

## Analiza pala

### Dane wejściowe

#### Projekt

Zadanie : Budowa Pomostu Rekreacyjnego  
Część : Pomost nr 11  
Zamawiający : Gmina Kuryłówka, 527 Kuryłówka 37-303  
Autor : Biuro Projektowe Mateusz Turek  
Data : 06.10.2021

#### Ustawienia

(definiowanie dla bieżącego zadania)

#### Materiały i normy

Konstrukcje drewniane : EN 1995-1-1 (EC5)  
Współczynnik częściowy do parametrów drewna :  $\gamma_M = 1,30$   
Współczynnik wpływu obciążenia i wilgotności (drewno) :  $k_{mod} = 0,50$   
Współczynnik szerokości efektywnej przekroju w ścinaniu (drewno) :  $k_{cr} = 0,67$


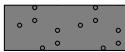
#### Pale

Obliczenia w warunkach z odpływem : NAVFAC DM 7.2  
Krzywa obciążeniowa : liniowa (Poulos)  
Nośność pozioma : półprzestrzeń sprężysta  
Metodyka obliczeń : obliczenia według EN 1997  
Podejście obliczeniowe : 2 - redukcja oddziaływań i oporów


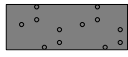
Współczynniki częściowe do oddziaływań (A)			
Trwała sytuacja obliczeniowa			
		Niekorzystne	Korzystne
Oddziaływania stałe :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]


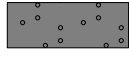
Współczynniki częściowe do oporów lub nośności (R)			
Trwała sytuacja obliczeniowa			
Wsp. częściowy do nośności poboczniczy pali wciskanych :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Wsp. częściowy do nośności podstawy pala :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Wsp. częściowy do nośności pali wciąganych :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

#### Podstawowe parametry gruntów



Nr	Nazwa	Szrafura	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\nu$ [-]
1	Piasek drobny, średniozagęszczony		17,50	0,30
2	Piasek średni, średniozagęszczony		18,50	0,28

W obliczeniach parcia spoczynkowego wszystkie grunty przyjęte zostały jako niespoiste.

Nr	Nazwa	Szrafura	$E_{oed}$ [MPa]	$E_{def}$ [MPa]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [-]
1	Piasek drobny, średniozagęszczony		42,00	-	17,50	-	-
2	Piasek średni, średniozagęszczony		73,20	-	18,50	-	-

Nr	Nazwa	Szrafura	$\phi_{ef}$ [°]	$\delta$ [°]	K [-]	$c_u$ [kPa]	$\alpha$ [-]
1	Piasek drobny, średniozagęszczony		30,20	-	1,00	-	-
2	Piasek średni, średniozagęszczony		33,50	-	1,00	-	-

#### Parametry gruntów do wyznaczania modułu reakcji podłoża

Nr	Nazwa	Szrafura	E
1	Piasek drobny, średniozagęszczony		56,30
2	Piasek średni, średniozagęszczony		86,70

#### Parametry gruntu

##### Piasek drobny, średniozagęszczony

Ciężar objętościowy :  $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$   
 Współczynnik Poisson'a :  $\nu = 0,30$   
 Moduł edometryczny :  $E_{oed} = 42,00 \text{ MPa}$   
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 17,50 \text{ kN/m}^3$   
 Moduł sprężystości :  $E = 56,30 \text{ MPa}$   
 Współczynnik parcia bocznego gruntu :  $K = 1,00$

##### Piasek średni, średniozagęszczony

Ciężar objętościowy :  $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$   
 Współczynnik Poisson'a :  $\nu = 0,28$   
 Moduł edometryczny :  $E_{oed} = 73,20 \text{ MPa}$   
 Ciężar gruntu nawodn. :  $\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$   
 Moduł sprężystości :  $E = 86,70 \text{ MPa}$   
 Współczynnik parcia bocznego gruntu :  $K = 1,00$

#### Geometria konstrukcji

Profil pala: kołowy

##### Wymiary

Średnica  $d = 0,25 \text{ m}$   
 Długość  $l = 4,50 \text{ m}$

##### Wyznaczone charakterystyki przekroju

Powierzchnia  $A = 4,91E-02 \text{ m}^2$   
 Moment bezwładności  $I = 1,92E-04 \text{ m}^4$

##### Lokalizacja

Wysokość ponad gruntem  $h = 2,00 \text{ m}$

Głębokość terenu po modyfikacji  $h_z = 0,00$  m

Technologia : Pale wbijane

Moduł reakcji podłoża przyjęto według teorii Vesič'a.

### Materiał konstrukcji

Ciężar objętościowy  $\gamma = 23,00$  kN/m<sup>3</sup>

### Drewno : C30 - iglaste

Wytrzymałość na rozciąganie  $f_t = 18,00$  MPa

Wytrzymałość na ściskanie  $f_c = 23,00$  MPa

Wytrzymałość na ścinanie  $f_v = 4,00$  MPa

Wytrzymałość na zginanie  $f_m = 30,00$  MPa

Moduł sprężystości  $E = 12000,00$  MPa


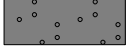

Moduł sprężystości poprzecznej  $G = 750,00$  MPa

### Profil geologiczny i przyporządkowane grunty

#### Informacja o lokalizacji

Rzędna terenu = 171,40 m

### Profil geologiczny i przyporządkowane grunty

Nr	Mięższść warstwy t [m]	Głębokość z [m]	Rzędna n.p.m. [m]	Przyporządkowany grunt	Szraflura
1	1,50	0,00 .. 1,50	171,40 .. 169,90	Piasek drobny, średniozagęszczony	
2	5,50	1,50 .. 7,00	169,90 .. 164,40	Piasek średni, średniozagęszczony	
3	-	7,00 .. ∞	164,40 .. -	Piasek średni, średniozagęszczony	

### Obciążenie

Nr	Obciążenie		Nazwa	Rodzaj	N [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	H <sub>x</sub> [kN]	H <sub>y</sub> [kN]
	nowe	zmiana							
1	Tak		Siła Nr 1	Obliczeniowe	19,00	5,00	0,00	0,00	0,00

### ZWG + podłoże nieściśliwe

Zwierciadło wody gruntowej jest na głębokości -1,50 m poniżej terenu pierwotnego.

Podłoże nieściśliwe jest na głębokości 0,50 m poniżej terenu pierwotnego.

### Globalne ustawienia obliczeń

Analiza nośności pionowej : rozwiązanie analityczne

Metoda obliczeń : obliczenia w warunkach z odpływem

### Ustawienia obliczeń fazy

Sytuacja obliczeniowa : trwała

Metodyka obliczeń : bez redukcji danych wejściowych

### Analiza Nr 1

#### Analiza nośności pionowej pala, według NAVFAC DM 7.2 - wyniki pośrednie

Obliczenie nośności podstawy:

Grunt pod podstawą pala jest niespoisty

Współczynnik nośności  $N_q = 38,50$

Powierzchnia przekroju poprzecznego pala  $A_p = 4,91E-02$  m<sup>2</sup>

Nośność poboczniczy pala:

Głębokość [m]	Grubość [m]	$c_{ud}$ [kPa]	$\alpha$ [°]	$K$ [°]	$\delta$ [°]	$\sigma_{or}$ [kPa]	$R_{si}$ [kN]
0,00	-	-	-	-	-	-	-
0,25	0,25	-	-	1,00	22,65	0,94	0,07
0,25	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,25	-	-	1,00	22,65	1,88	0,14
0,50	-	-	-	-	-	-	-
1,50	1,00	-	-	1,00	22,65	1,88	0,56
1,50	-	-	-	-	-	-	-
2,50	1,00	-	-	1,00	25,12	1,88	0,63

### Obliczenie nośności pionowej : NAVFAC DM 7.2

Obliczenia przeprowadzono dla przypadku obciążeniowego numer 1. (Siła Nr 1)

Współczynnik obliczenia głębokości krytycznej  $k_{dc} = 1,00$

Analiza pala ściskanego:

Nośność poboczniczy pala  $R_s = 1,40 \text{ kN}$

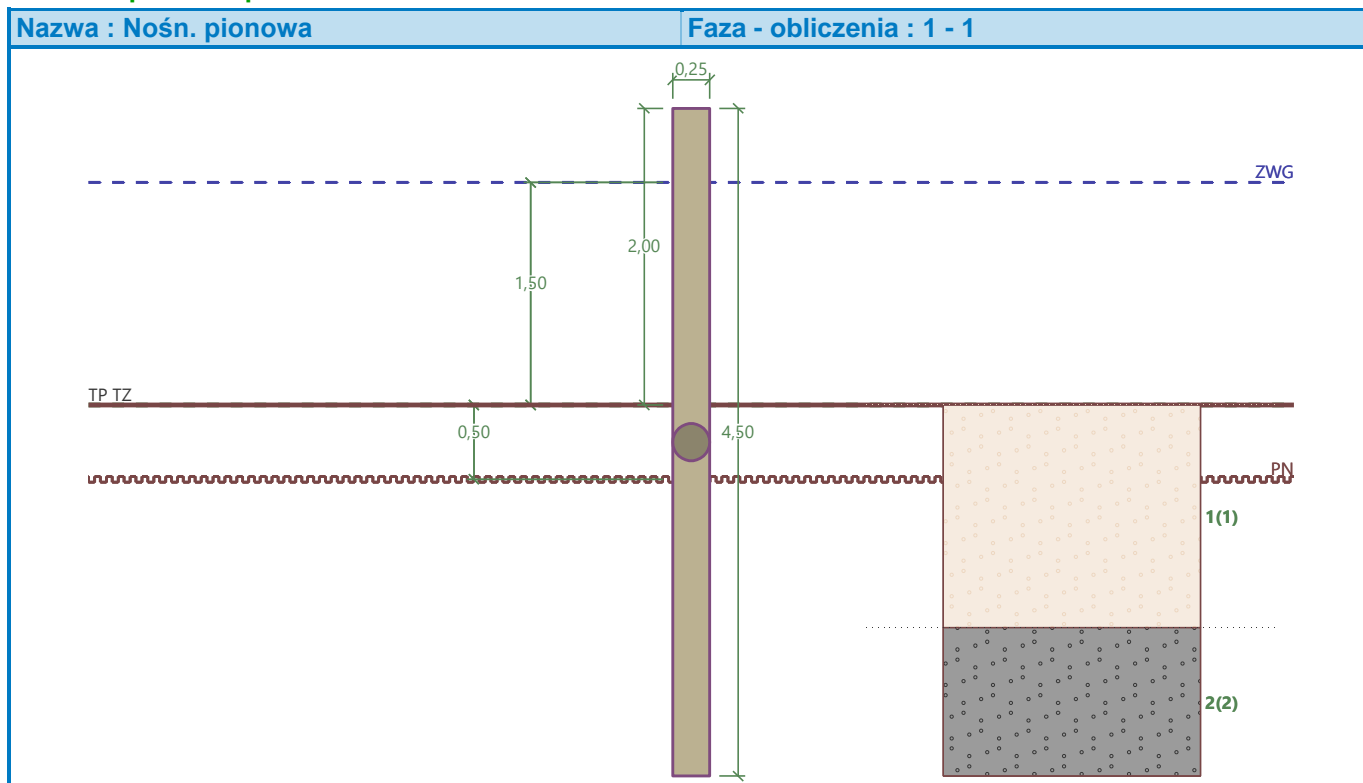
Nośność podstawy pala  $R_b = 33,93 \text{ kN}$

Nośność pala  $R_c = 35,33 \text{ kN}$

Pionowa siła obliczeniowa  $V_d = 19,00 \text{ kN}$

$$R_c = 35,33 \text{ kN} > 19,00 \text{ kN} = V_d$$

### Nośność pionowa pala SPEŁNIA WYMAGANIA



### Analiza Nr 1

#### Obliczenia krzywej obciążeniowej - dane wejściowe

Warstwa nr	$E_s$ [MPa]
1	15,00
2	15,00

Graniczne osiadanie pala  $s_{lim} = 25,0$  mm

#### Obliczenia krzywej obciążeniowej - wyniki pośrednie

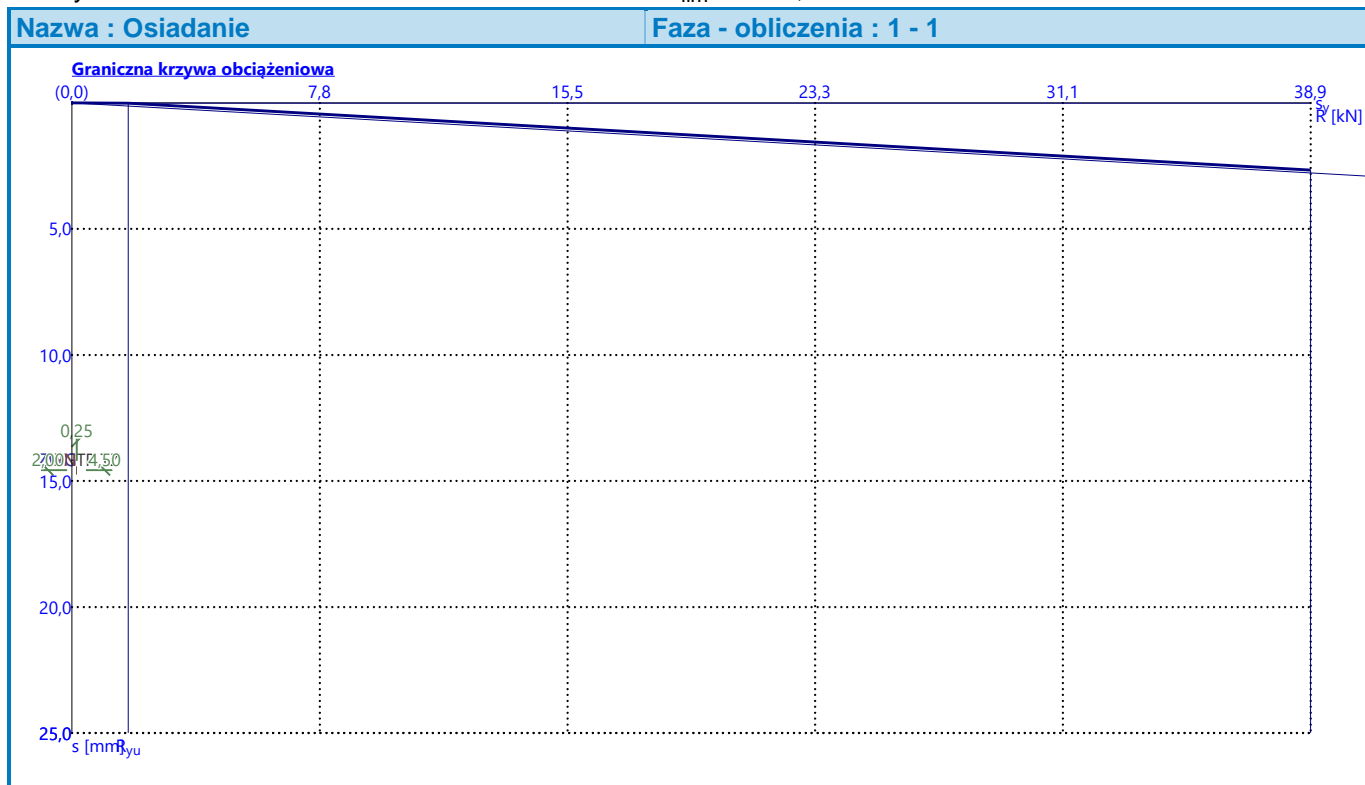
Współczynnik korygujący sztywności gruntu	$C_k = 0,97$
Współczynnik korygujący wsp. Poisson'a	$C_v = 0,80$
Współczynnik korygujący sztywności gruntu	$C_b = 1,69$
Współczynnik korygujący przek. obc. nieśc. pala	$\beta_0 = 0,10$
Współczynnik przekazywania obciążenia do podstawy	$\beta = 0,13$

Współczynniki wpływu osiadania :

Podstawowy - zależny od stosunku $l/d$	$l_0 = 0,15$
Współczynnik wpływu sztywności pala	$R_k = 1,00$
Współczynnik wpływu warstwy nieściśliwej	$R_h = 0,25$
Współczynnik korygujący wsp. Poisson'a	$R_v = 0,90$

#### Obliczenia krzywej obciążeniowej - wyniki

Obciążenie na granicy mobilizacji tarcia na pobocznicy	$R_{yu} = 1,77$ kN
Wartość osiadania odpowiadająca sile $R_{yu}$	$s_y = 0,0$ mm
Nośność całkowita	$R_c = 38,86$ kN
Maksymalne osiadanie	$s_{lim} = 2,7$ mm



## Analiza Nr 1

### Dane wejściowe do obliczeń poziomej nośności pala

Obliczenia przeprowadzono stosując automatyczny wybór najbardziej niekorzystnych przypadków obciążeniowych. Nośność pozioma pala została wyznaczona w kierunku max. wpływu obciążenia.

## Rozkład sił wewnętrznych i przemieszczeń pala

Przemieszczenia pala i rozkład sił wewnętrznych - wartości maksymalne:

Rozstaw [m]	Moduł k [MN/m <sup>3</sup> ]	Przemieszczenie [mm]	Obrót [mRad]	Napężenie [kPa]	Siła Tnąca [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	0.00	5.90	0.00	0.00	5.00
0.20	0.00	0.00	5.46	0.00	0.00	5.00
0.22	0.00	0.00	5.41	0.00	0.00	5.00
0.25	0.00	0.00	5.36	0.00	0.00	5.00
0.43	0.00	0.00	4.97	0.00	0.00	5.00
0.45	0.00	0.00	4.92	0.00	0.00	5.00
0.47	0.00	0.00	4.87	0.00	0.00	5.00
0.65	0.00	0.00	4.48	0.00	0.00	5.00
0.67	0.00	0.00	4.43	0.00	0.00	5.00
0.70	0.00	0.00	4.39	0.00	0.00	5.00
0.88	0.00	0.00	3.99	0.00	0.00	5.00
0.90	0.00	0.00	3.95	0.00	0.00	5.00
0.92	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	5.00
1.10	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	5.00
1.12	0.00	0.00	3.46	0.00	0.00	5.00
1.15	0.00	0.00	3.41	0.00	0.00	5.00
1.33	0.00	0.00	3.02	0.00	0.00	5.00
1.35	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	5.00
1.37	0.00	0.00	2.92	0.00	0.00	5.00
1.55	0.00	0.00	2.53	0.00	0.00	5.00
1.57	0.00	0.00	2.48	0.00	0.00	5.00
1.60	0.00	0.00	2.43	0.00	0.00	5.00
1.78	0.00	0.00	2.04	0.00	0.00	5.00
1.80	0.00	0.00	1.99	0.00	0.00	5.00
1.82	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	5.00
2.00	0.00	0.00	1.55	50.86	0.19	5.00
2.00	132.27	0.00	1.55	54.79	0.21	5.00
2.02	132.27	0.00	1.50	68.51	0.61	4.99
2.05	132.27	0.00	1.45	64.12	0.98	4.97
2.23	132.27	0.00	1.08	34.09	3.16	4.58
2.25	132.27	0.00	1.03	30.95	3.34	4.50
2.27	132.27	0.00	0.99	27.95	3.51	4.43
2.45	132.27	0.00	0.67	8.34	4.30	3.71
2.47	132.27	0.00	0.63	6.41	4.34	3.61
2.50	132.27	0.00	0.60	4.58	4.37	3.52
2.68	132.27	0.05	0.35	0.00	4.30	2.73
2.70	132.27	0.06	0.33	0.00	4.26	2.63
2.72	132.27	0.06	0.30	0.00	4.21	2.54
2.90	132.27	0.10	0.13	0.00	3.70	1.82
2.92	132.27	0.11	0.11	0.00	3.62	1.74
2.95	132.27	0.11	0.10	0.00	3.54	1.66
3.13	132.27	0.12	0.00	0.01	2.87	1.08
3.15	132.27	0.12	0.00	0.01	2.78	1.02

Rozstaw [m]	Moduł k [MN/m³]	Przemieszczenie [mm]	Obrót [mRad]	Naprężenie [kPa]	Siła Tnąca [kN]	Moment [kNm]
3.17	132.27	0.11	0.00	0.01	2.69	0.96
3.35	132.27	0.10	0.00	0.01	2.04	0.53
3.37	132.27	0.10	0.00	0.01	1.96	0.49
3.40	132.27	0.10	0.00	0.01	1.89	0.44
3.58	208.50	0.08	0.00	0.01	1.22	0.16
3.60	208.50	0.08	0.00	0.01	1.12	0.13
3.62	208.50	0.08	0.00	0.01	1.03	0.11
3.80	208.50	0.05	0.00	0.01	0.43	0.00
3.82	208.50	0.05	0.00	0.01	0.37	0.00
3.85	208.50	0.05	0.00	0.00	0.31	0.00
4.03	208.50	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
4.05	208.50	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
4.07	208.50	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
4.25	208.50	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
4.27	208.50	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00
4.30	208.50	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00
4.48	208.50	0.00	0.00	5.31	0.00	0.00
4.50	208.50	0.00	0.00	5.84	0.00	0.00

Przemieszczenia pala i rozkład sił wewnętrznych - wartości maksymalne:

Rozstaw [m]	Moduł k [MN/m³]	Przemieszczenie [mm]	Obrót [mRad]	Naprężenie [kPa]	Siła Tnąca [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-8.01	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.20	0.00	-6.86	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.22	0.00	-6.74	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.25	0.00	-6.62	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.43	0.00	-5.69	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.45	0.00	-5.58	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.47	0.00	-5.47	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.65	0.00	-4.62	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.67	0.00	-4.52	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.70	0.00	-4.42	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.88	0.00	-3.67	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.90	0.00	-3.58	-0.00	0.00	0.00	-0.00
0.92	0.00	-3.49	-0.00	0.00	0.00	-0.00
1.10	0.00	-2.83	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.12	0.00	-2.75	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.15	0.00	-2.67	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.33	0.00	-2.09	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.35	0.00	-2.03	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.37	0.00	-1.96	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.55	0.00	-1.47	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.57	0.00	-1.41	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.60	0.00	-1.36	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.78	0.00	-0.96	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
1.80	0.00	-0.91	-0.00	0.00	-0.00	-0.00

Rozstaw [m]	Moduł k [MN/m³]	Przemieszczenie [mm]	Obrót [mRad]	Naprężenie [kPa]	Siła Tnąca [kN]	Moment [kNm]
1.82	0.00	-0.87	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
2.00	0.00	-0.56	-0.00	-0.03	-0.00	-0.00
2.00	132.27	-0.55	-0.00	-0.03	0.00	-0.00
2.02	132.27	-0.52	-0.00	-0.04	0.00	-0.00
2.05	132.27	-0.48	-0.00	-0.04	0.00	-0.00
2.23	132.27	-0.26	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00
2.25	132.27	-0.23	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00
2.27	132.27	-0.21	-0.00	-0.02	-0.00	-0.00
2.45	132.27	-0.06	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00
2.47	132.27	-0.05	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00
2.50	132.27	-0.03	-0.00	-0.01	-0.00	-0.00
2.68	132.27	-0.00	-0.00	-6.63	-0.00	-0.00
2.70	132.27	-0.00	-0.00	-7.64	-0.00	-0.00
2.72	132.27	-0.00	-0.00	-8.58	-0.00	-0.00
2.90	132.27	-0.00	-0.00	-13.63	-0.00	-0.00
2.92	132.27	-0.00	-0.00	-14.00	-0.00	-0.00
2.95	132.27	-0.00	-0.00	-14.32	-0.00	-0.00
3.13	132.27	-0.00	-0.01	-15.30	-0.00	-0.00
3.15	132.27	-0.00	-0.02	-15.26	-0.00	-0.00
3.17	132.27	-0.00	-0.03	-15.19	-0.00	-0.00
3.35	132.27	-0.00	-0.09	-13.78	-0.00	-0.00
3.37	132.27	-0.00	-0.09	-13.51	-0.00	-0.00
3.40	132.27	-0.00	-0.09	-13.24	-0.00	-0.00
3.58	208.50	-0.00	-0.12	-16.81	-0.00	-0.00
3.60	208.50	-0.00	-0.12	-16.25	-0.00	-0.00
3.62	208.50	-0.00	-0.12	-15.69	-0.00	-0.00
3.80	208.50	-0.00	-0.12	-11.09	-0.00	-0.02
3.82	208.50	-0.00	-0.12	-10.51	-0.00	-0.03
3.85	208.50	-0.00	-0.12	-9.94	-0.00	-0.04
4.03	208.50	-0.00	-0.12	-5.41	-0.03	-0.06
4.05	208.50	-0.00	-0.12	-4.86	-0.06	-0.06
4.07	208.50	-0.00	-0.12	-4.31	-0.09	-0.06
4.25	208.50	-0.00	-0.11	0.00	-0.18	-0.03
4.27	208.50	-0.00	-0.11	0.00	-0.18	-0.03
4.30	208.50	-0.01	-0.11	0.00	-0.18	-0.02
4.48	208.50	-0.03	-0.11	-0.00	-0.03	-0.00
4.50	208.50	-0.03	-0.11	-0.00	-0.00	-0.00

### Wymiarowanie przekroju - wyniki pośrednie

#### Parametry przekroju:

Powierzchnia przekroju  $A = 4,909E-02 \text{ m}^2$   
 Moduł przekrojowy  $W = 1,534E-03 \text{ m}^3$   
 Moment bezwładności  $I = 1,917E-04 \text{ m}^4$   
 Moment statyczny przekroju  $S = 1,302E-03 \text{ m}^3$

#### Obliczeniowe wytrzymałości drewna:

Obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie  $f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 6,92 \text{ MPa}$



Obliczeniowa wytrzymałość na ściskanie  $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 8,85 \text{ MPa}$

Obliczeniowa wytrzymałość na zginanie  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M = 11,54 \text{ MPa}$

Obliczeniowa wytrzymałość na ścinanie  $f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M = 1,54 \text{ MPa}$

#### Maksymalne siły wewnętrzne i przemieszczenia :

Max. przemieszczenie pala = 8,0 mm

Max. siła tnąca = 4,40 kN

Maksymalny moment = 5,00 kNm

#### Wymiarowanie przekroju drewnianego według EN 1995-1-1

Przekrój: kołowy,  $d = 0,25 \text{ m}$

##### Sprawdzenie ściskania i zginania - obciążenie nr 1:

$N = 19,00 \text{ kN}; \quad M = 5,00 \text{ kNm}$

Naprężenie normalne w ściskaniu  $\sigma_{c,0,d} = 0,39 \text{ MPa}$

Naprężenie normalne w zginaniu  $\sigma_{m,d} = 3,26 \text{ MPa}$

$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d} = 0,284 \leq 1$  **Spełnia wymagania**

##### Sprawdzenie na ścinanie:

$Q_{max} = 4,40 \text{ kN}$

Naprężenie ścinające  $\tau_d = 0,12 \text{ MPa}$

$\tau_d / k_{cr} / f_{v,d} = 0,116 \leq 1$  **Spełnia wymagania**

#### Przekrój SPEŁNIA WYMAGANIA

Nazwa : Nośn. pozioma

Faza - obliczenia : 1 - 1

