

„OCENA DOTYCZĄCA MOŻLIWOŚCI MONTAŻU PANELI FOTOWOLTAICZNYCH NA DACHU POZNAŃ CONGRESS CENTER , MIĘDZYNARODOWE TARGI POZNAŃSKIE”

Adres inwestycji: ul. Głogowska 14, 60-734 Poznań
działka nr 14, arkusz 9, obręb 0039, Łazarz

Inwestor: Międzynarodowe Targi Poznańskie Sp. z o. o.
ul. Głogowska 14, 60-734 Poznań

Jednostka projektowa: Studio ADS spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa
ul. Mostowa 11/11, 61-854 Poznań

Data: Październik 2020

Opracowanie: mgr inż. Bartosz Nowakowski
uprawnienia do projektowania bez ograniczeń nr WKP/0010/POOK/17

mgr inż. Dominika Wróblewska

TEKNA

TEKNA sp. z o.o. Sp. k.
ul. Iłakowiczówny 6/4
60-789

STUDIO **ADS**

SPIS TREŚCI

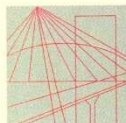
1	PODSTAWA OPRACOWANIA	5
2	CEL OPRACOWANIA.....	5
3	OPIS KONSTRUKCYJNY STANU ISTNIEJĄCEGO	6
4	LOKALIZACJA OBIEKTU WZGLĘDEM PÓŁNOCY	7
5	WIZJA LOKALNA.....	8
6	ANALIZA	11
6.1	Założenia obciążeniowe projektu archiwalnego	11
6.2	Obciążenia stanu istniejącego.....	12
6.3	Dopuszczalne obszary na dachu możliwe do wykorzystania na cele instalacji fotowoltaicznej	16
6.4	Skrócony opis systemów montażu paneli fotowoltaicznych	18
6.5	Wyznaczenie obciążenia zastępczego od paneli fotowoltaicznych	20
6.6	Wyznaczenie obciążenia zastępczego od paneli fotowoltaicznych i porównanie z dopuszczalnym obciążeniem przeznaczonym na instalacje dla przyjętego systemu inwazyjnego – obszar różowy – osie 1-3 ..	26
7	WNIOSKI I ZALECENIA.....	27

SPIS RYSUNKÓW UMIESZCZONYCH W DOKUMENCIE

Rysunek 1 - Zdjęcie archiwalnego opisu źródła c)).....	5
Rysunek 2 - Lokalizacja obiektu.....	7
Rysunek 3 - Widok lamp zamontowanych do spodu dachu.....	8
Rysunek 4 - Widok instalacji zamontowanych do spodu dachu.....	8
Rysunek 5 - Widok konstrukcji dachu osie 7-3	9
Rysunek 6 - Widok konstrukcji dachu osie 7-3 cz.2.....	9
Rysunek 7 - Widok dachu osie 1-3	10
Rysunek 8 - Widok dachu osie 1-3 cz.2.....	10
Rysunek 9 - Lokalizacja i ilość wciągarek zamontowanych do dachu	12
Rysunek 10 – Fragment projektu z rozkładem lamp	14
Rysunek 11 – Fragment opisy technicznego projektu modernizacji (architektura)	15
Rysunek 12 - Rzut dachu hali – oznaczenie obszarów.....	17
Rysunek 13 – Wizualizacja systemu inwazyjnego dla montażu paneli fotowoltaicznych firmy Energy5.	19
Rysunek 14 – Wizualizacja systemu balastowego dla montażu paneli fotowoltaicznych firmy BAKS.....	19
Rysunek 15 – Wizualizacja systemu bezinwazyjnego klejonego dla montażu paneli fotowoltaicznych firmy Energy5.	20
Rysunek 16 - Założone rozmieszczenie paneli – wycinek - maksymalna ilość paneli spełniająca ograniczenie obciążeń	21
Rysunek 17 - Schemat koncepcji montażu paneli na pasie dolnym kratownic	21
Rysunek 18 - Przykładowe rozmieszczenie paneli - maksymalna ilość paneli spełniająca ograniczenie obciążeń w systemie balastowym (kolorem zielonym pokazano zestaw paneli)	23
Rysunek 19 - Rysunek techniczny przedstawiający szczegóły systemu BAKS.....	24
Rysunek 20 - Detal montażu podkonstrukcji paneli w przypadku wersji inwazyjnej do blachy trapezowej	26

SPIS TABEL

Tabela 1 - Obciążenia przyjęte dla dachu w projekcie z 2012r	11
Tabela 2 - Obciążenia przyjęte dla dachu w projekcie z 1998r.	11
Tabela 3 - Obciążenie od wciągarek	13
Tabela 4 - Obciążenie od oprawy oświetleniowej osie 7-3	13
Tabela 5 - Obciążenie od oprawy oświetleniowej osie 1-3	15
Tabela 6 - Bilans masowy osie 7-3	22
Tabela 7 - Powierzchnia paneli możliwych do postawienia na dachu dla przyjętego systemu montażu osie 7-3	22
Tabela 8 - Bilans masowy osie 1-3 system balastowy	25
Tabela 9 - Powierzchnia paneli możliwych do postawienia na dachu dla przyjętego systemu montażu osie 1-3	25
Tabela 10 - Bilans masowy dla systemu inwazyjnego na m2	26



WIELKOPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

OKRĘGOWA KOMISJA KWALIFIKACYJNA

sygn. akt WOIB-OKK-KP-0054-115/2017

Poznań, dnia 20 czerwca 2017 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (tekst jednolity: Dz. U. z 2016 r. poz. 1725) i art. 12 ust. 1 pkt 1, art. 12 ust. 2, 3, 4 i 4c pkt 1 oraz art. 13 ust. 1, 2 i 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2016 r. poz. 290 późn. zm.) oraz § 12 ust 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz. U. 2014 r. poz. 1278) po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

decyzją Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej WOIB
otrzymuje

Pan

Bartosz Dariusz Nowakowski

magister inżynier
kierunek: Budownictwo
urodzony dnia 23 kwietnia 1987 r. w Poznaniu

UPRAWNIENIA BUDOWLANE nr ewidencyjny WKP/0010/POOK/17

**do projektowania bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**

UZASADNIENIE

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

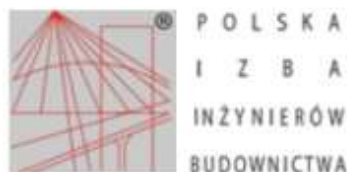
Pouczenie

1. Podstawą do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis do centralnego rejestru Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego.
2. Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Poznaniu w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.



Przewodniczący
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej WOIB

prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

WKP-N61-F2V-2NX *

Pan Bartosz Dariusz Nowakowski o numerze ewidencyjnym WKP/BO/0388/17
adres zamieszkania ul. Rolna 58/13, 61-491 Poznań
jest członkiem Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne do dnia 2020-10-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2019-10-18 roku przez:

Jerzy Stroński, Przewodniczący Rady Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

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

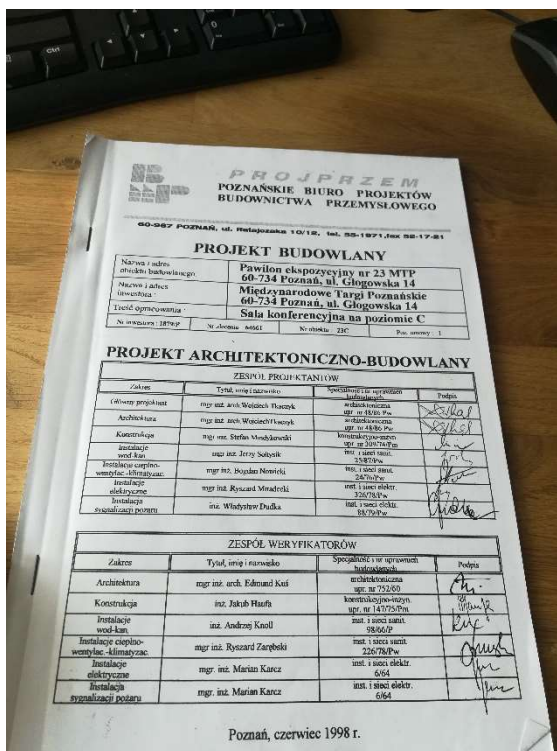
* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.



1 PODSTAWA OPRACOWANIA

Podstawą niniejszego opracowania są:

- a) Projekt budowlany zamienny - konstrukcja: Modernizacja hali nr 15 – przebudowa wnętrza, przebudowa poziomu C z 2012 r. przygotowany przez biuro ADS autorstwa dr inż. Przemysława Wielentejczyka, mgr inż. Tomasza Padykuła i dr inż. Mariusza Dembińskiego
- b) Projekt budowlany zamienny - architektura: Modernizacja hali nr 15 – przebudowa wnętrza, przebudowa poziomu C z 2012 r. przygotowany przez biuro ADS autorstwa mgr inż. arch. Piotra Z. Barełkowskiego,
- c) Projekt budowlany – Pawilon Ekspozycyjny nr 23 MTP z 1998r. przygotowany przez Poznańskie Biuro Projektów Budownictwa Przemysłowego
- d) Wizja lokalna z października 2020 r.
- e) Normy, akty prawne i instrukcje
- f) Literatura techniczna.



Rysunek 1 - Zdjęcie archiwalnego opisu źródła c))

2 CEL OPRACOWANIA

Celem opracowania jest ocena przydatności dachu istniejącej hali Poznań Congress Center na potrzeby montażu paneli fotowoltaicznych.

3 OPIS KONSTRUKCYJNY STANU ISTNIEJĄCEGO

Przedmiotowa hala, w której planuje się zamontowanie instalacji fotowoltaicznej, posiada konstrukcję szkieletową. Obiekt został zaprojektowany w 1990r na siatce słupów: kondygnacja -2 6x6m, kondygnacja -1 12x12m, kondygnacja 0 12x12m, kondygnacja +1 24x24m. Stropy są sztywnymi tarczami, które przenoszą obciążenia poziome na żelbetowe ściany usztywniające i obudowę klatek schodowych. Poziom -2 wykonano w konstrukcji żelbetowej monolitycznej. Słupy żelbetowe ustawiono na płycie fundamentowej zaprojektowanej w kształcie odwróconego stropu grzybkowego. Powyżej kondygnacji -2, na siatce stalowych słupów i belek, oparto strop żelbetowy grubości 20cm.

Konstrukcję dachu tworzy, po modernizacji budynku w 2012r, przykrycie złożone z dźwigarów kratowych zewnętrznych w kształcie wycinka koła o rozpiętości 48m, rozstawionych co 12m i opartych na wspornikowych słupach. Płaską pracę dźwigarów zapewniają pionowe poprzeczne kratownice o rozstawie 12m i stężenia połaciowe poprzeczne w płaszczyźnie dolnego pasa. Kratownice w osiach C i D są wzmocnione ze względu na rygorystyczny warunek ugięć wymagany dla ścianki mobilnej w osi C. Do pasa dolnego wykonanego z profili zamkniętych zamocowano na wieszakach konstrukcję dachu złożoną z podłużnych dwuteowych płatwi rozstawionych co 1,5m i opartych na profilu poprzecznym dwuteowym równoległym do pasa dolnego. Płatwie są stabilizowane w płaszczyźnie podwieszeniami z rury kwadratowej oraz blachą trapezową T60/235 t=1mm w układzie trójprzęsłowym. Zastosowane materiały elementów zaprojektowanych pierwotnie to: beton C16/20 (B20), stal St3S i 18G2A. Materiały elementów, które zostały zaprojektowane w 2012r to: beton C20/25, stal S355 i S235.

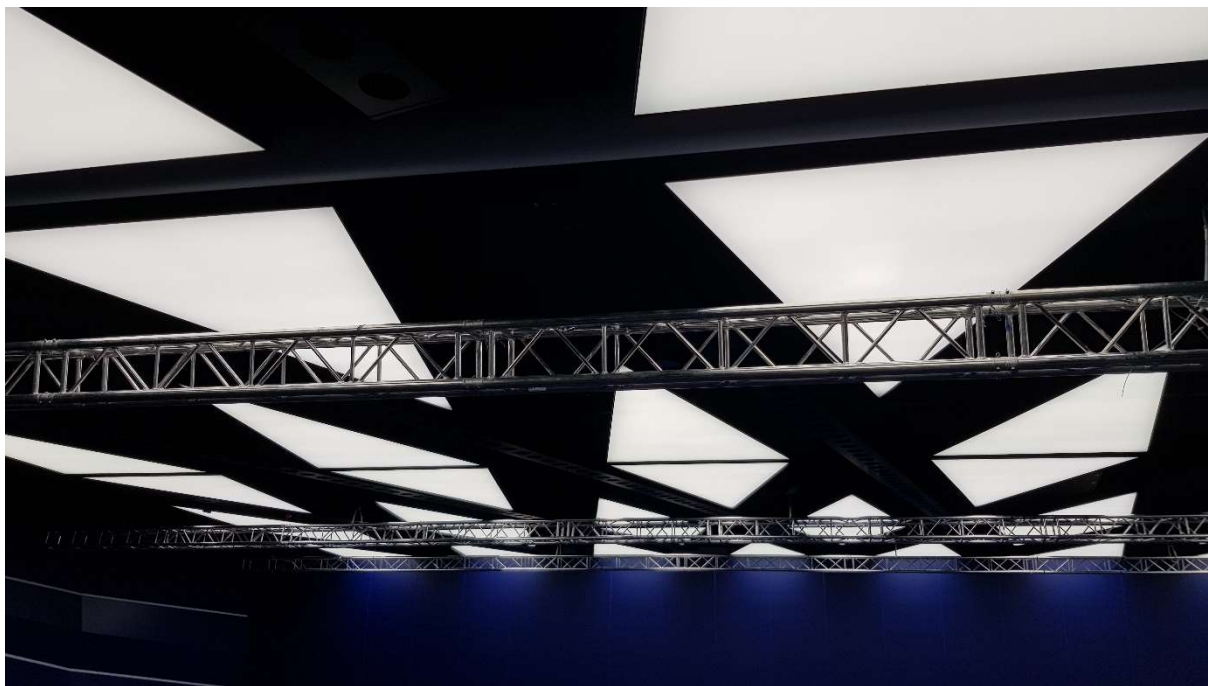
4 LOKALIZACJA OBIEKTU WZGLĘDEM PÓŁNOCY



Rysunek 2 - Lokalizacja obiektu

Źródło: <https://www.google.pl/maps/place/Mi%C4%99dzynarodowe+Targi+Pozna%C5%84skie/@52.4052125,16.9075593,333m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x47045ba34993d819:0x5a0706e4077b4bd9!8m2!3d52.4026128!4d16.9095109?hl=pl>

5 WIZJA LOKALNA



Rysunek 3 - Widok lamp zamontowanych do spodu dachu



Rysunek 4 - Widok instalacji zamontowanych do spodu dachu



Rysunek 5 - Widok konstrukcji dachu osie 7-3



Rysunek 6 - Widok konstrukcji dachu osie 7-3 cz.2



Rysunek 7 - Widok dachu osie 1-3



Rysunek 8 - Widok dachu osie 1-3 cz.2

6 ANALIZA

6.1 Założenia obciążeniowe projektów archiwalnych

Obszar żółty (osie 7-3)

Poniżej przedstawiono tabelę obciążeń założonych do obliczeń w projekcie budowlanym zamiennym modernizacji hali – przebudowy poziomu C ze stycznia 2012r. Dane uzyskano z opisu technicznego będącego załącznikiem do projektu z 2012r.

Tabela 1 - Obciążenia przyjęta dla dachu w projekcie z 2012r

Obciążenia dachu		Obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]
1.	Warstwy dachowe zgodnie z przekrojem	0,25
2.	Blacha trapezowa T60/235 , t=1.0mm	0,12
3.	Ciężar instalacji oraz sufitu podwieszonego	0,30
4.	Ciężar rusztu dla instalacji oraz sufitu	0,10
5.	Ciężar natrysku ppoż i warstwy wygłuszającej z wełny mineralnej	0,15
6.	Elementy wyposażenia i obudowy architektonicznej audytorium	0,50
<i>Obciążenia klimatyczne</i>		
1.	Śnieg strefa II	Wg PN-80/B-02010/Az1
2.	Wiatr strefa I	Wg PN-B-02011:1997/Az1
3.	Obciążenie temperaturą konstrukcji zewnętrznych +/- 30°C	Wg PN-86/B-02015

Obszar różowy (osie 1-3)

Poniżej przedstawiono tabelę obciążeń założonych do obliczeń w projekcie architektoniczno-budowlanym sali konferencyjnej na poziomie C z czerwca 1998r. Dane uzyskano z części konstrukcyjnej. Na etapie modernizacji z 2012 r jedyna konstrukcyjna zmiana na dachu dotyczyła wymiany blachy trapezowej oraz dodania płatwi w miejscu worków śnieżnych.

Tabela 2 - Obciążenia przyjęte dla dachu w projekcie z 1998r.

Obciążenia dachu		Obciążenie charakterystyczne [kN/m ²]
1.	Ciężar pokrycia	0,50
2.	Strop podwieszany	0,20
3.	Obciążenia technologiczne (wentyl., lampy itp.)	0,50
<i>Obciążenia klimatyczne</i>		
1.	Śnieg strefa I z workami śnieżnymi	Wg PN-80/B-02010

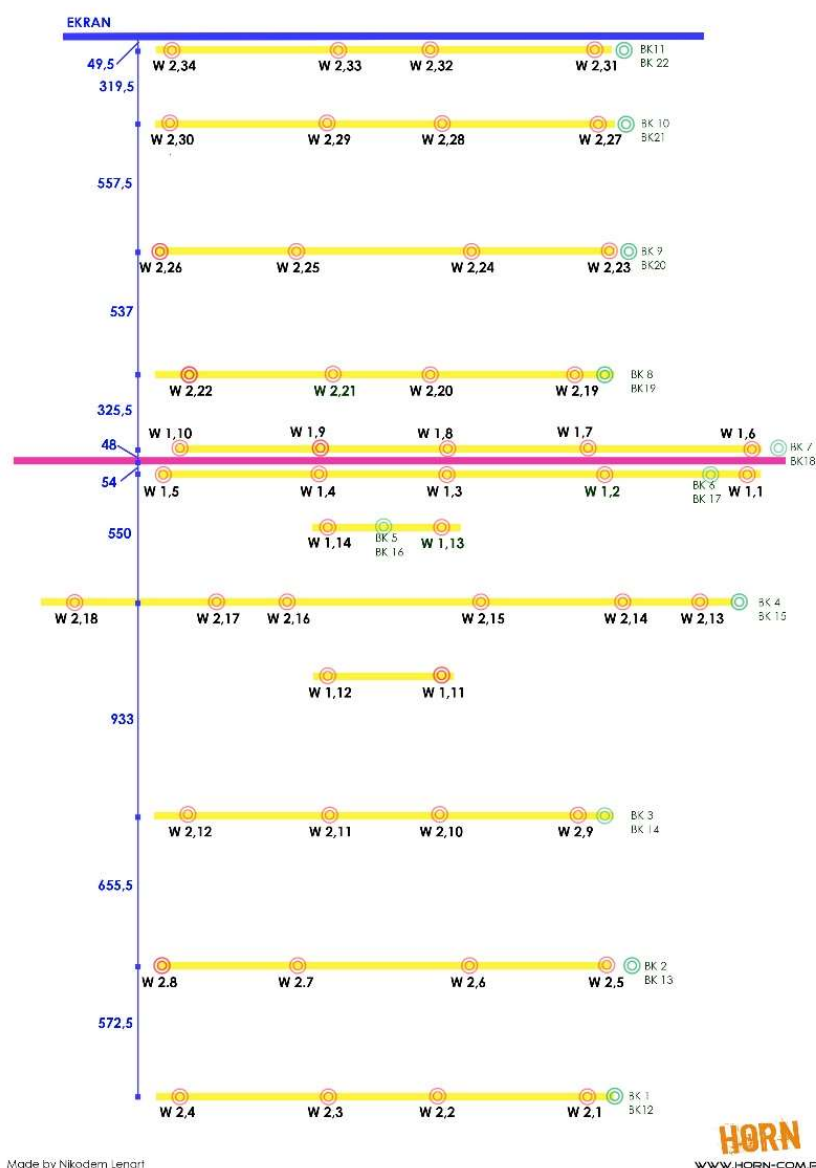
6.2 Obciążenia stanu istniejącego

Obszar żółty – osie 7-3

Na podstawie wizji lokalnej stwierdzono, że w istniejącej hali w obszarze planowanego rozłożenia paneli fotowoltaicznych do konstrukcji dachu podwieszane są instalacje elektryczne, wentylacyjne, lampy oraz wciągarki.

Szacunkowe obciążenie od wciągarek

Ustalono, że na cele wystawiennicze zamontowano na dachu wciągarki – lokalizacja na rysunku 9. Maksymalne obciążenie dla wciągarek oznaczonych kolorem zielonym to 250kg. Natomiast dla oznaczonych kolorem czerwonym to 500kg.



Rysunek 9 - Lokalizacja i ilość wciągarek zamontowanych do dachu

W celu zbadania sumarycznego obciążenia od wciągarek na powierzchnię dachu przeprowadzono obliczenia:

Tabela 3 - Obciążenie od wciągarek

L.P	POZYCJA	masa	x	sztuk	=	masa łącznie
		[kg]				[-]
1	Obciążenie dla wciągarek – kolor zielony	250	x	11	=	2750
2	Obciążenie dla wciągarek – kolor czerwony	500	x	48	=	24000
G_{zp} =						26750

Szacunkowe obciążenie powierzchniowe od wciągarek :

$$g_{zp} = \frac{G_{zp}}{A} = \frac{26750 [kg]}{54 \times 36 [m]} = 14,3 \frac{kg}{m^2} = 0,143 \frac{kN}{m^2}$$

Powyższa wartość pozwala przypuszczać, że w obszarze tych obciążeń (w projekcie założono 0,5kN/m² na tego typu obciążenia – „elementy wyposażenia i obudowy architektonicznej audytorium”) konstrukcja posiada pewien zapas nośności. Szacunkowo – około 0,357 kN/m² (oczywiście ostateczną wartość muszą potwierdzić dokładne obliczenia statyczne przeprowadzane na etapie ewentualnego projektu budowlanego).

Szacunkowe obciążenie od lamp

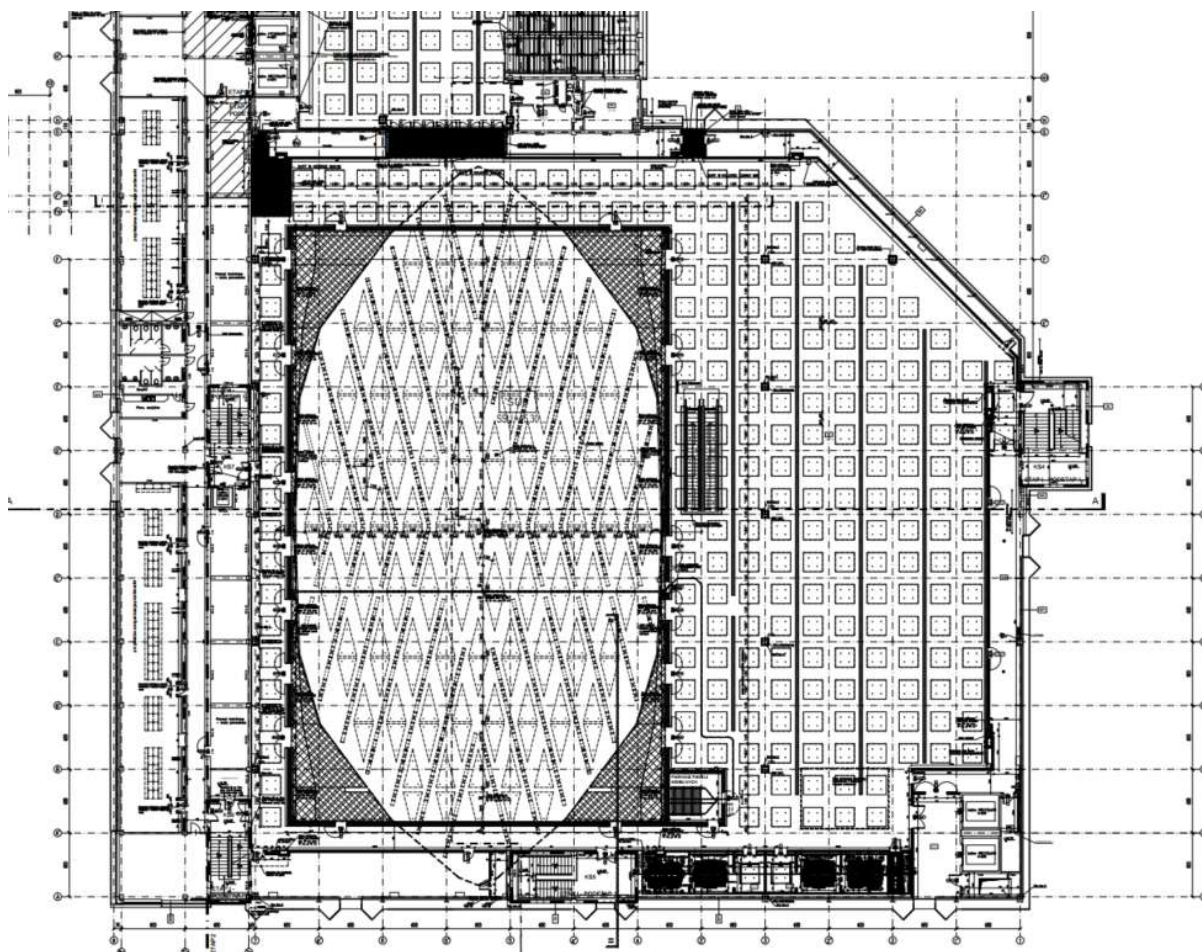
Na podstawie projektu budowlanego zamiennego architektury i wizji lokalnej ustalono lokalizację i ilość opraw oświetleniowych zamontowanych od spodu dachu. Ciężar lamp przyjęto na podstawie informacji od producenta – firmy ES-SYSTEM (waga jednej lampy około 51kg).

Tabela 4 - Obciążenie od oprawy oświetleniowej osie 7-3

L.P	POZYCJA	masa	x	sztuk	=	masa łącznie
		[kg]				[-]
1	Obciążenie od oprawy oświetleniowej	51	x	150	=	7650
G_{zp} =						7650

Szacunkowe obciążenie powierzchniowe od oprawy oświetleniowej :

$$g_{zp} = \frac{G_{zp}}{A} = \frac{7650 [kg]}{57 \times 33 [m]} = 4,07 \frac{kg}{m^2} = 0,04 \frac{kN}{m^2}$$



Rysunek 10 – Fragment projektu z rozkładem lamp

Instalacje podwieszane do sufitu

Oprócz lamp do sufitu podwieszane są inne instalacje: wentylacja, klimatyzacja oraz trasy kablowe. Na podstawie wzrokowej oceny szacuje się, że sumaryczna wartość tych obciążeń (bez lamp) nie powinna przekraczać 10kg/m²-20kg/m². Na etapie ewentualnego projektu budowlanego należy zinventaryzować elementy obciążenia dachu i dokładnie wyznaczyć ich średnią wartość.

Sufit podwieszany

W tej części obiektu nie zamontowano sufitu podwieszanego. Taki stan dodatkowo potwierdzają założenia projektu budowlanego modernizacji (branża architektoniczna). Poniżej fragment opisu technicznego:

1.6.18.1. Sufity - lampy

Przyjęto zasadę, że w głównych dużych przestrzeniach poziomów A, B, C nie będzie sufitów podwieszanych, ale duże lampy stwarzające wrażenie świecących pół sufitu, pomiędzy którymi będzie wolna przestrzeń. Instalacje i inne elementy prowadzone w suficie będą tym samym widoczne. Wyznaczono zasadę, że dolna płaszczyzna lamp będzie translucyentną białą membraną, a wszystkie elementy powyżej tej płaszczyzny mają być koloru czarnego matowego. Stąd też wszystkie okładziny i

Studio ADS spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa, ul. Mostowa 11/11, 61-854 Poznań, tel. +4861 8582900, faks +4861 8557045, e-mail: office@studiodads.pl

45

Rysunek 11 – Fragment opisy technicznego projektu modernizacji (architektura)

Powyższa analiza obciążeń stanu istniejącego pozwala przypuszczać, że w obszarze obciążeń założonych na wszelkiego rodzaju instalacje tj: na lampy, trasy wentylacyjne, klimatyzację wykorzystano 14kg/m² do 24kg/m².

W projekcie z 2012 na tego typu obciążenia łącznie przeznaczono 40kg/m² (ciężar instalacji oraz sufitu podwieszanego - 0,30 kN/m², ciężar rusztu dla instalacji oraz sufitu - 0,10 kN/m²).

Taka interpretacja pozwala wnioskować, że konstrukcja posiada pewien zapas nośności w obszarze ww. obciążeń. Szacunkowo – 0,16 kN/m² do 0,26 kN/m² (oczywiście ostateczną wartość musi potwierdzić dokładna inwentaryzacja oraz obliczenia statyczne przeprowadzane na etapie ewentualnego projektu budowlanego).

Obszar różowy – osie 1-3

Na podstawie wizji lokalnej stwierdzono, że w powyższym obszarze planowanego rozłożenia paneli fotowoltaicznych do konstrukcji dachu podwieszane są instalacje elektryczne, wentylacyjne oraz lampy.

Tabela 5 - Obciążenie od oprawy oświetleniowej osie 1-3

L.P	POZYCJA	masa	x	sztuk	=	masa łącznie
		[kg]		[-]		[kg]
1	Obciążenie od oprawy oświetleniowej	51	x	56	=	2856
G_{zp} =						2856

Szacunkowe obciążenie powierzchniowe od oprawy oświetleniowej :

$$g_{zp} = \frac{G_{zp}}{A} = \frac{2856 [kg]}{20 \times 24 [m]} = 5,95 \frac{kg}{m^2} = 0,059 \frac{kN}{m^2}$$

Instalacje podwieszane do sufitu

Oprócz lamp do sufitu podwieszane są inne instalacje: wentylacja, klimatyzacja oraz trasy kablowe. Na podstawie wzrokowej oceny szacuje się, że sumaryczna wartość tych obciążeń (bez lamp) nie powinna przekraczać 10kg/m² - 20kg/m². Na etapie ewentualnego projektu budowlanego należy zinwentaryzować elementy obciążenia dachu i dokładnie wyznaczyć ich średnią wartość.

Sufit podwieszany

W tej części obiektu nie zamontowano sufitu podwieszanego. Taki stan dodatkowo potwierdzają założenia projektu budowlanego modernizacji (branża architektoniczna).

Powyższa analiza obciążeń stanu istniejącego pozwala przypuszczać, że w obszarze obciążeń założonych na wszelkiego rodzaju instalacje tj: na lampy, trasy wentylacyjne, klimatyzację wykorzystano 16kg/m² do 26kg/m².

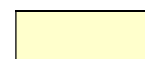
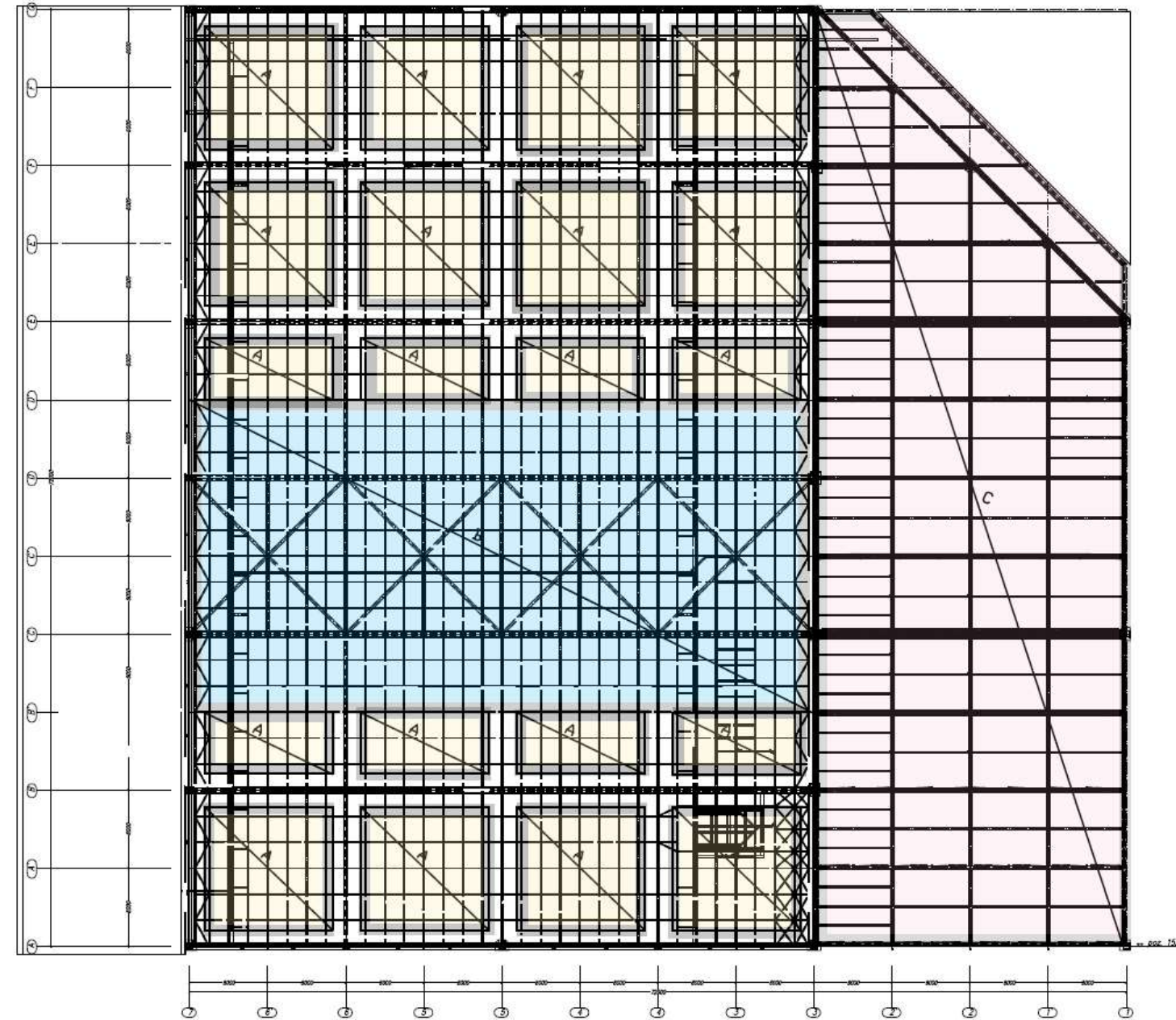
W projekcie z 1998r. na tego typu obciążenia łącznie przeznaczono 50kg/m².

Taka interpretacja pozwala wnioskować, że konstrukcja posiada pewien zapas wykorzystanych obciążeń w analizowanym obszarze. Szacunkowo – 0,24 kN/m² do 0,34 kN/m² (oczywiście ostateczną wartość musi potwierdzić dokładna inwentaryzacja oraz obliczenia statyczne przeprowadzane na etapie ewentualnego projektu budowlanego).

6.3 Dopuszczalne obszary na dachu możliwe do wykorzystania na cele instalacji fotowoltaicznej

Na podstawie analizy oraz wizji lokalnej wytypowano trzy obszary pod względem możliwości mocowania paneli fotowoltaicznych:

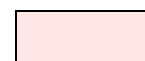
- Obszar A (żółty, osie D'-G), na którym można zlokalizować panele fotowoltaiczne, z ominięciem stężeń kratowych dźwigarów dachowych.
- Obszar B (niebieski, osie B' do D') - nie zalecany obszar montażu paneli fotowoltaicznych ze względu na stężenia w płaszczyźnie pasa dolnego wychodzące ponad warstwy dachu oraz rygorystyczne wymagania dotyczące ugięcia dźwigarów w osi D i C (ścianka mobilna poniżej).
- Obszar C (różowy, osie 1-3) – zadaszanie niższe – można zlokalizować panele fotowoltaiczne nad płatwiami kratowymi. Są one podporą dla blachy trapezowej. Nie należy dociążyć blachy trapezowej w środku przęsła siłą skupioną (pierwotnie obciążenie od instalacji – powierzchniowe).



Obszar A (żółty) - można zlokalizować panele fotowoltaiczne (obciążenia dopuszczalne panelami do ustalenia na etapie PB, szacunkowo nie powinno być mniej niż 16 kg/m²).



Obszar B (niebieski) - nie zalecany obszar montażu paneli fotowoltaicznych.



Obszar C (różowy, osie 1-3) - zadaszenie niższe - można zlokalizować panele fotowoltaiczne (obciążenia dopuszczalne panelami do ustalenia na etapie PB, szacunkowo nie powinno być mniej niż 24 kg/m²).

Rysunek 12 - Rzut dachu hali - oznaczenie obszarów

6.4 Skrócony opis systemów montażu paneli fotowoltaicznych

Montaż modułów fotowoltaicznych na dachach płaskich wymaga zastosowania konstrukcji wsporczych, na których mocuje się panele pod odpowiednim kątem. Dla warunków krajowych kąt ten wynosi około 30 stopni. Należy zwrócić uwagę na orientację dachu i tak zaprojektować instalację aby była ona jak najbardziej skierowana na południe i była zgodna z architekturą dachu. Przy instalacjach montowanych na dachach płaskich należy sprawdzić, czy mamy możliwość przytwierdzenia konstrukcji do podłoża dachu. Jeżeli możemy system przytwierdzić, to wybieramy konstrukcje inwazyjne. Najczęściej stosuje się systemy przykręcane do dachu tak, aby statyczne obciążenie dachów było jak najmniejsze. Jeżeli nie ma możliwości przytwierdzenia konstrukcji do podłoża – wybieramy systemy balastowe, obciążone odpowiednią ilością np.: bloczków betonowych, co zapewnia wystarczającą siłę utrzymującą na obciążenie wiatrem (ssanie, podrywanie). Konstrukcja taka nie jest na stałe zamocowana do dachu, a jedynie opiera się na nim. Dużą zaletą mocowania paneli na dachu płaskim jest to, że mogą być one zainstalowane w najlepszym możliwym kierunku i nachyleniu, co zapewni największą wydajność elektrowni fotowoltaicznej.¹

Panele fotowoltaiczne można montować się na dachach płaskich w różnych wariantach:

- Wersja inwazyjna – konstrukcja wsporcza paneli jest mocowana do dachu za pomocą systemu łączników mechanicznych. Zaletą systemu jest relatywnie lekka konstrukcja (niskie obciążenia na dach), a wadą konieczność naruszenia izolacji dachu co może doprowadzać do powstawania przecieków.
- Wersja bezinwazyjna
 - I. System balastowy, w której wykorzystuje się bloczki betonowe do obciążenia konstrukcji i jej przytwierdzenia do dachu ². Zaletą systemu jest brak inwazyjności (nie narusza się izolacji dachu), a wadą większy ciężar wynikający z balastów przeciwdziałających działaniu wiatru
 - II. System klejony – jest oparty na doklejaniu elementów mocujących, z tego samego materiału co pokrycie dachowe, do membrany/papy. Zaletą systemu jest relatywnie lekka konstrukcja (niskie obciążenia na dach) oraz brak inwazyjności w membranę. Wadą systemu może być mocowanie oparte o technologię klejoną, która może być mniej trwała na warunki atmosferyczne i jest bardziej podatna na awarie.

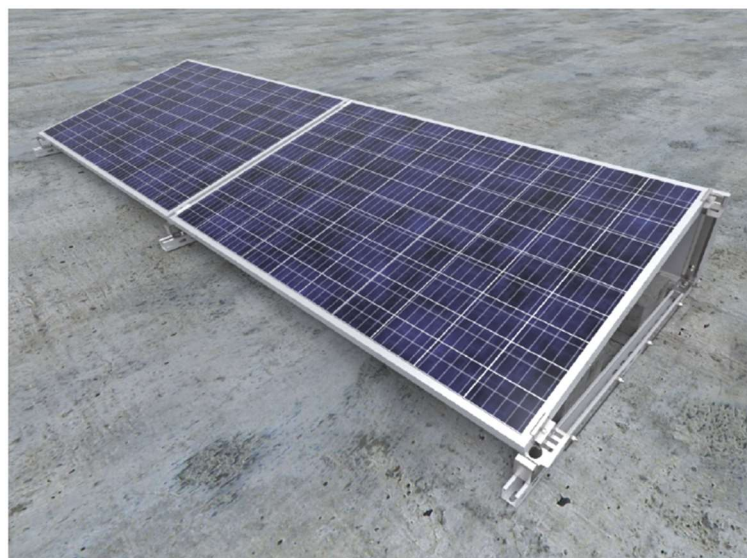
Poniżej przedstawiono na fotografiach przykłady realizacji .

¹ Źródło: <https://www.ecovisa.eu/wiedza-aktualnosci/aktualno%C5%9Bci/143-systemy-mocowan-paneli-fotowoltaicznych>

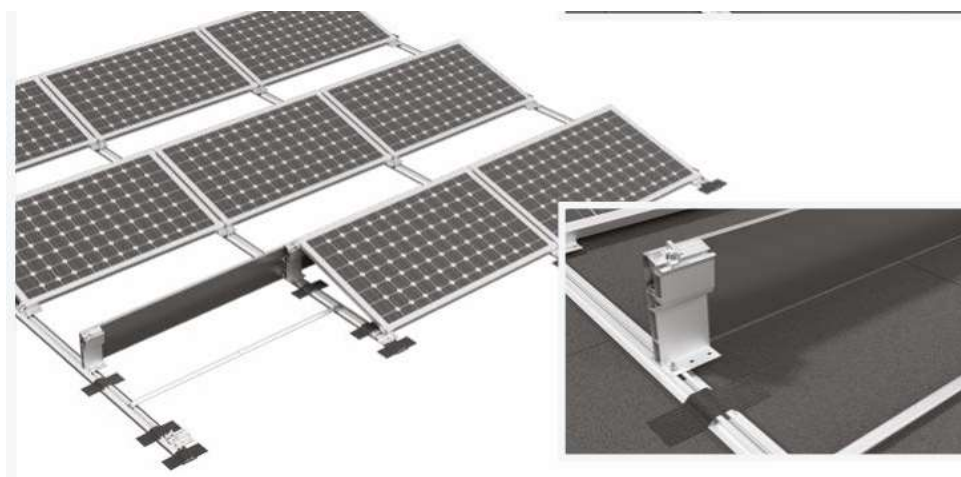
² Źródło: <https://www.sklepelektryka24.pl/systemy-mocowan-dach-plaski.html>



Rysunek 13 – Wizualizacja systemu inwazyjnego dla montażu paneli fotowoltaicznych firmy Energy5.
Źródło: <https://www.energy5.pl/realizacje/realizacje-konstrukcje-dachowe?43>



Rysunek 14 – Wizualizacja systemu balastowego dla montażu paneli fotowoltaicznych firmy BAKS.
Źródło: http://katalog.baks.com.pl/techexample/system-dp-dnhbe_175.html?photoElements



Rysunek 15 – Wizualizacja systemu bezinwazyjnego klejonego dla montażu paneli fotowoltaicznych firmy Energy5.
Źródło: https://www.energy5.pl/Katalog%20Energy5_PL%202020.pdf

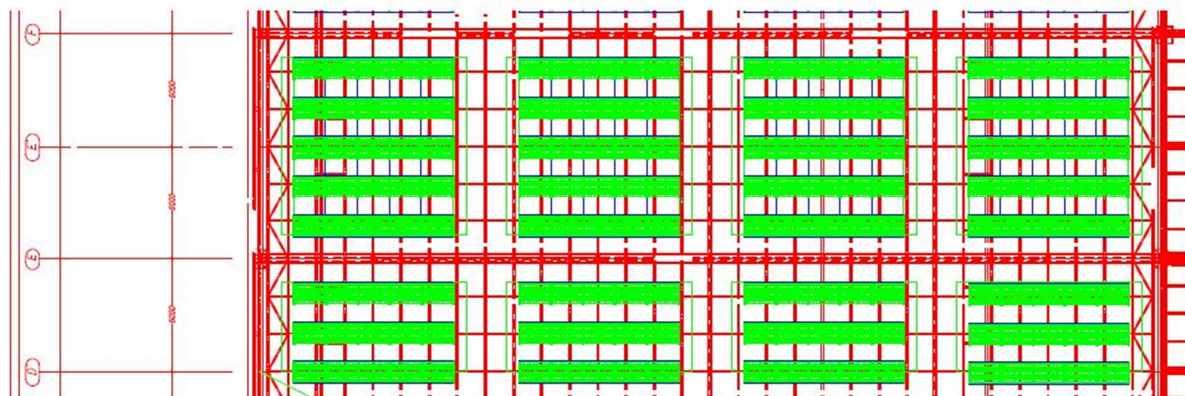
6.5 Wyznaczenie obciążenia zastępczego od paneli fotowoltaicznych

Obszar żółty – osie 7-3

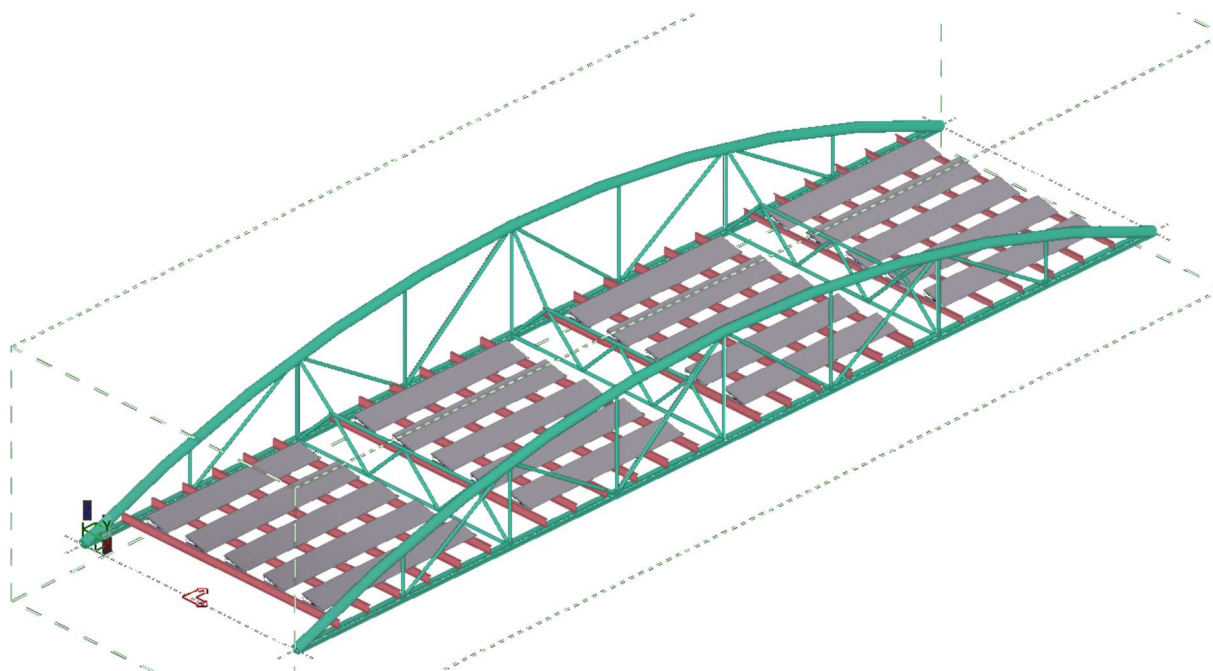
Po przeanalizowaniu archiwalnej dokumentacji hali, wizji lokalnej oraz analizie dostępnych na rynku rozwiązań dotyczących systemów montażowych paneli fotowoltaicznych proponuje się w przypadku dachu hali Poznań Congress Center na obszarze oznaczonym kolorem żółtym wybranie systemu inwazyjnego, jednak nie montowanego do pokrycia dachu, a do poprzecznych belek stalowych mocowanych do pasa dolnego dźwigarów kratowych.

Dźwigary nośne wystają ponad warstwę dachu, nowoprojektowane belki można oprzeć na pasie dolnym kratownic. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie generujemy dodatkowych obciążeń na blachę trapezową oraz płatwie dachowe.

W związku z wyznaczonymi obszarami, na których można ustawić panele uwzględniając geometrię konstrukcji, zaproponowano następujący szkic rozłożenia paneli (wycinek hali - pozostałe pola analogicznie). Przyjęto przykładowy system, podkonstrukcja rozstawiona co 1700mm, pojedynczy panel fotowoltaiczny o przyjętych wymiarach waży 19kg, a podkonstrukcja stojaka 10kg.



Rysunek 16 - Założone rozmieszczenie paneli – wycinek - maksymalna ilość paneli spełniająca ograniczenie obciążeń



Rysunek 17 - Schemat koncepcji montażu paneli na pasie dolnym kratownic

W celu wyznaczenia orientacyjnej masy paneli montowanych w zaproponowany sposób przeprowadzono bilans masowy:

Tabela 6 - Bilans masowy osie 7-3

L.P	POZYCJA	masa		sztuk		masa łącznie
		[kg]		[-]		[kg]
1	ciężar paneli fotowoltaicznych	19,0	x	100	=	1900
2	ciężar podkonstrukcji paneli	10,0	x	100	=	1000
G_{zp} =						2900

Szacunkowe obciążenie dodatkowe powierzchniowe :

$$g_{zp} = \frac{G_{zp}}{A} = \frac{2900 [kg]}{12 * 48 [m]} = 5,03 \frac{kg}{m^2} = 0,05 \frac{kN}{m^2}$$

Aby oprzeć panele na dźwigarach wstępnie zaproponowano belkę zimnociętą profil Z np. firmy Metsec. Na etapie projektu budowlanego należy dobrać płatew i przewidzieć dokładną lokalizację oparcia na dźwigarach, po dobraniu konkretnego systemu paneli i ich lokalizacji.

Szacunkowy dodatkowy ciężar powierzchniowy od belek stalowych to 6,6kg/m² .

Całkowite szacunkowe dodatkowe obciążenie powierzchniowe :

$$g_{zd} = 5,03 \frac{kg}{m^2} + 6,6 \frac{kg}{m^2} = 11,63 \frac{kg}{m^2} = 0,116 \frac{kN}{m^2} < g_{dopf} = 0,16 \frac{kN}{m^2}$$

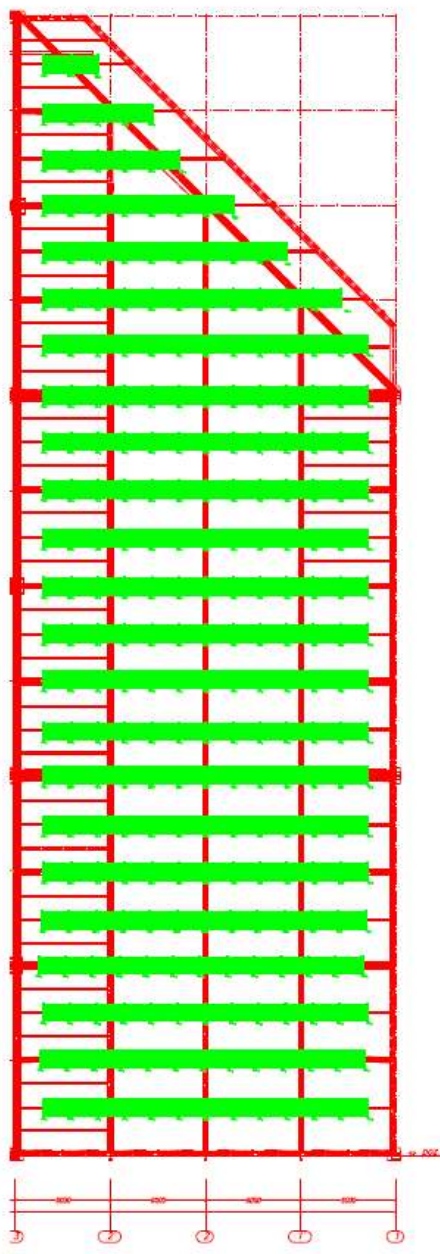
Dla przyjętego rozstawu paneli w zaproponowanym systemie na całej powierzchni dachu (zgodnie z rysunkiem 16) można zmieścić około 400 sztuk paneli. Łączna ich powierzchnia wyniesie około 748m².

Tabela 7 - Powierzchnia paneli możliwych do postawienia na dachu dla przyjętego systemu montażu osie 7-3

L.P	POZYCJA	powierzchnia		sztuk		Powierzchnia łącznie
		[m ²]		[-]		[m ²]
1	Panel wybranego systemu	1,87	x	400	=	748
P_{zp} =						748

Obszar różowy – osie 1-3

Po przeanalizowaniu archiwalnej dokumentacji hali, wizji lokalnej oraz analizie dostępnych na rynku rozwiązań dotyczących systemów montażowych paneli fotowoltaicznych, proponuje się w przypadku obszaru dachu w osiach 1-3 wybranie systemu nieinwazyjnego – balastowego. System balastowy wydaje się być optymalnym rozwiązaniem ze względu na brak ingerencji w warstwy dachu i uniknięcie ewentualnych nieszczelności.



Rysunek 18 - Przykładowe rozmieszczenie paneli - maksymalna ilość paneli spełniająca ograniczenie obciążeń w systemie balastowym (kolorem zielonym pokazano zestaw paneli)

Idea systemu polega na mocowaniu paneli do podkonstrukcji rozstawionej co 1700mm. Podkonstrukcję obciąża się balastem (np.: bloczki betonowe). W przęsłach skrajnych należy dołożyć około 75kg, a w środkowych 50 kg dodatkowego obciążenia. Sam pojedynczy panel fotowoltaiczny waży 19kg, a podkonstrukcja stojaka 10kg.

Tabela poniżej umożliwia dobranie kompletu uchwytów (dolny + górny) w celu uzyskania konstrukcji o odpowiednim kącie pochylenia paneli.

kąt pochylenia paneli	uchwyt dolny	uchwyt górny
10°	UPDCNMC	UPGC10NMC
15°	UPDCNMC	UPGC15NMC
20°	UPDCNMC	UPGC20NMC

Układ modułów:
· poziomy/horyzontalny-H

Zestawienie elementów dla (DP-DNHBE)

SYMBOL	4 paneli (~1700/1000 mm) szt.
CMP41H41/1,2MC	5
UPDCNMC	5
UPGC15NMC	5
SRM10x30F	10
PDOP300MC	10
SGKFM10x20PV	20
SBR250x350	10
SGKFM8x20	10
OWP...15MC	4
PDOW15MC	5
BUF...	4
PUF	6
SAM8x...E	10
NKZM8E	10

Bloczek betonowy*
SGKFM10x20PV
BUF... / PUF
SAM8x...E

UPDCNMC
PDOP300MC
CMP41H41/...MC
SBR250x350

*Do obciążenia konstrukcji należy użyć:
- 75 kg dla skrajnych profili CMP..., - 50 kg dla pozostałych profili CMP...,
(podane obciążenia dotyczą instalacji w 1 i 3 strefie wiatrowej do 300 m n.p.m.)

Rysunek 19 - Rysunek techniczny przedstawiający szczegóły systemu BAKS

Źródło: http://katalog.baks.com.pl/techexample/system-dp-dnhbe_175.html?photoElements

Uwaga:

Panele fotowoltaiczne należy umieszczać nad płatwiami kratowymi (podpory blachy trapezowej), by nie dociążyć blachy trapezowej w środku przęsła siłą skupioną (pierwotnie obciążenie od instalacji – powierzchniowe).

W celu wyznaczenia orientacyjnej maksymalnej powierzchni paneli fotowoltaicznych w systemie balastowym przeprowadzono bilans masowy:

Tabela 8 - Bilans masowy osie 1-3 system balastowy

L.P	POZYCJA	masa		sztuk		masa łącznie
		[kg]		[-]		[kg]
1	ciężar paneli fotowoltaicznych	19,0	x	242	=	4598
2	ciężar podkonstrukcji paneli	10,0	x	242	=	2420
3	ciężar balastu środkowego	50,0	x	219	=	10950
4	ciężar balastu skrajnego	75,0	x	46	=	3450
G_{zp} =						21418

Szacunkowe dodatkowe obciążenie powierzchniowe :

$$g_{zp} = \frac{G_{zp}}{A} = \frac{21418 [kg]}{24 * 72 - 0,5 * 19,5 * 19,5 [m]} = 13,92 \frac{kg}{m^2} = 0,14 \frac{kN}{m^2}$$

Spełniamy warunek (z zapasem związanym z szacunkowymi obliczeniami ciężarów paneli) :

$$g_{zp} = 0,14 \frac{kN}{m^2} = 14 \frac{kg}{m^2} < g_{dopf} = 24,0 \frac{kg}{m^2}$$

W związku z przeanalizowanym powyżej bilansem masowym dla przyjętego rozstawu paneli w systemie balastowym można oszacować powierzchnię paneli możliwą do postawienia na dachu.

Poniżej tabela przedstawiająca ilości pól i gabaryt każdego z nich.

Tabela 9 - Powierzchnia paneli możliwych do postawienia na dachu dla przyjętego systemu montażu osie 1-3

L.P	POZYCJA	powierzchnia		sztuk		Powierzchnia łącznie
		[m2]		[-]		[m2]
1	Panel wybranego systemu	1,87	x	242	=	452
P_{zp} =						452

6.6 Wyznaczenie obciążenia zastępczego od paneli fotowoltaicznych i porównanie z dopuszczalnym obciążeniem przeznaczonym na instalacje dla przyjętego systemu inwazyjnego – obszar różowy – osie 1-3

Powierzchnia na której można umieścić panele wynosi $A_{dac} = 1537m^2$

Tabela 10 - Bilans masowy dla systemu inwazyjnego na m2

L.P	POZYCJA	masa	x	sztuk	=	masa łącznie
		[kg]		[-]		[kg]
1	ciężar paneli fotowoltaicznych	19,0	x	1	=	19
2	ciężar podkonstrukcji paneli	10,0	x	1	=	10
G_{panela} =						29

Zakładając dostęp serwisowy wokół paneli możliwa powierzchnia do wykorzystania to około 50% A_{dac}

$$A_{dop} = 1537m^2 * 0,5 = 768m^2$$

Możliwa ilość paneli do zamontowania w związku z ich powierzchnią:

$$n_{paneli} = \frac{A_{dop}}{A_{panela}} = \frac{768[m^2]}{1,1 * 1,7[m^2]} = 410$$

Sprawdzenie warunku dopuszczalnych obciążeń:

$$g_{zp} = \frac{n_{paneli} * G_{panela}}{A_{dachu}} = \frac{410 * 29}{1537} = 7,74 \frac{kg}{m^2} < g_{dopf} = 24,0 \frac{kg}{m^2}$$

Wersja inwazyjna przewiduje montaż do blachy trapezowej np. w przedstawiony poniżej sposób:



Rysunek 20 - Detal montażu podkonstrukcji paneli w przypadku wersji inwazyjnej do blachy trapezowej

7 WNIOSKI I ZALECENIA

W wyniku przeprowadzonej wizji lokalnej oraz w wyniku późniejszych analiz dostępnych materiałów stwierdza się, że:

- Na dachu hali PCC zlokalizowanej w Poznaniu można zamontować panele fotowoltaiczne zachowując zasady opisane w niniejszym opracowaniu oraz po opracowaniu odpowiedniego projektu.
- Orientacyjną lokalizację miejsc, gdzie można postawić panele pokazano na Rysunku 12. Na etapie tej opinii oszacowano, że dopuszczalne obciążenie na dachu nie powinno być mniejsze niż $g_{dopf} = 16\text{kg/m}^2$ dla części oznaczonej na żółto i $g_{dopf} = 24\text{kg/m}^2$ dla części oznaczonej na różowo (co jest wartością wystarczającą w stosunku do zaproponowanych ciężarów systemu montażu paneli). Dokładną wartość dopuszczalnych obciążeń należy ustalić na etapie ewentualnego projektu budowlanego przeprowadzając inwentaryzację urządzeń i instalacji podwieszonych do dachu.
- Na dachu niższym pomiędzy osiami 1-3 należy zwrócić uwagę by dla systemu balastowego nie lokalizować paneli w przęśle blachy trapezowej
- Główna idea analizy polegała na tym, aby zaprezentowana na tym etapie koncepcja rozłożenia paneli (Rysunek 12,16,17,18) nie zwiększała dopuszczalnych założonych w bazowym projekcie obciążeń na dachu (obciążenia od wszelkiego rodzaju instalacji założone w oryginalnych projektach).
- Zalecanym systemem montażu paneli na dachu w osiach 7-3 jest system z dodatkowymi belkami mocowanymi do dźwigarów. System ten nie ingeruje w membranę, nie obciąża blachy trapezowej i płatwi oraz skutecznie przeciwdziała siłom podrywania od wiatru.
- Na dachu w osiach 1-3 zaleca się system nieinwazyjny, balastowy ze względu na brak ingerencji w warstwę dachu i uniknięcie ewentualnych nieszczelności.
- Szacunkowo, zakładając rozkład jak w propozycji na rysunku 12,16,17,18, powierzchnia paneli może wynosić około 748 m^2 dla obszaru oznaczonego kolorem żółtym. Dla obszaru oznaczonego na różowo dla systemu balastowego szacunowa powierzchnia paneli wynosi 452 m^2 natomiast w przypadku systemu inwazyjnego około 768 m^2 .
- Dokładne maksymalne wartości m^2 paneli fotowoltaicznych należy obliczyć na etapie projektu budowlanego po wyborze systemu paneli fotowoltaicznych.
- Należy mieć na uwadze, że po montażu paneli na dachu, w związku z powstającymi dodatkowymi przeszkodami oraz nowelizacją normy śniegowej (zwiększenie obciążeń śniegiem w stosunku do założonych w projekcie) wymagane będzie monitorowanie ilości pokrywy śnieżnej.
- Niniejsze opracowanie jest opinią techniczną i nie stanowi podstawy do wykonania prac. Przed przystąpieniem do montażu paneli fotowoltaicznych należy opracować stosowny projekt a w nim

sprawdzić szczegółowo m. in. statykę głównych układów nośnych oraz sprawdzić wpływ oddziaływań od obciążeń na blachę trapezową, warstwę izolacji termicznej czy membranę / papę.

Podsumowanie:

Powyższa analiza wykazała, że w określonych lokalizacjach montaż paneli fotowoltaicznych na dachu hali PCC jest możliwy.

Główna idea analizy polegała na tym, aby proponowany rozkład paneli fotowoltaicznych nie zwiększał dopuszczalnych założonych obciążeń na dachu w stosunku do projektu budowlanego modernizacji hali oraz projektu budowlanego z 1998r. Ponieważ takie podejście nie zwiększa obciążeń założonych w projekcie, wszystkie elementy konstrukcji takie jak rama główna czy fundamenty nie otrzymają ideowo obciążeń ponad wartość, na którą były pierwotnie projektowane. Na etapie opracowywania ewentualnego projektu budowlanego dotyczącego montażu paneli fotowoltaicznych, po ustaleniu lokalizacji i ciężarów konkretnego systemu, należy zweryfikować nośność głównej konstrukcji oraz zbadać wpływ obciążeń na warstwy dachu.

Opracowanie:

mgr inż. Dominika Wróblewska

mgr. inż. Bartosz Nowakowski

WKP/0010/POOK/17