

# Wpływ wysokości łuku jednowarstwowego przekrycia o kształcie walcowym na pracę konstrukcji opartej na słupach



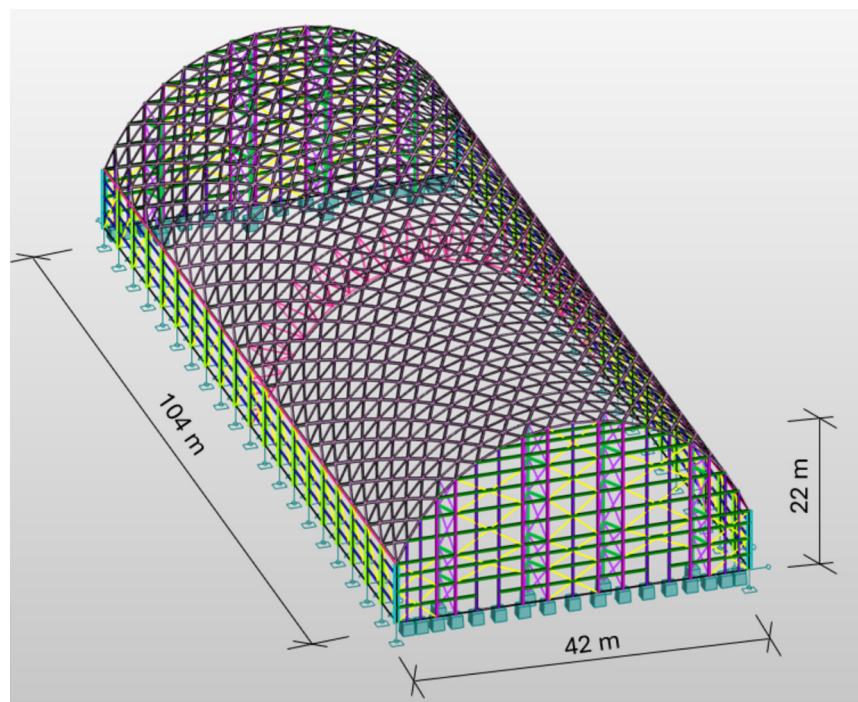
inż.  
**ADRIAN MAŁYSA**  
Zachodniopomorski Uniwersytet  
Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Budownictwa  
i Inżynierii Środowiska  
**ORCID: 0009-0002-6375-7601**



dr inż.  
**HANNA WEBER**  
Zachodniopomorski Uniwersytet  
Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Budownictwa  
i Inżynierii Środowiska  
**ORCID: 0000-0002-2876-7364**

W pracy poruszono zagadnienie wpływu wyniosłości przekrycia wielkopowierzchniowej hali, zbudowanego z jednowarstwowej siatki prętów opartej na słupach, na otrzymywane wyniki statyczne oraz stateczności układu.

W ostatnich latach można zaobserwować rosnący popyt na budowę obiektów wielkopowierzchniowych związany z szeroką możliwością adaptacji takiego budynku. Głównymi aspektami mającymi wpływ na kształt, zastosowane materiały i dobór technologii wykonania takiego budynku są: catkowny koszt realizacji, nakład czasu potrzebny na projekt i wykonanie obiektu oraz estetyka zaprojektowanej bryły. Zastosowanie konstrukcji stalowych z przekryciem w postaci siatek jednowarstwowych lub strukturalnych pozwala w wielu przypadkach na optymalne rozwiązanie łączące wymienione aspekty prowadzące do szybkiej realizacji układu o ciekawej formie przy ekonomicznym gospodarowaniu środkami finansowymi. Główną zaletą obiektów tego typu jest możliwość swobodnego kształtowania dużych przestrzeni bez konieczności pośredniego podparcia zadaszenia za pomocą słupów. Jednakże istotny jest fakt, że układy te, oprócz prawidłowego podparcia i sztywnych węzłów, wymagają zastosowania odpowiedniej krzywizny dla zapewnienia stateczności całej struktury



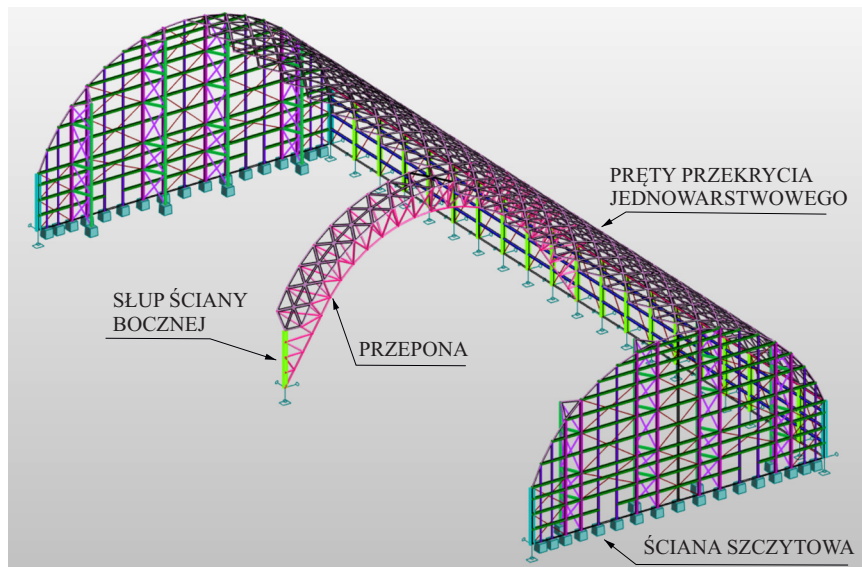
Rys. 1. Widok hali o kształcie walcowym z podstawowymi wymiarami konstrukcyjnymi; źródło: autor

[1]. W niniejszej pracy analizie poddano powłokę o kształcie walcowym, która często wykorzystywana jest w różnych obiektach z uwagi na możliwość uzyskania dużej przestrzeni pod jej powierzchnią. Zastosowano oparcie na stalowych słupach dla zbadania wpływu podatności zamocowania na uzyskiwane wyniki. W literaturze można znaleźć wiele przykładów analiz jednowarstwowych siatek o kształcie łukowym z punktu widzenia geometrii, sposobu podparcia czy optymalizacji układu prętów [2, 3]. Jednakże brakuje wytycznych wskazujących na optymalny stosunek wyniosłości przekrycia walcowego do jego rozpiętości w układach tego typu. Problem jest złożony, ponieważ w przypadku zbyt małej wysokości konstrukcji w przekroju wzrasta ryzyko przeskoków węzłów, które w skrajnych przypadkach mogą doprowadzić do postępującego zapadania się struktury. Z drugiej strony zwiększanie wyniosłości walca, niewątpliwie korzystne z punktu widzenia sztywności przestrzennej zadania i generujące mniejsze siły rozporu, prowadzi do wzrostu momentu zginającego w jego dolnej części, co z kolei negatywnie wpływa na wyężenia elementów. Z tego względu w niniejszej pracy zawarto analizę wyników otrzymanych dla trzech modeli przekrycia jednowarstwowego o kształcie walcowym, stałej wysokości układu, a różnej długości słupów i wyniosłości walca, w celu określenia wpływu zmian podatności podparcia i krzywizny jednowarstwowej siatki prętów na uzyskiwane wyniki.

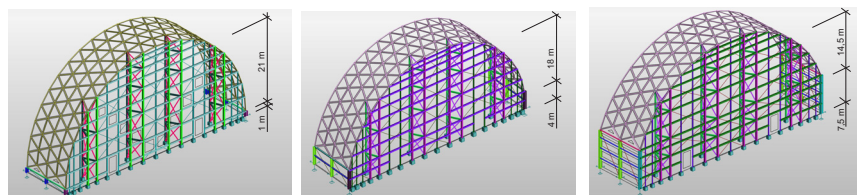
### Opis analizowanej konstrukcji

Badaniom poddano wielkopowierzchniową halę wystawową zlokalizowaną w Szczecinie, o długości 104 m, szerokości 42 m i maksymalnej wysokości układu równej 22 m (rys. 1).

Konstrukcję zadania zaprojektowano w formie powłoki z jednowarstwowej siatki prętów zbudowanej z trójkątów równobocznych o długości 3 m, opartej na stalowych słupach ścian bocznych, tworzących podatną formę podparcia. Z uwagi na fakt, że niniejsza praca jest trzecim z kolei artykułem poświęconym analizie przekrycia walcowego opartego na słupach, w trakcie ustalania geometrii układu wykorzystano doświadczenia pochodzące z wcześniejszych badań. Zgodnie z [4] zdecydowano się na zastosowanie pojedynczej przepony sprowadzonej do fundamentu o przekroju trójkątnym, zlokalizowanej w środku długości hali, mającej na celu zwiększenie sztywności przestrzennej lekkiego zadania i ograniczenie pionowych przemieszczeń węzłów (rys. 2). Dodatkowym elementem usztywniającym układ, którego konstrukcję przyjęto na podstawie [5], była ściana szczytowa zbudowana z czterech przestrzennych



Rys. 2. Podstawowe elementy konstrukcyjne wielkopowierzchniowej hali o kształcie walcowym; źródło: autor



Rys. 3. Modele wykorzystane w obliczeniach: a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3; źródło: autor

słupów trójkątnych utwierdzonych w fundamentach, pomiędzy którymi zastosowano masywne rygle ścienne oraz stężenia. Takie rozwiązanie wpływa z kolei na ograniczenie przemieszczeń poziomych i deformacji konstrukcji od parcia wiatru na ścianę szczytową.

### Rozważane modele numeryczne

Analizie poddano trzy przestrzenne modele obliczeniowe przygotowane w programie komputerowym Autodesk Robot Structural Analysis Professional (ARSAP) o jednakowej maksymalnej wysokości konstrukcyjnej wynoszącej 22 m i zastosowanej stali S355. Modele różniły się między sobą wyniosłością przekrycia wynoszącą odpowiednio 21 m (Model 1), 18 m (Model 2) i 14,5 m (Model 3), co stanowiło kolejno 1/2, 3/7 i ok. 1/3 rozpiętości walca. W celu zapewnienia stałej wysokości konstrukcji wraz ze zmniejszaniem wyniosłości samej struktury zwiększano wysokość słupów ścian bocznych i zastosowano elementy o długościach odpowiednio 1 m, 4 m i 7,5 m (por. rys. 3).

Dla zapewnienia geometrycznej niezmienności układu pręty powłoki zamodelowano jako elementy belkowe o przekroju rurowym połączone na sztywno [6]. Ten sam rodzaj

połączenia zastosowano między przekryciem a słupami. Pętosiennie słupy narożne i ścian bocznych zamodelowano z dwuteowników szerokostopowych i zamocowano przegubowo-nieprzesuwnie w fundamentach. Pionowe pręty słupów przestrzennych ściany szczytowej przyjęto jako utwierdzone. Wszystkie rygle i słupki ściany szczytowej zamodelowano jako elementy belkowe połączone na sztywno. Stężenia założono jako elementy kratowe pracujące wyłącznie na rozciąganie. Przekroje przyjęte do analizy na poszczególne grupy elementów zestawiono w tab. 1.

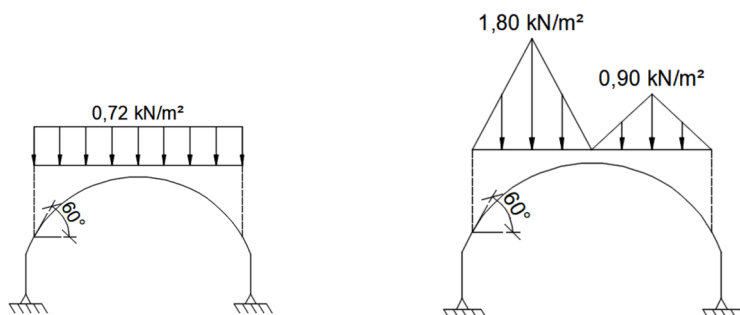
### Obciążenia działające na obiekt:

W przyjętych modelach uwzględniono wpływ obciążeń statycznych pochodzących od ciężaru konstrukcji stalowej i przeszklenia przekrycia, o wartości 0,75 kN/m<sup>2</sup> oraz instalacji oszacowanych jako 0,35 kN/m<sup>2</sup>.

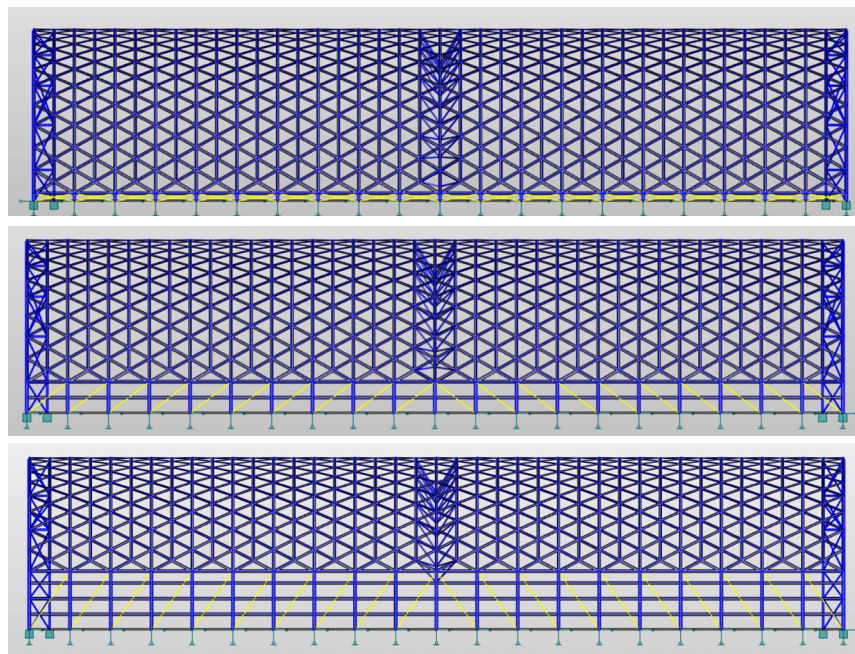
Dla każdego z przygotowanych modeli obliczeniowych przeprowadzono symulację obciążenia wiatrem na kierunkach wzdłuż, w poprzek i po ukosie hali, generowaną dla wartości szczytowego ciśnienia prędkości wiatru wyznaczonej zgodnie z normą [7], na podstawie lokalizacji i maksymalnej wysokości konstrukcji, jako 1,01 kPa.

Tab. 1. Zestawienie przekrojów podstawowych elementów nośnych; źródło: autor

Przekrój	Element konstrukcyjny
HEB 500	Stupy ściany bocznej
HEB 600	Stup narożny
RP 400 × 200 × 16	Gałęzie stópów ściany szczytowej
RK 220 × 220 × 16, RP 120 × 60 × 10	Wypełnienie stópów ściany szczytowej
RO 133 × 16	Pręty przekrycia jednowarstwowego
RO 219,1 × 22,2	Pręty przepony
RO 193,7 × 20	Rygle ściany bocznej
RP 300 × 200 × 16	Rygle ściany szczytowej
PO 20	Stężenia
RP 140 × 80 × 10	Pręty podkonstrukcji pod okładziny szklane



Rys. 4. Przypadki obciążenia śniegiem potaci dachowej: a) równomiernie rozłożone, b) nierównomiernie rozłożone; źródło: autor



Rys. 5. Ustawienie stężeń w ścianach bocznych: a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3; źródło: autor

Tab. 2. Zestawienie wyników maksymalnych naprężeń w podstawowych elementach konstrukcyjnych; źródło: autor

Model	Rodzaj analizy	Maksymalne naprężenia [MPa]					
		Pręty siatki przekrycia		Stupy ściany bocznej		Stupy narożne	
		Ściskanie	Rozciąganie	Ściskanie	Rozciąganie	Ściskanie	Rozciąganie
1	nieliniowa	297,17	-197,29	121,59	-125,30	209,47	-108,96
	P-delta i duże przemieszczenia	296,20	-207,33	121,76	-125,29	208,45	-109,62
2	nieliniowa	272,81	-197,71	188,19	-187,81	247,06	-195,54
	P-delta i duże przemieszczenia	298,11	-213,80	189,00	-188,60	247,73	-196,26
3	nieliniowa	246,73	-203,84	235,44	-187,22	255,49	-212,20
	P-delta i duże przemieszczenia	252,05	-225,44	240,27	-188,30	256,65	-213,50

Ciężar śniegu zalegającego na powierzchni powłoki wyznaczono dla drugiej strefy obciążenia śniegiem gruntu. Zgodnie z zaleceniami normy [8] uwzględniono dwa przypadki obciążeniowe charakteryzujące odpowiednio równomierny i nierównomierny rozkład śniegu na potaci dachowej, które zadano na panelach nachylonych do poziomu pod kątem mniejszym niż 60° (rys. 4).

Oddziaływania termiczne ograniczono do składowych równomiernych temperatury w lecie i w zimie wyznaczonych zgodnie z normą [9] jako odpowiednio 29,93°C i -10,54°C.

### Opis przeprowadzonych analiz i uzyskane wyniki

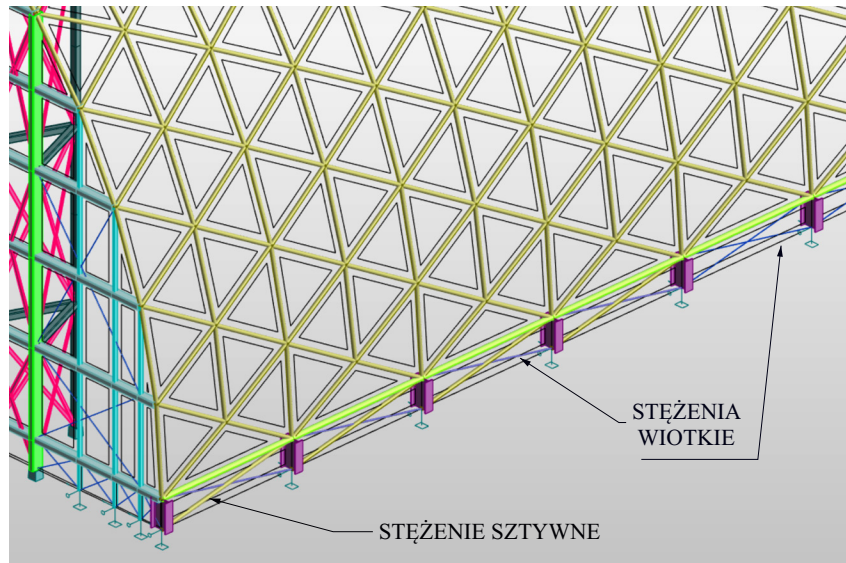
Opisane modele numeryczne o różnej wyniosłości łuku poddano analizie statycznej, z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznej elementów i bez, w celu porównania wartości uzyskanych przemieszczeń i naprężeń, dla określenia charakteru pracy poszczególnych układów oraz analizie wybojeniowej dostarczającej informacji na temat wrażliwości konstrukcji na utratę stateczności. Tworzenie modeli przestrzennych ma tę przewagę nad układami płaskimi, że pozwala na uwzględnienie sztywności poszczególnych elementów nośnych w trakcie przenoszenia obciążeń, co ma wpływ na wartości wytyżeń uzyskiwanych w poszczególnych prętach. W trakcie doboru geometrii czynnikami zmiennymi miała być tylko wyniosłość przekrycia walcowego oraz wysokość stópów ściany bocznej. Okazało się jednak, że stworzone układy charakteryzowały się różnymi problemami na etapie analizy. Modele 2 i 3 o wysokościach stópów odpowiednio 4 m i 7,5 m pracowały dość podobnie i po wstępnych obliczeniach statycznych dla przyjętych przekrojów (tab. 1.) uzyskiwały naprężenia nieprzekraczające wytrzymałości stali. Natomiast model 1, w którym długość stópów w ścianie bocznej wynosiła tylko 1 m, wykazywał znaczne wytyżenie w elementach nośnych części narożnikowej hali. Krótkie stupy w tym układzie są krępe, a przenosiły obciążenia z pokrycia o najwyższej wyniosłości charakteryzującego się największym obciążeniem pionowym spowodowanym długością łuku. Mimo że siły rozporu były tu najmniejsze, to wzrastał udział momentu

zginającego na skutek ograniczonej możliwości deformacji spowodowanej znaczącą sztywnością tych elementów, wobec czego dochodziło do koncentracji naprężeń i znaczącego przekroczenia ich dopuszczalnych wartości w narożu.

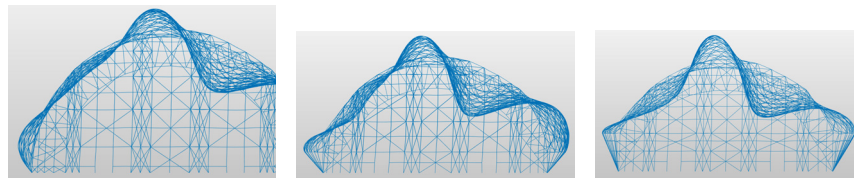
Przedmiotem badań wstępnych stały się zatem liczne analizy numeryczne mające na celu optymalne ukształtowanie układu stężeń słupów w ścianie bocznej w poszczególnych modelach, tak aby ograniczyć negatywne skutki zbytnej podatności lub nadmiernej sztywności konstrukcji na uzyskiwane naprężenia. W modelu 2 i 3 o wysokościach słupów 4 m i 7,5 m zastosowano symetryczne rozmieszczenie stężeń względem przepony widoczne na rys 5b) i 5c), które zamodelowano jako pręty kratowe pracujące wyłącznie na rozciąganie. Inne ustawienie elementów usztywniających powodowało powstanie znaczących naprężeń od kombinacji, których czynnikiem dominującym były zmiany temperatury w lecie, co prowadzi do oczywistego wniosku, że dla konstrukcji ze słupami smukłymi zbyt duże przeszytwienie układu uniemożliwiające swobodną deformację na skutek zmian termicznych może prowadzić do przekroczenia wytrzymałości stali, a w skrajnych przypadkach nawet do awarii układu.

Podobne zjawisko wystąpiło w modelu 1. Brak możliwości odpowiedniej deformacji od obciążeń termicznych prowadził do znaczącego wyteżenia narożnych słupów i elementów nośnych w ich bezpośrednim sąsiedztwie. W celu spowodowania stopniowego rozproszenia naprężeń ściskających po długości ściany bocznej zastosowano stężenia typu X, a dodatkowo w pierwszych 4 segmentach przy ścianach szczytowych zamodelowano pręty kratowe o przekrojach RO 133 × 16 w funkcji stężeń, pracujące na ściskanie i rozciąganie. Ponadto zmieniono podparcie słupków ściany szczytowej z utwierdzenia na przegubowe, w celu ograniczenia naprężeń zginających między powłoką a słupem narożnym (rys.6).

W trakcie badań docelowych na przygotowanych modelach, z uwagi na zastosowanie stężeń pracujących na rozciąganie, przeprowadzono statyczną analizę nieliniową i porównano wyniki otrzymane bez



Rys. 6. Ustawienie stężeń w ścianach bocznych w modelu 1 z podziałem na rodzaj stężeń; źródło: autor



Rys. 7. Deformacja układu w widoku w przekroju od najbardziej niekorzystnej kombinacji obciążeń charakterystycznych: a) Model 1, b) Model 2, c) Model 3; źródło: autor

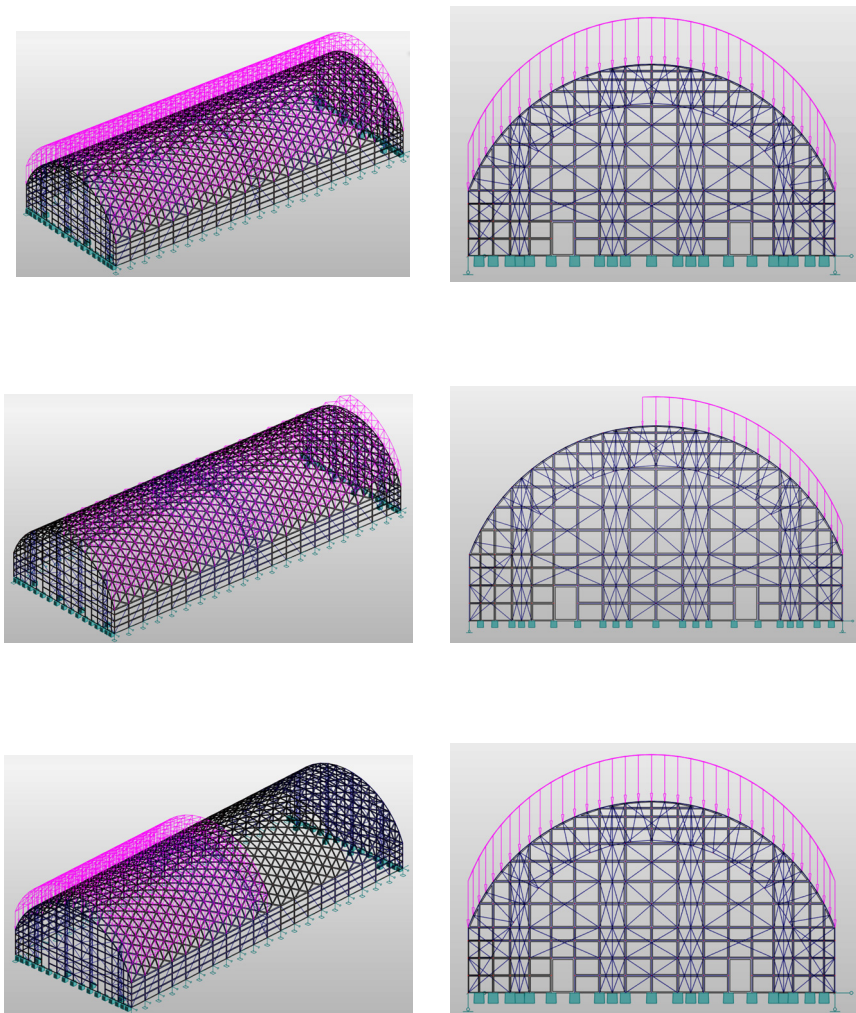
oraz z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznej elementów. W tym celu wykorzystano analizę P-delta uwzględniającą efekty drugiego rzędu w postaci zmiany sztywności na zginanie elementów z powodu istniejącej w nich siły normalnej i deformacji konstrukcji w stanie równowagi oraz metodę dużych przemieszczeń uwzględniającą efekty drugiego i trzeciego rzędu, wywołane dodatkową sztywnością poprzeczną wynikającą z deformacji układu. Uzyskane wyniki wykazały, że włączenie nieliniowości geometrycznej do obliczeń powoduje niewielkie zmiany w wartościach maksymalnych naprężeń poszczególnych prętów (tab. 2.), ale w sposób znaczący wpływa na wyniki przemieszczeń węzłów, gdyż w analizowanym przykładzie brak uwzględnienia deformacji układu i imperfekcji geometrycznych

elementów wiązało się z blisko 25-procentowym niedoszacowaniem pionowego przesunięcia węzłów siatki przekrycia (tab. 3.).

We wszystkich ustalonych modelach czynnikiem dominującym w generowaniu największych naprężeń rozciągających w prętach struktury (tab. 2.) było nierównomierne obciążenie śniegiem, typowe dla tego typu układów. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku naprężeń ściskających dla modelu 2 i 3. Jedyne w modelu 1 naprężenia ściskające prętów przekrycia są zdominowane przez działanie temperatury, co jest związane z większą sztywnością tego układu. Efekty termiczne odgrywają również największą rolę przy wyteżeniu pozostałych elementów. Przedstawione w tab. 2. wyniki ukazują znaczący spadek maksymalnych naprężeń ściskających w prętach powłoki wraz z obniżaniem

Tab. 3. Zestawienie maksymalnych przemieszczeń węzłów siatki jednowarstwowej i słupów; źródło: autor

Model	Przemieszczenia poziome słupów [cm]		Przemieszczenia węzłów siatki jednowarstwowej [cm]					
	UX – w poprzek hali	UY – wzdłuż hali	UX – poziome, w poprzek hali		UY – poziome, wzdłuż hali		UZ – pionowe	
			An. nieliniowa	An. P-delta i duże przem.	An. nieliniowa	An. P-delta i duże przem.	An. nieliniowa	An. P-delta i duże przem.
1	1,3	1,3	5,5	6,2	2,5	2,5	9,3	11,3
2	4,2	4,4	7,5	8,7	3,3	3,3	9,4	11,5
3	5,0	5,1	5,7	5,8	3,5	3,5	10,5	13,1



Rys. 8. Modele obciążeń wykorzystane w analizie wyboczeniowej: a) obciążenie równomierne rozłożone, b) obciążenie nierównomierne rozłożone nr 1, c) obciążenie nierównomierne rozłożone nr 2; źródło: autor

się wyniosłości struktury, co jest niewątpliwie korzystne, a wynika z mniejszego momentu zginającego powstającego w połączeniu między przekryciem a słupami, spowodowanego większą smukłością elementów podpierających siatkę jednowarstwową, które pod wpływem oddziaływań zewnętrznych pozwalają na większe odkształcanie się układu na kierunku poprzecznym do długości hali. Prowadzi to do ograniczenia deformacji giętych samej struktury w okolicy jej oparcia (por. rys. 7). Dodatkowo rosnąca podatność słupów objawiająca się większymi przemieszczeniami poziomymi na ich końcach (tab. 3.) prowadzi do zwiększania się w nich naprężeń wraz ze stopniowym wzrostem ich wysokości od modelu 1 do 3, co dodatkowo generowane

jest przez powiększający się w kolejnych modelach rozpor.

Spadek wyniosłości powłoki przyczynia się do wzrostu przemieszczeń pionowych (tab. 3.), co jest naturalnym zjawiskiem wynikającym ze zmniejszającej się sztywności struktury, jednak nawet dla najniższej wysokości łuku wartość ta jest niewielka w porównaniu do jej rozpiętości (42 m) i wynosi zaledwie 13,1 cm. Widoczny jednak w tabeli spadek przemieszczeń poziomych w węzłach przekrycia dla modelu 3 z jednoczesnym wzrostem ugięcia pionowego może sugerować skłonność do pionowych deformacji tego układu (zapadania się struktury).

Uzupełnieniem badań modeli wielkopowierzchniowej hali było przeprowadzenie

analizy wyboczeniowej od jednostkowego obciążenia powierzchniowego zadanego w trzech przypadkach: na całej powierzchni przekrycia (rys. 8a)), na połowie szerokości struktury (rys. 8b)), na połowie długości hali (rys. 8c)). Obciążenie założono jako rzutowane w celu uniknięcia różnic całkowej jego wartości zadanej na poszczególne układy, jakie mogłyby wystąpić z powodu różnych długości łuku. Celem badań było wyznaczenie wartości współczynników krytycznych, określających, ilukrotnie należałoby zwiększyć dane obciążenie, aby doprowadzić do utraty stateczności struktury. We wszystkich przypadkach dochodziło do utraty stateczności globalnej, wynikającej z zapadania się całego zadaszania. Jak widać w tab. 4., włączenie nieliniowości geometrycznej do analizy prowadzi do obniżenia współczynnika krytycznego we wszystkich przypadkach, co prowadzi do niższej wartości siły krytycznej, więc uwzględnienie efektów drugiego i trzeciego rzędu jest bardzo ważne w prawidłowej ocenie ryzyka utraty stateczności przez konstrukcję tego typu. Uzyskane wyniki współczynników krytycznych dla poszczególnych modeli stopniowo maleją wraz z wydłużaniem się słupów ściany bocznej, co spowodowane jest zmniejszającą się sztywnością przestrzenną konstrukcji, w wyniku czego zjawisko utraty stateczności w modelach o niższej wyniosłości zachodzi przy mniejszych wartościach obciążenia. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że wyniki uzyskane dla Modeli 1 i 2 są porównywalne.

### Wnioski

Konstrukcje wielkopowierzchniowych hal z przekryciem z siatki jednowarstwowej charakteryzują się znaczną złożonością przestrzennej pracy układu, która powinna być uwzględniana w trakcie prowadzenia prac projektowych i weryfikowana w oparciu o modele 3D, uwzględniające współpracę poszczególnych elementów. Stężenia odgrywają istotną rolę nie tylko w zapewnieniu geometrycznej niezmienności układu, ale ich błędne rozmieszczenie może powodować negatywne skutki w postaci zwiększenia wyteżeń elementów. Układy walcowe o większej wyniosłości, a zatem i sztywności, charakteryzują się lokalną koncentracją naprężeń występującą w rejonie narożnych słupów ściany bocznej powodowaną przez deformację prętów przekrycia i zmiany termiczne.

Tab. 4. Zestawienie wyników współczynników krytycznych; źródło: autor

Model	Obciążenie równomierne		Obciążenie nierównomierne nr 1		Obciążenie nierównomierne nr 2	
	An. wyboczeniowa	An. wyboczeniowa P-delta i duże przem.	An. wyboczeniowa	An. wyboczeniowa P-delta i duże przem.	An. wyboczeniowa	An. wyboczeniowa P-delta i duże przem.
1	10,02	9,01	13,24	12,03	10,31	9,30
2	9,87	8,86	12,99	11,78	10,12	9,12
3	9,02	8,03	11,71	10,52	9,23	8,25

Korzystniejsze jest zatem stosowanie stópów podatnych, umożliwiających swobodne deformacje od obciążeń termicznych, co prowadzi do obniżenia naprężeń w przekryciu, w zakresie dopuszczalnym przez obowiązujące normy. Jednakże należy wówczas mieć na względzie większą wrażliwość konstrukcji na utratę stateczności, która powinna być dokładnie zweryfikowana na etapie projektowym.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Łubiński M., Zóttowski W., Konstrukcje metalowe Część II, Arkady, 2008.
- [2] Szmít R., Projektowanie i analiza stalowych jednowarstwowych przekryć walcowych, „Przegląd Budowlany” 2021.
- [3] Dede T., Grzywiński M., Selejdak J. Continuous size optimization of large-scale dome structures with dynamic constraints, „Structural Engineering and Mechanics”, Vol. 73 (4), s. 397–405, 2020.
- [4] Matysa A., Weber H., Analiza statyczna jednowarstwowego przekrycia wielkopowierzchniowego łukowej hali stalowej opartej na słupach, „Inżynieria i budownictwo” 2022, R.78, nr 7-8.
- [5] Matysa A., Weber H., 2023, Analiza porównawcza przestrzennych modeli jednowarstwowego przekrycia o kształcie walcowym z różnymi rozwiązaniami ścian szczytowych, „Builder” 9 (314).
- [6] Chodor L., Przekrycia hal i galerii, XXXI Ogólnopolskie Warsztaty Projektanta Konstrukcji, Szczyrk 2016.
- [7] PN-EN 1991-1-4: 2005. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- [8] PN-EN 1991-1-3:2005. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
- [9] PN-EN 1991-1-5: 2003. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania termiczne

#### PODZIĘKOWANIA

Prezentowane badania były wspierane przez projekt Szkoła Orłów ZUT /koordynacja: dr hab. inż. Piotr Sulikowski, prof. ZUT/ w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki /Grant nr MNiSW/2019/391/DIR/KH, POWR.03.01.00-00- P015/18/, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, kwota dofinansowania 1.704.201,66 zł.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.8404

#### PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Matysa Adrian, Weber Hanna, 2024, Wpływ wysokości łuku jednowarstwowego przekrycia o kształcie walcowym na pracę konstrukcji opartej na słupach, „Builder” 12 (329).

DOI: 10.5604/01.3001.0054.8404

#### STRESZCZENIE:

W pracy poruszono zagadnienie wpływu wyniosłości przekrycia wielkopowierzchniowej hali, zbudowanego z jednowarstwowej siatki prętów opartej na słupach, na otrzymywane wyniki statyczne oraz stateczności układu. Stworzono trzy przestrzenne modele o zmiennej wysokości łuku i zastosowanych słupów, które obciążono zgodnie z zaleceniami Eurokodów. Następnie przeprowadzono analizę statyczno-wytrzymałościową z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznej elementów oraz bez uwzględnienia tej nieliniowości. Przedyskutowano wpływ nieliniowości geometrycznej na otrzymywane wyniki statyczne. Omówiono rolę sposobu rozmieszczenia stężeń w przestrzennej pracy

układu. Na podstawie analizy wyboczeniowej uzyskano wartości współczynników krytycznych przy różnych sposobach obciążania. W końcowej części pracy przedyskutowano problem wpływu wysokości przekrycia walcowego i podatności zastosowanego podparcia na sztywność i pracę konstrukcji.

#### SŁOWA KLUCZOWE:

przekrycie jednowarstwowe, stateczność konstrukcji, analiza statyczna, nieliniowość geometryczna, podparcie podatne

#### ABSTRACT:

**THE INFLUENCE OF THE ARCH HEIGHT IN THE SINGLE-LAYER CYLINDRICAL ROOF COVERING ON THE WORK OF A STRUCTURE SUPPORTED ON COLUMNS.** The paper addresses the issue of the influence of the height of the roof covering of a large hall built of a single-layer grid of bars supported on columns on the obtained static results and the stability of the system. Three spatial models, with variable height of the arch and the applied columns, were created and loaded according to the recommendations of the Eurocodes. Then, a static-strength analysis was carried out with and without taking into account the geometric nonlinearity of the elements. The influence of the geometric nonlinearity on the obtained static results was discussed. The role of the method of placing braces in the spatial work of the system was discussed. Based on the buckling analysis, the values of critical coefficients were obtained for different loading methods. The final part of the paper discusses the problem of the influence of the height of the cylindrical roof covering and the flexibility of the applied supports on the stiffness and work of the structure.

#### KEYWORDS:

single-layer covering, structural stability, static analysis, geometric nonlinearity, flexible support