

OPINIA TECHNICZNA, DOTYCZĄCA NOSNOCI DACHÓW BUDYNKU SZKOŁY, ORAZ HALI SPORTOWEJ POD DODATKOWYM OBCIĄZENIEM OD PANELU SŁONECZNYCH ZWIĄZANYCH Z TERMOMODERNIZACJĄ BUDYNKU

Branża: **KONSTRUKCJA**

Temat: Przebudowa kotłowni, wymiana instalacji c.o. i c.w.u. oraz termomodernizacja budynku zespołu szkoły podstawowej i gimnazjum w Zagnańsku

Lokalizacja: ul. Turystyczna 59
26-050 Zagnańsk

Inwestor: Gmina Zagnańsk
ul. Spacerowa 8
26-050 Zagnańsk

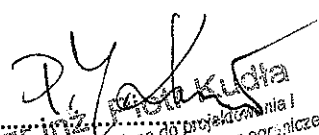
Inwestycja zlokalizowana na działkach o nr ewid. – 475/12, 475/13, 475/14, 480/17, 181/4, 181/6, 481/7, 481/8, usytuowaną we wsi Zagnańsk.

Zleceniodawca: **NOVATIO PASSIV**
ul. Rynek Górny 6
26-010 Bodzentyn

REGON 2924555501; NIP 657-219-77-74; tel./fax +48 041 3116 139

tel. kom 0 501 296 067

Autor opinii: mgr inż. Piotr Kudła
SWK/0016/PWOK/05

Podpis 
mgr inż. Piotr Kudła
uprawnienia budowlane do projektowania i
sterowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
nr ewid.: SWK/0016/PWOK/05

Kielce, październik 2015

Opinia Techniczna, październik 2015

str. 1

Spis treści:

1. Podstawa opracowania	3
2. Przedmiot, cel i zakres opracowania	3
3. Materiały wykorzystane do opracowania	3
4. Dach nad Szkołą Podstawową i Gimnazjum	4
4.1 Opis ogólny	4
5. Analiza obliczeniowa	7
6. Wnioski	8
KONSTRUKCJA STALOWA DACHU NAD HALĄ SPORTOWĄ	9
7. DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA	10
8. ZAŁĄCZNIKI OBLICZENIOWE	16

1. Podstawa opracowania

- Zlecenie: NOVATIO PASSIV, ul. Rynek Górny 6, 26-010 Bodzentyn.
- Inwentaryzacja budowlana dachu szkoły i hali sportowej opracowana przez NOVATIO PASSIV, ul. Rynek Górny 6, 26-010 Bodzentyn
- Projekt budowlany Hali sportowej, część V.2 – Konstrukcja z 10.2000, autorstwa mgr inż. Janusza Kmiecika
- Dokumentacja fotograficzna (załącznik nr1 do opracowania)
- Sprawdzające obliczenia statyczno-wytrzymałościowe (załącznik nr2 i nr3 do opracowania)

2. Przedmiot, cel i zakres opracowania

2.1 Przedmiotem opracowania jest opinia techniczno – konstrukcyjna dotycząca istniejących dachów nad budynkiem Szkoły oraz Hali Sportowej Zespołu Szkół Podstawowej i Gimnazjum w Zagnańsku

2.2 Celem opracowania jest zweryfikowanie nośności istniejącej konstrukcji pod kątem możliwości dodatkowego obciążenia połaci dachowych od paneli słonecznych

2.3 Opracowanie obejmuje następujący zakres:

- wizję lokalną,
- oszacowanie elementów istniejącej konstrukcji pod względem jakości, wytrzymałości oraz przydatności do dalszej eksploatacji,
- wykonanie dokumentacji fotograficznej,
- przeprowadzenie sprawdzających obliczeń statyczno – wytrzymałościowych,
- opracowanie opinii technicznej wraz z wnioskami i zaleceniami, pod kątem ewentualnego możliwości dociążenia istniejącej konstrukcji dachów panelami słonecznymi.

3. Materiały wykorzystane do opracowania

Obowiązujące normy:

- PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
- PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
- PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Podstawowe obciążenia zmienne i technologiczne.
- PN-77/B-02011 Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- PN-B-02011:1977/Az1 lipiec 2009 Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem. Zmiana do Polskiej Normy – lipiec 2009.
- PN-80/B-02010 Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.

- PN-80/B-02010/Az1 październik 2006 Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem. Zmiana do Polskiej Normy – październik 2006.

- PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

- PN-B-03150:2000 Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie, ze zmianami
3.2 Oględziny, badania i pomiary na miejscu przeprowadzone we wrześniu 2015 r.

4. Dach nad Szkołą Podstawową i Gimnazjum

4.1 Opis ogólny

Szkoła to trzykondygnacyjny, podpiwniczony budynek z poddaszem nieużytkowym. Dach budynku o spadku 45° , czterospadowy z kalenicą równoległą do ulicy Turystycznej z trzema facjatkami po stronie frontowej i trzema po stronie tylnej, oraz po jednej po obu stronach bocznych o nachyleniu 18° . Krokwie i płatwie drewniane. Krycie blachą trapezową cynkową. Na kondygnacjach nadziemnych znajdują się sale lekcyjne, komunikacja oraz sanitariaty szkoły. W piwnicy znajdują się szatnie, komunikacja oraz pomieszczenia gospodarcze.

4.2 Ocena stanu istniejącego

- Konstrukcja dachu

Konstrukcję nośną dachu, stanowi więźba drewniana płatwiowo-kleszczowa, z dodatkową belką kalenicową opartą na stolcach opartym na stropie za pomocą podwaliny drewnianej. Rozpiętość więźby ok. 11,8m, wysokość ok. 6,2m, kat nachylenia więźby ok. 45° , większość krokwi wykonano jako belki jednoprzęsłowe, oparte na ścianie za pomocą belki podwali nowej, oraz płatwi oraz belce kalenicowej, nieliczne krokwie uciążone na płatwiach (belka dwuprzęsłowa). Facjatki wykonano jako belki – krokwie drewniane swobodnie oparte na murze zewnętrznym poprzez podwalinę oraz na płatwi układu głównego, kąt nachylenia ok. 18° , rozpiętość krokwi ok. 3,6m.

Sztywność przestrzenną więźby zapewnia przestrzenny układ płatwiowo-kleszczowy ze słupami usztywnionymi mieczami w miejscu styku z płatwiami, brak wiatrownic pomiędzy krokwiami.

Rozstaw krokwi nie równomierny, od ok. 1,10m do 0,6m, najbardziej powtarzalny rozstaw ok. 1,0m

Płatwie w miejscu styku z kominami przerywane podpierane słupkami z mieczami.

Podstawowe przekroje więźby:

Krokwie – 140x180mm

Płatwie -140x180mm

Kleszcze 2x 50x140 mm

Belka kalenicowa – 140x180mm

Słupki – 140x140mm

Miecze - 100x140mm

Podwaliny - 140x140mm

Krokwie kalenicowe – 180x180mm

Krokwie koszowe facjatek – 140x180mm

Schemat statyczny więźby pokazano w załączniku obliczeniowym.

Klasę wytrzymałości drewna oszacowano na min. C20 (K21).

Przekroje krokwi na całości dachu posiadają jednolity przekrój 140x180mm, poza nielicznymi wyjątkami które są cieńsze ok. 50x180mm.

- ocena stanu technicznego więźby dachowej

Poddasze dachu szkoły niezagospodarowane, nie ogrzewane, widoczne prześwity w pokryciu dachu, użytkownik pomiędzy blachę pokrycia a krokwie zastosował jako dodatkową izolację folię budowlaną, która posiada liczne dziury – nie spełnia swego zadania kwalifikuje się do wymiany, izolacja termiczna stropu w stanie złym – kwalifikuje się do wymiany

Stan więźby dachowej dobry, drewno nie zainfekowane grzybami, w stanie suchym, część więźby pomalowana bliżej nie znanym środkiem zabezpieczającym (farbą emulsyjną?).

Stan pokrycia dachowego – średni widoczne ubytki w powłoce malarskiej zewnętrznej – do naprawy.

Ocena ogólna więźby – dobry, należy wymienić wiatro-izolacje na systemową, poprawić ułożenie blach pokrycia z uwzględnieniem naprawy, wykonania obróbek blacharskich w miejscach załamania na belkach koszowych, kalenicowych, oraz wokół świetlików na zgodne z sztuką budowlaną. Należy konstrukcję drewnianą więźby zabezpieczyć antykorozyjnie jednolitym środkiem zabezpieczającym zgodnie ze sztuką budowlaną po usunięciu fragmentów starych zabezpieczeń, należy wymienić naprawić izolacje termiczną ułożoną na stropie. Pokrycie dachu należy podać gruntownemu remontowi polegającemu na wykonaniu nowych powłok malarskich na blachę pokrycia w celu poprawy estetyki pokrycia. Krokwie o przekroju mniejszym niż 120x180mm należy wzmocnić poprzez powiększenie (poszerzenie) przekroju do min. 120x180mm np. poprzez nabicie obustronnie dodatkowych desek o wys. 180mm.

Stan techniczny pokazano na fot w załączniku nr1

5.1 Opis ogólny

Budynek zbudowany na rzucie prostokąta. Nad boiskiem z widownią dach czterospadowy o nachyleniu 20% z czterema prostopadle przenikającymi się z nim dachami dwuspadowymi o nachyleniu 36% stanowiącymi przykrycie części sanitarno-szatniowej hali. Zaplecze – parter z poddaszem użytkowym (piętro). Budynek zbudowany w technologii tradycyjnej. Dach hali sportowej o konstrukcji stalowej. Dach zaplecza o konstrukcji drewnianej. Układ ścian konstrukcyjnych – podłużny. Nad halą sportową szczelny sufit

z płyt warstwowych z wypełnieniem z wełny mineralnej twardej, który posiada klasę odporności ogniowej 60min.

Moduły konstrukcyjne:

- zaplecze: 7,20 m i 3,0 m
- hala: 28,10 m, rozstaw dźwigarów głównych co 5,6m

5.2 Stan istniejący

- konstrukcja dachu

Przekrycie nad halą sportową stanowią dźwigary kratowe dwuspadowe. Kąt pochylenia połaci dachowej 20° . Na dźwigarach oparto płatwie z ceowników C160, na nich krokwie drewniane 70x120mm w rozstawie co 1,10m, do nich za pomocą łat zamocowano pokrycie z blachy fałdowej T-55 grubości 0,75mm, w konstrukcji dachu występują dwa rodzaje dźwigarów kratowych: podstawowy i uzupełniający niższy umożliwiający zrealizowanie spadku dachu od strony ścian szczytowych. Na dźwigar główny zastosowano następujące profile:

Pas dolny – 2xL100x100x10

Pas górny – 2x100x100x10

Słupki – 2xL60x60x6,

Krzyżulce – 2xL80x80x10, 2xL75x75x8, 2xL65x65x7 oraz 2xL60x60x6

Do połączeń kątowników zastosowano blachy węzłowe gr.10mm, wszystkie węzły kratownic spawane, przewiązki z bl.8x80mm.

Na dźwigar uzupełniający zastosowano następujące profile:

Pas dolny – 2xL100x100x10

Pas górny – 2x130x130x12

Słupki – 2xL60x60x6,

Krzyżulce – 2xL60x60x6, 2xL50x50x5

Do połączeń kątowników zastosowano blachy węzłowe gr.10mm, wszystkie węzły kratownic spawane, przewiązki z bl.8x80mm.

Dźwigary krótsze uzupełniające z profili pełnościennych walcowanych I 200, I 140; I 240; I 260.

Stal konstrukcji stalowej St3S.

Dźwigary stalowe oparte na słupach żelbetowych 40x60cm i 40x40cm. Sztywność przestrzenną dachu zapewnia układ stężeń połaciowych i pionowych z kątowników L50x50x5.

Do pasów dolnych dźwigarów zamocowany sufit podwieszony nad halą z płyt warstwowych z wypełnieniem z wełny mineralnej.

Do krokwi drewnianych oraz pasów górnych zawieszono stalowe pomosty robocze do obsługi z kraty „WEMA”

- ocena stanu technicznego więźby dachowej

Poddasze hali sportowej nieużytkowe, nie ogrzewane.

Stan techniczny konstrukcji stalowej – dobry, nie stwierdzono żadnych odkształceń profili stalowych.

Stan powłok malarskich konstrukcji stalowych – dobry

Stan pokrycia dachowego - dobry

Stan techniczny pokazano na fot w załączniku nr1

5. Analiza obliczeniowa

W ramach niniejszej opinii, analizie statyczno – wytrzymałościowej poddano obie konstrukcje dachów.

Stworzone przestrzenne modele obliczeniowe 3D obu konstrukcji dachu, przyłożono oddziaływania wg aktualnie obowiązujących przepisów normowych (PN-B).

obciążenie klimatyczne:

W związku z publikacją w latach 2006, oraz 2009 poprawek do norm definiujących obciążenie śniegiem, i wiatrem obliczenia przeprowadzono z założeniem następujących obciążeń klimatycznych:

- obciążenie śniegiem zgodne z nowymi przepisami normowymi (aktualnymi na dzień dzisiejszy) o wartości charakterystycznej $1,20 \text{ kN/m}^2$ na rzut gruntu, $0,72 \text{ kN/m}^2$ na połac dachu hali, oraz $0,96 \text{ kN/m}^2$ dachu szkoły.

- Obciążenie wiatrem zgodne z nowymi przepisami normowymi (aktualnymi na dzień dzisiejszy) o wartości charakterystycznej $0,30 \text{ kN/m}^2$.

Ponadto do obciążeń połaci dachowej przyjęto ciężar własny konstrukcji, oraz

obciążenie stałe pokrycia:

- blacha trapezowa TR55 gr.0,75mm o sumarycznym ciężarze charakterystycznym $0,10 \text{ kN/m}^2$,

- obciążenie panelami słonecznymi, wraz z aluminiową podkonstrukcją nośną o sumarycznym ciężarze charakterystycznym $0,25 \text{ kN/m}^2$

- dla dachu hali sportowej dodatkowe obciążenie stałe pasów dolnych płytami warstwowymi z wełny mineralnej gr. 20cm o sumarycznym ciężarze charakterystycznym $0,30 \text{ kN/m}^2$.

obciążenie użytkowe:

- obciążenie użytkowe (podwieszenia) o wartości charakterystycznej $0,10 \text{ kN/m}^2$.

Obciążenia zestawiono w kombinacje normowe.

Szczegółowe zestawienie wg załącznika nr2

Więźba drewniana budynku szkoły:

Z analizy statyczno-wytrzymałościowej więźby dachowej nad budynkiem szkoły wynika iż przyłożenie aktualnych na dziś obciążeń klimatycznych oraz dodatkowego obciążenia panelami fotowoltaicznymi

(0,25kN/m²) nie spowoduje przekroczenia nośności żadnego elementu więźby dachowej, tym samym można bezpiecznie montować panele fotowoltaiczne o nie przekraczalnej ciężarze ok. 0,12kN/m² +0,13kN/m² podkonstrukcja mocująca.

Konstrukcja stalowa dachu nad halą sportową:

Z analizy statyczno-wytrzymałościowej konstrukcji stalowej dachu nad halą sportową wynika iż przyłożenie aktualnych na dziś obciążeń klimatycznych oraz dodatkowego obciążenia panelami fotowoltaicznymi (0,25kN/m²) spowoduje znaczny wzrost wyężenia w elementach nośnych konstrukcji dachu tj.

Profile belek pośrednich

I 200 nośność przekroczone o ok. 30-40%

W dźwigarach głównych przekroczone nośność:

Pas górny o ok. 30%

Większości krzyżulców od 10 do 20%

W dźwigarach pośrednich przekroczone nośność:

Słupków podporowych o ok. 30%

Proponowany sposób wzmocnienia elementów konstrukcji budynku

Profile dźwigarów o przekroczonej nośności należałoby przed montażem paneli wzmocnić poprzez dospawanie dodatkowych profili stalowych typu „RK, L” itp. dobranych tak by nośność wzmocnionych prętów nie przekroczyła 100%. Szczegółowe rozwiązanie wzmocnienia istniejącej konstrukcji stalowej dachu nie jest przedmiotem niniejszego opracowania i powinno być opracowane w ramach odrębnego projektu technicznego.

6. Wnioski

DACH DREWNIANY NAD SZKOŁĄ:

- na istniejącej konstrukcji więźby drewnianej nad budynkiem szkoły można bezpiecznie zamontować panele fotowoltaiczne o masie łącznej wraz z podkonstrukcją instalacjami itp. o ciężarze nie przekraczającym wartości charakterystycznej 0,25kN/m² z uwagami jak niżej.

- przed zamontowaniem należy dokonać remontu poddasza, przede wszystkim pod kontem wymiany izolacji wiatroszczelnej, izolacji termicznej stropu poddasza oraz jednolitego zabezpieczenia antykorozyjnego więźby dachowej, należałoby rozważyć odświeżenie powłok blach pokrycia.

- przed montażem paneli należy wzmocnić wszystkie krokwie o wym. mniejszym niż 120x180mm.

KONSTRUKCJA STALOWA DACHU NAD HALĄ SPORTOWĄ:

- na istniejącej konstrukcji stalowej nad halą sportową nie można bezpiecznie zamontować panele fotowoltaiczne o masie łącznej wraz z podkonstrukcją instalacjami itp. o ciężarze nie przekraczającym wartości charakterystycznej $0,25\text{kN/m}^2$ z uwagami na przekroczenie nośności istotnych elementów nośnych.

- aby móc bezpiecznie zamontować panele fotowoltaiczne o masie łącznej wraz z podkonstrukcją instalacjami itp. o ciężarze nie przekraczającym wartości charakterystycznej $0,25\text{kN/m}^2$ należy dokonać wzmocnień pasów górnych, krzyżulców, słupków dźwigarów stłowych oraz belek pośrednich I 200.

Mgr inż. Piotr Kudła



mgr inż. Piotr Kudła
uprawnienia budowlane do projektowania i
kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
nr swid.: SWK/0016/PWOK/05

7. DOKUMENTACJA FOTOGRAFICZNA

WIĘŻBA NAD BUDYNKIEM SZKOŁY



FOT.1



FOT.2



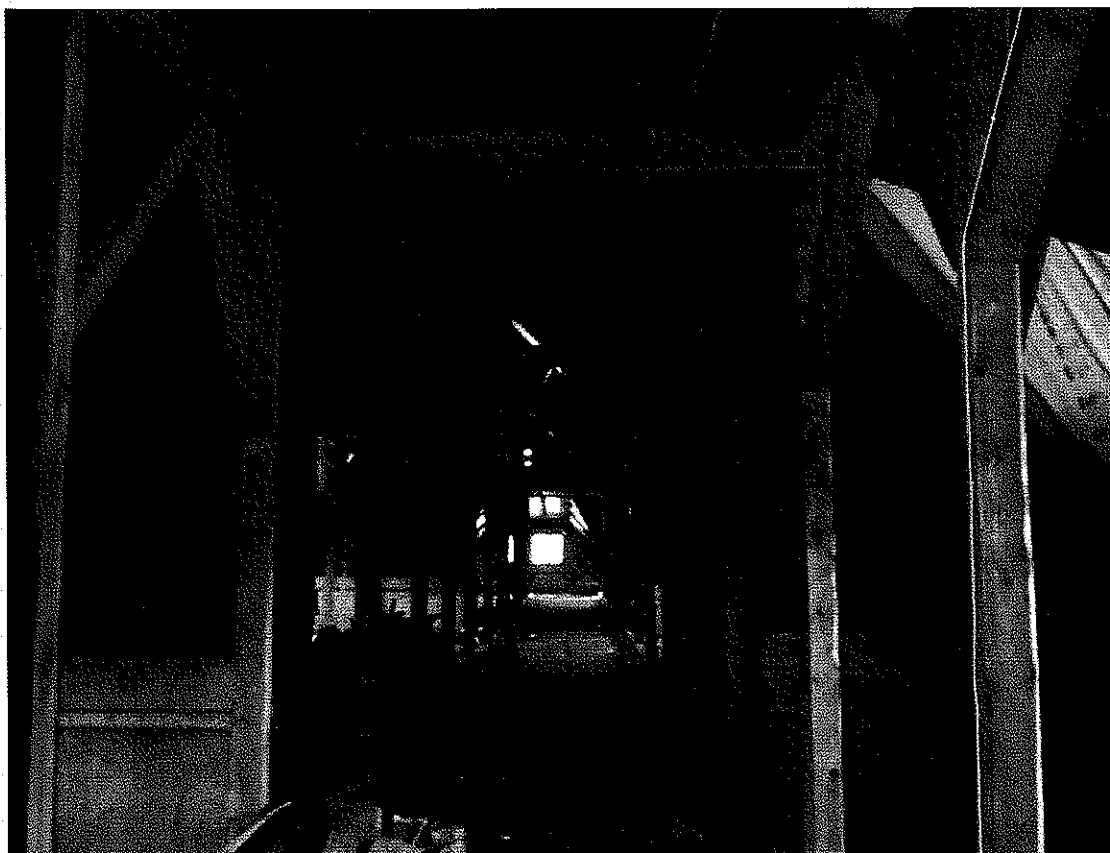
FOT.3



FOT.4



FOT.5



FOT.6

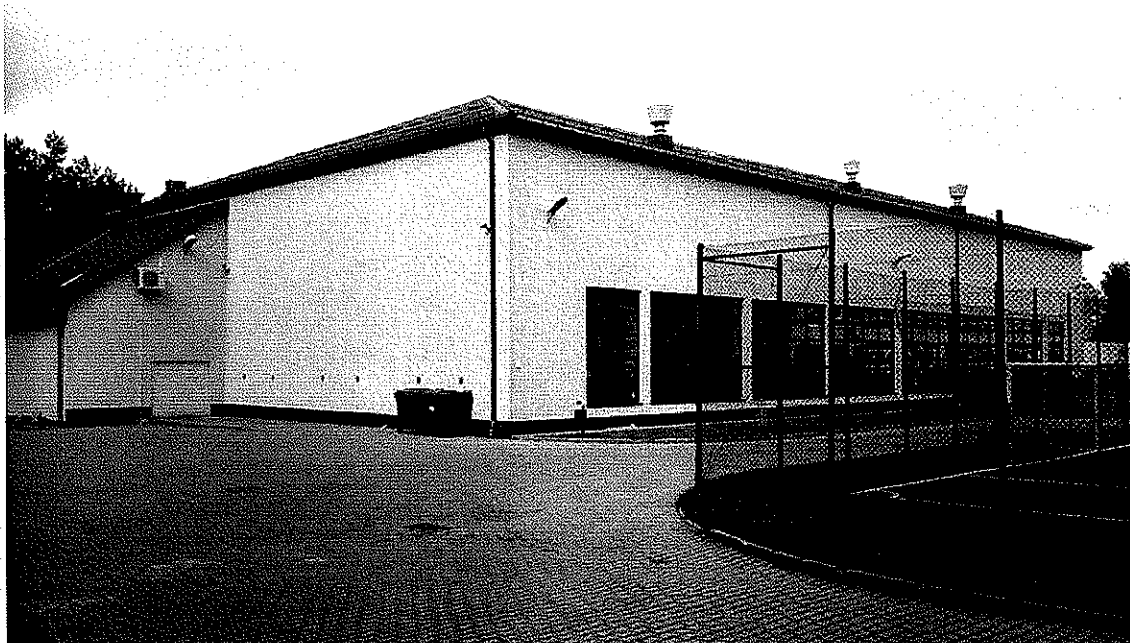


FOT.7

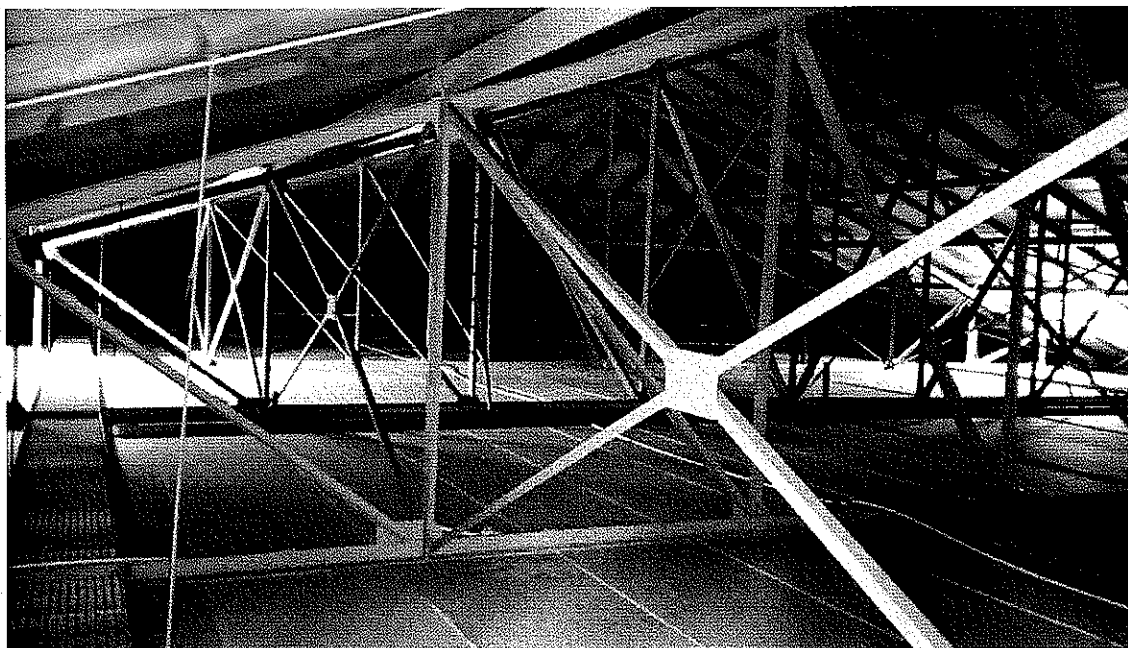


FOT. 8

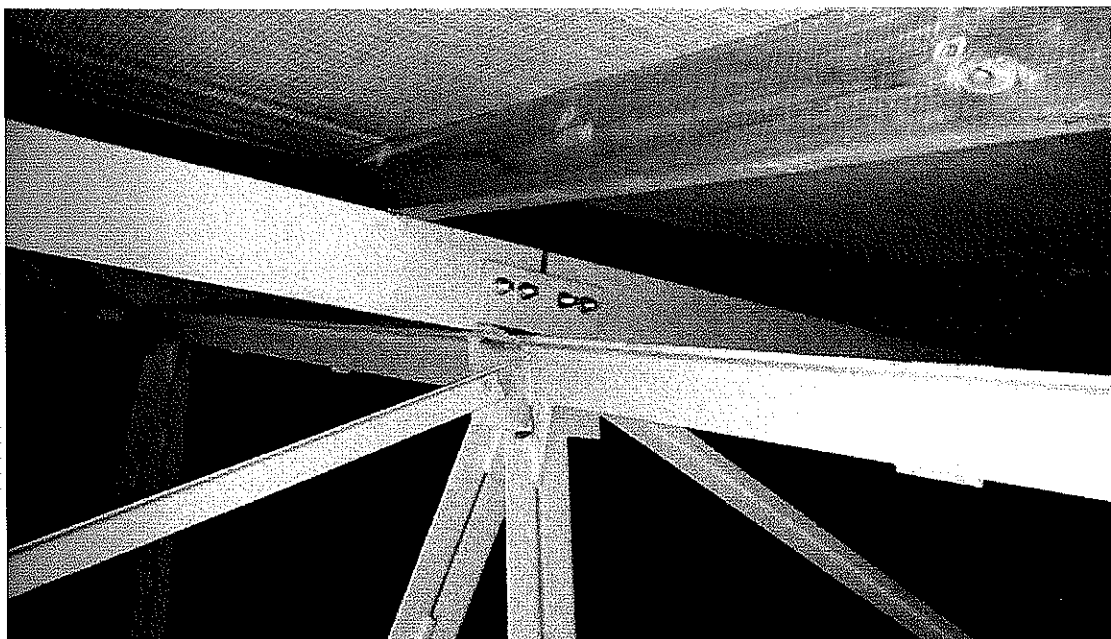
DACH NAD HALĄ SPORTOWĄ



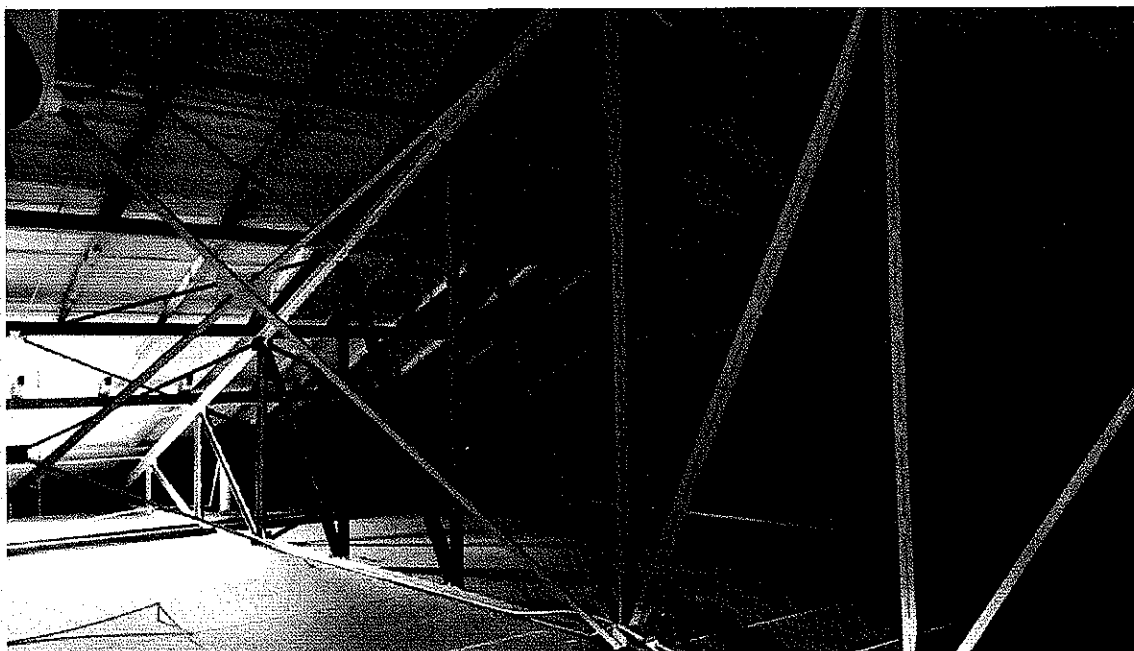
FOT. 1



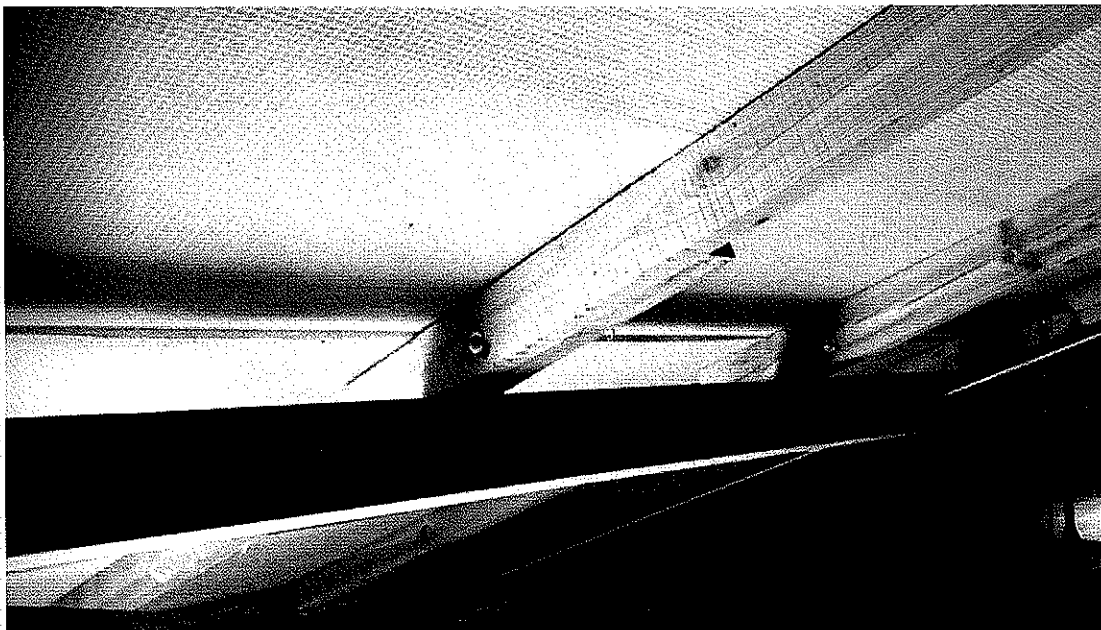
FOT. 2



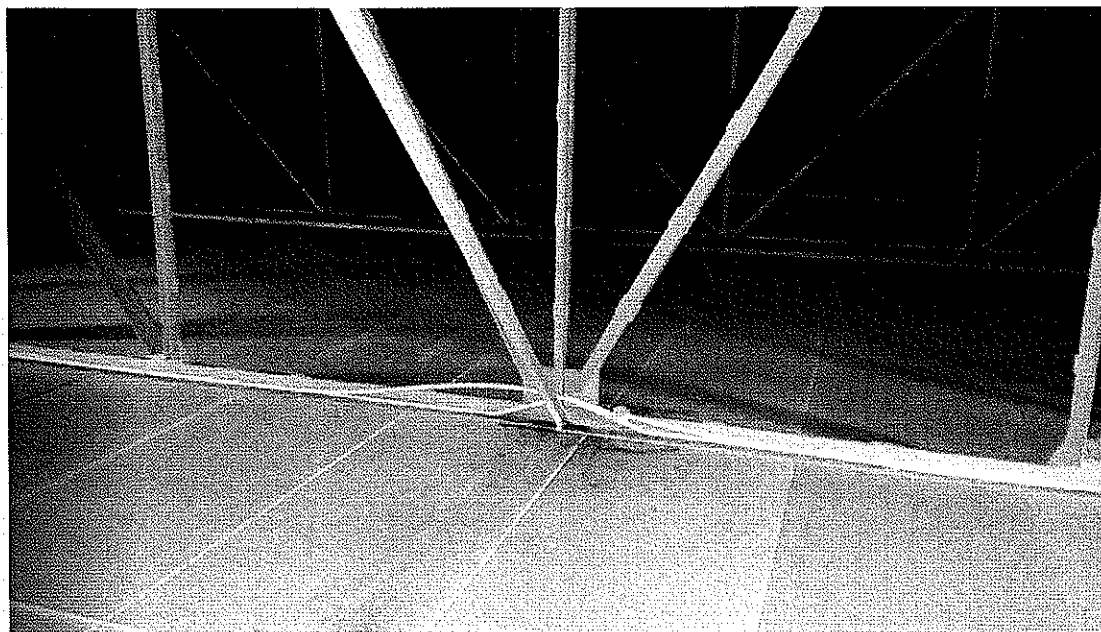
FOT. 3



FOT. 4



FOT. 5



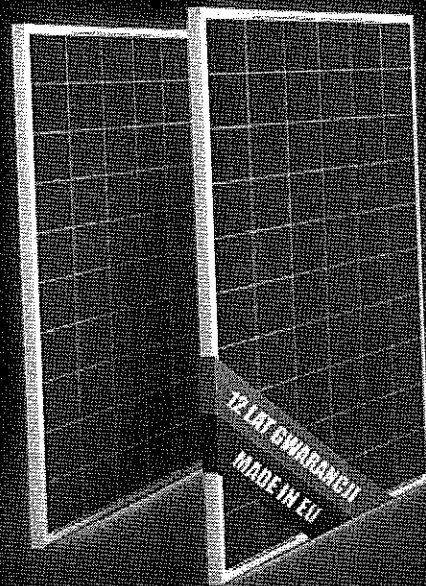
FOT. 6










8. ZAŁĄCZNIKI OBLICZENIOWE

Karta techniczna zastosowanego panelu fotowoltaicznego

BRUK-BET SOLAR

BEP 250Wp



-  25 lat liniowej gwarancji na moc
-  100% test elektroluminescencyjny
-  Gwarancja pozytywnej tolerancji mocy
-  Maksymalne obciążenie śniegiem 5400 Pa
-  Możliwość zastosowania gniazda przyłączeniowego IP 67
-  Innowacyjne rozwiązanie: antyrefleksyjna powłoka na szkło dla wyższej absorpcji światła
-  Wolny od degradacji wywołanej potencjałem
-  Wysokiej jakości komponenty
-  System pakowania zabezpieczający przed mikropęknięciami

Zależność promieniowania

[W/m ²]	1000	800	600	400
Isc	0%	-19,6%	-39,5%	-59,2%
Voc	0%	-1,38%	-3,05%	-5,90%

STC 1000 W/m², 25 °C, AM 1,5

Charakterystyka elektryczna

Moc maksymalna Pmax	250
Ogniwa	Polikrystaliczne Si
Wymiar ogniwa	156 x 156 mm
Ilość ogniw	60
Prąd zwarciovowy Isc	8,75
Napięcie jałowe Voc	38,1
Prąd maksymalny Imax	8,25
Napięcie maksymalne Vmax	30,35
Wydajność	15,40 %
Maksymalne napięcie systemu	1000 V DC
Tolerancja mocy	0 +4,99
Temperaturowy współczynnik natężenia Tci	+0,05 %/°C
Temperaturowy współczynnik napięcia TcV	-0,34 %/°C
Temperaturowy współczynnik mocy TcP	-0,41 %/°C
NOCT(800 W/m ² , 20°C, AM 1.5, 1m/s)	42 °C

Parametry stosowania


Maksymalne obciążenie	IEC 5400 Pa
Klasa stosowania	A

Budowa i wymiary

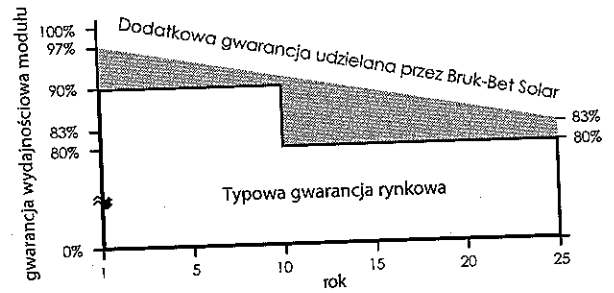
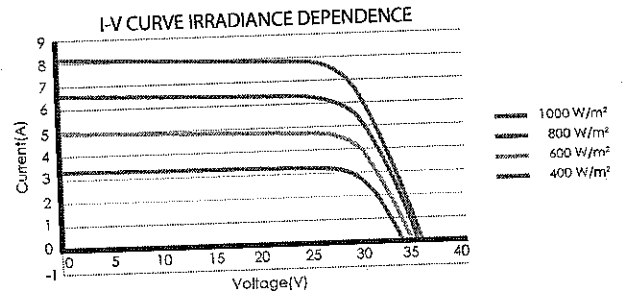
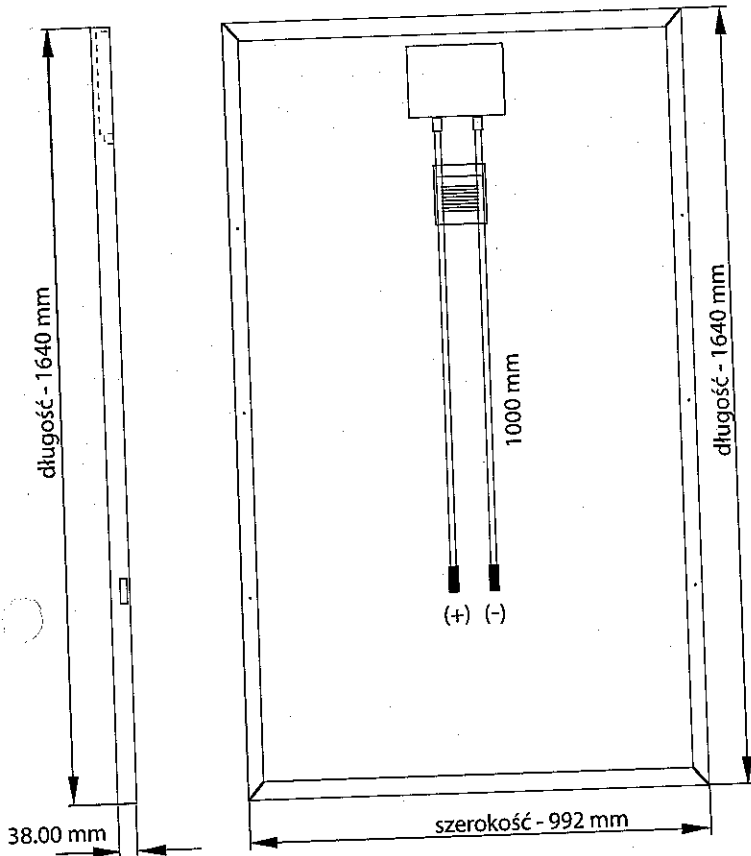
Długość	1640 mm
Szerokość	992 mm
Grubość	38 mm
Waga	18 kg
Gniazdko przyłączeniowe	IP 65



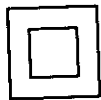
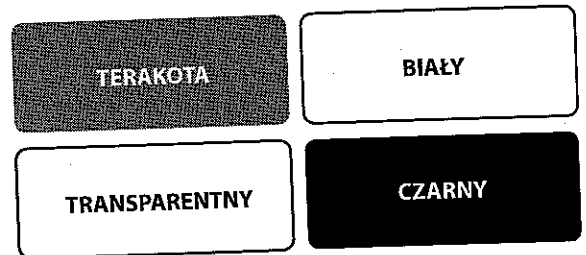

Salt water mist
resistance certificate


Ammonia NH₃
resistance certificate


Fire resistance certificate



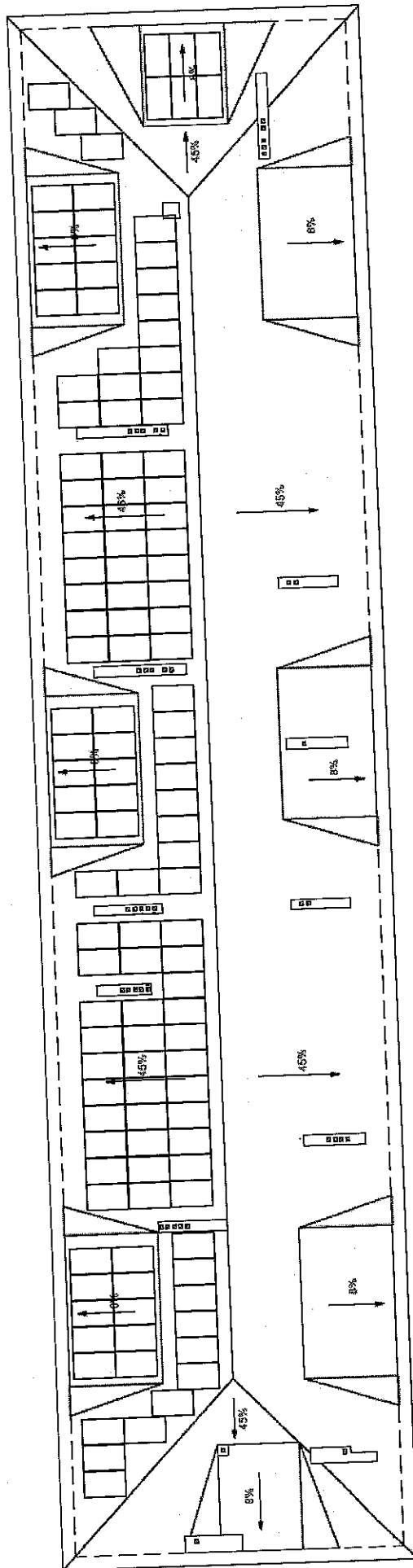
DOSTĘPNE KOLORY

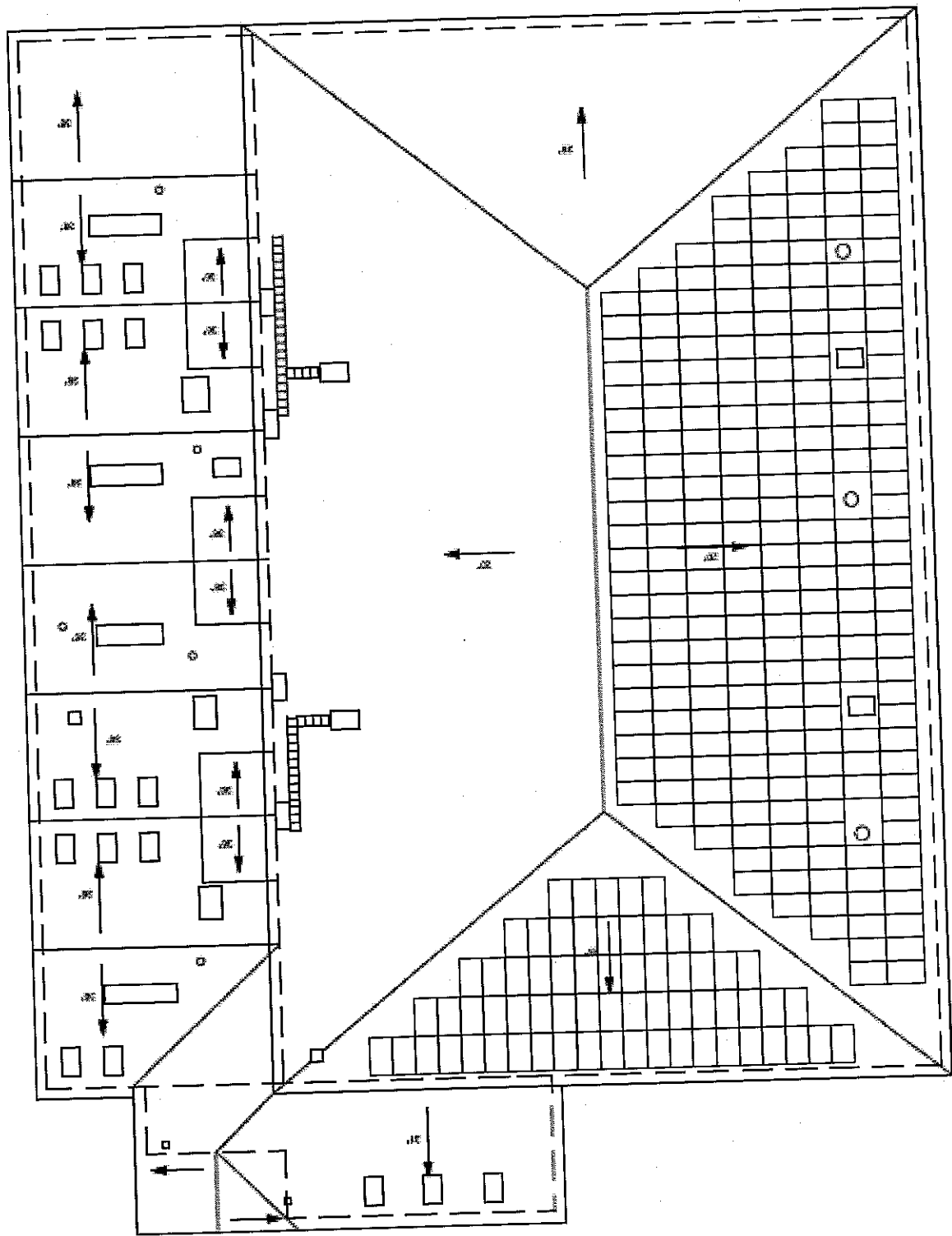


Siedziba firmy Bruk-Bet Sp. z o.o.:
 Nieciecza 199,33-240 Żabno
 tel. +48 14 637 77 77
 fax +48 14 637 77 78

Zakład Produkcyjny Modułów Fotowoltaicznych:
 ul. Mroźna 8, 33-102 Tarnów
 tel. +48 14 632 08 20
 fax +48 14 632 08 21

www.solar.bruk-bet.pl, e-mail: solar@bruk-bet.pl





ZESTAWIENIA OBCIĄŻEŃ
-DACH NAD SZKOŁĄ

Poz.1.1.Obciążenia stałe

Rodzaj obciążenia	q_k	γ_f	q_o
	kN/m ²	-	kN/m ²
blacha trapezowa T-55 gr. 0,55 z łatami	0,110	1,2	0,132
panele fotowoltaniczne 12kg/m ²	0,120	1,2	0,144
podkonstrukcja 12kg/m ²	0,120	1,2	0,144
Podbitka z płyt G-K na ruszcie drewniany, 0,15	0,150	1,3	0,195
RAZEM:	0,50	1,23	0,62

Poz. 1.2. Obciążenie zmienne

a) Obciążenie śniegiem - wg PN/B-02010/az1:2006.

Dach o kącie pochylenia

45°

Strefa obciążenia śniegiem wg Az1:2006
 Położenie obiektu w m. n.p.m.
 Charakterystyczne obc. śniegiem
 Współczynnik kształtu dachu

Zagnańsk	3
300	m n.p.m.
Q_k=	1,2
C=	0,6

Obc. charakterystyczne
 Współczynnik obciążenia wg PN/B-02003/Az1:2006
 Obciążenie obliczeniowe
 Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci
 Obciążenie obliczeniowe prostopadłe do połaci

S_k=	0,72	kN/m²
γ_f=	1,5	
S_o=	1,08	kN/m²
S_{Kcos}=	1,02	kN/m²
S_{ocos}=	1,53	kN/m²

b) Obciążenie wiatrem - wg PN/B-02011.Az:2009

Dane ogólne

Strefa obciążenia wiatrem
 Typ terenu
 Charakterystyczna prędkość wiatru
 Charakterystyczne ciśnienie prędkości
 Współczynnik obciążenia

Zagnańsk	I	
	B	
V_k=	20	m/s
q_k=	0,3	kN/m²
γ_f=	1,5	

Współczynnik ekspozycji
 - dla terenu typu B

C_e =	0,8
------------------------	------------

Budowla niepodatna na dynamiczne działanie wiatru

α=	45
β=	1,80

Współczynnik porywów wiatru β

Współczynnik C:

dla połączeń:

- nawietrzna parcie

$$C_z = 0,015 \cdot \alpha - 0,2$$

$$C_z = 0,475$$

- nawietrzna ssanie

$$C_z = -0,045 \cdot (40 - \alpha)$$

$$C_z = -0,225$$

kierunek 1

Część nawietrzna	0,70
Część zawietrzna	-0,40
Ściany boczne	-0,50

kierunek 2

Część nawietrzna	0,70
Część zawietrzna	-0,40
Ściany boczne	-0,70

Wariant 1

Połączenie nawietrzna - parcie	0,48
Połączenie zawietrzna - ssanie	-0,40

Wariant 2

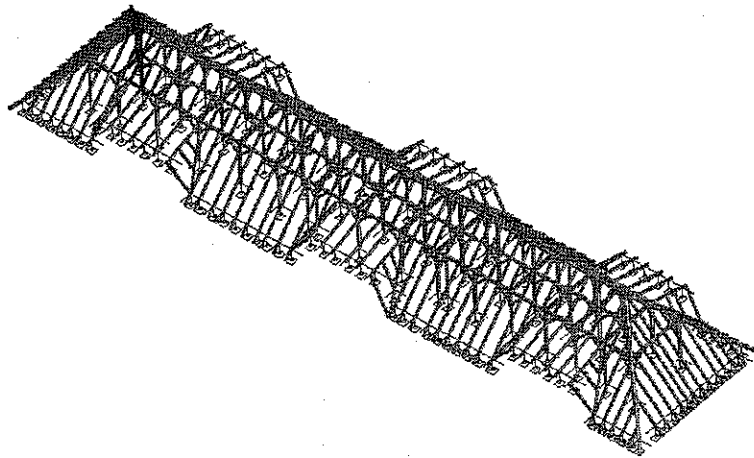
Połączenie nawietrzna - ssanie	-0,23
Połączenie zawietrzna - ssanie	-0,40

Wartości obciążenia wiatrem

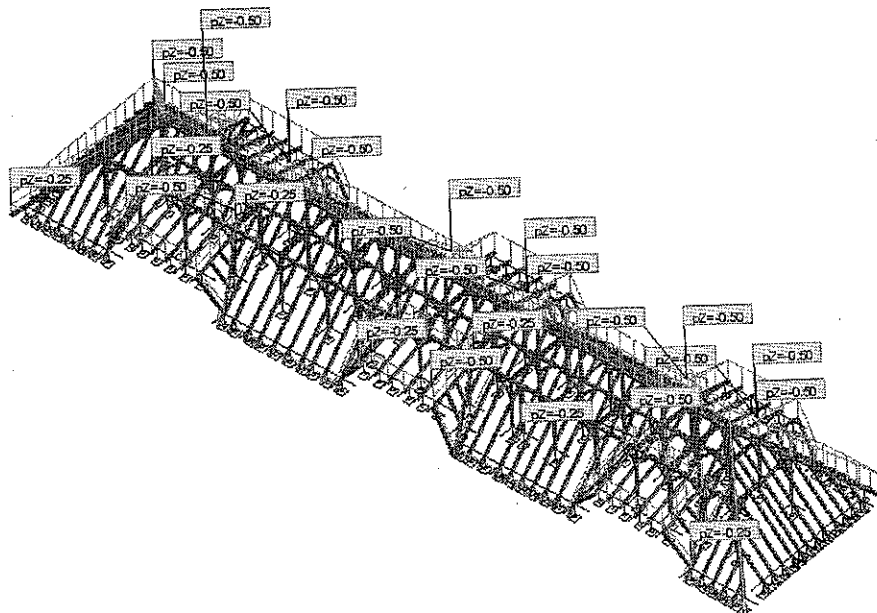
	p_k kN/m ²	γ_f -	p_o kN/m ²
Wiatr 1 - parcie	0,30	1,3	0,39
Wiatr 1 - ssanie	-0,17	1,3	-0,22
Wiatr 1 - bok	-0,22	1,3	-0,28

	p_k kN/m ²	γ_f -	p_o kN/m ²
Wiatr 2 - dach - parcie (wariant 1)	0,21	1,3	0,27
Wiatr 2 - dach - ssanie (wariant 1)	-0,17	1,3	-0,22
Wiatr 2 - dach - ssanie (wariant 2)	-0,10	1,3	-0,13

Schemat statyczny



Obciążenia stałe

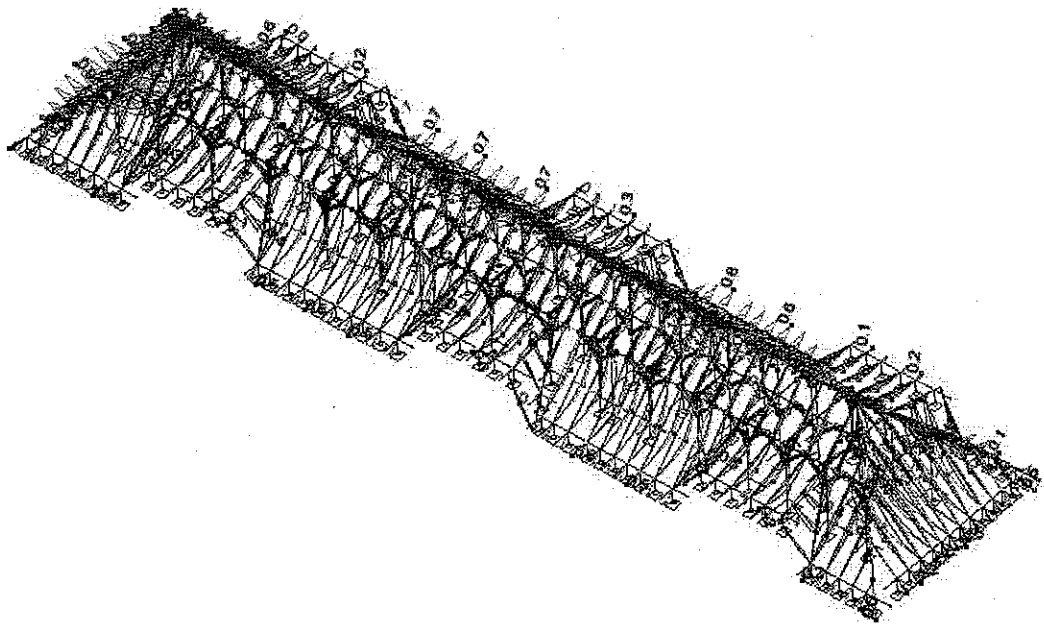


Przypadek 2 (STA-1) kPa

Kombinacje

Kombinacja	Nazwa	Typ analizy	Typ kombinacji	Natura przypadku	Definicja
9 (K)	KOMB1 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$1*1.10+2*1.20+3*1.40$
10 (K)	KOMB2 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$9*1.00+4*1.50$
11 (K)	KOMB3 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$9*1.00+5*1.50$
12 (K)	KOMB4 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$9*1.00+6*1.50$
13 (K)	KOMB5 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$9*1.00+7*1.50$
14 (K)	KOMB6 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$9*1.00+8*1.50$
15 (K)	KOMB7 sgn w+sn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$10*1.00+5*1.35$
16 (K)	KOMB8 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$10*1.00+6*1.35$
17 (K)	KOMB9 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$7*1.35+10*1.00$
18 (K)	KOMB10 sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny	$8*1.35+10*1.00$
19 (K)	KOMB11 sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny	$(1+2+3+4)*1.00$
20 (K)	KOMB12 sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny	$(1+2+5)*1.00$
21 (K)	KOMB13 sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny	$(1+2+6)*1.00$
22 (K)	KOMB14 sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny	$(1+2+7)*1.00$
23 (K)	KOMB15 sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny	$(1+2+8)*1.00$

Deformacja od SGU



1:1 Prz. 0.5cm
 Max=1.0

Przypadek: 19do23



Wynik podstawowych obliczeń elementu drewnianego

OBLICZENIA KONSTRUKCJI DREWNIANYCH

NORMA: PN-B-03150:2000

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 594

PUNKT: 7

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 1.00$ $L = 0.90$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 10 KOMB2 sgn $9 \cdot 1.00 + 4 \cdot 1.50$

MATERIAŁ

C20



PARAMETRY PRZEKROJU: KRAW 140x180

ht=18.0 cm

Ay=110.25 cm²

Az=141.75 cm²

Ax=252.00 cm²

bf=14.0 cm

Iy=6804.00 cm⁴

Iz=4116.00 cm⁴

Ix=8671.78 cm⁴

Wely=756.00 cm³

Welz=588.00 cm³

SIŁY WEWNĘTRZNE W ROZPATRYWANYM PRZEKROJU

N = 12.64 kN

My = 4.65 kN*m

Vy = 2.31 kN

Mz = -2.80 kN*m

Vz = 3.45 kN

NAPRĘŻENIA W ROZPATRYWANYM PRZEKROJU

Sig c,0,d = 0.50 MPa

Sig m,y,d = 6.15 MPa

Tau y,d = 0.14 MPa

Sig m,z,d = 4.76 MPa

Tau z,d = 0.21 MPa

WYTRZYMAŁOŚCI

f c,0,d = 11.69 MPa

f m,y,d = 12.31 MPa

f v,d = 2.22 MPa

f m,z,d = 12.48 MPa

WSPÓŁCZYNNIKI I PARAMETRY DODATKOWE

km = 0.70

kmod = 0.80

khy = 1.00

khz = 1.01



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

ld = 1.26 m

Lam rel,m = 0.17

k crit = 1.00

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y przekroju

ly = 2.50 m

Lam,y = 48.11

Lam rel,y = 0.83

ky = 0.88

lc,y = 2.50 m

kc,y = 0.86



względem osi z przekroju

lz = 1.00 m

Lam,z = 24.74

Lam rel,z = 0.43

kz = 0.58

lc,z = 1.00 m

kc,z = 1.00

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$(\text{Sig}_{c,0,d} / k_{c,y} * f_{c,0,d}) + \text{Sig}_{m,y,d} / f_{m,y,d} + k_m * \text{Sig}_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0.82 < 1.00$ [4.2.1(3)]

$\text{Sig}_{m,y,d} / (k_{\text{crit}} * f_{m,y,d}) = 6.15 / (1.00 * 12.31) = 0.50 < 1.00$ [4.2.2(1)]

$\text{Tau}_{y,d} / f_{v,d} = 0.14 / 2.22 = 0.06 < 1.00$ $\text{Tau}_{z,d} / f_{v,d} = 0.21 / 2.22 = 0.09 < 1.00$ [4.1.8.1(1)]

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

$u_{fin,y} = 0.0 \text{ cm} < u_{fin,max,y} = L/200.00 = 0.5 \text{ cm}$ Zweryfikowano
 Decydujący przypadek obciążenia: $1(1+0.6)*1 + 1(1+0.6)*2 + 1(1+0.6)*3 + 1(1+0.25)*4$
 $u_{fin,z} = 0.1 \text{ cm} < u_{fin,max,z} = L/200.00 = 0.5 \text{ cm}$ Zweryfikowano
 Decydujący przypadek obciążenia: $1(1+0.6)*1 + 1(1+0.6)*2 + 1(1+0.6)*3 + 1(1+0.25)*4$
 $u_{fin,yz} = 0.1 \text{ cm} < u_{fin,max,yz} = L/200.00 = 0.5 \text{ cm}$ Zweryfikowano
 Decydujący przypadek obciążenia: $1(1+0.6)*1 + 1(1+0.6)*2 + 1(1+0.6)*3 + 1(1+0.25)*4$



Przemieszczenia

Profil poprawny !!!

-DACH NAD HALA SPORTOWĄ

Poz.1. Zestawienie obciążeń dachu drewnianego

Poz.1.1. Obciążenia stałe - dach

Rodzaj obciążenia	q_k	γ_f	q_o
	kN/m ²	-	kN/m ²
blacha trapezowa T-55 z krokiewiami drewnianymi	0,150	1,2	0,180
panele fotowoltaniczne 12kg/m ²	0,120	1,2	0,144
podkonstrukcja pod panele 12kg/m ²	0,130	1,2	0,156
RAZEM:	0,40	1,20	0,48

Poz.1.1. Obciążenia stałe - od sufitu hali

Rodzaj obciążenia	q_k	γ_f	q_o
	kN/m ²	-	kN/m ²
plyta warstwowa wełna mineralna 20cm	0,300	1,2	0,360
instalacje podwieszenia 5kg/m ²	0,050	1,2	0,060
RAZEM:	0,35	1,20	0,42

Poz. 1.2. Obciążenie zmienne

a) Obciążenie śniegiem - wg PN/B-02010/az1:2006.

Dach o kącie pochylenia 20°

Strefa obciążenia śniegiem wg Az1:2006
 Położenie obiektu w m. n.p.m.
 Charakterystyczne obc. śniegiem
 Współczynnik kształtu dachu

Zagłębie	3
300	m n.p.m.
Q_k=	1,2
C=	0,8

Obc. charakterystyczne
 Współczynnik obciążenia wg PN/B-02003/Az1:2006
 Obciążenie obliczeniowe
 Obciążenie charakterystyczne prostopadłe do połaci
 Obciążenie obliczeniowe prostopadłe do połaci

S_k=	0,96	kN/m²
γ_f=	1,5	
S_o=	1,44	kN/m²
S_{Kcos}=	1,02	kN/m²
S_{ocos}=	1,53	kN/m²

b) Obciążenie wiatrem - wg PN/B-02011.Az:2009

Dane ogólne

Strefa obciążenia wiatrem
 Typ terenu
 Charakterystyczna prędkość wiatru
 Charakterystyczne ciśnienie prędkości
 Współczynnik obciążenia

Zagłębie	I	
	B	
$V_k=$	20	m/s
$q_k=$	0,3	kN/m ²
$\gamma_f=$	1,5	

Współczynnik ekspozycji

- dla terenu typu B

$C_e=$	0,8
--------	------------

Budowla niepodatna na dynamiczne działanie wiatru

$\alpha=$

20

Współczynnik porywów wiatru β

$\beta=$

1,80

Współczynnik C:

dla połączeń:

- nawietrzna parcie

$$C_z=0,015 \cdot \alpha - 0,2$$

$C_z=$

0,1

$$C_z=-0,045 \cdot (40 - \alpha)$$

$C_z=$

0,9

- nawietrzna ssanie

kierunek 1

Część nawietrzna	0,70
Część zawietrzna	-0,40
Ściany boczne	-0,50

kierunek 2

Część nawietrzna	0,10
Część zawietrzna	-0,40
Ściany boczne	-0,70

Wariant 1

Połączenie nawietrzna - parcie	0,10
Połączenie zawietrzna - ssanie	-0,40

Wariant 2

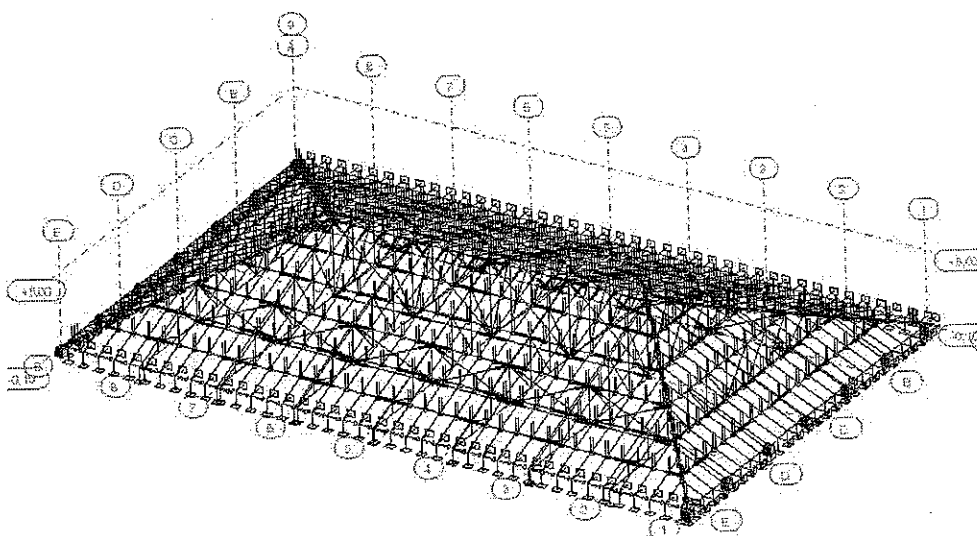
Połączenie nawietrzna - ssanie	-0,90
Połączenie zawietrzna - ssanie	-0,40

Wartości obciążenia wiatrem

	p_k kN/m ²	γ_f -	p_o kN/m ²
Wiatr 1 - parcie	0,30	1,3	0,39
Wiatr 1 - ssanie	-0,17	1,3	-0,22
Wiatr 1 - bok	-0,22	1,3	-0,28

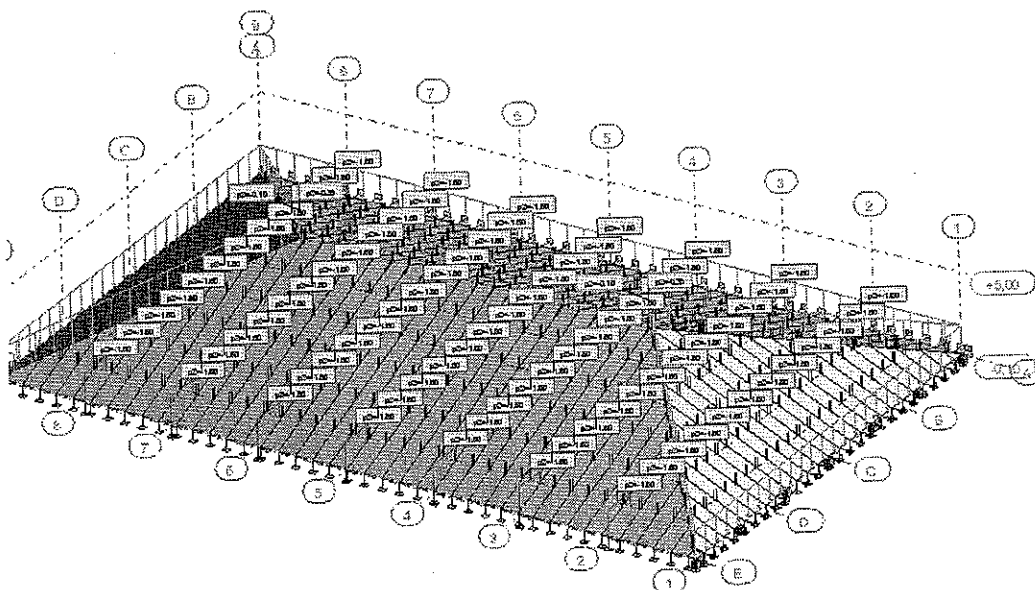
	p_k kN/m ²	γ_f -	p_o kN/m ²
Wiatr 2 - dach - parcie (wariant 1)	0,04	1,3	0,06
Wiatr 2 - dach - ssanie (wariant 1)	-0,17	1,3	-0,22
Wiatr 2 - dach - ssanie (wariant 2)	-0,39	1,3	-0,51

Schemat statyczny

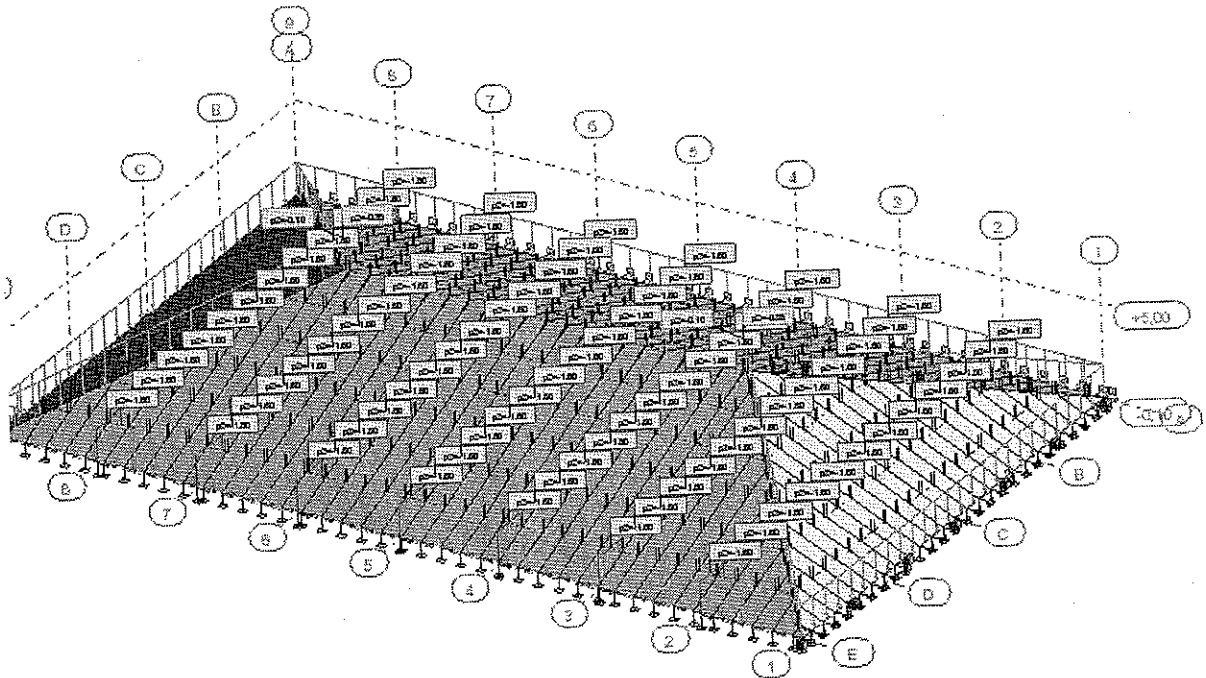


Przypadek: 1 (cięż)

Obciążenia stałe



1 kPa
1.2 kN/m
Przypadek: 2 (STA2)

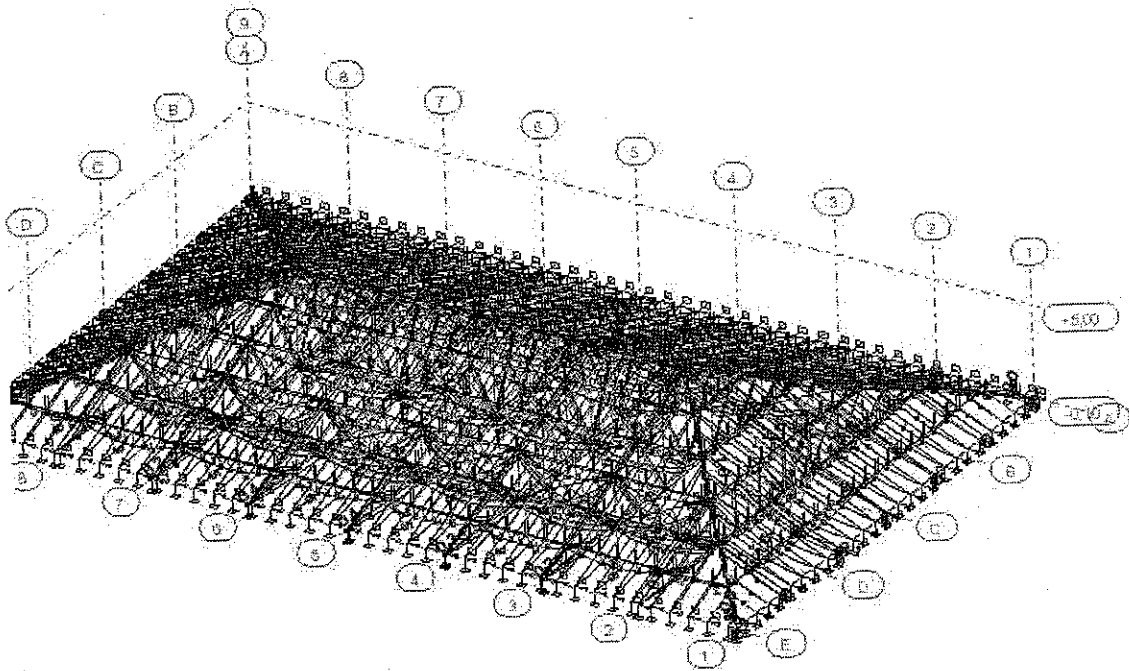


kPa
 kN/m

Przypadek 2 (STA2)

Kombinacja	Nazwa	Typ analizy	Typ kombinacji	Natura przypadku	Definicja
9 (K)	KOMB1	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $1*1.10+2*1.20+3*1.40$
10 (K)	KOMB2	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $9*1.00+4*1.50$
11 (K)	KOMB3	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $9*1.00+5*1.50$
12 (K)	KOMB4	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $9*1.00+6*1.50$
13 (K)	KOMB5	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $9*1.00+7*1.50$
14 (K)	KOMB6	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $9*1.00+8*1.50$
15 (K)	KOMB7	sgn w+sn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $10*1.00+5*1.35$
16 (K)	KOMB8	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $10*1.00+6*1.35$
17 (K)	KOMB9	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $7*1.35+10*1.00$
18 (K)	KOMB10	sgn	Kombinacja liniowa	SGN	ciężar własny $8*1.35+10*1.00$
19 (K)	KOMB11	sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny $(1+2+3+4)*1.00$
20 (K)	KOMB12	sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny $(1+2+5)*1.00$
21 (K)	KOMB13	sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny $(1+2+6)*1.00$
22 (K)	KOMB14	sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny $(1+2+7)*1.00$
23 (K)	KOMB15	sgu	Kombinacja liniowa	SGU	ciężar własny $(1+2+8)*1.00$

deformacja



Prz 1cm
Max=6.9

Przypadek: 18do23

Wymiarowanie najbardziej wyterzonych elementów

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 577 PG_577

PUNKT: 3

WSPÓLRZĘDNA: $x = 1.00$ $L = 2.48$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 10 KOMB2 sgn $9*1.00+4*1.50$

MATERIAŁ: STAL St3S

$f_d = 215.00$ MPa $E = 205000.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: 2 LRR 100x100x10

$h = 10.0$ cm	$A_y = 18.00$ cm ²	$A_z = 18.00$ cm ²	$A_x = 38.40$ cm ²
$b = 21.0$ cm	$I_y = 354.00$ cm ⁴	$I_z = 777.26$ cm ⁴	$I_x = 11.83$ cm ⁴
$t_w = 1.0$ cm	$W_{ely} = 49.30$ cm ³	$W_{elz} = 74.02$ cm ³	
$t_f = 1.0$ cm			

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = 579.55$ kN	$M_y = -1.25$ kN*m		
$N_{rcy} = 825.60$ kN	$M_{ry} = 10.60$ kN*m		
$N_{rcz} = 770.05$ kN	$M_{ry_v} = 10.60$ kN*m	$V_z = 0.17$ kN	
KLASA PRZEKROJU = 2	$B_y * M_{y\max} = -1.25$ kN*m	$V_{rz} = 224.46$ kN	





PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



Parametry pojedynczej gałęzi słupa:

$L_1 = 0.60$ m	$\lambda_1 = 30.52$	$f_1 = 0.93$	
$i_1 = 2.0$ cm	$\lambda_1 = 0.36$	$\lambda_v = 30.52$	
 względem osi Y:		 względem osi Z:	
$L_y = 2.48$ m	$\lambda_y = 0.97$	$L_z = 2.48$ m	$\lambda_z = 0.65$
$L_{wy} = 2.48$ m	$\lambda_{my} = 81.72$	$L_{wz} = 2.48$ m	$\lambda_{mz} = 63.03$
$\lambda_y = 81.72$	$f_y = 0.58$	$\lambda_z = 55.15$	$f_{mz} = 0.83$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N/(f_{im} * N_{rc}) = 1.21 > 1.00$ (39); $N/(f_{imy} * N_{rc}) + B_y * M_{y\max} / (f_{il} * M_{ry}) = 1.21 + 0.12 = 1.33 > 1.00$ - Delta $y = 0.94$ (58)
 $V_z / V_{rz} = 0.00 < 1.00$ (53)

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

$u_y = 0.0$ cm $< u_{y\max} = L/250.00 = 1.0$ cm Zweryfikowano
Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu $(1+2+3+4)*1.00$
 $u_z = 0.1$ cm $< u_{z\max} = L/250.00 = 1.0$ cm Zweryfikowano
Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu $(1+2+3+4)*1.00$



Przemieszczenia

$v_x = 0.3$ cm $< v_{x\max} = L/150.00 = 1.7$ cm Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu (1+2+3+4)*1.00

Profil niepoprawny !!!

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STAŁOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 592 K_592

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 10 KOMB2 sgn 9*1.00+4*1.50

MATERIAŁ: STAL St3S

$f_d = 215.00$ MPa

$E = 205000.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: 2 LRR 80x80x10

$h = 8.0$ cm

$b = 17.0$ cm

$t_w = 1.0$ cm

$t_f = 1.0$ cm

$A_y = 14.40$ cm²

$I_y = 175.00$ cm⁴

$W_{ely} = 30.92$ cm³

$A_z = 14.40$ cm²

$I_z = 418.58$ cm⁴

$W_{elz} = 49.24$ cm³

$A_x = 30.20$ cm²

$I_x = 9.16$ cm⁴

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = 103.69$ kN

$N_{rc} = 649.30$ kN

$M_y = 0.71$ kN*m

$M_{ry} = 6.65$ kN*m

$M_{ry_v} = 6.65$ kN*m

KLASA PRZEKROJU = 1 $B_y * M_{y_{max}} = 0.71$ kN*m

$V_z = -0.47$ kN

$V_{rz} = 179.57$ kN



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:

$L_y = 4.85$ m

$L_{wy} = 4.85$ m

$\lambda_y = 201.51$

$\lambda_y = 2.39$

$N_{cr_y} = 150.48$ kN

$f_{iy} = 0.16$



względem osi Z:

$L_z = 4.85$ m

$L_{wz} = 4.85$ m

$\lambda_z = 130.29$

$\lambda_z = 1.54$

$N_{cr_z} = 359.94$ kN

$f_{iz} = 0.33$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N / (f_d * N_{rc}) = 1.00 > 1.00$ (39); $N / (f_{iy} * N_{rc}) + B_y * M_{y_{max}} / (f_{iL} * M_{ry}) = 1.00 + 0.11 = 1.11 > 1.00$ - Delta $y = 0.98$ (58)

$V_z / V_{rz} = 0.00 < 1.00$ (53)

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

$u_y = 0.0$ cm $< u_{y_{max}} = L / 250.00 = 1.9$ cm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu (1+2+3+4)*1.00

$u_z = 0.0$ cm $< u_{z_{max}} = L / 250.00 = 1.9$ cm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu (1+2+3+4)*1.00



Przemieszczenia

$v_x = 0.1$ cm $< v_{x_{max}} = L / 150.00 = 3.2$ cm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu (1+2+3+4)*1.00

$v_y = 0.0$ cm $< v_{y_{max}} = L / 150.00 = 3.2$ cm

Zweryfikowano

Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu (1+2+3+4)*1.00

Profil niepoprawny !!!

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1052 K_1052

PUNKT:

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 0.00$ $L = 0.00$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 17 KOMB9 sgn $7*1.35+10*1.00$

MATERIAŁ: STAL St3S

$f_d = 215.00$ MPa

$E = 205000.00$ MPa



PARAMETRY PRZEKROJU: 2 LRR 65x65x7

$h = 6.5$ cm

$b = 14.0$ cm

$tw = 0.7$ cm

$tf = 0.7$ cm

$A_y = 8.19$ cm²

$I_y = 66.80$ cm⁴

$W_{ely} = 14.37$ cm³

$A_z = 8.19$ cm²

$I_z = 162.89$ cm⁴

$W_{elz} = 23.27$ cm³

$A_x = 17.40$ cm²

$I_x = 2.61$ cm⁴

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = 83.97$ kN

$N_{rc} = 374.10$ kN

$M_y = 0.19$ kN*m

$M_{ry} = 3.09$ kN*m

$M_{ry_v} = 3.09$ kN*m

$M_z = -0.01$ kN*m

$M_{rz} = 5.00$ kN*m

$M_{rz_v} = 5.00$ kN*m

$V_y = 0.00$ kN

$V_{ry} = 102.13$ kN

$V_z = -0.24$ kN

$V_{rz} = 102.13$ kN

KLASA PRZEKROJU = 2 $B_y * M_{y_{max}} = 0.19$ kN*m

$B_z * M_{z_{max}} = -0.01$ kN*m



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:

$L_y = 3.45$ m

$L_{wy} = 3.45$ m

$\lambda_y = 176.29$

$\lambda_y = 2.09$

$N_{cr_y} = 113.28$ kN

$\phi_y = 0.20$



względem osi Z:

$L_z = 3.45$ m

$L_{wz} = 3.45$ m

$\lambda_z = 112.89$

$\lambda_z = 1.34$

$N_{cr_z} = 276.22$ kN

$\phi_z = 0.40$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N / (\phi_y * N_{cr_y}) + B_y * M_{y_{max}} / (\phi_y * M_{ry}) + B_z * M_{z_{max}} / M_{rz} = 1.12 + 0.06 + 0.00 = 1.18 > 1.00$ - Delta $y = 0.98$ (58)

$V_y / V_{ry} = 0.00 < 1.00$ $V_z / V_{rz} = 0.00 < 1.00$ (53)

Profil niepoprawny !!!

OBLICZENIA KONSTRUKCJI STALOWYCH

NORMA: PN-90/B-03200

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

GRUPA:

PRĘT: 1839 belki IN_1839

PUNKT:

WSPÓŁRZĘDNA: $x = 1.00$ $L = 2.05$ m

OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 17 KOMB9 sgn $7*1.35+10*1.00$

MATERIAL: STAL St3S

$f_d = 215.00 \text{ MPa}$ $E = 205000.00 \text{ MPa}$



PARAMETRY PRZEKROJU: IN 200

$h = 20.0 \text{ cm}$	$A_y = 20.34 \text{ cm}^2$	$A_z = 15.00 \text{ cm}^2$	$A_x = 33.40 \text{ cm}^2$
$b = 9.0 \text{ cm}$	$I_y = 2140.00 \text{ cm}^4$	$I_z = 117.00 \text{ cm}^4$	$I_x = 14.60 \text{ cm}^4$
$tw = 0.8 \text{ cm}$	$W_{ely} = 214.00 \text{ cm}^3$	$W_{elz} = 26.00 \text{ cm}^3$	
$tf = 1.1 \text{ cm}$			

SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N = 184.90 \text{ kN}$	$M_y = -37.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_z = 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_y = -0.01 \text{ kN}$
$N_{rc} = 718.10 \text{ kN}$	$M_{ry} = 46.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{rz} = 5.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{ry} = 253.64 \text{ kN}$
	$M_{ry_v} = 46.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{rz_v} = 5.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_z = -22.07 \text{ kN}$
KLASA PRZEKROJU = 1	$B_y \cdot M_{y\max} = -37.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$B_z \cdot M_{z\max} = 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{rz} = 187.05 \text{ kN}$



PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi Y:

$L_y = 6.00 \text{ m}$	$\Lambda_{y} = 0.89$
$L_{wy} = 6.00 \text{ m}$	$N_{cr y} = 1202.72 \text{ kN}$
$\Lambda_{y} = 74.96$	$f_{iy} = 0.78$



względem osi Z:

$L_z = 2.10 \text{ m}$	$\Lambda_{z} = 1.33$
$L_{wz} = 2.10 \text{ m}$	$N_{cr z} = 536.79 \text{ kN}$
$\Lambda_{z} = 112.20$	$f_{iz} = 0.46$

FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

$N / (f_d \cdot N_{rc}) + B_y \cdot M_{y\max} / (f_{iy} \cdot M_{ry}) + B_z \cdot M_{z\max} / M_{rz} = 0.56 + 0.82 + 0.00 = 1.39 > 1.00 - \Delta z = 1.00 \text{ (58)}$
 $V_y / V_{ry} = 0.00 < 1.00$ $V_z / V_{rz} = 0.12 < 1.00 \text{ (53)}$

PRZEMIESZCZENIA GRANICZNE



Ugięcia

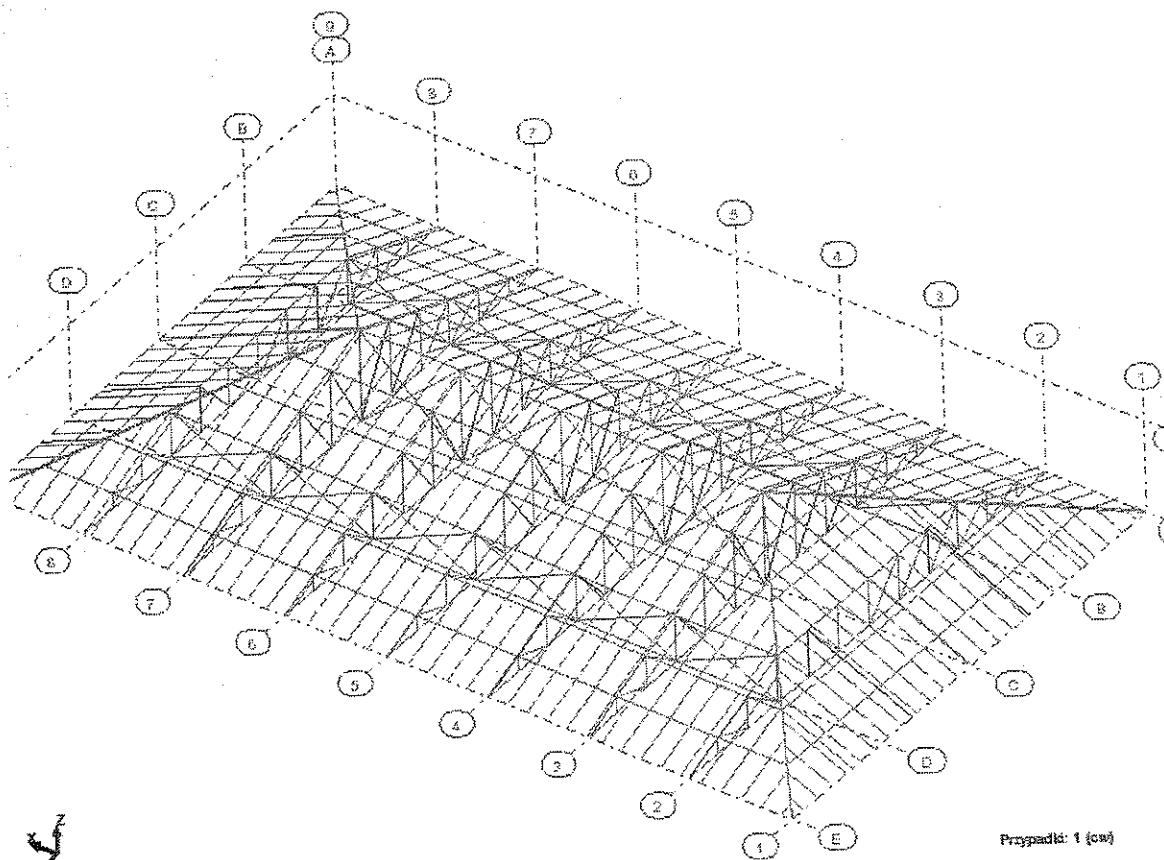
$u_y = 0.0 \text{ cm} < u_{y\max} = L / 200.00 = 1.0 \text{ cm}$ Zweryfikowano
Decydujący przypadek obciążenia: 21 KOMB13 sgu (1+2+6)*1.00
 $u_z = 0.1 \text{ cm} < u_{z\max} = L / 200.00 = 1.0 \text{ cm}$ Zweryfikowano
Decydujący przypadek obciążenia: 19 KOMB11 sgu (1+2+3+4)*1.00



Przemieszczenia Nie analizowano

Profil niepoprawny !!!

ELEMENTY wymagające wzmocnienia



Koniec załącznika obliczeniowego