

Statický výpočet

Obsah:

1.	ÚVOD.....	2
1.1.	VŠEOBECNĚ	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	2
2.	GEOMETRIE.....	2
2.1.	TVAR KONSTRUKCE	3
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE	5
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	11
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ	11
3.1.1.	<i>Vlastní tíha nosné konstrukce</i>	<i>11</i>
3.1.2.	<i>Ostatní stálá zatížení</i>	<i>11</i>
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ	11
3.2.1.	<i>Nahodilé zatížení sněhem</i>	<i>11</i>
3.2.2.	<i>Nahodilé zatížení větrem.....</i>	<i>11</i>
3.2.3.	<i>Nahodilé zatížení teplotou</i>	<i>11</i>
3.2.4.	<i>Nahodilé zatížení dopravou</i>	<i>12</i>
3.2.4.1.	Model zatížení 4 (LM4) davem lidí	12
3.2.4.2.	Zatížení servisním vozidlem	12
3.2.4.3.	Brzdné a rozjezdové síly	12
3.2.4.4.	Odstředivé a jiné příčné síly.....	12
3.2.4.5.	Nahodilá zatížení na únavu	12
4.	SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	13
5.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....	15
5.1.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL	15
5.2.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL	17
5.3.	NAMÁHÁNÍ FOŠEN MOSTOVKY	17
6.	POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	18
6.1.	NOSNÍK	18
6.2.	POSOUZENÍ PRŮHYBŮ	19
6.3.	POSOUZENÍ VLASTNÍCH FREKVENCÍ KMITÁNÍ.....	19
6.4.	POSOUZENÍ MOSTOVKY	20
6.5.	POSOUZENÍ ZÁBRADLÍ	20
6.6.	POSOUZENÍ ULOŽENÍ	20
7.	ZÁVĚR.....	21

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o lávku pro pěší v Loubí u Děčína v lese. Lávka převádí pěší stezku přes Loubský potok. Stávající dřevěná konstrukce bude snesena a zcela nahrazena novou.

1.2. Popis konstrukce

Jedná se o kolmou konstrukci charakteru ocelového roštu ze dvou hlavních nosníků HEB 200 propojených příčníky z L75/150, jedno prostě uložené pole. Rozpětí nosníků 12.68m, osová vzdálenost nosníků 1.18m. Příčníky po 2.08m celkem 7ks. Mostovka z dubových fošen 120/60 příčně uložených a upevněných šrouby se zapuštěnou hlavou k pásovině navažené k horní pásnici nosníků, otvory tak neoslabují nosný prvek.

Vodorovná tuhost roštu je zajištěna zavětrováním ve vodorovném směru diagonálními táhly ve dvou mezilehlých polích mezi příčníky.

Opěry tvoří skalní výběžky opatřené monolitickým vyrovnávacím prahem ze železobetonu, případně jen kontaktní vrstvou, vlastní úložný práh je z kamenného zdiva opatřený kamennou závěrnou zídou.

Zábradlí je dvořeno sloupky 120/120 s vodorovnou třímadlovou výplní, horní madlo je složené do T-profilu. Pro zvýšení tuhosti a posun vlastních frekvencí je do tuhosti zapojeno i zábradlí a to formou zavětrování diagonálními táhly. Volná šířka na lávce je 1.5m.

1.3. Předpoklady výpočtu

Z důvodu nepřístupnosti techniky se předpokládá osazení lávky po jednotlivých nosnících a montáž příčníků až po umístění na ložiska. Kompletace mostovky a zábradlí až následně. Špatnou přístupností je dán i návrh koncepčního řešení a to sestavením z lehkých prvků přepravitelných za pomoci jen lehké techniky.

Použité programy:

ZW CAD grafický systém pro přípravu geometrie

SCIA Engineer systém pro analýzu konstrukcí metodou konečných prvků

GEO5 programové systémy pro řešení geotechnických úloh

Literatura:

ČSN EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou

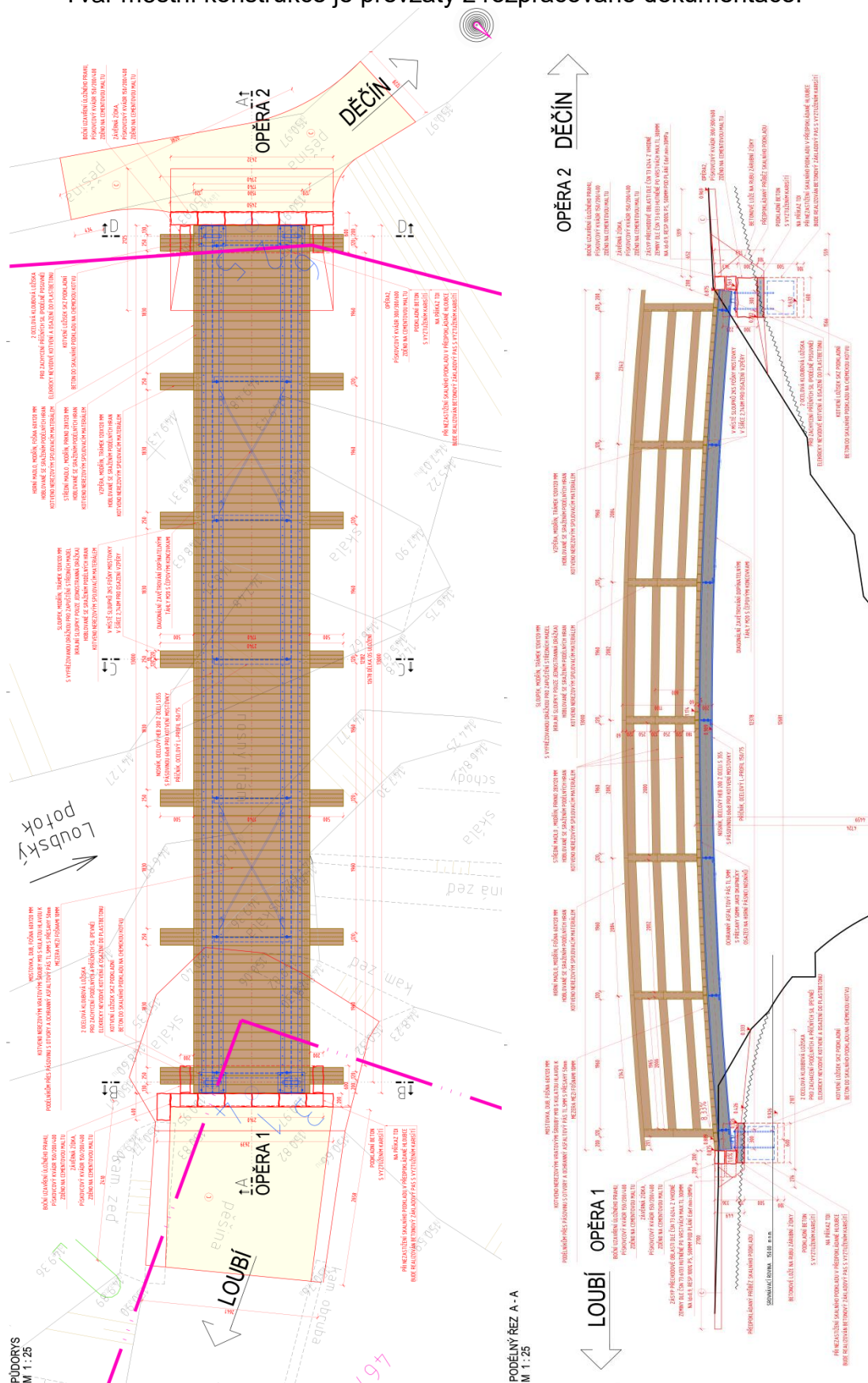
ČSN EN 1997-1 a 2 Navrhování geotechnických konstrukcí

2. Geometrie

Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z přiložených schémat z rozpracované dokumentace. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako šikmý rošt s deskou, nosníky zakončené koncovým příčníkem.

2.1. Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace.



PŘÍČNÝ ŘEZ B - B V OSE ULOŽENÍ - OPĚRA 1
M 1 : 25

MOSTOVKA, DUB, FOŠNA 60X120 MM
KOTVENO NEREZOVÝMI VRATOVÝMI ŠROUBY M10 S KULATOU HLAVOU K
PODÉLNÍKŮM PŘES PÁSOVINU S OTVORY A OCHRANNÝ ASFALTOVÝ PÁS TL 5MM S PŘESAHY 50mm
MEZERA MEZI FOŠNAMI 10MM

HORNÍ MADLO, MODŘÍN, FOŠNA 60X120 MM
HOBLOVANÉ SE SRAŽENÝM PODÉLNÝCH HRAN
KOTVENO NEREZOVÝM SPOJOVACÍM MATERIÁLEM
STŘEDNÍ MADLO, MODŘÍN, PRKNO 28X120 MM
HOBLOVANÉ SE SRAŽENÝM PODÉLNÝCH HRAN
KOTVENO NEREZOVÝM SPOJOVACÍM MATERIÁLEM

SLOUPEK, MODŘÍN, TRÁMEK 120X120 MM
S VYFŘEZOVANOU DŘÁŽKOU PRO ZAPLETENÍ STŘEDNÍCH MADEL
(KRAJNÍ SLOUPKY POUZE JEDNOSTRANNÁ DŘÁŽKA)
HOBLOVANÉ SE SRAŽENÝM PODÉLNÝCH HRAN
KOTVENO NEREZOVÝM SPOJOVACÍM MATERIÁLEM
VZPĚRA, MODŘÍN, TRÁMEK 120X120 MM
HOBLOVANÉ SE SRAŽENÝM PODÉLNÝCH HRAN
KOTVENO NEREZOVÝM SPOJOVACÍM MATERIÁLEM

BOČNÍ UZAVŘENÍ ÚLOŽNÉHO PRAHU,
PÍSKOVCOVÝ KVÁDR 150/200/400
ZDĚNO NA CEMENTOVOU MALTU
ZÁVĚRNÁ ŽIDKA,
PÍSKOVCOVÝ KVÁDR 150/200/400
ZDĚNO NA CEMENTOVOU MALTU

V MÍSTĚ SLOUPKŮ ŽKS FOŠNY MOSTOVKY
V ŠÍŘCE 2,740M PRO OSAZENÍ VZPĚRY

2 OCELOVÁ KLOBOVÁ LOŽISKA
PRO ZACHACENÍ PODÉLNÝCH A PŘÍČNÝCH SIL (PEVNÉ)
ELEKTRICKY NEVODIVÉ KOTVENÍ A OSAZENÍ DO PLASTBETONU

SPROVNÁVACÍ ROVINA 150,00 m n.m.

OCHRANNÝ ASFALTOVÝ PÁS TL 5MM
S PŘESAHY 50MM JAKO OKAPNÍČKY
OSAŽEO NA HORNÍ PÁSMICI NOSNÍKŮ

NOSNÍK, OCELOVÝ HEB 200 Z OCELI S 355
S PÁSOVINOU 60x8 PRO KOTVENÍ MOSTOVKY

PŘÍČNÍK, OCELOVÝ L-PROFIL 150/75

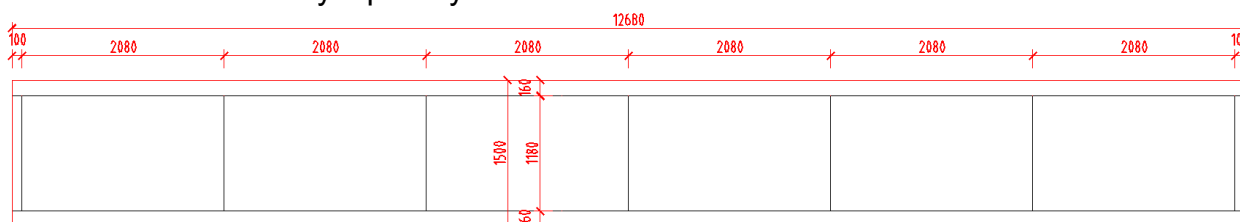
OPĚRA 1

Loubský potok

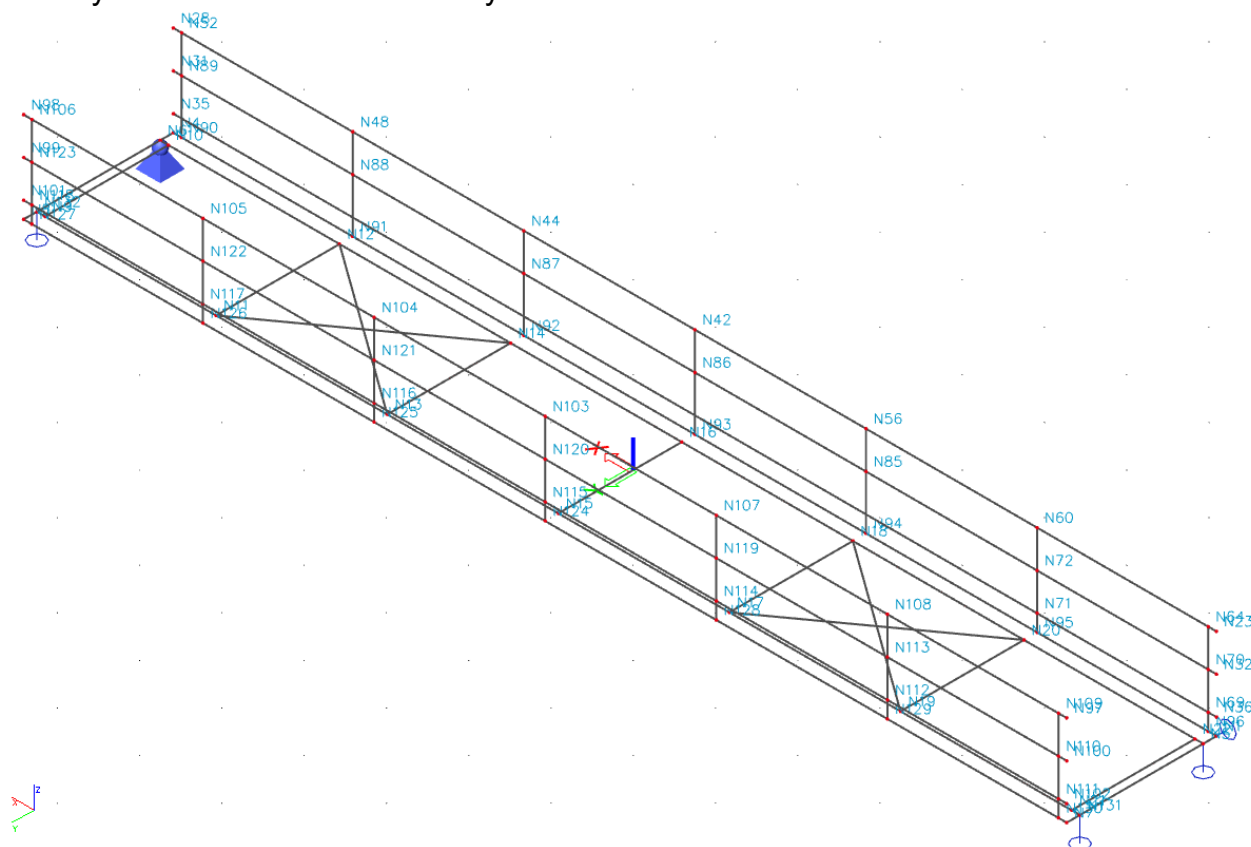
2.2. Model nosné konstrukce

Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu. Zvolen je model ocelového roštu s centricky připojenou dřevěnou deskou. Pro zvýšení tuhosti a posun vlastních frekvencí kmitání mimo nebezpečný rozsah je do modelu zahrnuto i zábradlí.

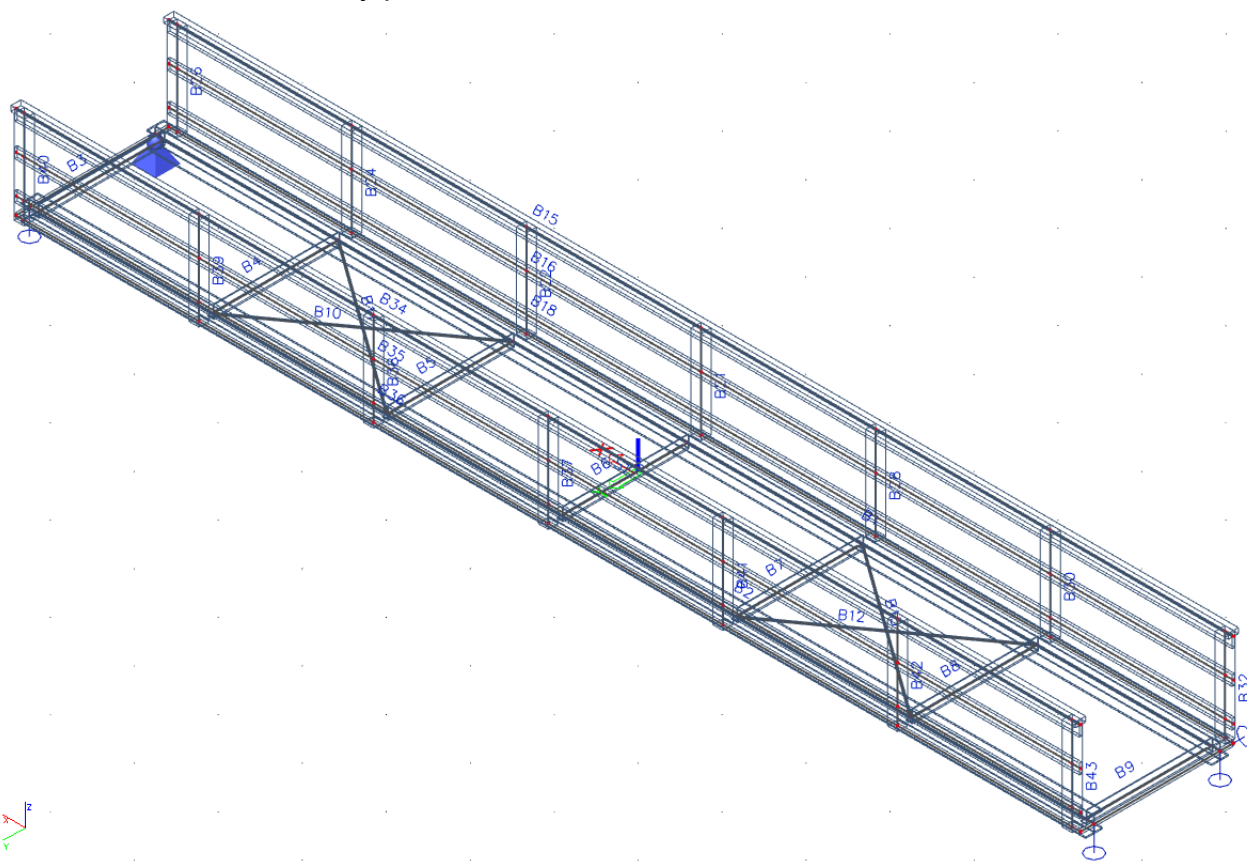
Základní tvar a rozměry v půdoryse:



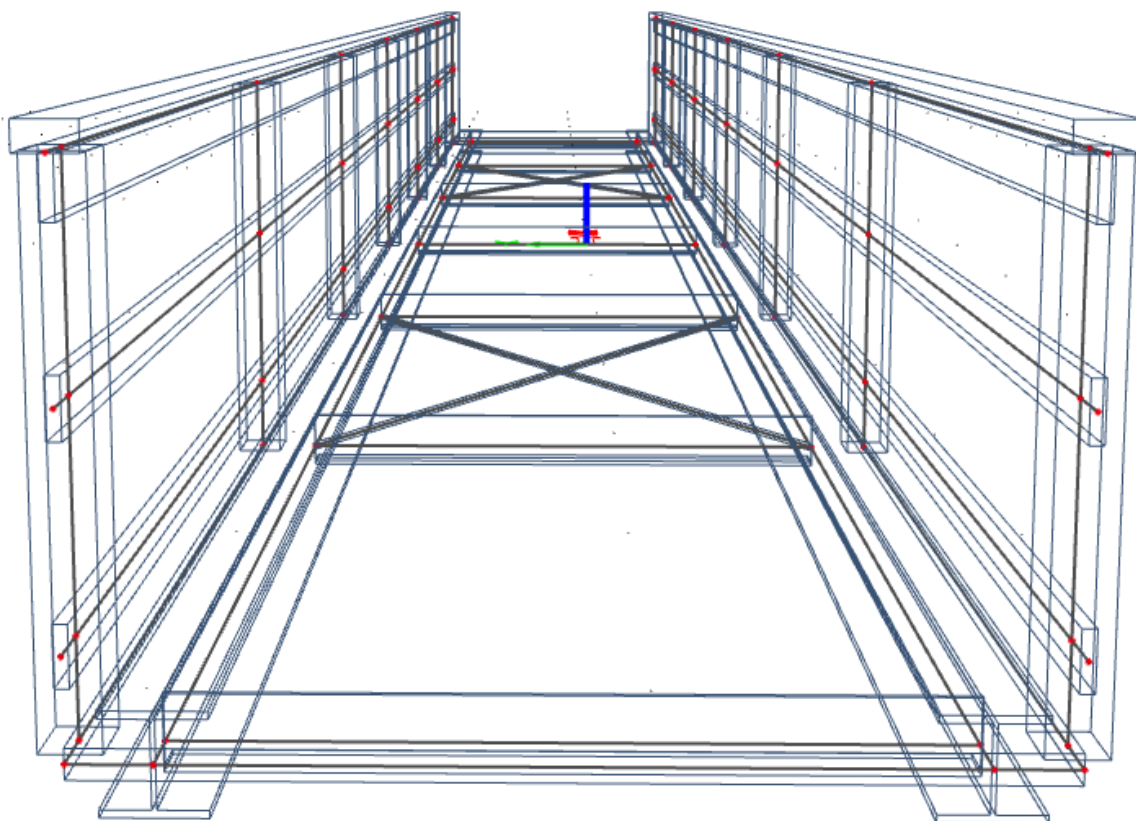
Drátový model v axonometrii s čísly uzlů:



Model v axonometrii s čísly prvků:



Model v perspektivě z pohledu chodce:



1. Projekt

Uživatel licence	humpal@vaner.cz
Projekt	Lávka přes Loubský potok Děčín
Část	nosná konstrukce
Popis	ocelový rošt s dřevěnou mostovkou
Autor	Ing.T.Humpal
Datum	24. 04. 2025
Konstrukce	Obecná XYZ
Poč. uzlů :	85
Poč. prutů :	33
Poč. ploch :	1
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	6
Poč. zat. stavů :	3
Poč. materiálů :	4
Tíhové zrychlení [m/s ²]	9,810
Národní norma	EC - EN

2. Uzly

Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]
N1	-6,340	-0,750	0,000
N4	6,340	-0,750	0,000
N5	-6,340	-0,590	0,000
N6	6,340	-0,590	0,000
N7	-6,340	1,070	0,000
N8	6,340	1,070	0,000
N9	6,240	0,910	0,000
N10	6,240	-0,590	0,000
N11	4,160	0,910	0,000
N12	4,160	-0,590	0,000
N13	2,080	0,910	0,000
N14	2,080	-0,590	0,000
N15	0,000	0,910	0,000
N16	0,000	-0,590	0,000
N17	-2,080	0,910	0,000
N18	-2,080	-0,590	0,000
N19	-4,160	0,910	0,000
N20	-4,160	-0,590	0,000
N21	-6,240	0,910	0,000
N22	-6,240	-0,590	0,000
N23	-6,340	-0,750	1,100
N28	6,340	-0,750	1,100
N31	6,340	-0,750	0,650
N32	-6,340	-0,750	0,650
N35	6,340	-0,750	0,200
N36	-6,340	-0,750	0,200
N42	0,000	-0,750	1,100
N44	2,080	-0,750	1,100
N48	4,160	-0,750	1,100
N52	6,240	-0,750	1,100
N56	-2,080	-0,750	1,100
N60	-4,160	-0,750	1,100
N64	-6,240	-0,750	1,100
N69	-6,240	-0,750	0,200
N70	-6,240	-0,750	0,650
N71	-4,160	-0,750	0,200
N72	-4,160	-0,750	0,650
N85	-2,080	-0,750	0,650
N86	0,000	-0,750	0,650
N87	2,080	-0,750	0,650
N88	4,160	-0,750	0,650
N89	6,240	-0,750	0,650
N90	6,240	-0,750	0,000

Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]
N91	4,160	-0,750	0,000
N92	2,080	-0,750	0,000
N93	0,000	-0,750	0,000
N94	-2,080	-0,750	0,000
N95	-4,160	-0,750	0,000
N96	-6,240	-0,750	0,000
N97	-6,340	1,070	1,100
N98	6,340	1,070	1,100
N99	6,340	1,070	0,650
N100	-6,340	1,070	0,650
N101	6,340	1,070	0,200
N102	-6,340	1,070	0,200
N103	0,000	1,070	1,100
N104	2,080	1,070	1,100
N105	4,160	1,070	1,100
N106	6,240	1,070	1,100
N107	-2,080	1,070	1,100
N108	-4,160	1,070	1,100
N109	-6,240	1,070	1,100
N110	-6,240	1,070	0,650
N111	-6,240	1,070	0,200
N112	-4,160	1,070	0,200
N113	-4,160	1,070	0,650
N114	-2,080	1,070	0,200
N115	0,000	1,070	0,200
N116	2,080	1,070	0,200
N117	4,165	1,070	0,200
N118	6,240	1,070	0,200
N119	-2,080	1,070	0,650
N120	0,000	1,070	0,650
N121	2,080	1,070	0,650
N122	4,160	1,070	0,650
N123	6,240	1,070	0,650
N124	0,000	1,070	0,000
N125	2,080	1,070	0,000
N126	4,160	1,070	0,000
N127	6,240	1,070	0,000
N128	-2,080	1,070	0,000
N129	-4,160	1,070	0,000
N130	-6,240	1,070	0,000
N131	-6,340	0,910	0,000
N132	6,340	0,910	0,000

3. Prvky



Jméno	Průřez	Materiál	Délka [m]	Poč. uzel	Konc. uzel	Typ
B1	CS1 - HEB200	S 355	12,680	N5	N6	žebro desky (92)
B2	CS1 - HEB200	S 355	12,680	N131	N132	žebro desky (92)
B3	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N9	N10	nosník (80)
B4	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N11	N12	nosník (80)
B5	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N13	N14	nosník (80)
B6	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N15	N16	nosník (80)
B7	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N17	N18	nosník (80)
B8	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N19	N20	nosník (80)
B9	CS3 - L150X75X9	S 235	1,500	N21	N22	nosník (80)
B10	CS4 - RD20	S 235	2,564	N11	N14	nosník (80)
B11	CS4 - RD20	S 235	2,564	N12	N13	nosník (80)
B12	CS4 - RD20	S 235	2,564	N17	N20	nosník (80)
B13	CS4 - RD20	S 235	2,564	N18	N19	nosník (80)
B15	CS5 - T průřez (120; 28; 120; 60)	C24 (EN 338)	12,680	N28	N23	nosník (80)
B16	CS6 - OBDEL (28; 120)	C24 (EN 338)	12,680	N31	N32	nosník (80)
B18	CS6 - OBDEL (28; 120)	C24 (EN 338)	12,680	N35	N36	nosník (80)
B21	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N93	N42	nosník (80)
B22	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N92	N44	nosník (80)
B24	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N91	N48	nosník (80)
B26	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N90	N52	nosník (80)
B28	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N94	N56	nosník (80)
B30	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N95	N60	nosník (80)
B32	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N96	N64	nosník (80)
B34	CS5 - T průřez (120; 28; 120; 60)	C24 (EN 338)	12,680	N98	N97	nosník (80)
B35	CS6 - OBDEL (28; 120)	C24 (EN 338)	12,680	N99	N100	nosník (80)
B36	CS6 - OBDEL (28; 120)	C24 (EN 338)	12,680	N101	N102	nosník (80)
B37	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N124	N103	nosník (80)
B38	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N125	N104	nosník (80)
B39	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N126	N105	nosník (80)
B40	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N127	N106	nosník (80)
B41	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N128	N107	nosník (80)
B42	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N129	N108	nosník (80)
B43	CS7 - OBDEL (120; 120)	C24 (EN 338)	1,100	N130	N109	nosník (80)

4. Plochy



Jméno	Vrstva	Typ	Typ prvku	Materiál	Typ tloušťky	Tl. [mm]
S1	Vrstva1	deska (90)	Standard	D30 (EN 338)	konstantní	60

5. Materiály


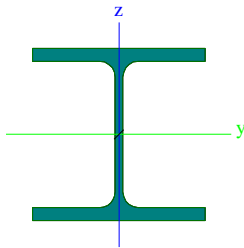
Ocel EC3


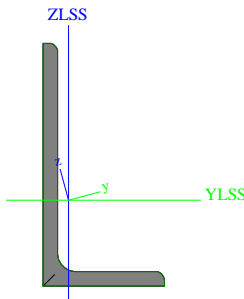
Jméno	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Barva
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850,0	2,1000e+05	0.3	0	40	235,0	360,0	
		8,0769e+04	0,00	40	80	215,0	360,0	
S 355	7850,0	2,1000e+05	0.3	0	40	355,0	490,0	
		8,0769e+04	0,00	40	80	335,0	470,0	


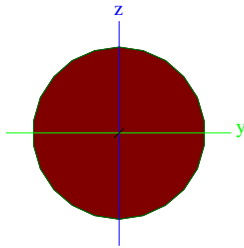
Timber EC5

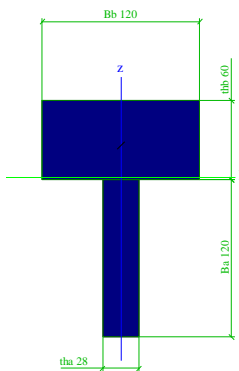

Jméno	Typ dřeva	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Barva
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
C24 (EN 338)	Rostlé dřevo	0	1,1000e+04	24,0	14,5	0,4	21,0	2,5	4,0	
	420,0	0,00	6,9000e+02							
D30 (EN 338)	Rostlé dřevo	0	1,1000e+04	30,0	18,0	0,6	24,0	5,3	3,9	
	640,0	0,00	5,5000e+03							


6. Průřezy

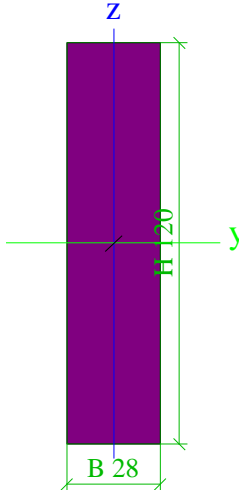
CS1			$W_{el.y}$ [m ³], $W_{el.z}$ [m ³]	5,6960e-04	2,0030e-04
Typ	HEB200		$W_{pl.y}$ [m ³], $W_{pl.z}$ [m ³]	6,4250e-04	3,0580e-04
Kód tvaru	1 - I průřez		$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	2,28e+05	2,28e+05
Typ tvaru	Tenkostěnný		$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	1,09e+05	1,09e+05
Materiál	S 355		d_y [mm], d_z [mm]	0	0
Výroba	válcovaný		I_t [m ⁴], I_w [m ⁶]	5,9280e-07	1,7112e-07
Barva			β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	b	c	Obrázek		
A [m ²]	7,8080e-03				
A_y [m ²], A_z [m ²]	5,7750e-03	1,9112e-03			
A_t [m ² /m], A_D [m ² /m]	1,1500e+00	1,1510e+00			
$C_{y,UCS}$ [mm], $C_{z,UCS}$ [mm]	100	100			
α [deg]	0,00				
I_y [m ⁴], I_z [m ⁴]	5,6960e-05	2,0030e-05			
i_y [mm], i_z [mm]	85	51			

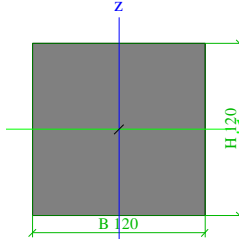
CS3			$W_{el.y}$ [m ³], $W_{el.z}$ [m ³]	4,6800e-05	1,1195e-05
Typ	L150X75X9		$W_{pl.y}$ [m ³], $W_{pl.z}$ [m ³]	8,5378e-05	2,4941e-05
Kód tvaru	4 - úhelník		$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	2,01e+04	2,01e+04
Typ tvaru	Tenkostěnný		$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	5,86e+03	5,86e+03
Materiál	S 235		d_y [mm], d_z [mm]	-24	-44
Výroba	válcovaný		I_t [m ⁴], I_w [m ⁶]	5,4700e-08	1,8798e-39
Barva			β_y [mm], β_z [mm]	104	137
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	b	b	Obrázek		
A [m ²]	1,9500e-03				
A_y [m ²], A_z [m ²]	1,5290e-03	1,3408e-03			
A_t [m ² /m], A_b [m ² /m]	4,4000e-01	4,4073e-01			
$C_{y,UCS}$ [mm], $C_{z,UCS}$ [mm]	16	53			
$I_{y,LCS}$ [m ⁴], $I_{z,LCS}$ [m ⁴]	4,5500e-06	7,8300e-07			
$I_{yz,LCS}$ [m ⁴]	-1,0636e-06				
α [deg]	14,71				
I_y [m ⁴], I_z [m ⁴]	4,8400e-06	5,0000e-07			
i_y [mm], i_z [mm]	50	16			

CS4			$W_{el.y}$ [m ³], $W_{el.z}$ [m ³]	7,6894e-07	7,6894e-07
Typ	RD20		$W_{pl.y}$ [m ³], $W_{pl.z}$ [m ³]	1,3123e-06	1,3123e-06
Kód tvaru	11 - Plný kruhový průřez		$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	3,13e+02	3,13e+02
Typ tvaru	Tlustostěnný		$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	3,13e+02	3,13e+02
Materiál	S 235		d_y [mm], d_z [mm]	0	0
Výroba	válcovaný		I_t [m ⁴], I_w [m ⁶]	1,5738e-08	3,9042e-23
Barva			β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c	Obrázek		
A [m ²]	3,1400e-04				
A_y [m ²], A_z [m ²]	2,8216e-04	2,8216e-04			
A_t [m ² /m], A_D [m ² /m]	6,2666e-02	6,2829e-02			
$C_{y,UCS}$ [mm], $C_{z,UCS}$ [mm]	10	10			
α [deg]	0,00				
I_y [m ⁴], I_z [m ⁴]	7,6894e-09	7,6894e-09			
i_y [mm], i_z [mm]	5	5			

CS5			d_y [mm], d_z [mm]	0	25
Typ	T průřez		I_t [m ⁴], I_w [m ⁶]	7,1123e-06	2,5486e-09
Detailní	120; 28; 120; 60		β_y [mm], β_z [mm]	-87	0
Typ tvaru	Tlustostěnný		Obrázek		
Materiál	C24 (EN 338)				
Výroba	dřevo				
Barva					
A [m ²]	1,0560e-02				
A_y [m ²], A_z [m ²]	8,5541e-03	5,6832e-03			
A_L [m ² /m], A_D [m ² /m]	6,0000e-01	6,0000e-01			
$C_{y,UCS}$ [mm], $C_{z,UCS}$ [mm]	60	121			
α [deg]	0,00				
I_y [m ⁴], I_z [m ⁴]	2,4748e-05	8,8595e-06			
i_y [mm], i_z [mm]	48	29			
$W_{el,y}$ [m ³], $W_{el,z}$ [m ³]	2,0392e-04	1,4766e-04			
$W_{pl,y}$ [m ³], $W_{pl,z}$ [m ³]	2,9650e-04	1,9806e-04			
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	6,23e+03	7,23e+03			
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4,16e+03	4,16e+03			

CS6			Obrázek
Typ	OBDEL		
Detailní	28; 120		
Typ tvaru	Tlustostěnný		
Materiál	C24 (EN 338)		
Výroba	dřevo		
Barva			
A [m²]	3,3600e-03		
A _y [m²], A _z [m²]	2,8122e-03	2,8007e-03	
A _L [m²/m], A _D [m²/m]	2,9600e-01	2,9600e-01	
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	14	60	
α [deg]	0,00		
I _y [m⁴], I _z [m⁴]	4,0320e-06	2,1952e-07	
i _y [mm], i _z [mm]	35	8	
W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³]	6,7200e-05	1,5680e-05	
W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³]	8,2344e-05	1,9214e-05	
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	1,73e+03	1,73e+03	
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	4,03e+02	4,03e+02	
d _y [mm], d _z [mm]	0	0	
I _t [m⁴], I _w [m⁶]	7,4687e-07	2,0633e-10	
β _y [mm], β _z [mm]	0	0	



CS7				$M_{pl.y,+}$ [Nm], $M_{pl.y,-}$ [Nm]	7,41e+03	7,41e+03
CS7	OBDEL			$M_{pl.z,+}$ [Nm], $M_{pl.z,-}$ [Nm]	7,41e+03	7,41e+03
Detailní	120; 120			d_y [mm], d_z [mm]	0	0
Typ tvaru	Tlustostěnný			I_t [m ⁴], I_w [m ⁶]	2,9109e-05	3,7661e-10
Materiál	C24 (EN 338)			β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Výroba	dřevo			Obrázek		
Barva						
A [m ²]	1,4400e-02					
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,2013e-02	1,2013e-02				
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	4,8000e-01	4,8000e-01				
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	60	60				
α [deg]	0,00					
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	1,7280e-05	1,7280e-05				
i _y [mm], i _z [mm]	35	35				
W _{el.y} [m ³], W _{el.z} [m ³]	2,8800e-04	2,8800e-04				
W _{pl.y} [m ³], W _{pl.z} [m ³]	3,5290e-04	3,5290e-04				

7. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	Ostatní stálé	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	Pěší na celé lávce Standard	Proměnné Statické	SZ3		Krátkodobé	Žádný

3. Zatížení konstrukce

3.1. Stálé zatížení

3.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných průřezových a materiálových charakteristik z databanky programu aplikací gravitačního zrychlení. Modelován je ocelový rošt i dřevěná mostovka.

3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Zatížení od mostního svršku je dáno pouze ostatním stálým zatížením jako jsou kotevní prvky či vzpěry zábradlí a to je odhadnuto na:

$$q_{\text{ostatní stálé}} = 1.0 \text{ kN/m}$$

3.2. Nahodilá zatížení

3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

Vzhledem k charakteru mostu a způsobu jeho využití není zatížení sněhem rozhodující a není uvažováno. Nepředpokládá se maximální zatížení současně s maximálním sněhem.

3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti, tvaru a umístění mostu nemá zatížení větrem rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

3.2.3. Nahodilé zatížení teplotou

Pro daný typ konstrukce není zatížení teplotou rozhodující a není uvažováno. Pouze pro výpočet posunů uvažují oteplení i ochlazení o 50°C od teploty při osazení.

3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

3.2.4.1. Model zatížení 4 (LM4) davem lidí

Zatížení lávek pro pěší se uvažuje o velikosti 5kN/m^2 dle ČSN EN 1991-2 kap.5.3.2.1 s redukcí na délku mostu.

$q_{fk} =$	5.0	kN/m^2	EN 1991-2, str 3 , str 52	charakteristické zatížení na chodníku
$L =$	12.60	m	EN 1991-2, str 52	zatěžovací délka
$q_{fk} = 20 + 120 / (L + 30) =$	4.8	kN/m^2	EN 1991-2, str 52	$2.5\text{kN/m}^2 \leq q_{fk} \leq 5.0\text{kN/m}^2$

Uvažuji neredukované zatížení.

Pro návrh mostovky uvažuji zatížení lokální osamělou silou o velikosti 2kN, která představuje hmotnost jednoho člověka při chůzi.

3.2.4.2. Zatížení servisním vozidlem

Zatížení dvounápravovým vozidlem hmotnosti 12t dle ČSN EN 1991-2 kap.5.6.3. s rozvorem náprav 3.0m a rozchodem 1.3m není z prostorových důvodů uvažováno.

3.2.4.3. Brzdné a rozjezdové síly

Uvažuji brzdné síly pro návrh spodní stavby o velikosti 10% rovnoměrného zatížení, tedy celkem:

$$B = 0.1 \cdot 1.5 \cdot 12 \cdot 5 = 9\text{kN}$$

3.2.4.4. Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivé síly neuvažuji.

3.2.4.5. Nahodilá zatížení na únavu

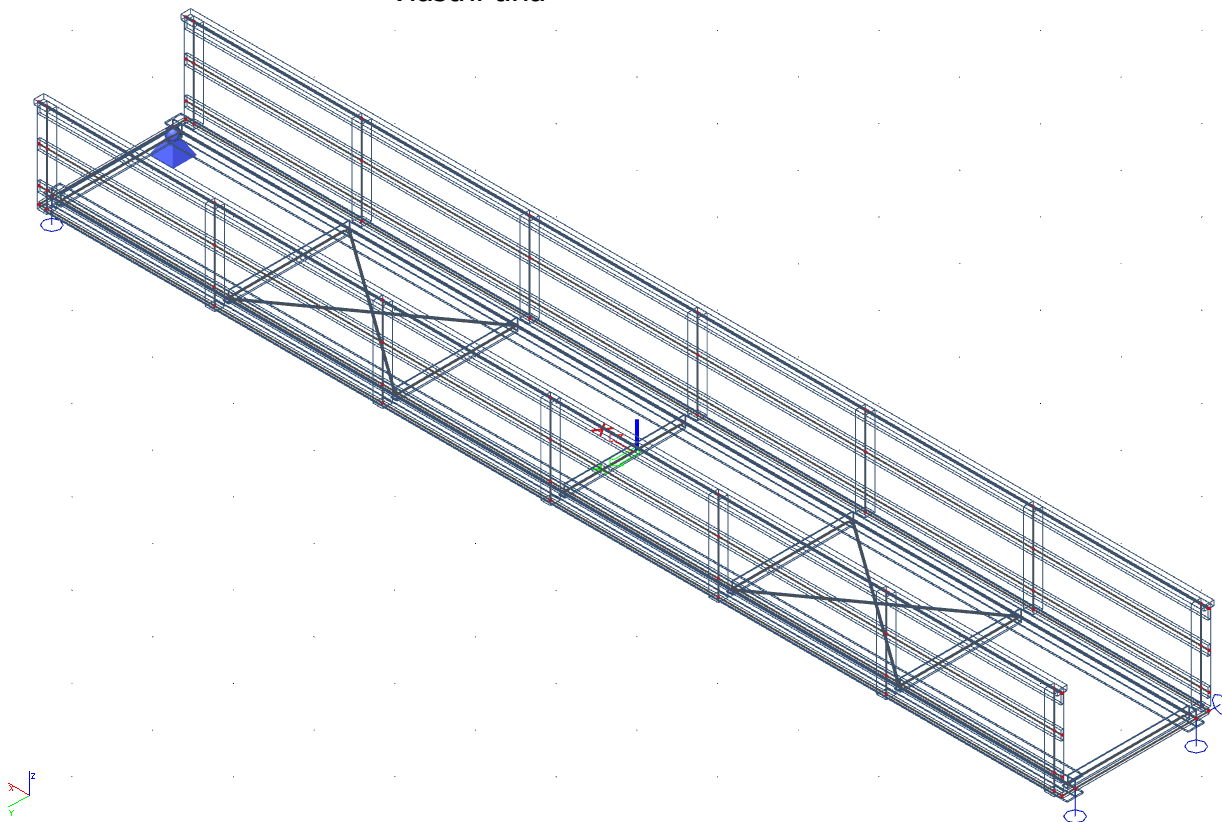
Lávky pro pěší nejsou ohroženy únavovým zatížením.

4. Sestavené zatěžovací stavy

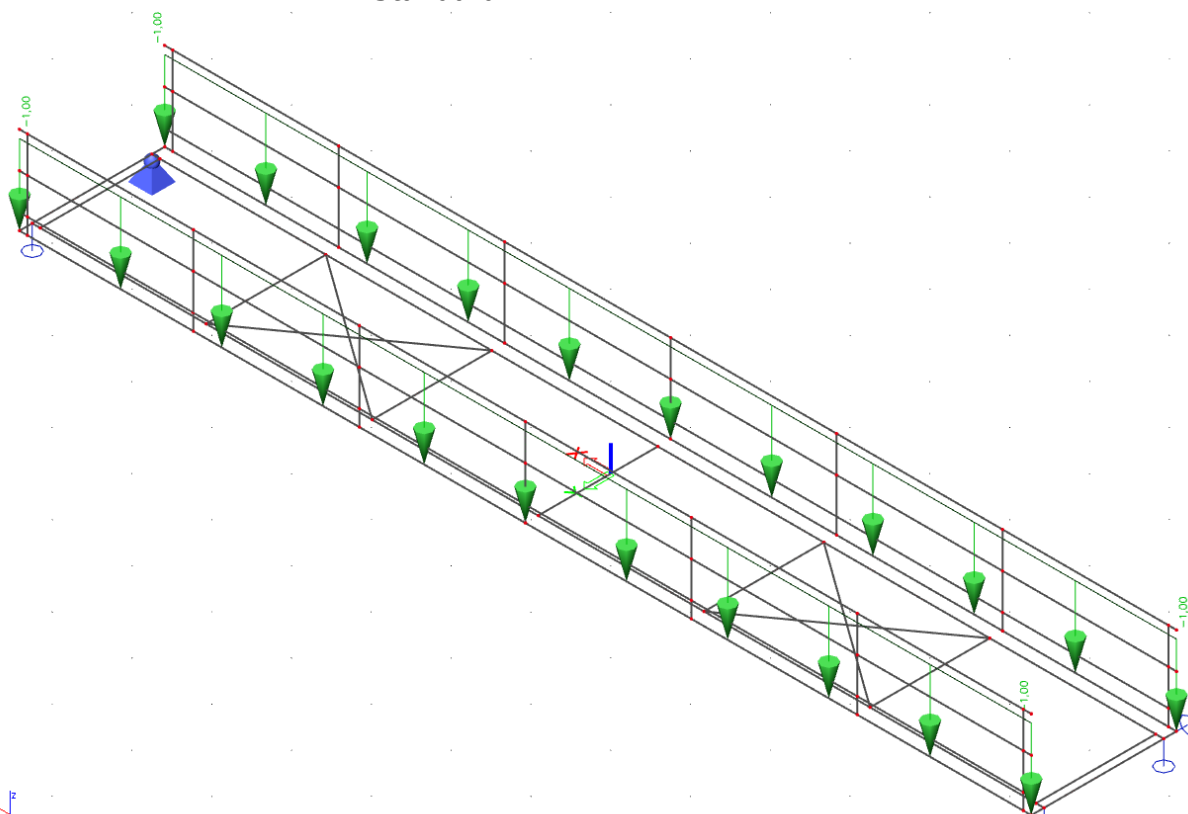
Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého výpočetního programu včetně schémat zatížení.

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	Ostatní stálé	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	Pěší na celé lávce Standard	Proměnné Statické	SZ3		Krátkodobé	Žádný

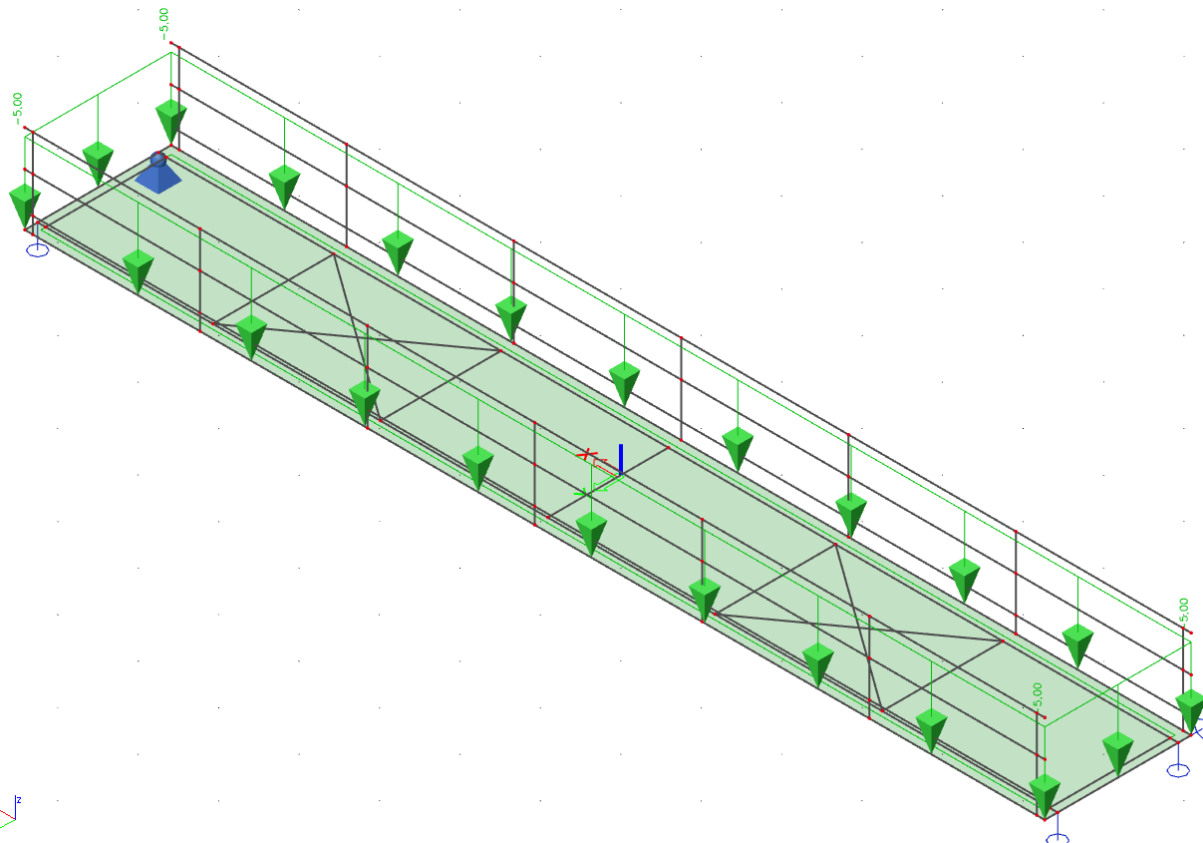
ZS1 Vlastní tíha Stálé SZ1 -Z
Vlastní tíha



ZS2 Ostatní stálé Stálé Standard SZ1



ZS3 Pěší na celé lávce Proměnné Statické SZ3 Krátkodobé Žádný



5. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu SCIA Engineer pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní vstupní i výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

5.1. Průběh vnitřních sil

Přiloženy jsou pouze průběhy vybraných vnitřních sil v rozhodujících zatěžovacích stavech a prvcích pro kontrolu superpozice. Ostatní rozhodující vnitřní síly v rozhodujících prvcích a zatěžovacích stavech ve všech prvcích jsou zohledněny v superpozici.

ZS1 Vlastní tíha

Stálé
Vlastní tíha

SZ1

-Z

1D napětí

Hodnoty: σ_x

Lineární výpočet

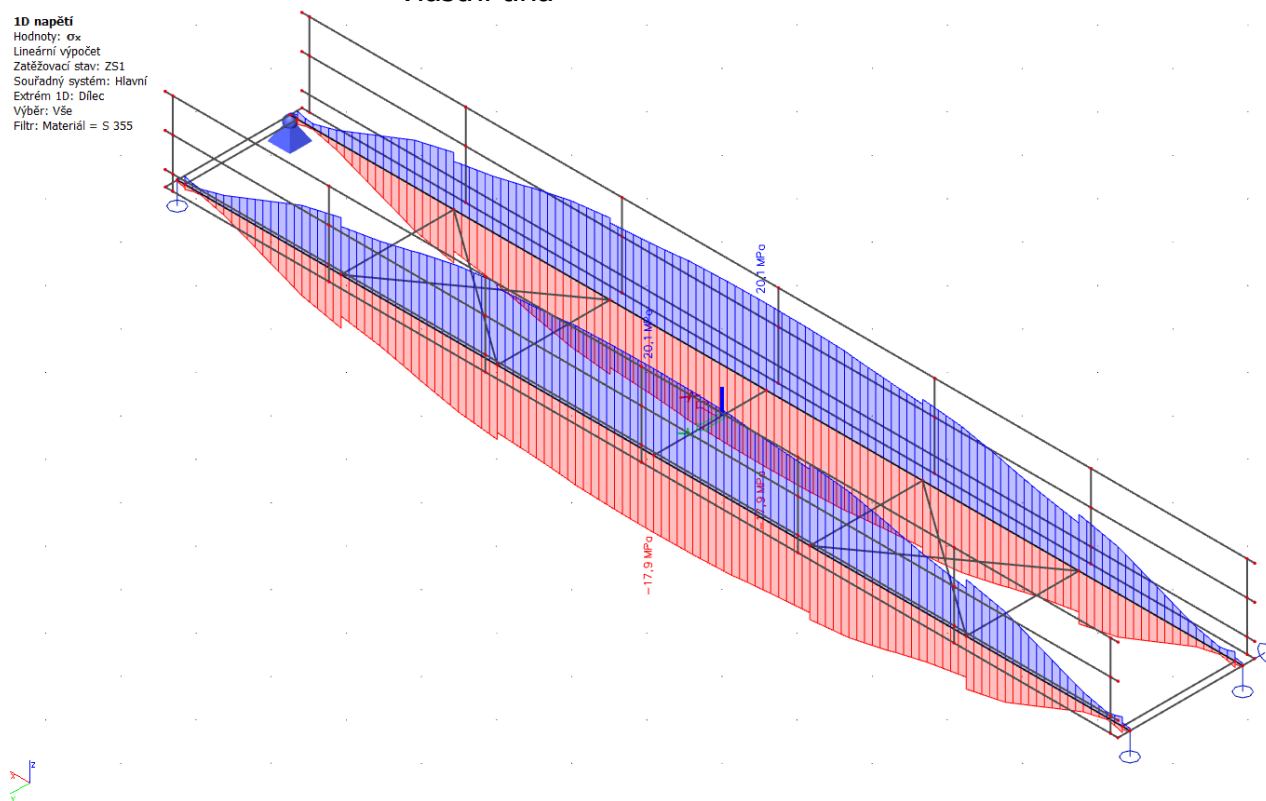
Zatěžovací stav: ZS1

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dilat

Výběr: Vše

Filtr: Materiál = S 355

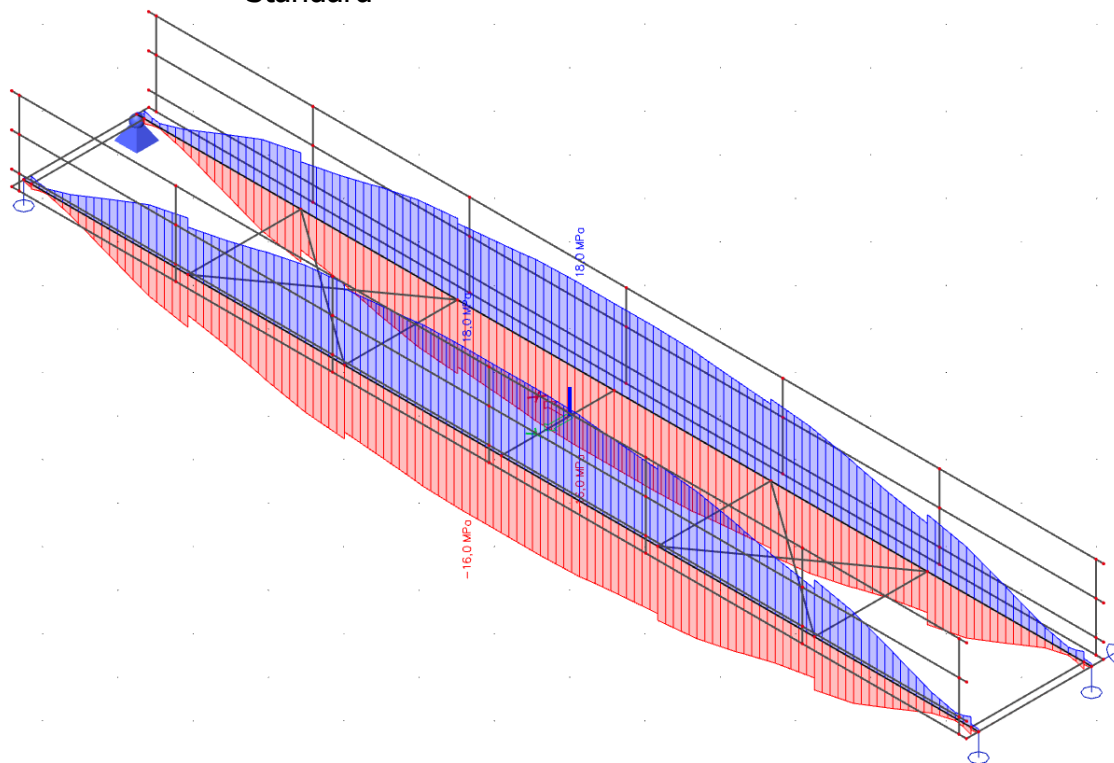


ZS2 Ostatní stálé

Stálé
Standard

SZ1

1D napětí
Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS2
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše
Filtr: Materiál = S 355



ZS3

Pěší na celé lávce
Standard

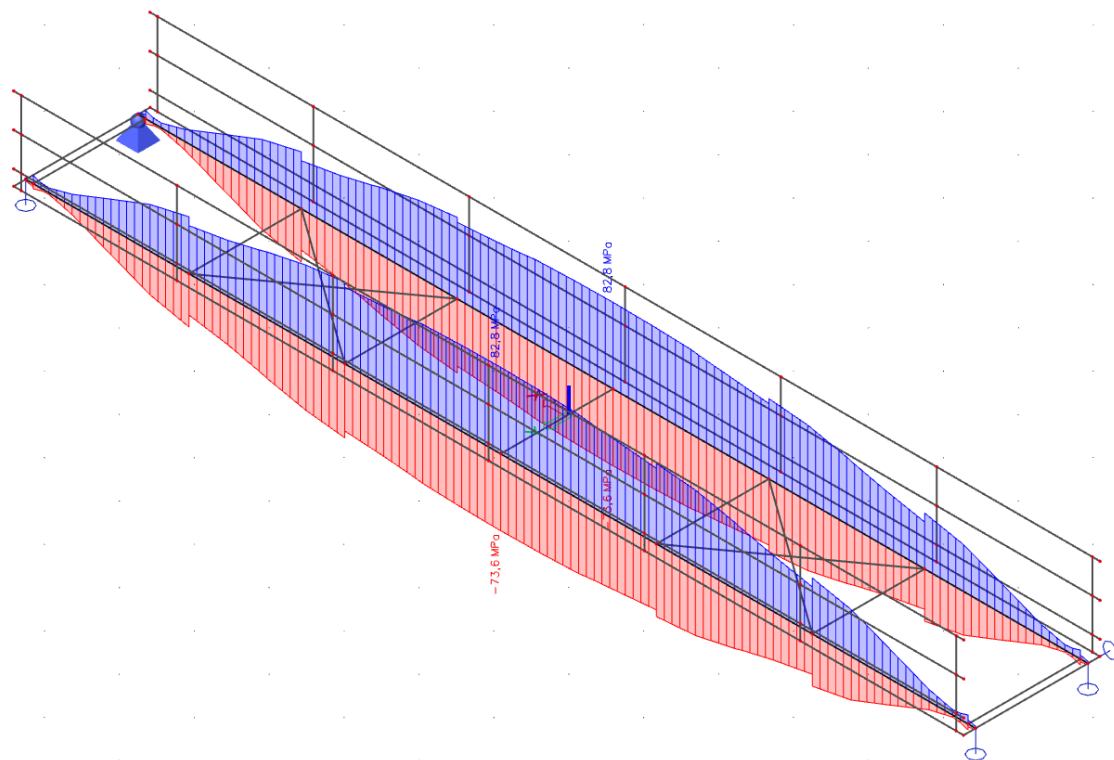
Proměnné
Statické

SZ3

Krátkodobé

Žádný

1D napětí
Hodnoty: σ_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS3
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše
Filtr: Materiál = S 355



5.2. Rekapitulace vnitřních sil

Rekapitulace je provedena pouze pro rozhodující vnitřní síly, resp. napětí v hlavním nosníku a to jak pro případ spolupůsobení zábradlí (to je do modelu zahrnuto pro zvýšení tuhosti a vymezení vlastních frekvencí) tak pro v krajním nejnamáhavějším nosníku (to pro případ, kdy dřevěné zábradlí již nebude tak tuhé, jako na nové konstrukci).

ZS	$\sigma_{\text{se zábradlím}} [\text{Mpa}]$	$\sigma_{\text{bez zábradlí}} [\text{Mpa}]$	$v_{\text{se zábradlím}} [\text{mm}]$	$v_{\text{bez zábradlí}} [\text{mm}]$
G0 vlastní tíha	20.1	35.1	15.3	28.1
G1 ostatní stálé	18.0	34.8	13.7	27.8
P pěší	82.8	158.9	62.7	126.6

5.3. Namáhání fošen mostovky

Výpočet mostovky je proveden na modelu prostého nosníku a to na rozhodující zatížení lokální osamělou silou 2kN, která představuje hmotnost jednoho člověka. Rovnoměrné zatížení není v tomto případě rozhodující. Fošny přitom uvažují profilu 120/60mm.

$$q_G = 0.12 \cdot 0.06 \cdot 7 = 0.05 \text{ kN/m}$$

$$q_P = 2.0 \text{ kN}$$

$$M_{Gd} = \frac{1}{8} \cdot 0.05 \cdot 1.18^2 \cdot 1.35 = 0.01 \cdot 1.35 = 0.014 \text{ kNm}$$

$$Q_{Gd} = \frac{1}{2} \cdot 0.05 \cdot 1.18 \cdot 1.35 = 0.03 \cdot 1.35 = 0.035 \text{ kN}$$

$$M_{Pd} = \frac{1}{4} \cdot 2.0 \cdot 1.18 \cdot 1.35 = 0.59 \cdot 1.35 = 0.797 \text{ kNm}$$

$$Q_{Pd} = 2.0 \cdot 1.35 = 2.700 \text{ kN}$$

$$\sigma_{d \max} = \frac{(0.014 + 0.797) \cdot 6}{0.12 \cdot 0.06^2} = 11264 \text{ kPa}$$

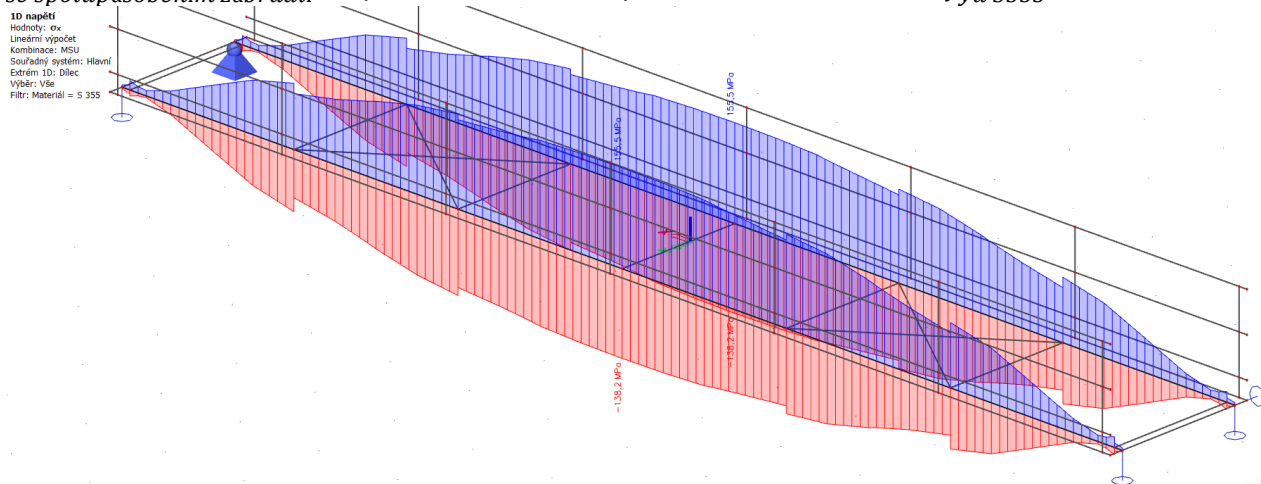
$$\tau_{d \max} = \frac{3 \cdot (0.035 + 2.700)}{2 \cdot 0.12 \cdot 0.06} = 569 \text{ kPa}$$

6. Posouzení nosné konstrukce

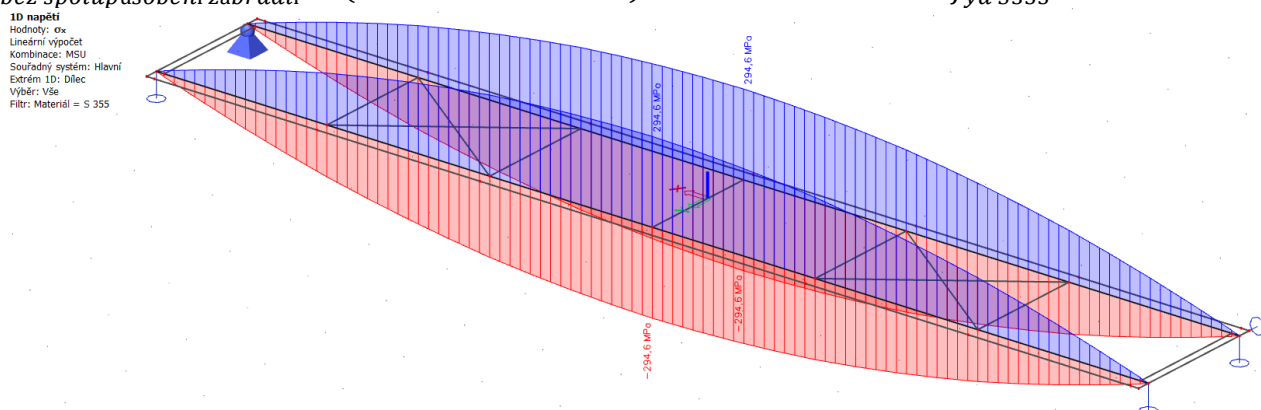
6.1. Nosník

Normálová napětí:

$$\sigma_{se \text{ spolupůsobením zábradlí}} = (20.1 + 18.0 + 82.8) \cdot 1.35 = 163.2 \text{ MPa} < f_{yd \text{ S355}} = 355 \text{ MPa}$$

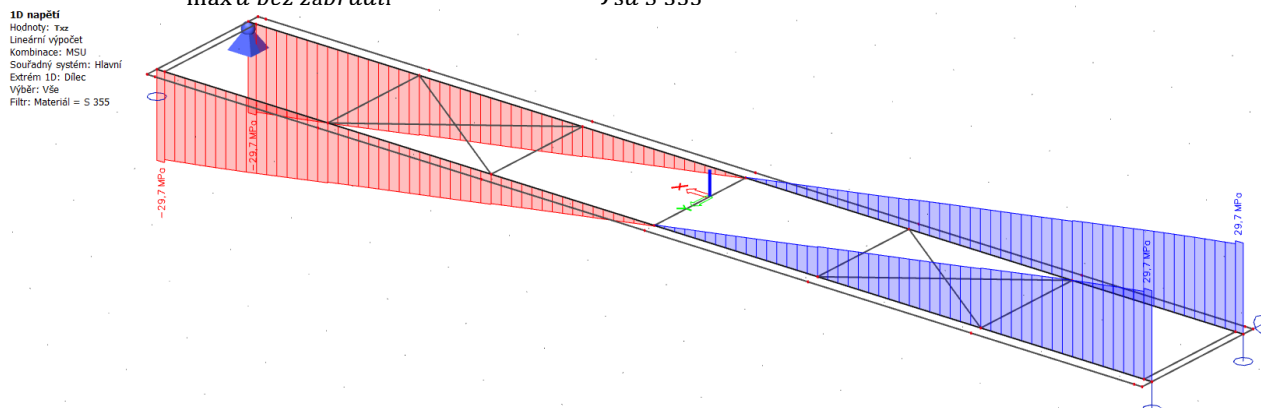


$$\sigma_{bez \text{ spolupůsobení zábradlí}} = (35.1 + 34.8 + 158.9) \cdot 1.35 = 308.9 \text{ MPa} < f_{yd \text{ S355}} = 355 \text{ MPa}$$



Smyková napětí nerozhodují:

$$\tau_{\max d \text{ bez zábradlí}} = 29.7 \text{ MPa} < f_{sd \text{ S355}} = 355 \cdot 0.8 = 284 \text{ MPa}$$



6.2. Posouzení průhybů

$$v_{pěší se spolupůsobením zábradlí} = 62.7mm$$

$$v_{pěší bez spolupůsobení zábradlí} = 126.6mm$$

$$v_{limitní pro lávky} = \frac{12680}{100} = 126.8mm$$

Pružné průhyby v případě degradace zábradlí jsou na hranici, ale stále vyhovující. Výrobní nadvýšení nosníků není s ohledem na charakter a využití lávky nutné.

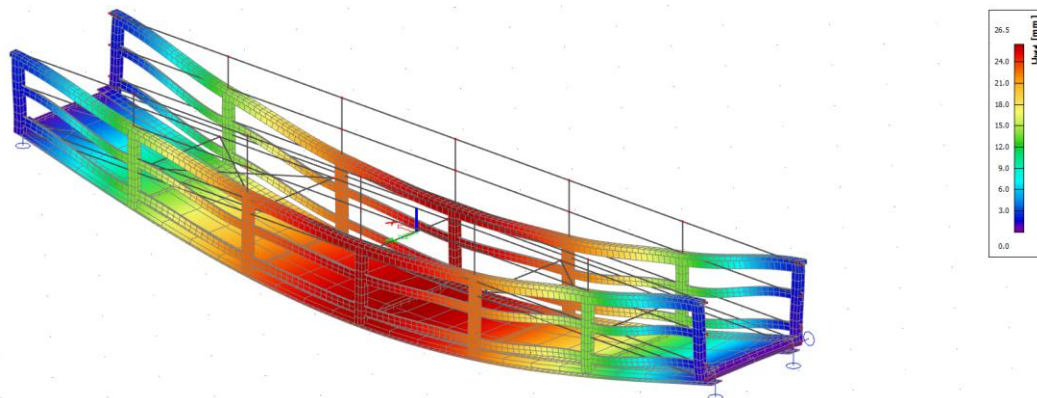
6.3. Posouzení vlastních frekvencí kmitání

Výpočet vlastních frekvencí kmitání je proveden pomocí použitého programu na modelu nosné konstrukce. Rekapitulace spočtených vlastních frekvencí je přiložena formou výpisu:

Vlastní frekvence

N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	4,53	28,48	811,35	0,22
2	5,95	37,40	1399,08	0,17
3	13,33	83,76	7016,04	0,08
4	13,89	87,24	7611,24	0,07
5	14,94	93,87	8812,39	0,07
6	15,71	98,72	9746,37	0,06
7	19,76	124,13	15408,77	0,05
8	20,20	126,91	16107,03	0,05
9	21,10	132,58	17577,38	0,05
10	21,52	135,22	18283,90	0,05

3D příměstění
Hodnoty: Manual
Modální tvary jsou normované tak,
aby se zobecněná modální hmoty
každého tvaru rovnaly 1 kg.
Kombinace hmot: CM1/1 - 4,53
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



Podle ČSN EN 1991-2 NA.2.49.čl.5.7 je první vlastní frekvence svislého kmitání na hranici rizikového rozmezí 1.3-2.3 a 2.5-4.6. Proto doporučuji doplnit diagonální zavětrování zábradlí.

6.4. Posouzení mostovky

Posouzení namáhání vychází z výpočtu vnitřních sil mostovky:

$$\sigma_{d \max} = \frac{(0.014 + 0.797) \cdot 6}{0.12 \cdot 0.06^2} = 11264 \text{ kPa} < f_{md \text{ D30}} = \frac{30}{1.25} \cdot 0.9 = 21.6 \text{ MPa}$$

$$\tau_{d \max} = \frac{3 \cdot (0.035 + 2.700)}{2 \cdot 0.12 \cdot 0.06} = 569 \text{ kPa} < f_{vd \text{ D30}} = \frac{4}{1.25} \cdot 0.9 = 2.88 \text{ MPa}$$

6.5. Posouzení zábradlí

Zábradlí je sestaveno z dřevěných prvků. Sloupky 120/120 se zářezem pro výplň vytváří jakýsi I-profil, vzpěry profilu 120/120 se opírají o dvojici přesahujících fošen mostovky 2x120/60. Rozhodujícím prvkem jsou fošny mostovky, které musí přenést celý moment:

$$M_{d \text{ na sloupek zábradlí}} = 1.1 \cdot 2.08 \cdot 1.0 \cdot 1.35 = 3.09 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{d \text{ přesahující fošny mostovky}} = \frac{3.09 \cdot 6}{2 \cdot 0.12 \cdot 0.06^2} = 21458 \text{ kPa} < f_{md \text{ D30}} = \frac{30}{1.25} \cdot 0.9 = 21.6 \text{ MPa}$$

Únosnost vodorovných madel:

$$M_{\text{horní madlo vodorovně i svisle}} = \frac{1}{8} \cdot 1.0 \cdot 2.08^2 = 0.54 \text{ kNm}$$

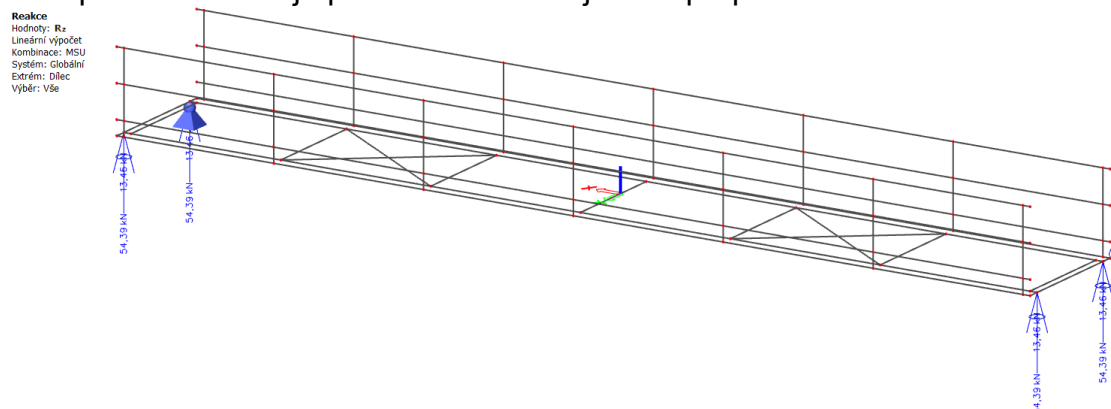
$$\sigma_{\text{horní madlo vodorovně}} \cong \frac{0.54 \cdot 6}{0.06 \cdot 0.12^2} = 3750 \text{ kPa} < f_{md \text{ C24}} = \frac{24}{1.25} \cdot 0.9 = 17.3 \text{ MPa}$$

$$M_{\text{madlo vodorovné výplně vodorovně}} = \frac{1}{8} \cdot 0.5 \cdot 2.08^2 = 0.27 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{\text{madlo vodorovné výplně vodorovně}} = \frac{0.27 \cdot 6}{0.12 \cdot 0.028^2} = 17219 \text{ kPa} < f_{md \text{ C24}} = \frac{24}{1.25} \cdot 0.9 = 17.3 \text{ MPa}$$

6.6. Posouzení uložení

Rekapitulace reakcí je provedena ze strojové superpozice následovně:



$$R_{d \max} = 54.4 \text{ kN/ložisko}$$

$$R_{d \min} = 13.46 \text{ kN/ložisko}$$

$$B_{\max} = \frac{1}{2} \cdot 9 = 4.5 \text{ kN/pevné ložisko}$$

Výpočet posunů v uložení nad posuvným uložení:

$$u_{\text{oteplení/ochlazení}} = 12700 \cdot 0.000012 \cdot 50 = 7.6 \text{ mm}$$

Napětí pod ložiskovou deskou:

$$\sigma_d = \frac{54.4}{0.3 \cdot 0.4} = 453 \text{ kPa} < f_{cd \text{ kamene}} = 4.0 \text{ MPa}$$

Navrhují uložení ocelové kluzné desky se zajištěním proti posunu. Svislé reakce jsou malé a nerozhodují, vyhovuje konstruktivní rozměr desek 300/300mm.

7. Závěr

Lávka vyhovuje za geometrických a materiálových předpokladů uvedených výše.

Nosníky z HEB 200 z oceli S355 vyhoví i po degradaci zábradlí, které bylo započteno jako ztužující prvek proti průhybům a kmitání. Tento předpoklad má pozitivní vedlejší efekt v tom, že bude varovat před degradací konstrukce a včas upozorní na nutnost výměny dřevěné mostovky. Konstrukce ztužená zdravým zábradlím vyhovuje i na kmitání, kdy vlastní frekvence jsou mimo rizikovou oblast.

Příčníky z L150/75/9 z oceli S235 jsou spíše konstruktivní pro zajištění stejnoměrnějších průhybů a současně jako rozpěry pro diagonální zavětrování ve vodorovném směru proti vodorovnému kmitání.

Táhla vodorovného zavětrování $\phi 20$ z oceli S235 rovněž vyhovují.

Fošny mostovky 120/60 z dubového dřeva třídy D30 vyhovují.

Zábradlí je z modřínového dřeva třídy C24. Sloupky zábradlí 120/120 se zářezy pro výplň vyhovují za předpokladu kotvení vzpěr do dvou zdravých dubových fošen mostovky, v případě rizika jejich degradace v daném prostředí doporučuji roznést síly ze vzpěry na 4 fošny přes roznášecí podélnou fošnu pod vzpěrou. Vodorovná výplň z prken 28/120 ze dřeva třídy C24 je snadno poškoditelná vandaly, ale pro předpokládaný provoz ji považuji za vyhovující. Vyhoví na vodorovné zatížení 0.5kN/m, což je polovina návrhového namáhání horního madla, které vyhovuje jak na svislé tak na vodorovné zatížení 1kN/m.

Uložení na ocelová ložiska s roznášecí deskou 300/400 vyhovuje s dodatečným kotvením závitovými tyčemi 4xM12. Úložný práh přitom tvoří skalní výběžek s vyrovnávacím železobetonem betonem konstruktivně vyztuženým KARI sítí.

V Liberci, dne 28.04.2025
Vypracoval Ing.T.Humpal