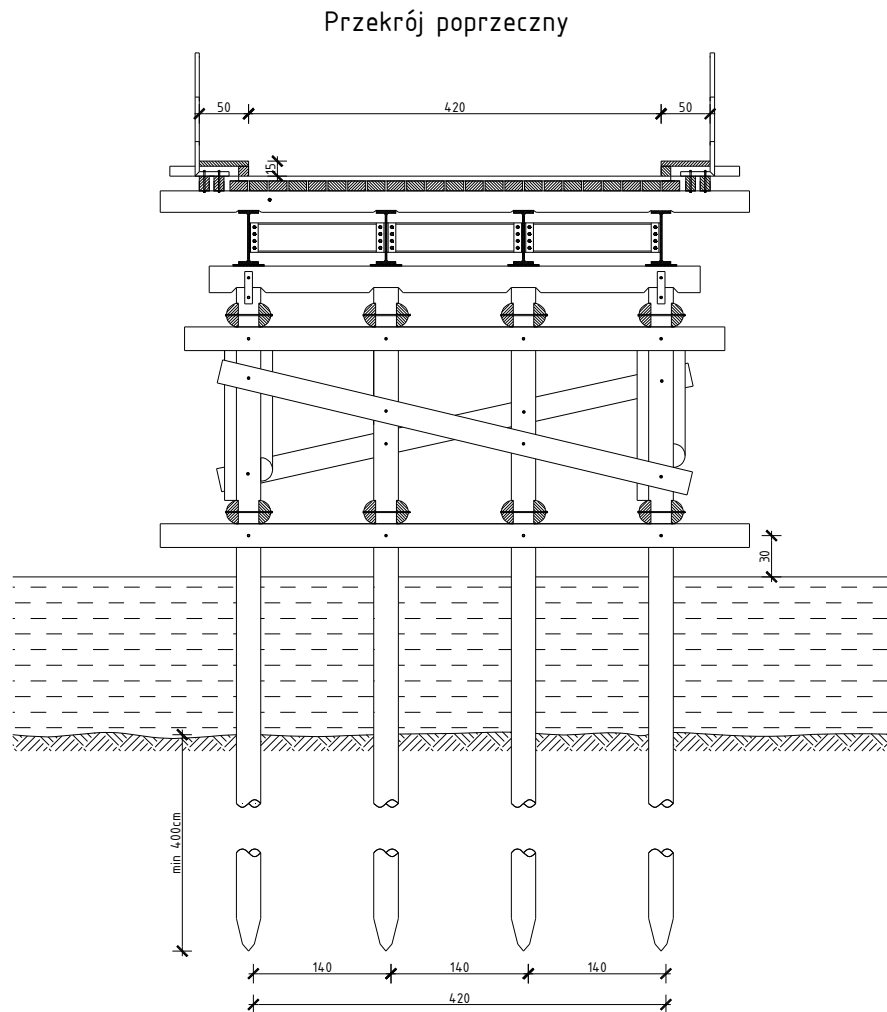


ZAŁĄCZNIK NR 2
Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

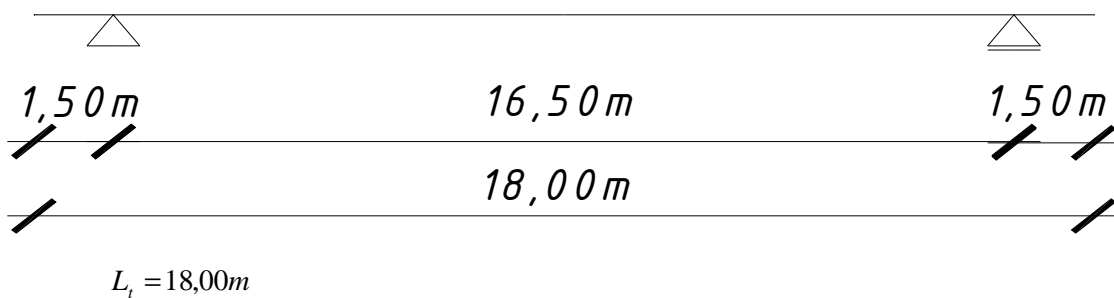
1. Założenia.....	2
1.1. Przekrój poprzeczny.....	2
1.2. Schemat statyczny najdłuższego przęsła.....	2
2. Przyjęcie przekrojów.....	2
2.1. Dźwigar główny.....	2
2.2. Poprzecznice.....	3
2.3. Podkład dolny.....	3
2.4. Podkład górny.....	3
3. Materiały.....	3
3.1. Stal konstrukcyjna.....	3
3.2. Drewno.....	3
4. Zestawienie obciążeń wg: PN-85 S-10030.....	3
4.1. Obciążenia stałe.....	3
4.2. Obciążenia stałe wartości obliczeniowe.....	4
4.3. Obciążenia zmienne.....	4
5. Obliczenie pokładu dolnego.....	5
5.1. Zebranie obciążeń działających na pokład dolny:.....	5
5.2. Analiza statyczna:.....	5
6. Obliczenie poprzecznic.....	6
6.1. Zebranie obciążeń działających na poprzecznicę:.....	6
6.2. Analiza statyczna.....	7
7. Obliczenie dźwigarów głównych.....	9
7.1. Zebranie obciążeń działających na dźwigar.....	9
7.2. Analiza statyczna.....	11
8. Obliczenie tężników poddanych obciążeniu wiatrem.....	18
9. Obliczenie oczepu.....	19
10. Obliczenia podpór.....	19
10.1. Obliczenia średnicy pali.....	19
11. Obliczenia słupa podpory stalowej.....	20
12. Obliczenia wymaganego wpędu pala dla młota spalinowego, przewodnicowego SDM – 2.	22

1. Założenia.

1.1. Przekrój poprzeczny.



1.2. Schemat statyczny najdłuższego przęsła



2. Przyjęcie przekrojów.

2.1. Dźwigar główny.

- liczba dźwigarów

$$n_s = 4$$

- rozstaw dźwigarów

$$D = 1400 \text{ mm}$$

Przyjęto przekrój dźwigara głównego:

I 550

2.2. Poprzecznice

Przyjęto przekroje poprzecznic z drewna okrągłego o średnicy $d = 26\text{cm}$, płazowanego jednostronnie na szerokości $d/2$.

2.3. Podkład dolny

Przyjęto przekrój z bali grubości 10cm . i szerokości 18cm .

2.4. Podkład górny

Przyjęto przekrój z desek grubości 5cm .

3. Materiały.

3.1. Stal konstrukcyjna.

Stal konstrukcyjna – St3S.

- wytrzymałość obliczeniowa

$$R = 235\text{MPa} \quad t \leq 16\text{mm}$$

$$R = 225\text{MPa} \quad 16 < t < 30\text{mm}$$

$$R = 245\text{MPa} \quad 30 < t < 50\text{mm}$$

- moduł sprężystości podłużnej

$$E_s = 205000\text{MPa}$$

- współczynnik rozszerzalności cieplnej

$$\alpha_s = 0,000012 \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

- ciężar stali

$$\gamma_s = 78,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

3.2. Drewno

• **Pale podpór i izbic**

Klasa drewna K39

• **Oczepy**

Klasa drewna K39

• **Poprzecznice**

Klasa drewna K39

• **Pokład dolny i górny pomostu, kleszcze,**

Klasa drewna K27

4. Zestawienie obciążeń wg: PN-85 S-10030

4.1. Obciążenia stałe.

4.1.1. Ciężar własny konstrukcji.

- ciężar dźwigara

$$g_s = A_s \cdot (\gamma_s) = 212 / 10000 \cdot (78,5) = 1,67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- ciężar poprzecznic

$$g_p = A_p \cdot (\gamma_p) = 0,0517 \cdot (7,6) = 0,39 \frac{kN}{m}$$

4.1.2. Ciężar własny elementów wyposażenia.

- ciężar pokładu górnego

$$g_{pg} = d \cdot \gamma_{pg} = 0,04m \cdot 7,6 \frac{kN}{m^3} = 0,31 \frac{kN}{m^2}$$

- ciężar własny poręczy i obciążenie pionowe poręczy

$$g_{por} = 2 \cdot 0,5 = 1,00 \frac{kN}{m}$$

4.2. Obciążenia stałe wartości obliczeniowe.

4.2.1. Ciężar własny konstrukcji.

- ciężar dźwigara

$$g_{ds} = g_s \cdot \gamma_s = 1,67 \frac{kN}{m} \cdot 1,20 = 2,00 \frac{kN}{m}$$

- ciężar poprzecznic

$$g_{dp} = g_p \cdot \gamma_p = 0,39 \frac{kN}{m} \cdot 1,50 = 0,47 \frac{kN}{m}$$

4.2.2. Ciężar własny elementów wyposażenia.

- ciężar pokładu górnego

$$g_{dpg} = g_{pg} \cdot \gamma_{pg} = 0,31 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,20 = 0,47 \frac{kN}{m^2}$$

- ciężar własny poręczy i obciążenie pionowe poręczy

$$g_{dpor} = g_{por} \cdot 1,50 = 1,00 \frac{kN}{m} \cdot 1,50 = 1,50 \frac{kN}{m}$$

4.3. Obciążenia zmienne.

4.3.1. Obciążenia charakterystyczne.

- obciążenie pojazdem K- nacisk na jedno koło

$$\text{klasa obciążenia E} \rightarrow P_k = \frac{240}{8} = 30kN$$

- obciążenie taborem samochodowym

$$q_k = 1,20 \frac{kN}{m^2}$$

- obciążenie tłumem

$$q_{tk} = 2,5 \frac{kN}{m^3}$$

4.3.2. Obciążenie obliczeniowe.

- rozpiętość teoretyczna

$$L_t = 16,50m$$

- współczynnik dynamiczny

$$\phi = 1,35 - 0,005 \cdot L = 1,35 - 0,005 \cdot 16,5 = 1,27$$

- obciążenie pojazdem K - nacisk na jedno koło

$$P_0 = \gamma_f \cdot \phi \cdot P_k = 1,5 \cdot 1,27 \cdot 30 = 57,15kN$$

- obciążenie taborem samochodowym

$$q_0 = \gamma_f \cdot q_k = 1,5 \cdot 1,20 = 1,80 \frac{kN}{m^2}$$

- obciążenie tłumem

$$q_{t0} = \gamma_f \cdot q_{tk} = 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 \frac{kN}{m^2}$$

5. Obliczenie pokładu dolnego.

Przyjęto przekrój z bali grubości 12cm. i szerokości 18cm.

5.1. Zebranie obciążeń działających na pokład dolny:

- Rozstaw poprzecznic $c = 0,80m$.

- Nacisk na jedno koło pojazdu K. Pole nacisku ma wymiary $0,60 \times 0,20m$, więc rozkłada się na 3 sąsiednie bale

$$\frac{P_0}{3} = \frac{57,15kN}{3} = 19,05kN$$

Rozkładając na $0,20m$ otrzymujemy:

$$19,05kN / 0,20m = 95,25kN/m$$

- Obciążenie taborem samochodowym. Zakładamy, że każdy bal przenosi obciążenie z pasa szerokości $0,20m$.

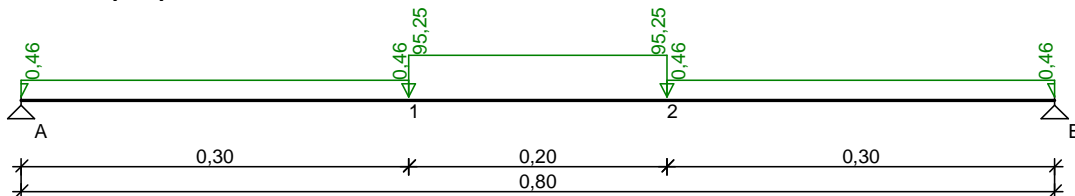
$$q_{d0} = 0,20 \cdot q_0 = 0,20 \cdot 1,80 = 0,36 \frac{kN}{m}$$

- Ciężar własny pokładu górnego. Zakładamy, że każdy bal przenosi obciążenie z pasa szerokości $0,20m$.

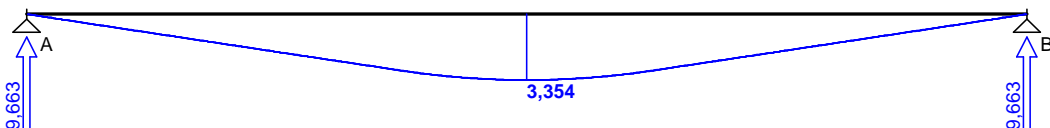
$$g_{dopg} = 0,20 \cdot g_{dpg} = 0,20 \cdot 0,47 \frac{kN}{m^2} = 0,094 \frac{kN}{m}$$

5.2. Analiza statyczna:

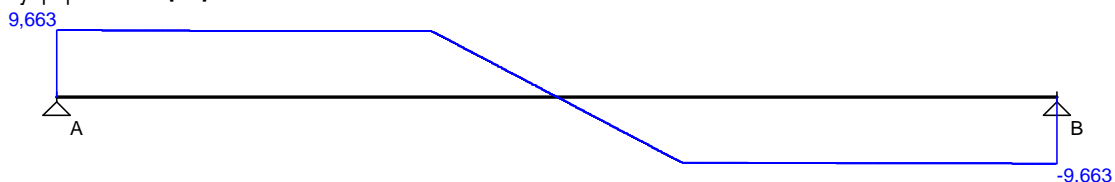
Schemat statyczny:



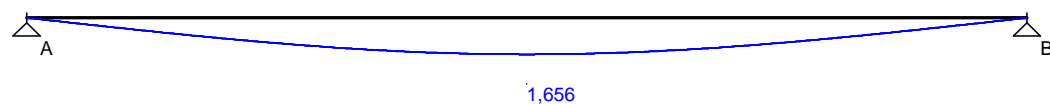
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:



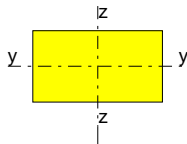
Ugięcia [mm]:



- klasa trwania obciążenia od oddziaływania o najkrótszym czasie trwania - stałe
- brak stężeń bocznych na długości belki
- stosunek $l_0/l = 1,00$

- obciążenie przyłożone na pasie ściskanym (górnym) belki
- klasa użytkowania konstrukcji - 1

Wymiarowanie wg PN-B-03150 :2000



Przekrój prostokątny 18 / 10 cm

$$W_y = 300 \text{ cm}^3, J_y = 1500 \text{ cm}^4, m = 9,90 \text{ kg/m}$$

drewno z gatunków iglastych, klasy C30

$$f_{m,y,d} = 15,02 \text{ MPa}, f_{v,d} = 1,38 \text{ MPa}, f_{c,90,d} = 2,63 \text{ MPa}$$

Zginanie

Moment maksymalny $M_{\max} = 3,354 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,y,d} = 11,181 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 0,74 < 1$$

Zwichrzenie

$$k_{\text{crit}} = 1,000$$

$$\sigma_{m,y,d} = 11,18 \text{ MPa} < k_{\text{crit}} \cdot f_{m,y,d} = 15,016 \text{ MPa}$$

Ścinanie

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -9,663 \text{ kN}$

$$\tau_d = 0,81 \text{ MPa} < f_{v,d} = 1,38 \text{ MPa}$$

Docisk na podporze

Reakcja podporowa $R_B = 9,663 \text{ kN}$

$$a_p = 10,0 \text{ cm}, k_{c,90} = 1,00$$

$$\sigma_{c,90,y,d} = 0,54 \text{ MPa} < k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 2,63 \text{ MPa}$$

Stan graniczny użytkowości ($\gamma_f = 1,20$; $k_{\text{def}} = 0,80$)

Wartość graniczna ugięcia $u_{\text{net,fin}} = l_o / 250 = 3,20 \text{ mm}$

Ugięcie maksymalne $u_{\text{fin}} = u_M + u_T = 2,15 \text{ mm}$

$$u_{\text{fin}} = 2,15 \text{ mm} < u_{\text{fin,net}} = 3,20 \text{ mm}$$

Przyjęty przekrój 10x18cm spełnia stany graniczne nośności i użytkowania.

6. Obliczenie poprzecznic.

6.1. Zebranie obciążeń działających na poprzecznicę:

- Rozstaw dźwigarów $b = 1,40 \text{ m}$.
- Rozstaw poprzecznic $c = 0,80 \text{ m}$
- Zakładamy, że każda poprzecznicza przenosi obciążenie z pasa szerokości $0,80 \text{ m}$.
- Zakładamy że na jedną poprzecznicę może być obciążona maksymalnie naciskiem od jednej osi pojazdu K. Pole nacisku koła ma wymiary $0,60 \times 0,20 \text{ m}$

Dla klasy obciążeń E charakterystyczny nacisk na oś wynosi: 60 kN

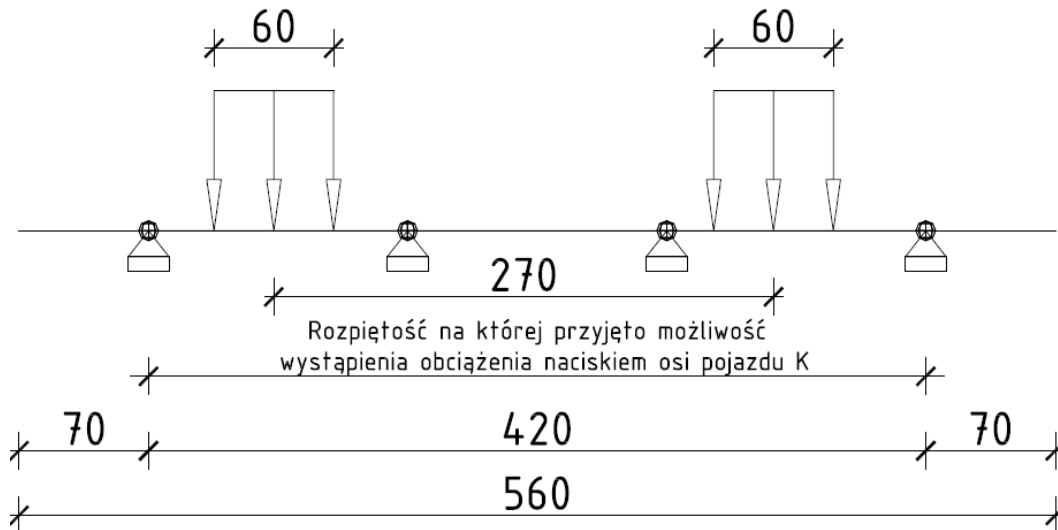
Wartość obliczeniowa;

$$P_{d1o} = \gamma_f \cdot \phi \cdot P_{1o} = 1,5 \cdot 1,27 \cdot 60 = 114,3 \text{ kN}$$

Zgodnie ze schematem pojazdu K przyjmujemy dwa naciski na koła o wartości $P_0 = \frac{P_{d1o}}{2} = 57,15 \text{ kN}$

w rozstawie $2,70 \text{ m}$

Zakładamy możliwość wystąpienia obciążenia od nacisku osi w dowolnej rzędnej rozpiętości pomostu. Obciążenie realizowane jest w postaci obciążenia ciągłego długości 0,60m.



- Obciążenie taborem samochodowym.

$$q_{d0} = 0,80 \cdot q_0 = 0,80 \cdot 1,80 = 1,44 \frac{kN}{m}$$

- Ciężar własny pokładu górnego.

$$g_{dopg} = 0,80 \cdot g_{pg} = 0,80 \cdot 0,47 \frac{kN}{m^2} = 0,38 \frac{kN}{m}$$

- Ciężar własny pokładu dolnego.

Ciężar m^2 pokładu dolnego grubości 10 cm:

$$7,6 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,10m = 0,76 \frac{kN}{m^2}$$

Zebrane z 0,80m:

$$g_{dopd} = 0,76 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,80m = 0,61 \frac{kN}{m}$$

- Obciążenie tłumem pieszych.

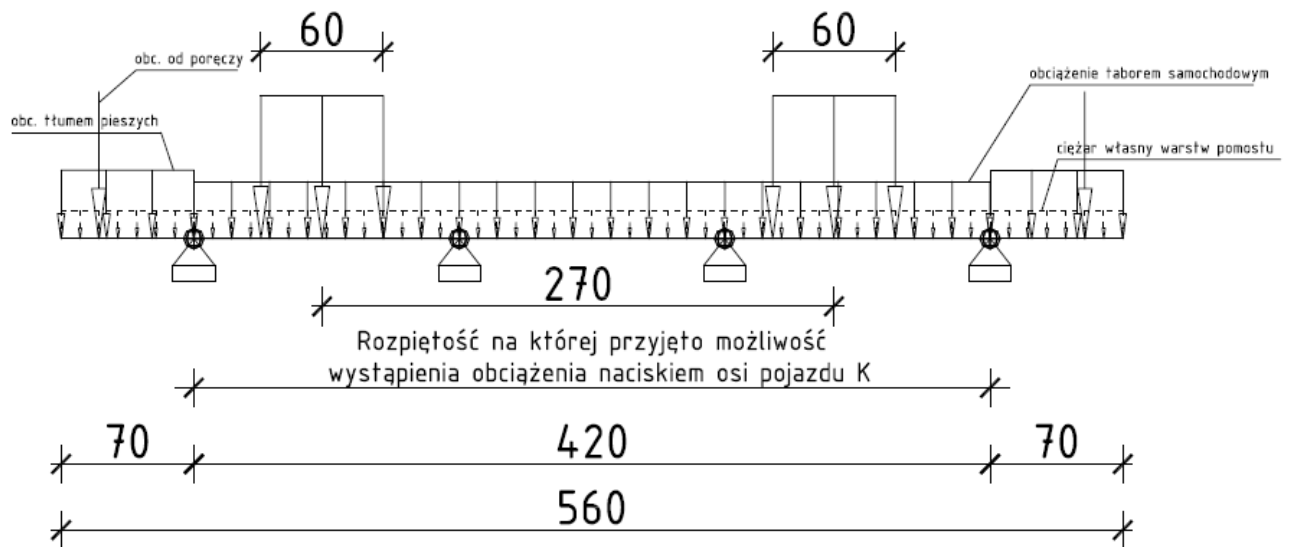
$$q_{dto} = 0,80 \cdot q_0 = 0,80 \cdot 3,25 = 2,60 \frac{kN}{m}$$

- Obciążenie ciężarem własnym i obciążeniem pionowym poręczy.

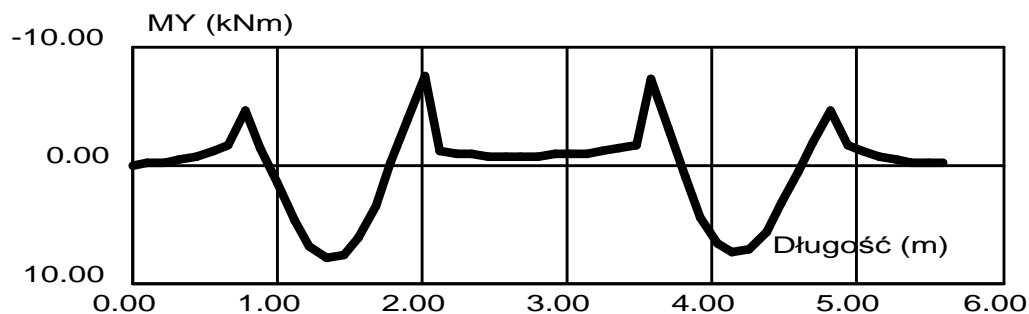
$$q_{dopor} = 0,80 \cdot q_{dpor} = 0,80 \cdot 1,50 = 1,20kN$$

6.2. Analiza statyczna

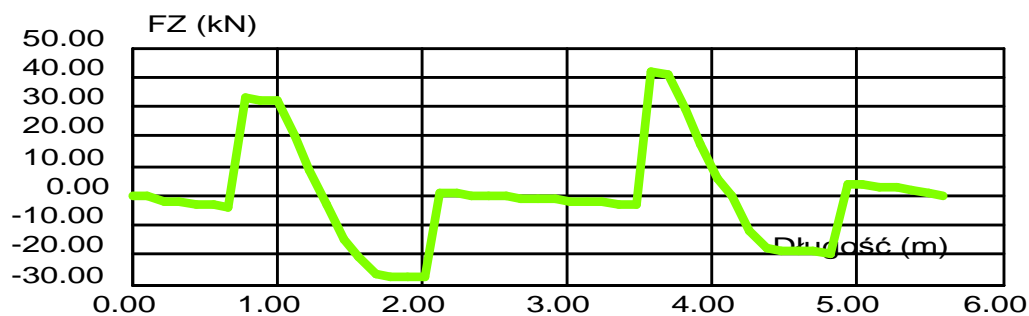
Schemat statyczny:



Maksymalne momenty zginające:



Maksymalne siły ścinające:



NORMA: [PN-B-03150:2000](#)

WSPÓŁRZĘDNA NAJBARDZIEJ NIEKORZYSTNEGO PRZĘKROJU: $x = 0.63 L = 3,50 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 11 KOMB1 /9/ $8/9 \cdot 1.90 + 5 \cdot 1.50 + 2 \cdot 1.50 + 6 \cdot 1.30 + 7 \cdot 1.50$

SIŁY WEWNĘTRZNE W ROZPATRYWANYM PRZĘKROJU

$M_y = -7,57 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $V_z = -49,18 \text{ kN}$

MATERIAŁ

DREWNO: C35

$E = 13000,00 \text{ (MPa)}$

Ciężar jednostkowy = 3,92 (kN/m³)

$R_e = 35,00 \text{ (MPa)}$

$G = 6500,00 \text{ (MPa)}$

PARAMETRY PRZEKROJU: BAL 26

$h_t=26.0$ cm	$A_y=318.557$ cm ²	$A_z=318.557$ cm ²	$A_x=530.929$ cm ²
$b_f=26.0$ cm	$I_y=22431.757$ cm ⁴	$I_z=22431.757$ cm ⁴	$I_x=44863.514$ cm ⁴
	$W_{ely}=1725.520$ cm ³	$W_{elz}=1725.520$ cm ³	

NAPRĘŻENIA W ROZPATRYWANYM PRZEKROJU

$\sigma_{m,y,d} = 4.39$ MPa $\tau_{z,d} = -1.54$ MPa

WYTRZYMAŁOŚCI

$f_{m,y,d} = 16.15$ MPa $f_{v,d} = 1.57$ MPa

WSPÓŁCZYNNIKI I PARAMETRY DODATKOWE

$k_m = 1.00$ $k_{mod} = 0.60$ $k_{ht} = 1.00$ $k_{hy} = 1.00$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 4.39/16.15 = 0.27 < 1.00$ [4.1.5(1)]

$\tau_{z,d}/f_{v,d} = 1.54/1.57 = 0.98 < 1.00$ [4.1.8.1(1)]

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE**Ugięcia**

$u_{fin,y} = 0.00$ mm < $u_{fin,max,y} = L/250.00 = 22.40$ mm Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: nacisk osi + Zweryfikowano

$u_{fin,z} = 0.38$ mm < $u_{fin,max,z} = L/250.00 = 22.40$ mm Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: nacisk osi -

Przyjęty przekrój $\Phi 26$ cm spełnia stany graniczne nośności i użytkowania.

7. Obliczenie dźwigarów głównych.**7.1. Zebranie obciążeń działających na dźwigar**

- Rozstaw podpór najdłuższego przęsła $a = 16,50$ m.
- Zakładamy, że każdy dźwigar przenosi obciążenie z 1,40m szerokości pomostu.
- Obciążenie ruchome pojazdem K realizowane jest poprzez symulację przejazdu normowego pojazdu klasy E przez przęsło mostu. (oś obciążenia K pokrywa się z osią mostu.)
- Wartości obciążeń od tłumu pieszych oraz od poręczy w całości przykładane są do dźwigarów zewnętrznych..

7.1.1 Obciążenie ruchome

Dla klasy obciążeń E charakterystyczne obciążenie od pojazdu K wynosi 240kN.

$$P_c = 240 \text{ kN}$$

Wartość obliczeniowa;

$$P_{dc} = \gamma_f \cdot \varphi \cdot P_c = 1,5 \cdot 1,27 \cdot 240 = 457,2 \text{ kN}$$

Zgodnie z założeniem pojedynczy dźwigar przenosi $\frac{P_{dc}}{4} = \frac{457,2 \text{ kN}}{4} = 114,3 \text{ kN}$

Obciążenie realizowane jest w postaci 4 sił 28,660kN każda, w rozstawie 1,20m.

7.1.2 Obciążenie taborem samochodowym.

$$q_{c0} = 1,40 \cdot q_0 = 1,40 \cdot 1,20 = 1,68 \frac{kN}{m}$$

Wartość obliczeniowa:

$$q_{d0} = q_{c0} \cdot 1,50 = 2,52 \frac{kN}{m}$$

7.1.3 Ciężar własny pokładu górnego.

$$g_{cpg} = 1,40 \cdot g_{pg} = 1,40 \cdot 0,31 \frac{kN}{m^2} = 0,44 \frac{kN}{m}$$

Wartość obliczeniowa:

$$q_{dopg} = q_{cpg} \cdot 1,50 = 0,66 \frac{kN}{m}$$

7.1.4 Ciężar własny pokładu dolnego.

Ciężar m² pokładu dolnego grubości 10 cm:

$$7,6 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,10m = 0,76 \frac{kN}{m^2}$$

Zebrane ze 1,40m:

$$g_{cpd} = 0,76 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,40m = 1,064 \frac{kN}{m}$$

Wartość obliczeniowa:

$$q_{dopd} = q_{cpd} \cdot 1,50 = 1,60 \frac{kN}{m}$$

7.1.5 Obciążenie tłumem pieszych.

$$q_{ct0} = 1,40 \cdot q_0 = 1,40 \cdot 2,5 = 3,5 \frac{kN}{m}$$

Wartość obliczeniowa:

$$q_{dt0} = q_{ct0} \cdot 1,50 = 5,25 \frac{kN}{m}$$

7.1.6 Obciążenie ciężarem własnym i obciążeniem pionowym poręczy.

$$q_{por} = 1,00 \frac{kN}{m}$$

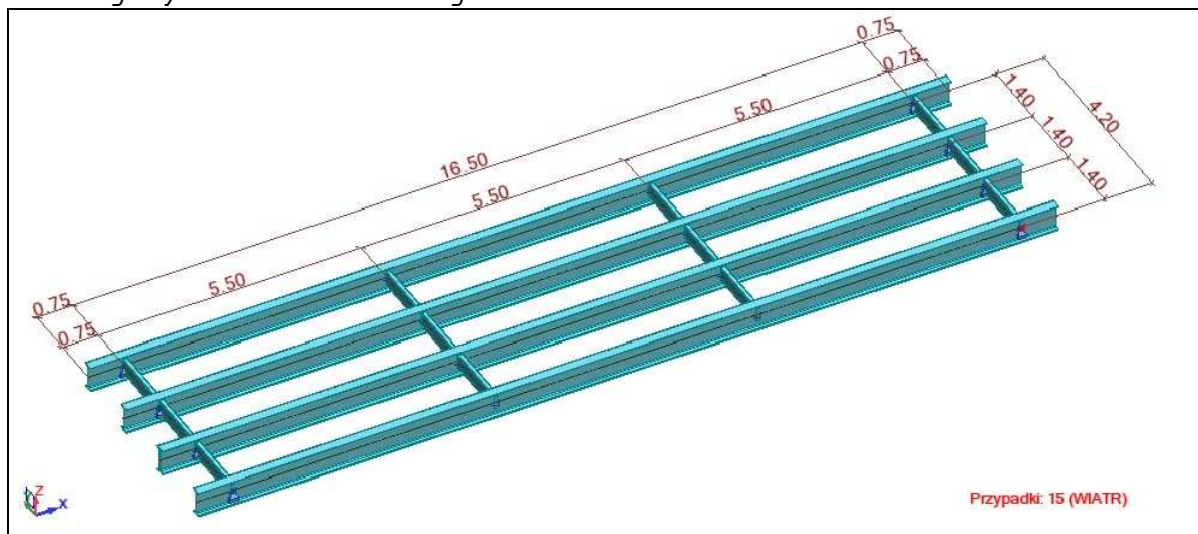
Wartość obliczeniowa:

$$q_{d0por} = q_{por} \cdot 1,50 = 1,50 \frac{kN}{m}$$

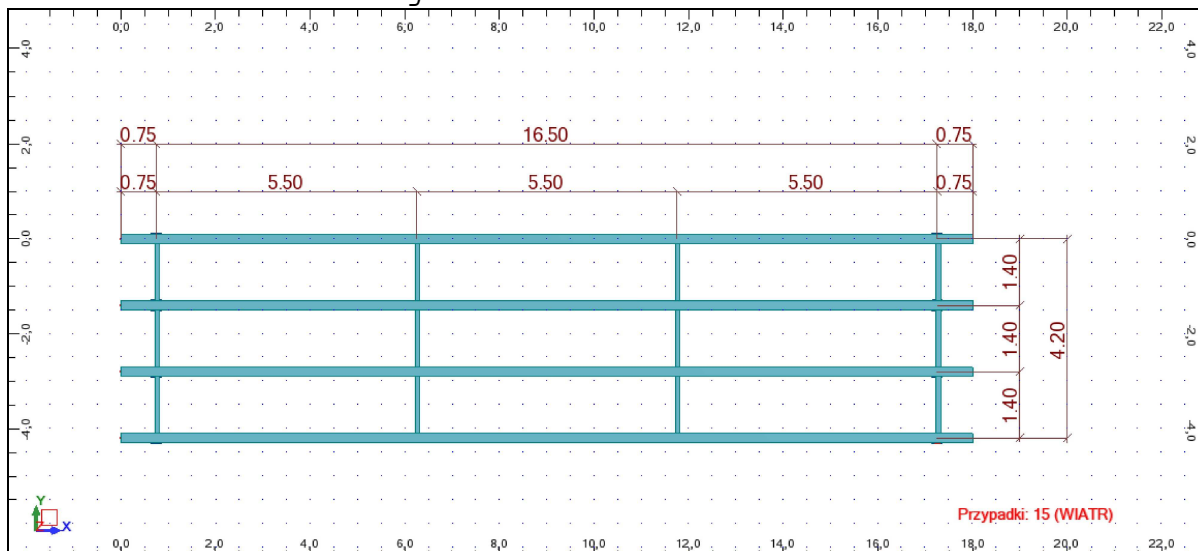
7.2 Analiza statyczna

7.2.1 Zestawienie danych.

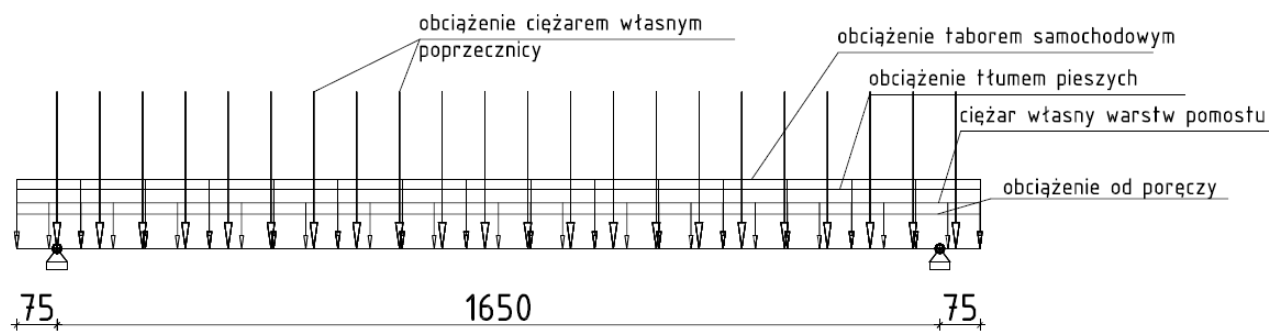
Widok ogólny modelu obliczeniowego



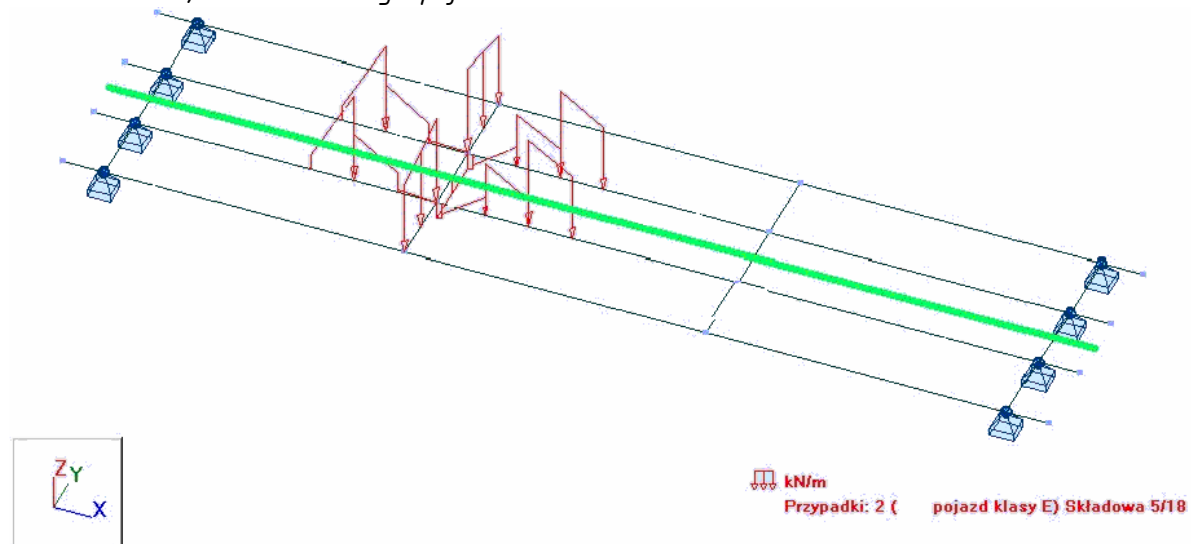
Geometria modelu obliczeniowego



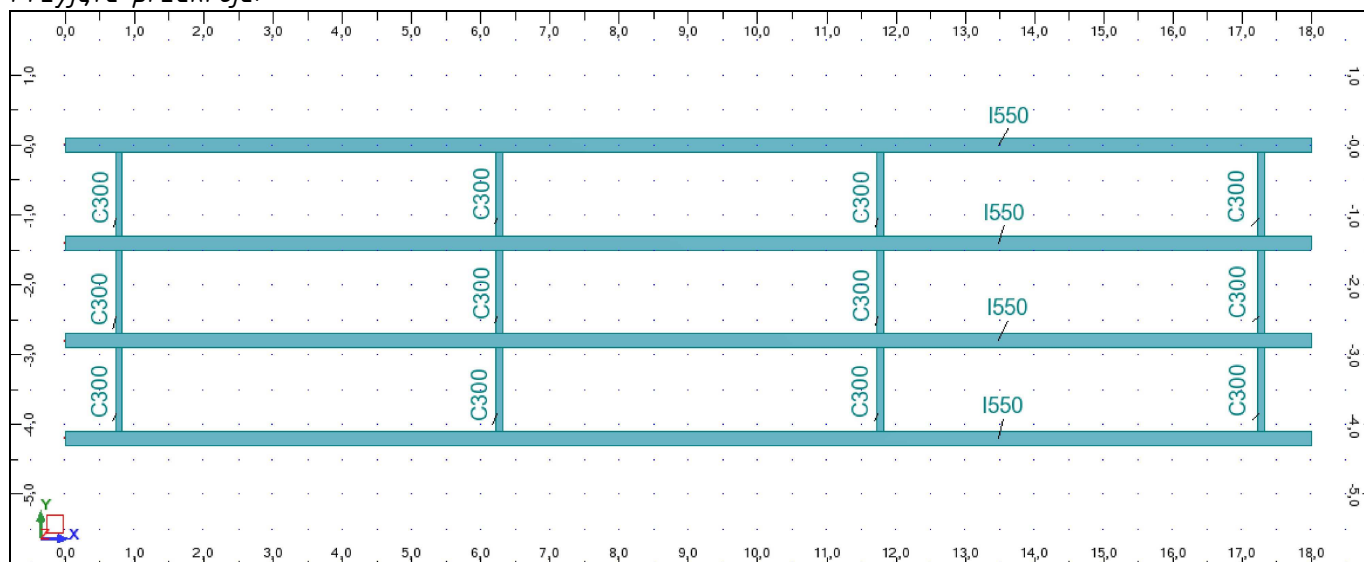
Schemat obciążeń dźwigara bocznego:



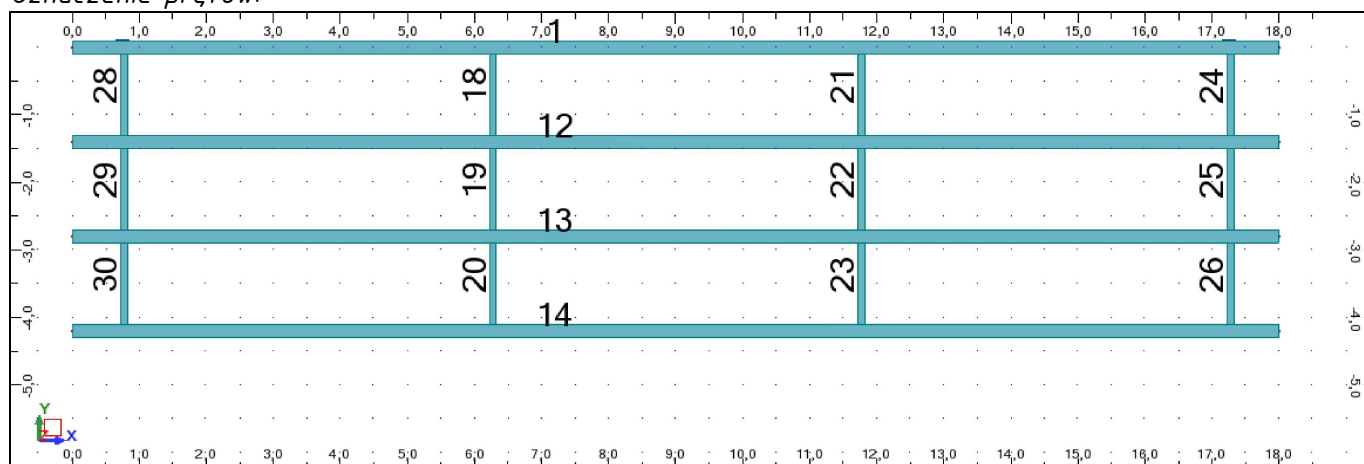
Schemat obciążenia ruchomego pojazdem K.



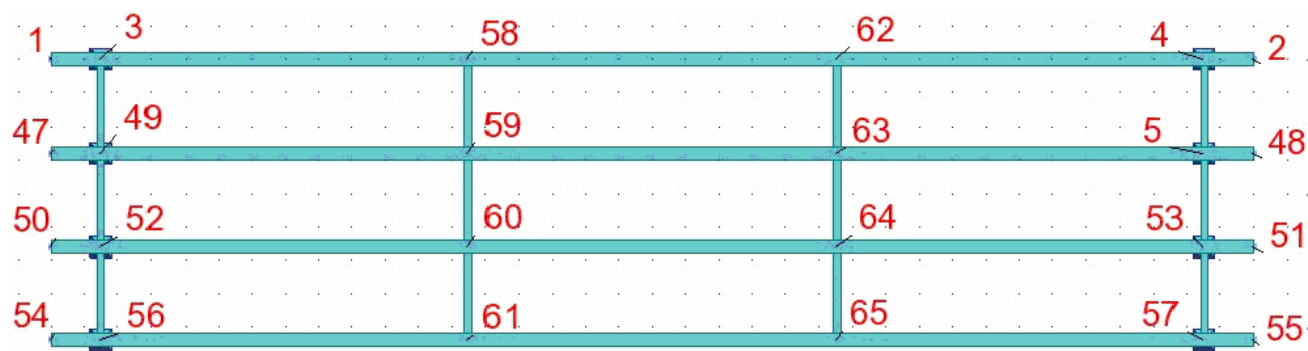
Przyjęte przekroje:



Oznaczenie prętów:



Oznaczenie węzłów:



Dane - Pręty

Pręt	Węzeł 1	Węzeł 2	Przekrój	Materiał	Długość (m)	Gamma (Deg)	Typ
1	1	2	I550	STAL Sł3S	18,00	0,0	Belka dźwigar
12	47	48	I550	STAL Sł3S	18,00	-0,0	Belka dźwigar
13	50	51	I550	STAL Sł3S	18,00	-0,0	Belka dźwigar
14	54	55	I550	STAL Sł3S	18,00	-0,0	Belka dźwigar
18	58	59	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
19	59	60	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
20	60	61	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
21	62	63	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
22	63	64	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
23	64	65	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
24	4	5	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
25	5	53	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
26	53	57	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
28	3	49	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
29	49	52	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik
30	52	56	C300	STAL Sł3S	1,40	0,0	Tężnik

Dane - Profile

Nazwa przekroju	Lista prętów	AX (cm2)	AY (cm2)	AZ (cm2)	IX (cm4)	IY (cm4)	IZ (cm4)
C300	18do26 28do30	58,800	32,000	30,000	40,500	8030,000	495,000
I550	1 12do14	213,000	120,000	104,500	620,000	99180,00	3490,000

Dane - Materiały

	Materiał	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1/°C)	CW (kN/m3)	Re (MPa)
1	STAL ST3S	205000,00	80000,00	0,30	0,00	77,01	215,00

Obciążenia - Wartości

	Przypadek	Typ obciążenia	Lista	Wartość obciążenia
	1	ciężar własny	1 12do14 18do26 28do30	PZ Minus Wsp=1,00
	7	obciąż. jednorodne	1 12do14	PZ=-1,68(kN/m)

	Przypadek	Typ obciążenia	Lista	Wartość obciążenia
	8	obciąż. jednorodne		PZ=-2,04(kN/m)
	9	obciąż. jednorodne	1 14	PZ=-1,25(kN/m)
	10	obciąż. jednorodne	1 14	PZ=-1,00(kN/m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=11,15(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=17,55(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=16,75(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=15,95(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=15,15(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=13,55(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=12,75(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=11,95(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=5,55(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=10,35(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=9,55(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=8,75(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=7,95(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=7,15(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=6,35(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=14,35(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=4,75(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=3,95(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=3,15(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=2,35(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=1,55(m)
	11	siła prętowa	1 12do14	FZ=-0,57(kN) X=0,75(m)

Maksymalne siły przekrojowe w konstrukcji:

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	0	0	37,68	0,01	0,19	0
Pręt	20	30	23	24	23	26
Węzeł	60	52	64	4	64	57
Przypadek	KOMB1/5	KOMB1/4	KOMB1/12	KOMB1/18	1	KOMB1/11
MIN	0	0	-37,68	-0,01	-11,86	0
Pręt	1	26	21	26	21	30
Węzeł	1	53	63	53	63	56
Przypadek	1	KOMB1/11	KOMB1/12	KOMB1/18	KOMB1/18	KOMB1/4

Maksymalne reakcje podpór:

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	0	0	168,34	0	0	0
Węzeł	57	57	5	53	5	5
Przypadek	KOMB1/9	KOMB1/9	KOMB1/14	KOMB1/14	KOMB1/8	KOMB1/7
MIN	0	0	0	0	0	0
Węzeł	56	4	3	5	53	57
Przypadek	KOMB1/6	KOMB1/10	8	KOMB1/16	KOMB1/9	KOMB1/8

7.2.2 Weryfikacja prętów stalowych

7.2.2.1 Weryfikacja dźwigara zewnętrznego.

NORMA: [PN-90/B-03200](#)

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1 Belka dźwigar_1

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.49 L = 8.75 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 6 KOMB1 /7/ $1 \cdot 1.20 + 7 \cdot 1.50 + 8 \cdot 1.50 + 9 \cdot 1.30 + 10 \cdot 1.50 + 11 \cdot 1.20 + 2/7 \cdot 1.90$

MATERIAŁ: STAL St3S

$f_d = 205.00 \text{ MPa}$

$E = 205000.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: I550

$h = 55.0 \text{ cm}$

$b = 20.0 \text{ cm}$

$t_w = 1.9 \text{ cm}$

$t_f = 3.0 \text{ cm}$

$A_y = 120.000 \text{ cm}^2$

$I_y = 99180.000 \text{ cm}^4$

$W_{ely} = 3606.545 \text{ cm}^3$

$A_z = 104.500 \text{ cm}^2$

$I_z = 3490.000 \text{ cm}^4$

$W_{elz} = 349.000 \text{ cm}^3$

$A_x = 213.000 \text{ cm}^2$

$I_x = 620.000 \text{ cm}^4$

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = -0.00 \text{ kN}$

$N_{rt} = 4366.50 \text{ kN}$

$M_y = 630.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ry} = 739.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{ry_v} = 739.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_z = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{rz} = 71.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{rz_v} = 71.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_z = 0.64 \text{ kN}$

$V_{rz_n} = 1242.51 \text{ kN}$

KLASA PRZEKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

$z = 1.00$

$L_d = 0.80 \text{ m}$

$L_{a_L} = 0.82$

$N_z = 217.94 \text{ kN}$

$N_w = 165022.65 \text{ kN}$

$M_{cr} = 1469.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$f_i L = 0.88$

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:



względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N/N_{rt} + M_y/(f_{iL} \cdot M_{ry}) + M_z/M_{rz} = 0.00 + 0.96 + 0.00 = 0.96 < 1.00 \quad (54)$

$V_z/V_{rz_n} = 0.00 < 1.00 \quad (56)$

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y \text{ max}} = L/300.00 = 6.0 \text{ cm}$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 pojazd klasy E +

$u_z = 3.0 \text{ cm} < u_{z \text{ max}} = L/300.00 = 6.0 \text{ cm}$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 5 pojazd klasy E -



Przemieszczenia Nie analizowano

Profil poprawny !!!

7.2.2.2 Weryfikacja dźwigara wewnętrznego.

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 12 Belka dźwigar_12

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.49 L = 8.75 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 6 KOMB1 /7/ $1 \cdot 1.20 + 7 \cdot 1.50 + 8 \cdot 1.50 + 9 \cdot 1.30 + 10 \cdot 1.50 + 11 \cdot 1.20 + 2/7 \cdot 1.90$

MATERIAŁ: STAL St3S
fd = 205.00 MPa E = 205000.00 MPa



PARAMETRY PRZĘKROJU: I550

h=55.0 cm
b=20.0 cm Ay=120.000 cm² Az=104.500 cm² Ax=213.000 cm²
tw=1.9 cm Iy=99180.000 cm⁴ Iz=3490.000 cm⁴ Ix=620.000 cm⁴
tf=3.0 cm Wely=3606.545 cm³ Welz=349.000 cm³

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

My = 631.65 kN*m Mz = 0.00 kN*m
Mry = 739.34 kN*m Mrz = 71.54 kN*m
Mry_v = 739.34 kN*m Mrz_v = 71.54 kN*m Vz = 0.11 kN
Vrz = 1242.51 kN

KLASA PRZĘKROJU = 1



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

z = 1.00 La_L = 0.82 Nw = 165022.65 kN fi L = 0.88
Ld = 0.80 m Nz = 217.94 kN Mcr = 1469.55 kN*m

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:



względem osi Z:

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

My/(fiL*Mry)+Mz/Mrz = 0.97 + 0.00 = 0.97 < 1.00 (54)
Vz/Vrz = 0.00 < 1.00 (53)

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

uy = 0.0 cm < uy max = L/300.00 = 6.0 cm Zweryfikowano
Decydujący przypadek obciążenia: 4 pojazd klasy E +
uz = 3.0 cm < uz max = L/300.00 = 6.0 cm Zweryfikowano
Decydujący przypadek obciążenia: 5 pojazd klasy E -



Przemieszczenia Nie analizowano

Profil poprawny !!!

7.2.2.3 Weryfikacja najbardziej obciążonego tężnika C300

NORMA: PN-90/B-03200
TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 18 Tężnik_18

PUNKT:

WSPÓŁRZĘDNA: x = 1.00 L = 1.40 m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 6 KOMB1 /18/ 1*1.20 + 7*1.50 + 8*1.50 + 9*1.30 + 10*1.50 + 11*1.20 + 2/18*1.90

MATERIAŁ: STAL St3S

fd = 215.00 MPa E = 205000.00 MPa



PARAMETRY PRZĘKROJU: C300

h=30.0 cm
b=10.0 cm Ay=32.000 cm² Az=30.000 cm² Ax=58.800 cm²
tw=1.0 cm Iy=8030.000 cm⁴ Iz=495.000 cm⁴ Ix=40.500 cm⁴

tf=1.6 cm

Wely=535.333 cm³Welz=67.808 cm³**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

N = 0.00 kN	My = -11.62 kN*m	Mz = -0.00 kN*m	Vy = 0.00 kN
Nrc = 1264.20 kN	Mry = 115.10 kN*m	Mrz = 14.58 kN*m	Vry = 399.04 kN
	Mry_v = 115.10 kN*m	Mrz_v = 14.58 kN*m	Vz = -8.74 kN
KLASA PRZEKROJU = 1	By*Mymax = -11.62 kN*m	Bz*Mzmax = -0.00 kN*m	Vrz = 374.10 kN

**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:****PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi Y:

Ly = 1.40 m	Lambda_y = 0.14
Lwy = 1.40 m	Ncr y = 82892.09 kN
Lambda y = 11.98	fi y = 0.99
wyoboczenie giętno-skrętne	
mu w = 1.00	Ncr x = 7114.76 kN
	Ncr zx = 6986.15 kN



względem osi Z:

Lz = 1.40 m	Lambda_z = 0.57
Lwz = 1.40 m	Ncr z = 5109.79 kN
Lambda z = 48.25	fi z = 0.82
Lambda_x = 0.48	fi x = 0.87
Lambda_zx = 0.49	fi zx = 0.87

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$$N/(\min(fix,fiy,fiz,fizx)*Nrc) = 0.00 < 1.00 \quad (39); \quad N/((fi*Nrc)+By*Mymax/(fiL*Mry)+Bz*Mzmax/Mrz) = 0.00 + 0.10 + 0.00 = 0.10 < 1.00 - \Delta z = 1.00 \quad (58)$$

$$N/Nrc+My/(fiL*Mry)+Mz/Mrz = 0.00 + 0.10 + 0.00 = 0.10 < 1.00 \quad (54)$$

$$Vy/Vry = 0.00 < 1.00 \quad Vz/Vrz = 0.02 < 1.00 \quad (53)$$
PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE**Ugięcia**

$$uy = 0.0 \text{ cm} < uy \text{ max} = L/300.00 = 0.5 \text{ cm}$$

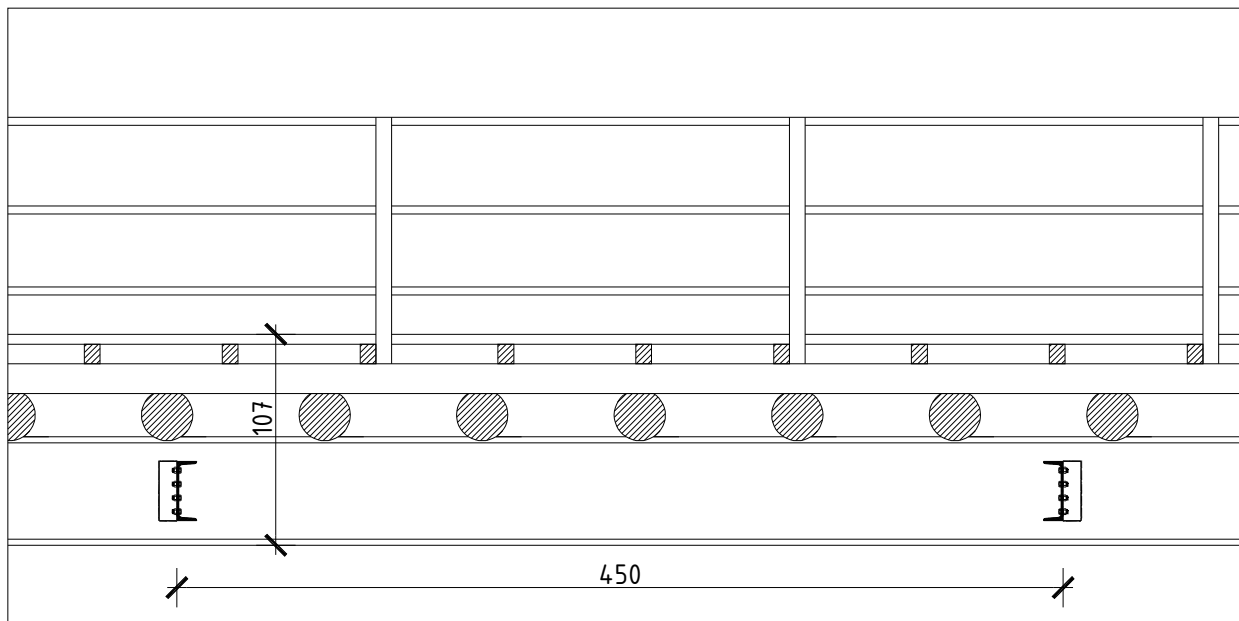
Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 4 pojazd klasy E +
$$uz = 0.0 \text{ cm} < uz \text{ max} = L/300.00 = 0.5 \text{ cm}$$

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 5 pojazd klasy E -**Przemieszczenia** Nie analizowano**Profil poprawny !!!**

8. Obliczenie tężników poddanych obciążeniu wiatrem



Zebrańie obciążeń wg: PN- 85 S-10030

Rozstaw tężników - 4,5m

Wysokość rzutu prostopadłego do osi mostu przyjmujemy: 1,07m

Ciśnienie wiatru dla przęsta nieobciążonego: 2,5kN/m²

Wysokość pola parcia na tabor samochodowy: 3,0m

Zebrańie obciążeń na tężnik przy zewnętrznym dźwigarze:

Przekrój tężnika: C300 $F_{br} = 58,8\text{cm}^2$ $i_y = 11,7\text{cm}$ $i_z = 2,9\text{cm}$

Rozstaw tężników; 4,50m

Obciążenie od parcia wiatru o kierunku prostopadłym do osi mostu na konstrukcję mostu

$$W_1 = 2,5\text{kN/m}^2 \times 1,07\text{m} \times 4,50\text{m} = 12,04\text{kN}$$

Obciążenie od parcia wiatru o kierunku prostopadłym do osi mostu na tabor samochodowy;

$$W_2 = 2,5\text{kN/m}^2 \times 3,0\text{m} \times 4,50\text{m} = 33,75\text{kN}$$

Moment od obciążenia wiatrem

$$W_{2m} = 33,75\text{kN} \times 1,5\text{m} = 50,63\text{kNm}$$

$$Pm_x = 12,04\text{kN} + 33,75\text{kN} = W_1 + W_2 = 45,79\text{kN}$$

Wg PN-89 S-10052 pt 5.6.1

Dla $R = 200$ $\lambda_p = 118$

$$\lambda = 140\text{cm} / 2,9\text{cm} = 48,28$$

$$\lambda > 0,2 \times \lambda_p$$

$$48,28 > 0,2 \times 118$$

$$48,28 > 23,6$$

$$\sigma = \frac{Pm_x}{F_{br}} \leq R$$

$$Pm_x = 45,79\text{kN}$$

$$\sigma = \frac{45,79\text{kN}}{58,8\text{cm}^2} = 0,78\text{kN/cm}^2 = 7,8\text{MPa} \leq R = 200\text{MPa}$$

9. Obliczenie oczepu.

Sprawdzenie wytrzymałości oczepu na docisk wg: PN-92 S-10082

Pale łączone z oczepem za pomocą stalowych trzpieni średnicy min. 20mm.

$$\sigma_{dc90} = \frac{N}{A_{net}} \leq R_{dc90}$$

$N = 168,34 \text{ kN}$ – maksymalna siła reakcji dźwigara:

$$A_{net} = \pi d^2 / 4 - \pi \times 1,0^2 = \pi \times 25,0 \text{ cm}^2 / 4 - \pi \times 1,0 \text{ cm}^2 = 487,73 \text{ cm}^2$$

Dla drewna klasy K39

$$R_{dc90} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dc90} = \frac{168,34 \text{ kN}}{487,73 \text{ cm}^2} = 0,345 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 3,45 \text{ MPa} \leq R_{dc90} = 3,5 \text{ MPa}$$

Docisk dźwigara stalowego do oczepu:

Zakładamy że projektowana blacha stalowa jako podkładka pod dźwigary ma wymiar 320x320x14.

$$\sigma_{dc90} = \frac{N}{A_{net}} \leq R_{dc90}$$

$N = 168,34 \text{ kN}$ – maksymalna siła reakcji dźwigara:

Zakładamy powierzchnię docisku na oczepie o wymiarach 22cm x 32cm

$$A_{net} = 22,0 \text{ cm} \times 32,0 \text{ cm} = 704 \text{ cm}^2$$

Dla drewna klasy K39

$$R_{dc90} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{dc90} = \frac{168,34 \text{ kN}}{704,0 \text{ cm}^2} = 0,239 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 2,39 \text{ MPa} \leq R_{dc90} = 3,5 \text{ MPa}$$

Połączenie spełnia warunek wytrzymałości granicznej na docisk prostopadle do włókien oczepu.

10. Obliczenia podpór

10.1. Obliczenia średnicy pali

Wielkość reakcji pod jednym dźwigarem wg punktu 7.2.1:

$$N = 168,34 \text{ kN}$$

Zakładamy długość obliczeniową pala 6,00m

Obliczenie nośności pala z uwzględnieniem w wg: PN-92 S-10082:

Materiały drewno klasy K39:

$$R_{dc} = 16,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A\beta} \leq R_{dc}$$

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 12,5^2 = 490,87 \text{ cm}^2$$

Współczynnik wyboczeniowy dla pręta o jednym końcu sztywno zamocowanym, a drugim opartym przegubowo na podporach nieprzesuwnych $\rightarrow \mu = 0,85$

Długość wyboczeniowa:

$$L_w = \mu \cdot l = 0,85 \cdot 600 \text{ cm} = 510 \text{ cm}$$

Smukłość pala:

$$\lambda = \frac{L_w}{i} = \frac{510 \text{ cm}}{6,25} = 81,6 \leq 100$$

z tab 6. dla $\lambda=81,6 \rightarrow \beta = 0,464$

$$\sigma_c = \frac{168,34 \text{ kN}}{490,87 \text{ cm}^2 \cdot 0,464} = 0,739 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 7,39 \text{ MPa} \leq R_{dc} = 16, \text{ MPa}$$

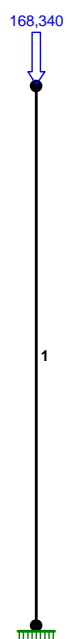
11. Obliczenia stupa podpory stalowej.

OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

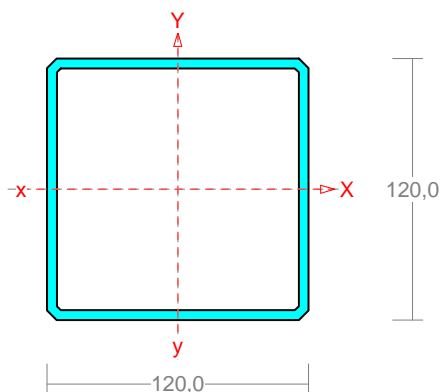
Grupa: A "Maks. reakcja w podporze." Stałe $\gamma_f = 1,00$
1 Skupione 0,0 168,340 1,35

OBCIĄŻENIA:



Słup podpory stalowej

Przekrój: H 120x120x4.5



Wymiary przekroju:

H 120x120x 4.5 h=120,0 s=120,0 g=4,5 t=4,5 r=6,3
vx=1,2 vy=1,2.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J_{xg}=452,0 J_{yg}=452,0 F=20,5 J_x=452,0 J_y=452,0
i₁=4,70 J_t=693,4.

Materiał: **St0S**. Wytrzymałość **f_d=175 MPa** dla **g=4,5**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

x_a = 0,675; x_b = 0,675.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

N = -168,449 kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = -82,170$ MPa $\sigma_c = -82,170$ MPa.

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$\chi_1 = 0,500$ $\chi_2 = 1,000$ węzły przesuwne \Rightarrow $\mu = 2,484$ dla $l_0 = 1,350$
 $l_w = 2,484 \times 1,350 = 3,353$ m

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\chi_1 = 1,000$ $\chi_2 = 1,000$ węzły nieprzesuwne \Rightarrow $\mu = 1,000$ dla $l_0 = 1,350$
 $l_w = 1,000 \times 1,350 = 1,350$ m

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 452,0}{3,353^2} 10^{-2} = 813,245 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 452,0}{1,350^2} 10^{-2} = 5017,929 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

x_a = 0,675; x_b = 0,675.

$$N_{RC} = A f_d = 20,5 \times 175 \times 10^{-1} = 358,750 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 175} = 93,11$$

- dla wyboczenia prostopadłego do osi X:

$$\lambda_x = l_{wx} / i_x = 3353,4 / 47,0 = 71,42$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_x / \lambda_p = 71,42 / 93,11 = 0,767 \quad \Rightarrow \quad \varphi = 0,862$$

- dla wyboczenia prostopadłego do osi Y:

$$\lambda_y = l_{wy} / i_y = 1350,0 / 47,0 = 28,75$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_y / \lambda_p = 28,75 / 93,11 = 0,309 \Rightarrow \varphi = 0,995$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,862$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{168,449}{0,862 \times 358,750} = 0,545 < 1$$

12. Obliczenia wymaganego wpędu pala dla młota spalinowego, przewodnicowego SDM – 2.

a) ze wzoru Brixa

$$c = \frac{Q^2 \cdot h \cdot G}{N_D(Q + G)^2}$$

c – średni wpęd pala z ostatnich 20 uderzeń młota [cm];

Q – ciężar bijaka [kN], masa bijaka = 600kg, Q = 5,88kN;

h – wysokość spad młota [cm], h = 120cm;

G – ciężar pala [kN], zakładamy długość pala 10m, G = $\pi \times (0,125\text{m})^2 \times 10\text{m} \times 7,6\text{kN/m}^3 = 3,73\text{kN}$;

N_D – Wymagana nośność pala [kN], przyjęto wielkość max. reakcji przypadającej na pojedynczy pal $N_D = 168,45\text{kN}$;

$$c = \frac{Q^2 \cdot h \cdot G}{N_D(Q + G)^2} = \frac{5,88^2 \cdot 120 \cdot 3,73}{168,45(5,88 + 3,73)^2} = 0,99\text{cm}$$

Dla współczynnika bezpieczeństwa zalecanego dla wzoru Brixa równego $F_d = 2$.

$$c/F_d = 0,99\text{cm}/2 = 0,5\text{cm}$$

$$c = 0,50\text{cm}$$

Dla serii 10 uderzeń młota:

$$c = 0,50 \times 10 = 5,0\text{cm}$$