

**rafkobud**

65-268 Zielona Góra ul. Goplany 9

rafkobud@gmail.com

tel. 664 051 358

NIP 929-157-98-82

MEC Kołobrzeg Sp. z o.o.

Wpłynęło 16.07.2024

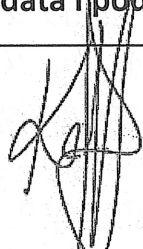
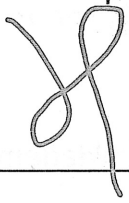
L.dz. 03257 Podpis

DT/DP  
16.07.2024

## Ocena techniczna komina stalowego

**NAZWA :** Ocena techniczna komina stalowego z Kołobrzegu  
Kołobrzeg ul. Kołłątaja 3

**ZLECENIODAWCA :** Miejska Energetyka Ciepła w Kołobrzegu Sp. z o.o  
78-100 Kołobrzeg ul. Kołłątaja 3

autor	uprawnienia	data i podpis
mgr inż. Rafał Kołodziejczyk	LBS/0025/POOK/11	 06.2024
dr inż. Gerard Bryś		 06.2024

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

### Spis treści

1.	Podstawa i przedmiot opracowania.....	2
2.	Wykorzystane materiały .....	2
3.	Krótki opis techniczny komina. ....	2
4.	Opis stanu technicznego konstrukcji komina.....	3
5.	Wnioski i zalecenia.....	6
9.	Załącznik nr 1- obliczenia .....	7
9.1.	- Podstawa obliczeń .....	7
9.2.	Przyjęte założenia .....	7
10.	Załącznik nr 2- Album fotograficzny : .....	22

### 1. Podstawa i przedmiot opracowania.

Podstawą opracowania jest zlecenie Miejskiej Energetyki Ciepłej w Kołobrzegu Sp. z o.o 78-100 Kołobrzeg ul.Kołątaja 3, z dnia 20.10.2023 wyrażone w piśmie .

Przedmiotem opracowania jest stan techniczny stalowego komina kotłowni zlokalizowanej przy ul. Kołątaja 3 w Kołobrzegu. Komin jest złożony z trzech niezależnych przewodów, zabudowanych wewnątrz indywidualnie zaprojektowanej konstrukcji stalowej kratownicowej .

### 2. Wykorzystane materiały

1. Uzgodnienia techniczne z Przedstawicielami Zlecającego.
2. „Ocena stanu technicznego konstrukcji komina wykonana przez Pracownię Konstrukcyjną „VALDI” w czerwcu 2015 roku.
3. Wyniki przeglądu stanu technicznego konstrukcji komina oraz pomiarów jego grubości (zał. nr 2- album fotografii).
4. Obowiązujące normy i rozporządzenia.

### 3. Krótki opis techniczny komina.

Komin jest układem trzech przewodów spalinowych zabudowanych wewnątrz stalowej konstrukcji kratownicowej. Całkowita wysokość komina wynosi 60m natomiast całkowita wysokość konstrukcji kratownicowej 56m.



## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

Komin posadowiony jest na trzech podstawach żelbetowych niepołączonych ponad poziomem gruntu. Przewody rurowe nie opierają się na konstrukcji nośnej obudowy kratowej, stanowi ona jedynie ich stabilizację na wysokości.

Konstrukcja obudowy posadowiona jest częściowo na fundamencie komina, częściowo posiada w dolnej części poszerzenie, które fundamentowane jest na niezależnych blokach fundamentowych – co poprawia stabilność konstrukcji komina.

Główna konstrukcja nośna obudowy stanowi układ przestrzenny – powłokowy – złożony ze wzajemnie połączonych trójkątnych układów prętów. Co 4 m na wysokości konstrukcji występuje usztywnienie w postaci przepony wykonanej z prętów stalowych. Co drugi poziom spięte są 3 węzły konstrukcji zewnętrznej, w pozostałych przypadkach spiętych jest 6 węzłów. W miejscach spięciu 6 węzłów występują podesty robocze zabezpieczone bortnicą oraz barierką, podłogę podestów stanowi krata pomostowa.

Przewody spalinowe nie mają izolacji termicznej. Wlot czopucha i wyczystka znajdują się w dolnej części komina.

Części przewodu łączone są śrubami umieszczonymi na kołnierzach.

Komin jest zabezpieczony antykorozyjnie zestawem farb.

### 4. Opis stanu technicznego konstrukcji komina

Widok przedmiotowego, komina wewnątrz konstrukcji stalowej pokazano na fot. 1 i 2. W chwili obecnej stan powłok malarskich jest dobry. Na przewodach kominowych nie widać objawów korozji – co pokazano na fotografiach. Jedynie przewód nr 2 (wg. fot. 1) wykazuje znaczny ubytek grubości ścianek na wysokości.

Stan kołnierzowych połączeń śrubowych jest dobry i zgodny z dokumentacją, co zobrazowano na fotografiach. Na wysokości komina w odległości co 8m komin

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

jest stabilizowany przyporami do głównej konstrukcji nośnej , stan przypór jest dobry , tylko w górnej części komina nastąpiło odspojenie przypór od przewodu kominowego – należy wykonać przegląd tych elementów i ich stabilizację w miejscach uszkodzonych .

Aktualne grubość ścianek przewodów kominowych waha się w granicach od 11mm do 7.7mm dla przewodów nr 1 i 3 – przewody te można uznać za bezpieczne dla dalszej eksploatacji. Średnie zużycie ścianki mieści w górnych granicach normy około 0.3mm/rok. Korozja jest równomierna na wysokości ubytek jest większy o około 0.5mm dla komina 3, ale mieści się w granicach normowych. Nie stwierdzono wżerów korozyjnych ani przekorodowań.

Grubości ścianek dla przewodu nr 2 wahają się natomiast pomiędzy 12 a 2.2mm – gdzie zmniejszenia grubości do 5.4mm pojawiają się pierwotnie na wysokości około 1.5 m nad podstawą , na wysokości 8.0m ( pierwszy podest ) zmniejszenie grubości jest tylko niewiele większe niż w przypadku pozostałych przewodów , ale na poziomie 16.0m następuje znowu gwałtowny spadek grubości przewodu do wartości około 4mm i ten stan utrzymuje się do wysokości ostatniego podestu na wysokości 56m , 1.5m powyżej tego poziomu grubość miejscowo zmniejsza się do 2mm i widoczne są wżery korozji pod farbą zabezpieczającą. Wydaje się, że pierwsze przewężenie w poziomie 1.5m ma związek z bliskością czopucha a kolejne z kontaktem ze środowiskiem zewnętrznym i te warunki spowodowały zwiększonym ubytkiem przekroju przewodu. Okres eksploatacji przewodu nr 2 dobiegł końca – należy zaprzestać eksploatacji i wykonać jego wymianę.

Stan powłok malarskich na wszystkich trzech przewodach jest dobry , korozja jest widoczna tylko na przewodzie nr 2 w poziomie +56m , jednak widać , że przesuwają się ona od wnętrza na zewnątrz , przez co przykryta jest warstwą farby zabezpieczającej . W poziomie +56m widoczne jest łuszczenie się farby na

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

pozostałych kominach, ale ma ono związek z niewłaściwym lub niepełnym wykonaniem tych powłok.

Stan konstrukcji nośnej stabilizującej komin jest dobry , nie widać korozji wżerowej , widoczne są jedynie pojedyncze rdzawe punkty , te miejsca należy przeszlifować i wykonać malowanie naprawcze. Nie stwierdzono łuszczenia, ani odspojień w warstwach farby. Widoczne są wzmocnienia na prętach, które wykazywały przekroczenie nośności przy poprzednim badaniu.

Bloki fundamentowe są w dobrym stanie technicznym beton nie jest spękany , ani zarysowany – nie widać także przemieszczeń , ani miejscowych uszkodzeń.

Wypożenie komina :

Drabina dostępowa – nie spełnia norm w zakresie BHP ( PN-EN ISO 14122-4) , ponadto widoczna jest na niej korozja i odspojenia warstw malarskich. Farba użyta do malowania stopni nie stanowi zabezpieczenia przeciwpoślizgowego – co zważywszy na niewłaściwy przebieg drabiny na wysokości komina może prowadzić do wypadku mimo zabudowanego systemu umożliwiającego przypięcie uprząży osoby wchodzącej na komin . Element ten należy przeprojektować i wykonać od nowa. Możliwe jest odcinkowe wykorzystanie przy zachowaniu warunków normowych przebiegu.

Instalacja odgromowa – jest w dobrym stanie. Nie sprawdzano pojemności elektrycznej , ale połączenia uziomu są w dobrym stanie.

Poręcze galerii na wysokości spełniają swoje zadanie , malowanie jest ciągłe nie widać uszkodzeń. Bariery ostatniego podestu są w złym stanie – sugeruje się remont tego elementu , piaskowanie i malowanie zestawem farb. Podesty galerii w postaci krat pomostowych są w dobrym stanie, w niektórych miejscach widać uszkodzenia lub ubytki w elementach kotwiących – należy przeprowadzić przegląd i uzupełnić te elementy . Ponadto przy kolejnym remoncie podestów

sugeruje się wykonanie całości podestów w jednym poziomie obecnie są one na różnych poziomach w obrębie jednej galerii co może skutkować potknięciem.

## 5. Wnioski i zalecenia

Na podstawie przeprowadzonych oględzin i pomiarów należy stwierdzić , że :

1. Stan konstrukcji nośnej komina jest dobry ,
2. Stan dwóch z trzech przewodów kominowych jest dostateczny
3. Stan jednego przewodu eliminuje go z dalszej pracy – konieczna jest jego wymiana lub wykonanie wzmocnienia części o pocienionym przekroju
4. Konieczny jest przegląd przypór komina i powtórne ich zamocowanie z użyciem przekładek elastycznych
5. Sugerowane jest wykonanie śrub i nakrętek przypór ze stali kwasoodpornej, obecnie na powierzchni tych elementów widoczna jest rdza
6. Sugerowane jest wykonanie nowej drogi dostępowej na kolejny poziom komina , obecna drabina nie spełnia norm BHP i może być niebezpieczna w użytkowaniu.
7. Przepony pośrednie bez galerii pokryte blachą ryflowaną powinny zostać oczyszczone i pomalowane zestawem antykorozyjnym – obecnie widoczne są wżery korozyjne , oraz korozja powierzchniowa.
8. Sugeruje się uporządkowanie okablowania znajdującego się no kominie – część przewodów jest pozbawiona mocowania i może stwarzać zagrożenie
9. Wyświetlenie elementów wzmocnionych jest obecnie na poziomie 100% .
10. Ze względu na zmianę doprowadzenia spaliny do komina sugeruje się sprawdzenie grubości ścianek po 1 roku od dnia sporządzenia tej opinii technicznej w celu sprawdzenia zmian grubości ścianek przy nowym trybie pracy komina
11. Opinia techniczna jest ważna przez okres 3 lat – zalecana kontrola stanu przewodów za rok.

12. Załącznik nr 1- obliczenia

12.1. - Podstawa obliczeń

1. - PN-EN 1993-1-6 „Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych.
2. Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych.”
3. - PN-EN 1993-3-2 „Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych.
4. Część 3-2: Wieże, maszty i kominy – Kominy”.
5. - PN-EN 1991-1-4 „Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcje.
6. Część 1-4: oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie wiatru.
7. - Książka prof. Kazimierza Rykaluk, „Konstrukcje stalowe. Kominy. Wieże. Maszty.
8. Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2007r.
9. - Polska Norma „Konstrukcje stalowe. Kominy. Obliczenia i projektowanie”.
- 10.- Polska Norma „Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie”.
- 11.- Polska Norma „Eurokod 3: projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-9: Zmęczenie.

12.2. Przyjęte założenia

-

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STAŁOWEGO

Podstawa: PN B-02011, PN B-03201

Obciążenie wiatrem:

### 1. Współczynniki wypełnienia.

#### a. Do wysokości 24m:

$$D = 5.42m$$

$$h=4m,$$

$$b=2.71m$$

$$A = 2.71 \cdot 4 = 10.84 \text{ m}^2.$$

$$a = (4^2 + (2.71/2)^2)^{0.5} = 4.22 \text{ m}$$

$$A_0 = (2.71 + 2 \cdot 4.22) \cdot 0.219 = 2.44 \text{ m}^2,$$

$$\varphi = 2.44 / 10.84 \cdot 0.22, \text{ przyjęto } 0.26.$$

#### b. Od wysokości 24m do 36m:

$$A_0 = (2.71 + 2 \cdot 4.15) \cdot 0.159 = 1.751 \text{ m}^2,$$

$$\varphi = 1.751 / 10.84 = 0.16, \text{ przyjęto } 0.20.$$

#### c. Powyżej wysokości 36m:

Zc względu na wypełnienie antenami

$\varphi$  przyjęto 0.8.

### 2. Częstość drgań własnych

$$I = \Sigma I$$

Dla przewodów kominowych:

$$\text{Rura } D = 1600/8$$

$$A = 400 \text{ cm}^2,$$

$$G = 314 \text{ kG/m},$$

$$I = 1267623 \text{ cm}^4.$$

$$\text{Rura } D = 1200/8$$

$$A = 300 \text{ cm}^2,$$

$$G = 235 \text{ kG/m},$$

$$I = 532106 \text{ cm}^4$$

Dla sześcioboku

Przyjęto uśrednione:

Przekrój: rura 193.7/8

$$A = 47 \text{ cm}^2,$$

$$G = 37 \text{ kG/m},$$

$$I = 2016 \text{ cm}^4$$

$$I_k = 6/4 \cdot 47 \cdot 221^2 = 3443290.5 \text{ cm}^4.$$

Łączny moment bezwładności:

$$I_{\text{sum}} = 1267623 + 2 \cdot 532106 + 3443290.5 = 5775125.5 \text{ cm}^4 = 0.0578 \text{ m}^4.$$

$$\text{Masa łącznie: } m = 314 + 2 \cdot 235 + 6 \cdot 37 \cdot 1.2 + 6 \cdot 37/4 = 1105.9 \text{ kG/m} = 11 \text{ kN/m}.$$

Okres drgań własnych :

$$T = 1.79 H^2 \sqrt{m/EI},$$

$$H = 56m.$$

$$EI = 210000000 \cdot 0.0578 = 12138000.$$

$$T = 1.79 \cdot 56^2 \cdot (1.1/12138000)^{0.5} = 1.7s.$$

Budowlę należy zaliczyć do podatnych na wpływy dynamiczne.

### 3. Współczynnik dynamiczny

Przyjęto teren A.

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

Współczynnik ekspozycji:

$$C_e = k(z/10)^{2\alpha} \quad (Z2-1) = 1 * (54/10)^{(2*0.14)} = 1.60.$$

$$r = 0.08,$$

$$\Delta = 0.12,$$

$$n = 1/\Gamma = 1/1.6 = 0.625,$$

$$\Psi = 3.6,$$

$$L/H = 5.42/54 \sim 0.1004.$$

$$k_b = 1.1,$$

4. Obciążenie podstawowe dla II strefy wiatrowej:

$$q_k = 0.42 \text{ kPa.}$$

$$v_k = 26 \text{ m/s,}$$

$$v_H = 26 * 1.6^{0.5} = 32.89,$$

$$n_r = 0.625 * 54 / 32.89 = 1.02,$$

$$K_L = 0.14,$$

$$n/v_H = 0.625 / 32.89 = 0.019,$$

$$K_\theta = 0.07.$$

$$k_r = 2 * 3.14 * 0.14 * 0.07 / 0.12 = 0.51,$$

$$\beta = 1 + 3.6 * (0.08 / 1.60 * (1.1 + 0.51))^{0.5} = 2.02.$$

5. Współczynnik kształtu dla skratowania z rur:

$$d * \sqrt{0.1 q_k C_e} = 0.21 * (0.1 * 420 * 1.60)^{0.5} = 1.721 = 1.4 > 1.0$$

$$C_x = 1.4 \quad (Z1-21)$$

6. Współczynnik kształtu dla przewodu komina:

$$d * \sqrt{0.1 q_k C_e} = 1.6 * (0.1 * 420 * 1.60)^{0.5} = 13.1,$$

$$C_{x\infty} (Z1-17) = 0.9,$$

$$\lambda = 2 * 56 / 1.6 = 70,$$

$$\text{Log}(1/\lambda) = -1.845,$$

$$k=1,$$

$$C_{xk} = k * C_{x\infty} = 0.9.$$

7. Obciążenie łączne na wieżę i komin wyznaczono zgodnie ze wzorem [1] PN-B 2011 i [Z2-2] PN-B 03201.

- a. Do wysokości 24m:

$$C_{xs} = 1.4 * 0.26 * 5.41 / (2 * 1.2 + 1.6) + 0.9 * (1 - 0.26) = 1.15,$$

- b. Od wysokości 24m do 36m:

$$C_{xs} = 1.4 * 0.20 * 5.41 / (2 * 1.2 + 1.6) + 0.9 * (1 - 0.20) = 1.10,$$

- c. Od wysokości 36m:

$$C_{xs} = 1.4 * 0.80 * 5.41 / (2 * 1.2 + 1.6) + 0.9 * (1 - 0.80) = 1.70,$$

8. Obciążenie na 1mb do 24 m wysokości

$$C_e = k(z/10)^{2\alpha} \quad (Z2-1) = 1 * (24/10)^{(2*0.14)} = 1.30.$$

$$p_k = 0.42 * 1.30 * 1.15 * (1.6 + 2 * 1.2) * 2.02 = 5.07 \text{ kN/m.}$$

9. Wypadkowa pozioma na węzły w poz. 1, 2, 3, 4, 5

$$P_k = 5.07 * 4 = 20.28 \text{ kN.}$$

$$\text{Na 1 węzeł: } p_{1k} = 20.28 / 6 = 3.38 \text{ kN}$$

10. Obciążenie na 1mb od 24 m do 36 m. wysokości

$$C_e = k(z/10)^{2\alpha} \quad (Z2-1) = 1 * (36/10)^{(2*0.14)} = 1.43.$$

$$p_k = 0.42 * 1.43 * 1.10 * (1.6 + 2 * 1.2) * 2.02 = 5.34 \text{ kN/m.}$$

11. Wypadkowa pozioma na węzły w poz. 6

$$P_k = 20.28 / 2 + 5.34 * 2 = 20.82 \text{ kN.}$$

$$\text{Na 1 węzeł: } p_{1k} = 20.82 / 6 = 3.47 \text{ kN}$$

12. Wypadkowa pozioma na węzły w poz. 7,8  
 $P_k = 5.34 \cdot 4 = 21.36 \text{ kN}$ .  
 Na 1 węzeł:  $p_{1k} = 21.36/6 = 3.56 \text{ kN}$
13. Obciążenie na 1mb powyżej 36 m. wysokości  
 $p_k = 0.42 \cdot 1.60 \cdot 1.70 \cdot (1.6 + 2 \cdot 1.2) \cdot 2.02 = 9.23 \text{ kN/m}$ .
14. Wypadkowa pozioma na węzły w poz. 9  
 $P_k = 21.36/2 + 9.23 \cdot 2 = 29.14 \text{ kN}$ .  
 Na 1 węzeł:  $p_{1k} = 29.14/6 = 4.8567 \text{ kN}$
15. Wypadkowa pozioma na węzły w poz. 10 do 13  
 $P_k = 9.23 \cdot 4 = 36.92 \text{ kN}$ .  
 Na 1 węzeł:  $p_{1k} = 36.92/6 = 6.1533 \text{ kN}$
16. Wypadkowa pozioma na węzły w poz. 14  
 $P_k = 9.23 \cdot 2 = 18.46 \text{ kN}$ .  
 Na 1 węzeł:  $p_{1k} = 18.46/6 = 3.0767 \text{ kN}$

### Wymiarowanie wzmocnionych elementów konstrukcji :

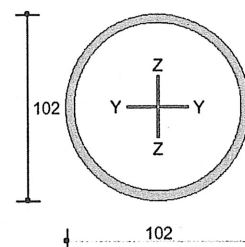
---

#### Pręt nr 0 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

---

#### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.  
 Węzły: 0 (x=5.600m, y=4.700m); 2 (x=5.900m, y=4.700m)  
 Profil: 101.6/5 (S 235)



#### Wyniki dla elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 100%**

Rozciąganie: 0 %  
 Ściskanie: 99 %  
 Zginanie: 1 %  
 Zginanie ze ściskaniem: 100 %  
 Ścinanie: 0 %  
 Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %  
 Smukłość: 0 %  
 Ugięcia: 7 %



## OCENA TECHNICZNA KOMINA STAŁOWEGO

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Ściskanie	99.5 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Ściskanie	99.5 %
3	0.000	max N	Ścinanie	0.2 %
4	0.000	max Ty	Ścinanie	0.2 %
5	0.000	min N	Ściskanie	99.5 %
6	0.000	max Mx	Ścinanie	0.2 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	99.6 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	1.8 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	99.6 %
10	0.250	max N	Ścinanie	0.2 %
11	0.250	max Ty	Ścinanie	0.2 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	99.6 %
13	0.250	max Mx	Ścinanie	0.2 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	99.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	3.6 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	99.7 %
17	0.500	max N	Zginanie	0.3 %
18	0.500	max Ty	Zginanie	0.3 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	99.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie	0.3 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	99.8 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	5.3 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	99.8 %
24	0.750	max N	Zginanie	0.5 %
25	0.750	max Ty	Zginanie	0.5 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	99.8 %
27	0.750	max Mx	Zginanie	0.5 %

### Wyniki szczegółowe

#### Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu:  $\eta_1 = 1.000$   $\eta_2 = 1.000$   $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$  oraz  $l_{o,y} = 0.3\text{m}$

– w pł. układu:  $\eta_1 = 1.000$   $\eta_2 = 1.000$   $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$  oraz  $l_{o,z} = 0.3\text{m}$

Wyboczenie skrętne:  $\mu_\omega = 1.000$  oraz  $l_{o,\omega} = 0.3\text{m}$

*Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.*

#### Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 175.2 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} = 40348.2 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E I_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 175.2 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} = 40348.2 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[ \frac{\pi^2 E I_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.8^2} \left[ \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 350.9 \text{cm}^4 \right] = 121929.1 \text{kN}$$

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STAŁOWEGO

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,y}N_{cr,T}(1 - \mu_z^2/i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2/i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2/i_s^2)}$$

$$R = (40348.2 + 121929.1)^2 - 4 \cdot 40348.2 \cdot 121929.1(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/4.821^2) = 6655451690.7 \text{ kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(40348.2 + 121929.1) - \sqrt{6655451690.7}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2/4.821^2)} = 40348.2 \text{ kN}$$

### Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wyboczeniowej:  $\mu_{z,Mcr} = 1.00$ ,  $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$  (tylko do obliczeń  $M_{cr}$ )

Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie:  $C_1 = 1.13$ ,  $C_2 = 0.46$ ,  $C_3 = 0.53$

Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości:  $z_a = 5.1 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania:  $z_s = 0.0 \text{ cm}$

$$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / I_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 175.2 / (1.00 \cdot 30.0)^2 = 40348.2 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[ \left( \frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{J_{\omega}}{J_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(5.1 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.33$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 40348.2 \left\{ \left[ \left( \frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{175.2} + \frac{8076.9 \cdot 350.9}{40348.2} + 2.33 \right]^{0.5} - 2.33 \right\} = 2908.16 \text{ kNm}$$

### Ściskanie (99.5 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.30 \text{ m}$ ; Kombinacja:  $\min N (-0, -1, +2,)$

Pole przekroju (klasa 1):  $A = A_{brutto} = 15.1 \text{ cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15.1 \cdot 23.5}{1.0} = 354.3 \text{ kN}$$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 354.3/40348.2 = 0.094 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (giętno x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 354.3/40348.2 = 0.094 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000 \text{ (giętno y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 354.3/121929.1 = 0.054 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 354.3/40348.2 = 0.094 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000 \text{ (giętno-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń:  $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 15.1 \cdot 23.5}{1.0} = 354.3 \text{ kN} > 352.5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

### Ścinanie (0.2 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00 \text{ m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+0, +1,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu:  $A_{v,z} = 9.6 \text{ cm}^2$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{9.6 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 130.2 \text{ kN} > 0.3 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

### Zginanie (0.7 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.30 \text{ m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+0, +1,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[ \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[ \sqrt{\frac{46.3 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{2908.16}}, 3.0 \right] = 0.061 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (klasa 1):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{46.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 10.9 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.1}{10.9} = 0.01 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{46.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 10.9 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{10.9} = 0.00 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (99.9 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.30\text{m}$ ; Kombinacja:  $\min N (-0, -1, +2,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.518, 0.4) = 0.615$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.615$$

$$k_{yy} = \left[ C_{my} \left( 1 + \min(\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[ 0.615 \left( 1 + \min(0.094 - 0.2, 0.8) \frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3 / 1.0} \right) \right] = 0.550$$

$$k_{zz} = \left[ C_{mz} \left( 1 + \min(2\bar{\lambda}_z - 0.6, 1.4) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[ 1.000 \left( 1 + \min(2 \cdot 0.094 - 0.6, 1.4) \frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3 / 1.0} \right) \right] = 0.590$$

$$k_{yz} = 0.6k_{zz} = 0.6 \cdot 0.590 = 0.354$$

$$k_{zy} = 0.6k_{yy} = 0.6 \cdot 0.550 = 0.330$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 1.00 < 1.0$$

$$\frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3} + 0.550 \frac{0.1 + 0.0}{1.000 \cdot 10.9} + 0.354 \frac{0.000 + 0.000}{1.0} = 1.00 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 1.00 < 1.0$$

$$\frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3} + 0.330 \frac{0.1 + 0.0}{1.000 \cdot 10.9} + 0.590 \frac{0.000 + 0.000}{1.0} = 1.00 < 1.0$$

### Ugięcia (6.9 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.30\text{m}$ ; Kombinacja:  $\text{ext } U (0, 1,)$

Przesunięcie w płaszczyźnie układu:  $u_z = |-0.1| \text{ mm} < 0.9 \text{ mm} = u_{z,\text{lim}}$ .

Przesunięcie prostopadłe do pł. układu:  $u_y = |-0.0| \text{ mm} < 0.9 \text{ mm} = u_{y,\text{lim}}$ .

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

---

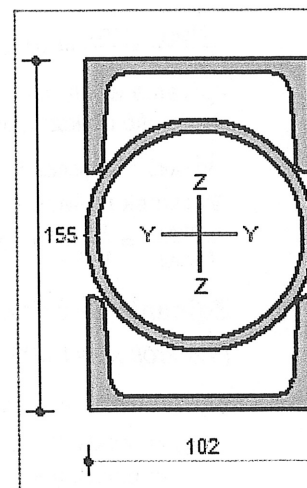
## Pręt nr 1 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

---

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.  
 Węzły: 2 (x=5.900m, y=4.700m); 3 (x=8.010m, y=4.700m)  
 Profil: C (S 235)



### Wyniki dla elementu

**Całkowite wyężenie elementu: 71%**

Rozciąganie: 0 %  
 Ściskanie: 70 %  
 Zginanie: 1 %  
 Zginanie z siłą podłużną: 55 %  
 Zginanie ze ściskaniem: 71 %  
 Ścinanie: 0 %  
 Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %  
 Smukłość: 0 %  
 Ugięcia: 3 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	1.0 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.1 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.4 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.4 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.4 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	2.2 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.5 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.5 %
13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	2.7 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.7 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.7 %

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.1 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	2.2 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.5 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.5 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.9 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.1 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	1.0 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.1 %
31	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.4 %
32	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.4 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.1 %
34	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.4 %

### Wyniki szczegółowe

#### Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu:  $\eta_1 = 1.000$   $\eta_2 = 1.000$   $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$  oraz  $l_{o,y} = 2.1\text{m}$

– w pł. układu:  $\eta_1 = 1.000$   $\eta_2 = 1.000$   $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$  oraz  $l_{o,z} = 2.1\text{m}$

Wyboczenie skrętne:  $\mu_\omega = 1.000$  oraz  $l_{o,\omega} = 2.1\text{m}$

*Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.*

#### Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 421.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 2.1 \text{m})^2} = 1959.9 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 410.8 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 2.1 \text{m})^2} = 1912.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[ \frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{5.6^2} \left[ \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 2.1 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 604.6 \text{cm}^4 \right] = 158010.6 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (1912.3 + 158010.6)^2 - 4 \cdot 1912.3 \cdot 158010.6 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 5.559^2) = 24366685205.6 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(1912.3 + 158010.6) - \sqrt{24366685205.6}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 5.559^2)} = 1912.3 \text{kN}$$

#### Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wyboczeniowej:  $\mu_{z,Mcr} = 1.00$ ,  $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$  (tylko do obliczeń  $M_{cr}$ )

Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie:  $C_1 = 1.13$ ,  $C_2 = 0.46$ ,  $C_3 = 0.53$

Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości:  $z_a = 5.2 \text{cm}$

Współrzędna środka ścinania:  $z_s = 0.0 \text{cm}$

$$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z dA / J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 210000.0 \cdot 410.8 / (1.00 \cdot 211.0)^2 = 1912.3 \text{kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[ \left( \frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{J_\omega}{J_z} + \frac{G J_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (5.2 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.40$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 1912.3 \left\{ \left[ \left( \frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{410.8} + \frac{8076.9 \cdot 604.6}{1912.3} + 2.40 \right]^{0.5} - 2.40 \right\} = 1043.26 \text{kNm}$$

### Ściskanie (69.7 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=2.11m$ ; Kombinacja:  $\min N (-0,-1,+2,)$

Pole przekroju (klasa 1):  $A = A_{brutto} = 26.9cm^2$

Nośność obliczeniowa przekroju:  $N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{26.9 \cdot 23.5}{1.0} = 632.5kN$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$\lambda_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 632.5/1959.9 = 0.568 \rightarrow$  krzywa 'c'  $\rightarrow \chi_y(\lambda_y) = 0.804$  (gięte x-x)

$\lambda_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 632.5/1912.3 = 0.575 \rightarrow$  krzywa 'c'  $\rightarrow \chi_z(\lambda_z) = 0.800$  (gięte y-y)

$\lambda_x = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 632.5/158010.6 = 0.063 \rightarrow$  krzywa 'c'  $\rightarrow \chi_x(\lambda_x) = 1.000$  (skrętne)

$\lambda_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 632.5/1912.3 = 0.575 \rightarrow$  krzywa 'c'  $\rightarrow \chi_{zx}(\lambda_{zx}) = 0.800$  (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń:  $\chi = \min(\chi_i) = 0.800$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.800 \cdot 26.9 \cdot 23.5}{1.0} = 506.0kN > 352.5kN = N_{Ed}$$

### Ścinanie (0.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja:  $\max Mx (+0,+1,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu:  $A_{v,z} = 15.0cm^2$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{15.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 203.0kN > 0.2kN = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu:  $A_{v,y} = 10.0cm^2$

Warunek stateczności:  $h_{w,y}/t_y = 13.8 < 60.0 = 72 \varepsilon/\eta$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{10.0 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 135.1kN > 0.0kN = V_{Ed,y}$$

### Zginanie (1.1 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.06m$ ; Kombinacja:  $\max Mx (+0,+1,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 45.8/2110.0 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(549 \cdot 0.997^{0.022}, 549 \cdot 0.997) = 50mm^2$$

Środek:

$$\kappa = b_0/L_e = 45.8/2110.0 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^{\kappa}, A_{c,eff} \beta) = \max(549 \cdot 0.997^{0.022}, 549 \cdot 0.997) = 50mm^2$$

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[ \sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[ \sqrt{\frac{74.1 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{1043.26}}, 3.0 \right] = 0.129 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{74.1 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 17.4kNm$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.2}{17.4} = 0.01 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Pas górny:

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

$$\kappa = b_0/L_e = 47.0/2110.0 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^k, A_{c,eff}\beta) = \max(400 \cdot 0.997^{0.022}, 400 \cdot 0.997) = 399 \text{ mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 47.0/2110.0 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^k, A_{c,eff}\beta) = \max(400 \cdot 0.997^{0.022}, 400 \cdot 0.997) = 399 \text{ mm}^2$$

Pas górny:

$$\kappa = b_0/L_e = 47.0/2110.0 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^k, A_{c,eff}\beta) = \max(400 \cdot 0.997^{0.022}, 400 \cdot 0.997) = 399 \text{ mm}^2$$

Pas dolny:

$$\kappa = b_0/L_e = 47.0/2110.0 = 0.022 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.003) = 0.997$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^k, A_{c,eff}\beta) = \max(400 \cdot 0.997^{0.022}, 400 \cdot 0.997) = 399 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{76.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 18.1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{0.0}{18.1} = 0.00 < 1.0$$

### Zginanie z siłą podłużną (55.2 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.06\text{m}$ ; Kombinacja: min N (-0,-1,+2,)

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} e_{Nz}}{I_{y,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{352.5}{27.7} - \frac{0.2 \cdot 1e2 + 352.5 \cdot 0.000}{370.3} 5.0 - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 352.5 \cdot 0.000}{401.3} 5.2 = -13.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-129.7| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-352.5}{27.7 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.2 + -352.5 \cdot 0.000}{74.1 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{0.0 + -352.5 \cdot 0.000}{76.9 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.552 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (70.7 %)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.06\text{m}$ ; Kombinacja: min N (-0,-1,+2,)

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 0.380 = 0.969$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.969$$

$$k_{yy} = \left[ C_{my} \left( 1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[ 0.969 \left( 1 + 0.6 \min(0.568, 1) \frac{352.5}{0.804 \cdot 632.5 / 1.0} \right) \right] = 1.198$$

$$k_{zz} = \left[ C_{mz} \left( 1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[ 1.000 \left( 1 + 0.6 \min(0.575, 1) \frac{352.5}{0.800 \cdot 632.5 / 1.0} \right) \right] = 1.240$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.240$$

$$k_{zy} = 0.8 k_{yy} = 0.8 \cdot 1.198 = 0.958$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.71 < 1.0$$

$$\frac{352.5}{0.804 \cdot 632.5} + 1.198 \frac{0.2 + 0.0}{1.000 \cdot 17.4} + 1.240 \frac{0.000 + 0.000}{18.1} = 0.71 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.71 < 1.0$$

$$\frac{352.5}{0.800 \cdot 632.5} + 0.958 \frac{0.2 + 0.0}{1.000 \cdot 17.4} + 1.240 \frac{0.000 + 0.000}{18.1} = 0.71 < 1.0$$

### Ugięcia (2.7 %)



## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.06\text{m}$ ; Kombinacja: ext U (0,1,)

Przesunięcie w płaszczyźnie układu:  $u_z = |-0.2|\text{mm} < 6.0\text{mm} = u_{z,\text{lim}}$ .

Przesunięcie prostopadłe do pł. układu:  $u_y = |-0.0|\text{mm} < 6.0\text{mm} = u_{y,\text{lim}}$ .

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

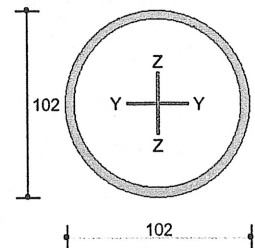
### Pręt nr 2 - Element stalowy [PN-EN 1993-1-1]

#### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 3 ( $x=8.010\text{m}$ ,  $y=4.700\text{m}$ ); 1 ( $x=8.310\text{m}$ ,  $y=4.700\text{m}$ )

Profil: 101.6/5 (S 235)



#### Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 100%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 99 %

Zginanie: 1 %

Zginanie ze ściskaniem: 100 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 0 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 7 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
1	0.000	ext U	Ugięcia	6.9 %
2	0.000	max N	Zginanie	0.7 %
3	0.000	max Ty	Zginanie	0.7 %
4	0.000	max Mx	Zginanie	0.7 %
6	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	99.8 %
7	0.250	ext U	Ugięcia	5.3 %
8	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	99.8 %
9	0.250	max N	Zginanie	0.5 %
10	0.250	max Ty	Zginanie	0.5 %
11	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	99.8 %
12	0.250	max Mx	Zginanie	0.5 %
13	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	99.7 %
14	0.500	ext U	Ugięcia	3.6 %
15	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	99.7 %



## OCENA TECHNICZNA KOMINA STAŁOWEGO

16	0.500	max N	Zginanie	0.3 %
17	0.500	max Ty	Zginanie	0.3 %
18	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	99.7 %
19	0.500	max Mx	Zginanie	0.3 %
20	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	99.6 %
21	0.750	ext U	Ugięcia	1.8 %
22	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	99.6 %
23	0.750	max N	Ścinanie	0.2 %
24	0.750	max Ty	Ścinanie	0.2 %
25	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	99.6 %
26	0.750	max Mx	Ścinanie	0.2 %
27	1.000	min Mx	Ściskanie	99.5 %
28	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
29	1.000	min Ty	Ściskanie	99.5 %
30	1.000	max N	Ścinanie	0.2 %
31	1.000	max Ty	Ścinanie	0.2 %
32	1.000	min N	Ściskanie	99.5 %
33	1.000	max Mx	Ścinanie	0.2 %

### Wyniki szczegółowe

#### Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu:  $\eta_1 = 1.000$   $\eta_2 = 1.000$   $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$  oraz  $l_{o,y} = 0.3m$

– w pł. układu:  $\eta_1 = 1.000$   $\eta_2 = 1.000$   $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$  oraz  $l_{o,z} = 0.3m$

Wyboczenie skrętne:  $\mu_\omega = 1.000$  oraz  $l_{o,\omega} = 0.3m$

*Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.*

#### Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 175.2 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} = 40348.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 175.2 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} = 40348.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[ \frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{4.8^2} \left[ \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 0.0 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 0.3 \text{m})^2} + 80769.0 \text{MPa} \cdot 350.9 \text{cm}^4 \right] = 121929.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (40348.1 + 121929.1)^2 - 4 \cdot 40348.1 \cdot 121929.1 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.821^2) = 6655459302.8 \text{kN}$$

$$N_{TF,yz} = \frac{(40348.1 + 121929.1) - \sqrt{6655459302.8}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 4.821^2)} = 40348.1 \text{kN}$$

#### Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wyboczeniowej:  $\mu_{z,Mcr} = 1.00$ ,  $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$  (tylko do obliczeń  $M_{cr}$ )

Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie:  $C_1 = 1.13$ ,  $C_2 = 0.46$ ,  $C_3 = 0.53$

Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości:  $z_a = 5.1 \text{cm}$

Współrzędna środka ścinania:  $z_s = 0.0 \text{cm}$

$$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / J_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E J_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 \cdot 21000.0 \cdot 175.2 / (1.00 \cdot 30.0)^2 = 40348.1 \text{kN}$$

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[ \left( \frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{J_{\omega}}{J_z} + \frac{GJ_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46(5.1 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 2.33$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 40348.1 \left\{ \left[ \left( \frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{0.0}{175.2} + \frac{8076.9 \cdot 350.9}{40348.1} + 2.33 \right]^{0.5} - 2.33 \right\} = 2908.16 \text{ kNm}$$

### Ściskanie (99.5 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.30\text{m}$ ; Kombinacja:  $\min N (-0,-1,+2,)$

Pole przekroju (klasa 1):  $A = A_{brutto} = 15.1 \text{ cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju:  $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15.1 \cdot 23.5}{1.0} = 354.3 \text{ kN}$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 354.3/40348.1 = 0.094 \rightarrow$  krzywa 'a'  $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000$  (giętne x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 354.3/40348.1 = 0.094 \rightarrow$  krzywa 'a'  $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 1.000$  (giętne y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 354.3/121929.1 = 0.054 \rightarrow$  krzywa 'c'  $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 1.000$  (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 354.3/40348.1 = 0.094 \rightarrow$  krzywa 'a'  $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 1.000$  (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń:  $\chi = \min(\chi_i) = 1.000$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.000 \cdot 15.1 \cdot 23.5}{1.0} = 354.3 \text{ kN} > 352.5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

### Ścinanie (0.2 %)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.30\text{m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+0,+1,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu:  $A_{v,z} = 9.6 \text{ cm}^2$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{9.6 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 130.2 \text{ kN} > 0.3 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

### Zginanie (0.7 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja:  $\max M_x (+0,+1,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Wsp. zwichrzenia:

$$\lambda_{LT} = \min \left[ \sqrt{\frac{W_{ply} f_y}{M_{cr}}}, 3.0 \right] = \min \left[ \sqrt{\frac{46.3 \cdot 23.5 \cdot 1e-2}{2908.16}}, 3.0 \right] = 0.061 \rightarrow \chi_{LT}(\lambda_{LT}, \alpha_{LT}) = 1.000$$

$$\alpha_{LT} = 0.760$$

Nośność obliczeniowa z uwzględnieniem zwichrzenia (klasa 1):

$$M_{b,Rd,y} = \chi_{LT} \frac{W_{ply} f_y}{\gamma_{M1}} = 1.000 \frac{46.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 10.9 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd,y}} = \frac{0.1}{10.9} = 0.01 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{46.3 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 10.9 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{10.9} = 0.00 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (99.9 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja:  $\min N (-0,-1,+2,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.2 + 0.8 \alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.518, 0.4) = 0.615$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4 \psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.615$$

## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

$$k_{yy} = \left[ C_{my} \left( 1 + \min(\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[ 0.615 \left( 1 + \min(0.094 - 0.2, 0.8) \frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3 / 1.0} \right) \right] = 0.550$$

$$k_{zz} = \left[ C_{mz} \left( 1 + \min(2\bar{\lambda}_z - 0.6, 1.4) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[ 1.000 \left( 1 + \min(2 \cdot 0.094 - 0.6, 1.4) \frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3 / 1.0} \right) \right] = 0.590$$

$$k_{yz} = 0.6k_{zz} = 0.6 \cdot 0.590 = 0.354$$

$$k_{zy} = 0.6k_{yy} = 0.6 \cdot 0.550 = 0.330$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 1.00 < 1.0$$

$$\frac{\frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3}}{1.0} + 0.550 \frac{\frac{0.1+0.0}{1.0}}{\frac{1.000 \cdot 10.9}{1.0}} + 0.354 \frac{\frac{0.000+0.000}{1.0}}{\frac{10.9}{1.0}} = 1.00 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 1.00 < 1.0$$

$$\frac{\frac{352.5}{1.000 \cdot 354.3}}{1.0} + 0.330 \frac{\frac{0.1+0.0}{1.0}}{\frac{1.000 \cdot 10.9}{1.0}} + 0.590 \frac{\frac{0.000+0.000}{1.0}}{\frac{10.9}{1.0}} = 1.00 < 1.0$$

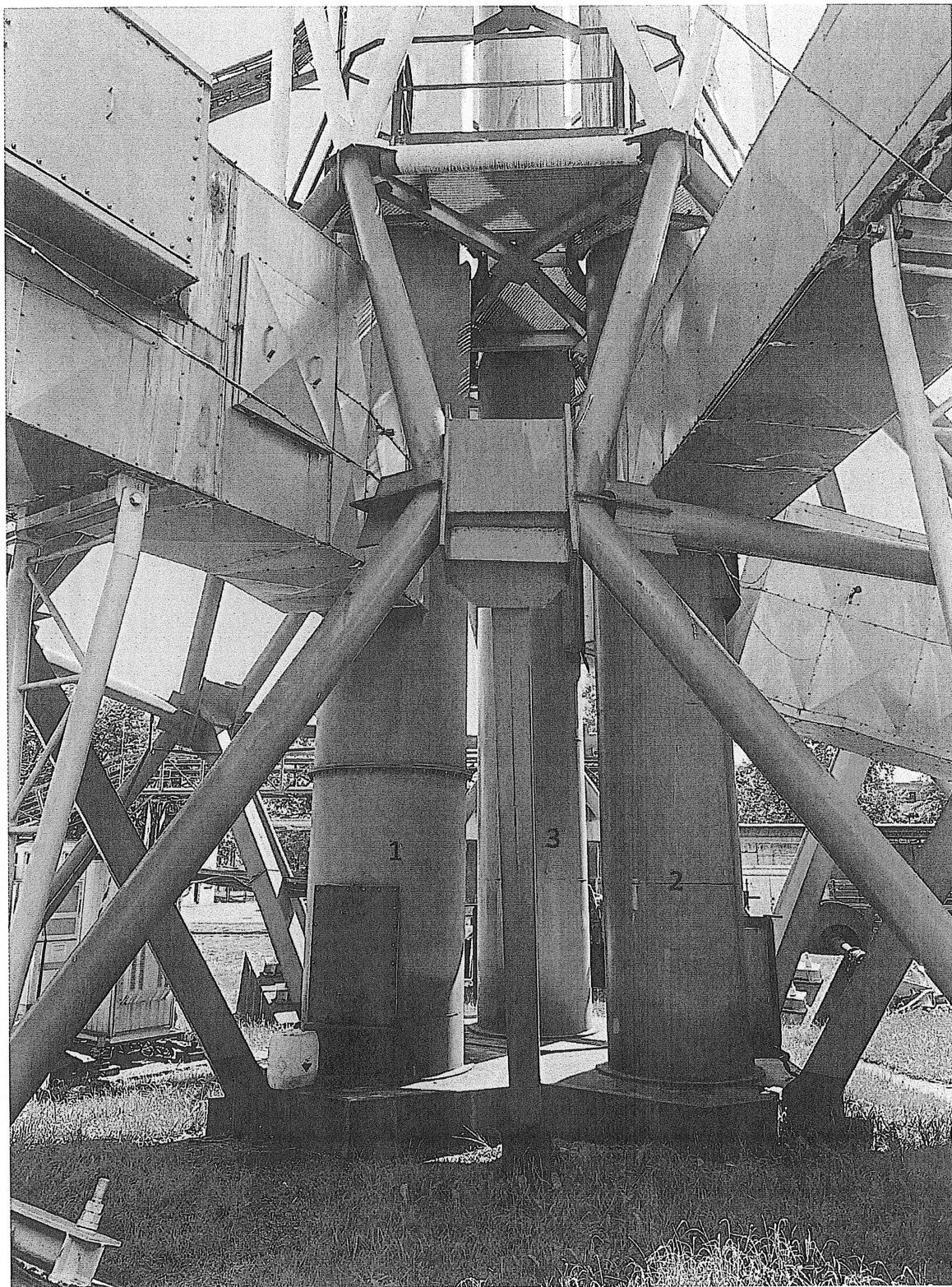
### Ugięcia (6.9 %)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00m$ ; Kombinacja: ext U (0,1,)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:  $u_z = |-0.1|mm < 0.9mm = u_{z,lim}$ .

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:  $u_y = |-0.0|mm < 0.9mm = u_{y,lim}$ .

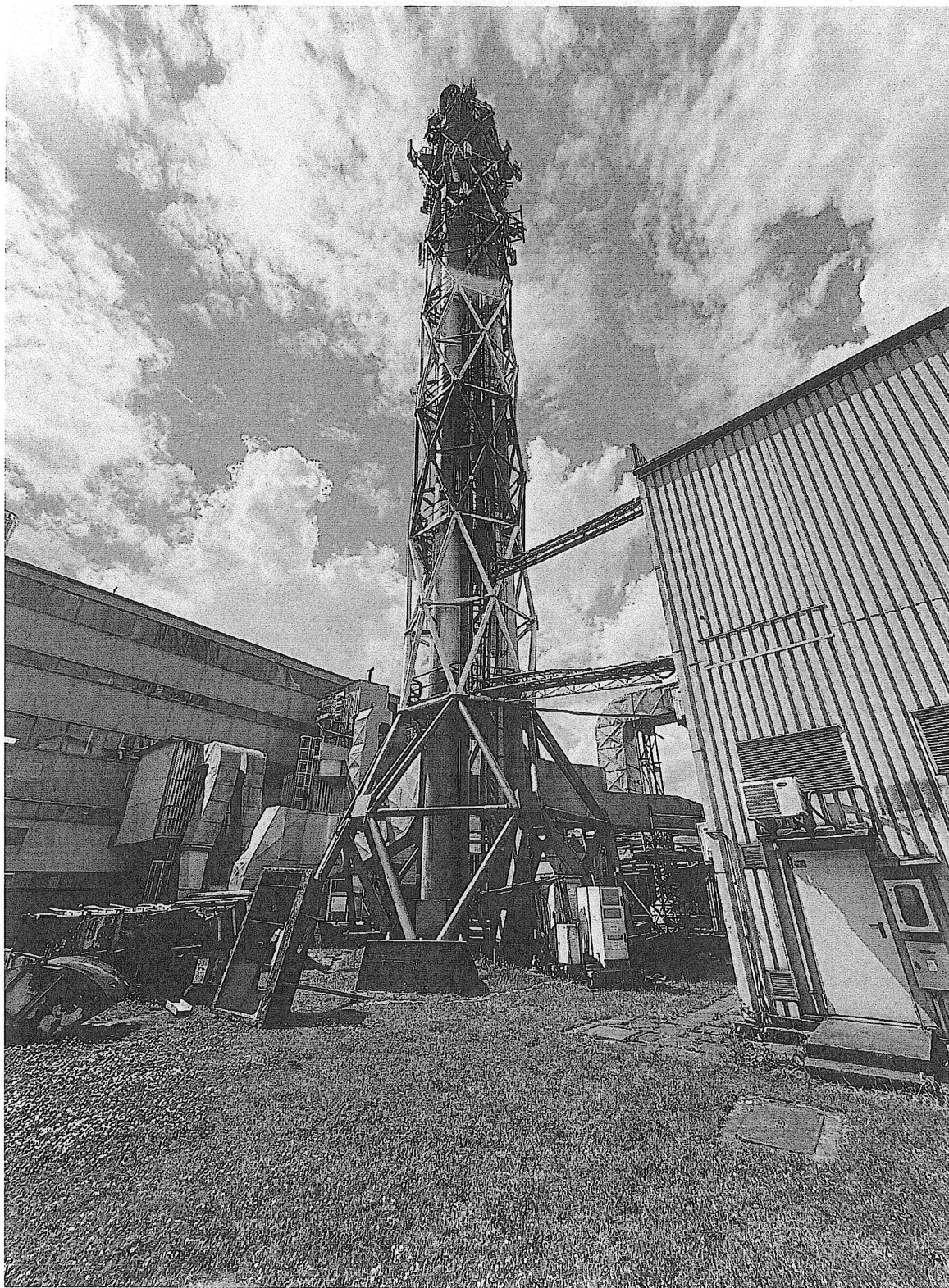
13. Załącznik nr 2- Album fotograficzny :



Fot. nr 1 – Podstawa komina – numeracja przewodów



## OCENA TECHNICZNA KOMINA STALOWEGO

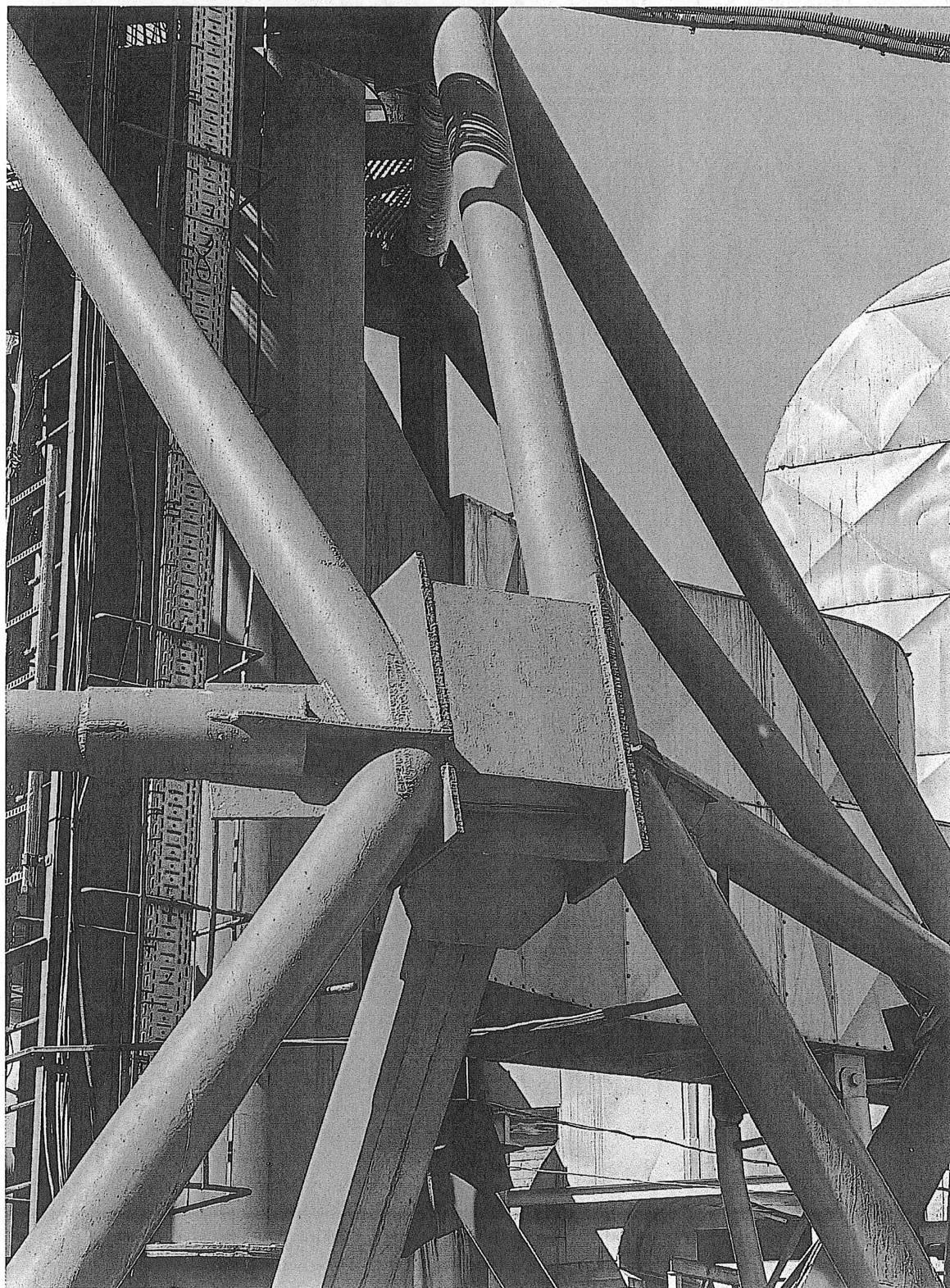


Fot. nr 2 – Widok ogólny komina.



Fot. nr 3 – Węzeł konstrukcji przestrzennej



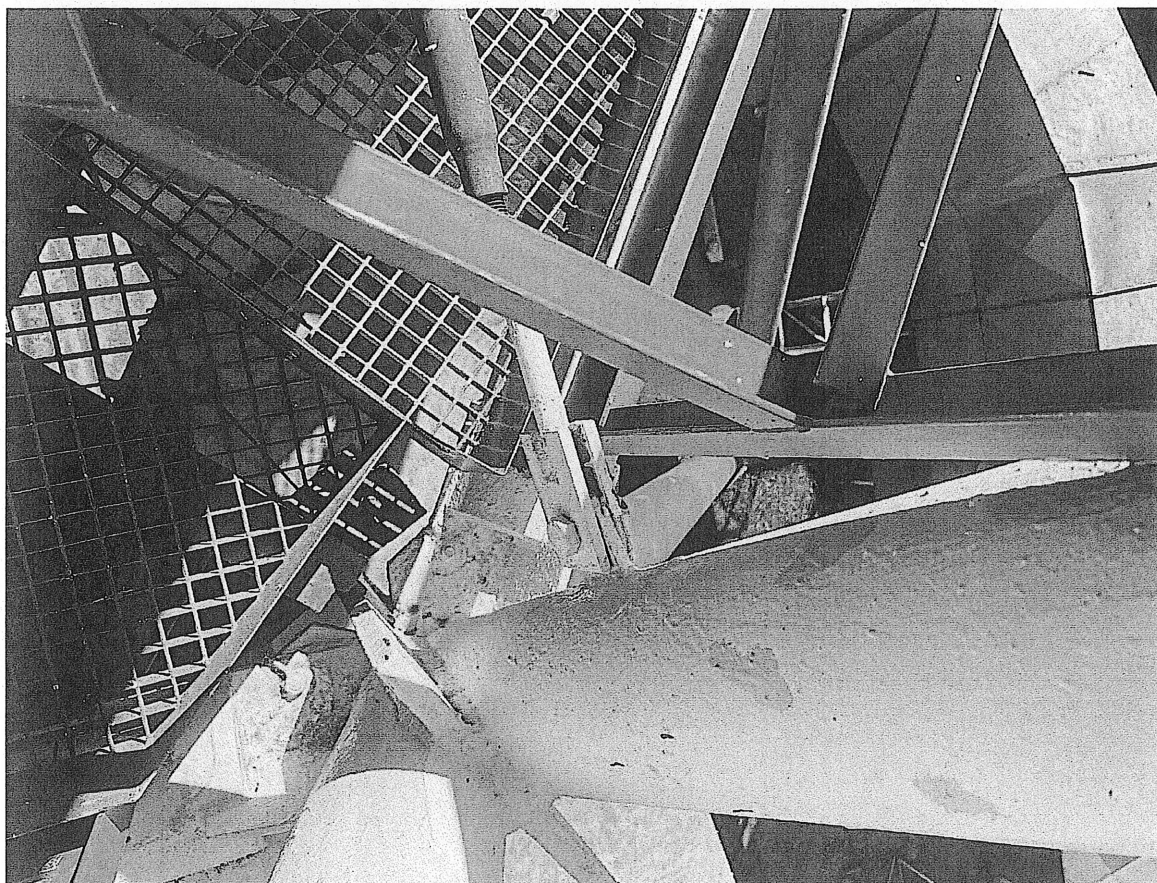


Fot. nr 4 – Węzeł podstawy

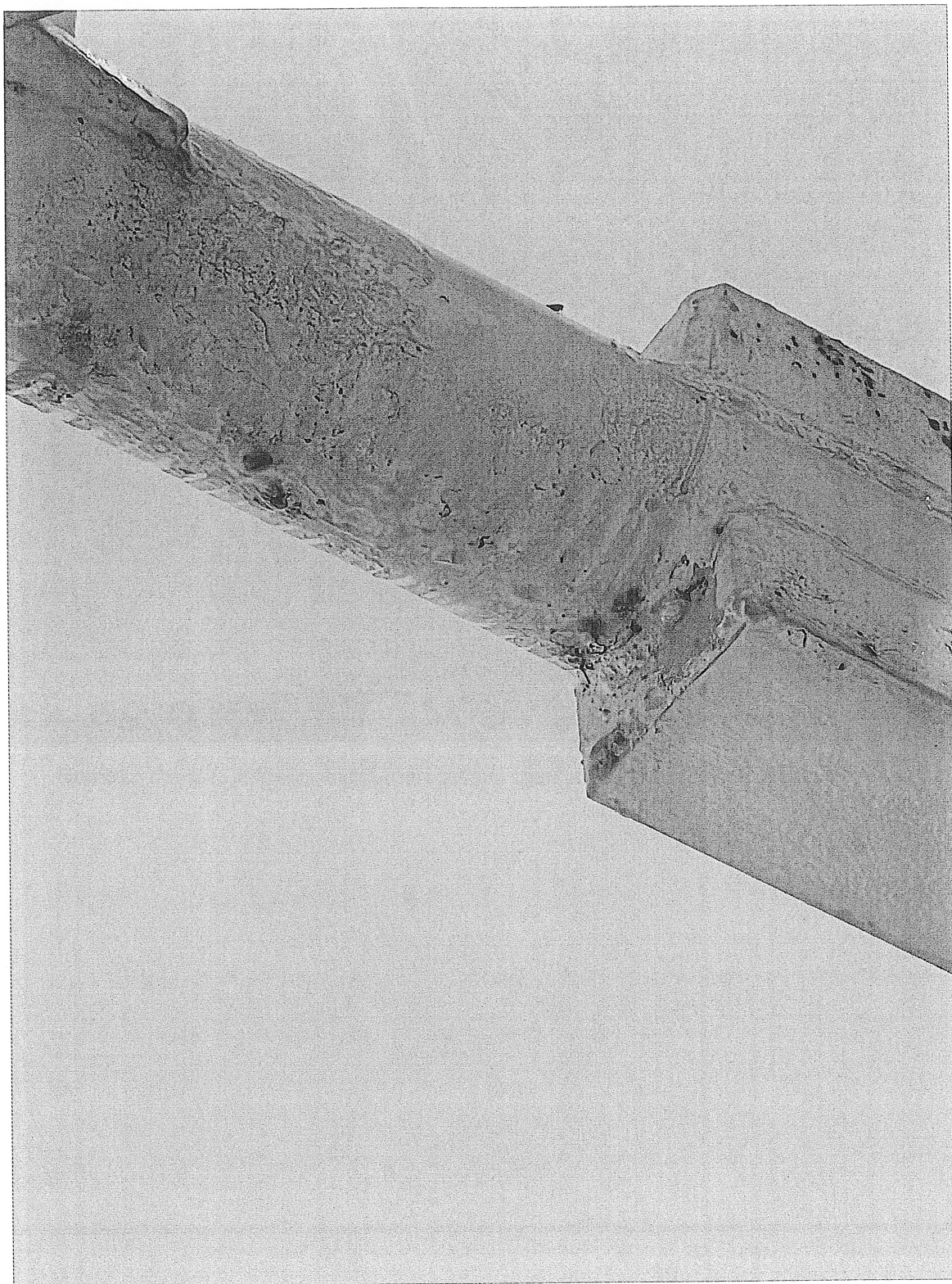


Fot. nr 4 – Przewody dochodzące do konstrukcji wsporczej – konieczna analiza, lub wprowadzenie od podstawy



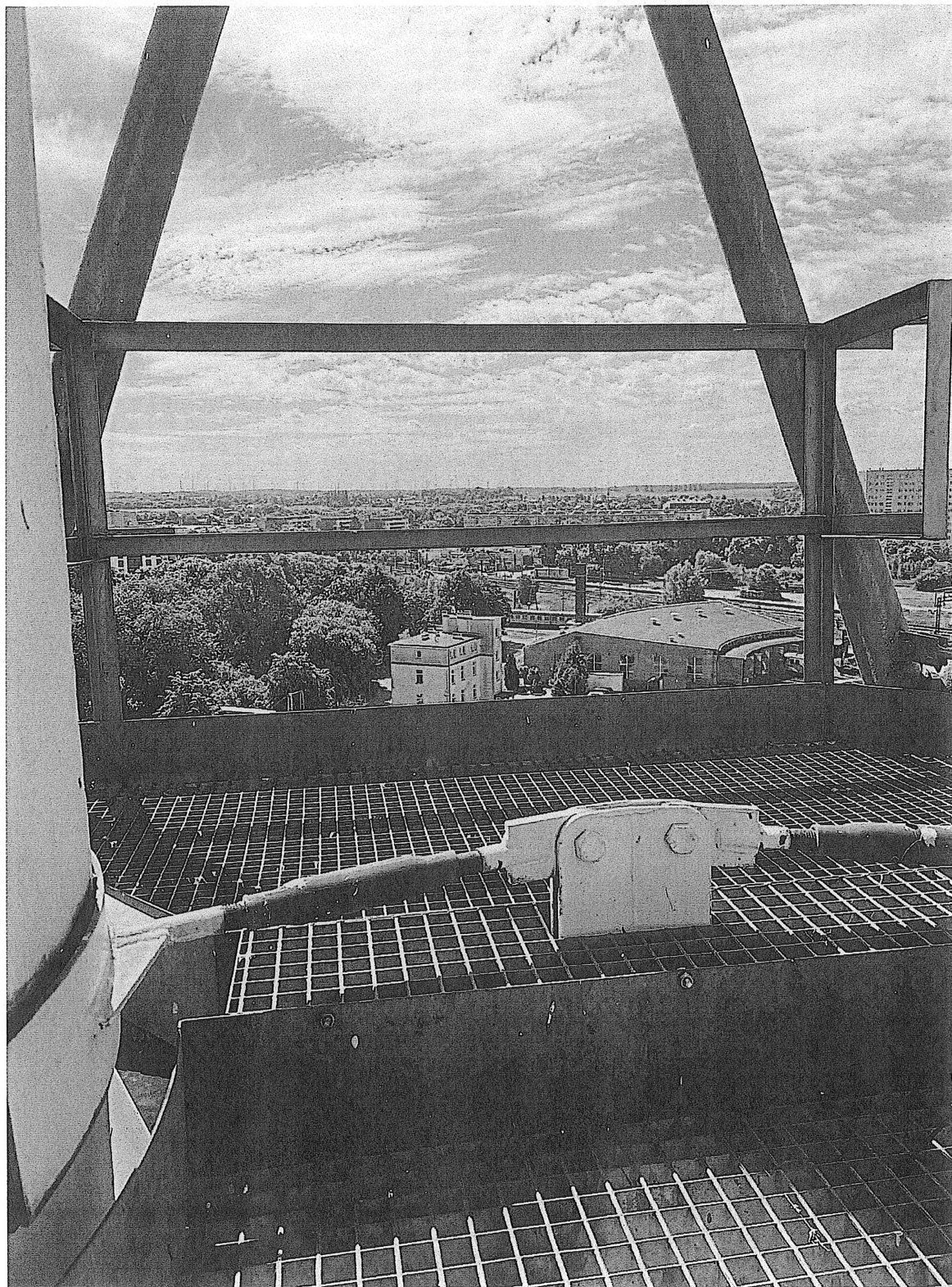


Fot. nr 4 – brak zabezpieczenia antykorozyjnego między blachami mocującymi , korozja na śrubie rzymskiej



Fot. nr 4 – Widoczna korozja na elementach wzmacnianych – konieczne szlifowanie i ponowne nałożenie powłok malarskich





Fot. nr 4 – Zardzewiałe śruby rzymskie – sugerowana wymiana na wykonane ze stali kwasoodpornej



Fot. nr 4 – Przewody wokół dojścia do drabiny – konieczne uporządkowanie





Fot. nr 4 - Uszkodzenie odpory stabilizującej – wymagana naprawa

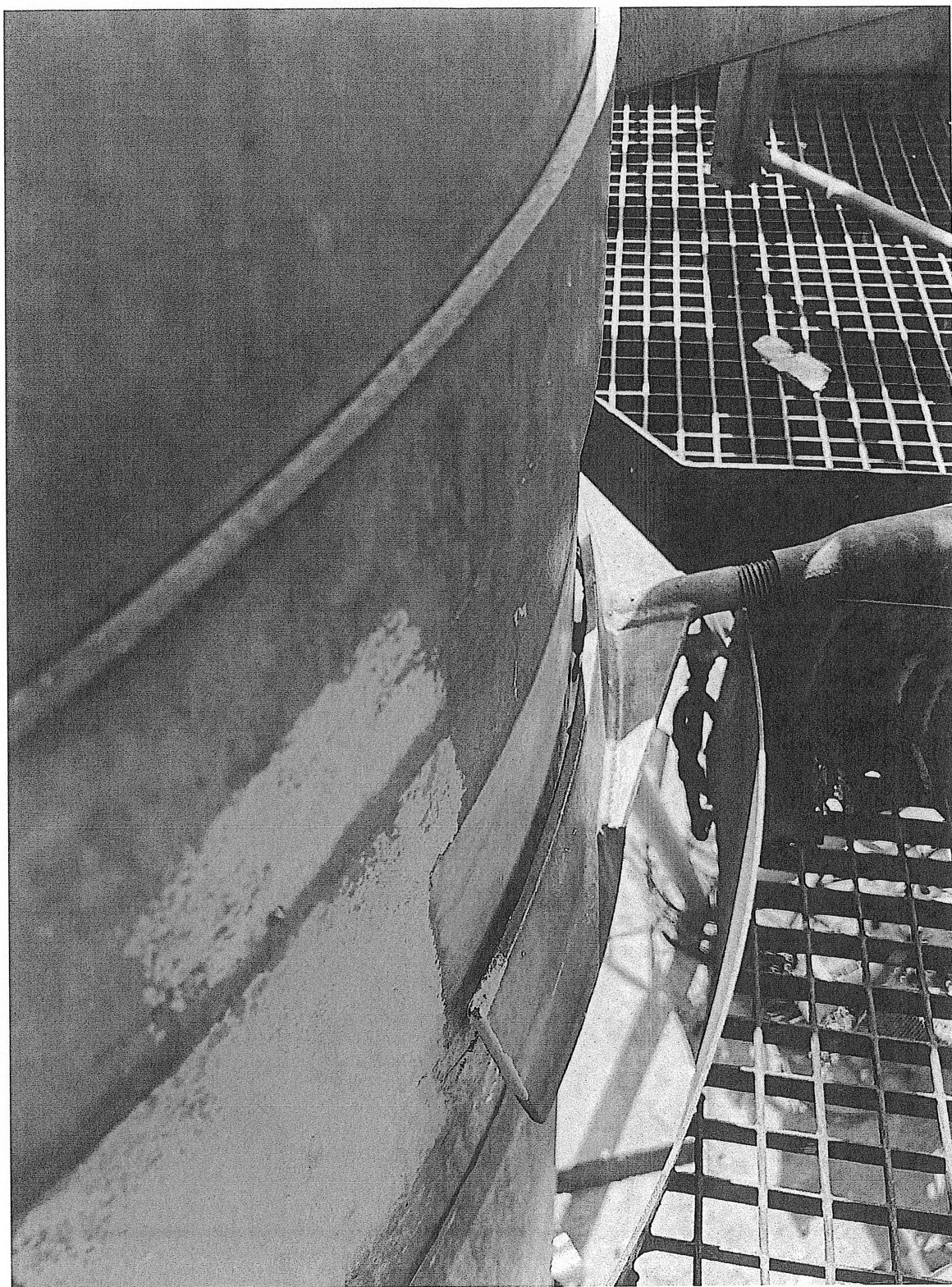


Fot. nr 4 – Uszkodzenie odpory stabilizującej – wymagana naprawa





Fot. nr 4 – Korozja na przewodzie nr 2 poz. +56.0m



Fot. nr 4 – Uszkodzenia odpory stabilizującej komin – wymagana naprawa





Fot. nr 4 – Braki/ uszkodzenia malowania poz. +56.0m – konieczność powtórnego nałożenia powłok



Fot. nr 4 – Widok na przeponę zabudowaną blachą ryflowaną – konieczność oczyszczenia i wykonania malowania antykorozyjnego.