Revize	Popis	Datum	Provedl

Investor

Technické sítě Brno, akciová společnost
Barvířská 5
602 00 Brno-střed-Zábrdovice

Generální projektant



INGUTIS, spol. s r.o.
Thákurova 676/3, 160 00 Praha 6-Dejvice
(+420)220 181 715, ingutis@ingutis.cz
www.ingutis.cz

HIP	Ing. Daniel Švec	Vypracoval	Ing. Daniel Švec
Zodp. projektant	Ing. Jaroslav Lacina	Kontroloval	Ing. Vít Pohanka

Akce

Rekonstrukce chodby primárního kolektoru v úseku TG1 - Š4

Stupeň: DPS
Dokumentace pro provádění stavby

Část: SO 02 Kabelové registry

Příloha: Statický výpočet registr A

Datum	12/2025	
Arch. číslo	1488_05	
Formát	-	Paré
Měřítko	-	
Č. části	C.2	
Č. přílohy	C.2.6	

Obsah

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE
1.1 GEOMETRIE
1.2 MATERIÁLY

2 ZATÍŽENÍ
2.1 STÁLÁ ZATÍŽENÍ
2.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ
2.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ
2.4 OBÁLKY ZATÍŽENÍ

3 ANALÝZA KONSTRUKCE

4 KONZOLKY LÁVEK
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 LOMENÝ SLOUP
5.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
5.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
5.3 VNITŘNÍ SÍLY
5.4 PRŮŘEZ
5.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI
5.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

6 PODÉLNÉ U PROFILY LÁVEK L3 A L4
6.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI
6.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY
6.3 VNITŘNÍ SÍLY
6.4 PRŮŘEZ
6.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI
6.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

7 KOTVA DO OSTĚNÍ
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 DETAILY
8.1 PŘÍPOJ KONZOLKY REGISTRU - LÁVKA Č. 2
8.2 PŘÍPOJ KONZOLKY REGISTRU - LÁVKA Č. 4
8.3 RÁMOVÝ ROH SLOUPU RR1
8.4 KOTVENÍ SLOUPU

9 ZÁVĚR

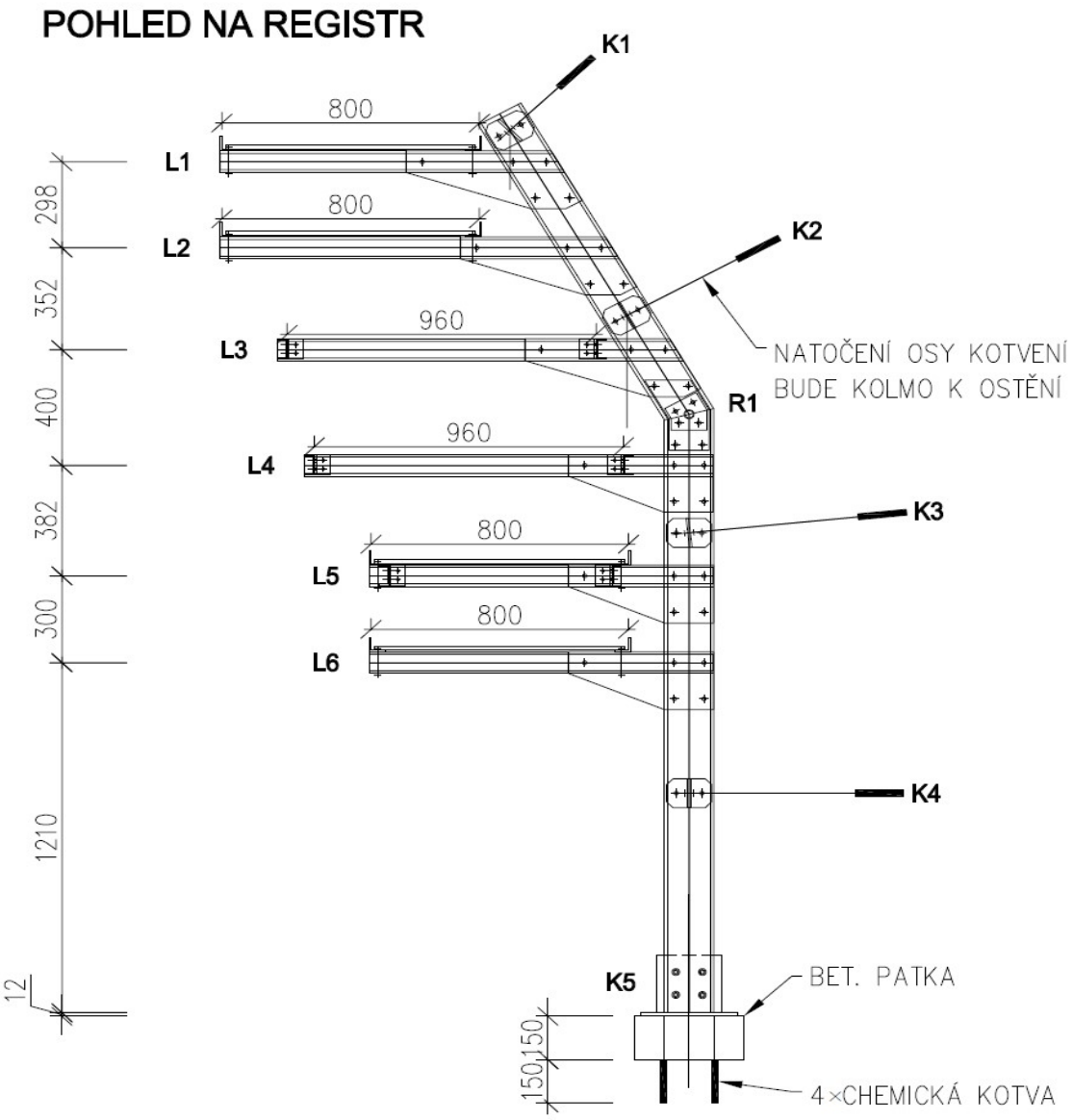
1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Jedná se o chodbový registr z GFRP materiálu. Sloup je jednou zalomený, kotvený do podlahy a čtyřmi kotvami do ostění. Průřez sloupu ses tává ze dvou tyčí z GFRP. Registr má šest lávek vynášených konzolkami z GFRP tyčí. Přípoj každé konzolky na sloupy je zajištěn pomocí dvojice GFRP desek a šroubů. Lávky jsou doplněny vodorovnými pruty průřezu L nebo U. Spoje v rámových rozích a kotvení do podlahy a ostění je řešeno pomocí svařenců z ocelových plechů.

1.1 GEOMETRIE

Celková výška (přibližně)	3.20	m
Celková šířka (přibližně)	1.60	m
Maximální osová vzdálenost sloupů	2.00	m

1.1.1 POHLED



1.2 MATERIÁLY

1.2.1 GFRP KOMPOZIT

Objemová hmotnost	ρ_k	1850	kg/m^3

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	$v_{0,90}$	0.23	-
Součinitel příčné roztažnosti	$v_{90,0}$	0.09	-

Součinitel spolehlivosti

Vliv doby trvání zatížení

		1 minuta	1 den	1 týden	6 měsíců	10let
A1	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

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

Vliv teploty

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

Celková hodnota

A = A1 × A2 × A3

1.2.2 KOROZIVZDORNÁ OCEL 1.4404

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

Objemová hmotnost	ρ	8000	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	v	0.30	-
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,0}$	1.10	-
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,1}$	1.10	-
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25	-
Korelační součinitel	β_w	0.80	-

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	18.5	kN/m^3
Objemová tíha oceli	80	kN/m^3

2.1.2 OSTATNÍ STÁLÁ ZATÍŽENÍ

Další části konstrukce, které nejsou součástí analytického modelu

- podélné propojující U-profily

f_k	0.012	kN/m	
F_k	0.024	kN	(pro ZŠ=2m)

- podélné propojující L-profily

f_k	0.011	kN/m	
F_k	0.022	kN	(pro ZŠ=2m)

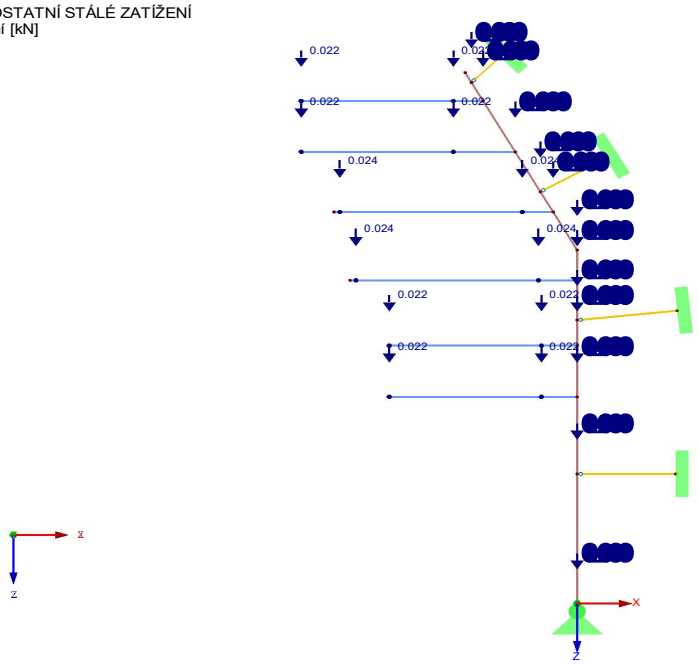
- styčníkové desky, rámové rohy, kotevní svařence

F_k	0.06	kN

ZS2 - OSTATNÍ STÁLÁ ZATÍŽENÍ

ZS2 : OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN]

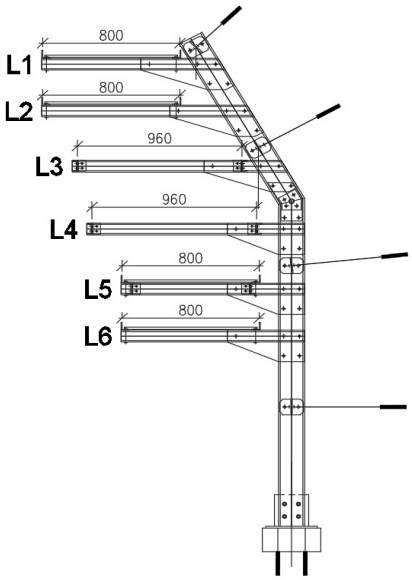
Proti směru osy Y



2.2 PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

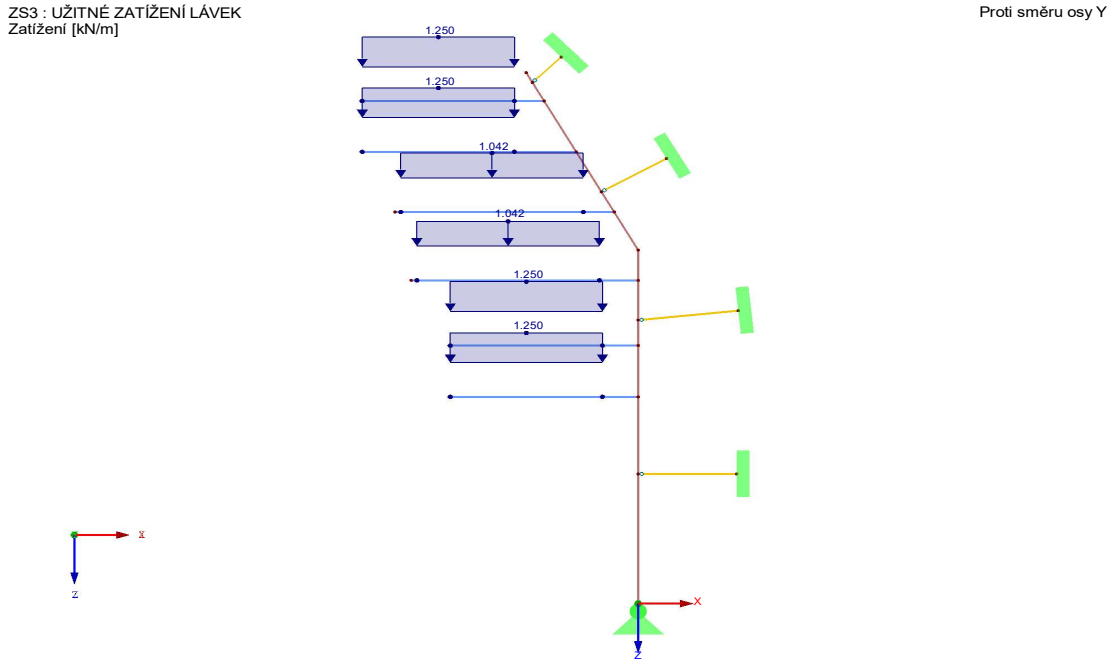
2.2.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ KABELOVÝCH LÁVEK

Každá lávka může být zatížena jinou hodnotou zatížení působícího na různou zatěžovací šířku. Zatížení je modelováno jako spojité rovnoměrné zatížení. Pokud je na příslušné lávce umístěna cementotřísková deska, je její tíha již zahrnuta v užitném zatížení lávky.



Č. lávky	ZŠ	Zatížení		
	m	kg	kN	kN/m
L1	0.80	100.00	1.00	1.25
L2	0.80	100.00	1.00	1.25
L3	0.96	100.00	1.00	1.04
L4	0.96	100.00	1.00	1.04
L5	0.80	100.00	1.00	1.25
L6	0.80	100.00	1.00	1.25

ZS3 - Užitné zatížení kabelových lávek



2.2.2 MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ KABELOVÝCH LÁVEK

Montážní zatížení kabelových lávek simuluje zatížení montážním/revizním dělníkem při montáži nebo revizi regustru. Zatížení je svislé i vodorovné (např. opřený žebřík) a působí vždy pouze na jednu lávku.

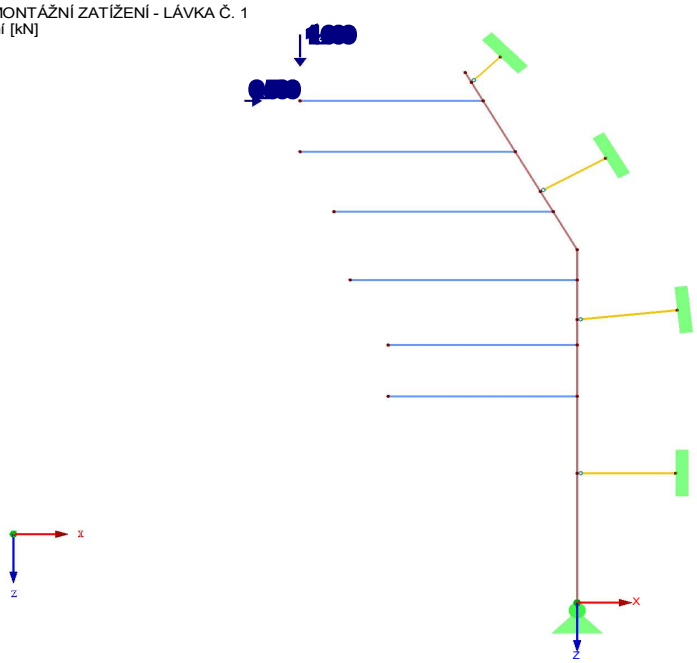
Svislé montážní zatížení	$Q_{k,ver}$	1.00	kN
Vodorovné montážní zatížení	$Q_{k,hor}$	0.50	kN

Montážní zatížení se uvažuje pouze v MSÚ

ZS4 - Montážní zatížení na lávce č. 1

ZS4 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - LÁVKA Č. 1
Zatížení [kN]

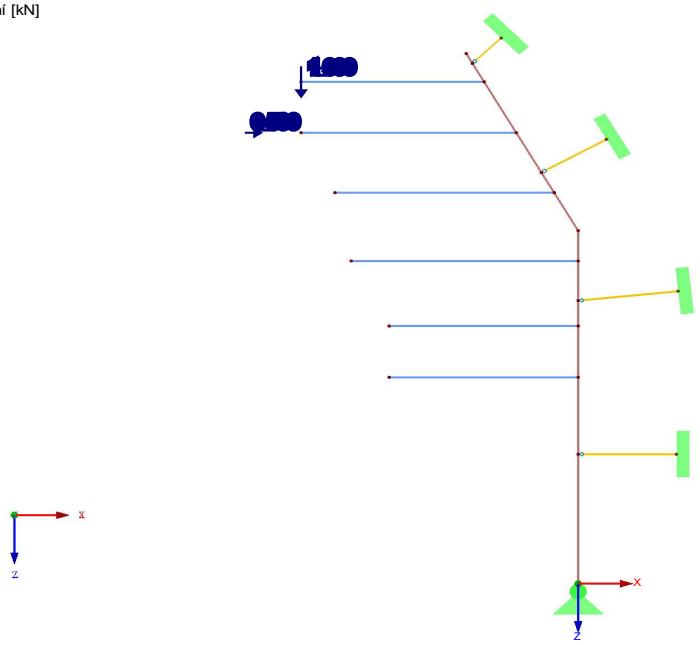
Proti směru osy Y



ZS5 - Montážní zatížení na lávce č. 2

ZS5 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - LÁVKA Č. 2
Zatížení [kN]

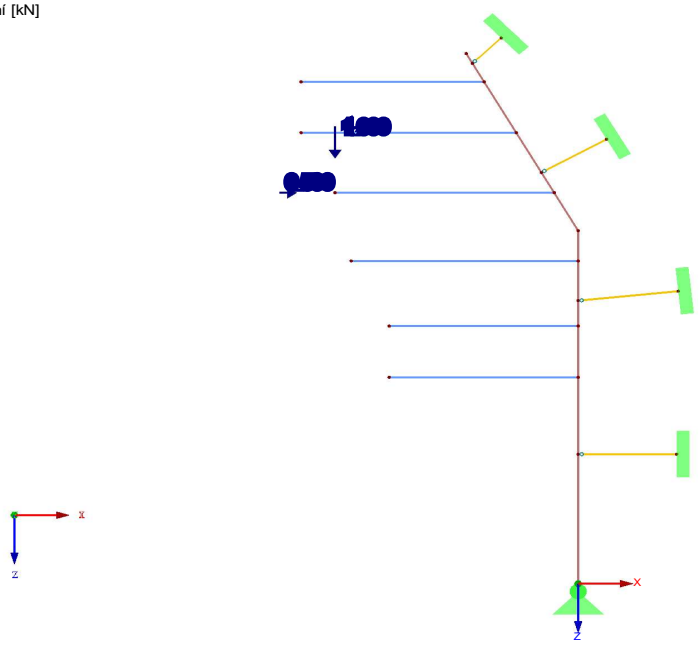
Proti směru osy Y



ZS6 - Montážní zatížení na lávce č. 3

ZS6 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - LÁVKA Č. 3
Zatížení [kN]

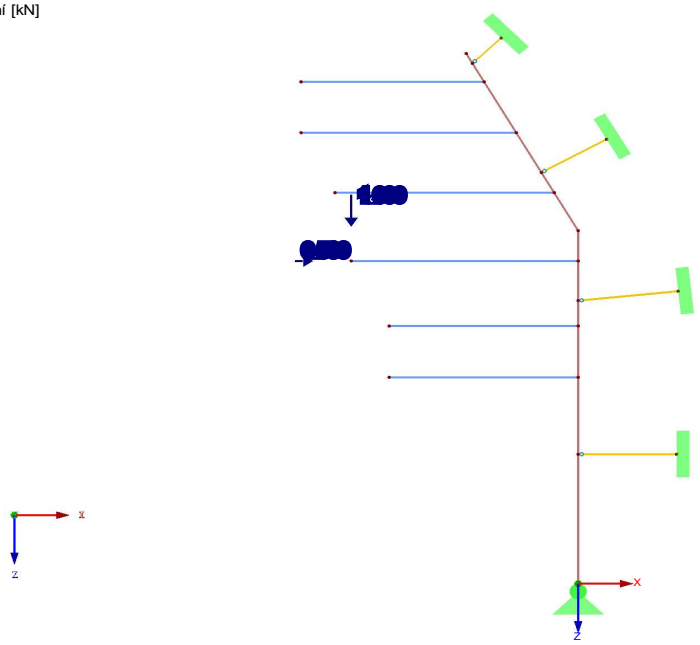
Proti směru osy Y



ZS7 - Montážní zatížení na lávce č. 4

ZS7 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - LÁVKA Č. 4
Zatížení [kN]

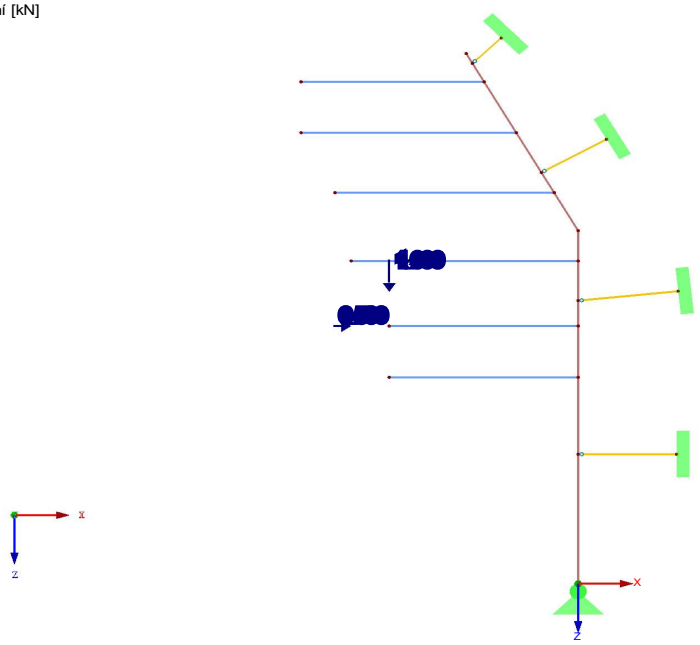
Proti směru osy Y



ZS8 - Montážní zatížení na lávce č. 5

ZS8 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - LÁVKA Č. 5
Zatížení [kN]

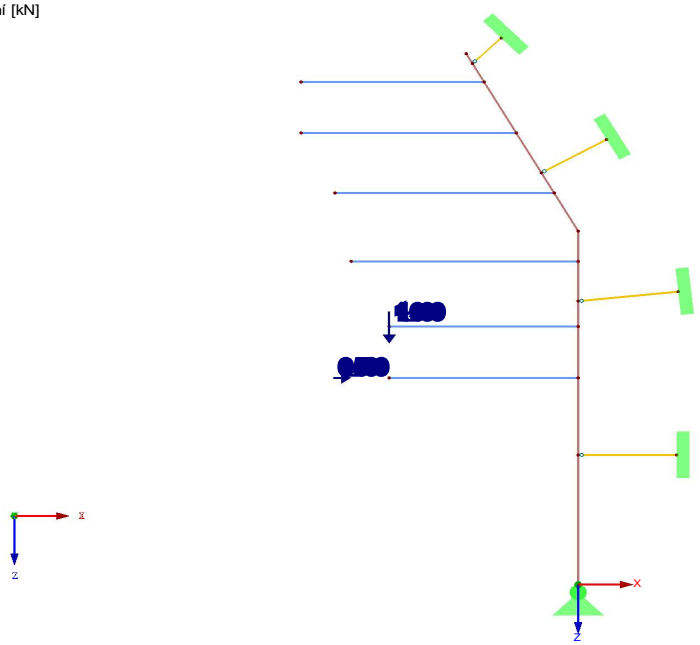
Proti směru osy Y



ZS9 - Montážní zatížení na lávce č. 6

ZS9 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ - LÁVKA Č. 6
Zatížení [kN]

Proti směru osy Y



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, uvažujÍ se příznivé účinky stálých zatížení.

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

Součinitel stálého nepříznivého zatížení	$\gamma_{G,j,sup}$	1.35	-
Součinitel stálého příznivého zatížení	$\gamma_{G,j,inf}$	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 pro montážní zatížení	ψ_0	1.00	-

Výpis kombinací

KZ1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3
KZ2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS4
KZ3	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS5
KZ4	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS6
KZ5	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS7
KZ6	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS8
KZ7	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 1.5*ZS9

2.3.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ PRO MSP

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

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

Výpis kombinací

KZ8	ZS1 + ZS2 + ZS3

2.4 OBÁLKY ZATÍŽENÍ

KV1	KZ1-KZ7	pro MSÚ
KV2	KZ8	pro MSP

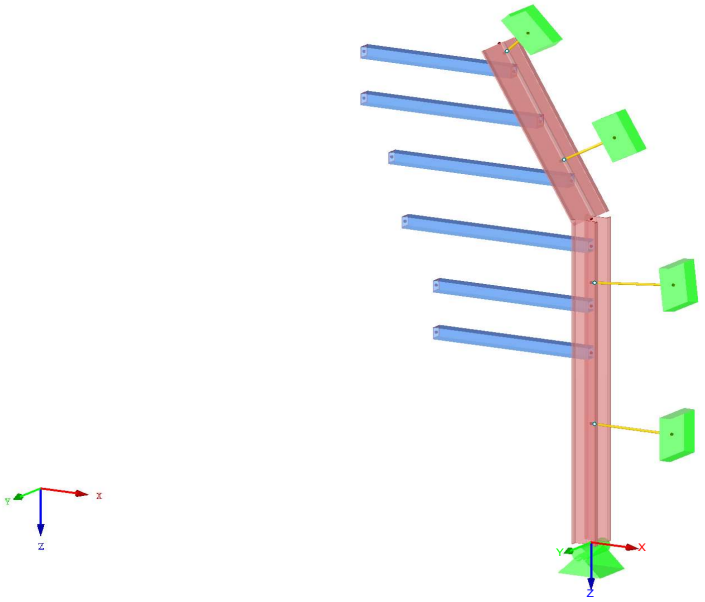
3 ANALÝZA KONSTRUKCE

Pro statickou analýzu byl vytvořen rovinný 2D prutový model v programu Dlubal RFEM (verze 5.26.01 x64). Analýza vnitřních sil a deformací byla nastavena jako geometricky lineární pružnostní (LA), materiálové modely GFRP a oceli byly lineárně pružné.

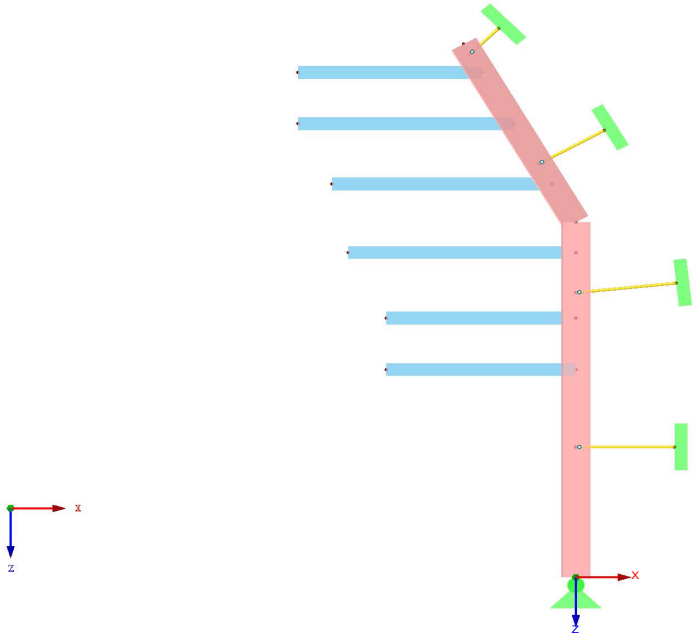
Údaje o modelu:

Počet uzlů:	23
Počet prutů:	12
Počet uzlových podpor:	5
Počet průřezů:	3
Počet deskostěn	0

Izometrie



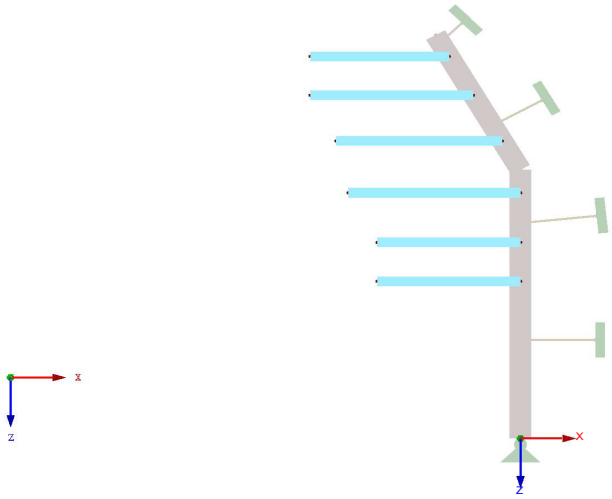
Proti směru osy Y



4 KONZOLKY LÁVEK

4.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Proti směru osy Y



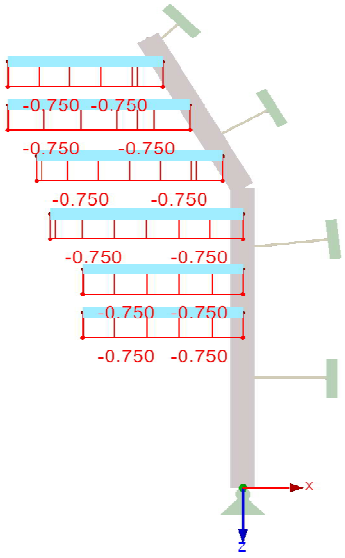
4.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

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	-	bez UV záření
Vliv teploty	A3	1.20	-	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91	-	

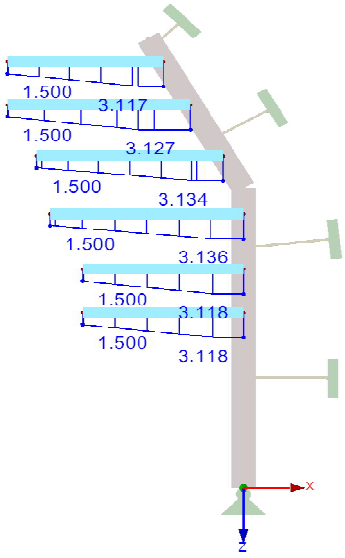
4.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_z	M_y	*kombinace*
MAX *N*	**0.00**	0.00	0.00	
MIN *N*	**-0.75**	1.50	0.00	KZ 2
MAX V_z	-0.75	**3.14**	2.90	KZ 5
MIN V_z	0.00	**0.00**	0.00	
MAX M_y	-0.75	3.14	**2.90**	KZ 5
MIN M_y	0.00	0.00	**0.00**	

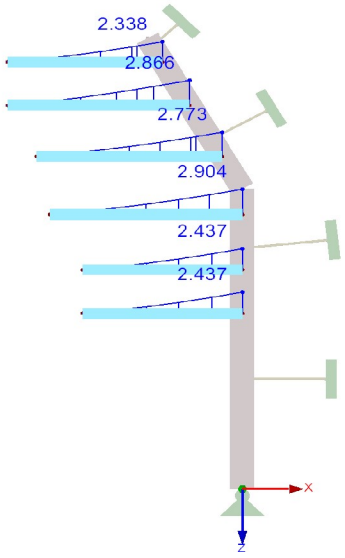
N_{Ed}



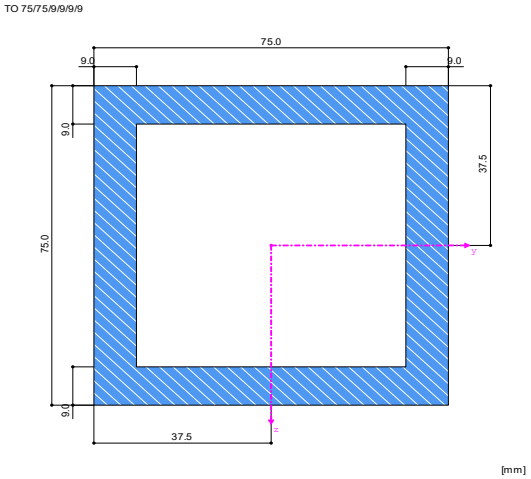
$V_{z,Ed}$



$M_{y,Ed}$



4.4 PRŮŘEZ



4.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Výška průřezu	h	75	mm
Šířka průřezu	b	75	mm
Tloušťka pásnic	t_f	9	mm
Tloušťka stojiny	t_w	9	mm
Délka střednice pásnic	b_f	66	mm
Délka střednice stojin	b_w	66	mm
Plocha pásnice	A_f	594	mm^2
Plocha stojiny	A_w	594	mm^2
Celková průřezová plocha	A	2376	mm^2
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1757052	mm^4
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1757052	mm^4
Průřezový modul k ose y	W_y	46855	mm^3
Průřezový modul k ose z	W_z	46855	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	25930	mm^3

4.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

4.5.1 PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-0.750	kN
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	0.316	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***

4.5.2 SMYK

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	3.136	kN
Návrhové smykové napětí	τ_d	2.571	MPa
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674	MPa
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	**0.16 < 1,0**	***=> vyhovuje***

4.5.3 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	2.904	kNm
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	61.979	MPa
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986	MPa
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	**0.30 < 1,0**	***=> vyhovuje***

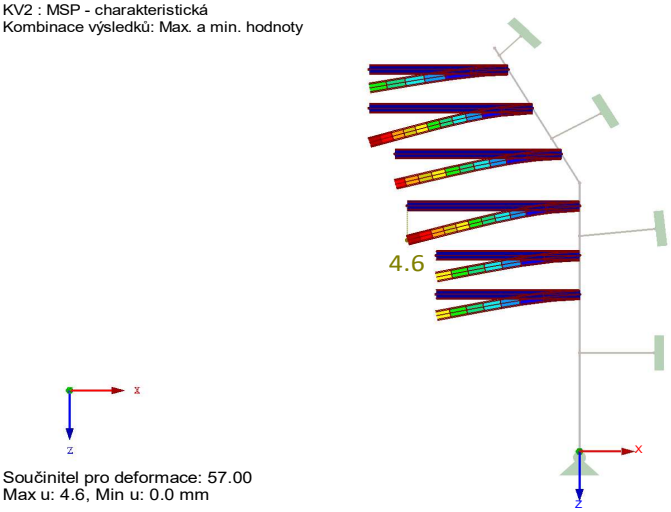
4.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

4.6.1 SVISLÝ PRŮHYB KONZOLKY

Vyložení konzolky		L	1194	mm	
Největší svislý průhyb		u_z	4.60	mm	
Limitní svislý průhyb	L / 100	$u_{z,llim}$	11.94	mm	
Jednotkový posudek		$u_z/u_{z,llim}$	**0.39 < 1,0**		***=> vyhovuje***

KV2 : MSP - charakteristická
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Proti směru osy Y

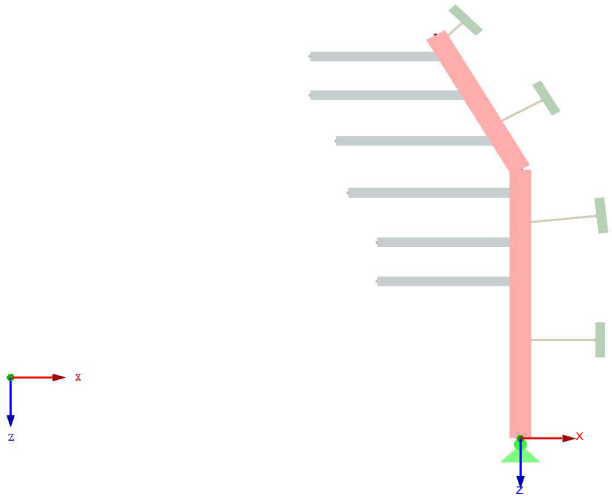


Součinitel pro deformace: 57.00
Max u: 4.6, Min u: 0.0 mm

5 LOMENÝ SLOUP

5.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Proti směru osy Y



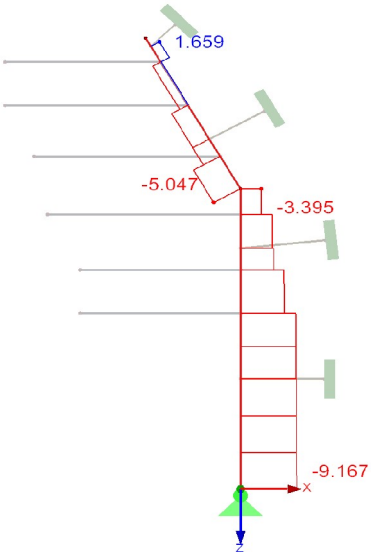
5.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

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	-	bez UV záření
Vliv teploty	A3	1.20	-	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91	-	

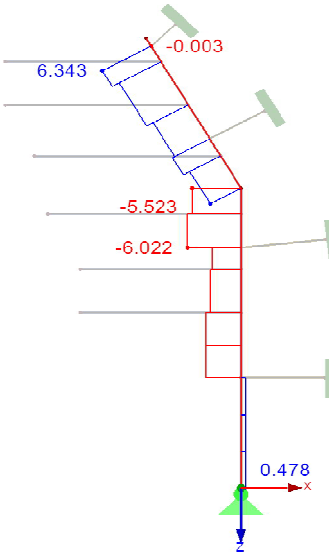
5.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_z	M_y	*kombinace*
MAX N	**1.66**	6.34	0.00	KZ 2
MIN N	**-9.17**	0.30	0.00	KZ 7
MAX V_z	1.66	**6.34**	0.00	KZ 2
MIN V_z	-4.53	**-6.02**	0.05	KZ 5
MAX M_y	-1.29	-5.27	**1.55**	KZ 5
MIN M_y	0.09	5.27	**-1.67**	KZ 3

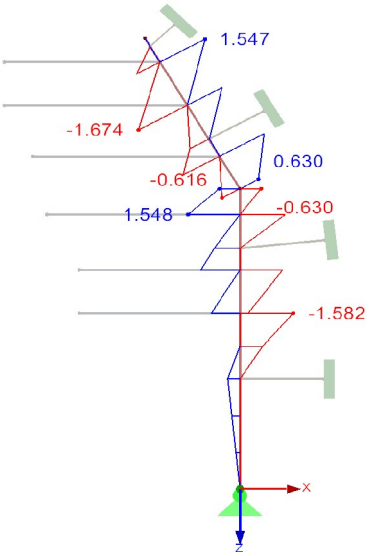
N_{Ed}



$V_{z,Ed}$

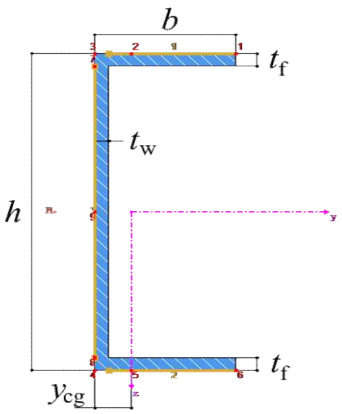


$M_{y,Ed}$

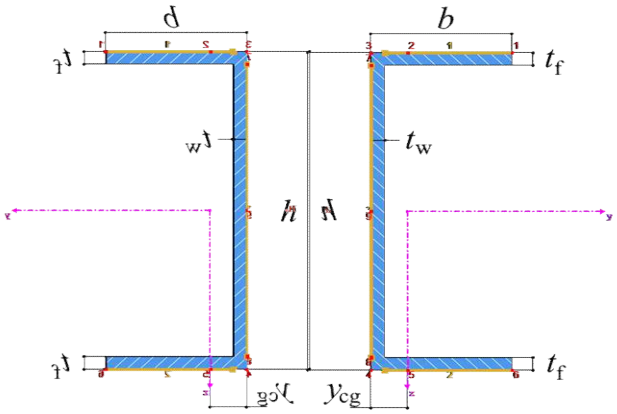


5.4 PRŮŘEZ

Dílčí průřez



Složený průřez



5.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY DÍLČÍHO PRŮŘEZU

Výška průřezu	h	152	mm
Šířka průřezu	b	40	mm
Tloušťka pásnic	t_f	10	mm
Tloušťka stojiny	t_w	10	mm
Výška stojiny	h_w	132	mm
Plocha pásnice	A_f	400	mm^2
Plocha stojiny	A_w	1320	mm^2
Celková průřezová plocha	A	2120	mm^2
Poloha těžiště	y_{cg}	10.7	mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	5.96E+06	mm^4
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	2.30E+05	mm^4
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	7.07E+04	mm^4
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	7.96E+08	mm^6
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	53.0	mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	10.4	mm
Průřezový modul k ose y	W_y	78370	mm^3
Průřezový modul k ose z	W_z	7830	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	50180	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	8608	mm^3
Výsečová souřadnice	w	1744	mm^2
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	16.2	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	56.4	mm

5.4.2 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY SLOŽENÉHO PRŮŘEZU

Šířka mezery mezi průřezy	t_p	99	mm
Průřezová plocha	A	4240	mm^2
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1.19E+07	mm^4
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1.58E+07	mm^4
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	1.41E+05	mm^4
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	4.15E+10	mm^6
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	53.0	mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	61.1	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	80.9	mm
Průřezový modul k ose y	W_y	156740	mm^3
Průřezový modul k ose z	W_z	7982	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	100360	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	44700	mm^3
Výsečová souřadnice	w	9058	mm^2

5.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

5.5.1 TAH ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	1.66	kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{t,0,d}$	0.391	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***

5.5.2 PROSTÝ TLAK ROVNOBĚŽNĚ S VLÁKNY

Návrhová tlaková osová síla	N_{Ed}	-9.167	kN	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{c,0,d}$	2.162	MPa	
Návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,d}$	94.044	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d}$	**0.02 < 1,0**		***=> vyhovuje***

5.5.3 SMYK

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	6.343	kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	2.672	MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674	MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	**0.17 < 1,0**		***=> vyhovuje***

5.5.4 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	1.674	kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	10.680	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***

5.5.5 VZPĚR

Vybočení kolmo k ose y

Výpočet je proveden jako pro celistvý průřez

Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	1659	mm	
Kritická síla	$N_{cr,y}$	1067.922	kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,y}$	0.845	-	
Součinitel imperfekce	α	0.490	-	
	ϕ_y	1.015	-	
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.634	-	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	9.167	kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	252.690	kN	
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	**0.04 < 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}	9.167	kN
Vzpěrná délka členěnéhu prutu		$L_{cr,z}$	1659	mm
Vzdálenost těžišť pásů		h_0	120.32	mm
Vzdálenost spojek		a	451	mm
Moment setrvačnosti spojky		I_b	1.00E+00	mm^4
Amplituda počáteční imperfekce	$L_{cr,z}/500$	e_0	3.32	mm
Moment setrvačnosti celistvého průřezu		I_z	1.58E+07	mm^4
Poloměr setrvačnosti celistvého průřezu		i_z	61.05	mm
Štíhlost celistvého průřezu		λ_z	27.17	-
Součinitel účinnosti		μ	1.00	-
Účinný moment setrvačnosti čl. prutu		$I_{z,eff}$	1.58E+07	mm^4
Kritická síla čl. prutu		$N_{cr,z}$	1416.925	kN
Smyková tuhost čl. prutu		S_v	0.006	kN
Maximální smyková tuhost čl. prutu		$S_{v,max}$	557.388	kN
Moment s účinky II. řádu		M_{Ed}	0.000	kNm
Návrhová osová síla v pásu		$N_{ch,Ed}$	4.583	kN
Kritická síla pásu		$N_{cr,ch,z}$	278.694	kN
Poměrná štíhlost pásu		$\lambda_{rel,ch,z}$	1.170	-
Součinitel imperfekce		α	0.490	-
		ϕ_z	1.422	-
Součinitel vzpěrnosti		$\chi_{ch,z}$	0.448	-
Návrhová vzpěrná únosnost		$N_{ch,b,Rd}$	89.371	kN
Jednotkový posudek		$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	**0.05 < 1,0**	***=> vyhovuje***

Vybočení zkroucením kolem osy x

Výpočet je proveden jako pro členěný prut s rámovými spojkami

Vzpěrná délka	$L_{cr,x}$	451	mm
Kritická síla	$N_{cr,x}$	365.834	kN
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,x}$	1.021	-
Součinitel imperfekce	α	0.490	-
	ϕ_x	1.223	-
Součinitel vzpěrnosti	χ_x	0.528	-
Návrhová osová síla	$N_{ch,Ed}$	4.583	kN
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{ch,b,Rd}$	105.202	kN
Jednotkový posudek	$N_{ch,Ed}/N_{ch,b,Rd}$	**0.04 < 1,0**	***=> vyhovuje***

5.5.6 KLOPENÍ

Délka prutu	L	1659	mm	
Součinitel vzpěrné délky	k_w	1.00	-	
Součinitel vzpěrné délky	k_z	1.00	-	
Souřadnice působiště zatížení k Cs	z_g	0.00	mm	
	z_j	0.00	mm	
Bezrozměrný parametr kroucení	κ_{wt}	3.068	-	
Bezrozměrný parametr působiště 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}	3.227	-	
Pružný kritický moment	M_{cr}	76.406	kNm	
Poměrná štíhlost při klopení	λ_{LT}	0.906	-	
Součinitel imperfekce	α_{LT}	0.490	-	
	ϕ_{LT}	1.059	-	
Součinitel vzpěrnosti	χ_{LT}	0.622	-	
Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	1.674	kNm	
Návrhová únosnost v klopení	$M_{b,Rd}$	20.387	kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{b,Rd}$	**0.08 < 1,0**		***=> vyhovuje***

5.5.7 INTERAKCE VZPĚRU A KLOPENÍ

Jednotkový posudek na vzpěr (nejhorší případ)	η_{FB}	0.05	-	
Jednotkový posudek na klopení	η_{LT}	0.08	-	
Jedtnotkový posudek na interakci	$\eta_{FB} + \eta_{LT}$	**0.13 < 1,0**		***=> vyhovuje***

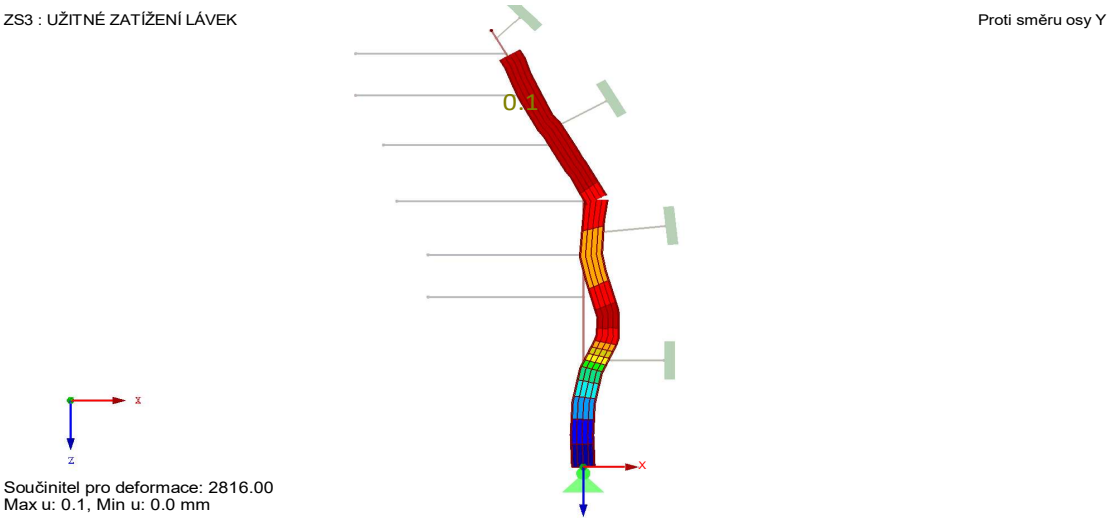
5.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

5.6.1 DEFORMACE LOMENÉHO SLOUPU

Volná délka oblouku		L	1659	mm	
Největší deformace		u_{sum}	0.10	mm	
Limitní svislý průhyb	L / 200	$u_{sum,llim}$	8.30	mm	
Jednotkový posudek		$u_{sum}/u_{sum,llim}$	**0.01 < 1,0**		***=> vyhovuje***

ZS3 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ LÁVEK

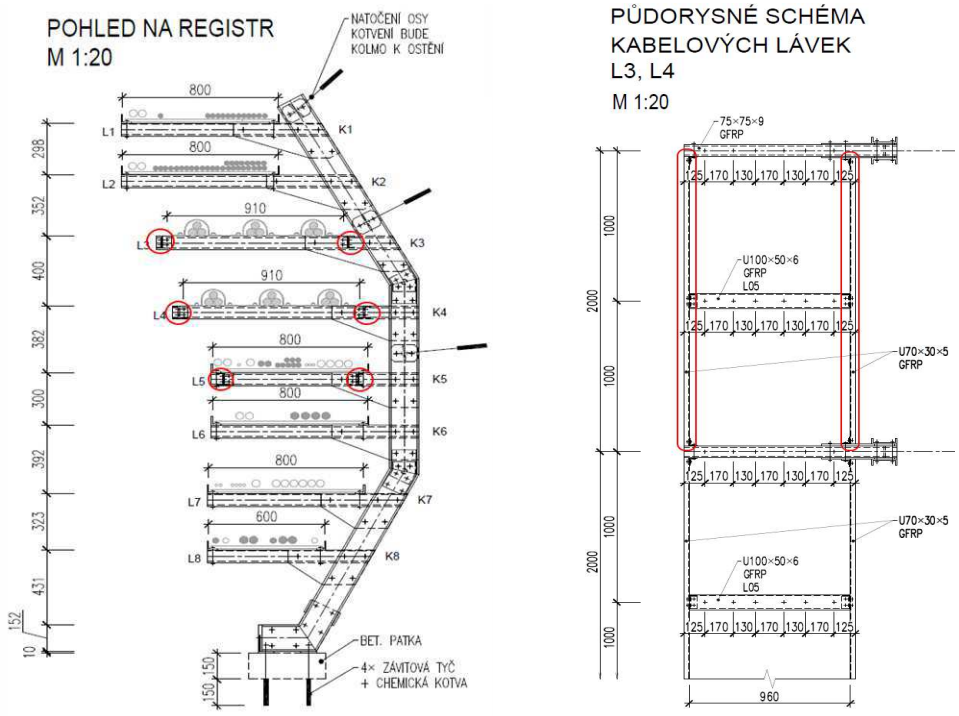
Proti směru osy Y



Součinitel pro deformace: 2816.00
Max u: 0.1, Min u: 0.0 mm

6 PODÉLNÉ U PROFILY LÁVEK L3 A L4

6.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI



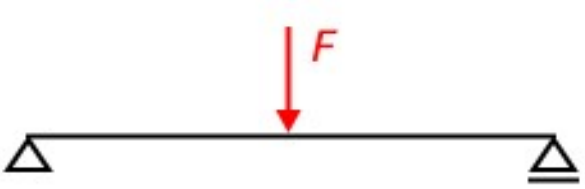
6.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

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	-	bez UV záření
Vliv teploty	A3	1.20	-	40°C
Celkový součinitel spolehlivosti materiálu	A	1.91	-	

6.3 VNITŘNÍ SÍLY

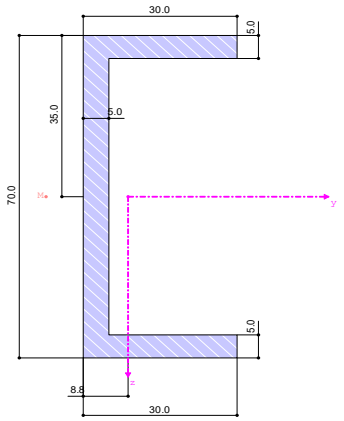
Vnitřní síly jsou počítány analyticky na modelu prostého nosníku zatíženého uprostřed rozpětí L odsamělou silou F.

Charakteristická hodnota zatížení na lávku	F_k	1	kN
Teoretické rozpětí U profilu	L	2	m
Součinitel zatížení	γ_Q	1.50	-
Normálová síla - charakteristická hodnota	N_{ek}	0.00	kN
Posouvající síla - charakteristická hodnota	$V_{z,Ek}$	0.50	kN
Ohybový moment - charakteristická hodnota	$M_{y,Ek}$	0.50	kNm
Normálová síla - návrhová hodnota	N_{Ed}	0.00	kN
Posouvající síla - návrhová hodnota	$V_{z,Ed}$	0.75	kN
Ohybový moment - návrhová hodnota	$M_{y,Ed}$	0.75	kNm



6.4 PRŮŘEZ

UU 30/30/5/5/5/70/0



[mm]

6.4.1 PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

Výška průřezu	h	70	mm
Šířka průřezu	b	30	mm
Tloušťka pásnic	t_f	5	mm
Tloušťka stojiny	t_w	5	mm
Výška stojiny	h_w	60	mm
Plocha pásnice	A_f	150	mm^2
Plocha stojiny	A_w	300	mm^2
Celková průřezová plocha	A	600	mm^2
Poloha těžiště	y_{cg}	8.75	mm
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	407500	mm^4
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	46563	mm^4
Moment tuhosti v prostém kroucení	I_t	1.42E+02	mm^4
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	0.00E+00	mm^6
Poloměr setrvačnosti k ose y	i_y	76.3	mm
Poloměr setrvačnosti k ose z	i_z	25.8	mm
Průřezový modul k ose y	W_y	11643	mm^3
Průřezový modul k ose z	W_z	2191	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_y	7125	mm^3
Statický moment plochy pro smykové napětí	S_z	2258	mm^3
Výsečová souřadnice	w	-119	mm^2
Vzdálenost středu smyku od těžiště	y_{cs}	-296072.0	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_0	296072.0	mm

6.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

6.5.1 SMYK

Smyk ve směru z

Návrhová posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.75	kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	1.311	MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	15.674	MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	**0.08 < 1,0**		***=> vyhovuje***

6.5.2 PROSTÝ OHYB

Ohyb kolem osy y

Návrhový ohybový moment	$M_{y,Ed}$	0.750	kNm	
Návrhové normálové napětí	$\sigma_{m,y,d}$	64.417	MPa	
Návrhová pevnost v ohybu	$f_{m,y,d}$	208.986	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	**0.31 < 1,0**		***=> vyhovuje***

6.6 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

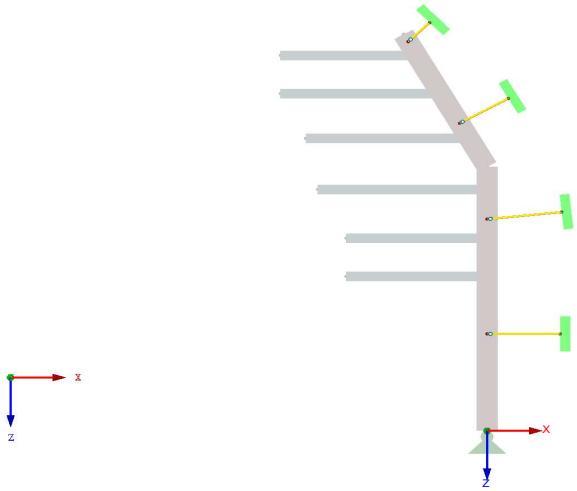
6.6.1 SVISLÝ PRŮHYB PODÉLNÉHO U PROFILU

Rozpětí prutu		L	2000	mm	
Největší svislý průhyb		u_z	16.36	mm	
Limitní svislý průhyb	L / 100	$u_{z,llim}$	20.00	mm	
Jednotkový posudek		$u_z/u_{z,llim}$	**0.82 < 1,0**		***=> vyhovuje***

7 KOTVA DO OSTĚNÍ

7.1 POLOHA PRUTŮ V KONSTRUKCI

Proti směru osy Y

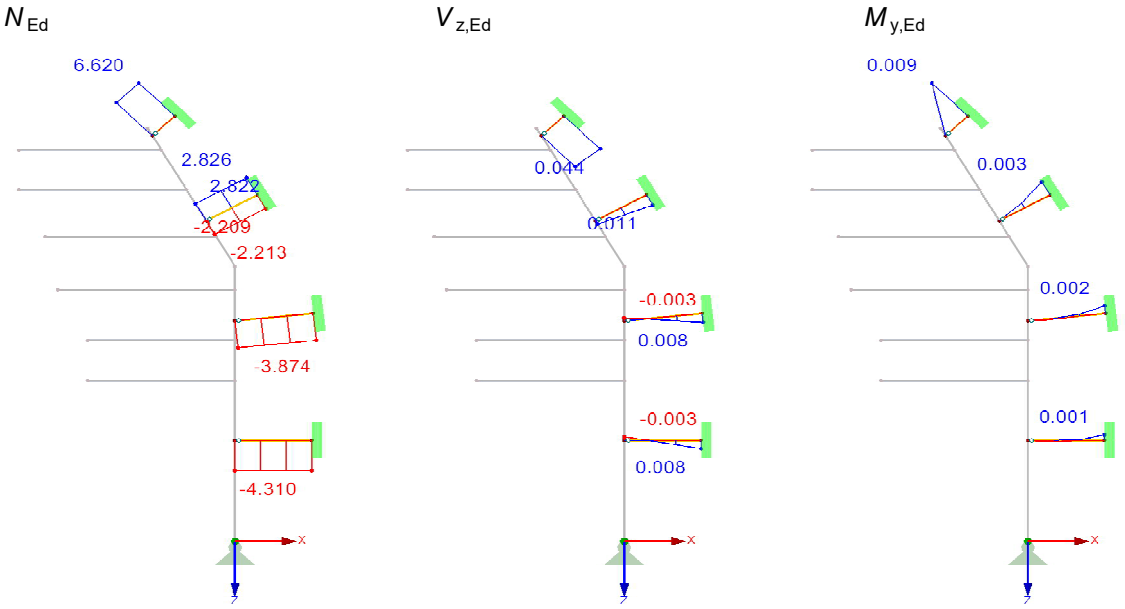


7.2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

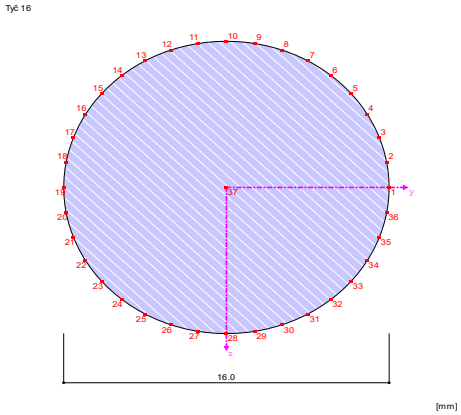
Mez kluzu	f_{yb}	450 MPa
Mez pevnosti	f_{ub}	700 MPa
Modul pružnosti v tahu a tlaku	E	200 GPa
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,0}$	1.10 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,1}$	1.10 -
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M,2}$	1.25 -

7.3 VNITŘNÍ SÍLY

	N	V_z	M_y	kombinace
MAX N	**6.62**	0.03	0.01	KZ 2
MIN N	**-4.31**	0.00	0.00	KZ 7
MAX V_z	4.92	**0.04**	0.01	KZ 4
MIN V_z	-2.14	**0.00**	0.00	KZ 1
MAX M_y	4.92	0.04	**0.01**	KZ 4
MIN M_y	-2.14	0.00	**0.00**	KZ 1



7.4 PRŮŘEZ



7.4.1 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

7.5 POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

7.5.1 TAH

Návrhová tahová osová síla	N_{Ed}	6.62	kN	
Návrhová únosnost v tahu	$N_{t,Rd}$	101.34	kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	**0.07 < 1,0**		***=> vyhovuje***

7.5.2 SMYK

Návrhová posouvající síla	V_{Ed}	0.04	kN	
Návrhové smykové napětí	τ_d	0.292	MPa	
Návrhová pevnost ve smyku	$f_{v,d}$	236	MPa	
Jednotkový posudek	$\tau_d/f_{v,d}$	**0.00 < 1,0**		***=> vyhovuje***

7.5.3 PROSTÝ OHYB

Návrhový ohybový moment	M_{Ed}	0.009	kNm	
Návrhová ohybová únosnost	$M_{c,Rd}$	0.165	kNm	
Jednotkový posudek	$M_{Ed}/M_{c.Rd}$	**0.05 < 1,0**		***=> vyhovuje***

7.5.4 VZPĚR

Vzpěrná délka	L_{cr}	530	mm	
Kritická síla	N_{cr}	22.606	kN	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	2.001	-	
Součinitel imperfekce	α	0.490	-	
	ϕ	2.942	-	
Součinitel vzpěrnosti	χ	0.196	-	
Návrhová osová síla	N_{Ed}	4.310	kN	
Návrhová vzpěrná únosnost	$N_{b,Rd}$	16.128	kN	
Jednotkový posudek	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	**0.27 < 1,0**		***=> vyhovuje***

7.5.5 INTERAKCE VZPĚRU A OHYBU

Jednotkový posudek na vzpěr	η_{FB}	0.27	-	
Jednotkový posudek na ohyb	η_M	0.05	-	
Jednotkový posudek na interakci	$\eta_{FB} + \eta_M$	**0.32 < 1,0**		***=> vyhovuje***

8 DETAILY

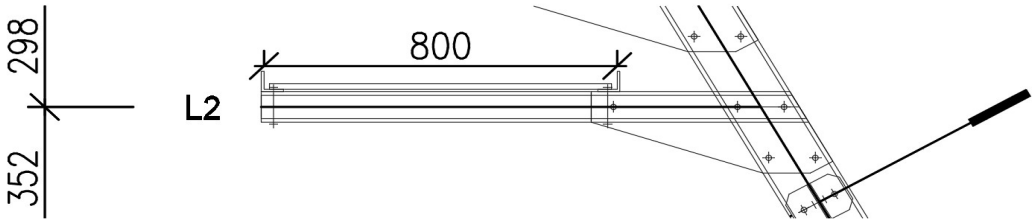
8.1 PŘÍPOJ KONZOLKY REGISTRU - LÁVKA Č. 2

Jedná se o nejvíce namáhaný přípoj z lávek na horní části sloupu (L1, L2, L3)

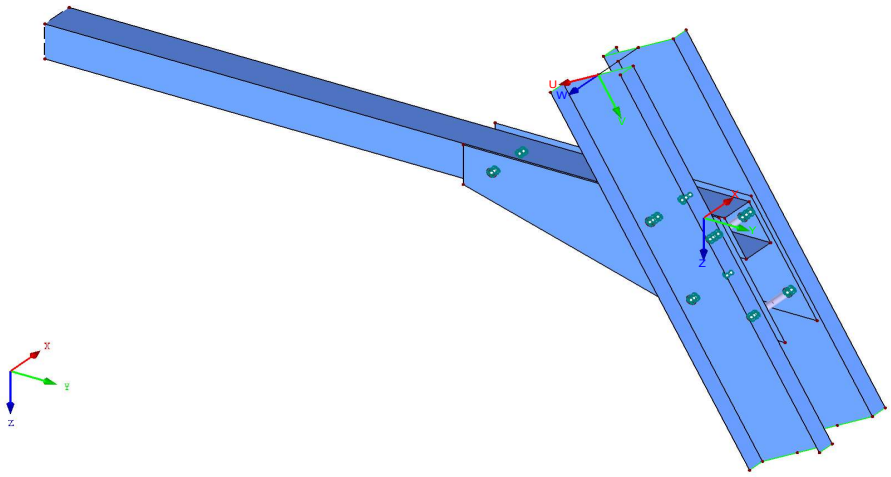
Tento detail je analyzován na samostatném modelu. Analýza je provedena na deskostěnovém modelu analýzou podle teorie II. řádu.

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

8.1.1 GEOMETRIE SPOJE



Izometrie



8.1.2 ZATÍŽENÍ

ZS1 - Vlastní tíha

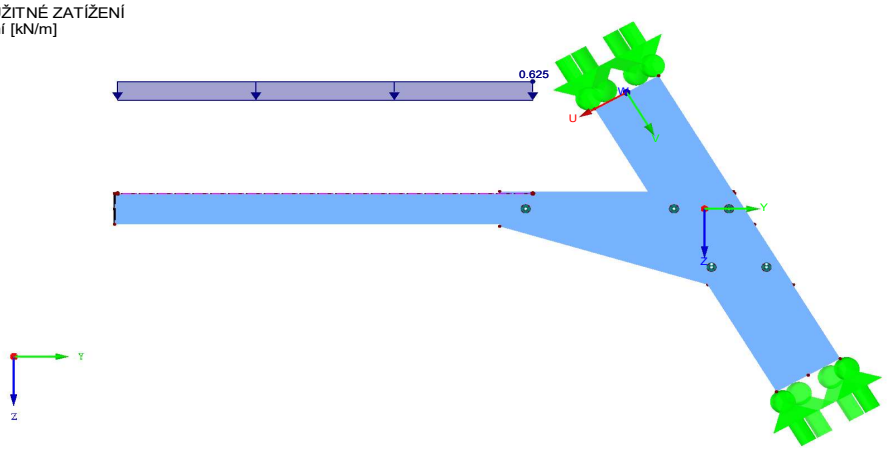
Zatížení se generuje ze zadaných tlouštěk ploch

ZS2 - Užitné zatížení lávek

Celkové zatížení na lávku	F_k	1.00	kN
Délka, na které zatížení působí	L	0.80	m
Přepočtené spojité zatížení	f_k	1.250	kN/m
Zatížení na jednu stojinu konzolky		0.625	kN/m

ZS2 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN/m]

Ve směru X

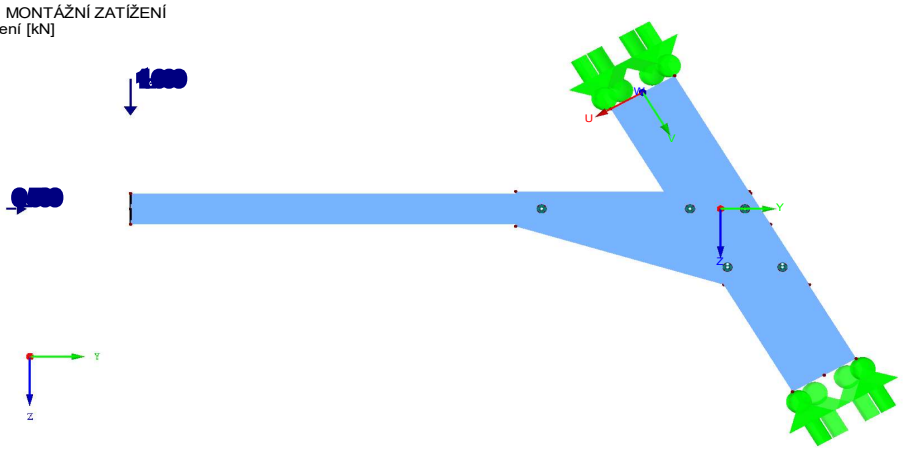


ZS3 - Montážní zatížení

Svislá složka zatížení	F_z	1.00	kN
Vodorovná složka zatížení	F_y	0.50	kN

ZS3 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN]

Ve směru X



Kombinace zatížení

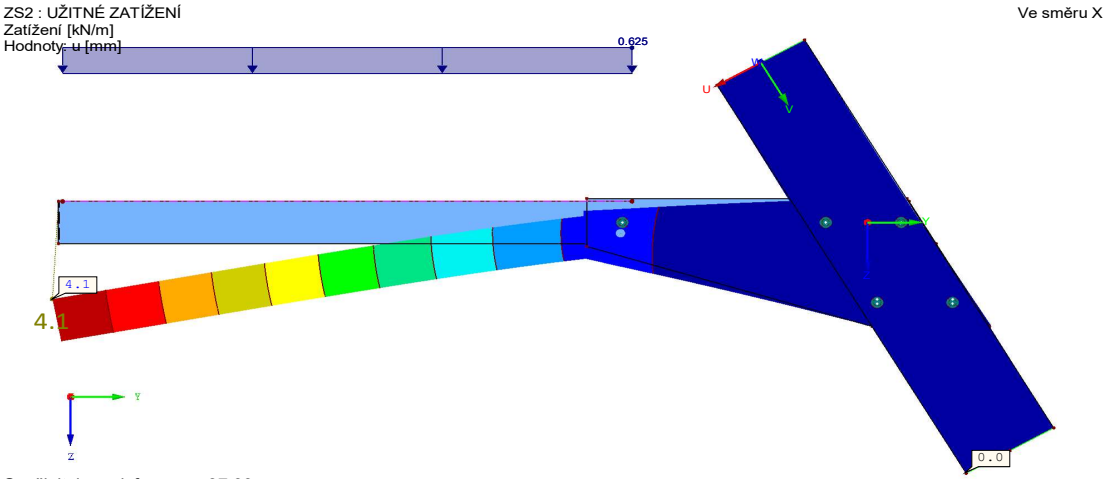
KZ1: 1,35×ZS1 + 1,5×ZS2 + 1,2×ZS3 pro MSÚ

KZ2: ZS2 pro MSP

8.1.3 VÝSLEDKY ANALÝZY

Deformace

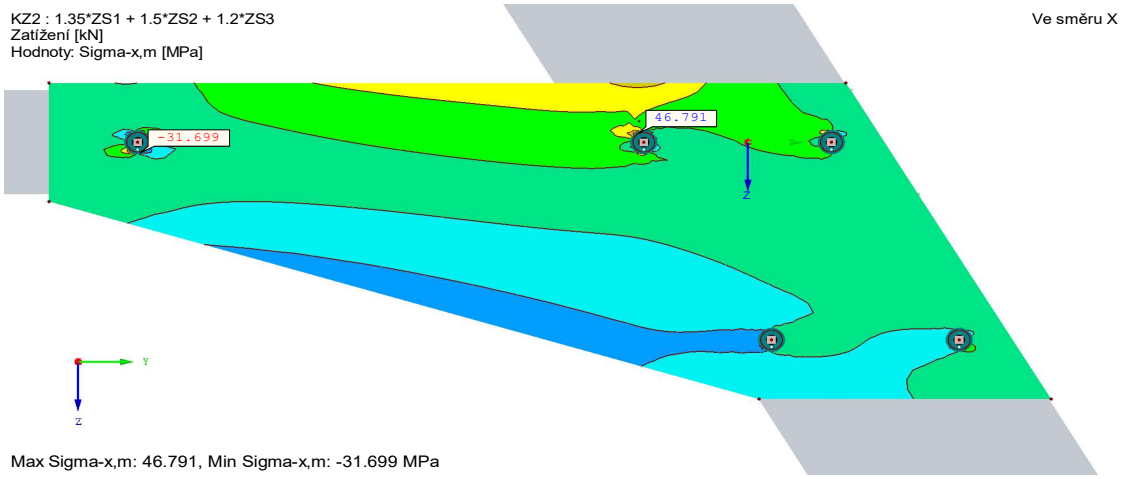
Posouzení na deformace v mezním stavu použitelnosti je provedeno pouze pro užitné zatížení.



Součinitel pro deformace: 37.00
Max u: 4.1, Min u: 0.0 mm

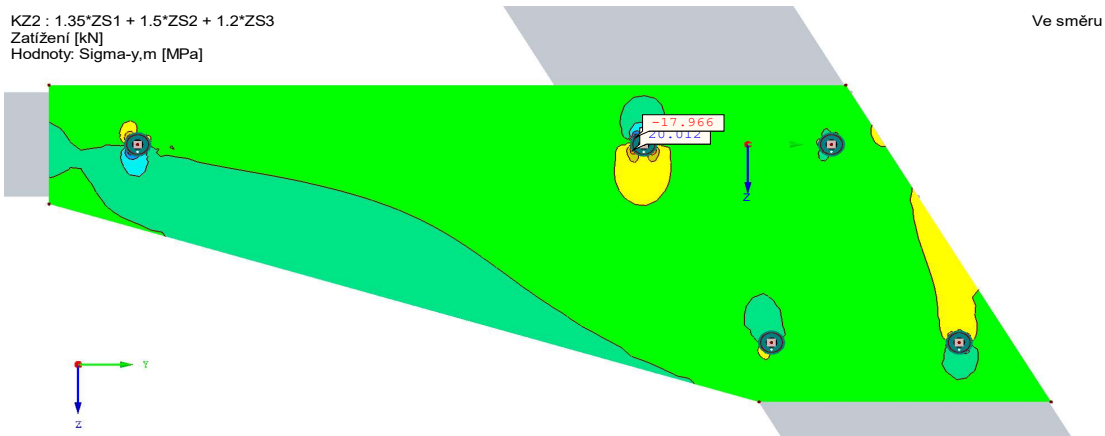
Přečnívající část konzoly		L	1219.00	mm	
Největší svislý průhyb		u_z	4.10	mm	
Limitní svislý průhyb	L / 100	$u_{z,llim}$	12.19	mm	
Jednotkový posudek		$u_z/u_{z,llim}$	**0.34 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Napětí ve styčníkové desce



Max Sigma-x,m: 46.791, Min Sigma-x,m: -31.699 MPa

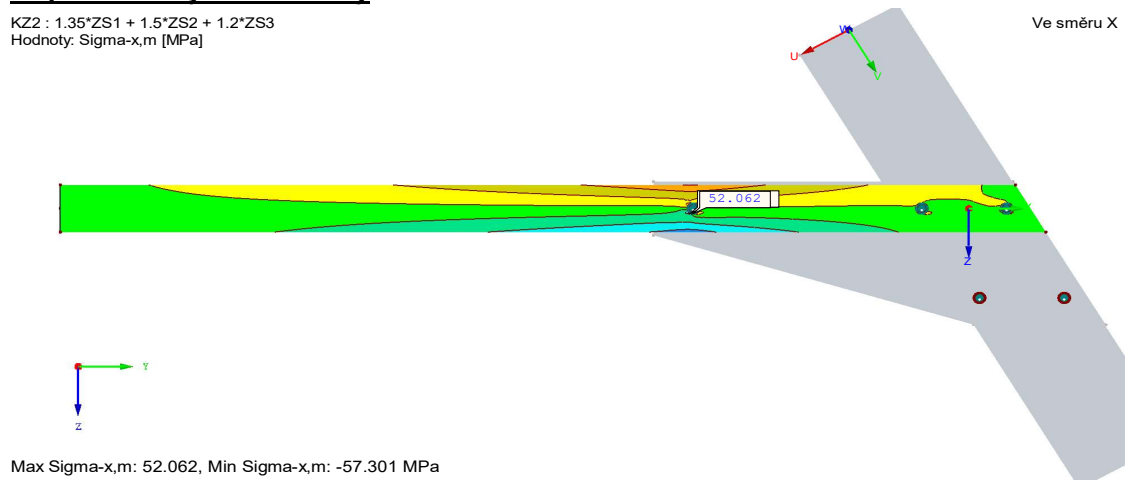
Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	46.79	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	31.67	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení rovnoběžně s vlákny	$f_{b,0,k}$	175.00	MPa	
Součinitel spolehlivosti	A	1.91	-	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,d}$	182.86	MPa	
Pevnost v otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+}$ / $f_{t,0,d}$	**0.26 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-}$ / $f_{b,0,d}$	**0.35 < 1,0**		***=> vyhovuje***



Max Sigma-y,m: 20.012, Min Sigma-y,m: -17.966 MPa

Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	20.01	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	17.97	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	**0.77 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.29 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Napětí ve stojině konzolky

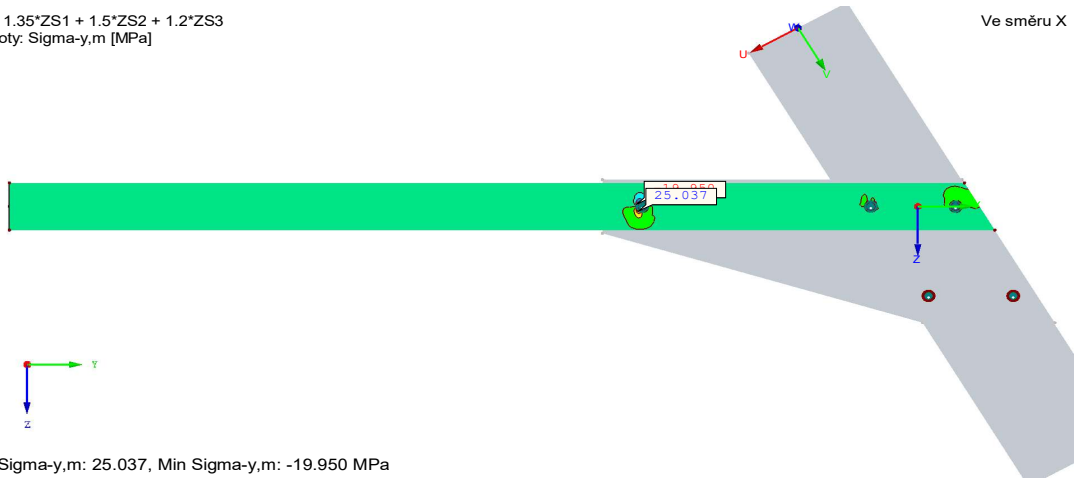


Max Sigma-x,m: 52.062, Min Sigma-x,m: -57.301 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	52.06	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	57.30	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$	**0.28 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	**0.63 < 1,0**		***=> vyhovuje***

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-y,m [MPa]

Ve směru X



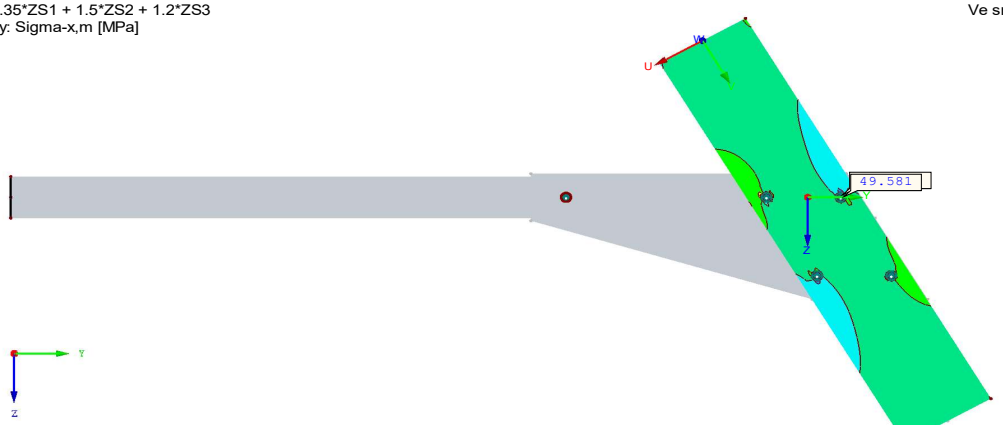
Max Sigma-y,m: 25.037, Min Sigma-y,m: -19.950 MPa

Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	25.04	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	19.95	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	**0.96 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.32 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Napětí ve stojině sloupu

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-x,m [MPa]

Ve směru X

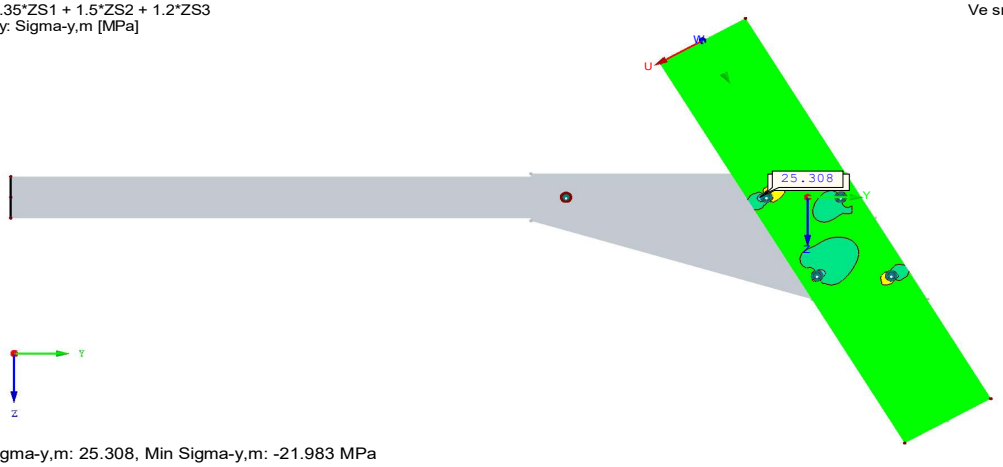


Max Sigma-x,m: 49.581, Min Sigma-x,m: -34.053 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	49.58	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	34.05	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení 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	$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	**0.37 < 1,0**		***=> vyhovuje***

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-y,m [MPa]

Ve směru X



Max Sigma-y,m: 25.308, Min Sigma-y,m: -21.983 MPa

Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	25.31	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	21.98	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	**0.97 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.35 < 1,0**		***=> vyhovuje***

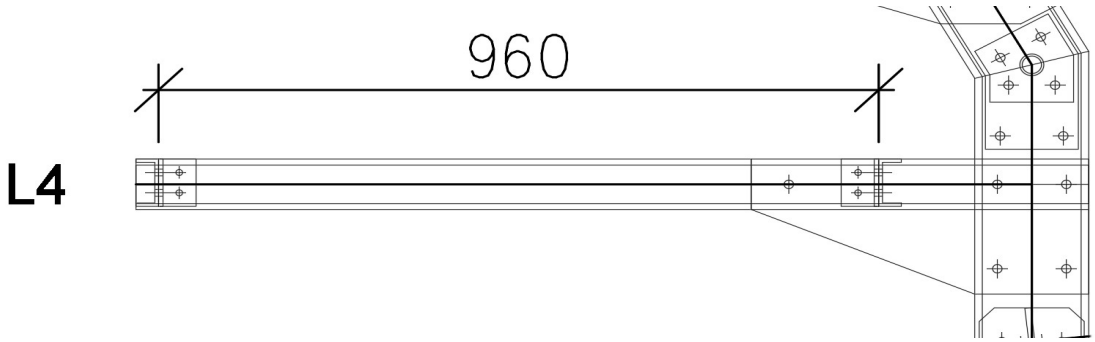
8.2 PŘÍPOJ KONZOLKY REGISTRU - LÁVKA Č. 4

Jedná se o nejvíce namáhaný přípoj z lávek na střední části sloupu (L4, L5, L6)

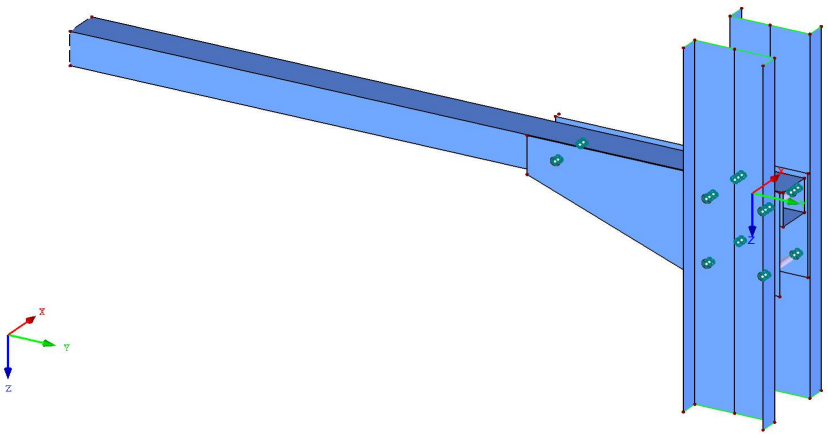
Tento detail je analyzován na samostatném modelu. Analýza je provedena na deskostěnovém modelu analýzou podle teorie II. řádu.

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

8.2.1 GEOMETRIE SPOJE



Izometrie



8.2.2 ZATÍŽENÍ

ZS1 - Vlastní tíha

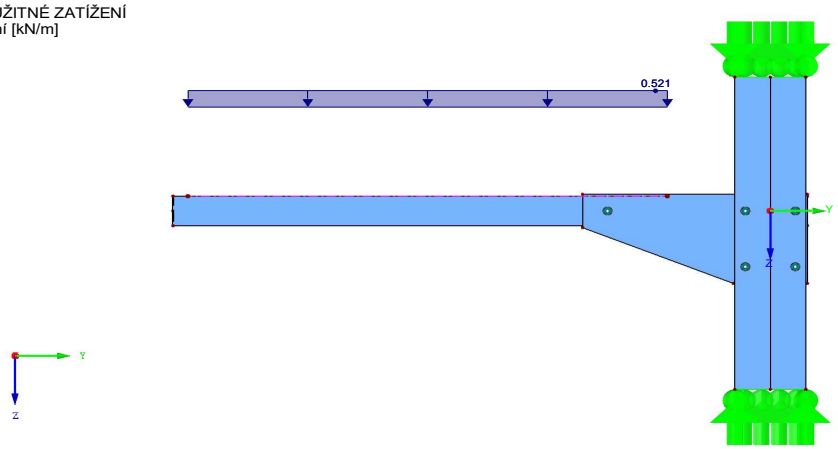
Zatížení se generuje ze zadaných tlouštěk ploch

ZS2 - Užitné zatížení lávek

Celkové zatížení na lávku	F_k	1.00	kN
Délka, na které zatížení působí	L	0.96	m
Přepočtené spojité zatížení	f_k	1.042	kN/m
Zatížení na jednu stojinu konzolky		0.521	kN/m

ZS2 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN/m]

Ve směru X

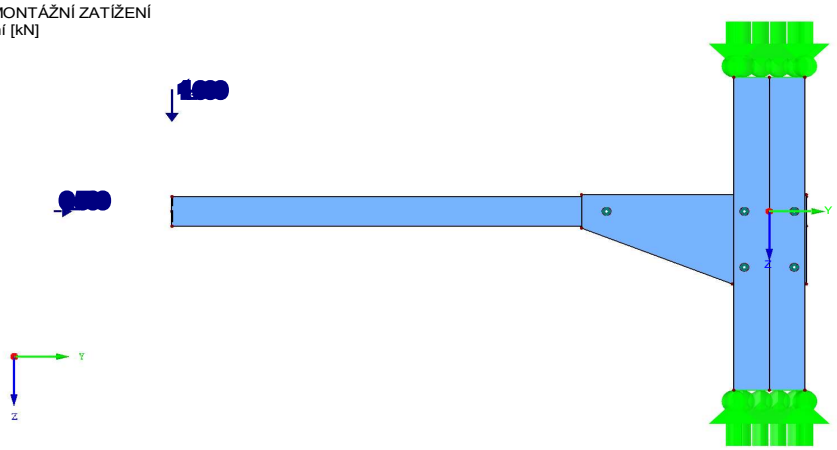


ZS3 - Montážní zatížení

Svislá složka zatížení	F_z	1.00 kN
Vodorovná složka zatížení	F_y	0.50 kN

ZS3 : MONTÁŽNÍ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN]

Ve směru X



Kombinace zatížení

KZ1: 1,35×ZS1 + 1,5×ZS2 + 1,2×ZS3	pro MSÚ
KZ2: ZS2	pro MSP

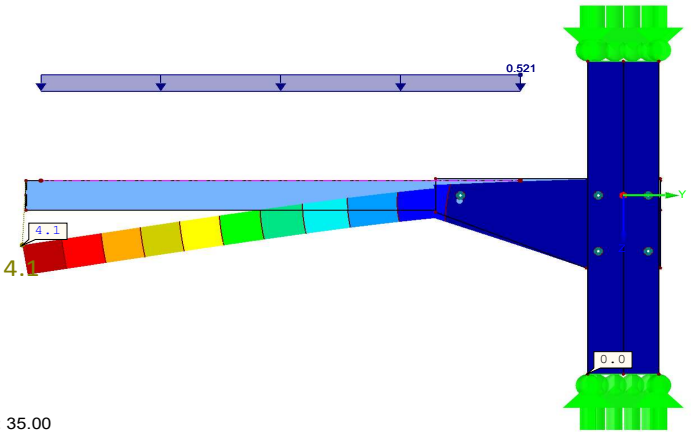
8.2.3 VÝSLEDKY ANALÝZY

Deformace

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

ZS2 : UŽITNÉ ZATÍŽENÍ
Zatížení [kN/m]
Hodnoty: u [mm]

Ve směru X



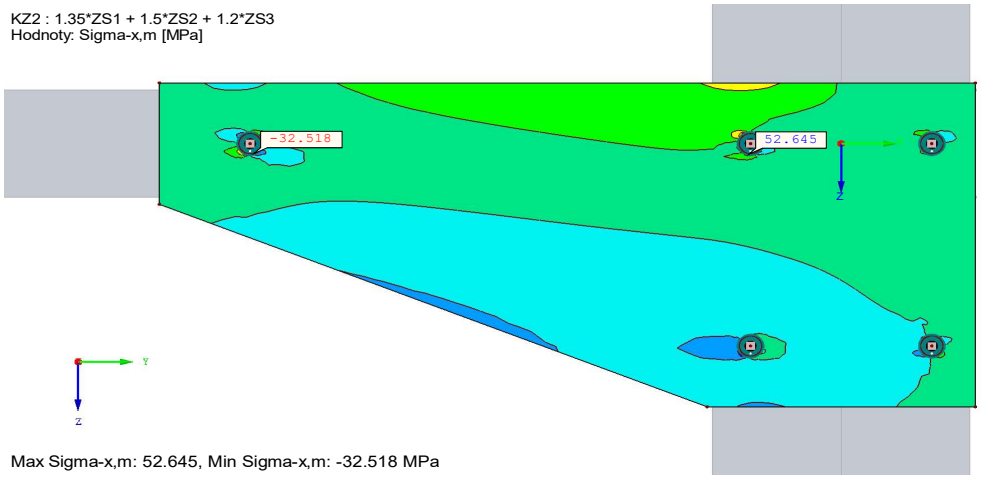
Součinitel pro deformace: 35.00
Max u: 4.1, Min u: 0.0 mm

Přečnívající část konzoly		L	1194.00	mm	
Největší svislý průhyb		u_z	4.10	mm	
Limitní svislý průhyb	L / 100	$u_{z,llim}$	11.94	mm	
Jednotkový posudek		$u_z/u_{z,llim}$	**0.34 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Napětí ve styčníkové desce

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-x,m [MPa]

Ve směru X

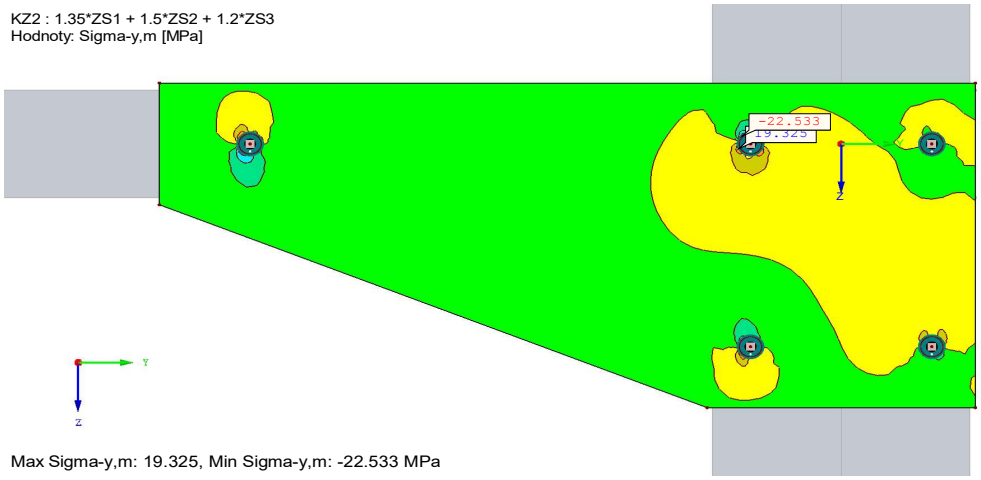


Max Sigma-x,m: 52.645, Min Sigma-x,m: -32.518 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	52.65	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	32.52	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+}$ / $f_{t,0,d}$	**0.29 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-}$ / $f_{b,0,d}$	**0.36 < 1,0**		***=> vyhovuje***

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-y,m [MPa]

Ve směru X



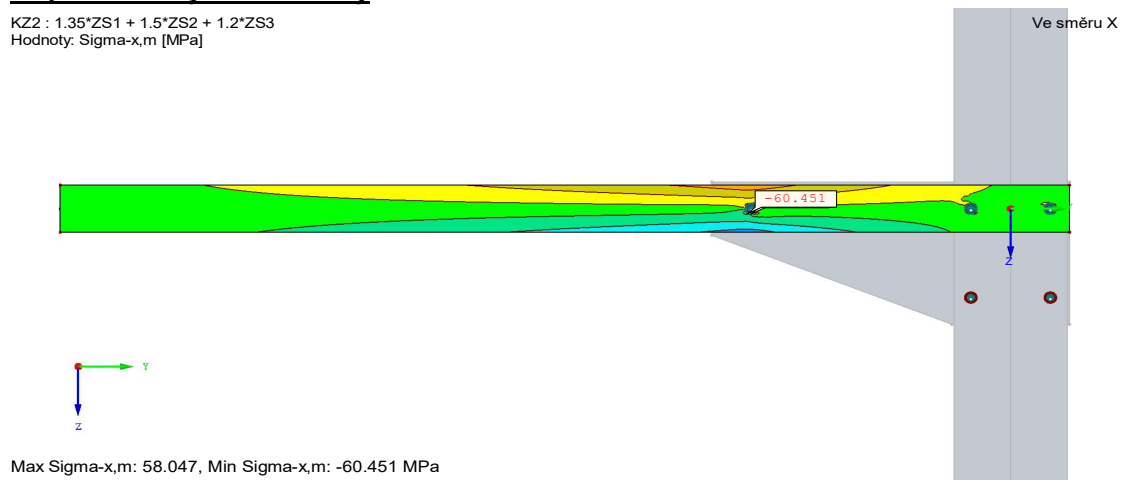
Max Sigma-y,m: 19.325, Min Sigma-y,m: -22.533 MPa

Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	19.33	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	22.53	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	**0.74 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.36 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Napětí ve stojině konzolky

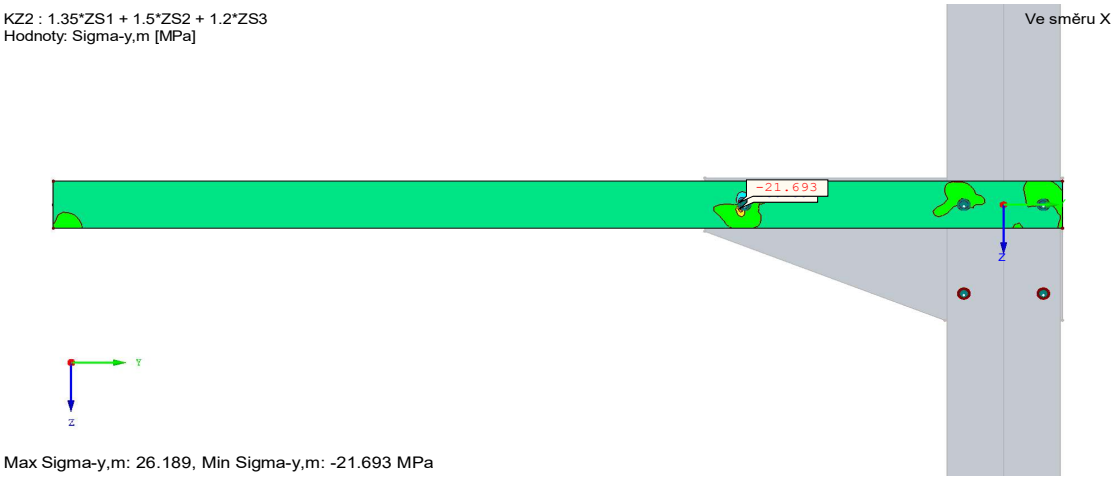
KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-x,m [MPa]

Ve směru X



Max Sigma-x,m: 58.047, Min Sigma-x,m: -60.451 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	58.05	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	60.45	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$	**0.32 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	**0.66 < 1,0**		***=> vyhovuje***

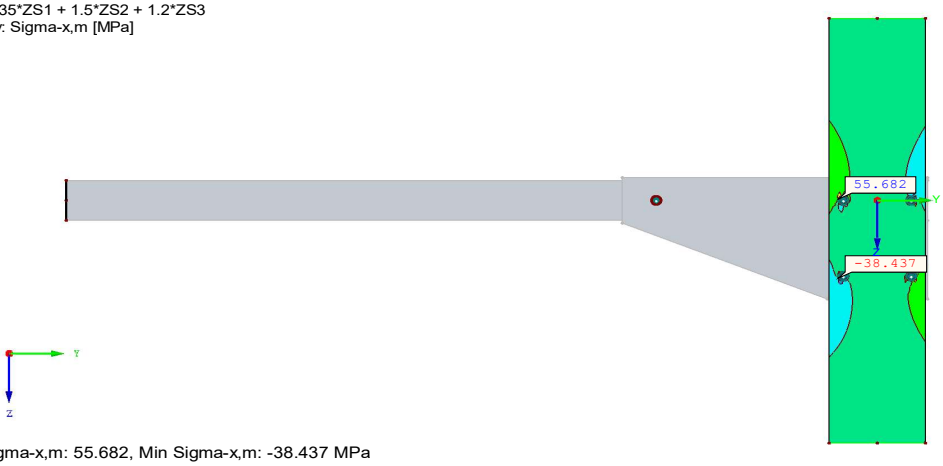


Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	26.12	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	21.69	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,k}$	120.00	MPa	
Součinitel spolehlivosti	A	1.91	-	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,d}$	26.12	MPa	
Pevnost v otlačení 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	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.35 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Napětí ve stojině sloupu

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-x,m [MPa]

Ve směru X

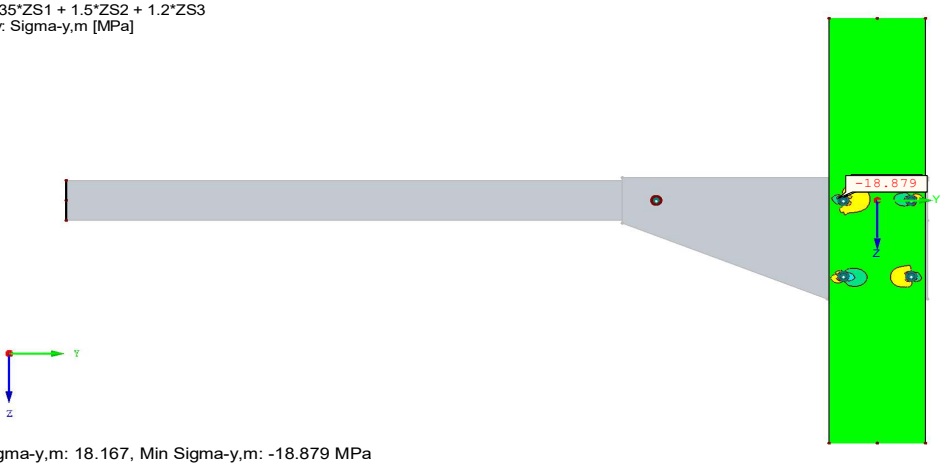


Max Sigma-x,m: 55.682, Min Sigma-x,m: -38.437 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	55.68	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	38.44	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$	**0.30 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	**0.42 < 1,0**		***=> vyhovuje***

KZ2 : 1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 1.2*ZS3
Hodnoty: Sigma-y,m [MPa]

Ve směru X



Max Sigma-y,m: 18.167, Min Sigma-y,m: -18.879 MPa

Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	18.17	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	18.88	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	**0.70 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.30 < 1,0**		***=> vyhovuje***

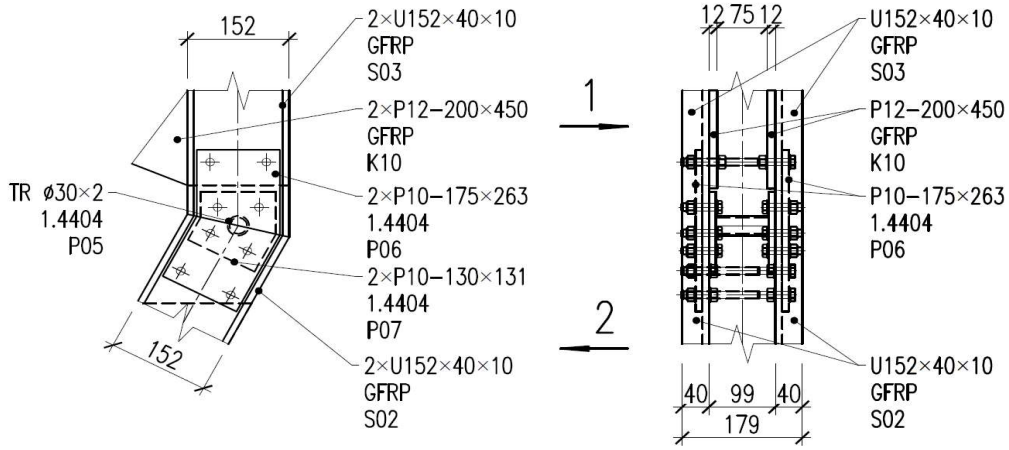
8.3 RÁMOVÝ ROH SLOUPU RR1

Jedná se o jediný rámový roh v lomeném sloupu

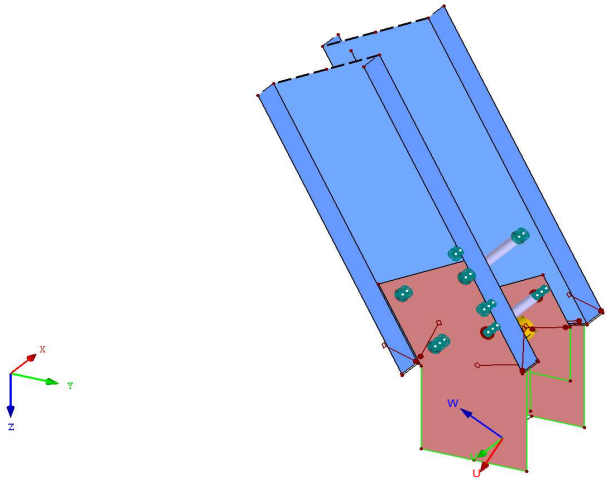
Tento detail je analyzován na samostatném modelu. Analýza je provedena na deskostěnovém modelu analýzou podle teorie II. řádu.

Sloupy a styčníkové plechy jsou modelovány deskostěnami, šrouby jsou modelovány pomocí prutů.

8.3.1 GEOMETRIE SPOJE



Izometrie



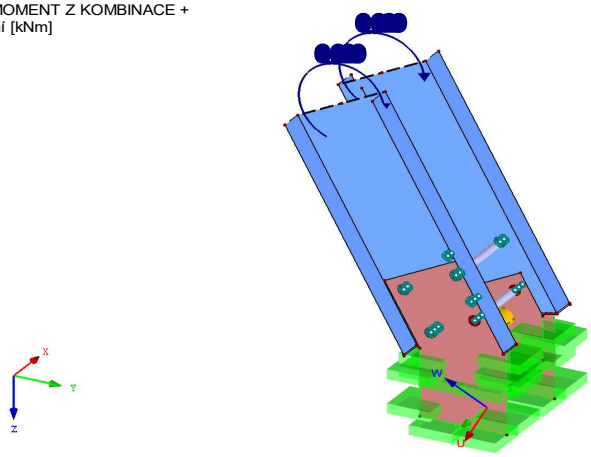
8.3.2 ZATÍŽENÍ

ZS1 - Moment z kombinace +

Celkový ohybový moment z komb. zatížení	M_d	0.63	kNm
Zatížení na jednu stojinu sloupu		0.32	kNm

ZS1 : MOMENT Z KOMBINACE +
Zatížení [kNm]

Izometrie

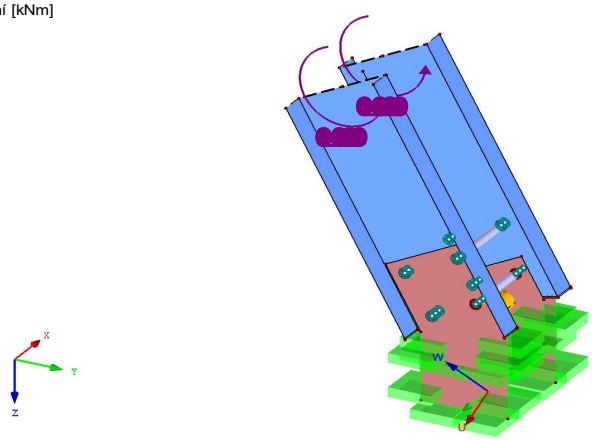


ZS2 - Moment z kombinace -

Celkový ohybový moment z kombinace zatížení \	M_d	0.63	kNm
Zatížení na jednu stojinu sloupu		0.32	kNm

ZS2 : MOMENT Z KOMBINACE -
Zatížení [kNm]

Izometrie



Kombinace zatížení

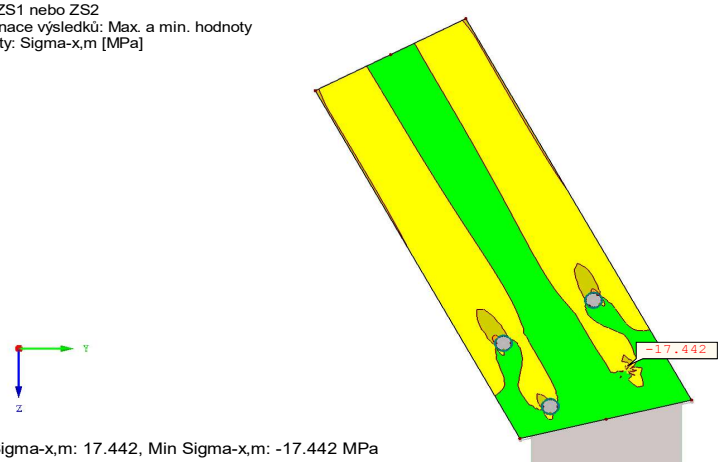
KZ1: ZS1	zatížení je již v návrhové hodnotě
KZ2: ZS2	zatížení je již v návrhové hodnotě

8.3.3 VÝSLEDKY ANALÝZY

Napětí ve stojině sloupu

KV1 : ZS1 nebo ZS2
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty
Hodnoty: Sigma-x,m [MPa]

Ve směru X

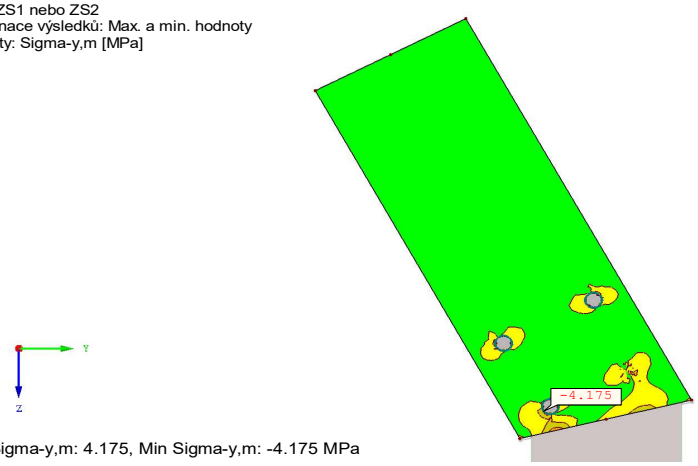


Max Sigma-x,m: 17.442, Min Sigma-x,m: -17.442 MPa

Napětí v tahu rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,+}$	17.44	MPa	
Napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny	$\sigma_{x,-}$	17.44	MPa	
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	350.00	MPa	
Pevnost v otlačení 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 otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	91.43	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,+} / f_{t,0,d}$	**0.10 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{x,-} / f_{b,0,d}$	**0.19 < 1,0**		***=> vyhovuje***

KV1 : ZS1 nebo ZS2
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty
Hodnoty: Sigma-y,m [MPa]

Ve směru X



Max Sigma-y,m: 4.175, Min Sigma-y,m: -4.175 MPa

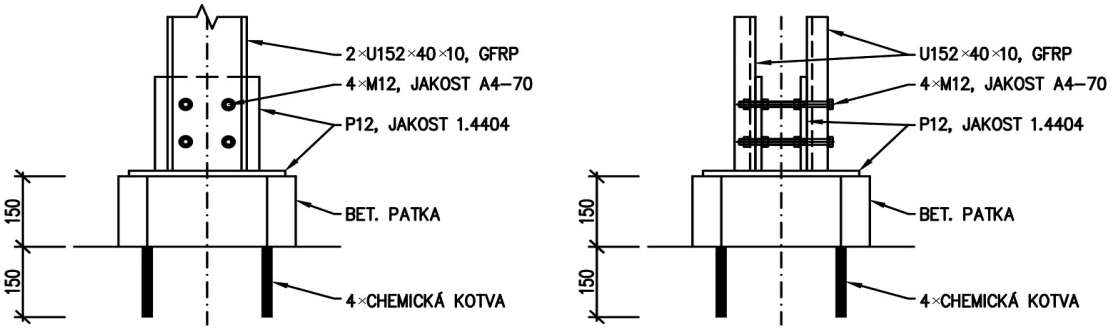
Napětí v tahu kolmo k vláknům	$\sigma_{y,+}$	4.18	MPa	
Napětí v tlaku kolmo k vláknům	$\sigma_{y,-}$	4.18	MPa	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	50.00	MPa	
Pevnost v otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,k}$	120.00	MPa	
Součinitel spolehlivosti	A	1.91	-	
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,d}$	26.12	MPa	
Pevnost v otlačení kolmo k vláknům	$f_{b,90,d}$	62.70	MPa	
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,+} / f_{t,90,d}$	**0.16 < 1,0**		***=> vyhovuje***
Jednotkový posudek	$\sigma_{y,-} / f_{b,90,d}$	**0.07 < 1,0**		***=> vyhovuje***

8.4 KOTVENÍ SLOUPU

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

Sloupy a styčníkové plechy jsou modelovány deskostěnami, šrouby jsou modelovány pomocí prutů.

8.4.1 GEOMETRIE SPOJE



8.4.2 REAKCE

	R_x	R_y	R_z	M_x	M_y	M_z	*kombinace*
MAX R_x	**-0.14**	-	5.40	0.00	0.00	0.00	KZ8
MIN R_x	**-0.48**	-	9.07	0.00	0.00	0.00	KZ6
MAX R_y	-	**0.00**	-	0.00	0.00	0.00	-
MIN R_y	-	**0.00**	-	0.00	0.00	0.00	-
MAX R_z	-0.30	-	**9.25**	0.00	0.00	0.00	KZ7
MIN R_z	-0.14	-	**5.40**	0.00	0.00	0.00	KZ8

R_x vodorovná reakce - ve směru kolmo na registr

R_y vodorovná reakce - ve směru registru

R_z svislá reakce

8.4.3 ŠROUBOVÝ SPOJ

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	$F_{v,Ed}$	2.31	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 střižných rovin	n_s	1	ks	
Návrhová únosnost 1 šroubu ve střihu	$F_{v,Rd}$	28.22	kN	
Jednotkový posudek	$F_{v,Ed}/F_{v,Rd}$	**0.08 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Pevnostní charakteristiky GFRP kompozitu

Tloušťka stěny GFRP průřezu	t	10.00	mm	
Pevnost v otlačení rovnoběžně s vlákny	$f_{b,0,k}$	175	MPa	
Pevnost v otlačení 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	-	

Otlačení ve směru vláken

Návrhová únosnost jednoho střihu jednoho šr.	$F_{b,Rd,1}$	10.97	kN	
Počet střižných rovin	n_s	1	-	
Návrhová únosnost spoje	$F_{b,Rd}$	43.89	kN	
Celková síla působící ve spoji	$F_{x,Ed}$	9.25	kN	
Jednotkový posudek	$F_{x,Ed} / F_{b,Rd}$	**0.21 < 1,0**		***=> vyhovuje***

Otlačení kolmo na směr vláken

Návrhová únosnost jednoho střihu jednoho šr.	$F_{b,Rd,1}$	7.52	kN	
Počet střižných rovin	n_s	1	-	
Návrhová únosnost spoje	$F_{b,Rd}$	30.09	kN	
Celková síla působící ve spoji	$F_{y,Ed}$	0.30	kN	
Jednotkový posudek	$F_{y,Ed} / F_{b,Rd}$	**0.01 < 1,0**		***=> vyhovuje***

8.4.4 KOTEVNÍ ŠROUBY

Vodorovná reakce - ve směru kolmo na registr	R_x	0.48	kN
Vodorovná reakce - ve směru rovnoběžně s regis	R_y	0.00	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	$R_{HOR,d}$	0.48	kN	
Jednotkový posudek na smyk	R_x / V_{Rd}	**0.01 < 1,0**		***=> vyhovuje***

8.4.5 PATNÍ PLECH A BETON

Svislá tlaková reakce	R_z	9.25	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	250	mm
Délka patního plechu	d_1	250	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	340	mm
Délka betonové patky	d	340	mm
Tloušťka podlití	t_{grout}	0	mm
Délka styčníkového plechu	b_{st}	200	mm
Tloušťka styčníkového plechu	t_{st}	10	mm

Posouzení

Součinitel vlivu podlití	β_j	0.67	-	
Rozměr podstavy komolého jehlanu	b_2	340	mm	
Rozměr podstavy komolého jehlanu	d_2	340	mm	
Součinitel koncentrace napětí	k_j	1.36	-	
Návrhová pevnost betonu v soustředěném tlaku	f_{jd}	15.19	MPa	
Účinná délka konzoly	c	19.98	mm	
Účinná plocha patního plechu	A_{eff}	19981	mm^2	
Návrhová únosnost	N_{Rd}	303.45	kN	
Jednotkový posudek	R_z / N_{Rd}	**0.03 < 1,0**		***=> vyhovuje***

9 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 navrhovaní a této soustavě evropských norem konstrukce vyhovuje.