

VEDOUcí PROJEKTU	ING. JAROSLAV LACINA		 Ptašínského 10, 602 00 Brno Telefon: 541 432 611 E-mail: amberg@amberg.cz	
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	ING. JAROSLAV LACINA			
VYPRACOVAL	ING. ONDŘEJ PEŠEK PH.D.			
KONTROLOVAL	ING. VLASTIMIL HORÁK			
KRAJ: JIHMORAVSKÝ		MÚ: BRNO – STŘED	DATUM	10/2023
INVESTOR (ZADAVATEL): TECHNICKÉ SÍŤ BRNO, a.s., BARVÍŘSKÁ 5, 602 00 BRNO			ZMĚNA	
NÁZEV REKONSTRUKCE TECHNICKÉ GALERIE TG8 NÁZEV OBJEKTU SO 02 KABELOVÉ REGISTRY A GALERIE			FORMÁT	
			MĚŘÍTKO	
			STUPEŇ	DSP, PDPS
			ČÍS. ZAKÁZKY	B314-4/1
			ARCHIVNÍ ČÍS.	
NÁZEV PŘÍLOHY			ČÍS. SOUPRAVY	ČÍS. PŘÍLOHY
STATICKÝ VÝPOČET KONSTRUKCE GALERIE				C.2.9

Stavba: Technická galerie TG8

Katastrální území: Brno
 Obec: Brno
 Kraj: Jihomoravský
 Investor, objednatel: Technické sítě Brno, a.s.
 Barvířská 5
 602 00 Brno

Projektant části: AMBERG Engineering Brno a.s
 Ptašinského 10
 602 00 Brno
 Ing. Jaroslav Lacina
 Ing. Monika Sýkorová, PhD.

Zpracovatel statického posouzení: Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
 Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně
 Veveří 331/95
 Brno 602 00

Vypracovali: Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.
 Ing. Milan Šmak

Použité normativní a technické dokumenty

ČSN EN 1990 ed. 2 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
 ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
 ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
 ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
 ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
 ČSN EN 1993-1-8 ed. 2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
 ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
 TP 258 Mostní zábradlí

Obsah

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O KONSTRUKCI

- 1.1 GEOMETRIE
- 1.2 MATERIÁLY

2 ZATÍŽENÍ

- 2.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ
- 2.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ
- 2.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

3 ANALÝZA KONSTRUKCE

4 HLAVNÍ NOSNÍKY

- 4.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
- 4.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 4.3 VNITŘNÍ SÍLY
- 4.4 PRŮŘEZ
- 4.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI
- 4.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

5 SEKUNDÁRNÍ NOSNÍKY

- 5.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
- 5.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 5.3 VNITŘNÍ SÍLY
- 5.4 PRŮŘEZ
- 5.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

6 SLOUPY

- 6.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
- 6.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 6.3 VNITŘNÍ SÍLY
- 6.4 PRŮŘEZ
- 6.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

7 PŘEVÁZKA SLOUPŮ

- 7.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
- 7.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 7.3 VNITŘNÍ SÍLY
- 7.4 PRŮŘEZ
- 7.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

8 PRVKY ZTUŽENÍ

- 8.1 VODOROVNÝ PRUT ZTUŽENÍ
- 8.2 DIAGONÁLNÍ PRVKY ZTUŽENÍ

9 ZÁBRADLÍ

- 9.1 GEOMETRIE
- 9.2 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY
- 9.3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 9.4 PRŮŘEZ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 9.5 POSOUZENÍ SLOUPKU NA MSÚ A MSP
- 9.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

10 POROROŠT

- 10.1 POLOHA V KONSTRUKCI
- 10.2 MATERIÁLOVÉ CHATAKTERISTIKY
- 10.3 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY
- 10.4 PRŮŘEZ
- 10.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI
- 10.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

11 KOTVENÍ DO OSTĚNÍ

- 11.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
- 11.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
- 11.3 VNITŘNÍ SÍLY
- 11.4 PRŮŘEZ
- 11.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

12 ZAVĚŠENÍ VENTILÁTORU

- 12.1 PODÉLNÉ PRVKY ZAVĚŠENÍ
- 12.2 PŘÍČNÉ PRVKY ZAVĚŠENÍ

13 DETAILS

- 13.1 KOTVENÍ SLOUPU
- 13.2 PŘÍPOJ KONZOLKY REGISTRU
- 13.3 PŘÍPOJ HLAVNÍHO NOSNÍKU NA SLOUP

14 ZÁVĚR

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O KONSTRUKCI

Posuzovaná konstrukce se nachází v podzemních kolektorech města Brna. Jedná se o plošinu v Galerii TG0. Nosná konstrukce plošiny současně slouží jako nosná konstrukce kabelových registrů. Příčná vazba je tvořena rámem ze dvou sloupů a příčle - hlavního nosníku. Přípoj hlavního nosníku na sloupy se považuje za kloubový, kotvení sloupů je také kloubové. Stabilita konstrukce v příčném směru je zajištěna kotvením do ostění. V podélném směru jsou příčné vazby propojeny převážkami v úrovni hlav soupů, sekundárními nosníky mezi hlavními nosníky a systémem vodorovných a svislých příhradových ztužidel. Pochozí plocha je z porořostů, konstrukce je doplněna zábradlím a žebříkem (návrh žebříku není součástí této projektové dokumentace). Celká konstrukce je navržena z GFRP kompozitu, některé prvky jsou z nerezové oceli. Spoje jsou šroubované.

1.1 GEOMETRIE

Výška plošiny nad podlahou

4.00 m

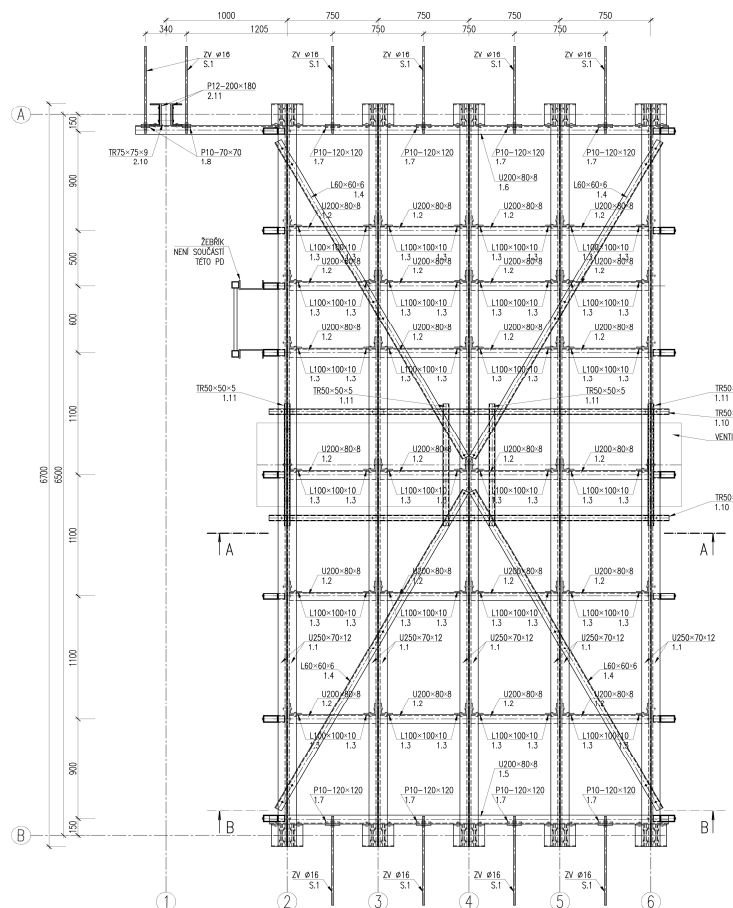
Osová vzdálenost nosníků a sloupů ve směru chodby

0.75 m

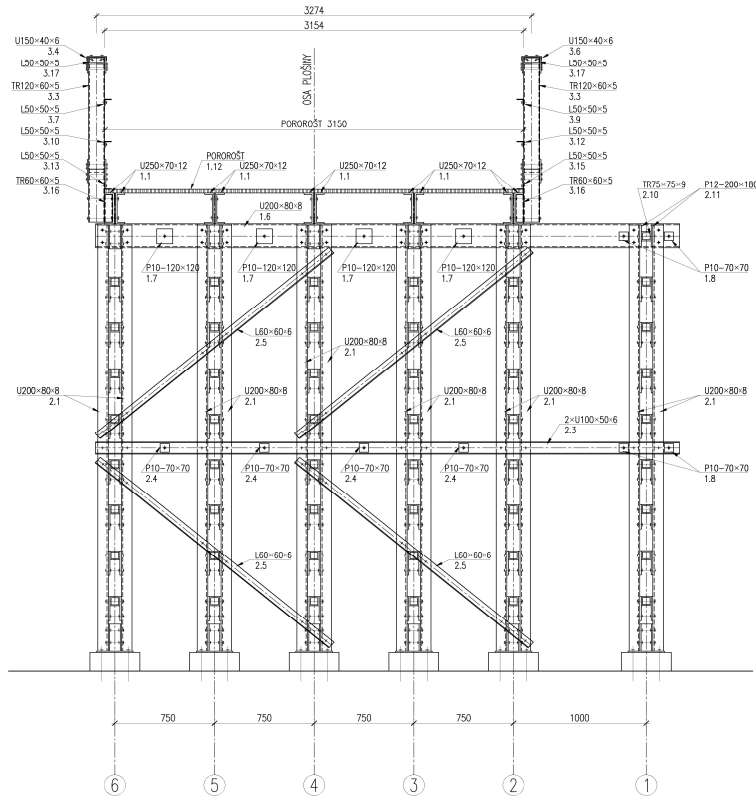
Osová vzdálenost sloupů napříč chodbou

6.50 m

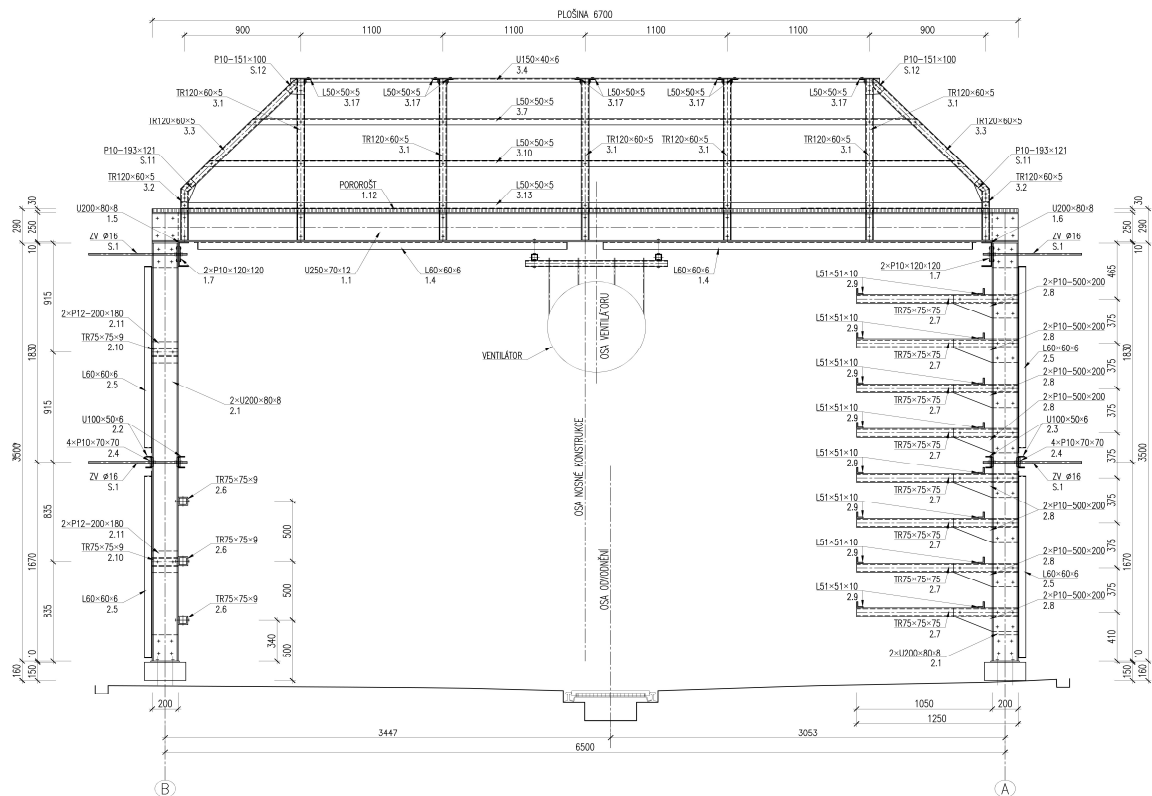
1.1.1 PŮDORYS



1.1.2 POHLED



1.1.3 TYPICKÝ PŘÍČNÝ ŘEZ



1.2 MATERIÁLY

1.2.1 GFRP KOMPOZIT

Objemová hmotnost ρ_k 1800 kg/m³

Pevnosti materiálu

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa
Pevnost v ohybu kolmo k vláknům	$f_{m,90,k}$	100 MPa
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa
Pevnost v otlačení rovnoběžně s vlákny	$f_{b,0,k}$	175 MPa
Pevnost v otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,k}$	120 MPa

Přetvárné vlastnosti materiálu

Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa
Modul pružnosti v tahu kolmo k vláknům	$E_{t,90}$	8 GPa
Modul pružnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny	$E_{c,0}$	10 GPa
Modul pružnosti v tlaku kolmo k vláknům	$E_{c,90}$	10 GPa
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa
Součinitel příčné roztažnosti	$\nu_{0,90}$	0.23 -
Součinitel příčné roztažnosti	$\nu_{90,0}$	0.09 -

Součinitel spolehlivosti

Vliv doby trvání zatížení

A1		1 minuta	1 den	1 týden	6 měsíců	10let
	E-modul	1.00	1.15	1.30	1.40	1.50
	Pevnost	1.00	1.10	1.25	1.35	1.45

Vliv prostředí

A2		bez vlivu	přirozené do 30°C	silné UV záření 30-40°C
	E-modul	1.00	1.10	1.30
	Pevnost	1.00	1.10	1.30

Vliv teploty

A2		≤ 20°C	30°C	40°C	80°C
	E-modul	1.00	1.05	1.10	1.60
	Pevnost	1.00	1.10	1.20	3.50

Celková hodnota

$$A = A1 \times A2 \times A3$$

1.2.2 KOROZIVZDORNÁ OCEL 1.4404

Ocelové prvky jsou použity jako ztužení konstrukce, styčnickové a kotevní prvky.

Objemová hmotnost	ρ	7850 kg/m ³
Mez kluzu	f_y	200 MPa
Mez pevnosti	f_u	500 MPa
Modul pružnosti v tahu a tlaku	E	200 GPa
Modul pružnosti ve smyku	G	77 GPa
Poissonův součinitel	ν	0.30 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,0}$	1.10 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,1}$	1.10 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25 -

1.2.3 KOROZIVZDORNÁ OCEL A4-70

Spojovací materiál.

Mez kluzu	f_{yb}	450 MPa
Mez pevnosti	f_{ub}	700 MPa
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25 -

2 ZATÍŽENÍ

2.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ

2.1.1 VLASTNÍ TÍHA NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

ZS1 - VLASTNÍ TÍHA NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

Generováno výpočetním programem na základě průřezů a materiálů

Objemová tíha GFRP kompozitu	18 kN/m ³
Objemová tíha oceli	78.5 kN/m ³

2.1.2 OSTATNÍ STÁLÁ ZATÍŽENÍ

Další části konstrukce, které nejsou součástí analytického modelu

- GFRP pororošt

Plošná tíha GFRP pororoštu	14.6 kg/m ²
	0.146 kN/m ²

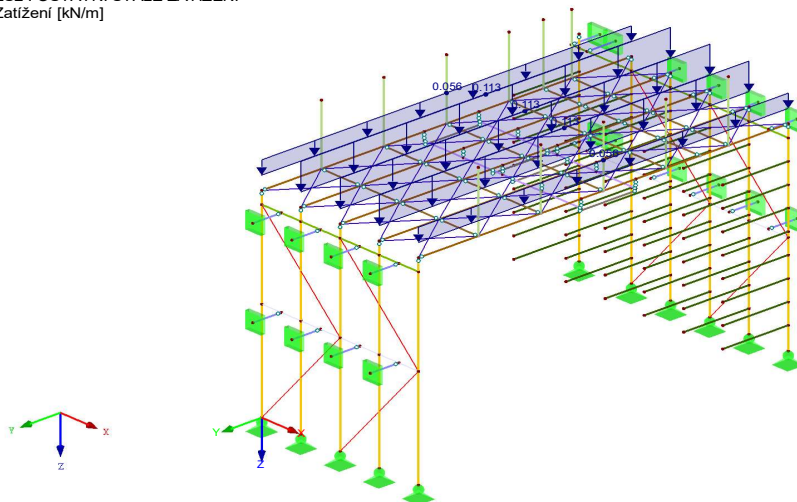
- Vodorovné prvky zábradlí

zanedbá se

ZS2 - OSTATNÍ STÁLÁ ZATÍŽENÍ

ZS2 : OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN/m]

Izometrie



2.1.3 VENTILÁTOR

Pod plošinou je na osmi závěsech zavešený ventilátor na GFRP podélných a příčných prvcích.

- krajní závěsy	(4 ks)	0.13 kN
- střední závěsy	(4 ks)	0.40 kN
- celkem		2.12 kN

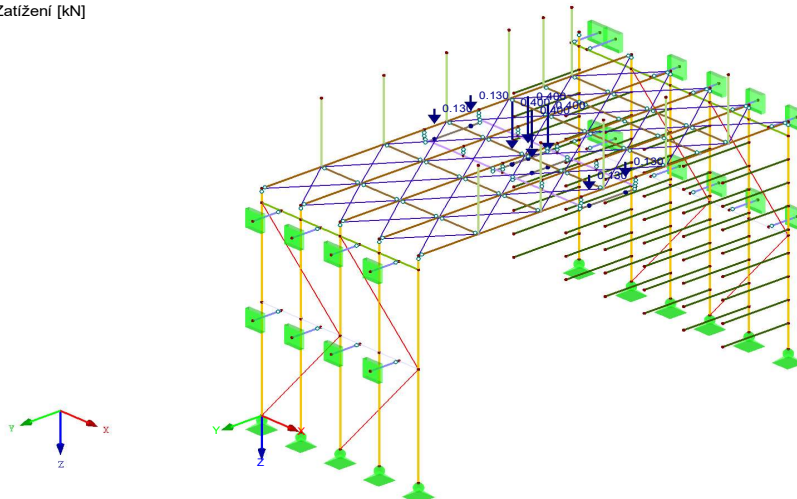
Ve výpočtu je uvažován dynamický součinitel pro zohlednění dynamických účinků na konstrukci

- dynamický součinitel	2.00 -
------------------------	--------

ZS3 - VENTILÁTOR

ZS3 : VENTILÁTOR
Zatížení [kN]

Izometrie



2.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

2.2.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Svislé plošné zatížení	q_k	3.00 kN/m ²
Vodorovné ploš. příčné zat. (10 % ze svislého)	$q_{k,hor,př}$	0.30 kN/m ²
Vodorovné ploš. podélné zat. (10 % ze svislého)	$q_{k,hor,pod}$	0.30 kN/m ²
Vodorovné příčné a podélné zatížení může působit v obou směrech - celkem čtyři směry		
Zatížení na zábradlí se uvažuje podle TP 258 Mostní zábradlí		
Užitné zatížení na zábradlí (vodorovné)		
- liniové	$q_{k,hor}$	1.00 kN/m
- osamělá síla	$Q_{k,hor}$	1.00 kN
Užitné zatížení na zábradlí (svislé)		
- liniové	$q_{k,ver}$	1.00 kN/m
- osamělá síla	$Q_{k,ver}$	1.00 kN

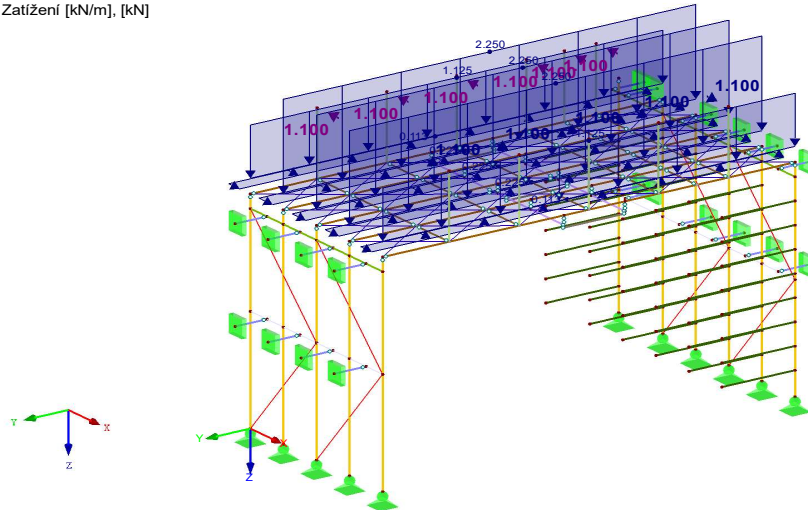
Svislé a vodorovné zatížení působí současně.

V každém zatěžovacím stavu je svislé plošné zatížení a jedno z vodorovných plošných zatížení a zatížení na zábradlí. Celkem čtyři zatěžovací stavy.

ZS4 - Svislé + vodorovné podélné "+"

ZS4 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ-VODOROVNÉ PODÉLNÉ "+"
Zatížení [kN/m], [kN]

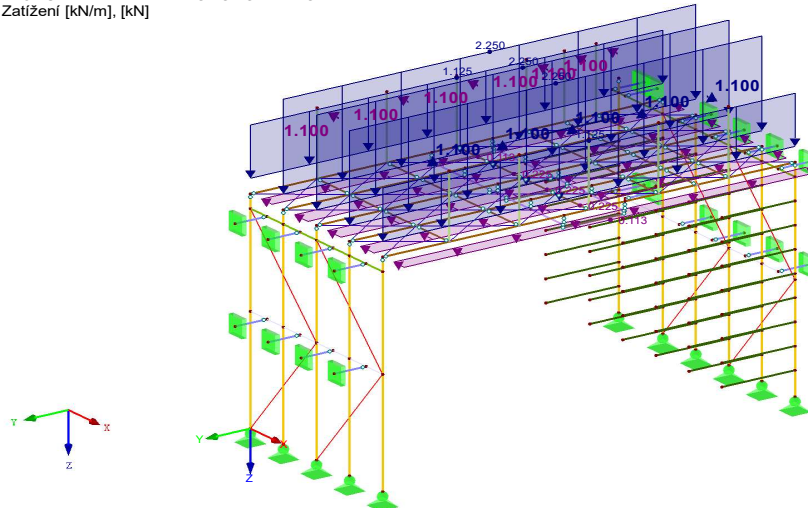
Izometrie



ZS5 - Svislé + vodorovné podélné "-"

ZS5 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ-VODOROVNÉ PODÉLNÉ "-"
Zatížení [kN/m], [kN]

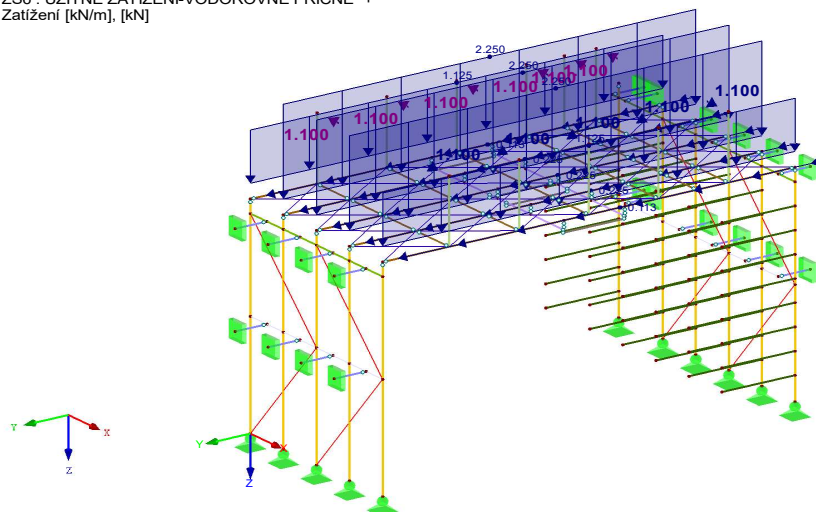
Izometrie



ZS6 - Svislé + vodorovné příčné "+"

ZS6 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ-VODOROVNÉ PŘÍČNÉ "+"
Zatížení [kN/m], [kN]

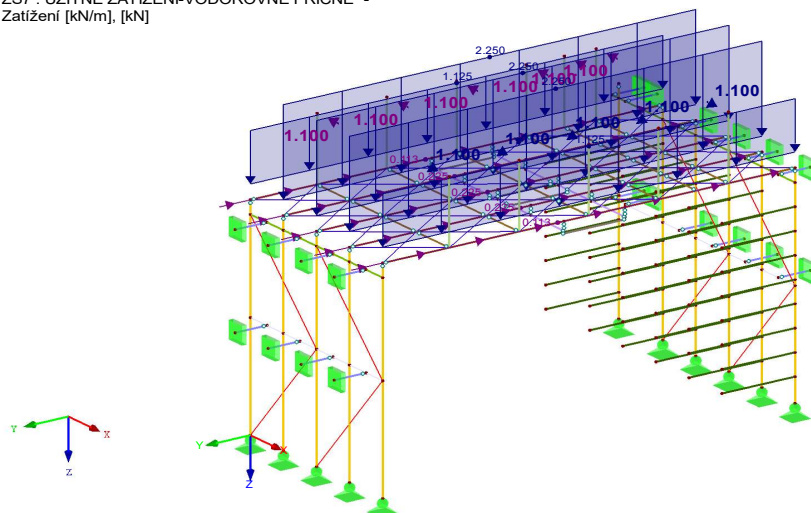
Izometrie



ZS7 - Svislé + vodorovné příčné "-"

ZS7 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ-VODOROVNÉ PŘÍČNÉ "-"
Zatížení [kN/m], [kN]

Izometrie



2.2.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ LÁVEK REGISTRU

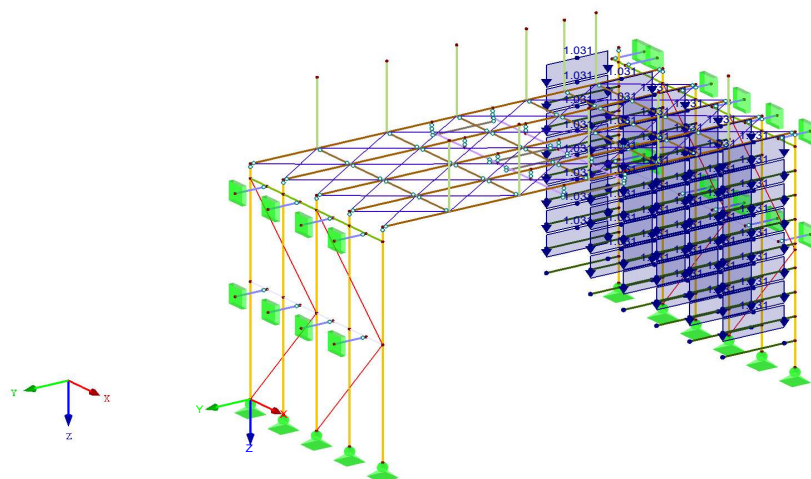
Na každou konzolku vynášející lávku registru se aplikuje celkové zatížení v hodnotě 1 kN.

Celkové zatížení na 1 konzolku	Q_k	1.00 kN
Délka, na které zatížení působí	L	0.97 m
Přepočtené spojitě zatížení na lávku	q_k	1.03 kN/m

ZS8 - Užitné zatížení lávek

ZS8 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ LÁVEK
Zatížení [kN/m]

Izometrie



2.2.3 MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ LÁVEK REGISTRU

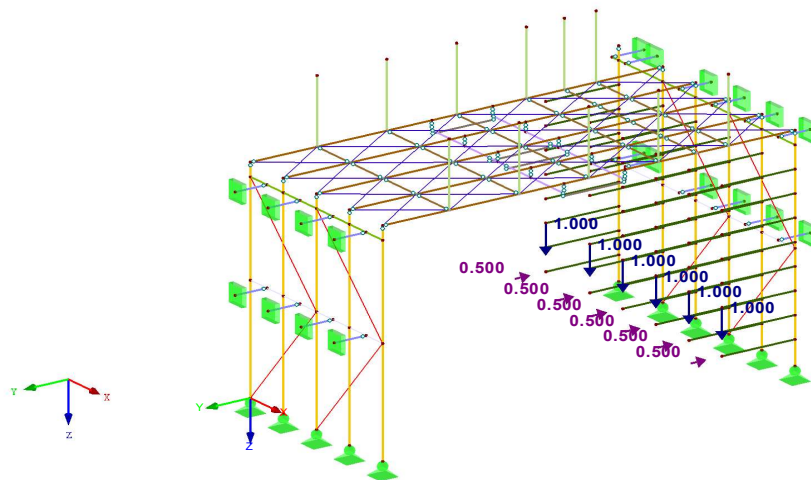
Na konci každé konzoly lávky se uvažuje svislé a vodorovné zatížení simulující montážního dělníka během montáže.

Svislé zatížení	F_{sv}	1.00 kN
Vodorovné zatížení	F_{vod}	0.50 kN

ZS9 - Montážní zatížení lávky č. 1

ZS9 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L1
Zatížení [kN]

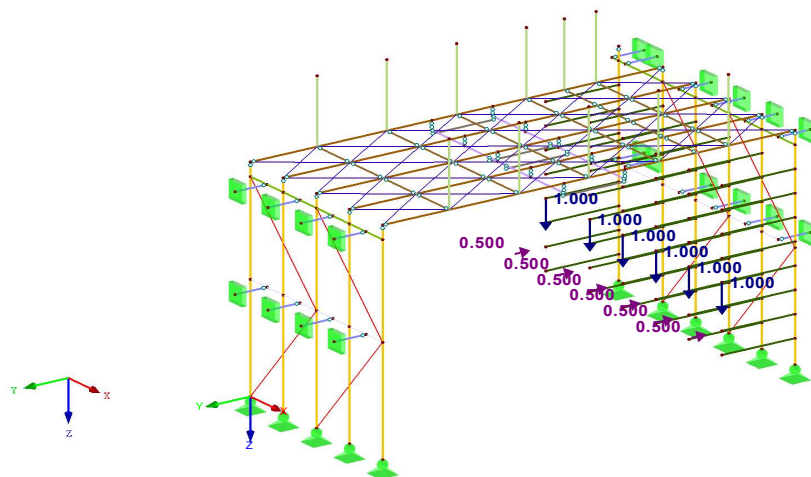
Izometrie



ZS10 - Montážní zatížení lávky č. 2

ZS10 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L2
Zatížení [kN]

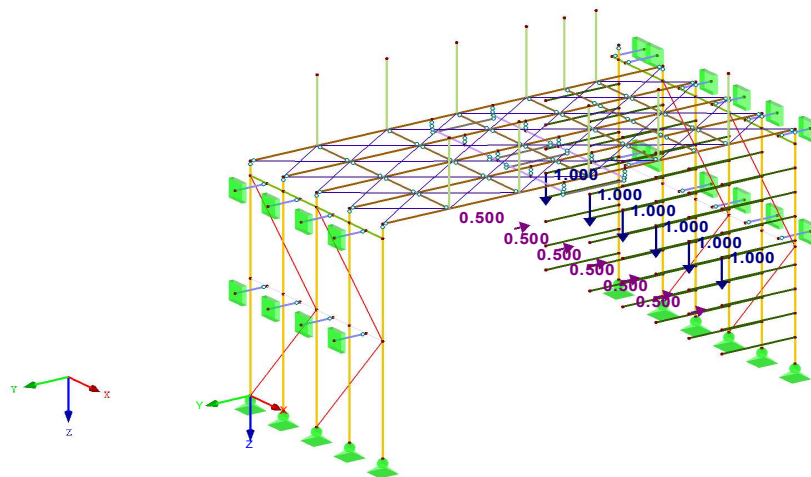
Izometrie



ZS11 - Montážní zatížení lávky č. 3

ZS11 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L3
Zatížení [kN]

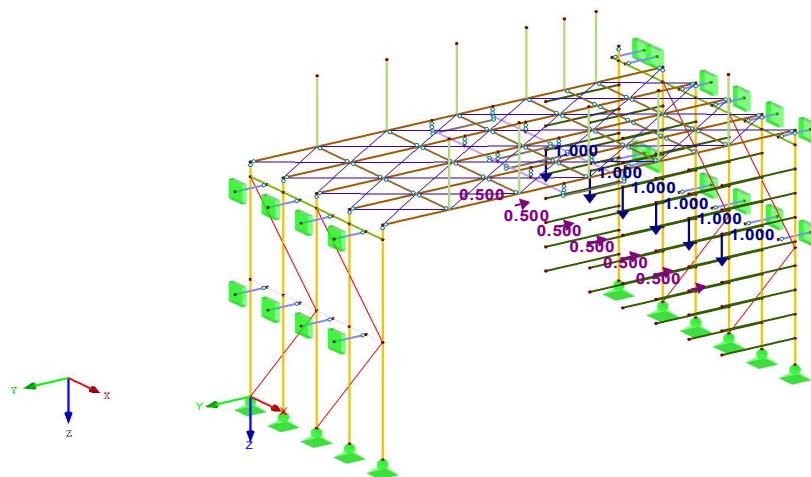
Izometrie



ZS12 - Montážní zatížení lávky č. 4

ZS12 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L4
Zatížení [kN]

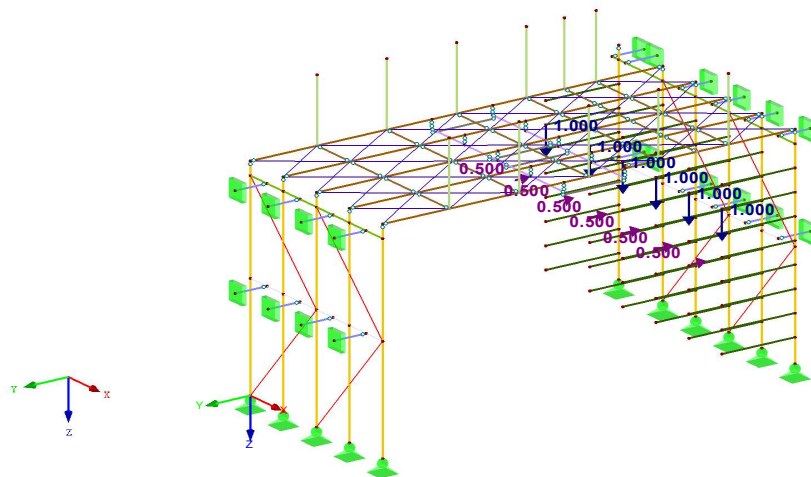
Izometrie



ZS13 - Montážní zatížení lávky č. 5

ZS13 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L5
Zatížení [kN]

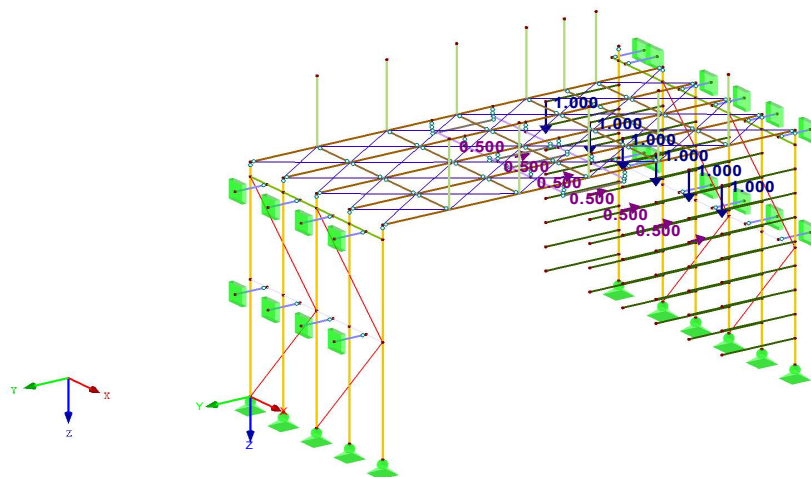
Izometrie



ZS14 - Montážní zatížení lávky č. 6

ZS14 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L6
Zatížení [kN]

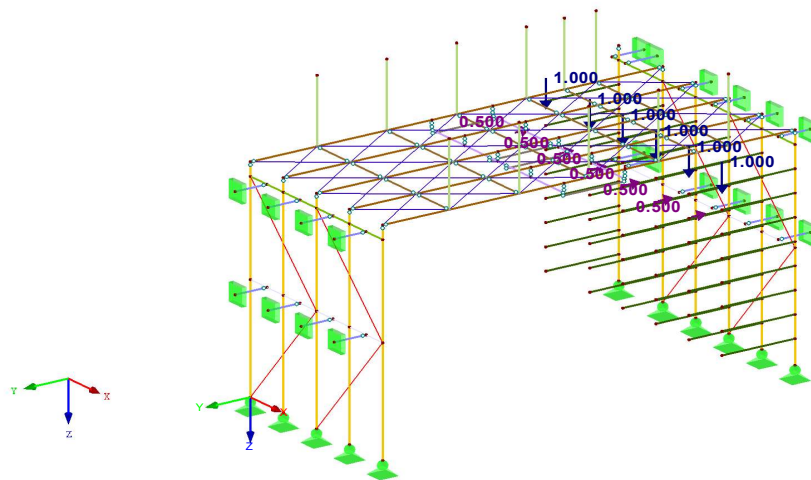
Izometrie



ZS15 - Montážní zatížení lávky č. 7

ZS15 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L7
Zatížení [kN]

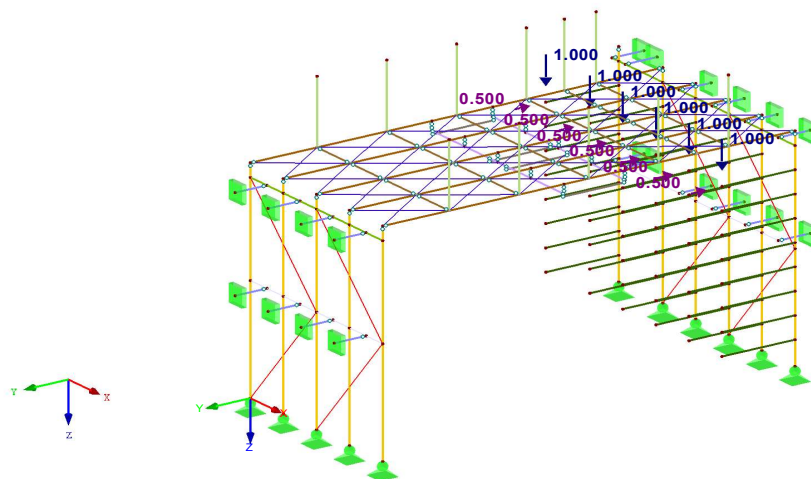
Izometrie



ZS16 - Montážní zatížení lávky č. 8

ZS16 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - L8
Zatížení [kN]

Izometrie



2.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

2.3.1 KOMBINACE ZATÍŽENÍ PRO MSÚ

Kombinace zatížení jsou vytvořeny podle výrazu (6.10) podle ČSN EN 1990 ed. 2, Tabulka A1.2(B). Užitné zatížení se uvažuje vždy jako hlavní proměnné zatížení, uvažuj se příznivé účinky stálých zatížení.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

Součinitel stálého nepříznivého zatížení	$\gamma_{G,j,\text{sup}}$	1.35 -
Součinitel stálého příznivého zatížení	$\gamma_{G,j,\text{inf}}$	1.00 -
Součinitel proměnného nepříznivého zatížení	γ_Q	1.50 -
Součinitel proměnného příznivého zatížení	γ_Q	0.00 -
Součinitel pro stálé zatížení	ξ	0.85 -
Kombinační součinitel	ψ_0	1.00 -

Výpis kombinací

KZ1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
KZ2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4
KZ3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5
KZ4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS6
KZ5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS7
KZ6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS8
KZ7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS8
KZ8	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS8
KZ9	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS6 + 1.5*ZS8
KZ10	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS7 + 1.5*ZS8
KZ11	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS9
KZ12	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS10
KZ13	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS11
KZ14	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS12
KZ15	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS13
KZ16	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS14
KZ17	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS15
KZ18	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS16
KZ19	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS9
KZ20	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS10
KZ21	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS11
KZ22	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS12
KZ23	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS13
KZ24	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS14
KZ25	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS15
KZ26	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS4 + 1.5*ZS16
KZ27	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS9
KZ28	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS10
KZ29	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS11
KZ30	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS12
KZ31	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS13
KZ32	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS14
KZ33	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS15
KZ34	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS5 + 1.5*ZS16
KZ35	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS6 + 1.5*ZS9
KZ36	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS6 + 1.5*ZS10
KZ37	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.5*ZS6 + 1.5*ZS11

[illegible]

2.3.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ PRO MSP

Kombinace zatížení jsou vytvořeny podle výrazu (6.14b) podle ČSN EN 1990 ed. 2

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

Výpis kombinací

KZ91	ZS1 + ZS2 + ZS3
KZ92	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4
KZ93	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5
KZ94	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6
KZ95	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS7
KZ96	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS8
KZ97	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS8
KZ98	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8
KZ99	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS6 + ZS8
KZ100	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS7 + ZS8

2.4 OBÁLKY ZATÍŽENÍ

KV1	KZ1-KZ90	pro MSÚ
KV2	KZ91-KZ100	pro MSP

3 ANALÝZA KONSTRUKCE

Pro statickou analýzu byl vytvořen prostorový prutový model v programu Dlubal RFEM (verze 5.26.01 x64). Analýza vnitřních sil a deformací byla nastavena jako geometricky nelineární pružnostní (GNA) - výpočet podle teorie II. řádu. Materiálové modely GFRP a oceli byly lineárně pružné.

Údaje o modelu:

Počet uzlů:

257

Počet prutů:

223

Počet uzlových podpor:

31

Počet průřezů:

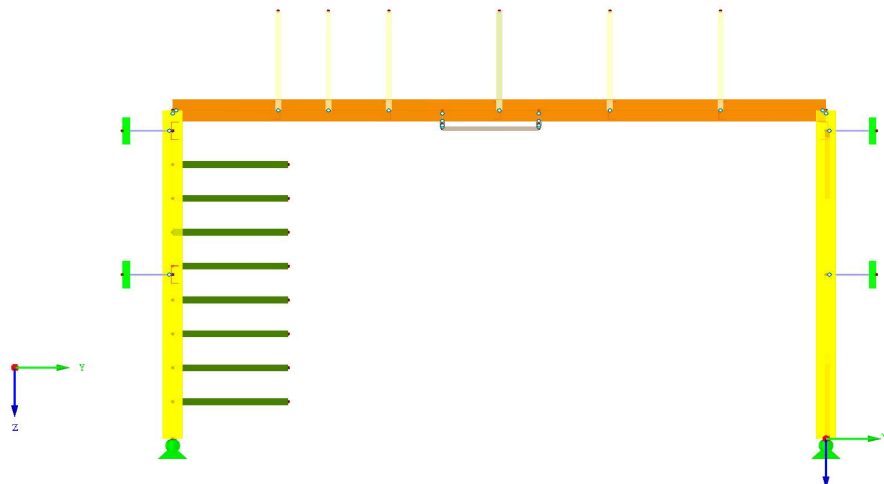
16

Počet deskostěn

0

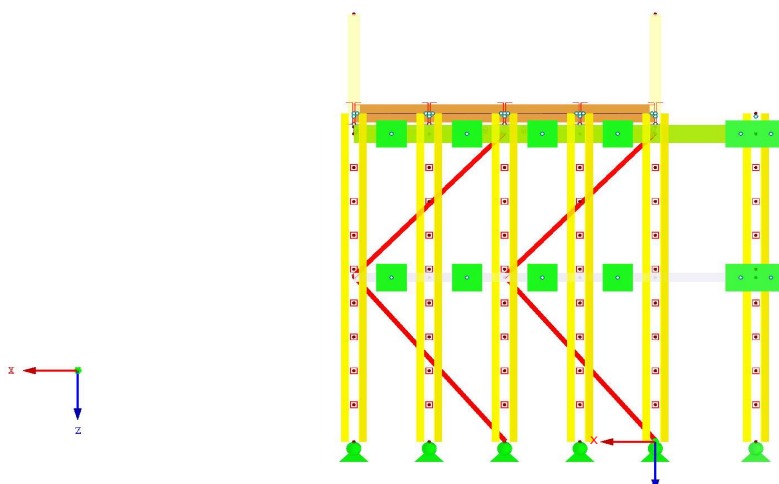
Pohled ve směru x

Ve směru X



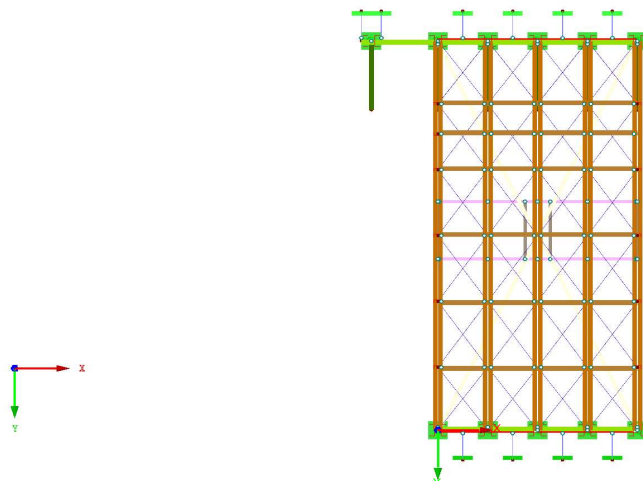
Pohled ve směru y

Ve směru Y



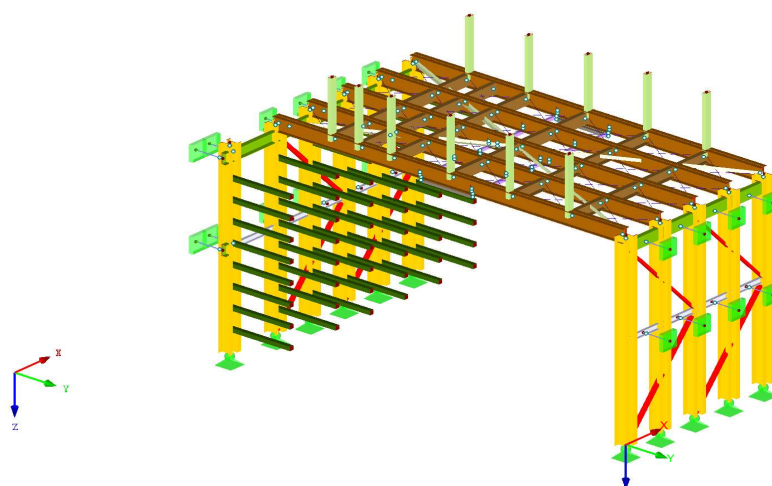
Pohled ve směru z

Ve směru Z



Axonometrický pohled

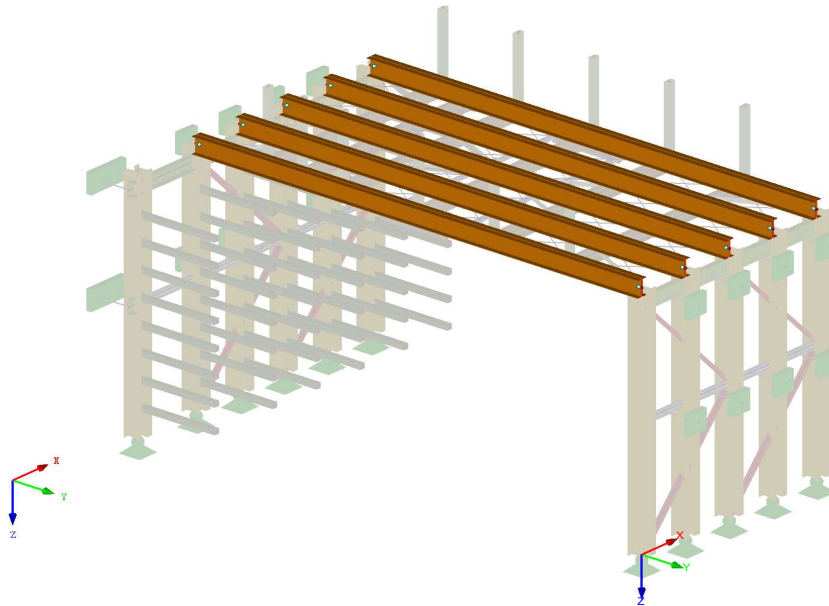
Izometrie



4 HLAVNÍ NOSNÍKY

4.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



4.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

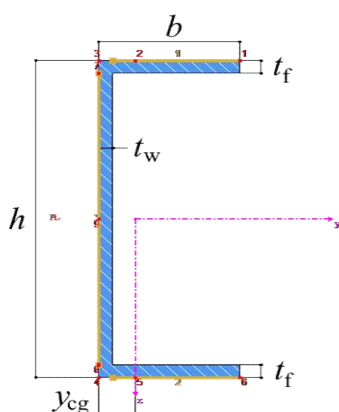
Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

4.3 VNITŘNÍ SÍLY

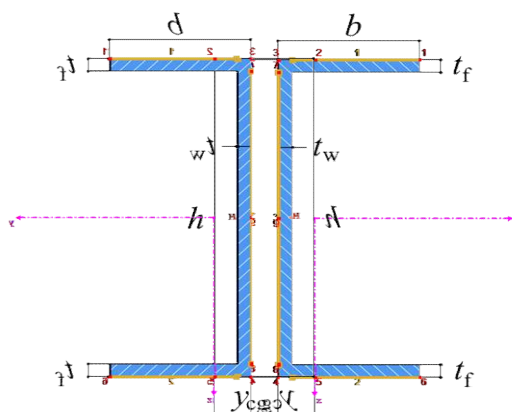
	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	kombinace
MAX N	3.79	0.27	-7.25	0.02	10.31	0.11	KZ 34
MIN N	-4.02	-0.31	-4.75	-0.02	15.69	0.01	KZ 59
MAX V_y	0.14	0.36	-8.49	0.01	8.83	0.04	KZ 33
MIN V_y	0.86	-0.37	0.73	-0.01	17.57	-0.15	KZ 61
MAX V_z	-1.61	0.14	10.56	0.00	0.00	0.01	KZ 26
MIN V_z	-1.40	-0.07	-10.98	0.00	0.00	0.01	KZ 26
MAX M_T	-3.90	0.34	-6.08	0.02	9.69	0.02	KZ 62
MIN M_T	3.29	-0.16	-1.79	-0.02	17.60	0.06	KZ 3
MAX M_y	-2.21	-0.19	0.74	-0.01	18.44	0.17	KZ 26
MIN M_y	-1.40	-0.07	-10.98	0.00	0.00	0.01	KZ 26
MAX M_z	3.72	0.19	-6.31	0.00	13.70	0.23	KZ 34
MIN M_z	-3.88	-0.25	-0.69	-0.01	17.80	-0.19	KZ 59

4.4 PRŮŘEZ

Dílčí průřez



Složený průřez



4.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY DÍLČÍHO PRŮŘEZU

Výška průřezu	h	250 mm
Šířka průřezu	b	70 mm
Tloušťka pásnic	t_f	12 mm
Tloušťka stojiny	t_w	12 mm
Výška stojiny	h_w	226 mm
Plocha pásnice	A_f	840 mm ²
Plocha stojiny	A_w	2712 mm ²
Celková průřezová plocha	A	4392 mm ²
Poloha těžiště	y_{cg}	17.1 mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	3.54E+07 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1.59E+06 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	2.11E+05 mm ⁴

Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.59E+10 mm ⁶
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	89.7 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	19.0 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	2.83E+05 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	3.01E+04 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	1.77E+05 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	3.36E+04 mm ³
Výsečová souřadnice	w	5265 mm ²
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	30.9 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	96.8 mm

4.4.2 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY SLOŽENÉHO PRŮŘEZU

Šířka mezery mezi průřezy	t_p	10 mm
Průřezová plocha	A	8784 mm ²
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	7.07E+07 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	7.47E+06 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	421632 mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.46E+11 mm ⁶
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	89.7 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	29.2 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	94.3 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	565661 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	99592 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	353148 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	64032 mm ³
Výsečová souřadnice	w	8233 mm ²

4.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

4.5.1 TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	3.79 kN
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	0.431 MPa
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa
Jednotkový posudek	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0

=> vyhovuje

4.5.2 PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-4.017 kN
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	0.457 MPa
Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	94.044 MPa
Jednotkový posudek	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	0.00 < 1,0

=> vyhovuje

4.5.3 SMYK

Smyk ve směru y

Návrhová posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.372 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.133 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	10.976 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	2.284 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.15 < 1,0	=> vyhovuje

4.5.4 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	18.438 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	32.595 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.16 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy z

Návrhový ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.23 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,z,d}$	2.309 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,z,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Šikmý ohyb

Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.17 < 1,0	=> vyhovuje
--------------------	---	------------	-------------

4.5.5 KROUCENÍ

Posouzení není provedeno na maximální hodnotu krouticího momentu z globální analýzy konstrukce. Krouticí moment vzniká u posledního sloupku zábradlí v řadě 1, kde nebylo konstrukčně možné kroucení zabránit. Vzhledem k malé výšce ostění nad daným sloupkem zábradlí se nedá očekávat plná hodnota zatížení na zábradlí.

Návrhový moment prostého kroucení (přibližně)	$T_{t,Ed}$	0.022 kNm	
Smykové napětí od prostého kroucení	τ_d	0.626 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.04 < 1,0	=> vyhovuje

Excentricita zatížení vzhledem k Cs	e	0.0 mm
Délka prutu při kroucení	L	1060 mm
Bezrozměrný param. tuhosti prutu při kroucení	K_t	0.604 -
Koef. pro typ zatížení a okrajových podmínek	α	3.7 -
Koef. pro typ zatížení a okrajových podmínek	β	1.08 -
Opravný součinitel	κ	0.026 -

Návrhový bimoment (přibližně)	B_{Ed}	0.000 kNm ²	
Normálové napětí od bimomentu	$\sigma_{B,d}$	0.000 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{B,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

4.5.6 VZPĚŘ

Vybočení kolmo k ose y

Výpočet je proveden jako pro celistvý průřez

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	6500 mm	
Kritická síla	$N_{cr,y}$	412.933 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	1.957 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_y	2.845 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.204 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	4.017 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	168.245 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.02 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení kolmo k ose z

Výpočet je proveden pro jeden U průřez

Vzpěrná délka	$L_{cr,z}$	1100 mm	
Kritická síla	$N_{cr,z}$	324.428 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z}$	2.208 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_z	3.429 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.165 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	2.009 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	68.249 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.03 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení zkroucením kolem osy x

Výpočet je proveden pro jeden U průřez

Vzpěrná délka	$L_{cr,x}$	1100 mm	
Kritická síla	$N_{cr,x}$	410.069 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,x}$	1.388 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_x	1.755 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_x	0.354 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	2.009 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	146.019 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

4.5.7 KLOPENÍ

Délka prutu	L	1100 mm	
Součinitel vzpěrné délky	k_w	1.00 -	
Součinitel vzpěrné délky	k_z	1.00 -	
Souřadnice působíště zatížení k Cs	z_g	125.00 mm	
	z_j	0.00 mm	
Bezrozměrný parametr kroucení	κ_{wt}	5.013 -	
Bezrozměrný parametr působíště zatížení	ς_g	4.490 -	
Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu	ς_j	0.000 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_1	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_2	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_3	1.00 -	
Bezrozměrný kritický moment	μ_{cr}	2.314 -	
Pružný kritický moment	M_{cr}	98.128 kNm	
Poměrná štíhlost při klopení	λ_{LT}	1.518 -	
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.490 -	
	ϕ_{LT}	1.951 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_{LT}	0.315 -	
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	18.438 kNm	
Návrhová únosnost v klopení	$M_{b,Rd}$	37.208 kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.50 < 1,0	=> vyhovuje

4.5.8 INTERAKCE VZPĚRU A KLOPENÍ

Jednotkový posudek na vzpěr (nejhorší případ)	η_{FB}	0.03 -	
Jednotkový posudek na klopení	η_{LT}	0.50 -	
Jednotkový posudek na ohyb kolem osy z	η_{MZ}	0.01 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_{FB} + \eta_{LT} + \eta_{MZ}$	0.54 < 1,0	=> vyhovuje

4.5.9 INTERAKCE SMYKU A KROUCENÍ

Jednotkový posudek na smyk ve směru y	η_y	0.01 -	
Jednotkový posudek na smyk ve směru z	η_z	0.01 -	
Jednotkový posudek na smyk od kroucení	η_T	0.04 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_y + \eta_T$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_z + \eta_T$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje

4.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

4.6.1 SVISLÝ PRŮHYB

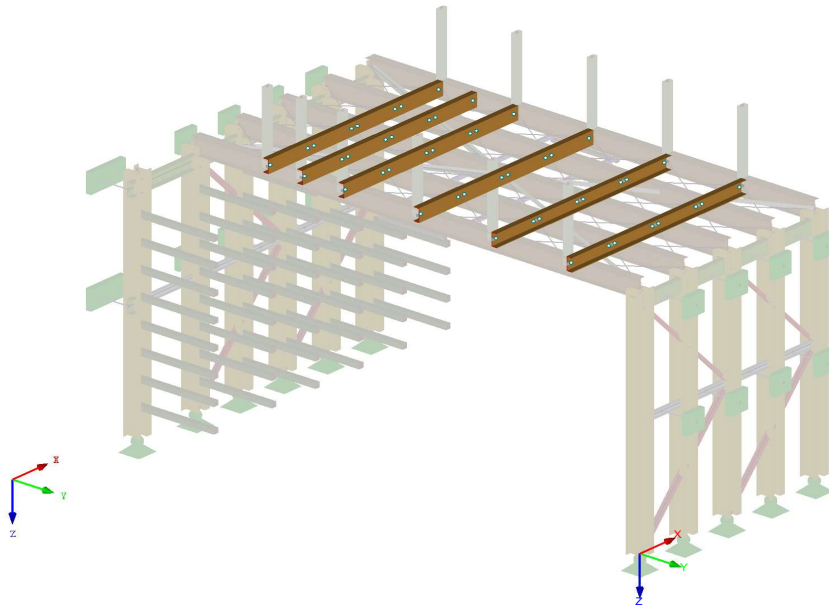
Rozpětí nosníku	L	6500 mm	
Největší svislý průhyb od užitého zat.	u_z	38.80 mm	
Limitní svislý průhyb	$L / 200$	$u_{z,lim}$	32.50 mm
Jednotkový posudek	$u_z / u_{z,lim}$	1.19 > 1,0	=> <i>nevyhovuj</i>

POZNÁMKA: Jedná se o konstrukci bez přístupu veřejnosti. Současně uvažované zatížení v hodnotě 3 kN/m² nebude pravděpodobně nikdy dosaženo. Z těchto důvodů, ikdyž konstrukce technicky vzato nesplňuje podmínky v MSP, je možné konstrukci považovat za bezpečnou.

5 SEKUNDÁRNÍ NOSNÍKY

5.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



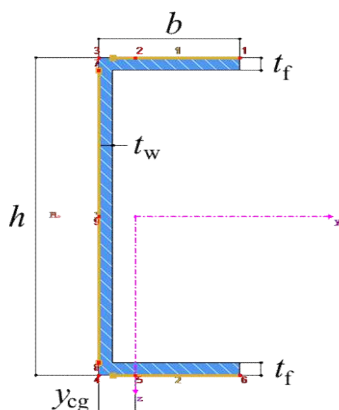
5.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

5.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	<i>kombinace</i>
MAX N	3.44	0.00	-0.94	0.00	-0.25	0.00	KZ 34
MIN N	-0.06	0.00	0.95	0.00	-0.95	0.00	KZ 61
MAX V_y	1.65	0.05	-1.79	0.00	-1.81	-0.05	KZ 30
MIN V_y	1.51	-0.06	2.08	0.00	-1.81	-0.05	KZ 33
MAX V_z	1.51	-0.06	2.08	0.00	-1.81	-0.05	KZ 34
MIN V_z	1.65	0.05	-1.79	0.00	-1.81	-0.05	KZ 34
MAX M_T	1.66	-0.05	1.79	0.00	-1.81	-0.05	KZ 51
MIN M_T	1.65	0.05	-1.53	0.00	-1.82	-0.05	KZ 50
MAX M_y	-0.01	0.00	0.62	0.00	0.58	0.00	KZ 17
MIN M_y	1.67	0.05	-1.54	0.00	-1.82	-0.06	KZ 26
MAX M_z	0.00	0.00	-0.28	0.00	0.36	0.00	KZ 90
MIN M_z	1.67	0.05	-1.54	0.00	-1.82	-0.06	KZ 26

5.4 PRŮŘEZ



5.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Výška průřezu	h	200 mm
Šířka průřezu	b	80 mm
Tloušťka pásnic	t_f	8 mm
Tloušťka stojiny	t_w	8 mm
Výška stojiny	h_w	184 mm
Plocha pásnice	A_f	640 mm ²
Plocha stojiny	A_w	1472 mm ²
Celková průřezová plocha	A	2752 mm ²
Poloha těžiště	y_{cg}	20.7 mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1.60E+07 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1.58E+06 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	5.87E+04 mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.02E+10 mm ⁶

Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	76.1 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	23.9 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	1.60E+05 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	2.66E+04 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	9.53E+04 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	2.81E+04 mm ³
Výsečová souřadnice	w	4729 mm ²
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	43.5 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	90.9 mm

5.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

5.5.1 TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	3.44 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	1.250 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

5.5.2 PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-0.061 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	0.022 MPa	
Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	94.044 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

5.5.3 SMYK

Smyk ve směru y

Návrhová posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.059 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.066 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	2.08 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.776 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje

5.5.4 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	1.816 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	11.381 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy z

Návrhový ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.055 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,z,d}$	2.066 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,z,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Šikmý ohyb

Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.06 < 1,0	=> vyhovuje
--------------------	---	----------------------	--------------------

5.5.5 KROUCENÍ

Návrhový moment prostého kroucení (přibližně)	$T_{t,Ed}$	0.001 kNm	
Smykové napětí od prostého kroucení	τ_d	0.136 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Excentricita zatížení vzhledem k Cs	e	0.0 mm	
Délka prutu při kroucení	L	800 mm	
Bezrozměrný param. tuhosti prutu při kroucení	K_t	0.643 -	
Koef. pro typ zatížení a okrajových podmínek	α	3.7 -	
Koef. pro typ zatížení a okrajových podmínek	β	1.08 -	
Opravný součinitel	κ	0.029 -	
Návrhový bimoment (přibližně)	B_{Ed}	0.000 kNm ²	
Normálové napětí od bimomentu	$\sigma_{B,d}$	0.000 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{B,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

5.5.6 VZPĚR

Vybočení kolmo k ose y

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,y}$	6999.220 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	0.266 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_y	0.552 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.966 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	0.061 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	250.122 kN	
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení kolmo k ose z

Vzpěrná délka	$L_{cr,z}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,z}$	692.112 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z}$	0.846 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_z	1.016 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.633 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	0.061 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	163.908 kN	
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení zkroucením kolem osy x

Vzpěrná délka	$L_{cr,x}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,x}$	560.552 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,x}$	0.940 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_x	1.123 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_x	0.575 -	
Návrhová osová síla	$N_{ch,Ed}$	0.061 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{ch,b,Rd}$	148.928 kN	
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

5.5.7 KLOPENÍ

Délka prutu	L	750 mm	
Součinitel vzpěrné délky	k_w	1.00 -	
Součinitel vzpěrné délky	k_z	1.00 -	
Souřadnice působíště zatížení k Cs	z_g	100.00 mm	
	z_j	0.00 mm	
Bezrozměrný parametr kroucení	κ_{wt}	5.214 -	
Bezrozměrný parametr působíště zatížení	ς_g	6.489 -	
Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu	ς_j	0.000 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_1	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_2	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_3	1.00 -	
Bezrozměrný kritický moment	μ_{cr}	1.895 -	
Pružný kritický moment	M_{cr}	20.216 kNm	
Poměrná štíhlost při klopení	λ_{LT}	1.777 -	
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.490 -	
	ϕ_{LT}	2.440 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_{LT}	0.243 -	
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	1.816 kNm	
Návrhová únosnost v klopení	$M_{b,Rd}$	8.107 kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.22 < 1,0	=> vyhovuje

5.5.8 INTERAKCE VZPĚRU A KLOPENÍ

Jednotkový posudek na vzpěr (nejhorší případ)	η_{FB}	0.00 -	
Jednotkový posudek na klopení	η_{LT}	0.22 -	
Jednotkový posudek na ohyb kolem osy z	η_{MZ}	0.01 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_{FB} + \eta_{LT} + \eta_{MZ}$	0.23 < 1,0	=> vyhovuje

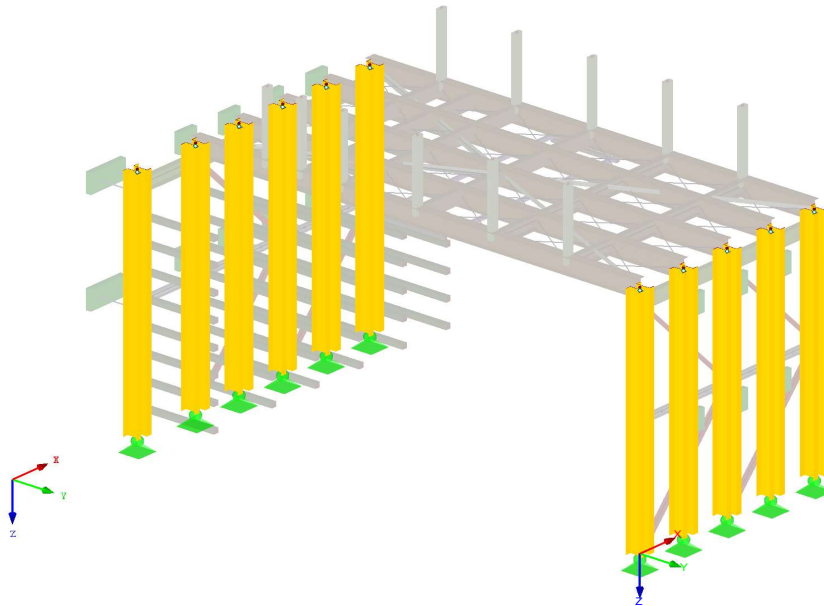
5.5.9 INTERAKCE SMYKU A KROUCENÍ

Jednotkový posudek na smyk ve směru y	η_y	0.00 -	
Jednotkový posudek na smyk ve směru z	η_z	0.01 -	
Jednotkový posudek na smyk od kroucení	η_T	0.01 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_y + \eta_T$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_z + \eta_T$	0.02 < 1,0	=> vyhovuje

6 SLOUPY

6.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



6.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

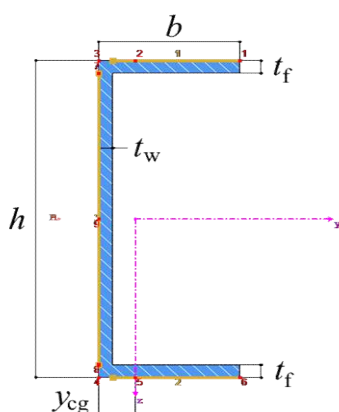
Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

6.3 VNITŘNÍ SÍLY

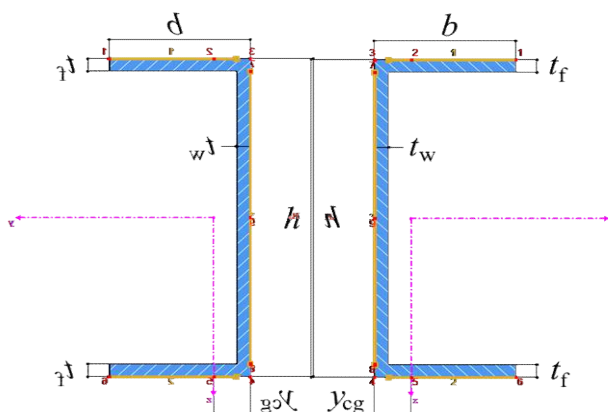
	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	kombinace
MAX N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KZ 1
MIN N	-28.85	-0.02	3.62	0.00	0.00	0.00	KZ 51
MAX V_y	-10.87	1.77	0.68	-0.02	0.00	0.00	KZ 61
MIN V_y	-10.08	-1.27	1.57	0.02	0.00	0.00	KZ 51
MAX V_z	-25.00	-0.02	4.02	0.00	0.00	0.00	KZ 67
MIN V_z	-10.39	0.18	-3.16	0.00	0.00	0.00	KZ 70
MAX M_T	-10.16	-0.08	0.89	0.02	0.20	0.02	KZ 67
MIN M_T	-10.90	1.76	0.68	-0.02	0.15	-0.40	KZ 59
MAX M_y	-10.16	0.04	2.50	0.00	1.41	0.02	KZ 75
MIN M_y	-15.15	0.04	3.24	0.00	-2.62	0.01	KZ 73
MAX M_z	-10.12	-1.26	1.57	0.02	0.35	0.28	KZ 51
MIN M_z	-10.90	1.76	0.69	-0.02	0.16	-0.40	KZ 61

6.4 PRŮŘEZ

Dílčí průřez



Složený průřez



6.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY DÍLČÍHO PRŮŘEZU

Výška průřezu	h	200 mm
Šířka průřezu	b	80 mm
Tloušťka pásnic	t_f	8 mm
Tloušťka stojiny	t_w	8 mm
Výška stojiny	h_w	184 mm
Plocha pásnice	A_f	640 mm ²
Plocha stojiny	A_w	1472 mm ²
Celková průřezová plocha	A	2752 mm ²
Poloha těžiště	y_{cg}	20.7 mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1.60E+07 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1.58E+06 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	5.87E+04 mm ⁴

Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.02E+10 mm ⁶
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	76.1 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	23.9 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	159563 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	26627 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	95296 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	28090 mm ³
Výsečová souřadnice	w	4729 mm ²
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	43.5 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	90.9 mm

6.4.2 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY SLOŽENÉHO PRŮŘEZU

Šířka mezery mezi průřezy	t_p	99 mm
Průřezová plocha	A	5504 mm ²
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	3.19E+07 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	3.03E+07 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	1.17E+05 mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	8.90E+10 mm ⁶
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	76.1 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	74.2 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	106.3 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	319126 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	234083 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	190592 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	107712 mm ³
Výsečová souřadnice	w	9183 mm ²

6.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

6.5.1 TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	0.00 kN
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	0.000 MPa
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa
Jednotkový posudek	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0

=> vyhovuje

6.5.2 PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-28.847 kN
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	5.241 MPa
Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	94.044 MPa
Jednotkový posudek	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	0.06 < 1,0

=> vyhovuje

6.5.3 SMYK

Smyk ve směru y

Návrhová posouvající síla	$V_{y,Ed}$	1.768 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.393 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.03 < 1,0	=> vyhovuje

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	4.015 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	1.499 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.10 < 1,0	=> vyhovuje

6.5.4 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	2.618 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	8.204 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.04 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy z

Návrhový ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.397 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,z,d}$	1.696 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,z,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Šikmý ohyb

Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje
--------------------	---	------------	-------------

6.5.5 KROUCENÍ

Návrhový moment prostého kroucení (přibližně)	$T_{t,Ed}$	0.017 kNm	
Smykové napětí od prostého kroucení	τ_d	1.158 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.07 < 1,0	=> vyhovuje

Excentricita zatížení vzhledem k Cs	e	0.0 mm
Délka prutu při kroucení	L	3635 mm
Bezrozměrný param. tuhosti prutu při kroucení	K_t	1.397 -
Koeficient pro typ zatížení a okrajových podmínce	α	3.7 -
Koeficient pro typ zatížení a okrajových podmínce	β	1.08 -
Opravný součinitel	κ	0.124 -
Návrhový bimoment (přibližně)	B_{Ed}	0.000 kNm ²
Normálové napětí od bimomentu	$\sigma_{B,d}$	0.000 MPa
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa

Jednotkový posudek

 $\sigma_{B,d}/f_{t,0,d}$

0.00 < 1,0

=> vyhovuje

6.5.6 VZPĚR

Vybočení kolmo k ose y

Výpočet je proveden jako pro celistvý průřez

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	1820 mm
Kritická síla	$N_{cr,y}$	2377.166 kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	0.646 -
Součinitel imperfekce	α	0.490 -
	ϕ_y	0.818 -
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.758 -
Návrhová osová síla	N_{Ed}	28.847 kN
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	392.383 kN
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	0.07 < 1,0

=> vyhovuje

Vybočení kolmo k ose z

Výpočet je proveden jako pro členěný prut s rámovými spojkami

Návrhová osová síla v členěném prutu	N_{Ed}	28.847 kN
Vzpěrná délka členěného prutu	$L_{cr,z}$	1820 mm
Vzdálenost těžišť pásů	h_0	140.49 mm
Vzdálenost spojek	a	910 mm
Moment setrvačnosti spojky	I_b	1.33E+08 mm ⁴
Amplituda počáteční imperfekce $L_{cr,z}/500$	e_0	3.64 mm
Moment setrvačnosti celistvého průřezu	I_z	3.03E+07 mm ⁴
Poloměr setrvačnosti celistvého průřezu	i_z	74.21 mm
Štíhlost celistvého průřezu	λ_z	24.52 -
Součinitel účinnosti	μ	1.00 -
Účinný moment setrvačnosti čl. prutu	$I_{z,eff}$	3.03E+07 mm ⁴
Kritická síla čl. prutu	$N_{cr,z}$	2258.065 kN
Smyková tuhost čl. prutu	S_v	1139.052 kN
Maximální smyková tuhost čl. prutu	$S_{v,max}$	940.255 kN
Moment s účinky II. řádu	M_{Ed}	0.110 kNm
Návrhová osová síla v pásu	$N_{ch,Ed}$	15.124 kN
Kritická síla pásu	$N_{cr,ch,z}$	470.128 kN
Poměrná štíhlost pásu	$\lambda_{rel,ch,z}$	1.026 -
Součinitel imperfekce	α	0.490 -
	ϕ_z	1.229 -
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_{ch,z}$	0.525 -
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{ch,b,Rd}$	135.803 kN
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	0.11 < 1,0

=> vyhovuje

Vybočení zkroucením kolem osy x

Výpočet je proveden jako pro členěný prut s rámovými spojkami

Vzpěrná délka	$L_{cr,x}$	1820 mm	
Kritická síla	$N_{cr,x}$	111.700 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,x}$	2.106 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_x	3.184 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_x	0.179 -	
Návrhová osová síla	$N_{ch,Ed}$	15.124 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{ch,b,Rd}$	46.441 kN	
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	0.33 < 1,0	=> vyhovuje

6.5.7 KLOPENÍ

Délka prutu	L	3635 mm	
Součinitel vzpěrné délky	k_w	1.00 -	
Součinitel vzpěrné délky	k_z	1.00 -	
Souřadnice působíště zatížení k Cs	z_g	0.00 mm	
	z_j	0.00 mm	
Bezrozměrný parametr kroucení	κ_{wt}	2.249 -	
Bezrozměrný parametr působíště zatížení	ς_g	0.000 -	
Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu	ς_j	0.000 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_1	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_2	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_3	1.00 -	
Bezrozměrný kritický moment	$m\gamma_{cr}$	2.461 -	
Pružný kritický moment	μ_{cr}	33.572 kNm	
Poměrná štíhlost při klopení	λ_{LT}	1.950 -	
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.490 -	
	ϕ_{LT}	2.805 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_{LT}	0.207 -	
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	2.618 kNm	
Návrhová únosnost v klopení	$M_{b,Rd}$	13.830 kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.19 < 1,0	=> vyhovuje

6.5.8 INTERAKCE VZPĚRU A KLOPENÍ

Jednotkový posudek na vzpěr (nejhorší případ)	η_{FB}	0.33 -	
Jednotkový posudek na klopení	η_{LT}	0.19 -	
Jednotkový posudek na ohyb kolem osy z	η_{MZ}	0.01 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_{FB} + \eta_{LT} + \eta_{MZ}$	0.52 < 1,0	=> vyhovuje

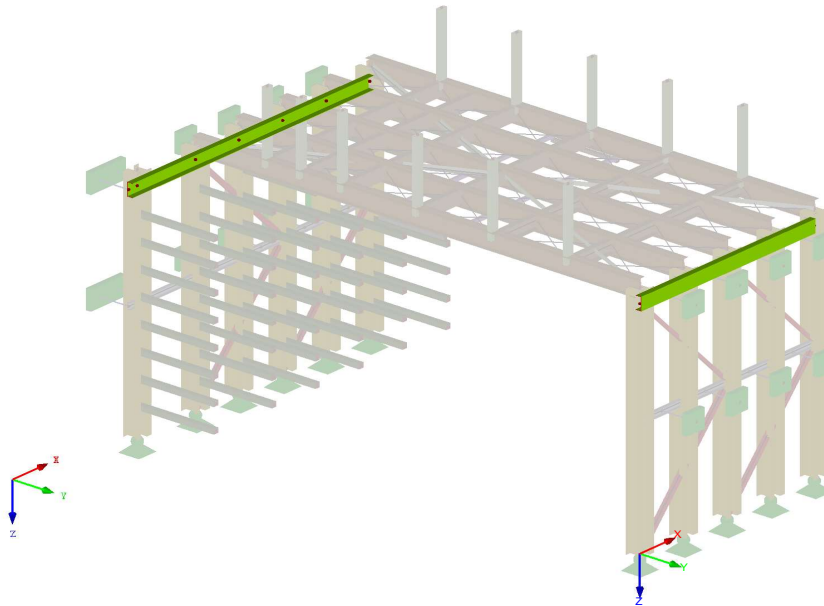
6.5.9 INTERAKCE SMYKU A KROUCENÍ

Jednotkový posudek na smyk ve směru y	η_y	0.03 -	
Jednotkový posudek na smyk ve směru z	η_z	0.01 -	
Jednotkový posudek na smyk od kroucení	η_T	0.07 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_y + \eta_T$	0.10 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_z + \eta_T$	0.08 < 1,0	=> vyhovuje

7 PŘEVÁZKA SLOUPŮ

7.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



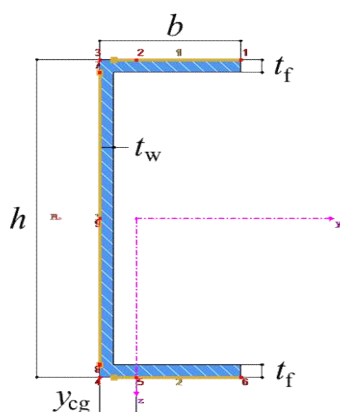
7.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

7.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	<i>kombinace</i>
MAX N	1.68	1.59	-0.20	0.00	-0.04	0.00	KZ 51
MIN N	-2.21	0.00	0.44	0.00	0.18	0.01	KZ 34
MAX V_y	0.13	2.93	0.10	0.00	0.03	-0.56	KZ 68
MIN V_y	0.11	-3.09	0.05	0.00	0.00	0.62	KZ 69
MAX V_z	-1.46	-0.02	0.64	0.00	-0.09	0.00	KZ 34
MIN V_z	-1.58	0.04	-0.64	0.00	-0.08	-0.02	KZ 59
MAX M_T	-1.20	1.01	0.52	0.00	0.32	0.00	KZ 62
MIN M_T	1.29	0.98	-0.42	0.00	-0.26	-0.02	KZ 51
MAX M_y	-0.18	0.42	0.54	0.00	0.41	-0.21	KZ 61
MIN M_y	-0.65	0.02	-0.64	0.00	-0.37	-0.01	KZ 34
MAX M_z	0.12	-3.08	0.05	0.00	0.00	0.62	KZ 67
MIN M_z	-0.03	-2.96	0.15	0.00	-0.05	-0.57	KZ 68

7.4 PRŮŘEZ



7.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Výška průřezu	h	200 mm
Šířka průřezu	b	80 mm
Tloušťka pásnic	t_f	8 mm
Tloušťka stojiny	t_w	8 mm
Výška stojiny	h_w	184 mm
Plocha pásnice	A_f	640 mm ²
Plocha stojiny	A_w	1472 mm ²
Celková průřezová plocha	A	2752 mm ²
Poloha těžiště	y_{cg}	20.7 mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1.60E+07 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1.58E+06 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	5.87E+04 mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.02E+10 mm ⁶

Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	76.1 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	23.9 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	1.60E+05 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	2.66E+04 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	9.53E+04 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	2.81E+04 mm ³
Výsečová souřadnice	w	4729 mm ²
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	43.5 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	90.9 mm

7.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

7.5.1 TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	1.68 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	0.609 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.2 PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-2.207 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	0.802 MPa	
Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	94.044 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.3 SMYK

Smyk ve směru y

Návrhová posouvající síla	$V_{y,Ed}$	3.091 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	3.439 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.22 < 1,0	=> vyhovuje

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.641 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.239 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.02 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.4 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.411 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	2.576 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy z

Návrhový ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.623 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,z,d}$	23.397 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,z,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.11 < 1,0	=> vyhovuje

Šikmý ohyb

Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.12 < 1,0	=> vyhovuje
--------------------	---	----------------------	--------------------

7.5.5 KROUCENÍ

Návrhový moment prostého kroucení (přibližně)	$T_{t,Ed}$	0.001 kNm	
Smykové napětí od prostého kroucení	τ_d	0.136 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Excentricita zatížení vzhledem k Cs	e	0.0 mm	
Délka prutu při kroucení	L	750 mm	
Bezrozměrný param. tuhosti prutu při kroucení	K_t	0.603 -	
Koef. pro typ zatížení a okrajových podmínek	α	3.7 -	
Koef. pro typ zatížení a okrajových podmínek	β	1.08 -	
Opravný součinitel	κ	0.026 -	
Návrhový bimoment (přibližně)	B_{Ed}	0.000 kNm ²	
Normálové napětí od bimomentu	$\sigma_{B,d}$	0.000 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{B,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.6 VZPĚR

Vybočení kolmo k ose y

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,y}$	6999.220 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	0.266 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_y	0.552 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.966 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	2.207 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	250.122 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení kolmo k ose z

Vzpěrná délka	$L_{cr,z}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,z}$	692.112 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z}$	0.846 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_z	1.016 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.633 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	2.207 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	163.908 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení zkroucením kolem osy x

Výpočet je proveden jako pro členěný prut s rámovými spojkami

Vzpěrná délka	$L_{cr,x}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,x}$	560.552 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,x}$	0.940 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_x	1.123 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_x	0.575 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	2.207 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	148.928 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.01 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.7 KLOPENÍ

Délka prutu	L	750 mm	
Součinitel vzpěrné délky	k_w	1.00 -	
Součinitel vzpěrné délky	k_z	1.00 -	
Souřadnice působíště zatížení k Cs	z_g	0.00 mm	
	z_j	0.00 mm	
Bezrozměrný parametr kroucení	κ_{wt}	5.214 -	
Bezrozměrný parametr působíště zatížení	ς_g	0.000 -	
Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu	ς_j	0.000 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_1	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_2	1.00 -	
Součinitel okrajových podmínek	C_3	1.00 -	
Bezrozměrný kritický moment	μ_{cr}	5.309 -	
Pružný kritický moment	M_{cr}	56.631 kNm	
Poměrná štíhlost při klopení	λ_{LT}	1.062 -	
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.490 -	
	ϕ_{LT}	1.250 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_{LT}	0.523 -	
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	0.411 kNm	
Návrhová únosnost v klopení	$M_{b,Rd}$	17.457 kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	0.02 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.8 INTERAKCE VZPĚRU A KLOPENÍ

Jednotkový posudek na vzpěr (nejhorší případ)	η_{FB}	0.01 -	
Jednotkový posudek na klopení	η_{LT}	0.02 -	
Jednotkový posudek na ohyb kolem osy z	η_{MZ}	0.11 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_{FB} + \eta_{LT} + \eta_{MZ}$	0.15 < 1,0	=> vyhovuje

7.5.9 INTERAKCE SMYKU A KROUCENÍ

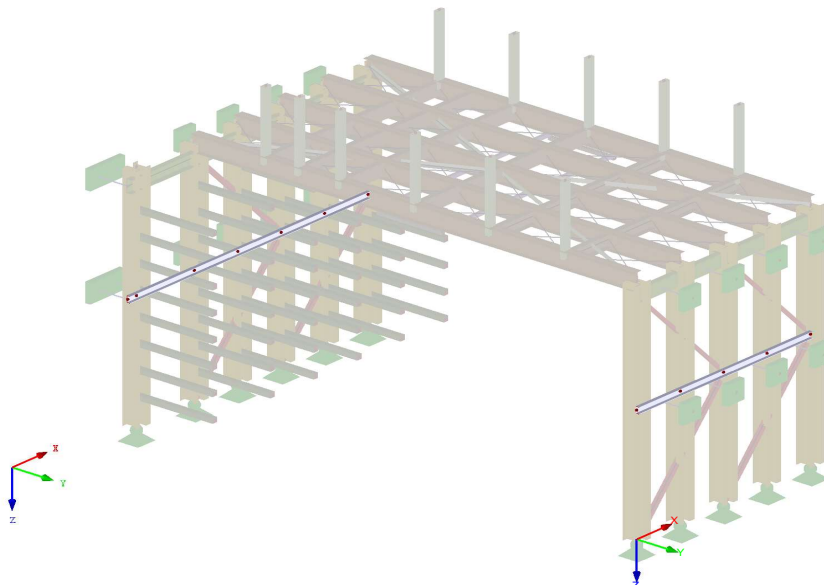
Jednotkový posudek na smyk ve směru y	η_y	0.22 -	
Jednotkový posudek na smyk ve směru z	η_z	0.11 -	
Jednotkový posudek na smyk od kroucení	η_T	0.01 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_y + \eta_T$	0.23 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_z + \eta_T$	0.12 < 1,0	=> vyhovuje

8 PRVKY ZTUŽENÍ

8.1 VODOROVNÝ PRUT ZTUŽENÍ

8.1.1 UMÍSTĚNÍ PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



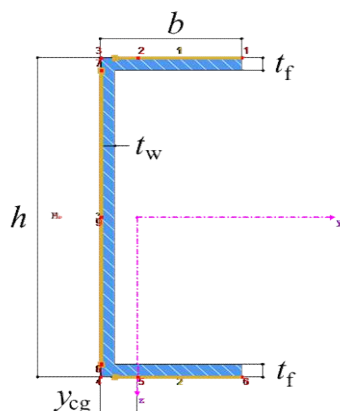
8.1.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

8.1.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	kombinace
MAX N	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KZ 66
MIN N	-0.13	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	KZ 59
MAX V_y	0.08	0.38	0.00	0.00	0.00	0.14	KZ 75
MIN V_y	0.09	-0.60	0.01	0.00	0.00	0.09	KZ 75
MAX V_z	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	KZ 1
MIN V_z	0.01	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	KZ 1
MAX M_T	0.14	0.11	0.00	0.00	0.00	0.04	KZ 59
MIN M_T	0.05	-0.37	0.00	0.00	0.00	0.14	KZ 59
MAX M_y	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KZ 1
MIN M_y	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	KZ 2
MAX M_z	0.08	-0.38	0.00	0.00	0.00	0.14	KZ 75
MIN M_z	0.00	0.03	-0.01	0.00	0.00	-0.01	KZ 43

8.1.4 PRŮŘEZ



8.1.5 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Výška průřezu	h	100 mm
Šířka průřezu	b	50 mm
Tloušťka pásnic	t_f	6 mm
Tloušťka stojiny	t_w	6 mm
Výška stojiny	h_w	88 mm
Plocha pásnice	A_f	300 mm ²
Plocha stojiny	A_w	528 mm ²
Celková průřezová plocha	A	1128 mm ²
Poloha těžiště	y_{cg}	14.7 mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1.67E+06 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	2.63E+05 mm ⁴
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	5.87E+04 mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1.02E+10 mm ⁶

Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	38.5 mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	15.3 mm
Průřezový modul k ose y	W_y	3.34E+04 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	7.44E+03 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	1.99E+04 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	7.48E+03 mm ³
Výsečová souřadnice	w	4729 mm ²
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	43.5 mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	60.1 mm

8.1.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	0.31 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	0.274 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-0.131 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	0.116 MPa	
Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	94.044 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

SMYK

Smyk ve směru y

Návrhová posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.596 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	1.414 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.09 < 1,0	=> vyhovuje

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.018 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.018 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.004 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	0.120 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy z

Návrhový ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.144 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,z,d}$	19.362 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,z,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.09 < 1,0	=> vyhovuje

Šikmý ohyb

Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}$	0.09 < 1,0	=> vyhovuje
--------------------	---	------------	-------------

VZPĚŘ

Vybočení kolmo k ose y

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,y}$	731.639 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	0.527 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_y	0.719 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.828 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	0.131 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	87.824 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení kolmo k ose z

Vzpěrná délka	$L_{cr,z}$	750 mm	
Kritická síla	$N_{cr,z}$	115.152 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,z}$	1.328 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_z	1.658 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_z	0.377 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	0.131 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	40.020 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Vybočení zkroucením kolem osy x

Výpočet je proveden jako pro členěný prut s rámovými spojkami

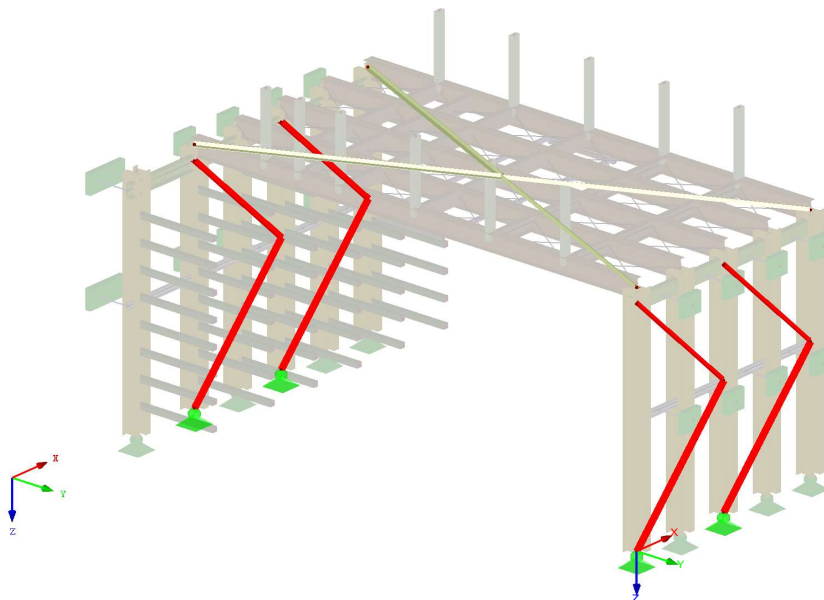
Vzpěrná délka	$L_{cr,x}$	750 mm
Kritická síla	$N_{cr,x}$	1284.876 kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,x}$	0.398 -
Součinitel imperfekce	α	0.490 -
	ϕ_x	0.627 -
Součinitel vzpěrnosti	χ_x	0.899 -
Návrhová osová síla	N_{Ed}	0.131 kN
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	95.328 kN
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.00 < 1,0

=> vyhovuje

8.2 DIAGONÁLNÍ PRVKY ZTUŽENÍ

8.2.1 UMÍSTĚNÍ PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



8.2.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

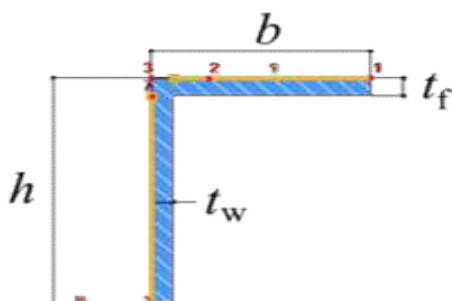
Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa

Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

8.2.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	kombinace
MAX N	3.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KZ 33
MIN N	-4.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	KZ 33

8.2.4 PRŮŘEZ



8.2.5 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Výška průřezu	h	60 mm
Šířka průřezu	b	60 mm
Tloušťka pásnic	t	6 mm
Celková průřezová plocha	A	684 mm ²
Nejmenší moment setrvačnosti	$I_{\min}$	9.38E+04 mm ⁴

8.2.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	3.86 kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	5.637 MPa	
Návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,d}$	182.86 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0.03 < 1,0	=> vyhovuje

VZPĚR

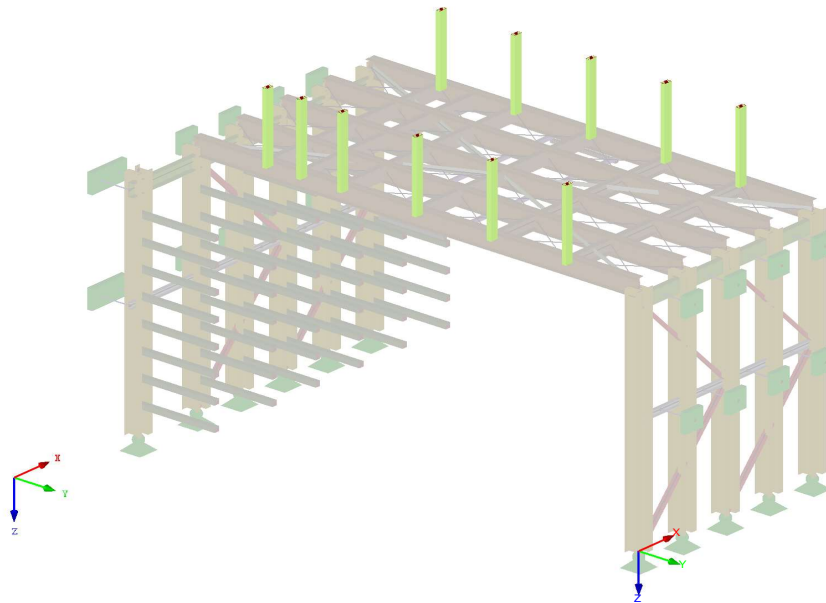
Prut je zjednodušeně posouzen na rovinný vzpěr pro vybočení kolmo k ose nejmenší hodnoty momentu setrvačnosti

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	1576 mm	
Kritická síla	$N_{cr,y}$	9.318 kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	1.683 -	
Součinitel imperfekce	α	0.490 -	
	ϕ_y	2.280 -	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.262 -	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	4.524 kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	16.849 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	0.27 < 1,0	=> vyhovuje

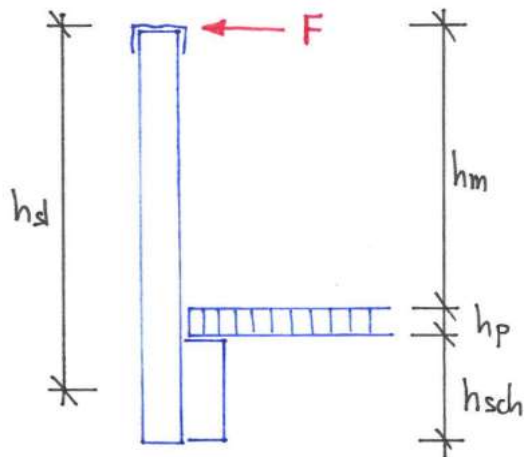
9 ZÁBRADLÍ

9.1 GEOMETRIE

Izometrie



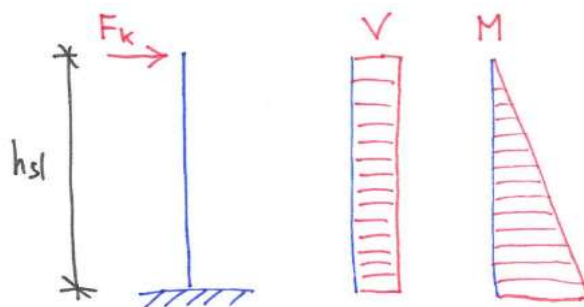
Výška madla zábradlí nad pochůznou plochou	h_m	1100 mm
Výška pororošty	h_p	30 mm
Výška průřezu stropního nosníku	h_{sch}	250 mm
Teoretická výška sloupku zábradlí	h_{sl}	1255 mm



9.2 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

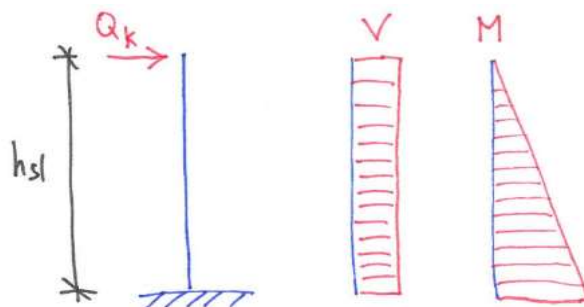
Od spojitého zatížení

Užitné zatížení na zábradlí	$q_{k,hor}$	1.00 kN/m
Běžná vzdálenost sloupků zábradlí	b	1.10 m
Zatížení přepočtené na jeden sloupek	F_k	1.10 kN
Součinitel zatížení	γ_Q	1.50 -
Délka konzoly	h_{sl}	1255 mm
Charakteristický ohybový moment	M_{Ek}	1.38 kNm
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	2.07 kNm
Charakteristická posouvající síla	V_{Ek}	1.10 kN
Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	1.65 kN



Od osamělého břemene

Užitné zatížení na zábradlí	$Q_{k,hor}$	1.00 kN
Součinitel zatížení	γ_Q	1.50 -
Délka konzoly	h_{sl}	1255 mm
Charakteristický ohybový moment	M_{Ek}	1.26 kNm
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	1.88 kNm
Charakteristická posouvající síla	V_{Ek}	1.00 kN
Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	1.50 kN



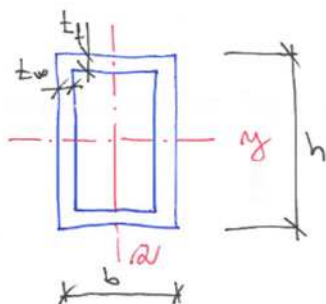
Extrémní návrhové účinky

Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	2.07 kNm
Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	1.65 kN

9.3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

9.4 PRŮŘEZ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY



Výška průřezu	h	120 mm
Šířka průřezu	b	60 mm
Tloušťka pásnic	t_f	5 mm
Tloušťka stojiny	t_w	5 mm
Délka střednice pásnic	b_f	55 mm
Délka střednice stojin	b_w	115 mm
Plocha pásnice	A_f	275 mm ²
Plocha stojiny	A_w	575 mm ²
Celková průřezová plocha	A	1700 mm ²
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	3094166.7 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1014166.7 mm ⁴
Průřezový modul k ose y	W_y	51569 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	33806 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	24813 mm ³

9.5 POSOUZENÍ SLOUPKU NA MSÚ A MSP

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	1.65 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	1.323 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.08 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	2.071 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	40.155 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.19 < 1,0	=> vyhovuje

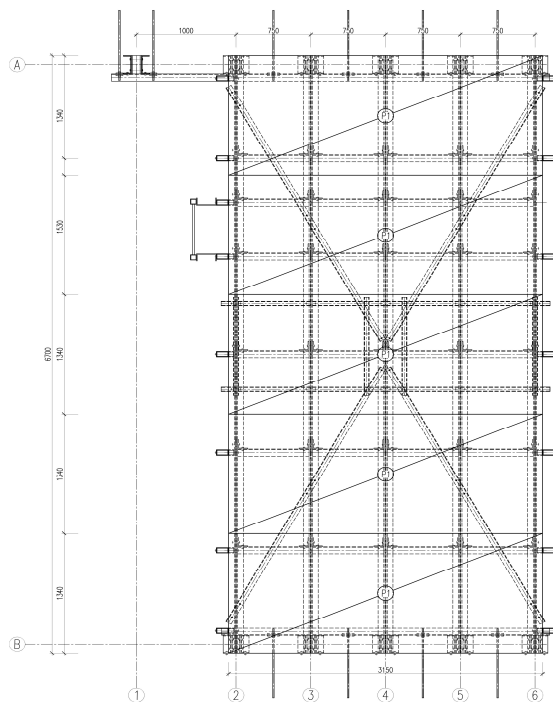
PRŮHYB V MSP

Průhyb konce konzoly od spojitého zat.	u_y	9.370 mm	
Průhyb konce konzoly od osamělého břemena	u_y	8.518 mm	
Limitní průhyb	$h_{sl}/100$	$u_{y,lim}$	12.550 mm
Jednotkový posudek	$u_z/u_{z,lim}$	0.75 < 1,0	=> vyhovuje

10 POROROŠT

10.1 POLOHA V KONSTRUKCI

Pororošty jsou ukládány na horní pásnice hlavních nosníků. Malá šířka nosníků umožňuje uspořádání s jedním roštem přes celou plošinu, případně se zvolí vystřídané uspořádání pororoštů tak, aby došlo k vzájemnému provázání prutů nosné konstrukce.



10.2 MATERIÁLOVÉ CHATAKTERISTIKY

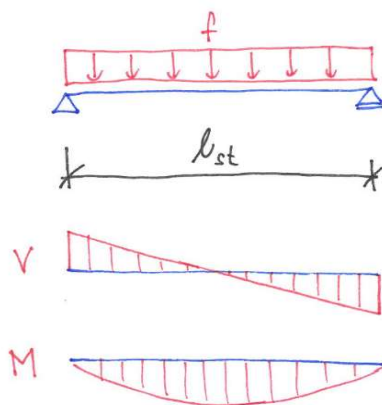
Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	12 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	12 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

10.3 ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

Analýza je zjednodušeně provedena na prostém nosníku, ve skutečnosti bude pororošt působit jako spojitý nosník o dvou nebo třech polích.

Teoretické rozpětí pororoštu	l_{st}	0.75 m
Vlastní tíha pororoštu	g_k	0.15 kN/m ²
Užitné plošné zatížení	f_k	3.00 kN/m ²
Šířka pororoštu	b_{st}	1.00 m
Přepočtené liniové zatížení na pororošt	g_k	0.15 kN/m
Přepočtené liniové zatížení na pororošt	f_k	3.00 kN/m
Součinitel zatížení	γ_G	1.35 -
Součinitel zatížení	γ_Q	1.50 -

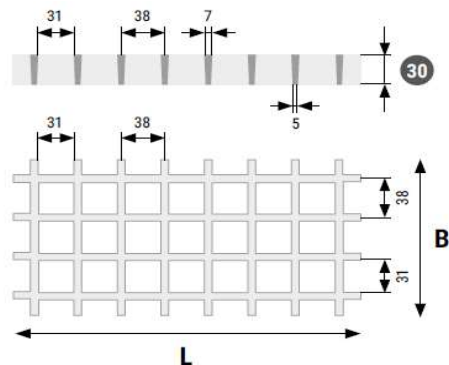
Charakteristický ohybový moment	$M_{g,Ek}$	0.01 kNm
Charakteristický ohybový moment	$M_{q,Ek}$	0.21 kNm
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	0.33 kNm
Charakteristická posouvající síla	$V_{g,Ek}$	0.05 kN
Charakteristická posouvající síla	$V_{q,Ek}$	1.13 kN
Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	1.76 kN



10.4 PRŮŘEZ

FIBROLUX ISO 30

ISO 30



10.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERITIKY POROROŠTU

Uvedené hodnoty jsou orientační.

Výška roštu	h	30 mm
Rozteč žeber v příčném směru (osově)	b_1	38 mm
Rozteč žeber v podélném směru (osově)	b_2	38 mm
Šířka žebra měřená v příčném směru	t_1	7 mm
Šířka žebra měřená v podélném směru	t_2	7 mm
Počet žeber v šířce b_{st}	n	26.32 ks
Moment setrvačnosti jednoho žebra	$I_{y,1}$	15750 mm ⁴
Moment setrvačnosti na šířku stupně b_{st}	I_y	414474 mm ⁴
Průřezová plocha jednoho žebra	A_1	210 mm ²
Průřezová plocha na šířku stupně b_{st}	A	5526 mm ²
Průřezový modul k ose y	W_y	27632 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	$S_{y,1}$	788 mm ³
Statický moment plochy na šířku stupně b_{st}	S_y	20724 mm ³

10.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

10.5.1 SMYK

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	1.76 N	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.478 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.03 < 1,0	=> vyhovuje

10.5.1 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.330 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	11.952 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.06 < 1,0	=> vyhovuje

10.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Svislý průhyb

Průhyb uprostřed rozpětí

u_y 2.485 mm

Limitní průhyb

$I_{st}/200$ $u_{y,lim}$ 3.750 mm

Jednotkový posudek

$u_z/u_{z,lim}$ 0.66 < 1,0

=> **vyhovuje**

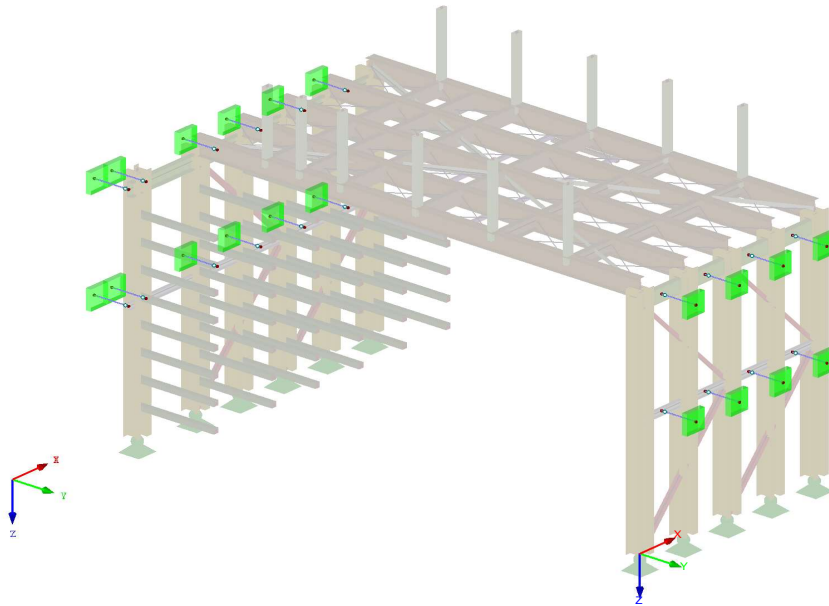
Návrh podle tabulek Fibrolux:

				
400 mm	486 kg	9 x F	2.777 kg/m ²	10 x q
600 mm	216 kg	13 x F	823 kg/m ²	16 x q
800 mm	122 kg	18 x F	347 kg/m ²	21 x q
1.000 mm	78 kg	23 x F	178 kg/m ²	27 x q
1.200 mm	54 kg	27 x F	103 kg/m ²	32 x q
1.400 mm	40 kg	32 x F	65 kg/m ²	38 x q
L/200 = 0,5%				

11 KOTVENÍ DO OSTĚNÍ

11.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



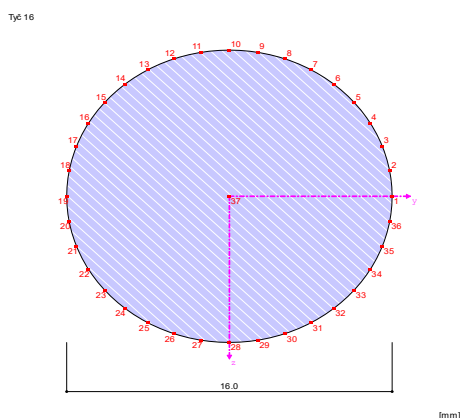
11.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Mez kluzu	f_{yb}	450 MPa
Mez pevnosti	f_{ub}	700 MPa
Modul pružnosti v tahu a tlaku	E	200 GPa
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,0}$	1.10 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,1}$	1.10 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25 -

11.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	kombinace
MAX N	5.82	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	KZ 68
MIN N	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	KZ 5
MAX V_y	3.35	0.03	0.02	0.00	0.00	0.01	KZ 61
MIN V_y	3.33	-0.03	0.02	0.00	0.00	-0.01	KZ 53
MAX V_z	5.40	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	KZ 70
MIN V_z	2.72	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	KZ 50
MAX M_T	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	KZ 33
MIN M_T	0.19	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	KZ 30
MAX M_y	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	KZ 2
MIN M_y	5.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	KZ 74
MAX M_z	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	KZ 3
MIN M_z	2.69	-0.03	0.02	0.00	0.00	-0.01	KZ 54

11.4 PRŮŘEZ



11.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Průměr	d	16 mm
Průřezová plocha	A	201 mm ²
Moment setrvačnosti	I	3217 mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i	4.0 mm
Průřezový modul	W	402 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S	341 mm ³

11.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

11.5.1 TAH

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	5.82 kN	
Návrhová únosnost v tahu	$N_{t,Rd}$	101.34 kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	0.06 < 1,0	=> vyhovuje

11.5.2 SMYK

Smyk ve směru osy y

Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	0.03 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.225 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	236 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

Smyk ve směru osy z

Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	0.02 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.126 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	236 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.00 < 1,0	=> vyhovuje

11.5.3 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	0.004 kNm	
Návrhová ohybová únosnost	$M_{c,Rd}$	0.165 kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	0.02 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy z

Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	0.012 kNm	
Návrhová ohybová únosnost	$M_{c,Rd}$	0.165 kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{c,Rd}$	0.07 < 1,0	=> vyhovuje

11.5.4 INTERAKCE TAHU A OHYBU

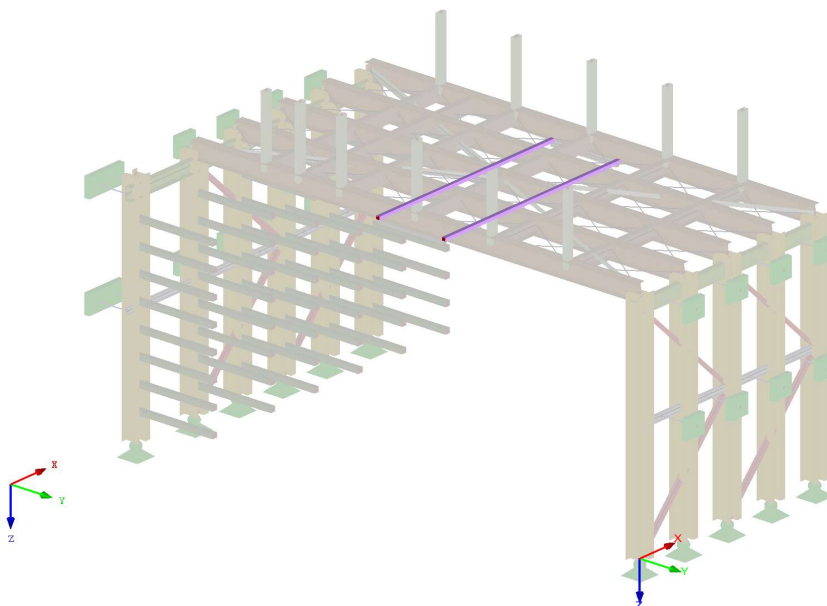
Jednotkový posudek na tah	η_T	0.06 -	
Jednotkový posudek na ohyb kolem osy y	η_{My}	0.02 -	
Jednotkový posudek na ohyb kolem osy z	η_{Mz}	0.07 -	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_T + \eta_{My}$	0.08 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_T + \eta_{Mz}$	0.13 < 1,0	=> vyhovuje

12 ZAVĚŠENÍ VENTILÁTORU

12.1 PODÉLNÉ PRVKY ZAVĚŠENÍ

12.1.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



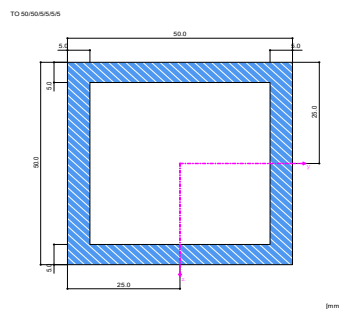
12.1.2 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	<i>kombinace</i>
MAX N	0.01	0.02	0.94	0.00	0.07	-0.01	KZ 18
MIN N	-0.03	-0.02	-0.19	0.00	-0.05	0.00	KZ 51
MAX V_y	-0.02	0.03	-0.29	0.00	0.01	0.00	KZ 34
MIN V_y	-0.02	-0.03	-0.29	0.00	0.01	0.00	KZ 59
MAX V_z	0.01	-0.02	0.94	0.00	-0.11	0.00	KZ 83
MIN V_z	0.01	0.02	-0.94	0.00	-0.11	0.00	KZ 83
MAX M_T	-0.03	0.03	-0.18	0.00	0.05	0.01	KZ 59
MIN M_T	0.01	-0.02	0.15	0.00	0.07	0.01	KZ 83
MAX M_y	0.01	-0.02	-0.94	0.00	0.07	-0.01	KZ 17
MIN M_y	-0.03	0.02	-0.92	0.00	-0.12	0.00	KZ 67
MAX M_z	-0.03	0.03	-0.18	0.00	0.05	0.01	KZ 50
MIN M_z	-0.03	0.02	0.18	0.00	0.05	-0.01	KZ 67

12.1.3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

12.1.4 PRŮŘEZ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY



Výška průřezu	h	50 mm
Šířka průřezu	b	50 mm
Tloušťka pásnic	t_f	5 mm
Tloušťka stojiny	t_w	5 mm
Délka střednice pásnic	b_f	45 mm
Délka střednice stojin	b_w	45 mm
Plocha pásnice	A_f	225 mm ²
Plocha stojiny	A_w	225 mm ²
Celková průřezová plocha	A	900 mm ²
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	307500 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	307500 mm ⁴
Průřezový modul k ose y	W_y	12300 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	12300 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	6625 mm ³

12.1.5 POSOUZENÍ PRVKU NA MSÚ A MSP

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.94 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	2.030 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.13 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.122 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	9.919 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje

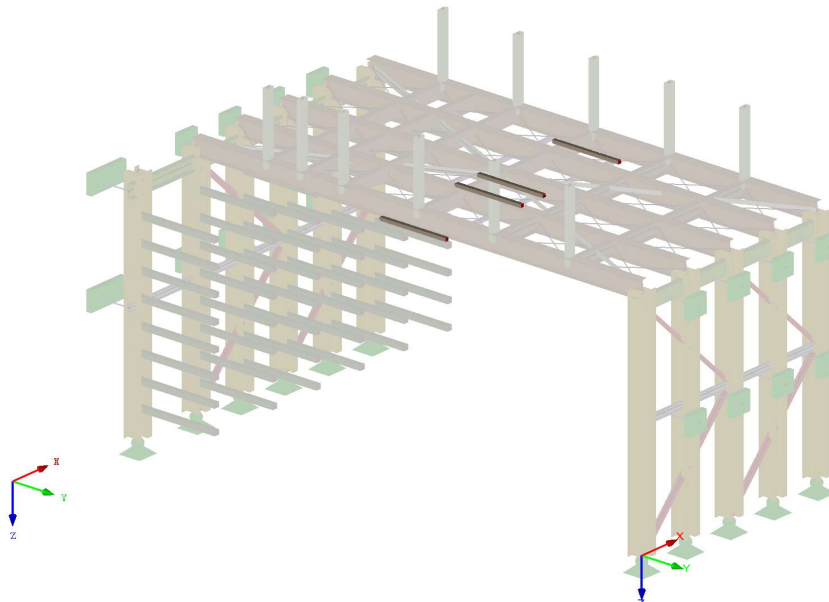
Průhyb v MSP

Průhyb	u_z	2.000 mm	
Délka mezi závěsy	l	750.000 mm	
Limitní průhyb	$u_{z,lim}$	3.750 mm	
Jednotkový posudek	$u_z/u_{z,lim}$	0.53 < 1,0	=> vyhovuje

12.2 PŘÍČNÉ PRVKY ZAVĚŠENÍ

12.2.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Izometrie



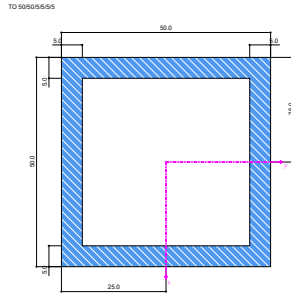
12.2.2 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_y	V_z	M_T	M_y	M_z	<i>kombinace</i>
MAX N	0.07	0.00	1.09	0.00	-0.01	0.00	KZ 67
MIN N	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	KZ 83
MAX V_y	0.07	0.00	1.09	0.00	-0.01	0.00	KZ 26
MIN V_y	0.06	0.00	-1.09	0.00	-0.01	0.00	KZ 20
MAX V_z	0.05	0.00	1.09	0.00	-0.01	0.00	KZ 83
MIN V_z	0.05	0.00	-1.09	0.00	-0.01	0.00	KZ 18
MAX M_T	0.03	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	KZ 86
MIN M_T	0.05	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	KZ 3
MAX M_y	0.03	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	KZ 1
MIN M_y	0.07	0.00	1.09	0.00	-0.01	0.00	KZ 67
MAX M_z	0.04	0.00	-0.36	0.00	0.00	0.00	KZ 59
MIN M_z	0.05	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	KZ 26

12.2.3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pevnost v ohybu rovnoběžně s vlákny	$f_{m,0,k}$	400 MPa	
Pevnost v ohybu kolmo na vlákna	$f_{m,90,k}$	100 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	180 MPa	
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	80 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Modul pružnosti v ohybu podél vláken	$E_{m,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti v tahu rovnoběžně s vlákny	$E_{t,0}$	25 GPa	
Modul pružnosti ve smyku podél vláken	G	2.8 GPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

12.2.4 PRŮŘEZ A PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY



Výška průřezu	h	50 mm
Šířka průřezu	b	50 mm
Tloušťka pásnic	t_f	5 mm
Tloušťka stojiny	t_w	5 mm
Délka střednice pásnic	b_f	45 mm
Délka střednice stojin	b_w	45 mm
Plocha pásnice	A_f	225 mm ²
Plocha stojiny	A_w	225 mm ²
Celková průřezová plocha	A	900 mm ²
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	307500 mm ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	307500 mm ⁴
Průřezový modul k ose y	W_y	12300 mm ³
Průřezový modul k ose z	W_z	12300 mm ³
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	6625 mm ³

12.2.5 POSOUZENÍ PRVKU NA MSÚ A MSP

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	1.09 kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	2.351 MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674 MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	0.15 < 1,0	=> vyhovuje

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.365 kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	29.675 MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0.14 < 1,0	=> vyhovuje

Průhyb v MSP

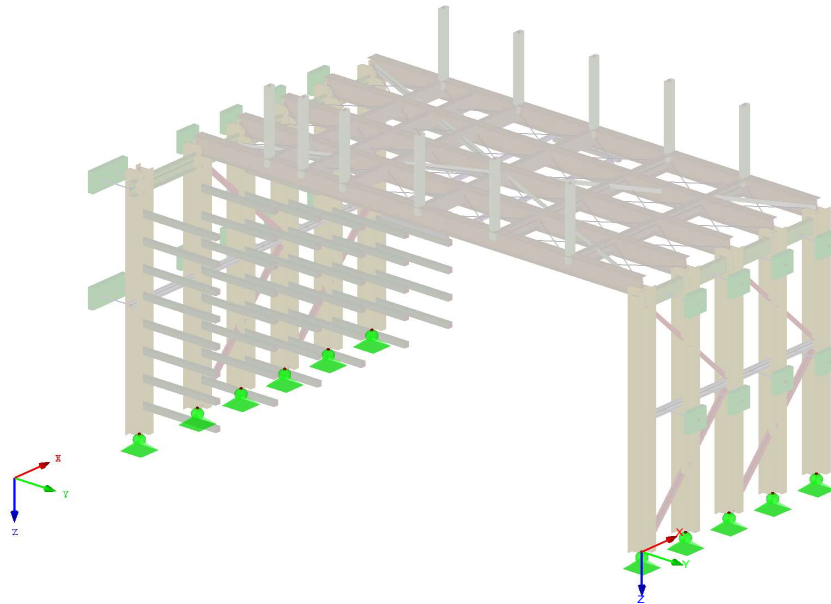
Průhyb	u_z	3.900 mm	
Délka mezi závěsy	l	960.000 mm	
Limitní průhyb	// 200 $u_{z,lim}$	4.800 mm	
Jednotkový posudek	$u_z/u_{z,lim}$	0.81 < 1,0	=> vyhovuje

13 DETAILS

13.1 KOTVENÍ SLOUPU

13.1.1 UMÍSTĚNÍ KOTVENÍ V KONSTRUKCI

Izometrie



13.1.2 REAKCE

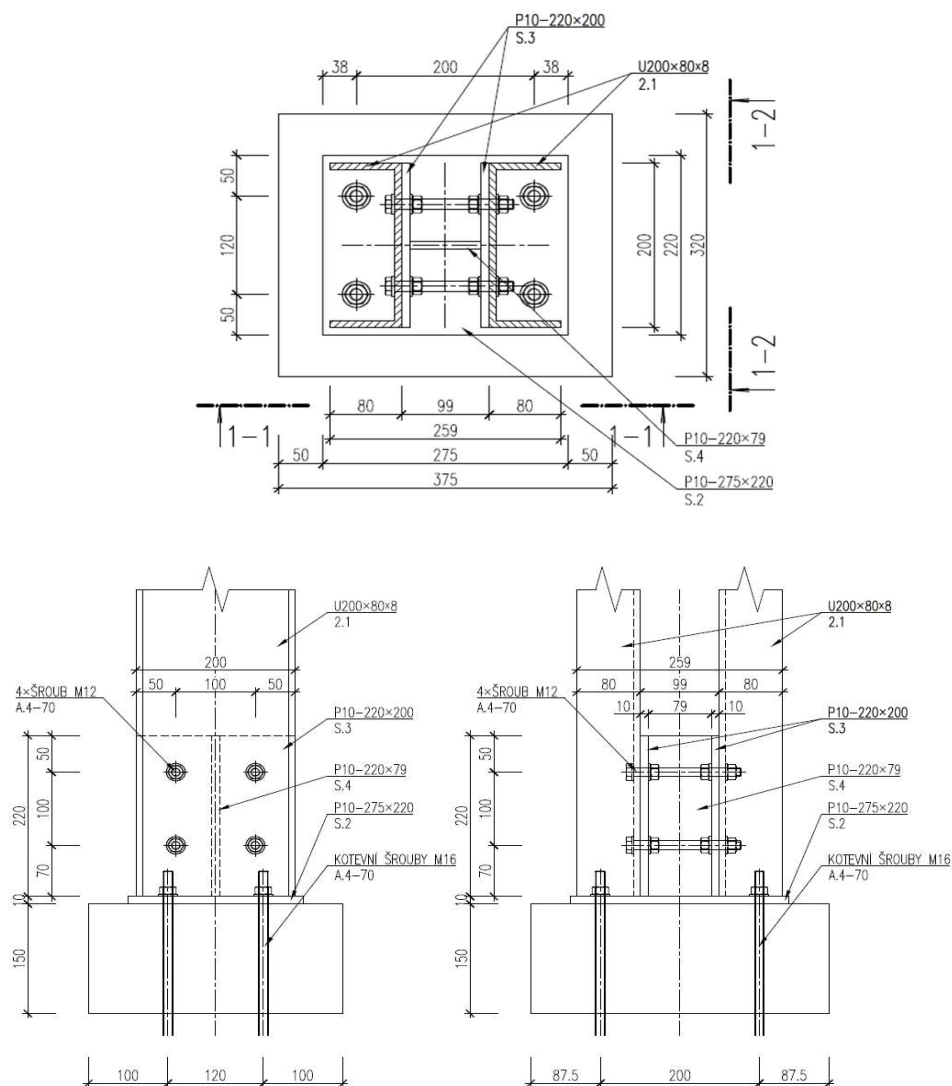
	R_x	R_y	R_z	M_x	M_y	M_z	kombinace
MAX R_x	1.99	-	-	0.00	0.00	0.00	-
MIN R_x	-2.85	-	-	0.00	0.00	0.00	-
MAX R_y	-	0.18	-	0.00	0.00	0.00	-
MIN R_y	-	-4.02	-	0.00	0.00	0.00	-
MAX R_z	-	-	31.19	0.00	0.00	0.00	-
MIN R_z	-	-	1.19	0.00	0.00	0.00	-

R_x vodorovná reakce - ve směru kolmo na hl. nosníky

R_y vodorovná reakce - ve směru hl. nosníků

R_z svislá reakce

13.1.3 GEOMETRIE KOTEVNÍHO PRVKU



13.1.4 KOTEVNÍ ŠROUBY

Vodorovná reakce - ve směru kolmo na hl. nosní R_x	2.85 kN
Vodorovná reakce - ve směru rovnoběžně s hl. n R_y	4.02 kN
Svislá tahová reakce R_z	0.00 kN

Návrh

Kotevní šrouby HILTI HAS-U s epoxidovou lepicí hmotou HIT-RE 500 V4

Počet kotevních šroubů	n	4 ks
Průměr kotevního šroubu	D	16.00 mm
Pevnostní třída kotevního šroubu		A4-70
Efektivní kotevní hloubka (min)	h_{ef}	110 mm

Návrhové únosnosti pro beton s trhlinami

Návrhová únosnost v tahu (1 kotva)	$N_{Rd,1}$	26.50 kN	
Návrhová únosnost ve smyku (1 kotva)	$V_{Rd,1}$	19.20 kN	
Návrhová únosnost kotvení v tahu	N_{Rd}	106.00 kN	
Návrhová tahová síla na kotvení	R_z	0.00 kN	
Jednotkový posudek na tah	R_z / N_{Rd}	0.00 < 1,0	=> vyhovuje
Návrhová únosnost kotvení ve smyku	V_{Rd}	76.80 kN	
Celková návrhová smyková síla na kotvení	$R_{HOR,d}$	4.93 kN	
Jednotkový posudek na smyk	R_x / V_{Rd}	0.06 < 1,0	=> vyhovuje

13.1.5 PATNÍ PLECH A BETON

Svislá tlaková reakce	R_z	31.19 kN
-----------------------	-------	----------

Návrh

Pevnostní třída oceli		1.4404
Mez kluzu	f_y	200 MPa
Součinitel spolehlivosti	γ_{M0}	1.10 -
Tloušťka patního plechu	t	10 mm
Šířka patního plechu	b_1	275 mm
Délka patního plechu	d_1	220 mm
Pevnostní třída betonu (předpoklad)		C25/30
Pevnost betonu v tlaku	f_{ck}	25 MPa
Součinitel spolehlivosti	γ_c	1.50 -
Výška betonové patky	h	150 mm
Šířka betonové patky	b	375 mm
Délka betonové patky	d	320 mm
Tloušťka podlití	t_{grout}	0 mm
Délka styčnickového plechu	b_{st}	200 mm
Tloušťka styčnickového plechu	t_{st}	10 mm

Posouzení

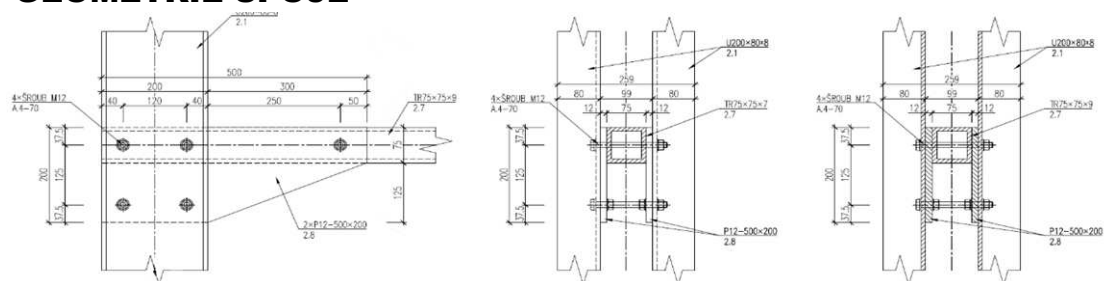
Součinitel vlivu podlití	β_j	0.67 -	
Rozměr podstavy komolého jehlanu	b_2	375 mm	
Rozměr podstavy komolého jehlanu	d_2	320 mm	
Součinitel koncentrace napětí	k_j	1.41 -	
Návrhová pevnost betonu v soustředěném tlaku	f_{jd}	15.73 MPa	
Účinná délka konzoly	c	19.63 mm	
Účinná plocha patního plechu	A_{eff}	19705 mm ²	
Návrhová únosnost	N_{Rd}	309.89 kN	
Jednotkový posudek	R_z / N_{Rd}	0.10 < 1,0	=> vyhovuje

13.2 PŘÍPOJ KONZOLKY REGISTRU

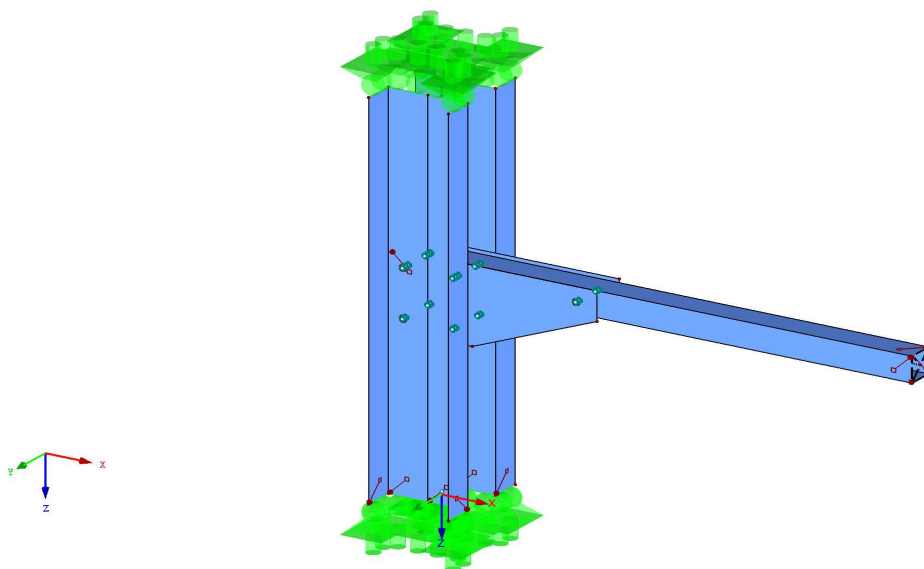
Tento detail je analyzován na samostatném modelu. Analýza je provedena na deskostěnovém modelu analýzou podle teorie II. řádu.

Sloupy, konzolka a styčnickový plech jsou modelovány deskostěnami, šrouby jsou modelovány pomocí prutů.

13.2.1 GEOMETRIE SPOJE



Izometrie

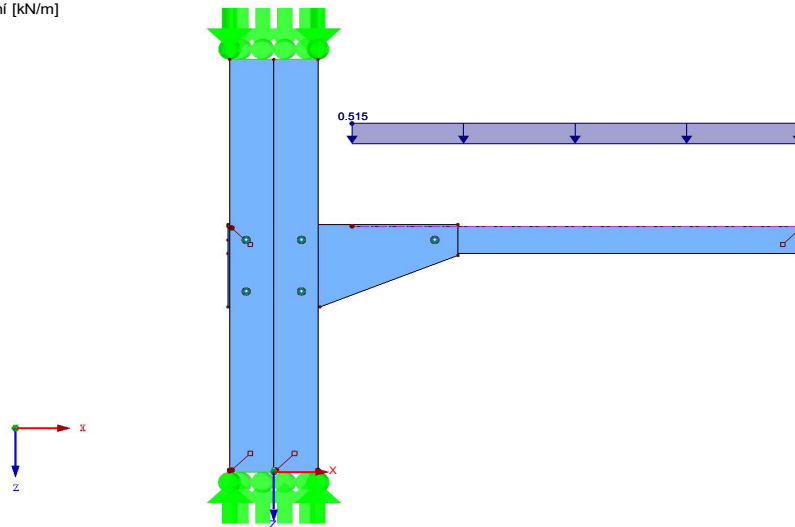


13.2.2 ZATÍŽENÍ

ZS1 - Užité zatížení lávek

ZS1 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ LÁVEK
Zatížení [kN/m]

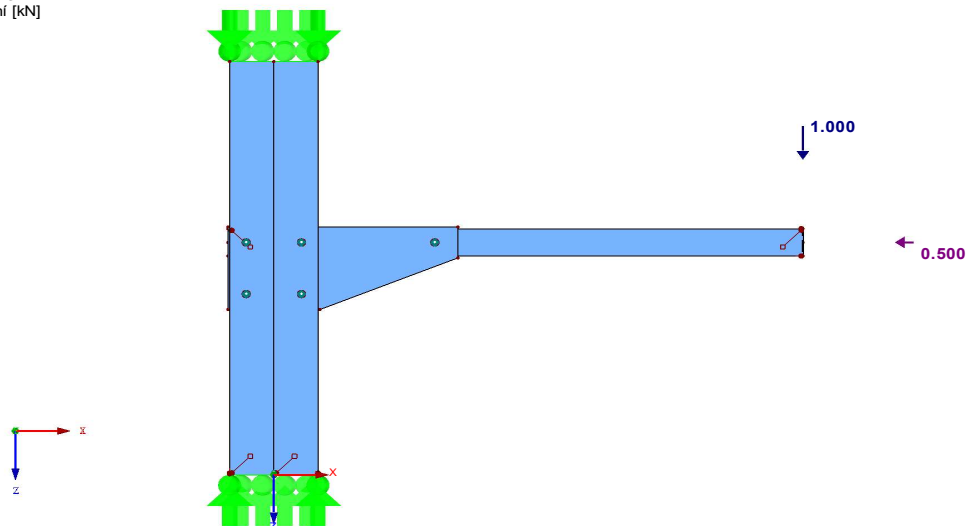
Proti směru osy Y



ZS2 - Montážní zatížení

ZS2 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN]

Proti směru osy Y



Kombinace zatížení

KZ1: $1,5 \times ZS1 + 1,2 \times ZS2$

KZ2: ZS1

pro MSÚ

pro MSP

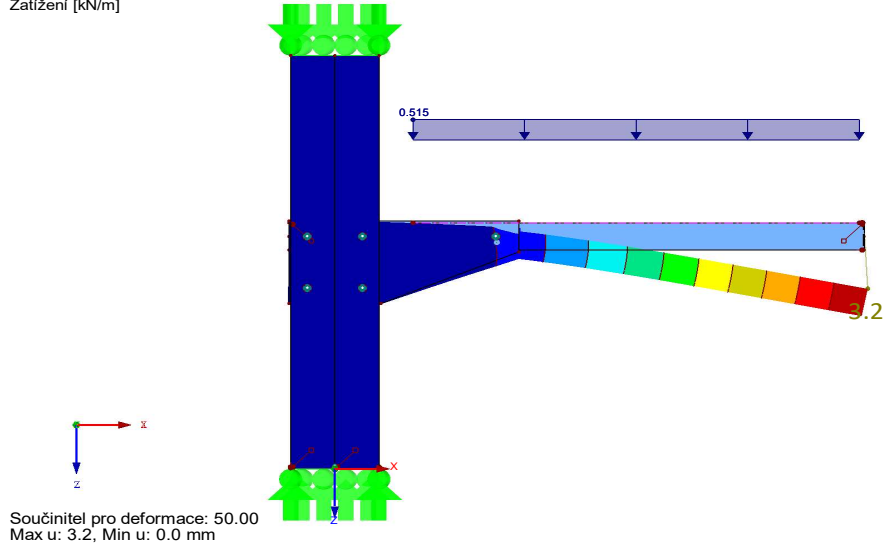
13.2.3 VÝSLEDKY ANALÝZY

Deformace

Posouzení na deformace v mezním stavu použitelnosti je provedeno pouze pro užité zatížení.

KZ2 : ZS1
Zatížení [kN/m]

Proti směru osy Y



Přechýlující část konzoly

L

1050.00 mm

Největší svislý průhyb

u_z

3.20 mm

Limitní svislý průhyb

$L / 100$

$u_{z,lim}$

10.50 mm

Jednotkový posudek

$u_z / u_{z,lim}$

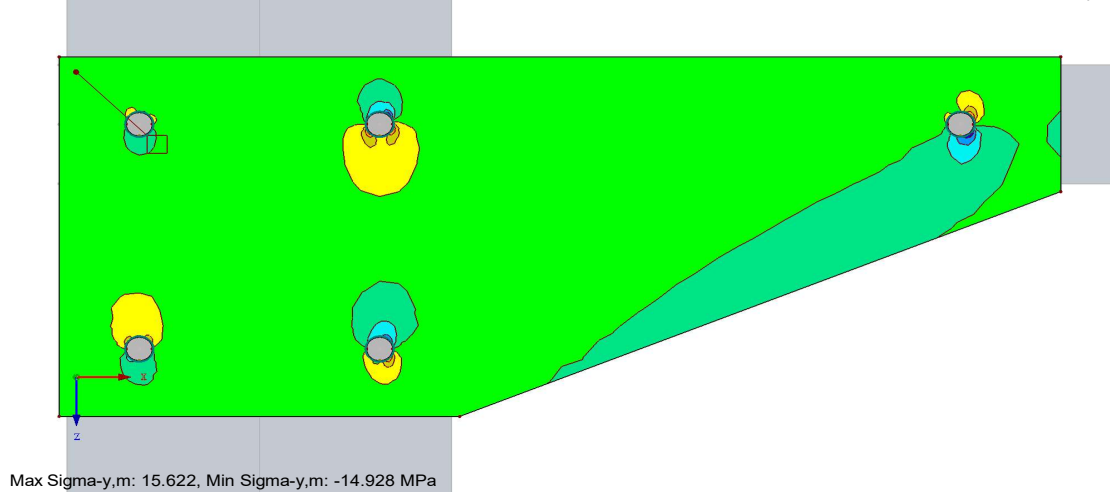
0.30 < 1,0

=> vyhovuje

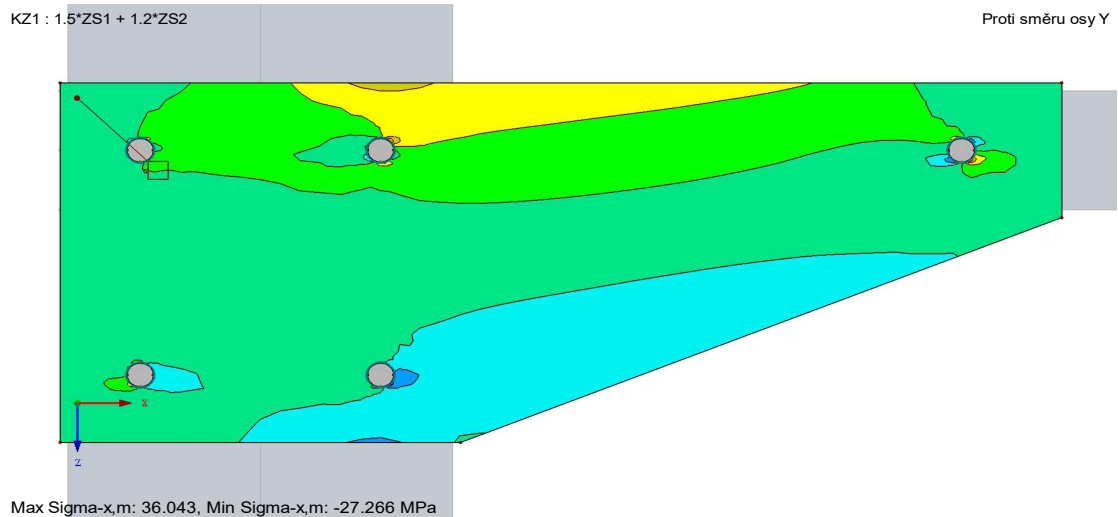
Napětí na styčnickovém plechu

KZ1 : 1.5*ZS1 + 1.2*ZS2

Proti směru osy Y



Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	15.62 MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	14.93 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00 MPa	
Pevnost v otláčení kolmo k vláknům	$f_{b,90,k}$	120.00 MPa	
Součinitel spolehlivosti	A	1.91 -	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,d}$	26.12 MPa	
Pevnost v otláčení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	0.60 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	0.24 < 1,0	=> vyhovuje

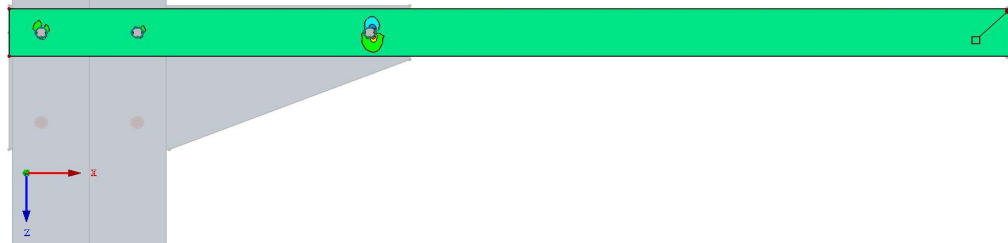


Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	36.04 MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	27.27 MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00 MPa	
Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny	$f_{b,0,k}$	175.00 MPa	
Součinitel spolehlivosti	A	1.91 -	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,d}$	182.86 MPa	
Pevnost v otláčení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43 MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$	0.20 < 1,0	=> vyhovuje
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	0.30 < 1,0	=> vyhovuje

Napětí ve stojině konzolky

KZ1 : 1.5*ZS1 + 1.2*ZS2

Proti směru osy Y



Max Sigma-y,m: 26.067, Min Sigma-y,m: -19.288 MPa

Napětí v tahu kolmo k vláknům

$\sigma_{y,+}$ 26.07 MPa

Napětí v tlaku kolmo k vláknům

$\sigma_{y,-}$ 19.29 MPa

Pevnost v tahu kolmo k vláknům

$f_{t,90,k}$ 50.00 MPa

Pevnost v otažení kolmo k vláknům

$f_{b,90,k}$ 120.00 MPa

Součinitel spolehlivosti

A 1.91 -

Pevnost v tahu kolmo k vláknům

$f_{t,90,d}$ 26.12 MPa

Pevnost v otažení kolmo k vláknům

$f_{b,90,d}$ 62.70 MPa

Jednotkový posudek

$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$ 1.00 < 1,0

=> vyhovuje

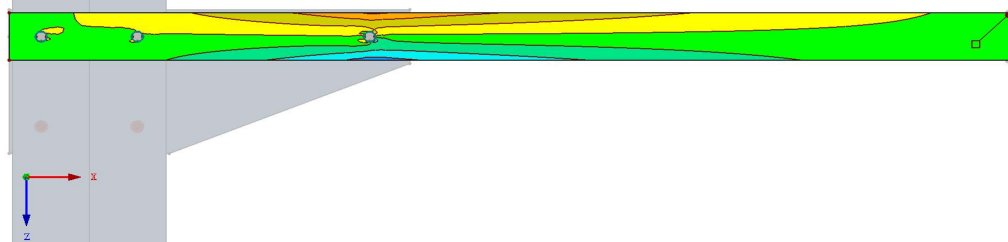
Jednotkový posudek

$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$ 0.31 < 1,0

=> vyhovuje

KZ1 : 1.5*ZS1 + 1.2*ZS2

Proti směru osy Y



Max Sigma-x,m: 47.486, Min Sigma-x,m: -52.554 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny
 Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
 Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
 Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny
 Součinitel spolehlivosti
 Pevnost v tahu kolmo k vláknům
 Pevnost v otláčení kolmo k vláknům
 Jednotkový posudek
 Jednotkový posudek

$\sigma_{x,+}$	47.49 MPa	
$\sigma_{x,-}$	52.55 MPa	
$f_{t,0,k}$	350.00 MPa	
$f_{b,0,k}$	175.00 MPa	
A	1.91 -	
$f_{t,90,d}$	182.86 MPa	
$f_{b,90,d}$	91.43 MPa	
$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$	0.26 < 1,0	=> vyhovuje
$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	0.57 < 1,0	=> vyhovuje

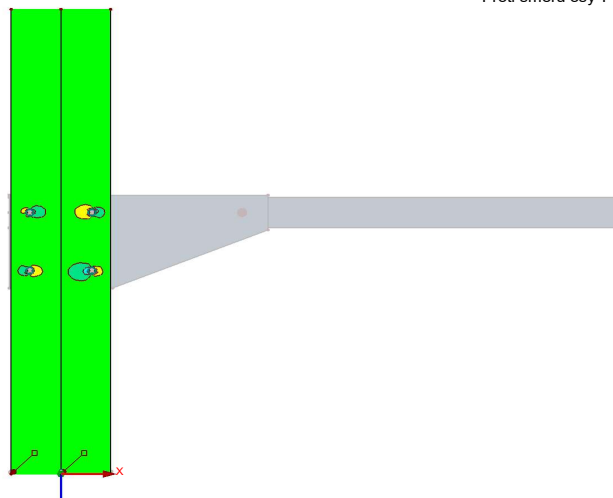
Napětí ve stojině sloupu

KZ1 : 1.5*ZS1 + 1.2*ZS2

Proti směru osy Y



Max Sigma-y,m: 19.129, Min Sigma-y,m: -18.634 MPa



Napětí v tahu kolmo k vláknům
 Napětí v tlaku kolmo k vláknům
 Pevnost v tahu kolmo k vláknům
 Pevnost v otláčení kolmo k vláknům
 Součinitel spolehlivosti
 Pevnost v tahu kolmo k vláknům
 Pevnost v otláčení kolmo k vláknům
 Jednotkový posudek
 Jednotkový posudek

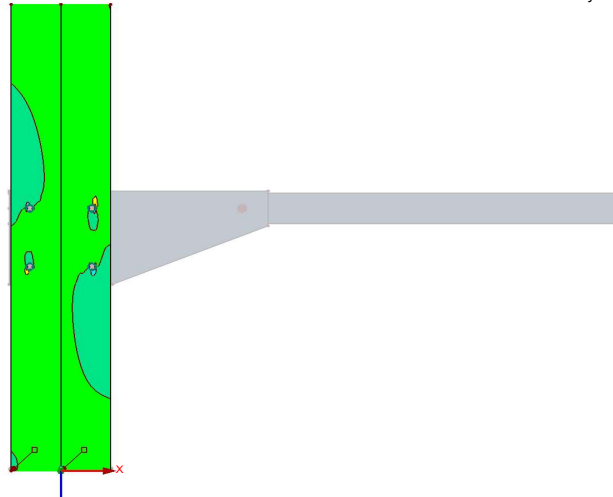
$\sigma_{y,+}$	19.13 MPa	
$\sigma_{y,-}$	18.63 MPa	
$f_{t,0,k}$	50.00 MPa	
$f_{b,0,k}$	120.00 MPa	
A	1.91 -	
$f_{t,90,d}$	26.12 MPa	
$f_{b,90,d}$	62.70 MPa	
$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	0.73 < 1,0	=> vyhovuje
$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	0.30 < 1,0	=> vyhovuje

KZ1 : 1.5*ZS1 + 1.2*ZS2

Proti směru osy Y



Max Sigma-x,m: 49.874, Min Sigma-x,m: -44.260 MPa



Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$\sigma_{x,+}$ 49.87 MPa

Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$\sigma_{x,-}$ 44.26 MPa

Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny

$f_{t,90,k}$ 350.00 MPa

Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny

$f_{b,90,k}$ 175.00 MPa

Součinitel spolehlivosti

A 1.91 -

Pevnost v tahu kolmo k vláknům

$f_{t,90,d}$ 182.86 MPa

Pevnost v otláčení kolmo k vláknům

$f_{b,90,d}$ 91.43 MPa

Jednotkový posudek

$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$ 0.27 < 1,0

=> vyhovuje

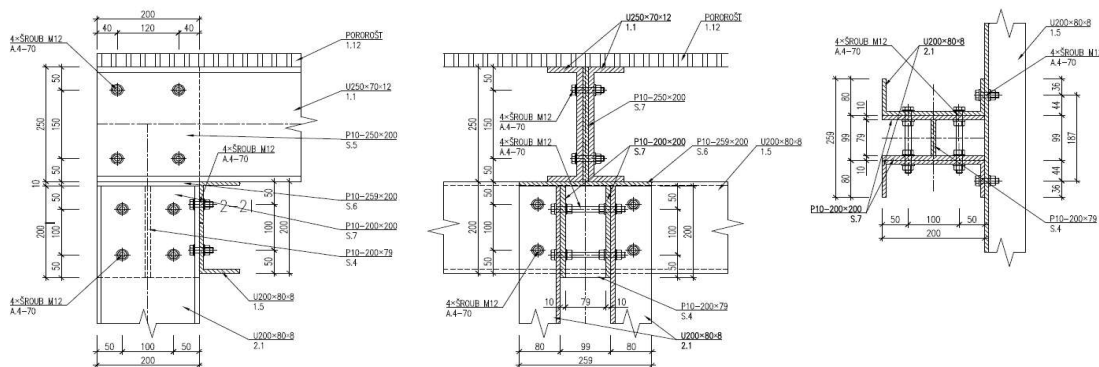
Jednotkový posudek

$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$ 0.48 < 1,0

=> vyhovuje

13.3 PŘÍPOJ HLAVNÍHO NOSNÍKU NA SLOUP

13.3.1 GEOMETRIE SPOJE



13.3.2 VNITŘNÍ SÍLY

Normálová síla z nosníku	N_{Ed}	4.02 kN
Posouvající síla z nosníku	$V_{z,Ed}$	10.98 kN

13.3.3 POSOUZENÍ SPOJE "STYKOVÝ PRVEK-SLOUP"

Přednostně se počítá s přenosem sil kontaktem mezi ocelovým stykovým prvkem a sloupem, ale šroubovaný spoj je nadimenzován na přenos veškerých vnitřních sil.

Metrické šrouby s šestihrannou hlavou jakosti A4-70

Průměr šroubu	d	12.00 mm
Průměr vrtání	d_0	13.00 mm
Mez pevnosti šroubu	f_{ub}	700 MPa
Počet šroubů	n_b	4 ks
Celková smyková síla na 1 šroub	$F_{v,Ed}$	2.92 kN

Únosnost šroubů ve stříhu

Plocha jádra šroubu	A_s	84.00 mm ²
Součinitel	α_v	0.60 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25 -
Počet střížných rovin	n_s	2 ks
Návrhová únosnost 1 šroubu ve stříhu	$F_{v,Rd}$	56.45 kN
Jednotkový posudek	$F_{v,Ed}/F_{v,Rd}$	0.05 < 1,0 => vyhovuje

Pevnostní charakteristiky GFRP kompozitu

Tloušťka stěny GFRP průřezu	t	8.00 mm	
Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny	$f_{b,0,k}$	175 MPa	
Pevnost v otláčení kolmo k vláknům	$f_{b,90,k}$	120 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

Otláčení ve směru vláken

Návrhová únosnost jednoho střihu jednoho šr.	$F_{b,Rd,1}$	8.78 kN	
Počet střizných rovin	n_s	2 -	
Návrhová únosnost spoje	$F_{b,Rd}$	70.22 kN	
Celková síla působící ve spoji	$F_{x,Ed}$	10.98 kN	
Jednotkový posudek	$F_{x,Ed} / F_{b,Rd}$	0.16 < 1,0	=> vyhovuje

Otláčení kolmo na směr vláken

Návrhová únosnost jednoho střihu jednoho šr.	$F_{b,Rd,1}$	6.02 kN	
Počet střizných rovin	n_s	2 -	
Návrhová únosnost spoje	$F_{b,Rd}$	48.15 kN	
Celková síla působící ve spoji	$F_{y,Ed}$	4.02 kN	
Jednotkový posudek	$F_{y,Ed} / F_{b,Rd}$	0.08 < 1,0	=> vyhovuje

13.3.4 POSOUZENÍ SPOJE "STYKOVÝ PRVEK-NOSNÍK"

Primárně se počítá s přenosem sil kontaktem mezi ocelovým stykovým prvkem a nosníkem, ale šroubovaný spoj je nadimenzován na přenos veškerých vnitřních sil.

Metrické šrouby s šestihrannou hlavou jakosti A4-70

Průměr šroubu	d	12.00 mm
Průměr vrtání	d_0	13.00 mm
Mez pevnosti šroubu	f_{ub}	700 MPa
Počet šroubů	n_b	4 ks
Celková smyková síla na 1 šroub	$F_{v,Ed}$	2.92 kN

Únosnost šroubů ve střihu

Plocha jádra šroubu	A_s	84.00 mm ²	
Součinitel	α_v	0.60 -	
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25 -	
Počet střihných rovin	n_s	2 ks	
Návrhová únosnost 1 šroubu ve střihu	$F_{v,Rd}$	56.45 kN	
Jednotkový posudek	$F_{v,Ed}/F_{v,Rd}$	0.05 < 1,0	=> vyhovuje

Pevnostní charakteristiky GFRP kompozitu

Tloušťka stěny GFRP průřezu	t	12.00 mm	
Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny	$f_{b,0,k}$	175 MPa	
Pevnost v otláčení kolmo k vláknům	$f_{b,90,k}$	120 MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50 MPa	
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	30 MPa	
Vliv trvání zatížení	A1	1.45 -	10 let
Vliv okolního prostředí	A2	1.10 -	UV záření
Vliv teploty	A3	1.20 -	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91 -	

Otláčení ve směru vláken

Návrhová únosnost jednoho střihu jednoho šr.	$F_{b,Rd,1}$	13.17 kN	
Počet střihných rovin	n_s	2 -	
Návrhová únosnost spoje	$F_{b,Rd}$	105.33 kN	
Celková síla působící ve spoji	$F_{x,Ed}$	4.02 kN	
Jednotkový posudek	$F_{x,Ed} / F_{b,Rd}$	0.04 < 1,0	=> vyhovuje

Otláčení kolmo na směr vláken

Návrhová únosnost jednoho střihu jednoho šr.	$F_{b,Rd,1}$	9.03 kN	
Počet střihných rovin	n_s	2 -	
Návrhová únosnost spoje	$F_{b,Rd}$	72.23 kN	
Celková síla působící ve spoji	$F_{y,Ed}$	10.98 kN	
Jednotkový posudek	$F_{y,Ed} / F_{b,Rd}$	0.15 < 1,0	=> vyhovuje

14 ZÁVĚR

Statickým výpočtem bylo prokázáno, že posuzovaná konstrukce jako celek i všechny její části mají požadovanou bezpečnost a dostatečnou tuhost podle platných ČSN EN pro navrhování a této soustavě evropských norem konstrukce vyhovuje.

Vypracovali:

Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

Ing. Milan Šmak, Ph.D.