jednostka projektowa:	ARCHO pracownia architektoniczna mgr inż. arch. Agnieszka Oprzyńska ul. Metalowa 3/16, 10-603 Olsztyn e-mail: archo-olsztyn@o2.pl tel. 608 466 936 fax (89) 533 35 77	**1**

nazwa i adres obiektu:	**PROJEKT TECHNICZNY BUDOWY NOWEGO KOMINA W CIEPŁOWNI MIEJSKIEJ W KOLNIE** **KOMIN STALOWY O WYSOKOŚCI H=45m i średnicy Dz=1420mm**		
branża:	**BUDOWLANA**		
lokalizacja:	Kolno ul. Ciepła 1		
Inwestor:	PRZEDSIĘBIORSTWO USŁUG KOMUNALNYCH W KOLNIE sp. z o.o. ul. Kolejowa 4A 18-500 Kolno		
projektant:	konstrukcja:	inż. Tomasz Sikorski upr. bud. WAM/0056/PWOK/08	
sprawdzająca:	konstrukcja:	inż. Anna Sikorska upr. bud. WAM/0099/POOK/10	
data opracowania	28 PAŹDZIERNIK 2021		
Kategoria obiektu	XXIX		
zawartość opracowania:	Uprawnienia opracowującego		strony 2 do 8
	Opis, obliczenia		strony 9 do 102
	Informacja do planu BIOZ		strony 103 do 108
	Rysunki		strony 109 do 118
oświadczenie:	W oparciu o art.20 ust.4 ustawy z dnia 07 lipca 1994 – Prawo Budowlane (Dz. U. z 2020r. poz. 1333 z późniejszymi zmianami) **oświadczam, że PROJEKT TECHNICZNY BUDOWY NOWEGO KOMINA W CIEPŁOWNI MIEJSKIEJ W KOLNIE KOMIN STALOWY O WYSOKOŚCI H=45,0m I ŚREDNICY DZ=1420mm** zlokalizowanego przy kotłowni na ulicy Ciepłej 1 w Kolnie została sporządzona zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami wiedzy technicznej. inż. Tomasz Sikorski mgr. inż. Anna Sikorska		

WARMIŃSKO-MAZURSKA
OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA
10-532 Olsztyn, Plac Konsulatu Polskiego 1

WAM/OKK/U/62/08 Olsztyn, dnia 4 czerwca 2008 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów /Dz. U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, ze zm./, w związku z **art. 5 ustawy z dnia 28 lipca 2005 r.** o zmianie ustawy-Prawo budowlane oraz o zmianie niektórych innych ustaw /Dz. U. z 2005 r. Nr 163 poz. 1364/, art. 12 ust. 3, **art. 13 ust. 1 pkt 1 i 2, art. 14 ust. 1 pkt 2** ustawy z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane /t.j. Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016 ze zm./, **§ 3 ust. 1, § 12 pkt 1** i **§ 17 ust. 1 pkt 1 i 2** rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2005 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2005 r. Nr 96 poz. 817/ oraz art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego /t.j. Dz.U. z 2000 r. Nr 98, poz.1071 ze zm./

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna

nadaje

Panu TOMASZOWI SIKORSKIEMU

inżynierowi budownictwa
ur. dnia 22 kwietnia 1980 r. w Bartoszycach

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

Nr ewid. WAM/ 0056 /PWOK/08

DO PROJEKTOWANIA I KIEROWANIA ROBOTAMI BUDOWLANYMI BEZ OGRANICZEŃ W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

Pouczenie :

1. Zgodnie z art. 12 ust. 7 w/w ustawy Prawo budowlane – podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis, w drodze decyzji, do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, potwierdzony zaświadczeniem wydanym przez tę izbę, z określonym w nim terminem ważności.
2. Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Olsztynie, w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

WARMIŃSKO-MAZURSKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Skład orzekający OKK:

1. mgr inż. Andrzej Stasiorowski
2. inż. Janusz Palmowski
3. mgr inż. Sylwester Rączkiewicz

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

2

Pan Tomasz Sikorski upoważniony jest :

I. Na podstawie art.12 ust.1 pkt 1 i 2, art. 13 ust. 3 i 4 ustawy Prawo budowlane, w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń do:

a) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
b) kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,
c) kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
d) wykonywania nadzoru inwestorskiego,
e) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych .

II. Na podstawie **§ 3 ust. 1, § 17 ust. 1 pkt 1 i 2** powołanego na wstępie rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2005 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2005 r. Nr 96 poz. 817/, niniejsze uprawnienia budowlane uprawniają do :

1) sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności niniejszych uprawnień (§ 3 ust. 1),

2) sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu,

3) kierowania robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji i architektury obiektu.

Otrzymuje:

1. Pan Tomasz Sikorski
   11-200 Bartoszyce, ul. Kętrzyńska 16B
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

PRZEWODNICZĄCY
OKRĘGOWEJ KOMISJI KWALIFIKACYJNEJ

mgr inż. Andrzej Stasiorowski

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

WAM-LVT-TD4-8XF *

Pan Tomasz Sikorski o numerze ewidencyjnym WAM/BO/0177/08

adres zamieszkania Gady 33 b, 11-001 Dywity

jest członkiem Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2022-07-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2021-06-23 roku przez:

Mariusz Dobrzeniecki, Przewodniczący Rady Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Podpis jest prawidłowy

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

GŁÓWNY INSPEKTOR
NADZORU BUDOWLANEGO

DSW/ORZ/600/75/11
ERA

Warszawa, 2011-01-14

DECYZJA

Na podstawie art. 12 ust. 7 i art. 88 a ust. 1 pkt 3 lit. a ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2010 r. Nr 243, poz. 1623) oraz art. 104 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2000 r. Nr 98, poz. 1071, z późn. zm.),

ANNA SIKORSKA
magister inżynier budownictwa

uprawniona na mocy decyzji

Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Warmińsko-Mazurskiej

Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa

z dnia 15.12.2010 r., znak WAM/OKK/U/125/10

uprawnienia budowlane nr ewidencyjny WAM/0099/POOK/10

do wykonywania samodzielnej funkcji technicznej w budownictwie

w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

obejmującej projektowanie

bez ograniczeń

w zakresie określonym w powyższej decyzji

została wpisana
DO CENTRALNEGO REJESTRU OSÓB POSIADAJĄCYCH UPRAWNIENIA BUDOWLANE
pod pozycją 221/11/U/C

Decyzja niniejsza jako uwzględniająca w całości żądania strony, zgodnie z art. 107 § 4 Kpa, nie wymaga uzasadnienia.

Niniejsza decyzja jest ostateczna. W związku z powyższym, stanowi podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie.

Strona może w terminie 14 dni od daty doręczenia decyzji wystąpić, na podstawie art. 127 § 3 Kpa, z wnioskiem o ponowne rozpatrzenie sprawy.

Otrzymują:
1. Pani Anna Sikorska
   Gady 33B
   11-001 Dywity
2. Warmińsko-Mazurska Okręgowa
   Izba Inżynierów Budownictwa
3. aa

GŁÓWNY URZĄD NADZORU BUDOWLANEGO NR 1

z upoważnienia
GŁÓWNEGO INSPEKTORA NADZORU BUDOWLANEGO
DYREKTOR DEPARTAMENTU SKARG I WNIOSKÓW
Anna Januszewska

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

WARMIŃSKO-MAZURSKA
OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA
OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA
10-532 Olsztyn, Plac Konsulatu Polskiego 1

WAM/OKK/U/125/10 Olsztyn, dnia 15 grudnia 2010 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów /Dz.U. z 2001 r. Nr 5 poz. 42, ze zm./, art. 12 ust. 3, **art.13 ust.1 pkt 1, art. 14 ust. 1 pkt 2** ustawy z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo budowlane /tekst jednolity Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 ze zm./, **§ 6 pkt 1** i **2, § 11 ust.1 pkt 1, § 15, § 17 ust. 1 pkt 1** rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578 ze zm./ oraz art. 104 Kodeksu postępowania administracyjnego /t.j. Dz.U. z 2000 r. Nr 98, poz.1071 ze zm./

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
nadaje
Pani ANNIE SIKORSKIEJ
magister inżynier budownictwa
ur. dnia 04 czerwca 1983 r. w Mrągowie

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

Nr ewid. WAM/ 0099/POOK/10

DO PROJEKTOWANIA
BEZ OGRANICZEŃ
W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Szczegółowy zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

Pouczenie :

1. Zgodnie z art. 12 ust. 7 w/w ustawy Prawo budowlane – podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis, w drodze decyzji, do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego, potwierdzony zaświadczeniem wydanym przez tę izbę, z określonym w nim terminem ważności.
2. Od decyzji niniejszej służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Olsztynie, w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

WARMIŃSKO-MAZURSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA OKRĘGOWA

Skład orzekający OKK:

1. mgr inż. Zdzisław Binerowski
2. inż. Janusz Palmowski
3. mgr inż. Elżbieta Lasmanowicz

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

2

Pani Anna Sikorska upoważniona jest :

I. Na podstawie art. 12 ust.1 pkt 1, art. 13 ust. 4 ustawy Prawo budowlane, w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, bez ograniczeń do:

a) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
b) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

II. Na podstawie **§ 15** i **17 ust. 1 pkt 1** rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie /Dz. U. z 2006 r. Nr 83 poz. 578 ze zm./ uprawnienia niniejsze uprawniają do :

1) sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie specjalności niniejszych uprawnień,

2) projektowania obiektu budowlanego w zakresie sporządzania projektu architektoniczno-budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu.

PRZEWODNICZĄCY
OKRĘGOWEJ KOMISJI KWALIFIKACYJNEJ
mgr inż. Zdzisław Binerowski

Otrzymuje:

1. Pani Anna Sikorska
   11-001 Dywity, Gady 33b
2. Okręgowa Rada Izby
3. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
4. a/a

Olsztyn, dnia 15 grudnia 2010 r.

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

POLSKA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

WAM-64Z-QBT-T6C *

Pani Anna Sikorska o numerze ewidencyjnym WAM/BO/0009/11

adres zamieszkania Gady 33 b, 11-001 Dywity

jest członkiem Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.

Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2022-01-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2021-01-01 roku przez:

Mariusz Dobrzeniecki, Przewodniczący Rady Warmińsko-Mazurskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

(Zgodnie art. 5 ust 2 ustawy z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (Dz. U. 2001 Nr 130 poz. 1450) dane w postaci elektronicznej opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu są równoważne pod względem skutków prawnych dokumentom opatrzonym podpisami własnoręcznymi.)

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Podpis jest prawidłowy

ZA ZGODNOŚĆ Z ORYGINAŁEM
inż. Tomasz Sikorski
WAM/0056/PWOK/08

OPIS TECHNICZNY

1.0 Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest **PROJEKT TECHNICZNY KOMINA STALOWEGO o wysokości 45,0m i średnicy Dz=1420mm** znajdującego się na terenie kotłowni przy ulicy Ciepłej 1 w Kolnie.

2.0 Podstawa opracowania

- Zlecenie inwestora
- Wizja lokalna na obiekcie
- Opinie techniczne opracowane dla telefonii PLAY
- Ekspertyza techniczna komina z września 2020 r
- Fachowa literatura
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz.U. 2020 r. poz. 1333 wraz z późn.zm.)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z 2002 poz.690 wraz z późn.zm.)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 czerwca 2002r. w sprawie dziennika budowy, montażu i rozbiórki, tablicy informacyjnej oraz ogłoszenia zawierającego dane dotyczące bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia. – Dz. U. 2002r. Nr 108 poz. 953.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych. – Dz. U. 2003r. Nr 47 poz. 401.
- Ustawa z dn. 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. Nr 129, poz. 844 z późn. zm).

3.0 Dane charakterystyczne

Wysokość komina – 45,0m
Średnica płaszcza komina – 1420mm
Grubość ocieplenia – 12cm
Gemoetria komina – komin w trónogu

4.0 Opis rozwiązań konstrukcyjno – materiałowych

4.1 Fundament

Komin posadowiono na istniejącym w fundamencie wykonanym z betonu B150 (Rw170). Klasę betonu sprawdzono metodą nieniszącą – SKLEROMETREM, beton zakwalifokowano do C16/20 (B20).

Niezależnie od istniejącego uziomu po zamontowaniu komina należy wykonać sprawdzenia skuteczności uziomu przez osobę uprawnioną z potwierdzeniem

protokołem odbioru. W razie konieczności należy zastosować dodatkowe uziomy pionowe wbijane w ziemię i połączone z kominem przy pomocy zacisków podłożonych pod nakrętki śrub kotwowych.

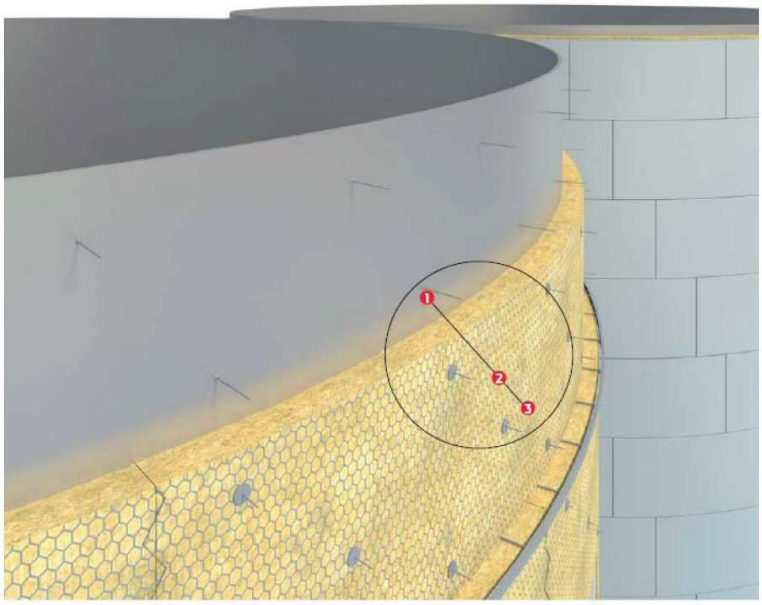
Kominy opierać na fundamencie poprzez polewkę WEBER VM2 o grubości 30-50mm a na śrubach kotwowych zakładać po dwie nakrętki klasy 5.6 . Po wykonaniu połączenia, śruby wraz z nakrętkami należy osłonić plastikowymi osłonkami zabezpieczającymi przed korozją. Przestrzeń pomiędzy osłonką a śrubami należy wypełnić smarem aby utrudnić dostęp powietrza i wody do połączenia.

Szczegóły zbrojenia fundamentów w rysunkach konstrukcyjnych.

4.2 Komin Ø 1420x12mm

Zaprojektowano trzon nośny komina stalowego o średnicy Ø1420mm o grubości ścianki 12mm oraz wysokości 45,00m ponad wierzch fundamentu. Zewnętrzny – nośny płaszcz komina stalowego należy wykonać ze stali S355J2 równoważnikiem tego materiału jest stal S355. Komin zaprojektowano jako stojący w istniającym trónogu, przegubowo osadzony w fundamencie.

Komin będzie odprowadzał spaliny z projektowanych kotłów o temperaturze 300°C. Płaszcz przewodu kominowego odprowadzającego spaliny należy zaizolować wełną mineralną ProRox VM 950 ROCKWOOL ALU WIRED MAT 80 o grubości 120mm



1 Przewód kominowy stalowy
2 Element mocujący izolację
3 PROROX WM, WIRED MAT 80 lub TECHROCK

Parametry techniczne

	Właściwości produktu												Norma
Przewodność cieplna	T (°C)	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	640	EN 12667
	λ (W/mK)	0,039	0,045	0,053	0,062	0,072	0,084	0,097	0,112	0,146	0,192	0,213	
Maksymalna temperatura stosowania	640 °C												EN 14706
Klasa reakcji na ogień	Euroclass A1												EN 13501-1
Gęstość nominalna	80 kg/m³												EN 1602
Zawartość chlorków	< 10 ppm												EN 13468
Nasiąkliwość wodą	< 1 kg/m²												EN 1609
Przenikanie pary wodnej	μ = 1												EN 12086
Opór przepływu powietrza	> 40 kPa.s/m²												EN 29053
Kod produktu	MW EN 14303-T2-ST(+)640-WS1-CL10												EN 14303

Przewidywany okres eksploatacji wynosi minimum 20 lat, przy założeniu średniego rocznego tempa korozji w wysokości 0,3 mm.

4.3 Elementy wyposażenia komina

4.3.1 Wlot czopucha

Wlot czopucha pod kątem 40° od pionu, wykonać dla przewodu przesyłowego z blach o grubośc 12mm. Czopuch należy w całości wykonać na terenie budowy, ze względu na konieczność dopasowania do istniejącego wylotu spalin z kotłowni.. Czopuch powinien mieć element kompensujący ruchy termiczne w taki sposób, aby nie oddziaływał siłami poziomymi (wskutek wydłużenia przy nagrzaniu) na przewody kominowe.

W części nośnej płaszcza kominowego Ø610 x 7.1mm należy wykonać otwór o wymiarach wewnętrznych 2003x630mm umożliwiający wspawanie czopucha przewodu przesyłowego. Krawędzie otworu przewodu nośnego należy wzmocnić obramowaniem z płaskownika 150x8mm. Blachy muszą być wspawane przez całą długość otworu czopucha, tak by wzmocnić przekrój osłabiony. Wzmocnienie otworu należy wykonać ze stali S355J2.

4.3.2 Wyczystka

Przewidziano wyczystkę o wymiarach wewnętrznych 400x500mm wykonaną z blachy o grubości 12mm ze stali S355J2.

4.3.3 Odprowadzenie kondensatu

Kondensat będzie odprowadzany przy pomocy rury stalowej oznaczonej wg S355J2 o średnicy Ø38x4mm wspawanej w najniższym punkcie dna komina. Na rurze należy wykonać gwint zewnętrzny umożliwiający przyłączenie odpływu do utylizacji kondensatu.

4.3.4 Otwory pomiarowo – kontrolne

Do kontroli składu spalin, wykonywanych przez państwowe służby ochrony środowiska, zamontować tuleje z otworami pomiarowo – kontrolnymi na czopuchach doprowadzających spaliny do komina, zgodnie z projektem technologicznym, oraz na kominie – w miejscach wskazanych na rysunku.

4.3.5 Drabina włazowa

Zaprojektowano drabinę włazową z dwóch segmentów scalaną na budowie i mocowaną do komina co 100cm.

- podłużnice i wsporniki mocujące z kątownika LN 60x40x4
- szczeble włazowe z pręta fi20mm
- pałąk ochronny z płaskownika 40x5mm

Do drabiny należy zamocować szynę bezpieczeństwa typu GLIDE LOCK, ALU PRO lub równoważną.

Przed wejściem na drabinę należy wpiąć wózek w szynę i zapiąć go w uprząż zabezpieczającą (indywidualną). Po wejściu na pomost rewizyjny i zapięciu karabińczyka uprzęży na balustradzie można wypiąć wózek z szyny przeciwupadkowej. Podczas zejścia z pomostu czynności przeprowadzić w odwrtonej kolejności – pamiętając, że nie można wypiąć karabińczyka z balustrady do momentu prawidłowego wpięcia wózka w szynę przeciwupadkową.

4.3.6 Istniejący trojnóg

Istniejący trójnóg jest w dobrym stanie technicznym. Należy go oczyścić mechanicznie z powłok malarskich i rdzy według poniższych zaleceń

Przygotowanie powierzchni :

- Podłoże przeznaczone do malowania renowacyjnego należy odtłuścić poprzez staranne umycie wodą z dodatkiem płynu ***PANSSARIPESU*** produkowanego przez ***Tikkurila Coatings*** lub innym dostępnym detergentem ; przy braku urządzeń ciśnieniowych mycie można przeprowadzić używając szczotek.
- całą powierzchnię spłukać bieżącą wodą i osuszyć.
- metodami ręczno - mechanicznymi oczyścić do stopnia czystości min. **St 2** wg **PN- ISO 8501-1**, przy użyciu skrobaków, szczotek drucianych, szlifierek itp., usunąć zniszczoną, popękaną i łuszczącą się starą powłokę, miejsca przekorodowane oczyścić z rdzy możliwie najstaranniej do gołego metalu.
- miejsca gdzie występują ubytki starej powłoki dokładnie wyrobić farbą epoksydową
  TEMABOND ST 200 rozcieńczoną dodatkiem ok. 20% rozcieńczalnika 1031.
- miejsca gdzie stara powłoka nie jest spękana i mocno przywiera do podłoża – pozostawić.
- powierzchnia przygotowana do malowania powinna być sucha, pozbawiona tłuszczu i kurzu.

Po ok. 2-4 godzinach (w zależności od temp. otoczenia, która nie powinna być niższa niż +5 ^{o}C), na tak przygotowaną powierzchnię wraz z dobrze zachowaną starą powłoką malarską, nanosimy właściwy system malarski : **SYSTEM MALARSKI II**

5.0. Zabezpieczenie antykorozyjne

Przygotowanie powierzchni

Powierzchnię należy zmyć strumieniem wody zawierającej dodatek detergentu, emulgatora lub gotowego preparatu - ***PANSSARIPESU*** produkowanego przez ***Tikkurila Coatings,*** tak aby usunąć zanieczyszczenia ze wszystkich zakamarków konstrukcji.
W koniecznym przypadku do usunięcia tłuszczów można użyć szmat nasączonych rozpuszczalnikiem, pamiętając o konieczności częstej wymiany lub płukania szmat.
Po umyciu całą powierzchnię dokładnie spłukać czystą wodą i wysuszyć.

- Powierzchnia stalowa oczyszczona **metodą strumieniowo-ścierną** do stopnia czystości co najmniej ***Sa 2.5 według PN-ISO 8501 - 1.***
- Ostre krawędzie stępić, usunąć odpryski spawalnicze i oszlifować szwy spawów.
- Po oczyszczeniu powierzchnię dokładnie odkurzyć przez przedmuchanie strumieniem czystego sprężonego powietrza lub odessanie zanieczyszczeń odkurzaczem przemysłowym.
- Powierzchnia przygotowana do malowania powinna być sucha, pozbawiona tłuszczu i kurzu.

– Wszystkie trudno dostępne miejsca, krawędzie przed malowaniem właściwym należy dobrze wyrobić pędzlem.

System malarski I
(płaszcz komina)

L.p.	**Nazwa farby**	Zawartość części stałych (%)	Ilość warstw	Grubość warstwy µm	Zużycie teoretyczne dm3/m2
1	**TEMASIL 90**	55	1	80	0,145
2	**TEMAL 600 aluminiowy**	22	1	20	0,091
			2	**100**	

System malarski II
(drabiny, kosze, stopnie, elementy mocujące)

L.p.	**Nazwa farby**	Zawartość części stałych (%)	Ilość warstw	Grubość warstwy µm	Zużycie teoretyczne dm3/m2
1	**TEMACOAT SPA MIO**	65	1	80	0,123
2	**TEMACOAT SPA MIO**	65	1	80	0,123
3	**TEMADUR 50**	56	1	60	0,107
			3	**220**	

Trwałość zabezpieczenia antykorozyjnego obydwu systemów oceniana jest na min. 10 lat i po tym okresie należy się spodziewać sytuacji ponownego przemalowania konstrukcji.

Dopuszcza się użycie równoważnego systemu malarskiego pod warunkiem akceptacji projektanta i zachowania rygorów technologicznych wykonania oczyszczenia i powłok.

6.0. Wytyczne montażu kominów

- W czasie montażu przestrzegać przepisów BHP przy robotach budowlano – montażowych.
- Scalenie segmentów komina oraz drabin i ocieplenia wykonać na budowie na wypoziomowanych koziołkach
- Komin podnosić za głowicę przy pomocy dźwigu samochodowego o odpowiednim udźwigu.
- Dopuszczalne wychylenie montażowe komina z pionu wynosi ±70mm.

7.0. Wytyczne eksploatacji kominów

a) Komin może być bezpiecznie eksploatowany, jeśli grubość ścianek w dolnym segmencie jest większa od 5mm a w segmencie górnym 6mm.

b) Kontrola stanu technicznego przewodu i wyposażenia powinna być przeprowadzona jeden raz w roku, od wiosny do jesieni.

W zakres sprawdzania wchodzi:
- stan powłok malarskich drabiny włazowej
- stan izolacji termicznej
- stan instalacji odgromowej
- stan zanieczyszczenia dna przewodu oraz drożność odpływu kondensatu
- stan połączeń śrubowych

Nie dopuszcza się pozostawienie uszkodzeń bez napraw i konserwacji.
Wyniki odnotowywać w założonym dzienniku obiektu przechowywanym przez służby inwestycyjne właściciela.

c) Po 4 latach użytkowania, a następnie w terminach ustalonych w wytycznych pokontrolnych należy przeprowadzić badanie i ocenę stanu technicznego kominów przez osobę uprawnioną, które powinno obejmować:
- sprawdzenie grubości blach przewodu na całej jego wysokości. Liczbę punktów kontrolnych można ograniczyć do przekrojów najbardziej charakterystycznych : nad i pod wlotem czopucha, nad i pod połączeniem kołnierzowym segmentów, podstawa i wylot komina
- sprawdzenie połączeń spawanych oraz śrubowych
- sprawdzenie elementów wg punktu b)

d) Kontroli wzrokowej dokonywać także po każdych większych wiatrach. Za kontrole uczynić odpowiedzialnego jednego z pracowników obsługi kotłowni. W przypadku zauważonych nieprawidłowości pracy komina:
- obluzowanie się i urwanie części śrub kotwowych
- trwałego wychylenia od pionu większego niż 90mm
- amplitudy drgań wierzchołka komina większej niż ± 50cm
- itp.

Należy natychmiast zasięgnąć opinii osoby uprawnionej a teren zabezpieczyć przed wstępem osób w promieniu 55,0m od kominów.

8.0. Elementy dodatkowe

Dopuszcza się montaż elementów dodatkowych na przewodzie nośnym komina – tj. anteny przekaźnikowe (internet, telefonia komórkowa), a ich łączna powierzchnia, wystawiona na działanie wiatru, nie może przekraczać łącznie zestawienia z Poz.1.3.4. Przekaźniki nie mogą wystawać ponad wierzch komina wyżej niż 1m. W przypadku niespełnienia jakiegokolwiek warunku, należy ponownie przeliczyć nośność trzonu kominowego z uwzględnieniem powstałej korozji.

9.0 Uwagi końcowe

9.1 Zatrudnienie

Pracownicy zatrudnieni przy obrotach budowlano konstrukcyjnych, oprócz koniecznych kwalifikacji zawodowych (np. uprawnienia spawalnicze) powinni być przeszkoleni w zakresie BHP, oraz powinni posiadać niezbędny sprzęt ochrony osobistej.

9.2 Atesty

Wszelkie użyte na budowie materiały i wyroby budowlane muszą posiadać aktualne atesty lub świadectwa dopuszczające do użytku w budownictwie, wydane przez uprawnione do tego organy.

Materiały muszą posiadać znak „**CЄ**" lub „**B**" zgodnie z **USTAWĄ O WYROBACH BUDOWLANYCH z dnia 16 kwietnia 2004**.

9.3 Kierowanie pracami

- prace wykonywać pod kierownictwem i nadzorem osób uprawnionych
- prace prowadzić zgodnie z projektem i sztuka budowlaną
- prace prowadzić zgodnie z przepisami BHP

Opracował

inż. Tomasz Sikorski

Upr. bud. WAM/0056/PWOK/08

Członek Warmińsko Mazurskiej
Izby Inżynierów Budownictwa
WAM / BO / 0177 / 08

OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Poz.1.0 Zebranie oddziaływań wg PN-EN-1990

Poz.1.1 Założenia techniczne

- temperatura krytyczna gazów spalinowych
  k_r=350°Cx1,2=420°C

- strefa obciążenia wiatrem - I

- połączenie segmentów – na śruby, kołnierzowe

- stopień zagrożenia korozyjnego
  Ip2 S=+1
  Ip5 S=+2

- przewidywany okres eksploatacji
  t_e = 20 lat

- przewidywana korozja roczna wewnętrzna
  Δt_1= 3x0.1= 0.3mm/rok

- przewidywana korozja ścianek wewnętrzna
  Δt= 20x0.3 = 6mm

- przewidywana korozja zewnętrzna
  Δt_2= 1mm/20lat

- gatunek stali przewodu kominowego
  S355 f_d = 355 MPa

-Temperatura krytyczna przewodu spalinowego (dla długości czopucha 7m)

$$T_{Scr} = T_S - l \cdot \Delta t = 414{,}38 - 7 \cdot 0{,}048 = 414{,}04^0C$$

-Zmniejszenie wytrzymałości stali ze względu na temperaturę

$$f_{dT} = f_d \cdot (1{,}022 - 0{,}197 \times 10^{-3} \cdot T_{Scr} - 1{,}590 \times 10^{-6} \cdot {T_{Scr}}^2)$$

$$f_{dT} = 355 \cdot (1{,}022 - 0{,}197 \times 10^{-3} \cdot 414{,}04 - 1{,}590 \times 10^{-6} \cdot 414{,}04^2) = 237{,}09MPa$$

$$E_T = E \cdot (0{,}987 + 0{,}300 \times 10^{-3} \cdot T_{Scr} - 1{,}857 \times 10^{-6} \cdot T_{Scr}^2)$$

$$E_T = 205 \cdot (0{,}987 + 0{,}300 \times 10^{-3} \cdot 414{,}04 - 1{,}857 \times 10^{-6} \cdot 414{,}04^2) = 162{,}424GPa$$

-Zmniejszenie wytrzymałości stali ze względu na korozję

$$\alpha_{KOR} = \frac{1}{1+0{,}04 \cdot t_e \cdot \Delta t} = \frac{1}{1+0{,}04 \cdot 20 \cdot 0{,}4} = 0{,}757$$

Poz.1.2 Oddziaływania stałe wg PN-EN-1991-1-1

Poz.1.2.1 Warstwy płaszcza komina

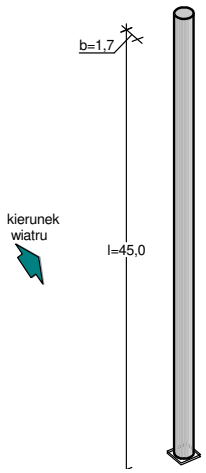
L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN/m	ψ	Wartość rep. kN/m	γ_F	Wartość obl. kN/m
1.	Blacha powłokowa [78,500kN/m³·0,001m·1,00m]	stałe	0,08	--	0,08	1,35	0,11
2.	Wełna mineralna 12cm [1,400kN/m³·0,12m·1,00m]	stałe	0,17	--	0,17	1,35	0,23
3.	Wsporniki izolacji	stałe	0,11	--	0,11	1,35	0,15
4.	Drabina	stałe	0,40	--	0,40	1,35	0,54
		Σ:	**0,76**		**0,76**		**1,03**

Poz.1.2.2 Ciężar galerii pomostowych

L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN	ψ	Wartość rep. kN	γ_F	Wartość obl. kN
1.	Galeria wraz z wyposażeniem	stałe	20,00	--	20,00	1,35	27,00
		Σ:	**20,00**		**20,00**		**27,00**

Poz.1.3 Oddziaływania wiatrem wg PN-EN-1991-1-3

Poz.1.3.1 Trzon komina – sytuacja poczkątkowa



- Walec kołowy o wymiarach: b = 1,7 m, l = 45,0 m
- Powierzchnia walca: malowana gładko → wartość chropowatości powierzchni k = 0,006 mm
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:
  Strefa obciążenia wiatrem 1; A = 300 m n.p.m.
  $v_{b,0}$ = 22 m/s (wg załącznika krajowego)
- Współczynnik kierunkowy: c_{dir} = 1,0
- Współczynnik sezonowy: c_{season} = 1,00
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$ = 22,00 m/s
- Kategoria terenu I → z_0 = 0,01 m, z_{min} = 1 m
- Współczynnik orografii: $c_o(z_e)$ = 1
- Współczynnik turbulencji: k_I = 1,0
- Współczynnik terenu: $k_r = 0{,}19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07}$ = 0,170
- Współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0)$ = 0,170·ln(10,00/0,01) = 1,17 (wg p.4.3.2 normy)
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b$ = 25,80 m/s
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = k_I / (c_o(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0))$ = 0,145
- Gęstość powietrza: ρ = 1,25 kg/m³
- Szczytowe ciśnienie prędkości: $q_p(z_e) = [1+7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e)$ = 837,5 Pa = 0,837 kPa
- Współczynnik konstrukcyjny:
  Częstotliwość drgań własnych: n_1 = 1,578 Hz
  Logarytmiczny dekrement tłumienia: $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$ = 0,014 + 0,0 + 0,0 = 0,014
  Współczynnik odpowiedzi pozarezonansowej: B^2 = 0,739
  Współczynnik odpowiedzi rezonansowej: R^2 = 3,712
  Częstotliwość przewyższania: v = 1,441 Hz
  Współczynnik wartości szczytowej: k_p = 3,841
  Współczynnik rozmiarów: c_s = 0,917
  Współczynnik dynamiczny: c_d = 1,943
  Współczynnik konstrukcyjny: $c_sc_d = c_s \cdot c_d$ = 1,782

Poz.1.3.1.1 Do wysokości 10m

Siła oddziaływania wiatru:

- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 36{,}61$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 36{,}61$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}15 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}62$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}62 \cdot 0{,}77 = 0{,}48$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d c \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}782 \cdot 0{,}482 \cdot 0{,}837 \cdot 1{,}00 =$ **0,718 kN/m**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}718 \cdot 1{,}5 =$ **1,077 kN/m**

Poz.1.3.1.2 Do wysokości 20m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 39{,}34$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 39{,}34$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}46 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}63$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}63 \cdot 0{,}77 = 0{,}49$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}782 \cdot 0{,}486 \cdot 0{,}967 \cdot 1{,}00 =$ **0,837 kN/m**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}837 \cdot 1{,}5 =$ **1,256 kN/m**

Poz.1.3.1.3 Do wysokości 30m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 40{,}94$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 40{,}94$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}64 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}63$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}63 \cdot 0{,}77 = 0{,}49$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}782 \cdot 0{,}488 \cdot 1{,}047 \cdot 1{,}00 =$ **0,911 kN/m**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}911 \cdot 1{,}5 =$ **1,367kN/m**

Poz.1.3.1.4 Do wysokości 40m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 42{,}06$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 42{,}06$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}77 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}63$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}63 \cdot 0{,}77 = 0{,}49$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}782 \cdot 0{,}490 \cdot 1{,}106 \cdot 1{,}00 =$ **0,965 kN/m**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}965 \cdot 1{,}5 =$ **1,448 kN/m**

Poz.1.3.1.5 Do wysokości 45m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 42{,}52$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 42{,}52$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}82 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} =$

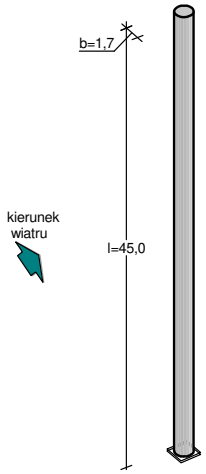
$1,2+[0,18\cdot\log(10\cdot10^{-5})]/[1+0,4\cdot\log(R_e/10^6)] = 0,63$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0,74\cdot l/b = 19,66 \rightarrow$ współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0,77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0}\cdot\psi_\lambda = 0,63\cdot0,77 = 0,49$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_sc_d\cdot c_f\cdot q_p(z_e)\cdot A_{ref} = 1,782\cdot0,491\cdot1,130\cdot1,00 =$ **0,988 kN/m**

$F_D = F_w\cdot\gamma_f = 0,718\cdot1,5 =$ **1,482 kN/m**

Poz.1.3.2 Trzon komina – sytuacja końcowa, ostatnie 3 lata



- Walec kołowy o wymiarach: b = 1,7 m, l = 45,0 m
- Powierzchnia walca: malowana gładko → wartość chropowatości powierzchni k = 0,006 mm
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:
  - Strefa obciążenia wiatrem 1; A = 300 m n.p.m.
  - $v_{b,0}$ = 22 m/s (wg załącznika krajowego)
- Współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
- Współczynnik prawdopodobieństwa dla okresu powrotu 3 lat
  - Roczne prawdopodobieństwo przekroczenia: $p \approx 1/5 = 0,20$
  - Parametry: K = 0,2; n = 0,5

$c_{prob} = [(1-K\cdot\ln(-\ln(1-p)))/(1-K\cdot\ln(-\ln(0,98)))]^n = [(1-0,2\cdot\ln(-\ln(1-0,20)))/(1-0,2\cdot\ln(-\ln(0,98)))]^{0,5} = 0,855$
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir}\cdot c_{season}\cdot v_{b,0}\cdot c_{prob} = 18,80$ m/s
- Współczynnik orografii: $c_o(z_e) = 1$
- Współczynnik turbulencji: $k_I = 1,0$
- Współczynnik terenu: $k_r = 0,19\cdot(z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,170$
- Współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = k_r\cdot\ln(z_e/z_0) = 0,170\cdot\ln(10,00/0,01) = 1,17$ (wg p.4.3.2 normy)
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e)\cdot c_o(z_e)\cdot v_b = 22,04$ m/s
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = k_I / (c_o(z_e)\cdot\ln(z_e/z_0)) = 0,145$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25$ kg/m³
- Szczytowe ciśnienie prędkości: $q_p(z_e) = [1+7\cdot I_v(z_e)]\cdot(1/2)\cdot\rho\cdot v_m^2(z_e) = 611,5$ Pa = 0,611 kPa
- Współczynnik konstrukcyjny:
  - Częstotliwość drgań własnych: $n_1 = 1,578$ Hz
  - Logarytmiczny dekrement tłumienia: $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,014 + 0,0 + 0,0 = 0,014$
  - Współczynnik odpowiedzi pozarezonansowej: $B^2 = 0,771$
  - Współczynnik odpowiedzi rezonansowej: $R^2 = 4,166$
  - Częstotliwość przewyższania: $\nu = 1,449$ Hz
  - Współczynnik wartości szczytowej: $k_p = 3,842$
  - Współczynnik rozmiarów: $c_s = 0,936$
  - Współczynnik dynamiczny: $c_d = 1,871$
  - Współczynnik konstrukcyjny: $c_sc_d = c_s\cdot c_d = 1,751$

Poz.1.3.2.1 Do wysokości 10m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 31{,}28$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 31{,}28$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 3{,}54 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}61$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}61 \cdot 0{,}77 = 0{,}47$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}751 \cdot 0{,}472 \cdot 0{,}611 \cdot 1{,}00 =$ **0,505 kN/m**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}505 \cdot 1{,}5 =$ **0,758 kN/m**

Poz.1.3.2.2 Do wysokości 20m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 33{,}62$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 33{,}62$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 3{,}81 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}62$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}62 \cdot 0{,}77 = 0{,}48$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}751 \cdot 0{,}476 \cdot 0{,}706 \cdot 1{,}00 =$ **0,589 kN/m**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}589 \cdot 1{,}5 =$ **0,884 kN/m**

Poz.1.3.2.3 Do wysokości 30m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 34{,}98$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 34{,}98$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 3{,}96 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}62$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}62 \cdot 0{,}77 = 0{,}48$

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}751 \cdot 0{,}479 \cdot 0{,}765 \cdot 1{,}00 =$ **0,641 kN**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}641 \cdot 1{,}5 =$ **0,962 kN/m**

Poz.1.3.2.4 Do wysokości 40m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 35{,}94$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 35{,}94$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}07 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1{,}2+[0{,}18 \cdot \log(10 \cdot 10^{-5})]/[1+0{,}4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0{,}62$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0{,}74 \cdot l/b = 19{,}66$ → współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0{,}77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0{,}62 \cdot 0{,}77 = 0{,}48$
- Powierzchnia odniesienia: $A_{ref} = 1{,}00$ m² (wartość zdefiniowana przez użytkownika)

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1{,}751 \cdot 0{,}480 \cdot 0{,}807 \cdot 1{,}00 =$ **0,680 kN**

$F_D = F_w \cdot \gamma_f = 0{,}680 \cdot 1{,}5 =$ **1,020 kN/m**

Poz.1.3.2.5 Do wysokości 45m

Siła oddziaływania wiatru:
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e)/\rho)^{1/2} = 36{,}34$ m/s
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e)/\nu = 1{,}7$ m $\cdot 36{,}34$ m/s $/(15 \cdot 10^{-6}$ m²/s) $= 4{,}12 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} =$

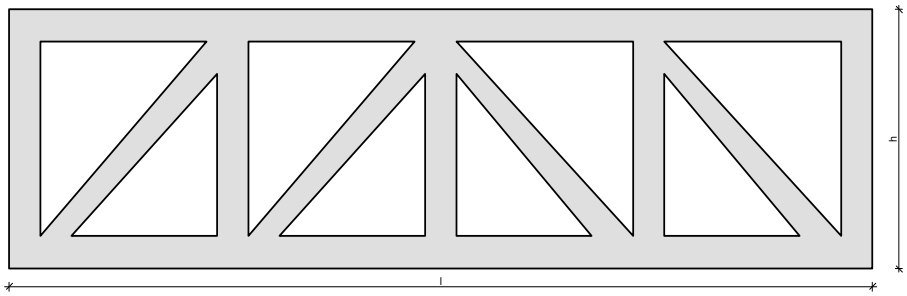
$1,2+[0,18\cdot\log(10\cdot10^{-5})]/[1+0,4\cdot\log(R_e/10^6)] = 0,62$
- Smukłość efektywna: $\lambda = 0,74\cdot l/b = 19,66 \rightarrow$ współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0,77$
- Współczynnik siły aerodymanicznej: $c_f = c_{f,0}\cdot\psi_\lambda = 0,62\cdot0,77 = 0,48$
- Powierzchnia odniesienia: $A_{ref} = 1,00$ m² (wartość zdefiniowana przez użytkownika)

Siła oddziaływania wiatru:

$F_w = c_s c_d\cdot c_f\cdot q_p(z_e)\cdot A_{ref} = 1,751\cdot0,481\cdot0,825\cdot1,00 =$ **0,696 kN**

$F_D = F_w\cdot\gamma_f = 0,696\cdot1,5 =$ **1,044 kN/m**

Poz.1.3.3. Wiatr na galerię



S = h x l [m2] - powierzchnia obrysu dźwigara
F - suma powierzchni rzutów wszystkich elementów dźwigara na jego płaszczyznę [m2]

Dźwigar kratowy płaski:
- Dźwigar kratowy płaski o skratowaniu z kształtowników
- Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru:
  - strefa obciążenia wiatrem I; H = 300 m n.p.m. $\rightarrow q_k = 300$ Pa

  $q_k = 0,300$ kN/m²
- Współczynnik ekspozycji:

  rodzaj terenu: A; z = H = 45,0 m $\rightarrow C_e(z) = 1,23+0,0067\cdot45,0 = 1,53$
- Współczynnik działania porywów wiatru:

  $\beta = 2,62$
- Współczynnik wypełnienia:

  $\varphi = F/S = 1,35/4,32 = 0,313$
- Współczynnik aerodynamiczny:

  $C = C_x = 1,60$

Obciążenie charakterystyczne:

$P_k = q_k\cdot C_e\cdot C\cdot F\cdot\beta = 0,300\cdot1,53\cdot1,60\cdot1,35\cdot2,62 =$ **2,600 kN**

Obciążenie obliczeniowe:

$P = P_k\cdot\gamma_f = 2,600\cdot1,5 =$ **3,900 kN**

Poz.1.3.4. Wiatr na anteny

L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN	ψ	Wartość rep. kN	γ_F	Wartość obl. kN
1.	Radiolinia fi 0,3 - Sref 0,13m2	zmienne	0,20	1,00	0,20	1,50	0,30
2.	Radiolinia fi 0,3 - Sref 0,13m2	zmienne	0,20	1,00	0,20	1,50	0,30
3.	Radiolinia fi 0,3 - Sref 0,13m2	zmienne	0,20	1,00	0,20	1,50	0,30
4.	Radiolinia fi 0,6 - Sref 0,38m2	zmienne	0,60	1,00	0,60	1,50	0,90
5.	Radiolinia fi 0,6 - Sref 0,38m2	zmienne	0,60	1,00	0,60	1,50	0,90
6.	Radiolinia fi 0,6 - Sref 0,38m2	zmienne	0,60	1,00	0,60	1,50	0,90
7.	Radiolinia fi 0,6 - Sref 0,38m2	zmienne	0,60	1,00	0,60	1,50	0,90
8.	Radiolinia fi 1,2 - Sref 1,33m2	zmienne	2,00	1,00	2,00	1,50	3,00
9.	Sektor 742236 - Sref 0,43m2	zmienne	0,80	1,00	0,80	1,50	1,20
10.	Sektor 742236 - Sref 0,43m2	zmienne	0,80	1,00	0,80	1,50	1,20
11.	Sektor 742236 - Sref 0,43m2	zmienne	0,80	1,00	0,80	1,50	1,20
12.	Sektor 80010291v02 - Sref 0,06m2	zmienne	0,12	1,00	0,12	1,50	0,18
13.	Sektor 80010291v02 - Sref 0,06m2	zmienne	0,12	1,00	0,12	1,50	0,18
14.	Sektor 80010291v02 - Sref 0,06m2	zmienne	0,12	1,00	0,12	1,50	0,18
15.	Sektor APE4517R0v06 - Sref 0,88m2	zmienne	1,20	1,00	1,20	1,50	1,80
16.	Sektor APE4517R0v06 - Sref 0,88m2	zmienne	1,20	1,00	1,20	1,50	1,80
17.	Sektor APE4517R0v06 - Sref 0,88m2	zmienne	1,20	1,00	1,20	1,50	1,80
18.	RRU T-Mobile - Sref 0,14m2	zmienne	0,25	1,00	0,25	1,50	0,38
19.	RRU T-Mobile - Sref 0,14m2	zmienne	0,25	1,00	0,25	1,50	0,38
20.	RRU T-Mobile - Sref 0,14m2	zmienne	0,25	1,00	0,25	1,50	0,38
21.	RRU T-Mobile - Sref 0,14m2	zmienne	0,25	1,00	0,25	1,50	0,38

22. RRU T-Mobile - Sref 0,14m2	zmienne	0,25	1,00	0,25	1,50	0,38
23. RRU T-Mobile - Sref 0,14m2	zmienne	0,25	1,00	0,25	1,50	0,38
24. RRU P4 - Sref 0,07m2 x 15sztuk	zmienne	2,25	1,00	2,25	1,50	3,38
25. Dodatkowe anteny zamontowane w przyszłości - Sref 1,33m2	zmienne	2,00	1,00	2,00	1,50	3,00
Σ:		**17,11**		**17,11**		**25,66**

Poz.1.3.5. Oddziaływanie od odrywania się wirów Bernadta – Karmana

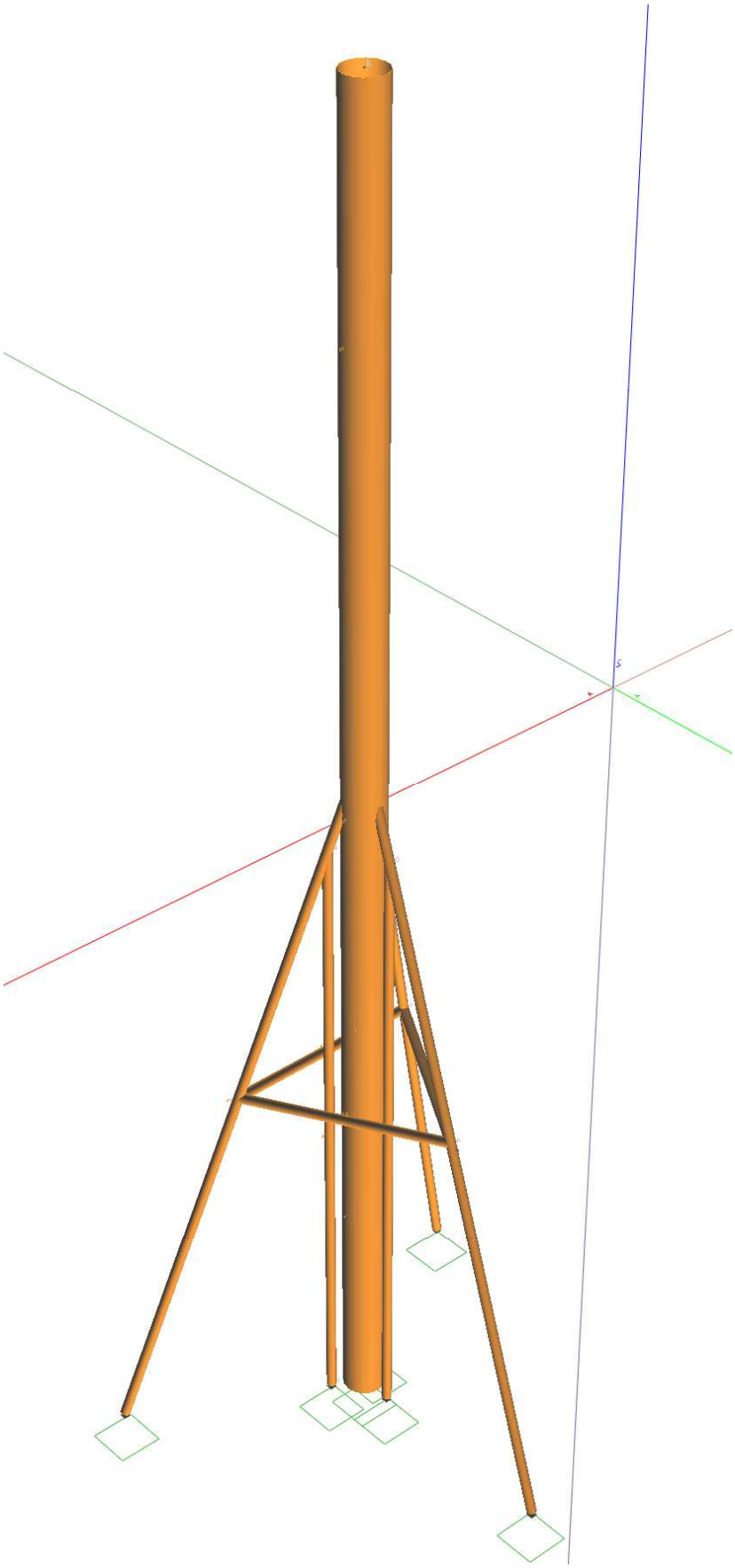
py = $(0{,}05 \cdot \rho / T_1^2 \cdot \delta_s)\ c_{lat} \cdot D^3$
py = 2,185 kN/m
pyd = 2,185 x 1,5 = 3,278 kN/m

0,25 x H = 0,25 x (20+25/2,5) = 7,5m < 6 x D = 6 x 1,67m = 10,02m

Poz.1.4 Oddziaływania zmienne wg PN-EN-1991-1-1

L.p.	Opis oddziaływania	Rodzaj oddziaływania	Wartość char. kN	ψ	Wartość rep. kN	γ_F	Wartość obl. kN
1.	Oddziaływanie na pomostach	stałe	5,00	--	5,00	1,50	7,50
	Σ:		**5,00**		**5,00**		**7,50**

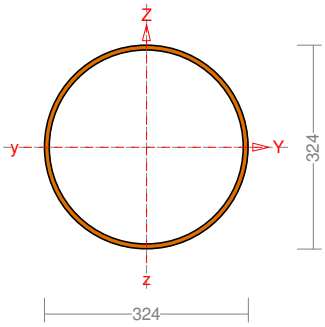
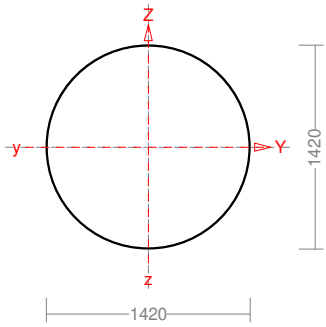
Poz.2.0 Trzon komina model obliczeniowy



Poz.2.1 Trzon komina po korozji

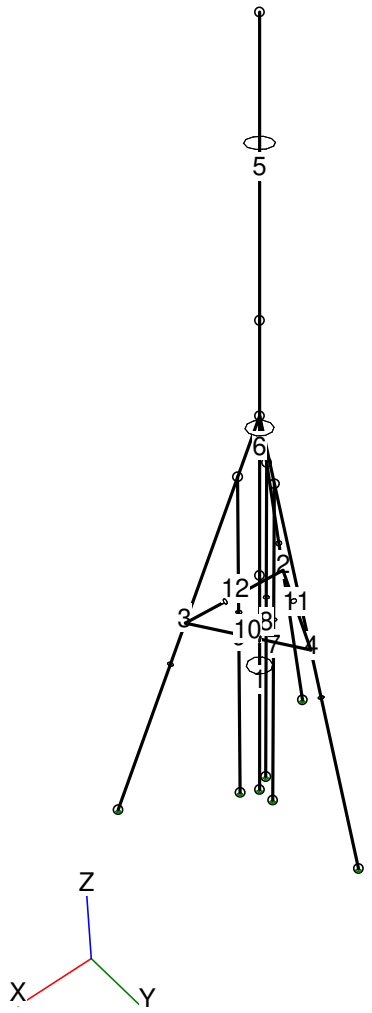
Poz.2.1.1 Statyka

Przekroje:

1 - R 323.9x 8.0		2 - R *1420x6			
					
Materiał:	S 235	Materiał:	S 355 Komin 420stC	Materiał:	
A [cm^2]	79,39	A [cm^2]	266,53	A [cm^2]	
Jy [cm^4]	9910,08	Jy [cm^4]	666142,56	Jy [cm^4]	
Jz [cm^4]	9910,08	Jz [cm^4]	666142,56	Jz [cm^4]	
Dyz [cm^4]	0,00	Dyz [cm^4]	0,00	Dyz [cm^4]	
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	
Iy [cm^4]	9910,08	Iy [cm^4]	666142,56	Iy [cm^4]	
Iż [cm^4]	9910,08	Iz [cm^4]	666142,56	Iz [cm^4]	
Jt [cm^4]	19632,06	Jt [cm^4]	1320463,64	Jt [cm^4]	
Jω [cm^4]	0,00	Jω [cm^4]	0,00	Jω [cm^4]	
iy [cm]	11,17	iy [cm]	49,99	iy [cm]	
iz [cm]	11,17	iz [cm]	49,99	iz [cm]	
is [cm]	15,80	is [cm]	70,70	is [cm]	
m [kg/m]	62,32	m [kg/m]	209,23	m [kg/m]	

Materiały:

Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E: [GPa]	G: [GPa]	ν: [-]	αT: [1/K]	ρ: [kg/m^3]	Ro: [MPa]
4	Stal 1993	S 235	210	81	0,3	0	7850	235
1	Stal 1993	S 355 Komin 420stC	162,4	81	0,3	0	7850	237,1



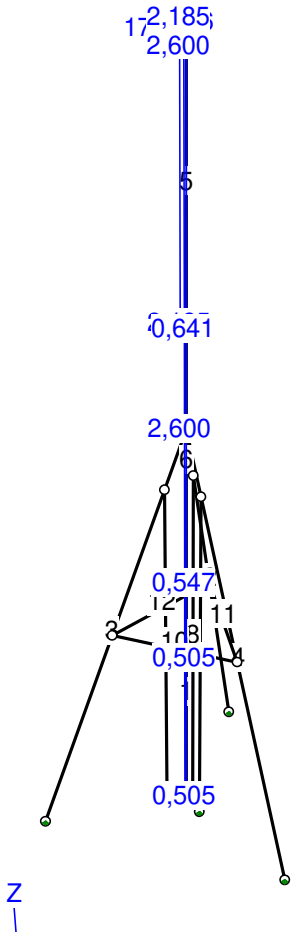
Pręty:

Nr:	Węzły: A:	Węzły: B:	Mocowania	Podatności	Mimośrody Imperfekcje	Orient. [deg]	L[m]:	F [m]:	Przekrój:
Trzon komina									
1	1	8	P.P.: Sztywne			0,0	15,000		2 R *1420x6
5	7	6	P.P.: Sztywne			0,0	15,000		2 R *1420x6
6	8	7	P.P.: Sztywne			0,0	15,000		2 R *1420x6
Trójnóg									
2	2	3	B:yz			0,0	25,942		1 R 323.9x 8.0
			P.P.: Sztywne						
3	3	4	A:yz			0,0	25,942		1 R 323.9x 8.0
			P.P.: Sztywne						
4	3	5	A:yz			0,0	25,942		1 R 323.9x 8.0
			P.P.: Sztywne						
7	9	10	P.P.: Sztywne			0,0	21,274		1 R 323.9x 8.0
8	11	13	P.P.: Sztywne			0,0	21,274		1 R 323.9x 8.0
9	12	14	P.P.: Sztywne			0,0	21,274		1 R 323.9x 8.0
10	15	16	P.P.: Sztywne			0,0	6,784		1 R 323.9x 8.0
11	16	17	P.P.: Sztywne			0,0	6,784		1 R 323.9x 8.0
12	17	15	P.P.: Sztywne			0,0	6,784		1 R 323.9x 8.0

Zestawienie Materiału

Oznaczenie	Materiał	Długości [m]:	Masa [t]:
R *1420x6	1 - S 355 Komin 420stC	3x15,00 = 45,00	9,415
R 323.9x 8.0	4 - S 235	3x25,94 + 3x21,27 + 3x6,78 = 162,00	10,096
Masa całkowita ustroju			**19,511**

Materiał	Jednostka miary	Ilość:
Stal 1993: 1 - S 355 Komin 420stC	t	9,415
Stal 1993: 4 - S 235	t	10,096



Obciążenia:

Nr pręta	Rodzaj:	Wartości char. Pa:	Wartości char. Pb:	Współczynniki γf1:	γf2:	ψd:	Orient. [deg]	Kier.: [deg]	Położenie xa:	xb:	Nazwa:	
CW: Ciężar własny - Stałe γ_f=1,4/1												
W: Wiatr - normalny - Zmienne (Znaczenie: 1) ψ_0=0,6 ψ_1=0,2 ψ_2=0												
1	Rozłożone	0,51	0,51	1,50		1,00	0,0	-90,0	0,00	10,00	Wiatr normalny	
1	Rozłożone	0,51	0,55	1,50		1,00	0,0	-90,0	10,00	15,00	Wiatr normalny	
5	Rozłożone	0,64	0,70	1,50		1,00	0,0	-90,0	0,00	15,00	Wiatr normalny	
5	Skupione	17,11		1,50		1,00	0,0	-90,0	15,00		Wiatr anteny	
5	Skupione	2,60		1,50		1,00	0,0	-90,0	14,00		Galeria H=44,0m	
6	Rozłożone	0,55	0,64	1,50		1,00	0,0	-90,0	0,00	15,00	Wiatr normalny	
6	Skupione	2,60		1,50		1,00	0,0	-90,0	9,50		Galeria H=24,5m	
Wc: Wiatr - Wiry Karmana - Zmienne (Znaczenie: 1) ψ_0=0,6 ψ_1=0,2 ψ_2=0												
5	Rozłożone	2,19	2,19	1,50		1,00	90,0	-90,0	0,00	15,00	Wiry Karmana	

Wyniki Obliczeń wg PN-EN

Teoria I rzędu

Obwiednie sił

RM_3d v. 8.72 licencja nr 28671

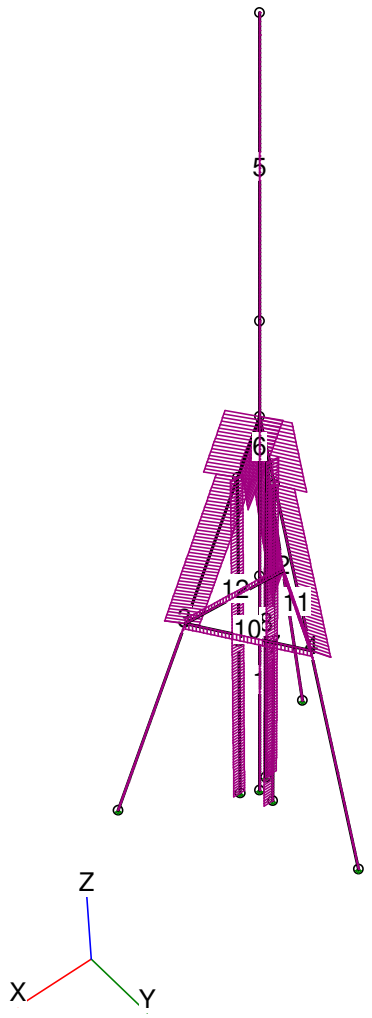
Kombinacje Obciążeń:

Nr:	Zawsze:	Ewentalnie:
1	CW	W+Wc

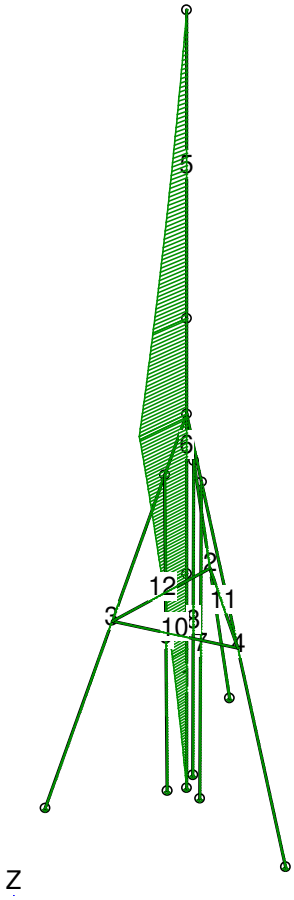
Relacje Grup Obciążeń:

Grupa obciążeń:	Relacje:

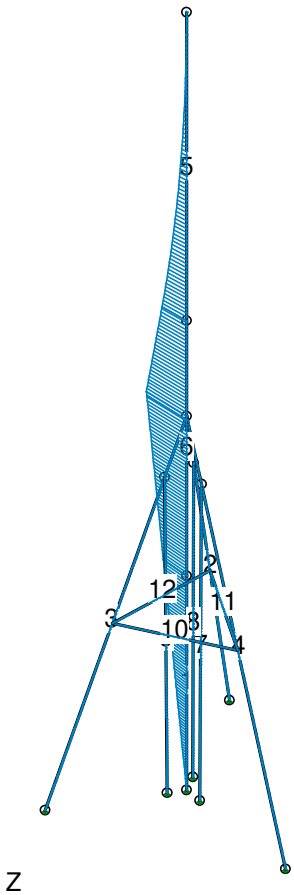
Mx



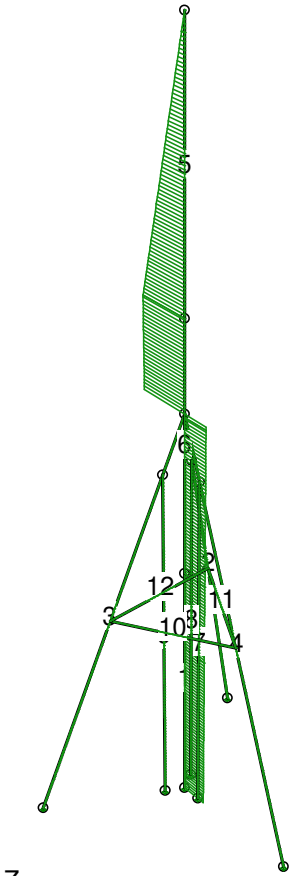
My



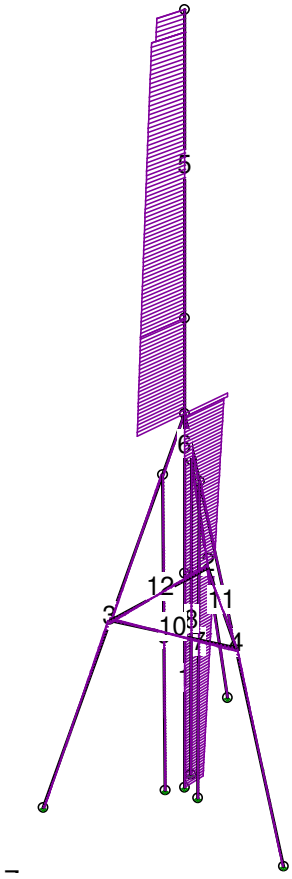
Mz



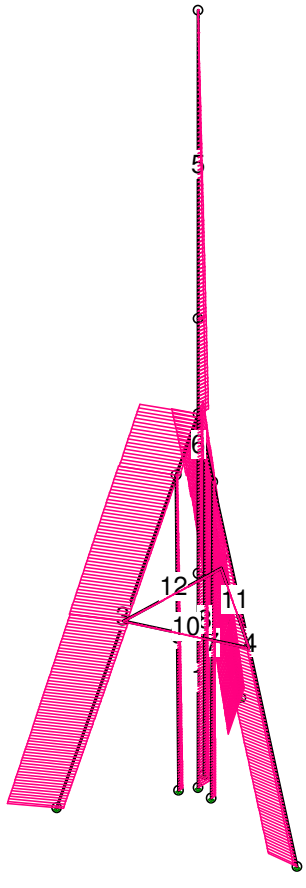
Ty



Tz



N



Siły Przekrojowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

Nr preta:	x [m]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:	Obciążenia:
Trzon komina								
1	0,000	**0**	0	0	0	0	-91,72	CW
1	0,000	0	**0**	0	0	-22,84	-91,72	CW W
1	15,000	0	**-428,15**	-381,48	-25,43	-34,36	-49,36	CW WWc
1	15,000	0	0	**0**	0	0	-49,36	CW
1	15,000	0	-428,15	**-381,48**	-25,43	-34,36	-36,56	(γ_{f2})CW WWc
1	0,000	0	0	0	**0**	0	-91,72	CW
1	0,000	0	0	0	**-25,43**	-22,84	-67,94	(γ_{f2})CW WWc
1	0,000	0	0	0	0	**0**	-67,94	(γ_{f2})CW
1	15,000	0	-428,15	-381,48	-25,43	**-34,36**	-49,36	CW WWc
1	15,000	0	0	-381,48	-25,43	0	**-36,56**	(γ_{f2})CW Wc
1	0,000	0	0	0	0	-22,84	**-91,72**	CW W
1	15,000	0	**-428,15**	**-381,48**	-25,43	-34,36	**-36,56**	(γ_{f2})CW WWc
1	0,938	0	**0**	**-23,84**	-25,43	0	**-65,98**	(γ_{f2})CW Wc
1	15,000	0	**-428,15**	**-381,48**	-25,43	-34,36	**-49,36**	CW WWc
1	15,000	0	**0**	**0**	0	0	**-36,56**	(γ_{f2})CW
5	0,000	**0**	-553,93	-368,72	49,16	44,61	-31,38	(γ_{f2})CW WWc
5	15,000	0	**0**	0	0	25,67	0	CW WWc
5	0,000	0	**-553,93**	-368,72	49,16	44,61	-31,38	(γ_{f2})CW WWc
5	0,000	0	-553,93	**0**	0	44,61	-31,38	(γ_{f2})CW W
5	0,000	0	-553,93	**-368,72**	49,16	44,61	-42,37	CW WWc
5	0,000	0	-553,93	-368,72	**49,16**	44,61	-42,37	CW WWc
5	0,000	0	0	0	**0**	0	-42,37	CW
5	0,000	0	-553,93	-368,72	49,16	**44,61**	-42,37	CW WWc
5	0,000	0	0	0	0	**0**	-42,37	CW
5	15,000	0	0	0	0	0	**0**	(γ_{f2})CW
5	0,000	0	-553,93	-368,72	49,16	44,61	**-42,37**	CW WWc
5	0,000	0	**-553,93**	**-368,72**	49,16	44,61	**-31,38**	(γ_{f2})CW WWc
5	15,000	0	**0**	**0**	0	0	**0**	(γ_{f2})CW
5	0,000	0	**-553,93**	**-368,72**	49,16	44,61	**-42,37**	CW WWc
6	0,000	**0**	0	0	0	0	-49,36	CW
6	9,700	0	**0**	0	0	0	-57,34	CW

6	9,700	0	**-803,62**	0	0	49,57	-57,34	CW W
6	9,700	0	0	**0**	0	0	-21,96	CW
6	9,700	0	-803,62	**-629,28**	49,16	49,57	-57,34	CW WWc
6	9,700	0	-803,62	-629,28	**49,16**	49,57	-57,34	CW WWc
6	0,000	0	-428,15	-381,48	**-25,43**	-34,36	-36,56	(γ_{f2})CW WWc
6	9,700	0	-803,62	-629,28	49,16	**49,57**	-57,34	CW WWc
6	9,700	0	-802,3	-628,17	-25,43	**-46,67**	-21,96	CW WWc
6	9,700	0	0	-628,17	-25,43	0	**-16,26**	(γ_{f2})CW Wc
6	9,700	0	0	0	0	0	**-57,34**	CW
6	9,700	0	**-802,3**	**-628,17**	-25,43	-46,67	**-16,26**	(γ_{f2})CW WWc
6	9,700	0	**0**	**0**	0	0	**-16,26**	(γ_{f2})CW
6	9,700	0	**-803,62**	**-629,28**	49,16	49,57	**-57,34**	CW WWc
Trójnóg								
2	22,343	**0**	-2,2	0	0	1,07	-15,22	CW
2	22,343	**-3,53**	-2,05	0,52	-0,14	0,91	-111,87	(γ_{f2})CW WWc
2	4,923	-0,03	**3,15**	-0,11	-0,02	0,01	52,57	CW Wc
2	13,128	-0,01	**-6,72**	-0,22	-0,02	-2,2	-203,78	CW W
2	13,128	-2,22	0,48	**1,41**	-0,21	0,59	-110,89	(γ_{f2})CW WWc
2	22,343	-2,22	-2,14	**-0,51**	-0,21	-1,16	-105,42	(γ_{f2})CW WWc
2	13,128	0	-0,93	0	**0**	1,04	-15,13	CW
2	13,128	-2,22	0,48	1,41	**-0,21**	0,59	-110,89	(γ_{f2})CW WWc
2	22,343	-1,43	-2,96	0,22	-0,06	**1,29**	-197,3	CW W
2	13,128	-0,01	-6,72	-0,22	-0,02	**-2,2**	-203,78	CW W
2	22,343	-1,32	-1,28	-0,31	-0,12	-0,84	**75**	(γ_{f2})CW Wc
2	0,000	-0,01	0	0,00	-0,02	1,18	**-214,29**	CW W
2	0,000	-0,01	**0**	**0,00**	-0,02	1,18	**-214,29**	CW W
2	18,888	0	**0,59**	**0**	0	-0,33	**-7,79**	(γ_{f2})CW
2	13,128	-0,01	**-6,72**	**-0,22**	-0,02	-2,2	**-203,78**	CW W
2	12,718	-0,03	**-4,62**	**-0,28**	-0,02	-2	**58,81**	CW Wc
3	0,000	**2,1**	0	0	0,08	-0,05	69,14	CW Wc
3	0,000	**-1,43**	0	0	-0,06	0,1	172,94	(γ_{f2})CW W
3	20,608	0,01	**3,48**	-0,03	0,00	0,03	234,53	CW WWc
3	12,813	0	**-5,86**	0	0	2,13	-22,15	CW
3	12,813	1,32	-1,88	**0,81**	0,12	-1,19	65,61	CW Wc
3	12,813	-0,9	-2,81	**-0,6**	-0,09	-1,1	169,22	(γ_{f2})CW W
3	3,598	1,32	-1,87	-0,31	**0,12**	1,18	72,99	CW Wc
3	3,598	-0,9	-0,81	0,21	**-0,09**	0,66	174,69	(γ_{f2})CW W
3	12,813	0	-5,86	0	0	**2,13**	-22,15	CW
3	12,813	0,42	-4	0,21	0,03	**-1,51**	246,04	CW WWc
3	3,598	0,42	-0,42	-0,1	0,03	0,52	**255,43**	(γ_{f2})CW WWc
3	25,942	0	0	0	0	-1,24	**-32,66**	CW
3	12,813	0,01	**-4,6**	**-0,07**	0,00	2,04	**240,77**	CW WWc
3	7,054	0	**0,59**	**0**	0	0,33	**-7,79**	(γ_{f2})CW
3	0,000	0,67	**0**	**0**	0,02	0,2	**254,41**	(γ_{f2})CW WWc
3	13,224	0,03	**-4,62**	**-0,28**	0,02	2	**58,81**	CW Wc
4	0,000	**2,87**	0	0	0,12	-0,11	-9,14	(γ_{f2})CW W
4	0,000	**0**	0	0	0	-0,34	-175,29	CW Wc
4	21,019	0	**3**	0	0	0,02	-28,72	CW
4	12,813	0,03	**-6,64**	-0,43	0,03	2,19	-184,72	CW WWc
4	12,813	1,8	-0,69	**1,2**	0,17	-0,77	-11,21	(γ_{f2})CW W
4	12,813	0,03	-5,12	**-0,43**	0,03	1,64	-178,98	(γ_{f2})CW WWc
4	3,598	1,8	-1,67	-0,41	**0,17**	0,98	-5,74	(γ_{f2})CW W
4	3,598	0	-3,01	0	**0**	1,62	-169,24	CW Wc
4	12,813	0,03	-6,64	-0,43	0,03	**2,19**	-184,72	CW WWc
4	3,598	0	-2,87	0	0	**-1,26**	-178,18	CW Wc
4	3,598	0	-1,67	0	0	0,98	**-5,74**	(γ_{f2})CW
4	25,942	0,03	0	-0,01	0,03	-1,18	**-195,24**	CW WWc
4	25,942	0	**0**	**0**	0	-1,18	**-195,24**	CW Wc
4	7,054	0	**0,59**	**0**	0	0,33	**-7,79**	(γ_{f2})CW
4	12,813	0,03	**-6,64**	**-0,43**	0,03	2,19	**-184,72**	CW WWc
4	5,614	0	**-0,07**	**0**	0	0,6	**-6,94**	(γ_{f2})CW
7	0,000	**0,75**	0	0	-0,01	-0,05	-27,29	CW WWc
7	0,000	**0**	0	0	0,00	0	-19,07	(γ_{f2})CW
7	21,274	0	**0**	-0,13	-0,01	0	-7,36	(γ_{f2})CW Wc
7	21,274	0,75	**-1,13**	-0,05	0,00	-0,05	-7,85	CW W
7	0,000	0,75	0	**0**	-0,01	-0,05	-27,29	CW WWc
7	21,274	0	0	**-0,14**	-0,01	0	-9,39	CW Wc

7	0,000	0,75	0	0	**0,00**	-0,05	-19,07	(γ_{f2})CW W
7	0,000	0	0	0	**-0,01**	0	-27,29	CW Wc
7	0,000	0	0	0	-0,01	**0**	-20,62	(γ_{f2})CW Wc
7	0,000	0,75	0	0	0,00	**-0,05**	-25,75	CW W
7	21,274	0,75	-1,13	-0,04	0,00	-0,05	**-5,81**	(γ_{f2})CW W
7	0,000	0	0	0	-0,01	0	**-27,29**	CW Wc
7	0,000	0	**0**	**0**	-0,01	0	**-27,29**	CW Wc
7	14,626	0,75	**-0,78**	**-0,03**	0,00	-0,05	**-9,96**	(γ_{f2})CW W
7	21,274	0	**0**	**-0,04**	0,00	0	**-5,81**	(γ_{f2})CW
8	0,000	**0**	0	0	0	0,00	-19,07	(γ_{f2})CW
8	0,000	**-0,93**	0	0	-0,05	-0,04	-26,71	CW WWc
8	0,000	-0,56	**0**	0	-0,03	-0,02	-24,97	CW Wc
8	21,274	-0,93	**-0,78**	-1,14	-0,05	-0,04	-8,81	CW WWc
8	21,274	0	-0,04	**0,02**	0,00	0,00	-7,85	CW
8	21,274	-0,93	-0,77	**-1,15**	-0,05	-0,04	-6,78	(γ_{f2})CW WWc
8	0,000	0	0	0	**0,00**	0,00	-25,75	CW
8	0,000	-0,93	0	0	**-0,05**	-0,04	-20,03	(γ_{f2})CW WWc
8	0,000	0	0	0	0	**0,00**	-19,07	(γ_{f2})CW
8	0,000	-0,93	0	0	-0,05	**-0,04**	-26,71	CW WWc
8	21,274	-0,56	-0,4	-0,71	-0,03	-0,02	**-5,04**	(γ_{f2})CW Wc
8	0,000	-0,38	0	0	-0,02	-0,02	**-27,48**	CW W
8	0,000	-0,38	**0**	**0**	-0,02	-0,02	**-27,48**	CW W
8	21,274	-0,38	**-0,4**	**-0,42**	-0,02	-0,02	**-7,55**	(γ_{f2})CW W
8	21,274	0	**-0,03**	**0,02**	0	0,00	**-5,81**	(γ_{f2})CW
9	0,000	**0,56**	0	0	-0,03	0,02	-18,3	(γ_{f2})CW Wc
9	0,000	**-0,38**	0	0	0,02	-0,02	-24,01	CW W
9	21,274	0,56	**0,41**	-0,7	-0,03	0,02	-7,08	CW Wc
9	21,274	-0,38	**-0,34**	0,46	0,02	-0,02	-4,08	(γ_{f2})CW W
9	21,274	-0,38	-0,33	**0,47**	0,02	-0,02	-6,11	CW W
9	21,274	0,56	0,4	**-0,71**	-0,03	0,02	-5,04	(γ_{f2})CW Wc
9	0,000	-0,38	0	0	**0,02**	-0,02	-24,01	CW W
9	0,000	0,56	0	0	**-0,03**	0,02	-18,3	(γ_{f2})CW Wc
9	0,000	0,56	0	0	-0,03	**0,02**	-24,97	CW Wc
9	0,000	-0,38	0	0	0,02	**-0,02**	-17,34	(γ_{f2})CW W
9	21,274	0,18	0,03	-0,27	-0,01	0,00	**-3,31**	(γ_{f2})CW WWc
9	0,000	0	0	0	0,00	0,00	**-25,75**	CW
9	0,000	0	**0**	**0**	0,00	0,00	**-25,75**	CW
9	17,950	-0,38	**-0,28**	**0,39**	0,02	-0,02	**-6,15**	(γ_{f2})CW W
9	21,274	0	**0,03**	**0,02**	0	0,00	**-5,81**	(γ_{f2})CW
10	0,000	**0**	-2,11	0	0	2,11	-2,21	(γ_{f2})CW
10	0,000	**-0,43**	0,21	-0,6	0,22	1,89	-2,83	CW WWc
10	2,756	-0,25	**2,37**	-0,23	0,13	-0,02	-3,13	CW Wc
10	6,784	-0,43	**-6,32**	0,89	0,22	-3,82	-2,83	CW WWc
10	6,784	-0,43	-6,32	**0,89**	0,22	-3,82	-2,83	CW WWc
10	0,000	-0,25	-0,04	**-0,6**	0,13	1,56	-2,35	(γ_{f2})CW Wc
10	0,000	-0,43	0,21	-0,6	**0,22**	1,89	-2,83	CW WWc
10	0,000	0	-2,11	0	**0**	2,11	-2,21	(γ_{f2})CW
10	0,000	0	-2,84	0	0	**2,85**	-2,98	CW
10	6,784	-0,43	-6,32	0,89	0,22	**-3,82**	-2,83	CW WWc
10	0,000	-0,18	-1,12	0,00	0,09	1,71	**-1,92**	(γ_{f2})CW W
10	0,000	-0,25	-0,78	-0,6	0,13	2,3	**-3,13**	CW Wc
10	6,784	-0,43	**-6,32**	**0,89**	0,22	-3,82	**-2,83**	CW WWc
10	5,088	-0,25	**-0,17**	**0,07**	0,13	-1,61	**-2,35**	(γ_{f2})CW Wc
10	1,272	0	**0,08**	**0**	0	1,32	**-2,21**	(γ_{f2})CW
11	0,000	**0,25**	-3,8	0,3	-0,13	2,67	-2,35	(γ_{f2})CW Wc
11	0,000	**-0,18**	-1,05	-0,6	0,09	2,45	-3,28	CW W
11	3,604	0,07	**2,6**	-0,46	-0,04	-0,03	-3,42	CW WWc
11	0,000	0,25	**-4,53**	0,3	-0,13	3,41	-3,13	CW Wc
11	0,000	0,25	-4,53	**0,3**	-0,13	3,41	-3,13	CW Wc
11	6,784	0,07	-1,76	**-0,6**	-0,04	-2,71	-3,42	CW WWc
11	0,000	-0,18	-0,32	-0,6	**0,09**	1,71	-2,5	(γ_{f2})CW W
11	0,000	0,25	-4,53	0,3	**-0,13**	3,41	-3,13	CW Wc
11	0,000	0,25	-4,53	0,3	-0,13	**3,41**	-3,13	CW Wc
11	6,784	-0,18	-3,83	0,00	0,09	**-3,26**	-3,28	CW W
11	0,000	0	-2,11	0	0	2,11	**-2,21**	(γ_{f2})CW
11	6,784	0,07	-1,76	-0,6	-0,04	-2,71	**-3,42**	CW WWc
11	0,000	0,25	**-4,53**	**0,3**	-0,13	3,41	**-3,13**	CW Wc

11	1,696	0,25	**-0,17**	**0,07**	-0,13	1,61	**-2,35**	(γ_{f2})CW Wc
11	1,272	0	**0,08**	**0**	0	1,32	**-2,21**	(γ_{f2})CW
12	0,000	**0,36**	-5,99	0,89	-0,18	3,67	-2,7	CW WWc
12	0,000	**0**	-2,11	0	0	2,11	-2,21	(γ_{f2})CW
12	4,452	0,36	**2,39**	-0,19	-0,18	-0,07	-2,98	CW W
12	0,000	0,36	**-5,99**	0,89	-0,18	3,67	-2,7	CW WWc
12	0,000	0,36	-5,25	**0,89**	-0,18	2,93	-1,93	(γ_{f2})CW WWc
12	6,784	0,36	0,67	**-0,59**	-0,18	-1,3	-2,21	(γ_{f2})CW W
12	0,000	0	-3,22	0,3	**0**	2,85	-2,7	CW Wc
12	0,000	0,36	-4,88	0,59	**-0,18**	2,93	-2,21	(γ_{f2})CW W
12	0,000	0,36	-5,61	0,59	-0,18	**3,67**	-2,98	CW W
12	6,784	0	-3,22	0,3	0	**-2,85**	-2,7	CW Wc
12	6,784	0	-2,48	0,3	0	-2,11	**-1,93**	(γ_{f2})CW Wc
12	0,000	0,36	-5,61	0,59	-0,18	3,67	**-2,98**	CW W
12	0,000	0,36	**-5,99**	**0,89**	-0,18	3,67	**-2,7**	CW WWc
12	1,060	0	**-0,21**	**0**	0	1,45	**-2,21**	(γ_{f2})CW
12	5,512	0	**0,08**	**0**	0	-1,32	**-2,21**	(γ_{f2})CW

Reakcje podporowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

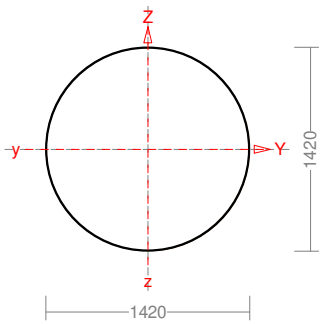
Nr węzła:	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Obciążenia:
1	**0**	0	67,94	0	0	0	(γ_{f2})CW
1	**-22,84**	25,43	91,72	0	0	0	CW WWc
1	-22,84	**25,43**	67,94	0	0	0	(γ_{f2})CW WWc
1	0	**0**	91,72	0	0	0	CW
1	-22,84	0	**91,72**	0	0	0	CW W
1	0	25,43	**67,94**	0	0	0	(γ_{f2})CW Wc
1	0	25,43	91,72	**0**	0	0	CW Wc
1	**-22,84**	**25,43**	**91,72**	**0**	**0**	0	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
1	**-22,84**	**25,43**	**67,94**	**0**	**0**	0	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**55,77**	32,18	204,4	0	0	0,01	CW W
2	**-15,89**	-9,2	-54,07	0	0	0,03	(γ_{f2})CW Wc
2	34,24	19,72	127,01	0	0	**0,04**	CW WWc
2	5,65	3,26	23,32	0	0	**0**	(γ_{f2})CW
2	**55,77**	**32,18**	**204,4**	**0**	**0**	0,01	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**-15,89**	**-9,2**	**-54,07**	**0**	**0**	0,03	(γ_{f2})CW Wc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**64,03**	-36,97	-226,99	0	0	-0,01	(γ_{f2})CW WWc
4	**-7,62**	4,4	31,48	0	0	0	CW
4	-5,65	3,26	23,32	**0**	0	0	(γ_{f2})CW
4	40,52	-23,38	-141,44	0	0	**0,01**	CW W
4	15,89	-9,2	-54,07	0	0	**-0,03**	(γ_{f2})CW Wc
4	13,91	-8,06	**-45,91**	**0**	0	-0,03	CW Wc
4	**64,03**	**-36,97**	**-226,99**	**0**	**0**	-0,01	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**64,03**	**-36,97**	**-226,99**	**0**	**0**	-0,01	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,03**	-56,27	178,09	0	0	-0,03	(γ_{f2})CW WWc
5	**0**	-8,8	31,48	0	0	0	CW
5	0	**-6,52**	23,32	0	0	0	(γ_{f2})CW
5	0,03	**-58,56**	186,25	0	0	-0,03	CW WWc
5	0	-58,56	186,25	**0**	0	0	CW Wc
5	**0,03**	**-58,56**	**186,25**	**0**	**0**	-0,03	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,03**	**-58,56**	**186,25**	**0**	**0**	-0,03	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
9	**0**	0,01	20,62	0	0	0	(γ_{f2})CW Wc
9	**-0,05**	0,00	25,75	0	0	-0,75	CW W
9	0	**0,01**	27,29	0	0	0	CW Wc
9	-0,05	**0,00**	19,07	0	0	-0,75	(γ_{f2})CW W
9	**-0,05**	**0,01**	27,29	0	0	-0,75	CW WWc
9	-0,05	0,01	20,62	**0**	0	-0,75	(γ_{f2})CW WWc
9	0	0,00	19,07	0	0	**0**	(γ_{f2})CW
9	**-0,05**	**0,01**	**27,29**	**0**	**0**	-0,75	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
9	**-0,05**	**0,00**	**19,07**	**0**	**0**	-0,75	(γ_{f2})CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
11	**0,00**	0	19,07	0	0	0	(γ_{f2})CW
11	**-0,04**	0,05	26,71	0	0	0,93	CW WWc

11	-0,04	**0,05**	20,03	0	0	0,93	(γ_{f2})CW WWc
11	0,00	**0,00**	25,75	0	0	0	CW
11	-0,02	0,02	**27,48**	0	0	0,38	CW W
11	-0,02	0,03	**18,3**	0	0	0,56	(γ_{f2})CW Wc
11	-0,02	0,02	20,81	0	**0**	0,38	(γ_{f2})CW W
11	**-0,02**	**0,02**	**27,48**	**0**	**0**	0,38	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
11	**-0,02**	**0,03**	**18,3**	**0**	**0**	0,56	(γ_{f2})CW Wc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
12	**0,02**	0,03	24,97	0	0	-0,56	CW Wc
12	**-0,02**	-0,02	17,34	0	0	0,38	(γ_{f2})CW W
12	0,02	**0,03**	18,3	0	0	-0,56	(γ_{f2})CW Wc
12	-0,02	**-0,02**	24,01	0	0	0,38	CW W
12	0,00	0,00	**25,75**	0	0	0	CW
12	0,00	0,01	**16,56**	0	0	-0,18	(γ_{f2})CW WWc
12	**0,00**	**0,00**	**25,75**	**0**	**0**	0	CW [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
12	**0,00**	**0,01**	**16,56**	**0**	**0**	-0,18	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]

Reakcje podporowe: Kombinacja charakterystyczna PN-EN

Nr węzła:	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Obciążenia:
1	**0**	0	67,94	0	0	0	CW
1	**-15,23**	16,95	67,94	0	0	0	CW WWc
1	-15,23	0	**67,94**	0	0	0	CW W
1	0	16,95	67,94	0	**0**	0	CW Wc
1	**-15,23**	**16,95**	**67,94**	**0**	**0**	0	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
1	**-15,23**	**16,95**	**67,94**	**0**	**0**	0	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**37,74**	21,78	138,6	0	0	0,01	CW W
2	**-8,71**	-5,04	-28,27	0	0	0,02	CW Wc
2	23,39	13,47	87	0	0	**0,03**	CW WWc
2	5,65	3,26	23,32	0	0	**0**	CW
2	**37,74**	**21,78**	**138,6**	**0**	**0**	0,01	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**37,74**	**21,78**	**138,6**	**0**	**0**	0,01	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**40,81**	-23,56	-143,55	0	0	-0,01	CW WWc
4	**-5,65**	3,26	23,32	0	0	0	CW
4	26,45	-15,26	-91,96	0	0	**0,01**	CW W
4	8,71	-5,04	-28,27	0	0	**-0,02**	CW Wc
4	**40,81**	**-23,56**	**-143,55**	**0**	**0**	-0,01	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**40,81**	**-23,56**	**-143,55**	**0**	**0**	-0,01	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,02**	-39,69	126,5	0	0	-0,02	CW WWc
5	**0**	-6,52	23,32	0	0	0	CW
5	0	-39,69	126,5	**0**	0	0	CW Wc
5	0,02	-6,52	**23,32**	0	**0**	-0,02	CW W
5	**0,02**	**-39,69**	**126,5**	**0**	**0**	-0,02	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,02**	**-39,69**	**126,5**	**0**	**0**	-0,02	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
9	**0**	0,00	20,1	0	0	0	CW Wc
9	**-0,04**	0,00	19,07	0	0	-0,5	CW W
9	**-0,04**	**0,00**	20,1	0	0	-0,5	CW WWc
9	0	0,00	19,07	0	0	**0**	CW
9	**-0,04**	**0,00**	**20,1**	**0**	**0**	-0,5	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
11	**0,00**	0	19,07	0	0	0	CW
11	**-0,02**	0,04	19,71	0	0	0,62	CW WWc
11	-0,01	0,01	**20,23**	0	0	0,25	CW W
11	-0,01	0,02	**18,56**	0	0	0,37	CW Wc
11	**-0,01**	**0,01**	**20,23**	**0**	**0**	0,25	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
12	**0,01**	0,02	18,56	0	0	-0,37	CW Wc
12	**-0,01**	-0,01	17,92	0	0	0,25	CW W
12	0,00	0	**19,07**	0	0	0	CW
12	0,00	0,01	**17,4**	0	0	-0,12	CW WWc
12	**0,00**	**0**	**19,07**	**0**	**0**	0	CW [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]

Poz.2.1.2 Wymiarowanie wg PN-EN-1993-1-1



Wymiary przekroju:
D=1420,0 d=1408,0 g=6,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=666142,6 Izg=666142,6 A=266,53 iy=50,0 iz=50,0
Iw=0,0 It=1320463,6 is=70,7.
Materiał: **S 355 Komin 420stC**. Granica plastyczności **f_y=237** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 260** dla **g=6,0**.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc 2 (9,700;15,000)
Przyjęto:
$\kappa_a = 0{,}733$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły przesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 3{,}207$ dla $l_o = 5{,}300$
$l_w = 3{,}207 \times 5{,}300 = 16{,}997$ m

Przęsło Zc 2 (9,700;15,000)
Przyjęto:
$\kappa_a = 0{,}733$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły przesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 3{,}207$ dla $l_o = 5{,}300$
$l_w = 3{,}207 \times 5{,}300 = 16{,}997$ m

Przęsło ω 2 (9,700;15,000)
Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 5{,}300$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 5{,}300$ m.

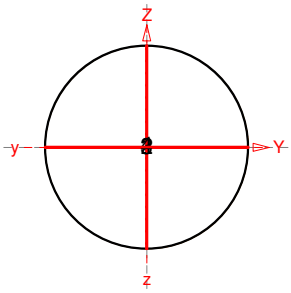
Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 162 \times 666142{,}6}{16{,}997^2} \times 10^{-2} = 36963{,}02 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 162 \times 666142{,}6}{16{,}997^2} \times 10^{-2} = 36963{,}02 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\varpi}{l_\varpi^2} + GI_T\right) = \frac{1}{70{,}7^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 162 \times 0{,}0}{5{,}300^2} \times 10^{-2} + 81 \times 1320463{,}6 \times 10^2\right) = 2139758{,}8 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.
xa = 15,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,5·Wc
Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:
$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 0{,}987$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/237{,}09} = 0{,}996$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	1420,0	6,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	236,667	4

2	1420,0	6,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	236,667	4
3	1420,0	6,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	236,667	4
4	1420,0	6,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	236,667	4

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Nośność rur okrągłych klasy 4:

xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·(W+Wc)

Sprawdzenie nośności rury **R *1420x6** (profil nr 1) wg PN-EN 1993-1-6.

Ekstremalne naprężenia błonowe wg załącznika A:

σ_{x1} = 106,18 MPa

σ_{x2} = -110,48 MPa.

Nośność na zniszczenie plastyczne (LS1):

$f_{eq.Rd} = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$ = 237,09 / 1 = 237,09 Mpa

$\sigma_{eq,Ed} = \sigma_{x,Ed} = \max\{|\sigma_{x1}|; |\sigma_{x2}|\}$ = **110,48 < 237,09** = $f_{eq.Rd}$ (6.6 *EN 1993-1-6*)

Stan graniczny niestateczności (LS3):

Wyznaczenie naprężeń krytycznych:

$\omega = l / \sqrt{rt}$ = 5300 / $\sqrt{707\times6}$ = 81,375 (D.1 *EN 1993-1-6*)

dla powłoki długiej $\omega > 0{,}5\, r / t$ spełniającej warunki D.1.2.1(7), przyjęto

C_x = 0,60 + 0,40 ($\sigma_{xE,M} / \sigma_{xE}$) = 0,60 + 0,40×(108,33/110,48) = 0,992 (D.13 *EN 1993-1-6*)

$\sigma_{x,Rcr}$ = 0,605 $E\, C_x\, t / r$ = 0,605×162424×0,992×6/707 = 827,45 MPa (D.1 *EN 1993-1-6*)

Parametry zwichrzenia przy ściskaniu południkowym:

Dla normalnej klasie jakości wykonania przyjęto Q = 16.

$\Delta w_k = t / Q \sqrt{r/t}$ = 6/16×$\sqrt{707/6}$ = 4,07 mm (D.15 *EN 1993-1-6*)

α = 0,62 / [1 + 1,91($\Delta w_k / t$)^{1,44}] = 0,62 / [1 + 1,91× (4,07/6)^{1,44}] = 0,296 (D.14 *EN 1993-1-6*)

β = 0,6

η = 1,0

dla powłoki długiej spełniającej warunki D.1.2.1(7)

$\bar{\lambda}_{x0}$ = 0,20 + 0,10 ($\sigma_{xE,M} / \sigma_{xE}$) = 0,20 + 0,10×(108,33/110,48) = 0,298 $\bar{\lambda}_p = \sqrt{\alpha/(1-\beta)}$ = $\sqrt{0{,}296/(1\text{-}0{,}6)}$ = 0,861 (8.16 *EN 1993-1-6*)

Smukłości względne:

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{f_{yk} / \sigma_{x,Rcr}}$ = $\sqrt{237{,}09/827{,}45}$ = 0,535 (8.17 *EN 1993-1-6*)

Redukcyjny współczynnik wyboczeniowy dla $\bar{\lambda}_0 < \bar{\lambda} < \bar{\lambda}_p$ wynosi

χ = 1 - β[($\bar{\lambda}$ - $\bar{\lambda}_0$)/($\bar{\lambda}_p$ - $\bar{\lambda}_0$)]$^\eta$ = 1 - 0,6×[(0,535-0,298)/(0,861-0,298)]^1 = 0,747 (8.14 *EN 1993-1-6*)

Wytrzymałość wyboczeniowa:

$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk}$ = 0,747×237,09 = 177,11 MPa (8.12 *EN 1993-1-6*)

$\sigma_{x,Rd} = \sigma_{x,Rk} / \gamma_{M1}$ = 177,11/1 = 177,11 MPa (8.11 *EN 1993-1-6*)

Warunek stateczności:

$\sigma_{x,Ed}$ = **110,48 < 177,107** = $\sigma_{x,Rd}$ (8.18 *EN 1993-1-6*)

Nośność na ściskanie:

xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW

Klasa przekroju **4**.

Przekrój efektywny rur okrągłych klasy 4 określono na podstawie stosunku wytrzymałości wyboczeniowej ($\sigma_{x,Rd}$) i obliczeniowej ($f_{eq,Rd}$) wyznaczonych na podstawie PN-EN 1993-1-6.

Siła osiowa: N_{Ed} = -57,34 kN

Pole powierzchni przekroju: A = 266,53 cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: A_{eff} = 148,60 cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: e_{Ny} = 0,00; e_{Nz} = 0,00 cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{148{,}60\times237{,}09}{1}\times10^{-1} = 3523{,}2 \text{ kN} \qquad (6.11)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{57,34}{3523,2} = \mathbf{0,016 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{148,6\times237,09}{36963,02\times10}} = 0,309$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{148,6\times237,09}{36963,02\times10}} = 0,309$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{148,6\times237,09}{2139758,8\times10}} = 0,0406$
$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,49\times(0,309-0,2)+0,309^2] = 0,574$	$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,49\times(0,309-0,2)+0,309^2] = 0,574$	$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,49\times(0,0406-0,2)+0,041^2] = 0,462$
$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,574+\sqrt{0,574^2-0,309^2}} = 0,945$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,574+\sqrt{0,574^2-0,309^2}} = 0,945$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,462+\sqrt{0,462^2-0,0406^2}} = 1,085$
przyjęto $\chi = 0,945 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0,945 \le 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,945$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,945\times148,60\times237,09}{1}\times10^{-1} = 3328,32 \text{ kN} \qquad (6.48)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{57,34}{3328,32} = \mathbf{0,017 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,5·(W+Wc)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{169,68\times237,09/1,732}{1}\times10^{-1} = 2322,65 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{49,57}{2322,65} = \mathbf{0,021 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{169,68\times237,09/1,732}{1}\times10^{-1} = 2322,65 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{49,16}{2322,65} = \mathbf{0,021 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 237,09 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.
Nośność na ścinanie z uwzględnieniem stateczności lokalnej:
Ścianki:

Nr	t_w [mm]	h_w (b) [mm]	a [m]	k_τ (A.5 *EN 1993-1-5*)	σ_E (A.1 *EN 1993-1-5*)	τ_{cr} (5.4 *EN 1993-1-5*)	$\bar{\lambda}_w$ (5.3 *EN 1993-1-5*)	χ_w (T 5.1 *EN 1993-1-5*)	$V_{b,Rd}$ (5.2 *EN 1993-1-5*)	$V_{b,Rd,z}$	$V_{b,Rd,y}$
1	6,0	1420,0	15,000	5,376	2,6	14,1	3,118	0,266	310,49	310,49	0,00
2	6,0	1420,0	15,000	5,376	2,6	14,1	3,118	0,266	310,49	310,49	0,00
3	6,0	1420,0	15,000	5,376	2,6	14,1	3,118	0,266	310,49	0,00	310,49
4	6,0	1420,0	15,000	5,376	2,6	14,1	3,118	0,266	310,49	0,00	310,49

Warunek nośności przekroju z uwzględnieniem stateczności lokalnej:

- wzdłuż osi Z

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{49,57}{620,98} = \mathbf{0,080 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{49,16}{620,98} = \mathbf{0,079 < 1}$$

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·(W+Wc)

Klasa przekroju **4**.

Przekrój efektywny rur okrągłych klasy 4 określono na podstawie stosunku wytrzymałości wyboczeniowej ($\sigma_{x,Rd}$) i obliczeniowej ($f_{eq,Rd}$) wyznaczonych na podstawie PN-EN 1993-1-6.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7031,13 \times 237,09}{1} \times 10^{-3} = 1667,01 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7031,13 \times 237,09}{1} \times 10^{-3} = 1667,01 \text{ kNm}$$

Nośność przekroju klasy 4:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{57,34}{199,31 \times 237,1/1} \times 10 +$$

$$\left[\left(\frac{|-803,62-57,34 \times 0,000|}{7031,13 \times 237,1/1} \times 10^3 \right)^2 + \left(\frac{|-629,28+57,34 \times 0,000|}{7031,13 \times 237,1/1} \times 10^3 \right)^2 \right]^{1/2} = \mathbf{0,624 < 1} \qquad (6.44)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{57,34}{4725,54} + \left[\left(\frac{803,62}{1667,01} \right)^2 + \left(\frac{629,28}{1667,01} \right)^2 \right]^{1/2} = \mathbf{0,624 < 1} \qquad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·(W+Wc)

Współczynniki interakcji według metody 2:

C_{my} = 0,9 - przechyłowa postaci wyboczenia.

C_{mz} = 0,9 - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$k_{yy} = C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times 0,357 \times \frac{57,34}{0,920 \times 4722,71/1} \right) = 0,903$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,903} \le 0,907 = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{57,34}{0,920 \times 4722,71/1} \right) = C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times 0,357 \times \frac{57,34}{0,920 \times 4722,71/1} \right) = 0,903$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,903} \le 0,907 = 0,900 \times \left(1 + 0,6 \times \frac{57,34}{0,920 \times 4722,71/1} \right) = C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0,903$$

$$k_{zy} = 0,8\, k_{yy} = 0,8 \times 0,903 = 0,722$$

Warunki nośności według załącznika krajowego:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + \left[\left(k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left(C_{mz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{57,34}{0,920 \times 4722,71/1} +$$

$$\left[\left(0,903 \times \frac{803,62+0}{1666,02/1} \right)^2 + \left(0,900 \times \frac{629,28+0}{1666,02/1} \right)^2 \right]^{1/2} = \mathbf{0,566 < 1} \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + \left[\left(C_{my} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left(k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{57,34}{0,920 \times 4722,71/1} +$$

$$\left[\left(0,900 \times \frac{803,62+0}{1666,02/1} \right)^2 + \left(0,903 \times \frac{629,28+0}{1666,02/1} \right)^2 \right]^{1/2} = \mathbf{0,565 < 1} \qquad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+W+Wc Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia wierzchołka komina względem osi Z wynoszą:

a_{max} = 152,7 mm

a_{gr} = 180,0 mm

a_{max} = **152,7 < 180,0** = a_{gr}

Ugięcia wierzchołka komina względem osi Y wynoszą:

a_{max} = 116,6 mm

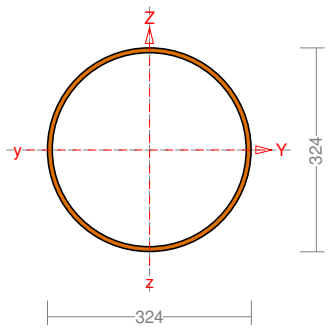
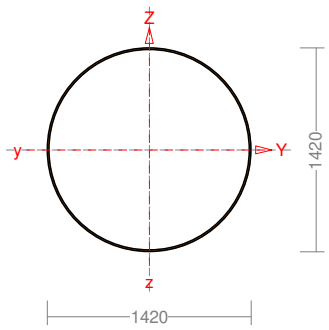
a_{gr} = 180,0 mm

a_{max} = **116,6 < 180,0** = a_{gr}

Poz.2.2 Trzon komina przed korozją

Poz.2.2.1 Statyka

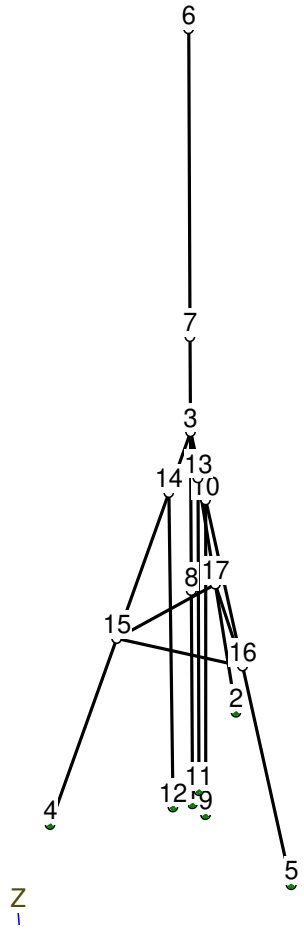
Przekroje:

1 - R 323.9x 8.0		2 - R *1420x12			
					
Materiał:	S 235	Materiał:	S 355 Komin 420stC	Materiał:	
A [cm²]	79,39	A [cm²]	530,80	A [cm²]	
Jy [cm⁴]	9910,08	Jy [cm⁴]	1315469,07	Jy [cm⁴]	
Jz [cm⁴]	9910,08	Jz [cm⁴]	1315469,07	Jz [cm⁴]	
Dyz [cm⁴]	0,00	Dyz [cm⁴]	0,00	Dyz [cm⁴]	
α [Deg]	0,00	α [Deg]	0,00	α [Deg]	
Iy [cm⁴]	9910,08	Iy [cm⁴]	1315469,07	Iy [cm⁴]	
Iż [cm⁴]	9910,08	Iz [cm⁴]	1315469,07	Iz [cm⁴]	
Jt [cm⁴]	19632,06	Jt [cm⁴]	2607451,15	Jt [cm⁴]	
Jω [cm⁴]	0,00	Jω [cm⁴]	0,00	Jω [cm⁴]	
iy [cm]	11,17	iy [cm]	49,78	iy [cm]	
iz [cm]	11,17	iz [cm]	49,78	iz [cm]	
is [cm]	15,80	is [cm]	70,40	is [cm]	
m [kg/m]	62,32	m [kg/m]	416,68	m [kg/m]	

Materiały:

Nr:	Rodzaj:	Nazwa:	E: [GPa]	G: [GPa]	ν: [-]	αT: [1/K]	ρ: [kg/m³]	Ro: [MPa]
4	Stal 1993	S 235	210	81	0,3	0	7850	235
1	Stal 1993	S 355 Komin 420stC	162,4	81	0,3	0	7850	237,1

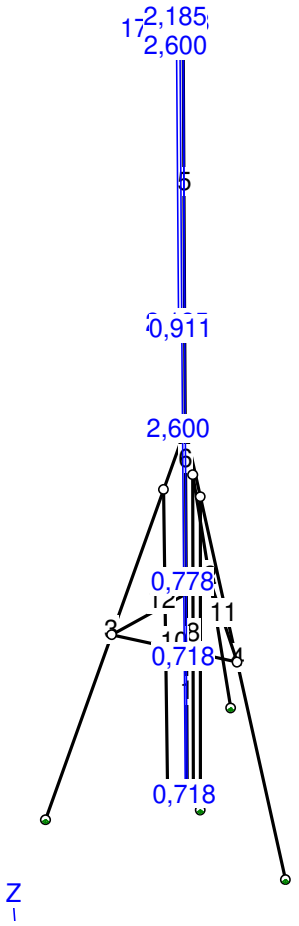
Schemat:



Zestawienie Materiału

Oznaczenie	Materiał	Długości [m]:	Masa [t]:
R *1420x12	1 - S 355 Komin 420stC	3x15,00 = 45,00	18,751
R 323.9x 8.0	4 - S 235	3x25,94 + 3x21,27 + 3x6,78 = 162,00	10,096
Masa całkowita ustroju			**28,847**

Materiał	Jednostka miary	Ilość:
Stal 1993: 1 - S 355 Komin 420stC	t	18,751
Stal 1993: 4 - S 235	t	10,096



Obciążenia:

Nr pręta	Rodzaj:	Wartości char. Pa:	Wartości char. Pb:	Współczynniki γf1:	γf2:	ψd:	Orient. [deg]	Kier.: [deg]	Położenie xa:	xb:	Nazwa:	
CW: Ciężar własny - Stałe γ_f=1,4/1												
W: Wiatr - normalny - Zmienne (Znaczenie: 1) ψ_0=0,6 ψ_1=0,2 ψ_2=0												
1	Rozłożone	0,72	0,72	1,50		1,00	0,0	-90,0	0,00	10,00	Wiatr normalny	
1	Rozłożone	0,72	0,78	1,50		1,00	0,0	-90,0	10,00	15,00	Wiatr normalny	
5	Rozłożone	0,91	0,99	1,50		1,00	0,0	-90,0	0,00	15,00	Wiatr normalny	
5	Skupione	17,11		1,50		1,00	0,0	-90,0	15,00		Wiatr anteny	
5	Skupione	2,60		1,50		1,00	0,0	-90,0	14,00		Galeria H=44,0m	
6	Rozłożone	0,78	0,91	1,50		1,00	0,0	-90,0	0,00	15,00	Wiatr normalny	
6	Skupione	2,60		1,50		1,00	0,0	-90,0	9,50		Galeria H=24,5m	
Wc: Wiatr - Wiry Karmana - Zmienne (Znaczenie: 1) ψ_0=0,6 ψ_1=0,2 ψ_2=0												
5	Rozłożone	2,19	2,19	1,50		1,00	90,0	-90,0	0,00	15,00	Wiry Karmana	

Wyniki Obliczeń wg PN-EN

Teoria I rzędu

Obwiednie sił

RM_3d v. 8.72 licencja nr 28671

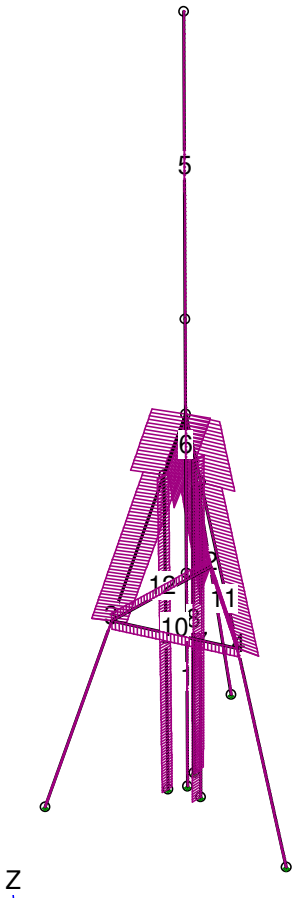
Kombinacje Obciążeń:

Nr:	Zawsze:	Ewentalnie:
1	CW	W+Wc

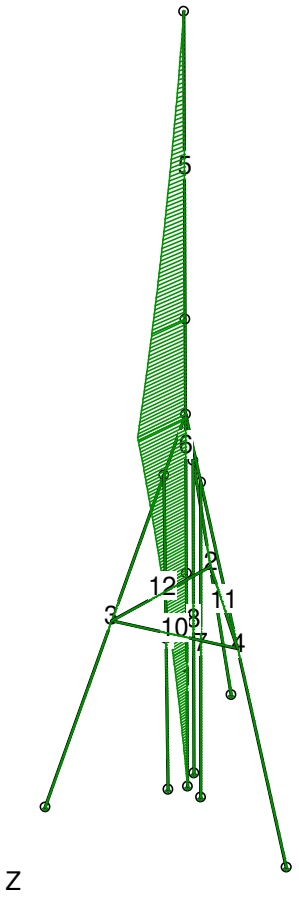
Relacje Grup Obciążeń:

Grupa obciążeń:	Relacje:

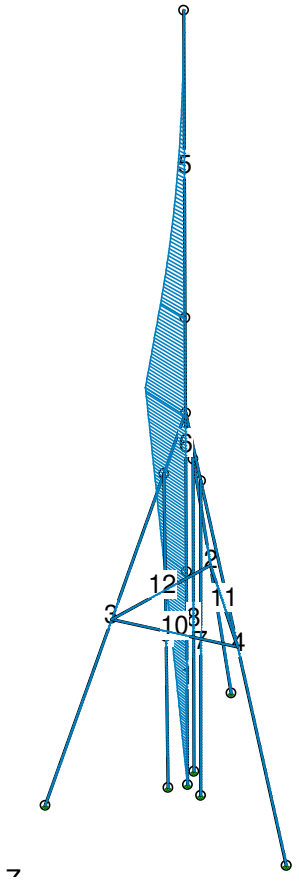
Mx



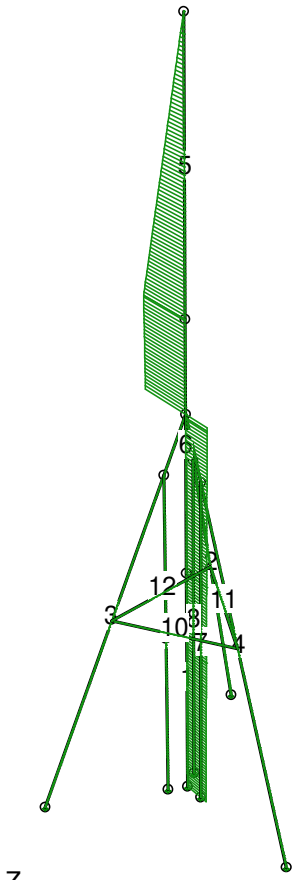
My



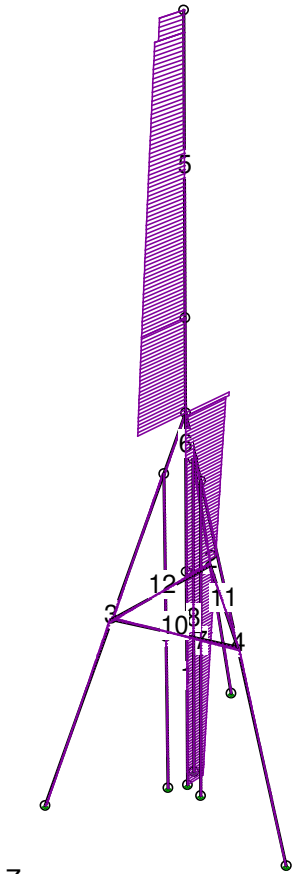
Mz



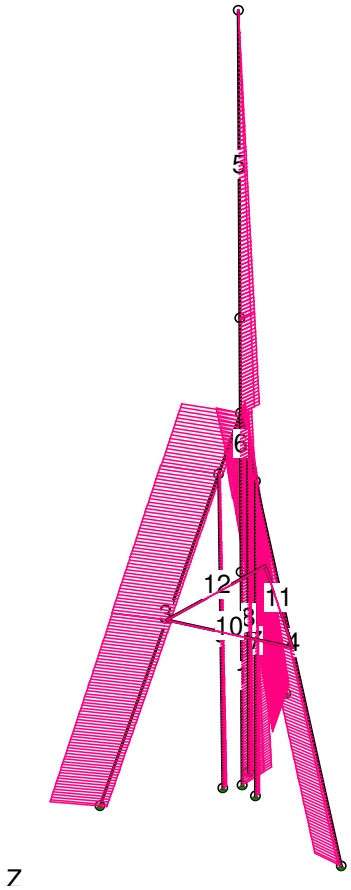
Ty



Tz



N



Siły Przekrojowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

Nr preta:	x [m]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Ty [kN]:	Tz [kN]:	N [kN]:	Obciążenia:
Trzon komina								
1	0,000	**0**	0	0	0	0	-205,06	CW
1	0,000	0	**0**	0	-25,45	-22,34	-151,9	(γ_{f2})CW WWc
1	15,000	0	**-456,68**	-381,8	-25,45	-38,72	-120,69	CW WWc
1	15,000	0	0	**0**	0	0	-120,69	CW
1	15,000	0	-456,68	**-381,8**	-25,45	-38,72	-89,4	(γ_{f2})CW WWc
1	0,000	0	0	0	**0**	0	-205,06	CW
1	0,000	0	0	0	**-25,45**	-22,34	-151,9	(γ_{f2})CW WWc
1	0,000	0	0	0	0	**0**	-151,9	(γ_{f2})CW
1	15,000	0	-456,68	-381,8	-25,45	**-38,72**	-120,69	CW WWc
1	15,000	0	0	-381,8	-25,45	0	**-89,4**	(γ_{f2})CW Wc
1	0,000	0	0	0	0	-22,34	**-205,06**	CW W
1	15,000	0	**-456,68**	**-381,8**	-25,45	-38,72	**-89,4**	(γ_{f2})CW WWc
1	2,813	0	**-67,1**	**0**	0	-25,37	**-189,24**	CW W
1	15,000	0	**-456,68**	**-381,8**	-25,45	-38,72	**-120,69**	CW WWc
1	15,000	0	**0**	**0**	0	0	**-89,4**	(γ_{f2})CW
5	0,000	**0**	-601,97	0	0	50,93	-84,38	CW W
5	15,000	0	**0**	0	0	25,67	0	(γ_{f2})CW WWc
5	0,000	0	**-601,97**	0	0	50,93	-84,38	CW W
5	0,000	0	0	**0**	0	0	-62,5	(γ_{f2})CW
5	0,000	0	-601,97	**-368,72**	49,16	50,93	-62,5	(γ_{f2})CW WWc
5	0,000	0	0	-368,72	**49,16**	0	-84,38	CW Wc
5	0,000	0	0	0	**0**	0	-84,38	CW
5	0,000	0	-601,97	-368,72	49,16	**50,93**	-62,5	(γ_{f2})CW WWc
5	0,000	0	0	0	0	**0**	-84,38	CW
5	15,000	0	0	0	0	0	**0**	(γ_{f2})CW
5	0,000	0	-601,97	-368,72	49,16	50,93	**-84,38**	CW WWc
5	0,000	0	**-601,97**	**-368,72**	49,16	50,93	**-62,5**	(γ_{f2})CW WWc
5	15,000	0	**0**	**0**	0	0	**0**	(γ_{f2})CW
5	0,000	0	**-601,97**	**-368,72**	49,16	50,93	**-84,38**	CW WWc
6	9,700	**0**	-890,75	-629,28	49,16	57,98	-84,59	(γ_{f2})CW WWc
6	9,700	0	**0**	0	0	0	-84,59	(γ_{f2})CW
6	9,700	0	**-890,75**	0	0	57,98	-84,59	(γ_{f2})CW W
6	9,700	0	0	**0**	0	0	-66,12	CW
6	9,700	0	0	**-629,28**	49,16	0	-84,59	(γ_{f2})CW Wc
6	9,700	0	-890,75	-629,28	**49,16**	57,98	-84,59	(γ_{f2})CW WWc
6	0,000	0	-456,68	-381,8	**-25,45**	-38,72	-89,4	(γ_{f2})CW WWc
6	9,700	0	-890,75	0	0	**57,98**	-84,59	(γ_{f2})CW W
6	9,700	0	-890	-628,69	-25,45	**-54,57**	-66,12	CW WWc
6	9,700	0	0	-628,69	-25,45	0	**-48,98**	(γ_{f2})CW Wc
6	0,000	0	-456,68	0	0	-38,72	**-120,69**	CW W
6	9,700	0	**-890**	**-628,69**	-25,45	-54,57	**-48,98**	(γ_{f2})CW WWc
6	9,700	0	**0**	**0**	0	0	**-48,98**	(γ_{f2})CW
6	9,700	0	**-890,75**	**-629,28**	49,16	57,98	**-114,19**	CW WWc
Trójnóg								
2	0,000	**0,04**	0	0,01	-0,05	0,88	-158,11	(γ_{f2})CW WWc
2	22,343	**-1,93**	-2,51	0,51	-0,14	1,04	-146,02	(γ_{f2})CW WWc
2	4,923	0,02	**3,16**	-0,12	-0,03	0,01	48,72	CW Wc
2	13,128	0,02	**-6,74**	-0,29	-0,02	-2,2	-238,34	CW W
2	13,128	-1,21	0,99	**1,47**	-0,19	0,49	-144,33	(γ_{f2})CW WWc
2	13,128	0,04	-6,37	**-0,62**	-0,05	-2,17	-157,06	CW WWc
2	13,128	0	-0,75	0	**0**	0,99	-18,99	CW
2	13,128	-1,21	0,99	1,47	**-0,19**	0,49	-144,33	(γ_{f2})CW WWc
2	22,343	-0,83	-3,54	0,24	-0,07	**1,45**	-232,64	CW W
2	13,128	0,02	-6,74	-0,29	-0,02	**-2,2**	-238,34	CW W
2	22,343	-0,69	-1,51	-0,14	-0,1	-0,88	**72,17**	(γ_{f2})CW Wc
2	0,000	0,02	0	0,01	-0,02	1,18	**-248,86**	CW W
2	0,000	0,02	**0**	**0,01**	-0,02	1,18	**-248,86**	CW W
2	23,468	0	**-1,06**	**0**	0	0,67	**-13,87**	(γ_{f2})CW
2	13,128	0,02	**-6,74**	**-0,29**	-0,02	-2,2	**-238,34**	CW W
2	12,718	0,02	**-4,59**	**-0,32**	-0,03	-2	**54,97**	CW Wc
3	0,000	**1,11**	0	0	0,08	-0,17	64,78	CW Wc
3	0,000	**-0,83**	0	0	-0,07	0,06	200,61	(γ_{f2})CW W
3	20,608	0,00	**3,53**	-0,02	0,00	0,02	261,41	CW WWc
3	12,813	0	**-5,79**	0	0	2,13	-25,99	CW

3	12,813	0,69	-1,7	**0,79**	0,1	-1,13	61,78	CW Wc
3	12,813	-0,52	-3,05	**-0,68**	-0,08	-1,12	196,96	(γ_{f2})CW W
3	3,598	0,69	-2,18	-0,14	**0,1**	1,24	69,16	CW Wc
3	3,598	-0,52	-0,86	0,1	**-0,08**	0,64	202,43	(γ_{f2})CW W
3	12,813	0	-5,79	0	0	**2,13**	-25,99	CW
3	12,813	0,18	-4,2	0,1	0,02	**-1,52**	272,81	CW WWc
3	3,598	0,18	-0,46	-0,04	0,02	0,49	**283,2**	(γ_{f2})CW WWc
3	25,942	0	0	0	0	-1,25	**-36,5**	CW
3	12,813	0,18	**-4,01**	**0,1**	0,02	-1,26	**277,73**	(γ_{f2})CW WWc
3	2,474	0	**-1,06**	**0**	0	-0,67	**-13,87**	(γ_{f2})CW
3	0,000	0,28	**0**	**0**	0,01	0,16	**282,13**	(γ_{f2})CW WWc
3	13,224	-0,02	**-4,59**	**-0,32**	0,03	2	**54,97**	CW Wc
4	0,000	**1,65**	0	0	0,13	-0,19	-12,4	(γ_{f2})CW W
4	12,813	**-0,04**	-4,29	-0,58	0,05	1,58	-19,25	(γ_{f2})CW W
4	21,019	0	**3,02**	0	0	0,02	-32,56	CW
4	12,813	-0,04	**-6,52**	-0,58	0,05	2,19	-188,55	CW WWc
4	12,813	1,03	-0,55	**1,37**	0,17	-0,73	-14,07	(γ_{f2})CW W
4	12,813	-0,04	-5,02	**-0,58**	0,05	1,63	-181,82	(γ_{f2})CW WWc
4	3,598	1,03	-1,91	-0,2	**0,17**	1,03	-8,6	(γ_{f2})CW W
4	3,598	0	-3,38	0	**0**	1,68	-173,15	CW Wc
4	12,813	-0,04	-6,52	-0,58	0,05	**2,19**	-188,55	CW WWc
4	3,598	0	-3,32	0	0	**-1,38**	-182,68	CW Wc
4	3,598	0	-1,91	0	0	1,03	**-8,6**	(γ_{f2})CW
4	25,942	-0,04	0	0,01	0,05	-1,19	**-199,07**	CW WWc
4	25,942	0	**0**	**0**	0	-1,19	**-199,07**	CW Wc
4	2,474	0	**-1,06**	**0**	0	-0,67	**-13,87**	(γ_{f2})CW
4	12,813	-0,04	**-6,52**	**-0,58**	0,05	2,19	**-188,55**	CW WWc
4	5,902	0	**-0,06**	**0**	0	0,59	**-9,97**	(γ_{f2})CW
7	0,000	**0,38**	0	0	0,00	-0,04	-21,08	(γ_{f2})CW WWc
7	0,000	**0**	0	0	0,00	0	-26,32	CW
7	21,274	0	**0**	-0,07	0,00	0	-7,83	(γ_{f2})CW Wc
7	21,274	0,38	**-0,83**	0,03	0,00	-0,04	-8,42	CW W
7	21,274	0,38	-0,83	**0,03**	0,00	-0,04	-8,42	CW W
7	21,274	0	0	**-0,07**	0,00	0	-7,83	(γ_{f2})CW Wc
7	0,000	0,38	0	0	**0,00**	-0,04	-26,32	CW W
7	0,000	0	0	0	**0,00**	0	-21,08	(γ_{f2})CW Wc
7	0,000	0	0	0	0,00	**0**	-21,08	(γ_{f2})CW Wc
7	0,000	0,38	0	0	0,00	**-0,04**	-26,32	CW W
7	21,274	0,38	-0,83	0,02	0	-0,04	**-6,24**	(γ_{f2})CW W
7	0,000	0	0	0	0,00	0	**-27,91**	CW Wc
7	0,000	0	**0**	**0**	0,00	0	**-27,91**	CW Wc
7	17,285	0,38	**-0,67**	**0,02**	0	-0,04	**-8,72**	(γ_{f2})CW W
7	21,274	0	**0**	**0,02**	0	0	**-6,24**	(γ_{f2})CW
8	0,000	**0**	0	0	0	0	-19,49	(γ_{f2})CW
8	0,000	**-0,46**	0	0	-0,04	-0,02	-20,78	(γ_{f2})CW WWc
8	21,274	0	**0,02**	-0,01	0	0,00	-8,42	CW
8	21,274	-0,46	**-0,52**	-0,78	-0,04	-0,02	-7,53	(γ_{f2})CW WWc
8	0,000	-0,46	0	**0**	-0,04	-0,02	-27,61	CW WWc
8	21,274	-0,46	-0,51	**-0,78**	-0,04	-0,02	-9,71	CW WWc
8	0,000	0	0	0	**0**	0	-19,49	(γ_{f2})CW
8	0,000	-0,46	0	0	**-0,04**	-0,02	-27,61	CW WWc
8	0,000	0	0	0	0	**0,00**	-26,32	CW
8	0,000	-0,46	0	0	-0,04	**-0,02**	-20,78	(γ_{f2})CW WWc
8	21,274	-0,27	-0,2	-0,48	-0,02	-0,01	**-5,44**	(γ_{f2})CW Wc
8	0,000	-0,19	0	0	-0,01	-0,01	**-28,4**	CW W
8	0,000	-0,19	**0**	**0**	-0,01	-0,01	**-28,4**	CW W
8	19,944	-0,27	**-0,19**	**-0,45**	-0,02	-0,01	**-6,27**	(γ_{f2})CW Wc
8	21,274	0	**0,02**	**-0,01**	0	0	**-6,24**	(γ_{f2})CW
9	0,000	**0,27**	0	0	-0,02	0,01	-25,52	CW Wc
9	0,000	**-0,19**	0	0	0,01	-0,02	-17,41	(γ_{f2})CW W
9	21,274	0,27	**0,2**	-0,48	-0,02	0,01	-5,44	(γ_{f2})CW Wc
9	21,274	-0,19	**-0,34**	0,28	0,01	-0,02	-6,34	CW W
9	21,274	-0,19	-0,33	**0,28**	0,01	-0,02	-4,15	(γ_{f2})CW W
9	21,274	0,27	0,19	**-0,49**	-0,02	0,01	-7,63	CW Wc
9	0,000	-0,19	0	0	**0,01**	-0,02	-17,41	(γ_{f2})CW W
9	0,000	0,27	0	0	**-0,02**	0,01	-25,52	CW Wc
9	0,000	0,27	0	0	-0,02	**0,01**	-18,7	(γ_{f2})CW Wc

9	0,000	-0,19	0	0	0,01	**-0,02**	-24,23	CW W
9	21,274	0,07	-0,11	-0,19	-0,01	-0,01	**-3,36**	(γ_{f2})CW WWc
9	0,000	0	0	0	0	0,00	**-26,32**	CW
9	0,000	0	**0**	**0**	0	0,00	**-26,32**	CW
9	19,944	0,27	**0,19**	**-0,45**	-0,02	0,01	**-6,27**	(γ_{f2})CW Wc
9	21,274	0,07	**-0,11**	**-0,19**	-0,01	-0,01	**-3,36**	(γ_{f2})CW WWc
10	0,000	**0**	-2,16	0	0	2,11	-2,18	(γ_{f2})CW
10	0,000	**-0,35**	0,19	-0,22	0,08	1,87	-2,85	CW WWc
10	2,332	-0,35	**2,28**	-0,03	0,08	-0,09	-2,85	CW WWc
10	6,784	-0,35	**-6,45**	0,32	0,08	-3,83	-2,85	CW WWc
10	6,784	-0,35	-6,45	**0,32**	0,08	-3,83	-2,85	CW WWc
10	0,000	-0,19	-0,23	**-0,22**	0,05	1,59	-2,26	(γ_{f2})CW Wc
10	0,000	-0,35	0,95	-0,22	**0,08**	1,13	-2,08	(γ_{f2})CW WWc
10	0,000	0	-2,16	0	**0**	2,11	-2,18	(γ_{f2})CW
10	0,000	0	-2,91	0	0	**2,85**	-2,95	CW
10	6,784	-0,35	-6,45	0,32	0,08	**-3,83**	-2,85	CW WWc
10	0,000	-0,16	-0,98	0,00	0,03	1,66	**-2**	(γ_{f2})CW W
10	0,000	-0,19	-0,98	-0,22	0,05	2,33	**-3,03**	CW Wc
10	6,784	-0,35	**-6,45**	**0,32**	0,08	-3,83	**-2,85**	CW WWc
10	4,664	-0,16	**-0,02**	**0,15**	0,03	-1,25	**-2**	(γ_{f2})CW W
10	1,272	0	**0,03**	**0**	0	1,32	**-2,18**	(γ_{f2})CW
11	0,000	**0,19**	-3,79	0,11	-0,05	2,64	-2,26	(γ_{f2})CW Wc
11	0,000	**-0,16**	-1,01	-0,21	0,03	2,4	-3,13	CW W
11	3,392	0,03	**2,44**	-0,16	-0,02	0,07	-3,2	CW WWc
11	0,000	0,19	**-4,55**	0,11	-0,05	3,38	-3,03	CW Wc
11	0,000	0,19	-4,55	**0,11**	-0,05	3,38	-3,03	CW Wc
11	6,784	0,03	-2,16	**-0,22**	-0,02	-2,78	-3,2	CW WWc
11	0,000	-0,16	-0,25	-0,21	**0,03**	1,66	-2,36	(γ_{f2})CW W
11	0,000	0,19	-4,55	0,11	**-0,05**	3,38	-3,03	CW Wc
11	0,000	0,19	-4,55	0,11	-0,05	**3,38**	-3,03	CW Wc
11	6,784	-0,16	-4,09	0,00	0,03	**-3,31**	-3,13	CW W
11	0,000	0	-2,16	0	0	2,11	**-2,18**	(γ_{f2})CW
11	6,784	0,03	-2,16	-0,22	-0,02	-2,78	**-3,2**	CW WWc
11	0,000	0,19	**-4,55**	**0,11**	-0,05	3,38	**-3,03**	CW Wc
11	5,936	0,03	**-0,1**	**-0,21**	-0,02	-2,07	**-3,2**	CW WWc
11	1,272	0	**0,03**	**0**	0	1,32	**-2,18**	(γ_{f2})CW
12	0,000	**0,32**	-5,99	0,21	-0,06	3,76	-2,95	CW W
12	0,000	**0**	-2,45	0,11	0	2,11	-2,03	(γ_{f2})CW Wc
12	4,452	0,32	**2,42**	-0,07	-0,06	0,02	-2,95	CW W
12	0,000	0,32	**-6,28**	0,33	-0,06	3,76	-2,79	CW WWc
12	0,000	0,32	-5,53	**0,33**	-0,06	3,02	-2,03	(γ_{f2})CW WWc
12	6,784	0,32	0,92	**-0,21**	-0,06	-1,21	-2,18	(γ_{f2})CW W
12	0,000	0	-3,2	0,11	**0**	2,85	-2,79	CW Wc
12	0,000	0,32	-5,24	0,21	**-0,06**	3,02	-2,18	(γ_{f2})CW W
12	0,000	0,32	-5,99	0,21	-0,06	**3,76**	-2,95	CW W
12	6,784	0	-3,2	0,11	0	**-2,85**	-2,79	CW Wc
12	6,784	0	-2,45	0,11	0	-2,11	**-2,03**	(γ_{f2})CW Wc
12	0,000	0,32	-5,99	0,21	-0,06	3,76	**-2,95**	CW W
12	0,000	0,32	**-6,28**	**0,33**	-0,06	3,76	**-2,79**	CW WWc
12	2,332	0,32	**0,12**	**0,07**	-0,06	1,57	**-2,18**	(γ_{f2})CW W
12	5,512	0	**0,03**	**0**	0	-1,32	**-2,18**	(γ_{f2})CW

Reakcje podporowe: Kombinacja obliczeniowa PN-EN

Nr węzła:	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Obciążenia:
1	**0**	0	151,9	0	0	0	(γ_{f2})CW
1	**-22,34**	25,45	205,06	0	0	0	CW WWc
1	-22,34	**25,45**	151,9	0	0	0	(γ_{f2})CW WWc
1	0	**0**	205,06	0	0	0	CW
1	-22,34	0	**205,06**	0	0	0	CW W
1	0	25,45	**151,9**	0	0	0	(γ_{f2})CW Wc
1	0	25,45	205,06	**0**	0	0	CW Wc
1	-22,34	0	151,9	0	**0**	0	(γ_{f2})CW W
1	**-22,34**	**25,45**	**205,06**	**0**	**0**	0	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
1	**-22,34**	**25,45**	**151,9**	**0**	**0**	0	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**64,92**	37,46	237,31	0	0	-0,02	CW W

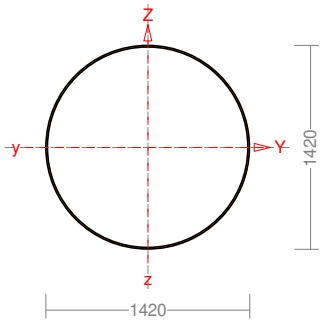
2	**-15,13**	-8,77	-51,36	0	0	-0,02	(γ_{f2})CW Wc
2	8,64	4,99	35,14	0	0	**0**	CW
2	41,16	23,71	150,81	0	0	**-0,04**	(γ_{f2})CW WWc
2	**64,92**	**37,46**	**237,31**	**0**	**0**	-0,02	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**64,92**	**37,46**	**237,31**	**0**	**0**	-0,02	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**71,42**	-41,24	-253,53	0	0	0,00	(γ_{f2})CW WWc
4	**-8,64**	4,99	35,14	0	0	0	CW
4	12,89	-7,47	-42,25	0	0	**0,02**	CW Wc
4	49,89	-28,78	-176,14	0	0	**-0,02**	(γ_{f2})CW W
4	47,65	-27,49	**-167,03**	0	**0**	-0,02	CW W
4	**71,42**	**-41,24**	**-253,53**	**0**	**0**	0,00	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**71,42**	**-41,24**	**-253,53**	**0**	**0**	0,00	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,05**	-57,13	180,8	0	0	0,04	(γ_{f2})CW WWc
5	**0**	-9,97	35,14	0	0	0	CW
5	0	**-7,39**	26,03	0	0	0	(γ_{f2})CW
5	0,05	**-59,72**	189,91	0	0	0,04	CW WWc
5	0	-59,72	189,91	**0**	0	0	CW Wc
5	0,05	-7,39	26,03	0	0	**0,04**	(γ_{f2})CW W
5	**0,05**	**-59,72**	**189,91**	**0**	**0**	0,04	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,05**	**-59,72**	**189,91**	**0**	**0**	0,04	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
9	**0**	0,00	21,08	0	0	0	(γ_{f2})CW Wc
9	**-0,04**	0,00	26,32	0	0	-0,38	CW W
9	0	0,00	**27,91**	0	0	0	CW Wc
9	-0,04	0	**19,49**	0	0	-0,38	(γ_{f2})CW W
9	**-0,04**	**0,00**	21,08	0	0	-0,38	(γ_{f2})CW WWc
9	**-0,04**	0,00	**27,91**	0	0	-0,38	CW WWc
9	0	0,00	26,32	0	0	**0**	CW
9	**-0,04**	**0,00**	**27,91**	**0**	**0**	-0,38	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
9	**-0,04**	**0**	**19,49**	**0**	**0**	-0,38	(γ_{f2})CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
11	**0,00**	0	26,32	0	0	0	CW
11	**-0,02**	0,04	20,78	0	0	0,46	(γ_{f2})CW WWc
11	-0,02	**0,04**	27,61	0	0	0,46	CW WWc
11	0	**0**	19,49	0	0	0	(γ_{f2})CW
11	-0,01	0,01	**28,4**	0	0	0,19	CW W
11	-0,01	0,02	**18,7**	0	0	0,27	(γ_{f2})CW Wc
11	-0,01	0,02	25,52	**0**	0	0,27	CW Wc
11	**-0,01**	**0,01**	**28,4**	**0**	**0**	0,19	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
11	**-0,01**	**0,02**	**18,7**	**0**	**0**	0,27	(γ_{f2})CW Wc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
12	**0,01**	0,02	18,7	0	0	-0,27	(γ_{f2})CW Wc
12	**-0,02**	-0,01	24,23	0	0	0,19	CW W
12	0,01	**0,02**	25,52	0	0	-0,27	CW Wc
12	-0,02	**-0,01**	17,41	0	0	0,19	(γ_{f2})CW W
12	0,00	0	**26,32**	0	0	0	CW
12	-0,01	0,01	**16,62**	0	0	-0,07	(γ_{f2})CW WWc
12	-0,01	0,01	23,44	0	**0**	-0,07	CW WWc
12	**0,00**	**0**	**26,32**	**0**	**0**	0	CW [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
12	**-0,01**	**0,01**	**16,62**	**0**	**0**	-0,07	(γ_{f2})CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]

Reakcje podporowe: Kombinacja charakterystyczna PN-EN

Nr węzła:	Rx [kN]:	Ry [kN]:	Rz [kN]:	Mx [kNm]:	My [kNm]:	Mz [kNm]:	Obciążenia:
1	**0**	0	151,9	0	0	0	CW
1	**-14,9**	16,97	151,9	0	0	0	CW WWc
1	-14,9	0	**151,9**	0	0	0	CW W
1	**-14,9**	**16,97**	**151,9**	**0**	**0**	0	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
1	**-14,9**	**16,97**	**151,9**	**0**	**0**	0	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**43,92**	25,34	160,81	0	0	-0,01	CW W
2	**-7,96**	-4,61	-25,56	0	0	-0,01	CW Wc
2	6,4	3,69	26,03	0	0	**0**	CW
2	29,57	17,04	109,22	0	0	**-0,03**	CW WWc

2	**43,92**	**25,34**	**160,81**	**0**	**0**	-0,01	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
2	**43,92**	**25,34**	**160,81**	**0**	**0**	-0,01	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**45,48**	-26,26	-160,34	0	0	0,00	CW WWc
4	**-6,4**	3,69	26,03	0	0	0	CW
4	7,96	-4,61	-25,56	0	0	**0,01**	CW Wc
4	31,13	-17,95	-108,75	0	0	**-0,01**	CW W
4	**45,48**	**-26,26**	**-160,34**	**0**	**0**	0,00	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
4	**45,48**	**-26,26**	**-160,34**	**0**	**0**	0,00	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,03**	-40,55	129,21	0	0	0,03	CW WWc
5	**0**	-7,39	26,03	0	0	0	CW
5	0,03	-7,39	26,03	0	**0**	0,03	CW W
5	0	-40,55	129,21	0	0	**0**	CW Wc
5	**0,03**	**-40,55**	**129,21**	**0**	**0**	0,03	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
5	**0,03**	**-40,55**	**129,21**	**0**	**0**	0,03	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
9	**0**	0,00	20,55	0	0	0	CW Wc
9	**-0,03**	0	19,49	0	0	-0,26	CW W
9	**-0,03**	**0,00**	20,55	0	0	-0,26	CW WWc
9	0	0	19,49	0	0	**0**	CW
9	**-0,03**	**0,00**	**20,55**	**0**	**0**	-0,26	CW WWc [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
11	**0**	0	19,49	0	0	0	CW
11	**-0,02**	0,02	20,35	0	0	0,31	CW WWc
11	-0,01	0,01	**20,88**	0	0	0,13	CW W
11	-0,01	0,02	**18,97**	0	0	0,18	CW Wc
11	**-0,01**	**0,01**	**20,88**	**0**	**0**	0,13	CW W [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]
12	**0,01**	0,02	18,97	0	0	-0,18	CW Wc
12	**-0,01**	-0,01	18,11	0	0	0,13	CW W
12	0	0	**19,49**	0	0	0	CW
12	0,00	0,01	**17,58**	0	0	-0,05	CW WWc
12	**0**	**0**	**19,49**	**0**	**0**	0	CW [Bx=1,5 By=1,5 Hz=1 Ex=0 Ey=0]

Poz.2.2.2 Wymiarowanie trzonu wg PN-EN-1993-1-1



Wymiary przekroju:
D=1420,0 d=1396,0 g=12,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=1315469,1 Izg=1315469,1 A=530,80 iy=49,8 iz=49,8 Iw=0,0 It=2607451,1 is=70,4.
Materiał: **S 355 Komin 420stC**. Granica plastyczności **f_y=237** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 260** dla **g=12,0**.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc 1 (0,000;9,700)

Przyjęto:

$\kappa_a = 0{,}607$ $\kappa_b = 0{,}603$ węzły przesuwne ⇒ $\mu = 1{,}664$ dla $l_o = 9{,}700$

$l_w = 1{,}664 \times 9{,}700 = 16{,}141$ m

Przęsło Zc 1 (0,000;9,700)

Przyjęto:

$\kappa_a = 0{,}607$ $\kappa_b = 0{,}603$ węzły przesuwne ⇒ $\mu = 1{,}664$ dla $l_o = 9{,}700$

$l_w = 1{,}664 \times 9{,}700 = 16{,}141$ m

Przęsło ω 1 (0,000;9,700)

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ_ω = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega}$ = 9,700 m. Długość wyboczeniowa l_ω = 9,700 m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 162 \times 1{,}315E{+}6}{16{,}141^2} \times 10^{-2} = 80943{,}22 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 162 \times 1{,}315E{+}6}{16{,}141^2} \times 10^{-2} = 80943{,}22 \text{ kN}$$

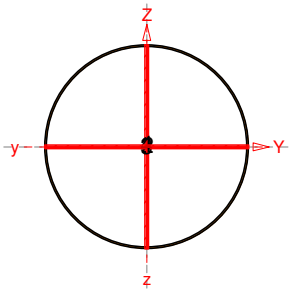
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\varpi}{l_\varpi^2} + GI_T\right) = \frac{1}{70{,}4^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 162 \times 0{,}0}{9{,}700^2} \times 10^{-2} + 81 \times 2607451{,}1 \times 10^2\right) = 4261125{,}61 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

xa = 15,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,5·Wc

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:

$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 0{,}987$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/237{,}09} = 0{,}996$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	1420,0	12,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	118,333	4
2	1420,0	12,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	118,333	4
3	1420,0	12,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	118,333	4
4	1420,0	12,0	-	-	-	49,559	69,383	89,207	118,333	4

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Nośność rur okrągłych klasy 4:

xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·(W+Wc)

Sprawdzenie nośności rury **R *1420x12** (profil nr 1) wg PN-EN 1993-1-6.

Ekstremalne naprężenia błonowe wg załącznika A:

σ_{x1} = 56,21 MPa

σ_{x2} = -60,52 MPa.

Nośność na zniszczenie plastyczne (LS1):

$f_{eq.Rd} = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$ = 237,09 / 1 = 237,09 Mpa

$\sigma_{eq,Ed} = \sigma_{x,Ed} = \max\{|\sigma_{x1}|; |\sigma_{x2}|\}$ = **60,52 < 237,09** = $f_{eq.Rd}$ (6.6 *EN 1993-1-6*)

Stan graniczny niestateczności (LS3):

Wyznaczenie naprężeń krytycznych:

$\omega = l / \sqrt{rt}$ = 5300 / $\sqrt{704 \times 12}$ = 57,663 (D.1 *EN 1993-1-6*)

dla powłoki długiej $\omega > 0{,}5\, r / t$ spełniającej warunki D.1.2.1(7), przyjęto

$C_x = 0{,}60 + 0{,}40\,(\sigma_{xE,M} / \sigma_{xE}) = 0{,}60 + 0{,}40 \times (58{,}37/60{,}52) = 0{,}986$ (D.13 *EN 1993-1-6*)

$\sigma_{x,Rcr} = 0{,}605\, E\, C_x\, t / r = 0{,}605 \times 162424 \times 0{,}986 \times 12/704 = 1651{,}18$ MPa (D.1 *EN 1993-1-6*)

Parametry zwichrzenia przy ściskaniu południkowym:

Dla normalnej klasie jakości wykonania przyjęto Q = 16.

$\Delta w_k = t / Q \sqrt{r/t} = 12/16 \times \sqrt{704/12} = 5{,}74$ mm (D.15 *EN 1993-1-6*)

$\alpha = 0{,}62 / [1 + 1{,}91(\Delta w_k / t)^{1{,}44}] = 0{,}62 / [1 + 1{,}91 \times (5{,}74/12)^{1{,}44}] = 0{,}373$ (D.14 *EN 1993-1-6*)

$\beta = 0{,}6$

$\eta = 1{,}0$

dla powłoki długiej spełniającej warunki D.1.2.1(7)

$\bar{\lambda}_{x0} = 0{,}20 + 0{,}10\ (\sigma_{xE,M} / \sigma_{xE}) = 0{,}20 + 0{,}10 \times (58{,}37/60{,}52) = 0{,}296$

$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\alpha/(1-\beta)} = \sqrt{0{,}373/(1-0{,}6)} = 0{,}966$ (8.16 *EN 1993-1-6*)

Smukłości względne:

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{f_{yk} / \sigma_{x,Rcr}} = \sqrt{237{,}09/1651{,}18} = 0{,}379$ (8.17 *EN 1993-1-6*)

Redukcyjny współczynnik wyboczeniowy dla $\bar{\lambda}_0 < \bar{\lambda} < \bar{\lambda}_p$ wynosi

$\chi = 1 - \beta[(\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0)/(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_0)]^{\eta} = 1 - 0{,}6 \times [(0{,}379-0{,}296)/(0{,}966-0{,}296)]^1 = 0{,}926$ (8.14 *EN 1993-1-6*)

Wytrzymałość wyboczeniowa:

$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk} = 0{,}926 \times 237{,}09 = 219{,}56$ MPa (8.12 *EN 1993-1-6*)

$\sigma_{x,Rd} = \sigma_{x,Rk} / \gamma_{M1} = 219{,}56/1 = 219{,}56$ MPa (8.11 *EN 1993-1-6*)

Warunek stateczności:

$\sigma_{x,Ed} = \mathbf{60{,}52 < 219{,}564} = \sigma_{x,Rd}$ (8.18 *EN 1993-1-6*)

Nośność na ściskanie:

xa = 0,000; xb = 15,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW

Klasa przekroju **4**.

Przekrój efektywny rur okrągłych klasy 4 określono na podstawie stosunku wytrzymałości wyboczeniowej ($\sigma_{x,Rd}$) i obliczeniowej ($f_{eq,Rd}$) wyznaczonych na podstawie PN-EN 1993-1-6.

Siła osiowa: $N_{Ed} = -120{,}69$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 530{,}80$ cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: $A_{eff} = 412{,}79$ cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: $e_{Ny} = 0{,}00$; $e_{Nz} = 0{,}00$ cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{412{,}79 \times 237{,}09}{1} \times 10^{-1} = 9786{,}89 \text{ kN} \qquad (6.11)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{120{,}69}{9786{,}89} = \mathbf{0{,}012 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{412{,}79 \times 237{,}09}{80943{,}22 \times 10}} = 0{,}348$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{412{,}79 \times 237{,}09}{80943{,}22 \times 10}} = 0{,}348$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{412{,}79 \times 237{,}09}{4261125{,}61 \times 10}} = 0{,}0479$
$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}49 \times (0{,}348 - 0{,}2) + 0{,}348^2] = 0{,}597$	$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}49 \times (0{,}348 - 0{,}2) + 0{,}348^2] = 0{,}597$	$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}49 \times (0{,}0479 - 0{,}2) + 0{,}048^2] = 0{,}464$
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}597 + \sqrt{0{,}597^2 - 0{,}348^2}} = 0{,}925$	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}597 + \sqrt{0{,}597^2 - 0{,}348^2}} = 0{,}925$	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}464 + \sqrt{0{,}464^2 - 0{,}0479^2}} = 1{,}081$
przyjęto $\chi = 0{,}925 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0{,}925 \le 1$	przyjęto $\chi = 1{,}000 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0{,}925$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0{,}925 \times 412{,}79 \times 237{,}09}{1} \times 10^{-1} = 9049{,}41 \text{ kN} \qquad (6.48)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{120{,}69}{9049{,}41} = \mathbf{0{,}013 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:
xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,5·(W+Wc)
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v\,(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{337{,}92\times237{,}09/1{,}732}{1}\times10^{-1} = 4625{,}58\ \text{kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{57{,}98}{4625{,}58} = \mathbf{0{,}013 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v\,(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{337{,}92\times237{,}09/1{,}732}{1}\times10^{-1} = 4625{,}58\ \text{kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{49{,}16}{4625{,}58} = \mathbf{0{,}011 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 237,09 MPa, przyjęto $\eta = 1{,}2$.
Nośność na ścinanie z uwzględnieniem stateczności lokalnej:
Ścianki:

Nr	t_w	h_w (b)	a	k_τ	σ_E	τ_{cr}	$\bar{\lambda}_w$	χ_w	$V_{b,Rd}$	$V_{b,Rd,z}$	$V_{b,Rd,y}$
	[mm]	[mm]	[m]	(A.5 *EN 1993-1-5*)	(A.1 *EN 1993-1-5*)	(5.4 *EN 1993-1-5*)	(5.3 *EN 1993-1-5*)	(T 5.1 *EN 1993-1-5*)	(5.2 *EN 1993-1-5*)		
1	12,0	1420,0	15,000	5,376	10,5	56,4	1,559	0,532	1241,97	1241,97	0,00
2	12,0	1420,0	15,000	5,376	10,5	56,4	1,559	0,532	1241,97	1241,97	0,00
3	12,0	1420,0	15,000	5,376	10,5	56,4	1,559	0,532	1241,97	0,00	1241,97
4	12,0	1420,0	15,000	5,376	10,5	56,4	1,559	0,532	1241,97	0,00	1241,97

Warunek nośności przekroju z uwzględnieniem stateczności lokalnej:
- wzdłuż osi Z

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{57{,}98}{2483{,}93} = \mathbf{0{,}023 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$\frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} = \frac{49{,}16}{2483{,}93} = \mathbf{0{,}020 < 1}$$

Nośność przekroju na zginanie:
xa = 9,700; xb = 5,300; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·(W+Wc)
Klasa przekroju **4**.
Przekrój efektywny rur okrągłych klasy 4 określono na podstawie stosunku wytrzymałości wyboczeniowej ($\sigma_{x,Rd}$) i obliczeniowej ($f_{eq,Rd}$) wyznaczonych na podstawie PN-EN 1993-1-6.
Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min}\,f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17190{,}39\times237{,}09}{1}\times10^{-3} = 4075{,}67\ \text{kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min}\,f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17190{,}39\times237{,}09}{1}\times10^{-3} = 4075{,}67\ \text{kNm}$$

Nośność przekroju klasy 4:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}f_y/\gamma_{M0}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}+N_{Ed}e_{Ny}}{W_{eff,y,min}f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}+N_{Ed}e_{Nz}}{W_{eff,z,min}f_y/\gamma_{M0}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{114{,}19}{491{,}87\times237{,}1/1}\times10 +$$

$$\left[\left(\frac{|-890{,}75-114{,}19\times0{,}000|}{17190{,}39\times237{,}1/1}\times10^3\right)^2 + \left(\frac{|-629{,}28+114{,}19\times0{,}000|}{17190{,}39\times237{,}1/1}\times10^3\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}277 < 1} \qquad (6.44)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}+\left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^2+\left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^2\right]^{1/2}=\frac{114,19}{11661,86}+\left[\left(\frac{890,75}{4075,67}\right)^2+\left(\frac{629,28}{4075,67}\right)^2\right]^{1/2}=\mathbf{0,277<1} \qquad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·(W+Wc)

Współczynniki interakcji według metody 2:

C_{my} = 0,9 - przechyłowa postaci wyboczenia.

C_{mz} = 0,9 - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$k_{yy}=C_{my}\left(1+0,6\bar{\lambda}_y\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)=0,900\times\left(1+0,6\times0,379\times\frac{120,69}{0,909\times11604,62/1}\right)=0,902$$

$$\text{przyjęto } k_{yy}=\mathbf{0,902}\le0,906=0,900\times\left(1+0,6\times\frac{120,69}{0,909\times11604,62/1}\right)=C_{my}\left(1+0,6\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz}=C_{mz}\left(1+0,6\bar{\lambda}_z\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)=0,900\times\left(1+0,6\times0,379\times\frac{120,69}{0,909\times11604,62/1}\right)=0,902$$

$$\text{przyjęto } k_{zz}=\mathbf{0,902}\le0,906=0,900\times\left(1+0,6\times\frac{120,69}{0,909\times11604,62/1}\right)=C_{mz}\left(1+0,6\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$k_{yz} = k_{zz} = 0,902$

$k_{zy} = 0,8\ k_{yy} = 0,8\times0,902 = 0,722$

Warunki nośności według załącznika krajowego:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}+\left[\left(k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2+\left(C_{mz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2\right]^{1/2}=\frac{120,69}{0,909\times11604,62/1}+$$

$$\left[\left(0,902\times\frac{890+0}{4055,98/1}\right)^2+\left(0,900\times\frac{628,69+0}{4055,98/1}\right)^2\right]^{1/2}=\mathbf{0,254<1} \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}+\left[\left(C_{my}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2+\left(k_{zz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2\right]^{1/2}=\frac{120,69}{0,909\times11604,62/1}+$$

$$\left[\left(0,900\times\frac{890+0}{4055,98/1}\right)^2+\left(0,902\times\frac{628,69+0}{4055,98/1}\right)^2\right]^{1/2}=\mathbf{0,253<1} \qquad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+W+Wc Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia wierzchołka komina względem osi Z wynoszą:

a_{max} = 92,0 mm

a_{gr} = 180,0 mm

a_{max} = **92,0 < 180,0** = a_{gr}

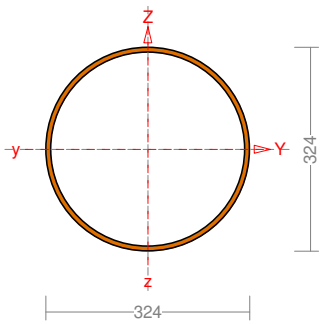
Ugięcia wierzchołka komina względem osi Y wynoszą:

a_{max} = 64,0 mm

a_{gr} = 180,0 mm

a_{max} = **64,0 < 180,0** = a_{gr}

Poz.2.2.3 Wymiarowanie trójnogu wg PN-EN-1993-1-1



Wymiary przekroju:
D=323,9 d=307,9 g=8,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=9910,1 Izg=9910,1 A=79,39 iy=11,2 iz=11,2
Iw=0,0 It=19632,1 is=15,8.
Materiał: **S 235**. Granica plastyczności **f_y=235** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 360** dla **g=8,0**.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc 3 (22,343;25,942)
Przyjęto:
$\kappa_a = 0{,}765$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły przesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 3{,}393$ dla $l_o = 3{,}598$
$l_w = 3{,}393 \times 3{,}598 = 12{,}210$ m

Przęsło Zc 2 (13,128;25,942)
Przyjęto:
$\kappa_a = 0{,}195$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły przesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 2{,}121$ dla $l_o = 12{,}813$
$l_w = 2{,}121 \times 12{,}813 = 27{,}177$ m

Przęsło ω 3 (22,343;25,942)
Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 3{,}598$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3{,}598$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 9910{,}1}{12{,}210^2} \times 10^{-2} = 1377{,}81 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 9910{,}1}{27{,}177^2} \times 10^{-2} = 278{,}09 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T\right) = \frac{1}{15{,}8^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 0{,}0}{3{,}598^2} \times 10^{-2} + 81 \times 19632{,}1 \times 10^2\right) = 636956{,}1 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Przęsło nr: 1 (0,000;13,128)
Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0{,}00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0{,}00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0{,}000$, $A_2 = 0{,}000$, $B = 0{,}000$.

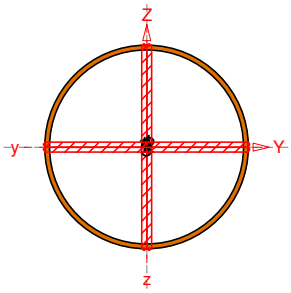
$$A_o = A_1\, b_y + A_2\, a_s = 0{,}000 \times 0{,}00 + 0{,}000 \times 0{,}00 = 0{,}000$$

$$M_{cr} = \pm A_o\, N_{cr,z} + \sqrt{(A_o\, N_{cr,z})^2 + B^2\, i_s^2\, N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

$$0{,}000 \times 4599{,}76 + \sqrt{(0{,}000 \times 4599{,}76)^2 + 0{,}000^2 \times 0{,}158^2 \times 4599{,}76 \times 636956{,}1} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

xa = 25,942; xb = 0,000; Przęsło nr: 3, 2, 3. Obciążenia: CW+1,5·Wc
Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:
$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 1{,}1$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1{,}000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	323,9	8,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	40,487	1
2	323,9	8,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	40,487	1
3	323,9	8,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	40,487	1
4	323,9	8,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	40,487	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność elementów rozciąganych:

xa = 22,343; xb = 3,598; Przęsło nr: 2, 2, 2. Obciążenia: CW+1,5·Wc

Siała osiowa: $N_{Ed} = 72{,}17$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 79{,}39$ cm^2

Pole powierzchni otworów: $A_o = 0{,}00$ cm^2

Pole powierzchni netto: $A_{net} = 79{,}39$ cm^2

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{79{,}39 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 1865{,}67 \text{ kN} \qquad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0{,}9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0{,}9 \times 79{,}39 \times 360}{1{,}1} \times 10^{-1} = 2338{,}4 \text{ kN} \qquad (6.7)$$

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 1865{,}67 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{72{,}17}{1865{,}67} = \mathbf{0{,}039 < 1} \qquad (6.5)$$

Nośność na ściskanie:

xa = 22,343; xb = 3,598; Przęsło nr: 3, 2, 3. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·W

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa: $N_{Ed} = -232{,}64$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 79{,}39$ cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: $A_{eff} = 79{,}39$ cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: $e_{Ny} = 0{,}00$; $e_{Nz} = 0{,}00$ cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{79{,}39 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 1865{,}67 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{232{,}64}{1865{,}67} = \mathbf{0{,}125 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{79{,}39 \times 235}{1377{,}81 \times 10}} = 1{,}164$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{79{,}39 \times 235}{278{,}09 \times 10}} = 2{,}590$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{79{,}39 \times 235}{636956{,}1 \times 10}} = 0{,}0541$
$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (1{,}16$	$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (2{,}59$	$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}05$

4-0,2)+1,164²] = 1,278 $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,278+\sqrt{1,278^2-1,164^2}} =$ 0,553	0-0,2)+2,590²] = 4,105 $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{4,105+\sqrt{4,105^2-2,590^2}} =$ 0,137	41-0,2)+0,054²] = 0,486 $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,486+\sqrt{0,486^2-0,0541^2}} =$ 1,032
przyjęto χ = 0,553 ≤ 1	Przyjęto χ = 0,137 ≤ 1	przyjęto χ = 1,000 ≤ 1

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,137$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,137 \times 79,39 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 255,9 \text{ kN} \qquad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{232,64}{255,9} = \mathbf{0,909 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na skręcanie:

xa = 25,942; xb = 0,000; Przęsło nr: 3, 2, 3. Obciążenia: CW+1,5·(W+Wc)

Naprężenia przy skręcaniu swobodnym:

$$W_t = J_t \left(\frac{t}{Fs}\right)_{min} = 19632,06 \times \frac{0,80}{12,59} = 1247,68 \text{ cm}^3$$

$$T_{Rd} = \frac{W_t f_y}{\sqrt{3}\,\gamma_{M0}} = \frac{1247,68 \times 235}{1,732 \times 1} \times 10^{-3} = 169,28 \text{ kNm}$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}} = \frac{1,93}{169,28} = \mathbf{0,011 < 1} \qquad (6.23)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 13,128; xb = 12,813; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·W

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{50,54 \times 235/1,732}{1} \times 10^{-1} = 685,73 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}\right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{0,0}{(235/1,732)/1} \times 685,73 = 685,65 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{2,20}{685,65} = \mathbf{0,003 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{50,54 \times 235/1,732}{1} \times 10^{-1} = 685,73 \text{ kN}$$

Uwzględnienie występowania skręcania swobodnego:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{(f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}}\right] V_{pl,Rd} = 1 - \frac{0,0}{(235/1,732)/1} \times 685,73 = 685,65 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0,02}{685,65} = \mathbf{0,000 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto η = 1,2.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

h_w / t_w = 323,9/8,0 = **40,487 < 59,700** = 72×1,000/1,200 = 72 Í / ç

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 13,128; xb = 12,813; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·W

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{799,63 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 187,91 \text{ kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl}\, f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{799{,}63\times235}{1}\times10^{-3} = 187{,}91 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 238{,}34 / 1865{,}67 = 0{,}128;\ \text{przyjęto } n = 0{,}128 \le 1;$$

Dla rury okrągłej:

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd}\,(1 - n^{1,7}) = 187{,}91\times(1-0{,}128^{1,7}) = 182{,}23 \text{ kNm} \qquad (24\ AC{:}2009)$$

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\left\{\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^{\beta}\right\}^{1/\gamma} = \left\{\left[\frac{6{,}74}{182{,}23}\right]^{2} + \left[\frac{0{,}29}{182{,}23}\right]^{2}\right\}^{1/2} = 0{,}00137^{\,1/2} = \mathbf{0{,}037 < 1} \qquad (6.41)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^{2} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^{2}\right]^{1/2} = \frac{238{,}34}{1865{,}67} + \left[\left(\frac{6{,}74}{187{,}91}\right)^{2} + \left(\frac{0{,}29}{187{,}91}\right)^{2}\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}164 < 1} \qquad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 3, 2, 3. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·W

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0{,}9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.
$C_{mz} = 0{,}9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}900\times\left(1 + (1{,}164 - 0{,}2)\times\frac{232{,}64}{0{,}553\times1865{,}67/1}\right) = 1{,}095$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{1{,}062} \le 1{,}062 = 0{,}900\times\left(1 + 0{,}8\times\frac{232{,}64}{0{,}553\times1865{,}67/1}\right) = C_{my}\left(1 + 0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = C_{mz}\left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}900\times\left(1 + (2{,}590 - 0{,}2)\times\frac{232{,}64}{0{,}137\times1865{,}67/1}\right) = 2{,}856$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{1{,}555} \le 1{,}555 = 0{,}900\times\left(1 + 0{,}8\times\frac{232{,}64}{0{,}137\times1865{,}67/1}\right) = C_{mz}\left(1 + 0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$k_{yz} = 0{,}6\ k_{zz} = 0{,}6\times1{,}555 = 0{,}933$
$k_{zy} = 0{,}6\ k_{yy} = 0{,}6\times1{,}062 = 0{,}637$

Warunki nośności według załącznika krajowego:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \left[\left(k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^{2} + \left(C_{mz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^{2}\right]^{1/2} = \frac{232{,}64}{0{,}553\times1865{,}67/1} +$$

$$\left[\left(1{,}062\times\frac{3{,}54+0}{187{,}91/1}\right)^{2} + \left(0{,}900\times\frac{0{,}24+0}{187{,}91/1}\right)^{2}\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}245 < 1} \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \left[\left(C_{my}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^{2} + \left(k_{zz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^{2}\right]^{1/2} = \frac{232{,}64}{0{,}137\times1865{,}67/1} +$$

$$\left[\left(0{,}900\times\frac{3{,}54+0}{187{,}91/1}\right)^{2} + \left(1{,}555\times\frac{0{,}24+0}{187{,}91/1}\right)^{2}\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}926 < 1} \quad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+Wc Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$a_{max} = 1{,}5$ mm
$a_{gr} = l / 250 = 13128 / 250 = 52{,}5$ mm
$a_{max} = \mathbf{1{,}5 < 52{,}5} = a_{gr}$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$a_{max} = 0{,}1$ mm
$a_{gr} = l / 250 = 13128 / 250 = 52{,}5$ mm

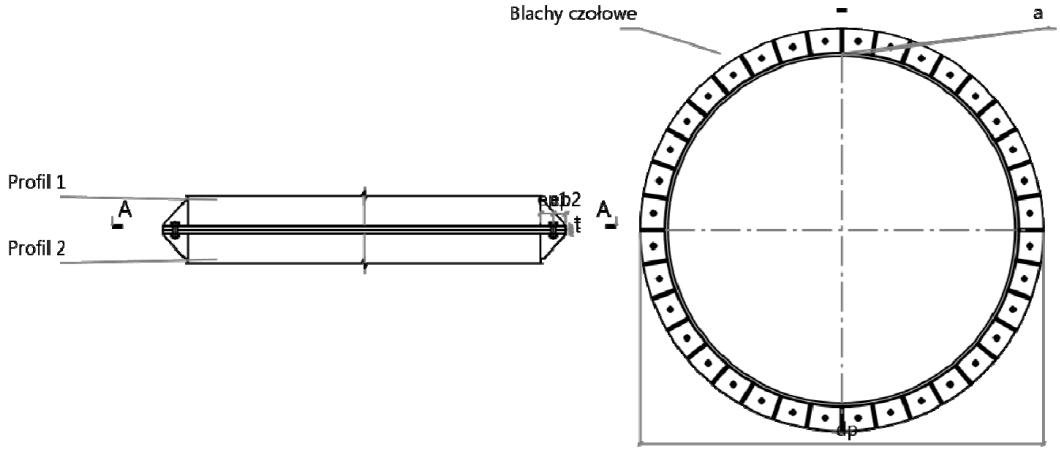
a_{max} = **0,1 < 52,5** = a_{gr}

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

a = 1,502 mm; L / a = 13128,4 / 1,502 = 8738,2

Poz.2.2.4 Połączenia

Poz.2.2.4.1 Połączenie pierścieniowe segmentów komina



Informacje ogólne

Profil 1: Rura 1420x12

Materiał:	S 355	
D_{p1} =	1420 mm	Średnica profilu
t_{p1} =	12 mm	Grubość profilu
A_{p1} =	530,8 cm^2	Pole powierzchni przekroju
I_{py} =	1315469,07 cm^4	Moment bezwładności przekroju
W_{pl} =	23790,14 cm^3	Wskaźnik plastyczny przekroju
W =	18527,73 cm^3	Wskaźnik wytrzymałości przekroju
f_{yp} =	355 MPa	Wytrzymałość

Profil 2: Rura 1420x12

Materiał:	S 355	
D_{p2} =	1420 mm	Średnica profilu
t_{p2} =	12 mm	Grubość profilu
A_{p2} =	530,8 cm^2	Pole powierzchni przekroju
I_{py} =	1315469,07 cm^4	Moment bezwładności przekroju
W_{pl} =	23790,14 cm^3	Wskaźnik plastyczny przekroju
W =	18527,73 cm^3	Wskaźnik wytrzymałości przekroju
f_{yp} =	355 MPa	Wytrzymałość

Blacha czołowa:

Materiał:	S 355	
bp =	1620 mm	Średnica blachy
tp =	15 mm	Grubość blachy

f_{yp} =	355 MPa	Wytrzymałość

Śruby:

d =	20 mm	Średnica
cl =	8.8	Klasa
n =	36	Ilość śrub
e1 =	50 mm	Odległość od profilu do śruby
e2 =	50 mm	Odległość od śruby do krawędzi blachy
p2 =	10 deg	Kątowy rozstaw śrub

Spoiny:

a =	7 mm	Grubość spoiny

Współczynniki bezpieczeństwa:

γ_{M0} =	1
γ_{M1} =	1
γ_{M2} =	1,25
γ_{M3} =	1,25

Przypadek: Case 1:

Siły węzłowe:

N =	50 kN	Siła podłużna
M =	800 kNm	Moment zginający
V =	100 kN	Siła poprzeczna

Weryfikacja nośności

Rezultaty obliczeń

Wytrzymałość składników

$F_{t,Rd}$ =	141,12 kN	Nośność śruby na rozciąganie	[tabl.3.4]
$F_{v,Rd}$ =	94,08 kN	Nośność śruby na ścinanie	[tabl.3.4]
$F_{b,Rd}$ =	161,36 kN	Nośność śruby na docisk	[tabl.3.4]
$B_{p,Rd}$ =	372,61 kN	Nośność na przeciągnięcie śruby	[tabl.3.4]
$M_{c,Rd}$ =	8575,41 kNm	Wytrzymałość obliczeniowa przekroju na zginanie dla profilu 1	PN-EN1993-1-1:[6.2.5]
Klasa:	4	Klasa przekroju dla profilu 1	PN-EN1993-1-1:[5.5.2]
$M_{c,Rd}$ =	8575,41 kNm	Wytrzymałość obliczeniowa przekroju na zginanie dla profilu 2	PN-EN1993-1-1:[6.2.5]
Klasa:	4	Klasa przekroju dla profilu 2	PN-EN1993-1-1:[5.5.2]

Weryfikacja nośności na rozciąganie

Wytrzymałość składników

	Profil 1	Profil 2		
$F_{T1,Rd}$ =	7608,76 kN	3342,41 kN	Nośność połączenia na rozciąganie przy całkowitym uplastycznieniu blachy	NCCI: SN044a
$F_{T2,Rd}$ =	7608,76 kN	3274,23 kN	Nośność połączenia na rozciąganie przy zniszczeniu śrub wraz z uplastycznieniem blachy	NCCI: SN044a
$F_{T3,Rd}$ =	5080,32 kN	5080,32 kN	Nośność połączenia na rozciąganie przy zniszczeniu śrub	NCCI: SN044a

Nośność połączenia przy rozciąganiu osiowym

$N_{j,Rd} = \min(F_{T1,Rd}, F_{T2,Rd}, F_{T3,Rd})$

Profil 1: $N_{j,Rd} = 5080{,}32$ kN

Profil 2: $N_{j,Rd} = 5080{,}32$ kN

Weryfikacja nośności na rozciąganie:

Profil 1: $N/N_{j,Rd} = 0{,}01 < 1.0$ Warunek spełniony (1%)

Profil 2: $N/N_{j,Rd} = 0{,}01 < 1.0$ Warunek spełniony (1%)

Weryfikacja nośności na zginanie z siłą osiową:

Effektywna siła osiowa:

Profil 1: $N_{eff} = (N/A_p +/- M/W_{el}) * A_p = 3167{,}07$ kN

Profil 2: $N_{eff} = (N/A_p +/- M/W_{el}) * A_p = 3167{,}07$ kN

Profil 1: $N_{eff} / N_{j,Rd} = 0{,}62 < 1.0$ Warunek spełniony (62%)

Profil 2: $N_{eff} / N_{j,Rd} = 0{,}62 < 1.0$ Warunek spełniony (62%)

Weryfikacja nośności na ścinanie

Nośność połączenia na ścinanie:

$V_{j,Rd} = n * F_{v,Rd}$

$V_{j,Rd} = 3386{,}88$ kN

Weryfikacja nośności na ścinanie:

$V / V_{j,Rd} = 0{,}03 < 1.0$ Warunek spełniony (3%)

Weryfikacja nośności spoin

	Profil 1	Profil 2		
$A_w =$	4152,89 cm^2	4152,89 cm^2	Całkowita powierzchnia spoin	
$A_{wy} =$	705,18 cm^2	705,18 cm^2	Powierzchnia spoin pionowych	
$I_{wy} =$	11649312,4 cm^4	11649312,4 cm^4	Moment bezwładności układu spoin wzgl. osi Y	
$\sigma_{perp} = \tau_{perp} =$	3,57MPa	3,57MPa	Naprężenia prostopadłe w spoinach	
$\tau_{par} =$	1,42MPa	1,42MPa	Naprężenia styczne w spoinach	
$\beta_w =$	0,9	0,9	Współczynnik korelacji	[tab.4.1]

Profil 1:

$\mathrm{Sqrt}\,[(\sigma_{perp}^2 + 3(\tau_{perp}^2 + \tau_{par}^2)] <= f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$; 7,54 MPa < 453,33 MPa Warunek spełniony (2%)

$\sigma_{perp} <= 0{,}9 * f_u / \gamma_{M2}$; 3,57 MPa < 367,2 MPa Warunek spełniony (1%)

Profil 2:

$\mathrm{Sqrt}\,[(\sigma_{perp}^2 + 3(\tau_{perp}^2 + \tau_{par}^2)] <= f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$; 7,54 MPa < 453,33 MPa Warunek spełniony (2%)

σ_{perp} <= 0,9 * f_u / γ_{M2}; 3,57 MPa < 367,2 MPa Warunek spełniony (1%)

Warunki dodatkowe

Profil 1: $N/N_{t,Rd}$ = 0 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 2: $N/N_{t,Rd}$ = 0 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 1: $M/M_{c,Rd}$ = 0,09 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 2: $M/M_{c,Rd}$ = 0,09 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 1: $V/V_{c,Rd}$ = 0,01 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 2: $V/V_{c,Rd}$ = 0,01 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 1: $M/M_{c,Rd}$ + $N/N_{t,Rd}$ = 0,09 < 1.0 Warunek spełniony

Profil 2: $M/M_{c,Rd}$ + $N/N_{t,Rd}$ = 0,09 < 1.0 Warunek spełniony

Weryfikacja końcowa

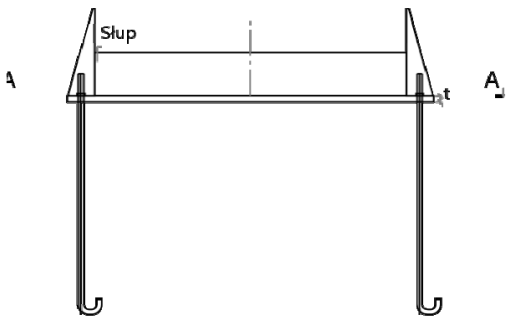
Weryfikacja połączenia dla profilu 1:

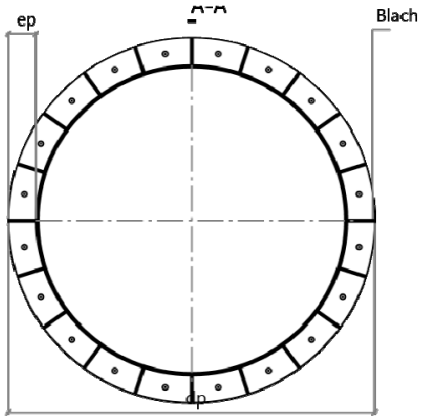
Weryfikacja połączenia	F_{Ed} – siła	F_{Rd} - nośność	Wytężenie F_{Ed}/F_{Rd}
Nośność na rozciąganie	N = 50 kN	$N_{j,Rd}$ = 5080,32 kN	1%
Efektywna siła osiowa	N = 50 kN M = 800 kNm	N/A = 0,53 MPa M/W = 33,12 MPa	62%
Nośność na ścinanie	V = 100 kN	$V_{j,Rd}$ = 3386,88 kN	3%
Nośność spoin	7,54 MPa	453,33 MPa	2%
Nośność profilu na rozciąganie	N = 50 kN	$N_{t,Rd}$ = 33412,72 kN	0%
Nośność profilu na ścinanie	V = 100 kN	$V_{c,Rd}$ = 7393,29 kN	1%

Weryfikacja połączenia dla profilu 2:

Weryfikacja połączenia	F_{Ed} – siła	F_{Rd} - nośność	Wytężenie F_{Ed}/F_{Rd}
Nośność na rozciąganie	N = 50 kN	$N_{j,Rd}$ = 5080,32 kN	1%
Efektywna siła osiowa	N = 50 kN M = 800 kNm	N/A = 0,53 MPa M/W = 33,12 MPa	62%
Nośność na ścinanie	V = 100 kN	$V_{j,Rd}$ = 3386,88 kN	3%
Nośność spoin	7,54 MPa	453,33 MPa	2%
Nośność profilu na rozciąganie	N = 50 kN	$N_{t,Rd}$ = 33412,72 kN	0%
Nośność profilu na ścinanie	V = 100 kN	$V_{c,Rd}$ = 7393,29 kN	1%

Poz.2.2.4.2 Połączenie komina z fundamentem





Informacje ogólne

Słup: Rura 1420x12

Materiał:	S 355	
D_{b1} =	1420 mm	Średnica profilu
t_{p1} =	12 mm	Grubość profilu
A_b =	530,8 cm^2	Powierzchnia przekroju
I_{by} =	1315469,07 cm^4	Moment bezwładności przekroju
W_{pl} =	23790,14 cm^3	Wskaźnik plastyczny przekroju
W =	18527,73 cm^3	Wskaźnik wytrzymałości przekroju
f_{yb} =	355 MPa	Wytrzymałość

Blacha podstawy:

Materiał:	S 355	
dp =	1670 mm	Średnica blachy
tp =	30 mm	Grubość blachy
f_{yp} =	355 MPa	Wytrzymałość

Wzmocnienia:

Materiał:	S 355	
h =	400 mm	Wysokość wzmocnienia
h1 =	10 mm	Wysokość przy krawędzi blachy
l1 =	10 mm	Odległość przy krawędzi profilu
es =	5 mm	Odsunięcie od krawędzi blachy
ts	10 mm	Grubość wzmocnień

Zakotwienie:

Klasa:	3.6	
Typ:	Hak	
d =	24 mm	Średnica
h =	1100 mm	Długość śruby kotwiącej
heff =	1000 mm	Długość efektywna śruby kotwiącej
n =	20	Ilość śrub kotwiących
e1 =	62,5 mm	Odległość od profilu do śruby kotwiącej
e2 =	62,5 mm	Odległość od śruby do krawędzi blachy
p2 =	18 Deg	Kątowy rozstaw śrub

Spoiny:

a =	5 mm	Grubość spoiny
asv =	5 mm	Grubość spoin między wzmocnieniami a słupem
ash =	5 mm	Grubość spoin między wzmocnieniami a blachą

Fundament:

Hf =	1500 mm	Wysokość fundamentu
Wf =	2000 mm	Szerokość fundamentu
Lf =	2000 mm	Długość fundamentu
t_g =	50 mm	Grubość warstwy wyrównawczej
$f_{ck.f}$ =	12 MPa	Wytrzymałość charakterystyczna - beton
$f_{ck.g}$ =	12 MPa	Wytrzymałość charakterystyczna - warstwa wyrównawcza
Y_C =	1,5	Częściowy współczynnik bezpieczeństwa
$C_{f.g}$ =	0,5	Współczynnik tarcia - warstwa wyrównawcza

Przypadek: Case 1:

Siły węzłowe:

N =	20 kN	Siła podłużna
M =	150 kNm	Moment zginający
V =	50 kN	Siła poprzeczna

Weryfikacja nośności

Rezultaty obliczeń

Wytrzymałość składników

$F_{t,Rd}$ =	76,25 kN	Nośność śruby kotwiącej na rozciąganie	[tab.3.4]
$F_{t,Rd,p}$ =	89,55 kN	Nośność na wyrwanie z betonu	PN-EN 1993-1-8 [6.2.6.12]
$F_{vj,Rd}$ =	41,91 kN	Nośność śruby kotwiącej na ścinanie	PN-EN 1993-1-8 [6.2.2(7)]
$M_{c,Rd}$ =	8537,8 kNm	Nośność profilu kolumny na zginanie	PN-EN 1993-1-1 [6.2.5]
Klasa:	4	Klasa przekroju	PN-EN 1993-1-1 [5.5.2]

Weryfikacja nośności na rozciąganie

Wytrzymałość składników

$F_{T1,Rd}$ =	16693,64 kN	Nośność połączenia na rozciąganie przy całkowitym uplastycznieniu blachy	NCCI: SN04a
$F_{T2,Rd}$ =	16693,64 kN	Nośność połączenia na rozciąganie przy zniszczeniu śrub wraz z uplastycznieniem blachy	NCCI: SN04a
$F_{T3,Rd}$ =	1524,96 kN	Nośność połączenia na rozciąganie przy zniszczeniu śrub	NCCI: SN04a

Nośność połączenia na rozciąganie

$$N_{j,Rd} = \min(F_{T1,Rd}, F_{T2,Rd}, F_{T3,Rd})$$

$$N_{j,Rd} = 1524{,}96 \text{ kN}$$

Weryfikacja nośności na rozciąganie:

$N / N_{j,Rd} = 0{,}01 < 1.0$ Warunek spełniony (1%)

Weryfikacja nośności na zginanie

Rodzaj oddziaływania:

Przypadek 1: Rozciąganie z lewej, ściskanie z prawej

e =	7500 mm	mimośród	
z =	1466,99 mm	Ramię sił wewnętrznych	[tab. 6.7]
beff =	241,69 mm	Długość efektywna dla zewnętrznych szeregów śrub	
omega =	1	Współczynnik redukcyjny	[6.2.6.2]
$F_{t,wc,Rd}$ =	1028,26 kN	Nośność środnika profilu na rozciąganie	[6.2.6.3]
$F_{C,fc,Rd}$ =	7410,06 kN	Nośność środnika i półki słupa w strefie ściskanej	[6.2.6.7]
$F_{T,l,Rd}$ =	152,5 kN	Nośność lewej części węzła na rozciąganie	[6.2.8.3]
$F_{Tr,Rd}$ =	152,5 kN	Nośność prawej części węzła na rozciąganie	[6.2.8.3]
$F_{Cl,Rd}$ =	523,82 kN	Nośność lewej części węzła na ściskanie	[6.2.8.3]
$F_{Cr,Rd}$ =	523,82 kN	Nośność prawej części węzła na ściskanie	[6.2.8.3]
M_{Rd1} =	204,51 kNm	Nośność lewej części węzła na zginanie	[tab. 6.7]
M_{Rd2} =	855,46 kNm	Nośność prawej części węzła na zginanie	[tab. 6.7]
M_{Rd} =	204,51 kNm	Nośność połączenia na zginanie	

Weryfikacja nośności na zginanie :

$N / F_{t,wc,Rd} = 0,02 < 1.0$ Warunek spełniony (2%)

$M / M_{Rd} = 0,73 < 1.0$ Warunek spełniony (73%)

Weryfikacja nośności ścinania

$F_{v,Rd}$ =	41,91 kN	Nośność śruby kotwiącej na ścinanie	[6.2.2(7)]
$F_{b,Rd}$ =	432 kN	Nośność śruby kotwiącej na docisk	[tab.3.4]
$F_{vj,Rd}$ =	41,91 kN	Wynikowa nośność śruby kotwiącej na ścinanie	
$F_{f,Rd}$ =	0 kN	Nośność połączenia na poślizg	[6.2.2(6)]

Nośność połączenia na ścinanie:

$$V_{j,Rd} = n*F_{vj,Rd} + F_{f,Rd} + F_{v,Rd,wg,y}$$

$$V_{j,Rd} = 838,19 \text{ kN}$$

Weryfikacja nośności na ścinanie :

$V / V_{j,Rd} = 0,06 < 1.0$ Warunek spełniony (6%)

Weryfikacja nośności spoin

A_w =	1366,84 cm^2	Całkowita powierzchnia spoin	
A_{wy} =	298,5 cm^2	Powierzchnia spoin pionowych	
I_{wy} =	3802259,38 cm^4	Moment bezwładności układu spoin względem osi Y	
σ_{perp} = τ_{perp} =	2,1 MPa	Naprężenia prostopadłe w spoinach	
τ_{par} =	1,68 MPa	Naprężenia styczne w spoinach	
β_w =	0,9	Współczynnik korelacji	[tab.4.1]

$\text{Sqrt}\,[(\sigma_{perp}^2 + 3(\tau_{perp}^2 + \tau_{par}^2)] <= f_u/(\beta_w * \gamma_{M2})$; 5,1 MPa < 453,33 MPa Warunek spełniony (1%)

$\sigma_{perp} <= 0,9*f_u/\gamma_{M2}$;2,1 MPa < 367,2 MPa Warunek spełniony (1%)

Warunki dodatkowe

$N/N_{t,Rd} = 0 < 1.0$ Warunek spełniony

$M/M_{c,Rd} = 0,02 < 1.0$ Warunek spełniony

$V/V_{c,Rd} = 0,01 < 1.0$ Warunek spełniony

Weryfikacja końcowa

Weryfikacja połączenia:

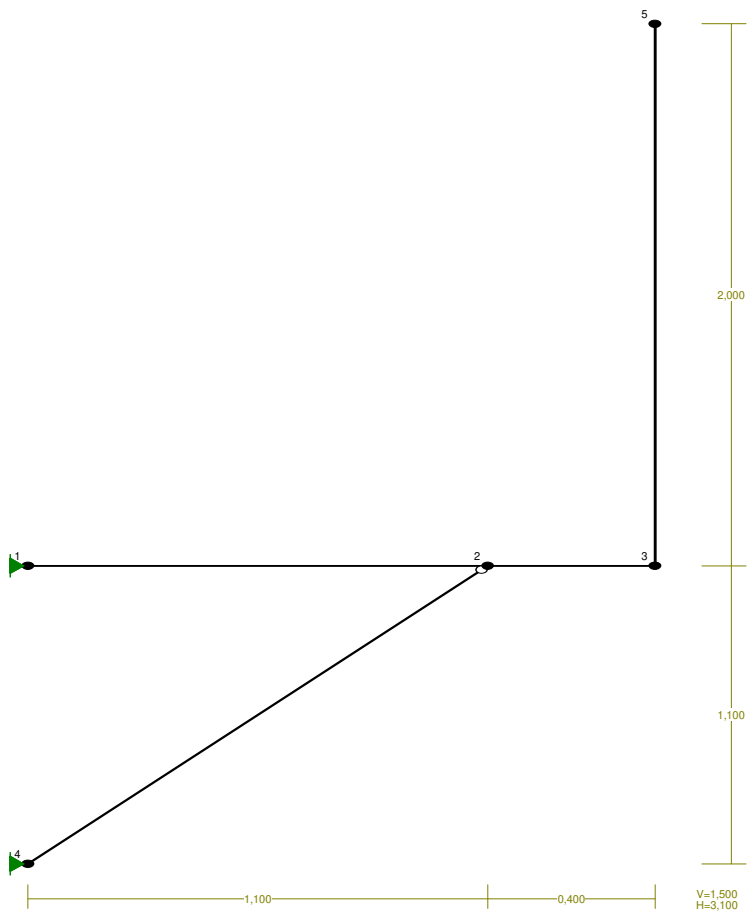
Weryfikacja połączenia	F_{Ed} – siła	F_{Rd} - nośność	Wytężenie F_{Ed}/F_{Rd}
Nośność na rozciąganie	N = 20 kN	$N_{j,Rd}$ = 1524,96 kN	1%
Nośność na zginanie	M = 150 kNm	$M_{j,Rd}$ = 204,51 kNm	73%
Nośność na ścinanie	V = 50 kN	$V_{j,Rd}$ = 838,19 kN	6%
Nośność spoin	5,1 MPa	453,33 MPa	1%
Nośność słupa na rozciąganie	N = 20 kN	$N_{t,Rd}$ = 27363,52 kN	0%
Nośność słupa na zginanie	M = 150 kNm	$M_{c,Rd}$ = 8537,8 kNm	2%
Nośność środnika słupa na rozciąganie	N = 20 kN	$F_{t,wc,Rd}$ = 1028,26 kN	2%
Nośność słupa na ścinanie	V = 50 kN	$V_{c,Rd}$ = 7417,89 kN	1%

Połączenie spełnia warunki normy (PN-EN 1993-1-8:2006/AC:2009)

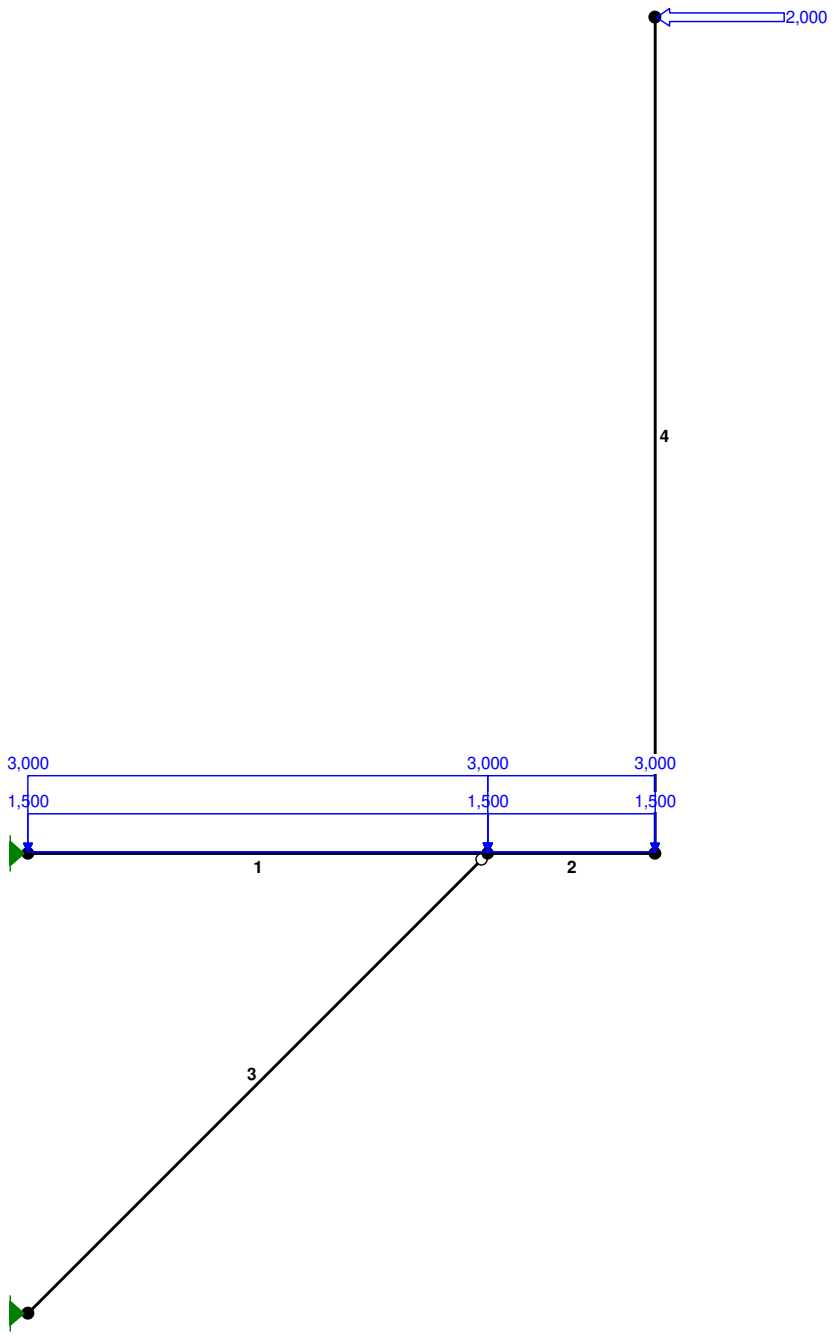
Poz.3.0 Galerie

Poz.3.1 Galeria z zastrzałem na poziomie +43,10m

Poz.3.1.1 Statyka



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	γf= 1,35/1,00	
Grupa:	A "Pomosty"			Stałe	γf= 1,35/1,00	
1	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	1,10
2	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	0,40
Grupa:	B "Uzytkowe"			Zmienne	γf= 1,50	
1	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	1,10
2	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	0,40
Grupa:	C "Wiatr na antenę"			Zmienne	γf= 1,50	
4	Skupione	-90,0	2,000		2,00	

W Y N I K I wg PN-EN 1990
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń
RM_Win v. 11.97 licencja nr 28671

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:		γf:	ψ0/ψ1/ψ2:
CW-"Ciężar własny"	Stałe		1,35/1,00	
A -"Pomosty"	Stałe		1,35/1,00	
B -"Uzytkowe"	Zmienne	1	1,50	0/0/0
C -"Wiatr na antenę"	Zmienne	1	1,50	0,6/0,2/0

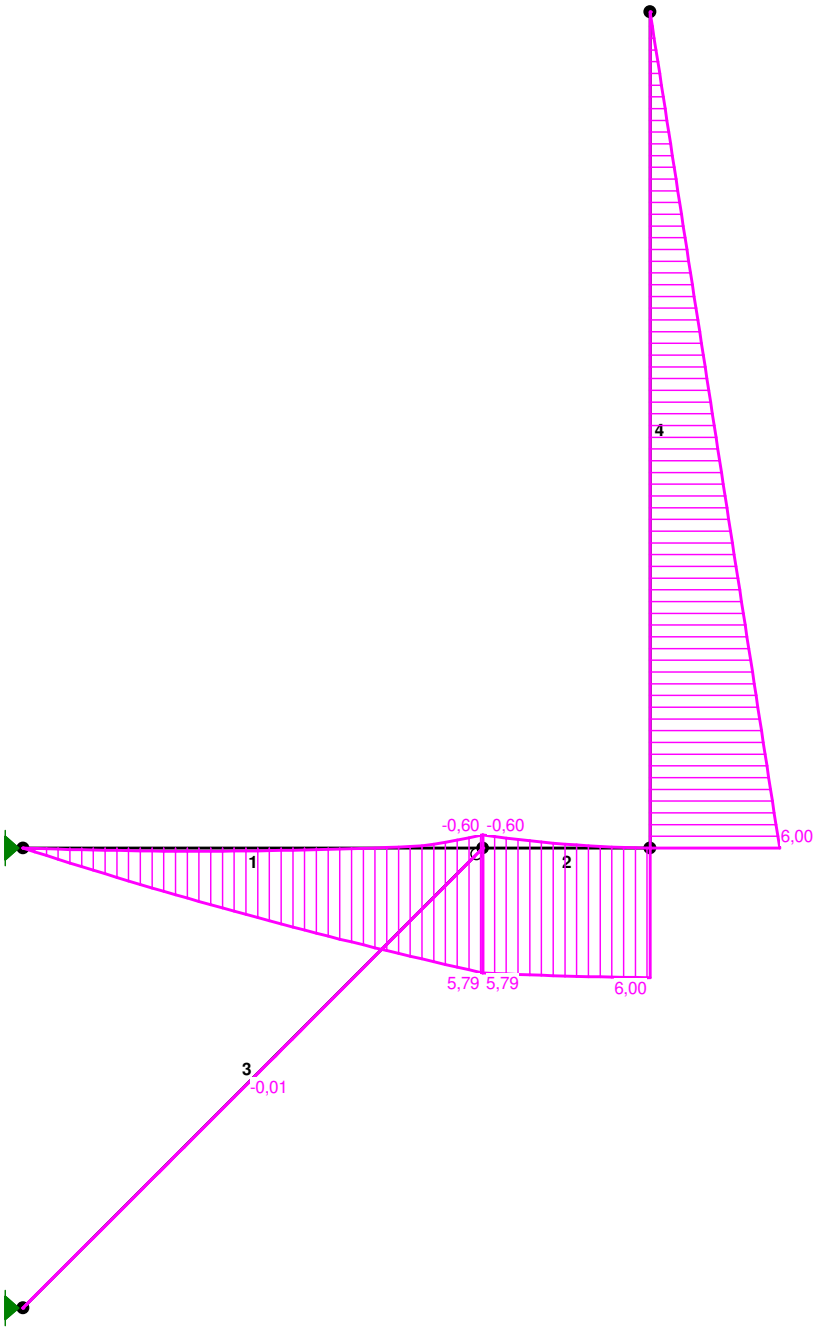
RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
A -"Pomosty"	ZAWSZE
B -"Uzytkowe"	EWENTUALNIE
C -"Wiatr na antenę"	EWENTUALNIE

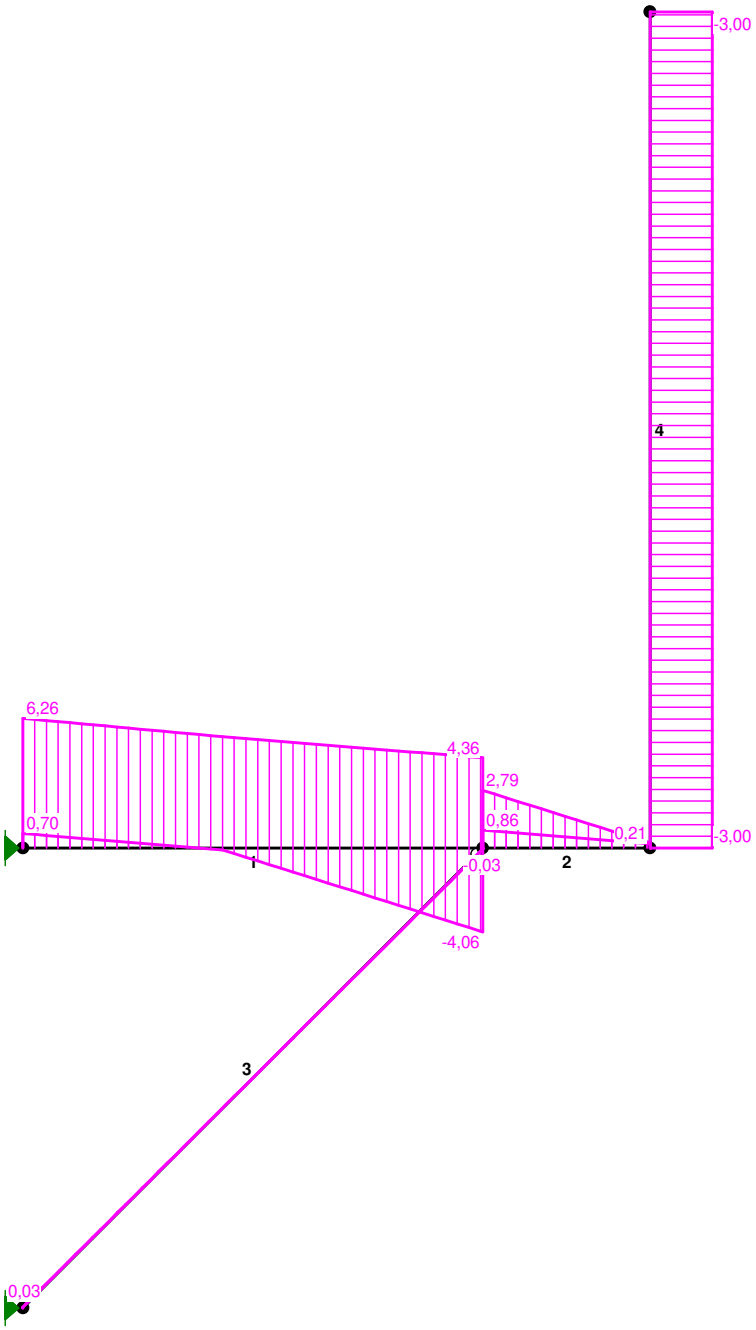
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : CW+A
	EWENTUALNIE: B+C

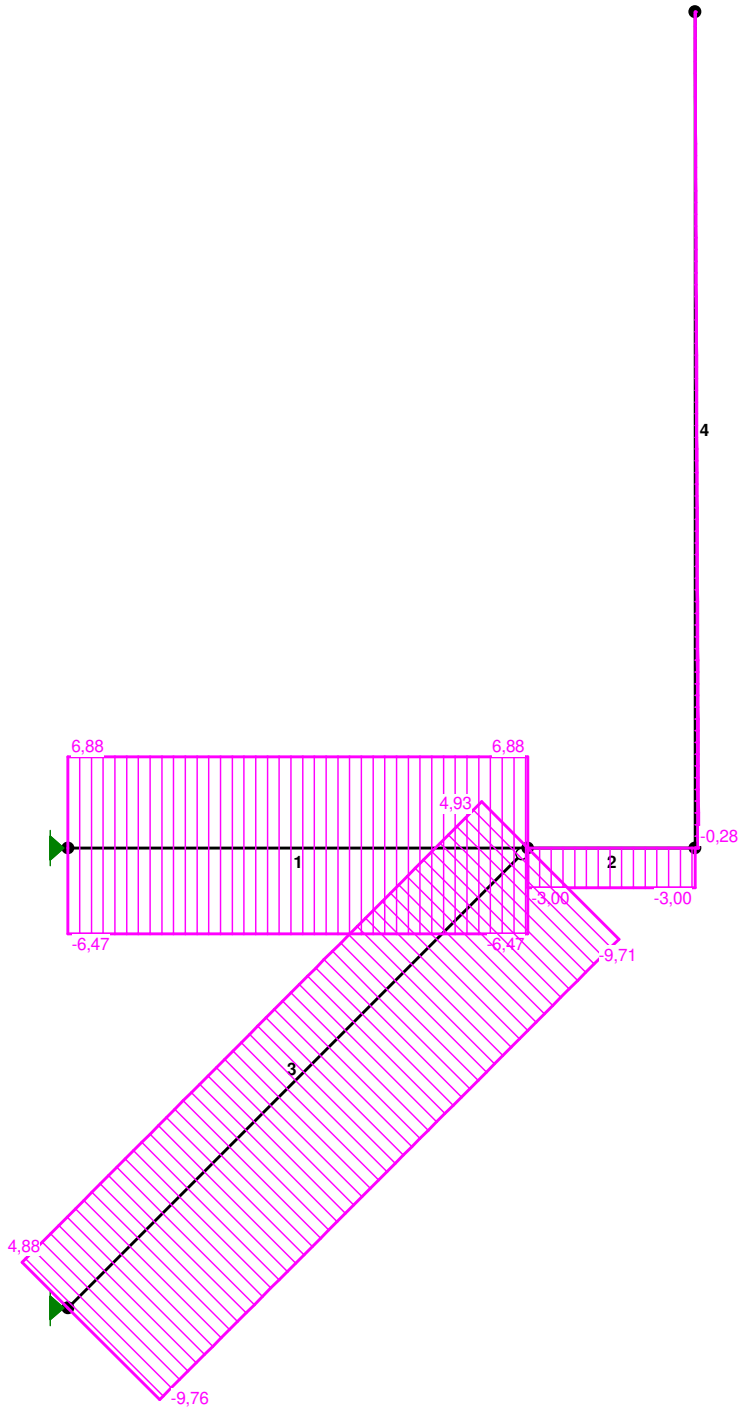
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,100	**5,79***	4,36	-6,47	cw aB**C** (b)
	1,100	**-0,60***	-4,06	6,88	CW A**B** (b)
	0,000	0,00	**6,26***	-6,24	cw AB**C** (b)
	1,100	-0,60	-4,06	**6,88***	CW A**B** (b)
	0,481	0,68	-0,11	**6,88***	CW A**B** (b)
	0,000	0,00	6,16	**-6,47***	cw aB**C** (b)
	1,100	5,79	4,36	**-6,47***	cw aB**C** (b)
2	0,400	**6,00***	0,24	-3,00	CW AB**C** (b)
	0,000	**-0,60***	2,79	0,00	CW A**B** (b)
	0,000	3,00	**2,79***	-1,80	CW A**B**C (b)
	0,000	-0,60	**2,79***	0,00	CW A**B** (b)
	0,000	-0,60	2,79	**0,00***	CW A**B** (b)
	0,400	0,00	0,24	**0,00***	CW A**B** (b)
	0,000	5,76	0,99	**-3,00***	CW AB**C** (b)
	0,400	6,00	0,21	**-3,00***	cw aB**C** (b)
3	1,556	**0,00***	0,03	-3,07	CW a (a)
	0,000	**0,00***	-0,03	4,93	cw aB**C** (b)
	1,556	**0,00***	0,03	-9,76	CW A**B** (b)
	0,778	**-0,01***	0,00	0,83	CW A**B**C (a)
	0,778	**-0,01***	0,00	1,59	CW a**B**C (a)
	0,778	**-0,01***	0,00	-3,80	CW A (a)
	1,556	0,00	**0,03***	0,80	CW A**B**C (a)
	0,000	0,00	**-0,03***	-3,00	CW a (a)
	0,000	0,00	**-0,03***	1,63	CW a**B**C (a)
	1,556	0,00	**0,03***	-3,83	CW A (a)
	0,000	0,00	-0,03	**4,93***	cw aB**C** (b)
	1,556	0,00	0,03	**-9,76***	CW A**B** (b)
4	0,000	**6,00***	-3,00	-0,24	CW AB**C** (b)
	0,000	**6,00***	-3,00	-0,21	cw aB**C** (b)
	2,000	**0,00***	-3,00	0,00	CW AB**C** (b)
	2,000	**0,00***	0,00	0,00	CW a**B** (b)
	0,000	**0,00***	0,00	-0,28	CW a (a)
	0,000	6,00	**-3,00***	-0,24	CW AB**C** (b)
	2,000	0,00	**-3,00***	0,00	cw aB**C** (b)
	2,000	0,00	-3,00	**0,00***	CW AB**C** (b)
	2,000	0,00	0,00	**0,00***	CW a**B** (b)
	0,000	3,60	-1,80	**-0,28***	CW a**B**C (a)
	0,000	0,00	0,00	**-0,28***	CW A (a)

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	**3,08***	3,98	5,03		cw a**B**C (a)
	6,47*	6,16	8,93		cw aB**C** (b)
	-2,68*	0,95	2,85		CW A (a)
	-6,88*	2,96	7,49		CW A**B** (b)
	2,55	**4,23***	4,94		cw A**B**C (a)
	6,24	**6,26***	8,84		cw AB**C** (b)
	-2,15	**0,70***	2,26		CW a (a)
	-2,06	**0,70***	2,17		CW a (b)
	3,08	3,98	**5,03***		cw a**B**C (a)
	6,47	6,16	**8,93***		cw aB**C** (b)

4	**2,68***	2,73	3,83	CW A (a)
	6,88*	6,92	9,76	CW A**B** (b)
	-1,28*	-1,25	1,79	cw a**B**C (a)
	-3,47*	-3,43	4,88	cw aB**C** (b)
	2,68	**2,73***	3,83	CW A (a)
	6,88	**6,92***	9,76	CW A**B** (b)
	-1,28	**-1,25***	1,79	cw a**B**C (a)
	-3,47	**-3,43***	4,88	cw aB**C** (b)
	2,68	2,73	**3,83***	CW A (a)

* = Wartości ekstremalne

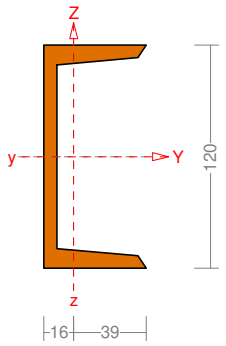
REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia char.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	**3,65***	4,34	5,67		CW AB**C**
	-5,06*	2,14	5,49		CW A**B**
	3,65	**4,34***	5,67		CW AB**C**
	-1,99	**0,70***	2,11		CW A
	3,65	4,34	**5,67***		CW AB**C**
4	**5,06***	5,09	7,18		CW A**B**
	-1,65*	-1,61	2,31		CW AB**C**
	5,06	**5,09***	7,18		CW A**B**
	-1,65	**-1,61***	2,31		CW AB**C**
	5,06	5,09	**7,18***		CW A**B**

* = Wartości ekstremalne

Poz.3.1.2 Wymiarowanie wg PN-EN-1993-1-1

Poz.3.1.2.1 Belka pomostu



Wymiary przekroju:
h=120,0 s=55,0 g=7,0 t=9,0 r=9,0 ey=16,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=364,0 Izg=43,2 A=17,00 iy=4,6 iz=1,6 Iw=899,7
It=3,9 ys=-3,1 zs=0,0 is=5,8 rz=6,5 by=-6,4.
Materiał: **S 235**. Granica plastyczności **f_y=235** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 360** dla **g=7,0**.

Obciążenia prostopadłe:
Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:
- obciążenie rozłożone q = 0 kN/m,
- momenty przywęzłowe M_a = 0, M_b = 0 kNm,
- moment skręcający T = 0 kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi γ_f = 1.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

κ_a = 0,846 κ_b = 1,000 węzły przesuwne ⇒ μ = 4,123 dla l_o = 0,400

l_w = 4,123×0,400 = 1,649 m

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 0{,}400$

$l_w = 1{,}000 \times 0{,}400 = 0{,}400$ m

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 0{,}400$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 0{,}400$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 364{,}0}{1{,}649^2} \times 10^{-2} = 2773{,}79 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 43{,}2}{0{,}400^2} \times 10^{-2} = 5596{,}07 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\varpi}{l_\varpi^2} + GI_T\right) = \frac{1}{5{,}82^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 899{,}7}{0{,}400^2} \times 10^{-2} + 81 \times 3{,}93 \times 10^2\right) = 4388{,}83 \text{ kN}$$

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

$$\frac{2773{,}79 + 4388{,}83 - \sqrt{(2773{,}79 + 4388{,}83)^2 - 4 \times 2773{,}79 \times 4388{,}83 \times (1 - 4{,}123 \times -3{,}14^2/5{,}82^2)}}{2 \times (1 - 4{,}123 \times -3{,}1^2/5{,}82^2)} = 2372{,}68$$

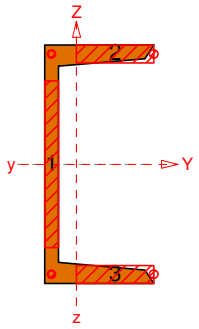
kN

Stan graniczny nośności.

xa = 0,400; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:

$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 1{,}1$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1{,}000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	84,0	7,0	0,512	-0,950	-	70,031	80,641	117,846	12,007	1
2	39,0	9,0	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	4,344	1
3	39,0	9,0	1,000	0,000	0	9,000	10,000	INF	4,344	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

xa = 0,400; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa: $N_{Ed} = -3$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 17{,}00$ cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: $A_{eff} = 17{,}00$ cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: $e_{Ny} = 0{,}00$; $e_{Nz} = 0{,}00$ cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17{,}00 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 399{,}5 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{3}{399,5} = \mathbf{0,008 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{17\times235}{2773,79\times10}} = 0,380$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{17\times235}{5596,07\times10}} = 0,267$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{17\times235}{2372,68\times10}} = 0,410$
$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,49\times(0,380-0,2)+0,380^2] = 0,616$	$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,49\times(0,267-0,2)+0,267^2] = 0,552$	$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,49\times(0,410-0,2)+0,410^2] = 0,636$
$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,616+\sqrt{0,616^2-0,380^2}} = 0,908$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,552+\sqrt{0,552^2-0,267^2}} = 0,966$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,636+\sqrt{0,636^2-0,410^2}} = 0,892$
przyjęto $\chi = 0,908 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0,966 \le 1$	przyjęto $\chi = 0,892 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,892$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,892\times17,00\times235}{1}\times10^{-1} = 356,29 \text{ kN} \qquad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{3}{356,29} = \mathbf{0,008 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 0,000; xb = 0,400; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(**B**+0,6·C) (b)
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8,56\times235/1,732}{1}\times10^{-1} = 116,16 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{2,79}{116,16} = \mathbf{0,024 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.
Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:
h_w / t_w = 84,0/7,0 = **12,007 < 60,676** = 72×1,000/1,200 = 72 Í / ç

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 0,400; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)
Klasa przekroju **1**.
Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{69,24\times235}{1}\times10^{-3} = 16,27 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17,00\times235}{1}\times10^{-1} = 399,5 \text{ kN} \qquad (6.6)$$

$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$ = 3,00 / 399,5 = 0,008; przyjęto n = 0,008 ≤ 1;

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd}\,(1 - n)$ = 16,27×(1-0,008) = 16,15 kNm
$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}\,(1 - n)$ = 4,84×(1-0,008) = 4,8 kNm

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{6}{16,15} = \mathbf{0,372 < 1} \qquad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{3}{399,5} + \frac{6}{16,27} + \frac{0}{4,84} = \mathbf{0,376 < 1} \qquad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

xa = 0,400; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1{,}000 \times 69{,}24 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 16{,}27 \text{ kNm} \qquad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{6}{16{,}27} = \mathbf{0{,}369 < 1} \qquad (6.54)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0{,}9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$C_{mz} = 0{,}6 + 0{,}4\,\psi = 0{,}6 + 0{,}4 \times 0{,}000 = 0{,}600;$ przyjęto $C_{mz} = 0{,}600$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}900 \times \left(1 + (0{,}380 - 0{,}2) \times \frac{3{,}00}{0{,}908 \times 399{,}50/1}\right) = 0{,}901$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0{,}901} \le 0{,}906 = 0{,}900 \times \left(1 + 0{,}8 \times \frac{3{,}00}{0{,}908 \times 399{,}50/1}\right) = C_{my}\left(1 + 0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = C_{mz}\left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0{,}6)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}600 \times \left(1 + (2 \times 0{,}267 - 0{,}6) \times \frac{3{,}00}{0{,}966 \times 399{,}50/1}\right) = 0{,}600$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0{,}600} \le 0{,}607 = 0{,}600 \times \left(1 + 1{,}4 \times \frac{3{,}00}{0{,}966 \times 399{,}50/1}\right) = C_{mz}\left(1 + 1{,}4\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$k_{yz} = 0{,}6\, k_{zz} = 0{,}6 \times 0{,}600 = 0{,}360$

$k_{zy} = 0$ - zginanie jednokierunkowe.

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{3}{0{,}908 \times 399{,}5/1} + 0{,}901 \times \frac{6+0}{1{,}000 \times 16{,}27/1} +$$

$$0{,}360 \times \frac{0+0}{4{,}84/1} = \mathbf{0{,}341 < 1} \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{3}{0{,}966 \times 399{,}5/1} + 0{,}000 \times \frac{6+0}{1{,}000 \times 16{,}27/1} +$$

$$0{,}600 \times \frac{0+0}{4{,}84/1} = \mathbf{0{,}008 < 1} \qquad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

xa = 0,000; xb = 0,400; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego s_s = **100,0** mm oraz typ obciążenia środnika **(a)**. Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych a = **0,400** m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$k_F = 6 + 2\,(h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (84{,}0/400{,}0)^2 = 6{,}09$

$m_1 = f_{yf}\, b_f / f_{yw}\, t_w = 235 \times 51{,}5 / (235 \times 7{,}0) = 7{,}357$

$m_2 = 0{,}000$

$$l_y = s_s + 2t_f\left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right) = 100{,}0 + 2 \times 9{,}0 \times (1 + \sqrt{7{,}357 + 0{,}000}) = 166{,}7 \quad \text{przyjęto } l_y = 166{,}7 \le a$$

$F_{cr} = 0{,}9\, k_F\, E\, t_w^3 / h_w = 0{,}9 \times 6{,}09 \times 210 \times 7{,}0^3 / 84{,}0 = 4696{,}08$ kN

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y\, t_w\, f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{166{,}7 \times 7{,}0 \times 235 \times 10^3}{4696{,}08}} = 0{,}242$$

$$\chi_F = \frac{0{,}5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0{,}5}{0{,}242} = 2{,}069 \qquad \text{przyjęto } \chi_F = 1{,}000 \le 1{,}0$$

$L_{eff} = \chi_F\, l_y = 1{,}000 \times 166{,}7 = 166{,}7$ mm

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw}\, L_{eff}\, t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 166{,}7 \times 7{,}0 \times 10^3}{1} = 274{,}14 \text{ kN} \qquad (6.1\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{3{,}50}{274{,}14} = \mathbf{0{,}013 < 1} \qquad (6.14\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}\, e_{y,N}}{f_y W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}\, e_{z,N}}{f_y W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{3}{17\times235/1}\times10 + \frac{5{,}79+3\times0{,}000}{60{,}67\times235/1}\times10^3 +$$

$$\frac{0+3\times0{,}000}{11{,}08\times235/1}\times10^3 = 0{,}414 \qquad (4.15\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

$$\eta_2 + 0{,}8\ \eta_1 = 0{,}013 + 0{,}8\times0{,}414 = \mathbf{0{,}344 < 1{,}4} \qquad (7.2\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+0·B+**C** Kombinacja charakterystyczna

$a_{max} = 0{,}1$ mm

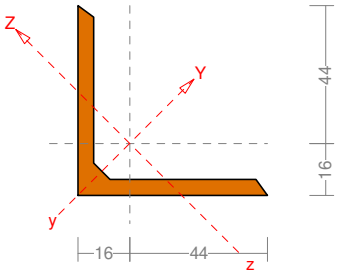
$a_{gr} = l / 250 = 400 / 250 = 1{,}6$ mm

$a_{max} = \mathbf{0{,}1 < 1{,}6} = a_{gr}$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

a = 0,103 mm; L / a = 400,0 / 0,103 = 3899,5

Poz.3.1.2.2 Zastrzał



Wymiary przekroju:
h=60,0 s=60,0 g=5,0 r=8,0 ey=16,4 ez=16,4.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=30,7 Izg=8,1 A=5,82 iy=2,3 iz=1,2 Iw=0,0 It=0,5 ys=-2,0 zs=0,0 is=3,3 rz=4,1 by=-4,1.
Materiał: **S 235**. Granica plastyczności **f_y=235** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 360** dla **g=5,0**.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 1{,}556$

$l_w = 1{,}000\times1{,}556 = 1{,}556$ m

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 1{,}556$

$l_w = 1{,}000\times1{,}556 = 1{,}556$ m

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 1{,}556$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1{,}556$ m.

Długości wyboczeniowe dla osi głównych:

Y: $\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ $\kappa_V = 0{,}000$ $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 1{,}556$

$l_w = 1{,}000\times1{,}556 = 1{,}556$ m

Z: $\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ $\kappa_V = 0{,}000$ $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 1{,}556$

$l_w = 1{,}000\times1{,}556 = 1{,}556$ m

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2\times210\times30{,}7}{1{,}556^2}\times10^{-2} = 262{,}93\ \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2\times210\times8{,}1}{1{,}556^2}\times10^{-2} = 69{,}37\ \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\varpi}{l_\varpi^2} + GI_T\right) = \frac{1}{3{,}29^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 0{,}0}{1{,}556^2} \times 10^{-2} + 81 \times 0{,}537 \times 10^2\right) = 402{,}52 \text{ kN}$$

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

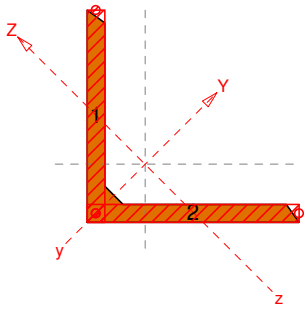
$$\frac{262{,}93 + 402{,}52 - \sqrt{(262{,}93 + 402{,}52)^2 - 4 \times 262{,}93 \times 402{,}52 \times (1 - 1{,}000 \times -2{,}03^2/3{,}29^2)}}{2 \times (1 - 1{,}000 \times -2{,}0^2/3{,}29^2)} = 193{,}93 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

xa = 1,167; xb = 0,389; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:

$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 1{,}1$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1{,}000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	60,0	5,0	0,481	0,000	0	26,943	29,936	INF	12,000	1
2	60,0	5,0	0,923	0,000	0	10,150	11,278	INF	12,000	3

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **3**.

Nośność elementów rozciąganych:

xa = 0,000; xb = 1,556; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Siała osiowa: $N_{Ed} = 4{,}93$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 5{,}82$ cm^2

Pole powierzchni otworów: $A_o = 0{,}00$ cm^2

Pole powierzchni netto: $A_{net} = 5{,}82$ cm^2

Nośność przekroju na rozciąganie:

- nośność plastyczna

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5{,}82 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 136{,}77 \text{ kN} \qquad (6.6)$$

- nośność graniczna

$$N_{u,Rd} = \frac{0{,}9\,A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0{,}9 \times 5{,}82 \times 360}{1{,}1} \times 10^{-1} = 171{,}43 \text{ kN} \qquad (6.7)$$

Pręt posiada zdolność do odkształceń plastycznych ($N_{pl,Rd} < N_{u,Rd}$).

Nośność na rozciąganie:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = 136{,}77 \text{ kN}$$

Warunek nośności (6.5):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{4{,}93}{136{,}77} = \mathbf{0{,}036 < 1} \qquad (6.5)$$

Nośność na ściskanie:

xa = 1,556; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·**B** (b)

Klasa przekroju **3**.

Siła osiowa: $N_{Ed} = -9{,}76$ kN

Pole powierzchni przekroju: $A = 5{,}82$ cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: $A_{eff} = 5{,}82$ cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: $e_{Ny} = 0{,}00$; $e_{Nz} = 0{,}00$ cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A\,f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5{,}82\times235}{1}\times10^{-1} = 136{,}77\ \text{kN} \qquad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{9{,}76}{136{,}77} = \mathbf{0{,}071 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "b")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "b")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\,f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{5{,}82\times235}{262{,}93\times10}} = 0{,}721$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\,f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5{,}82\times235}{69{,}37\times10}} = 1{,}404$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\,f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{5{,}82\times235}{193{,}93\times10}} = 0{,}840$
$\Phi = 0{,}5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5\times[1+0{,}34\times(0{,}721-0{,}2)+0{,}721^2] = 0{,}849$	$\Phi = 0{,}5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5\times[1+0{,}34\times(1{,}404-0{,}2)+1{,}404^2] = 1{,}690$	$\Phi = 0{,}5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5\times[1+0{,}34\times(0{,}840-0{,}2)+0{,}840^2] = 0{,}961$
$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}849+\sqrt{0{,}849^2-0{,}721^2}} = 0{,}772$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1{,}690+\sqrt{1{,}690^2-1{,}404^2}} = 0{,}380$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}961+\sqrt{0{,}961^2-0{,}840^2}} = 0{,}700$
przyjęto $\chi = 0{,}772 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0{,}380 \le 1$	przyjęto $\chi = 0{,}700 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0{,}380$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi\,A\,f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0{,}380\times5{,}82\times235}{1}\times10^{-1} = 51{,}97\ \text{kN} \qquad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{9{,}76}{51{,}97} = \mathbf{0{,}188 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 1,556; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v\,(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4{,}24\times235/1{,}732}{1}\times10^{-1} = 57{,}56\ \text{kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0{,}02}{57{,}56} = \mathbf{0{,}000 < 1}$$

- wzdłuż osi Y

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v\,(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4{,}24\times235/1{,}732}{1}\times10^{-1} = 57{,}56\ \text{kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{0{,}02}{57{,}56} = \mathbf{0{,}000 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1{,}2$.
Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:
h_w / t_w = 60,0/5,0 = **12,000 < 59,730** = 72×1,000/1,200 = 72 Í / ç

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 1,167; xb = 0,389; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·**B** (b)

Klasa przekroju **3**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min}\,f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7{,}24\times235}{1}\times10^{-3} = 1{,}7\ \text{kNm}$$

Nośność na zginanie względem osi Z:

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min}\,f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3{,}49\times235}{1}\times10^{-3} = 0{,}82\ \text{kNm}$$

Największe naprężenia normalne z uwzględnieniem ścinania:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{y,Ed}\,z}{J_y} + \frac{M_{z,Ed}\,y}{J_z} = \frac{-9{,}75}{5{,}82}\times10 - \frac{-0{,}01\times-1{,}82E\text{-}16}{30{,}7}\times10^3 - \frac{-0{,}01\times-2{,}32}{8{,}1}\times10^3 = -19{,}62\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \mathbf{19{,}62 < 235} = \frac{235}{1} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.42)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{9{,}75}{136{,}77} + \frac{0{,}01}{1{,}7} + \frac{0{,}01}{0{,}82} = \mathbf{0{,}089 < 1} \quad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·**B** (b)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0{,}6 + 0{,}4\ \psi = 0{,}6 + 0{,}4\times0{,}000 = 0{,}600;$ przyjęto $C_{my} = 0{,}600$

$C_{mz} = 0{,}6 + 0{,}4\ \psi = 0{,}6 + 0{,}4\times0{,}000 = 0{,}600;$ przyjęto $C_{mz} = 0{,}600$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + 0{,}6\bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}600\times\left(1 + 0{,}6\times0{,}721\times\frac{9{,}76}{0{,}772\times136{,}77/1}\right) = 0{,}624$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0{,}624} \le 0{,}633 = 0{,}600\times\left(1 + 0{,}6\times\frac{9{,}76}{0{,}772\times136{,}77/1}\right) = C_{my}\left(1 + 0{,}6\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = C_{mz}\left(1 + 0{,}6\bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}600\times\left(1 + 0{,}6\times1{,}404\times\frac{9{,}76}{0{,}380\times136{,}77/1}\right) = 0{,}695$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0{,}668} \le 0{,}668 = 0{,}600\times\left(1 + 0{,}6\times\frac{9{,}76}{0{,}380\times136{,}77/1}\right) = C_{mz}\left(1 + 0{,}6\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$k_{yz} = k_{zz} = 0{,}668$

$k_{zy} = 0{,}8\ k_{yy} = 0{,}8\times0{,}624 = 0{,}499$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{9{,}76}{0{,}772\times136{,}77/1} + 0{,}624\times\frac{0{,}01+0}{1{,}000\times1{,}7/1} +$$

$$0{,}668\times\frac{0{,}01+0}{0{,}821/1} = \mathbf{0{,}104 < 1} \quad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{9{,}76}{0{,}380\times136{,}77/1} + 0{,}499\times\frac{0{,}01+0}{1{,}000\times1{,}7/1} +$$

$$0{,}668\times\frac{0{,}01+0}{0{,}821/1} = \mathbf{0{,}199 < 1} \quad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+**B** Kombinacja charakterystyczna

$a_{max} = 0{,}0$ mm

$a_{gr} = l / 250 = 1556 / 250 = 6{,}2$ mm

$a_{max} = \mathbf{0{,}0 < 6{,}2} = a_{gr}$

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$a_{max} = 0{,}1$ mm

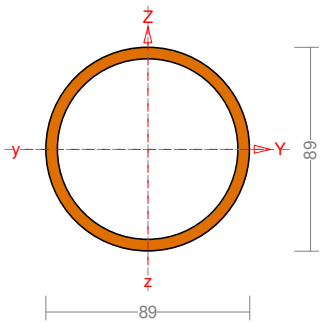
$a_{gr} = l / 250 = 1556 / 250 = 6{,}2$ mm

$a_{max} = \mathbf{0{,}1 < 6{,}2} = a_{gr}$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$a = 0{,}127$ mm; $L / a = 1555{,}6 / 0{,}127 = 12269{,}2$

Poz.3.1.2.3 Słupek do montażu anten



Wymiary przekroju:
D=88,9 d=78,9 g=5,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=116,4 Izg=116,4 A=13,18 iy=3,0 iz=3,0 Iw=0,0
It=229,9 is=4,2.
Materiał: **S 235**. Granica plastyczności **f_y=235** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 360** dla **g=5,0**.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$\kappa_a = 0{,}060$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły przesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 2{,}032$ dla $l_o = 2{,}000$

$l_w = 2{,}032 \times 2{,}000 = 4{,}064$ m

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 2{,}000$

$l_w = 1{,}000 \times 2{,}000 = 2{,}000$ m

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 2{,}000$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 2{,}000$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 116{,}4}{4{,}064^2} \times 10^{-2} = 146{,}03 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 116{,}4}{2{,}000^2} \times 10^{-2} = 602{,}98 \text{ kN}$$

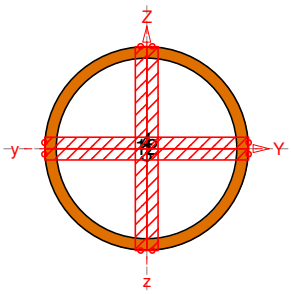
$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T\right) = \frac{1}{4{,}20^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 0{,}0}{2{,}000^2} \times 10^{-2} + 81 \times 229{,}9 \times 10^2\right) = 105441{,}67 \text{ kN}$$

Stan graniczny nośności.

xa = 2,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:

$\gamma_{M0} = 1$; $\gamma_{M1} = 1$; $\gamma_{M2} = 1{,}1$.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1{,}000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1
2	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1

3	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1
4	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

xa = 0,000; xb = 2,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+A)+1,5·(0·B+0,6·**C**) (a)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa: N_{Ed} = -0,28 kN

Pole powierzchni przekroju: A = 13,18 cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: A_{eff} = 13,18 cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: e_{Ny} = 0,00; e_{Nz} = 0,00 cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13,18\times235}{1}\times10^{-1} = 309,73 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{0,28}{309,73} = \mathbf{0,001 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{13,18\times235}{146,03\times10}} = 1,456$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{13,18\times235}{602,98\times10}} = 0,717$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{13,18\times235}{105441,67\times10}} = 0,0542$
$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,21\times(1,456-0,2)+1,456^2] = 1,692$	$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,21\times(0,717-0,2)+0,717^2] = 0,811$	$\Phi = 0,5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0,2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0,5\times[1+0,21\times(0,0542-0,2)+0,054^2] = 0,486$
$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,692+\sqrt{1,692^2-1,456^2}} = 0,391$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,811+\sqrt{0,811^2-0,717^2}} = 0,840$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,486+\sqrt{0,486^2-0,0542^2}} = 1,032$
przyjęto $\chi = 0,391 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0,840 \le 1$	przyjęto $\chi = 1,000 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0,391$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,391\times13,18\times235}{1}\times10^{-1} = 121,25 \text{ kN} \qquad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{0,28}{121,25} = \mathbf{0,002 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 2,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8,39\times235/1,732}{1}\times10^{-1} = 113,84 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{3,00}{113,84} = \mathbf{0,026 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto η = 1,2.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

h_w / t_w = 88,9/5,0 = **17,780 < 59,741** = 72×1,000/1,200 = 72 Í / ç

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 0,000; xb = 2,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(0·B+**C**) (b)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{35,25\times235}{1}\times10^{-3} = 8,28 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13,18\times235}{1}\times10^{-1} = 309,73 \text{ kN} \qquad (6.6)$$

$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,24 / 309,73 = 0,001$; przyjęto $n = 0,001 \le 1$;

Dla rury okrągłej:

$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd}\,(1 - n^{1,7}) = 8,28\times(1-0,001^{1,7}) = 8,28$ kNm (24 AC:2009)

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{6}{8,28} = \mathbf{0,724 < 1} \qquad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{0,24}{309,73} + \left[\left(\frac{6}{8,28}\right)^2 + \left(\frac{0}{8,28}\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0,725 < 1} \qquad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(0·B+**C**) (b)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$C_{mz} = 0,6 + 0,4\,\psi = 0,6 + 0,4\times0,000 = 0,600$; przyjęto $C_{mz} = 0,600$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0,900\times\left(1 + (1,456 - 0,2)\times\frac{0,24}{0,391\times309,73/1}\right) = 0,902$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,901} \le 0,901 = 0,900\times\left(1 + 0,8\times\frac{0,24}{0,391\times309,73/1}\right) = C_{my}\left(1 + 0,8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = C_{mz}\left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0,600\times\left(1 + (0,717 - 0,2)\times\frac{0,24}{0,840\times309,73/1}\right) = 0,600$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,600} \le 0,600 = 0,600\times\left(1 + 0,8\times\frac{0,24}{0,840\times309,73/1}\right) = C_{mz}\left(1 + 0,8\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$k_{yz} = 0,6\,k_{zz} = 0,6\times0,600 = 0,360$

$k_{zy} = 0$ - zginanie jednokierunkowe.

Warunki nośności według załącznika krajowego:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \left[\left(k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2 + \left(C_{mz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{0,24}{0,391\times309,73/1} +$$

$$\left[\left(0,901\times\frac{6+0}{8,28/1}\right)^2 + \left(0,600\times\frac{0+0}{8,28/1}\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0,655 < 1} \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \left[\left(C_{my}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2 + \left(k_{zz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{0,24}{0,840\times309,73/1} +$$

$$\left[\left(0,900\times\frac{6+0}{8,28/1}\right)^2 + \left(0,600\times\frac{0+0}{8,28/1}\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0,653 < 1} \qquad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+0·B+**C** Kombinacja charakterystyczna

$a_{max} = 4,2$ mm

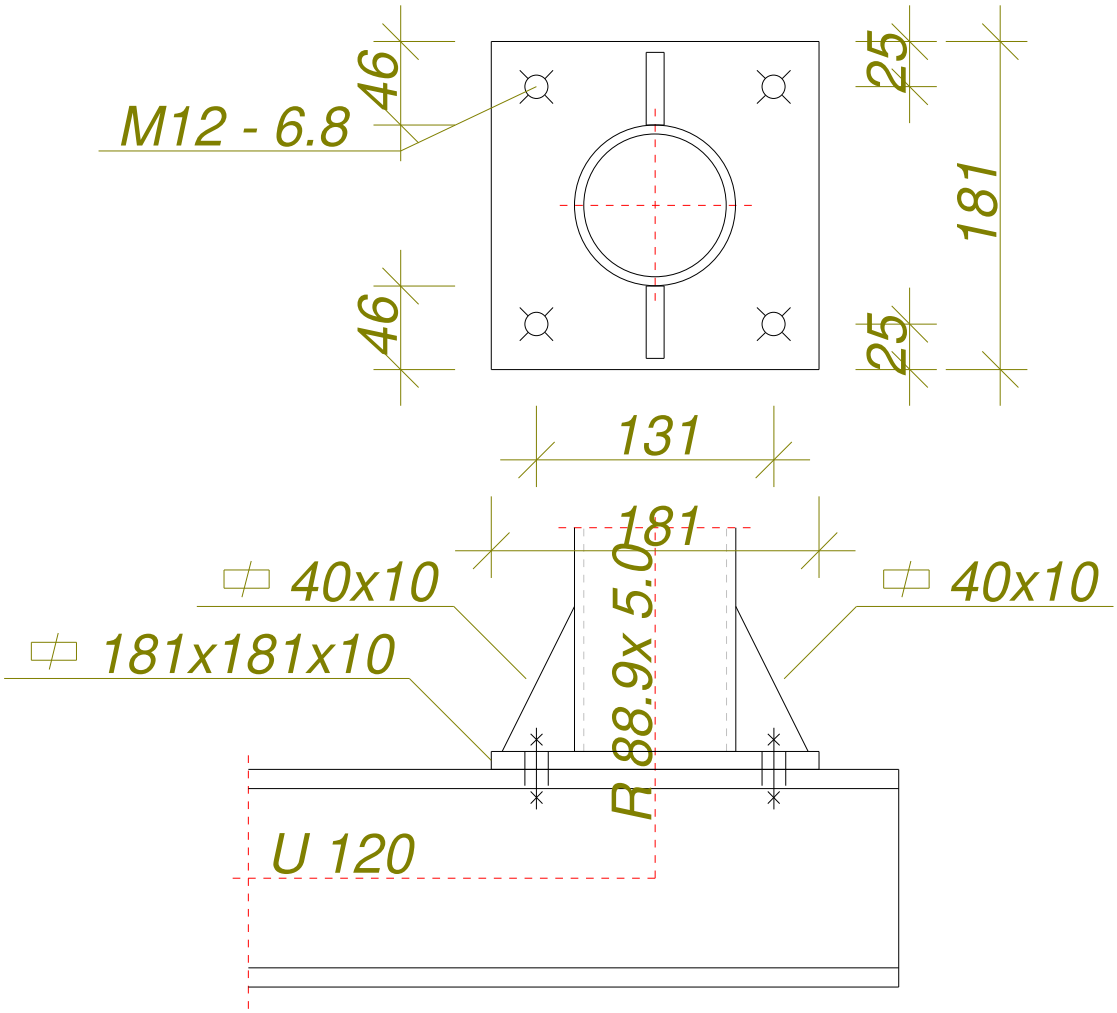
$a_{gr} = l / 250 = 2000 / 250 = 8,0$ mm

$a_{max} = \mathbf{4,2 < 8,0} = a_{gr}$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$a = 4,200$ mm; $L / a = 2000,0 / 4,200 = 476,2$

POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY



Przyjęto połączenie kategorii **D** na śruby **M12** klasy **6.8**.

Siły przekrojowe w odległości lo = 60 mm od węzła:

M = 5,82 kNm, **V** = 3,00 kN, **N** = -0,22 kN.

Nośność śruby:

Pole przekroju śruby: A_s = 84,3 mm^2, A_v = 113,1 mm^2.

R_m = 600 MPa, R_e = 480 MPa,

Nośność śruby: S_{Rt} = min {0,65 $R_m A_s$; 0,85 $R_e A_s$ } = 32,88 kN,

S_{Rr} = 0,85 S_{Rt} = 0,85×32,88 = 27,95 kN,

S_{Rv} = 0,45 $R_m A_v$ = 0,45×600×113,1×10^{-3} = 30,54 kN.

Blacha czołowa:

Przyjęto blachę czołową o wymiarach 181×181 mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy $c = 38{,}6$ i $b_s = 90{,}5 \le 2(c+d)$

$$t_{min} = 1{,}2\sqrt{\frac{c\,S_{Rt}}{b_s\,f_d}} = 1{,}2\times\sqrt{\frac{38{,}6\times32{,}88\times10^3}{90{,}5\times215}} = 9{,}7 \text{ mm}$$

Przyjęto grubość blachy czołowej $\boldsymbol{t = 10{,}0 > 9{,}7} = t_{min}$.

Nośność połączenia:

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

$$\beta = 2{,}67 - t / t_{min} = 2{,}67 - 10 / 9{,}7 = 1{,}64,$$

przyjęto $\beta = 1{,}64 \Rightarrow 1/\beta = 0{,}61$.

Nośność na zginanie

Nośność dla stanu granicznego zerwania śrub:

$$M_{Rt} = S_{Rt}\ \Sigma_i\ m_i\ \omega_i\ y_i = 32{,}88\times(2\times1{,}00\times110)\times10^{-3} = 7{,}23 \text{ kNm}.$$

Przy współdziałaniu siły osiowej uwzględniamy jej wpływ na nośność połączenia:

$$M_{Rt}' = M_{Rt} + 0{,}5\ (h-t)\ N_o = 7{,}23 + 0{,}5\times(89-0)\times0{,}11\times10^{-3} = 7{,}23 \text{ kNm}$$

Warunek stanu granicznego nośności połączenia:

$$\boldsymbol{M = 5{,}82 < 7{,}23 = M_{Rt}}$$

Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna przypadająca na jedną śrubę

$$S_v = V / n = 3{,}00 / 4 = 0{,}75 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w śrubie od siły osiowej $S_t = 0{,}00$ kN, od zginania $S_t = 26{,}48$ kN.

Warunek nośności śruby na ścinanie:

$$\boldsymbol{(S_t / S_{Rt})^2 + (S_v / S_{Rv})^2 = (26{,}48 / 32{,}88)^2 + (0{,}75 / 30{,}54)^2 = 0{,}65 < 1}$$

Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości $a = 3$ mm

Kład spoin daje następujące wielkości:

$A = 12{,}57$ cm^2, $A_v = 9{,}24$ cm^2, $I_x = 281{,}1$ cm^4, $I_y = 89{,}8$ cm^4.

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (3{,}00 / 9{,}24) \times 10 = 3{,}2 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x\ y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-5{,}82\times8{,}4\times10^3}{281{,}1} + \frac{-0{,}22\times10}{12{,}57} = -175{,}0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma\cos(\gamma) = -175{,}0\times\cos(45{,}0) = -123{,}8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma\sin(\gamma) = -175{,}0\times\sin(45{,}0) = -123{,}8 \text{ MPa}$$

Dla $R_e = 235$ MPa, współczynnik χ wynosi 0,70.

Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\tau_{\parallel} = 3{,}2$ MPa.

$$\chi\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\,(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0{,}70\times\sqrt{123{,}8^2 + 3\times(3{,}2^2 + 123{,}8^2)} = \boldsymbol{173{,}3 < 215} = f_d$$

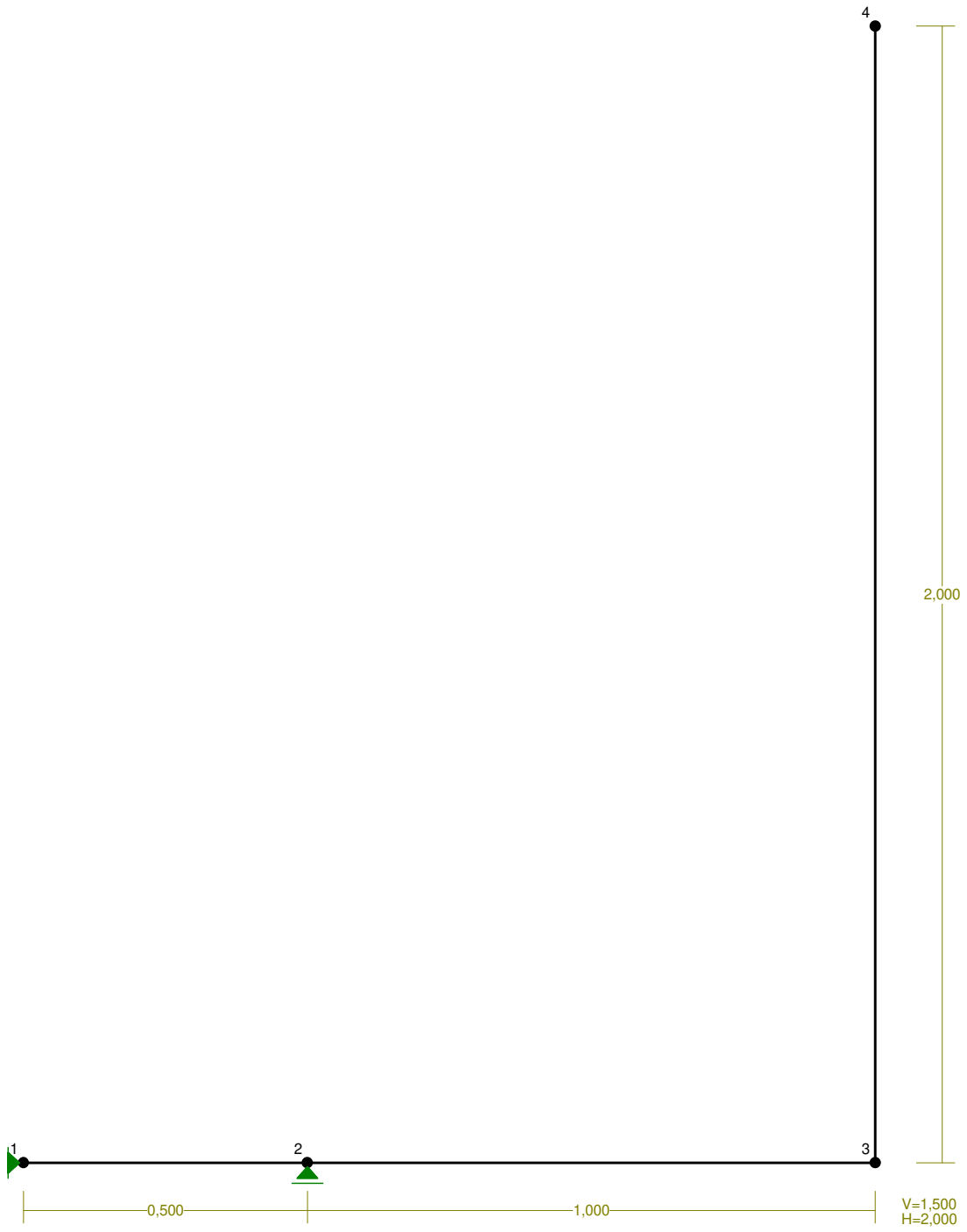
Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x\ y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-5{,}82\times8{,}4\times10^3}{281{,}1} + \frac{-0{,}22\times10}{12{,}57} = -175{,}0 \text{ MPa}$$

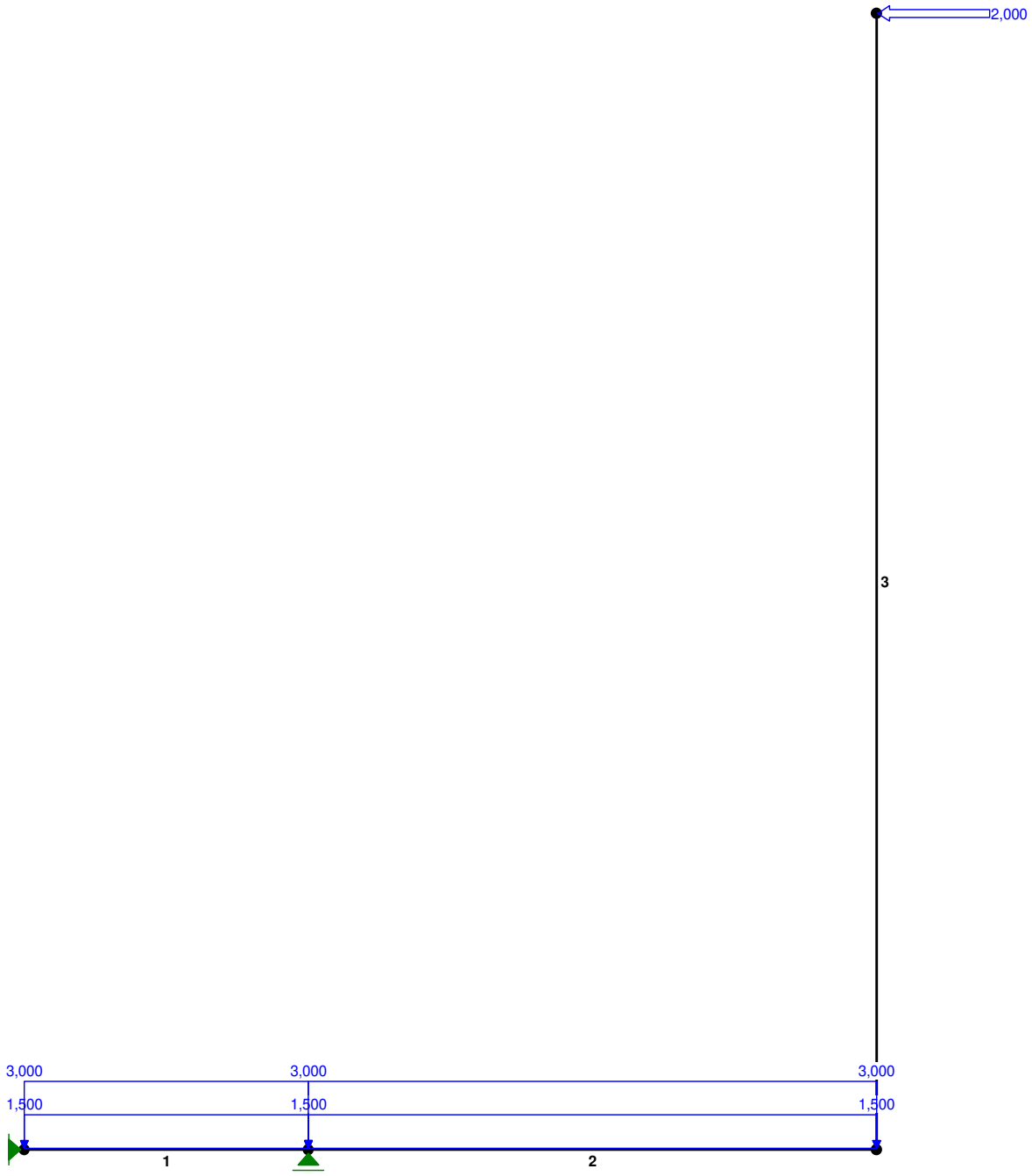
$$\sigma_{\perp} = \sigma\cos(\gamma) = -175{,}0\times\cos(45{,}0) = \boldsymbol{123{,}8 < 215} = f_d$$

Poz.3.2 Galeria nad trójnogiem na poziomie +25,60m

Poz.3.2.1 Statyka



OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: CW "Ciężar własny"				Stałe	γf= 1,35/1,00	
Grupa: A "Pomosty"				Stałe	γf= 1,35/1,00	
1	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	0,50
2	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	1,00
Grupa: B "Uzytkowe"				Zmienne	γf= 1,50	
1	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	0,50
2	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	1,00
Grupa: C "Wiatr na antenę"				Zmienne	γf= 1,50	

3	Skupione	-90,0	2,000	2,00

W Y N I K I wg PN-EN 1990
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń
RM_Win v. 11.97 licencja nr 28671

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:		γf:	ψ0/ψ1/ψ2:
CW-"Ciężar własny"	Stałe		1,35/1,00	
A -"Pomosty"	Stałe		1,35/1,00	
B -"Uzytkowe"	Zmienne	1	1,50	0/0/0
C -"Wiatr na antenę"	Zmienne	1	1,50	0,6/0,2/0

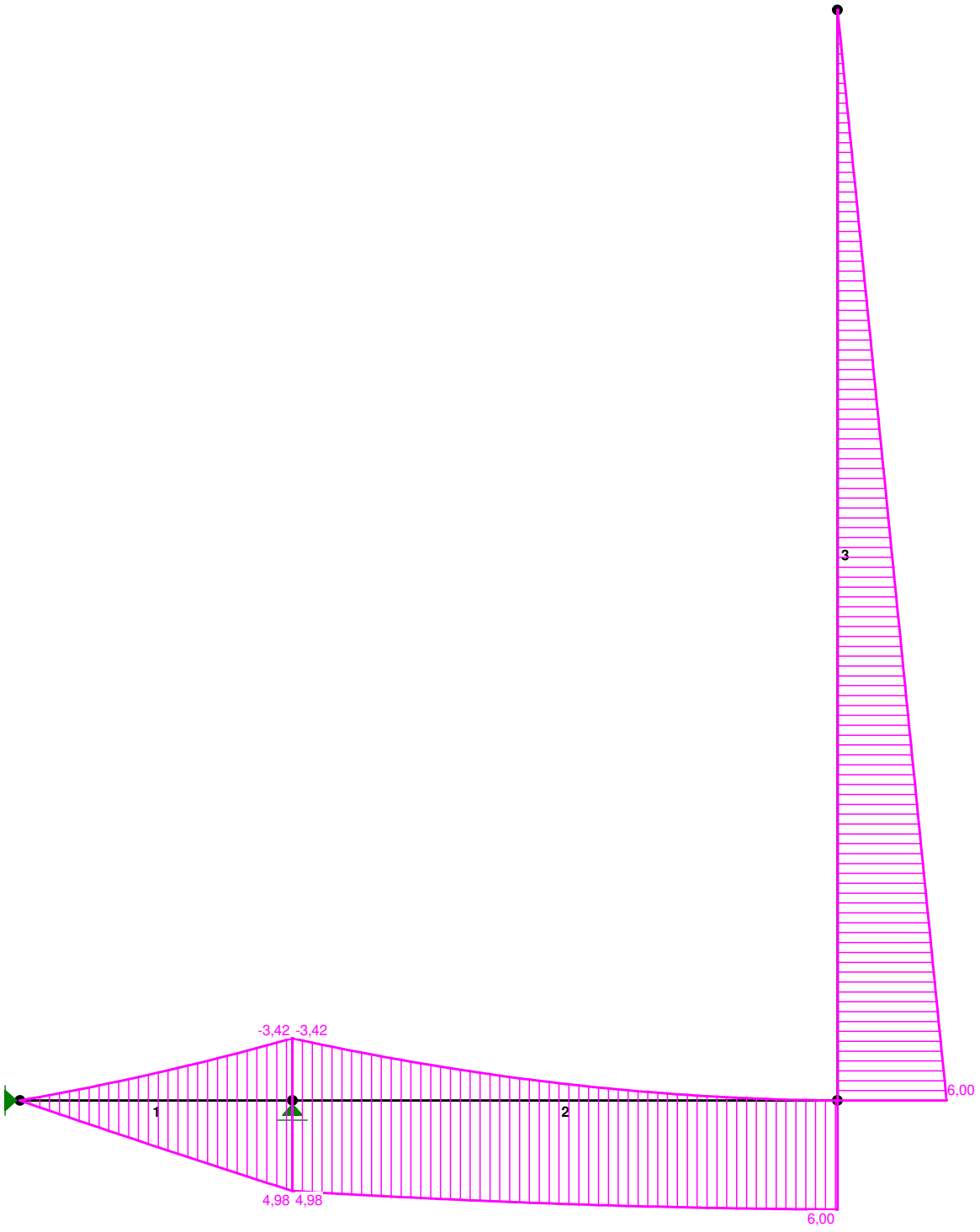
RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
A -"Pomosty"	ZAWSZE
B -"Uzytkowe"	EWENTUALNIE
C -"Wiatr na antenę"	EWENTUALNIE

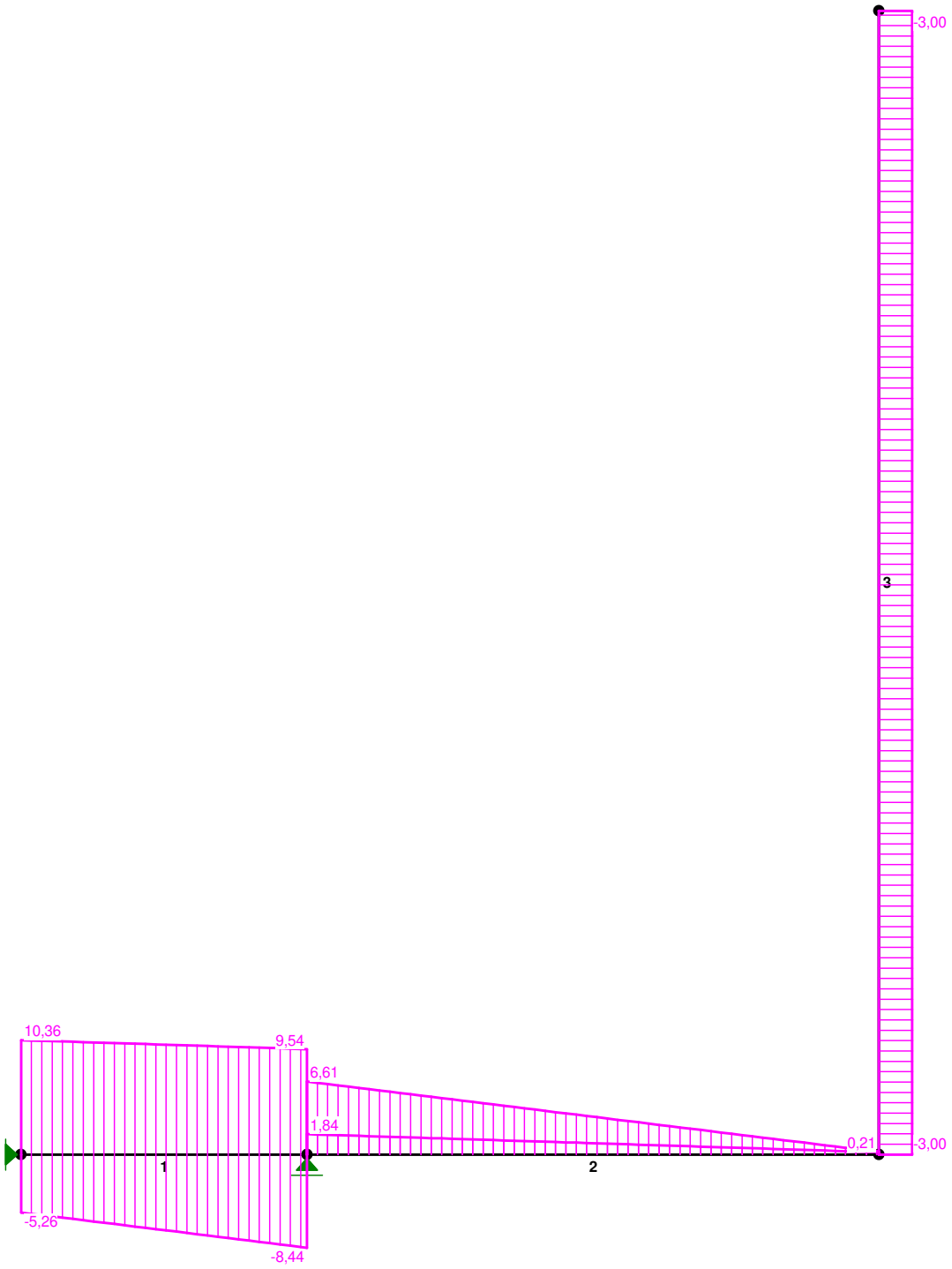
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : CW+A
	EWENTUALNIE: B+C

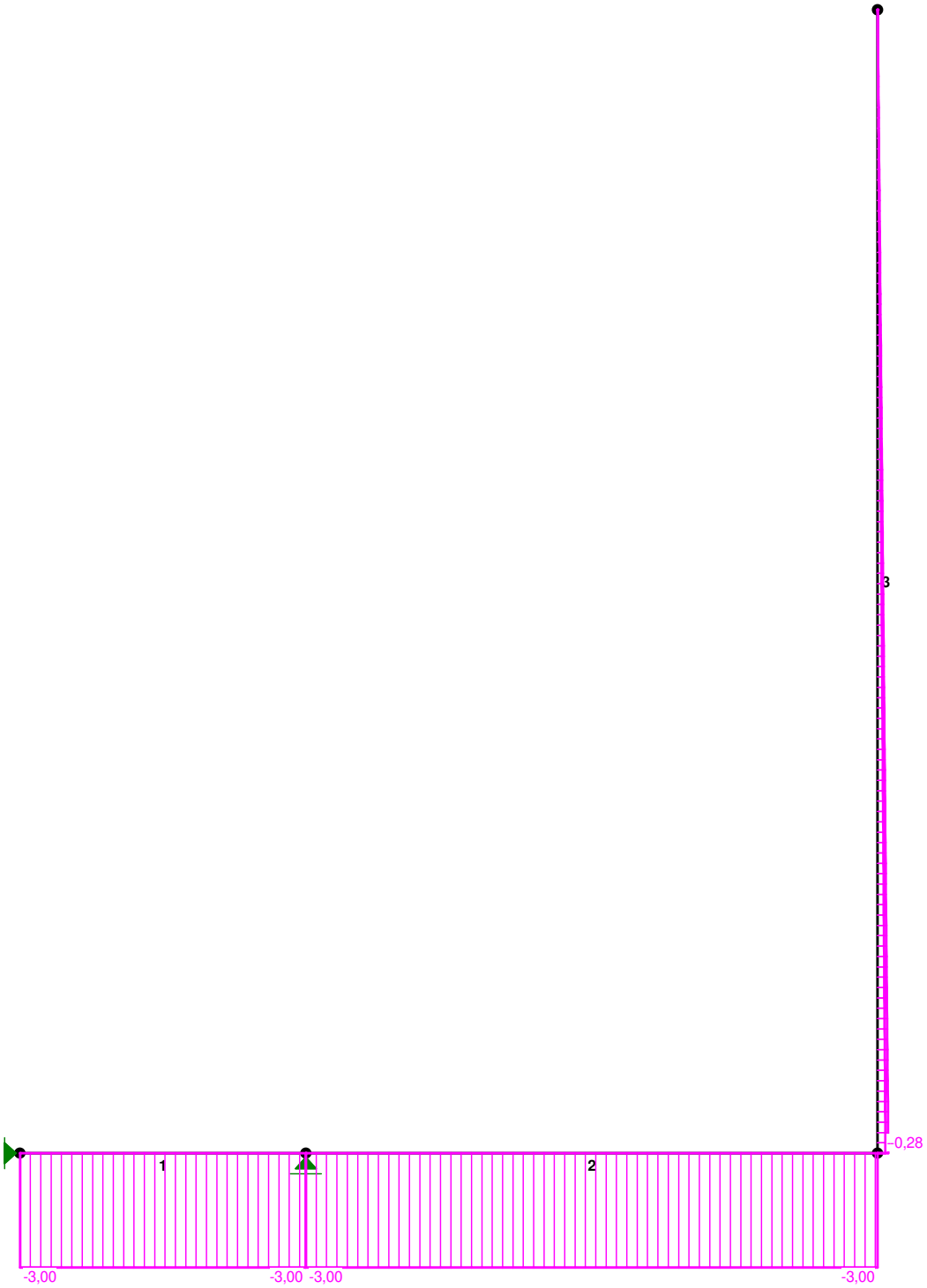
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,500	**4,98***	9,54	-3,00	cw aB**C** (b)
	0,500	**-3,42***	-8,44	0,00	CW A**B** (b)

	0,000	0,00	**10,36***	-3,00	cw aB**C** (b)
	0,500	-3,42	-8,44	**0,00***	CW A**B** (b)
	0,000	0,00	-5,09	**0,00***	CW a**B** (b)
	0,000	0,00	10,36	**-3,00***	cw aB**C** (b)
	0,500	4,98	9,54	**-3,00***	cw aB**C** (b)
	0,000	0,00	10,12	**-3,00***	CW AB**C** (b)
2	1,000	**6,00***	0,24	-3,00	CW AB**C** (b)
	1,000	**6,00***	0,21	-3,00	cw aB**C** (b)
	0,000	**-3,42***	6,61	0,00	CW A**B** (b)
	0,000	0,18	**6,61***	-1,80	CW A**B**C (b)
	0,000	-3,42	**6,61***	0,00	CW A**B** (b)
	0,000	-3,42	6,61	**0,00***	CW A**B** (b)
	1,000	0,00	0,24	**0,00***	CW A**B** (b)
	0,000	4,83	2,11	**-3,00***	CW AB**C** (b)
	1,000	6,00	0,21	**-3,00***	cw AB**C** (b)
3	0,000	**6,00***	-3,00	-0,24	CW AB**C** (b)
	0,000	**6,00***	-3,00	-0,21	cw aB**C** (b)
	2,000	**0,00***	-3,00	0,00	CW AB**C** (b)
	0,000	**0,00***	0,00	-0,28	CW A (a)
	0,000	6,00	**-3,00***	-0,24	CW AB**C** (b)
	2,000	0,00	**-3,00***	0,00	CW AB**C** (b)
	2,000	0,00	-3,00	**0,00***	CW AB**C** (b)
	2,000	0,00	0,00	**0,00***	CW a**B** (b)
	0,000	3,60	-1,80	**-0,28***	CW a**B**C (a)
	0,000	0,00	0,00	**-0,28***	CW a (a)

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	**1,80***	5,56	5,85		cw a**B**C (a)
	3,00*	10,36	10,79		cw aB**C** (b)
	1,80*	4,99	5,30		CW A**B**C (a)
	3,00*	10,12	10,55		CW AB**C** (b)
	0,00*	-1,64	1,64		cw a (a)
	0,00*	-2,21	2,21		CW A (a)
	0,00*	-5,26	5,26		CW A**B** (b)
	0,00*	-1,88	1,88		CW A (b)
	1,80	**5,56***	5,85		cw a**B**C (a)
	3,00	**10,36***	10,79		cw aB**C** (b)
	0,00	**-2,21***	2,21		CW A (a)
	0,00	**-5,26***	5,26		CW A**B** (b)
	1,80	5,56	**5,85***		cw a**B**C (a)
2	**0,00***	5,80	5,80		CW A (a)
	0,00*	15,05	15,05		CW A**B** (b)
	0,00*	-2,90	2,90		cw a**B**C (a)
	0,00*	-7,70	7,70		cw aB**C** (b)
	0,00*	4,93	4,93		CW A (b)
	0,00	**5,80***	5,80		CW A (a)
	0,00	**15,05***	15,05		CW A**B** (b)
	0,00	**-2,90***	2,90		cw a**B**C (a)
	0,00	**-7,70***	7,70		cw aB**C** (b)
	0,00	5,80	**5,80***		CW A (a)

* = Wartości ekstremalne

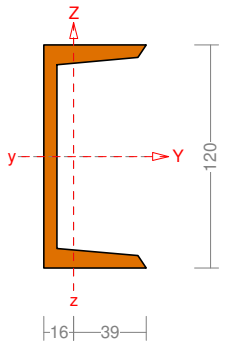
REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia char.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	**2,00***	6,36	6,67		CW AB**C**
	0,00*	-1,64	1,64		CW A
	0,00*	-3,89	3,89		CW A**B**
	2,00	**6,36***	6,67		CW AB**C**
	0,00	**-3,89***	3,89		CW A**B**
	2,00	6,36	**6,67***		CW AB**C**
2	**0,00***	11,05	11,05		CW A**B**
	0,00*	-3,70	3,70		CW AB**C**
	0,00*	4,30	4,30		CW A
	0,00	**11,05***	11,05		CW A**B**
	0,00	**-3,70***	3,70		CW AB**C**
	0,00	11,05	**11,05***		CW A**B**

* = Wartości ekstremalne

Poz.3.2.2 Wymiarowanie wg PN-EN-1993-1-1

Poz.3.2.2.1 Belka pomostu



Wymiary przekroju:
h=120,0 s=55,0 g=7,0 t=9,0 r=9,0 ey=16,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=364,0 Izg=43,2 A=17,00 iy=4,6 iz=1,6 Iw=899,7
It=3,9 ys=-3,1 zs=0,0 is=5,8 rz=6,5 by=-6,4.
Materiał: **S 235**. Granica plastyczności **f_y=235** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 360** dla **g=7,0**.

Obciążenia prostopadłe:
Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:
- obciążenie rozłożone q = 0 kN/m,
- momenty przywęzłowe $M_a = 0$, $M_b = 0$ kNm,
- moment skręcający T = 0 kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc
Przyjęto:
$\kappa_a = 0{,}500$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły przesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 2{,}484$ dla $l_o = 1{,}000$
$l_w = 2{,}484 \times 1{,}000 = 2{,}484$ m

Przęsło Zc
Przyjęto następujące podatności węzłów:
$\kappa_a = 1{,}000$ $\kappa_b = 1{,}000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow$ $\mu = 1{,}000$ dla $l_o = 1{,}000$
$l_w = 1{,}000 \times 1{,}000 = 1{,}000$ m

Przęsło ω
Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1{,}000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega} = 1{,}000$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 1{,}000$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 364{,}0}{2{,}484^2} \times 10^{-2} = 1222{,}69 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 43{,}2}{1{,}000^2} \times 10^{-2} = 895{,}37 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\varpi}{l_\varpi^2} + GI_T\right) = \frac{1}{5{,}82^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 899{,}7}{1{,}000^2} \times 10^{-2} + 81 \times 3{,}93 \times 10^2\right) = 1493{,}9 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1222{,}69 + 1493{,}9 - \sqrt{(1222{,}69 + 1493{,}9)^2 - 4 \times 1222{,}69 \times 1493{,}9 \times (1 - 2{,}484 \times -3{,}14^2/5{,}82^2)}}{2 \times (1 - 2{,}484 \times -3{,}1^2/5{,}82^2)} = 934{,}16 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Moment krytyczny zwichrzenia ceownika walcowanego zginanego w płaszczyźnie środnika wyznaczono, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$N_{cr,z}$ = 521,98 kN, $N_{cr,T}$ = 2068,69 kN.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia a_o = 0,00 cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły a_s = 0,00 cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: A_1 = 0,000, A_2 = 0,000, B = 0,000.

$$A_o = A_1\, b_y + A_2\, a_s = 0{,}000 \times 0{,}00 + 0{,}000 \times 0{,}00 = 0{,}000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

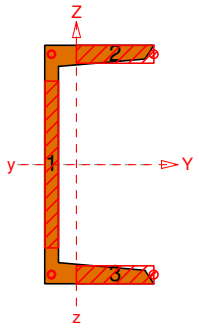
$$0{,}000 \times 521{,}98 + \sqrt{(0{,}000 \times 521{,}98)^2 + 0{,}000^2 \times 0{,}048^2 \times 521{,}98 \times 2068{,}69} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

xa = 1,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:

γ_{M0} = 1; γ_{M1} = 1; γ_{M2} = 1,1.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1{,}000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	84,0	7,0	0,512	-0,950	-	70,031	80,641	117,846	12,007	1
2	39,0	9,0	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	4,344	1
3	39,0	9,0	1,000	0,000	0	9,000	10,000	INF	4,344	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

xa = 1,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa: N_{Ed} = -3 kN

Pole powierzchni przekroju: A = 17,00 cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: A_{eff} = 17,00 cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: e_{Ny} = 0,00; e_{Nz} = 0,00 cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17{,}00 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 399{,}5 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{3}{399{,}5} = \mathbf{0{,}008 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "c")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "c")	Wyboczenie giętno-skrętne (krzywa "c")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\, f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{17\times235}{1222{,}69\times10}} = 0{,}572$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\, f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{17\times235}{895{,}37\times10}} = 0{,}668$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\, f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{17\times235}{934{,}16\times10}} = 0{,}654$
$\Phi = 0{,}5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5\times[1+0{,}49\times(0{,}572-0{,}2)+0{,}572^2] = 0{,}754$	$\Phi = 0{,}5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5\times[1+0{,}49\times(0{,}668-0{,}2)+0{,}668^2] = 0{,}838$	$\Phi = 0{,}5\left[1+\alpha(\bar{\lambda}-0{,}2)+\bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5\times[1+0{,}49\times(0{,}654-0{,}2)+0{,}654^2] = 0{,}825$
$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}754+\sqrt{0{,}754^2-0{,}572^2}} = 0{,}802$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}838+\sqrt{0{,}838^2-0{,}668^2}} = 0{,}744$	$\chi = \frac{1}{\Phi+\sqrt{\Phi^2-\bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}825+\sqrt{0{,}825^2-0{,}654^2}} = 0{,}753$
przyjęto $\chi = 0{,}802 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0{,}744 \le 1$	przyjęto $\chi = 0{,}753 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0{,}744$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi\, A\, f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0{,}744\times17{,}00\times235}{1}\times10^{-1} = 297{,}39 \text{ kN} \qquad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{3}{297{,}39} = \mathbf{0{,}010 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 0,000; xb = 1,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(**B**+0,6·C) (b)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v\,(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8{,}56\times235/1{,}732}{1}\times10^{-1} = 116{,}16 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{6{,}61}{116{,}16} = \mathbf{0{,}057 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1{,}2$.
Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:
h_w / t_w = 84,0/7,0 = **12,007 < 59,855** = 72×1,000/1,200 = 72 Í / ç

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 1,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl}\, f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{69{,}24\times235}{1}\times10^{-3} = 16{,}27 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A\, f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{17{,}00\times235}{1}\times10^{-1} = 399{,}5 \text{ kN} \qquad (6.6)$$

$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$ = 3,00 / 399,5 = 0,008; przyjęto $n = 0{,}008 \le 1$;

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd}\,(1-n)$ = 16,27×(1-0,008) = 16,15 kNm
$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}\,(1-n)$ = 4,84×(1-0,008) = 4,8 kNm

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{6}{16{,}15} = \mathbf{0{,}372 < 1} \qquad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{3}{399{,}5} + \frac{6}{16{,}27} + \frac{0}{4{,}84} = \mathbf{0{,}376 < 1} \qquad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

xa = 1,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1{,}000 \times 69{,}24 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 16{,}27 \text{ kNm} \qquad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{6}{16{,}27} = \mathbf{0{,}369 < 1} \qquad (6.54)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·A+1,5·(0·B+**C**) (b)

Współczynniki interakcji według metody 2:

C_{my} = 0,9 - przechyłowa postaci wyboczenia.

C_{mz} = 0,6 + 0,4 ψ = 0,6 + 0,4×0,000 = 0,600; przyjęto C_{mz} = 0,600

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}900 \times \left(1 + (0{,}572 - 0{,}2) \times \frac{3{,}00}{0{,}802 \times 399{,}50/1}\right) = 0{,}903$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0{,}903} \le 0{,}907 = 0{,}900 \times \left(1 + 0{,}8 \times \frac{3{,}00}{0{,}802 \times 399{,}50/1}\right) = C_{my}\left(1 + 0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = C_{mz}\left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0{,}6)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right) = 0{,}600 \times \left(1 + (2 \times 0{,}668 - 0{,}6) \times \frac{3{,}00}{0{,}744 \times 399{,}50/1}\right) = 0{,}604$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0{,}604} \le 0{,}608 = 0{,}600 \times \left(1 + 1{,}4 \times \frac{3{,}00}{0{,}744 \times 399{,}50/1}\right) = C_{mz}\left(1 + 1{,}4\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,6×0,604 = 0,363

k_{zy} = 0 - zginanie jednokierunkowe.

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{3}{0{,}802 \times 399{,}5/1} + 0{,}903 \times \frac{6+0}{1{,}000 \times 16{,}27/1} +$$

$$0{,}363 \times \frac{0+0}{4{,}84/1} = \mathbf{0{,}342 < 1} \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy}\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zz}\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} = \frac{3}{0{,}744 \times 399{,}5/1} + 0{,}000 \times \frac{6+0}{1{,}000 \times 16{,}27/1} +$$

$$0{,}604 \times \frac{0+0}{4{,}84/1} = \mathbf{0{,}010 < 1} \qquad (6.62)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

xa = 1,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·(CW+A)+1,5·(0·B+**C**) (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego s_s = **100,0** mm oraz typ obciążenia środnika **(a)**. Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych a = **1,000** m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2\,(h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (84{,}0/1000{,}0)^2 = 6{,}01$$

$$m_1 = f_{yf}\, b_f / f_{yw}\, t_w = 235 \times 51{,}5 / (235 \times 7{,}0) = 7{,}357$$

$$m_2 = 0{,}000$$

$$l_y = s_s + 2t_f\left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right) = 100{,}0 + 2 \times 9{,}0 \times (1 + \sqrt{7{,}357 + 0{,}000}) = 166{,}7 \quad \text{przyjęto } l_y = 166{,}7 \le a$$

$$F_{cr} = 0{,}9\, k_F\, E\, t_w^3 / h_w = 0{,}9 \times 6{,}01 \times 210 \times 7{,}0^3 / 84{,}0 = 4638{,}87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y\, t_w\, f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{166{,}7 \times 7{,}0 \times 235 \times 10^3}{4638{,}87}} = 0{,}243$$

$$\chi_F = \frac{0{,}5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0{,}5}{0{,}243} = 2{,}057 \qquad \text{przyjęto } \chi_F = 1{,}000 \le 1{,}0$$

$$L_{eff} = \chi_F\, l_y = 1{,}000 \times 166{,}7 = 166{,}7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw}\, L_{eff}\, t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 166{,}7 \times 7{,}0 \times 10^3}{1} = 274{,}14 \text{ kN} \qquad (6.1\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{0{,}24}{274{,}14} = \mathbf{0{,}001 < 1} \qquad (6.14\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y\, A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}\, e_{y,N}}{f_y\, W_{y,eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}\, e_{z,N}}{f_y\, W_{z,eff} / \gamma_{M0}} = \frac{3}{17\times235/1}\times10 + \frac{6+3\times0{,}000}{60{,}67\times235/1}\times10^3 +$$

$$\frac{0+3\times0{,}000}{11{,}08\times235/1}\times10^3 = 0{,}428 \qquad (4.15\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

$$\eta_2 + 0{,}8\ \eta_1 = 0{,}001 + 0{,}8\times0{,}428 = \mathbf{0{,}344 < 1{,}4} \qquad (7.2\ EN\ 1993\text{-}1\text{-}5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+0·B+**C** Kombinacja charakterystyczna

a_{max} = 0,6 mm

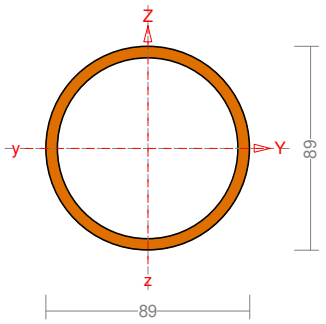
a_{gr} = l / 250 = 1000 / 250 = 4,0 mm

a_{max} = **0,6 < 4,0** = a_{gr}

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

a = 0,599 mm; L / a = 1000,0 / 0,599 = 1670,7

Poz.3.2.2.2 Słupek do montażu anten



Wymiary przekroju:
D=88,9 d=78,9 g=5,0.
Charakterystyka geometryczna przekroju:
Iyg=116,4 Izg=116,4 A=13,18 iy=3,0 iz=3,0 Iw=0,0
It=229,9 is=4,2.
Materiał: **S 235**. Granica plastyczności **f_y=235** MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie **f_u = 360** dla **g=5,0**.

Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone q = 0 kN/m,
- momenty przywęzłowe M_a = 0, M_b = 0 kNm,
- moment skręcający T = 0 kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi γ_f = 1.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

κ_a = 0,138 κ_b = 1,000 węzły przesuwne ⇒ μ = 2,080 dla l_o = 2,000

l_w = 2,080×2,000 = 4,160 m

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

κ_a = 1,000 κ_b = 1,000 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 1,000 dla l_o = 2,000

l_w = 1,000×2,000 = 2,000 m

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej μ_ω = 1,000. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{o\omega}$ = 2,000 m. Długość wyboczeniowa l_ω = 2,000 m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2\, EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3{,}1416^2\times210\times116{,}4}{4{,}160^2}\times10^{-2} = 139{,}37\ \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2\, EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3{,}1416^2\times210\times116{,}4}{2{,}000^2}\times10^{-2} = 602{,}98\ \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2}\left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T\right) = \frac{1}{4{,}20^2} \times \left(\frac{3{,}1416^2 \times 210 \times 0{,}0}{2{,}000^2} \times 10^{-2} + 81 \times 229{,}9 \times 10^2\right) = 105441{,}67 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia a_o = 0,00 cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły a_s = 0,00 cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: A_1 = 0,000, A_2 = 0,000, B = 0,000.

$$A_o = A_1\, b_y + A_2\, a_s = 0{,}000 \times 0{,}00 + 0{,}000 \times 0{,}00 = 0{,}000$$

$$M_{cr} = \pm A_o\, N_{cr,z} + \sqrt{(A_o\, N_{cr,z})^2 + B^2\, i_s^2\, N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

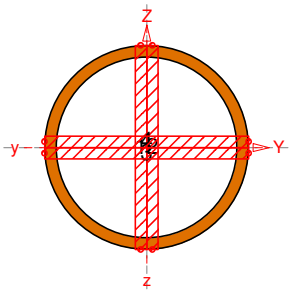
$$0{,}000 \times 602{,}98 + \sqrt{(0{,}000 \times 602{,}98)^2 + 0{,}000^2 \times 0{,}042^2 \times 602{,}98 \times 105441{,}67} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

xa = 2,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+1,35·0,85·A+1,5·(**B**+0,6·C) (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M:

γ_{M0} = 1; γ_{M1} = 1; γ_{M2} = 1,1.



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1{,}000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1
2	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1
3	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1
4	88,9	5,0	-	-	-	50,000	70,000	90,000	17,780	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność na ściskanie:

xa = 0,000; xb = 2,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+A+1,5·(0·B+0,6·**C**) (a)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa: N_{Ed} = -0,28 kN

Pole powierzchni przekroju: A = 13,18 cm^2

Pole powierzchni przekroju efektywnego: A_{eff} = 13,18 cm^2

Przesunięcie środka ciężkości: e_{Ny} = 0,00; e_{Nz} = 0,00 cm.

$$N_{c,Rd} = \frac{A\, f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13{,}18 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 309{,}73 \text{ kN} \qquad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{0{,}28}{309{,}73} = \mathbf{0{,}001 < 1} \qquad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "a")	Wyboczenie skrętne (krzywa "a")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\, f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{13{,}18 \times 235}{139{,}37 \times 10}} = 1{,}491$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\, f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{13{,}18 \times 235}{602{,}98 \times 10}} = 0{,}717$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}\, f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{13{,}18 \times 235}{105441{,}67 \times 10}} = 0{,}0542$
$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (1{,}491 - 0{,}2) + 1{,}491^2] = 1{,}747$	$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}717 - 0{,}2) + 0{,}717^2] = 0{,}811$	$\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2\right] = 0{,}5 \times [1 + 0{,}21 \times (0{,}0542 - 0{,}2) + 0{,}054^2] = 0{,}486$
$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1{,}747 + \sqrt{1{,}747^2 - 1{,}491^2}} =$	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}811 + \sqrt{0{,}811^2 - 0{,}717^2}} =$	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0{,}486 + \sqrt{0{,}486^2 - 0{,}0542^2}} =$

0,376	0,840	1,032
przyjęto $\chi = 0{,}376 \le 1$	Przyjęto $\chi = 0{,}840 \le 1$	przyjęto $\chi = 1{,}000 \le 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika $\chi = 0{,}376$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0{,}376 \times 13{,}18 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 116{,}57 \text{ kN} \qquad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{0{,}28}{116{,}57} = \mathbf{0{,}002 < 1} \qquad (6.46)$$

Nośność przekroju na ścinanie:

xa = 2,000; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{8{,}39 \times 235/1{,}732}{1} \times 10^{-1} = 113{,}84 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{3{,}00}{113{,}84} = \mathbf{0{,}026 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1{,}2$.
Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:
h_w / t_w = 88,9/5,0 = **17,780 < 59,741** = 72×1,000/1,200 = 72 Í / ç

Nośność przekroju na zginanie:

xa = 0,000; xb = 2,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)
Klasa przekroju **1**.
Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{35{,}25 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 8{,}28 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13{,}18 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 309{,}73 \text{ kN} \qquad (6.6)$$

$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0{,}24 / 309{,}73 = 0{,}001$; przyjęto $n = 0{,}001 \le 1$;

Dla rury okrągłej:

$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd}\,(1 - n^{1,7}) = 8{,}28 \times (1 - 0{,}001^{1,7}) = 8{,}28$ kNm (24 AC:2009)

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{6}{8{,}28} = \mathbf{0{,}724 < 1} \qquad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{0{,}24}{309{,}73} + \left[\left(\frac{6}{8{,}28}\right)^2 + \left(\frac{0}{8{,}28}\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}725 < 1} \qquad (6.2)$$

Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·0,85·CW+A+1,5·(0·B+**C**) (b)
Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0{,}9$ - przechyłowa postaci wyboczenia.

$C_{mz} = 0{,}6 + 0{,}4\,\psi = 0{,}6 + 0{,}4 \times 0{,}000 = 0{,}600$; przyjęto $C_{mz} = 0{,}600$

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) = 0{,}900 \times \left(1 + (1{,}491 - 0{,}2) \times \frac{0{,}24}{0{,}376 \times 309{,}73/1}\right) = 0{,}902$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0{,}901} \le 0{,}901 = 0{,}900 \times \left(1 + 0{,}8 \times \frac{0{,}24}{0{,}376 \times 309{,}73/1}\right) = C_{my}\left(1 + 0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{zz} = C_{mz}\left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0{,}2)\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}\right) = 0{,}600 \times \left(1 + (0{,}717 - 0{,}2) \times \frac{0{,}24}{0{,}840 \times 309{,}73/1}\right) = 0{,}600$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0{,}600} \le 0{,}600 = 0{,}600\times\left(1 + 0{,}8\times\frac{0{,}24}{0{,}840\times309{,}73/1}\right) = C_{mz}\left(1 + 0{,}8\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right)$$

$$k_{yz} = 0{,}6\ k_{zz} = 0{,}6\times0{,}600 = 0{,}360$$

$$k_{zy} = 0 \text{ - zginanie jednokierunkowe.}$$

Warunki nośności według załącznika krajowego:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \left[\left(k_{yy}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2 + \left(C_{mz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{0{,}24}{0{,}376\times309{,}73/1} +$$

$$\left[\left(0{,}901\times\frac{6+0}{8{,}28/1}\right)^2 + \left(0{,}600\times\frac{0+0}{8{,}28/1}\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}655 < 1} \qquad (6.61)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + \left[\left(C_{my}\frac{M_{y,Ed}+\Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2 + \left(k_{zz}\frac{M_{z,Ed}+\Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}}\right)^2\right]^{1/2} = \frac{0{,}24}{0{,}840\times309{,}73/1} +$$

$$\left[\left(0{,}900\times\frac{6+0}{8{,}28/1}\right)^2 + \left(0{,}600\times\frac{0+0}{8{,}28/1}\right)^2\right]^{1/2} = \mathbf{0{,}653 < 1} \qquad (6.62)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+0·B+**C** Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$a_{max} = 4{,}2$ mm

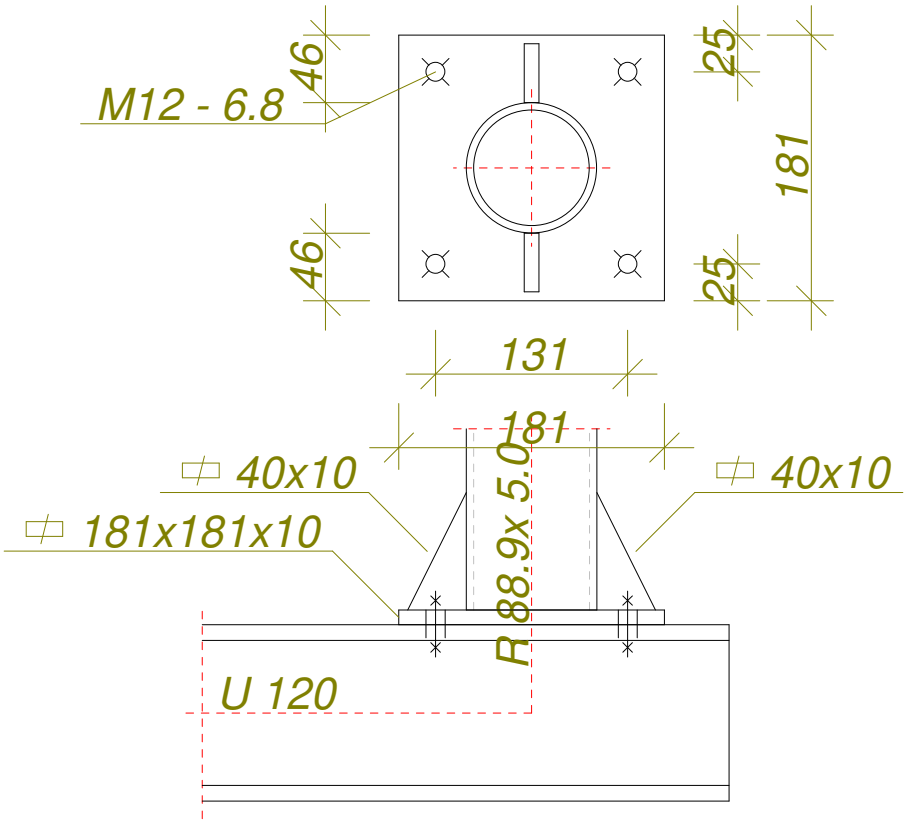
$a_{gr} = l / 250 = 2000 / 250 = 8{,}0$ mm

$a_{max} = \mathbf{4{,}2 < 8{,}0} = a_{gr}$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$a = 4{,}200$ mm; $L / a = 2000{,}0 / 4{,}200 = 476{,}2$

POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE NA ŚRUBY



Przyjęto połączenie kategorii **D** na śruby **M12** klasy **6.8**.

Siły przekrojowe w odległości lo = 60 mm od węzła:

M = 5,82 kNm, **V** = 3,00 kN, **N** = -0,22 kN.

Nośność śruby:

Pole przekroju śruby: A_s = 84,3 mm^2, A_v = 113,1 mm^2.

R_m = 600 MPa, R_e = 480 MPa,

Nośność śruby: S_{Rt} = min {0,65 $R_m A_s$; 0,85 $R_e A_s$ } = 32,88 kN,

S_{Rr} = 0,85 S_{Rt} = 0,85×32,88 = 27,95 kN,

S_{Rv} = 0,45 $R_m A_v$ = 0,45×600×113,1×10^{-3} = 30,54 kN.

Blacha czołowa:

Przyjęto blachę czołową o wymiarach 181×181 mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

Dla połączenia niesprężanego, przy c = 38,6 i b_s = 90,5 ≤ 2(c+d)

$$t_{min} = 1{,}2\sqrt{\frac{c\ S_{Rt}}{b_s\ f_d}} = 1{,}2\times\sqrt{\frac{38{,}6\times32{,}88\times10^3}{90{,}5\times215}} = 9{,}7 \text{ mm}$$

Przyjęto grubość blachy czołowej **t = 10,0 > 9,7** = t_{min}.

Nośność połączenia:

Współczynnik efektu dźwigni wynosi:

β = 2,67 - t / t_{min} = 2,67 - 10 / 9,7 = 1,64,

przyjęto β = 1,64 ⇒ 1/β = 0,61.

Nośność na zginanie

Nośność dla stanu granicznego zerwania śrub:

$M_{Rt} = S_{Rt}\ \Sigma_i\ m_i\ \omega_{ti}\ y_i$ = 32,88×(2×1,00×110)×10^{-3} = 7,23 kNm.

Przy współdziałaniu siły osiowej uwzględniamy jej wpływ na nośność połączenia:

$M_{Rt}' = M_{Rt} + 0{,}5\ (h\text{-}t)\ N_o$ = 7,23 + 0,5×(89-0)×0,11×10^{-3} = 7,23 kNm

Warunek stanu granicznego nośności połączenia:

M = 5,82 < 7,23 = M_{Rt}

Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna przypadająca na jedną śrubę

$S_v = V / n$ = 3,00 / 4 = 0,75 kN

Siła rozciągająca w śrubie od siły osiowej S_t = 0,00 kN, od zginania S_t = 26,48 kN.

Warunek nośności śruby na ścinanie:

(S_t / S_{Rt})^2 + (S_v / S_{Rv})^2 = (26,48 / 32,88)^2 + (0,75 / 30,54)^2 = 0,65 < 1

Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości a = 3 mm

Kład spoin daje następujące wielkości:

A = 12,57 cm^2, A_v = 9,24 cm^2, I_x = 281,1 cm^4, I_y = 89,8 cm^4.

Naprężenia:

$\tau_{\parallel} = V / A_v$ = (3,00 / 9,24) ×10 = 3,2 MPa,

$$\sigma = \frac{M_x\ y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-5{,}82\times8{,}4\times10^3}{281{,}1} + \frac{-0{,}22\times10}{12{,}57} = -175{,}0 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} = \sigma\cos(\gamma)$ = -175,0×cos(45,0) = -123,8 MPa

$\tau_{\perp} = \sigma\sin(\gamma)$ = -175,0×sin(45,0) = -123,8 MPa

Dla R_e = 235 MPa, współczynnik χ wynosi 0,70.

Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych $\tau_{\parallel}$ = 3,2 MPa.

$$\chi\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\,(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0{,}70\times\sqrt{123{,}8^{\,2} + 3\times(3{,}2^{\,2} + 123{,}8^{\,2})} = \mathbf{173{,}3 < 215} = f_d$$

Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x\ y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{-5{,}82\times 8{,}4\times 10^3}{281{,}1} + \frac{-0{,}22\times 10}{12{,}57} = -175{,}0\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma\cos(\gamma) = -175{,}0\times\cos(45{,}0) = \mathbf{123{,}8 < 215} = f_d$$

PROJEKTANT KONSTRUKCJI

inż. Tomasz Sikorski

Upr. bud. WAM/0056/PWOK/08

Członek Warmińsko Mazurskiej
Izby Inżynierów Budownictwa
WAM / BO / 0177 / 08

nazwa i adres obiektu:	**PROJEKT TECHNICZNY BUDOWY KOMINA STALOWEGO O WYSOKOŚCI H=45m i średnicy Dz=1420mm**		
branża:	**INFORMACJA DO PLANU BIOZ**		
lokalizacja:	Kolno ul. Ciepła 1		
Inwestor:	PRZEDSIĘBIORSTWO USŁUG KOMUNALNYCH W KOLNIE sp. z o.o. ul. Kolejowa 4A 18-500 Kolno		
opracował:	konstrukcja:	inż. Tomasz Sikorski upr. bud. WAM/0056/PWOK/08 Gady 33B 11-001 Dywity	
data opracowania	28 PAŹDZIERNIK 2021		
Kategoria obiektu	XXIX		

Zakres zamierzenia budowlanego

Niniejsza informacja dotyczy budowy komina stalowego o docelowej wysokości H=45m w trójnogu, zlokalizowanego na terenie Ciepłowni przy ulicy Ciepłej 1 w Kolnie.

Kategoria obiektu: XXIX – Wolno stojące kominy i maszty.

Wybrany Wykonawca prac zobowiązany jest opracować: Projekt Technologii i Organizacji Robót oraz Plan BIOZ.

W związku z projektowaną budową komina przewiduje się wykonanie następującego zakresu prac budowlanych:
- czasowy demontaż anten stacji bazowych sieci telefonii komórkowych zawieszonych na kominie wraz konstrukcjami wsporczymi, trasami kablowymi i instalacją odgromową,
- czasowy demontaż fragmentu kanału spalin prowadzącego do komina w jego sąsiedztwie,
- demontaż istniejącego stalowego trzonu komina o wysokości H=60m,
- demontaż istniejących odciągów linowych,
- naprawę i renowację powierzchni cokołów żelbetowych fundamentów
- renowację kotew mocujących trzon komina,
- renowację trójnogu
- montaż nowo projektowanego trzonu komina o wysokości H=45m i średnicy wylotu 1,62m z zewnętrzną izolacją termiczną,
- podłączenie nowo wprowadzonego trzonu komina do istniejącej instalacji odgromowej,
- podłączenie nowo wprowadzonego układu odciągów linowych do instalacji odgromowej,
- ponowne zawieszenie na kominie anten stacji bazowych sieci telefonii komórkowych wraz z konstrukcjami wsporczymi, trasami kablowymi i instalacją odgromową,
- ponowny montaż fragmentu kanału spalin prowadzącego do komina w sąsiedztwie trzonu oraz jego uszczelnienie.

Wykaz istniejących obiektów budowlanych

Na terenie kotłowni w sąsiedztwie budynków kotłowni wzniesiony jest komin stalowy o aktualnej wysokości H=60m w trojnogu z odciągami.

Urządzenia stacji bazowej sieci telefonii komórkowych.

Budynek kotłowni.

Budynek biurowy.

Trzon komina o budowie segmentowej składa się z szeregu segmentów łączonych pomiędzy sobą na śrubowe złącza kołnierzowe.

W ramach budowy projektuje się wzniesienie nowo projektowanego trzonu komina o docelowej wysokości H=45m i średnicy wylotu 1,42m oraz wprowadzenie nowoprojektowanych odciągów linowych.

Elementy zagospodarowania działki lub terenu, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi

Zagrożenia stanowić może ruch pojazdów i maszyn na terenie kotłowni, istniejący układ taśmociągów - odżużlaczy oraz urządzenia stacji bazowych sieci telefonii komórkowych T-Mobile i PLAY, usytuowane w okolicy komina.

Konieczne jest właściwe zabezpieczenie urządzeń stacji bazowych sieci telefonii komórkowych.

Wskazania dotyczące przewidywanych zagrożeń występujących podczas realizacji robót budowlanych

Podstawowe zagrożenia stanowić będą:
- prace związane z demontażem trzonu komina,
- prace związane z demontażem odciągów linowych,
- prace związane z naprawą i renowacją cokołów fundamentów żelbetowych,
- prace montażowe wykonywane na wysokości,
- prace spawalnicze,
- prace antykorozyjne,
- prace związane z podłączeniem komina, odciągów do instalacji odgromowej, przebudowa i uciąglenie instalacji odgromowej
- prace związane z montażem izolacji termicznej komina,
- prace elektryczne – instalacja odgromowa.

Sposób prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót niebezpiecznych

Informacje dotyczące przewidywanych zagrożeń. Podczas wykonawstwa robót przewidywane jest wystąpienie typowych zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy, występujących podczas prac:
- prac rozbiórkowych,
- prac budowlanych,
- prac elektrycznych,
- prac renowacyjnych i antykorozyjnych,
- prac spawalniczych,
- robót montażowych wykonywanych na wysokości.

Większość prac wykonywanych będzie na wysokości i większość zagrożeń wystąpi w związku z prowadzeniem tych prac.

Wytyczne odnośnie wygrodzenia strefy niebezpiecznej i oznakowanie prac.

Na czas prowadzenia prac konieczne jest wygrodzenie placu budowy, wygrodzenie strefy niebezpiecznej o promieniu r=6,0m od obrysu trzonu komina, odciągów linowych i fragmentu kanału spalin , w zależności od zastosowanego żurawia oraz oznakowanie placu budowy i strefy niebezpiecznej poprzez umieszczenie tablic informujących o zagrożeniach.

Konieczne jest zabezpieczenie (w tym zadaszenie) urządzeń stacji bazowych sieci telefonii komórkowych.

Wokół terenu prowadzenia prac – montażu i rozbiórki (demontażu) należy wygrodzić strefę niebezpieczną określoną w PROJEKCIE TECHNOLOGII i ORGANIZACJI ROBÓT opracowanym przez Wykonawcę, w zależności od przyjętej technologii prac. Informacje o sposobie przeszkolenia pracowników, pracujących na budowie stacji bazowej.

WARUNKI BEPIECZEŃSTWA PRACY

Przestrzeganie przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy jest podstawowym obowiązkiem pracownika

W szczególności pracownik jest obowiązany:
- znać przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, brać udział wszkoleniu i instruktażu z tego zakresu oraz poddawać się egzaminom sprawdzającym,
- wykonywać pracę w sposób zgodny z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz stosować się do wydawanych w tym zakresie poleceń i wskazówek przełożonych,
- dbać o należyty stan maszyn, urządzeń i sprzętu oraz o ład i porządek w miejscu pracy,
- stosować środki ochrony zbiorowej, a także używać przydzielone środki ochrony indywidualnej oraz odzież i obuwie robocze, zgodnie z przeznaczeniem,
- poddawać się wstępnym, okresowym i kontrolnym oraz innym zaleconym badaniom lekarskim i stosować się do ich wskazań,
- niezwłocznie zawiadomić przełożonego o zauważonym na budowie ewentualnym wypadku, albo zagrożeniu życia lub zdrowia ludzkiego oraz ostrzec współpracowników, a także inne osoby znajdujące się w rejonie zagrożenia, o grożącym im niebezpieczeństwie,
- współdziałać z pracodawcą i przełożonymi w wypełnianiu obowiązków dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy,
- przestrzegać przepisów bezpieczeństwa przy obsłudze urządzeń, maszyn i narzędzi
1.2. Osoby kierujące pracownika obowiązane są do:
- organizowania stanowisk pracy zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy,
- dbania o sprawność środków ochrony indywidualnej oraz stosowania ich zgodnie z przeznaczeniem,
- organizowania, przygotowania i prowadzenia prac, uwzględniając zabezpieczenie pracowników przed wypadkami przy pracy, chorobami zawodowymi i innymi chorobami związanymi z warunkami środowisk pracy,
- dbania o bezpieczny i higieniczny stan pomieszczeń pracy i wyposażenia technicznego, a także o sprawność środków ochrony zbiorowej i ich stosowanie zgodnie z przeznaczeniem,
- egzekwowanie przestrzegania przez pracowników przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy,
- zapewnienia wykonania zaleceń lekarza sprawującego opiekę zdrowotną nad pracownikami,
- przeszkolenie pracowników w zakresie przepisów bezpieczeństwa pracy obowiązujących przy używaniu poszczególnych urządzeń, maszyn i narzędzi

Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom wynikających z wykonywania robót budowlanych i elektrycznych

Środki techniczne i organizacyjne zapobiegające niebezpieczeństwom wynikających z wykonywania robót budowlanych

Podstawowymi środkami mającymi zapobiegać niebezpieczeństwom będą:
- **Wokół terenu prowadzenia prac – rozbiórki (demontażu) i montażu należy wygrodzić strefę niebezpieczna określoną w PROJEKCIE TECHNOLOGII i ORGANIZACJI ROBÓT opracowanym przez Wykonawcę, w zależności od**

przyjętej technologii prac, lecz nie mniej niż o promieniu 6m od obrysu komina i odciągów linowych, zwrócić szczególną uwagę, by podczas demontażu trzonu nie uszkodzić w żaden sposób konstrukcji kanału spalin, kotew fundamentowych, stosować właściwe trawersy i zawiesia.
- **Konieczne jest zabezpieczenie (w tym zadaszenie) urządzeń stacji bazowej sieci telefonii komórkowych usytuowane w okolicy komina, właściwe zabezpieczenie urządzeń stacji bazowych sieci:**
- przeszkolenie wykonawców prac,
- wyposażanie wykonawców prac w środki ochrony osobistej,
- przestrzeganie przepisów bhp i p.poż., w szczególności przepisów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 06 lutego 2003 roku (Dz.U. nr 47 poz. 401), mających zastosowanie przy wykonawstwie planowanych prac, przestrzeganie szczegółowych przepisów BHP obowiązujących przy prowadzeniu prac rozbiórkowych i elektrycznych,
- uzgodnienie z Właścicielem obiektów sposobu prowadzenia prac i wzajemnego komunikowania się.

Zalecenia odnośnie sposobu prowadzenia prac rozbiórkowych Prace rozbiórkowe prowadzić należy w sposób bezpieczny, zgodnie ze sztuką budowlaną przy zachowaniu najwyższej ostrożności oraz przy spełnieniu obowiązujących przepisów bhp i p.poż. Zaleca się wykonać rozbiórkę istniejącego trzonu komina w etapach, określonych w PROJEKCIE TECHNOLOGII i ORGANIZACJI ROBÓT opracowanym przez Wykonawcę.

UWAGA:
Zwrócić szczególną uwagę, by podczas demontażu trzonu nie uszkodzić w żaden sposób konstrukcji fundamentów, w szczególności kotew fundamentowych trzonu i napinających odciągi.
Przed przystąpieniem do robót rozbiórkowych należy wyłączyć dopływ spalin z kotłowni do komina.

Bezpośrednio przed rozbiórką ostatniego segmentu trzonu komina - należy odłączyć go od instalacji odgromowej.

Wokół terenu prac wygrodzić strefę niebezpieczną.

Prace rozbiórkowe prowadzić przy użyciu odpowiednio dobranego żurawia, o odpowiedniej nośności i pod kierownictwem osób do tego uprawnionych. Żuraw ustawić na odpowiednio utwardzonym placu bądź drodze wewnętrznej. Należy użyć odpowiednio dobranych atestowanych zawiesi oraz użyć właściwie dobranych środków transportu.

Wykonawca zobowiązany jest wykonać Projekt Technologii i Organizacji Robót.

Prace rozbiórkowe prowadzić etapami, w taki sposób, by konstrukcja komina cały czas zachowywała stateczność. Rozebrane fragmenty komina należy złożyć na przewidzianym w tym celu placu utwardzonym, a następnie za pomocą środków transportu wywieźć na skład złomu.

Osoby uczestniczące w pracach rozbiórkowych muszą być odpowiednio przeszkolone, posiadać aktualne wyniki badań zdrowotnych ,w tym do prac na wysokości oraz wyposażone w ubiory robocze i środki ochrony osobistej.

Wszystkie osoby uczestniczące w pracach rozbiórkowych przed przystąpieniem do wykonywania robót rozbiórkowych, muszą zostać odpowiednio przeszkolone w zakresie przepisów bhp obowiązujących przy tych pracach, co musi

zostać poświadczone ich podpisami. Prace rozbiórkowe należy prowadzić przy w miarę bezwietrznej pogodzie, przy prędkości wiatru nie większej niż 5 m/s.
Na czas prowadzenia prac konieczne jest wygrodzenie placu budowy, wygrodzenie strefy niebezpiecznej oraz oznakowanie placu budowy i strefy niebezpiecznej poprzez umieszczenie tablic informujących o zagrożeniach.

UWAGA:
Nie wolno w żaden sposób uszkodzić sąsiadujących z kominem istniejących obiektów ani instalacji.

Zalecenia odnośnie sposobu prowadzenia prac montażowych

Montaż komina prowadzić zgodnie z opracowanym w tym celu projektem montażu stanowiącym cześć projektu Technologii i Organizacji Robót. Podczas wykonawstwa robót przewidywane jest wystąpienie typowych zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy, występujących podczas wykonawstwa robót montażowych wykonywanych na wysokości. Wytyczne odnośnie wygrodzenia strefy niebezpiecznej i oznakowanie prac. Na czas prowadzenia prac konieczne jest wygrodzenie placu budowy,

Wokół terenu prowadzenia prac – montażu komina i odciągów należy wygrodzić strefę niebezpieczna określoną w PROJEKCIE TECHNOLOGII i ORGANIZACJI ROBÓT opracowanym przez Wykonawcę, w zależności od przyjętej technologii prac, lecz nie mniej niż o promieniu 6 m od obrysu komina i odciągów.

Prace montażowe należy prowadzić przy w miarę bezwietrznej pogodzie, przy prędkości wiatru nie większej niż 5 m/s.

Informacje dotyczące konieczności przestrzegania bezpieczeństwa i higieny pracy oraz p.poż. Przy opracowywaniu Planu Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia należy zwrócić uwagę na konieczność przestrzegania przepisów bhp i p.poż., w szczególności przepisów zawartych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 06 lutego 2003 roku (Dz.U. nr 47 poz. 401), mających zastosowanie przy wykonawstwie planowanych prac.

Należy przestrzegać szczegółowych przepisów BHP i ppoż., obowiązujących przy prowadzeniu prac ogólnobudowlanych, rozbiórkowych, elektrycznych, montażowych i remontowych. Konieczne jest przestrzeganie szczegółowych przepisów BHP i Ppoz. obowiązujących na terenie obiektów Przedsiębiorstwa Energetyki Cieplnej w Kolnie.

Podczas prac z materiałami do napraw konstrukcji betonowych oraz materiałami do wykonywania powłok ochronnych i malarskich stosować przepisy BHP i PPOZ zalecane przez Producentów.

Wykonawca zobowiązany jest wykonać PROJEKT TECHNOLOGII i ORGANIZACJI ROBÓT oraz PLAN BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA.
Opracowania te podlegają uzgodnieniu i zatwierdzeniu przez służby BHP Przedsiębiorstwa Energetyki Cieplnej w Kolnie.