

REVIZE: PŘEDMĚT ZMĚNY:

VYPRACOVAL:

DATUM:

1

2

3

OBJEDNATEL:

GENERÁLNÍ PROJEKTANT:

STŘEDOČESKÝ KRAJ



ZBOROVSKÁ 11  
PRAHA 5  
150 21



www.afconsult.com

AF-CITYPLAN s.r.o.

MAGISTRŮ 1275/13  
140 00 PRAHA 4

tel.: +420 277 005 526  
fax.: +420 224 922 072

www.af-cityplan.cz

**II/101 Kralupy n. Vltavou, rekonstrukce mostu ev. č. 101-054**

NÁZEV PROJEKTU:

ČÁST / NÁZEV DOKUMENTU:

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

STAVEBNÍ OBJEKT:

SO 201 Most ev. č. 101-054

PŘÍLOHA:

STATICKÝ VÝPOČET

HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU:

ING. I. BÁLIK

Č. ZAKÁZKY:

**14-9-170**

KOPIE Č.:

ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT:

ING. I. BÁLIK

STUPEŇ:

**DSP/PDPS**

VYPRACOVAL:

ING. L. DVOŘÁK

ČÁST:

**C.1**

KONTROLA:

ING. I. BÁLIK

PŘÍLOHA Č.:

**17**

MĚŘÍTKO:

...

POČET A4:

**64**

REVIZE:

...

DATUM:

**02/2018**

**Obsah:**

<b>1. Úvod .....</b>	<b>2</b>
1.1. Všeobecně .....	2
1.2. Popis konstrukce.....	2
<b>2. Předpoklady výpočtu .....</b>	<b>3</b>
2.1. Provádění konstrukce .....	3
2.2. Geotechnické poměry .....	4
2.3. Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce a spodní stavby .....	5
<b>3. Analýza konstrukce.....</b>	<b>7</b>
3.1. Analýza desky mostovky.....	8
3.2. Analýza rámu v podélném směru – popis modelu.....	29
3.3. Zatížení konstrukce rámu v podélném směru.....	29
<b>4. Posouzení průřezů rámu.....</b>	<b>35</b>
4.1. Příčel L/2 .....	35
4.2. Příčel vetknutí.....	38
4.3. Stojka hlava .....	42
4.4. Stojka pata .....	46
4.5. Deska příčle – příčný směr .....	50
4.6. Schéma nosné betonářské výztuže – podélný směr .....	57
4.7. Schéma nosné betonářské výztuže – příčle - příčný směr .....	57
<b>5. Posouzení založení.....</b>	<b>57</b>
5.1. Obecné předpoklady.....	57
5.2. Zatížení na 1 mikropilotu .....	58
5.3. Posouzení mikropilot.....	59

# 1. Úvod

## 1.1. Všeobecně

Stavba mostu se nachází v zastavěném území (intravilánu) obce Kralupy nad Vltavou v katastrálním území Mikovice u Kralup nad Vltavou. Jedná se o obnovu mostu ev. č. 101-054. Most převádí komunikaci II/101 v ulici Velvarská přes Zákolanský potok.

Stavba se nachází v záplavovém území. Průtočný profil obnoveného mostu zlepšuje původní stav, a proto splňuje NP (Q100) i KNP v nejvyšším naměřeném průtoku. Předpokládá se splnění MVV nad návrhovou hladinou.

Jedná se o obnovu stávajícího stavebního objektu dopravní infrastruktury.

## 1.2. Popis konstrukce

Jedná se o polorámovou železobetonovou konstrukci.

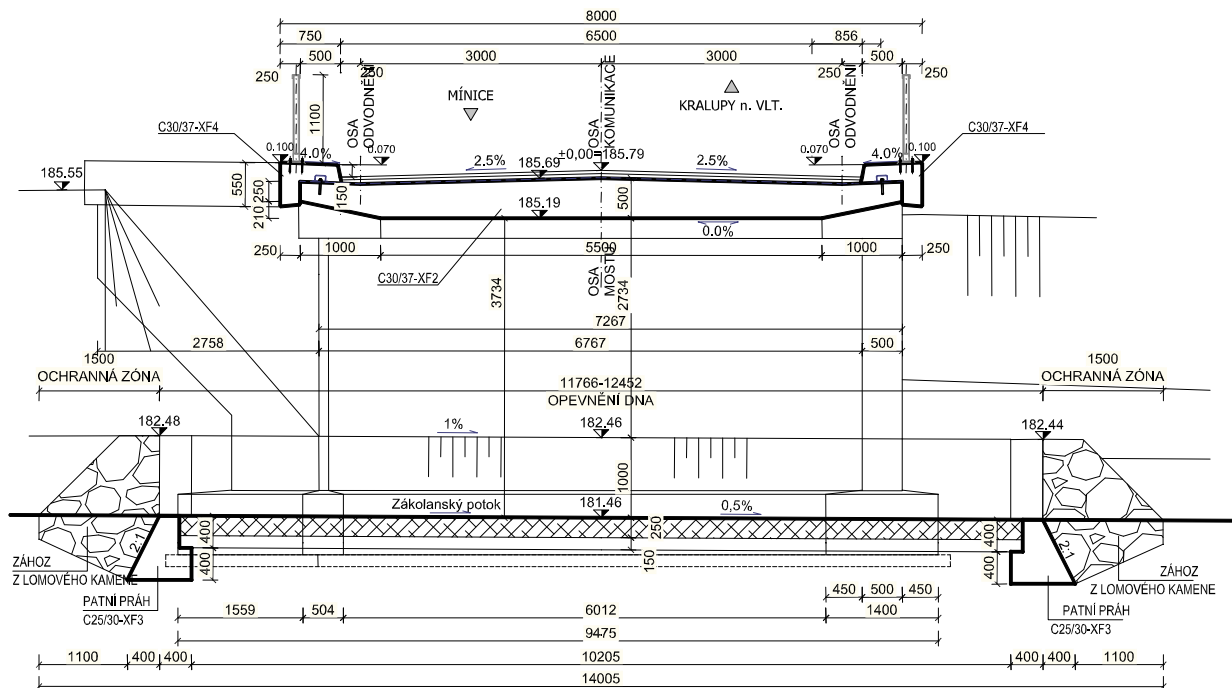
Dispoziční řešení vychází ze starého stavu a požadavku objednatele. Volná šířka mezi zvýšenými obrubami byla navržena v šířce 6,5 m tj. v kategoriijní šířce S 7,5.

Most má světlost mezi opěrami 9,2 m. Navržená konstrukce je ze železobetonu. Skládá se ze základových pasů osazených na mikropilotách, stojek a rámové přičle s příčnými i podélnými náběhy. Na mostě jsou osazeny římsy se zábradlím se svislou výplní. Křídla mostních opěr jsou součástí rámových stojek.

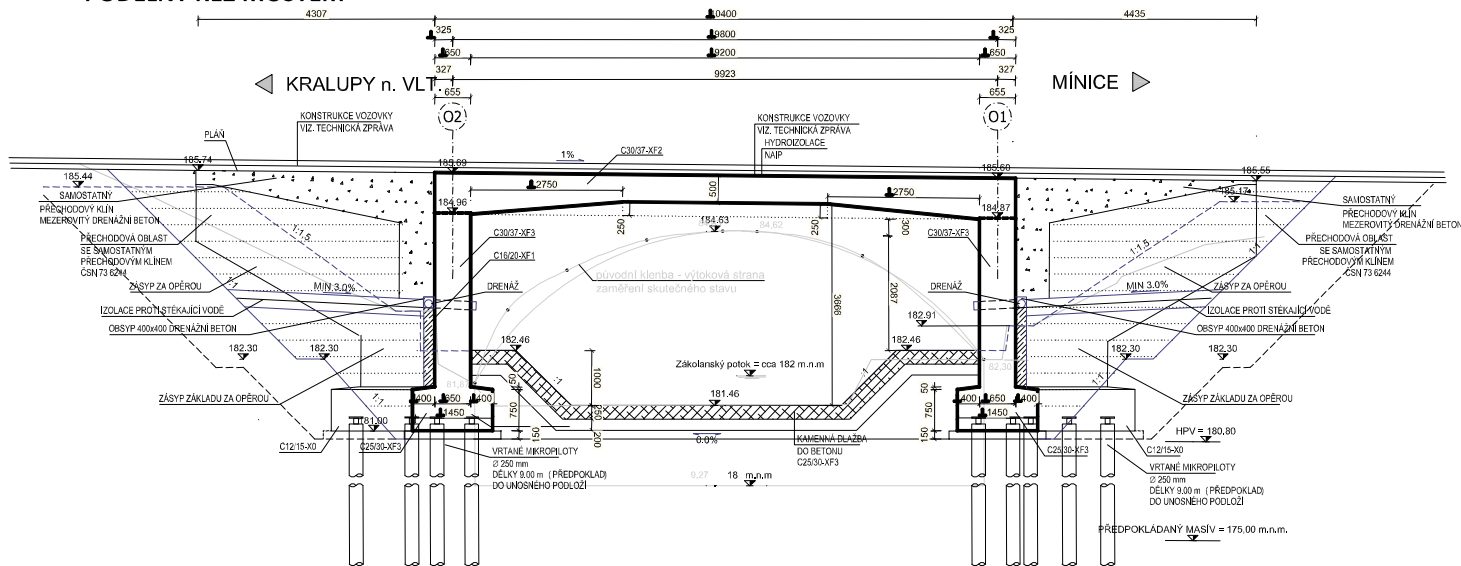
Nosná konstrukce je navržena z betonu C30/37-XF3.

Tvarové a materiálové řešení je zřejmé z následujících výkresů.

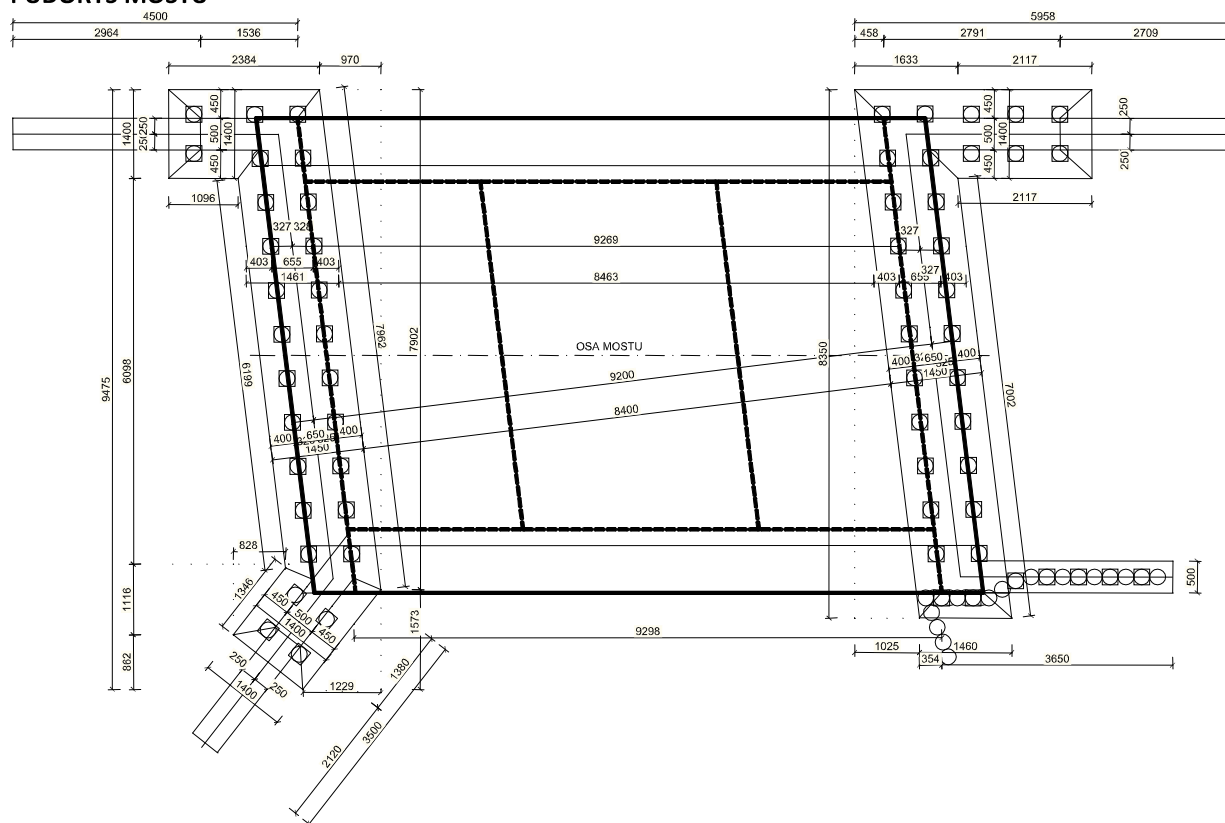
### PŘÍČNÝ ŘEZ MOSTEM



## PODÉLNÝ ŘEZ MOSTEM



## PŮDORYS MOSTU



## 2. Předpoklady výpočtu

## 2.1. Provádění konstrukce

Monolitická železobetonová konstrukce bude betonována po provedení mikropilot ve dvou etapách:

1. Základové pasy se stojkami a křídly.
2. Desková příčle na pevné skruži.

Pracovní spáry budou horizontální, v úrovni spodního líce náběhu příčle, s průběžnou betonářskou výztuží a s utěsněním podle VL.



## 2.2. Geotechnické poměry

Podkladem je Předběžný inženýrsko-geologický průzkum Kralupy nad Vltavou, Mikovice, Mgr. Luděk Žabka, srpen 2014.

Regionálně geologicky je most situován v kralupsko-zbraslavské skupině proterozoika Barrandienu středočeské oblasti Českého masivu. Předkvartérní horninové prostředí tvoří na lokalitě neoproterozoické horniny (bazalt, břidlice a droba). Kvartér je v okolí vodoteče zastoupen pestrými fluviálními sedimenty (obrázek 1). V zástavbě jsou časté heterogenní navážky.

Vzhledem k jejich charakteru bývají fluviální uloženiny v aluviálních nivách jako základové půdy málo vhodné až nevhodné, hlavně pro svoji litologickou a porozitní variabilitu, nerovnoměrné zvodnění, zvýšenou agresivitu podzemních vod a nerovnoměrnou a vysokou stlačitelnost.

Podle archivu České geologické služby - Geofundu Praha není zkoumané území registrované jako sesuvné nebo ovlivněné těžbou. V minulosti nebyly v okolí mostu realizovány žádné geologické průzkumné práce.

Z provedeného průzkumu vyplývá, že přípovrchový horizont horninového prostředí tvoří v okolí mostu převážně hlinitokamenité částečně konsolidované navážky mocné okolo 4,00 m, které byly nasypány na břehy potoka. Pod navážkami se vyskytují fluviální sedimenty, jejichž mocnost průzkumem zjištěna nebyla, ale patrně se pohybuje okolo 6,00 m. Jedná se převážně o jílovité zeminy, které obsahují písčité polohy a ojedinělé valouny a úlomky křemene a břidlic o velikosti většinou do 20 cm. Konzistence zemin je obvykle tuhá až měkká, lokálně kašovitá. V podloží fluviálních uloženin, v hloubce cca 10,00 m pod úrovní silnice v místě mostu, předpokládáme povrch horninového masívu tvořeného neoproterozoickými horninami (břidlice, droba, bazalt), na povrchu zvětralými.

Dle ČSN EN ISO 14688 (ČSN 73 6133) byly fluviálním sedimentům na základě vizuálního popisu přiřazeny symboly CI (CI, CH, CV) a saCI (CS).

Propustnost fluviálních sedimentů je dle klasifikace Jetela (1973) převážně mírná až dosti slabá, s hodnotou součinitele filtrace  $k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Hladina podzemní vody (poříční horizont, spjatý s vodami toku) se v době provádění průzkumných prací po odvrtání nacházela v blízkosti mostu okolo kóty 180,80 m n. m., tj. v úrovni hladiny v potoce. V průběhu roku lze očekávat kolísání hladiny podzemní vody s ohledem na velikost průtoku ve vodoteči. Provedené chemické analýzy zjistily, že podzemní voda je v okolí mostu slabě agresivní (XA1) na betonové konstrukce obsahem síranů.

Ukazatel		J1 33/14	Agresivita na beton (ČSN EN 206-1)		
			slabě agresivní XA1	středně agresivní XA2	vysoce agresivní XA3
Hodnota pH		7,21	5,5-6,5	4,5-5,5	4,0–4,5
Agresivní CO <sub>2</sub>	mg/l	0	15-40	40-100	nad 100
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	72,5	300-1000	1000-3000	nad 3000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,1	15-30	30-60	60-100
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	<b>368,7</b>	200-600	600-3000	3000-6000

Základové poměry jsou ve zkoumaném území složité. Fluviální uloženiny netvoří vhodnou základovou půdu, podzemní voda znesnadní postup při zakládání. Most doporučujeme založit pod úrovní nivních sedimentů. Nezámrazná hloubka je v oblasti 0,80 m pod terénem.

Podle ČSN 73 6133 má horninové prostředí v místě mostu třídu těžitelnosti I. Jíly převážně nejsou vhodné do násypu a pro podloží vozovky. Svahy dočasných výkopů hlubokých do 3,00 m doporučujeme nad hladinou podzemní vody provádět ve sklonu 1 : 1. Výkopy omezené kolmými stěnami je možno hloubit bez použití pažení do hloubky 1,30 m. Pod touto úrovní lze ručně vykonávat práce pouze pod ochranou vhodného pažení. Strojně hloubené výkopy, do

kterých nevstoupí pracovníci, mohou zůstat po dobu otevření výkopu nezapažené. Výkopy zasahující pod hladinu podzemní vody je nutno odvodnit a vhodně zabezpečit.

Při výstavbě je nutno postupovat tak, aby se omezily nebo vyloučily nepříznivé účinky na blízké a sousední objekty.

Základové poměry v zájmovém území jsou složité, nový most doporučujeme založit na pilotách. Jeho založení znesnadní agresivní podzemní voda. Povrch skalního masívu očekáváme v hloubce okolo 1 0,00 m pod úrovní silnice v místě stávajícího mostu - doporučujeme ověřit v další etapě průzkumu.

<b>J1</b>	Y: 749 589	X: 1 026 202	184,80 m n. m.
	<b>ČSN EN ISO 14688</b>		<b>ČSN 73 6133</b>
0,00 – 3,80 m	<b>navážka</b> – hlinitokamenitá, hnědá a šedohnědá, s úlomky hornin do 30 cm (50 %) – <i>částečně konsolidovaná</i>		
3,80 – 5,30	<b>jíl se střední plasticitou</b> , hnědý, rezavě smouhovaný, tuhý až měkký – <i>fluviální</i>		
	<b>CI</b>		<b>CI/třída I</b>
5,30 – 7,30	<b>jíl s vysokou plasticitou</b> , místy písčité, černošedý, s ojedinělými valouny křemene a úlomky břidlice do 20 cm, tuhý až měkký – <i>fluviální</i>		
	<b>CI</b>		<b>CH/třída I</b>
7,20 – 7,60	<b>jíl s velmi vysokou plasticitou</b> , zelenošedohnědý, tuhý až měkký, s ojedinělými valouny křemene do 10 cm – <i>fluviální</i>		
	<b>CI</b>		<b>CV/třída I</b>
7,60 – <b>8,50</b>	<b>jíl písčité</b> , zelenošedohnědý, měkký a kašovitý – <i>fluviální</i>		
	<b>saCI</b>		<b>CS/třída I</b>

Hladina podzemní vody po odvrtání v hloubce 4,00 m pod terénem

## 2.3. Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce a spodní stavby

Beton: C 30/37-XF3

Návrhová pevnost betonu v tlaku EN 1992-2 čl. 3.1.6

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$		EN 1992-1-1, 3.1.6	
$f_{ck} = 30$	Mpa	EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$\alpha_{cc} = 0,9$		EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota dle NA.2.2 ČSN EN 1992-2
$\gamma_c = 1,5$		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c = 1,2$		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>18,0 Mpa</b>		pro trvalé a dočasné návrhové situace
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	<b>22,5 Mpa</b>		pro mimořádné návrhové situace

Návrhová pevnost betonu v tahu EN 1992-2 čl. 3.1.6

$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ctk0,05} = 2,0$		Mpa	EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$\alpha_{ct} = 1,0$			EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky a účinky ze způsobu zatěžení - hodnota dle NA.2.3 ČSN EN 1992-2
$\gamma_c = 1,5$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c = 1,2$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05} / \gamma_c =$	<b>1,3</b>	<b>Mpa</b>		pro trvalé a dočasné návrhové situace
$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0,05} / \gamma_c =$	<b>1,7</b>	<b>Mpa</b>		pro mimořádné návrhové situace

**Ocel betonářská: B500B****Návrhová pevnost betonářské oceli EN 1992-1-1 čl. 3.2.7, obr 3.8**

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$			EN 1992-1-1, obr 3.8	
$f_{yk} = 500$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost oceli = mez kluzu oceli (ČSN 42 0139) $R_e = f_{yk}$
$\gamma_s = 1,15$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_s = 1,0$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$E_s = 200$	GPa		EN 1992-1-1, 3.2.7	
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 434,8$	Mpa			pro trvalé a dočasné návrhové situace
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500$	Mpa			pro mimořádné návrhové situace

**Krycí vrstva EN 1992-2 Kap. 4.**

Stupeň vlivu prostředí	<b>XD1</b>		EN 1992-1-1, tab 4.1	
<b>S 4</b>			EN 1992-1-1, 4.4.1.2	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1 tab 4.3CZ	návrhová životnost 100 let
0	0			Pevnostní třída < C 40/50
0	0			Konstrukce není desková
-1 třída	-1			Je zajištěna zvláštní kontrola kvality betonu
<b>S 5</b>				<b>výsledná třída konstrukce</b>
Pruty oddělené				Jmenovitý maximální rozměr kameniva ? 32 mm
Průměr/náhradní průměr d = 32	mm			
$c_{min,b} = 32$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.2		minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti
$c_{min,dur} = 40$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N		Minimální krycí vrstva beton. výztuže z hlediska trvanlivosti - SVP XD1
$\Delta c_{dur,y} = 0$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2		přídavná bezpečnostní složka
$\Delta c_{dur,st} = 0$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2		pro korozivzdornou ocel
$\Delta c_{dur,add} = 0$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2		pro beton s ochrannými vrstvami
$\Delta c_{dev} = 10$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.3.		přídavek pro návrhovou odchylku
$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$				
$c_{min} = 40$	mm			
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 50$	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.1		

### 3. Analýza konstrukce

Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z přiložených schémat. Vstupní a výstupní údaje analýzy jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, přednost je dávana grafickému zobrazení před numerickými výstupy. Kompletní data vstupů a výstupů jsou archivována u projektanta.

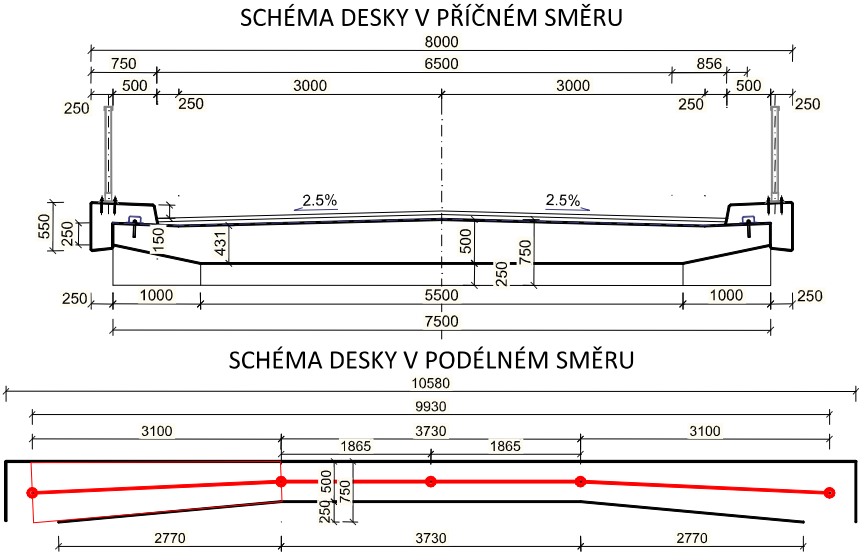
Analýza konstrukce je provedena ve dvou stupních.

Mostovka – desková příčel je modelována samostatně jako 3D prutový rošt pro stanovení příčného rozložení pohyblivého zatížení tj. zjištění rozhodujícího dimenzačního pásu šířky 1,0 m a na něj připadajícího podílu pohyblivého zatížení.

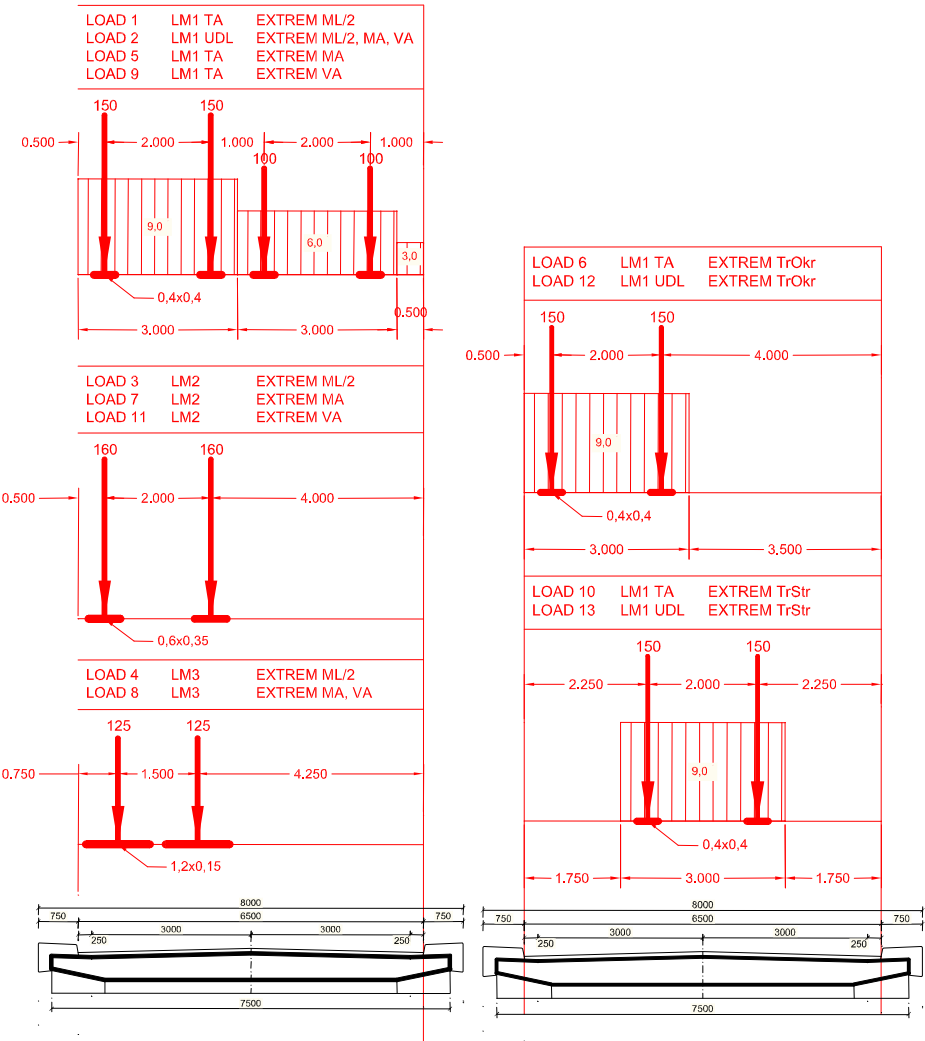
Současně bude model mostovky využit pro ověření příčného směru desky.

Následně je analýza prováděna na 2D prutovém modelu rámu, který představuje výsek šířky 1,0 m. Modely vystihují rozměrové a materiálové charakteristiky konstrukcí, včetně proměnných průřezů nábehů.

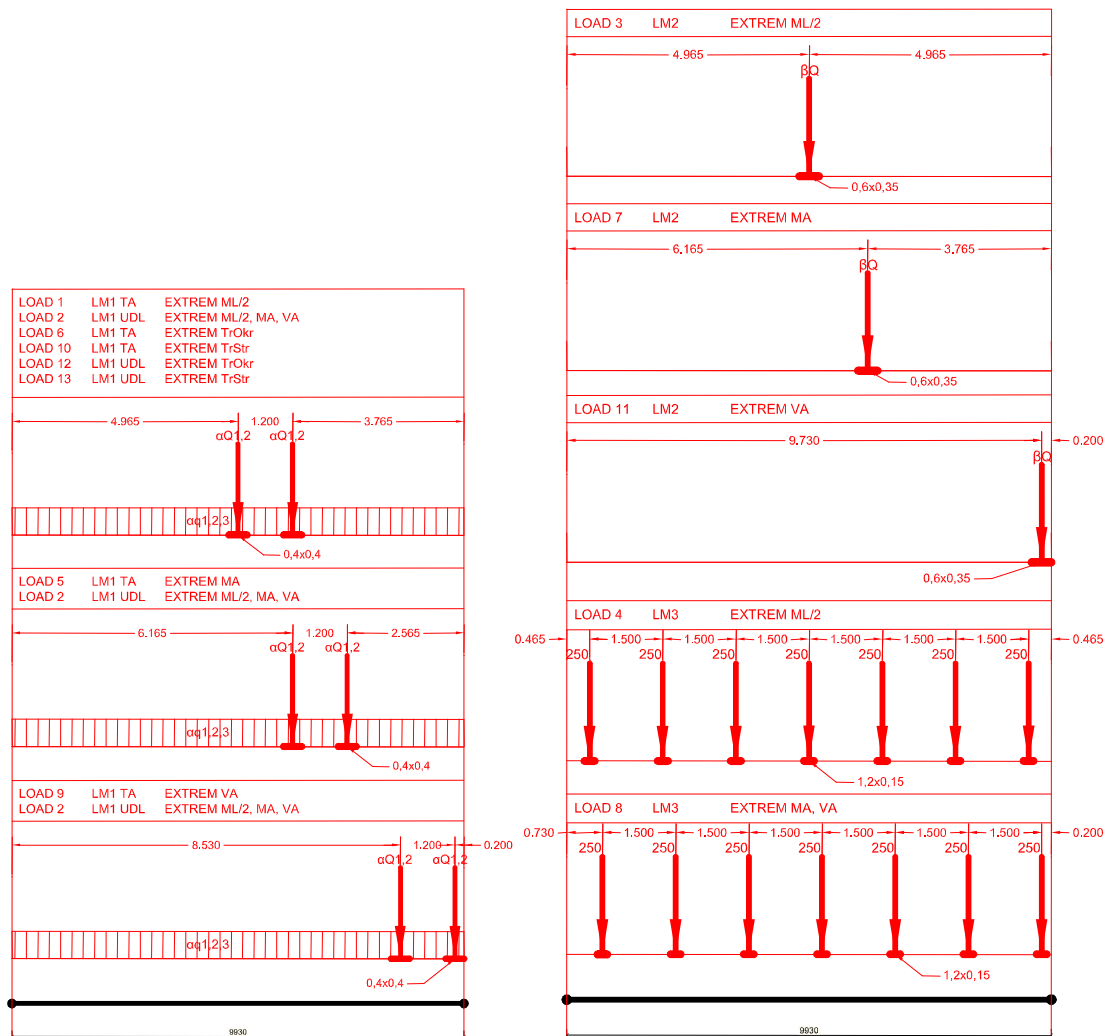
3.1. Analýza desky mostovky



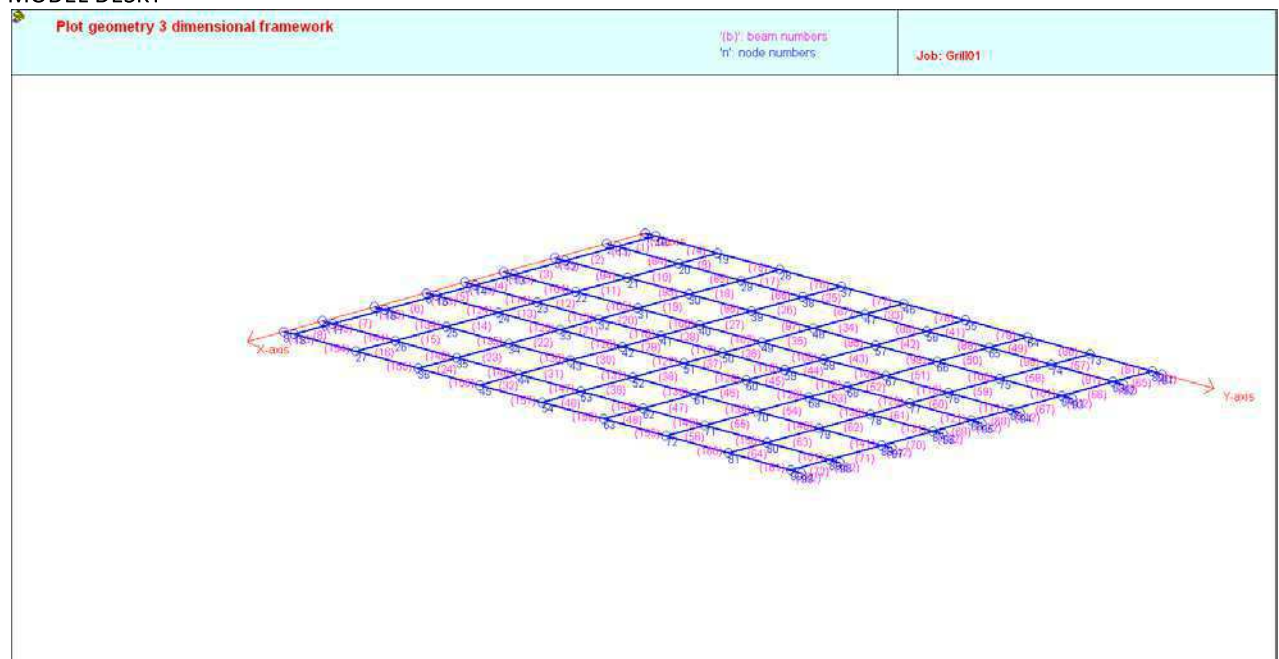
POHYBLIVÉ ZATÍŽENÍ – PŘÍČNÉ POLOHY



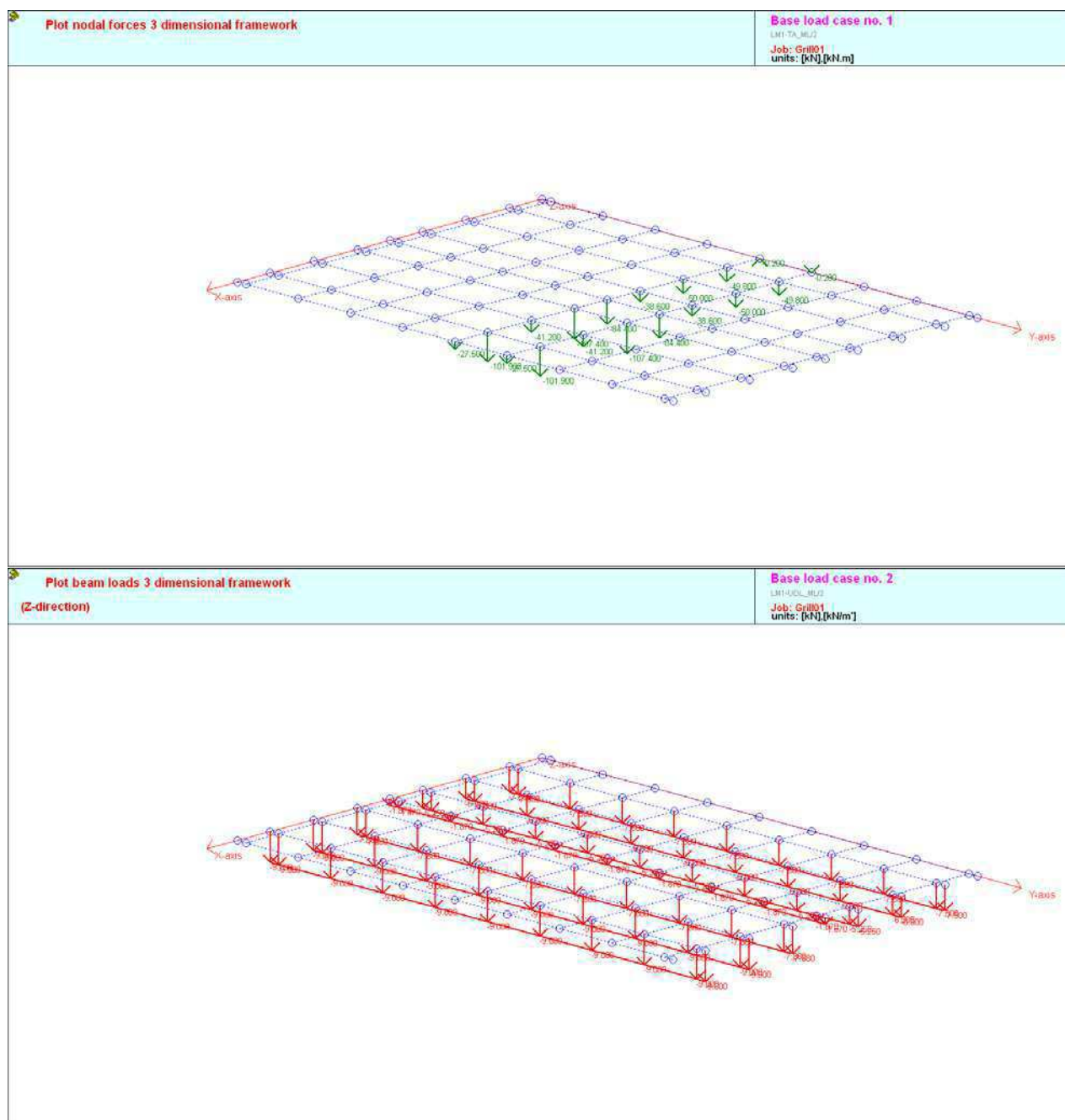
## POHYBLIVÉ ZATÍŽENÍ – PODÉLNÉ POLOHY

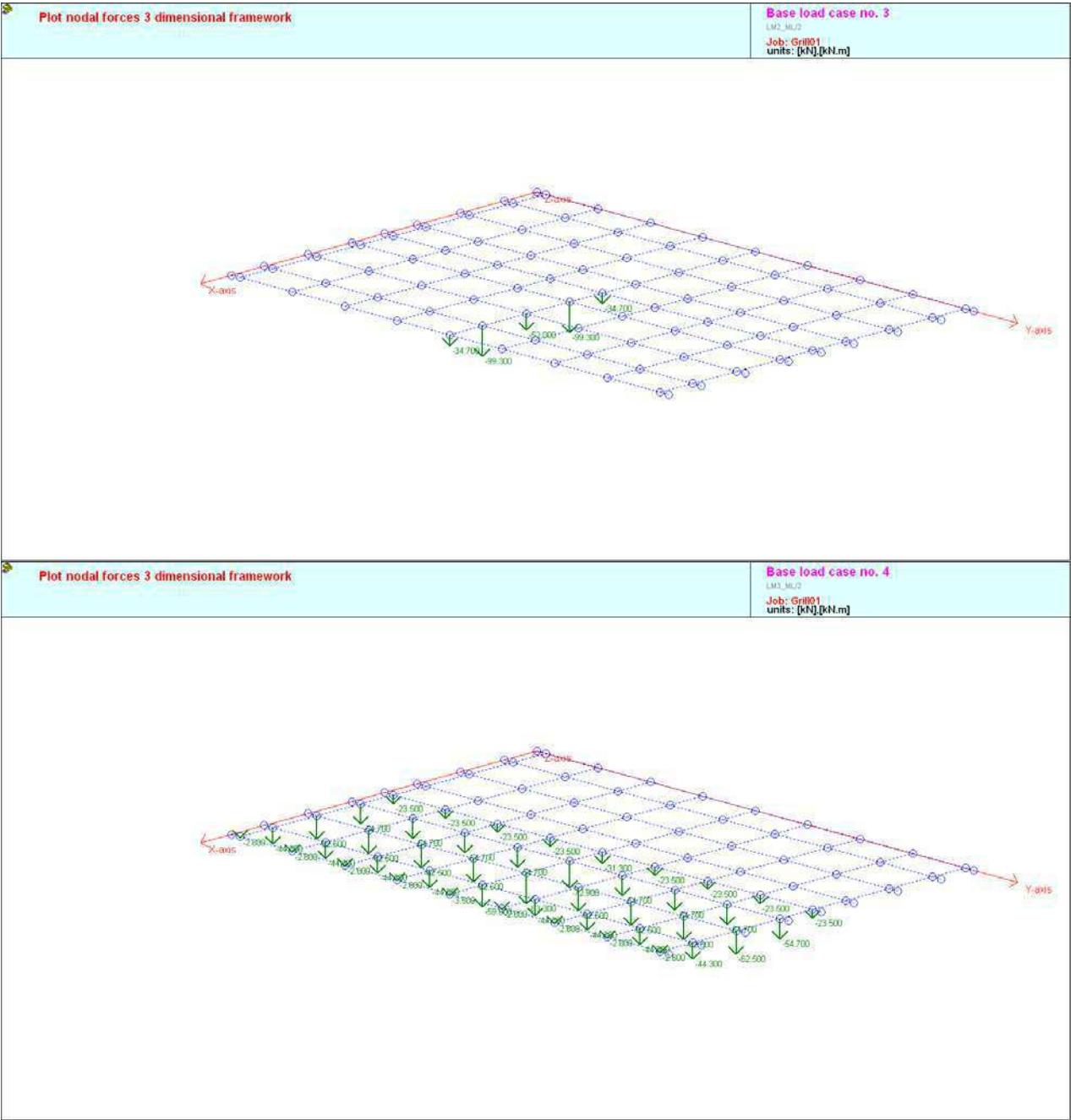


## MODEL DESKY

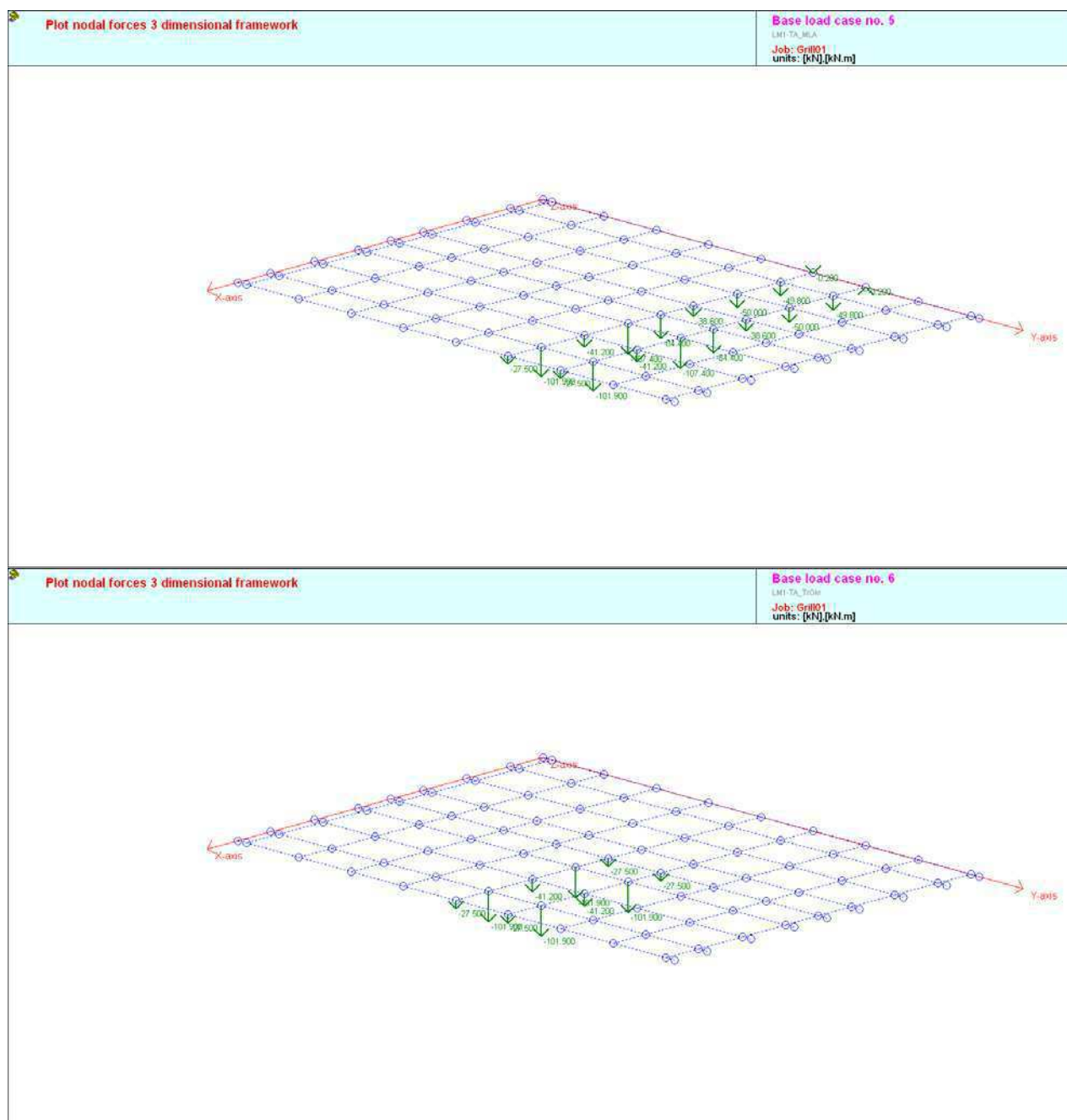


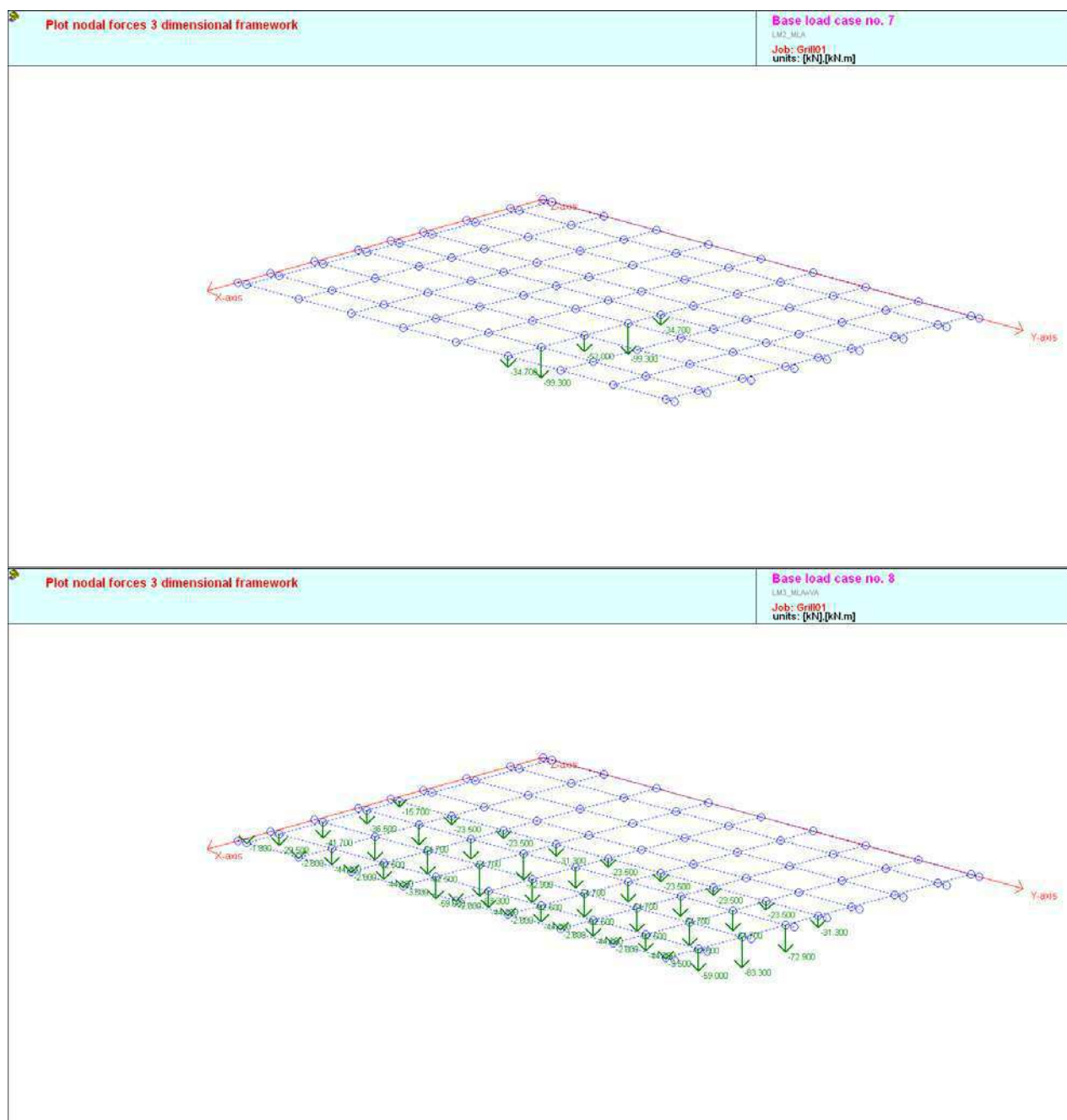
## ZATĚŽOVACÍ STAVY NA MODELU DESKY

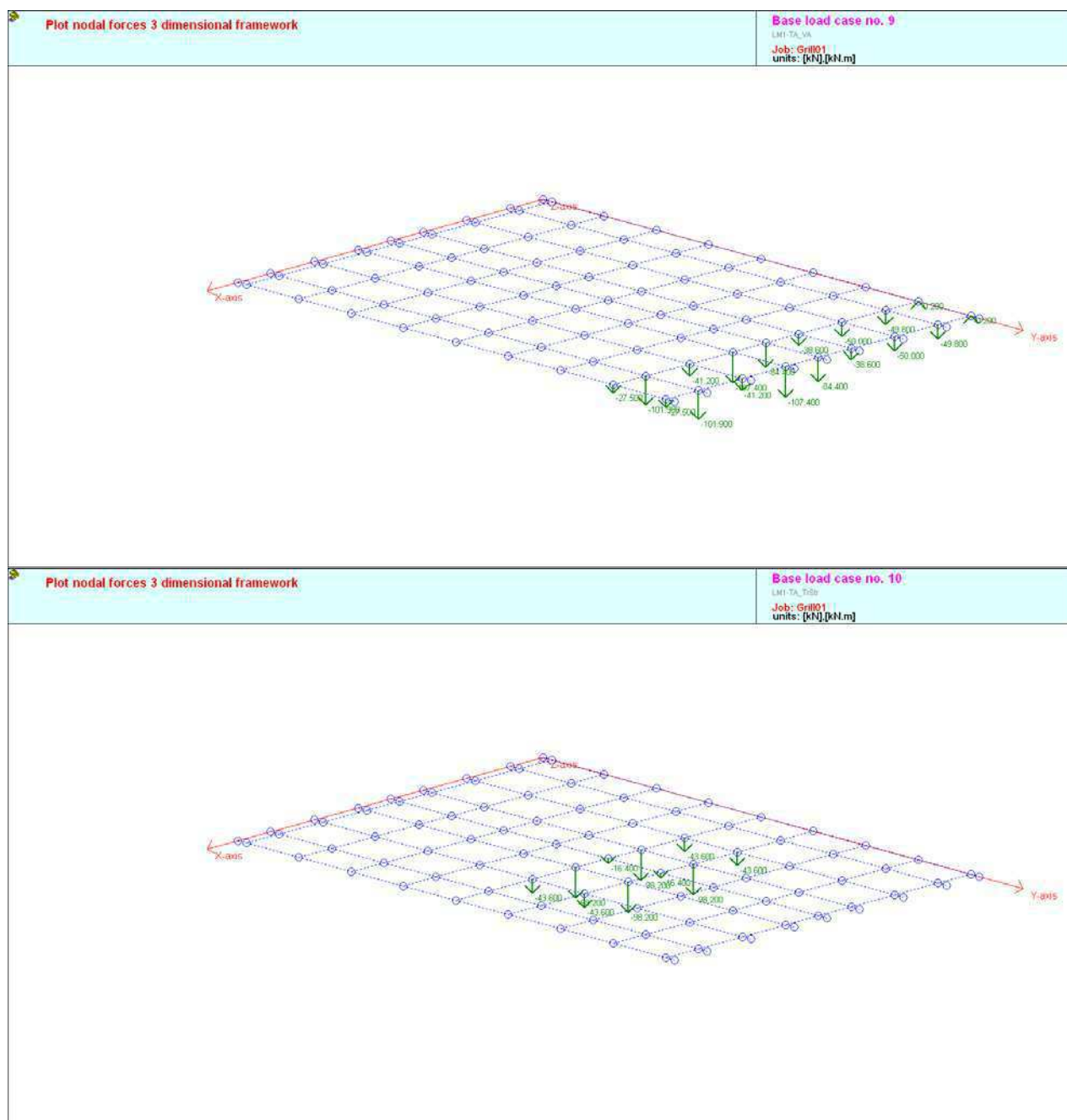


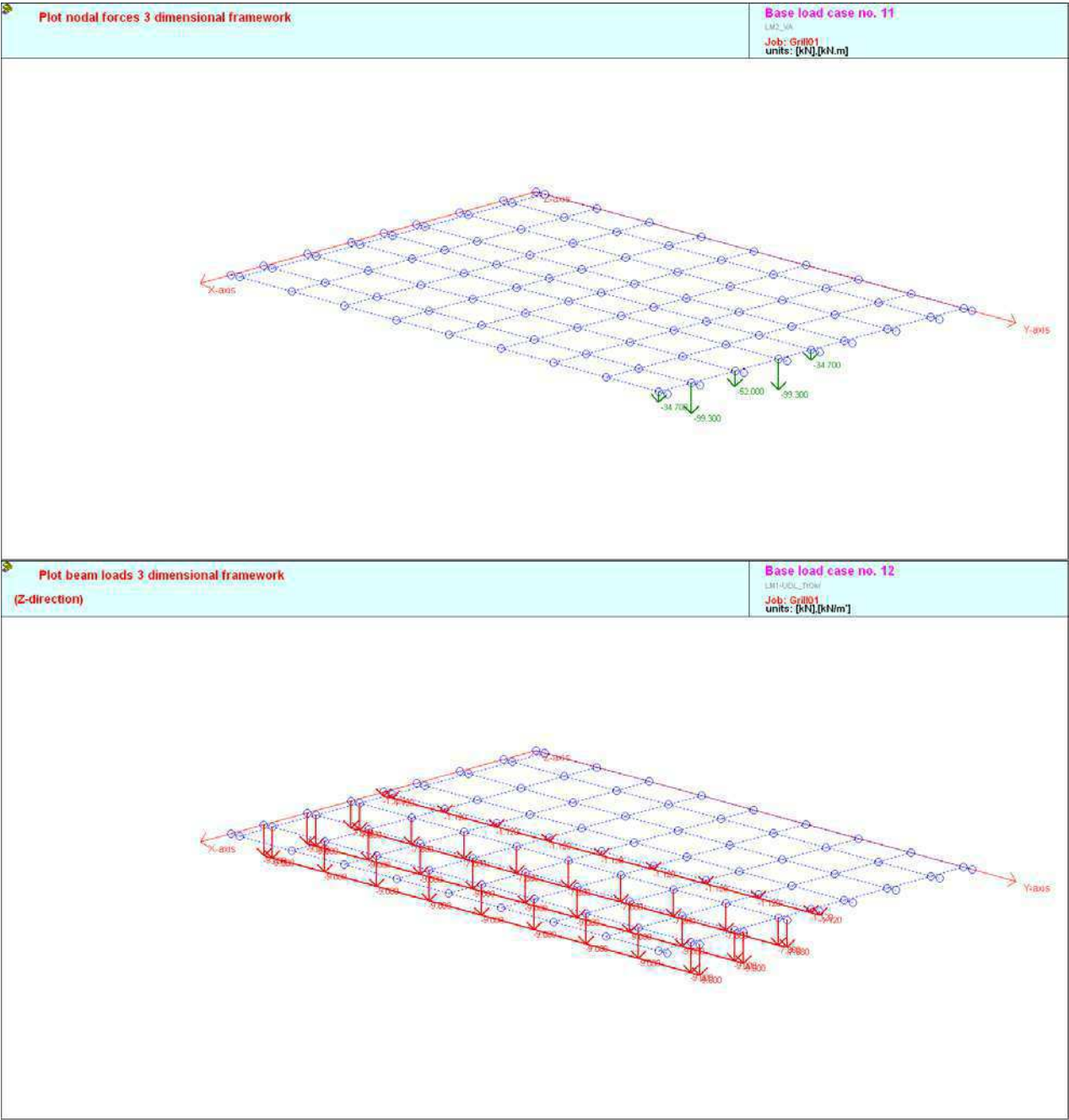


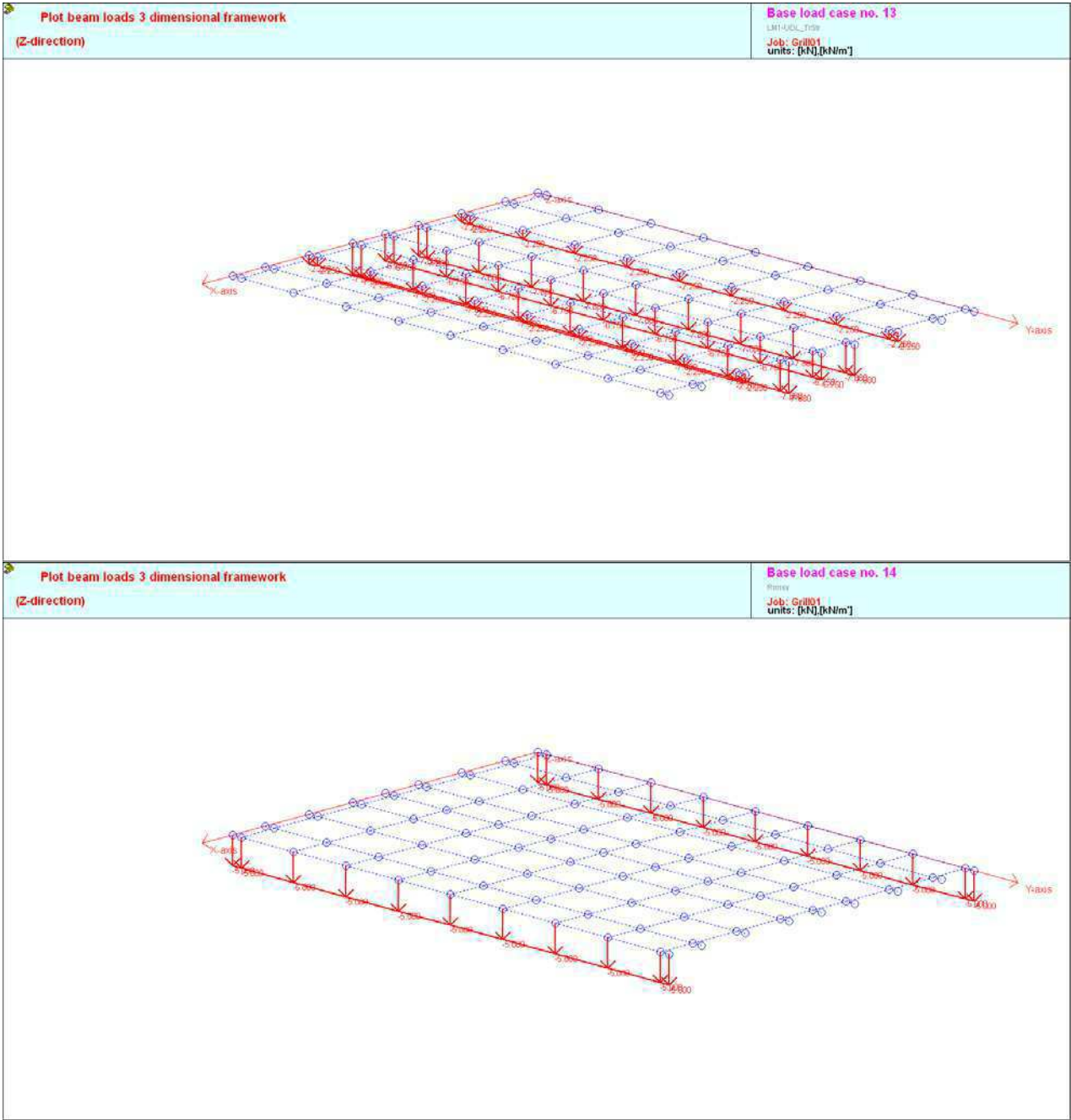












VYHODNOCENÍ MODELU DESKY - STANOVENÍ ROZHODUJÍCÍCH DIMENZAČNÍCH PÁSŮ A JEJICH ZATÍŽENÍ

A. Sestava zatížení gr1a  
Momenty L/2

Load COMBINATION no.: 1

LMI\_ML/2

Base load case numbers : 1(\* 1.000) 2(\* 1.000)

78	Min. moment Y:	-45.218	Max. moment Y:	-44.197
88	Min. moment Y:	-317.397	Max. moment Y:	-308.577
98	Min. moment Y:	-402.923	Max. moment Y:	-388.684
108	Min. moment Y:	-421.784	Max. moment Y:	-405.855
118	Min. moment Y:	-218.582	Max. moment Y:	-210.338
128	Min. moment Y:	-449.379	Max. moment Y:	-431.962
138				

Min. moment Y: -464.769 Max. moment Y: -445.390

148

Min. moment Y: -402.927 Max. moment Y: -385.203

158

Min. moment Y: -62.671 Max. moment Y: -59.821

LM1_ML/2									Model01
Č. styč	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	45,2	317,4	402,9	421,8	218,6	449,4	464,8	402,9	62,7
M1m	90	317	403	422	437	449	465	403	125

**Load COMBINATION no.: 1**

LM1\_ML/2

Base load case numbers : 1(\* 1.000) 2(\* 1.000)

78

Min. moment Y: -11.411 Max. moment Y: -9.524

88

Min. moment Y: -84.571 Max. moment Y: -70.135

98

Min. moment Y: -114.794 Max. moment Y: -95.016

108

Min. moment Y: -129.699 Max. moment Y: -107.852

118

Min. moment Y: -71.293 Max. moment Y: -59.651

128

Min. moment Y: -152.179 Max. moment Y: -126.989

138

Min. moment Y: -163.584 Max. moment Y: -134.976

148

Min. moment Y: -151.622 Max. moment Y: -124.366

158

Min. moment Y: -25.226 Max. moment Y: -20.872

LM1_ML/2									Model02
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	11,4	85	115	130	71,3	152	164	152	25,2
M1m	23	85	115	130	143	152	164	152	50

**Posouvající síly u podpory****Load COMBINATION no.: 3**

LM1\_VA

Base load case numbers : 2(\* 1.000) 9(\* 1.000)

82

Min. shear force Z: -2.877 Max. shear force Z: -2.877

92

Min. shear force Z: 113.536 Max. shear force Z: 115.036

102

Min. shear force Z: 129.544 Max. shear force Z: 130.744

112

Min. shear force Z: 150.371 Max. shear force Z: 151.421

122

Min. shear force Z: 121.212 Max. shear force Z: 121.586

132

Min. shear force Z: 206.382 Max. shear force Z: 207.958

142

Min. shear force Z: 168.432 Max. shear force Z: 170.232

152

Min. shear force Z: 190.112 Max. shear force Z: 191.912

162

Min. shear force Z: 68.329 Max. shear force Z: 68.329

LM1_TA									Model01
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Vmod	-2,9	115	131	151	121,6	208	170,2	192	68,3
V1m	-6	115	131	151	243	208	170	192	137

**Load COMBINATION no.: 3**

LM1\_VA

Base load case numbers : 2(\* 1.000) 9(\* 1.000)

82

Min. shear force Z: 10.990 Max. shear force Z: 10.990

**92**

Min. shear force Z: 111.685 Max. shear force Z: 113.185

**102**

Min. shear force Z: 130.656 Max. shear force Z: 131.856

**112**

Min. shear force Z: 140.151 Max. shear force Z: 141.201

**122**

Min. shear force Z: 142.152 Max. shear force Z: 142.526

**132**

Min. shear force Z: 230.204 Max. shear force Z: 231.780

**142**

Min. shear force Z: 160.570 Max. shear force Z: 162.370

**152**

Min. shear force Z: 214.973 Max. shear force Z: 216.773

**162**

Min. shear force Z: 65.349 Max. shear force Z: 65.349

**Momenty ve vetknutí****Load COMBINATION no.: 2**

LM1\_MA

**Base load case numbers : 2(\* 1.000) 5(\* 1.000)****82**

Min. moment Y: 46.839 Max. moment Y: 49.865

**92**

Min. moment Y: 183.866 Max. moment Y: 200.239

**102**

Min. moment Y: 244.796 Max. moment Y: 269.392

**112**

Min. moment Y: 281.460 Max. moment Y: 310.653

**122**

Min. moment Y: 152.869 Max. moment Y: 168.570

**132**

Min. moment Y: 327.948 Max. moment Y: 360.919

**142**

Min. moment Y: 349.525 Max. moment Y: 386.986

**152**

Min. moment Y: 324.565 Max. moment Y: 356.996

**162**

Min. moment Y: 95.966 Max. moment Y: 106.842

LM1_MA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	50	200	269	311	169	361	387	357	107
M1m	100	200	269	311	338	361	387	357	214

**B. Sestava zatížení gr1b****Momenty L/2****Base load case no.: 3**

LM2\_ML/2

**78**

Min. moment Y: -7.188 Max. moment Y: -6.620

**88**

Min. moment Y: -55.355 Max. moment Y: -54.223

**98**

Min. moment Y: -81.801 Max. moment Y: -78.185

**108**

Min. moment Y: -102.478 Max. moment Y: -88.393

**118**

Min. moment Y: -62.110 Max. moment Y: -46.609

**128**

Min. moment Y: -143.278 Max. moment Y: -100.496

**138**

Min. moment Y: -161.420 Max. moment Y: -115.599

**148**

Min. moment Y: -159.650 Max. moment Y: -101.431

**158**

Min. moment Y: -28.420 Max. moment Y: -14.744

LM2_ML/2									Model01
Č. styč	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	7,1	55,4	81,8	102,5	62,1	143,3	161,4	159,7	28,4
M1m	14	55	82	103	124	143	161	160	57

**Base load case no.: 3**



LM2\_ML/2

78

Min. moment Y: 0.113 Max. moment Y: 0.643

88

Min. moment Y: -3.161 Max. moment Y: -1.888

98

Min. moment Y: -13.604 Max. moment Y: -10.817

108

Min. moment Y: -30.543 Max. moment Y: -17.157

118

Min. moment Y: -24.968 Max. moment Y: -9.575

128

Min. moment Y: -66.632 Max. moment Y: -23.570

138

Min. moment Y: -81.123 Max. moment Y: -34.642

148

Min. moment Y: -90.095 Max. moment Y: -31.158

158

Min. moment Y: -17.756 Max. moment Y: -3.997

## Posouvající síly u podpory

## Base load case no.: 11

LM2\_VA

82

Min. shear force Z: -2.579 Max. shear force Z: -2.579

92

Min. shear force Z: 0.962 Max. shear force Z: 0.962

102

Min. shear force Z: -0.226 Max. shear force Z: -0.226

112

Min. shear force Z: 8.300 Max. shear force Z: 8.300

122

Min. shear force Z: 31.433 Max. shear force Z: 31.433

132

Min. shear force Z: 87.677 Max. shear force Z: 87.677

142

Min. shear force Z: 59.729 Max. shear force Z: 59.729

152

Min. shear force Z: 91.396 Max. shear force Z: 91.396

162

Min. shear force Z: 36.909 Max. shear force Z: 36.909

LM2_TA									Model01
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Vmod	-2,6	1	-0,3	8,3	31,4	88	59,7	91,4	37
V1m	-5	1	0	8	63	88	60	91	74

## Base load case no.: 11

LM2\_VA

82

Min. shear force Z: -0.071 Max. shear force Z: -0.071

92

Min. shear force Z: -0.001 Max. shear force Z: -0.001

102

Min. shear force Z: -0.328 Max. shear force Z: -0.328

112

Min. shear force Z: 1.520 Max. shear force Z: 1.520

122

Min. shear force Z: 34.102 Max. shear force Z: 34.102

132

Min. shear force Z: 97.573 Max. shear force Z: 97.573

142

Min. shear force Z: 53.897 Max. shear force Z: 53.897

152

Min. shear force Z: 97.905 Max. shear force Z: 97.905

162

Min. shear force Z: 35.215 Max. shear force Z: 35.215

## Momenty ve vetknutí

## Base load case no.: 7

LM2\_MLA

82

Min. moment Y: -3.441 Max. moment Y: -2.052

92

Min. moment Y: 4.153 Max. moment Y: 4.998

102

Min. moment Y: 29.192 Max. moment Y: 30.949

112



Min. moment Y:	55.799	Max. moment Y:	61.025
<b>122</b>			
Min. moment Y:	38.672	Max. moment Y:	41.874
<b>132</b>			
Min. moment Y:	99.500	Max. moment Y:	107.439
<b>142</b>			
Min. moment Y:	127.295	Max. moment Y:	139.080
<b>152</b>			
Min. moment Y:	134.523	Max. moment Y:	146.514
<b>162</b>			
Min. moment Y:	42.455	Max. moment Y:	47.738

**C. Sestava zatížení gr5****Momenty L/2****Base load case no.: 4**

LM3\_ML/2

<b>78</b>									
Min. moment Y:	-25.174	Max. moment Y:	-24.307						
<b>88</b>									
Min. moment Y:	-189.124	Max. moment Y:	-188.554						
<b>98</b>									
Min. moment Y:	-268.368	Max. moment Y:	-257.450						
<b>108</b>									
Min. moment Y:	-305.782	Max. moment Y:	-287.121						
<b>118</b>									
Min. moment Y:	-166.954	Max. moment Y:	-154.675						
<b>128</b>									
Min. moment Y:	-361.385	Max. moment Y:	-331.688						
<b>138</b>									
Min. moment Y:	-397.421	Max. moment Y:	-360.623						
<b>148</b>									
Min. moment Y:	-356.610	Max. moment Y:	-320.550						
<b>158</b>									
Min. moment Y:	-55.848	Max. moment Y:	-49.965						

LM3_ML/2									Model01
Č. styč	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	25,2	189,1	268,4	305,8	167	361,4	397,4	356,6	55,8
M1m	<b>50</b>	<b>189</b>	<b>268</b>	<b>306</b>	<b>334</b>	<b>361</b>	<b>397</b>	<b>357</b>	<b>112</b>

**Base load case no.: 4**

LM3\_ML/2

<b>78</b>									
Min. moment Y:	-0.232	Max. moment Y:	0.590						
<b>88</b>									
Min. moment Y:	-11.207	Max. moment Y:	-11.126						
<b>98</b>									
Min. moment Y:	-38.500	Max. moment Y:	-30.103						
<b>108</b>									
Min. moment Y:	-65.030	Max. moment Y:	-48.300						
<b>118</b>									
Min. moment Y:	-43.130	Max. moment Y:	-31.044						
<b>128</b>									
Min. moment Y:	-106.503	Max. moment Y:	-75.790						
<b>138</b>									
Min. moment Y:	-130.870	Max. moment Y:	-92.055						
<b>148</b>									
Min. moment Y:	-125.817	Max. moment Y:	-87.744						
<b>158</b>									
Min. moment Y:	-20.458	Max. moment Y:	-14.370						

LM3_ML/2									Model02
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	-0,6	11,1	30,1	48	31	76	92	88	14,4
M1m	<b>-1</b>	<b>11</b>	<b>30</b>	<b>48</b>	<b>62</b>	<b>76</b>	<b>92</b>	<b>88</b>	<b>29</b>

**Posouvající síly u podpory****Base load case no.: 8**

LM3\_MLA=VA

<b>82</b>									
Min. shear force Z:	-81.705	Max. shear force Z:	-81.705						
<b>92</b>									
Min. shear force Z:	50.838	Max. shear force Z:	50.838						
<b>102</b>									

Min. shear force Z: 49.408 Max. shear force Z: 49.408  
**112**  
 Min. shear force Z: 123.714 Max. shear force Z: 123.714  
**122**  
 Min. shear force Z: 83.122 Max. shear force Z: 83.122  
**132**  
 Min. shear force Z: 172.333 Max. shear force Z: 172.333  
**142**  
 Min. shear force Z: 243.451 Max. shear force Z: 243.451  
**152**  
 Min. shear force Z: 180.722 Max. shear force Z: 180.722  
**162**  
 Min. shear force Z: 105.934 Max. shear force Z: 105.934

LM3_TA										Model01
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162	
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	
Vmod	-82	51	49,4	123,7	83,1	172	243,5	181	106	
V1m	<b>-164</b>	<b>51</b>	<b>49</b>	<b>124</b>	<b>166</b>	<b>172</b>	<b>244</b>	<b>181</b>	<b>212</b>	

**Base load case no.: 8**

LM3\_MLA=VA

**82**  
 Min. shear force Z: -16.351 Max. shear force Z: -16.351  
**92**  
 Min. shear force Z: -7.487 Max. shear force Z: -7.487  
**102**  
 Min. shear force Z: 26.910 Max. shear force Z: 26.910  
**112**  
 Min. shear force Z: 82.318 Max. shear force Z: 82.318  
**122**  
 Min. shear force Z: 87.793 Max. shear force Z: 87.793  
**132**  
 Min. shear force Z: 213.521 Max. shear force Z: 213.521  
**142**  
 Min. shear force Z: 264.947 Max. shear force Z: 264.947  
**152**  
 Min. shear force Z: 216.312 Max. shear force Z: 216.312  
**162**  
 Min. shear force Z: 57.156 Max. shear force Z: 57.156

LM3_TA										Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162	
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	
Vmod	-16,3	-7,5	26,9	82,3	87,8	213,5	265	216,3	57	
V1m	<b>-33</b>	<b>-8</b>	<b>27</b>	<b>82</b>	<b>176</b>	<b>214</b>	<b>265</b>	<b>216</b>	<b>114</b>	

**Momenty ve vetknutí****Base load case no.: 8**

LM3\_MLA=VA

**82**  
 Min. moment Y: -5.261 Max. moment Y: -1.991  
**92**  
 Min. moment Y: 22.672 Max. moment Y: 24.169  
**102**  
 Min. moment Y: 88.417 Max. moment Y: 93.799  
**112**  
 Min. moment Y: 160.729 Max. moment Y: 177.193  
**122**  
 Min. moment Y: 108.920 Max. moment Y: 126.478  
**132**  
 Min. moment Y: 272.632 Max. moment Y: 315.337  
**142**  
 Min. moment Y: 323.403 Max. moment Y: 376.392  
**152**  
 Min. moment Y: 311.395 Max. moment Y: 354.658  
**162**  
 Min. moment Y: 92.837 Max. moment Y: 104.268

LM3_MA										Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162	
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5	
Mmod	-2	24	94	177	126,5	315	376,4	355	104	
M1m	<b>-4</b>	<b>24</b>	<b>94</b>	<b>177</b>	<b>253</b>	<b>315</b>	<b>376</b>	<b>355</b>	<b>208</b>	

## D. Stálé zatížení od říms

## Momenty L/2

Model01

## Base load case no.: 14

Rimsy

78									
Min. moment Y:	-3.008	Max. moment Y:	-2.016						
88									
Min. moment Y:	-17.661	Max. moment Y:	-16.410						
98									
Min. moment Y:	-19.617	Max. moment Y:	-18.472						
108									
Min. moment Y:	-18.482	Max. moment Y:	-17.626						
118									
Min. moment Y:	-9.090	Max. moment Y:	-8.752						
128									
Min. moment Y:	-18.482	Max. moment Y:	-17.626						
138									
Min. moment Y:	-19.617	Max. moment Y:	-18.472						
148									
Min. moment Y:	-17.661	Max. moment Y:	-16.410						
158									
Min. moment Y:	-3.008	Max. moment Y:	-2.016						

Model02

## Base load case no.: 14

Rimsy

78									
Min. moment Y:	-1.260	Max. moment Y:	-0.240						
88									
Min. moment Y:	-5.644	Max. moment Y:	-4.180						
98									
Min. moment Y:	-4.543	Max. moment Y:	-3.428						
108									
Min. moment Y:	-3.106	Max. moment Y:	-2.426						
118									
Min. moment Y:	-1.362	Max. moment Y:	-1.142						
128									
Min. moment Y:	-3.106	Max. moment Y:	-2.426						
138									
Min. moment Y:	-4.543	Max. moment Y:	-3.428						
148									
Min. moment Y:	-5.644	Max. moment Y:	-4.180						
158									
Min. moment Y:	-1.260	Max. moment Y:	-0.240						

## Stanovení zatížení pro dimenzační pás š. 1 m

## Moment v L/2

## Rimsy

Rimsy_ML/2									Model01
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	3	17,7	19,7	18,5	9,1	18,5	19,7	17,7	3
M1m	6	18	20	19	18	19	20	18	6
Rimsy_ML/2									Model02
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	1,3	5,6	4,5	3,1	1,4	3,1	4,5	5,6	1,3
M1m	3	6	5	3	3	3	5	6	3
Rimsy_ML/2									
š. desky	celkem	7,5 m							
M1+2	celkem	79 kNm							
M1+2	1m	12 kNm		Podíl	15,38%				
q	celkem	10,0 kN/m		1m	1,5 kN/m				

## Posouvající síly u podpory

## Base load case no.: 14

Rimsy

82

Min. shear force Z:	9.937	Max. shear force Z:	10.937
92			
Min. shear force Z:	9.620	Max. shear force Z:	9.620
102			
Min. shear force Z:	3.502	Max. shear force Z:	3.502
112			
Min. shear force Z:	1.128	Max. shear force Z:	1.128
122			
Min. shear force Z:	-0.376	Max. shear force Z:	-0.376
132			
Min. shear force Z:	1.128	Max. shear force Z:	1.128
142			
Min. shear force Z:	3.502	Max. shear force Z:	3.502
152			
Min. shear force Z:	9.620	Max. shear force Z:	9.620
162			
Min. shear force Z:	9.937	Max. shear force Z:	10.937

## Stanovení zatížení pro dimenzační pás š. 1 m

## Posouvající síla u podpory

## Rimsy

Rimsy_VA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Vmod	10,9	9,6	3,5	1,1	-0,4	1,1	3,5	9,6	10,9
V1m	22	10	4	1	-1	1	4	10	22
Rimsy_VA									
Š. desky	celkem	7,5 m							
V2	celkem	50 kN							
V2	1m	-1 kN		Podíl	-1,61%				
q	celkem	10,0 kN/m		1m	-0,2 kN/m				

## Momenty ve vetknutí

## Base load case no.: 14

## Rimsy

82			
Min. moment Y:	7.394	Max. moment Y:	9.481
92			
Min. moment Y:	16.818	Max. moment Y:	18.742
102			
Min. moment Y:	10.818	Max. moment Y:	11.518
112			
Min. moment Y:	6.674	Max. moment Y:	6.899
122			
Min. moment Y:	2.827	Max. moment Y:	2.903
132			
Min. moment Y:	6.674	Max. moment Y:	6.899
142			
Min. moment Y:	10.818	Max. moment Y:	11.518
152			
Min. moment Y:	16.818	Max. moment Y:	18.742
162			
Min. moment Y:	7.394	Max. moment Y:	9.481

## Stanovení zatížení pro dimenzační pás š. 1 m

## Moment v podpoře

## Rimsy

Rimsy_MA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	9,5	18,7	11,5	6,9	2,9	6,9	11,5	18,7	9,5
M1m	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
Rimsy_MA									
Š. desky	celkem	7,5 m							
M2	celkem	96 kNm							
M2	1m	12 kNm		Podíl	11,97%				
<b>q</b>	celkem	10,0 kN/m		<b>1m</b>	<b>1,2 kN/m</b>				

**Stanovení zatížení pro Momenty L/2 na dimenzační pás š. 1 m**Rozhodující zatížení (viz předchozí data): **Seskupení gr1a (LM1)**

Zatížení pro dimenzační pás bude vyhodnoceno jako průměr pro Model01 (prosté podepření) a Model02 (vetknutí).

Stanovení zatížení pro dimenzační pás š. 1 m									
Moment v L/2									gr1a
LM1-TA_ML/2									Model01
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	35	246	315	332	173	358	371	324	51
M1m	70	246	315	332	346	358	371	324	102
LM1-TA_ML/2									Model02
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	9	69	95	109	61	131	141	131	22
M1m	18	69	95	109	122	131	141	131	44
LM1-TA_ML/2									
Š. desky	celkem	7,5 m							
M1+2	celkem	1487 kNm							
M1+2	1m	256 kNm			Podíl	17,22%			
Q	celkem	500 kN			1m	86 kN			
LM1-UDL_ML/2									Model01
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	11	72	88	90	45	92	94	79	12
M1m	22	72	88	90	90	92	94	79	24
LM1-UDL_ML/2									Model02
Č. prutu	78	88	98	108	118	128	138	148	158
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	2	16	19	20	11	22	23	20	3
M1m	4	16	19	20	22	22	23	20	6
LM1-UDL_ML/2									
Š. desky	celkem	7,5 m							
M1+2	celkem	360 kNm							
M1+2	1m	59 kNm			Podíl	16,27%			
q	celkem	46,5 kN/m			1m	7,6 kN/m			

**Stanovení zatížení pro Momenty v podpoře na dimenzační pás š. 1 m**Rozhodující zatížení (viz předchozí data): **Seskupení gr1a (LM1)**

Zatížení pro dimenzační pás bude vyhodnoceno pro Model02 (vetknutí).

Stanovení zatížení pro dimenzační pás š. 1 m									
Moment v podpoře									gr1a
LM1-TA_MA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	37	150	210	248	136	291	314	292	89
M1m	74	150	210	248	272	291	314	292	178
LM1-TA_MA									
Š. desky	celkem	7,5 m							
M2	celkem	1767 kNm							
M2	1m	314 kNm		Podíl	17,77%				
Q	celkem	500 kN		1m	89 kN				
LM1-UDL_MA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Mmod	13,3	50	60	63	33	70	74	65	18
M1m	27	50	60	63	66	70	74	65	36
LM1-UDL_MA									
Š. desky	celkem	7,5 m							
M2	celkem	446 kNm							
M2	1m	74 kNm		Podíl	16,58%				
q	celkem	46,5 kN/m		1m	7,7 kN/m				

**Stanovení zatížení pro Posouvající síly u podpory na dimenzační pás š. 1 m**Rozhodující zatížení (viz předchozí data): **Seskupení gr1a (LM1)**

Zatížení pro dimenzační pás bude vyhodnoceno pro Model02 (vetknutí).

## Stanovení zatížení pro dimenzační pás š. 1 m

## Posouvající síla u podpory

gr1a

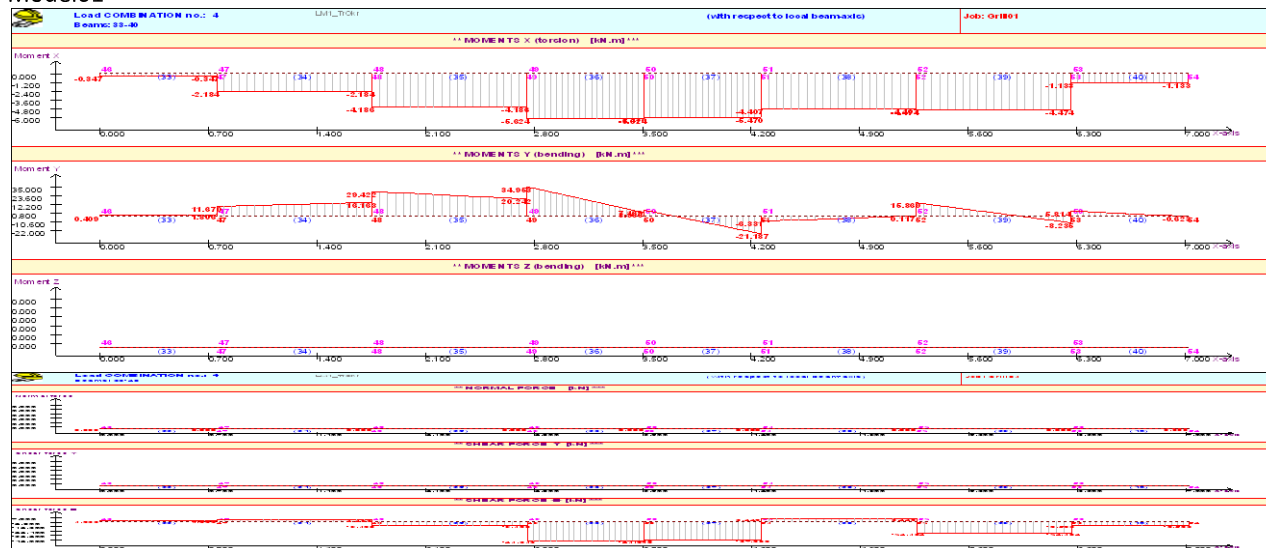
LM1-TA_VA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Vmod	5,5	87	101	110	126,8	195	121	181	56,8
V1m	11	87	101	110	254	195	121	181	114
LM1-TA_VA									
Š. desky	celkem	7,5 m							
V2	celkem	984 kN							
V2	1m	254 kN			Podíl	25,77%			
Q	celkem	500 kN			1m	129 kN			

LM1-UDL_VA									Model02
Č. prutu	82	92	102	112	122	132	142	152	162
š. pásu	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1	0,5
Vmod	5,5	26,9	31,2	31,6	15,7	36,8	41	35	8,5
V1m	11	27	31	32	31	37	41	35	17
LM1-UDL_VA									
Š. desky	celkem	7,5 m							
V2	celkem	232 kN							
V2	1m	31 kN			Podíl	13,52%			
q	celkem	46,5 kN/m			1m	6,3 kN/m			

## VYHODNOCENÍ MODELU DESKY - STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL V PŘÍČNÉM SMĚRU

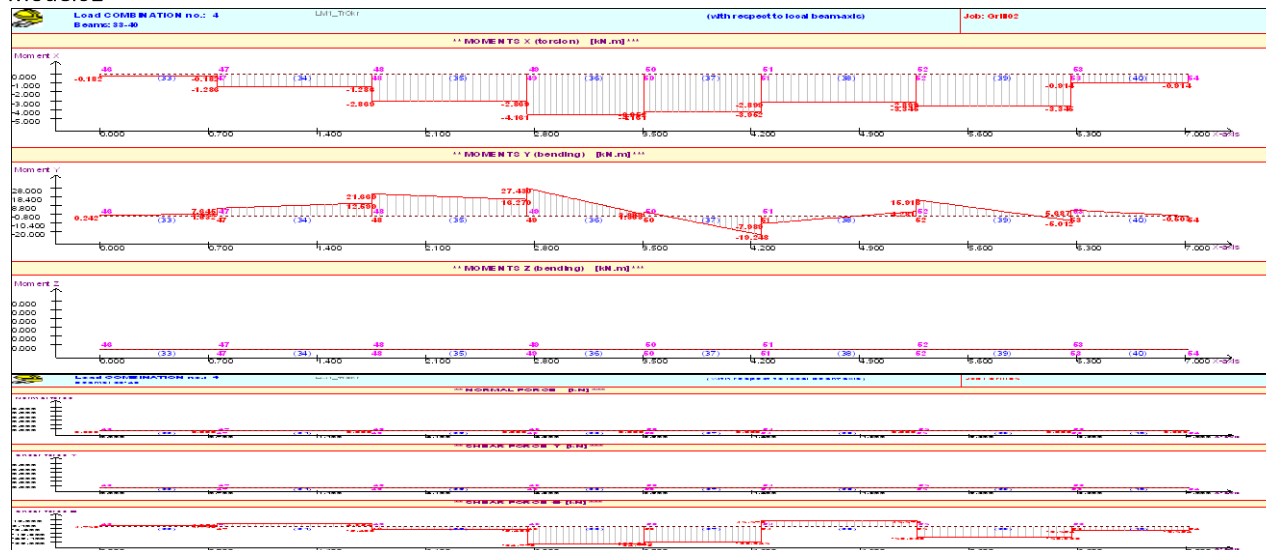
## A. Zatěžovací model LM1 – postavení v krajním pruhu

## Model01





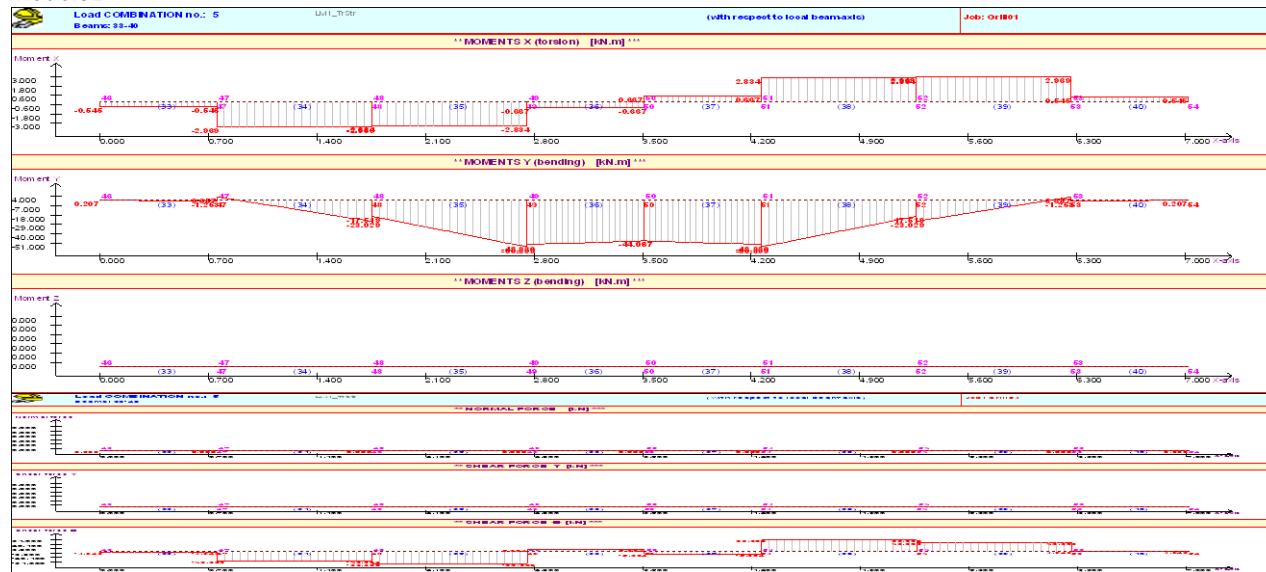
## Model02



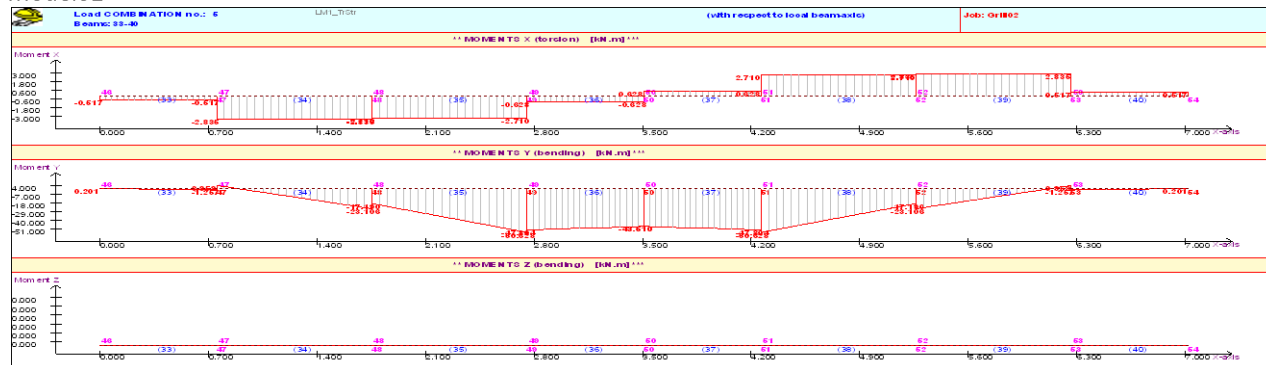
		Model01	Model02	Dim. hodnota
<b>Mmin</b>	(model š. 1,2 m)	-35,0 kNm	-27,4 kNm	
	š. 1 m	-29,2 kNm	-22,8 kNm	<b>-26,0 kNm</b>
<b>Vmax</b>	(model š. 1,2 m)	41,3 kN	34,8 kN	
	š. 1 m	34,4 kN	29,0 kN	<b>31,7 kN</b>

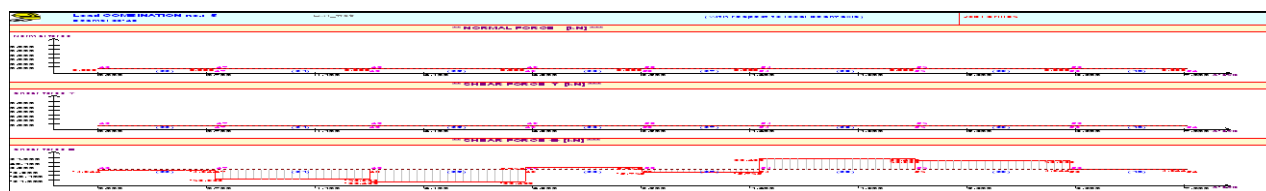
## B. Zatěžovací model LM1 – postavení v podélné ose

## Model01



## Model02

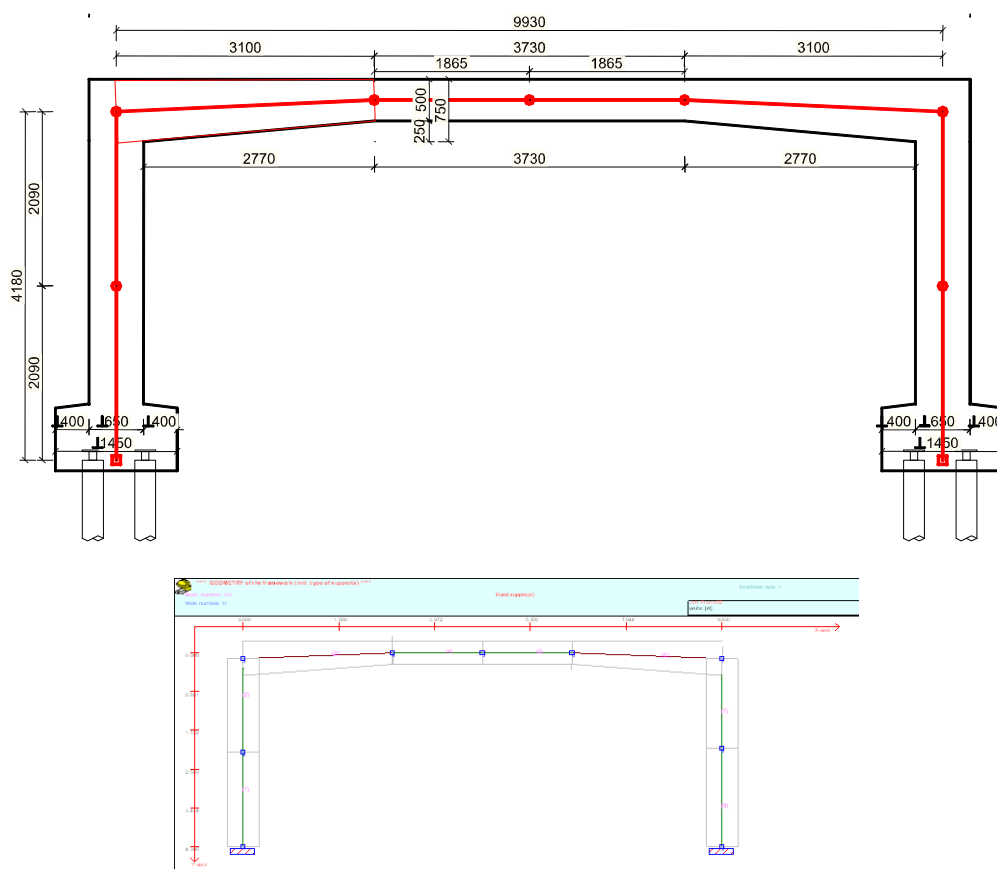




		Model01	Model02	Dim. hodnota
<b>Mmax</b>	(model š. 1,2 m)	50,9 kNm	50,6 kNm	
	š. 1 m	42,4 kNm	42,2 kNm	<b>42,3 kNm</b>
<b>Vmax</b>	(model š. 1,2 m)	33,4 kN	33,4 kN	
	š. 1 m	27,8 kN	27,8 kN	<b>27,8 kN</b>

### 3.2. Analýza rámu v podélném směru – popis modelu

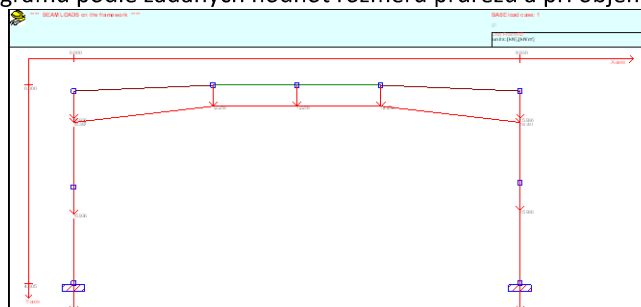
Model rámu je prutový 2D, elastický. Modelován je výsek rámu o šířce 1 m. Rozměry a složení modelu viz obrázek.



### 3.3. Zatížení konstrukce rámu v podélném směru

LOAD 1 – VLASTNÍ TÍHA – g0

Výpočet je proveden v programu podle zadaných hodnot rozměrů průřezu a při objemové tíze betonu 25 kN/m<sup>3</sup>.

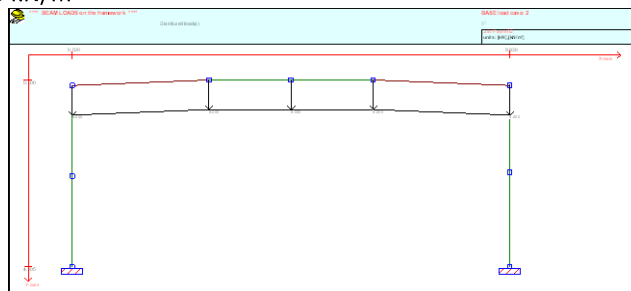


**LOAD 2 – STÁLÉ ZATÍŽENÍ – g1**

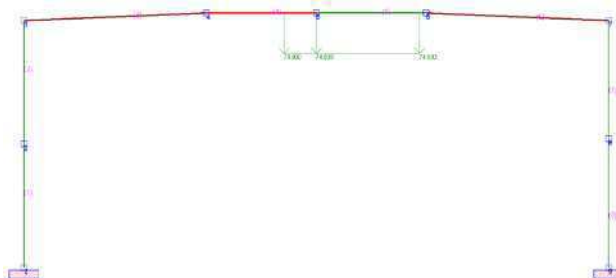
Stálé připadající na dimenzační pruh šířky 1 m je složeno ze dvou částí:

- a) rovnoměrné na celé ploše (vrstvy vozovky a izolace)  $g1a: 0,14 \times 25 = 3,5 \text{ kN/m}$
- b) podíl připadající z říms a zábradlí (viz 3.1)  $g1b: 1,5 \text{ kN/m}$

Celkem:  $g1 = 3,5 + 1,5 = 5,0 \text{ kN/m}$

**LOAD 3 – POHYBLIVÉ – gr1a (LM1-TA) pro ML/2**

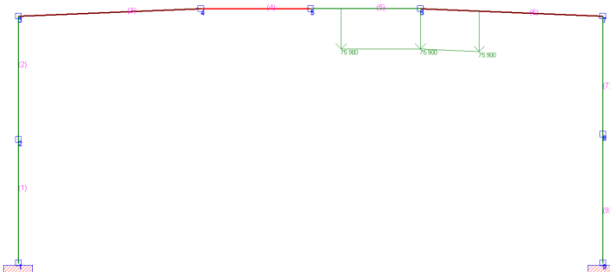
Výpočet zatížení připadajícího na dimenzační pruh viz 3.1 a obrázek.



LM1-UDL viz LOAD 12 x 7,6

**LOAD 4 – POHYBLIVÉ – gr1a (LM1-TA) pro MA v podpoře**

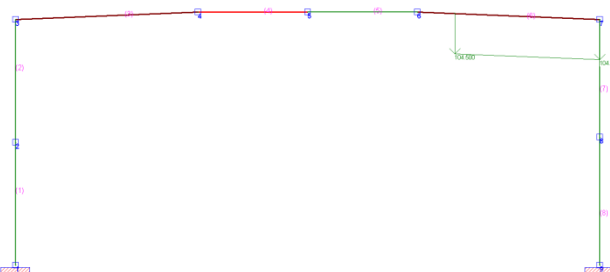
Výpočet zatížení připadajícího na dimenzační pruh viz 3.1 a obrázek.



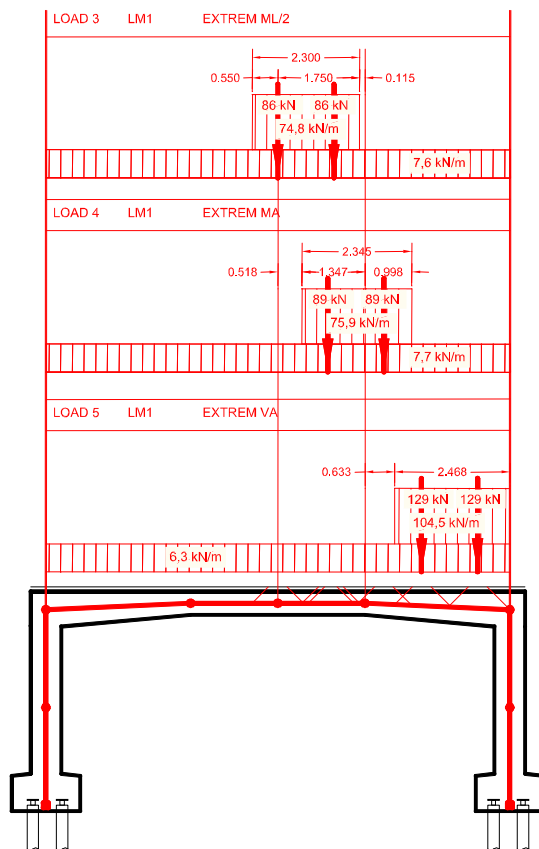
LM1-UDL viz LOAD 12 x 7,7

**LOAD 5 – POHYBLIVÉ – gr1a (LM1-TA) pro VA v podpoře**

Výpočet zatížení připadajícího na dimenzační pruh viz 3.1 a obrázek.

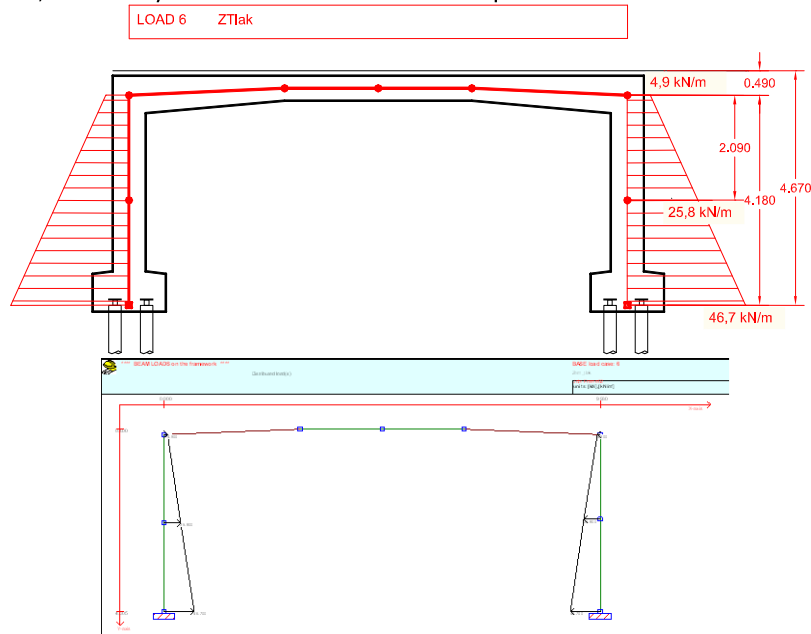


LM1-UDL viz LOAD 12 x 6,3

LOAD 6 – ZEMNÍ TLAK –  $\sigma_r$ 

Zemní tlak v klidu na rubu stojek rámu. Výpočet pro parametry zásypu:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi_D = 30^\circ$ .

$K_r = 1 - \sin \phi_D = 1 - 0,5 = 0,5$ . Hodnoty zemního tlaku na dimenzační pás viz obrázek.

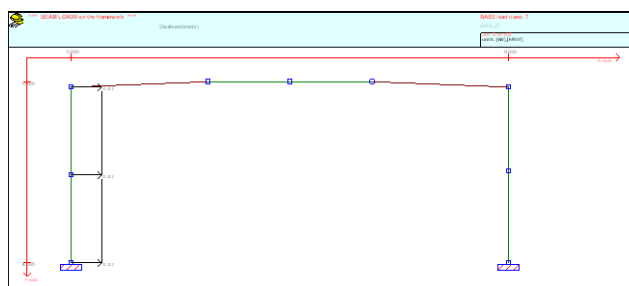
LOAD 7 – ZVĚTŠENÍ ZEMNÍHO TLAKU OD POHYBLIVÉHO ZAT. –  $\sigma_{r\phi}$ 

Přírůstek zemního tlaku v klidu na rubu stojek rámu. Výpočet pro parametry zásypu:  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $\phi_D = 30^\circ$ .

$K_r = 1 - \sin \phi_D = 1 - 0,5 = 0,5$ .

Zatížení působí jako rovnoměrné po výšce stojky na dimenzační pás.

Zatížení na opěry a stěny			
w =	6,5 m		šířka vozovky na opěře
w <sub>l</sub> =	3,00 m	EN 1991-2, ta b 4.1	šířka zatěžovacího pruhu
n <sub>l</sub> =	2	EN 1991-2, ta b 4.1	počet zatěžovacích pruhů
w <sub>r</sub> =	0,5 m		šířka zbývající plochy
H <sub>z</sub> =	4,67 m		Výška zásypu za rubem
LM3	1800/200		Typ soupravy pro LM3
ALM1	27 m <sup>2</sup>	EN 1991-2, ta b NA.6	Náhradní plocha pro zatížení LM1
ALM3	39 m <sup>2</sup>	EN 1991-2, ta b NA.6	Náhradní plocha pro zatížení LM3
QLM1	1000 kN		Celkem zatížení LM1-TA
qLM1	46,5 kN/m		Celkem zatížení LM1-UDL
ArLM1	65,6 m <sup>2</sup>		Roznášecí plocha pro zatížení LM1-TA
brLM1	9,2 m		Roznášecí šířka pro zatížení LM1-UDL
Δσ <sub>z</sub> LM1	20,3 kN/m <sup>2</sup>		Přetížení od LM1 roznesené
ArLM3	148,0 m <sup>2</sup>		Roznášecí plocha pro zatížení LM1-TA
Δσ <sub>z</sub> LM3	12,2 kN/m <sup>2</sup>		Přetížení od LM3 roznesené
<b>Rozhoduje zatížení</b>		<b>LM1</b>	
Kr	0,5		Součinitel zemního tlaku v klidu
<b>σ<sub>rq</sub></b>	<b>10,2 kN/m<sup>2</sup></b>		<b>Zvětšení zemního tlaku od pohyb. zat.</b>



## ZATÍŽENÍ OD TEPLoty

Kralupy Nad Vltavou:

T<sub>max</sub>

Zóna 4

38,1 až 40,0°C

T<sub>min</sub>

Zóna 2

-30,1 až -32,0°C

Výchozí teplota

T<sub>0</sub> = +10°C

Teplotní rozdíly se projeví na příčli.

Výpočet zatížení teplotou dle ČSN EN 1991-1-5							
Typ nosné konstrukce							
Typ	3a	Betonová deska					
Teplota vzduchu ve stínu							
Podle národních map izoterm NA.1 a NA.2				Mapa NA.1		Mapa NA.2	
Minimální teplota				Zóna	Teplota min	Zóna	Teplota max
Zóna	2			1	-30 °C	1	+34 °C
Tmin =	-32 °C			2	-32 °C	2	+36 °C
Maximální teplota				3	-34 °C	3	+38 °C
Zóna	4			4	-36 °C	4	+40 °C
Tmax =	+40 °C						
Rovnoměrná složka teploty							
Minimální rovnoměrná složka teploty							
Te,min =	-24 °C						
Maximální rovnoměrná složka teploty							
Te,max =	41,5 °C						
Výchozí teplota mostu							
T0 =	+10 °C						
Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro zkrácení mostu							
pro výpočet zkrácení NK mostu							
ΔTN,con =	T0 - Te,min =	34 °C					
pro výpočet ložisek a mostních závěrů při zkrácení mostu							
ΔTN,con1 =	ΔTN,con + 20 °C =	54 °C					
Charakteristická hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro prodloužení mostu							
pro výpočet prodloužení mostu							
ΔTN,exp =	Te,max - T0 =	31,5 °C					
pro výpočet ložisek a mostních závěrů při prodloužení mostu							
ΔTN,exp1 =	ΔTN,exp + 20 °C =	51,5 °C					
Charakteristická hodnota celkového rozsahu rovnoměrné složky teploty							
ΔTN =	Te,max - Te,min =	65,5 °C					
pro výpočet ložisek a mostních závěrů							
ΔTN1 =		105,5 °C					
Svislá rozdílová složka teploty							
Postup 1							
Mostní svršek / tloušťka		tl. 150 mm					
Součinitel mostního svršku	ksur+ =	0,50 ?	Horní povrch teplejší než dolní				
	ksur- =	1,00 ?	Dolní povrch teplejší než horní				
Lineární rozdílová složka teploty pro svršek tl. 50 mm							
	ΔTM,heat50 =	15,0 °C ?	Horní povrch teplejší než dolní				
	ΔTM,cool50 =	8,0 °C ?	Dolní povrch teplejší než horní				
Lineární rozdílová složka teploty							
ΔTM,heat =	ΔTM,heat50.ksur =	7,5 °C ?	Horní povrch teplejší než dolní				
ΔTM,cool =	ΔTM,cool50.ksur =	8,0 °C ?	Dolní povrch teplejší než horní				
Kombinace rovnoměrné a rozdílové složky teploty							
		ωN =	0,35				
		ωM =	0,75				
Prodloužení mostu							
Kombinace I		ΔTM,heat =	7,5 °C		ωNΔTN,exp =	11,0 °C	
Kombinace II		ωMΔTM,heat =	5,6 °C		ΔTN,exp =	31,5 °C	
Zkrácení mostu							
Kombinace I		ΔTM,cool =	8,0 °C		ωNΔTN,con =	11,9 °C	
Kombinace II		ωMΔTM,cool =	6,0 °C		ΔTN,con =	34,0 °C	

LOAD 8 - ZATÍŽENÍ OD TEPLoty – ROVNOMĚRNÁ SLOŽKA - ZKRÁCENÍ

$\Delta T_{N,con} = - 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$

LOAD 9 - ZATÍŽENÍ OD TEPLoty – ROVNOMĚRNÁ SLOŽKA - PRODLOUŽENÍ

$\Delta T_{N,exp} = + 31,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

LOAD 10 - ZATÍŽENÍ OD TEPLoty – SVISLÁ ROZDÍLOVÁ SLOŽKA – HORNÍ POVRCH TEPLEJŠÍ

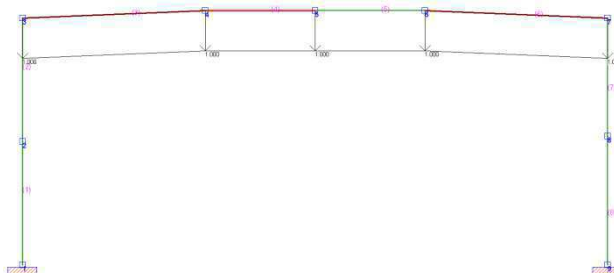
$\Delta T_{M,heat} = + 7,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

LOAD 11 - ZATÍŽENÍ OD TEPLoty – SVISLÁ ROZDÍLOVÁ SLOŽKA – DOLNÍ POVRCH TEPLEJŠÍ

$\Delta T_{M,cool} = - 8,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

LOAD 12 – POHYBLIVÉ – gr1a (LM1-UDL)

Výpočet zatížení připadajícího na dimenzační pruh viz 3.1 a obrázek. Na modelu je zatížení 1 kN/m, pro výpočet ML/2, MA a VA se násobí příslušnými hodnotami.



LOAD 13 – NEROVNOMĚRNÉ SEDNUTÍ

Jedna z podpor sedne o  $\Delta = - 5,0 \text{ mm}$ .

## 4. Posouzení průřezů rámu

### 4.1. Příčel L/2

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů																
MOMENTY V PŘÍČLI V L/2			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Návrhové hodnoty kombinací											
					Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	kNm	kNm	γ/ξ,γ/ψ,γ	kNm	γ/ξ,γ/ψ,γ	kNm	γ/ξ,γ/ψ,γ	kNm	γ/ξ,γ/ψ,γ	kNm	γ/ξ,γ/ψ,γ	kNm	γ/ξ,γ/ψ,γ	kNm
1	Vlastní tíha	g0		50,2	1,35	67,8	1	50,2	1,15	57,7	1	50,2	1	50,2	1	50,2
2	Další stálé	g1		19,7	1,35	26,6	1	19,7	1,15	22,7	1	19,7	1	19,7	1	19,7
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	146,2	0,0	1,01	147,7	1,01	0,0	1,35	197,4	1,01	0,0	1	146,2	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT		-6,9	1	-6,9	1,35	-9,3	1	-6,9	1,15	-7,9	1	-6,9	1	-6,9
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	0,0	-1,6	0,9	0,0	0,9	-1,4	0,9	0,0	0,9	-1,4	0,6	0,0	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon		42,0	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp		-38,9	0,9		0,9	-35,0	0,9		1,5		0,6	25,2	0,5	
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat		31,2	0,9		0,9		0,9	37,8	1,5		0,6		0,5	21,0
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool		-33,3	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	30,0	0,0	0,54	16,2	0,54	0,0	1,35	40,5	0,54	0,0	1	30,0	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	0,0	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1	0,0	1	0,0
KOMBINACE - Návrhová hodnota					289,1		24,2		349,2		2,2		264,4		84,0	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů

OSOVÁ SÍLA V PŘÍČLI V L/2			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Návrhové hodnoty kombinací											
					Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	KN	KN	γ/ξ,γ/ψ,γ	KN	γ/ξ,γ/ψ,γ	KN	γ/ξ,γ/ψ,γ	KN	γ/ξ,γ/ψ,γ	KN	γ/ξ,γ/ψ,γ	KN	γ/ξ,γ/ψ,γ	KN
1	Vlastní tíha	g0		-33,7	1	-33,7	1,35	-45,5	1	-33,7	1,15	-38,8	1	-33,7	1	-33,7
2	Další stálé	g1		-12,7	1	-12,7	1,35	-17,2	1	-12,7	1,15	-14,7	1	-12,7	1	-12,7
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	-66,5	1,01	0,0	1,01	-67,1	1,01	0,0	1,35	-89,7	1	-66,5	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT		-31,6	1	-31,6	1,35	-42,7	1	-31,6	1,15	-36,4	1	-31,6	1	-31,6
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	0,0	-9,1	0,9	0,0	0,9	-8,2	0,9	0,0	0,9	-8,2	0,6	-5,4	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon		42,4	0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp		-39,3	0,9		0,9	-35,4	1,5	63,6	0,9	-35,4	0,6	-23,6	0,5	-19,7
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat		9,3	0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool		-9,9	0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-19,4	0,54	0,0	0,54	-10,5	0,54	0,0	1,35	-26,2	1	-19,4	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	0,0	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1	0,0	1	0,0
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-39,9		-226,6		-14,5		-249,3		-193,0		-97,8	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	



**Posouzení průřezu trámu na ohyb, a osovou sílu**

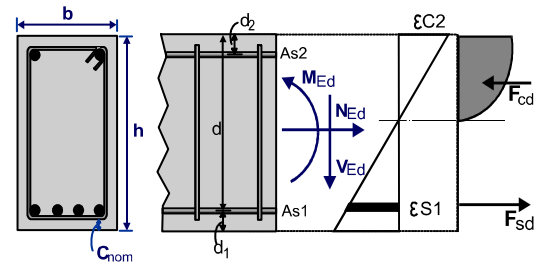
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-CSN:2007)

**bxh=1,000x0,430 m, Med=349,00 kNm,****Ved= 0,00 kN, Ned=-249,00 kN**Návrh železobetonu

Třída betonu-výztuže : C30/37-B500B (EC2 §3)

Stupně vlivu prostředí : XD1 (EC2 §4.4.1)

Krycí vrstva betonu : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)

 $\gamma_c=1,50$ ,  $\gamma_s=1,15$  (EC2 Tabulka 2.1N) $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,90 \times 30 / 1,50 = 18,00$  MPa (EC2 §3.1.6) $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,00 \times 2,0 / 1,50 = 1,33$  MPa (EC2 §3.1.6) $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)Modul pružnosti betonu  $E_{cm}=33,0$  GPa**2. Rozměry a zatížení**Šířka trámu  $b_w=1,000$  m, výška trámu  $h=0,430$  mÚčinná výška průřezu  $d_1=C_{nom} + A_{s0,5} A = 50 + 10 + 0,5 \times 20 = 70$  mm,  $d_2=70$  mm,  $d=430-70=360$  mmMezní stav únosnosti (MSÚ)Ohybový moment  $M_{ed}=349,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed}=0,00$  kN, Osová síla  $N_{ed}=-249,00$  kN (tlak)Mezní stav použitelnosti (MSP)Ohybový moment  $M_{ed}=84,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed}=0,00$  kN, Osová síla  $N_{ed}=-98,00$  kN (tlak)**3. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na ohyb s osovou silou**

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Dimenzování na ohyb: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2

für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Výztuž na ohyb a osovou sílu (nutná je pouze tahová výztuž)

 $M_{ed}=349$  kNm  $N_{sd}=-249$  kN  $b_w=1000$  mm  $d=360$  mm  $K_d=1,83$   $x/d=0,22$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3,5/12,1$   $k_s=2,54$ ,  **$A_{s1}=21,41$  cm<sup>2</sup>**Minimální podélná tahová výzt.,  $A_s \geq 0,26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min}=5,43$  cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.1)

Maximální tahová nebo tlaková výzt.,  $A_s \leq 0,04 A_c$ , ( $A_{s,max}=172,0$  cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.3)

**Podélná výztuž: 10A20 (31,40 cm<sup>2</sup>) (dolní), 10A12 (11,30 cm<sup>2</sup>) (horní)****3.1. Mezní moment únosnosti průřezu**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

 $b=1000$  mm,  $h=430$  mm,  $d=360$  mm,  $A_{s1}=3140$  mm<sup>2</sup>,  $A_{s2}=1130$  mm<sup>2</sup> $\epsilon_{c2}=-3,50\%$ ,  $\epsilon_{s1}=11,41\%$ ,  $\epsilon_{s2}=0,60\%$ ,  $A_{s1}/b \cdot d=0,00873$  (0,873%) $x/d=\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})=3,50/(3,50+11,41)=0,235$ ,  $x=84,5$  mm $\alpha_r=0,810$ ,  $k_a=0,416$ ,  $F_c=\alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}=1231,39$  $F_{s2}=135,67$  kN,  $F_{s1}=1367,06$  kN,  $A_{s1}=F_{s1}/f_{yd}=3143$  mm<sup>2</sup> $z=d-k_a \cdot x = ([1-k_a \cdot \epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})]d)$ ,  $z/d=1,0-0,416 \times 0,235=0,902$ ,  $z=324,8$  mm, $K_{d2}=1/(0,810 \cdot 0,235 \cdot 0,902 \cdot 18,00)=0,324$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d=0,569$ Únosnost v ohybu  $e M_r = b \cdot d^2 / K_{d2} + (d-d_2) \cdot F_{s2} = [10^{-6}] \times (1000 \times 360^2 / 0,324 + 290 \times 135668) = 440$  kNm

$M_{ed}(MSP)=84,00 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}(MSP)=-98,00 \text{ kN}$   
 Součinitel konečného dotvarování  $\varphi(\psi, t_0)=2,50$  (EC2 §3.1.4, Příloha B)  
 Celkové přetvoření od smrštění  $\epsilon_{cs}=-0,30\%$   
 $\gamma_c=1,00$ ,  $\gamma_s=1,00$  (EC2 §2.4.2.4.2)  
 Modul pružnosti betonu  $E_{cm}=33,0 \text{ GPa}$ ,  $E_{eff}=33,0/(1+2,50)=9,43 \text{ GPa}=9430 \text{ MPa}$  (EC2 Rov.7.20)  
 Modul pružnosti oceli  $E_s=200 \text{ GPa}=200000 \text{ MPa}$   
 Modulární součinitel  $E_s/E_c=200/33,0=6,06$ , účinný  $E_{s,eff}=200/9,43=21,21$   
 Tahová výztuž: 10A20 (31,40cm<sup>2</sup>), Tlaková výztuž: 10A12 (11,30cm<sup>2</sup>)  
 Stupeň vyztužení  $\rho=As_1/(b \cdot d)=3140/(1000 \times 360)=0,009$ ,  $\rho'=As_2/(b \cdot d)=1130/(1000 \times 360)=0,003$

**4.1. Stadium I (průřez bez trhlin) (MSP)**

Ohybová tuhost průřezu bez trhlin,  $EI=(200/21,21) \times (0,001 \times 8,980)=84675 \text{ kNm}^2$   
 $A_i=A_c+(n-1)(As_1+As_2)$ ,  $e=(n-1)(As_1 \cdot y_{1s}-As_2 \cdot y_{2s})/A_i$ ,  $I=I_c+b \cdot h \cdot e^2+(As_1 \cdot y_{1s}^2+As_2 \cdot y_{2s}^2)(n-1)$   
 $S=As_2 \cdot y_{2s}=(0,001) \times 2 \times 3140 \times 0,137=(0,001) \times 0,429 \text{ m}^3$ ,  $y_2=207 \text{ mm}$ ,  $y_{2s}=y_2-d_2=207-70=137 \text{ mm}$  (EC2 Rov.7.21)  
 Křivost od momentu  $1/r_M=84,00/84675=(0,001) \times 0,992 \text{ (1/m)}$   
 Křivost od smrštění  $1/r_{cs}=(0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,429/8,980)=(0,001) \times 0,304 \text{ (1/m)}$   
 Celková křivost  $1/r=(0,001) \times 0,992+(0,001) \times 0,304=(0,001) \times 1,296 \text{ (1/m)}$   
 Moment na mezi vzniku trhlin,  $M_{cr}=f_{ctm} \cdot (I/y_2)=2,9 \times (8,980/0,207)=125,99 \text{ kNm}$

**4.2. Stadium II (průřez s trhlinami) (MSP)**

$\rho=0,009$ ,  $\rho'=0,003$ ,  $\rho'/\rho=0,333$ ,  $n=\alpha_e=21,21$ ,  $n \cdot \rho=0,191$ ,  $\xi=0,500$ ,  $\alpha=0,423$ ,  $x=\alpha \cdot d=0,152 \text{ m}$   
 Ohybová tuhost průřezu s trhlinami,  $EI=\xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2=0,500 \times 200 \times 3140 \times 0,360^2=40684 \text{ kNm}^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=208 \text{ mm}$ ,  $\epsilon_s=y_2 \cdot M/EI=(0,001) \times 208 \times 84,00/40684=0,43$   
 $S=As_2 \cdot y_2=(0,001) \times 2 \times 3140 \times 0,208=(0,001) \times 0,652 \text{ m}^3$  (EC2 Rov.7.21)  
 Křivost od momentu  $1/r_M=84,00/40684=(0,001) \times 2,065 \text{ (1/m)}$   
 Křivost od smrštění  $1/r_{cs}=(0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,652/4,314)=(0,001) \times 0,462 \text{ (1/m)}$   
 Celková křivost  $1/r=(0,001) \times 2,065+(0,001) \times 0,462=(0,001) \times 2,527 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=84,00 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}=-98,00 \text{ kN}$ ,  $\epsilon_c/\epsilon_s=0,34/0,40$ ,  $x=164 \text{ mm}$ ,  $\sigma_s=81 \text{ N/mm}^2$

**4.3. Ověření průhybů výpočtem (MSP)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=84,00 < 0,70 \times M_{cr}=0,70 \times 125,99=88,20 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0,00$  (Rov.7.19)  
 Konečná křivost  $(1/r)=(0,001 \times 2,527)+(1-0,00) \times (0,001 \times 1,296)=(0,001) \times 1,296 \text{ (1/m)}$  (Rov.7.18)

**4.4. Minimální plochy výztuže (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimální plochy výztuže  $As_{min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Rov.7.1)  
 $b=1,000 \text{ m}$ ,  $b_{eff}=1,000 \text{ m}$ ,  $h=0,430 \text{ m}$ ,  $d=0,360 \text{ m}$ ,  $x=0,164 \text{ m}$ ,  $A=20 \text{ mm}^2$   
 $N_{ed}=-98,00 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0,2 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(430-164) \times 1000=265947 \text{ mm}^2$   
 $\max(h,b_1)=0 \text{ mm}$ ,  $f_{ctm}=2,90 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=265947 \text{ mm}^2$ ,  $k=0,91$ ,  $k_c=0,36$ ,  $k_1=0,67$   
 Minimální vyztužení,  $As_{min}=0,36 \times 0,91 \times 2,90 \times 265947/435=580 \text{ mm}^2$

**4.5. Výpočet šířky trhlin (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=sr_{max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$  (EC2 Rov.7.8)  
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-kt \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff})(1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0,6 \sigma_s/E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s=81 \text{ N/mm}^2$ , krátkodobé zatížení:  $E_s/E_c=6,06$ ,  $kt=0,6$ , dlouhodobé zatížení:  $E_s/E_c=21,21$ ,  $kt=0,4$   
 $A_{eff}=0,333(h-x)b=0,333 \times (430-164) \times 1000=88560 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff}=As/A_{eff}=3140/88560=0,035$   
 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[81-0,4 \times (2,9/0,035)(1+21,21 \times 0,035)]/200=0,12\% \geq 0,6 \times 81/200=0,24\%$   
 $sr_{max}=k_3 \cdot (C_{nom}+A_s)+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot A/\rho_{eff}$  (EC2 Rov.7.11)  
 $A=20 \text{ mm}$ ,  $k_1=0,8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0,5$ ,  $k_3=3,4$ ,  $k_4=0,425$   
 $sr_{max}=3,4 \times 60,00+0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 20/0,035=299,89 \text{ mm}$   
 $w_k=sr_{max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=299,89 \times 0,001 \times 0,24=0,07 \text{ mm}$   
 $w_k=0,07 \text{ mm} \leq 0,30 \text{ mm}=w_{max}$ , Stupně vlivu prostředí: XD1, **Mezní šířka trhlin je dodržena**

## 4.2. Příčel vetknutí

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů																
MOMENTY V RÁM. ROHU				Návrhové hodnoty kombinací												
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	kNm	kNm	y/ξ.y/ψ.y	kNm	y/ξ.y/ψ.y	kNm	y/ξ.y/ψ.y	kNm	y/ξ.y/ψ.y	kNm	y/ξ.y/ψ.y	kNm	y/ξ.y/ψ.y	kNm
1	Vlastní tíha	g0	-108,2		1	-108,2	1,35	-146,1	1	-108,2	1,15	-124,4	1	-108,2	1	-108,2
2	Další stálé	g1	-41,0		1	-41,0	1,35	-55,4	1	-41,0	1,15	-47,2	1	-41,0	1	-41,0
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	-223,4	1,01	0,0	1,01	-225,6	1,01	0,0	1,35	-301,6	1	-223,4	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	-1,5		1	-1,5	1,35	-2,0	1	-1,5	1,15	-1,7	1	-1,5	1	-1,5
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	10,3	-10,5	0,9	9,3	0,9	-9,5	0,9	9,3	0,9	-9,5	0,6	-6,3	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	43,2		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	-40,1		0,9	38,9	0,9		1,5	64,8	0,9		0,6		0,5	
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	30,4		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	-20,1
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	-32,5		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-63,1	0,54	0,0	0,54	-34,1	0,54	0,0	1,35	-85,2	1	-63,1	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	63,6	-63,6	1,2	76,3	1,2	-76,3	1,2	76,3	1,2	-76,3	1	-63,6	1	-63,6
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-26,2		-585,0		-0,3		-681,9		-531,2		-234,4	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů

OSOVÁ SÍLA V PŘÍČLI VE VETKNUTÍ																
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Návrhové hodnoty kombinací											
			KN	KN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol			y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN
1	Vlastní tíha	g0	-39,4		1	-39,4	1,35	-53,1	1	-39,4	1,15	-45,3	1	-39,4	1	-39,4
2	Další stálé	g1	-14,8		1	-14,8	1,35	-20,0	1	-14,8	1,15	-17,0	1	-14,8	1	-14,8
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	-76,0	1,01	0,0	1,01	-76,7	1,01	0,0	1,35	-102,5	1	-76,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	-28,6		1	-28,6	1,35	-38,6	1	-28,6	1,15	-32,8	1	-28,6	1	-28,6
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	0,0	-8,6	0,9	0,0	0,9	-7,8	0,9	0,0	0,9	-7,8	0,6	-5,2	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	54,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	-50,0		0,9	48,6	0,9		1,5	81,0	0,9		0,6		0,5	
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	10,1		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	-25,0
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	-10,7		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-22,6	0,54	0,0	0,54	-12,2	0,54	0,0	1,35	-30,5	1	-22,6	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	0,5	-0,5	1,2	0,6	1,2	-0,6	1,2	0,6	1,2	-0,6	1	-0,5	1	-0,5
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-33,6		-254,0		-1,2		-281,6		-217,0		-108,3	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů

POSOUVAJÍCÍ SÍLA V PŘÍČLI VE VETKNUTÍ																
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Návrhové hodnoty kombinací											
			KN	KN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol			y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN	y/ξ.y/ψ.y	KN
1	Vlastní tíha	g0	-68,8		1	-68,8	1,35	-92,9	1	-68,8	1,15	-79,1	1	-68,8	1	-68,8
2	Další stálé	g1	-24,2		1	-24,2	1,35	-32,7	1	-24,2	1,15	-27,8	1	-24,2	1	-24,2
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	-230,4	1,01	0,0	1,01	-232,7	1,01	0,0	1,35	-311,0	1	-230,4	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	0,0		1,35	0,0	1	0,0	1,15	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	0,0	-2,4	0,9	0,0	0,9	-2,2	0,9	0,0	0,9	-2,2	0,6	-1,4	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	-2,6		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodlouže	Texp	2,5		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	-0,4		0,9	2,3	0,9	-2,3	1,5	3,8	0,9	-2,3	0,6	-1,6	0,5	-1,3
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	0,5		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-31,5	0,54	0,0	0,54	-17,0	0,54	0,0	1,35	-42,5	1	-31,5	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	12,8	-12,8	1,2	15,4	1,2	-15,4	1,2	15,4	1,2	-15,4	1	-12,8	1	-12,8
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-75,4		-395,1		-73,9		-480,4		-370,7		-107,1	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

**Posouzení průřezu trávu na ohyb, smyk a osovou sílu**

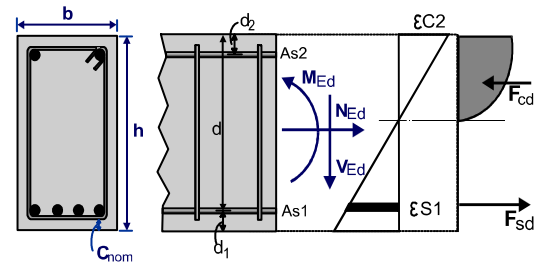
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-CSN:2007)

**bxh=1,000x0,680 m, Med=-682,00 kNm,****Ved= 480,00 kN, Ned=-282,00 kN**Návrh železobetonu

Třída betonu-výztuže : C30/37-B500B (EC2 §3)

Stupně vlivu prostředí : XD1 (EC2 §4.4.1)

Krycí vrstva betonu : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)

 $\gamma_c=1,50$ ,  $\gamma_s=1,15$  (EC2 Tabulka 2.1N) $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,90 \times 30 / 1,50 = 18,00$  MPa (EC2 §3.1.6) $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,00 \times 2,0 / 1,50 = 1,33$  MPa (EC2 §3.1.6) $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)Modul pružnosti betonu  $E_{cm}=33,0$  GPa**2. Rozměry a zatížení**Šířka trávu  $b_w=1,000$  m, výška trávu  $h=0,680$  mÚčinná výška průřezu  $d_1=C_{nom}+A_{s0,5}A=50+10+0,5 \times 20=70$  mm,  $d_2=70$  mm,  $d=680-70=610$  mmMezní stav únosnosti (MSÚ)Ohybový moment  $M_{ed}=-682,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed}=480,00$  kN, Osová síla  $N_{ed}=-282,00$  kN (tlak)Mezní stav použitelnosti (MSP)Ohybový moment  $M_{ed}=-234,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed}=107,00$  kN, Osová síla  $N_{ed}=-108,00$  kN (tlak)**3. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na ohyb s osovou silou**

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Dimenzování na ohyb: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2

für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Výztuž na ohyb a osovou sílu (nutná je pouze tahová výztuž)

 $M_{ed}=-682$  kNm  $N_{sd}=-282$  kN  $b_w=1000$  mm  $d=610$  mm  $K_d=2,22$   $x/d=0,15$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3,5/20,0$   $k_s=2,45$ , **As2=23,98 cm<sup>2</sup>**Minimální podélná tahová výzt.,  $A_s \geq 0,26 b d f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min}=9,20$  cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.1)

Maximální tahová nebo tlaková výzt.,  $A_s \leq 0,04 A_c$ , ( $A_{s,max}=272,0$  cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.3)

**Podélná výztuž: 10A20 (31,40 cm<sup>2</sup>) (horní), 10A12 (11,30 cm<sup>2</sup>) (dolní)****3.1. Mezní moment únosnosti průřezu**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

 $b=1000$  mm,  $h=680$  mm,  $d=610$  mm,  $A_{s1}=3140$  mm<sup>2</sup>,  $A_{s2}=1130$  mm<sup>2</sup> $\epsilon_{c2}=-3,27\%$ ,  $\epsilon_{s1}=19,96\%$ ,  $\epsilon_{s2}=0,60\%$ ,  $A_{s1}/b \cdot d=0,00515$  (0,515%) $x/d=\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})=3,27/(3,27+19,96)=0,141$ ,  $x=85,9$  mm $\alpha_r=0,796$ ,  $k_a=0,411$ ,  $F_c=\alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}=1230,50$  $F_{s2}=135,67$  kN,  $F_{s1}=1366,17$  kN,  $A_{s1}=F_{s1}/f_{yd}=3141$  mm<sup>2</sup> $z=d-k_a \cdot x=(1-k_a \cdot \epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1}))d$ ,  $z/d=1,0-0,411 \times 0,141=0,942$ ,  $z=574,7$  mm, $K_d2=1/(0,796 \cdot 0,141 \cdot 0,942 \cdot 18,00)=0,526$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d=0,725$ Únosnost v ohybu  $e M_r=b \cdot d^2/K_d2+(d-d_2) \cdot F_{s2}=[10^{-6}] \times (1000 \times 610^2/0,526+540 \times 135668)=781$  kNm

**4. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na smyk**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Smyková únosnost bez smykové výztuže  $V_{rdc}$ 

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.a)

$$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,120, \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \quad b_w = 1000 \text{ mm}, \quad d = 610 \text{ mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2, \quad k = 1,57, \quad k_1 = 0,15$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 3140 / (1000 \times 610) = 0,0051$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 1000 \times 282,00 / 680000 = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{min} = 0,0350 \cdot k^{1,50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,38 \text{ N/mm}^2,$$

(EC2 Rov.6.3N)

$$V_{rd,c(min)} = 0,001 \times (0,38 + 0,15 \times 0,41) \times 1000 \times 610 = 269,32 \text{ kN}$$

$$V_{rdc} = 0,001 \times [0,120 \times 1,57 \times (0,51 \times 30)^{0,33} + 0,15 \times 0,41] \times 1000 \times 610 = 322,82 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 480,00 \text{ kN} > V_{rdc} = 322,82 \text{ kN}, \quad \textbf{Ved} > \textbf{Vrdc} \textbf{ smyková výztuž je nutná}$$

Únosnost betonových vzpěr  $V_{rdmax}$ 

(EC2 §6.2.3 Rov.6.9)

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta), \quad V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0,18, \quad \theta = 21,8^\circ, \quad \cot \theta = 2,50, \quad \tan \theta = 0,40$$

$$\alpha_{cw} = 1,00, \quad z = 0,9d, \quad f_{ck} = 30,0 \leq 60 \text{ MPa}, \quad v_1 = 0,6 [1 - f_{ck}/250] = 0,6 [1 - 30/250] = 0,528, \quad f_{cd} = 18,00 \text{ MPa}$$

$$V_{rdmax} = 0,001 \times 1,00 \times 1000 \times 0,9 \times 610 \times 0,528 \times 18,00 / 2,90 = 1799,2 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 480,0 \text{ kN} < 1799,2 \text{ kN} = V_{rdmax}, \text{ posouzení vyhovuje}$$

Smyková výztuž ze svislých třmíneků

(EC2 §6.2.3 Rov.6.8)

$$V_{rds} = (A_{sw}/s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta, \quad V_{rds} = 480,00 \text{ kN}, \quad z = 0,9d, \quad f_{ywd} = 0,8 f_{yk} = 400,00 \text{ N/mm}^2, \quad \cot \theta = 2,50$$

$$A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot 21,80^\circ) = (1,0E+006) \times 480,00 / (0,9 \times 610 \times 400 \times 2,50) = 874 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (A_{sw}/s = 8,74 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\text{Požadovaná smyková výztuž:} \quad (A_{sw}/s = 8,74 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Minimální třmínky pro smykové vyztužení

(EC2 §9.2.2)

$$\text{Minimální stupeň smykového vyztužení} \quad \rho_{w,min}$$

(EC2 Rov.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0,08 \times (f_{ck})^{0,5} / f_{yk}, \quad f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2, \quad f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_{w,min} = 0,0009$$

$$\min A_{sw}/s = 10 \times 0,0009 \times 1000 \times \sin(90^\circ) = 9,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Maximální podélná vzdálenost třmíneků} \quad s_{lmax} = 0,75d \quad (< 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

(EC2 §9.2.2.6, Rov.9.6N)

$$\text{Maximální příčná vzdálenost větví třmíneků} \quad s_{tmax} = 0,75d \quad (< 600 \text{ mm}) = 455 \text{ mm}$$

(§9.2.2.8, Rov.9.8N)

$$\text{Minimální smykové vyztužení} \quad \mathbf{2A10/345} \quad (A_{sw}/s = 9,10 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\textbf{Smyková výztuž:} \quad \mathbf{2A10/345} \quad (A_{sw}/s = 9,10 \text{ cm}^2/\text{m})$$

**5. Mezní stav použitelnosti (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$M_{ed}(MSP) = -234,00 \text{ kNm}, \quad V_{ed}(MSP) = 107,00 \text{ kN}, \quad N_{ed}(MSP) = -108,00 \text{ kN}$$

$$\text{Součinitel konečného dotvarování} \quad \varphi(\Psi, t_0) = 2,50$$

(EC2 §3.1.4, Příloha B)

$$\text{Celkové přetvoření od smrštění} \quad \epsilon_{cs} = -0,30\%$$

$$\gamma_c = 1,00, \quad \gamma_s = 1,00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Modul pružnosti betonu} \quad E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}, \quad E_{ceff} = 33,0 / (1 + 2,50) = 9,43 \text{ GPa} = 9430 \text{ MPa}$$

(EC2 Rov.7.20)

$$\text{Modul pružnosti oceli} \quad E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulární součinitel} \quad E_s/E_c = 200/33,0 = 6,06, \quad \text{účinný } E_s/E_{c,eff} = 200/9,43 = 21,21$$

$$\text{Tahová výztuž:} \quad \mathbf{10A20} \quad (31,40 \text{ cm}^2), \quad \text{Tlaková výztuž:} \quad \mathbf{10A12} \quad (11,30 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Stupeň vyztužení} \quad \rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 3140 / (1000 \times 610) = 0,005, \quad \rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 1130 / (1000 \times 610) = 0,002$$

**5.1. Stadium I (průřez bez trhlin) (MSP)**

$$\text{Ohybová tuhost průřezu bez trhlin}, \quad EI = (200/21,21) \times (0,001 \times 33,354) = 314515 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2}), \quad e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, \quad I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0,001) 2 \times 3140 \times 0,258 = (0,001) \times 0,809 \text{ m}^3, \quad y_2 = 328 \text{ mm}, \quad y_{2s} = y_2 - d_2 = 328 - 70 = 258 \text{ mm}$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu} \quad 1/r_M = 234,00 / 314515 = (0,001) \times 0,744 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění} \quad 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,809 / 33,354) = (0,001) \times 0,154 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost} \quad 1/r = (0,001) \times 0,744 + (0,001) \times 0,154 = (0,001) \times 0,898 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Moment na mezi vzniku trhlin}, \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2,9 \times (33,354 / 0,328) = 295,10 \text{ kNm}$$

## 5.2. Stadium II (průřez s trhlinami) (MSP)

$\rho=0,005$ ,  $\rho'=0,002$ ,  $\rho'/\rho=0,400$ ,  $n=\alpha_e=21,21$ ,  $n\cdot\rho=0,106$ ,  $\xi=0,582$ ,  $\alpha=0,344$ ,  $x=\alpha\cdot d=0,210m$   
Ohybová tuhost průřezu s trhlinami,  $EI=\xi\cdot E_s\cdot A_s\cdot d^2=0,582\times 200\times 3140\times 0,610^2=136025 \text{ kNm}^2$   
 $y_2=(1-\alpha)d=400mm$ ,  $\varepsilon_s=y_2\cdot M/EI=(0,001)\times 400\times 234,00/136025=0,69$   
 $S=A_s\cdot y_2=(0,001)\times 2\times 3140\times 0,400=(0,001)\times 1,256 \text{ m}^3$  (EC2 Rov.7.21)  
Křivost od momentu  $1/r_M=234,00/136025=(0,001)\times 1,720 \text{ (1/m)}$   
Křivost od smrštění  $1/r_{cs}=(0,001\times 0,30)\times 21\times (1,256/14,425)=(0,001)\times 0,240 \text{ (1/m)}$   
Celková křivost  $1/r=(0,001)\times 1,720+(0,001)\times 0,240=(0,001)\times 1,960 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed}=234,00 \text{ kNm}$ ,  $N_{ed}=-108,00 \text{ kN}$ ,  $\varepsilon_c/\varepsilon_s=0,38/0,67$ ,  $x=220mm$ ,  $\sigma_s=134 \text{ N/mm}^2$

## 5.3. Ověření průhybů výpočtem (MSP)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$\zeta=1-0,50\cdot (M_{ed}/M_{ed})^2=1-0,50\times (295,10/234,00)^2=0,20$  (Rov.7.19)

Konečná křivost  $(1/r)=0,20\times (0,001\times 1,960)+(1-0,20)\times (0,001\times 0,898)=(0,001)\times 1,116 \text{ (1/m)}$  (Rov.7.18)

## 5.4. Minimální plochy výztuže (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimální plochy výztuže  $A_{s,min}=k_c\cdot k\cdot f_{ct,eff}\cdot A_{ct}/\sigma_s$  (EC2 Rov.7.1)

$b=1,000m$ ,  $b_{eff}=1,000m$ ,  $h=0,680m$ ,  $d=0,610m$ ,  $x=0,220m$ ,  $A=20mm$

$N_{ed}=-108,00 \text{ kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0,2 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435 \text{ N/mm}^2$

$A_{ct}=(h-x)\cdot b=(680-220)\times 1000=460307 \text{ mm}^2$

$\max(h,b_1)=1mm$ ,  $f_{ctm}=2,90 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=460307 \text{ mm}^2$ ,  $k=0,73$ ,  $k_c=0,36$ ,  $k_1=0,67$

Minimální vyztužení,  $A_{s,min}=0,36\times 0,73\times 2,90\times 460307/435=811 \text{ mm}^2$

## 5.5. Výpočet šířky trhlin (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max}\cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$  (EC2 Rov.7.8)

$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}=[\sigma_s\cdot k_t\cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff})\cdot (1+\alpha_e\cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0,6 \sigma_s/E_s$  (EC2 Eq.7.9)

$\sigma_s=134 \text{ N/mm}^2$ , krátkodobé zatížení:  $E_s/E_c=6,06$ ,  $k_t=0,6$ , dlouhodobé zatížení:  $E_s/E_c=21,21$ ,  $k_t=0,4$

$A_{ceff}=0,333(h-x)b=0,333\times (680-220)\times 1000=153282 \text{ mm}^2$

(§7.3.2.3)

$\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=3140/153282=0,020$

$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}=[134-0,4\times (2,9/0,020)(1+21,21\times 0,020)]/200=0,27\% \geq 0,6\times 134/200=0,40\%$

$s_{r,max}=k_3\cdot (C_{nom}+A_s)+k_1\cdot k_2\cdot k_4\cdot A/\rho_{eff}$

(EC2 Rov.7.11)

$A=20mm$ ,  $k_1=0,8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0,5$ ,  $k_3=3,4$ ,  $k_4=0,425$

$s_{r,max}=3,4\times 60,00+0,8\times 0,5\times 0,425\times 20/0,020=369,97 \text{ mm}$

$w_k=s_{r,max}\cdot (\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})=369,97\times 0,001\times 0,40=0,15 \text{ mm}$

$w_k=0,15 \text{ mm} \leq 0,30 \text{ mm}=w_{max}$ , Stupně vlivu prostředí: XD1,

Mezní šířka trhlin je dodržena

4.3. Stojka hlava

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů																
MOMENTY V RÁM. ROHU					Návrhové hodnoty kombinací											
LOAD No.	Popis	Symbol	Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
			kNm	kNm	y/ξ,y/ψ,y	kNm	y/ξ,y/ψ,y	kNm	y/ξ,y/ψ,y	kNm	y/ξ,y/ψ,y	kNm	y/ξ,y/ψ,y	kNm	y/ξ,y/ψ,y	kNm
1	Vlastní tíha	g0	-108,2		1	-108,2	1,35	-146,1	1	-108,2	1,15	-124,4	1	-108,2	1	-108,2
2	Další stálé	g1	-41,0		1	-41,0	1,35	-55,4	1	-41,0	1,15	-47,2	1	-41,0	1	-41,0
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	-223,4	1,01	0,0	1,01	-225,6	1,01	0,0	1,35	-301,6	1	-223,4	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	-1,5		1	-1,5	1,35	-2,0	1	-1,5	1,15	-1,7	1	-1,5	1	-1,5
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	10,3	-10,5	0,9	9,3	0,9	-9,5	0,9	9,3	0,9	-9,5	0,6	-6,3	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	43,2		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	-40,1		0,9	38,9	0,9		1,5	64,8	0,9		0,6	-24,1	0,5	-20,1
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	30,4		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	-32,5		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-63,1	0,54	0,0	0,54	-34,1	0,54	0,0	1,35	-85,2	1	-63,1	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	63,6	-63,6	1,2	76,3	1,2	-76,3	1,2	76,3	1,2	-76,3	1	-63,6	1	-63,6
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-26,2		-585,0		-0,3		-681,9		-531,2		-234,4	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

### Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů

#### OSOVÁ SÍLA VE STOJCE V RÁM. ROHU

LOAD No.	Popis	Symbol	Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Návrhové hodnoty kombinací											
			KN	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN
1	Vlastní tíha	g0	-70,4		1	-70,4	1,35	-95,0	1	-70,4	1,15	-81,0	1	-70,4	1	-70,4
2	Další stálé	g1	-24,8		1	-24,8	1,35	-33,5	1	-24,8	1,15	-28,5	1	-24,8	1	-24,8
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	-124,5	1,01	0,0	1,01	-125,7	1,01	0,0	1,35	-168,1	1	-124,5	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	0,0		1,35	0,0	1	0,0	1,15	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	2,1	-2,1	0,9	1,9	0,9	-1,9	0,9	1,9	0,9	-1,9	0,6	-1,3	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	0,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	0,0		0,9	0,0	0,9	0,0	1,5	0,0	0,9	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	0,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	0,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-37,3	0,54	0,0	0,54	-20,1	0,54	0,0	1,35	-50,4	1	-37,3	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	12,8	-12,8	1,2	15,4	1,2	-15,4	1,2	15,4	1,2	-15,4	1	-12,8	1	-12,8
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-78,0		-291,7		-78,0		-345,2		-271,1		-108,0	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

### Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů

#### POSOUVAJÍCÍ SÍLA VE STOJCE V RÁM. ROHU

LOAD No.	Popis	Symbol	Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Návrhové hodnoty kombinací											
			KN	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN	y/ξ,y/ψ,y	KN
1	Vlastní tíha	g0	-33,8		1	-33,8	1,35	-45,7	1	-33,8	1,15	-38,9	1	-33,8	1	-33,8
2	Další stálé	g1	-12,7		1	-12,7	1,35	-17,2	1	-12,7	1,15	-14,7	1	-12,7	1	-12,7
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	-66,5	1,01	0,0	1,01	-67,1	1,01	0,0	1,35	-89,7	1	-66,5	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	-31,6		1	-31,6	1,35	-42,7	1	-31,6	1,15	-36,4	1	-31,6	1	-31,6
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	9,1	-9,1	0,9	8,2	0,9	-8,2	0,9	8,2	0,9	-8,2	0,6	-5,4	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	42,4		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodlouže	Texp	-39,3		0,9	38,2	0,9		1,5	63,6	0,9		0,6	-23,6	0,5	-19,7
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	9,3		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	-9,9		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-19,4	0,54	0,0	0,54	-10,5	0,54	0,0	1,35	-26,2	1	-19,4	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	0,0	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1	0,0	1	0,0
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-31,9		-226,7		-6,4		-249,4		-193,1		-97,9	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

**Posouzení průřezu trávu na ohyb, smyk a osovou sílu**

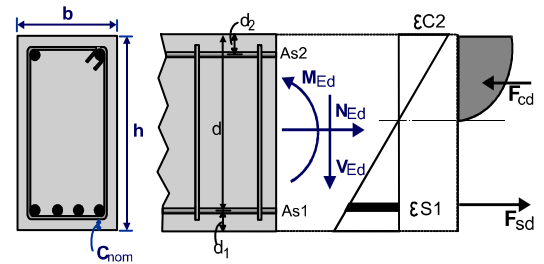
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-CSN:2007)

**bxh=1,000x0,650 m, Med=-682,00 kNm,****Ved= 249,00 kN, Ned=-345,00 kN**Návrh železového betonu

Třída betonu-výztuže : C30/37-B500B (EC2 §3)

Stupně vlivu prostředí : XD1 (EC2 §4.4.1)

Krycí vrstva betonu : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)

 $\gamma_c=1,50$ ,  $\gamma_s=1,15$  (EC2 Tabulka 2.1N) $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,90 \times 30 / 1,50 = 18,00$  MPa (EC2 §3.1.6) $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,00 \times 2,0 / 1,50 = 1,33$  MPa (EC2 §3.1.6) $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)Modul pružnosti betonu  $E_{cm}=33,0$  GPa**2. Rozměry a zatížení**Šířka trávu  $b_w=1,000$  m, výška trávu  $h=0,650$  mÚčinná výška průřezu  $d_1=C_{nom}+A_{s0,5}A=50+10+0,5 \times 20=70$  mm,  $d_2=70$  mm,  $d=650-70=580$  mmMezní stav únosnosti (MSÚ)Ohybový moment  $M_{ed}=-682,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed}=249,00$  kN, Osová síla  $N_{ed}=-345,00$  kN (tlak)Mezní stav použitelnosti (MSP)Ohybový moment  $M_{ed}=-234,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed}=98,00$  kN, Osová síla  $N_{ed}=-108,00$  kN (tlak)**3. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na ohyb s osovou silou**

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Dimenzování na ohyb: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2

für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Výztuž na ohyb a osovou sílu (nutná je pouze tahová výztuž)

 $M_{ed}=-682$  kNm  $N_{sd}=-345$  kN  $b_w=1000$  mm  $d=580$  mm  $K_d=2,09$   $x/d=0,17$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3,5/17,2$   $k_s=2,47$ ,  **$A_{s2}=24,89$  cm<sup>2</sup>**Minimální podélná tahová výzt.,  $A_s \geq 0,26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min}=8,75$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.1)Maximální tahová nebo tlaková výzt.,  $A_s \leq 0,04 A_c$ , ( $A_{s,max}=260,0$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.3)**Podélná výztuž: 10A20 (31,40 cm<sup>2</sup>) (horní), 10A12 (11,30 cm<sup>2</sup>) (dolní)****3.1. Mezní moment únosnosti průřezu**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

 $b=1000$  mm,  $h=650$  mm,  $d=580$  mm,  $A_{s1}=3140$  mm<sup>2</sup>,  $A_{s2}=1130$  mm<sup>2</sup> $\epsilon_{c2}=-3,43\%$ ,  $\epsilon_{s1}=20,00\%$ ,  $\epsilon_{s2}=0,60\%$ ,  $A_{s1}/b \cdot d=0,00542$  (0,542%) $x/d=\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})=3,43/(3,43+20,00)=0,146$ ,  $x=84,9$  mm $\alpha_r=0,806$ ,  $k_a=0,415$ ,  $F_c=\alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}=1231,29$  $F_{s2}=135,67$  kN,  $F_{s1}=1366,96$  kN,  $A_{s1}=F_{s1}/f_{yd}=3142$  mm<sup>2</sup> $z=d-k_a \cdot x=(1-k_a \cdot \epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1}))d$ ,  $z/d=1,0-0,415 \times 0,146=0,939$ ,  $z=544,8$  mm, $K_d2=1/(0,806 \cdot 0,146 \cdot 0,939 \cdot 18,00)=0,501$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d=0,708$ Únosnost v ohybu  $e M_r=b \cdot d^2/K_d2+(d-d_2) \cdot F_{s2}=[10^{-6}] \times (1000 \times 580^2/0,501+510 \times 135668)=741$  kNm



**4. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na smyk**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Smyková únosnost bez smykové výztuže  $V_{rdc}$ 

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.a)

$$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2, \quad k = 1,59, \quad k_1 = 0,15$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 3140 / (1000 \times 580) = 0,0054$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 1000 \times 345,00 / 650000 = 0,53 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{min} = 0,0350 \cdot k^{1,50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

(EC2 Rov.6.3N)

$$V_{rdc}(\min) = 0,001 \times (0,38 + 0,15 \times 0,53) \times 1000 \times 580 = 266,51 \text{ kN}$$

$$V_{rdc} = 0,001 \times [0,120 \times 1,59 \times (0,54 \times 30)^{0,33} + 0,15 \times 0,53] \times 1000 \times 580 = 326,12 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 249,00 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 326,12 \text{ kN}, \quad \mathbf{V_{ed} \leq V_{rdc} \text{ smyková výztuž není nutná}}$$

Únosnost betonových vzpěr  $V_{rdmax}$ 

(EC2 §6.2.3 Rov.6.9)

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta), \quad V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0,10, \quad \theta = 21,8^\circ, \quad \cot \theta = 2,50, \quad \tan \theta = 0,40$$

$$\alpha_{cw} = 1,00, \quad z = 0,9d, \quad f_{ck} = 30,0 \leq 60 \text{ MPa}, \quad v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,6[1 - 30/250] = 0,528, \quad f_{cd} = 18,00 \text{ MPa}$$

$$V_{rdmax} = 0,001 \times 1,00 \times 1000 \times 0,9 \times 580 \times 0,528 \times 18,00 / 2,90 = 1710,7 \text{ kN}$$

Minimální třmínky pro smykové vyztužení

(EC2 §9.2.2)

Minimální stupeň smykového vyztužení  $\rho_{w,min}$ 

(EC2 Rov.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0,08 \times (f_{ck})^{0,5} / f_{yk}, \quad f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2, \quad f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_{w,min} = 0,0009$$

$$\min A_{sw}/s = 10 \times 0,0009 \times 1000 \times \sin(90^\circ) = 9,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Maximální podélná vzdálenost třmínků } s_{lmax} = 0,75d \quad (< 400 \text{ mm}) = 400 \text{ mm}$$

(EC2 §9.2.2.6, Rov.9.6N)

$$\text{Maximální příčná vzdálenost větví třmínků } s_{tmax} = 0,75d \quad (< 600 \text{ mm}) = 435 \text{ mm}$$

(§9.2.2.8, Rov.9.8N)

$$\text{Minimální smykové vyztužení} \quad \mathbf{2A10/345} \quad (A_{sw}/s = 9,10 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\mathbf{\text{Smyková výztuž:} \quad 2A10/345} \quad (A_{sw}/s = 9,10 \text{ cm}^2/\text{m})$$

**5. Mezní stav použitelnosti (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$M_{ed}(\text{MSP}) = -234,00 \text{ kNm}, \quad V_{ed}(\text{MSP}) = 98,00 \text{ kN}, \quad N_{ed}(\text{MSP}) = -108,00 \text{ kN}$$

$$\text{Součinitel konečného dotvarování} \quad \varphi(\psi, t_0) = 2,50$$

(EC2 §3.1.4, Příloha B)

$$\text{Celkové přetvoření od smrštění} \quad \epsilon_{cs} = -0,30\%$$

$$\gamma_c = 1,00, \quad \gamma_s = 1,00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Modul pružnosti betonu } E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}, \quad E_{eff} = 33,0 / (1 + 2,50) = 9,43 \text{ GPa} = 9430 \text{ MPa}$$

(EC2 Rov.7.20)

$$\text{Modul pružnosti oceli } E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulární součinitel } E_s/E_c = 200/33,0 = 6,06, \quad \text{účinný } E_s/E_{c,eff} = 200/9,43 = 21,21$$

$$\text{Tahová výztuž:} \quad \mathbf{10A20} \quad (31,40 \text{ cm}^2), \quad \text{Tlaková výztuž:} \quad \mathbf{10A12} \quad (11,30 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Stupeň vyztužení} \quad \rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 3140 / (1000 \times 580) = 0,005, \quad \rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 1130 / (1000 \times 580) = 0,002$$

**5.1. Stadium I (průřez bez trhlin) (MSP)**

$$\text{Ohybová tuhost průřezu bez trhlin}, \quad EI = (200/21,21) \times (0,001 \times 29,320) = 276472 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2}), \quad e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, \quad I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0,001) \times 2 \times 3140 \times 0,243 = (0,001) \times 0,763 \text{ m}^3, \quad y_2 = 313 \text{ mm}, \quad y_{2s} = y_2 - d_2 = 313 - 70 = 243 \text{ mm}$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 234,00 / 276472 = (0,001) \times 0,846 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,763 / 29,320) = (0,001) \times 0,166 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 0,846 + (0,001) \times 0,166 = (0,001) \times 1,012 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Moment na mezi vzniku trhlin}, \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2,9 \times (29,320 / 0,313) = 271,56 \text{ kNm}$$

**5.2. Stadium II (průřez s trhlinami) (MSP)**

$$\rho = 0,005, \quad \rho' = 0,002, \quad \rho' / \rho = 0,400, \quad n = \alpha_e = 21,21, \quad n \cdot \rho = 0,106, \quad \xi = 0,582, \quad \alpha = 0,344, \quad x = \alpha \cdot d = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Ohybová tuhost průřezu s trhlinami}, \quad EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0,582 \times 200 \times 3140 \times 0,580^2 = 122974 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1 - \alpha)d = 380 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0,001) \times 380 \times 234,00 / 122974 = 0,72$$

$$S = A_s \cdot y_2 = (0,001) \times 2 \times 3140 \times 0,380 = (0,001) \times 1,195 \text{ m}^3$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 234,00 / 122974 = (0,001) \times 1,903 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (1,195 / 13,041) = (0,001) \times 0,259 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 1,903 + (0,001) \times 0,259 = (0,001) \times 2,162 \quad (1/\text{m})$$

$$M_{ed} = 234,00 \text{ kNm}, \quad N_{ed} = -108,00 \text{ kN}, \quad \epsilon_c / \epsilon_s = 0,40 / 0,71, \quad x = 209 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 141 \text{ N/mm}^2$$

### 5.3. Ověření průhybů výpočtem (MSP)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$$\zeta = 1 - 0,50 \cdot (M_{cr}/M_{ed})^2 = 1 - 0,50 \times (271,56/234,00)^2 = 0,33$$

(Rov.7.19)

$$\text{Konečná křivost } (1/r) = 0,33 \times (0,001 \times 2,162) + (1 - 0,33) \times (0,001 \times 1,012) = (0,001) \times 1,388 \text{ (1/m)}$$

(Rov.7.18)

### 5.4. Minimální plochy výztuže (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

$$\text{Minimální plochy výztuže } A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

(EC2 Rov.7.1)

$$b = 1,000 \text{ m}, b_{eff} = 1,000 \text{ m}, h = 0,650 \text{ m}, d = 0,580 \text{ m}, x = 0,209 \text{ m}, A = 20 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -108,00 \text{ kN}, \sigma_c = (N_{ed}/bh) = 0,2 \text{ N/mm}^2, \sigma_s = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ct} = (h - x) \cdot b = (650 - 209) \times 1000 = 441161 \text{ mm}^2$$

$$\max(h, b) = 1 \text{ m}, f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2, A_{ct} = 441161 \text{ mm}^2, k = 0,75, k_c = 0,36, k_1 = 0,67$$

$$\text{Minimální výztužení, } A_{s,min} = 0,36 \times 0,75 \times 2,90 \times 441161 / 435 = 799 \text{ mm}^2$$

### 5.5. Výpočet šířky trhlin (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

(EC2 Rov.7.8)

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$$

(EC2 Eq.7.9)

$$\sigma_s = 141 \text{ N/mm}^2, \text{ krátkodobé zatížení: } E_s/E_c = 6,06, k_t = 0,6, \text{ dlouhodobé zatížení: } E_s/E_c = 21,21, k_t = 0,4$$

$$A_{ceff} = 0,333(h - x)b = 0,333 \times (650 - 209) \times 1000 = 146907 \text{ mm}^2$$

(§7.3.2.3)

$$\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 3140 / 146907 = 0,021$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [141 - 0,4 \times (2,9/0,021) (1 + 21,21 \times 0,021)] / 200 = 0,31\% \geq 0,6 \times 141 / 200 = 0,42\%$$

$$s_{r,max} = k_3 \cdot (C_{nom} + A_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot A / \rho_{eff}$$

(EC2 Rov.7.11)

$$A = 20 \text{ mm}, k_1 = 0,8, k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0,5, k_3 = 3,4, k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \times 60,00 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 20 / 0,021 = 363,07 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 363,07 \times 0,001 \times 0,42 = 0,15 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,15 \text{ mm} \leq 0,30 \text{ mm} = w_{max}, \text{ Stupně vlivu prostředí: XD1,}$$

**Mezní šířka trhlin je dodržena**

4.4. Stojka pata

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů																
MOMENTY V PATĚ STOJKY				Návrhové hodnoty kombinací												
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	kNm	kNm	γ/ξ.γ/ψ.γ	kNm	γ/ξ.γ/ψ.γ	kNm	γ/ξ.γ/ψ.γ	kNm	γ/ξ.γ/ψ.γ	kNm	γ/ξ.γ/ψ.γ	kNm	γ/ξ.γ/ψ.γ	kNm
1	Vlastní tíha	g0	56,3		1,35	76,0	1	56,3	1,15	64,7	1	56,3	1	56,3	1	56,3
2	Další stálé	g1	21,4		1,35	28,9	1	21,4	1,15	24,6	1	21,4	1	21,4	1	21,4
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	127,2	0,0	1,01	128,5	1,01	0,0	1,35	171,7	1,01	0,0	1	127,2	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	-62,5		1	-62,5	1,35	-84,4	1	-62,5	1,15	-71,9	1	-62,5	1	-62,5
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	22,7	-45,7	0,9	20,4	0,9	-41,1	0,9	20,4	0,9	-41,1	0,6	13,6	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	-202,3		0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	187,4		0,9	168,7	0,9	-182,1	0,9	168,7	1,5	-303,5	0,6	112,4	0,5	93,7
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	-14,7		0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	15,6		0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	32,0	0,0	0,54	17,3	0,54	0,0	1,35	43,2	0,54	0,0	1	32,0	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	63,6	-63,6	1,2	76,3	1,2	-76,3	1,2	76,3	1,2	-76,3	1	63,6	1	63,6
KOMBINACE - Návrhová hodnota					453,6		-306,2		507,2		-415,1		364,1		172,5	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů																
OSOVÁ SÍLA V PATĚ STOJKY				Návrhové hodnoty kombinací												
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	kN	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN
1	Vlastní tíha	g0	-137,0		1	-137,0	1,35	-185,0	1	-137,0	1,15	-157,6	1	-137,0	1	-137,0
2	Další stálé	g1	-24,8		1	-24,8	1,35	-33,5	1	-24,8	1,15	-28,5	1	-24,8	1	-24,8
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	-232,5	1,01	0,0	1,01	-234,8	1,01	0,0	1,35	-313,9	1	-232,5	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	0,0		1,35	0,0	1	0,0	1,15	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	2,1	-2,1	0,9	1,9	0,9	-1,9	0,9	1,9	0,9	-1,9	0,6	-1,3	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	0,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	0,0		0,9	0,0	0,9	0,0	1,5	0,0	0,9	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	0,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	0,0		0,9		0,9		1,5		0,9		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-37,3	0,54	0,0	0,54	-20,1	0,54	0,0	1,35	-50,4	1	-37,3	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	12,8	-12,8	1,2	15,4	1,2	-15,4	1,2	15,4	1,2	-15,4	1	-12,8	1	-12,8
KOMBINACE - Návrhová hodnota					-144,6		-490,6		-144,6		-567,6		-445,7		-174,6	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

Vnitřní síly a kombinace pro posuzení průřezů																
POSOUVAJÍCÍ SÍLA V PATĚ STOJKY				Návrhové hodnoty kombinací												
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	kN	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN	γ/ξ.γ/ψ.γ	kN
1	Vlastní tíha	g0	-35,1		1	-35,1	1,35	-47,4	1	-35,1	1,15	-40,4	1	-35,1	1	-35,1
2	Další stálé	g1	-13,3		1	-13,3	1,35	-17,9	1	-13,3	1,15	-15,3	1	-13,3	1	-13,3
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	-69,3	1,01	0,0	1,01	-70,0	1,35	0,0	1,01	-70,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT	77,7		1,35	104,9	1	77,7	1,15	89,4	1	77,7	1	77,7	1	77,7
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	33,8	0,0	0,9	30,4	0,9	0,0	0,9	30,4	0,9	0,0	0,6	20,3	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon	48,2		0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp	-44,7		0,9	43,4	0,9	-40,3	0,9	43,4	1,5	-67,1	0,6	28,9	0,5	24,1
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat	9,7		0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool	-10,3		0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,0	-20,2	0,54	0,0	0,54	-10,9	1,35	0,0	0,54	-10,9	1	0,0	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	0,0	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1,2	0,0	1	0,0	1	0,0
KOMBINACE - Návrhová hodnota					130,4		-108,8		114,8		-126,0		78,5		53,4	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

**Posouzení průřezu trámu na ohyb, smyk a osovou sílu**

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-CSN:2007)

**b<sub>xh</sub>=1,000x0,650 m, Med=507,00 kNm,****Ved= 130,00 kN, Ned=-567,00 kN**Návrh železobetonu

Třída betonu-výztuže : C30/37-B500B (EC2 §3)

Stupně vlivu prostředí : XD1 (EC2 §4.4.1)

Krycí vrstva betonu : C<sub>nom</sub>=50 mm (EC2 §4.4.1) $\gamma_c=1,50, \gamma_s=1,15$ 

(EC2 Tabulka 2.1N)

 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,90 \times 30 / 1,50 = 18,00 \text{ MPa}$ 

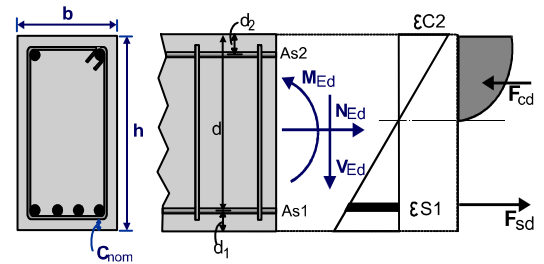
(EC2 §3.1.6)

 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,00 \times 2,0 / 1,50 = 1,33 \text{ MPa}$ 

(EC2 §3.1.6)

 $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa}$ 

(EC2 §3.2.7)

Modul pružnosti betonu  $E_{cm}=33,0 \text{ GPa}$ **2. Rozměry a zatížení**Šířka trámu  $b_w=1,000 \text{ m}$ , výška trámu  $h=0,650 \text{ m}$ Účinná výška průřezu  $d_1=C_{nom} + A_{s0,5} A = 50 + 10 + 0,5 \times 20 = 70 \text{ mm}$ ,  $d_2=70 \text{ mm}$ ,  $d=650-70=580 \text{ mm}$ Mezní stav únosnosti (MSÚ)Ohybový moment  $M_{ed}=507,00 \text{ kNm}$ , Posouvající síla  $V_{ed}=130,00 \text{ kN}$ , Osová síla  $N_{ed}=-567,00 \text{ kN}$  (tlak)Mezní stav použitelnosti (MSP)Ohybový moment  $M_{ed}=172,00 \text{ kNm}$ , Posouvající síla  $V_{ed}=53,00 \text{ kN}$ , Osová síla  $N_{ed}=-175,00 \text{ kN}$  (tlak)**3. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na ohyb s osovou silou**

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Dimenzování na ohyb: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2

für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Výztuž na ohyb a osovou sílu (nutná je pouze tahová výztuž)

 $M_{ed}=507 \text{ kNm}$ ,  $N_{sd}=-567 \text{ kN}$ ,  $b_w=1000 \text{ mm}$ ,  $d=580 \text{ mm}$ ,  $K_d=2,27$ ,  $x/d=0,14$ ,  $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-3,5/21,3$ ,  $k_s=2,44$ , **$A_{s1}=14,40 \text{ cm}^2$** Minimální podélná tahová výzt.,  $A_s \geq 0,26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ ,(As,min= 8,75 cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.1)

Maximální tahová nebo tlaková výzt.,  $A_s \leq 0,04 A_c$ ,(As,max=260,0 cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.3)

**Podélná výztuž: 10A20 (31,40 cm<sup>2</sup>) (dolní), 10A20 (31,40 cm<sup>2</sup>) (horní)****3.1. Mezní moment únosnosti průřezu**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

 $b=1000 \text{ mm}$ ,  $h=650 \text{ mm}$ ,  $d=580 \text{ mm}$ ,  $A_{s1}=3140 \text{ mm}^2$ ,  $A_{s2}=3140 \text{ mm}^2$  $\epsilon_{c2}=-3,17\%$ ,  $\epsilon_{s1}=19,96\%$ ,  $\epsilon_{s2}=0,38\%$ ,  $A_{s1}/b \cdot d=0,00542$  (0,542%) $x/d=\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})=3,17/(3,17+19,96)=0,137$ ,  $x=79,5 \text{ mm}$  $\alpha_r=0,790$ ,  $k_a=0,409$ ,  $F_c=\alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}=1129,91$  $F_{s2}=238,76 \text{ kN}$ ,  $F_{s1}=1368,67 \text{ kN}$ ,  $A_{s1}=F_{s1}/f_{yd}=3146 \text{ mm}^2$  $z=d-k_a \cdot x=(1-k_a \cdot \epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1}))d$ ,  $z/d=1,0-0,409 \times 0,137=0,944$ ,  $z=547,5 \text{ mm}$ , $K_d2=1/(0,790 \cdot 0,137 \cdot 0,944 \cdot 18,00)=0,544 \text{ mm}^2/\text{N}$ ,  $K_d=0,737$ Únosnost v ohybu  $e M_r=b \cdot d^2/K_d2+(d-d_2) \cdot F_{s2}=[10^{-6}] \times (1000 \times 580^2/0,544+510 \times 238759)=741 \text{ kNm}$

**4. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na smyk**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Smyková únosnost bez smykové výztuže  $V_{rdc}$ 

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.a)

$$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2, \quad k = 1,59, \quad k_1 = 0,15$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 3140 / (1000 \times 580) = 0,0054$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 1000 \times 567,00 / 650000 = 0,87 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{min} = 0,0350 \cdot k^{1,50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

(EC2 Rov.6.3N)

$$V_{rdc}(\min) = 0,001 \times (0,38 + 0,15 \times 0,87) \times 1000 \times 580 = 296,09 \text{ kN}$$

$$V_{rdc} = 0,001 \times [0,120 \times 1,59 \times (0,54 \times 30)^{0,33} + 0,15 \times 0,87] \times 1000 \times 580 = 355,70 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 130,00 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 355,70 \text{ kN}, \quad \mathbf{V_{ed} \leq V_{rdc} \text{ smyková výztuž není nutná}}$$

Únosnost betonových vzpěr  $V_{rdmax}$ 

(EC2 §6.2.3 Rov.6.9)

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta), \quad V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0,05, \quad \theta = 21,8^\circ, \quad \cot \theta = 2,50, \quad \tan \theta = 0,40$$

$$\alpha_{cw} = 1,00, \quad z = 0,9d, \quad f_{ck} = 30,0 \leq 60 \text{ MPa}, \quad v_1 = 0,6[1 - f_{ck}/250] = 0,6[1 - 30/250] = 0,528, \quad f_{cd} = 18,00 \text{ MPa}$$

$$V_{rdmax} = 0,001 \times 1,00 \times 1000 \times 0,9 \times 580 \times 0,528 \times 18,00 / 2,90 = 1710,7 \text{ kN}$$

Minimální třmínky pro smykové vyztužení

(EC2 §9.2.2)

Minimální stupeň smykového vyztužení  $\rho_{w,min}$ 

(EC2 Rov.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0,08 \times (f_{ck})^{0,5} / f_{yk}, \quad f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2, \quad f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_{w,min} = 0,0009$$

$$\min A_{sw}/s = 10 \times 0,0009 \times 1000 \times \sin(90^\circ) = 9,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Maximální podélná vzdálenost třmínků } s_{lmax} = 0,75d \leq 400 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

(EC2 §9.2.2.6, Rov.9.6N)

$$\text{Maximální příčná vzdálenost větví třmínků } s_{tmax} = 0,75d \leq 600 \text{ mm} = 435 \text{ mm}$$

(§9.2.2.8, Rov.9.8N)

$$\text{Minimální smykové vyztužení} \quad \mathbf{2A10/345} \quad (A_{sw}/s = 9,10 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\mathbf{\text{Smyková výztuž:} \quad \mathbf{2A10/345} \quad (A_{sw}/s = 9,10 \text{ cm}^2/\text{m})}$$

**5. Mezní stav použitelnosti (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$M_{ed}(\text{MSP}) = 172,00 \text{ kNm}, \quad V_{ed}(\text{MSP}) = 53,00 \text{ kN}, \quad N_{ed}(\text{MSP}) = -175,00 \text{ kN}$$

$$\text{Součinitel konečného dotvarování} \quad \varphi(\psi, t_0) = 2,50$$

(EC2 §3.1.4, Příloha B)

$$\text{Celkové přetvoření od smrštění} \quad \epsilon_{cs} = -0,30\%$$

$$\gamma_c = 1,00, \quad \gamma_s = 1,00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Modul pružnosti betonu } E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}, \quad E_{eff} = 33,0 / (1 + 2,50) = 9,43 \text{ GPa} = 9430 \text{ MPa}$$

(EC2 Rov.7.20)

$$\text{Modul pružnosti oceli } E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulární součinitel } E_s/E_c = 200/33,0 = 6,06, \quad \text{účinný } E_s/E_{c,eff} = 200/9,43 = 21,21$$

$$\text{Tahová výztuž:} \quad \mathbf{10A20} \quad (31,40 \text{ cm}^2), \quad \text{Tlaková výztuž:} \quad \mathbf{10A20} \quad (31,40 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Stupeň vyztužení} \quad \rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 3140 / (1000 \times 580) = 0,005, \quad \rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 3140 / (1000 \times 580) = 0,005$$

**5.1. Stadium I (průřez bez trhlin) (MSP)**

$$\text{Ohybová tuhost průřezu bez trhlin,} \quad EI = (200/21,21) \times (0,001 \times 33,689) = 317674 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2}), \quad e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, \quad I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0,001) \times 2 \times 3140 \times 0,261 = (0,001) \times 0,819 \text{ m}^3, \quad y_2 = 331 \text{ mm}, \quad y_{2s} = y_2 - d_2 = 331 - 70 = 261 \text{ mm}$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 172,00 / 317674 = (0,001) \times 0,541 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,819 / 33,689) = (0,001) \times 0,155 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 0,541 + (0,001) \times 0,155 = (0,001) \times 0,696 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Moment na mezi vzniku trhlin, } M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2,9 \times (33,689 / 0,331) = 295,42 \text{ kNm}$$

**5.2. Stadium II (průřez s trhlinami) (MSP)**

$$\rho = 0,005, \quad \rho' = 0,005, \quad \rho'/\rho = 1,000, \quad n = \alpha_e = 21,21, \quad n \cdot \rho = 0,106, \quad \xi = 0,614, \quad \alpha = 0,315, \quad x = \alpha \cdot d = 0,183 \text{ m}$$

$$\text{Ohybová tuhost průřezu s trhlinami,} \quad EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0,614 \times 200 \times 3140 \times 0,580^2 = 129648 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1 - \alpha)d = 397 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0,001) \times 397 \times 172,00 / 129648 = 0,53$$

$$S = A_s \cdot y_2 = (0,001) \times 2 \times 3140 \times 0,397 = (0,001) \times 1,247 \text{ m}^3$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 172,00 / 129648 = (0,001) \times 1,327 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (1,247 / 13,748) = (0,001) \times 0,235 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 1,327 + (0,001) \times 0,235 = (0,001) \times 1,562 \quad (1/\text{m})$$

$$M_{ed} = 172,00 \text{ kNm}, \quad N_{ed} = -175,00 \text{ kN}, \quad \epsilon_c/\epsilon_s = 0,27/0,50, \quad x = 204 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 100 \text{ N/mm}^2$$

### 5.3. Ověření průhybů výpočtem (MSP)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=172,00 < 0,70 \times M_{cr}=0,70 \times 295,42=206,79 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0,00$

(Rov.7.19)

Konečná křivost  $(1/r)=(0,001 \times 1,562)+(1-0,00) \times (0,001 \times 0,696)=(0,001) \times 0,696 (1/m)$

(Rov.7.18)

### 5.4. Minimální plochy výztuže (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimální plochy výztuže  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$

(EC2 Rov.7.1)

$b=1,000m$ ,  $b_{eff}=1,000m$ ,  $h=0,650m$ ,  $d=0,580m$ ,  $x=0,204m$ ,  $A=20mm$

$N_{ed}=-175,00kN$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0,3N/mm^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435N/mm^2$

$A_{ct}=(h-x) \cdot b=(650-204) \times 1000=445525 \text{ mm}^2$

$\max(h,b_1)=1mm$ ,  $f_{ctm}=2,90N/mm^2$ ,  $A_{ct}=445525mm^2$ ,  $k=0,75$ ,  $k_c=0,34$ ,  $k_1=0,67$

Minimální vyztužení,  $A_{s,min}=0,34 \times 0,75 \times 2,90 \times 445525 / 435=762mm^2$

### 5.5. Výpočet šířky trhlin (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$

(EC2 Rov.7.8)

$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff})(1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})]/E_s \geq 0,6 \sigma_s/E_s$

(EC2 Eq.7.9)

$\sigma_s=100N/mm^2$ , krátkodobé zatížení:  $E_s/E_c=6,06$ ,  $k_t=0,6$ , dlouhodobé zatížení:  $E_s/E_c=21,21$ ,  $k_t=0,4$

$A_{ceff}=0,333(h-x)b=0,333 \times (650-204) \times 1000=148360 \text{ mm}^2$

(§7.3.2.3)

$\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=3140/148360=0,021$

$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[100-0,4 \times (2,9/0,021)(1+21,21 \times 0,021)]/200=0,10\% \geq 0,6 \times 100/200=0,30\%$

$s_{r,max}=k_3 \cdot (C_{nom}+A_s)+k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot A/\rho_{eff}$

(EC2 Rov.7.11)

$A=20mm$ ,  $k_1=0,8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0,5$ ,  $k_3=3,4$ ,  $k_4=0,425$

$s_{r,max}=3,4 \times 60,00+0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 20/0,021=364,64 \text{ mm}$

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=364,64 \times 0,001 \times 0,30=0,11 \text{ mm}$

$w_k=0,11mm \leq 0,30mm=w_{max}$ , Stupně vlivu prostředí: XD1,

**Mezní šířka trhlin je dodržena**

**4.5. Deska příčle – příčný směr****ZS1**

	Char. hodnota	$\gamma_Q$	Návrh. hodnota
<b>Mmin</b>	<b>-26,0 kNm</b>	<b>1,35</b>	<b>-35,1</b>
<b>Vmax</b>	<b>31,7 kN</b>	<b>1,35</b>	<b>42,8</b>

**ZS2**

	Char. hodnota	$\gamma_Q$	Návrh. hodnota
<b>Mmin</b>	<b>42,3 kNm</b>	<b>1,35</b>	<b>57,1</b>
<b>Vmax</b>	<b>27,8 kN</b>	<b>1,35</b>	<b>37,5</b>

## 1. ZS1

### Posouzení průřezu trámu na ohyb, a smyk

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-CSN:2007)

$b \times h = 1,000 \times 0,430$  m,  $M_{ed} = -35,10$  kNm,

$V_{ed} = 42,80$  kN,  $N_{ed} = 0,00$  kN

Návrh železového betonu

Třída betonu-výztuže : C30/37-B500B (EC2 §3)

Stupně vlivu prostředí : XD1 (EC2 §4.4.1)

Krycí vrstva betonu :  $C_{nom} = 70$  mm (EC2 §4.4.1)

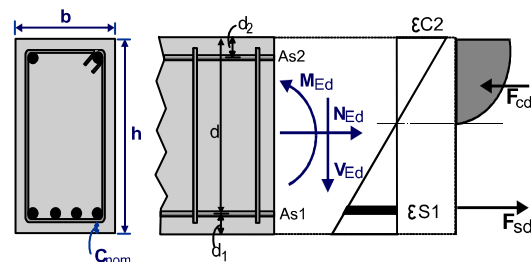
$\gamma_c = 1,50$ ,  $\gamma_s = 1,15$  (EC2 Tabulka 2.1N)

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,90 \times 30 / 1,50 = 18,00$  MPa (EC2 §3.1.6)

$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,00 \times 2,0 / 1,50 = 1,33$  MPa (EC2 §3.1.6)

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)

Modul pružnosti betonu  $E_{cm} = 33,0$  GPa



## 2. Rozměry a zatížení

Šířka trámu  $b_w = 1,000$  m, výška trámu  $h = 0,430$  m

Účinná výška průřezu  $d_1 = C_{nom} + A_s + 0,5 A = 70 + 10 + 0,5 \times 20 = 90$  mm,  $d_2 = 90$  mm,  $d = 430 - 90 = 340$  mm

Mezní stav únosnosti (MSÚ)

Ohybový moment  $M_{ed} = -35,10$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed} = 42,80$  kN, Osová síla  $N_{ed} = 0,00$  kN (tlak)

Mezní stav použitelnosti (MSP)

Ohybový moment  $M_{ed} = -26,00$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed} = 31,70$  kN, Osová síla  $N_{ed} = 0,00$  kN (tlak)

## 3. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na ohyb

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.2.1)

Účinná výška průřezu  $d_1 = C_{nom} + A_s + 0,5 A = 70 + 10 + 0,5 \times 20 = 90$  mm,  $d = 430 - 90 = 340$  mm

Dimenzování na ohyb: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2

für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Výztuž na ohyb (nutná je pouze tahová výztuž)

$M_{ed} = -35,10$  kNm  $b_w = 1000$  mm  $d = 340$  mm  $K_d = 5,74$   $x/d = 0,04$   $\epsilon_{C2}/\epsilon_{S1} = -0,9/20,0$   $k_s = 2,33$ ,

**$A_{s2} = 2,41$  cm<sup>2</sup>**

Minimální podélná tahová výzt.,  $A_s \geq 0,26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s,min} = 5,13$  cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.1)

Maximální tahová nebo tlaková výzt.,  $A_s \leq 0,04 A_c$ , ( $A_{s,max} = 172,0$  cm<sup>2</sup>)

(EC2 §9.2.1.1.3)

**Výztuž na ohyb: 6A12 (6,78 cm<sup>2</sup>) (horní), 6A12 (6,78 cm<sup>2</sup>) (dolní)**

### 3.1. Mezní moment únosnosti průřezu

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

$b = 1000$  mm,  $h = 430$  mm,  $d = 340$  mm,  $A_{s1} = 678$  mm<sup>2</sup>,  $A_{s2} = 678$  mm<sup>2</sup>

$\epsilon_{C2} = -3,27\%$ ,  $\epsilon_{S1} = 19,96\%$ ,  $A_{s1}/b \cdot d = 0,00464$  (0,464%)

$x/d = \epsilon_{C2} / (\epsilon_{C2} + \epsilon_{S1}) = 3,27 / (3,27 + 19,96) = 0,141$ ,  $x = 47,9$  mm

$\alpha_r = 0,796$ ,  $k_a = 0,411$ ,  $F_c = \alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = F_{s1} = 685,85$  kN,  $A_{s1} = F_{s1} / f_{yd} = 1577$  mm<sup>2</sup>

$z = d - k_a \cdot x = ([1 - k_a \cdot \epsilon_{C2} / (\epsilon_{C2} + \epsilon_{S1})] d)$ ,  $z/d = 1,0 - 0,411 \times 0,141 = 0,942$ ,  $z = 320,3$  mm,

$K_d = 1 / (0,796 \cdot 0,141 \cdot 0,942 \cdot 18,00) = 0,526$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d = 0,725$

Únosnost v ohybu  $e M_r = b \cdot d^2 / K_d = [10^{-6}] \times 1000 \times 340^2 / 0,526 = 220,00$  kNm



**4. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na smyk**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Smyková únosnost bez smykové výztuže  $V_{rdc}$ 

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.a)

$$V_{rdc} >= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,120, \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \quad b_w = 1000 \text{ mm}, \quad d = 340 \text{ mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2, \quad k = 1,77, \quad k_1 = 0,15$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 678 / (1000 \times 340) = 0,0020$$

$$v_{min} = 0,0350 \cdot k^{1,50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,45 \text{ N/mm}^2,$$

(EC2 Rov.6.3N)

$$V_{rdc}(\min) = 0,001 \times (0,45) \times 1000 \times 340 = 153,00 \text{ kN}$$

$$V_{rdc} = 0,001 \times [0,120 \times 1,77 \times (0,20 \times 30)^{0,33}] \times 1000 \times 340 = 131,23, \quad V_{rdc} = 153,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 42,80 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 153,00 \text{ kN}, \quad \textbf{Ved} \leq \textbf{Vrdc smyková výztuž není nutná}$$

Únosnost betonových vzpěr  $V_{rdmax}$ 

(EC2 §6.2.3 Rov.6.9)

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta), \quad V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0,03, \quad \theta = 21,8^\circ, \quad \cot \theta = 2,50, \quad \tan \theta = 0,40$$

$$\alpha_{cw} = 1,00, \quad z = 0,9d, \quad f_{ck} = 30,0 \leq 60 \text{ MPa}, \quad v_1 = 0,6 [1 - f_{ck}/250] = 0,6 [1 - 30/250] = 0,528, \quad f_{cd} = 18,00 \text{ MPa}$$

$$V_{rdmax} = 0,001 \times 1,00 \times 1000 \times 0,9 \times 340 \times 0,528 \times 18,00 / 2,90 = 1002,8 \text{ kN}$$

Minimální třmínky pro smykové vyztužení

(EC2 §9.2.2)

Minimální stupeň smykového vyztužení  $\rho_{w,min}$ 

(EC2 Rov.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0,08 \times (f_{ck})^{0,5} / f_{yk}, \quad f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2, \quad f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_{w,min} = 0,0009$$

$$\min A_{sw}/s = 10 \times 0,0009 \times 1000 \times \sin(90^\circ) = 9,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Maximální podélná vzdálenost třmínků } s_{lmax} = 0,75d (\leq 400 \text{ mm}) = 255 \text{ mm}$$

(EC2 §9.2.2.6, Rov.9.6N)

$$\text{Maximální příčná vzdálenost větví třmínků } s_{tmax} = 0,75d (\leq 600 \text{ mm}) = 255 \text{ mm}$$

(\$9.2.2.8, Rov.9.8N)

$$\text{Minimální smykové vyztužení} \quad \textbf{2A10/255} \quad (A_{sw}/s = 12,31 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\textbf{Smyková výztuž:} \quad \textbf{2A10/255} \quad (A_{sw}/s = 12,31 \text{ cm}^2/\text{m})$$

**5. Mezní stav použitelnosti (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$M_{ed}(\text{MSP}) = -26,00 \text{ kNm}, \quad V_{ed}(\text{MSP}) = 31,70 \text{ kN}$$

$$\text{Součinitel konečného dotvarování} \quad \varphi(\psi, t_0) = 2,50$$

(EC2 §3.1.4, Příloha B)

$$\text{Celkové přetvoření od smrštění} \quad \epsilon_{cs} = -0,30\%$$

$$\gamma_c = 1,00, \quad \gamma_s = 1,00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Modul pružnosti betonu } E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}, \quad E_{eff} = 33,0 / (1 + 2,50) = 9,43 \text{ GPa} = 9430 \text{ MPa}$$

(EC2 Rov.7.20)

$$\text{Modul pružnosti oceli } E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulární součinitel } E_s/E_c = 200/33,0 = 6,06, \quad \text{účinný } E_s/E_{c,eff} = 200/9,43 = 21,21$$

$$\text{Tahová výztuž:} \quad \textbf{6A12} \quad (6,78 \text{ cm}^2), \quad \text{Tlaková výztuž:} \quad \textbf{6A12} \quad (6,78 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Stupeň vyztužení} \quad \rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 678 / (1000 \times 340) = 0,002, \quad \rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 678 / (1000 \times 340) = 0,002$$

**5.1. Stadium I (průřez bez trhlin) (MSP)**

$$\text{Ohybová tuhost průřezu bez trhlin}, \quad EI = (200/21,21) \times (0,001 \times 7,470) = 70436 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2}), \quad e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, \quad I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) (n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0,001) 2 \times 678 \times 0,128 = (0,001) \times 0,087 \text{ m}^3, \quad y_2 = 218 \text{ mm}, \quad y_{2s} = y_2 - d_2 = 218 - 90 = 128 \text{ mm}$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 26,00/70436 = (0,001) \times 0,369 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,087/7,470) = (0,001) \times 0,074 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 0,369 + (0,001) \times 0,074 = (0,001) \times 0,443 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Moment na mezi vzniku trhlin}, \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2,9 \times (7,470/0,218) = 99,51 \text{ kNm}$$

**5.2. Stadium II (průřez s trhlinami) (MSP)**

$$\rho = 0,002, \quad \rho' = 0,002, \quad \rho'/\rho = 1,000, \quad n = \alpha_e = 21,21, \quad n \cdot \rho = 0,042, \quad \xi = 0,705, \quad \alpha = 0,232, \quad x = \alpha \cdot d = 0,079 \text{ m}$$

$$\text{Ohybová tuhost průřezu s trhlinami}, \quad EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0,705 \times 200 \times 678 \times 0,340^2 = 11057 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1-\alpha)d = 261 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0,001) \times 261 \times 26,00/11057 = 0,61$$

(EC2 Rov.7.21)

$$S = A_s \cdot y_2 = (0,001) 2 \times 678 \times 0,261 = (0,001) \times 0,177 \text{ m}^3$$

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 26,00/11057 = (0,001) \times 2,351 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,177/1,173) = (0,001) \times 0,151 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 2,351 + (0,001) \times 0,151 = (0,001) \times 2,502 \quad (1/\text{m})$$

$$M_{ed} = 26,00 \text{ kNm}, \quad \epsilon_c/\epsilon_s = 0,19/0,61, \quad x = 79 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 123 \text{ N/mm}^2$$

### 5.3. Ověření průhybů výpočtem (MSP)

(EN1992-1-1, §7.4.3)

$M_{ed}=26,00 < 0,70 \times M_{cr}=0,70 \times 99,51=69,65 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0,00$

(Rov.7.19)

Konečná křivost  $(1/r)=0,00 \times (0,001 \times 2,502) + (1-0,00) \times (0,001 \times 0,443) = (0,001) \times 0,443 \text{ (1/m)}$

(Rov.7.18)

### 5.4. Minimální plochy výztuže (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimální plochy výztuže  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$

(EC2 Rov.7.1)

$b=1,000\text{m}$ ,  $b_{eff}=1,000\text{m}$ ,  $h=0,430\text{m}$ ,  $d=0,340\text{m}$ ,  $x=0,079\text{m}$ ,  $A=12\text{mm}^2$

$N_{ed}=0,00\text{kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0,0\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435\text{N/mm}^2$

$A_{ct}=(h-x) \cdot b=(430-79) \times 1000=351048 \text{ mm}^2$

$\max(h,b_1)=0\text{mm}$ ,  $f_{ctm}=2,90\text{N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=351048\text{mm}^2$ ,  $k=0,91$ ,  $k_c=0,40$ ,  $k_1=1,50$

Minimální vyztužení,  $A_{s,min}=0,40 \times 0,91 \times 2,90 \times 351048 / 435=851\text{mm}^2$

### 5.5. Výpočet šířky trhlin (MSP)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$

(EC2 Rov.7.8)

$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff}) (1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$

(EC2 Eq.7.9)

$\sigma_s=123\text{N/mm}^2$ , krátkodobé zatížení:  $E_s/E_c=6,06$ ,  $k_t=0,6$ , dlouhodobé zatížení:  $E_s/E_c=21,21$ ,  $k_t=0,4$

$A_{ceff}=0,333(h-x)b=0,333 \times (430-79) \times 1000=116899 \text{ mm}^2$

(§7.3.2.3)

$\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=678/116899=0,006$

$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[123-0,4 \times (2,9/0,006) (1+21,21 \times 0,006)] / 200=-0,51\% \geq 0,6 \times 123/200=0,37\%$

$s_{r,max}=k_3 \cdot (C_{nom} + A_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot A / \rho_{eff}$

(EC2 Rov.7.11)

$A=12\text{mm}^2$ ,  $k_1=0,8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0,5$ ,  $k_3=3,4$ ,  $k_4=0,425$

$s_{r,max}=3,4 \times 80,00 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 12/0,006=623,73 \text{ mm}$

$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=623,73 \times 0,001 \times 0,37=0,23 \text{ mm}$

$w_k=0,23\text{mm} \leq 0,30\text{mm}=w_{max}$ , Stupně vlivu prostředí: XD1,

**Mezní šířka trhlin je dodržena**

## 2. ZS2

### Posouzení průřezu trámu na ohyb, a smyk

(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, +NA-CSN:2007)

$b \times h = 1,000 \times 0,430$  m,  $M_{ed} = 57,10$  kNm,

$V_{ed} = 37,50$  kN,  $N_{ed} = 0,00$  kN

Návrh železového betonu

Třída betonu-výztuže : C30/37-B500B

(EC2 §3)

Stupně vlivu prostředí : XD1

(EC2 §4.4.1)

Krycí vrstva betonu :  $C_{nom} = 70$  mm

(EC2 §4.4.1)

$\gamma_c = 1,50$ ,  $\gamma_s = 1,15$

(EC2 Tabulka 2.1N)

$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,90 \times 30 / 1,50 = 18,00$  MPa

(EC2 §3.1.6)

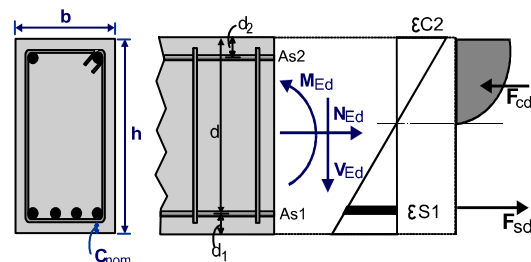
$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c = 1,00 \times 2,0 / 1,50 = 1,33$  MPa

(EC2 §3.1.6)

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435$  MPa

(EC2 §3.2.7)

Modul pružnosti betonu  $E_{cm} = 33,0$  GPa



## 2. Rozměry a zatížení

Šířka trámu  $b_w = 1,000$  m, výška trámu  $h = 0,430$  m

Účinná výška průřezu  $d_1 = C_{nom} + A_s + 0,5 A = 70 + 10 + 0,5 \times 20 = 90$  mm,  $d_2 = 90$  mm,  $d = 430 - 90 = 340$  mm

Mezní stav únosnosti (MSÚ)

Ohybový moment  $M_{ed} = 57,10$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed} = 37,50$  kN, Osová síla  $N_{ed} = 0,00$  kN (tlak)

Mezní stav použitelnosti (MSP)

Ohybový moment  $M_{ed} = 42,30$  kNm, Posouvající síla  $V_{ed} = 27,80$  kN, Osová síla  $N_{ed} = 0,00$  kN (tlak)

## 3. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na ohyb

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.2.1)

Účinná výška průřezu  $d_1 = C_{nom} + A_s + 0,5 A = 70 + 10 + 0,5 \times 20 = 90$  mm,  $d = 430 - 90 = 340$  mm

Dimenzování na ohyb: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2

für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Výztuž na ohyb (nutná je pouze tahová výztuž)

$M_{ed} = 57,10$  kNm  $b_w = 1000$  mm  $d = 340$  mm  $K_d = 4,50$   $x/d = 0,06$   $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1} = -1,2/20,0$   $\kappa_s = 2,35$ ,

**$A_{s1} = 3,94 \text{ cm}^2$**

Minimální podélná tahová výzt.,  $A_s \geq 0,26 b_d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ ,

( $A_{s,min} = 5,13 \text{ cm}^2$ )

(EC2 §9.2.1.1.1)

Maximální tahová nebo tlaková výzt.,  $A_s \leq 0,04 A_c$ ,

( $A_{s,max} = 172,0 \text{ cm}^2$ )

(EC2 §9.2.1.1.3)

Výztuž na ohyb: **6A14** (  $9,24 \text{ cm}^2$  ) (dolní), **6A12** (  $6,78 \text{ cm}^2$  ) (horní)

### 3.1. Mezní moment únosnosti průřezu

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

$b = 1000$  mm,  $h = 430$  mm,  $d = 340$  mm,  $A_{s1} = 924 \text{ mm}^2$ ,  $A_{s2} = 678 \text{ mm}^2$

$\epsilon_{c2} = -3,50\%$ ,  $\epsilon_{s1} = 19,51\%$ ,  $A_{s1}/b \cdot d = 0,00510$  (  $0,510\%$  )

$x/d = \epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1}) = 3,50 / (3,50 + 19,51) = 0,152$ ,  $x = 51,7$  mm

$\alpha_r = 0,810$ ,  $\kappa_a = 0,416$ ,  $F_c = \alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = F_{s1} = 753,59$  kN,  $A_{s1} = F_{s1} / f_{yd} = 1732 \text{ mm}^2$

$z = d - \kappa_a \cdot x = ([1 - \kappa_a \cdot \epsilon_{c2} / (\epsilon_{c2} + \epsilon_{s1})] d)$ ,  $z/d = 1,0 - 0,416 \times 0,152 = 0,937$ ,  $z = 318,5$  mm,

$K_d = 1 / (0,810 \cdot 0,152 \cdot 0,937 \cdot 18,00) = 0,482$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d = 0,694$

Únosnost v ohybu  $e$   $M_r = b \cdot d^2 / K_d = [10^{-6}] \times 1000 \times 340^2 / 0,482 = 241,00$  kNm

**4. Mezní stav únosnosti (MSÚ), návrh na smyk**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Smyková únosnost bez smykové výztuže  $V_{rdc}$ 

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.a)

$$V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Rov.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,50 = 0,120, \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \quad b_w = 1000 \text{ mm}, \quad d = 340 \text{ mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2, \quad k = 1,77, \quad k_1 = 0,15$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 924 / (1000 \times 340) = 0,0027$$

$$v_{min} = 0,0350 \cdot k^{1,50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0,45 \text{ N/mm}^2,$$

(EC2 Rov.6.3N)

$$V_{rdc}(\min) = 0,001 \times (0,45) \times 1000 \times 340 = 153,00 \text{ kN}$$

$$V_{rdc} = 0,001 \times [0,120 \times 1,77 \times (0,27 \times 30)^{0,33}] \times 1000 \times 340 = 145,03, \quad V_{rdc} = 153,00 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 37,50 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 153,00 \text{ kN}, \quad \textbf{Ved} \leq \textbf{Vrdc smyková výztuž není nutná}$$

Únosnost betonových vzpěr  $V_{rdmax}$ 

(EC2 §6.2.3 Rov.6.9)

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta), \quad V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0,03, \quad \theta = 21,8^\circ \quad \cot \theta = 2,50 \quad \tan \theta = 0,40$$

$$\alpha_{cw} = 1,00 \quad z = 0,9d, \quad f_{ck} = 30,0 \leq 60 \text{ MPa} \quad v_1 = 0,6 [1 - f_{ck}/250] = 0,6 [1 - 30/250] = 0,528, \quad f_{cd} = 18,00 \text{ MPa}$$

$$V_{rdmax} = 0,001 \times 1,00 \times 1000 \times 0,9 \times 340 \times 0,528 \times 18,00 / 2,90 = 1002,8 \text{ kN}$$

Minimální třmínky pro smykové vyztužení

(EC2 §9.2.2)

Minimální stupeň smykového vyztužení  $\rho_{w,min}$ 

(EC2 Rov.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0,08 \times (f_{ck})^{0,5} / f_{yk}, \quad f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2, \quad f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2, \quad \rho_{w,min} = 0,0009$$

$$\min A_{sw}/s = 10 \times 0,0009 \times 1000 \times \sin(90^\circ) = 9,00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Maximální podélná vzdálenost třmínků } s_{lmax} = 0,75d (\leq 400 \text{ mm}) = 255 \text{ mm}$$

(EC2 §9.2.2.6, Rov.9.6N)

$$\text{Maximální příčná vzdálenost větví třmínků } s_{tmax} = 0,75d (\leq 600 \text{ mm}) = 255 \text{ mm}$$

(\$9.2.2.8, Rov.9.8N)

$$\text{Minimální smykové vyztužení} \quad \textbf{2A10/255} \quad (A_{sw}/s = 12,31 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$\textbf{Smyková výztuž:} \quad \textbf{2A10/255} \quad (A_{sw}/s = 12,31 \text{ cm}^2/\text{m})$$

**5. Mezní stav použitelnosti (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$M_{ed}(MSP) = 42,30 \text{ kNm}, \quad V_{ed}(MSP) = 27,80 \text{ kN}$$

$$\text{Součinitel konečného dotvarování} \quad \varphi(\psi, t_0) = 2,50$$

(EC2 §3.1.4, Příloha B)

$$\text{Celkové přetvoření od smrštění} \quad \epsilon_{cs} = -0,30\%$$

$$\gamma_c = 1,00, \quad \gamma_s = 1,00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Modul pružnosti betonu } E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}, \quad E_{eff} = 33,0 / (1 + 2,50) = 9,43 \text{ GPa} = 9430 \text{ MPa}$$

(EC2 Rov.7.20)

$$\text{Modul pružnosti oceli } E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulární součinitel } E_s/E_c = 200/33,0 = 6,06, \quad \text{účinný } E_s/E_{c,eff} = 200/9,43 = 21,21$$

$$\text{Tahová výztuž:} \quad \textbf{6A14} \quad (9,24 \text{ cm}^2), \quad \text{Tlaková výztuž:} \quad \textbf{6A12} \quad (6,78 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Stupeň vyztužení} \quad \rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 924 / (1000 \times 340) = 0,003, \quad \rho' = A_{s2} / (b \cdot d) = 678 / (1000 \times 340) = 0,002$$

**5.1. Stadium I (průřez bez trhlin) (MSP)**

$$\text{Ohybová tuhost průřezu bez trhlin}, \quad EI = (200/21,21) \times (0,001 \times 7,550) = 71192 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2}), \quad e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, \quad I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0,001) 2 \times 924 \times 0,126 = (0,001) \times 0,117 \text{ m}^3, \quad y_2 = 216 \text{ mm}, \quad y_{2s} = y_2 - d_2 = 216 - 90 = 126 \text{ mm}$$

(EC2 Rov.7.21)

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 42,30/71192 = (0,001) \times 0,594 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,117/7,550) = (0,001) \times 0,098 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 0,594 + (0,001) \times 0,098 = (0,001) \times 0,693 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Moment na mezi vzniku trhlin}, \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I/y_2) = 2,9 \times (7,550/0,216) = 101,21 \text{ kNm}$$

**5.2. Stadium II (průřez s trhlinami) (MSP)**

$$\rho = 0,003, \quad \rho' = 0,002, \quad \rho'/\rho = 0,667, \quad n = \alpha_e = 21,21, \quad n \cdot \rho = 0,064, \quad \xi = 0,655, \quad \alpha = 0,277, \quad x = \alpha \cdot d = 0,094 \text{ m}$$

$$\text{Ohybová tuhost průřezu s trhlinami}, \quad EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^2 = 0,655 \times 200 \times 924 \times 0,340^2 = 13992 \text{ kNm}^2$$

$$y_2 = (1-\alpha)d = 246 \text{ mm}, \quad \epsilon_s = y_2 \cdot M/EI = (0,001) \times 246 \times 42,30/13992 = 0,74$$

(EC2 Rov.7.21)

$$S = A_s \cdot y_2 = (0,001) 2 \times 924 \times 0,246 = (0,001) \times 0,227 \text{ m}^3$$

$$\text{Křivost od momentu } 1/r_M = 42,30/13992 = (0,001) \times 3,023 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Křivost od smrštění } 1/r_{cs} = (0,001 \times 0,30) \times 21,21 \times (0,227/1,484) = (0,001) \times 0,191 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Celková křivost } 1/r = (0,001) \times 3,023 + (0,001) \times 0,191 = (0,001) \times 3,215 \quad (1/\text{m})$$

$$M_{ed} = 42,30 \text{ kNm}, \quad \epsilon_c/\epsilon_s = 0,29/0,74, \quad x = 94 \text{ mm}, \quad \sigma_s = 149 \text{ N/mm}^2$$

**5.3. Ověření průhybů výpočtem (MSP)**

(EN1992-1-1, §7.4.3)

 $M_{ed}=42,30 < 0,70 \times M_{cr}=0,70 \times 101,21=70,85 \text{ kNm}$ ,  $\zeta=0,00$ 

(Rov.7.19)

Konečná křivost  $(1/r)=0,00 \times (0,001 \times 3,215) + (1-0,00) \times (0,001 \times 0,693) = (0,001) \times 0,693 \text{ (1/m)}$ 

(Rov.7.18)

**5.4. Minimální plochy výztuže (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimální plochy výztuže  $A_{s,min}=k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$ 

(EC2 Rov.7.1)

 $b=1,000\text{m}$ ,  $b_{eff}=1,000\text{m}$ ,  $h=0,430\text{m}$ ,  $d=0,340\text{m}$ ,  $x=0,094\text{m}$ ,  $A=14\text{mm}^2$  $N_{ed}=0,00\text{kN}$ ,  $\sigma_c=(N_{ed}/bh)=0,0\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_s=f_{yd}=435\text{N/mm}^2$  $A_{ct}=(h-x) \cdot b=(430-94) \times 1000=335703 \text{ mm}^2$  $\max(h,b_1)=0\text{mm}$ ,  $f_{ctm}=2,90\text{N/mm}^2$ ,  $A_{ct}=335703\text{mm}^2$ ,  $k=0,91$ ,  $k_c=0,40$ ,  $k_1=1,50$ Minimální vyztužení,  $A_{s,min}=0,40 \times 0,91 \times 2,90 \times 335703 / 435=814\text{mm}^2$ **5.5. Výpočet šířky trhlin (MSP)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

 $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})$ 

(EC2 Rov.7.8)

 $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[\sigma_s-k_t \cdot (f_{ct,eff}/\rho_{eff}) (1+\alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$ 

(EC2 Eq.7.9)

 $\sigma_s=149\text{N/mm}^2$ , krátkodobé zatížení:  $E_s/E_c=6,06$ ,  $k_t=0,6$ , dlouhodobé zatížení:  $E_s/E_c=21,21$ ,  $k_t=0,4$  $A_{ceff}=0,333(h-x)b=0,333 \times (430-94) \times 1000=111789 \text{ mm}^2$ 

(\$7.3.2.3)

 $\rho_{eff}=A_s/A_{ceff}=924/111789=0,008$  $\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}=[149-0,4 \times (2,9/0,008) (1+21,21 \times 0,008)] / 200=-0,08\% \geq 0,6 \times 149 / 200=0,45\%$  $s_{r,max}=k_3 \cdot (C_{nom} + A_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot A / \rho_{eff}$ 

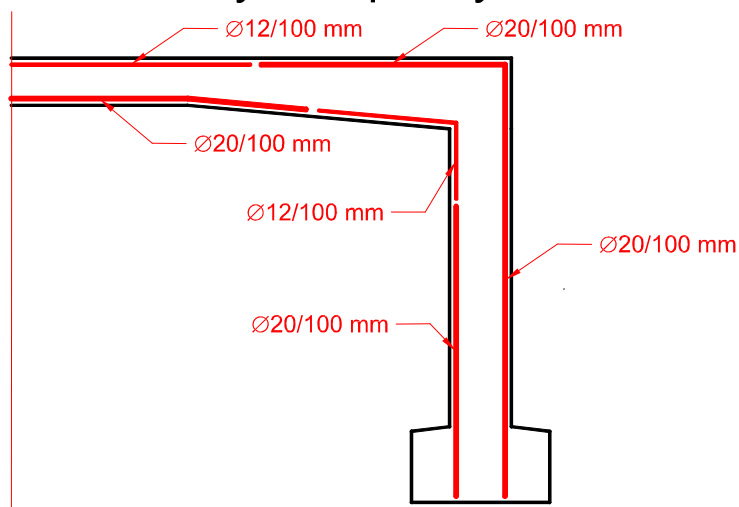
(EC2 Rov.7.11)

 $A=14\text{mm}^2$ ,  $k_1=0,8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0,5$ ,  $k_3=3,4$ ,  $k_4=0,425$  $s_{r,max}=3,4 \times 80,00 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 14 / 0,008=559,94 \text{ mm}$  $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=559,94 \times 0,001 \times 0,45=0,25 \text{ mm}$  $w_k=0,25\text{mm} \leq 0,30\text{mm}=w_{max}$ , Stupně vlivu prostředí: XD1,**Mezní šířka trhlin je dodržena** $s_{r,max}=k_3 \cdot (C_{nom} + A_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot A / \rho_{eff}$ 

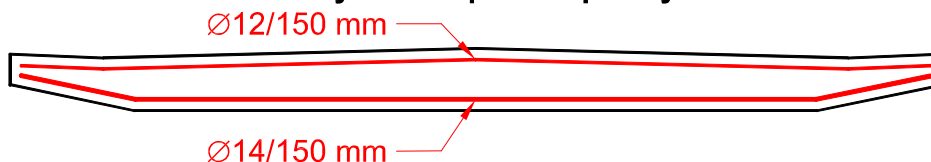
(EC2 Rov.7.11)

 $A=20\text{mm}^2$ ,  $k_1=0,8$ ,  $k_2=(e_1+e_2)/2e_1=0,5$ ,  $k_3=3,4$ ,  $k_4=0,425$  $s_{r,max}=3,4 \times 60,00 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 20 / 0,020=369,97 \text{ mm}$  $w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=369,97 \times 0,001 \times 0,40=0,15 \text{ mm}$  $w_k=0,15\text{mm} \leq 0,30\text{mm}=w_{max}$ , Stupně vlivu prostředí: XD1,**Mezní šířka trhlin je dodržena**

#### 4.6. Schéma nosné betonářské výztuže – podélný směr



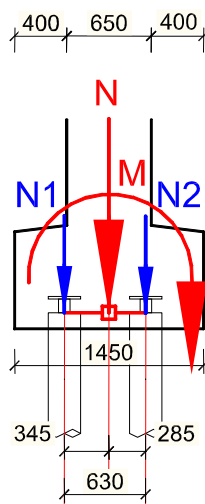
#### 4.7. Schéma nosné betonářské výztuže – příčně - příčný směr

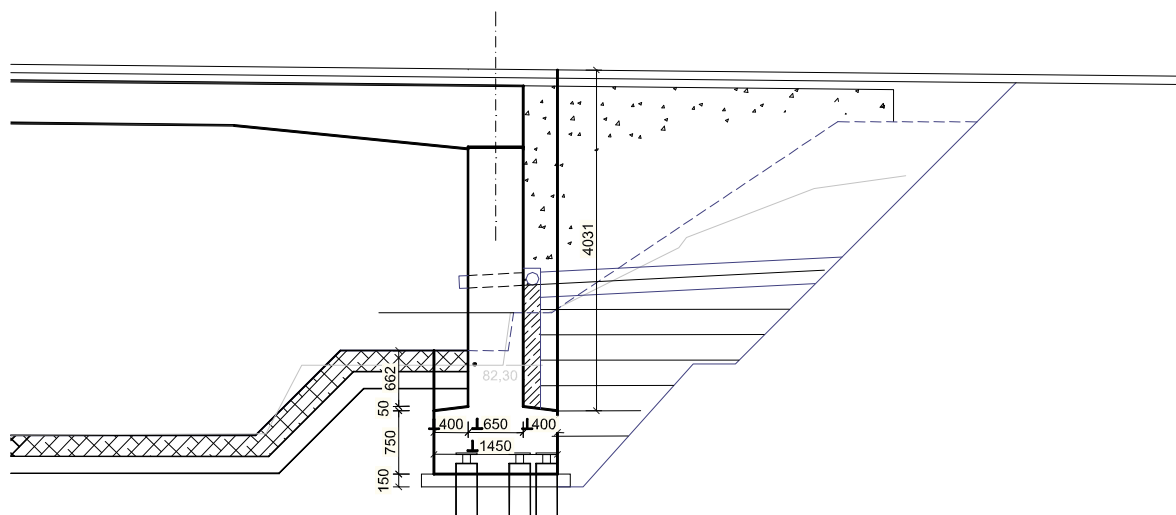


### 5. Posouzení založení

#### 5.1. Obecné předpoklady

Schéma působení sil na mikropiloty v příčném řezu základem:  
 Vzdálenost mikropilot v podélném směru základu  $d_1 = 0,70$  m.





Návrh mikropilot je proveden za zjednodušených předpokladů (na straně bezpečné):

- Pro zatížení se vychází z dimenzačního pásu šířky 1 m, ve skutečnosti bude roznesení pohyblivého zatížení příznivější.
- Na 1 dvojici mikropilot v příčném řezu připadá 0,7 x zatížení dim. pásu rámu.
- Svislá reakce základu se roznáší rovnoměrně na obě mikropiloty, moment se rozkládá na dvojici sil tlak/tah rovnoměrně na obě mikropiloty podle vztahů  $N_1 = N/2 - M/0,63$ ,  $N_2 = N/2 + M/0,63$ .

Posouzení je provedeno programem GEO – Mikropilota (FINE).

Pro výpočet reakcí je použit model rámu s pružnými vodorovnými podporami na rubu stojek. Kombinace viz tabulka.

Vlastní tíha se zvyšuje o tíhu bočních částí pásu a zeminu nad výstupky základu:

$$Ng_{0z} = 2 \times 0,4 \times 0,775 \times 25 + (0,68 \times 0,4 + 4,0 \times 0,4) \times 20 = 15,5 + 37,4 = 52,9 \text{ kN}$$

## 5.2. Zatížení na 1 mikropilotu

Reakce pro posouzení založení																
Svislá síla					Návrhové hodnoty kombinací											
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	KN	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN
1	Vlastní tíha	g0		137,0	1,35	185,0	1	137,0	1,15	157,6	1	137,0	1	137,0	1	137,0
2	Další stálé	g1		24,8	1,35	33,5	1	24,8	1,15	28,5	1	24,8	1	24,8	1	24,8
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	233,4	0,0	1,01	235,7	1,01	0,0	1,35	315,1	1,01	0,0	1	233,4	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT		0,0	1,35	0,0	1	0,0	1,15	0,0	1	0,0	1	0,0	1	0,0
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,6	0,0	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná – Zkrácení	Tcon		0,0	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná – Prodloužení	Texp		0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	1,5	0,0	0,6	0,0	0,5	0,0
10	Teplota – Rozdílová – Horní+	Theat		0,0	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová – Dolní+	Tcool		0,0	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	37,3	0,0	0,54	20,1	0,54	0,0	1,35	50,4	0,54	0,0	1	37,3	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	12,8	-12,8	1,2	15,4	1,2	-15,4	1,2	15,4	1,2	-15,4	1	12,8	1	12,8
14	Vlastní tíha základu a zem.	g0z		52,9	1,35	71,4	1	52,9	1,15	60,8	1	52,9	1	52,9	1	52,9
KOMBINACE - Návrhová hodnota					561,1		199,3		627,7		199,3		498,2		227,5	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

Reakce pro posouzení založení																
Moment			Návrhové hodnoty kombinací													
			Char. hodnota MAX	Char. hodnota MIN	Kombinace 1		Kombinace 2		Kombinace 3		Kombinace 4		Kombinace 5		Kombinace 6	
LOAD No.	Popis	Symbol	KN	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN	$\gamma/\xi, \gamma/\psi, \gamma$	KN
1	Vlastní tíha	g0		1,6	1,35	2,2	1	1,6	1,15	1,8	1	1,6	1	1,6	1	1,6
2	Další stálé	g1		0,6	1,35	0,8	1	0,6	1,15	0,7	1	0,6	1	0,6	1	0,6
3	Pohyblivé LM1-TA pro ML/2	LM1-TA_ML/2	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
4	Pohyblivé LM1-TA pro MA	LM1-TA_MA	0,0	0,0	1,01	0,0	1,01	0,0	1,35	0,0	1,01	0,0	1	0,0	0	0,0
5	Pohyblivé LM1-TA pro VA	LM1-TA_VA	22,3	0,0	1,01	22,5	1,01	0,0	1,35	30,1	1,01	0,0	1	22,3	0	0,0
6	Zemní tlak	ZT		57,9	1,35	78,2	1	57,9	1,15	66,6	1	57,9	1	57,9	1	57,9
7	Zvětšení zem. tlaku	ZTq	1,7	0,0	0,9	1,5	0,9	0,0	0,9	1,5	0,9	0,0	0,6	1,0	0	0,0
8	Teplota – Rovnoměrná - Zkrácení	Tcon		-73,5	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
9	Teplota – Rovnoměrná - Prodloužení	Texp		68,1	0,9	61,2	0,9	-66,1	0,9	61,2	1,5	-110,2	0,6	40,8	0,5	34,0
10	Teplota – Rozdílová - Horní+	Theat		0,2	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
11	Teplota – Rozdílová - Dolní+	Tcool		-0,2	0,9		0,9		0,9		1,5		0,6		0,5	
12	Pohyblivé LM1-UDL	LM1_UDL	0,9	0,0	0,54	0,5	0,54	0,0	1,35	1,2	0,54	0,0	1	0,9	0	0,0
13	Nerovnoměrné sednutí	set	63,6	-63,6	1,2	76,3	1,2	-76,3	1,2	76,3	1,2	-76,3	1	63,6	1	63,6
KOMBINACE - Návrhová hodnota					243,2		-82,3		239,5		-126,4		188,8		157,7	
Popis					MSU - 6.10a MAX		MSU - 6.10a MIN		MSU - 6.10b MAX		MSU - 6.10b MIN		MSP - Charakter		MSP - Kvazist.	

**Rozhodující zatížení na 1 mikropilotu – Tlak:**

Návrhové zatížení

$$N_{EDULS} = -628 \text{ kN}$$

$$M_{EDULS} = 240 \text{ kNm}$$

$$N1 = 0,7 \times (-628/2 - 240/0,63) = -486,5 \text{ kN}$$

Charakteristické zatížení

$$N_{EDSLS} = -498 \text{ kN}$$

$$M_{EDSLS} = 189 \text{ kNm}$$

$$N1 = 0,7 \times (-498/2 - 189/0,63) = -384,3 \text{ kN}$$

**Rozhodující zatížení na 1 mikropilotu – Tah:**

Návrhové zatížení

$$N_{EDULS} = -628 \text{ kN}$$

$$M_{EDULS} = 240 \text{ kNm}$$

$$N2 = 0,7 \times (-628/2 + 240/0,63) = 66,9 \text{ kN}$$

Charakteristické zatížení

$$N_{EDSLS} = -498 \text{ kN}$$

$$M_{EDSLS} = 189 \text{ kNm}$$

$$N2 = 0,7 \times (-498/2 + 189/0,63) = 35,7 \text{ kN}$$

**5.3. Posouzení mikropilot****Výpočet Mikropiloty****Vstupní data****Projekt**

Akce : Kralupy  
 Část : Mikropiloty  
 Popis : Založení rámu  
 Autor : L. Dvořák  
 Odběratel : AF CityPlan  
 Datum : 12.2.2017

**Parametry zemin****Třída F6, konzistence tuhá**

Objemová tíha :  $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$   
 Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 19,00^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

**Třída F8, konzistence tuhá**

Objemová tíha :  $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$   
 Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

**Třída F4, konzistence měkká**

Objemová tíha :  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$   
 Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 24,50^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 14,00 \text{ kPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$



**Třída G5**

Objemová tíha :	$\gamma$	=	19,50 kN/m <sup>3</sup>
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef}$	=	30,00 °
Soudržnost zeminy :	$c_{ef}$	=	6,00 kPa
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat}$	=	21,00 kN/m <sup>3</sup>

**Geometrie**

Průměr	=	108.0 mm
Tloušťka stěny	=	12.0 mm
Volná délka mikropiloty	$l$	= 5.50 m
Délka kořene	$l_r$	= 2.50 m
Průměr kořene	$d_r$	= 0.22 m
Odklon mikropiloty od svislice	$\alpha$	= 0.00 °
Vysazení mikropiloty nad terén	$l_a$	= 0.40 m

**Materiál konstrukce:****CEM**

Normová pevnost v tlaku	$R_{bd}$	=	20.00 MPa
Modul pružnosti	$E_b$	=	29000.00 MPa

**Ocel**

Normová pevnost oceli	$R_{sd}$	=	235.00 MPa
Modul pružnosti	$E_s$	=	210000.00 MPa

**Geologický profil a přiřazení zemín**

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1.35	Třída F6, konzistence tuhá	
2	2.00	Třída F8, konzistence tuhá	
3	0.30	Třída F8, konzistence tuhá	
4	-	Třída F4, konzistence měkká	

**Zatížení**

Číslo	Síla nová	Síla změna	Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
1	ANO		Zatížení tah	-67.00	0.00
2	ANO		Zatížení tlak	487.00	0.00

**Hladina podzemní vody**

Hladina podzemní vody je v hloubce 0.20 m od původního terénu.

**Celkové nastavení výpočtu**

Výpočet únosnosti dřívku - geometrická (Eulerova) metoda  
 Výpočet únosnosti kořene - kořen v hornině

**Nastavení výpočtu fáze**

Výpočet posouzení podle mezních stavů.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření	$\gamma_{m\phi}$	=	1.00
Součinitel redukce soudržnosti	$\gamma_{mc}$	=	1.00
Součinitel redukce kritické síly	$\gamma_{mf}$	=	1.00
Součinitel spolehlivosti cementové směsi	$\gamma_{mc}$	=	1.75
Součinitel spolehlivosti oceli	$\gamma_{ms}$	=	1.20
Součinitel redukce únosnosti kořene	$\gamma_{mr}$	=	1.00

**Posouzení čís. 1**

**Posouzení průřezu - výpočet číslo 1****Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda**

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-vetknutí).

Modul reakce podloží	$E_p = 10.00 \text{ MN/m}^3$
Spočtený počet půlvln	$n = 3.61$
Vzpěrná délka	$l_{cr} = 1.26 \text{ m}$
Kritická normálová síla	$N_{crd} = 6006.24 \text{ kN}$
Maximální normálová síla	$N_{max} = 487.00 \text{ kN}$

**Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE****Posouzení únosnosti spřaženého průřezu:**

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čís. 2

Plocha ideálního průřezu	$A_i = 4.384E+03 \text{ mm}^2$
Moment setrvačnosti ideálního průřezu	$J_i = 4.572E+06 \text{ mm}^4$
Štíhlost prutu	$\lambda = 38.897$
Součinitel vzpěrnosti	$\kappa = 0.952$
Napětí v oceli	$\sigma = 129.73 \text{ MPa}$
Pevnost oceli	$\sigma_{rd} = 195.83 \text{ MPa}$

**Spřažený průřez mikropiloty VYHOVUJE****Posouzení čís. 1****Posouzení kořene - výpočet číslo 1**

Způsob výpočtu - kořen v hornině.

Celková únosnost kořene mikropiloty = 863.94 kN

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty	$Q_{rd} = 863.94 \text{ kN}$
Maximální normálová síla	$N_{max} = 487.00 \text{ kN}$

**Únosnost kořene VYHOVUJE****Výpočet Mikropiloty****Vstupní data****Projekt**

Akce	: Kralupy
Část	: Mikropiloty
Popis	: Založení rámu
Autor	: L. Dvořák
Odběratel	: AF CityPlan
Datum	: 12.2.2017

**Parametry zemín****Třída F6, konzistence tuhá**

Objemová tíha :	$\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 19,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

**Třída F8, konzistence tuhá**

Objemová tíha :	$\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 15,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

**Třída F4, konzistence měkká**

Objemová tíha :	$\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 24,50^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 14,00 \text{ kPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

**Třída G5**

Objemová tíha :  $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$   
 Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$   
 Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 6,00 \text{ kPa}$   
 Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

**Geometrie**

Průměr = 108.0 mm  
 Tloušťka stěny = 12.0 mm  
 Volná délka mikropiloty  $l = 5.50 \text{ m}$   
 Délka kořene  $l_r = 2.50 \text{ m}$   
 Průměr kořene  $d_r = 0.22 \text{ m}$   
 Odklon mikropiloty od svislice  $\alpha = 0.00^\circ$   
 Vysazení mikropiloty nad terén  $l_a = 0.40 \text{ m}$

**Materiál konstrukce:****CEM**

Normová pevnost v tlaku  $R_{bd} = 20.00 \text{ MPa}$   
 Modul pružnosti  $E_b = 29000.00 \text{ MPa}$

**Ocel**

Normová pevnost oceli  $R_{sd} = 235.00 \text{ MPa}$   
 Modul pružnosti  $E_s = 210000.00 \text{ MPa}$

**Geologický profil a přiřazení zemin**

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1.35	Třída F6, konzistence tuhá	
2	2.00	Třída F8, konzistence tuhá	
3	0.30	Třída F8, konzistence tuhá	
4	-	Třída F4, konzistence měkká	

**Zatížení**

Číslo	Síla nová	Síla změna	Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
1	ANO		Zatížení tah	-36.00	0.00
2	ANO		Zatížení tlak	384.00	0.00

**Hladina podzemní vody**

Hladina podzemní vody je v hloubce 0.20 m od původního terénu.

**Celkové nastavení výpočtu**

Výpočet únosnosti dřívku - geometrická (Eulerova) metoda  
 Výpočet únosnosti kořene - kořen v hornině

**Nastavení výpočtu fáze**

Výpočet posouzení podle stupně bezpečnosti.  
 Stupeň bezpečnosti kritické síly  $SB_1 = 1.50$   
 Stupeň bezpečnosti únosnosti průřezu  $SB_2 = 1.50$   
 Stupeň bezpečnosti únosnosti kořene  $SB_3 = 1.50$

**Posouzení čís. 1**

**Posouzení průřezu - výpočet číslo 1****Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda**

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-vetknutí).

Modul reakce podloží  $E_p = 10.00 \text{ MN/m}^3$   
Spočtený počet půlvln  $n = 3.61$   
Vzpěrná délka  $l_{cr} = 1.26 \text{ m}$   
Kritická normálová síla  $N_{cr} = 6006.24 \text{ kN}$   
Maximální normálová síla  $N_{max} = 384.00 \text{ kN}$   
Stupeň bezpečnosti =  $15.64 > 1.50$

**Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE****Posouzení únosnosti spráženého průřezu:**

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čis. 2

Plocha ideálního průřezu  $A_i = 4.384E+03 \text{ mm}^2$   
Moment setrvačnosti ideálního průřezu  $J_i = 4.572E+06 \text{ mm}^4$   
Štíhlost prutu  $\lambda = 38.897$   
Součinitel vzpěrnosti  $\kappa = 0.941$   
Napětí v oceli  $\sigma = 99.73 \text{ MPa}$   
Pevnost oceli  $\sigma_{rd} = 235.00 \text{ MPa}$   
Stupeň bezpečnosti =  $2.36 > 1.50$

**Sprážený průřez mikropiloty VYHOVUJE****Posouzení čís. 1****Posouzení kořene - výpočet číslo 1**

Způsob výpočtu - kořen v hornině.

Celková únosnost kořene mikropiloty = 863.94 kN

Únosnost kořene mikropiloty  $Q = 863.94 \text{ kN}$   
Maximální normálová síla  $N_{max} = 384.00 \text{ kN}$

Stupeň bezpečnosti =  $2.25 > 1.50$ **Únosnost kořene VYHOVUJE**