

*) wpisuje projektant przystosowujący

Specjalność	Imię i nazwisko projektanta	Nr uprawnień	Data	Podpis

PROJEKTANCI PROJEKTU ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANEGO (PRZYSTOSOWUJĄCY)

JEDNOSTKA PROJEKTOWANIA *)
(PRZYSTOSOWUJĄCA)

INWESTOR *)

ADRES OBIEKTU *)

NAZWA OBIEKTU *)

PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY
(PRZYSTOSOWANY DO WARUNKÓW LOKALIZACJI)

Specjalność	Imię i nazwisko projektanta	Nr uprawnień	Podpis
architektura	inż. W. Wojciechowski	803/72	<i>[Podpis]</i>
konstrukcja			
instal.sanit.			
instal.elekt.			
ręcz. d/s poz.			
technolog			

SPRAWDZAJĄCY

Specjalność	Imię i nazwisko projektanta	Nr uprawnień	Podpis
architektura	inż. Andrzej Kralka	St-1526/73	<i>[Podpis]</i>
konstrukcja			
instal.sanit.			
instal.elekt.			
koszty			
technolog			

AUTORZY PROJEKTU DO PRZYSTOSOWANIA

Stalowy dwuspadowy dźwigar kratowy
o rozpiętości L = 15,00 m
R.1.0. BISKROL sp. z o.o.

PROJEKT
ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY
(DO PRZYSTOSOWANIA)
Projekt jest kserokopią i jest nieważny.

1996	Data opracowania projektu
7946	Nr archiwalny
ER-7314	

CENTRALNE BIURO PROJEKTOWO-BADAWCZE
BUDOWNICTWA WIEJSKIEGO
Al. Stanów Zjednoczonych 51:04-026 Warszawa; telefon(0-22)108647



PRZEDSIĘBIORSTWO PROJEKTOWO-USŁUGOWE
"BISKROL" sp. z o.o.
Al. Stanów Zjednoczonych 51
04-026 Warszawa

SPIS ZAWARTOŚCI PROJEKTU DZWIGARA

Lp.	Wyszczególnienie	Strona
1	Strona tytułowa	1
2	Spis zawartości projektu dźwigara	2
3	Uwagi formalno prawne dotyczące przystosowania projektu	3
4	Opis techniczny	4-7
5	Obliczenia statyczne	8-39
6	Schemat rozmieszczenia elementów przekrycia	40
7	Dźwigar pośredni	41
8	Dźwigar do stężeń	42-43
9	Szczegóły węzłów dźwigara	44-48
10	Płatwie	49
11	Cięgna płatwi, stężenia	50
12	Wymian	51
13	Szczegóły połączeń płatwi	52
14	Szczegóły połączeń stężeń potaciowych	53
15	Szczegóły połączeń stężeń pasa dolnego	54
16	Szczegóły połączeń stężeń pionowych	55
17	Szczegóły podwieszenia wentylatora	56
18	Wykazy stali	57-60
19	Zestawienie stali	61

UWAGI FORMALNO - PRAWNE DOTYCZĄCE PRZYSTOSOWANIA PROJEKTU

1. Zgodnie z ustawą z 7 lipca 1994 r. *Prawo budowlane* (Dz. U. Nr 89), projekt budowlany wymagany do uzyskania pozwolenia na budowę powinien zawierać:
 - projekt zagospodarowania działki sporządzony na aktualnej mapie i zgodny z uzyskaną we właściwym organie decyzją o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu,
 - projekt architektoniczny - budowlany,
 - wymagane opinie i uzgodnienia.

2. Niniejszy projekt konstrukcyjny dźwigara (zwany dalej projektem) został wykonany przez projektantów Biura Projektów "BISPROL" na podstawie norm i przepisów budowlanych obowiązujących w dniu jego ukończenia i chroniony jest ustawą z 4 lutego 1994 r. o *prawie autorskim i prawach pokrewnych* (M.P. Nr 24)

3. Niniejszy projekt może być zastosowany w projektowanych obiektach zgodnie z przeznaczeniem i zakresem jego stosowania określonymi w p. 2 opisu technicznego z uwzględnieniem dopuszczalnych zmian określonych w p. 5 niniejszych uwag formalno-prawnych.

4. Niniejszy projekt może stanowić część projektu budowlanego, po uprzednim:
 - dostosowaniu projektu do zgodności z normami i przepisami budowlanymi obowiązującymi w dniu składania projektu do zatwierdzenia,
 - uzupełnienia tabelki (metryk) na stronie tytułowej i wszystkich rysunkach przez podanie nazwy i adresu obiektu, imienia i nazwiska autora projektu budowlanego /przystosowującego projekt/, numeru i specyfiki jego uprawnień budowlanych oraz daty i podpisu.

5. W ramach przystosowania projektu dopuszcza się wprowadzenie następujących zmian:
 - zaprojektowanie dowolnego pokrycia i stropu podwieszanego, pod warunkiem nie przekroczenia przyjętych w projekcie obciążeń obliczeniowych,
 - zastosowanie płyt stalowych lub drewnianych opartych w węzłach dźwigara, pod warunkiem zaprojektowania ich dla obciążeń wynikających z przyjętego pokrycia, oraz dostosowania długości ściągów płyt do zmianionego ich rozstawu.
 - zwiększenie rozstawu dźwigarów pod warunkiem nie przekroczenia przyjętych w projekcie obciążeń obliczeniowych oraz zaprojektowania dla zmienionego ich rozstawu, płyt, stężeń i elementów stropu podwieszanego, zastosowanie lekkiego ocieplenia połaci dachowych /zamiaszt ocieplonego stropu podwieszanego/, pod warunkiem nie przekroczenia przyjętych w projekcie obciążeń obliczeniowych /z uwzględnieniem zmniejszonego o 20 % obciążenia śniegiem pokrycia dachowego/.

6. Wszystkie zmiany należy nanieść w projekcie techniką trwałą i czytelną lub wykonać rysunki zamienne. W przypadku wprowadzenia do projektu, w ramach jego przystosowania, dodatkowych rysunków bądź dodatkowych stron w opisie technicznym należy odpowiednio zmienić spis zawartości oraz numerację stron.

Uwaga: Wprowadzenie innych zmian do projektu niż wyżej omówione, wymaga uzgodnienia z projektantami w CBPBBW "BISPROL".

7. Za zakres i poprawność przystosowania projektu oraz za jego zgodność z obowiązującymi normami i przepisami budowlanymi w dniu składania projektu do zatwierdzenia, odpowiedzialność ponosi projektant przystosowujący projekt.

8. Obowiązek z tytułu sprawowania nadzoru autorskiego przyjmuje na siebie projektant przystosowujący projekt

CBPBBW "BISPROL"
Warszawa

OPIS TECHNICZNY

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt techniczny stalowego, dwuspadowego dźwiga kratowego o rozpiętości $L = 15,00$ m i kącie nachylenia połaci dachowych 20° . Niniejszy projekt obejmuje stalową konstrukcję dźwiga oraz pozostałe elementy stalowej konstrukcji przekrycia dachu, to jest: płatwie, stężenia połączone, stężenia poziome pasa dolnego dźwigarów i stężenia pionowe podłużne dźwigarów. Wszystkie elementy konstrukcyjne przekrycia zaprojektowano dla rozstawu dźwigarów $a = 3,0$ m.

Niniejsze opracowanie stanowi nowelizację projektu technicznego stalowego, dwuspadowego dźwiga kratowego o rozpiętości $15,0$ m, o symbolu EK-7314/85, znowelizowanego w 1986 r. w CBPBBW "BISPROL" przez inż. Z. Roguskiego i inż. A. Kralkę.

Autorami projektów technicznych stalowych, dwuspadowych dźwigarów kratowych o rozpiętościach $7,5 - 18,0$ m, które zaprojektowane zostały w CBPBBW "BISPROL" dla systemu konstrukcyjno-montażowego opracowanego w 1980 roku, byli: mgr inż. J. Stachniuk, mgr inż. M. Korol i inż. Z. Roguski.

2. Przeznaczenie i zakres stosowania projektu dźwiga

Projektowany dźwigar przeznaczony jest dla dwuspadowych dachów budynków zamkniętych, w których przewiewność którejkolwiek ściany zewnętrznej nie przekracza 35% , zlokalizowanych na terenach objętych I strefą obciążenia wiatrem wg PN-77/B-02011, oraz I i II strefą obciążenia śniegiem wg PN-80/B-02010. Projektowany dźwigar w rozstawie co $3,0$ m, oraz płatwie i stężenia mogą być stosowane dla obciążeń obliczeniowych przyjętych w obliczeniach statycznych dźwigarów i płatwi.

W obliczeniach statycznych dźwiga poza ciężarem własnym dźwiga oraz obciążeniem śniegiem dla II strefy i obciążeniem wiatrem dla I strefy, przyjęto następujące stałe obciążenia obliczeniowe zewnętrzne:

- obciążenia od pokrycia na 1 m^2 rzutu poziomego /łącznie z ciężarem płatwi stalowych/:

$$0,25 : \cos 20^\circ \times 1,2 = 0,27 \times 1,2 = 0,32 \text{ kN/m}^2,$$

- obciążenia na 1 m^2 rzutu poziomego od stropu z ociepleniem oraz urządzeń i instalacji podwieszonych do węzłów pasa dolnego dźwigarów:

$$0,51 + 0,15 \times 1,2 = 0,66 \times 1,2 = 0,79 \text{ kN/m}^2,$$

- obciążenie od wentylatorów o ciężarze 6,0 kN, usytuowanych w każdym polu między dźwigarami, na zmianę po jednej lub po drugiej stronie kalenicy, albo w co drugim polu między dźwigarami po każdej stronie kalenicy:
- $$6,0 \times 1,2 = 7,2 \text{ kN}$$
- Dźwigary z pokryciem i stropem podwieszonym do węzłów pasa dolnego dźwigarów, z materiałów nie rozpraszających ognia, można stosować w budynkach o klasie odporności pożarowej D.

3. Konstrukcja dźwigara i elementów przekrycia

Dźwigar zaprojektowano jako dwuspadowy, trójkątny ustroj kratowy płaski, statycznie wyznaczalny, w konstrukcji stalowej spawanej.

Pas górny oraz pas dolny dźwigara zaprojektowano z teowników, a krzyżulce z kątowników.

W wytwórni konstrukcji stalowych wykonuje się połówki dźwigara, które następnie scala się za pomocą śrub na placu montażowym.

Płatwie stalowe z ceowników zaprojektowano jako belki ciągłe dwuprzęsłowe lub trzyprzęsłowe, podwieszone w płaszczynie równoległej do połaci dachowych, ciąg-

namy z prętów okrągłych stalowych.

Stężenia połączone, stężenia poziome pasa dolnego dźwigarów, oraz stężenia pionowe podłużne dźwigarów, zaprojektowano z kątowników stalowych.

Wszystkie elementy dźwigara oraz płatwie i stężenia zaprojektowano ze stali St3SX, a cięgna płatwi ze stali StOS.

Elementy stalowe spawane będą elektrodami EA 146, lub ER 346 i ER 546.

W złączach konstrukcyjnych zastosowano śruby klasy 3.6.-III.

4. Wskazówki dotyczące wykonania dźwigarów

Produkcja dźwigarów przewidziana jest w wytwórniach konstrukcji stalowych przygotowanych do tego typu produkcji, posiadających odpowiedni sprzęt, wykwalifikowany personel i właściwy nadzór techniczny.

Warunkiem prawidłowego wykonawstwa warsztatowego jest zachowanie niezbęd-

- nych etapów produkcji, to jest:
- przygotowanie materiałów,
- trasowanie elementów,
- obróbka elementów,
- próbne złożenie konstrukcji,
- wykonanie połączeń,
- oczyszczenie i wstępne zabezpieczenie przed korozją.



Elementy stalowe konstrukcji dźwigara winny być wykonane zgodnie z wymogami PN-77/B-06200. Konstrukcje stalowe budowlane. Wymagania i badania techniczne przy odbiorze.

5. Zabezpieczenia antykorozyjne

Stalowe elementy konstrukcyjne należy zabezpieczyć antykorozyjnie powłokami malarskimi, po wcześniejszym oczyszczeniu podłoża stalowego do drugiego stopnia czystości.

Przewiduje się następujące powłoki malarskie w wytwórni konstrukcji stalowych:

- warstwa podkładowa: farba gruntująca przeciwrdzenna nałożona dwiema warstwami /zaleca się stosowanie farby ftalowej do gruntowania, przeciwrdzewnej, miniowej 60 % o symbolu 3121-002-270/,
- warstwa nawierzchniowa: farba lub emalia nawierzchniowa ogólnego stosowania, nałożona dwiema lub trzema warstwami tak, aby łączna grubość pokrycia malarskiego wynosiła minimum 120 μm /zaleca się stosowanie farby ftalowej nawierzchniowej ogólnego stosowania o symbolu 3151-000-XXX/.

Uszkodzone w czasie transportu lub montażu powłoki malarskie, należy na budowie zabezpieczyć wyżej opisanymi powłokami malarskimi, stosując identyczny zestaw farb jaki zastosowano w wytwórni konstrukcji stalowych.

6. Wskazówki dotyczące transportu, składowania i montażu dźwigarów

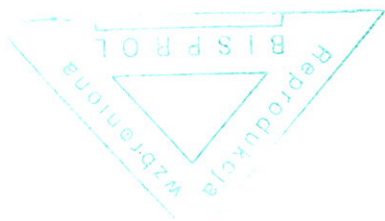
Dźwigary /połówki dźwigarów/ należy transportować w pozycji pionowej, na podkładkach drewnianych, w sposób gwarantujący niezmienną geometrię dźwigarów. Dźwigary należy zabezpieczyć odciągami w sposób eliminujący możliwość ich przechyłu lub przesuwu. W podobny sposób należy dźwigary składować na placu budowy. Przy przenoszeniu dźwigarów należy zwracać uwagę aby nie uległy one uszkodzeniom. Nie składować dźwigarów bezpośrednio na ziemi i zabezpieczyć je przed opadami atmosferycznymi. Sposób składowania dźwigarów powinien umożliwić łatwy dostęp do nich dla transportu i montażu. Nie wolno dźwigarów przewracać, muszą w każdej fazie transportu, przenoszenia, składowania i montażu, pozostawać w pozycji pionowej.

Przed rozpoczęciem montażu połówki dźwigara należy ułożyć na dokładnie wyprofilowanych podkładkach, a następnie scalić za pomocą śrub. Scałony dźwigar należy, wieszakami z lin stalowych, uchwycić w pierwszych węzłach od kalenicy i ustawić pionowo na podporach za pomocą żurawia samochodowego, a następnie przymocować śrubami w węzłach podporowych, przy jednoczesnym zabezpieczeniu dźwigara odciągami montażowymi.

Montaż należy rozpocząć od pola skrajnego, aby po ustawieniu dźwigara skrajnego i przedskrajnego, można było przystąpić do zmontowania wszystkich stężeń. Stężeń nie pola skrajnego umożliwia bezpieczny montaż pozostałych elementów konstrukcji przekrycia.

Po zmontowaniu konstrukcji przekrycia, nakrętki na podporach należy poluzować o dwa obroty tak, aby nastąpiło swobodne przesunięcie śrub w otworach eliptycznych węzłów podporowych dźwigarów. Po ukończeniu montażu przekrycia, śruby należy ponownie dokręcić.

Montaż dźwigarów należy przeprowadzić w oparciu o opracowany przez wykonawcę projekt organizacji i technologii montażu, zgodnie z warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano montażowych.



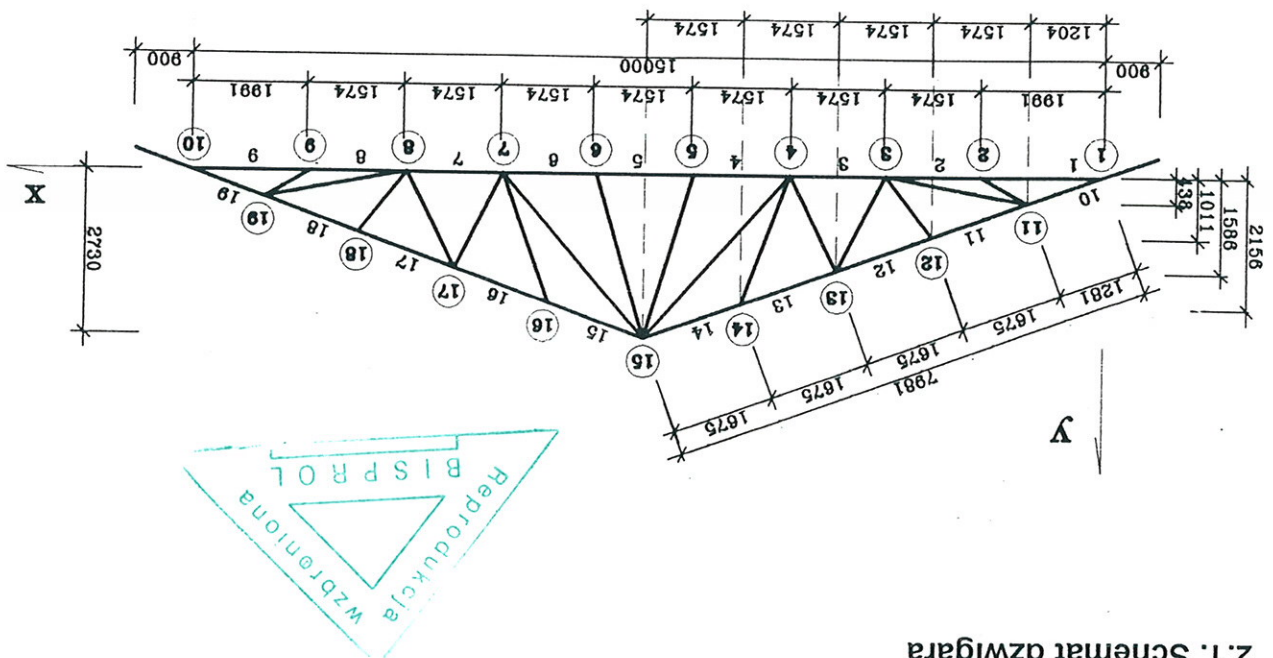
OBLICZENIA STATYCZNE

1. Metody obliczeń

Długości prętów dźwigara, siły w prętach, oraz reakcje dźwigara, obliczono za pomocą programu E150 pt. "Analiza statyczna kratownic płaskich statycznie wyznaczalnych", na maszynie matematycznej typu Camputec 425 G model 22. Wydruki wyników zostały dołączone do egzemplarza archiwalnego Zespołu Sprawdzającego CBPBBW "BISPROL".

Wymiarowanie konstrukcji stalowych przeprowadzono metodą standardów granicznych wg PN-76/B-03001 Konstrukcje i podłoża budowl. Ogólne zasady obliczeń, zgodnie z PN-90/B-3200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

2. Dane geometryczne



$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,342, & \cos \alpha &= 0,940. \\ \tan \alpha &= \frac{3.276 \times 2}{18.000} = 0,364, & \alpha &= 20^\circ, \end{aligned}$$

$$\sin \alpha = 0,342, \quad \cos \alpha = 0,940.$$

2.2. Współrzędne węzłów dźwigara w m:

Nr węzła	X	Y	Nr węzła	X	Y
1	0	0	5	6.713	0
2	1.991	0	6	8.287	0
3	3.565	0	7	9.861	0
4	5.139	0	8	11.435	0
9	13.009	0	15	7.500	2.730
10	15.000	0	16	9.074	2.156
11	1.204	0,438	17	10.648	1.584
12	2.778	1.011	18	12.222	1.011
13	4.352	1.584	19	13.794	0,438
14	5.926	2.156			

2.3. Długości prętów dźwigara w m:

Nr	Długość	Nr	Długość	Nr	Długość
pręta	pręta	pręta	pręta	pręta	pręta
1	1.991	13	1.675	25	2.295
2	1.574	14	1.675	26	3.609
3	1.574	15	1.675	27	2.841
4	1.574	16	1.675	28	2.841
5	1.574	17	1.675	29	3.609
6	1.574	18	1.675	30	2.295
7	1.574	19	1.281	31	1.769
8	1.574	20	0.901	32	1.769
9	1.991	21	2.401	33	1.281
10	1.281	22	1.281	34	2.401
11	1.675	23	1.769	35	0.901
12	1.675	24	1.769		

3. Obciążenia

3.1. Obciążenia stałe - wg PN-82/B-02001

Przyjęto następujące obciążenia charakterystyczne stałe:

- ciężar pokrycia /łącznie z płytami stalowymi/: 0,25 kN/m²,
- ciężar stropu z ociepleniem oraz ciężar urządzeń i instalacji podwieszonych do węzłów pasa dolnego dźwigarów: 0,51 + 0,15/ = 0,66 kN/m²,
- ciężar wentylatora: 6,0 kN,
- ciężar dźwigara: ok. 6,3 kN.

3.2. Obciążenie śniegiem - wg PN-80/B-02010

Obciążenie charakterystyczne śniegiem dachu, odniesione do rzutu dachu na powierzchnię poziomą, zwiększone o 20 % dla dachu nieocieplonego /zgodnie z załącznikiem w p. 2.2. normy/: $S_k = Q_k \times 1,2 \times C_s$

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu dla II strefy:

$$Q_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$$

Współczynniki kształtu dachu wg załącznika do normy Z1-1, dla $\alpha = 20^\circ$:

dla lewej połaci: $C_1 = 0,8$

dla prawej połaci: $C_2 = 0,8 + 0,4 / \frac{20 - 15}{15} = 0,93$

$$S_{k1} = 0,90 \times 1,2 \times 0,8 = 0,86 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{k2} = 0,90 \times 1,2 \times 0,93 = 1,00 \text{ kN/m}^2$$

3.3. Obciążenie wiatrem - wg PN-77/B-02011

Obciążenie charakterystyczne wywołane działaniem wiatru, prostopadłe do połaci dachowej:

$$P_k = q_k \times C_e \times C_s \times \beta$$

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru dla I strefy:

$$q_k = 250 \text{ Pa} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

Przyjęto następujące założenia:

- obiekt zlokalizowany na terenie A, to jest na terenie otwartym z nielicznymi przeszkodami,

- wysokość obiektu $z \leq 10 \text{ m}$,

- budowla niepodatna na dynamiczne działanie wiatru.

Dla wyżej wymienionych warunków:

- współczynnik ekspozycji $C_e = 1,0$,

- współczynnik działania porwów wiatru $\beta = 1,8$.

Określenie współczynników aerodynamicznych C_s dla dachu budynku zamkniętego - wg załącznika do normy Z1-3, przy założeniu $h/L \leq 2$:

Variant I:

- połaci dachowa wewnętrzna: $C_1 = -0,9$,

- połaci dachowa zewnętrzna: $C_2 = -0,4$.

Wariant II:

- połac dachowa nawietrzna: $C_3 = +0,1$,- połac dachowa zawietrzna: $C_4 = -0,4$.

Obciążenie charakterystyczne wywołane działaniem wiatru:

Wariant I:

 $P_{k1} = -0,25 \times 1,0 \times 1,8 \times 0,9 = -0,41 \text{ kN/m}^2$, $P_{k2} = -0,25 \times 1,0 \times 1,8 \times 0,4 = -0,18 \text{ kN/m}^2$,

Wariant II:

 $P_{k3} = +0,25 \times 1,0 \times 1,8 \times 0,1 = +0,05 \text{ kN/m}^2$, $P_{k4} = -0,25 \times 1,0 \times 1,8 \times 0,4 = -0,18 \text{ kN/m}^2$.

4. Płatwie

Projektuje się płatwie stalowe wieloprzęsłowe:

- dla kierunku prostopadłego do połaci dachowej płatwie dwuprzęsłowe i trzyprzęsłowe o rozpiętości przęsła $l_x = 3,0 \text{ m}$,- dla kierunku równoległego do połaci dachowej płatwie czteroprzęsłowe i sześcioprzęsłowe o rozpiętości przęsła $l_y = 3,0 \times 0,5 = 1,5 \text{ m}$ /jako podpory pośrednie pro-jektuje się w środku rozpiętości l_x - ciągła z prętów okrągłych/

Płatwie projektuje się na zginanie ukośne.

Obciążenie maksymalne płatwi:

- prostopadłe do połaci w kN/m

char. γ_f obl.- ciężar pokrycia wg 3.1.
 $0,25 \times 0,8375 \times \cos \alpha =$
- obc. śniegiem wg 3.2.
 $1,00 \times 0,8375 \times \cos^2 \alpha =$
- obciążenie wiatrem wg 3.3.
 $0,05 \times 0,8375 \times 0,9 =$

Obciążenie maksymalne płatwi

- równoległe do połaci w kN/m

char. γ_f obl.- ciężar pokrycia wg 3.1.
 $0,25 \times 0,8375 \times \sin \alpha =$
- obc. śniegiem wg 3.2.
 $1,00 \times 0,8375 \times \cos \alpha \times \sin \alpha =$ $q_y = 0,34$
 $0,47$

Maksymalne momenty zginające:

- moment przęsłowy belki dwuprzęsłowej:

$$M_x = 0,070 \times 1,33 \times 3,0^2 = 0,838 \text{ kNm},$$

- moment podporowy belki dwuprzęsłowej:

$$M_x = -0,125 \times 1,33 \times 3,0^2 = -1,496 \text{ kNm},$$

- momenty podporowe belki czteroprzęsłowej:

$$M_y = -0,107 \times 0,47 \times 1,5^2 = -0,113 \text{ kNm},$$

$$M_z = -0,071 \times 0,47 \times 1,5^2 = -0,075 \text{ kNm},$$

- moment przęsłowy belki trzyprzęsłowej:

$$M_x = 0,080 \times 1,33 \times 3,0^2 = 0,958 \text{ kNm},$$

- moment podporowy belki trzyprzęsłowej:

$$M_x = -0,100 \times 1,33 \times 3,0^2 = -1,197 \text{ kNm},$$

- momenty podporowe belki sześcioprzęsłowej:

$$M_y = -0,105 \times 0,47 \times 1,5^2 = -0,111 \text{ kNm},$$

$$M_z = -0,079 \times 0,47 \times 1,5^2 = -0,084 \text{ kNm},$$

Wymiary wg PN-90/B-03200Stal St3SX, $E = 205 \text{ GPa}$, $G = 80 \text{ GPa}$, $f_a = 215 \text{ MPa}$

Cechy geometryczne C 50:

$$\begin{aligned} h &= 50 \text{ mm}, & b &= 38 \text{ mm}, & t_w &= 5 \text{ mm}, & t_f &= 7 \text{ mm}, & r &= 7 \text{ mm}, \\ J_x &= 26,4 \text{ cm}^4, & J_y &= 9,12 \text{ cm}^4, & i_x &= 1,92 \text{ cm}, & i_y &= 1,13 \text{ cm}, \\ J_w &= 30,6 \text{ cm}^6, & J_f &= 1,14 \text{ cm}^4, & W_x &= 10,6 \text{ cm}^3, & W_y &= 3,75 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

Sprawdzenie klasy przekroju wg tabl. 6:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_d}{215}} = \sqrt{\frac{215}{215}} = 1,0$$

- szerokość stopki od brzegu do zaokrąglenia środkowego: $b_f = 38 - 5 - 7 = 26 \text{ mm}$,

- maksymalna grubość stopki:

$$t_{\max} = 7 + \frac{26 - 19}{12,5} = 7,56 \text{ mm}$$

- szerokość środniczka między zaokrągleniami stopki:
 $h_w = 50 - 2 \cdot 17,56 + 71 = 20,9 \text{ mm}$

- warunek dla stopki:

$$\frac{t}{b_f} = \frac{7}{26} = 3,7 < 9 \quad \varepsilon = 9,$$

- warunek dla środniczka:

$$\frac{h_w}{t} = \frac{20,9}{5} = 4,2 < 33 \quad \varepsilon = 33,$$

Przekrój spełnia warunki dla przekroju klasy 1 w założeniu ściskania osiowego. Tymbardzielę spełnia warunki przy zginaniu.

Nośność obliczeniowa zredukowana $M^{R_{\text{red}}}$ dla ceownika wg wzoru /44/:

$$M^{R_{\text{red}}} = W f_d \left[0,85 - \frac{V}{V_R} \frac{e_w}{b_f} \right]$$

$$V = V_x = 0,$$

$$M^{R_{\text{red}}} = 10,6 \times 215 \times 0,85 \times 10^{-3} = 1,93 \text{ kNm}$$

Nośność obliczeniowa M_{Ry} wg wzoru /42/:

$$M_R = \alpha_p W f_d, \quad \alpha_p = 1,0,$$

$$M_R = 1,0 \times 3,75 \times 215 \times 10^{-3} = 0,80 \text{ kNm}$$

Sily krytyczne wg wzorów /Z1-4/ oraz /Z1-5/:

$$\sqrt[3]{E J_y}$$

$$N_{cr} = N_y = \frac{\pi^2 E J_y}{\mu_y^2 l^2}, \quad \mu_y = 1,0, \quad l = 300 \text{ cm},$$

$$N_y = \frac{3,142 \times 205 \times 10^2 \times 9,12}{300^2} = 20,48 \text{ kN}$$

$$N_{cr} = N_z = \frac{1}{\left[\frac{T^2 EJ_w}{GJ_T} + \mu_w \right]} \frac{1}{\mu_w} \frac{1}{l^2} \left[\frac{1}{3,142 \times 205 \times 10^2 \times 30,6} + 80 \times 10^2 \times 1,14 \right] =$$

$$N_z = \frac{1}{\left[\frac{1}{3,142 \times 205 \times 10^2 \times 30,6} + 80 \times 10^2 \times 1,14 \right]} \frac{1}{300^2} =$$

$$= \frac{1}{\left[\frac{1}{0,68 + 91,20 \times 10^2} + \frac{1}{91,88 \times 10^2} \right]} \frac{1}{1} \frac{1}{l^2} = \frac{1}{1} \frac{1}{l^2} \text{ kNcm}^2$$

Cechy geometryczne przekroju /tabl. Z1-1/ przyjęto jak dla dwuteowników /por. ko-
mentarz do normy, rozdz. K 4.5.3. do K 4.5.5./

$$y_s = 0, \quad r_x = 0, \quad a_o = 0, \quad a_s = 0, \quad b_y = 0$$

Moment krytyczny przy zwężeniu wg wzoru /Z1-8/:

$$M_{cr} = i_s \sqrt{N_y^2 + N_z^2} = \sqrt{N_y^2 + N_z^2}$$

$$M_{cr} = \sqrt{20,48 \times 91,88 \times 10^2} = \sqrt{1881,702 \times 10^2} = 433,79 \text{ kNcm} \approx 4,34 \text{ kNm}$$

Smukłość względna przy zwężeniu wg wzoru /50/, zwiększona o 40 % wg propo-
zycji podanej w komentarzu do normy, w rozdz. K 4.5.3. do K 4.5.5.:

$$\lambda_L = 1,15 \quad \lambda_L = 1,15$$

$$M_R = M_{R,red}$$

$$M_{cr}$$

$$1,93$$

$$4,34$$

$$\lambda_L = 1,15 \times 1,40 = 1,15 \times 0,667 \times 1,40 = 1,07$$

Współczynnik zwężenia ϕ_L , zgodnie z p. 4.5.4. normy przyjęto z tabeli 11, wg
krzywej niestętności "a":

$$\phi_L = 0,704$$

Nośność obliczeniowa przekroju dwukierunkowo zginanego w przęśle, z uwzględnieniem zwiększenia, wg wzoru /54/:

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} \leq 1, \quad N = 0,$$

$$\text{- dla płatek dwurzędowej:} \quad \frac{0,838}{0,113} + \frac{0,704 \times 1,93}{0,80} = 0,62 + 0,14 = 0,76 < 1,$$

$$\text{- dla płatek trzypięściowej:} \quad \frac{0,958}{0,111} + \frac{0,704 \times 1,93}{0,80} = 0,71 + 0,14 = 0,85 < 1.$$

Nośność obliczeniowa przekroju dwukierunkowo zginanego na podporze, wg wzoru /54/: $\phi_L = 1,$

$$\text{- dla płatek dwurzędowej:} \quad \frac{1,496}{0,075} + \frac{1,93}{0,80} = 0,78 + 0,09 = 0,87 < 1,$$

$$\text{- dla płatek trzypięściowej:} \quad \frac{1,197}{0,084} + \frac{1,93}{0,80} = 0,62 + 0,11 = 0,73 < 1.$$

Ugięcie płatek:

$$a_{\sqrt{2}} = \frac{5 \times 10^4 / 0,20 \times 0,5 + 0,78 \times 0,75 / 300^4}{384 \times 205 \times 10^4 \times 26,4} = 1,34 \text{ cm} < a_{\text{dop}} = \frac{200}{300} = 1,50 \text{ cm}$$

Cięgna płatek

W celu podniesienia płatek w środku rozpiętości, projektuje się ciągną z prętów $\phi 12 / M12 / S15X$:

$$\phi 12 - A_{br} = 1,13 \text{ cm}^2, \quad f_d = 215 \text{ MPa},$$

$$M12 \quad A_n = 0,85 \text{ cm}^2.$$

Sila osiowa w ciągnię przykaleniciowym przy obciążeniu 1,1, płatkami:

$$N = 11 \times 0,47 \times 1,50 = 7,76 \text{ kN.}$$

Nośność cięgna wg wzoru /31/:

$$N_{Rt} = A f_d = 0,85 \times 215 \times 10 = 18,28 \text{ kN} > N.$$

Wymian dla podwieszenia wentylatora

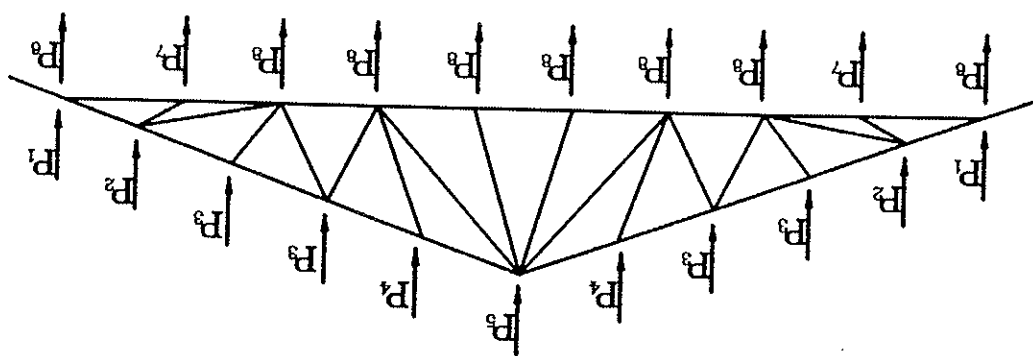
$$P^{obl} = 6,0 \times 1,2 = 7,2 \text{ kN}$$

Przyjęto konstr. 2 belki stalowe [80 StSX /podcięte na podporach do wysokości 50 mm/.

5. Obliczenia statyczne dźwigara

5.1. Obciążenia

Schemat 1 - Obciążenia stałe wg 3.1.



Obciążenia pionowe górnych węzłów dźwigara
Obciążenia pionowe przypadające na jednostkę powierzchni rzutu poziomego polaci w kN/m^2

char. γ_f obl.

- ciężar pokrycia $0,25 : \cos \alpha$
- od połowy ciężaru dźwigara
 $/6,3 \times 0,5/ : /15,0 \times 3,0/ =$

0,07 1,1 0,08

Obciążenie pionowe przypadające jako reakcja z płaszczyzny od wentylatora usytuowanego w polach przykalenicy w kN

char. γ_f obl.

0,34 0,40

- od ciężaru całkowitego wentylatora:

$$0,5 \times 6,0 : 2 =$$

1,50 1,2 1,80

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 0,900 + 0,5 \times 1,204 / 3,0 \times 0,40 = 1,80 \text{ kN} \\
 P_2 &= 0,5 \times 2 \times 1,204 + 1,574 / 3,0 \times 0,40 = 1,67 \text{ kN} \\
 P_3 &= 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3,0 \times 0,40 = 1,89 \text{ kN} \\
 P_4 &= 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3,0 \times 0,40 + 1,80 = 3,69 \text{ kN} \\
 P_5 &= 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3,0 \times 0,40 + 2 \times 1,80 = 5,49 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Obciążenia pionowe dolnych węzłów dźwigara

Obciążenia pionowe przypadające na jednostkę powierzchni

rzutu poziomego stropu podwieszanego w kN/m^2

char. γ_f obl.

ciężar stropu z ociepleniem oraz ciężar urządzeń i instalacji podwieszonych do węzłów pasa dolnego

dźwigara: $0,51 + 0,15 =$

od połowy ciężaru dźwigara:

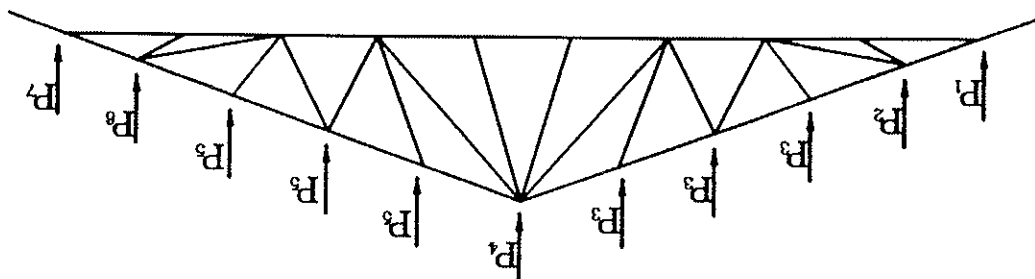
0,66	1,2	0,79
0,07	1,1	0,08
0,73		0,87

$$\begin{aligned}
 P_6 &= 0,5 \times 1,991 \times 0,87 \times 3,0 = 2,60 \text{ kN} \\
 P_7 &= 0,5 \times 1,991 + 1,574 / 3,0 \times 0,87 \times 3,0 = 4,65 \text{ kN} \\
 P_8 &= 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 0,87 \times 3,0 = 4,11 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Schemat 2 - obciążenie śniegiem wg 3.2.

- dla lewej połaci: $C_1 = 0,8$, $S_1 = 0,86 \times 1,4 = 1,20 \text{ kN/m}^2$

- dla prawej połaci: $C_2 = 0,93$, $S_2 = 1,00 \times 1,4 = 1,40 \text{ kN/m}^2$



Sily działające na górne węzły dźwigara

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 0,900 + 0,5 \times 1,204 / 3,0 \times 1,20 = 5,41 \text{ kN} \\
 P_2 &= 0,5 \times 1,204 + 1,574 / 3,0 \times 1,20 = 5,00 \text{ kN} \\
 P_3 &= 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3,0 \times 1,20 = 5,67 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$P_4 = 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 0,5 / 120 + 1,40 / \times 3,0 = 6,14 \text{ kN}$$

$$P_5 = 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3,0 \times 1,40 = 6,61 \text{ kN}$$

$$P_6 = 0,5 \times 1,204 + 1,574 / \times 3,0 \times 1,40 = 5,83 \text{ kN}$$

$$P_7 = 0,900 + 0,5 \times 1,204 / \times 3,0 \times 1,40 = 6,31 \text{ kN}$$

Schemat 2a - obciążenie śniegiem wg 3.2.

- dla lewej połaci: $C_1 = 0,93$, $S_1 = 1,40 \text{ kN/m}^2$

- dla prawej połaci: $C_2 = 0,8$, $S_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$

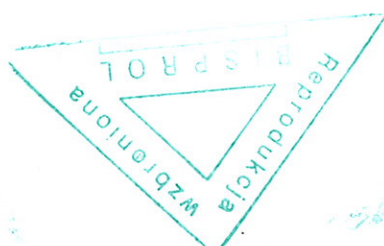
Sily działające na górne węzły dźwigara

$$P_1 = 6,31 \text{ kN}, \quad P_4 = 6,14 \text{ kN}$$

$$P_2 = 5,83 \text{ kN}, \quad P_5 = 5,67 \text{ kN}$$

$$P_3 = 6,61 \text{ kN}, \quad P_6 = 5,00 \text{ kN}$$

$$P_7 = 5,41 \text{ kN}$$

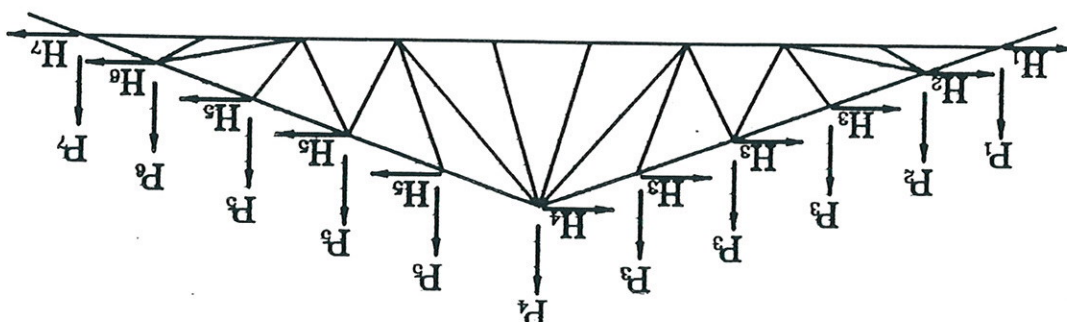


Schemat 3 - obciążenie wiatrem wg 3.3.

Wariant I - wiatr oddziałujący z lewej strony:

- połać nawietrzna: $p_1 = -0,41 \times 1,3 = -0,53 \text{ kN/m}^2$

- połać zawietrzna: $p_2 = -0,18 \times 1,3 = -0,23 \text{ kN/m}^2$



Sily działające na górne węzły dźwigara

$$P_1 = 0,53 / 0,900 + 0,5 \times 1,204 / \times 3,0 = 2,39 \text{ kN}$$

$$H_1 = P_1 \times \tan \alpha = 0,87 \text{ kN}$$

$$P_2 = 0,53 \times 0,5 / 1,204 + 1,574 / \times 3,0 = 2,21 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 H_2 &= P_2 \times \operatorname{tg} \alpha = 0,80 \text{ kN}, \\
 P_3 &= 0,53 \times 0,5 \times 2 \times 1,154 \times 3,0 = 2,50 \text{ kN}, \\
 H_3 &= P_3 \times \operatorname{tg} \alpha = 0,91 \text{ kN}, \\
 P_4 &= 0,5 / 0,53 + 0,23 / 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3 = 1,79 \text{ kN}, \\
 H_4 &= 0,5 / 0,53 - 0,23 / 0,5 \times 2 \times 1,574 \times \operatorname{tg} \alpha \times 3,0 = 0,26 \text{ kN}, \\
 P_5 &= 0,23 \times 0,5 \times 2 \times 1,574 \times 3,0 = 1,09 \text{ kN}, \\
 H_5 &= P_5 \times \operatorname{tg} \alpha = 0,40 \text{ kN}, \\
 P_6 &= 0,23 \times 0,5 / 1,204 + 1,574 / 3,0 = 0,96 \text{ kN}, \\
 H_6 &= P_6 \times \operatorname{tg} \alpha = 0,35 \text{ kN}, \\
 P_7 &= 0,53 / 0,900 + 0,5 \times 1,204 / 3,0 = 1,04 \text{ kN}, \\
 H_7 &= P_7 \times \operatorname{tg} \alpha = 0,38 \text{ kN}.
 \end{aligned}$$

Schemat 3a- obciążenie wiatrem wg 3.3.

Wariant I - wiatr oddziałujący z prawej strony:

Sily działające na górne węzły dźwigara /por. schemat 3/.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 1,04 \text{ kN}, & H_1 &= 0,38 \text{ kN}, \\
 P_2 &= 0,96 \text{ kN}, & H_2 &= 0,35 \text{ kN}, \\
 P_3 &= 1,09 \text{ kN}, & H_3 &= 0,40 \text{ kN}, \\
 P_4 &= 1,79 \text{ kN}, & H_4 &= -0,26 \text{ kN}, \\
 P_5 &= 2,50 \text{ kN}, & H_5 &= 0,91 \text{ kN}, \\
 P_6 &= 2,21 \text{ kN}, & H_6 &= 0,80 \text{ kN}, \\
 P_7 &= 2,39 \text{ kN}, & H_7 &= 0,87 \text{ kN}.
 \end{aligned}$$

Znak "-" oznacza kierunek działania siły przeciwny do kierunku zaznaczonego na schemacie 3.

Schemat 4 - obciążenie wiatrem wg 3.3.

Wariant II - wiatr działający z lewej strony:

$$\text{- połać nawietrzna: } p_1 = 0,05 \times 1,3 = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- połać zawietrzna: } p_2 = -0,18 \times 1,3 = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

