	0,2
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	3,3	0,2	0,0	0,0	0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-16,3	0,0	0,1	0,1	0,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	-10,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
Vítr	X_w	1,50			-91,9	0,0	0,3	0,6	0,0

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-165,5	0,0	-0,2	0,1	0,8	0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods.síl)	$Q_{71\ st}$	-1350,1	0,1	5,0	0,8	9,0	0,3
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods.síl)	$Q_{71\ mo}$	-1454,8	0,2	5,4	0,9	9,6	0,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	3,3	0,2	0,0	-0,2	0,0	0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-19,6	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	-12,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
Vítr	Q_w	-137,9	0,0	0,5	0,1	0,9	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-1480,4	0,2	5,4	1,0	9,7	0,4
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-1476,6	0,2	5,4	1,0	9,6	0,3
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-1480,4	0,2	5,4	1,0	9,7	0,4
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-1476,6	0,2	5,4	1,0	9,6	0,3
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-8,6	0,2	0,0	-0,2	-0,1	0,1

LM-71 max

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nezatížený vlak	1,0						
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0
Vítr	0,6						
gr11	0,8	0,8	0,0				
gr12	0,8	0,8	0,0				
gr13	0,8	0,8	0,0				
gr14	0,8	0,8	0,0				
gr15	0,8	0,8	0,0				

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q)$	-1731	0	5	1	11
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1729	0	6	1	11
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1725	0	5	1	11
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1729	0	6	1	11
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1725	0	5	1	11
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-257	0	0	0	1

My
1

min -1731 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	-1730,7	0,3	5,5	1,2	11,0

4.4.4.2 Posouzení

VZPĚR					
štíhlostní poměry	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$				
	$\lambda_1 =$	93,9	=	93,9	
	$L_{cr,y} =$	1781	mm	$L_{cr} = 0,5 \times L$	
	$L_{cr,z} =$	3562	mm	$L_{cr} = 1 \times L$	
	$i_y =$	41,7	mm		
	$i_z =$	58,2	mm		
	$\underline{\lambda}_y =$	0,46	> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat		
	$\underline{\lambda}_z =$	0,65	> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat		
součinitel vzpěrnosti	$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$				
	$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$				
křivka vzpěrné pevnosti	y-y	c	$\alpha =$	0,49	$\phi =$ 0,67 $\chi_y =$ 0,87
	z-z	c	$\alpha =$	0,49	$\phi =$ 0,82 $\chi_z =$ 0,75
	$\chi_{min} =$	0,75			
	$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$				
vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	1210,03	kN	<	$N_{Ed} =$ 1730,7 kN NEVYHOVÍ
	Nevyhovuje o			0,43	%
	Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} =$			0,64	

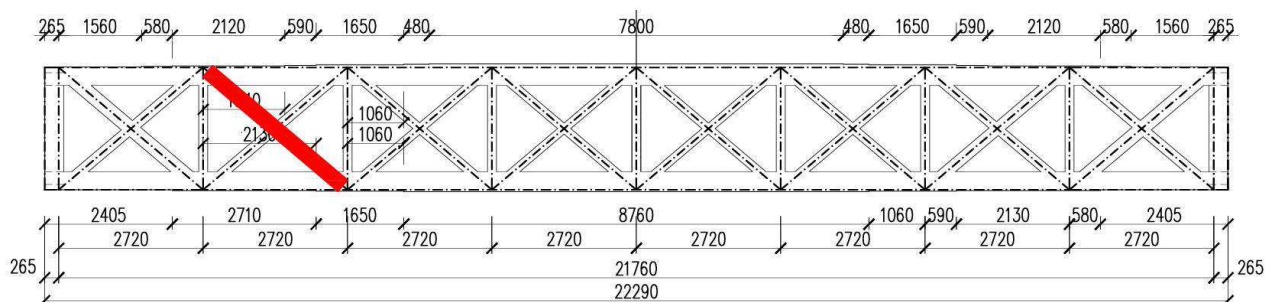
Přehled zatížitelnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	D1	D2	D3	D4
N_{Ed} [kN]	1730,661	642,41	487,268	264,7229
N_{Rd} [kN]	1210,03	959,42	884,09	656,69
využití v %	1,43	0,67	0,55	0,40
Z_{LM71}	0,64	1,55	1,90	2,55

Tlačená Diagonála D1 nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

4.4.5. Diagonály T1-T3

Pro posouzení hlavního nosníku je rozhodující tažená diagonála T2 vnějšího hl. nosníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu **2xP13x220**

plocha profilu $A = 4,74400E+03 \text{ mm}^2$

momenty setrvačnosti	$I_v =$	1,81364E+07	mm ⁴
----------------------	---------	-------------	-----------------

$$I_z = 1.05657E+06 \text{ mm}^4$$

$l = 3562.00 \text{ mm}$

L= 3502,00 mm

délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

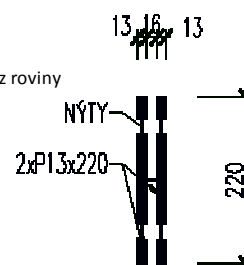
material

 $f_v = 210 \text{ MPa}$

E= 2,00E+08 kPa

 $f_{II} = 340 \text{ MPa}$

G= 8,07E+07 kPa

$$\gamma_{M,0}=1,1$$
$$\gamma_{M,1} = 1,2$$
$$\gamma_{M,2}=1,3$$


4.4.5.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální tlak N

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_S	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	1,26			50,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	Q _{71 st}	1,20	1,21	1,00	387,9	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	Q _{71 mo}	1,20	1,21	1,00	424,0	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q _{lak}	1,00		1,00	-2,5	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{NV}	1,20		1,00	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X _{Sk}	1,20		1,00	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vitr	X _w	1,50			36,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	63,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sil)	Q _{71 st}	563,3	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	Q _{71 mo}	615,6	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-2,5	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q _{Sk}	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vitr	Q _W	54,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svíslá 1	Q _{gr11-7}	632,1	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
gr12 - max. svíslá 2	Q _{gr12-7}	631,0	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	632,1	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	631,0	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q _{gr15-N}	7,1	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0

	LM-71 max						Nez. vlak	
	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	g _{r11}	g _{r12}	g _{r13}	g _{r14}	g _{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vitr	0,6							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 G _k +Q ₇₁ +(ψ ₀ *Q _{Lak} +ψ ₀ Q _{Sk} +ψ ₀ Q _W +ψ ₀ Q _T +ψ ₀ Q _u)	731	0	0	0	0	0
3 G _k +Q _{gr11-71} +(ψ ₀ Q _W +ψ ₀ Q _T)	728	0	0	0	0	0
4 G _k +Q _{gr12-71} +(ψ ₀ Q _W +ψ ₀ Q _T)	727	0	0	0	0	0
5 G _k +Q _{gr13-71} +(ψ ₀ Q _W +ψ ₀ Q _T)	728	0	0	0	0	0
6 G _k +Q _{gr14-71} +(ψ ₀ Q _W +ψ ₀ Q _T)	727	0	0	0	0	0
7 G _k +Q _{gr15-NV} +(ψ ₀ Q _W +ψ ₀ Q _T)	103	0	0	1	0	0

My
1

max 731 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	730,5	0,0	0,4	-0,3	0,0	0,0

4.4.5.2 Posouzení

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

únosnost v tahu $N_{t,Rd} = 905,67 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 725,0 \text{ kN}$ **VYHOVÍ**
 vyhovuje - využití 0,80 %
 iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 1,28$

Přehled zatížitelnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	T1	T2	T3
N _{Ed} [kN]	18,42446	730,5291	413,5347
N _{Rd} [kN]	1062,22	905,67	657,49
využití v %	0,02	0,81	0,63
Z _{LM71}	56	1,28	1,52

Tažené diagonály vyhoví pro zatížitelnost.

4.5. Brzdné ztužidlo

Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

L80x8

plocha profilu $A = 1,23000E+03 \text{ mm}^2$ momenty setrvačnosti $I_y = 7,25000E+05 \text{ mm}^4$ $I_z = 7,25000E+05 \text{ mm}^4$ $L = 3300,00 \text{ mm}$

délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny



materiál

 $f_y = 210 \text{ MPa}$ $E = 2,00E+08 \text{ kPa}$ $f_u = 340 \text{ MPa}$ $G = 8,07E+07 \text{ kPa}$ $\gamma_{M,0} = 1,1$ $\gamma_{M,1} = 1,2$ $\gamma_{M,2} = 1,3$ $\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$

4.5.1. Vnitřní síly

Tlak

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	LM71 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,00			1,1	-0,1	0,1	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,20	1,72	1,00	-5,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mo}}$	1,20	1,72	1,00	-14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	-24,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	-8,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Větr	X_w	1,50			-2,0	0,0	0,0	0,0	0,0

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,1	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. sil)	$Q_{71 \text{ st}}$	-10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71 \text{ mo}}$	-28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	-10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Větr	Q_w	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-64,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-54,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-64,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-54,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LM-71 max							
	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nezatížený vlak	1,0						
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0
Vítr	0,6						
gr_{11}	0,8	0,8	0,0				
gr_{12}	0,8	0,8	0,0				
gr_{13}	0,8	0,8	0,0				
gr_{14}	0,8	0,8	0,0				
gr_{15}	0,8	0,8	0,0				

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_{gr11-71})$	-64	0	0	0	0
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-65	0	0	0	0
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-55	0	0	0	0
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-65	0	0	0	0
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-55	0	0	0	0
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-11	0	0	0	0

M _y
3
5

min -65 kNm

4.5.2. Posouzení

MPD

VZPĚR

štíhlostní poměry $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \lambda_1$

$\lambda_1 = 93,9 \text{e} = 93,9$

$L_{cr,y} = 2300 \text{ mm}$ $L_{cr} = 1 \times L$

$L_{cr,z} = 2300 \text{ mm}$ $L_{cr} = 1 \times L$

$i_y = 24,3 \text{ mm}$

$i_z = 24,3 \text{ mm}$

$\lambda_y = 1,01$ $> 0,2$ - účinky vzpěru není možné zanedbat

$\lambda_z = 1,01$ $> 0,2$ - účinky vzpěru není možné zanedbat

součinitel vzpěrnosti $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$ $\chi \leq 1,0$

$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$

křivka vzpěrné pevnosti

y-y	c	$\alpha = 0,49$	$\phi = 1,21$	$\chi_y = 0,53$
z-z	c	$\alpha = 0,49$	$\phi = 1,21$	$\chi_z = 0,53$

$\chi_{\min} = 0,53$

$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

vzpěrná únosnost $N_{c,Rd} = 114,76 \text{ kN}$ $\geq N_{Ed} = 64,6 \text{ kN}$ **VYHOVÍ**

vyhovuje - využití 0,56 %

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 1,77$

$$N_{Ed} = 64,65 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} \times 0,28 = 1,81 \text{ kNm}$$

**KOMBINACE TLAK
+ OHYB**

	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} I_y / b \cdot f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna	$\frac{-64,6}{114,76}$	+	$\frac{1,81}{1,00 \cdot 2,22}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,56	+	0,82	=	0,25	< 1,00 Vyhovuje
Dolní vlákna	$\frac{64,6}{114,76}$	+	$\frac{1,81}{1,00 \cdot 5,50}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,56	+	0,33	=	0,89	< 1,00 Vyhovuje

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 1,11$

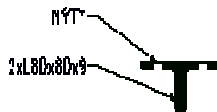
Brzdné ztužidlo vyhoví pro zatížitelnost.

4.6. Větrové ztužidlo

Rozhodující průřez je v prvním poli příhrady

Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu 2xL80x80x9

plocha profilu	A=	2,36600E+03	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,59955E+06	mm ⁴
	I _z =	3,04345E+06	mm ⁴
	L=	1724,00	mm



délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210 MPa	E=	2,00E+08 kPa
	f _u =	340 MPa	G=	8,07E+07 kPa
	γ _{M,0} =	1,1		
	γ _{M,1} =	1,2		
	γ _{M,2} =	1,3		
	ε = (235/f _y) ^{0,5} =	1,00		

4.6.1. Vnitřní síly

Charakteristické hodnoty

		γ _F	Φ _B	LM71 α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	1,00			28,7	0,0	0,2	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	Q _{71 st}	1,20	1,21	1,00	210,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	Q _{71 mo}	1,20	1,21	1,00	307,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q _{lak}	1,00		1,00	-9,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{NV}	1,20		1,00	104,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X _{Sk}	1,20		1,00	59,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	X _w	1,50			49,4	0,0	0,0	0,0	0,0

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	28,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sil)	Q _{71 st}	304,9	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	Q _{71 mo}	446,6	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	125,8	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
Boční rázy	Q _{Sk}	71,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	Q _w	74,1	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	608,1	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	581,0	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	608,1	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	581,0	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q _{gr15-N}	62,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LM-71 max

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nezatížený vlak	1,0						
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0
Větr	0,6						
g_{r11}	0,8	0,8	0,0				
g_{r12}	0,8	0,8	0,0				
g_{r13}	0,8	0,8	0,0				
g_{r14}	0,8	0,8	0,0				
g_{r15}	0,8	0,8	0,0				

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	My
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_{T1})$	692	0	0	0	0	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	681	0	0	0	0	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	654	0	0	0	0	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	681	0	0	0	0	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	654	0	0	0	0	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	136	0	0	0	0	

max 692 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	691,9	0,0	0,2	-0,4	0,0

4.6.2. Posouzení

Tah

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

vzpěrná únosnost $N_{t,Rd} = 451,69 \text{ kN} < N_{Ed} = 691,9 \text{ kN}$ **NEVYHOVÍ**
 Nevyhovuje o 0,53 %
 Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 0,61$

Větrové ztužidlo nevyhoví pro zatížitelnost a je třeba určit přechodnost!

5. Posouzení přechodnosti pro převedení traťové třídy C3/65:

5.1. Zatěžovací schéma požadované traťové třídy:

Zatížení konstrukce je shodné, mění se pouze zatěžovací schéma krátkodobého zatížení (vlakové soupravy).

5.2. Zatížení krátkodobé

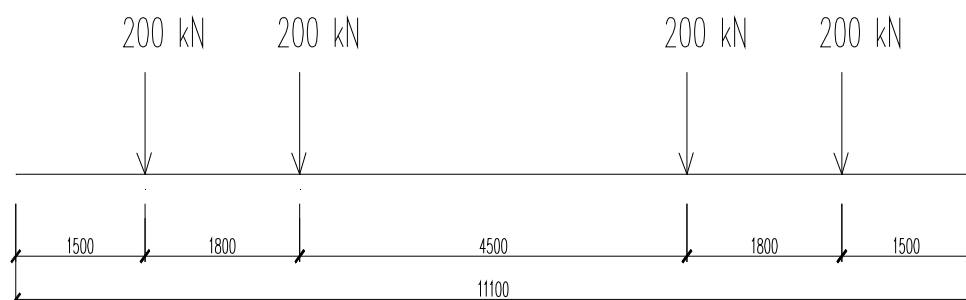
Zatěžovací schéma pro určení přechodnosti odpovídající traťové třídě C3/65:

Pro zatížení traťovou třídou uvažováno:

$$\gamma_T = 1,3$$

$$\omega = 1,0$$

δ_{f1} = viz Dynamické součinitele



Odstředivá síla

(charakt. zatížení v úrovni t.o. podélníků)

$$F = m \cdot a$$

$$a = v^2/r = (65/3,6)^2/300 = 1,09 \text{ ms}^{-2}$$

Vodorovné zatížení:

$$F_{\text{odstř,max,k}} = 20 \cdot 1,09 = 21,8 \text{ kN}$$

Svislé přitížení vnějšího nosníku:

$$F_{\text{přit.}} = 21,8 \cdot (1,9 + 0,625)/1,9 = 28,97 \text{ kN}$$

Svislá zatížení: pro maximalni posun vlevo $e = 146 \text{ mm}$

- stojící vlak

podélník A – vnitřní

$$200 \cdot 908/1900 = \mathbf{95,58 \text{ kN}}$$

podélník B – vnější

$$200 \cdot 992/1900 = 104,42 \text{ kN}$$

- jedoucí vlak

podélník A – vnitřní

$$200 \cdot 908/1900 - 28,97 = 66,61 \text{ kN}$$

podélník B – vnější

$$200 \cdot 992/1900 + 28,97 = \mathbf{133,39 \text{ kN}}$$

Svislá zatížení: pro maximalni posun vpravo $e = 18 \text{ mm}$

- stojící vlak

podélník A – vnitřní

$$200 \cdot 1072/1900 = 112,84 \text{ kN}$$

podélník B – vnější

$$200 \cdot 828/1900 = 87,16 \text{ kN}$$

- jedoucí vlak

podélník A – vnitřní

$$200 \cdot 1072/1900 - 28,97 = 83,87 \text{ kN}$$

podélník B – vnější

$$200 \cdot 828/1900 + 28,97 = \mathbf{116,13 \text{ kN}}$$

Rozjezdové a brzdné síly

Redukováno dle MP /2/ na 20kN/m, $\gamma_T = 1,3$

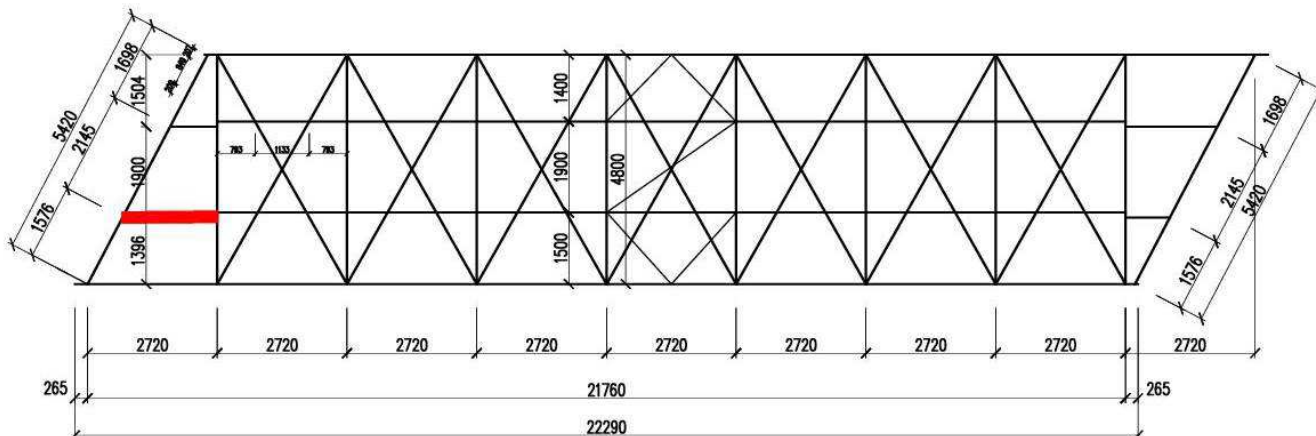
Boční rázy

Redukováno dle MP /2/ na 77kN, $\gamma_T = 1,3$

5.3. Mostovka

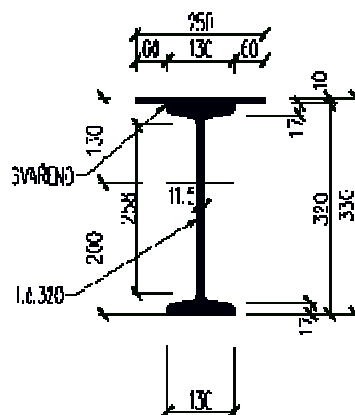
5.3.1. Podélník PO1

Pro posouzení podélníků je rozhodující řez pod druhou mostnicí.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	$A = 1,02706E+04$	mm^2
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,76477E+08$	mm^4
	$I_z = 1,85609E+07$	mm^4
průřezové moduly	$e_h = 130$	mm
	$e_d = 200$	mm
	$e_f = 125$	mm
	$e_r = 65$	mm
	$W_{y,\min,el} = 1,35752E+06$	mm^3
	$W_{z,\min,el} = 1,48487E+05$	mm^3
	$I_w = 1,95083E+08$	mm^6
	$I_t = 2,35013E+08$	mm^4



$L = 1988,00$ mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál

$f_y = 210$ MPa	$E = 2,00E+08$ kPa
$f_u = 340$ MPa	$G = 8,07E+07$ kPa
$\gamma_{M,0} = 1,1$	
$\gamma_{M,1} = 1,2$	
$\gamma_{M,2} = 1,3$	

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$\epsilon = (235/f_y)^{0,5} =$							
$= 1,00$							
$b_h =$	60 mm	tlačená č.	$c_h/t_{fh} =$	6,00	<	14,00	...Třída průřezu 3
$t_{fh} =$	10 mm						
$h =$	258 mm	ohýb.+tl.č.	$h/t_w =$	22,43	<	150,45	...Třída průřezu 3
$t_w =$	11,5 mm						
$b_d =$	59 mm	tlačená č.	$c_d/t_{fd} =$	3,47	<	14,00	...Třída průřezu 3
$t_{fd} =$	17 mm						

5.3.1.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment Mz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,00			0,0	0,4	-2,0	3,2	-1,0	0,2	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Trať. Tř. C3 stojící	Q_{Tst}	1,30	1,73	1,00	0,8	-0,9	14,2	10,1	27,3	-0,5	
Trať. Tř. C3 jedoucí	Q_{Tmov}	1,30	1,73	1,00	5,6	-6,3	12,7	9,4	26,5	-3,6	
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	0,2	-0,1	0,4	0,2	0,2	-0,1	
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	5,0	-0,6	-1,1	0,2	-0,6	-0,3	redukované dle MP
Boční rázy	X_k	1,30		1,00	17,4	-19,0	-1,0	-2,3	-0,5	-10,7	redukované dle MP
Vítr	X_w	1,50			-0,3	-1,2	-10,6	-1,1	-6,0	-0,6	redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	0,0	0,4	-2,0	3,2	-1,0	0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trať. Tř. C3 stojící	Q_{Tst}	1,8	-2,1	31,9	22,7	61,5	-1,2
Trať. Tř. C3 jedoucí	Q_{Tmov}	12,6	-14,1	28,6	21,0	59,6	-8,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	0,2	-0,1	0,4	0,2	0,2	-0,1
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	6,5	-0,7	-1,4	0,2	-0,8	-0,4
Boční rázy	Q_{Sk}	22,7	-24,6	-1,3	-3,0	-0,7	-13,9
Vítr	Q_w	-0,4	-1,7	-15,9	-1,6	-9,0	-1,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	30,5	-27,2	29,9	21,5	60,3	-15,4
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	38,6	-39,1	30,0	19,8	60,4	-22,1
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	30,5	-27,2	29,9	21,5	60,3	-15,4
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	38,6	-39,1	30,0	19,8	60,4	-22,1
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	26,2	-25,1	-1,6	-2,7	-0,9	-14,2

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	My
1 $G_k + Q_{T1} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_{wV} + \psi_0 Q_{T1} + \psi_0 Q_{wV})$	40	-40	20	22	55	-23	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_{wV} + \psi_0 Q_{T1})$	30	-28	20	24	55	-16	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_{wV} + \psi_0 Q_{T1})$	38	-40	20	22	55	-22	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_{wV} + \psi_0 Q_{T1})$	30	-28	20	24	55	-16	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_{wV} + \psi_0 Q_{T1})$	38	-40	20	22	55	-22	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_{wV} + \psi_0 Q_{T1})$	26	-26	-12	0	-6	-14	

min -23 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	40,3	-39,8	19,6	22,3	54,7	-22,5

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			1,4	-0,9	3,7	3,2	0,0	0,0	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Trať. Tř. C3 stojící	Q_{Tst}	1,30	1,73	1,00	4,7	-2,6	87,2	11,9	0,0	0,0	
Trať. Tř. C3 jedoucí	Q_{Tmov}	1,30	1,73	1,00	7,9	-4,0	97,5	11,8	0,0	0,0	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-0,4	0,2	-0,3	0,2	0,0	0,0	
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-0,8	1,1	0,6	0,5	0,0	0,0	redukováné dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	1,0	-0,5	1,3	0,0	0,0	0,0	redukováné dle MP
Vítr	X_v	1,50			7,0	-6,8	8,5	-1,0	0,0	0,0	redukováné dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,7	-1,1	4,7	4,1	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trať. Tř. C3 stojící	Q_{Tst}	10,7	-5,7	196,0	26,8	0,0	0,0
Trať. Tř. C3 jedoucí	Q_{Tmov}	17,8	-9,0	219,3	26,4	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-0,4	0,2	-0,3	0,2	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-1,1	1,5	0,8	0,6	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	1,3	-0,6	1,7	0,0	0,0	0,0
Vítr	Q_w	10,5	-10,2	12,7	-1,6	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	17,4	-7,8	221,0	27,4	0,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	18,5	-8,8	221,5	27,1	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	17,4	-7,8	221,0	27,4	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	18,5	-8,8	221,5	27,1	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	0,8	-0,4	1,5	0,2	0,0	0,0

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{T1} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	25	-15	233	31	0	0
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	24	-14	232	31	0	0
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	26	-15	233	30	0	0
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	24	-14	232	31	0	0
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	26	-15	233	30	0	0
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	8	-7	13	4	0	0

Vz
1

Max 233 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	25,2	-14,6	232,8	30,6	0,0	0,0

5.3.1.2 Posouzení

Přechodnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t=$	1386,04	
$\kappa=$	0,93	
$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed}=$	1,417 kNm	
$\tau_{t,f,Ed}=$	8,441 kPa	
$\tau_{t,w,Ed}=$	0,675 kPa	

SMYK	$h_w/t_w=$	25,3	<	$72\varepsilon/\eta=$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	------------	------	---	-----------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y}=$	4710	mm ²
	$A_{v,z}=$	3422	mm ²

plasticky $V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$

$V_{y,pl,Rd}=$	519,1	kN	>=	$V_{y,Ed}=$	14,6	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	377,2	kN	>=	$V_{z,Ed}=$	232,8	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	519,1	kN	>=	$V_{y,Ed}=$	14,6	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	377,2	kN	>=	$V_{z,Ed}=$	232,8	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{232,8}{377,2} = 0,62 > 0,5$$

NELZE ZANEDBAT

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,05 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 198,48 \approx 198 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Přechodnost pro kombinaci max Mz**Ověření pružné únosnosti průřezu třídy 3 dle MP:**

vyhovuje - využití 0,02 %

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$$

$\chi_{LT} = 1,00 < 1,0$
 $\phi_{LT} = 0,48$
 $\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3
 $\alpha_{LT}^I = 0,12$

$$M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$$

$M_{cr} = 12453,64 \text{ kNm}$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$$

$\mu_{cr} = 0,93921668$
 $C_1 = 1,13$
 $C_2 = 0,46$
 $C_3 = 0,53$
 $k_z = 1$
 $k_y = 1$
 $k_w = 1$
 $k_{wt} = 0,00$
 $\zeta_g = 4,16E-01$
 $\zeta_j = 1,01E-02$
 $z_s = 0,03 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu
 $z_a = 0,63 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu
 $z_g = 0,60 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
 $z_j = 0,01 \text{ m}$
 $M_{y,Ed} = 54,7 \text{ kNm}$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

$M_{b,Rd} = 154,42 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 54,7 \text{ kNm}$
 vyhovuje - využití 0,35 %

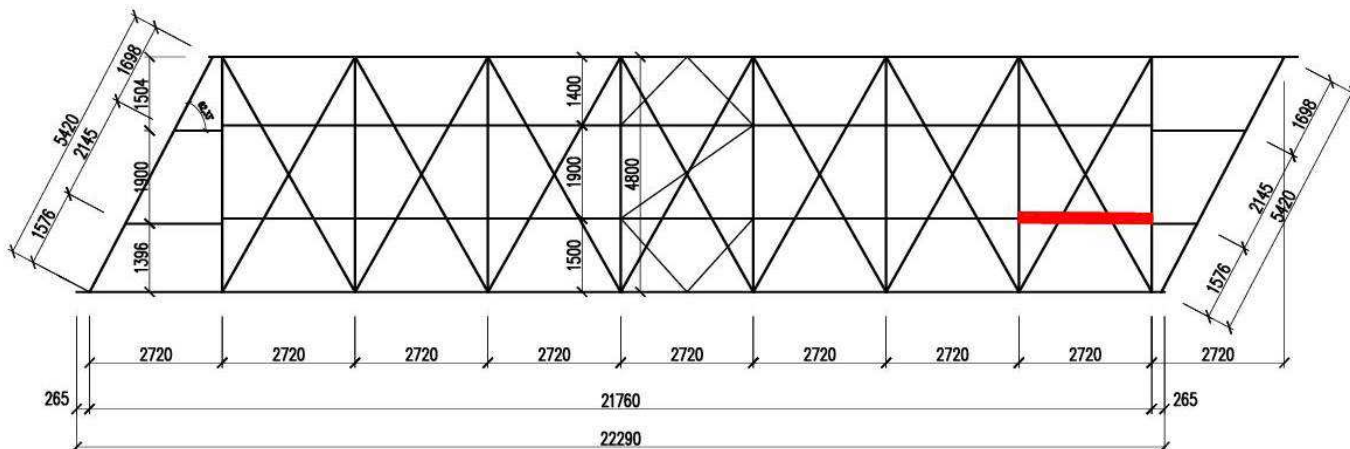
KOMBINACE TAH + OHYB

	$\frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1
Horní vlákna							
	$\frac{-40,3}{1960,75}$	+	$\frac{54,66}{1,00 \cdot 237,57}$	+	$\frac{22,50}{25,99}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	-0,02	+	0,23	+	0,87 = 1,08	>	1,00 Nevyhovuje
Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 0,92$							
Dolní vlákna							
	$\frac{40,3}{1960,75}$	+	$\frac{54,66}{1,00 \cdot 154,42}$	+	$\frac{22,50}{49,97}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	0,02	+	0,35	+	0,45 = 0,82	<	1,00 Vyhovuje

Podélníky PO1 nevyhoví pro přechodnost C3/65 a je nutné zjistit skutečnou přechodnost, případně navrhnout opatření pro přechodnosti C3/65.

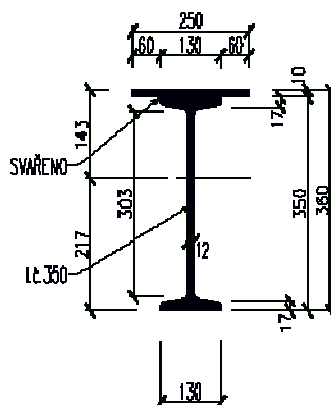
5.3.2. Podélník PO2

Pro posouzení podélníků je rozhodující poslední podélník a to ve středu rozpětí podélníku (MaxMy).



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,09718E+04	mm ²
momenty setrvačnos	I _y =	2,22789E+08	mm ⁴
	I _z =	1,88194E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _n =	143	mm
	e _d =	217	mm
	e _i =	125	mm
	e _r =	65	mm
	W _{y,min,eI} =	1,02668E+06	mm ³
	W _{z,min,eI} =	1,50555E+05	mm ³
	I _w =	6,04378E+11	mm ⁶
	I _t =	2,35013E+08	mm ⁴



L= 2720,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210 MPa	E=	2,00E+08 kPa
	f _u =	340 MPa	G=	8,07E+07 kPa
	γ _{M,0} =	1,1		
	γ _{M,1} =	1,2		
	γ _{M,2} =	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

ε=	(235/f _y) ^{0,5} =				
=	1,00				
b _n =	60 mm	tlačená č.	c _n /t _{fn} =	6,00	< 42,00 ...Třída průřezu 3
t _{fn} =	10 mm				
h=	303 mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	25,25	< 40,92 ...Třída průřezu 3
t _w =	12 mm				
b _d =	59 mm	tlačená č.	c _d /t _{fd} =	3,47	< 14,00 ...Třída průřezu 3
t _{fd} =	17 mm				

5.3.2.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			13,2	1,8	1,1	1,4	5,4	-0,1	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,71	1,00	39,7	4,9	-30,8	3,3	82,2	0,3	
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,30	1,71	1,00	39,7	4,9	-30,8	3,3	82,2	0,3	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-1,6	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	10,3	5,1	4,2	2,0	2,4	0,0	redukován dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	20,7	10,5	0,2	2,1	1,9	-4,2	redukován dle MP
Vítr	X_w	1,50			8,2	1,2	-1,2	0,8	9,0	0,0	redukován dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	16,6	2,3	1,3	1,7	6,8	-0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	88,3	10,8	-68,6	7,4	182,7	0,6
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71\ mo}$	88,3	10,8	-68,4	7,4	182,7	0,6
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,6	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	13,4	6,6	5,5	2,6	3,1	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	26,9	13,7	0,3	2,7	2,4	-5,5
Vítr	Q_w	12,4	1,7	-1,8	1,3	13,5	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	115,1	24,3	-62,9	11,3	187,1	-2,2
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	121,8	27,8	-65,5	11,4	186,7	-4,9
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	115,1	24,3	-62,9	11,3	187,1	-2,2
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	121,8	27,8	-65,5	11,4	186,7	-4,9
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	32,0	17,1	3,1	4,2	4,1	-5,5

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 \cdot Q_{Sk} + \psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T + \psi_0 \cdot Q_u)$	149	33	-63	15	201	-5
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	138	27	-63	14	201	-2
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	145	31	-65	14	200	-5
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	138	27	-63	14	201	-2
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	145	31	-65	14	200	-5
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	55	20	3	7	18	-6

My
1

Max 201 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	148,6	33,0	-63,5	14,5	201,2	-5,0

Kombinace pro maximální ohybový moment Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			18,0	0,4	-7,5	0,7	1,1	-0,1	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Trať. Tř. C3 stojící	Q_{Tst}	1,30	1,71	1,00	68,6	-2,6	-115,6	2,0	17,6	0,4	
Trať. Tř. C3 jedoucí	Q_{Tmov}	1,30	1,71	1,00	75,1	-1,4	-131,5	3,5	20,1	0,2	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-0,3	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-14,4	0,9	-0,9	-0,1	0,1	-0,1	redukované dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	8,6	5,7	-2,5	1,2	0,4	-0,9	redukované dle MP
Vítr	X_w	1,50			6,0	0,6	-12,7	1,2	1,9	-0,1	redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	22,6	0,5	-9,4	0,9	1,4	-0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.s)	Q_{71st}	152,6	-5,7	-257,0	4,5	39,2	0,9
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.s)	Q_{71mov}	167,0	-3,2	-292,2	7,9	44,6	0,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-0,3	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-18,7	1,2	-1,2	-0,1	0,2	-0,2
Boční rázy	Q_{Sk}	11,2	7,4	-3,3	1,6	0,5	-1,1
Vítr	Q_w	9,0	0,8	-19,1	1,8	2,9	-0,1
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	153,9	-0,8	-295,1	8,5	45,0	0,1
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	168,8	2,3	-296,1	9,4	45,2	-0,3
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	153,9	-0,8	-295,1	8,5	45,0	0,1
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	168,8	2,3	-296,1	9,4	45,2	-0,3
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	1,6	8,1	-3,8	1,4	0,6	-1,2

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_U)$	190	4	-315	11	48	-1	1
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	181	0	-314	10	48	0	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	196	3	-315	11	48	0	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	181	0	-314	10	48	0	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	196	3	-315	11	48	0	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	29	9	-23	3	3	-1	

Min -315 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	190,3	3,6	-315,4	11,1	48,1	-0,5

5.3.2.2 Posouzení Přechodnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t =$	34,07	
$\kappa =$	0,92	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	0,586 kNm	
$\tau_{t,f,Ed} =$	2,045 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	0,188 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	25,3	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	4710	mm ²
	$A_{v,z} =$	3419	mm ²

$$\text{plasticky} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	519,1	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	3,6	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	376,8	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	315,4	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	519,1	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	3,6	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	376,8	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	315,4	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{315,4}{376,8} = 0,84 > 0,5$$

NELZE ZANEDBAT

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,45 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 114,66 \approx 114 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_I = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{M0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd} =$	1112,6	kN		$N_{Ed} =$	190,3	
$M_{el,Rd,y} =$	103,4	kNm		$M_{y,Ed} =$	48,1	
$M_{el,Rd,z} =$	15,3	kNm		$M_{z,Ed} =$	-0,5	
$M_{el,Rd,x} =$	0,0	kNm ²		$B_{Ed} =$	0,000	kNm ²
	190,3					
	1112,6	+	103,4	+	0,5	< 1

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad 0,17 + 0,47 + 0,04 = 0,67 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Iteračním způsobem vypočteno } Z_{LM71} = 1,07$$

Přechodnost pro kombinaci max My

Ověření pružné únosnosti průřezu třídy 3 dle MP:

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUCENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t =$	3,32497E+01	
	$\kappa =$	0,92	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	10,634 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed} =$	18,870 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	1,743 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	25,3	<	$72e/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	---	--------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	2250	mm ²
	$A_{v,z} =$	3419	mm ²

$$\text{plasticky} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	248,0	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	33,0	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	376,8	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	63,5	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	248,0	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	33,0	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	376,8	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	63,5	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$f_y =$	210
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,44
$(1-\rho) \cdot f_y =$	117,64 \approx 210 Mpa

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{63,5}{376,8} = 0,17 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

KLOPENÍ $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$

$\chi_{LT} = 1,00 < 1,0$

$\phi_{LT} = 0,47$

$\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3

$\alpha_{LT}^I = 0,10$

$M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$

$M_{cr} = 20160,45 \text{ kNm}$

$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$

$\mu_{cr} = 0,839816968$

$C_1 = 1,13$

$C_2 = 0,46$

$C_3 = 0,53$

$k_z = 1$

$k_y = 1$

$k_w = 1$

$k_{wt} = 0,23$

$\zeta_g = 7,53E-01$

$\zeta_j = 2,01E-02$

$z_s = 0,03 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

$z_a = 0,63 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_g = 0,60 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$z_j = 0,02 \text{ m}$

$M_{y,Ed} = 201,2 \text{ kNm}$

$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 179,67 \text{ kNm} < M_{y,Ed} = 201,2 \text{ kNm}$

Nevyhovuje o 0,12 %

KOMBINACE**N + My + Mz**

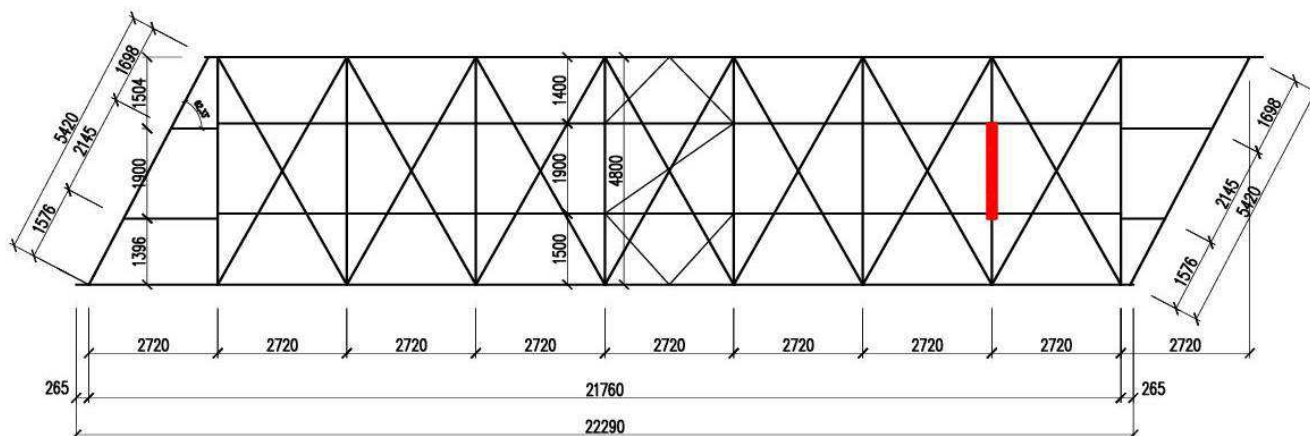
	$\frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna								
	$\frac{-148,6}{2094,61}$	+	$\frac{201,19}{1,00 \cdot 272,64}$	+	$\frac{5,01}{26,35}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,07	+	0,74	+	0,19	=	0,86	< 1,00 Vyhovuje
Dolní vlákna								
	$\frac{148,6}{2094,61}$	+	$\frac{201,19}{1,00 \cdot 179,67}$	+	$\frac{5,01}{50,67}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,07	+	1,12	+	0,10	=	1,29	> 1,00 Nevhovuje

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 0,76$

Podélníky PO2 nevyhoví pro přechodnost C3/65 a je nutné zjistit skutečnou přechodnost, případně navrhnout opatření pro přechodnosti C3/65.

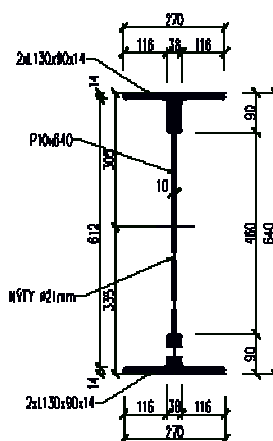
5.3.3. Příčníky PR2

Pro posouzení příčníků je rozhodující druhý příčník PR2 v místě připojení vnějšího podélníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,68419E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,17999E+09	mm ⁴
	I _z =	4,62176E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	305	mm
	e _d =	335	mm
	e _f =	135	mm
	e _f =	135	mm
	W _{y,min,e} =	3,52237E+06	mm ³
	W _{z,min,e} =	3,42352E+05	mm ³
	I _w =	4,49943E+12	mm ⁶
	I _t =	6,97920E+05	mm ⁴



L= 4800,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210 MPa	E=	2,00E+08 kPa
	f _u =	340 MPa	G=	8,07E+07 kPa
	γ _{M,0} =	1,1		
	γ _{M,1} =	1,2		
	γ _{M,2} =	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\varepsilon = (235/f_y)^{0.5} = 1,00$$

b _h =	115 mm	tlačená č.	c _t /t _{th} =	8,21	<	42,00	...Třída průřezu 3
t _{th} =	14 mm						
h=	460 mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	46,00	<	112,10	...Třída průřezu 3
t _w =	10 mm						
b _d =	115 mm	tlačená č.	c _d /t _{td} =	8,21	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{td} =	14 mm						

5.3.3.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment M_y

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-9,5	-0,3	-8,7	-2,0	12,5	0,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,60	1,00	-97,4	-1,2	-148,9	-7,6	196,3	1,8
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,30	1,60	1,00	-93,9	-0,4	-137,2	-1,7	179,7	0,6
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-1,6	-0,1	-0,8	-0,8	0,3	0,2
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-4,9	-0,9	-1,5	-0,1	1,9	1,4
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	2,5	-0,3	-1,0	-0,6	2,1	0,5
Vítr	X_w	1,50			-12,3	-0,2	-18,4	-1,5	24,5	0,3

redukován dle MP

redukován dle MP

redukován dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-12,0	-0,4	-10,9	-2,5	15,7	0,6
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	-202,6	-2,6	-309,7	-15,9	408,3	3,8
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	-195,4	-0,8	-285,3	-3,6	373,8	1,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,6	-0,1	-0,8	-0,8	0,3	0,2
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-6,4	-1,2	-1,9	-0,2	2,5	1,8
Boční rázy	Q_{Sk}	3,2	-0,4	-1,3	-0,8	2,7	0,6
Vítr	Q_w	-18,4	-0,3	-27,6	-2,2	36,8	0,5
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-207,4	-4,0	-312,2	-16,4	412,2	6,0
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-202,6	-3,6	-311,9	-16,7	412,3	5,4
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-207,4	-4,0	-312,2	-16,4	412,2	6,0
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-202,6	-3,6	-311,9	-16,7	412,3	5,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-1,6	-1,1	-3,0	-1,7	4,3	1,7

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-226	-4	-337	-20	447	7
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-229	-5	-337	-20	446	7
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-224	-4	-337	-20	446	6
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-229	-5	-337	-20	446	7
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-224	-4	-337	-20	446	6
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-23	-2	-28	-5	38	3

My [kNm]
1

Max 447 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-225,7	-4,5	-337,1	-20,4	447,2	6,7

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-11,2	-0,8	8,3	-2,1	8,2	-0,9	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,60	1,00	-83,1	-3,1	159,3	-10,6	165,2	-3,7	
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mov}$	1,30	1,60	1,00	-83,5	-3,3	171,2	-16,0	179,0	-4,0	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-0,8	0,1	-0,6	0,7	0,3	0,1	
Rozjezdové a brzdové síly	Q_{NV}	1,30		1,00	0,2	-4,9	-0,5	0,1	0,1	-5,9	redukován dle MP
Boční rázy	Q_{Sk}	1,30		1,00	0,7	-0,2	1,1	-1,1	1,4	-0,3	redukován dle MP
Větr	Q_w	1,50			-12,9	-0,5	18,9	-1,8	19,3	-0,6	redukován dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-14,1	-1,0	10,4	-2,7	10,3	-1,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sí)	$Q_{71\ st}$	-172,7	-6,4	331,3	-22,0	343,6	-7,7
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sí)	$Q_{71\ mov}$	-173,7	-6,8	356,0	-33,3	372,4	-8,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-0,8	0,1	-0,6	0,7	0,3	0,1
Rozjezdové a brzdové síly	Q_{Lak}	0,2	-6,4	-0,7	0,1	0,1	-7,7
Boční rázy	Q_{Sk}	0,9	-0,3	1,5	-1,4	1,9	-0,4
Větr	Q_w	-19,4	-0,8	28,4	-2,7	28,9	-1,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-173,0	-13,4	356,1	-33,9	373,4	-16,1
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-172,7	-10,3	357,2	-34,7	374,3	-12,4
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-173,0	-13,4	356,1	-33,9	373,4	-16,1
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-172,7	-10,3	357,2	-34,7	374,3	-12,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	0,2	-3,4	0,6	-0,7	2,2	-4,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdové síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Větr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 \cdot Q_{Sk} + \psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T + \psi_0 \cdot Q_u)$	-196	-14	382	-39	399	-16	
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-197	-15	381	-38	398	-18	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-196	-12	382	-39	399	-14	4
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-197	-15	381	-38	398	-18	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-196	-12	382	-39	399	-14	6
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-24	-5	25	-5	27	-6	

Max 382 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
4	-196,4	-11,7	381,8	-38,7	399,1	-14,1

5.3.3.2 Posouzení

Přechodnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t=$	1,20	
$\kappa=$	0,09	
$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed}=$	21,875 kNm	
$\tau_{t,f,Ed}=$	0,692 kPa	
$\tau_{t,w,Ed}=$	6,627 kPa	

SMYK	$h_w/t_w=$	34,0	<	$72\varepsilon/\eta=$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	------------	------	---	-----------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y}=$	7000	mm ²
	$A_{v,z}=$	8584	mm ²

$$\text{plasticky } V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd}=$	771,5	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	11,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	946,1	kN	\geq	$V_{z,Ed}=$	381,8	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	771,5	kN	\geq	$V_{y,Ed}=$	11,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	946,1	kN	\geq	$V_{z,Ed}=$	381,8	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{381,8}{946,1} = 0,40 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,04 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 202,18 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{m0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd}=$	3215,3	kN		$N_{Ed}=$	-196,4	
$M_{el,Rd,y}=$	738,6	kNm		$M_{y,Ed}=$	399,1	
$M_{el,Rd,z}=$	65,4	kNm		$M_{z,Ed}=$	-14,1	
$M_{el,Rd,x}=$	0,0	kNm ²		$B_{Ed}=$	0,000	kNm ²
$\frac{196,4}{3215,3}$			+	$\frac{399,1}{738,6}$		
			+	$\frac{14,1}{65,4}$		
					<	1

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad 0,06 + 0,54 + 0,22 = 0,82 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{Iteračním způsobem vypočteno } Z_{C3} = 1,24$$

Přechodnost pro kombinaci max My

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t =$	1,20085E+00	
	$\kappa =$	0,09	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	253,038 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed} =$	0,266 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	2,546 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	46,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7560	mm ²
	$A_{v,z} =$	8584	mm ²

plasticky $V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$

$V_{y,pl,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	4,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	946,1	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	337,1	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	4,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	946,1	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	337,1	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$f_y =$	210		
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,08		
$(1 - \rho) \cdot f_y =$	192,66	\approx	210 Mpa

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{337,1}{946,1} = 0,36 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

VZPĚR

štíhlostní poměry $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$

$$\lambda_1 = 93,9 \text{e} = 93,9$$

$$L_{cr,y} = 4800 \text{ mm} \quad L_G = 1 \times L$$

$$L_{cr,z} = 1900 \text{ mm} \quad L_G = 1 \times L$$

$$i_y = 264,7 \text{ mm}$$

$$i_z = 52,4 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,19 < 0,2 - \text{účinky vzpěru je možné zanedbat a posuzovat pouze průřez na prostý tlak}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,39 > 0,2 - \text{účinky vzpěru není možné zanedbat}$$

součinitel vzpěrnosti $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,52	$\chi_y =$	1,00
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,65	$\chi_z =$	0,86

$$\chi_{min} = 0,86$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	2535,56	kN	>=	$N_{Ed} =$	225,7	kN	VYHOVÍ
								vyhovuje - využití 0,09 %

KLOPENÍ $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$

$\chi_{LT} = 0,93 < 1,0$

$\phi_{LT} = 0,58$

$\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3

$\alpha_{LT}^I = 0,29$

$M_{\sigma} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$

$M_{\sigma} = 8746,69 \text{ kNm}$

$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$

$\mu_{cr} = 7,33144393$

$C_1 = 1,13$

$C_2 = 0,46$

$C_3 = 0,53$

$k_z = 1$

$k_y = 1$

$k_w = 1$

$k_{wt} = 6,61$

$\zeta_g = -6,35E-01$

$\zeta_j = -9,28E-01$

$z_s = 0,03 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

$z_a = 0,00 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_g = -0,03 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$z_j = -0,04 \text{ m}$

$M_{y,Ed} = 447,2 \text{ kNm}$

$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 573,46 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 447,2 \text{ kNm}$

vyhovuje - využití 0,78 %

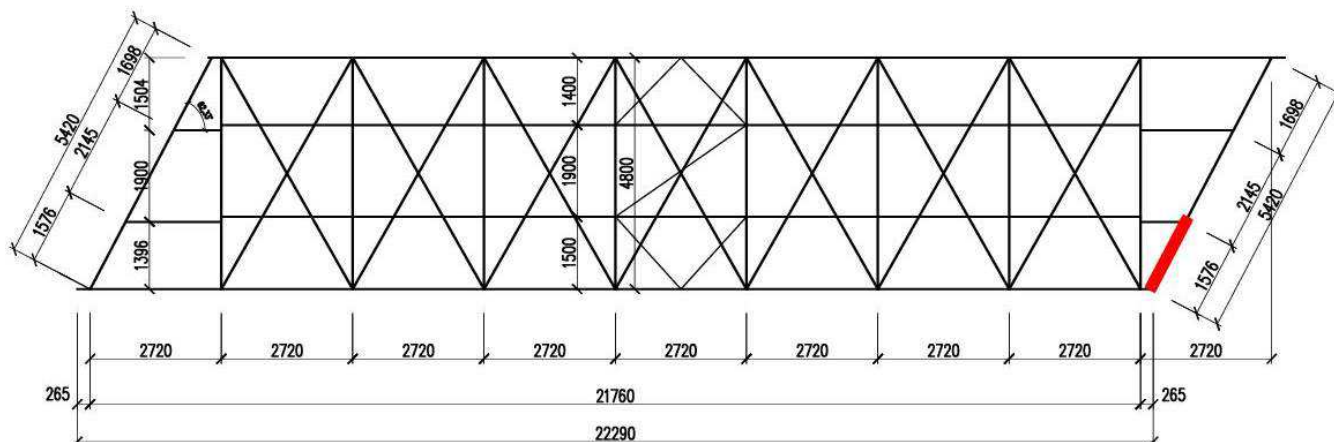
KOMBINACE**N + My + Mz**

	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1
Horní vlákna							
	$\frac{225,7}{2535,56}$	+	$\frac{447,15}{0,93 \cdot 677,05}$	+	$\frac{6,73}{59,91}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	0,09	+	0,71	+	0,11 = 0,91	<	1,00 Vyhovuje
Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 1,1$							
Dolní vlákna							
	$\frac{-225,7}{2535,56}$	+	$\frac{447,15}{0,93 \cdot 616,41}$	+	$\frac{6,73}{59,91}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	-0,09	+	0,78	+	0,11 = 0,80	<	1,00 Vyhovuje

Průřez příčníku PR2 vyhoví pro přechodnost C3/65.

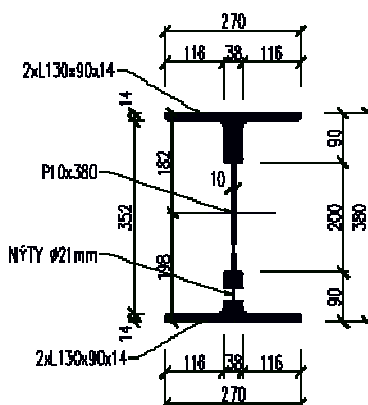
5.3.4. Šikmé příčníky PRS1

Rozhodující průřez uprostřed proměnného prutu PRS1.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	$A = 1,44309E+04 \text{ mm}^2$
momenty setrvačnosti	$I_y = 3,58113E+08 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,61976E+07 \text{ mm}^4$
průřezové moduly	$e_h = 182 \text{ mm}$ $e_d = 198 \text{ mm}$ $e_l = 135 \text{ mm}$ $e_r = 135 \text{ mm}$ $W_{y,min,el} = 1,80865E+06 \text{ mm}^3$ $W_{z,min,el} = 3,42205E+05 \text{ mm}^3$ $I_w = 1,53805E+12 \text{ mm}^6$ $I_t = 6,11253E+05 \text{ mm}^4$



$L = 2145,00 \text{ mm}$ délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál

$f_y = 210 \text{ MPa}$	$E = 2,00E+08 \text{ kPa}$
$f_u = 340 \text{ MPa}$	$G = 8,07E+07 \text{ kPa}$
$\gamma_{M,0} = 1,1$	
$\gamma_{M,1} = 1,2$	
$\gamma_{M,2} = 1,3$	

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} =$						
$= 1,00$						
$b_h =$	116 mm	tlačená č.	$c_h/t_{th} =$	8,29	< 42,00	...Třída průřezu 3
$t_{th} =$	14 mm					
$h =$	290 mm	ohýb.+ tl.č.	$h/t_w =$	29,00	< 43,46	...Třída průřezu 3
$t_w =$	10 mm					
$b_d =$	116 mm	tlačená č.	$c_d/t_{td} =$	8,29	< 14,00	...Třída průřezu 3
$t_{td} =$	14 mm					

5.3.4.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment M_y

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-4,6	-0,2	14,9	3,8	-14,2	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,74	1,00	-14,9	-1,3	59,5	13,9	-62,3	0,9
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,30	1,74	1,00	-114,2	7,6	65,3	15,8	-69,8	0,6
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	17,8	-1,6	-1,5	-0,7	1,8	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-10,8	-0,4	32,0	11,1	-35,5	0,3
Boční rázy	Q_{Sk}	1,30		1,00	-80,6	7,4	4,3	1,2	-6,1	-0,3
Vítr	Q_w	1,50			-2,5	-0,2	8,3	2,1	-7,7	0,2

redukované dle MP

redukované dle MP

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-5,7	-0,3	18,7	4,8	-17,8	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	-33,6	-3,0	134,7	31,4	-140,9	2,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	-258,4	17,3	147,8	35,6	-157,9	1,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	17,8	-1,6	-1,5	-0,7	1,8	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-14,1	-0,5	41,6	14,5	-46,1	0,4
Boční rázy	Q_{Sk}	-104,8	9,6	5,5	1,5	-7,9	-0,4
Vítr	Q_w	-3,7	-0,3	12,4	3,1	-11,6	0,2
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-324,9	21,5	192,2	50,9	-208,0	2,2
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-370,2	26,6	174,1	44,4	-188,9	1,8
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-324,9	21,5	192,2	50,9	-208,0	2,2
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-370,2	26,6	174,1	44,4	-188,9	1,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-94,1	7,8	24,9	8,1	-29,2	-0,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5	0,5	0,0					
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-382	26	212	55	-226	2
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-332	21	217	57	-232	3
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-378	26	199	51	-213	2
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-332	21	217	57	-232	3
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-378	26	199	51	-213	2
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-102	7	50	14	-53	0

My
3
5

Min -232 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	-332,5	21,1	217,1	57,2	-231,6	2,6

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-4,6	-0,2	14,9	3,8	-14,2	0,3	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,30	2,00	1,00	-14,9	-1,3	59,5	13,9	-62,3	0,9	
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mov}}$	1,30	2,00	1,00	-111,9	7,5	65,4	15,7	-69,5	0,6	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	17,8	-1,6	-1,5	-0,7	1,8	0,0	
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-10,8	-0,4	32,0	11,1	-35,5	0,3	redukované dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	-76,9	6,9	4,3	0,7	-5,9	-0,2	redukované dle MP
Vítr	X_w	1,50			-2,5	-0,2	8,3	2,1	-7,7	0,2	redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-5,7	-0,3	18,7	4,8	-17,8	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. síl)	$Q_{71 \text{ st}}$	-38,6	-3,5	154,8	36,1	-161,9	2,3
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. síl)	$Q_{71 \text{ mov}}$	-290,8	19,5	170,1	40,8	-180,6	1,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	17,8	-1,6	-1,5	-0,7	1,8	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-14,1	-0,5	41,6	14,5	-46,1	0,4
Boční rázy	Q_{Sk}	-100,0	9,0	5,6	0,9	-7,6	-0,3
Vítr	Q_w	-3,7	-0,3	12,4	3,1	-11,6	0,2
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-354,9	23,5	214,5	55,7	-230,6	2,5
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-397,8	28,2	196,6	49,0	-211,3	2,1
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-354,9	23,5	214,5	55,7	-230,6	2,5
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-397,8	28,2	196,6	49,0	-211,3	2,1
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-89,3	7,2	25,0	7,5	-28,9	-0,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vz
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-410	28	234	60	-249	3	
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-362	23	239	62	-254	3	3
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-405	28	221	55	-235	3	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-362	23	239	62	-254	3	5
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-405	28	221	55	-235	3	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-97	7	50	14	-52	0	

Max 239 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	-362,5	23,1	239,5	62,1	-254,1	2,9

5.3.4.2 Posouzení

Přechodnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t =$	0,86	
$\kappa =$	0,05	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	36,817 kNm	
$\tau_{t,f,Ed} =$	0,734 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	13,676 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	29,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7560	mm ²
	$A_{v,z} =$	3380	mm ²

$$\text{plasticky } V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	833,3	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	23,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	372,5	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	239,5	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	833,3	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	23,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	372,5	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	239,5	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{239,5}{372,5} = 0,64 > 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{C3} = 1,00$

NELZE ZANEDBAT

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,08 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 192,87 \approx 192 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{m0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd} =$	2518,9	kN		$N_{Ed} =$	-362,5	
$M_{el,Rd,y} =$	315,7	kNm		$M_{y,Ed} =$	-254,1	
$M_{el,Rd,z} =$	59,7	kNm		$M_{z,Ed} =$	2,9	
$M_{el,Rd,x} =$	0,0	kNm ²		$B_{Ed} =$	0,000	kNm ²
$\frac{362,5}{2518,9}$	+	$\frac{254,1}{315,7}$	+	$\frac{2,9}{59,7}$	<	1

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad 0,14 + 0,81 + 0,05 = 1,00 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Přechodnost pro kombinaci max My

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t =$	8,58963E-01	
	$\kappa =$	0,05	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	137,383 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed} =$	0,672 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	12,519 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	29,0	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7560	mm ²
	$A_{v,z} =$	3380	mm ²

plasticky $V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$

$V_{y,pl,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	21,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	372,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	217,1	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	833,3	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	21,1	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	372,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	217,1	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$f_y =$	210
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,03
$(1-\rho) \cdot f_y =$	204,25
	≈ 204 Mpa

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{e,Rd}} = \frac{217,1}{372,5} = 0,58 > 0,5$$

NELZE ZANEDBAT

VZPĚŘ

štíhlostní poměry $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$

$$\lambda_1 = 93,9 \text{e} = 93,9$$

$$L_{cr,y} = 1600 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$L_{cr,z} = 1600 \text{ mm} \quad L_{cr} = 1 \times L$$

$$i_y = 157,5 \text{ mm}$$

$$i_z = 56,6 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,11 < 0,2 \text{ - účinky vzpěru je možné zanedbat a posuzovat pouze průřez na prostý tlak}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,30 > 0,2 \text{ - účinky vzpěru není možné zanedbat}$$

součinitel vzpěrnosti $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,47	$\chi_y =$	1,00
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,58	$\chi_z =$	0,92

$$\chi_{min} = 0,92$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	2329,94	kN	>=	$N_{Ed} =$	332,5	kN	VYHOVÍ
						0,14	%	

vyhovuje - využití

KLOPENÍ $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$

$\chi_{LT} = 0,98 < 1,0$

$\phi_{LT} = 0,53$

$\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3

$\alpha_{LT}^I = 0,22$

$M_{\sigma} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$

$M_{\sigma} = 7508,00 \text{ kNm}$

$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$

$\mu_{cr} = 5,663983787$

$C_1 = 1,13$

$C_2 = 0,46$

$C_3 = 0,53$

$k_z = 1$

$k_y = 1$

$k_w = 1$

$k_{wt} = 4,90$

$\zeta_g = -8,06E-01$

$\zeta_j = -6,84E-01$

$z_s = 0,03 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

$z_a = 0,00 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_g = -0,03 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$z_j = -0,03 \text{ m}$

$M_{y,Ed} = -231,6 \text{ kNm}$

$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 310,33 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = -231,6 \text{ kNm}$

vyhovuje - využití -0,75 %

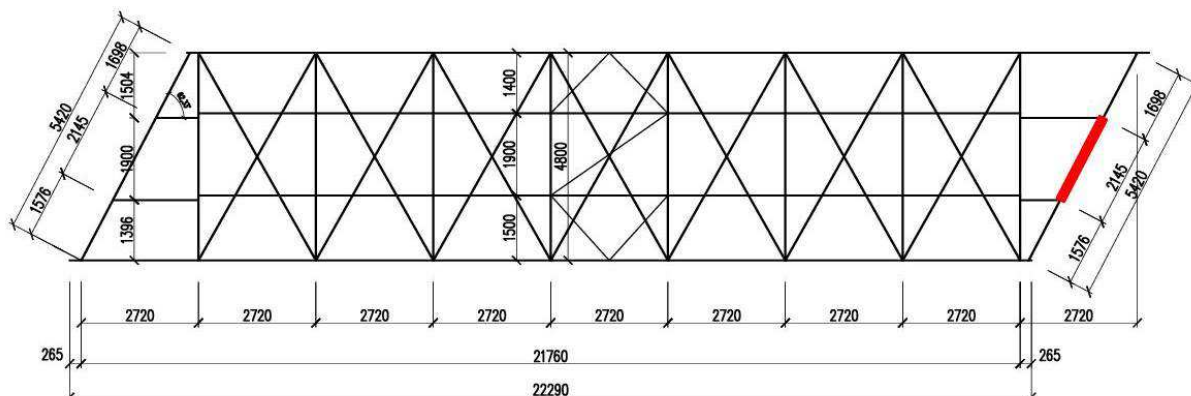
**KOMBINACE TLAK
+ OHYB**

	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1
Horní vlákna	$\frac{332,5}{2329,94}$	+	$\frac{231,61}{0,98 \cdot 334,50}$	+	$\frac{2,64}{58,17}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	0,14	+	0,71	+	0,05 = 0,89	<	1,00 Vyhovuje
					Iteračním způsobem vypočteno $Z_{LM71} = 1,08$		
Dolní vlákna	$\frac{-332,5}{2329,94}$	+	$\frac{231,61}{0,98 \cdot 307,47}$	+	$\frac{2,64}{58,17}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	-0,14	+	0,77	+	0,05 = 0,67	<	1,00 Vyhovuje

Podélníky PRS1 vyhoví pro přechodnost C3/65.

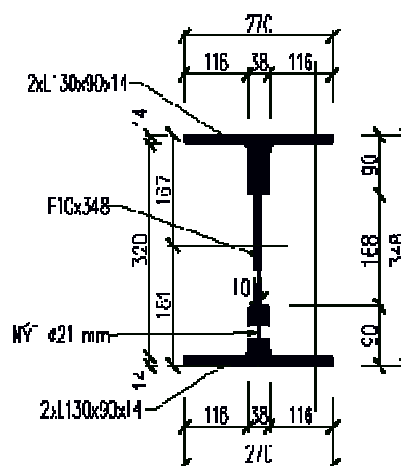
5.3.5. Šikmé příčníky PRS2

Rozhodující průřez v místě napojné podélníku na prut PRS2.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,41109E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	2,92464E+08	mm ⁴
	I _z =	4,61950E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	167	mm
	e _d =	181	mm
	e _f =	135	mm
	e _r =	135	mm
	W _{y,min,eI} =	1,75128E+06	mm ³
	W _{z,min,eI} =	3,42185E+05	mm ³
	I _w =	1,28086E+12	mm ⁶
	I _t =	6,00587E+05	mm ⁴



L= 2145,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210 MPa	E=	2,00E+08 kPa
	f _u =	340 MPa	G=	8,07E+07 kPa
	γ _{M,0} =	1,1		
	γ _{M,1} =	1,2		
	γ _{M,2} =	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} = 1,00$$

b _h =	116 mm	tlačená č.	c _h /t _{th} =	8,29	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{th} =	14 mm						
h=	258 mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	25,80	<	81,20	...Třída průřezu 3
t _w =	10 mm						
b _d =	116 mm	tlačená č.	c _d /t _{rd} =	8,29	<	14,00	...Třída průřezu 3
t _{rd} =	14 mm						

5.3.5.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment Mz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-4,4	-1,1	-12,7	3,5	8,4	0,8
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	2,00	1,00	-12,2	-4,1	-57,5	11,1	33,6	3,7
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,30	2,00	1,00	-109,1	-14,9	-63,2	12,4	37,3	4,7
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	17,7	2,0	1,5	-0,6	-0,8	-0,2
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-10,5	-2,6	-31,4	9,6	16,3	2,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	-77,4	-9,2	-4,0	0,8	1,9	1,6
Vítr	X_w	1,50			-2,4	-0,7	-8,3	2,0	5,9	0,6

redukované dle MP

redukované dle MP

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-5,6	-1,4	-15,9	4,4	10,6	1,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sil)	$Q_{71\ st}$	-31,7	-10,5	-149,4	28,8	87,5	9,7
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	-283,6	-38,8	-164,3	32,1	97,0	12,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	17,7	2,0	1,5	-0,6	-0,8	-0,2
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-13,7	-3,3	-40,8	12,5	21,2	2,7
Boční rázy	Q_{Sk}	-100,7	-12,0	-5,2	1,0	2,5	2,1
Vítr	Q_w	-3,6	-1,0	-12,4	3,0	8,9	0,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-347,7	-48,1	-207,7	45,1	119,4	16,1
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-391,2	-52,4	-189,9	39,4	110,1	15,8
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-347,7	-48,1	-207,7	45,1	119,4	16,1
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-391,2	-52,4	-189,9	39,4	110,1	15,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-89,8	-11,6	-24,2	6,6	12,3	3,3

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr11	gr12	gr13	gr14	gr15
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-403	-55	-224	49	131	18
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-355	-50	-230	51	134	18
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-399	-54	-212	45	125	17
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-355	-50	-230	51	134	18
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-399	-54	-212	45	125	17
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	-97	-14	-46	13	27	5

My
1

Max 18 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-402,6	-55,3	-224,3	49,0	131,4	18,1

Kombinace pro maximální Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-4,4	-1,1	-12,7	3,5	8,4	0,8	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	2,00	1,00	-14,3	-4,3	-59,5	12,0	35,9	3,7	
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mov}$	1,30	2,00	1,00	-111,1	-14,9	-65,4	13,5	39,9	4,4	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	17,7	2,0	1,5	-0,6	-0,8	-0,2	
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-10,5	-2,6	-31,4	9,6	16,3	2,1	redukované dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	-76,7	-8,6	-4,3	0,4	2,6	0,8	redukované dle MP
Vítr	X_w	1,50			-2,4	-0,7	-8,3	2,0	5,9	0,6	redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-5,6	-1,4	-15,9	4,4	10,6	1,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods.sí)	$Q_{71\ st}$	-37,2	-11,1	-154,8	31,1	93,3	9,6
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods.sí)	$Q_{71\ mov}$	-288,9	-38,8	-170,1	35,1	103,7	11,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	17,7	2,0	1,5	-0,6	-0,8	-0,2
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	-13,7	-3,3	-40,8	12,5	21,2	2,7
Boční rázy	Q_{Sk}	-99,8	-11,1	-5,6	0,6	3,4	1,0
Vítr	Q_w	-3,6	-1,0	-12,4	3,0	8,9	0,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-352,4	-47,8	-213,8	47,9	126,5	14,7
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-395,5	-51,6	-196,2	42,0	117,6	13,9
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-352,4	-47,8	-213,8	47,9	126,5	14,7
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-395,5	-51,6	-196,2	42,0	117,6	13,9
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-88,9	-10,8	-24,6	6,2	13,1	2,2

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-407	-55	-231	52	139	16
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-360	-50	-236	54	142	16
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-403	-54	-218	48	133	15
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-360	-50	-236	54	142	16
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-403	-54	-218	48	133	15
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-96	-13	-47	12	28	4

Min -236 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	-359,8	-49,7	-235,9	53,8	141,5	16,2

Vz
3
5

5.3.5.2 Posouzení

Přechodnost pro kombinaci max Vz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha=$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta=$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t=$	0,63	
$\kappa=$	0,03	
$e=$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed}=$	32,667 kNm	
$\tau_{t,f,Ed}=$	0,883 kPa	
$\tau_{t,w,Ed}=$	30,173 kPa	

SMYK	$h_w/t_w=$	32,0	<	$72\varepsilon/\eta=$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	------------	------	---	-----------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y}=$	7000	mm ²
	$A_{v,z}=$	6504	mm ²

$$\text{plasticky } V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd}=$	771,5	kN	>=	$V_{y,Ed}=$	49,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd}=$	716,9	kN	>=	$V_{z,Ed}=$	235,9	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd}=$	771,5	kN	>=	$V_{y,Ed}=$	49,7	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd}=$	716,7	kN	>=	$V_{z,Ed}=$	235,9	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{235,9}{716,7} = 0,33 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3}= 1,20$

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,12 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 185,49 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

ZATÍŽITELNOST

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{X,Ed}}{F_y / \gamma_{m0}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$N_{Rd}=$	2693,9	kN		$N_{Ed}=$	-359,8	
$M_{el,Rd,y}=$	308,5	kNm		$M_{y,Ed}=$	141,5	
$M_{el,Rd,z}=$	65,3	kNm		$M_{z,Ed}=$	16,2	
$M_{el,Rd,x}=$	0,0	kNm ²		$B_{Ed}=$	0,000	kNm ²
	359,8					
	2693,9	+		141,5	+	
				308,5	+	
				65,3	<	1

$$\text{Pro } \alpha=1,0 \quad 0,13 + 0,46 + 0,25 = 0,84 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Zatížitelnost pro kombinaci max Mz

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUCENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t =$	9,33010E-01	
	$\kappa =$	0,06	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	77,265 kNm	
	$\tau_{t,f,Ed} =$	2,058 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	32,523 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	25,8	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	7000	mm ²
	$A_{v,z} =$	6504	mm ²

$$\text{plasticky} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	771,5	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	55,3	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	716,9	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	224,3	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	771,5	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	55,3	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	716,7	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	224,3	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,14 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 180,62 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{224,3}{716,7} = 0,31 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

VZPĚR

$$\text{štíhlostní poměry} \quad \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = 2145 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 2145 \text{ mm}$$

$$i_y = 144,0 \text{ mm}$$

$$i_z = 57,2 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,16$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,40$$

$$L_{cr} = 1 \times L$$

$$L_{cr} = 1 \times L$$

< 0,2 - účinky vzpěru je možné zanedbat a posuzovat pouze průřez na prostý tlak

> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat

$$\text{součinitel vzpěrnosti} \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,50	$\chi_y =$	1,00
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,66	$\chi_z =$	0,85

$$\chi_{min} = 0,85$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	2101,29	kN	>=	$N_{Ed} =$	402,6	kN	VYHOVÍ
				vyhovuje - využití	0,19	%		

KOMBINACE TLAK**N+ My + Mz**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}} < 1$$

Horní vlákna

$$\frac{402,6}{2101,29} + \frac{131,44}{1,00 \cdot 306,47} + \frac{18,08}{59,88} < 1$$

Pro $\alpha=1,0$ **0,19**

+

0,43

+

0,30

=

0,92

<

1,00**Vyhovuje****Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 1,08$** **Dolní vlákna**

$$\frac{-402,6}{2101,29} + \frac{131,44}{1,00 \cdot 282,77} + \frac{18,08}{59,88} < 1$$

Pro $\alpha=1,0$ **-0,19**

+

0,46

+

0,30

=

0,58

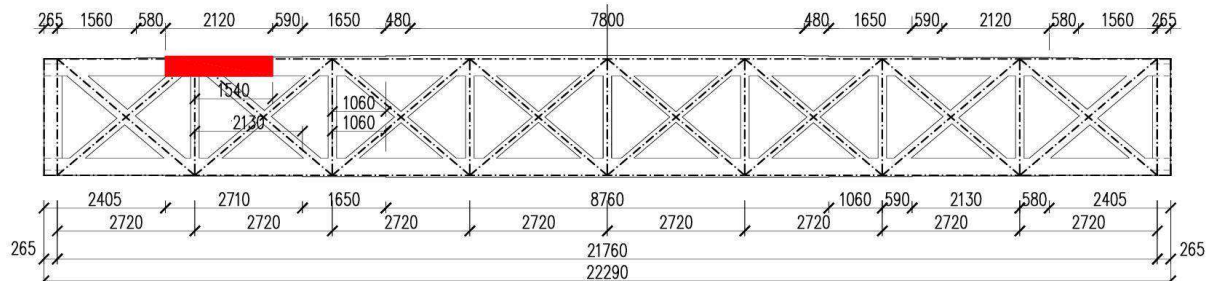
<

1,00**Vyhovuje****Podélníky PRS2 vyhoví pro přechodnost C3/65.**

5.4. Hlavní nosník

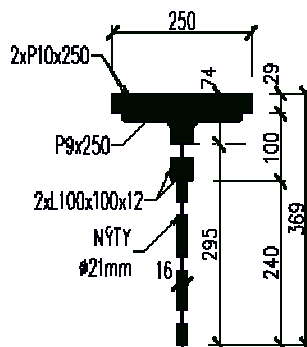
5.4.1. Horní pas HP1- HP7

Pro posouzení horního pasu hlavních nosníků je rozhodující průřez **HP3** na vnějším hl. nosníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,54689E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,35753E+08	mm ⁴
	I _z =	4,81068E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	74	mm
	e _d =	295	mm
	e _f =	125	mm
	e _r =	125	mm
	W _{y,min,ei} =	4,60178E+05	mm ³
	W _{z,min,ei} =	3,84854E+05	mm ³
	I _w =	3,46529E-20	mm ⁶
	I _r =	2,51643E+06	mm ⁴



L= 2720,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	$f_y =$	210 MPa	$E =$	2,00E+08 kPa
	$f_u =$	340 MPa	$G =$	8,07E+07 kPa
	$\gamma_{M,0} =$	1,1		
	$\gamma_{M,1} =$	1,2		
	$\gamma_{M,2} =$	1,3		

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU	$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} =$						
	$= 1,00$						
$b_h =$	126 mm	tlačená č.	$c_h/t_{fh} =$	14,00	<	42,00	...Třída průřezu 3
$t_{fh} =$	9 mm						
$h =$	240 mm	ohýb. + tl. č.	$h/t_w =$	15,00	<	66,41	...Třída průřezu 3
$t_w =$	16 mm						

5.4.1.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_g	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-139,8	0,0	1,3	0,2	3,8	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,25	1,00	-606,3	0,1	-3,1	0,8	22,0	0,3
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ md}$	1,30	1,25	1,00	-660,9	-0,1	-3,3	0,8	23,8	-0,1
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	4,4	-0,1	0,0	0,1	-0,1	1,5
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-12,2	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	1,30		1,00	-6,8	-0,1	0,1	0,1	0,4	-0,2
Vítr	Q_W	1,50			-98,7	0,0	-0,5	0,2	3,4	0,0

redukované dle MP
redukované dle MP
redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-175,4	0,0	1,6	0,3	4,8	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	-985,2	0,1	-5,1	1,2	35,8	0,4
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ md}$	-1074,0	-0,1	-5,3	1,3	38,6	-0,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	4,4	-0,1	0,0	0,1	-0,1	1,5
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-15,9	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	-8,8	-0,1	0,1	0,1	0,5	-0,3
Vítr	Q_W	-148,0	0,0	-0,8	0,2	5,1	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-1094,3	-0,2	-5,3	1,5	39,5	0,3
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-1090,7	-0,2	-5,3	1,5	39,4	0,1
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-1094,3	-0,2	-5,3	1,5	39,5	0,3
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-1090,7	-0,2	-5,3	1,5	39,4	0,1
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-12,3	-0,2	0,1	0,3	0,6	1,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_U)$	-1345	0	-4	2	47	0
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1344	0	-4	2	47	0
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1340	0	-4	2	47	0
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1344	0	-4	2	47	0
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1340	0	-4	2	47	0
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-262	0	1	1	8	1

My
1

Max 47 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-1344,9	-0,2	-4,1	1,9	46,9	0,1

5.4.1.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

KROUČENÍ	$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
	$K_t =$	1,47236E+16	
	$\kappa =$	0,93	
	$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
	$B_{Ed} =$	3,021 kNm	
	$\tau_{t,t,Ed} =$	0,270 kPa	
	$\tau_{t,w,Ed} =$	0,022 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	15,0	$<$	$72e/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
------	-------------	------	-----	--------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	4750	mm ²
	$A_{v,z} =$	35115	mm ²

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	523,6	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	3870,4	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	10,0	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	523,6	kN	\geq	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	3870,4	kN	\geq	$V_{z,Ed} =$	10,0	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na ohyb

$f_y =$	210
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,99
$(1-\rho) \cdot f_y =$	2,17 \approx 210 Mpa

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,0}{3870,4} = 0,00 < 0,5$$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

VZPĚR

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

$\lambda_1 =$	93,9	$=$	93,9
$L_{cr,y} =$	2720	mm	$L_{cr} = 1 \times L$
$L_{cr,z} =$	4080	mm	$L_{cr} = 1,5 \times L$
$i_y =$	93,7	mm	
$i_z =$	55,8	mm	

$\bar{\lambda}_y =$	0,31	$> 0,2$ - účinky vzpěru není možné zanedbat
$\bar{\lambda}_z =$	0,64	$> 0,2$ - účinky vzpěru není možné zanedbat

Pro $\bar{\lambda}_z$ vypočteno stabilitním výpočtem

$$\alpha_{cr} = 5,841$$

$$N_{cr} = \alpha_{cr} \cdot N_{Ed} = 7855,62 \text{ kN}$$

$$\text{součinitel vzpěrnosti } \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

křivka vzpěrné pevnosti	y-y	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,59	$\chi_y =$	0,92
	z-z	d	$\alpha =$	0,76	$\phi =$	0,88	$\chi_z =$	0,68

$$\chi_{min} = 0,68$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	1843,18	kN	\geq	$N_{Ed} =$	1344,9	kN	VYHOVÍ
				vyhovuje - využití		0,73	%	

KLOPENÍ $\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}}$

$\chi_{LT} = 0,99 < 1,0$

$\phi_{LT} = 0,53$

$\alpha_{LT} = 0,76$ viz ČSN EN 1993-1-1 TAB. 6.3

$\alpha_{LT}^1 = 0,21$

$M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L}$

$M_{cr} = 2147,15 \text{ kNm}$

$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) \right]$

$\mu_{cr} = 1,994924399$

$C_1 = 1,13$

$C_2 = 0,46$

$C_3 = 0,53$

$k_z = 1$

$k_y = 1$

$k_w = 1$

$k_{wt} = 0,00$

$\zeta_g = -3,15E-01$

$\zeta_j = 8,57E-01$

$z_s = 0,0595 \text{ m}$ souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

$z_a = 0,00 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

$z_g = -0,06 \text{ m}$ souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

$z_j = 0,16 \text{ m}$

$M_{y,Ed} = 46,9 \text{ kNm}$

$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,el} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$

$M_{b,Rd} = 79,76 \text{ kNm} > M_{y,Ed} = 46,9 \text{ kNm}$

vyhovuje - využití 0,59 %

KOMBINACE TLAK
+ OHYB

$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1
Horní vlákna						
$\frac{1344,9}{1843,18}$	+	$\frac{46,93}{1,00 \cdot 321,04}$	+	$\frac{0,07}{66,81}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$ 0,73	+	0,15	+	0,00	= 0,88	< 1,00 Vyhovuje
Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 1,25$						
Dolní vlákna						
$\frac{-1344,9}{1843,18}$	+	$\frac{46,93}{1,00 \cdot 80,53}$	+	$\frac{0,07}{1052,34}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$ -0,73	+	0,58	+	0,00	= 0,15	< 1,00 Vyhovuje

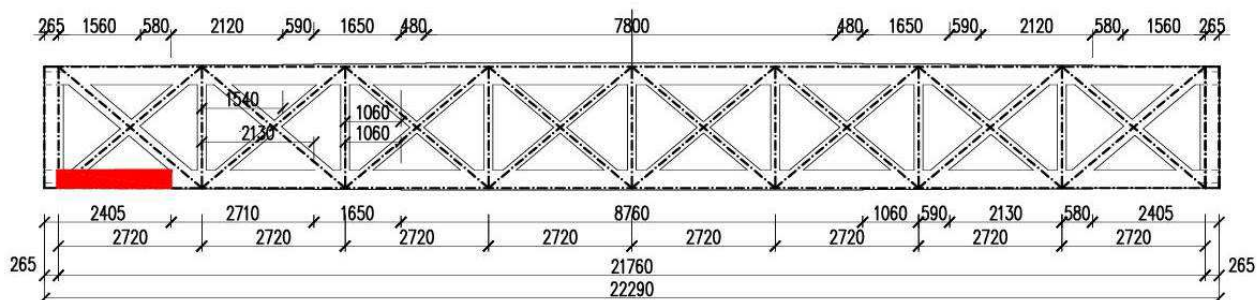
Přehled přechodnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	HP3	HP5	HP7
$N_{Ed} \text{ [kN]}$	1344,91	1814,446	2112,689
$M_{y,Ed} \text{ [kNm]}$	45,51	32,75	28,29
$M_{z,Ed} \text{ [kNm]}$	0,07	1,31	1,46
$N_{Rd} \text{ [kN]}$	1843,18	2453,88	2989,13
$M_{y,Rd} \text{ [kNm]}$	321,04	384,73	412,52
$M_{z,Rd} \text{ [kNm]}$	66,81	102,98	139,15
využití v %	0,87	0,84	0,79
Z_{C3}	1,25	1,33	1,45

HP3 vyhoví pro přechodnost C3/65.

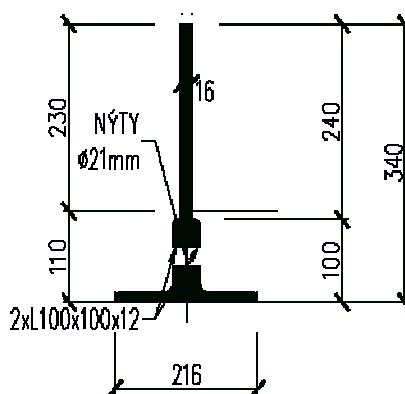
5.4.2. Dolní pas DP1- DP4

Pro posouzení horního pasu hlavních nosníků je rozhodující průřez **DP1** na vnitřním hl. nosníku.



Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	9,16300E+03	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,03396E+08	mm ⁴
	I _z =	1,03679E+07	mm ⁴
průřezové moduly	e _h =	230	mm
	e _d =	100	mm
	e _f =	108	mm
	e _r =	108	mm
	W _{y,min,eI} =	1,03396E+06	mm ³
	W _{z,min,eI} =	9,59987E+04	mm ³
	I _w =	1,83714E-20	mm ⁶
	I _t =	5,18819E+05	mm ⁴



L= 2720,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál

f _y =	210	MPa	E=	2,00E+08	kPa
f _u =	340	MPa	G=	8,07E+07	kPa
γ _{M,0} =	1,1				
γ _{M,1} =	1,2				
γ _{M,2} =	1,3				

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

ε= (235/f _y) ^{0,5} =					
=	1,00				
b _f =	88	mm	tlačená č.	c _f /t _{th} =	9,78 < 14,00 ...Třída průřezu 3
t _{th} =	9	mm			
h=	285	mm	ohýb. Stojin:	h/t _w =	17,81 < 124,00 ...Třída průřezu 3
t _w =	16	mm			

5.4.2.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	1,26			95,6	0,0	-1,0	0,5	4,1	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,25	1,00	410,7	-0,1	-8,7	-0,4	18,6	0,2
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,30	1,25	1,00	410,7	-0,1	-8,7	-0,5	18,6	0,2
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	8,7	0,2	-0,1	0,1	0,2	-0,1
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	209,4	0,0	-3,1	0,5	6,7	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	1,30		1,00	47,9	-0,1	-0,6	0,1	1,3	0,2
Vítr	Q_W	1,50			64,0	0,0	-1,4	0,3	2,9	0,0

redukované dle MP
redukované dle MP
redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	120,0	0,0	-1,2	0,6	5,1	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	$Q_{71\ st}$	667,3	-0,1	-14,2	-0,7	30,3	0,2
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71\ mo}$	667,3	-0,1	-14,1	-0,7	30,3	0,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	8,7	0,2	-0,1	0,1	0,2	-0,1
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	272,2	0,0	-4,1	0,7	8,7	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	62,3	-0,1	-0,8	0,2	1,8	0,3
Vítr	Q_W	95,9	0,0	-2,0	0,4	4,4	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	970,7	-0,2	-18,6	0,0	39,9	0,4
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	865,7	-0,3	-17,0	-0,2	36,4	0,5
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	970,7	-0,2	-18,6	0,0	39,9	0,4
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	865,7	-0,3	-17,0	-0,2	36,4	0,5
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	207,1	0,0	-3,0	0,6	6,3	0,2

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1 $G_K + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_U)$	1115	0	-21	1	46	1
3 $G_K + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	1139	0	-21	1	47	0
4 $G_K + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	1034	0	-19	1	44	1
5 $G_K + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	1139	0	-21	1	47	0
6 $G_K + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	1034	0	-19	1	44	1
7 $G_K + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	375	0	-5	1	14	0

My
3
5

Max 47 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
3	1138,6	-0,2	-20,9	0,9	47,2	0

5.4.2.2 Posouzení

POSOUZENÍ PRŮŘEZU

$\alpha =$	3,7	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$\beta =$	1,08	ČSN EN 1993-1-1 tab. NB 2.1
$K_t =$	9,1818E+15	
$\kappa =$	0,93	
$e =$	0,625 m	excentricita zatížení vůči středu smyku
$B_{Ed} =$	4,035 kNm	
$\tau_{t,f,Ed} =$	14,352 kPa	
$\tau_{t,w,Ed} =$	1,148 kPa	

SMYK	$h_w/t_w =$	17,8	<	$72\varepsilon/\eta =$	72,0	Stojinu bez výztuh není nutné posoudit na vliv boulení (ČSN EN 1993-1-5) pozn.: $\eta = 1,0$ (konzervativně)
-------------	-------------	------	---	------------------------	------	---

smyková plocha	$A_{v,y} =$	2592	mm ²
	$A_{v,z} =$	4096	mm ²

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$V_{y,pl,Rd} =$	285,7	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	24,8	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,Rd} =$	451,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	66,3	kN	VYHOVÍ

SMYK+KR. MOMENT

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}} \right] V_{pl,Rd}$$

$V_{y,pl,T,Rd} =$	285,7	kN	>=	$V_{y,Ed} =$	24,8	kN	VYHOVÍ
$V_{z,pl,T,Rd} =$	451,5	kN	>=	$V_{z,Ed} =$	66,3	kN	VYHOVÍ

Vliv smyku na únosnost průřezu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{66,3}{451,5} = 0,15 < 0,5$$

Zatížitelnost $Z_{LM71} = 1,63$

Vliv smyku na ohyb se zanedbá

Vliv smyku na ohyb

$$\begin{aligned} f_y &= 210 \\ \rho &= (2 \cdot V_{Ed}/V_{pl,Rd} - 1)^2 = 0,50 \\ (1-\rho) \cdot f_y &= 105,20 \approx 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Ověření pružné únosnosti průřezu třídy 3 dle MP kap. A2.2.11

KOMBINACE

N+ My + Mz

	$\frac{N_{Ed}}{A f_y/\gamma_{M0}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y/\gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y/\gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna	$\frac{-1138,6}{1749,30}$	+	$\frac{47,21}{1,00 \cdot 78,67}$	+	$\frac{0,49}{226,80}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,65	+	0,60	+	0,00 = 0,05	<	1,00	Vyhovuje
Dolní vlákna	$\frac{1138,6}{1749,30}$	+	$\frac{47,21}{1,00 \cdot 180,94}$	+	$\frac{0,49}{16,80}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,65	+	0,26	+	0,03 = 0,94	<	1,00	Vyhovuje

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 1,07$

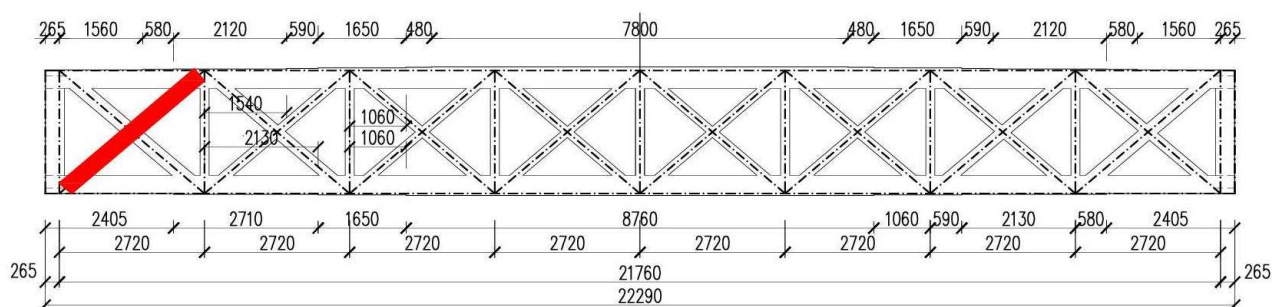
Přehled zatížitelnosti jednotlivých posuzovaných průřezů

	DP1	DP2	DP3	DP4
N_{Ed} [kN]	1138,591	1169,38	1612,804	1811,469
M_{yEd} [kNm]	47,21	74,17	25,06	19,46
M_{zEd} [kNm]	0,49	0,47	14,00	8,09
N_{Rd} [kN]	1749,30	2177,49	2513,30	2910,39
M_{yRd} [kNm]	180,94	225,91	272,09	304,92
M_{zRd} [kNm]	16,80	67,78	110,44	71,65
využití v %	0,94	0,87	0,86	0,80
Z_{C3}	1,07	1,17	1,22	1,3

Dolní pas vyhoví pro přechodnost C3/65.

5.4.3. Diagonály D1-D4

Pro posouzení tlačných diagonál hlavního nosníku je rozhodující tlačená diagonála D1 vnějšího hl. nosníku.



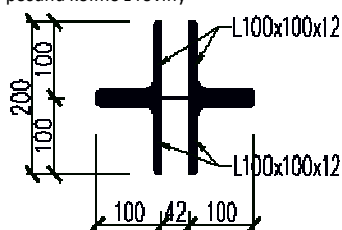
Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu 2xL100x100x12

plocha profilu	$A = 9,16981E+03 \text{ mm}^2$	
momenty setrvačnosti	$I_y = 1,59257E+07 \text{ mm}^4$	
	$I_z = 3,10236E+07 \text{ mm}^4$	
	$L = 3562,00 \text{ mm}$	délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál

$f_y =$	210 MPa
$f_u =$	340 MPa
$\gamma_{M,0} =$	1,1
$\gamma_{M,1} =$	1,2
$\gamma_{M,2} =$	1,3
$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} =$	1,00

$E =$	2,00E+08 kPa
$G =$	8,07E+07 kPa



5.4.3.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální tlak N

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			-130,9	0,1	-0,2	0,6	0,1	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71\ st}$	1,30	1,25	1,00	-531,8	0,1	2,1	3,7	0,2	
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71\ mo}$	1,30	1,25	1,00	-581,7	0,1	2,2	3,9	0,2	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	4,0	0,1	0,0	0,0	-0,1	
Rozjezdové a brzdové síly	Q_{NV}	1,30		1,00	-9,6	0,0	0,0	0,1	0,0	redukované dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	-5,5	-0,1	0,0	0,0	-0,2	redukované dle MP
Vítr	X_w	1,50			-86,3	0,0	0,3	0,6	0,1	redukované dle MP

návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-164,3	0,1	-0,2	0,2	0,8	0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč.ods.sil)	$Q_{71\ st}$	-864,2	0,2	3,3	0,7	6,0	0,3
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	$Q_{71\ mo}$	-945,3	0,1	3,6	0,7	6,4	0,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	4,0	0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,1
Rozjezdové a brzdové síly	Q_{Lak}	-12,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	-7,2	-0,1	0,0	-0,2	-0,1	-0,2
Vítr	Q_w	-129,5	0,1	0,5	0,1	0,9	0,1
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-961,4	0,1	3,6	0,7	6,5	0,2
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-958,7	0,1	3,6	0,5	6,4	0,1
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-961,4	0,1	3,6	0,7	6,5	0,2
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-958,7	0,1	3,6	0,5	6,4	0,1
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-3,2	0,0	0,0	-0,3	-0,1	-0,3

LM-71 max

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nezatížený vlak	1,0						
Rozjezdové a brzdové síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0
Vítr	0,5						
gr11	0,8	0,8	0,0				
gr12	0,8	0,8	0,0				
gr13	0,8	0,8	0,0				
gr14	0,8	0,8	0,0				
gr15	0,8	0,8	0,0				

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 \cdot Q_{Sk} + \psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T + \psi_0 \cdot Q_V)$	-1191	0	4	1	8
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-1190	0	4	1	8
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-1188	0	4	1	8
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-1190	0	4	1	8
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-1188	0	4	1	8
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 \cdot Q_w + \psi_0 \cdot Q_T)$	-232	0	0	0	1

My
1

min -1191 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	-1191,5	0,2	3,6	0,8	7,7

5.4.3.2 Posouzení

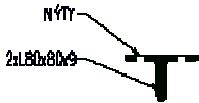
VZPĚR									
štíhlostní poměry	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$								
	$\lambda_1 =$	93,9	=	93,9					
	$L_{cr,y} =$	1781	mm		$L_{cr} = 0,5 \times L$				
	$L_{cr,z} =$	3562	mm		$L_{cr} = 1 \times L$				
	$i_y =$	41,7	mm						
	$i_z =$	58,2	mm						
	$\underline{\lambda}_y =$	0,46	> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat						
	$\underline{\lambda}_z =$	0,65	> 0,2 - účinky vzpěru není možné zanedbat						
součinitel vzpěrnosti	$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \chi \leq 1,0$								
	$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$								
křivka vzpěrné pevnosti	y-y	c	$\alpha =$	0,49	$\phi =$	0,67	$\chi_y =$	0,87	
	z-z	c	$\alpha =$	0,49	$\phi =$	0,82	$\chi_z =$	0,75	
	$\chi_{min} =$	0,75							
	$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$								
vzpěrná únosnost	$N_{c,Rd} =$	1210,03	kN	\geq	$N_{Ed} =$	1191,5	kN	VYHOVÍ	
	vyhovuje - využití				0,98	%			

Průřez tlačené diagonály D1 vyhoví pro přechodnost C3/65.

5.5. Větrové ztužidlo

Rozhodující průřez je v prvním poli příhrady

Průřezové charakteristiky oslaběného průřezu 2xL80x80x9

plocha profilu	A =	2,36600E+03	mm ²						
momenty setrvačnosti	$I_y =$	1,59955E+06	mm ⁴						
	$I_z =$	3,04345E+06	mm ⁴						
	L =	1724,00	mm						
				délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny					

materiál	$f_y =$	210	MPa	$E =$	2,00E+08	kPa
	$f_u =$	340	MPa	$G =$	8,07E+07	kPa
	$\gamma_{M,0} =$	1,1				
	$\gamma_{M,1} =$	1,2				
	$\gamma_{M,2} =$	1,3				
	$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} =$	1,00				

5.5.1. Vnitřní síly

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,26			28,0	0,0	0,2	0,0	0,0	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 st}$	1,30	1,25	1,00	141,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 mo}$	1,30	1,25	1,00	192,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	-7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,30		1,00	65,4	0,0	0,0	0,0	0,0	redukováné dle MP
Boční rázy	X_{Sk}	1,30		1,00	42,6	0,0	0,0	0,0	0,0	redukováné dle MP
Vítr	X_w	1,50			40,9	0,0	0,0	0,0	0,0	redukováné dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	35,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. sil)	$Q_{71\ st}$	230,1	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71\ mo}$	312,9	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q_{Lak}	85,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	55,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	Q_w	61,4	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	425,6	0,0	0,0	-0,6	0,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	410,7	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	425,6	0,0	0,0	-0,6	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	410,7	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	48,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LM-71 max

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nezatížený vlak	1,0						
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0
Vítr	0,5						
gr11	0,8	0,8	0,0				
gr12	0,8	0,8	0,0				
gr13	0,8	0,8	0,0				
gr14	0,8	0,8	0,0				
gr15	0,8	0,8	0,0				

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_{gr15-N})$	502	0	0	-1	0
3 $G_k + Q_{gr11-7} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	491	0	0	-1	0
4 $G_k + Q_{gr12-7} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	477	0	0	-1	0
5 $G_k + Q_{gr13-7} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	491	0	0	-1	0
6 $G_k + Q_{gr14-7} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	477	0	0	-1	0
7 $G_k + Q_{gr15-N} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	114	0	0	0	0

My
1

max 502 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	502,1	0,0	0,3	-0,7	0,0

5.5.2. Posouzení

Prostý tah

$$N_{t,rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

vzpěrná únosnost $N_{t,rd} = 451,50 \text{ kN} < N_{Ed} = 502,1 \text{ kN}$ **NEVYHOVÍ**

Nevyhovuje o 0,11 %

Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 0,88$

Větrové ztužidlo nevyhoví pro přechodnost C3/65 ani na prostý tah a je nutné zjistit skutečnou přechodnost, případně navrhnout opatření pro zajištění přechodnosti C3/65.

6. Zjištění skutečné přechodnosti:

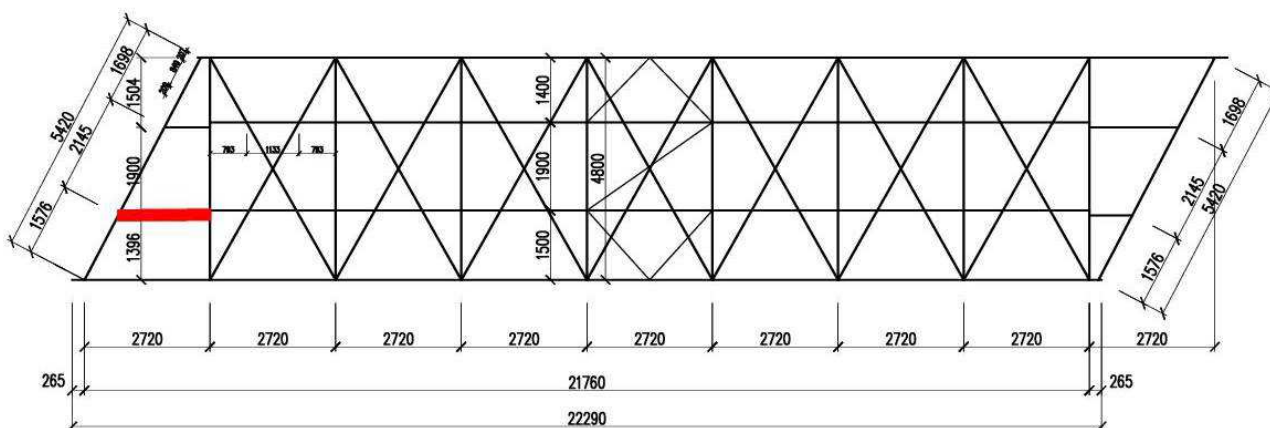
6.1.1. Podélník PO1

Zatěžovací schéma konstrukce je shodné jako pro C3, ale snížíme rychlost a tím klesne hodnota dynamického součinitele. Změnu odstředivých sil zanedbáme. Uplatníme dílčí součinitel zatížení traťovou třídou pro zbytkovou životnost na 5 let.

Pro podélníky je nutné snížit rychlost na 50 km/h.

Pro zatížení traťovou třídou C3/50 uvažováno: $\gamma_T = 1,2$
 $\phi_1 = 1,56$

Pro posouzení podélníků je rozhodující řez pod druhou mostnicí.



6.1.1.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment M_z

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G_{k1}	1,00			0,0	0,4	-2,0	3,2	-1,0	0,2	
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Trat'. Tr. C3 stojící	Q_{Tst}	1,20	1,56	1,00	0,8	-0,9	14,2	10,1	27,3	-0,5	
Trat'. Tr. C3 jedoucí	Q_{Tmov}	1,20	1,56	1,00	5,6	-6,3	12,7	9,4	26,5	-3,6	
Nezatížený vlak	Q_{lak}	1,00		1,00	0,2	-0,1	0,4	0,2	0,2	-0,1	
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{MV}	1,20		1,00	5,0	-0,6	-1,1	0,2	-0,6	-0,3	redukováné dle MP
Boční rázy	X_{ck}	1,20		1,00	17,4	-19,0	-1,0	-2,3	-0,5	-10,7	redukováné dle MP
Vitr	X_v	1,50			-0,3	-1,2	-10,6	-1,1	-6,0	-0,6	redukováné dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	0,0	0,4	-2,0	3,2	-1,0	0,2
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trať. Tř. C3 stojící	Q _{T st}	1,5	-1,7	26,6	18,9	51,2	-1,0
Trať. Tř. C3 jedoucí	Q _{T mov}	10,5	-11,7	23,8	17,5	49,6	-6,6
Nezatížený vlak	Q _{NV}	0,2	-0,1	0,4	0,2	0,2	-0,1
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	6,0	-0,7	-1,3	0,2	-0,7	-0,4
Boční rázy	Q _{Sk}	20,9	-22,7	-1,2	-2,8	-0,7	-12,9
Vítr	Q _w	-0,4	-1,7	-15,9	-1,6	-9,0	-1,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	27,0	-23,8	24,7	17,8	50,1	-13,5
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	34,4	-34,8	24,8	16,3	50,2	-19,7
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	27,0	-23,8	24,7	17,8	50,1	-13,5
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	34,4	-34,8	24,8	16,3	50,2	-19,7
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q _{gr15-N}	24,2	-23,2	-1,5	-2,4	-0,8	-13,1

	LM-71 max						Nez. vlak	
	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}	g_{r15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Větr	0,5							
gr11	0,8	0,8	0,0					
gr12	0,8	0,8	0,0					
gr13	0,8	0,8	0,0					
gr14	0,8	0,8	0,0					
gr15	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz	My
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
1 $G_k+Q_{r1}+(\psi_0 \cdot Q_{Lak}+\psi_0 Q_{Sk}+\psi_0 Q_{W}+\psi_0 Q_T+\psi_0 Q_U)$	36	-35	14	19	44	-20	1
3 $G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0 Q_{W}+\psi_0 Q_T)$	27	-24	15	20	45	-14	
4 $G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0 Q_{W}+\psi_0 Q_T)$	34	-35	15	19	45	-20	
5 $G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0 Q_{W}+\psi_0 Q_T)$	27	-24	15	20	45	-14	
6 $G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0 Q_{W}+\psi_0 Q_T)$	34	-35	15	19	45	-20	
7 $G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0 Q_{W}+\psi_0 Q_T)$	24	-24	-11	0	-6	-13	

min -20 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb.	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
č.	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
1	36,1	-35,5	14,4	18,7	44,5	-20,1

6.1.1.2 Posouzení

Přechodnost pro kombinaci max My

Ověření pružné únosnosti průřezu třídy 3 dle MP:

KOMBINACE

TAH + OHYB

	$\frac{N_{Ed}}{A_f \gamma_{M0}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,ef} \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,ef} \gamma_{M1}}$	<	1
Horní vlákna							
	$\frac{-36,5}{1960,75}$	+	$\frac{44,41}{1,00 \cdot 237,57}$	+	$\frac{20,09}{25,99}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	-0,02	+	0,19	+	0,77 = 0,94	<	1,00 Vyhovuje
Dolní vlákna							
	$\frac{36,5}{1960,75}$	+	$\frac{44,41}{1,00 \cdot 154,42}$	+	$\frac{20,09}{49,97}$	<	1
Pro $\alpha=1,0$	0,02	+	0,29	+	0,40 = 0,71	<	1,00 Vyhovuje

Podélníky PO1 vyhoví pro přechodnost C3/50.

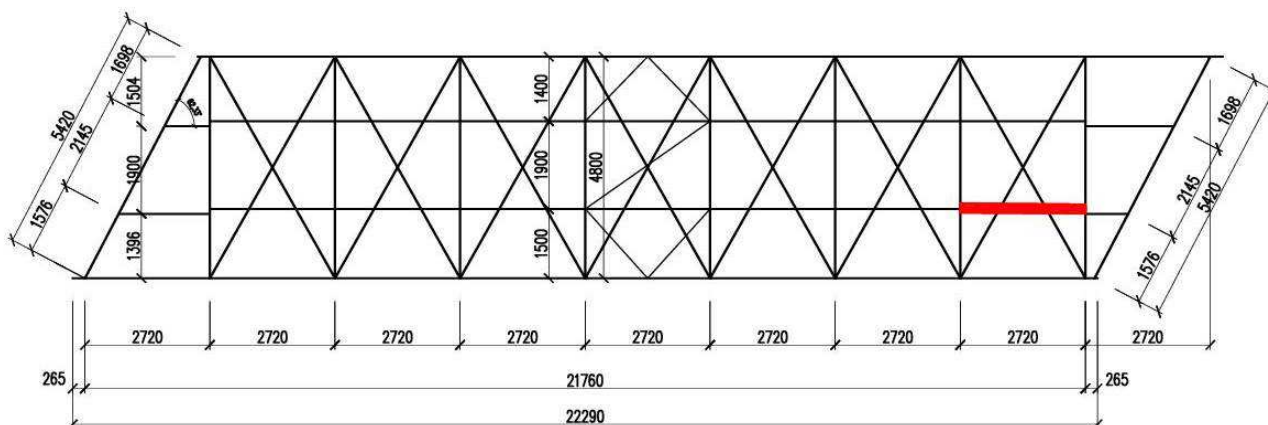
6.1.2. Podélník PO2

Zatěžovací schéma konstrukce je shodné jako pro C3, ale snížíme rychlost a tím klesne hodnota dynamického součinitele. Změnu odstředivých sil zanedbáme. Uplatníme dílčí součinitel zatížení traťovou třídou pro zbytkovou životnost na 5 let.

Pro podélníky je nutné snížit rychlost na 30 km/h.

Pro zatížení traťovou třídou C3/30 uvažováno: $\gamma_T = 1,2$
 $\phi_1 = 1,33$

Pro posouzení podélníků je rozhodující poslední podélník a to ve středu rozpětí podélníku (MaxMy).



6.1.2.1 Vnitřní síly

Kombinace pro maximální ohybový moment My

Charakteristické hodnoty

		γ_T	ϕ_1	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	
Stálé zatížení	G _{k1}	1,26			13,2	1,8	1,1	1,4	5,4	-0,1	
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vlak UIC-71 stojící	Q _{71 st}	1,20	1,33	1,00	39,7	4,9	-30,8	3,3	82,2	0,3	
Vlak UIC-71 jedoucí	Q _{71 mo}	1,20	1,33	1,00	39,7	4,9	-30,8	3,3	82,2	0,3	
Nezatížený vlak	Q _{Lak}	1,00		1,00	-1,6	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	
Rozjezdové a brzděné síly	Q _{NV}	1,20		1,00	10,3	5,1	4,2	2,0	2,4	0,0	redukováné dle MP
Boční rázy	X _{Sk}	1,20		1,00	20,7	10,5	0,2	2,1	1,9	-4,2	redukováné dle MP
Vítr	X _w	1,50			8,2	1,2	-1,2	0,8	9,0	0,0	redukováné dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	16,6	2,3	1,3	1,7	6,8	-0,1
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící	Q _{71 st}	63,4	7,8	-49,2	5,3	131,2	0,4
Vlak LM-71 jedoucí (vč.ods.sil)	Q _{71 mo}	63,4	7,8	-49,1	5,3	131,2	0,4
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-1,6	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0
Rozjezdové a brzděné síly	Q _{Lak}	12,3	6,1	5,0	2,4	2,9	0,0
Boční rázy	Q _{Sk}	24,8	12,6	0,3	2,5	2,2	-5,1
Vítr	Q _w	12,4	1,7	-1,8	1,3	13,5	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	88,1	20,2	-44,0	8,9	135,2	-2,1
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	94,4	23,5	-46,4	9,0	134,9	-4,7
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	88,1	20,2	-44,0	8,9	135,2	-2,1
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	94,4	23,5	-46,4	9,0	134,9	-4,7
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q _{gr15-N}	29,4	15,8	2,8	3,9	3,8	-5,1

	LM-71 max			Nez. vlak				
	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Větr	0,5							
gr_{11}	0,8	0,8	0,0					
gr_{12}	0,8	0,8	0,0					
gr_{13}	0,8	0,8	0,0					
gr_{14}	0,8	0,8	0,0					
gr_{15}	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	
1 $G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_{W} + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_{U})$	121	28	-44	12	149	-5	
3 $G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	111	23	-44	11	149	-2	
4 $G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	117	27	-46	11	148	-5	
5 $G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	111	23	-44	11	149	-2	
6 $G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	117	27	-46	11	148	-5	
7 $G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	52	19	3	6	17	-5	

M _y
1

Max 149 kNm

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	120,8	28,5	-44,5	12,1	149,3	-4,8

6.1.2.2 Posouzení

KOMBINACE

N + M_y + M_z

	$\frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,eff} / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,eff} / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna								
	$\frac{-120,8}{2094,61}$	+	$\frac{149,27}{1,00}$	+	$\frac{4,76}{26,35}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,06	+	0,55	+	0,18	=	0,67	1,00 Vyhovuje
Dolní vlákna								
	$\frac{120,8}{2094,61}$	+	$\frac{149,27}{1,00}$	+	$\frac{4,76}{50,67}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,06	+	0,83	+	0,09	=	0,98	1,00 Vyhovuje

Podélníky PO2 vyhoví pro přechodnost C3/30.

6.2. Větrové ztužidlo

Zatěžovací schéma konstrukce je shodné jako pro C3, ale snížíme rychlost a tím klesne hodnota dynamického součinitele. Změnu odstředivých sil zanedbáme. Uplatníme dílčí součinitel zatížení traťovou třídou pro zbytkovou životnost na 5 let.

Pro podélníky je nutné snížit rychlost na 50 km/h.

Pro zatížení traťovou třídou C3/50 uvažováno:

$$\gamma_T = 1,2$$

$$\phi_1 = 1,19$$

Kombinace pro maximální normálovou sílu N

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_S	C3 α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	1,26			28,0	0,0	0,2	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	1,26			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 stojící	$Q_{71 \text{ st}}$	1,20	1,19	1,00	141,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak UIC-71 jedoucí	$Q_{71 \text{ mo}}$	1,20	1,19	1,00	172,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{Lak}	1,00		1,00	-7,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{NV}	1,20		1,00	65,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,20		1,00	42,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	X_w	1,50			40,9	0,0	0,0	0,0	0,0

redukované dle MP

redukované dle MP

redukované dle MP

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{K1}	35,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{K2}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 stojící (vč. ods. sil)	$Q_{71 \text{ st}}$	202,2	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0
Vlak LM-71 jedoucí (vč. ods. sil)	$Q_{71 \text{ mo}}$	245,9	0,0	0,0	-0,3	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	78,5	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	51,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vítr	Q_w	61,4	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	349,9	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	336,2	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	349,9	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	336,2	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	43,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LM-71 max

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	g_{r11}	g_{r12}	g_{r13}	g_{r14}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Nezatížený vlak	1,0						
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0
Vítr	0,5						
gr11	0,8	0,8	0,0				
gr12	0,8	0,8	0,0				
gr13	0,8	0,8	0,0				
gr14	0,8	0,8	0,0				
gr15	0,8	0,8	0,0				

Nebezpečné kombinace

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1 $G_K + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_{NV})$	426	0	0	-1	0
3 $G_K + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	416	0	0	-1	0
4 $G_K + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	402	0	0	0	0
5 $G_K + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	416	0	0	-1	0
6 $G_K + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	402	0	0	0	0
7 $G_K + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_T)$	110	0	0	0	0

My
1

max 426 kNm

6.2.1.1 Posouzení

Tah

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

vzpěrná únosnost	$N_{t,Rd} =$	451,50	kN	\geq	$N_{Ed} =$	425,58	kN	VYHOVÍ
				vyhovuje - využití		0,94	%	

Větrové ztužidlo VZ vyhoví pro přechodnost C3/50.

7. Zesílení prvků

Aby byla splněna podmínka přechodnosti C3/65 je třeba zesílit prvky které splňují přechodnost pouze C3/30. Jedná se o podélníky (PO1 a PO2) a větrové ztužidlo (VZ).

V případě podélníků nezbytné zesílit tyto prvky posílením pásnic. Větrové ztužidlo lze zesílit jen výměnou za masivnější prvek.

Uvažováno zatížení traťovou třídou C3/65: $\gamma_T = 1,3$

$$\phi_{PO1} = 1,73$$

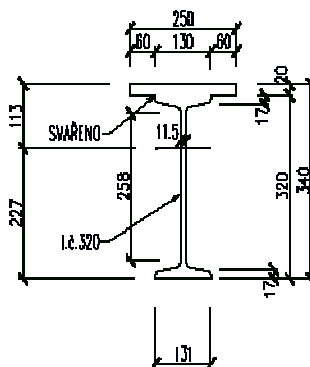
$$\phi_{PO2} = 1,71$$

$$\phi_{VZ} = 1,25$$

7.1. Podélník PO1

Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	$A =$	1,27700E+04	mm ²
momenty setrvačnosti	$I_y =$	2,13030E+08	mm ⁴
	$I_z =$	3,15844E+07	mm ⁴
průřezové moduly	$e_h =$	113	mm
	$e_d =$	227	mm
	$e_f =$	125	mm
	$e_r =$	65	mm
	$W_{y,min,e} =$	9,38457E+05	mm ³
	$W_{z,min,e} =$	2,52675E+05	mm ³
	$I_w =$	1,95083E+08	mm ⁶
	$I_t =$	2,35013E+08	mm ⁴



$L =$ 1988,00 mm délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál

$f_y =$	210	MPa	$E =$	2,00E+08	kPa
$f_u =$	340	MPa	$G =$	8,07E+07	kPa
$\gamma_{M,0} =$	1,1				
$\gamma_{M,1} =$	1,2				
$\gamma_{M,2} =$	1,3				

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\varepsilon = (235/f_y)^{0,5} =$$

$$= 1,00$$

$b_h =$	60	mm	tlačená č.	$c_h/t_{fh} =$	3,00	$<$	42,00	...Třída průřezu 3
$t_{fh} =$	20	mm						
$h =$	258	mm	ohýb. + tl. č.	$h/t_w =$	22,43	$<$	38,40	...Třída průřezu 3
$t_w =$	11,5	mm						
$b_d =$	57	mm	tlačená č.	$c_d/t_{fd} =$	3,35	$<$	14,00	...Třída průřezu 3
$t_{fd} =$	17	mm						

KOMBINACE TLAK
+ OHYB

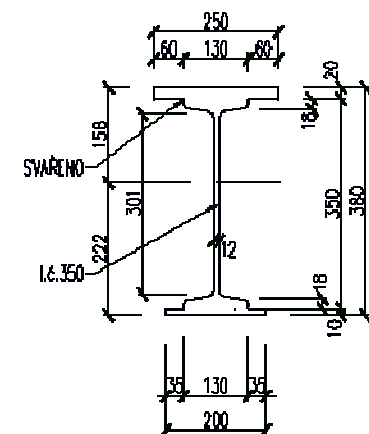
	$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}}$	<	1	
Horní vlákna								
	$\frac{41,5}{1859,21}$	+	$\frac{54,66}{1,00 \cdot 329,91}$	+	$\frac{22,50}{44,22}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	0,02	+	0,17	+	0,51	=	0,70	< 1,00 Vyhovuje Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3}= 1,42$
Dolní vlákna								
	$\frac{-41,5}{1859,21}$	+	$\frac{54,66}{1,00 \cdot 164,23}$	+	$\frac{22,50}{85,03}$	<	1	
Pro $\alpha=1,0$	-0,02	+	0,33	+	0,26	=	0,58	< 1,00 Vyhovuje

Stávající podélník PO1 s novou horní pásnicí z plechu P20x250 vyhoví pro přechodnost C3/65

7.2. Podélník PO2

Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu

plocha profilu	A=	1,54710E+04	mm ²
momenty setrva	I _y =	3,75700E+08	mm ⁴
	I _z =	3,85069E+07	mm ⁴
průřezové mody	e _h =	158	mm
	e _d =	222	mm
	e _i =	150	mm
	e _r =	100	mm
	W _{y,min,el} =	1,69234E+06	mm ³
	W _{z,min,el} =	2,56713E+05	mm ³
	I _w =	6,04378E+11	mm ⁶
	I _t =	2,35013E+08	mm ⁴
	L=	2720,00	mm



délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny

materiál	f _y =	210	MPa	E=	2,10E+08	kPa
	f _u =	340	MPa	G=	8,07E+07	kPa
	γ _{M,0} =	1,1				
	γ _{M,1} =	1,2				
	γ _{M,2} =	1,3				
ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘ	ε=	(235/f _y) ^{0,5} =				
	=	1,00				
	b _h =	85	mm	tlačená č.	c _h /t _h =	4,25 < 42,00 ...Třída průřezu 3
	t _h =	20	mm			
	h=	303	mm	ohýb.+ tl.č.	h/t _w =	25,25 < 39,10 ...Třída průřezu 3
	t _w =	12	mm			
	b _d =	59	mm	tlačená č.	c _d /t _{id} =	3,47 < 14,00 ...Třída průřezu 3
	t _{id} =	17	mm			

KOMBINACE**N + My + Mz**

$$\frac{N_{Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{y,el} f_y / \gamma_{M1}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,el} f_y / \gamma_{M1}} < 1$$

Horní vlákna

$$\frac{-148,6}{2953,55} + \frac{201,19}{1,00 \cdot 416,12} + \frac{5,01}{44,92} < 1$$

Pro $\alpha=1,0$ **-0,05** + **0,48** + **0,11** = **0,54** < **1,00** **Vyhovuje****Dolní vlákna**

$$\frac{148,6}{2953,55} + \frac{201,19}{1,00 \cdot 296,16} + \frac{5,01}{67,39} < 1$$

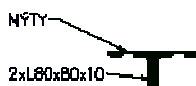
Pro $\alpha=1,0$ **0,05** + **0,68** + **0,07** = **0,80** < **1,00** **Vyhovuje**Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 1,25$

Stávající podélník PO2 s novou horní pásnicí z plechu P20x250 a dolní pásnicí P10x130 vyhoví pro přechodnost C3/65

7.3. VZ**Průřezové charakteristiky oslabeného průřezu 2xL80x80x10**

plocha profilu	A=	2,59800E+03	mm ²
momenty setrvačnosti	I _y =	1,58368E+06	mm ⁴
	I _z =	2,87294E+06	mm ⁴
	L=	1724,00	mm

délka nosníku mezi body zajištěnými proti posunu kolmo z roviny



materiál	f _y =	235	MPa	E=	2,10E+08	kPa
	f _u =	360	MPa	G=	8,07E+07	kPa
	γ _{M,0} =	1,1				
	γ _{M,1} =	1,2				
	γ _{M,2} =	1,3				
	ε= (235/f _y) ^{0,5} =	1,00				

Tah

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

vzpěrná únosnost **N_{t,Rd} = 555,03 kN** **>=** **N_{Ed} = 502,1 kN** **VYHOVÍ**vyhovuje - využití **0,90** %Iteračním způsobem vypočteno $Z_{C3} = 1,12$ **Nové větrové ztužení vyhoví pro přechodnost C3/65****8. Výpočet zatížitelnosti Z_{LM-71}**

Řešeno přímo v tabulkách při výpočtu, v našem případě hledáme takové řešení Z_{UIC} , pro které je využití průřezu 1,0. Když položíme v tabulce $Z_{LM-71} = 1,0$ dostaneme využití průřezu při zatížení zatěžovací soupravou LM-71.

9. Zatížitelnosti a přechodnosti konstrukcí

Na trati je provozována doprava soupravami odpovídajícími traťové třídě C2/65.

9.1. Ocelový most s prvkovou mostovkou.

- Svislice, tažené diagonály a brzdné ztužidlo splňuje podmínku $Z_{LM-71} \geq 1,0$. Zbylé průřezy konstrukce podmínku zatížitelnosti $Z_{LM-71} = 1,0$ nesplňují. Proto je, za předpokladu zbytkové životnosti 5 let, přechodnost konstrukce snížena na traťovou třídu C3/30.
- Pro přechodnost traťové třídy C3/65 km/h je třeba zesílit podélníky a větrové ztužení.

9.2. Spodní stavba

- Přechodnost spodní stavby je daná zatížením traťovou třídou **C3 / 65 km/h**.

Zatížitelnost nezohledňuje zatížení podlahových plechů sněhem.

Přetížení sněhem může dosahovat nezanedbatelných hodnot !

10. Navrhovaná úprava

Statický přepočet dokázal, že některé prvky mostu s uvážením oslabení korozí viz protokol o podrobné prohlídce /6/ nepřenesou zatížení vlakem LM-71.

Konstrukce vyžaduje zesílit, nebo s přihlédnutím ke stáří (1892), nahradit novou NK.

Za předpokladu akceptace snížených parciálních součinitelů spolehlivosti správcem objektu pro zbytkovou životnost 5 let, je celá nosná konstrukce přechodná pro TTZ: C3/30.

Skrze předpokládané korozní oslabení horní pásnice podélníků pod mostnicemi, byl proveden návrh zesílení plechů horní pásnice podélníků PO1 a PO2 na P20x250 a s přidáním dolní pásnice podélníků PO2 pomocí plechu P10x200 a vyměněním profilů větrového ztužení za dvojci profilů L80x10. Předpokládaný materiál nových plechů a profilů je S235. Takto opravené prvky již splňují požadovanou přechodnost soupravou traťové třídy C3/65.

Tento přepočet nezohledňuje případné únavové poruchy dosavadní konstrukce! Všechny prvky mostu je při případné rekonstrukci (opravě) po otryskání nátěrů a očištění koroze nezbytně nutné zkontrolovat na případný výskyt únavových trhlin !

11. Tabulka zatížitelnosti

Přehled zatížitelnosti částí mostu

A Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 0491 Rožnov (mimo) - Černý Kříž (mimo) DÚ: 12 Kájov – Hořice na Šumavě km 33,758

B Identifikace částí mostu

část mostu: nosná konstrukce poř. číslo (ve směru staničení):

pod kolejí č. 1

C Doplnující data pro část mostu

Kategorie zatížitelnosti: C Výpočetní model: prostorový prutový model

Geometrie koleje uvažovaná v přepočtu pro část mostu v jejím profilu (ve směru staničení)

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku [m]	300 m	300 m	300 m
převýšení koleje [mm]	67 mm	67 mm	67 mm
excentricita koleje vůči ose mostu [m]	-0,035 m	-0,146 m	-0,051 m

Popis závad uvažovaných v přepočtu: Průřezy oslabené korozi.

Poznámka k části mostu:

Výpočet proveden pro nosnou konstrukci bez opravených prvků (nové úhelnyky, pásnice, apod.)

Byly použity dílčí součinitele zatížení pro zbytkovou životnost 5 let.

Pro přechodnost byl použit součinitel zatížení od traťové třídy dle MP příloha F pro zbytkovou životnost 5 let.

Poř. č.	Prvek	Detail	Namáhání	k _i	typ	φ _i	L _φ	γ _{Q,LM71}	γ _{Q,LM71,E}	Viz číslo str. přepočtu	Z _{LM71}	Z _{LM71,E}	C2/65	C3/65	C3/30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17
1	Podélníky PO1	Horní pásnice	Normálové napětí	-0,03 0,12 0,90	N My Mz	1,79	5,00	1,20	-	17	0,71	-	NE	NE	ANO
2	Podélníky PO1	Stěna	Smyk	1,00 0,34	Vz N	1,79	5,00	1,20	-	17	0,85	-	ANO	ANO	ANO
3	Podélníky PO2	Dolní pásnice	Normálové napětí	0,60 0,05	My Mz	1,72	5,72	1,20	-	21	0,39	-	NE	NE	ANO
4	Podélníky PO2	Stěna	Smyk	1,00 0,15	Vz N	1,72	5,72	1,20	-	21	0,87	-	ANO	ANO	ANO
5	Příčnky PR1	Horní pásnice	Normálové napětí	0,77 0,07	My Mz	1,48	9,90	1,20	-	26	1,50	-	ANO	ANO	ANO
6	Příčnky PR1	Stěna	Smyk	1,00 0,09	Vz N	1,48	9,6	1,20	-	25	1,63	-	ANO	ANO	ANO
7	Příčnky PR2	Dolní pásnice	Normálové napětí	0,83 0,08	My Mz	1,48	9,60	1,20	-	32	0,84	-	ANO	ANO	ANO
8	Příčnky PR2	Stěna	Smyk	1,00 0,23	Vz N	1,48	9,6	1,20	-	30	1,00	-	ANO	ANO	ANO
9	Šikmé příčnky PRS1	Horní pásnice	Normálové napětí	0,00 0,77	My Mz	2,00	3,60	1,20	-	37	0,58	-	ANO	ANO	ANO
10	Šikmé příčnky PRS2	Stěna	Smyk	1,00 0,21	Vz N	2	3,6	1,20	-	36	0,80	-	ANO	ANO	ANO
11	Šikmé příčnky PRS2	Dolní pásnice	Normálové napětí	0,40 0,38	My Mz	2,00	3,60	1,20	-	42	0,83	-	ANO	ANO	ANO
12	Šikmé příčnky PRS2	Stěna	Smyk	1,00 0,74	Vz N	2	3,6	1,20	-	41	0,91	-	ANO	ANO	ANO
13	Hlavní nosník horní pas	Horní pásnice	Normálové napětí	0,17 0,09	My Mz	1,21	21,76	1,20	-	47	0,83	-	ANO	ANO	ANO
14	Hlavní nosník dolní pas	Dolní pásnice	Normálové napětí	0,53 0,09 0,38	N My Mz	1,21	21,76	1,20	-	51	0,53	-	ANO	ANO	ANO
15	Svislice S1	-	Normálové napětí	1,00	N	1,21	21,76	1,20	-	54	1,22	-	ANO	ANO	ANO
16	Tlačená diagonála	-	Normálové napětí	1,00	N	1,21	21,76	1,20	-	56	0,64	-	ANO	ANO	ANO
17	Tažená diagonála	-	Normálové napětí	1,00	N	1,21	21,76	1,20	-	58	1,28	-	ANO	ANO	ANO
18	Brzdné ztužidlo	-	Normálové napětí	1,00	N	1,72	5,72	1,20	-	61	1,11	-	ANO	ANO	ANO
19	Větrové ztužidlo	-	Normálové napětí	1,00	N	1,21	21,76	1,20	-	63	0,61	-	NE	NE	ANO

Dne: 21.12.2018

zatížitelnost určil: Ing. I. Heinz