

D.1.2. Statický výpočet

Investor: Státní pozemkový úřad

Stavba: Realizace společných zařízení obce Holasovice

Objekt: Statické posouzení ochrany vodovodu

Stavebně konstrukční část

Stupeň: DSP

Vypracoval: Ing. Jaromír Ferdian (arch. č. 18238)
Projektant: Dopravoprojekt Ostrava
Schválil: Ing. Martin Staněk

Datum: 10/2018



1. Obsah:

- 1/ Obsah
- 2/ Použité ČSN a literatura
- 3/ Technická zpráva
- 4/ Zatěžovací údaje a posouzení

2. Použité normy a literatura:

zákon č. 183/2006 Sb. Stavební zákon
prováděcí vyhláška 268/2009 sb. o technických požadavcích na stavby
ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí – část 4-3: Potrubí
ČSN EN 1997 Navrhování geotechnických konstrukcí
TP51 Statické tabulky pro stavební praxi
ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí
ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí, část 1-1 Obecná pravidla
ČSN EN 1295-1 Statický návrh potrubí uloženého v zemi pro různé zatěžovací podmínky –
část 1: Všeobecné požadavky
ČSN 755630 Vodovodní podchody pod dráhou a pozemní komunikací
ČSN EN 206-1 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba, shoda

3. Technický popis:

Tato část dokumentace řeší posouzení vodovodního potrubí DN 1600, uloženého v zemi pod zemním tělesem pro zatížení pojezdem stavebními stroji při provádění stavebních prací soupravou hmotnosti 37,5 tun, kdy bude docházet i k vibracím a zatížením silniční dopravou zatěžovací třída A. Posouzení je provedeno za předpokladu uložení potrubí do výkopu při dodržení technologických postupů, zejména: Účinná vrstva - podsyp, boční obsyp a krycí obsyp je proveden pískem resp. štěrkopískem s maximální velikostí zrna 22 mm. Podsyp a krycí obsyp je zhutněn na ID 0,85. Výška nadloží nad potrubím je v místě křížení s komunikací 2,7 m.

konstrukce vozovky je dle dokumentace:

- Asfaltový beton obrusný 40 mm
- Spojovací postřik
- Asfaltový beton podkladní 60 mm
- Infiltrační postřik
- Vibrovaný štěrk 150 mm
- Štěrkodr 200 mm

Jako podklad sloužil geologický průzkum z místa stavby, zpracovaný G-Consult, spol.s r.o. v 04/2018. Předané informace o rozměrech potrubí (ocel DN 1600, tl. stěny 14-15 mm) a o hmotnosti stroje (37,5 tun) a rozměrech dosedací plochy pásu (600x3710 mm). Dále dílčí projektová dokumentace (podélný a příčný řez křížení konstrukce vozovky tl. 450 mm a

provedení ochrany potrubí silniční panely 1500x3000 mm tl. 150 mm v šířce 7,5 m a délce 8 m. panely budou uloženy do šterkového lože tl. 150 mm.

Potrubí:

DN 1600	tr. 1630/15 mm (tolerance -12,5%)
t_{\min}	13,13 mm
Plocha průřezu	$A = 0,0667 \text{ m}^2$
Materiál	Ocel
Pevnost	$R_t = 235 \text{ MPa}$
Hloubka finální	2,7 m
Hloubka pod plání komunikace	2,25 m
Tlak v potrubí	0,8-0,9 MPa

Posouzení je provedeno pro případ prázdného potrubí. V případě plného potrubí bude přetlak vody působit příznivě. Výpočet je proveden pro podélné působení jako nosník na pružném podkladě, zatížený tlakem od zemního tělesa, pojezdem stavebních strojů při realizaci. Silniční panely slouží jako ochrana potrubí i po realizaci komunikace pro dostatečný roznos zatížení silniční dopravou.

Výpočet programem FEAT:

Podloží je charakterizováno geologickým průzkumem. Sondami byly zjištěny zeminy jílovité konzistence tuhé, níže pak jílovito šterkovité středně ulehlé. Hladina spodní vody v hloubce 1,1 – 2,6 m.

Tabulka č. 14. - Přehled geotechnických typů

Symbol GT	Typ GT	Třída ČSN 73 6133	Třída ČSN EN 14688-2	Konzistence / Ulehlost
Navážky				
0	polygenetické navážky	Y	Mg	proměnlivé
Kvartérní zeminy				
1o	organické zeminy (půdní horizont)	MSO, CLO	Or	tuhá až měkká
1df _T	deluviofluviální jemnozrné zem.	F4 CS	sasiCl	tuhá
3df _S	deluviofluviální jílovitošterkovité z.	G5 GC	clGr	středně ulehlé
3d _S	deluviální hlinitokamenité sutě	G5 GC	sasiGr	středně ulehlé
1e _T	eolické jemnozrné zeminy	F6 Cl, F4 CS	siCl, sasiCl	tuhá
1g _M	glacilakustrinní jemnozrné zem.	F6 Cl	siCl	měkká
Předkvartérní sedimenty (karbon)				
4f _Z	zcela zvětralý nerozlišený flyš (eluvium)	R6-R5	-	-
4f _S	silně zvětralý nerozlišený flyš	R4	-	-

V úrovni provádění zemních prací nebyla zjištěna podzemní voda.

Charakteristické vlastnosti jílovité zeminy:

Modul přetvárnosti E_{def} (MPa) 6,00

Převodní součinitel β 0,62

Objemová tíha γ (kN/m³) 18,5
Efektivní soudržnost c_{ef} (kPa) 10-18
Efektivní úhel vnitřního tření ϕ_{ef} (°) 22-27
Poissonovo číslo ν 0,35
Tabulková výpočtová únosnost
 R_{dt} (kPa) 150,00

Po provedeném posouzení konstatuji, že stávající vodovod DN 1600 mm je při dodržení nadloží a ochrany panely dle popisu pro zatížení stavebními stroji během stavby i provozem po komunikaci zatěžovací třídy A vyhovující. Nejsou nutná jiná opatření.

4. Zatěžovací údaje a posouzení:

1. Vlastní tíha – generována programem
koef. zatížení 1,35

2. Zemní tlak

Charakteristické fyzikálně mechanické vlastnosti zeminy v násypu:

$$\gamma = 17,5-20 \text{ kNm}^{-3}, \gamma_{\gamma} = 1$$

$$\phi_{ef} = 28-39^{\circ}$$

$$\gamma_{\phi} = 1,25$$

$$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$$

$$\nu = 0,28-0,3$$

Zemní tlak v hl. 2,8 m

$$\sigma_2 = 56 \text{ kPa}$$

Koef. zatížení 1,35

3. Nahodilé zatížení stavebními stroji a dopravou

Charakteristické zatížení v úrovni zhlaví potrubí po roznosu za předpokladu zatížení povrchu terénu stavebními stroji - zatížení od vozidla hmotnosti 37,5 t = 375 kN

Napětí v úrovni zhlaví potrubí po roznosu silničními panely a zeminou

$$\text{roznášecí šířka } 3,0+2 \times 1,35 \cdot \tan 30^{\circ} = 4,55 \text{ m}$$

$$\text{roznášecí délka } 5+2 \times 1,35 \cdot \tan 30^{\circ} = 6,55 \text{ m}$$

Napětí po roznosu pod úhlem 60° v úrovni zhlaví potrubí

$$f_k = 375/4,55 \cdot 6,55 = 12,6 \text{ kPa}$$

Nahodilé zatížení dopravou po roznosu prezentováno jako rovnoměrné od nápravových tlaků
 $2 \times F_2 = 480 \text{ kN}$.

Roznášecí plocha v hl. 2,7 m

$$A_{ref} = (5,5+2 \cdot 2,7/\tan 60^{\circ}) \times (0,2+2 \times 2,7/\tan 60^{\circ}) = 8,6 \times 3,32 = 28,5 \text{ m}^2$$

$$f_{k3} = 480/28,5 = 17 \text{ kNm}^{-2}.$$

Dynam. Koef. 1,2

Koef. zatížení 1,5

Posouzení :

Nosník na pružném podkladě dle Winklerova modelu.

Průměr $D = 1,6 \text{ m}$

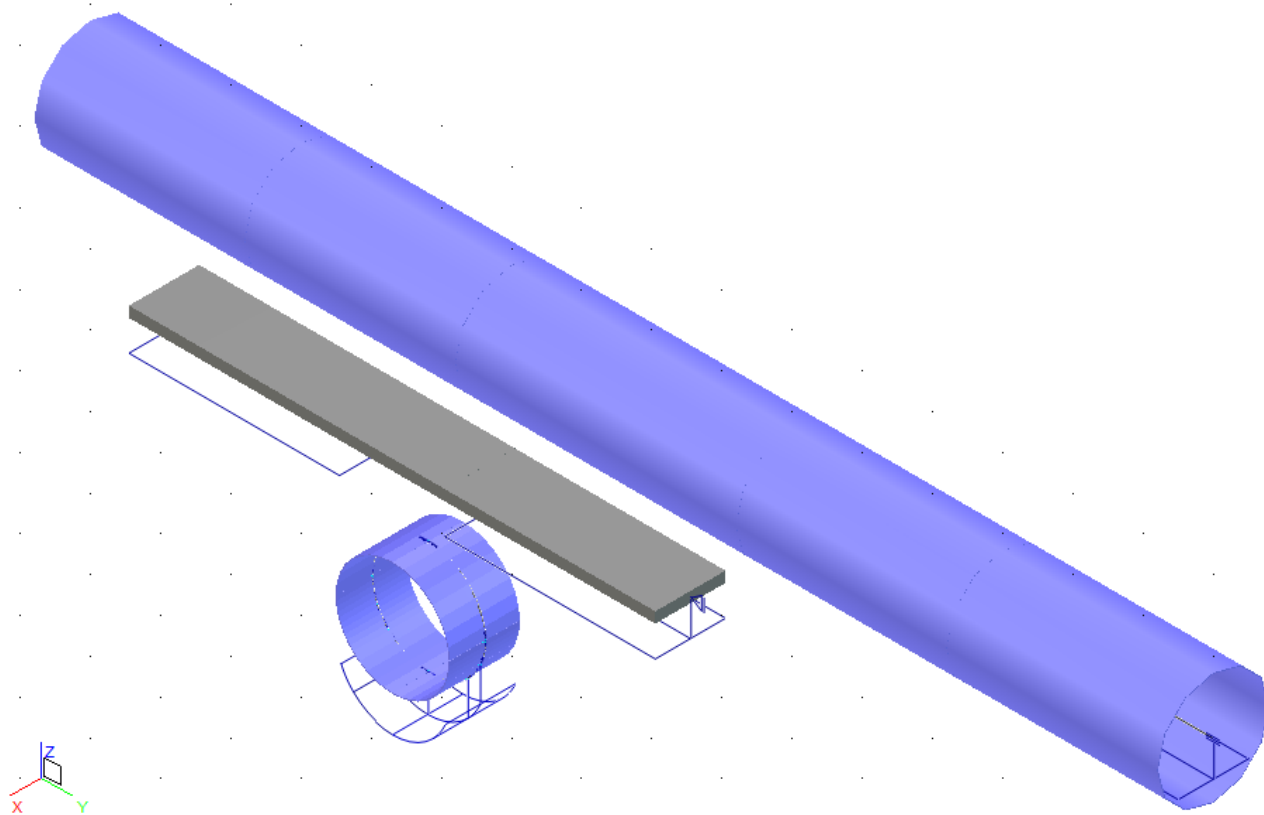
Deformační konstanty podloží

$C1 = 10 \text{ MPa}$, $C2 = 0,5C1 = 5 \text{ MPa}$

Výpočet vnitřních sil, napětí reakce podloží a momentů programem FEAT 2000 MKP na modelu výseku potrubí délky 16 m se zavedením okrajových podmínek a pro příčné na výseku 1,0 m.

Vstupní data programu přiložena.

Výpočtový model pro podélné a příčné působení



Vnitřní síly, deformace napětí v podloží, ohybové momenty M_y :

Zatěžovací stav : KZS1

Datum : 17.10.2018

Čas : 11:19

Projekt : 18238 DN 1600

Pruty

osy veličiny lokální

deformace celková [m]

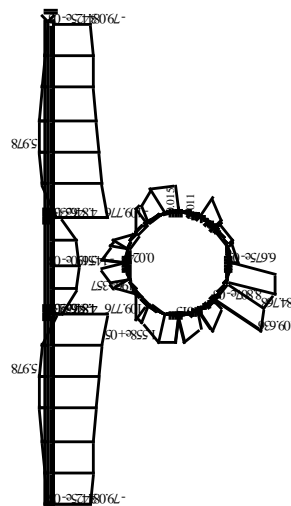
moment My [kNm]

minimální napětí [kPa]

maximální napětí [kPa]

Winkerovo napětí Z [kPa]

A horizontal sequence of five vertical bars. From left to right, the bars increase in height and change color from green to red. The first bar is short and green. The second bar is medium-height and red. The third bar is tall and dark red. The fourth bar is very tall and dark red. The fifth bar is the tallest and dark red.



Vyhovuje.

Kombinace napětí

Napětí $\sigma_x = +155800$ kPa

Napětí $\sigma_y = 8935$ kPa

Kombinace napětí bez vnitřního přetlaku, které působí příznivě.

$$\sqrt{(155800^2 + 8935^2)} = 156056 \text{ kPa} < f_y = 235000 \text{ kPa}$$

Využití průřezu $156056/235000 = 0,65 = 65 \%$.

Konstrukce vyhovuje.

Vstupní data programu FEAT

Údaje o konstrukci

Jméno projektu 18238 DN 1600
Rozměr projektu Rovina
Mód 2D projektu Rovinná napjatost
Datum 17.10.2018
Čas 11:21

Výpis zadaných materiálů:

E1, E2 [kPa] moduly pružnosti (E2 pouze pro ortotropní materiál)
 ν Poissonův součinitel
 γ [t/m³] objemová hmotnost
K1, K2 [kN/m³] koeficienty tepelné roztažnosti
útlum dekrement útlumu

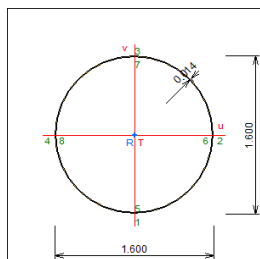
Materiál	Typ	E 1 [kPa]	ν	γ [t/m ³]	K 1 [kN/m ³]	E 2 [kPa]	K 2 [kN/m ³]	útlum
Ocel 37	OCEL	2.100e+08	0.300	7.850	1.200e-05			0.010
B35	BETON	3.450e+07	0.200	2.500	1.000e-05			0.100

Výpis zadaných průřezů:

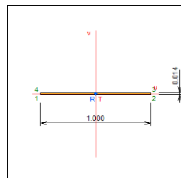
Iy, Iz [m⁴] hlavní momenty setrvačnosti
Ik [m⁴] moment tuhosti v prostém kroucení
 β_y, β_z koeficienty smykové poddajnosti
P plný průřez
S složený
D dílčí
L_celk [m] celková délka průřezu v konstrukci
A_celk [m²] celková náčerná plocha průřezu v konstrukci

Průřez	Typ	Materiál	Plocha [m ²]	Iy [m ⁴]	Iz [m ⁴]	Ik [m ⁴]	β_y	β_z	L_celk [m]	A_celk [m ²]
1626/14	P	Ocel 37	0.070	0.022	0.022	0.044	0.667	0.667	16.000	80.425
1000x14	P	Ocel 37	0.014	2.287e-07	1.167e-03	8.230e-07	0.833	0.833	5.047	10.236
100/15	P	B35	0.150	2.812e-04	0.012	9.902e-04	0.833	0.833	7.500	17.250

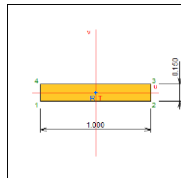
1626/14



1000x14



100/15



Výpis prutových dílců - parametry prutů:

Prut	Typ prutu	Průřez 1	Působení	Délka [m]	Objem [m3]	Podloží	Skupina
Prut31	Nosník	1626/14	Běžný	3.000	0.209	Podloží 16	Skupina č.1
Prut32	Nosník	1626/14	Běžný	4.000	0.279	Podloží 16	Skupina č.1
Prut33	Nosník	1626/14	Běžný	3.000	0.209	Podloží 16	Skupina č.1
Prut35	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	1.262	0.018		Skupina č.1
Prut36	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	0.315	4.417e-03		Skupina č.1
Prut37	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	0.631	8.833e-03	Podloží 10	Skupina č.1
Prut38	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	0.631	8.833e-03	Podloží 10	Skupina č.1
Prut39	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	0.315	4.417e-03	Podloží 10	Skupina č.1
Prut40	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	0.315	4.417e-03	Podloží 10	Skupina č.1
Prut41	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	0.315	4.417e-03		Skupina č.1
Prut42	Nosník	100/15	Běžný	3.000	0.450	Podloží 16	Skupina č.1
Prut43	Nosník	100/15	Běžný	1.500	0.225		Skupina č.1
Prut44	Nosník	100/15	Běžný	3.000	0.450	Podloží 16	Skupina č.1
Prut45	Kruhový oblouk	1000x14	Běžný	1.262	0.018		Skupina č.1
Prut46	Nosník	1626/14	Běžný	3.000	0.209	Podloží 16	Skupina č.1
Prut47	Nosník	1626/14	Běžný	3.000	0.209	Podloží 16	Skupina č.1

Výpis zatížení :

Zatížení vlastní tíhou počítanou automaticky
ZS1 vl. tíha

výpis zatížení pro celou konstrukci

Dílec	Gz [m/s2]	Fz [kN/m,kN/m2]	SumaZ [kN]
Prut31	-10.00	-5.48	-16.43
Prut32	-10.00	-5.48	-21.90

Prut33	-10.00	-5.48	-16.43
Prut35	-10.00	-1.10	-1.39
Prut36	-10.00	-1.10	-0.35
Prut37	-10.00	-1.10	-0.69
Prut38	-10.00	-1.10	-0.69
Prut39	-10.00	-1.10	-0.35
Prut40	-10.00	-1.10	-0.35
Prut41	-10.00	-1.10	-0.35
Prut42	-10.00	-3.75	-11.25
Prut43	-10.00	-3.75	-5.63
Prut44	-10.00	-3.75	-11.25
Prut45	-10.00	-1.10	-1.39
Prut46	-10.00	-5.48	-16.43
Prut47	-10.00	-5.48	-16.43

Výslednice: -121.29

Zatížení spojitě silové

ZS2 zemina

výpis zatížení pro celou konstrukci
souřadnice polohy zatížení v globálních osách

Dílec	Směr	Poloha [m]	Fz [kN/m]	SumaZ [kN]
Prut31	globální	0.000,-3.000,8.000	-64.00	-230.40
		0.000,0.000,8.000	-89.60	
Prut32	globální	0.000,0.000,8.000	-89.60	-352.00
		0.000,4.000,8.000	-86.40	
Prut33	globální	0.000,4.000,8.000	-89.60	-230.40
		0.000,7.000,8.000	-64.00	
Prut35	lokální	0.000,-2.000,4.000	-22.00	
		0.000,-1.193,4.802	-56.00	
Prut42	průmět	0.000,-4.950,6.000	-20.00	-60.00
Prut43	průmět	0.000,-1.950,6.000	-20.00	-30.00
Prut44	průmět	0.000,-0.450,6.000	-20.00	-60.00
Prut45	lokální	0.000,-1.193,4.802	-56.00	
		0.000,-0.387,4.000	-22.00	
Prut46	globální	0.000,-6.000,8.000	-64.00	-192.00
		0.000,-3.000,8.000	-64.00	
Prut47	globální	0.000,7.000,8.000	-64.00	-192.00
		0.000,10.000,8.000	-64.00	

Výslednice: -1346.80

Zatížení spojitě silové

ZS3 doprava

výpis zatížení pro celou konstrukci
souřadnice polohy zatížení v globálních osách

Dílec	Směr	Poloha [m]	Fz [kN/m]	SumaZ [kN]
Prut31	průmět	0.000,-3.000,8.000	-27.20	-81.60
Prut32	průmět	0.000,0.000,8.000	-27.20	-108.80
Prut33	průmět	0.000,4.000,8.000	-27.20	-81.60

Prut35	průmět	0.000,-2.000,4.000	-17.00	-13.71
Prut42	průmět	0.000,-4.950,6.000	-34.00	-102.00
Prut44	průmět	0.000,-0.450,6.000	-34.00	-102.00
Prut45	průmět	0.000,-1.193,4.802	-17.00	-13.71

Výslednice: -503.42

Zatížení vlastní tíhou počítanou automaticky

KZS1 1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.00*ZS4

výpis zatížení pro celou konstrukci

Dílec	Gz [m/s2]	Fz [kN/m,kN/m2]	SumaZ [kN]
Prut31	-13.50	-7.39	-22.18
Prut32	-13.50	-7.39	-29.57
Prut33	-13.50	-7.39	-22.18
Prut35	-13.50	-1.48	-1.87
Prut36	-13.50	-1.48	-0.47
Prut37	-13.50	-1.48	-0.94
Prut38	-13.50	-1.48	-0.94
Prut39	-13.50	-1.48	-0.47
Prut40	-13.50	-1.48	-0.47
Prut41	-13.50	-1.48	-0.47
Prut42	-13.50	-5.06	-15.19
Prut43	-13.50	-5.06	-7.59
Prut45	-13.50	-1.48	-1.87
Prut46	-13.50	-7.39	-22.18
Prut47	-13.50	-7.39	-22.18

Výslednice: -148.55

Zatížení spojitě silové

KZS1 1.35*ZS1+1.35*ZS2+1.50*ZS3+1.00*ZS4

výpis zatížení pro celou konstrukci
souřadnice polohy zatížení v globálních osách

Dílec	Směr	Poloha [m]	Fz [kN/m]	SumaZ [kN]
Prut31	globální	0.000,-3.000,8.000	-86.40	-311.04
		0.000,0.000,8.000	-120.96	
Prut31	průmět	0.000,-3.000,8.000	-40.80	-122.40
Prut32	globální	0.000,0.000,8.000	-120.96	-475.20
		0.000,4.000,8.000	-116.64	
Prut32	průmět	0.000,0.000,8.000	-40.80	-163.20
Prut33	globální	0.000,4.000,8.000	-120.96	-311.04
		0.000,7.000,8.000	-86.40	
Prut33	průmět	0.000,4.000,8.000	-40.80	-122.40
Prut35	lokální	0.000,-2.000,4.000	-29.70	
		0.000,-1.193,4.802	-75.60	
Prut35	průmět	0.000,-2.000,4.000	-25.50	-20.57
Prut42	průmět	0.000,-4.950,6.000	-27.00	-81.00
Prut42	průmět	0.000,-4.950,6.000	-51.00	-153.00
Prut43	průmět	0.000,-1.950,6.000	-27.00	-40.50
Prut45	lokální	0.000,-1.193,4.802	-75.60	

		0.000,-0.387,4.000	-29.70	
Prut45	průmět	0.000,-1.193,4.802	-25.50	-20.57
Prut46	globální	0.000,-6.000,8.000	-86.40	-259.20
		0.000,-3.000,8.000	-86.40	
Prut47	globální	0.000,7.000,8.000	-86.40	-259.20
		0.000,10.000,8.000	-86.40	

Výslednice: -2339.31

Výslednice sil zatěžovacích stavů:

ZS	Typ zatížení	Fx	Fy	Fz
ZS1	vlastní tíha	0.000	0.000	-121.286
	celkem	0.000	0.000	-121.286
ZS2	liniové silové	0.000	0.000	-1346.800
	celkem	0.000	0.000	-1346.800
ZS3	liniové silové	0.000	0.000	-503.421
	celkem	0.000	0.000	-503.421
	celkem	0.000	0.000	-1971.507

Výslednice sil kombinací zatěžovacích stavů:

ZS	Typ zatížení	Fx	Fy	Fz
KZS1	vlastní tíha	0.000	0.000	-148.548
	liniové silové	0.000	0.000	-2339.311
	celkem	0.000	0.000	-2487.860

Výpis podpor :

Podpory bodové

výpis podpor pro celou konstrukci
souřadnice polohy podpory v globálních osách

Dílec	Poloha [m]	Ux [kN/m]	Uy [kN/m]	Uz [kN/m]	Rx [kNm/deg]	Ry [kNm/deg]	Rz [kNm/deg]
Prut44	0.000,2.550,6.000	volný	pevný	volný	volný	volný	volný
Prut46	0.000,-6.000,8.000	volný	pevný	volný	pevný	volný	volný
Prut47	0.000,10.000,8.000	volný	pevný	volný	pevný	volný	volný