

## **EKSPERTYZA NAUKOWO - TECHNICZNA**

dotycząca oceny nośności konstrukcji zadaszenia auli  
w budynku *Collegium Chemicum* UAM przy ul. Grunwaldzkiej w Poznaniu

Opracował:

**dr inż. Jacek Ścigałło**  
os. Jagielly 2/18, 60-694 Poznań  
Upł. budowlane do proj. w specjalności  
konstr. budowl. kier. robotami budowl.  
Nr ewid.: 141/90/PW

dr inż. Jacek ŚCIGAŁŁO

mgr inż. Michał DEMBY

Poznań, 20 kwietnia 2017

## SPIS TREŚCI

1. WSTĘP .....	3
1.1 Przedmiot opracowania .....	3
1.2 Cel i zakres opracowania .....	3
1.3 Podstawa prawna opracowania .....	3
1.4 Podstawa merytoryczna opracowania .....	3
2. KONSTRUKCJA OBIEKTU .....	6
2.1 Opis ogólny budynku .....	6
2.2 Konstrukcja zadaszenia auli .....	7
3. BADANIA KONSTRUKCJI .....	9
3.1 Badania makroskopowe, pomiary i odkrywki konstrukcyjne .....	9
3.1.1 Stropodach Kleina .....	9
3.1.2 Strop Kleina .....	10
3.1.3 Dachowe dźwigary kratowe .....	11
3.2 Badania nieniszczące wytrzymałości betonu .....	15
4. OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE .....	17
4.1 Płyta stropodachowa .....	17
4.2 Płyta stropowa .....	18
4.3 Dźwigary kratowe .....	20
5. PROPOZYCJA WYMIANY KONSTRUKCJI ISTNIEJĄCEGO STROPU .....	23
6. UWAGI I WNIOSKI KOŃCOWE .....	24
ZAŁĄCZNIKI	
Załącznik nr 1 – Dzienniki pomiarów sklerometrycznych .....	26
Załącznik nr 2 – Wydruki komputerowe obliczeń statyczno-wytrzymałościowych ...	27

## **1. WSTĘP**

### **1.1 Przedmiot opracowania**

Przedmiotem niniejszej ekspertyzy naukowo – technicznej jest konstrukcja zadaszania auli w budynku *Collegium Chemicum* Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu przy ulicy Grunwaldzkiej.

### **1.2 Cel i zakres opracowania**

Zasadniczym celem niniejszego opracowania jest analiza nośności konstrukcji nośnej zadaszania auli w budynku *Collegium Chemicum* przy ul. Grunwaldzkiej w Poznaniu. Zakres opracowania obejmuje następujące zagadnienia:

- Wstęp – podstawa merytoryczna i prawna opracowania.
- Opis konstrukcji obiektu w zakresie niezbędnym dla realizacji zadania.
- Badania makroskopowe konstrukcji połączone z wykonaniem odkrywek konstrukcyjnych oraz dokumentacji fotograficznej w zakresie niezbędnym dla realizacji niniejszego zlecenia.
- Badania nieniszczące wytrzymałości betonu metodą sklerometryczną.
- Obliczenia statyczne – wytrzymałościowe konstrukcji w celu określenia nośności i wyznaczenia dopuszczalnych wartości obciążeń.
- Podanie propozycji wzmocnienia konstrukcji.
- Wnioski i uwagi końcowe.

### **1.3 Podstawa prawna opracowania**

Niniejsze opracowanie wykonano na podstawie *Umowy o dzieło* z dnia 11.04.2017 roku pomiędzy Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu a Wykonawcą niniejszej ekspertyzy naukowo – technicznej.

### **1.4 Podstawa merytoryczna opracowania**

Przy opracowywaniu niniejszej ekspertyzy naukowo - technicznej wykorzystano następujące materiały źródłowe:

a) Badania obiektu:

- Wyniki pomiarów inwentaryzacyjnych oraz badań makroskopowych połączonych z wykonaniem dokumentacji fotograficznej z marca i kwietnia 2017 roku.
- Wyniki nieniszczących badań wytrzymałości betonu na ściskanie przy pomocy sklerometru Schmidta wykonanych podczas wizji lokalnej w kwietniu 2017.

b) Normy polskie:

- PN-84/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-80/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-87/B-03002 Konstrukcje murowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
- PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
- PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.
- PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.

c) Normy europejskie:

- PN-EN 1990 październik 2004. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN 1991-1-1:2004 kwiecień 2009. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- PN-EN 1991-1-2: 2006 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- PN-EN 1991-1-3: 2005. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem.
- PN-EN 1991-1-4: 2008. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Obciążenie wiatrem.
- PN-EN 1991-1-5: 2005. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne.
- PN-EN 1991-1-6: 2007. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-6: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji.
- PN-EN 1991-1-7: 2008. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-7: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe.
- PN-EN 1992-1-1: 2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- PN-EN 1992-1-2: 2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-2: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- PN-EN 206-1: czerwiec 2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.

d) Literatura:

- Bródka J., Kozłowski A., Ligocki I., Łaguna J., Ślęczka L.: Projektowanie i obliczanie połączeń i węzłów konstrukcji stalowych. Polskie Wydawnictwo Techniczne, Rzeszów 2009.
- Czarnecki L., Emmons P.H.: Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. Polski Cement, Kraków 2002.
- Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali. Tom 1. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
- Flaga K.: Naprężenia skurczowe i zbrojenie przypowierzchniowe w konstrukcjach betonowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Lądowa nr 295, Kraków 2011.
- Knauff M.: Obliczanie konstrukcji żelbetowych według Eurokodu 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- Knauff M., Golubińska A., Knyziak P.: Tablice i wzory do projektowania konstrukcji żelbetowych z przykładami obliczeń. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- Łubiński M., Filipowicz A., Żółtowski W.: Konstrukcje metalowe część 1. Arkady, Warszawa 2000.
- Łubiński M., Żółtowski W.: Konstrukcje metalowe część 2. Arkady, Warszawa 2004.



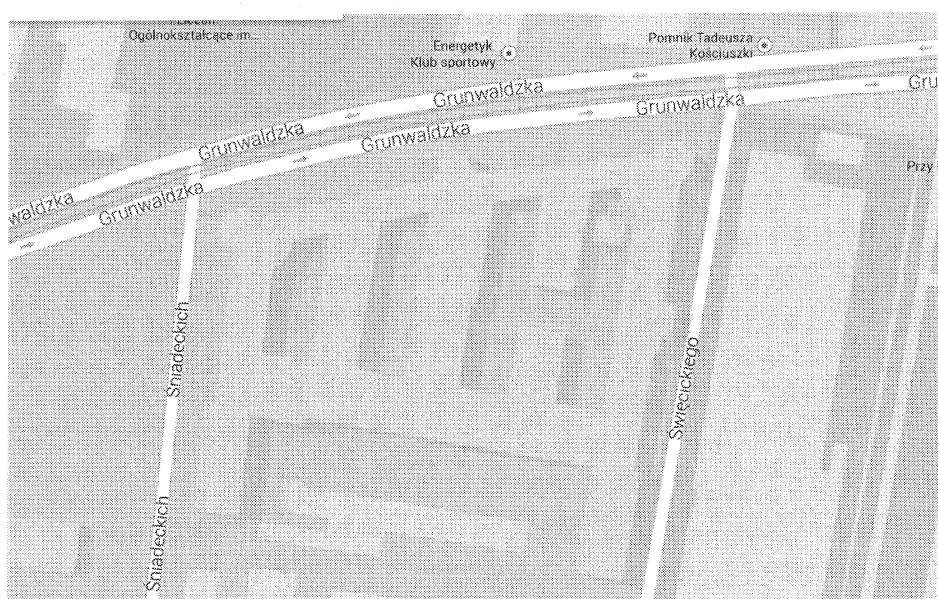
- Masłowski E., Spiżewska D.: Wzmacnianie konstrukcji budowlanych. Arkady, Warszawa 2002.
- Rawska Skotniczy A.: Obciążenia budynków i konstrukcji budowlanych według Eurokodów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- Rykaluk K.: Zagadnienia stateczności konstrukcji metalowych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2012.
- Sekcja Konstrukcji Betonowych KILiW PAN Podstawy projektowania konstrukcji żelbetowych i sprężonych według Eurokodu 2. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2006.
- Starosolski W.: Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych. Tom I. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
- Starosolski W.: Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych. Tom II. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
- Starosolski W.: Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych. Tom III. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- Starosolski W.: Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych. Tom IV. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- Starosolski W.: Wybrane zagadnienia komputerowego modelowania konstrukcji inżynierskich. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2003.
- Zybura A., Jaśniak M., Jaśniak T.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Badania korozji zbrojenia i właściwości ochronnych betonu. Tom 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
- Żmuda J.: Podstawy projektowania konstrukcji metalowych. Arkady, Warszawa 1996.

## 2. KONSTRUKCJA OBIEKTU

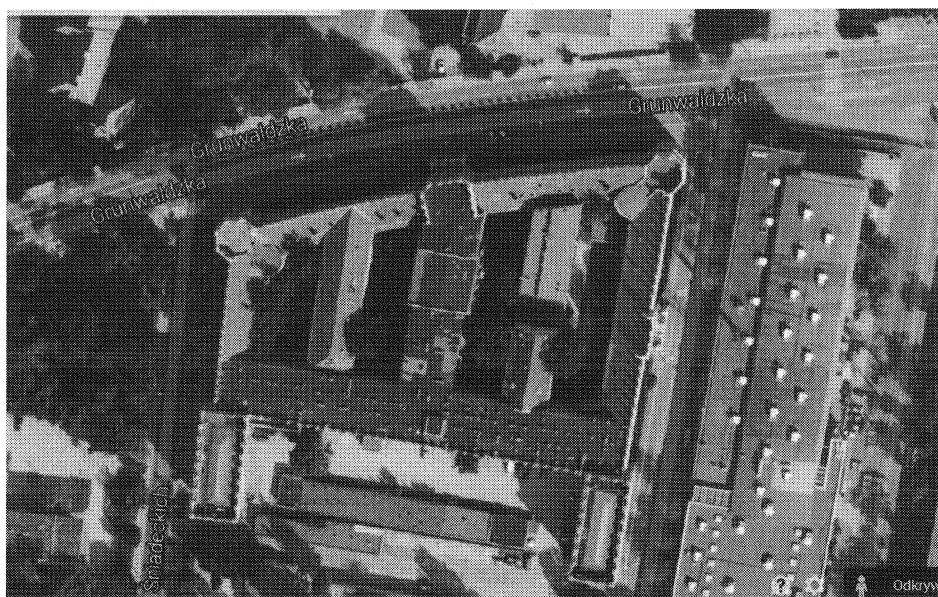
### 2.1 Opis ogólny budynku

Będący przedmiotem opracowania budynek Collegium Chemicum został zrealizowany w stylu neorenesansowym w pierwszej połowie XX wieku. Budowę rozpoczęto w 1920 roku z przeznaczeniem na budynek Politechniki Poznańskiej. W wyniku sprzeciwu ministerstwa prace wstrzymano. Budowę obiektu ukończono w 1929 roku jako Pałac Rządowy, jeden z pawilonów wystawienniczych Powszechnej Wystawy Krajowej (PeWuKa). Po zakończeniu wystawy gmach przeszedł w ręce Uniwersytetu Poznańskiego. Budynek czterokondygnacyjny – trzy kondygnacje nadziemne oraz jedna kondygnacja piwniczna (przyziemna).

Obiekt zajmuje znaczny obszar ograniczony ulicami Grunwaldzka, Śniadeckich i Święckiego (Fot. 1, 2, 3)



*Fot. 1 Lokalizacja budynku Collegium Chemicum UAM w Poznaniu (Mapy Google)*



*Fot. 2 Zdjęcie lotnicze budynku Collegium Chemicum UAM w Poznaniu (Mapy Google)*



*Fot. 3 Widok budynku od strony wejścia głównego przy ul. Grunwaldzkiej (www.google.pl)*

## **2.2 Konstrukcja zadaszenia auli**

Konstrukcja zadaszenia auli złożona jest ze stalowych dźwigarów kratowych (Fot. 4) z ciężkimi płytami Kleina opartymi na pasach górnym (płyta stropodachowa) i dolnym (płyta stropowa). Przestrzeń pomiędzy płytą stropodachową i stropową tworzy przestrzeń użytkową, w której zainstalowano lekkie przewody instalacji wentylacyjnej.

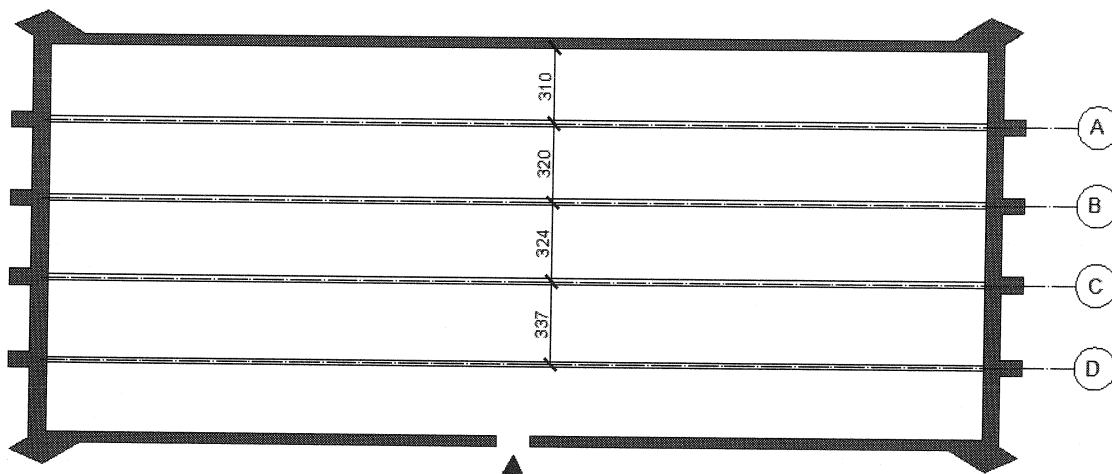


*Fot. 4 Przestrzeń stropodachu ograniczona konstrukcją kratowych dźwigarów dachowych*

Elementy konstrukcyjne pasów dolnego i górnego dachowych dźwigarów kratowych zespolono z monolityczną konstrukcją płyt Kleina.

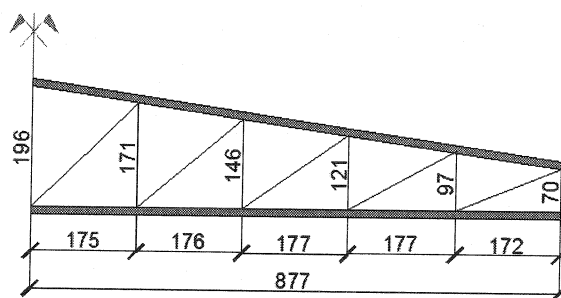
Płyty stropodachową i stropową zrealizowano jako zbrojony strop Kleina, który wykonano na bazie pustaków ceramicznych.

Na całą przestrzeń stropodachową składają się 4 dźwigary kratowe (Rys. 1) rozstawione osiowo odpowiednio co: 3,10-3,20-3,24-3,37 m.



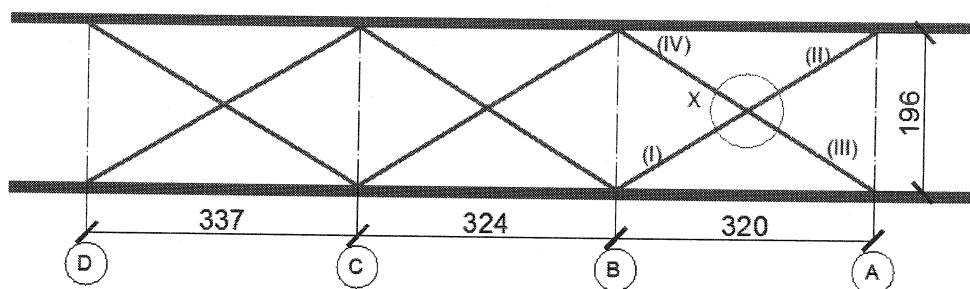
*Rys. 1 Rzut stalowej konstrukcji dachowej zadaszenia auli*

Dźwigary dwuspadowe o rozpiętości 17,60 m i wysokości w świetle pomiędzy pasami górnym i dolnym wynoszą odpowiednio: 1,96 m w kalenicy oraz 0,70 m w linii podporowej na zewnętrznych, podporowych ścianach murowanych (Rys. 2).



*Rys. 2 Układ zakratowania dźwigarów*

W kierunku podłużnym (poprzecznym do rozpiętości kratownic) środkowe dźwigary zostały stężone w połowie ich rozpiętości pionowym zakratowaniem ze stalowych elementów sztywnych (Rys. 3).



*Rys. 3 Pionowe stężenie dźwigarów w połowie rozpiętości*

### 3. BADANIA KONSTRUKCJI

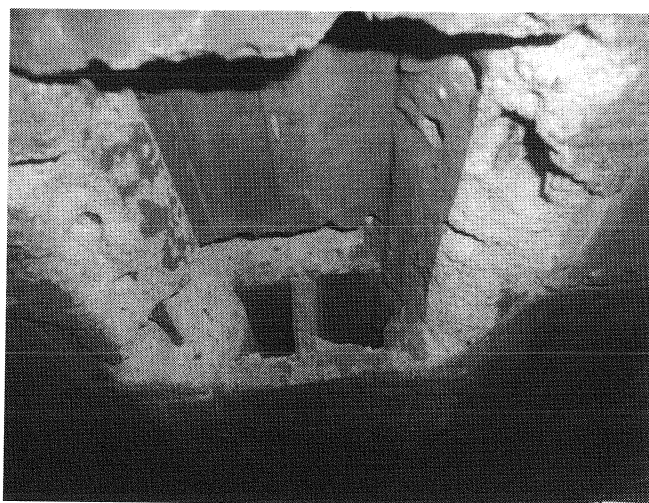
#### 3.1 Badania makroskopowe, pomiary i odkrywki konstrukcyjne

##### 3.1.1 Stropodach Kleina

Badania makroskopowe konstrukcji obejmowały: ocenę makroskopową stanu technicznego konstrukcji, pomiary inwentaryzacyjne wymiarów elementów nośnych oraz wykonanie odkrywek zbrojenia głównego.

Wykonany przewiert stropodachu (fot. 5, 6) pozwolił na ustalenie układu warstw. Układ warstw stropodachu licząc od góry:

- papa asfaltowa,
- konstrukcja płyty stropodachowej Kleina 0,16 m.



*Fot. 5 Odkrywka płyty stropodachowej*



*Fot. 6 Odkrywka płyty stropodachowej – pomiar rozstawu prętów zbrojenia dolnego płyty*

9



Wykonane pomiary inwentaryzacyjne oraz odkrywki konstrukcyjne zbrojenia wykazały następujące parametry zbrojenia:

- grubość konstrukcyjna stropodachu - 0,16 m,
- grubość pustaków - 0,10 m,
- grubość nadbetonu - 0,06 m,
- średnica prętów - 8 mm,
- stal gładka,
- rozstaw prętów zbrojeniowych - 0,20 m,
- odległość środka ciężkości prętów do dolnej powierzchni stropodachu - 0,04 m.

### 3.1.2 Strop Kleina

Badania makroskopowe konstrukcji obejmowały: ocenę makroskopową stanu technicznego konstrukcji, pomiary inwentaryzacyjne wymiarów elementów nośnych oraz wykonanie odkrywek zbrojenia głównego. Ponadto wykonano badania nieniszczące wytrzymałości betonu płyty stropowej (tabl. 1)

Wykonany przewiert stropu (fot. 7, 8) pozwolił na ustalenie układu warstw.

Układ warstw stropu licząc od góry:

- konstrukcja płyty stropowej Kleina 0,14 m,
- tynk cementowo-wapienny grubości 0,02 m.



*Fot. 7 Odkrywka płyty stropowej*

Wykonane pomiary inwentaryzacyjne oraz odkrywki konstrukcyjne zbrojenia wykazały następujące parametry zbrojenia:

- grubość konstrukcyjna stropodachu - 0,14 m,
- grubość pustaków - 0,10 m,
- grubość nadbetonu - 0,04 m,
- średnica prętów - 8 mm,
- stal gładka,
- rozstaw prętów zbrojeniowych - 0,20 m,
- odległość środka ciężkości prętów do górnej powierzchni stropu - 0,10 m.



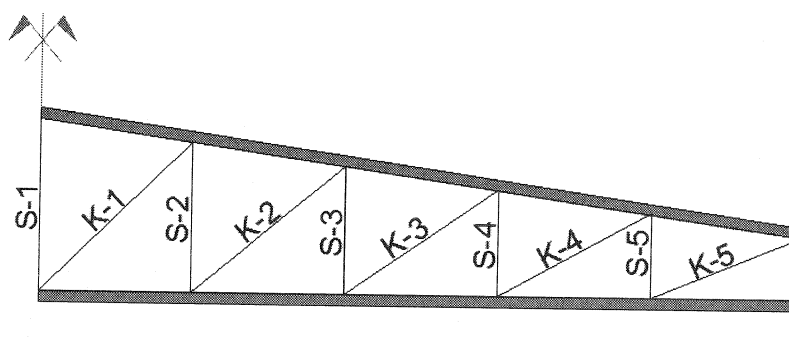
Fot. 8 Odkrywka zbrojenia dolnego płyty stropowej Kleina

Tabl. 1 Wyniki pomiarów sklerometrycznych

Miejsce	Kąt	Odczyt				
		1	2	3	4	5
1	0	28	29	29	29	26
2	0	25	25	27	26	28
3	0	26	25	26	27	28

### 3.1.3 Dachowe dźwigary kratowe

Badania makroskopowe konstrukcji obejmowały: ocenę makroskopową stanu technicznego konstrukcji, pomiary inwentaryzacyjne geometrii dźwigarów (Rys. 2) oraz pomiary wymiarów i grubości ścianek profili stalowych (Rys. 4).



Rys. 4 Oznaczenia prętów zakratowania dźwigarów dachowych

W poniższych tabelach zestawiono wyniki przeprowadzonych pomiarów inwentaryzacyjnych geometrii i przekrojów elementów składowych konstrukcji dachowych dźwigarów kratowych. Na podstawie pomiarów zawartych w poniższych tabelach 2, 3, 4 i 5 przyjęto katalogowe przekroje elementów zakratowania:

- pas górny – 2I140,
- pas dolny – 2I140,
- krzyżulce K1, K2, K3 - R76,1x7,1 mm,
- krzyżulce K4, K5 - R133x6,3 mm,
- słupki S1, S2, S3, S4, S5 - R76,1.

Tabl. 2 Wyniki pomiarów szerokości stopki dwuteownika pasa górnego

Kratownica w osi:	Szerokość $b_f$ stopki dwuteownika [mm]	
	Pomiar I	Pomiar II
A	66,04	66,77
B	66,19	65,91
C	65,74	67,82
D	66,65	66,12

Tabl. 3 Wyniki pomiarów szerokości stopki dwuteownika pasa dolnego

Kratownica w osi:	Szerokość $b_f$ stopki dwuteownika [mm]	
	Pomiar I	Pomiar II
A	67,65	66,66
B	67,23	66,44
C	65,73	65,85
D	66,35	65,93

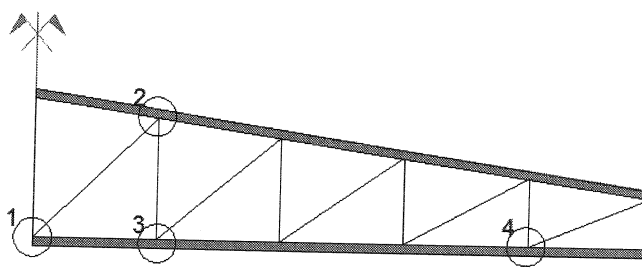
Tabl. 4 Wyniki pomiarów średnicy prętów rurowych zakratowania dźwigarów

Element	Średnica $\phi$ krzyżulca/słupka [mm]		
	Pomiar I	Pomiar II	Pomiar III
<b>Słupki</b>			
S-1	76,28	76,67	76,49
S-2	76,58	76,55	76,90
S-3	75,88	75,38	-
S-4	75,89	75,14	-
S-5	75,74	76,21	-
<b>Krzyżulce</b>			
K-1	76,39	76,37	76,35
K-2	76,00	76,31	-
K-3	76,79	76,68	-
K-4	130,22	130,75	-
K-5	132,47	131,73	-

Tabl. 5 Wyniki pomiarów grubości ścianek prętów rurowych zakratowania dźwigarów

Nr elementu	Grubość ścianki rury [mm]
K-1	7,45
K-2	7,56
K-3	7,60
K-4	6,71
K-5	6,42

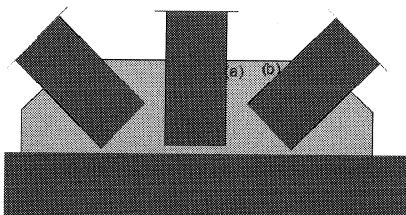
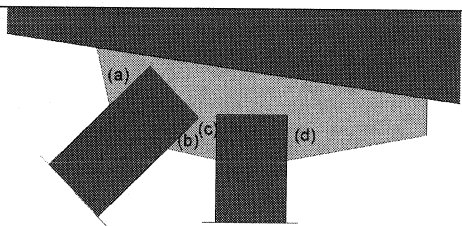
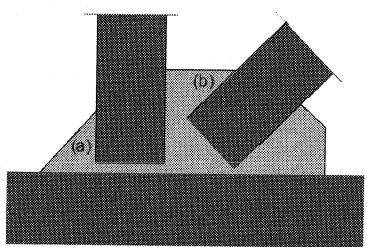
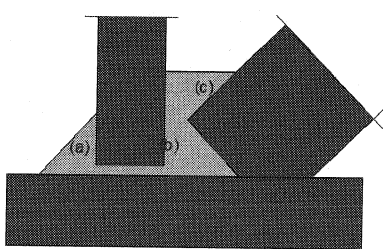
Wykonano pomiary inwentaryzacyjne długości spoin w losowo wybranych węzłach kratownicy (Rys. 5), które zamieszczono w tabeli 6.



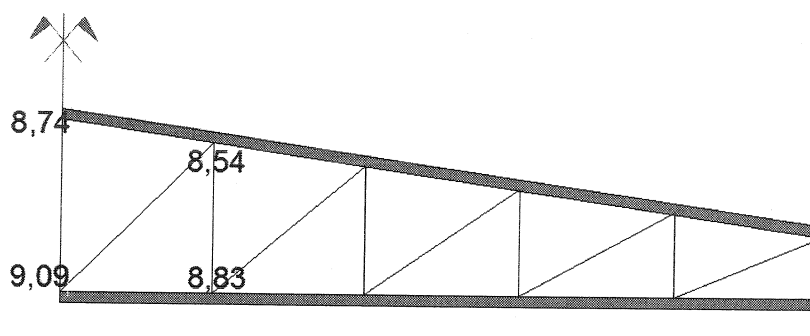
Rys. 5 Lokalizacja wybranych węzłów do weryfikacji długości spoin



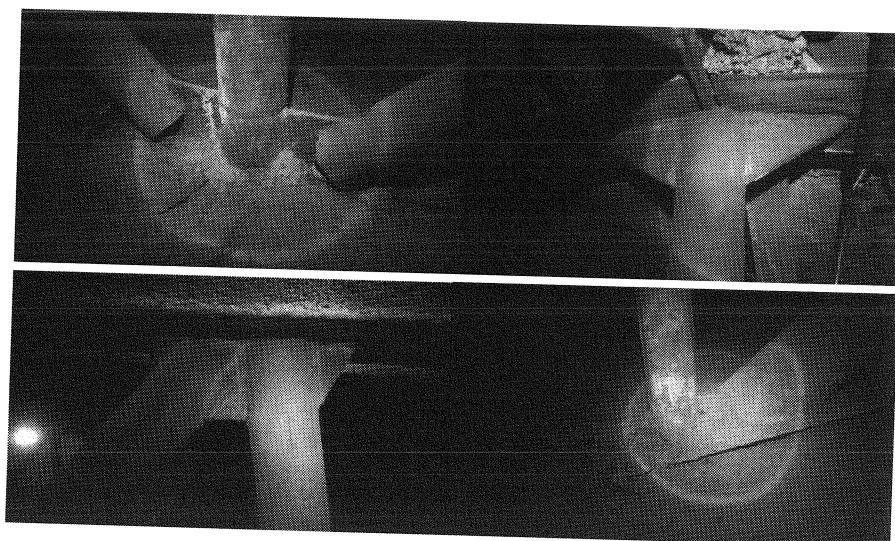
Tabl. 6 Wyniki pomiarów długości spoin

Nr węzła (wg rys. 5)		Długość spoiny [mm]	
1		(a)	55,44
		(b)	45,35
2		(a)	29,28
		(b)	31,42
		(c)	29,04
		(d)	42,91
3		(a)	58,06
		(b)	51,76
4		(a)	24,61
		(b)	57,43
		(c)	107,17

Ponadto wykonano pomiary inwentaryzacyjne grubości losowo wybranych blach węzłowych dźwigarów (Rys. 6). Na fotografii 9 przedstawiono dokumentację fotograficzną wybranych połączeń węzłowych dźwigarów dachowych.



Rys. 6 Pomiary grubości losowo wybranych blach węzłowych



*Fot. 9 Wybrane węzły dźwigara*

Wyniki pomiarów elementów stężeń pionowych dachowych dźwigarów kratowych (Fot. 10) zamieszczono w tabeli 7.

*Tabl. 7 Wyniki pomiarów profili stężeń (kątowniki)*

Numer pomiaru	Wynik pomiaru
I	64,12 x 67,62 x 7,66
II	64,27 x 68,03 x 7,70
III	65,55 x 67,30 x 7,53
IV	65,35 x 67,10 x 7,83



*Fot. 10 Widok pionowych stężeń dźwigarów dachowych*

### 3.2 Badania nieniszczące wytrzymałości betonu

Badania wykonano metodą nieniszczącą przy pomocy sklerometru Schmidta typu N, przedstawiając pomiary liczb odbicia w dziennikach pomiarów sklerometrycznych. Dzienniki pomiarów sklerometrycznych zamieszczono w załączniku nr 1 niniejszego opracowania. Miejsca badań wybrano losowo starając się unikać miejsc porowatych. Podczas badań przyrząd usytuowany był pionowo w dół. Sposób przeprowadzania badań oraz sposób interpretacji wyników są zgodne z Instrukcją ITB nr 210 wydanej przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

Korzystając z zależności podanych w *Instrukcji* wyznaczono:

- wytrzymałość średnią betonu w [MPa]

$$\bar{R} = \bar{L}(0.0356\bar{L}(\nu_L^2 + 1) - 0.795 + \frac{6.4}{\bar{L}})$$

- odchylenie standardowe z wytrzymałości średniej betonu w [MPa]

$$s_R = \bar{L} \nu_L \sqrt{0.0254\bar{L}(\nu_L^2 + 2) - 0.1134\bar{L} + 0.633}$$

- wytrzymałość minimalną betonu w [MPa]

$$R_{min} = \bar{R} - 1.64s_R$$

- współczynnik zmienności wytrzymałości betonu

$$\nu_R = \frac{s_R}{\bar{R}}$$

- współczynnik jednorodności betonu

$$k_R = \frac{R_{min}}{\bar{R}}$$

Ponadto korzystając z zależności podanych w normie PN-84/B-03264 wyznaczono:

- wytrzymałość gwarantowaną betonu w [MPa]

$$R_b^G = (1 - 1.64\nu_R)\bar{R}_{15}$$

$\bar{R}_{15}$  - wytrzymałość średnia dla próbek sześciennych o boku  
0,15 m

$$\bar{R}_{15} = 1.15\bar{R}$$

- wytrzymałość charakterystyczną betonu na ściskanie w [MPa]

$$R_{bk} = (0.77 - 0.001R_b^G)R_b^G$$

- wytrzymałość charakterystyczną betonu na rozciąganie w [MPa]

$$R_{bzk} = (0.23 - 0.0005R_{bk})R_{bk}^{2/3}$$

- wytrzymałość obliczeniową betonu w konstrukcjach żelbetowych w [MPa]  
- dla ściskania

$$R_b = \frac{R_{bk}}{\gamma_b} \quad \gamma_b = 1.3$$

- dla rozciągania

$$R_{bz} = \frac{R_{bzk}}{\gamma_b} \quad \gamma_b = 1.5$$

- wytrzymałość obliczeniową betonu w konstrukcjach betonowych w [MPa]  
- dla ściskania

$$R_{bb} = \frac{R_{bk}}{\gamma_{bb}} \quad \gamma_{bb} = 1.6$$

- dla rozciągania

$$R_{bbz} = \frac{R_{bzk}}{\gamma_{bb}} \quad \gamma_{bb} = 1.9$$

- współczynnik sprężystości betonu w [MPa]

$$E_b = \frac{10000}{0.18 + \frac{2.85}{R_{bk}}}$$

W tablicy 8 zestawiono wyniki badań nieniszczących wytrzymałości betonu podając dla każdego badanego elementu jego wytrzymałości średnią i gwarantowaną w [MPa] oraz jego jednorodność w pięciostopniowej skali.

*Tabl. 8 Wyniki badań nieniszczących wytrzymałości betonu*

Badany element konstrukcyjny	Wytrzymałość średnia $R_{sr}$	Wytrzymałość gwarantowana $R_b^G$	Jednorodność betonu	Klasa betonu
	[MPa]	[MPa]	[-]	[MPa]
Płyta stropowa nad przyziemiem	14,53	14,88	Bardzo dobra	B 15

Przeprowadzone badania nieniszczące wytrzymałości betonu wykazały, że wytrzymałość gwarantowana betonu na ściskanie płyty stropowej Kleina można zaklasyfikować do betonu klasy C12/15.

## 4. OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE

### 4.1 Płyta stropodachowa

#### 4.1.1 Parametry geometryczno – wytrzymałościowe stropu

Wykonane pomiary inwentaryzacyjne oraz odkrywki konstrukcyjne zbrojenia wykazały następujące parametry zbrojenia:

- grubość konstrukcyjna stropodachu - 0,16 m,
- grubość pustaków - 0,10 m,
- grubość nadbetonu - 0,06 m,
- średnica prętów - 8 mm,
- stal gładka,
- rozstaw prętów zbrojeniowych - 0,20 m,
- odległość środka ciężkości prętów do dolnej powierzchni stropodachu - 0,04 m.

#### 4.1.2 Zebranie obciążeń

Wartości charakterystycznych i obliczeniowych obciążeń stałych i zmiennych ustalono na podstawie przedmiotowych norm obciążeń dla wyznaczonego podczas badań układu warstw stropowych.

Układ warstw stropowych licząc od góry:

- papa asfaltowa,
- konstrukcja płyty stropodachowej Kleina 0,16 m.

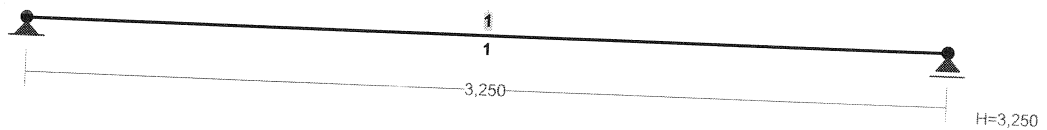
Tabl. 9 Obciążenie płyty stropodachowej w  $\text{kN/m}^2$

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne $\text{kN/m}^2$	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe $\text{kN/m}^2$
<b>Obciążenia stałe</b>				
1.	Pustaki ceramiczne 0,10-15,0	1,500	1,35	2,025
2.	Beton płyty grubości 6 cm 0,06-24,0	1,440	1,35	1,944
3.	Papa asfaltowa 3 warstwy 0,20	0,200	1,35	0,270
<b>RAZEM obciążenia stałe</b>		<b>3,140</b>	<b>1,35</b>	<b>4,239</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
4.	obciążenie śniegiem	0,720	1,50	1,080
<b>RAZEM obciążenia zmienne</b>		<b>0,720</b>	<b>1,50</b>	<b>1,080</b>
<b>RAZEM</b>		<b>3,860</b>	<b>1,378</b>	<b>5,319</b>

#### 4.1.3 Obliczenia statyczne

Obliczenia statyczne wykonano komputerowo przy wykorzystaniu programu obliczeniowego do analizy płaskich układów prętowych RM-WIN. Pełne wydruki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zamieszczono w załączniku nr 2.

$$M_{Ed} = 7,023 \text{ kNm/m}$$



Rys. 7 Schemat statyczny płyty stropodachowej

#### 4.1.4 Obliczenia wytrzymałościowe

Obliczenia wytrzymałościowe przekrojów miarodajnych wykonano komputerowo przy wykorzystaniu programu własnego ZELBET opcja DIAGNOSTYKA. Pełne wydruki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zamieszczono w załączniku nr 2. Nośność przekroju zginanego  $M_{Rd}$ :

$$M_{Rd} = 5,599 \text{ kNm/m}$$

#### 4.1.5 Sprawdzenie warunku nośności

Warunek nośności przekroju zginanego:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} = 7,023 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rd} = 5,599 \text{ kNm/m}$$

Ponieważ:

$$M_{Ed} = 7,023 \text{ kNm} > M_{Rd} = 5,599 \text{ kNm/m}$$

Warunek nośności płyty stropodachowej jest w świetle przepisów norm europejskich przekroczony o 26%.

### 4.2 Płyta stropowa

#### 4.2.1 Parametry geometryczno – wytrzymałościowe stropu

Wykonane pomiary inwentaryzacyjne oraz odkrywki konstrukcyjne zbrojenia wykazały następujące parametry zbrojenia:

- grubość konstrukcyjna stropu - 0,14 m,
- grubość pustaków - 0,10 m,
- grubość nadbetonu - 0,04 m,
- średnica prętów - 8 mm,
- stal gładka,
- rozstaw prętów zbrojeniowych - 0,20 m,
- odległość środka ciężkości prętów do dolnej powierzchni stropodachu - 0,04 m.

#### 4.2.2 Zebranie obciążeń

Wartości charakterystycznych i obliczeniowych obciążeń stałych i zmiennych ustalono na podstawie przedmiotowych norm obciążeń dla wyznaczonego podczas badań układu warstw stropowych.

Układ warstw stropowych licząc od góry:

- konstrukcja płyty stropowej Kleina 0,14 m,
- tynk cementowo-wapienny grubości 0,02 m.

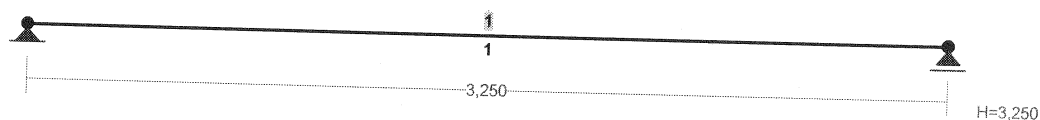
Tabl. 10 Obciążenie płyty stropowej w  $\text{kN/m}^2$

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne $\text{kN/m}^2$	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe $\text{kN/m}^2$
<b>Obciążenia stałe</b>				
1.	Pustaki ceramiczne 0,10-15,0	1,500	1,35	2,025
2.	Beton płyty grubości 4 cm 0,04-24,0	0,960	1,35	1,296
3.	Tynk cementowo-wapienny 0,02-19,0	0,380	1,35	0,513
<b>RAZEM obciążenia stałe</b>		<b>2,840</b>	<b>1,35</b>	<b>3,834</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
4.	obciążenie użytkowe $q_{dop}$	$q_{dop}$	$\gamma_f$	$q_{dop}\gamma_f$
<b>RAZEM obciążenia zmienne</b>		$q_{dop}$	$\gamma_f$	$q_{dop}\gamma_f$
<b>RAZEM</b>		<b><math>2,840 + q_{dop}</math></b>	$\gamma_f$	<b><math>3,834 + q_{dop}\gamma_f</math></b>

#### 4.2.3 Obliczenia statyczne

Obliczenia statyczne wykonano komputerowo przy wykorzystaniu programu obliczeniowego do analizy płaskich układów prętowych RM-WIN. Pełne wydruki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zamieszczono w załączniku nr 2.

$$M_{Ed} = 5,062 \text{ kNm/m}$$



Rys. 8 Schemat statyczny płyty stropowej

#### 4.2.4 Obliczenia wytrzymałościowe

Obliczenia wytrzymałościowe przekrojów miarodajnych wykonano komputerowo przy wykorzystaniu programu własnego ZELBET opcja DIAGNOSTYKA. Pełne wydruki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zamieszczono w załączniku nr 2. Nośność przekroju zginanego  $M_{Rd}$ :

$$M_{Rd} = 4,644 \text{ kNm/m}$$

#### 4.2.5 Sprawdzenie warunku nośności

Warunek nośności przekroju zginanego:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} = 5,062 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Rd} = 4,644 \text{ kNm/m}$$

Ponieważ:

$$M_{Ed} = 5,062 \text{ kNm} > M_{Rd} = 4,644 \text{ kNm/m}$$

Warunek nośności płyty stropowej dla samego ciężaru stropu bez obciążenia użytkowego jest w świetle przepisów norm europejskich przekroczony o 9%.

### 4.3 Dźwigary kratowe

#### 4.3.1 Parametry geometryczno – wytrzymałościowe dźwigarów

Parametry dźwigarów kratowych:

- stal St0S,
- rozpiętość obliczeniowa dźwigarów - 17,5 m,
- rozstaw osiowy - 3,25 m,
- wysokość osiowa w kalenicy - 2,07 m,
- wysokość osiowa w przekroju podporowym - 0,82 m,
- pas górny – 2I140,
- pas dolny – 2I140,
- krzyżulce K1, K2, K3 - R76,1x7,1 mm,
- krzyżulce K4, K5 - R133x6,3 mm,
- słupki S1, S2, S3, S4, S5 - R76,1.

#### 4.3.2 Zebranie obciążeń

Wartości charakterystycznych i obliczeniowych obciążeń stałych i zmiennych ustalono na podstawie przedmiotowych norm obciążeń dla wyznaczonego podczas badań układu warstw stropowych. Wartości obciążeń

Tabl. 11 Obciążenie pasa górnego kratownicy wg EC w kN/m

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne kN/m	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe kN/m
<b>Obciążenia stałe</b>				
1.	Oddziaływanie stropodachu 3,14-3,25	10,21	1,35	13,78
<b>RAZEM obciążenia stałe</b>		<b>10,21</b>	<b>1,35</b>	<b>13,78</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
2.	Oddziaływanie stropodachu 0,72-3,25	2,34	1,50	3,51
<b>RAZEM obciążenia zmienne</b>		<b>2,34</b>	<b>1,50</b>	<b>3,51</b>
<b>RAZEM</b>		<b>12,55</b>	<b>1,378</b>	<b>17,29</b>



Tabl. 12 Obciążenie pasa dolnego kratownicy wg EC w kN/m

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne kN/m	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe kN/m
<b>Obciążenia stałe</b>				
1.	Oddziaływanie stropodachu 2,84-3,25	9,23	1,35	12,46
<b>RAZEM obciążenia stałe</b>		<b>9,23</b>	<b>1,35</b>	<b>12,46</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
2.	obciążenie użytkowe $3,25 \cdot q_{dop}$	$3,25 \cdot q_{dop}$	$\gamma_f$	$3,25 \cdot q_{dop} \gamma_f$
<b>RAZEM obciążenia zmienne</b>		<b><math>3,25 \cdot q_{dop}</math></b>	<b><math>\gamma_f</math></b>	<b><math>3,25 \cdot q_{dop} \gamma_f</math></b>
<b>RAZEM</b>		<b><math>9,23 + 3,25 \cdot q_{dop}</math></b>	<b><math>\gamma_f</math></b>	<b><math>12,46 + 3,25 \cdot q_{dop} \gamma_f</math></b>

Tabl. 13 Obciążenie pasa górnego kratownicy wg PN w kN/m

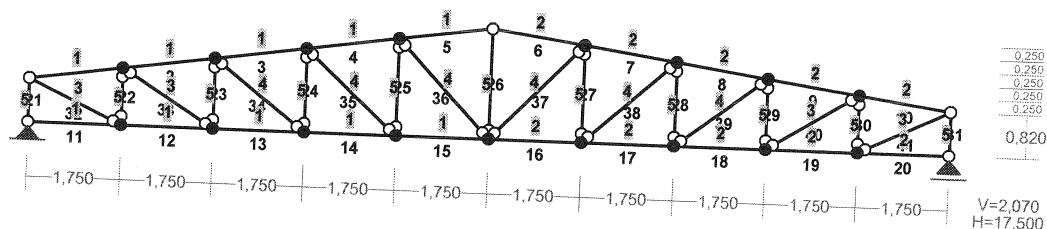
Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne kN/m	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe kN/m
<b>Obciążenia stałe</b>				
1.	Ciężar własny konstrukcji 2,94-3,25	9,56	1,10	10,52
2.	Ciężar pokrycia dachowego 0,20-3,25	0,65	1,30	0,85
<b>RAZEM obciążenia stałe</b>		<b>10,21</b>	<b>1,114</b>	<b>11,37</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
3.	Oddziaływanie stropodachu 0,56-3,25	1,82	1,40	2,55
<b>RAZEM obciążenia zmienne</b>		<b>1,82</b>	<b>1,40</b>	<b>2,55</b>
<b>RAZEM</b>		<b>12,03</b>	<b>1,157</b>	<b>13,92</b>

Tabl. 14 Obciążenie pasa dolnego kratownicy wg PN w kN/m

Lp.	Rodzaj obciążenia	Obciążenie charakterystyczne kN/m	Współczynnik obciążenia $\gamma_f$	Obciążenie obliczeniowe kN/m
<b>Obciążenia stałe</b>				
1.	Ciężar własny konstrukcji 2,46-3,25	7,99	1,10	8,79
2.	Tynk cementowo-wapienny 0,38-3,25	1,24	1,30	1,61
<b>RAZEM obciążenia stałe</b>		<b>9,23</b>	<b>1,127</b>	<b>10,40</b>
<b>Obciążenia zmienne</b>				
3.	obciążenie użytkowe 1,00-3,25	3,25	1,40	4,55
<b>RAZEM obciążenia zmienne</b>		<b>3,25</b>	<b>1,40</b>	<b>4,55</b>
<b>RAZEM</b>		<b>12,48</b>	<b>1,198</b>	<b>14,95</b>

#### 4.3.3 Analiza nośności

Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano komputerowo przy wykorzystaniu programu obliczeniowego do analizy płaskich układów prętowych RM-WIN. Pełne wydruki przeprowadzonych obliczeń numerycznych zamieszczono w załączniku nr 2.



Rys. 9 Schemat statyczny kratowych dźwigarów dachowych

Wyniki przeprowadzonej analizy statyczno-wytrzymałościowej przedstawiono w poniższej tabeli 15 podając dla danego typu elementu dźwigara kratowego poziom wyłączenia elementu odniesiony do 100%.

Analizę wykonano dla 3 przypadków obciążenia:

- A – obciążenie istniejące przy obciążeniu użytkowym stropu  $1,0 \text{ kN/m}^2$  ( $100 \text{ kg/m}^2$ ),
- B – obciążenie istniejące przy braku obciążenia użytkowego stropu,
- C – obciążenie po zaproponowanej modernizacji konstrukcji stropu.

Tabl. 15 Poziom wyłączenia elementów konstrukcyjnych dźwigarów

Element	Wyłączenie elementów dla przypadku obliczeniowego				
	A		B		C
	wg EC	wg PN	wg EC	wg PN	wg EC
Pas górny	146	121	122	104	100
Pas dolny	136	118	116	100	93
Krzyżulce R133	116	101	100	86	82
Krzyżulce 76,1	53	46	46	46	39
Słupki 76,1	111	96	96	83	80

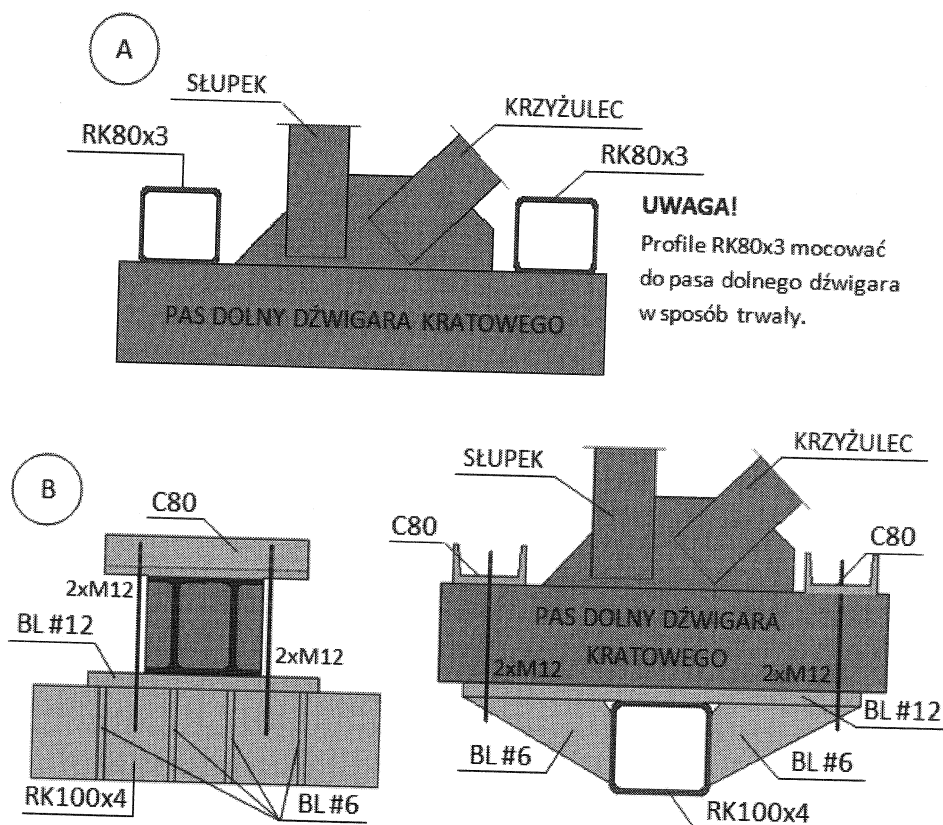
## 5. PROPOZYCJA WYMIANY KONSTRUKCJI ISTNIEJĄCEGO STROPU

W związku ze znacznym przekroczeniem nośności wszystkich elementów konstrukcji zadaszenia auli proponuje się wymianę konstrukcji stropu opartego na pasach dolnych stalowych dźwigarów dachowych na lekką, stalową konstrukcję stropową. Konstrukcja lekkiego stropu może być podwieszona do węzłów pasów dolnych dźwigarów kratowych. W tym celu należy rozebrać istniejącą konstrukcję ciężkiego stropu typu Kleina z pozostawieniem betonu w bezpośrednim sąsiedztwie pasów dolnych dźwigarów.

Całkowity ciężar konstrukcji lekkiego stropu łącznie z sufitem podwieszonym i ociepleniem oraz dodatkowym obciążeniem użytkowym nie może przekraczać wartości  $1,5 \text{ kN/m}^2$  ( $150 \text{ kg/m}^2$ ).

Na konstrukcję lekkiego rusztu stropowego podwieszonego do stalowych dźwigarów kratowych można zastosować pojedyncze przekroje rurowe  $\text{R}100 \times 4 \text{ mm}$  lub podwójne  $\text{RK}80 \times 3 \text{ mm}$ . W przypadku zastosowania podwójnych przekrojów  $\text{RK}80 \times 3 \text{ mm}$  należy je podwiesić obustronnie w stosunku do węzłów dźwigarów kratowych. W przypadku zastosowania pojedynczych przekrojów rurowych  $\text{RK}100 \times 4 \text{ mm}$  należy je podwiesić osiowo do węzłów dolnych dźwigara kratowego poprzez odpowiednio rozbudowany węzeł podwieszający. W obu przypadkach belki należy uciągnąć na długości poprzez zastosowanie styków montażowych w miejscach minimalnych momentów zginających. W drugim kierunku belki stropowe należy odpowiednio usztywnić belkami poprzecznymi w rozstawie dostosowanym do przejętej konstrukcji lekkiej płyty podestowej i wymagań konstrukcji podwieszenia sufitu. W przyściennych polach skrajnych należy zastosować odpowiednie stężenia poziome stropu stalowego przekazujące siły poziome na ściany murowane budynku.

Na rysunku 10 przedstawiono proponowany detal połączenia belek stalowych z węzłami dźwigarów dachowych.



Rys. 10 Propozycja połączenia belek stropowych z węzłami dźwigarów kratowych

## 6. UWAGI I WNIOSKI KOŃCOWE

Na podstawie:

- wyników wizji lokalnych przeprowadzonych w marcu i kwietniu 2017 roku,
- badań makroskopowych konstrukcji,
- dokumentacji fotograficznej,
- badań sklerometrycznych wytrzymałości betonu,
- odkrywek konstrukcyjnych zbrojenia wykonanych w marcu i kwietniu 2017 roku,
- pomiarów inwentaryzacyjnych konstrukcji,
- sprawdzających diagnostycznych obliczeń statyczno – wytrzymałościowych,

sformułowano poniżej przedstawione wnioski i uwagi końcowe dotyczące konstrukcji zadaszenia auli w budynku *Collegium Chemicum* Uniwersytetu Adama Mickiewicza przy ul. Grunwaldzkiej w Poznaniu.

1. Konstrukcja wsporcza zadaszenia Auli w budynku *Collegium Chemicum* w Poznaniu jest przeciążona w świetle przepisów Eurokodów. Uwaga dotyczy wszystkich elementów konstrukcyjnych: płyt stropodachowej i stropowej typu Kleina oraz konstrukcji stalowych dźwigarów kratowych, na których opierają się płyty Kleina.
2. Badania nieniszczące wytrzymałości betonu na ściskanie wykazały, że beton płyty stropowej zaliczyć można najwyżej do klasy C12/15 (B15).
3. Według Eurokodów płyta stropodachowa Kleina przenosi swój ciężar własny i nie jest zdolna do przeniesienia obciążenia śniegiem dla II strefy obciążenia, w której znajduje się Poznań. Według polskich norm sprzed 2009 roku płyta stropodachowa przenosi obciążenie śniegiem dla I strefy przy 100% wykorzystaniu nośności płyty.
4. Według Eurokodów płyta stropowa nie przenosi obliczeniowego obciążenia od ciężaru własnego. Według polskich norm sprzed 2009 roku płyta stropowa przenosi ciężar własny oraz stosunkowo małe obciążenie użytkowe nie większe niż  $0,25 \text{ kN/m}^2$  ( $25 \text{ kG/m}^2$ ).
5. Stalowa konstrukcja kratowych dźwigarów dachowych jest znacznie przeciążona. Przekroczenie nośności wynosi 46% według przepisów europejskich oraz 21% według aktualnych norm polskich. Według polskich norm sprzed 2009 roku dźwigary pracują przy maksymalnym poziomie wyężenia sięgającym 100%.
6. Istnieje możliwość zachowania konstrukcji istniejących stalowych dźwigarów dachowych. W tym celu proponuje się:
  - przy planowanych pracach modernizacyjnych należy maksymalnie odciążyć konstrukcję stropodachu usuwając wszelkie warstwy ponad ciężar własny płyty stropodachowej,
  - na izolację przeciwwodną należy zastosować nowoczesną, maksymalnie lekką i zarazem skuteczną warstwę izolacyjną,
  - zamianę konstrukcji stropu ciężkiego Kleina na lekką stalową konstrukcję stropową (propozycja koncepcji w pkt. 5 niniejszego opracowania),
  - proponuje się lekką konstrukcję stropową jako ruszt złożony z rur kwadratowych ze stali S355,
  - zastosować maksymalnie lekką warstwę izolacji termicznej.

7. Maksymalne obciążenie nowego stropu obejmujące ciężar własny konstrukcji nowego stropu, ciężar sufitu podwieszonego i izolacji termicznej oraz obciążenia użytkowego nie może przekroczyć wartości  $1,50 \text{ kN/m}^2$  ( $150 \text{ kg/m}^2$ ).
8. W przypadku znacznych opadów śniegu należy stosować regularne odśnieżanie połaci dachowej.
9. Wszelkie zmiany wartości obciążeń zarówno co do ich wartości jak i charakteru działania, każdorazowo muszą być poprzedzone wykonaniem diagnostycznej analizy obliczeniowej przez projektanta posiadającego odpowiednie uprawnienia zawodowe. Niniejsza ekspertyza może stanowić podstawę do wykonania takiej analizy obliczeniowej.
10. Wszystkie prace budowlane należy wykonać na podstawie wykonawczego projektu konstrukcyjnego wykonanego przez osobę posiadającą odpowiednie kwalifikacje i uprawnienia zawodowe. Prace budowlane należy prowadzić pod stałym nadzorem osób posiadających odpowiednie kwalifikacje i uprawnienia zawodowe, z zachowaniem przepisów BHP i PPOŻ z wykorzystaniem atestowanych materiałów budowlanych.

*Prace robótowe stropu kleina wykonać metodami  
minimalnie inwazyjnymi eliminującymi wszelkie wstrząsy i dyskomforty.*

**dr inż. Jacek Ścigałło**  
os. Jagiello 2/18, 60-604 Poznań  
Upr. budowlane do proj. w specjalności  
konstr.-budowl. i kłp. robotami budowl.  
Nr ewid.: 141490/PW

Opracował:

dr inż. Jacek ŚCIGAŁŁO

mgr inż. Michał DEMBY

Poznań, kwiecień 2017

## **ZAŁĄCZNIK NR 1**

**Dzienniki pomiarów sklerometrycznych**  
*(w wersji elektronicznej w egzemplarzu autorskim)*

## **ZAŁĄCZNIK NR 2**

**Wydruki komputerowe obliczeń statyczno – wytrzymałościowych**  
*(w wersji elektronicznej w egzemplarzu autorskim)*