

WARIANT II
(Posadowienie na palach)

OBLICZENIA STATYCZNE

1.0. Ustalenie parametrów geotechnicznych

Przelot [m]	Rodzaj gruntu	Metoda B						
		ρ [g/cm ³]	Stan gruntu	Geneza	$\phi_u^{(n)}$	$c_u^{(n)}$ [kPa]	M_0 [MPa]	E_0 [MPa]
0.0 – -1.80	Gp	2.10	$I_L = 0,45$	C	11	10	17.0	12.5
-1.80 – -6.0	Pd	1.75	$I_D = 0,65$	-	32	-	80.0	60.0
-6.0 – -9.6	Torf	1.40	-	-	15	5	2.5	1.5
-9.6 – -20.0	Pr	1.90	$I_D = 0,66$	-	35	-	140.0	115.0
Zasyпка	Ps	1.85	$I_D = 0,60$	-	33	-	110.0	90.0

Wartości obliczeniowe parametrów geotechnicznych:

I warstwa (Gp): $\rho^{(r)} = \rho^{(n)} \cdot \gamma_m = 2.10 \cdot 0.9 = 1.89$ [g/cm³] [Mg/m³]
 $2.10 \cdot 1.1 = 2.31$ [g/cm³] [Mg/m³]

$\phi_u^{(r)} = \phi_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 11.0 \cdot 0.9 = 9.90$
 $11.0 \cdot 1.1 = 12.10$

$c_u^{(r)} = c_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 10.0 \cdot 0.9 = 9.0$ kPa
 $10.0 \cdot 1.1 = 11.0$ kPa

II warstwa (Pd): $\rho^{(r)} = \rho^{(n)} \cdot \gamma_m = 1.75 \cdot 0.9 = 1.575$ [g/cm³] [Mg/m³]
 $1.75 \cdot 1.1 = 1.925$ [g/cm³] [Mg/m³]

$\phi_u^{(r)} = \phi_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 32.0 \cdot 0.9 = 28.80$
 $32.0 \cdot 1.1 = 35.20$

III warstwa (Torf): $\rho^{(r)} = \rho^{(n)} \cdot \gamma_m = 1.40 \cdot 0.9 = 1.26$ [g/cm³] [Mg/m³]
 $1.40 \cdot 1.1 = 1.54$ [g/cm³] [Mg/m³]

$\phi_u^{(r)} = \phi_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 15.0 \cdot 0.9 = 13.50$
 $15.0 \cdot 1.1 = 16.50$

$c_u^{(r)} = c_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 5.0 \cdot 0.9 = 4.5$ kPa
 $5.0 \cdot 1.1 = 5.5$ kPa

IV warstwa (Pr): $\rho^{(r)} = \rho^{(n)} \cdot \gamma_m = 1.90 \cdot 0.9 = 1.71$ [g/cm³] [Mg/m³]
 $1.90 \cdot 1.1 = 2.09$ [g/cm³] [Mg/m³]

$\phi_u^{(r)} = \phi_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 35.0 \cdot 0.9 = 31.50$
 $35.0 \cdot 1.1 = 38.50$

Zasyпка (Ps): $\rho^{(r)} = \rho^{(n)} \cdot \gamma_m = 1.85 \cdot 0.9 = 1.665$ [g/cm³] [Mg/m³]
 $1.85 \cdot 1.1 = 2.035$ [g/cm³] [Mg/m³]

$\phi_u^{(r)} = \phi_u^{(n)} \cdot \gamma_m = 33.0 \cdot 0.9 = 29.70$
 $33.0 \cdot 1.1 = 36.30$

Projekt techniczny fundamentu na palach powinien zawierać:

- rzut poziomy pojedynczej sekcji dylatacyjnej z podaniem wymiarów fundamentu w planie oraz wymiarów potrzebnych do wytyczenia fundamentu, a także rozmieszczenie pali (plan palowania);
- przekroje pionowe z zaznaczeniem warunków gruntowych, długości pali, wysokości fundamentów;
- szczegóły konstrukcyjne.

2.0. Przyjęcie wymiarów konstrukcji

Założenie: wymiary muru oporowego przyjmujemy tak jak w wariancie I

3.0. Zebranie obciążeń.

ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ (jak dla ściany posadowionej bezpośrednio)

Kombinacja obciążeń	charakterystyczne	obliczeniowe		
	V_k, H_k, M_{ok}	V_{max}, H_{max}	V_{min}, H_{max}	$V_{max}, H=0$
pionowe: V [kN/mb]	290.22	319.64	259.40	319.64
poziome: H [kN/mb]	130.10	156.12	156.12	0.00
$M_O(V)$ [kNm/mb]	166.48	183.80	146.77	183.80
$M_O(H)$ [kNm/mb]	-249.60	-299.75	-299.75	0.00
$M_O(V+H)$ [kNm/mb]	-83.12	-115.95	-152.98	183.80
mimośród [m] $e_B=$	-0.286	-0.363	-0.590	0.575

Do obliczeń stanu granicznego nośności pali fundamentowych przyjmujemy kombinację obciążeń obliczeniowych $V_{max} + H_{max}$

Suma obciążeń pionowych: $V = 319,64$ kN/mb

Suma obciążeń poziomych: $H = 156,12$ kN/mb

Moment względem środka podstawy: $M_O = -115,95$ kNm/mb

Wypadkowa obciążenia: $W = \sqrt{(319,64)^2 + (156,12)^2} = 355,73$ kN/mb

Mimośród obciążenia: $e_B = M_O/V = -115,95/319,64 = -0,363$ m

Kąt nachylenia wypadkowej W do kierunku pionowego:

$$\operatorname{tg} \delta_B = \frac{H}{V} = 156,12/319,64 = 0,488 \rightarrow \underline{\delta_B = 26,0^\circ}$$

4.0. Rozmieszczenie pali - określenie obciążeń działających na pale.

Przyjmujemy pale w układzie kozłowym (pale rzędu 1 i 2 wciskane, pal 3 wciągany)

Nachylenie pali ukośnych: 8:1 ÷ 4:1.

Odległość pali od krawędzi fundamentu min 0,15 m.

Minimalne zagłębienie pala w gruncie nośnym 1,5 m lub 3D.

Wymagane zagłębienia pala określa się podczas sprawdzania nośności.

Zakładamy, że w palach działają tylko siły osiowe.

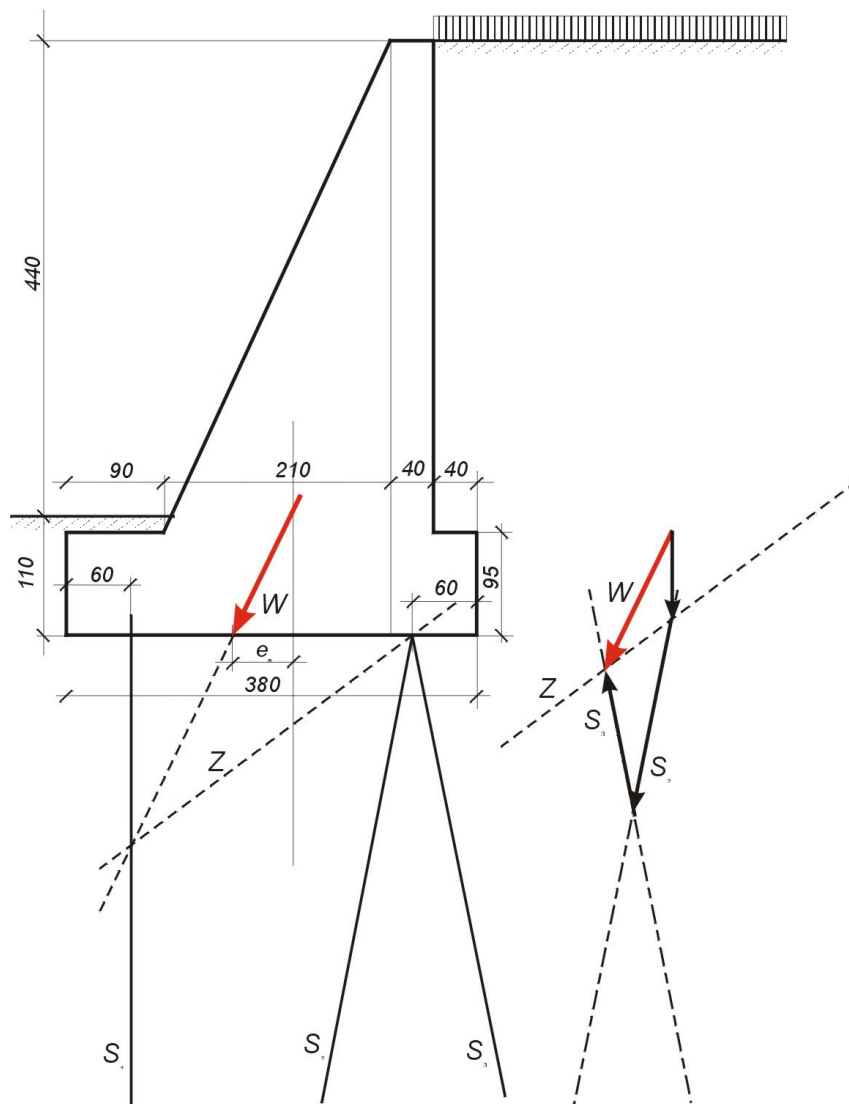
Do wyznaczenia wartości sił w palach stosujemy 2 metody:

- metoda wykreslna (Culmanna);
- metoda analityczna

$$S_1 = 204,5 \text{ kN/mb};$$

$$S_2 = 456,3 \text{ kN/mb};$$

$$S_3 = -338,8 \text{ kN/mb}.$$



ROZMIESZCZENIE PALI

Długość pojedynczej sekcji dylatacyjnej (wg pkt. 5.5 tablica 13, PN-83/B-03010 Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie)

$$L = 8 \text{ m}.$$

$$\text{Liczba pali } N = 10.$$

$$\text{Siła osiowa w palach nr 1 – 2 (rozstaw } r_1 = 4 \text{ m): } Q_{1r} = r_1 \times S_1 = 818,0 \text{ kN};$$

$$\text{Siła osiowa w palach nr 3 – 6 (rozstaw } r_2 = 2 \text{ m): } : Q_{2r} = r_2 \times S_2 = 912,6 \text{ kN};$$

$$\text{Siła osiowa w palach nr 7 – 10 (rozstaw } r_3 = 2 \text{ m): } : Q_{3r} = r_3 \times S_3 = - 677,6 \text{ kN};$$

OBLICZENIE NOŚNOŚCI PALI POJEDYNCZYCH I W GRUPIE (SGN)

Obliczenia wykonuje się według PN-83/B-02482 „Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych” oraz „Komentarza do normy PN-83/B-02482, autorstwa M. Kosseckiego (PZliTB, Szczecin 1985). Pale zagłębia się do głębokości zapewniającej przeniesienie obciążeń.

Warunek nośności dla pali obciążonych osiowo:

$$Q_F \leq m \times N$$

N – obliczeniowa nośność pala (N_t – pal wyciągany; N^w – pal wyciągany)

$$N_t = N_s + N_p$$

$$N_s = \sum S_{si} t_i^{(r)} A_{si} \quad N_p = S_p q^{(r)} A_p;$$

$$N^w = \sum S_i^w t_i^{(r)} A_{si}$$

S – współczynniki technologiczne wg tabl. 4.

$q^{(r)}$ – jednostkowa, obliczeniowa wytrzymałość gruntu pod podstawą pala, $q^{(r)} = \gamma_m \cdot q$

$t_i^{(r)}$ – jedn., obliczeniowa wytrzymałość gruntu wzdłuż pobocznic pala w obrębie warstwy i , $t_i^{(r)} = \gamma_m \cdot t_i$

A_p – pole przekroju poprzecznego podstawy.

Dla pali żelbetowych wykonanych w gruncie pod osłoną rury obsadowej, jako A_p przyjmuje się pole odpowiadające zewnętrznej średnicy tej rury.

Dla pali Vibro wykonywanych w gruntach niespoistych można przyjmować $1,10A_p$.

A_{si} – pole pobocznic pala zagłębionego w gruncie.

Określanie jednostkowych oporów granicznych

Obliczenia wykonano dla pali wierconych w rurach obsadowych o średnicy $D = 60$ cm, $L = 10,0$ m

Poziom posadowienia (górną pala) przyjęto na rzędnej - 5,5 m;

Poziom podstawy pala pionowego przyjęto na rzędnej - 15,5 m;

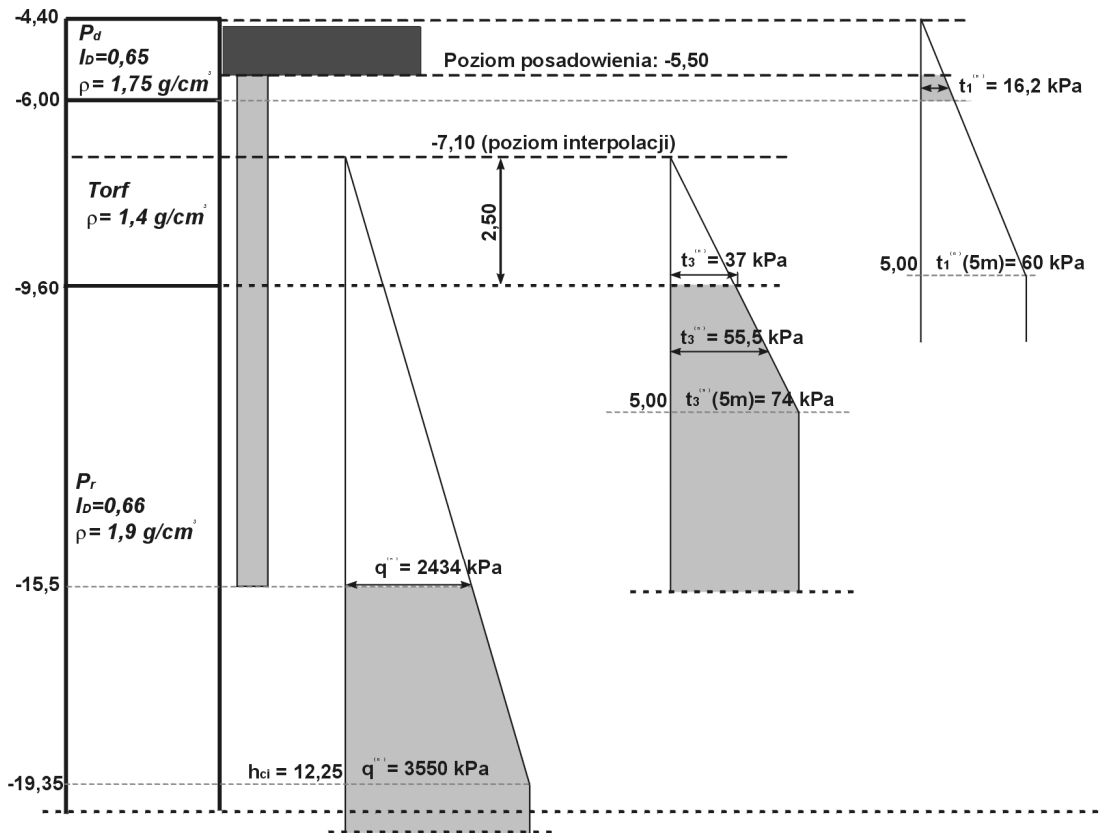
Zastępczy poziom interpolacji przyjmuje się na podstawie Komentarza do normy PN-83/B-02482, autorstwa M. Kosseckiego (PZliTB, Szczecin 1985).

Poziom interpolacji przyjmuje się na rzędnej wynikającej z położenia stropu warstwy nośnej + $0,65 \times$ wysokości zastępczej: $0,65 \times h_z$

$$\text{Wysokość zastępcza } h_z = \frac{1}{\gamma} \sum \gamma_i \cdot h_i = \frac{1}{\rho} \sum \rho_i \cdot h_i = \frac{1,75 \times 1,6 + 1,4 \times 3,6}{1,9} = 3,905 \text{ m}$$

$$0,65 \times h_z = 0,65 \times 3,905 \text{ m} \cong 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Rzędna poziomu interpolacji : } R_z(h_z) = -9,6 + 2,5 = -7,1 \text{ m}$$



Pale zakończono w warstwie piasków grubych: $P_r, I_D = 0,66$:

$q = 3550$ kPa (na głębokości krytycznej $h_c = 10$ m i dla średnicy podstawy $D_0 = 0,4$ m)

W gruntach niespoistych średnio zagęszczonych i zagęszczonych należy uwzględnić wpływ średnicy podstawy pała na q oraz na h_c (rys. 1a i 1b PN-83/B-02482).

$$\text{Dla } D_0 = 0,6 \text{ m} \rightarrow h_{ci} = 10 \sqrt{\frac{0,6}{0,4}} = 12,25 \text{ m}$$

Na poziomie podstaw pali ($L=10$ m): $q = 2434$ kPa

$$q^{(r)} = q \times \gamma_m = 2434 \times 0,9 = 2190,6 \text{ kPa}$$

Nośność podstawy:

$$N_P = S_P \times q^{(r)} \times A_P = 1,0 \times 2190,6 \times \pi \times 0,6^2 \times 0,25 = \mathbf{619,4 \text{ kN}}$$

Warstwa I – tarcie negatywne: $P_d, I_D = 0,65; h_1 = 0,50$ m

$t^{(n)} = 60$ kPa (na głębokości ≥ 5 m poniżej poziomu terenu)

Wartości oporu granicznego z uwzględnieniem poziomego interpolacji:

- góra warstwy: $t^{(n)} = 13,2$ kPa

- dół warstwy: $t^{(n)} = 19,2$ kPa

- wartość średnia oporu granicznego dla miąższości $h_1 = 0,5$ m wynosi: $t^{(n)} = 16,2$ kPa

$$t^{(r)} = t^{(n)} \times \gamma_m = 16,2 \times 1,1 = 17,8 \text{ kPa}$$

Warstwa II – tarcie negatywne: T; $h_2 = 3,6$ m

$$t^{(r)} = 5 \text{ kPa}$$

Warstwa III - nośna: $P_r, I_D = 0,66; h_3 = 5,9$ m

$$t^{(n)} = 74 \text{ kPa (na głębokości } \geq 5 \text{ m poniżej poziomu interpolacji } R_z(h_z) = -7,1 \text{ m)}$$

Wartości oporu granicznego z uwzględnieniem poziomu interpolacji:

- wartość oporu granicznego w stropie warstwy: $t^{(n)} = 37,0$ kPa

- wartość oporu granicznego w spągu warstwy: $t^{(n)} = 74,0$ kPa

- wartość średnia oporu granicznego dla miąższości $h_{3-1} = 2,5$ m wynosi: $t^{(n)} = 55,5$ kPa

$$t^{(r)} = t^{(n)} \times \gamma_m = 55,5 \times 0,9 = 50,0 \text{ kPa}$$

- wartość oporu granicznego dla pozostałej miąższości $h_{3-2} = 3,4$ m wynosi: $t^{(n)} = 74,0$ kPa

$$t^{(r)} = t^{(n)} \times \gamma_m = 74,0 \times 0,9 = 66,6 \text{ kPa}$$

Nośność poboczniczy:

$$N_S = \sum S_{Si} \times t^{(r)}_i \times A_{Si} = \pi \times D \times \sum (S_{Si} \times h_i \times t^{(r)}_i) - T_n$$

Tarcie negatywne: $T_n = \pi \times D \times (S_{S1} \times h_1 \times t^{(r)}_1 + S_{S2} \times h_2 \times t^{(r)}_2) =$
 $= \pi \times 0,60 \times [0,7 \times 0,50 \times 17,8 + 1,0 \times 3,6 \times 5,0] = 45,7 \text{ kN}$

$$N_S = \pi \times 0,6 \times [0,9 \times (2,5 \times 50,0 + 3,4 \times 66,6)] - T_n = 596,2 - 45,7 = 550,6 \text{ kN}$$

Obliczenia nośności pali wciśniętych wg PN-83/B-02482													
Pale pionowe 1 i 2													
		rodzaj pali: pale wiercone w rurach obsadowych wyciąganych											
		średnica D = 0.6 [m]											
		zwiększenie podstawy = 1.0											
Rzędna [m ppt]	warstwa geotechniczna	Nośność podstawy ($A_p = 0.2827 \text{ m}^2$)				Nośność poboczniczy ($A_s (1mb) = 1.8850 \text{ m}^2$)				Nośność pala pojedynczego			Długość pala L [m]
		S_p [-]	$q^{(n)}$ [kPa]	γ_m [-]	$N_p = S_p \cdot A_p \cdot q^{(n)} \cdot \gamma_m$ [kN]	S_{si} [-]	h_i [m]	$t^{(n)}$ [kPa]	γ_m [-]	$N_s = S_{si} \cdot A_s \cdot h_i \cdot t^{(n)} \cdot \gamma_m$ [kN]	$N_s = \sum N_{si}$ [kN]	$N_t = N_p + N_s$ [kN]	
5.50	poz. posad.												
6.00	Pd					0.7	0.50	-16.2	1.1	-11.76	-11.76		0.50
9.60	T					1	3.60	-5.0	1.0	-33.93	-45.69		4.10
11.50	Pr	1.0	1275	0.9	324.45	0.9	1.90	51.1	0.9	148.24	102.55		6.00
12.10	Pr	1.0	1449	0.9	368.73	0.9	0.60	69.6	0.9	63.76	166.31	535.04	482
13.50	Pr	1.0	1855	0.9	472.04	0.9	1.40	74.0	0.9	158.18	324.49	796.53	717
14.50	Pr	1.0	2144	0.9	545.58	0.9	1.00	74.0	0.9	112.98	437.47	983.06	885
15.50	Pr	1.0	2434	0.9	619.38	0.9	1.00	74.0	0.9	112.98	550.46	1169.84	1053
16.50	Pr	1.0	2724	0.9	693.17	0.9	1.00	74.0	0.9	112.98	663.44	1356.62	1221
17.50	Pr	1.0	3014	0.9	766.97	0.9	1.00	74.0	0.9	112.98	776.43	1543.40	1389

Całkowita nośność na wciskanie (L=10 m):

$$N_t = N_S + N_P = 550,5 + 619,4 = 1169,9 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla pala pojedynczego: $Q_r \leq 0,9 \times 1169,9 = 1052,9 \text{ kN}$

Siła osiowa w palach nr 1 – 2: $Q_{1r} = r_1 \times S_1 = 818,0 \text{ kN};$

Siła osiowa w palach nr 3 – 6: $Q_{2r} = r_2 \times S_2 = 912,6 \text{ kN};$

Nośność na wyciąganie:

Warstwa I: Pd, $I_D = 0,65$; $h_1 = 0,50$ m

$t^{(n)} = 60$ kPa (na głębokości ≥ 5 m poniżej poziomu terenu)

Wartości oporu granicznego z uwzględnieniem poziomu interpolacji:

- góra warstwy: $t^{(n)} = 13,2$ kPa

- dół warstwy: $t^{(n)} = 19,2$ kPa

- wartość średnia oporu granicznego dla miąższości $h_1 = 0,5$ m wynosi: $t^{(n)} = 16,2$ kPa

$t^{(r)} = t^{(n)} \times \gamma_m = 16,2 \times 0,9 = 14,6$ kPa

Warstwa II: T; $h_2 = 3,6$ m

$t^{(r)} = 0,0$ kPa

Warstwa III - nośna: Pr, $I_D = 0,66$; $h_3 = 5,9$ m

$t^{(n)} = 74$ kPa (na głębokości ≥ 5 m poniżej poziomu interpolacji $R_z(h_z) = -7,1$ m)

Wartości oporu granicznego z uwzględnieniem poziomu interpolacji:

- wartość oporu granicznego w stropie warstwy: $t^{(n)} = 37,0$ kPa

- wartość oporu granicznego w spągu warstwy: $t^{(n)} = 74,0$ kPa

- wartość średnia oporu granicznego dla miąższości $h_{3-1} = 2,5$ m ($= 5 - 0,65 \times h_z$) wynosi: $t^{(n)} = 55,5$ kPa

$t^{(r)} = t^{(n)} \times \gamma_m = 55,5 \times 0,9 = 50,0$ kPa

- wartość oporu granicznego dla pozostałej miąższości $h_{3-2} = 3,4$ m wynosi: $t^{(n)} = 74,0$ kPa

$t^{(r)} = t^{(n)} \times \gamma_m = 74,0 \times 0,9 = 66,6$ kPa

Nośność na wyciąganie:

$$N^w = \sum S_i^w \times t^{(r)}_i \times A_{Si} =$$

$$= \pi \times 0,6 \times [0,5 \times 14,6 \times 0,50 + 0,7 \times (50,0 \times 2,5 + 66,6 \times 3,4)] = 470,5 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla pala pojedynczego: $Q_r \leq 0,9 \times 470,5 = 423,5 \text{ kN} < Q_{3r} = 677,6 \text{ kN}$

Warunek niespełniony – należy wydłużyć pale wyciągane!

Obliczenia nośności pali wyciąganych wg PN-83/B-02482										
<i>Pale wyciągane 3</i>										
				rodzaj pali: pale wiercone w rurach obsadowych wyciąganych						
				średnica D = 0.6 [m]						
				zwiększenie podstawy = 1.0						
Rzędna [m ppt]	warstwa geotechniczna	Nośność poboczniczy (A_s (1mb) = 1.8850 m ²)						Nośność	Długość pala L	
		S_{si}	h_i	$t^{(n)}$	γ_m	$N_s = S_{si} \cdot A_{si} \cdot h_i \cdot t^{(n)} \cdot \gamma_m$	$N^w = \sum N_{si}$	$m \cdot N^w$		
		[-]	[m]	[kPa]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	
5.50	poz.posad.									
6.00	Pd	0.5	0.50	16.2	0.9	6.87	6.87		0.50	
9.60	T	1	3.60	0.0	1.0	0.00	6.87		4.10	
11.50	Pr	0.7	1.90	51.1	0.9	115.30	122.17		6.00	
12.10	Pr	0.7	0.60	69.6	0.9	49.59	171.76	155	6.60	
13.50	Pr	0.7	1.40	74.0	0.9	123.03	294.79	265	8.00	
14.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	382.66	344	9.00	
15.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	470.54	423	10.00	
16.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	558.42	503	11.00	
17.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	646.29	582	12.00	
18.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	734.17	661	13.00	
19.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	822.05	740	14.00	
20.50	Pr	0.7	1.00	74.0	0.9	87.88	909.92	819	15.00	

L = 14,0 m (podstawy pali na rzędnej -19,5 m)

$$N^w = \sum S_{si}^w \times t^{(r)}_i \times A_{si} =$$

$$= \pi \times 0.6 \times [0,5 \times 14,6 \times 0,50 + 0,7 \times (50,0 \times 2,5 + 66,6 \times 7,4)] = \mathbf{822,05 \text{ kN}}$$

Warunek nośności dla pala pojedynczego: $Q_r \leq 0,9 \times 822,05 = 740 \text{ kN} > N_{3r} = 677,6 \text{ kN}$