Pracownia projektowa:
50-319 WROCŁAW
ul. B. Prusa 9, pok. 303-305
tel. (0-71) 328-28-45, 328-01-31(32); fax 328-28-45
e-mail: biuro@promost.wroc.pl

BIURO PROJEKTOWO-BADAWCZE
PROMOST

OBLICZENIA STATYCZNE

RURY OSŁONOWEJ STALOWEJ ∅ 355MM

DLA WYKONANIA PRZEJŚCIA KANALIZACJI SANITARNEJ DN200 MM POD TORAMI KOLEJOWYMI LINII NR 355 RELACJI OSTRÓW WKP. – GRABOWNO W. W KM 47.292

Numer dokumentacji: **TK 00/07-21**
Inwestycja: **Kanalizacja sanitarna dla wsi Chełstówek**
Zleceniodawca: **UTBI – '71 Usługi Techniczne Budownictwa Inżynieryjnego ul. Limanowska 3, 56-400 OLEŚNICA**
Lokalizacja: **Przejście pod torami linii kolejowej nr 355 relacji Ostrów Wkp. – Grabowno W. w km 47.292 Dz. Nr 1 AM-31 należąca do PKP**

Opracowali:	Nr i zakres uprawnień	Podpis
mgr inż. Edmund Budka	305/98/UW do projektowania i kierowania robotami bud. bez ograniczeń w specj. konstr. – bud.	mgr inż. EDMUND BUDKA Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej nr ewid. 305/98/UW
mgr inż. Szymon Gruba	----------	Szymon Gruba

Wrocław, wrzesień 2007 r.

Obliczenia statyczne rury osłonowej stalowej fi 355mm dla wykonania przejścia kanalizacji sanitarnej DN200mm pod torami kolejowymi linii nr 355 relacji Ostrów Wkp. - Grabowno W. w km 47.292

PODSTAWY OPRACOWANIA:

1. "Operat budowlany na wykonanie przewiertu pod torami kolejowymi linii nr 355 relacji Ostrów Wkp. - Grabowo W. w km 47.292".
2. "Sprawozdanie z polowych badań podłoża gruntowego do projektu sieci kanalizacji sanitarnej w miejscowości Twardogóra i Chełstówek"

1. DANE I ZAŁOŻENIA

1.1 Metoda przejścia pod torami: przewiert

1.2 Charakterystyka linii kolejowych - założenia obliczeniowe

- liczba torów kolejowych: 1
- współczynnik klasyfikacyjny linii kolejowej k = + 2 $\alpha_K = 1{,}21$
- nawierzchnia kolejowa: szyny S60, podkłady drewniane, podsypka tłuczniowa

1.3 Charakterystyka położenia obiektu

- obliczeniowa rzędna niwelety toru: 191,52 m n.p.m.
- obliczeniowa rzędna osi rurociągu: 185,02 m n.p.m.
- średnica zewnętrzna rury: 355,0 mm
- całkowita długość rury: 30,0 m
- grubość ścianki rury: 8,8 mm

1.4. Grunt w poziomie przejścia: -glina pylasta zwięzła na pograniczu iłu pylastego

1.5 Charakterystyka rury

- materiał: Stal R35 R_1 = 200 MPa (obwodowa) R_2 = 200 MPa (osiowa)
- rura Dz = 355,0 mm, g = 8,8 mm
  F = 96 cm^2
  J = 14339 cm^4
  W = 808 cm^3

1.6 Normy, wytyczne, literatura techniczna, programy obliczeniowe

1.6.1	Glinicki	Budownictwo podziemne
1.6.2	PN-82/B-02001	Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
1.6.3	PN-83/B-02482	Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
1.6.4	PN-81/B-03020	Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Projektowanie.
1.6.5	PN-83/B-03010	Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
1.6.6	PN-85/S-10030	Obiekty mostowe. Obciążenia. (wyd.2 - 1988)
1.6.7	PN-85/S-10052	Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
1.6.8.	Program obliczeniowy	ROBOT Millenium v. 14.1
1.6.9.	Wiłun Z.	Zarys geotechniki. WKŁ Warszawa. 1987r.

2. OBLICZENIA

2.1 Schematy statyczne rury

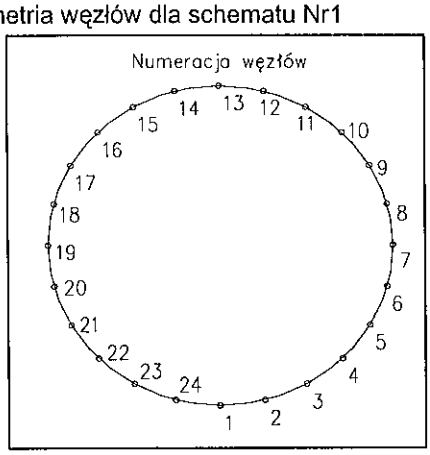
2.1.1 Schemat Nr 1 - przekrój poprzeczny rury:
- pierścień o jednostkowej szerokości (aproksymowany wielobokiem foremnym, n = 24)
- obciążenia obliczeniowe stałe i zmienne (ruchome) z uwzgl. zróżnicowanych wsp. obciążenia
- podparcie sprężyste w ośrodku gruntowym

2.1.2 Schemat Nr 2 - przekrój podłużny rury:
- belka na podłożu sprężystym
- obciążenia obliczeniowe, podłoże Winklera

2.1.3 Schemat Nr 3 - faza wciskania rury z uwzględnieniem eksploatacji toru
-pręt wciskany

2.2 Obliczenia schematu 1
2.2.1 Dane do obliczeń

Geometria węzłów dla schematu Nr1 (r = 0,173m)



Uwagi: - rozkład obciążenia ruchomego i stałego nawierzchni wg PN-85/S-10030
(p.7.3.3 - B = 3,00 m na głębokości 0,50 m poniżej wierzchu podkładu)

- rozkład obciążeń w warstwie nasypu
pod kątem tarcia wewnętrznego $\Pi/4 + \Phi/2$

- współczynniki obciążenia γ_f (niekorzystny układ obciążenia)

obciążenia pionowe:	1,50	ruchome PKP
	1,20	stałe
obciążenia poziome	0,90	stałe (parcie spoczynkowe gruntu)

- współczynnik dynamiczny:
parcie poziome od obciążenia ruchomego $\phi = 1,000$
obciążenie ruchome pionowe ($h_n > 1,0$ m) $\phi = 1,000$
- współczynnik klasyfikacyjny linii kolejowej $\alpha\kappa = 1,21$
- parametry obliczeniowe ośrodka gruntowego: (poz. 1.6.4 , 1.6.9)

nasyp:	γ =	19,0	podłoże:	20,0	kN/m^3
	Φ =	38,0		6,0	°
	c =	0,0		0,034	kPa

- współczynnik podatności podłoża (podpory sprężyste) - wg poz. 1.6.9 (str.288)

$k_z = E_o / [\ \omega\ (\ 1 - \nu^2\ )\ ]$

E_o =	30,00	7,5	
ω =	3,00	4,00	L = 30,0 m
ν =	0,27	0,2	B = 0,36 m

kz = 10,79 MPa
kz2 = 1,95 MPa

2.2.2 Obciążenia stałe

		$\gamma_f = 1{,}00$	$\gamma_f = 1{,}20$	$\gamma_f = 0{,}90$
- ciężar nawierzchni kolejowej:	[kN/m²]			
szyny S60	1,20 / 3,00 =	0,400	0,480	0,360
podkłady kolejowe drewniane	1,60 / 3,00 =	0,533	0,640	0,480
podsypka tłuczniowa	20,0 x 0,50 =	10,000	12,000	9,000
	g_n =	10,933	13,120	9,840
- wysokość zastępczej warstwy gruntu:	$h_z = g_n / \gamma$ [m]	0,575	0,691 (obc.pion.)	0,518 (obc.poz.)

(wsp. $\gamma_f = 0{,}90$ - do obliczeń parcia gruntu)

- obciążenie pionowe stałe obliczeniowe: $\sigma_{(z)}^{o} = 1{,}20\ \gamma\ (z + h_z)$
- parcie poziome od obciążenia jw.: $g_{h(z)}^{o} = p$

(wg 1.4.2.) ---> $K = tg^2(45^o - \Phi/2) =$ 0,237883

Nr węzła	γ [kN/m³]	$z_{osi} + h_z^c$ [m]	$z_{osi} + h_z^{1,2}$ [m]	$g_{(z)}^{o}$ [kN/m²]	K	$z_{osi} + h_z^{0,9}$ [m]	$g_{h(z)}^{o}$ [kN/m²]	$\sigma_{(z)}^{o}$ [kN/m²]
13	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
12 14	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
11 15	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
10 16	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
9 17	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
8 18	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
7 19	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
6 20	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
5 21	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
4 22	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
3 23	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
2 24	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944
1	19,0	7,075	7,191	89,852	0,24	7,018	37,559	163,944

2.2.3 Obciążenia ruchome

- obciążenie charakterystyczne (liniowe, równomiernie rozłożone):

p_1 = 1,21 x 80 x 1,00 = 96,800 kN/m

p_2 = 1,21 x 156 x 1,00= 188,760 kN/m

- obciążenie charakterystyczne (na poz. -0,50m poniżej wierzchu podkładu - B = 3,00 m)
obciążenie równomiernie rozłożone (pow.):

p_1^* = 96,800 / 3,00 = 32,267 kN/m²

p_2^* = 188,760 / 3,00 = 62,920 kN/m² (L = 6,40 m)

- rozkład obciążenia na głębokości "z" (mierzonej od poz. -0,50m poniżej wierzchu podkładu):
symetryczny pod kątem $\Pi/4+\Phi/2$ (dla gruntów piaszczystych)
(zastosowano do obliczeń) $\Phi^* = 38{,}0^o$

$$p_{(z)} = p_1 / B_{(z)} + 6{,}40\ (p_2 - p_1) / (L_{(z)}\ B_{(z)})$$

$B_{(z)} = 3{,}00 + 1{,}80\ z$

$L_{(z)} = 6{,}40 + 1{,}80\ z$

- obciążenie ruchome obliczeniowe: $p_{(z)}^{o} = 1{,}50\ p_{(z)}$
- parcie poziome od obciążenia jw.: $p_{h(z)}^{o} = K\ p_{(z)}^{o}$

(wg 1.4.2.) ---> $K = tg^2(45^o - \Phi/2) =$ 0,2379

- wyniki obliczeń obliczeniowych obciążeń ruchomych i oblicz. parcia gruntu od obciąż. jw.:

Nr węzła	z [m]	$B_{(z)}$ [m]	$L_{(z)}$ [m]	$p_{(z)}$ [kN/m^2]	$p_{(z)}^o$ [kN/m^2]	K	$p_{h(z)}^o$ [kN/m^2]
13	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
12 14	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
11 15	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
10 16	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
9 17	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
8 18	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
7 19	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
6 20	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
5 21	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
4 22	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
3 23	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
2 24	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591
1	6,323	9,167	12,567	15,668	23,501	0,24	5,591

2.2.4 Sumaryczne obciążenia obliczeniowe

- zestawienie na 1m długości rury przeciskowej

Nr węzła	g(z)o [kN/m]	p(z)o [kN/m]	q(z)o [kN/m]	g_h(z)o [kN/m]	p_h(z)o [kN/m]	q_h(z)o [kN/m]
13	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
12 14	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
11 15	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
10 16	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
9 17	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
8 18	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
7 19	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
6 20	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
5 21	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
4 22	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
3 23	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
2 24	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150
1	89,852	23,501	113,353	37,559	5,591	43,150

- zestawienie obciążeń do obliczeń programem ROBOT Millenium

Nr pręta	Obciąż. pionowe
12 13	113,353
11 14	113,353
10 15	113,353
9 16	113,353
8 17	113,353
7 18	113,353
6 19	-113,353
5 20	-113,353
4 21	-113,353
3 22	-113,353
2 23	-113,353
1 24	-113,353

[kN/m]

Nr pręta	Obciąż. poziome
13	43,150
14	43,150
15	43,150
16	43,150
17	43,150
18	43,150
19	43,150
20	43,150
21	43,150
22	43,150
23	43,150
24	43,150

[kN/m]

Nr pręta	Obciąż. poziome
12	-43,150
11	-43,150
10	-43,150
9	-43,150
8	-43,150
7	-43,150
6	-43,150
5	-43,150
4	-43,150
3	-43,150
2	-43,150
1	-43,150

[kN/m]

2.2.5 Wyniki obliczeń programem ROBOT Millennium

Schemat Nr1

Nr węzła	Siła osiowa [kN]	Moment [kNm]
13	7,405	0,513
12 14	7,816	0,442
11 15	9,731	0,250
10 16	12,637	-0,013
9 17	15,755	-0,276
8 18	18,250	-0,469
7 19	19,454	-0,539
6 20	19,043	-0,469
5 21	17,128	-0,276
4 22	14,223	-0,013
3 23	11,105	0,250
2 24	8,609	0,442
1	7,405	0,513

2.2.7 Naprężenia w płaszczu rury (schemat Nr1)

$F = 0,0088 \quad m^2$
$W = 0,0000129 \quad m^3$
$\sigma = N / F + M / W$

Nr węzła	σ_M [MPa]	σ_N [MPa]	σ [MPa]
13	39,7	0,8	40,6
12 14	34,3	0,9	35,1
11 15	19,3	1,1	20,4
10 16	1,0	1,4	2,5
9 17	21,4	1,8	23,2
8 18	36,3	2,1	38,4
7 19	41,8	2,2	44,0
6 20	36,3	2,2	38,5
5 21	21,4	1,9	23,4
4 22	1,0	1,6	2,6
3 23	19,3	1,3	20,6
2 24	34,3	1,0	35,2
1	39,7	0,8	40,6

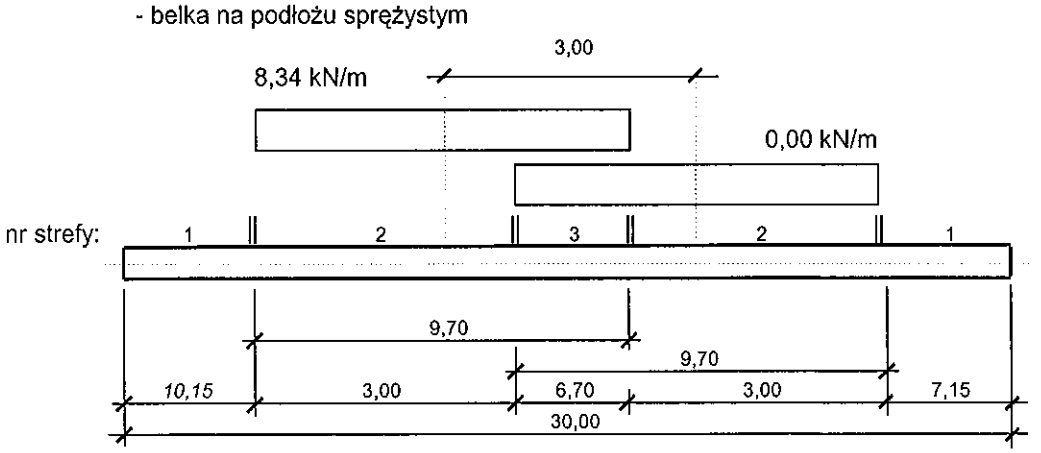
Naprężenia maksymalne wynoszą σ = 44,0 MPa

Wyniki obliczeń w postaci graficznej przedstawiono na rys. 1 i 2.

2.3 Obliczenia dla schematu Nr2

2.3.1 Schemat geometryczny

- belka na podłożu sprężystym



2.3.2 Obciążenia

- obciążenie w strefie torów linii kolejowej:	(tor 1)	p= 23,5 * 0,355 =	8,34	kN/m
- obciążenie w strefie torów linii kolejowej:	(tor 2)		0,00	kN/m

- belka na podłożu sprężystym kz = 1,95 MPa

2.3.3 Wyniki obliczeń programem ROBOT Millennium - maksymalne wartości sił wewnętrznych

Schemat Nr2

Moment [kNm]	Siła tnąca [kN]
13,36	8,01

2.3.4 Naprężenia w płaszczu rury (schemat Nr2)

F = 96 cm^2 rura Dz = 355,0mm; g = 8,8mm

W = 808 cm^3

	węzeł 1	
σ =	16,53	[MPa]
τ =	0,84	[MPa]

Wyniki obliczeń w postaci graficznej przedstawiono na rys. 3 i 4.

2.5 Obliczenia schematu Nr 3 (ściskanie rury - faza wciskania)

p_s =	400,00	[kPa]	
D_m =	0,36	[m]	
t =	0,08	[m]	
$P_s = \pi D_m t p_s$ =	0,00	[kN]	Opór skrawania
P_B =	100,00	[kN]	Opór przodka
$S = P_B + P_S$ =	100,00	[kN]	Opór wciskania
M_1 =	10,00	[kPa]	
$R_1 = M_1 D \pi l$ =	334,41	[kN]	Szacunkowa siła tarcia po pobocznicy
$N_2 = 2(p_{Ev}+p_{Eh})D$ =	75,38	[kN/m]	
μ =	0,20		
$M_2 = N_2 \mu$ =	15,08	[kN/m]	
$R_2 = M_2 l$ =	452,31	[kN]	Obliczona siła tarcia po pobocznicy

$N = S + R_2$ = 552,31 kN

- naprężenia normalne osiowe w rurze od oporu gruntu:

σ_{x1} = 1,08 x 552,3 / 0,0096 / 1000 = 62,3 MPa

3. ANALIZA WYNIKÓW OBLICZEŃ

Do analizy wytrzymałościowej rury nośnej, na korzyść bezpieczeństwa, przyjęto naprężenia ekstremalne z poszczególnych schematów obciążeń, bez określania numeru węzła, którego one dotyczą.

- naprężenia normalne osiowe w rurze od oporu gruntu (schemat trzeci):

σ_{x1} = 62,3 MPa

- naprężenia normalne osiowe w rurze od zginania belki na podłożu Winklera (schemat drugi):

σ_{x2} = 16,5 MPa

- naprężenia styczne osiowe w rurze od zginania belki na podłożu Winklera (schemat drugi):

τ_{xy} = 0,8 MPa

- naprężenia normalne obwodowe w rurze od zginania płaszcza rury (schemat pierwszy):

σ_y = 44,0 MPa

Kryterium wytrzymałościowe w fazie montażu dla przestrzennego stanu naprężenia:

$$\sigma_{red1} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_{x1}+\sigma_{x2}+\sigma_Y)^2+(\sigma_Y)^2+(\sigma_{x1}+\sigma_{x2})^2+6\tau_{xy}} \le 1{,}10\cdot R$$

σ_{red1} = 107,8 MPa < R = 220 MPa **warunek jest spełniony**

Kryterium wytrzymałościowe w fazie eksploatacji dla przestrzennego stanu naprężenia:

$$\sigma_{red2} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(\sigma_{x2}+\sigma_Y)^2+(\sigma_Y)^2+(\sigma_{x2})^2+6\tau_{xy}} \le R$$

σ_{red2} = 54,2 MPa < R = 200 MPa **warunek jest spełniony**

4. OCENA NOŚNOŚCI

A. Wyniki obliczeń statyczno-wytrzymałościowych przedmiotowej rury dla równoczesnego działania dwóch analizowanych schematów (eksploatacja – zginanie w płaszczyźnie przekroju i zginanie belki na podłożu sprężystym) wykazały, że maksymalne naprężenia wynoszą:

54,2 MPa **i są mniejsze od wytrzymałości obliczeniowej materiału** **R = 200 MPa**

B.Dla równoczesnego działania trzech schematów obciążeń (podczas wykonywania przejścia) maksymalne naprężenia sumaryczne wynoszą:

107,8 MPa **i są mniejsze od 110% wytrzymałości obliczeniowej materiału** **R = 220 MPa**

C. W związku z powyższym stwierdza się, że parametry przyjętej rury nośnej: (Stal R35), średnica 355,0mm i grubość ścianki 8,8mm, są właściwe pod względem wytrzymałościowym dla projektowanego przejścia.

Opracował:

mgr inż. Szymon Gruba

Szymon Gruba

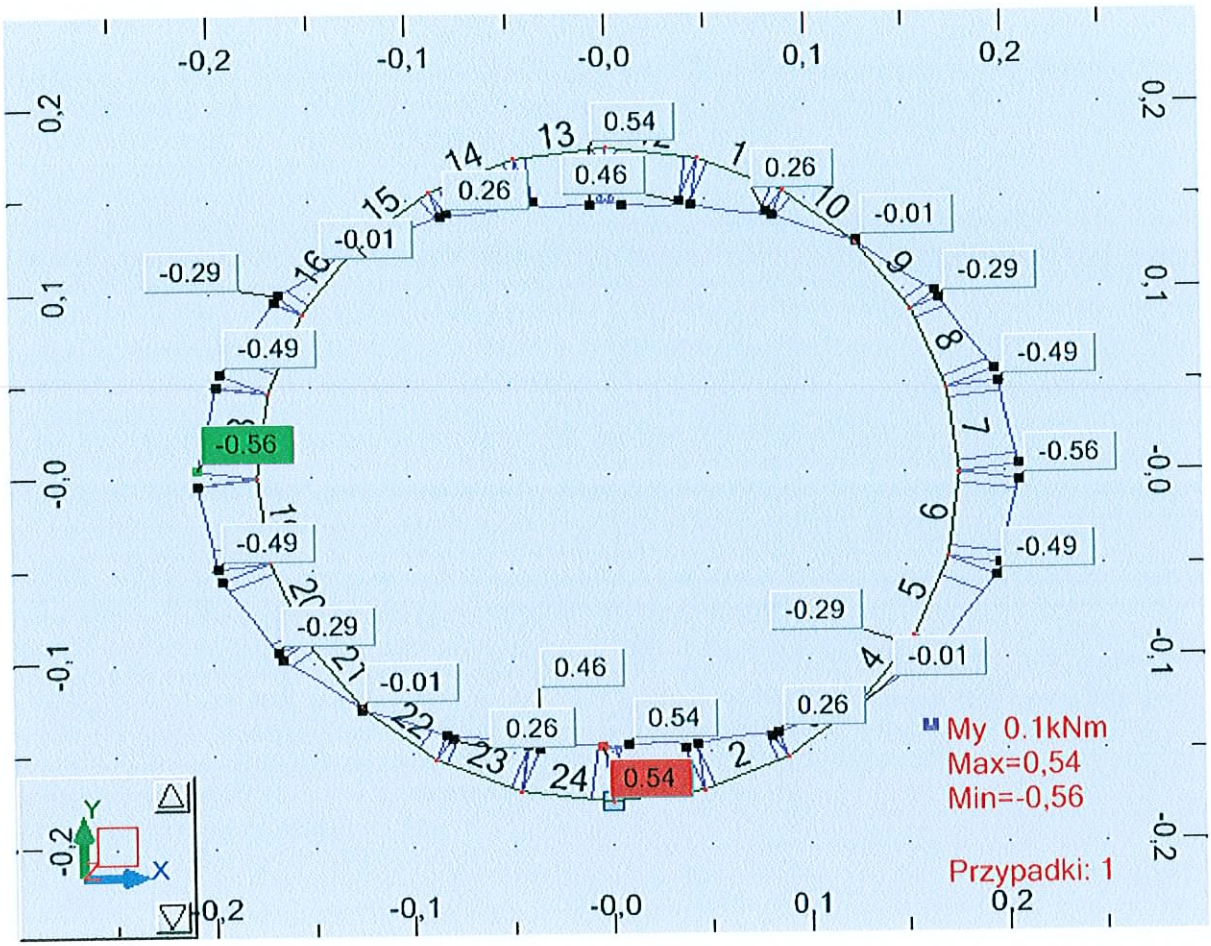
Projektant:

mgr inż. Edmund Budka

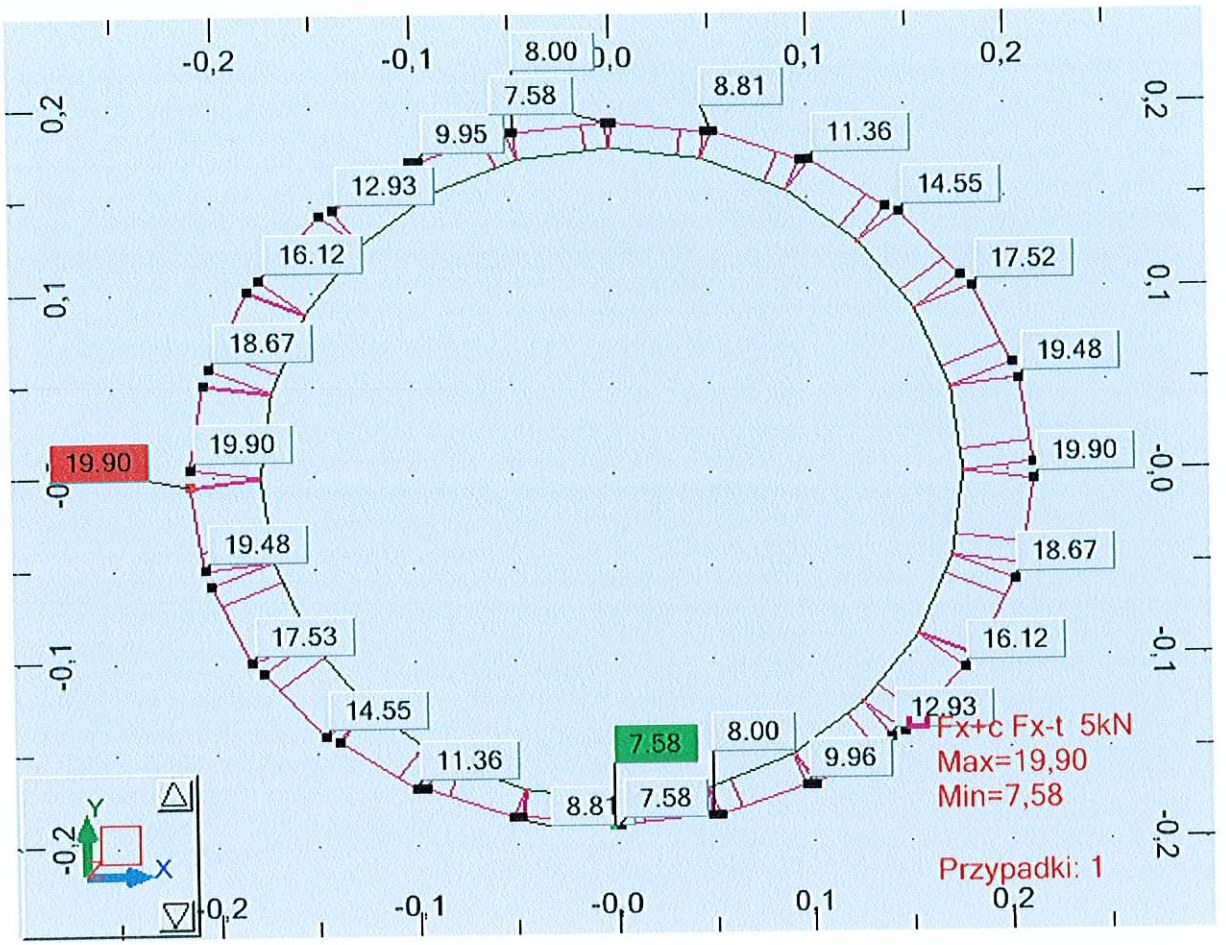
mgr inż. EDMUND BUDKA
Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej nr ewid. 305/98/UW

Wrocław 2007-09-27

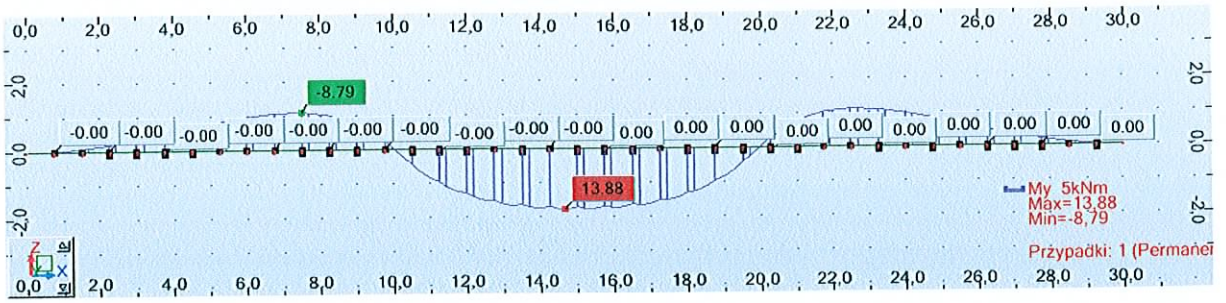
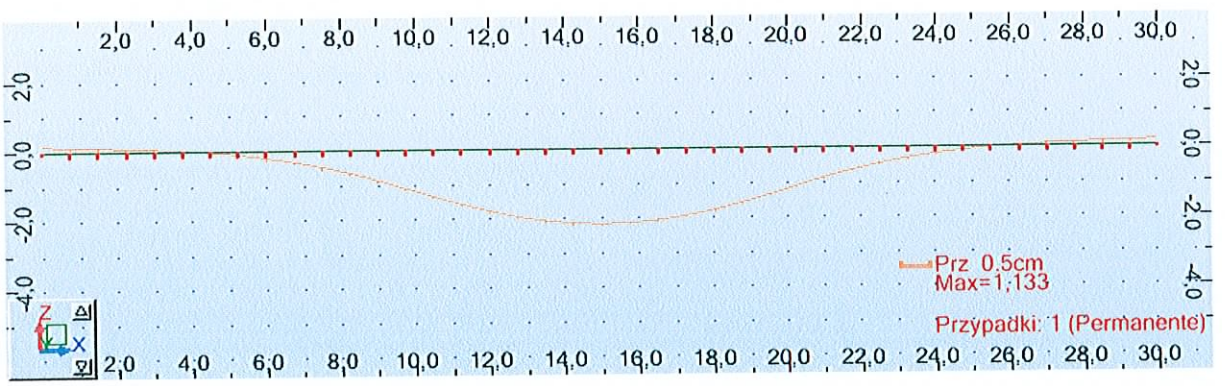
Rys. 1. Wykres momentów zginających w płaszczu rury [kNm/m].



Rys. 2. Wartości sił osiowych w płaszczu rury [kN/m].



Rys. 3. Belka na podłożu Winklera - wykres momentów zginających [kNm].



Rys. 4. Belka na podłożu Winklera - deformacja (przemieszczenia pionowe)