

## PROJEKT TECHNICZNY

### BRANŻA KONSTRUKCYJNA

NAZWA INWESTYCJI:	<b>Zagospodarowanie terenu wraz z budową obiektów małej architektury-Rekreacja i wypoczynek dla dzieci i dorosłych na Słonecznym i Majowym SBO 2023- Polana grillowa na osiedlu Majowym</b>
ADRES INWESTYCJI:	<b>Obszar pomiędzy ul. Botaniczna i ul. W. Szymborskiej</b> <b>Dz. nr 14/20 i 155/2 obręb 4083</b> <b>Szczecin, Gmina Miasto Szczecin, woj. zachodniopomorskie</b>
ZAKRES OPRACOWANIA:	<b><u>KONSTRUKCJA</u></b>
INWESTOR:	<b>Gmina Miasto Szczecin, Pl. Armii Krajowej 1, 70-456 Szczecin</b> <b>Zakład Usług Komunalnych, Pl. Ku Słońcu 125a, 17-080 Szczecin</b>
MAT. OŚWIADCZENIA:	
Oświadczamy, że projekt budowlany został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami, normami i zasadami wiedzy technicznej. (Art.34 ust. 3d pkt 3 ustawy Prawo Budowlane - zmiany z dn. 02.12.2021 Dz.U. Nr 2021 poz. 2351)	

Projektant:	<b>mgr inż. Mariusz Boderek</b> Uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej nr ewid. ZAP/0138/POOK/09 i ZAP/0139/OWOK/12	
Opracowała:	<b>mgr inż. Ewa Boderek</b>	

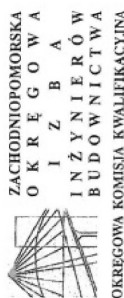
SZCZECIN, LISTOPAD 2023r.

## **SPIS OPRACOWANIA:**

KOPIA ZAŚWIADCZENIA O PRZYNALEŻNOŚCI DO OKRĘGOWEJ IZBY INŻYNIERÓW - mgr inż. MARIUSZ BODEREK.....	4
KOPIA STWIERDZENIA PRZYGOTOWANIA ZAWODOWEGO - mgr inż. MARIUSZ BODEREK.....	4
<b>I. DANE OGÓLNE.....</b>	<b>5</b>
1.1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA.....	5
1.2. CEL OPRACOWANIA.....	5
1.3. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W OPRACOWANIU .....	5
<b>II. OPIS TECHNCZNY .....</b>	<b>6</b>
1. ZAŁOŻENIA, SCHEMATY I PODSTAWOWE WYNIKI OBLICZEŃ.....	6
2. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE I KATEGORIA GEOTECHNICZNA OBIEKTU .....	7
3. ROBOTY ZIEMNE.....	7
4. ZABEZPIECZENIE I ODWODNIENIE WYKOPÓW. ....	7
5. OPIS ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH .....	7
5.1 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA.....	7
5.2 FUNDAMENTY .....	7
5.3 WIATA .....	7
6. ZABEZPIECZENIA ELEMENTÓW BETONOWYCH .....	8
7. ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE ELEMENTÓW DREWNIANYCH .....	8
8. ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE ELEMENTÓW STALOWYCH.....	8
9. INFORMACJA DOTYCZĄCA BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA.....	8
10. UWAGI KOŃCOWE .....	10
<b>III. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE.....</b>	<b>11</b>

**CZĘŚĆ RYSUNKOWA**

Nr rys.	Nazwa	Skala
K-1	RZUT FUNDAMENTÓW	1:50
K-2	RZUT I PRZEKROJE WIATY	1:50
K-3	RZUT WIĘŻBY DACHOWEJ	1:50
K-4	SZCZEGÓŁ POŁĄCZENIA SŁUPA DREWNIANEGO Z FUNDAMENTEM	1:20
K-5	STOPA FUNDAMENTOWA F.1	1:20



Sygn. akt: ZAP. OKK-713/157K/09

Szczecin, dnia 30 grudnia 2009 r.

## DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa i urbanistów (Dz. U. z 2001 r. Nr 5, poz. 42, z późn. zm.) i 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 (Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118, z późn. zm.), § 11 ust. 1 pkt 1 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, z późn. zm.) 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.)

### Zachodniopomorska Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna

#### n a d a j e

Panu mgr inż. Mariuszowi Boderkowi  
urodzonemu dnia [REDACTED]

UPRAWNIENIA BUDOWLANE  
numer ewidencyjny ZAP/0138/POOK/09

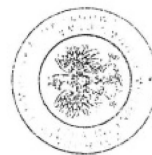
DO PROJEKTOWANIA  
BEZ OGRANICZEŃ  
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

#### UZASADNIENIE

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

#### Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Szczecinie, w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.



Skład Orzekającej Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:  
- inż. Stanisław Kamiński  
Przewodniczący OKK  
- mgr inż. Krzysztof Motylak  
- dr hab. inż. Władysław Szaflik



Zaświadczenie  
o numerze weryfikacyjnym:  
ZAP-N43-TN7-RL4 \*

Pan Mariusz BODEREK o numerze ewidencyjnym ZAP/BO/0020/10  
adres zamieszkania ul. [REDACTED] SZCZECIN  
jest członkiem Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada  
wymagane ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2023-02-01 do 2024-01-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2023-02-02 roku przez:

Jan Bobkiewicz, Przewodniczący Rady Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Gzodnie 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 zawieszonego na  
stronie Portalu Izby Inżynierów Budownictwa [www.izba.org.pl](http://www.izba.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów  
Budownictwa.



## **I. DANE OGÓLNE**

### **1.1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA**

Przedmiotem opracowania jest zagospodarowanie terenu wraz z budową obiektów małej architektury- wiat drewnianych na polanie grillowej na osiedlu Majowym.

### **1.2. CEL OPRACOWANIA**

Projekt obejmuje swym zakresem rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe oraz obliczenia statyczno – wytrzymałościowe.

### **1.3. MATERIAŁY WYKORZYSTANE W OPRACOWANIU**

1.3.1. Zlecenie branży architektonicznej;

1.3.2. Wytyczne inwestora;

1.3.3. Obciążenia zebrano zgodnie z Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje:

- PN-EN 1991-1-1:2004 Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach,
- PN-EN 1991-1-3:2005 Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Obciążenie śniegiem,
- PN-EN 1991-1-4:2008 Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-4: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wiatru.

1.3.4. Elementy konstrukcyjne budynku zwymiarowano zgodnie z:

- PN-EN 1992-1-1:2008 Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków,
- PN-EN 1992-1-2:2008 Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne - Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- PN-EN 1993-1-1:2006 Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-2:2007 Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-2: Reguły ogólne - Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
- PN-EN 1993-1-3:2008 Projektowanie konstrukcji stalowych - Część 1-3: Reguły ogólne - Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno,
- PN-EN 1995-1-1:2010 - Część 1-1: Postanowienia ogólne - Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
- PN-EN 1995-1-2:2008 - Część 1-2: Postanowienia ogólne - Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe
- PN-EN 1996-1-1:2010 - Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych
- PN-EN 1996-1-2:2010 - Część 2: Wymagania projektowe, dobór materiałów i wykonanie murów
- PN-EN 1997-1:2008 PROJEKTOWANIE GEOTECHNICZNE - CZĘŚĆ 1: ZASADY OGÓLNE

**II. OPIS TECHNICZNY****1. ZAŁOŻENIA, SCHEMATY I PODSTAWOWE WYNIKI OBLICZEŃ.****Zestawienie obciążeń**

Grupa norm: Eurokod

Opis	Jedn.	$Q_k$	$\gamma_{f1}$	$\gamma_{f2}$	$Q_{o1}$	$Q_{o2}$
<b>1. Ciężar</b>						
1.1. deska 38mm+gont	kN/m <sup>2</sup>	0,35	1,35	1,00	0,47	0,35
<b>2. Śnieg</b>						
2.1. Dach dwuspadowy	kN/m <sup>2</sup>	0,72	1,50	1,50	1,08	1,08
<b>3. Wiatr</b>						
3.1. Wiata dwuspadowa - dodatnie						
3.1.1. Pole A	kN/m <sup>2</sup>	0,64	1,50	1,50	0,97	0,97
3.1.2. Pole B	kN/m <sup>2</sup>	1,02	1,50	1,50	1,53	1,53
3.1.3. Pole C	kN/m <sup>2</sup>	0,86	1,50	1,50	1,29	1,29
3.1.4. Pole D	kN/m <sup>2</sup>	0,27	1,50	1,50	0,40	0,40
3.2. Wiata dwuspadowa - ujemne						
3.2.1. Pole A	kN/m <sup>2</sup>	-0,75	1,50	1,50	-1,13	-1,13
3.2.2. Pole B	kN/m <sup>2</sup>	-1,02	1,50	1,50	-1,53	-1,53
3.2.3. Pole C	kN/m <sup>2</sup>	-0,75	1,50	1,50	-1,13	-1,13
3.2.4. Pole D	kN/m <sup>2</sup>	-1,07	1,50	1,50	-1,61	-1,61

**1.1. deska 38mm+gont**

Obciążenie charakterystyczne  $(6,5 \times 0,038 + 0,1) \text{ kN/m}^2 = 0,35 \text{ kN/m}^2$   
 Obciążenie obliczeniowe  $Q_{o1} = 1,35 \times 0,35 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,47 \text{ kN/m}^2}$   
 $Q_{o2} = 1,00 \times 0,35 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,35 \text{ kN/m}^2}$

## **2. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE I KATEGORIA GEOTECHNICZNA OBIEKTU**

Na podstawie wizji lokalnej i dokonanych odkrywek stwierdza się **proste** warunki gruntowe, a wiaty drewniane zalicza się do **I kategorii geotechnicznej**. Poziom wód gruntowych jest poniżej poziomu posadowienia fundamentów. Grunt w poziomie posadowienia fundamentów jest rodzimy piaszczysty. Piaszki w poziomie posadowienia drobne średnio zagęszczone o  $I_d=0,4$ .

## **3. ROBOTY ZIEMNE**

Grunt w otwartym wykopie chronić przed przemarzaniem i zawilgoceniem, aby nie spowodować pogorszenia nośności. W czasie wykonywania robót ziemnych należy w ciągu jednego dnia pogłębić wykop do żądanej głębokości na odcinku przewidzianych prac i wykonać polewkę wyrównującą pod fundamenty z betonu C8/10 (chudy beton), gr. 10cm. Następnie niezwłocznie wykonać pozostałą część fundamentu, po rozszalowaniu zabezpieczyć przeciwwilgociowo. W przypadku konieczności pozostawienia budowli w stanie surowym na okres zimy, należy chronić fundamenty i posadzki przyziemia przed przemarzaniem.

## **4. ZABEZPIECZENIE I ODWODNIENIE WYKOPÓW.**

Wykop należy zabezpieczyć podczas budowy przed sączeniem wody gruntowej poprzez odwodnienie wokół wykopu. Wodę należy odprowadzić poza obrys wykopu za pomocą pompy przeponowej lub igłofiltrów.

## **5. OPIS ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH**

### **5.1. Ogólna charakterystyka**

Zakres opracowania obejmuje budowę dwóch drewnianych wiat rekreacyjnych.

Wiaty zostaną umieszczone na ternie zgodnie z planem zagospodarowania.

Wiaty planuje się posadowić w sposób bezpośredni na gruncie.

Planowane budowle będą pełnić funkcję rekreacyjną w ramach planowanego przedsięwzięcia.

### **5.2 Fundamenty**

Posadowienie wiat zaprojektowano na żelbetowych fundamentach słupowych o średnicy 30cm i wysokości 105cm (100cm p.p.t.). Fundamenty wykonać z betonu C20/25 z dodatkiem W8 i stali klasy C (np. B500SP). Otulina zbrojenia 5cm. Górną część fundamentu wyprowadzić ponad teren na min. 5cm i wykonać okucie stalowe do zamocowania słupów drewnianych wiaty.

### **5.3 Wiata**

Zaprojektowano wiatę o konstrukcji drewnianej z drewna klasy C24 typu KVH (drewno w stanie powietrzno-suchym czterostronnie heblowane). Pokrycie wiaty zaprojektowano z gontu bitumicznego

na pełnym deskowaniu. Na niektórych powierzchniach bocznych wiaty planuję się wykonać panele ażurowe w zależności od aranżacji. Połączenie elementów drewnianych wiaty wykonać z zastosowaniem typowych łączników ciesielskich i śrub klasy min. 5.8.

## **6. ZABEZPIECZENIA ELEMENTÓW BETONOWYCH**

Elementy betonowe stykające się z gruntem:

Izolacja pozioma:               papa termozgrzewalna,

Izolacja pionowa:             masa podkładowa (do gruntowania) - Asfalbit, dwie warstwy wierzchnie - dyspersyjna hydroizolacyjną masa asfaltowo – kauczukowa DYSERBIT.

Elementy żelbetowe wykonane tradycyjnie, zabezpieczone przed korozją przez przyjęcie otulin o grubościach określonych normą.

## **7. ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE ELEMENTÓW DREWNIANYCH**

W zakresie opracowania branży konstrukcyjnej przewiduje się jedynie zabezpieczenie antykorozyjne elementów drewnianych na czas odbioru. W tym celu wskazane będzie wykonanie powłoki malarskiej z zastosowaniem np. Lazury do drewna lub olejowania – kolor bezbarwny. Z uwagi na charakter konstrukcji – bezpośrednie narażenie na warunki atmosferyczne, konieczna będzie konserwacja elementów drewnianych min. raz do roku.

## **8. ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE ELEMENTÓW STALOWYCH**

Wszystkie elementy stalowe zewnętrzne konstrukcji, w tym attyka, okucia, łączniki, śruby, gwoździe - ocynkować ogniowo. grubość warstwy ocynku 80-150 µm.

## **9. INFORMACJA DOTYCZĄCA BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY ZDROWIA**

Realizacja niniejszego projektu może stwarzać zagrożenia dla bezpieczeństwa i zdrowia ludzi. Przy wykonywaniu robót prowadzone będą następujące rodzaje prac:

wykonywanie prac budowlanych na wysokości roboty rozbiórkowe, remontowe i montażowe

Wykonawca przed przystąpieniem do wykonywania robót budowlanych jest obowiązany opracować instrukcję bezpiecznego ich wykonywania i zaznajomić z nią pracowników w zakresie wykonywanych przez nich robót. Zabezpieczenia ludzi przed powyższymi zagrożeniami należy określić w „Planie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ( plan bioz ),„ zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz. U. Nr 120, poz. 1126).

Plan „bioz” powinien zawierać:

- zakres robót dla całego zamierzenia budowlanego oraz kolejność realizacji poszczególnych elementów;
- wykaz istniejących obiektów budowlanych podlegających adaptacji lub rozbiórce;
- wskazanie elementów zagospodarowania działki lub terenu, które mogą stwarzać zagrożenie bezpieczeństwa i zdrowia ludzi;



- informacje dotyczące przewidywanych zagrożeń występujących podczas realizacji robót budowlanych, określające skalę i rodzaje zagrożeń oraz miejsce i czas ich wystąpienia;
- informację o wydzieleniu i oznakowaniu miejsca prowadzenia robót budowlanych, stosownie do rodzaju zagrożenia;
- informację o sposobie prowadzenia instruktażu pracowników przed przystąpieniem do realizacji robót szczególnie niebezpiecznych;
- określenie sposobu przechowywania i przemieszczania materiałów, wyrobów, substancji oraz preparatów niebezpiecznych na terenie budowy;
- wskazanie środków technicznych i organizacyjnych, zapobiegających niebezpieczeństwu wynikającym z wykonywania robót budowlanych w strefach szczególnego zagrożenia zdrowia lub w ich sąsiedztwie, w tym zapewniających bezpieczną i sprawną komunikację, umożliwiającą szybką ewakuację na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń;
- wskazanie miejsca przechowywania dokumentacji budowy oraz dokumentów niezbędnych do prawidłowej eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych.

Wszystkie prace należy wykonywać z zachowaniem przepisów BHP (Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki społecznej z dnia 2 marca 2007 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z dnia 20 marca 2007 r.) oraz z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych oraz instrukcji producenta. Pracownicy przystępujący do pracy na wysokości powinni być dopuszczeni do w/w prac przez kierownika budowy.

Każdy pracownik powinien znać przepisy i zasady BHP, brać udział w szkoleniu i instruktażu z tego zakresu oraz poddać się wymagany egzaminom. Pracownicy powinni posiadać aktualne badania lekarskie oraz uprawnienia do pracy na wysokości. Powinni być również wyposażeni w odpowiednie środki bezpieczeństwa.

Prace budowlane mogą być wykonywane tylko na obszarze objętym pozwoleniem na budowę, a po zakończeniu teren budowy należy doprowadzić do należytego stanu i porządku.

Roboty budowlane i montażowe należy organizować w sposób nienarażający osób postronnych na niebezpieczeństwa i uciążliwości wynikające z prowadzonych robót, z jednoczesnym zastosowaniem szczególnych środków ostrożności.

Przed rozpoczęciem robót pracodawca, u którego mają być prowadzone roboty, i osoba kierująca robotami powinni ustalić w podpisany protokole szczegółowe warunki bezpieczeństwa i higieny pracy, z podziałem obowiązków w tym zakresie.

O prowadzonych robotach oraz o niezbędnych środkach bezpieczeństwa, jakie należy stosować w czasie trwania prac, pracodawca powinien poinformować pracowników przebywających lub mogących przebywać na terenie prowadzenia robót albo w jego sąsiedztwie.

Bezpośredni nadzór nad bezpieczeństwem i higieną pracy na stanowiskach pracy sprawują odpowiednio kierownik robót oraz mistrz budowlany, stosownie do zakresu obowiązków. Teren budowy powinien być przygotowany w zakresie:

ogrodzenia terenu i wyznaczenia stref niebezpiecznych, wykonania dróg, wyjść i przejść dla pieszych, doprowadzenia energii elektrycznej, wody oraz odprowadzenia ścieków, urządzenia pomieszczeń higieniczno-sanitarnych i socjalnych, zapewnienia oświetlenia naturalnego i sztucznego, zapewnienia właściwej wentylacji, zapewnienia ogrzewania,

urządzenia składowisk materiałów i wyrobów, jak również gromadzenia odpadów, wyposażenia w niezbędny sprzęt do gaszenia pożaru zapewnienia bezpiecznej ewakuacji na wypadek pożaru, awarii i innych zagrożeń.

Pracownicy przystępujący do pracy na wysokości powinni być dopuszczeni do w/w prac przez kierownika budowy. Pracownicy powinni posiadać aktualne badania lekarskie oraz uprawnienia do pracy na wysokości. Powinni być również wyposażeni w odpowiednie środki bezpieczeństwa.

## **10. UWAGI KOŃCOWE**

1. Inwestycję należy zrealizować zgodnie z zatwierdzonym Projektem Budowlanym PB i na podstawie projektu wykonawczego PW stanowiącego uzupełnienie projektu budowlanego, wg przepisów Prawa Budowlanego, odrębnych ustaw i przepisów techniczno - budowlanych oraz zgodnie z Polskimi Normami.
2. Wszystkie roboty należy wykonać zgodnie z przyjętymi w projekcie rozwiązaniami architektoniczno - budowlanymi, przepisami techniczno - budowlanymi, obowiązującymi Polskimi Normami oraz zasadami wiedzy technicznej i sztuki budowlanej.
3. Wprowadzenie rozwiązań zamiennych w stosunku do przewidzianych w projekcie należy uzgodnić z Projektantem w ramach nadzoru autorskiego. Wątpliwości dotyczące projektu i zawartych w nim rozwiązań należy wyjaśnić z udziałem Projektanta w ramach nadzoru autorskiego.
4. Wszystkie użyte materiały, wyroby, urządzenia i rozwiązania technologiczne powinny być dopuszczone do obrotu i stosowania w budownictwie, posiadać aktualne atesty ITB i PZH, a wyroby stosowane jednostkowo - odpowiednie aprobaty.
5. Przed rozpoczęciem robót Wykonawca obowiązany jest zapoznać się na miejscu z istniejącym uzbrojeniem terenu, ze stanem budynków oraz bezpośredniego otoczenia, przewidując warunki techniczne, organizacyjne oraz logistyczne związane z realizacją przedmiotowej inwestycji.
6. Ze względu na usytuowanie i charakter inwestycji wszystkie wymiary i rzędne należy na bieżąco sprawdzać na budowie, a zaistniałe niezgodności należy wyjaśnić i uzgodnić zainteresowanymi stronami.
7. Wszystkie roboty budowlano - montażowe z zastosowaniem rozwiązań systemowych powinny być wykonane ściśle wg technologii określonej przez producenta
8. Uwagi i opisy w części opisowej i na rysunkach stanowią integralną część opracowania dokumentacji.
9. Projekt rozpatrywać łącznie z projektem architektury i projektami branżowymi- instalacje
10. W przypadku stwierdzenia warunków odmiennych od założonych w projekcie niezwłocznie powiadomić Projektanta.
11. Wszystkie wymiary, poziomy i lokalizację zweryfikować z projektem architektonicznym.
12. Wszelkie zmiany wykonane samowolnie, bez zgody projektanta przenoszą odpowiedzialność za całość obiektu na osobę wprowadzającą zmiany.
13. Projekt jest objęty prawem autorskim. Wszelkie kopiowanie, powielanie i dokonywanie zmian w projekcie jest niedozwolone.

Opracował:

.....  
mgr inż. Mariusz Boderek,  
ZAP/0138/POOK/09

### III. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

#### 2.1. Dach dwuspadowy

Położenie obiektu: strefa 2, wysokość n.p.m.  $A = 100$  m

$$\Rightarrow s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

Ekspozycja obiektu: teren normalny  $\Rightarrow C_e = 1,00$

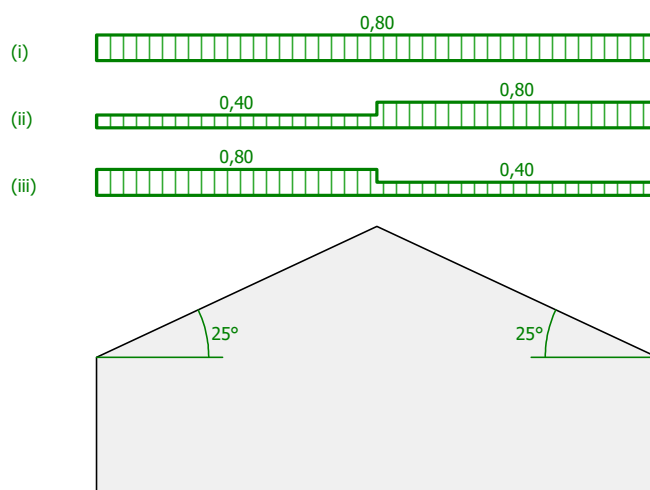
Przenikanie ciepła przez dach: temp. wewn.  $t_i = 18$  °C, wsp. przenikania ciepła  $U = 0 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$   $\Rightarrow C_t = 1,00$

Rodzaj dachu: dach dwuspadowy

Kąt połaci dachu  $\alpha_1 = 25^\circ$

Kąt połaci dachu  $\alpha_2 = 25^\circ$

$$\Rightarrow \mu_1 = 0,80 \quad (\text{przypadek (i) obc. równomierne})$$



Obciążenie charakterystyczne  $s = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,80 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,90 \text{ kN/m}^2 = 0,72 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $s_o = 1,50 \times 0,72 \text{ kN/m}^2 = 1,08 \text{ kN/m}^2$

#### 3.1. Wiatra dwuspadowa - dodatnie

Położenie obiektu: strefa 1, wysokość n.p.m.  $A = 100$  m

$$\Rightarrow v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$$

Kierunek wiatru  $270^\circ$

Kategoria terenu - II

Wysokości: minimalna  $z_{\min} = 2$  m, maksymalna  $z_{\max} = 300$  m, wymiar chropowatości  $z_0 = 0,05$  m

Wysokość odniesienia nad gruntem:  $z_{e0} = h = 3,40 \text{ m} = 3,40$  m

Wysokość odniesienia:  $z_e = z_{e0} = 3,40 \text{ m} = 3,40$  m

Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,0} = 1,00 \times 1,0 \times 22 \text{ m/s} = 22 \text{ m/s}$

Wsp. chropowatości:  $c_r(z_e) = 1,00 \times (z_e / 10)^{0,17} = 1,00 \times (3,40 / 10)^{0,17} = 0,83$

Wsp. ekspozycji:  $c_e(z_e) = 2,30 \times (z_e / 10)^{0,24} = 2,30 \times (3,40 / 10)^{0,24} = 1,78$

Średnia prędkość wiatru:

$$v_m(z_e) = c_r(z_e) \times c_o(z_e) \times v_b = 0,83 \times 1,00 \times 22 \text{ m/s} = 18,3 \text{ m/s}$$

Bazowe ciśnienie prędkości:

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_b^2 = 0,5 \times 1,25 \text{ kg/m}^3 \times (22 \text{ m/s})^2 = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

Szczytowe ciśnienie prędkości:

$$\Rightarrow q_p(z_e) = c_e(z_e) \times q_b = 1,78 \times 0,30 \text{ kN/m}^2 = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

Rodzaj elementu: **wiatra dwuspadowa**

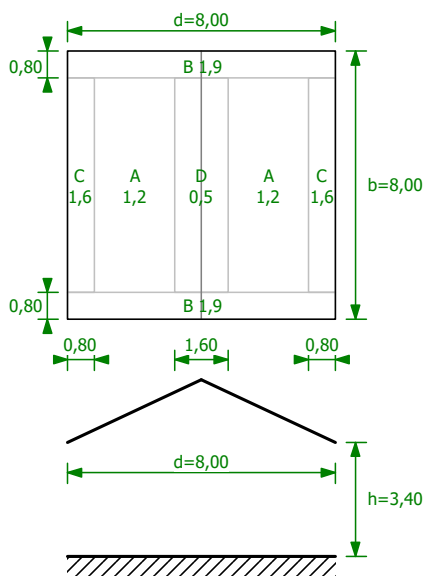
Wymiary wiaty:

szerokość połaci (prostopadle do kierunku wiatru):  $b = 8,00$  m

długość dwóch połaci w planie (równolegle do kierunku wiatru):  $d = 8,00$  m

wysokość do górnej krawędzi wiaty:  $h = 3,40$  m

nachylenie połaci:  $\alpha = 25,00^\circ$



Współczynnik wypełnienia przestrzeni pod wiatrą:  $\varphi = 0,00$

Wariant obciążenia o dodatnich wartościach.

### 3.1.1. Pole A

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,A} = 1,2$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,A} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 = 0,64 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times 0,64 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,97 \text{ kN/m}^2}$

### 3.1.2. Pole B

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,B} = 1,9$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,B} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times 1,9 = 1,02 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times 1,02 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{1,53 \text{ kN/m}^2}$

### 3.1.3. Pole C

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,C} = 1,6$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,C} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times 1,6 = 0,86 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times 0,86 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{1,29 \text{ kN/m}^2}$

### 3.1.4. Pole D

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,D} = 0,5$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,D} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times 0,5 = 0,27 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times 0,27 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}$

## 3.2. Wiatr dwuspadowa - ujemne

Położenie obiektu: strefa 1, wysokość n.p.m.  $A = 100 \text{ m}$

$\Rightarrow v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$

Kierunek wiatru  $270^\circ$

Kategoria terenu - II

Wysokości: minimalna  $z_{min} = 2 \text{ m}$ , maksymalna  $z_{max} = 300 \text{ m}$ , wymiar chropowatości  $z_0 = 0,05 \text{ m}$

Wysokość odniesienia nad gruntem:  $z_{e0} = h = 3,40 \text{ m} = 3,40 \text{ m}$

Wysokość odniesienia:  $z_e = z_{e0} = 3,40 \text{ m} = 3,40 \text{ m}$

Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,0} = 1,00 \times 1,0 \times 22 \text{ m/s} = 22 \text{ m/s}$

Wsp. chropowatości:  $c_r(z_e) = 1,00 \times (z_e / 10) ^{0,17} = 1,00 \times (3,40 / 10) ^{0,17} = 0,83$

Wsp. ekspozycji:  $c_e(z_e) = 2,30 \times (z_e / 10) ^{0,24} = 2,30 \times (3,40 / 10) ^{0,24} = 1,78$

Średnia prędkość wiatru:

$v_m(z_e) = c_r(z_e) \times c_e(z_e) \times v_b = 0,83 \times 1,00 \times 22 \text{ m/s} = 18,3 \text{ m/s}$

Bazowe ciśnienie prędkości:

$q_b = 0,5 \times \rho \times v_b ^2 = 0,5 \times 1,25 \text{ kg/m}^3 \times (22 \text{ m/s}) ^2 = 0,30 \text{ kN/m}^2$

Szczytowe ciśnienie prędkości:

$\Rightarrow q_p(z_e) = c_e(z_e) \times q_b = 1,78 \times 0,30 \text{ kN/m}^2 = 0,54 \text{ kN/m}^2$

Rodzaj elementu: **wiata dwuspadowa**

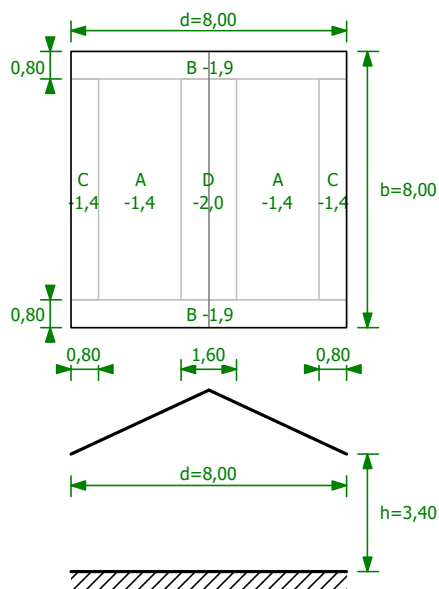
Wymiary wiaty:

szerokość połaci (prostopadle do kierunku wiatru):  $b = 8,00$  m

długość dwóch połaci w planie (równoległe do kierunku wiatru):  $d = 8,00$  m

wysokość do górnej krawędzi wiaty:  $h = 3,40$  m

nachylenie połaci:  $\alpha = 25,00^\circ$



Współczynnik wypełnienia przestrzeni pod wiatą:  $\phi = 0,00$

Wariant obciążenia o ujemnych wartościach.

### 3.2.1. Pole A

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,A} = -1,4$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,A} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times -1,4 = -0,75 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times -0,75 \text{ kN/m}^2 = -1,13 \text{ kN/m}^2$

### 3.2.2. Pole B

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,B} = -1,9$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,B} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times -1,9 = -1,02 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times -1,02 \text{ kN/m}^2 = -1,53 \text{ kN/m}^2$

### 3.2.3. Pole C

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,C} = -1,4$

Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,C} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times -1,4 = -0,75 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times -0,75 \text{ kN/m}^2 = -1,13 \text{ kN/m}^2$

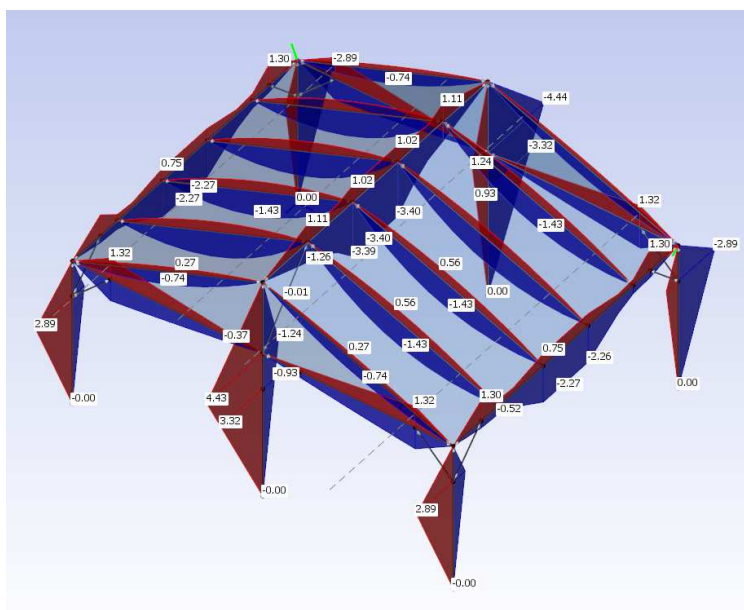
### 3.2.4. Pole D

Współczynnik ciśnienia netto:  $C_{pnet,D} = -2,0$

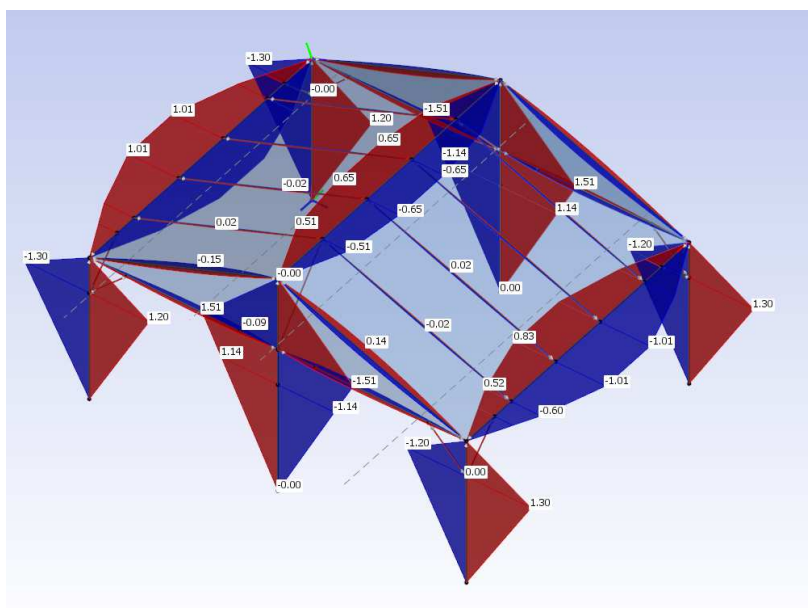
Obciążenie charakterystyczne  $w_k = q_p(z_e) \times C_{pnet,D} = 0,54 \text{ kN/m}^2 \times -2,0 = -1,07 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $w_o = 1,50 \times -1,07 \text{ kN/m}^2 = -1,61 \text{ kN/m}^2$

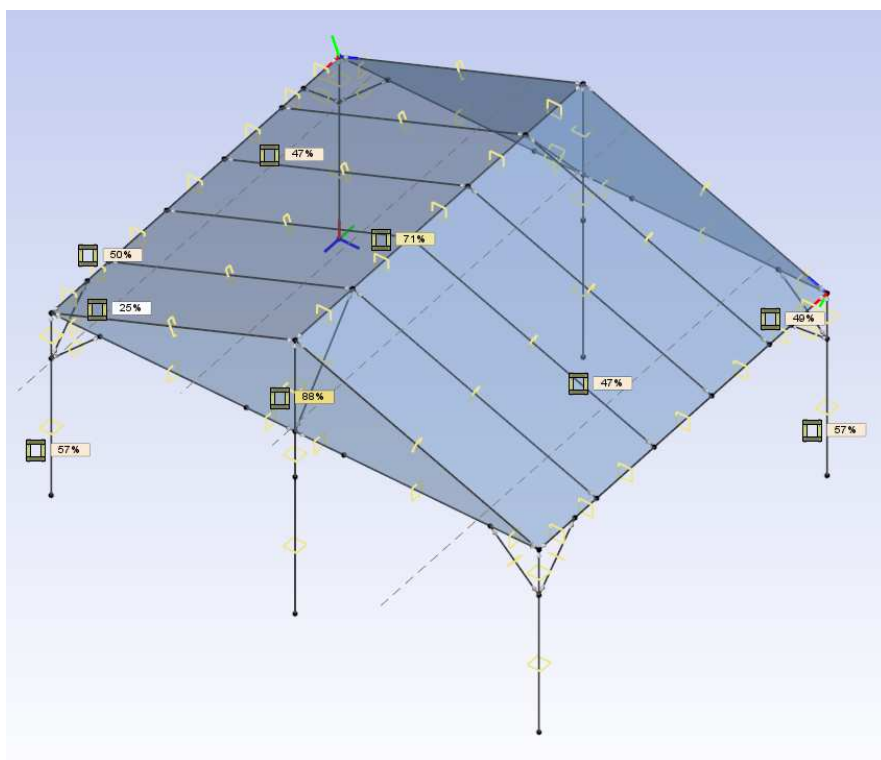
### Obwiednia momentów $M_y$



### Obwiednia momentów $M_z$



## Wymiarowanie – wytyczenie przekrojów



### Słupy środkowe

Pręt nr 11-39 - Element drewniany [PN-EN 1995]

#### Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: 11-39 (belka) -

Węzły: 11 ( $x=-4.000\text{m}$ ,  $y=2.000\text{m}$ ); 39 ( $x=-4.000\text{m}$ ,  $y=1.500\text{m}$ )

Profil: RECTANGLE 140x140 (C 24)

#### Wyniki dla elementu

Całkowite wytyczenie elementu: 88%

Rozciąganie: 1 %

Ściskanie: 9 %

Ścinanie: 17 %

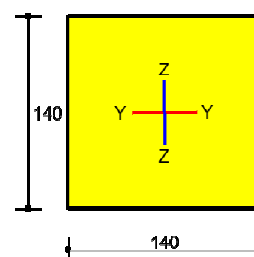
Zginanie: 79 %

Zginanie z rozciąganiem: 18 %

Zginanie ze ściskaniem: 88 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 0 %





## Wyniki w punktach charakterystycznych

<b>Nr</b>	<b>Rzędna</b>	<b>Obwiednia</b>	<b>Warunek</b>	<b>Wyteżenie</b>
0	0.000	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	30.2 %
1	0.000	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	30.2 %
2	0.000	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	82.5 %
3	0.000	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	17.6 %
4	0.000	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	17.6 %
5	0.000	MAX-BMZ	Ścinanie	16.1 %
6	0.000	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	87.8 %
7	0.000	MIN-BMX	Ścinanie	16.1 %
8	0.000	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	30.2 %
9	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
10	0.000	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	87.8 %
11	0.000	MAX-BQY	Ścinanie	16.1 %
12	0.000	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	17.6 %
13	0.250	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	30.6 %
14	0.250	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	30.6 %
15	0.250	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	78.0 %
16	0.250	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	16.6 %
17	0.250	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	16.6 %
18	0.250	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	30.6 %
19	0.250	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	82.8 %
20	0.250	MIN-BMX	Ścinanie	16.1 %
21	0.250	MIN-BMZ	Ścinanie	16.1 %
22	0.250	ext U	Ugięcia	0.0 %
23	0.250	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	82.8 %
24	0.250	MAX-BQY	Ścinanie	16.1 %
25	0.250	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	16.6 %
26	0.500	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	33.4 %
27	0.500	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	33.4 %
28	0.500	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	73.4 %
29	0.500	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	15.6 %
30	0.500	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	15.6 %
31	0.500	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	33.4 %
32	0.500	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	77.9 %
33	0.500	MIN-BMX	Ścinanie	16.1 %
34	0.500	MIN-BMZ	Ścinanie	16.1 %
35	0.500	ext U	Ugięcia	0.0 %
36	0.500	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	77.9 %
37	0.500	MAX-BQY	Ścinanie	16.1 %
38	0.500	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	15.6 %
39	0.750	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	36.2 %
40	0.750	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	36.2 %
41	0.750	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	68.8 %
42	0.750	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	14.6 %
43	0.750	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	14.6 %
44	0.750	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	36.2 %
45	0.750	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	72.9 %
46	0.750	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	17.6 %
47	0.750	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	17.6 %
48	0.750	ext U	Ugięcia	0.0 %
49	0.750	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	72.9 %
50	0.750	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	17.6 %
51	0.750	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	14.6 %
52	1.000	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	39.1 %
53	1.000	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	39.1 %
54	1.000	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	64.2 %
55	1.000	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	13.5 %
56	1.000	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	13.5 %
57	1.000	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	39.1 %
58	1.000	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	68.0 %
59	1.000	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	23.9 %



60	1.000	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	23.9 %
61	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
62	1.000	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	68.0 %
63	1.000	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	23.9 %
64	1.000	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	13.5 %

## Wyniki szczegółowe

### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3  $\rightarrow k_{mod} = 0.65$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Średniotrwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{aligned}
 f_{m,k} &= 24.0 \text{ MPa} & f_{t,0,k} &= 14.0 \text{ MPa} & f_{t,90,k} &= 0.4 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21.0 \text{ MPa} & f_{c,90,k} &= 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4.0 \text{ MPa} \\
 E_{0,mean} &= 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} &= 7.4 \text{ GPa} & E_{90,mean} &= 0.37 \text{ GPa} \\
 G_{mean} &= 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} &= E_{0,05} / E_{0,mean} \cdot G_{mean} & &= 0.46 \text{ GPa} \\
 \rho_k &= 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} &= 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

### Rozciąganie (1.5%)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BQX ( $-\gamma/G1, +\gamma/G4$ )

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 196.0 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{2.1 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.11 \text{ MPa} < 7.0 \text{ MPa} = \frac{1.014 \cdot 14.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{k_{ft} f_{t,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ściskanie (9.4%)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.50\text{m}$ ; Kombinacja: MIN-BQX ( $+\gamma\psi_0/G3, +\gamma/G2, +\gamma/G1$ )

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 196.0 \text{ cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 3.000 = 3.000 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 2.000 = 2.000 \text{ m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{3000.0}{4.041} = 74.2, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{2000.0}{4.041} = 49.5$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 74.2^2 = 13.3$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 49.5^2 = 29.8$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{13.3}} = 1.259$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{29.8}} = 0.839$$

$$k_y = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2(1.259 - 0.3) + 1.259^2 \right] = 1.388$$

$$k_z = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2(0.839 - 0.3) + 0.839^2 \right] = 0.906$$

$$k_{c,y} = \min \left[ 1 / \left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / \left( 1.388 + \sqrt{1.388^2 - 1.259^2} \right), 1.0 \right] = 0.507$$

$$k_{c,z} = \min \left[ 1 / \left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[ 1 / \left( 0.906 + \sqrt{0.906^2 - 0.839^2} \right), 1.0 \right] = 0.802$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.507$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{9.8 \cdot 10^3}{0.507 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.99 \text{ MPa} < 10.5 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{c0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (16.6%)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=0.50\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BMZ ( $+\gamma\psi_0/G2, +\gamma/G1, +\gamma/G8$ )

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{dz} = 1.5 \frac{T_z}{k_{c,z} A} = 1.5 \frac{0.7 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.08 \text{ MPa} < 2.00 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{dy} = 1.5 \frac{T_y}{k_{c,y} A} = 1.5 \frac{2.6 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.32 \text{ MPa} < 2.00 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{dz}^2 + \tau_{dy}^2} = \sqrt{0.08^2 + 0.32^2} = 0.33 \text{ MPa} < 2.00 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (79.2%)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BQZ ( $+\gamma/G2, +\gamma/G1, +\gamma\psi_0/G9$ )

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4.4 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 9.64 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = \frac{9.64}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.79 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = 0.7 \frac{9.64}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.55 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 3.00 + 2 \cdot 0.14 = 3.28 \text{ m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 140.0^2}{140.0 \cdot 3280.0} 7400.0 = 246.4 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{hy} f_{mk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.014 \cdot 24.0}{246.4}} = 0.314,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 9.64 \text{ MPa} < 12.17 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{hy} f_{mk}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.7 \cdot 1.014 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie z rozciąganiem (17.6%)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BQX ( $-\gamma/G1, +\gamma/G4$ )

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.1 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0,9 \cdot 10^5}{457,3 \cdot 10^2} = 1,96 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0,0 \cdot 10^5}{457,3 \cdot 10^2} = 0,00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,0} f_{c,0,k,mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} f_{m,k,mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{m,z} f_{m,k,mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0,11}{\frac{1,014 \cdot 14,0 \cdot 0,7}{1,3}} + \frac{1,96}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} + 0,7 \frac{0,00}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,18 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,0} f_{c,0,k,mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} f_{m,k,mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{m,z} f_{m,k,mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0,11}{\frac{1,014 \cdot 14,0 \cdot 0,7}{1,3}} + 0,7 \frac{1,96}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} + \frac{0,00}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,13 < 1,0$$

### Zginanie ze ściskaniem (87.8%)

Przekrój:  $x/L=0,000$ ,  $L=0,00m$ ; Kombinacja: MAX-BQZ (+ $\gamma/G2$ , + $\gamma/G1$ , + $\gamma\psi_0/G9$ )

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8,9 \cdot 10^3}{196,0 \cdot 10^2} = 0,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{4,4 \cdot 10^5}{457,3 \cdot 10^2} = 9,64 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0,0 \cdot 10^5}{457,3 \cdot 10^2} = 0,00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wybożenia:

$$\lambda_{rel,max} = 1,3 > 0,3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wybożenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,0} f_{c,0,k,mod}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} f_{m,k,mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{m,z} f_{m,k,mod}} < 1,0$$

$$\frac{0,45}{\frac{0,51 \cdot 21,0 \cdot 0,7}{1,3}} + \frac{9,64}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} + 0,7 \frac{0,00}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,88 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,k,mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} f_{m,k,mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{m,z} f_{m,k,mod}} < 1,0$$

$$\frac{0,45}{\frac{0,80 \cdot 21,0 \cdot 0,7}{1,3}} + 0,7 \frac{9,64}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} + \frac{0,00}{\frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,61 < 1,0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{m,y} f_{m,k,mod}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,k,mod}} = \left( \frac{9,64}{1,00 \cdot \frac{1,014 \cdot 24,0 \cdot 0,7}{1,3}} \right)^2 + \frac{0,45}{0,80 \cdot \frac{21,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,68 < 1,0$$

**Płatew kalenicowa**

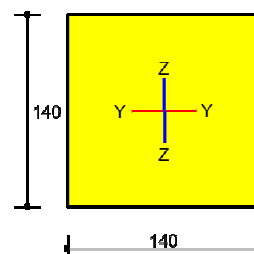
Pręt nr 13-14 - Element drewniany [PN-EN 1995]

**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: 13-14 (belka) -

Węzły: 13 (x=0.000m, y=0.000m); 14 (x=4.000m, y=0.000m)

Profil: RECTANGLE 140x140 (C 24)


**Wyniki dla elementu**

Całkowite wyężenie elementu: 70%

Rozciąganie: 3 %

Ściskanie: 3 %

Ścinanie: 22 %

Zginanie: 59 %

Zginanie z rozciąganiem: 23 %

Zginanie ze ściskaniem: 62 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 70 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	MAX-BMX	Ścinanie	3.2 %
1	0.000	MIN-BQY	Ścinanie	3.1 %
2	0.000	MIN-BQX	Ścinanie	8.6 %
3	0.000	MAX-BMY	Ściskanie	1.4 %
4	0.000	MIN-BQZ	Ścinanie	7.7 %
5	0.000	MAX-BMZ	Ścinanie	3.1 %
6	0.000	MIN-BMY	Rozciąganie	2.9 %
7	0.000	MIN-BMX	Ścinanie	3.1 %
8	0.000	MIN-BMZ	Ścinanie	3.2 %
9	0.000	ext U	Ugięcia	13.6 %
10	0.000	MAX-BQZ	Ścinanie	9.2 %
11	0.000	MAX-BQY	Ścinanie	3.2 %
12	0.000	MAX-BQX	Ścinanie	3.4 %
13	0.200	MAX-BMX	Zginanie z rozciąganiem	10.0 %
14	0.200	MIN-BQY	Zginanie z rozciąganiem	8.0 %
15	0.200	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	23.0 %
16	0.200	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	22.6 %
17	0.200	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	21.9 %
18	0.200	MAX-BMZ	Zginanie z rozciąganiem	8.0 %
19	0.200	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	21.9 %
20	0.200	MIN-BMX	Zginanie z rozciąganiem	8.0 %
21	0.200	MIN-BMZ	Zginanie z rozciąganiem	10.0 %
22	0.200	ext U	Ugięcia	36.8 %
23	0.200	MAX-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	22.6 %
24	0.200	MAX-BQY	Zginanie z rozciąganiem	10.0 %
25	0.200	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	12.5 %
26	0.200	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	20.9 %
27	0.200	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	10.0 %

28	0.200	MIN-BQX	Ścinanie	22.4 %
29	0.200	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	24.2 %
30	0.200	MIN-BQZ	Ścinanie	4.9 %
31	0.200	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	10.0 %
32	0.200	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	20.9 %
33	0.200	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	24.2 %
34	0.200	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	8.0 %
35	0.200	ext U	Ugięcia	36.8 %
36	0.200	MAX-BQZ	Ścinanie	22.4 %
37	0.200	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	8.0 %
38	0.200	MAX-BQX	Ścinanie	4.9 %
39	0.250	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	14.1 %
40	0.250	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	13.9 %
41	0.250	MIN-BQX	Ścinanie	22.3 %
42	0.250	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	28.7 %
43	0.250	MIN-BQZ	Ścinanie	5.0 %
44	0.250	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	13.9 %
45	0.250	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	14.1 %
46	0.250	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	28.7 %
47	0.250	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	8.5 %
48	0.250	ext U	Ugięcia	45.4 %
49	0.250	MAX-BQZ	Ścinanie	22.3 %
50	0.250	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	8.5 %
51	0.250	MAX-BQX	Ścinanie	5.0 %
52	0.400	MAX-BMX	Ścinanie	10.4 %
53	0.400	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	28.3 %
54	0.400	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	62.2 %
55	0.400	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	62.2 %
56	0.400	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
57	0.400	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	28.3 %
58	0.400	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
59	0.400	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	41.7 %
60	0.400	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	9.8 %
61	0.400	ext U	Ugięcia	65.7 %
62	0.400	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	62.2 %
63	0.400	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	9.8 %
64	0.400	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
65	0.400	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	7.8 %
66	0.400	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	29.1 %
67	0.400	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	62.1 %
68	0.400	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	62.1 %
69	0.400	MIN-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	36.8 %
70	0.400	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	28.2 %
71	0.400	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
72	0.400	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	41.8 %
73	0.400	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	9.9 %
74	0.400	ext U	Ugięcia	65.7 %
75	0.400	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	12.7 %
76	0.400	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	20.5 %
77	0.400	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
78	0.500	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	14.3 %
79	0.500	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	35.7 %
80	0.500	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	62.3 %
81	0.500	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	62.3 %
82	0.500	MIN-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	35.5 %
83	0.500	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	28.4 %
84	0.500	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	13.6 %
85	0.500	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	35.5 %
86	0.500	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	9.9 %
87	0.500	ext U	Ugięcia	69.5 %
88	0.500	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	14.3 %
89	0.500	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	14.2 %
90	0.500	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	13.6 %

91	0.600	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	20.6 %
92	0.600	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	42.0 %
93	0.600	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	62.1 %
94	0.600	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	62.1 %
95	0.600	MIN-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	29.0 %
96	0.600	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	28.2 %
97	0.600	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
98	0.600	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	29.0 %
99	0.600	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	9.9 %
100	0.600	ext U	Ugięcia	65.7 %
101	0.600	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	20.6 %
102	0.600	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	7.7 %
103	0.600	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
104	0.600	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	20.5 %
105	0.600	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	9.8 %
106	0.600	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	62.2 %
107	0.600	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	62.2 %
108	0.600	MIN-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	62.2 %
109	0.600	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	28.3 %
110	0.600	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
111	0.600	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	29.2 %
112	0.600	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	9.8 %
113	0.600	ext U	Ugięcia	65.7 %
114	0.600	MAX-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
115	0.600	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	28.3 %
116	0.600	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	13.7 %
117	0.750	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	21.7 %
118	0.750	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	8.5 %
119	0.750	MIN-BQX	Ścinanie	22.3 %
120	0.750	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	28.9 %
121	0.750	MIN-BQZ	Ścinanie	22.3 %
122	0.750	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	13.9 %
123	0.750	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	14.2 %
124	0.750	MIN-BMX	Ścinanie	18.3 %
125	0.750	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	8.5 %
126	0.750	ext U	Ugięcia	45.4 %
127	0.750	MAX-BQZ	Ścinanie	5.0 %
128	0.750	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	13.9 %
129	0.750	MAX-BQX	Ścinanie	5.0 %
130	0.800	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	22.0 %
131	0.800	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	8.0 %
132	0.800	MIN-BQX	Ścinanie	22.4 %
133	0.800	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	24.4 %
134	0.800	MIN-BQZ	Ścinanie	22.4 %
135	0.800	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	10.0 %
136	0.800	MIN-BMY	Zginanie ze ściskaniem	21.0 %
137	0.800	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	20.8 %
138	0.800	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	8.0 %
139	0.800	ext U	Ugięcia	36.8 %
140	0.800	MAX-BQZ	Ścinanie	4.9 %
141	0.800	MAX-BQY	Zginanie ze ściskaniem	10.0 %
142	0.800	MAX-BQX	Ścinanie	4.9 %
143	0.800	MAX-BMX	Zginanie z rozciąganiem	8.0 %
144	0.800	MIN-BQY	Zginanie z rozciąganiem	10.0 %
145	0.800	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	23.2 %
146	0.800	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	22.7 %
147	0.800	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	22.7 %
148	0.800	MAX-BMZ	Zginanie z rozciąganiem	8.0 %
149	0.800	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	22.0 %
150	0.800	MIN-BMX	Zginanie z rozciąganiem	10.0 %
151	0.800	MIN-BMZ	Zginanie z rozciąganiem	10.0 %
152	0.800	ext U	Ugięcia	36.8 %
153	0.800	MAX-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	22.0 %

154	0.800	MAX-BQY	Zginanie z rozciąganiem	8.0 %
155	0.800	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	12.5 %
156	1.000	MAX-BMX	Ścinanie	3.1 %
157	1.000	MIN-BQY	Ścinanie	3.2 %
158	1.000	MIN-BQX	Ścinanie	8.6 %
159	1.000	MAX-BMY	Ściskanie	1.4 %
160	1.000	MIN-BQZ	Ścinanie	9.2 %
161	1.000	MAX-BMZ	Ścinanie	3.1 %
162	1.000	MIN-BMY	Rozciąganie	2.9 %
163	1.000	MIN-BMX	Ścinanie	3.2 %
164	1.000	MIN-BMZ	Ścinanie	3.2 %
165	1.000	ext U	Ugięcia	13.6 %
166	1.000	MAX-BQZ	Ścinanie	7.7 %
167	1.000	MAX-BQY	Ścinanie	3.1 %
168	1.000	MAX-BQX	Ścinanie	3.4 %

### Wyniki szczegółowe

#### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3 →  $k_{mod} = 0.65$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Średniotrwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{aligned}
 f_{m,k} &= 24.0 \text{ MPa} & f_{t,0,k} &= 14.0 \text{ MPa} & f_{t,90,k} &= 0.4 \text{ MPa} \\
 f_{c,0,k} &= 21.0 \text{ MPa} & f_{c,90,k} &= 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4.0 \text{ MPa} \\
 E_{0,mean} &= 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} &= 7.4 \text{ GPa} & E_{90,mean} &= 0.37 \text{ GPa} \\
 G_{mean} &= 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} &= E_{0,05} / E_{0,mean} \cdot G_{mean} & & = 0.46 \text{ GPa} \\
 \rho_k &= 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} &= 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

#### Rozciąganie (3.3%)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=4.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BQX (+ $\gamma/G2$ , + $\gamma/G1$ , + $\gamma\psi_0/G9$ )

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 196.0 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{4.6 \cdot 10^3}{196.0 \cdot 10^2} = 0.24 \text{ MPa} < 7.0 \text{ MPa} = \frac{1.014 \cdot 14.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{k_t \cdot f_{t,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}$$

#### Ściskanie (3.2%)

Przekrój:  $x/L=0.800$ ,  $L=3.20\text{m}$ ; Kombinacja: MIN-BQZ (+ $\gamma\psi_0/G3$ , + $\gamma/G2$ , + $\gamma/G1$ )

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 196.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 196.0 \text{ cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 4.000 = 4.000 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 4.000 = 4.000 \text{ m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{400.0}{4.041} = 99.0, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{400.0}{4.041} = 99.0$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 99.0^2 = 7.5$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 99.0^2 = 7.5$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{7.5}} = 1.678$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{7.5}} = 1.678$$

$$k_y = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2(1.678 - 0.3) + 1.678^2 \right] = 2.046$$

$$k_z = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2(1.678 - 0.3) + 1.678^2 \right] = 2.046$$

$$k_{c,y} = \min \left[ \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)}, 1.0 \right] = \min \left[ \frac{1}{\left( 2.046 + \sqrt{2.046^2 - 1.678^2} \right)}, 1.0 \right] = 0.311$$

$$k_{c,z} = \min \left[ \frac{1}{\left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right)}, 1.0 \right] = \min \left[ \frac{1}{\left( 2.046 + \sqrt{2.046^2 - 1.678^2} \right)}, 1.0 \right] = 0.311$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.311$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{2.0 \cdot 10^3}{0.311 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.33 \text{ MPa} < 10.5 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (22.4%)

Przekrój:  $x/L=0.800$ ,  $L=3.20\text{m}$ ; Kombinacja: MIN-BQZ ( $+\gamma\psi_0/G3, +\gamma/G2, +\gamma/G1$ )

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{dz} = 1.5 \frac{T_z}{k_{gr} A} = 1.5 \frac{3.9 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.45 \text{ MPa} < 2.00 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{dy} = 1.5 \frac{T_y}{k_{gr} A} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 196.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa} < 2.00 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{dz}^2 + \tau_{dy}^2} = \sqrt{0.45^2 + 0.00^2} = 0.45 \text{ MPa} < 2.00 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (59.1%)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BMY ( $+\gamma\psi_0/G3, +\gamma/G2, +\gamma/G1$ )

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.3 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 7.19 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{\frac{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{\frac{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = \frac{7.19}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.59 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{\frac{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{\frac{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = 0.7 \frac{7.19}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.41 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej z obciążeniem w środku przęsła oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 0.800 \cdot 4.00 + 2 \cdot 0.14 = 3.48 \text{ m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 140.0^2}{140.0 \cdot 3480.0} 7400.0 = 232.2 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.014 \cdot 24.0}{232.2}} = 0.324,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 7.19 \text{ MPa} < 12.17 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.7 \cdot 1.014 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie z rozciąganiem (22.7%)

Przekrój:  $x/L=0.800$ ,  $L=3.20\text{m}$ ; Kombinacja: MIN-BQZ ( $+\gamma\psi_0/G2, +\gamma/G1, +\gamma/G99$ )



Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.2 \cdot 10^3}{196.8 \cdot 10^2} = 0.01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.3 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 2.75 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{k_{t0,k} \cdot f_{t0,k}^{k_{mod}}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.01}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{2.75}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.23 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{k_{t0,k} \cdot f_{t0,k}^{k_{mod}}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.01}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{2.75}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.16 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (62.3%)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BMY ( $+\gamma\psi_0/G3, +\gamma/G2, +\gamma/G1$ )

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.0 \cdot 10^3}{196.8 \cdot 10^2} = 0.10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{3.3 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 7.19 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{457.3 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 1.7 > 0.3 \rightarrow \text{ należy uwzględnić wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cy} \cdot f_{c0,k}^{k_{mod}}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} < 1.0$$

$$\frac{0.10}{\frac{0.31 \cdot 21.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{7.19}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.62 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c0,k}^{k_{mod}}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{hy} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{hz} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} < 1.0$$

$$\frac{0.10}{\frac{0.31 \cdot 21.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{7.19}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.45 < 1.0$$

$$\left( \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{mk}^{k_{mod}}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cz} \cdot f_{c0,k}^{k_{mod}}} = \left( \frac{7.19}{1.00 \cdot \frac{1.014 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.10}{\frac{0.31 \cdot 21.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.38 < 1.0$$

### Ugięcia (69.5%)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=2.00\text{m}$ ; Kombinacja: ext U ( $G1, \psi_0/G3, G2, \psi_2/G2$ )

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) = -8.4 \text{ mm obc. stałe: } G1$$

$$u_{z,fin,Q} = u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{z,inst,Qi} = -5.5 \text{ mm obc. zm: } \psi_0 | G3, G2$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{z,inst,Qi} = -0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): } \psi_2 | G2$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = |-13.9| \text{ mm} < 20.0 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) = -0.0 \text{ mm obc. stałe: } G1$$

$$u_{y,fin,Q} = u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{y,inst,Qi} = -4.5 \text{ mm obc. zm: } \psi_0 | G3, G2$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{y,inst,Qi} = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): } \psi_2 | G2$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = |-4.5| \text{ mm} < 20.0 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

**Krokiew**

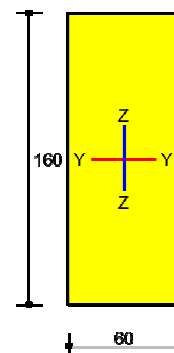
Pręt nr 23-15 - Element drewniany [PN-EN 1995]

**Informacje o elemencie**

Nazwa/Opis: 23-15 (belka) -

Węzły: 23 (x=-2.500m, y=-1.000m); 15 (x=0.000m, y=0.000m)

Profil: RECTANGLE 160x60 (C 24)


**Wyniki dla elementu**

Całkowite wyężenie elementu: 45%

Rozciąganie: 1 %

Ściskanie: 8 %

Ścinanie: 25 %

Zginanie: 45 %

Zginanie z rozciąganiem: 33 %

Zginanie ze ściskaniem: 45 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 38 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiednia	Warunek	Wyężenie
0	0.000	MAX-BMX	Ścinanie	18.0 %
1	0.000	MIN-BQY	Ścinanie	12.1 %
2	0.000	MIN-BQX	Ścinanie	24.6 %
3	0.000	MAX-BMY	Ścinanie	7.3 %
4	0.000	MIN-BQZ	Ścinanie	7.3 %
5	0.000	MAX-BMZ	Ścinanie	7.3 %
6	0.000	MIN-BMY	Ścinanie	24.6 %
7	0.000	MIN-BMX	Ścinanie	4.7 %
8	0.000	MIN-BMZ	Ścinanie	24.6 %
9	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
10	0.000	MAX-BQZ	Ścinanie	24.6 %
11	0.000	MAX-BQY	Ścinanie	4.7 %
12	0.000	MAX-BQX	Ścinanie	7.3 %
13	0.250	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	26.2 %
14	0.250	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	18.4 %
15	0.250	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	34.8 %
16	0.250	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	34.5 %
17	0.250	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	10.5 %
18	0.250	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	7.7 %
19	0.250	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	10.5 %
20	0.250	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	7.7 %
21	0.250	MIN-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	18.1 %
22	0.250	ext U	Ugięcia	25.8 %
23	0.250	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	34.5 %
24	0.250	MAX-BQY	Zginanie	7.5 %
25	0.250	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	10.5 %
26	0.500	MAX-BMX	Zginanie ze ściskaniem	34.3 %
27	0.500	MIN-BQY	Zginanie ze ściskaniem	45.1 %

28	0.500	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	41.8 %
29	0.500	MAX-BMY	Zginanie ze ściskaniem	44.9 %
30	0.500	MIN-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	27.4 %
31	0.500	MAX-BMZ	Zginanie ze ściskaniem	10.0 %
32	0.500	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	14.1 %
33	0.500	MIN-BMX	Zginanie ze ściskaniem	10.0 %
34	0.500	MIN-BMZ	Zginanie	23.8 %
35	0.500	ext U	Ugięcia	37.6 %
36	0.500	MAX-BQZ	Zginanie ze ściskaniem	34.0 %
37	0.500	MAX-BQY	Zginanie z rozciąganiem	14.1 %
38	0.500	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	14.1 %
39	0.750	MAX-BMX	Zginanie z rozciąganiem	25.7 %
40	0.750	MIN-BQY	Zginanie z rozciąganiem	17.9 %
41	0.750	MIN-BQX	Zginanie ze ściskaniem	20.2 %
42	0.750	MAX-BMY	Zginanie z rozciąganiem	33.0 %
43	0.750	MIN-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	33.0 %
44	0.750	MAX-BMZ	Zginanie	17.9 %
45	0.750	MIN-BMY	Zginanie z rozciąganiem	11.3 %
46	0.750	MIN-BMX	Zginanie	7.5 %
47	0.750	MIN-BMZ	Zginanie z rozciąganiem	7.5 %
48	0.750	ext U	Ugięcia	27.1 %
49	0.750	MAX-BQZ	Zginanie z rozciąganiem	11.3 %
50	0.750	MAX-BQY	Zginanie	7.5 %
51	0.750	MAX-BQX	Zginanie z rozciąganiem	0.9 %
52	1.000	MAX-BMX	Ścinanie	18.0 %
53	1.000	MIN-BQY	Ścinanie	12.1 %
54	1.000	MIN-BQX	Ścinanie	13.1 %
55	1.000	MAX-BMY	Ścinanie	8.8 %
56	1.000	MIN-BQZ	Ścinanie	23.0 %
57	1.000	MAX-BMZ	Ścinanie	18.0 %
58	1.000	MIN-BMY	Ścinanie	20.5 %
59	1.000	MIN-BMX	Ścinanie	4.7 %
60	1.000	MIN-BMZ	Ścinanie	4.7 %
61	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
62	1.000	MAX-BQZ	Ścinanie	8.8 %
63	1.000	MAX-BQY	Ścinanie	4.7 %
64	1.000	MAX-BQX	Ścinanie	1.3 %

### Wyniki szczegółowe

#### Parametry materiałowe

Klasa użytkowania konstrukcji: 3 →  $k_{mod} = 0.65$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Średniotrwałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{aligned}
 f_{m,k} &= 24.0 \text{ MPa} & f_{t0,k} &= 14.0 \text{ MPa} & f_{c90,k} &= 0.4 \text{ MPa} \\
 f_{c0,k} &= 21.0 \text{ MPa} & f_{c90,k} &= 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4.0 \text{ MPa} \\
 E_{0,mean} &= 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} &= 7.4 \text{ GPa} & E_{90,mean} &= 0.37 \text{ GPa} \\
 G_{mean} &= 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} &= E_{0,05} / E_{0,mean} \cdot G_{mean} & G_{mean} &= 0.46 \text{ GPa} \\
 \rho_k &= 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{mean} &= 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

#### Rozciąganie (0.9%)

Przekrój:  $x/L=1.000$ ,  $L=2.69\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BQX (+ $\gamma\psi_0/G2$ , + $\gamma/G1$ , + $\gamma/G4$ )

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 96.0 \text{ cm}^2$ ,  $A_{netto} = 96.0 \text{ cm}^2$

Nośność elementu przy rozciąganiu równoległym do włókien:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{0.7 \cdot 1e3}{96.0 \cdot 1e2} = 0.08 \text{MPa} < 7.0 \text{MPa} = \frac{1.201 \cdot 14.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{k_{t,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ściskanie (7.9%)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: MIN-BMZ ( $+\gamma\psi_0/G3, +\gamma/G2, +\gamma/G1$ )

Pole przekroju:  $A_{brutto} = 96.0 \text{cm}^2$ ,  $A_d = A_n = 96.0 \text{cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y:  $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 2.693 = 2.693 \text{m}$

- w płaszczyźnie Z-Z:  $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 2.693 = 2.693 \text{m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{269.3}{4.619} = 58.3, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{269.3}{1.732} = 155.5$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 58.3^2 = 21.5$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0.05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 155.5^2 = 3.0$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{21.5}} = 0.989$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{3.0}} = 2.636$$

$$k_y = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2(0.989 - 0.3) + 0.989^2 \right] = 1.057$$

$$k_z = 0.5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.2(2.636 - 0.3) + 2.636^2 \right] = 4.208$$

$$k_{c,y} = \min \left[ \frac{1}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)}, 1.0 \right] = \min \left[ \frac{1}{\left( 1.057 + \sqrt{1.057^2 - 0.989^2} \right)}, 1.0 \right] = 0.698$$

$$k_{c,z} = \min \left[ \frac{1}{\left( k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \right)}, 1.0 \right] = \min \left[ \frac{1}{\left( 4.208 + \sqrt{4.208^2 - 2.636^2} \right)}, 1.0 \right] = 0.134$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.134$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{1.1 \cdot 1e3}{0.134 \cdot 96.0 \cdot 1e2} = 0.83 \text{MPa} < 10.5 \text{MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Ścinanie (24.6%)

Przekrój:  $x/L=0.000$ ,  $L=0.00\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BQZ ( $+\gamma/G2, +\gamma\psi_0/G5, +\gamma/G1$ )

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{tr} A} = 1.5 \frac{2.1 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 96.0 \cdot 1e2} = 0.49 \text{MPa} < 2.00 \text{MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{tr} A} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 1e3}{0.67 \cdot 96.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{MPa} < 2.00 \text{MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{d,z}^2 + \tau_{d,y}^2} = \sqrt{0.49^2 + 0.00^2} = 0.49 \text{MPa} < 2.00 \text{MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.65}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

### Zginanie (44.5%)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.35\text{m}$ ; Kombinacja: MAX-BMY ( $+\gamma/G2, +\gamma\psi_0/G5, +\gamma/G1$ )

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.4 \cdot 1e5}{256.0 \cdot 1e2} = 5.34 \text{MPa}, \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{96.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{my,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{mz,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = \frac{5.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.45 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{my,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = 0.7 \frac{5.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.31 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej i obciążonej równomiernie oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 0.900 \cdot 2.69 + 2 \cdot 0.16 = 2.74 \text{ m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0.05} = \frac{0.78 \cdot 60.0^2}{160.0 \cdot 2.743.3} 7400.0 = 47.3 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{hy} f_{mk}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.000 \cdot 24.0}{47.3}} = 0.712,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 5.34 \text{ MPa} < 12.00 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{hy} f_{mk}}{Y_M} = 1.000 \frac{0.7 \cdot 1.000 \cdot 24.0}{1.3}$$

### Zginanie z rozciąganiem (33.0%)

Przekrój:  $x/L=0.750$ ,  $L=2.02 \text{ m}$ ; Kombinacja: MIN-BQZ ( $+y/G2, +y\psi_0/G5, +y/G1$ )

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{t0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.0 \cdot 1e3}{96.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.0 \cdot 1e5}{256.0 \cdot 1e2} = 3.96 \text{ MPa}, \quad \sigma_{mz,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{96.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu i rozciąganiu:

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{k_{t0} f_{tk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{my,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{mz,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 14.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{3.96}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.33 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{t0,d}}{k_{t0} f_{tk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{my,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} = \dots$$

$$\dots = \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 14.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{3.96}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.23 < 1.0$$

### Zginanie ze ściskaniem (45.1%)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.35 \text{ m}$ ; Kombinacja: MIN-BQY ( $+y\psi_0/G3, +y/G2, +y/G1$ )

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.4 \cdot 1e3}{96.0 \cdot 1e2} = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{my,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1.4 \cdot 1e5}{256.0 \cdot 1e2} = 5.34 \text{ MPa}, \quad \sigma_{mz,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{96.0 \cdot 1e2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 2.6 > 0.3 \rightarrow \text{ należy uwzględnić wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cy} f_{cd} k_{mod}} + \frac{\sigma_{my,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{mz,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.05}{\frac{0.70 \cdot 21.0 \cdot 0.7}{1.3}} + \frac{5.34}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.7}{1.3}} = 0.45 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c0,d}}{k_{cz} f_{cd} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{my,d}}{k_{hy} f_{mk} k_{mod}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{k_{hz} f_{mk} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0,05}{0,13 \frac{21,0 \cdot 0,7}{1,3}} + 0,7 \frac{5,34}{1,000 \frac{24,0 \cdot 0,7}{1,3}} + \frac{0,00}{1,201 \frac{24,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,34 < 1,0$$

$$\left( \frac{\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,k}}}{\frac{f_{m,k}}{k_{crit}}} \right)^2 + \frac{\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,k}}}{\frac{f_{c,0,k}}{k_{c,z}}} = \left( \frac{5,34}{1,000 \frac{24,0 \cdot 0,7}{1,3}} \right)^2 + \frac{0,05}{0,13 \frac{21,0 \cdot 0,7}{1,3}} = 0,23 < 1,0$$

### Ugięcia (37.6%)

Przekrój:  $x/L=0.500$ ,  $L=1.35m$ ; Kombinacja:  $ext U (G1, G2, \psi_0 | G5, \psi_2 | G2)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[ 1 + 19,2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -2,8mm \text{ obc. stałe: } G1$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[ 1 + 19,2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -2,2mm \text{ obc. zm: } G2, \psi_0 | G5$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[ 1 + 19,2 \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0,0mm \text{ obc. zm (część stała): } \psi_2 | G2$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = |-5,1|mm < 13,5mm = u_{lim,net}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) = 0,0mm \text{ obc. stałe: } G1$$

$$u_{y,fin,Q} = u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{y,inst,Qi} = -0,3mm \text{ obc. zm: } G2, \psi_0 | G5$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{y,inst,Qi} = 0,0mm \text{ obc. zm (część stała): } \psi_2 | G2$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = |-0,3|mm < 13,5mm = u_{lim,net}$$

### Zestawienie obciążeń