

# Wybrane zagadnienia kształtowania, projektowania i realizacji dachów z blach fałdowych. Część I



Dr inż. Paweł Fiszer, Stowarzyszenie DAFA, ME Polska Sp. z o.o.

Dr inż. Paweł Żwirek, Stowarzyszenie DAFA,

Katedra Konstrukcji Mostowych, Metalowych i Drewnianych, Politechnika Krakowska

## 1. Wprowadzenie

Autorzy niniejszego opracowania mieli okazję uczestniczyć na różnych etapach projektowania bądź realizacji jednych z największych krajowych i zagranicznych przedsięwzięć budowlanych, w których wykorzystano blachy fałdowe. Wśród wspomnianych realizacji należy wymienić takie obiekty, jak elektrociepłownia Bełchatów, terminale lotnicze we Wrocławiu, Łodzi, Rzeszowie-Jasionce czy też Ferrari World w Abu Dhabi.

W pierwszej części zostaną zaprezentowane możliwości kształtowania połączeń dachowych z wykorzystaniem blach fałdowych na przykładzie obiektów, w których dach z blach fałdowych oprócz funkcji czysto technicznej pełni również funkcję estetyczną, sprawiając, że staje się on tzw. piątą elewacją. Omówione zostaną zagadnienia związane z kształtowaniem konstrukcji, przeważnie stalowej prętowej umożliwiającej uzyskanie: poprawnych technicznie, ekonomicznych i ciekawych architektonicznie kształtów dachów – zarówno jednokierunkowo, jak i dwukierunkowo zakrzywionych. Omówione zostaną zagadnienia stosowania w kształtowaniu konstrukcji tego typu dachów zarówno blach łukowych, blach płaskich oraz blach płaskich z wygięciem wstępnym. Wspomniane zagadnienia zostaną omówione na bogato ilustrowanych przykładach, takich realizacji jak: hala widowiskowo-sportowa w Biłgoraju, terminal lotniczy we Wrocławiu, terminal lotniczy w Rzeszowie-Jasionce oraz Ferrari World w Abu Dhabi. Na przykładzie liczbowym zostaną omówione zagadnienia związane ze stosowaniem blach fałdowych nominalnie płaskich z wygięciem wstępnym realizowanym na montażu w celu uzyskania określonej krzywizny blachy fałdowej.

W ostatnim kwartale 2018 roku nastąpiły bardzo istotne zmiany w normach dotyczących wykonywania konstrukcji stalowych. Wszystkie zagadnienia dotyczące realizacji konstrukcji z blach profilowanych na zimno, które wcześniej znajdowały się w poprzedniej wersji normy PN-EN 1090-2 [N2] zostały przeniesione do nowej, czwartej części normy PN-EN 1090 [N3]

dotyczącej wyłącznie konstrukcji stalowych z blach profilowanych na zimno. Dodatkowo w normie PN-EN 1090-4 [N3] umieszczono znaczną ilość nowych treści dotyczących wykonywania konstrukcji z blach profilowanych na zimno, które wcześniej nie były ujęte w normach dotyczących konstrukcji metalowych. Omówione zostaną zagadnienia związane z kształtowaniem połączeń pomiędzy blachami oraz pomiędzy blachami i konstrukcją. Stosowanie wysokich blach fałdowych profilowanych z grubych blach wymaga analizy w zakresie wykonalności i możliwości technicznych poprawnego połączenia poszczególnych arkuszy z konstrukcją lub pomiędzy sobą. Zagadnienie to ma szczególnie duże znaczenie w przypadku stosowania blach uciąganych nad podporami lub układów o nośności zwiększanej poprzez podwojenie blach. Istotnym zagadnieniem są również opisane w niniejszym opracowaniu możliwości wykonywania otworów w blachach fałdowych bez stosowania tradycyjnych wymianów.

## 2. Kształtowanie konstrukcji dachów

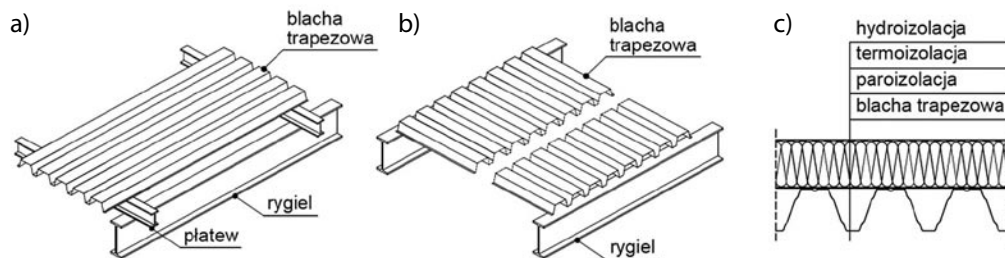
### 2.1. Uwagi wstępne

Podstawową funkcją każdego dachu jest ochrona wnętrza budynku przed opadami atmosferycznymi, wiatrem, wahaniami temperatury, hałasem, promieniowaniem słonecznym, czynnikami chemicznymi i biologicznymi oraz niezawodne przenoszenie obciążeń na elementy konstrukcji nośnej budynku. Szacuje się, że udział nośnych stalowych blach trapezowych



**Rys. 1.** Widok dachu wielopłociowego obiektu wielkopowierzchniowego

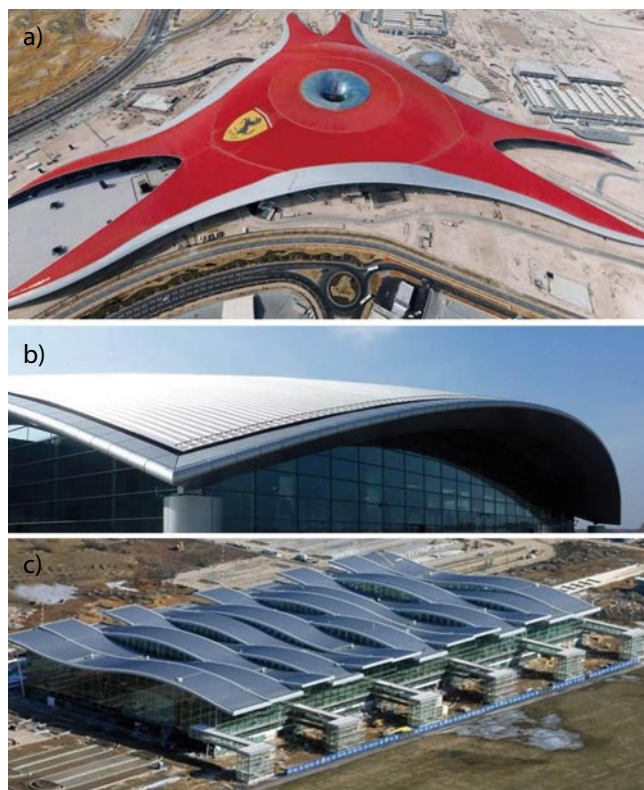
**Rys. 2.** Konstrukcja dachu płaskiego: a) płatwiowego, b) bezpłatwiowego, c) typowy układ warstw dachu obiektu wielkopowierzchniowego



w łącznej powierzchni wszystkich nowych dachów w budynkach wielkopowierzchniowych sięga blisko 90%. W niniejszym opracowaniu zostaną omówione wybrane zagadnienia kształtowania, projektowania i realizacji dachów z warstwą nośną wykonaną z blach fałdowych. W budownictwie przemysłowym lub w przypadku wielkopowierzchniowych obiektów handlowo-usługowych o formie i rozwiązaniach technicznych dachu decydują na ogół względy techniczne i ekonomiczne. Dachy wyżej wymienionych obiektów, zależnie od rozległości rzutu poziomego budynku, przeważnie są dachami jedno- lub wielopołaciowymi składającymi się ze zbioru połąci w postaci płaszczyzn o niewielkim nachyleniu nieprzekraczającym zazwyczaj 5° (rys. 1), co według kryteriów normy obciążenia śniegiem [N6] klasyfikuje takie dachy jako płaskie. Większe nachylenia połąci dachowych obiektów przemysłowych lub handlowo-usługowych spotykane są jedynie na terenach podgórskich, gdzie znaczące zwiększenie nachylenia połąci dachowych pozwala w sposób istotny zredukować wartość obciążenia śniegiem według normy [N6]. Tak jak wcześniej wspomniano, warstwę nośną przegrody dachowej obiektów wielkopowierzchniowych stanowi na ogół blacha trapezowa, na której układana jest paroizolacja, termoizolacja oraz hydroizolacja (rys. 2c). Termoizolacja wykonywana jest przeważnie ze styropianu, pianki PIR lub wełny mineralnej. Z kolei jako hydroizolację stosuje się przeważnie EPDM lub PVC, a coraz rzadziej wykonuje się ją z tradycyjnej papy. Blacha w tradycyjnych układach konstrukcyjnych spoczywa na płatwiach opartych na ryglach pełnościennych lub kratowych (rys. 2a). Dostępność wysokich blach fałdowych o odpowiednio wysokiej nośności umożliwia stosowanie tzw. układów bezpłatwiowych, w których blachy trapezowe opierane są bezpośrednio na ryglach ram. Zarówno płatwie, jak i rygle mogą być stalowe, żelbetowe czy też drewniane (stosowane są również układy mieszane). Zagadnienie kształtowania konstrukcji dachów płaskich obiektów wielkopowierzchniowych jest dobrze rozpoznane w środowisku inżynierskim i nie będzie omawiane w niniejszej pracy.

O wiele bardziej złożonym zagadnieniem inżynierskim może być kształtowanie konstrukcji obiektów użyteczności publicznej, których forma architektoniczna dachu nadaje budynkowi unikalny charakter (rys. 3). Ukształtowane w ten sposób dachy nazywane są piątą elewacją. Warstwę hydroizolacji dachów o skomplikowanej geometrii można wykonać z EPDM lub PVC. Rozwiązanie takie, pomimo że jest poprawne technicznie, jest na ogół nie do przyjęcia

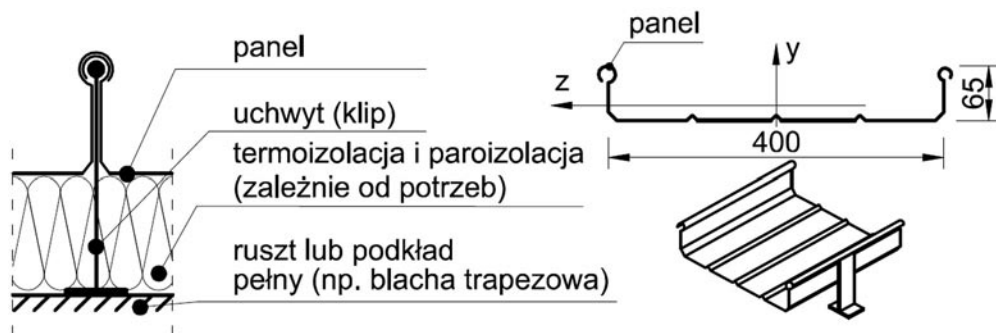
ze względu na wymagania estetyczne. Rozwiązaniem, które w przypadku obiektów, takich jak przedstawione na rysunku 3, zapewnia wymaganą estetykę, jest technologia samonośnych paneli dachowych na rąbek stojący. Cechą wspólną obiektów przedstawionych na rysunku 3 jest okoliczność, iż warstwa nośna przegrody dachowej wykonana jest z blach fałdowych, na których ułożone są właśnie samonośne panele aluminiowe. Kształtowanie konstrukcji obiektów, których dachy stanowią piątą elewację, wymaga od projektanta jednoczesnego uwzględnienia wymagań w zakresie niezawodności, skutecznej ochrony przed czynnikami środowiskowymi, a także estetyki oraz technologii pokrycia dachowego. Świadome kształtowanie konstrukcji tego typu dachów pozwala na uzyskanie poprawnych technicznie, estetycznych i jednocześnie możliwie tanich rozwiązań. W dalszej części omówione zostaną na przykładach wybranych realizacji zagadnienia kształtowania dachów o złożonej



**Rys. 3.** Przykłady dachów z warstwą nośną z blach trapezowych: a) Ferrari World Abu Dhabi, b) terminal lotniczy w Rzeszowie-Jasionce, c) terminal lotniczy we Wrocławiu (źródło: <https://www.tuwroclaw.com/wiadomosci,opoznienia-w-budowie-terminalu-wroclawskiego-lotniska,wia5-3273-6879-1.html>)



**Rys. 4.** Dachy z pokryciem z samonośnych paneli metalowych: elementy składowe oraz przykładowy kształt panela



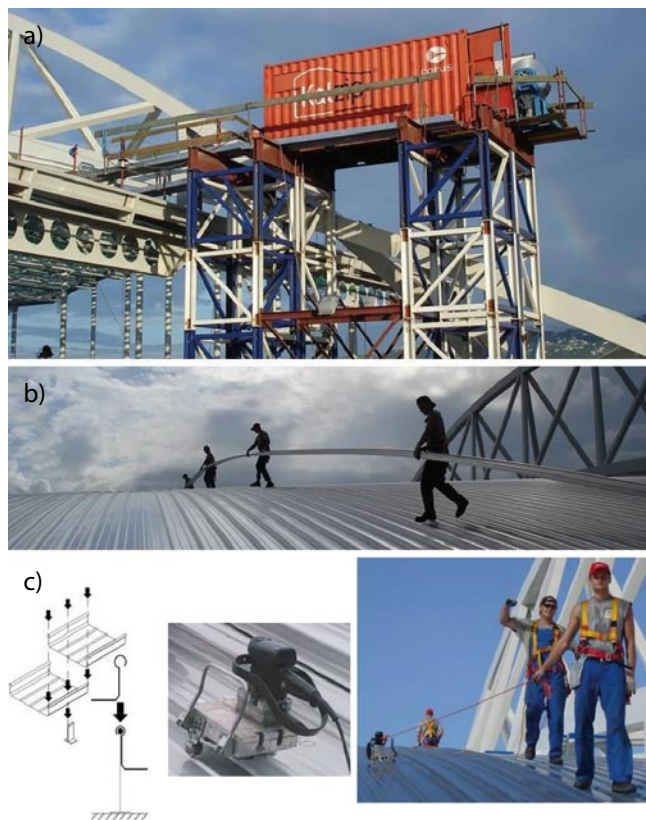
geometrii z warstwą nośną z blach trapezowych i pokryciem z samonośnych paneli aluminiowych.

## 2.2. Samonośne panele dachowe – opis technologii

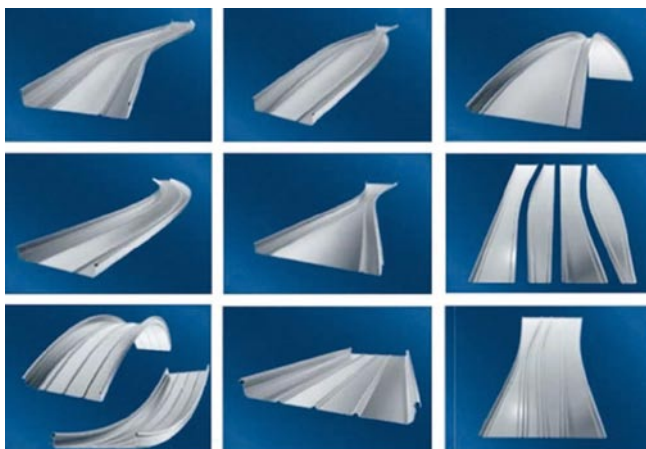
Na rynku wyrobów budowlanych dostępnych jest obecnie kilka podobnych systemów pokryć dachowych z samonośnych paneli dachowych łączonych na rąbek stojący [M1, M2, N4, N16]. Panele mają zazwyczaj szerokość od 300 do 500 mm i wysokość od 50 do 65 mm, przykładowy przekrój poprzeczny panela przedstawia rysunek 4. Obecnie samonośne panele dachowe produkowane są przeważnie z blach aluminiowych. Za wyborem aluminium przemawia jego niska masa, wysoka odporność na wpływy środowiskowe (zwłaszcza w przypadku zastosowania dodatkowych powłok ochronnych), łatwość formowania oraz stosunkowo niska cena. Panele produkowane są na ogół ze stopów EN-AW 3004 i EN-AW 3005.

Poszczególne panele podpierane są punktowo na uchwytach nazywanych klipami (rys. 4). Pierwotnie klipy produkowano z aluminium. Stopniowe podwyższanie wymagań w zakresie izolacyjności przegród budowlanych oraz konieczność uwzględniania w obliczeniach obecności punktowych mostków termicznych spowodowały, że obecnie klipy produkowane są z tworzyw sztucznych, np. ultramidu A3WG10 wzmocnionego włóknem szklanym. Materiał ten cechuje się dużą wytrzymałością, niskim współczynnikiem tarcia oraz jednocześnie niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła, który wynosi zaledwie  $\lambda=0,37 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , co jest wartością znacząco mniejszą od  $\lambda=200 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  dla aluminium. Najczęściej w kalenicy panele dachowe łączy się z klipami za pomocą łączników mechanicznych, uzyskując tzw. punkty stałe połączenia dachowej zabezpieczające panele dachowe przed niekontrolowanymi przemieszczeniami w wyniku odkształceń termicznych. Pozostałe klipy nie są łączone z panelami i stanowią tzw. punkty ruchome. Rozstaw klipów po długości rąbka zależy od obciążeń działających na panele, rodzaju materiału zastosowanego do produkcji paneli, szerokości paneli oraz wysokości rąbka. W przypadku dachów ocieplonych z pokryciem z samonośnych aluminiowych paneli dachowych opartych punktowo na klipach stosuje się miękką wełnę mineralną. Wełna mineralna pełni jedynie funkcję termoizolacyjną i nie przenosi obciążeń powierzchniowych z paneli dachowych na blachę trapezową. Panele produkowane są na ogół bezpośrednio na budowie w kontenerach zwanych rollformerami (rys. 5a). Materiał wsadowy do produkcji paneli stanowią blachy metalowe dostarczane na budowę w kręgach, dzięki czemu możliwe jest produkowanie pojedynczych elementów o długości nawet kilkudziesięciu metrów – dopasowanej do długości połączenia dachowej (rys. 5b). Unika się dzięki temu styków poprzecznych, co zarówno podnosi estetykę pokrycia dachowego, obniża koszty wykonania, jak również korzystnie wpływa na szczelność pokrycia – nawet w przypadku dachów o niewielkim kącie nachylenia połączenia. Sąsiednie panele łączone są przez mechaniczne zaciskanie rąbka (rys. 5c), które z jednej strony zapobiega oderwaniu pokrycia przez wiatr, a z drugiej strony nie krępuje odkształceń termicznych (poślizg paneli na główkach klipów) oraz umożliwia odprowadzanie wilgoci spod paneli.

Skomplikowana niekiedy geometria połączenia dachowej może wymagać stosowania paneli o kształtach jak na rysunku 6.



**Rys. 5.** Produkcja paneli w rollformerze (a), transport paneli na dachu (b), zaciskanie rąbków (c)



Rys. 6. Przykładowe kształty paneli dachowych [M1]

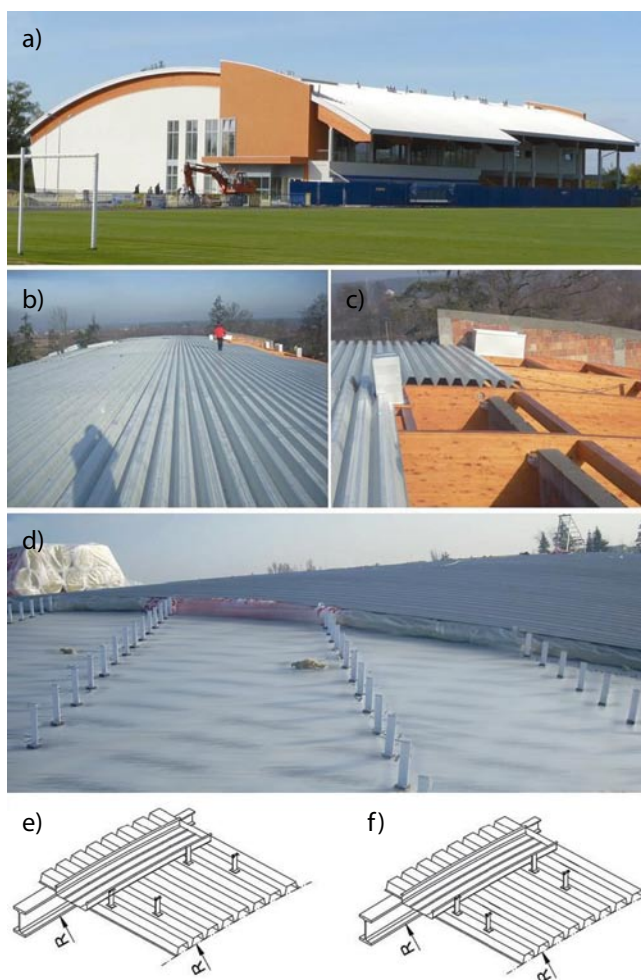
Względy transportowe ograniczają długość pojedynczego panela, co w przypadku połączeń o znacznych rozmiarach może wymagać spawania na budowie w celu uzyskania elementów o pożądanej długości. Spawanie paneli na budowie zwiększa koszty realizacji i jednocześnie bardzo obniża estetykę pokrycia. Stosowanie skomplikowanych kształtów paneli może wymagać w trakcie realizacji dodatkowego nadzoru geodezyjnego wynikającego z potrzeby precyzyjnego wyznaczenia lokalizacji klipów, które należy zamocować przed montażem panela dachowego i późniejszą korekta wydłuża czas realizacji, a tym samym podnosi koszty realizacji.

### 2.3. Dachy zakrzywione w jednym kierunku

#### Hala widowiskowo-sportowa w Biłgoraju

Najprostszym rozwiązaniem konstrukcyjnym w przypadku dachów o kształcie jak na rysunku 7a jest zastosowanie dźwigarów łukowych i blach trapezowych w układzie bezpłatiowym. Dźwigary łukowe mogą być wykonane z drewna, stali lub żelbetu. Właściwości ortotropowe blachy trapezowej powodują, że jej dogięcie do łukowego dźwigara dachowego jest zadaniem stosunkowo prostym (rys. 7b, 7c, 7e, 7f). Dzięki temu, że panele dachowe mają przebieg prostopadły do fałd blachy, klipy mogą być mocowane bezpośrednio do blachy trapezowej (rys. 7d). W związku z tym, że jako termoizolacja jest stosowana miękka wełna mineralna dostarczana w rolkach (rys. 7d), obciążenie powierzchniowe np. od śniegu przekazywane jest z samonośnych paneli dachowych na blachy trapezowe w sposób punktowy – istotne jest przesuwanie kolejnych klipów na kolejną fałdę blachy trapezowej, aby przekazać obciążenia w sposób możliwie równomierny (rys. 7e).

Zastosowanie rozwiązania jak na rysunku 7f powoduje, że obciążenie od śniegu, wiatru i ciężaru paneli dachowych przekazywane jest punktowo na wybrane fałdy blachy trapezowej, a pozostałe częściowo współpracujące z nimi fałdy (oprócz ciężaru własnego) przenoszą głównie obciążenia od ciężaru termoizolacji i ewentualnych instalacji czy sufitów podwieszonych do blachy trapezowej. W przypadku zastosowania rozwiązania konstrukcyjnego jak na rysunku 7f należy ten



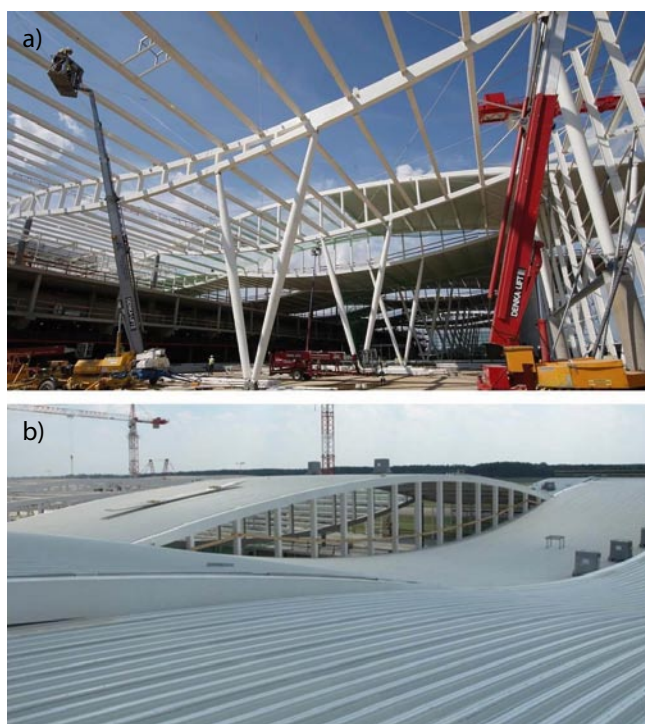
Rys. 7. Konstrukcja zadaszenia hali widowiskowo-sportowej w Biłgoraju – opis w tekście

fakt uwzględnić w modelu obliczeniowym blachy trapezowej. Pominięcie wspomnianej okoliczności może prowadzić do przeciążenia fałd blachy trapezowej obciążonej siłami skupionymi przekazywanymi przez umieszczone na nich klipy ustawione w rzędach wzdłuż fałd blachy (rys. 7f).

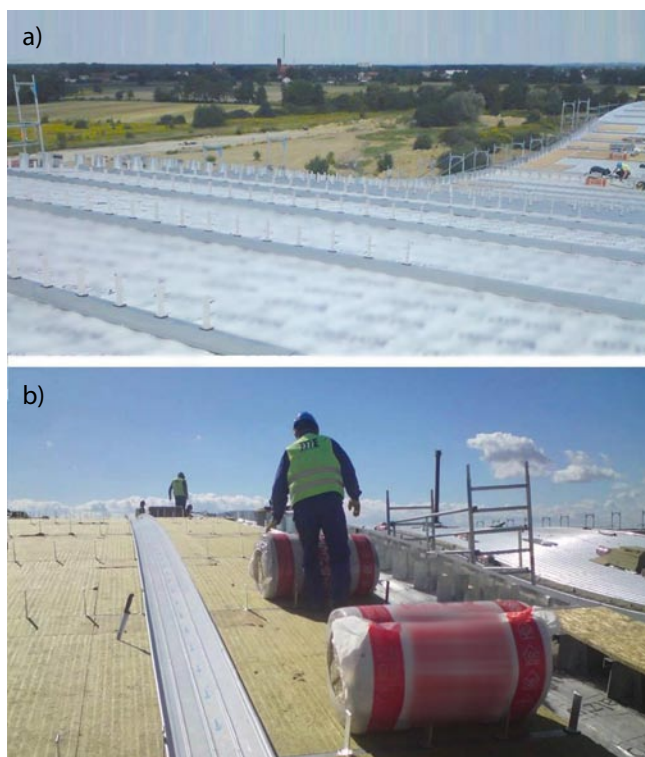
#### Terminal lotniczy we Wrocławiu

Konstrukcję dźwigara dachowego terminala lotniczego we Wrocławiu (rys. 3c) stanowią dźwigary stalowe dwupasowe, bezprzekątniowe ze spawanych kształtowników o przekrojach prostokątnych. Zarówno na krzywoliniowych pasach górnych, jak i dolnych dźwigarów dachowych oparte są płatwie dachowe z dwuteowników szerokostopowych. Fałdy blachy przebiegają prostopadle do płatwi dachowych (rys. 8). Atrakcyjny kształt dachu umożliwiający doświetlenia wnętrza budynku bez stosowania świetlików w połączeniu dachowej uzyskano poprzez wzajemne przesunięcia fal tworzących sąsiednie pasma połączenia dachowej. Promień krzywizny wszystkich zastosowanych arkuszy blachy jest taki sam. Ze względu na ograniczony asortyment blach łukowych planowano początkowo zastosowanie blach płaskich doginanych w trakcie montażu do blach fałdowych. Wymuszenia





**Rys. 8.** Konstrukcja dachu terminala lotniczego we Wrocławiu: a) konstrukcja prętowa, b) widok blach trapezowych

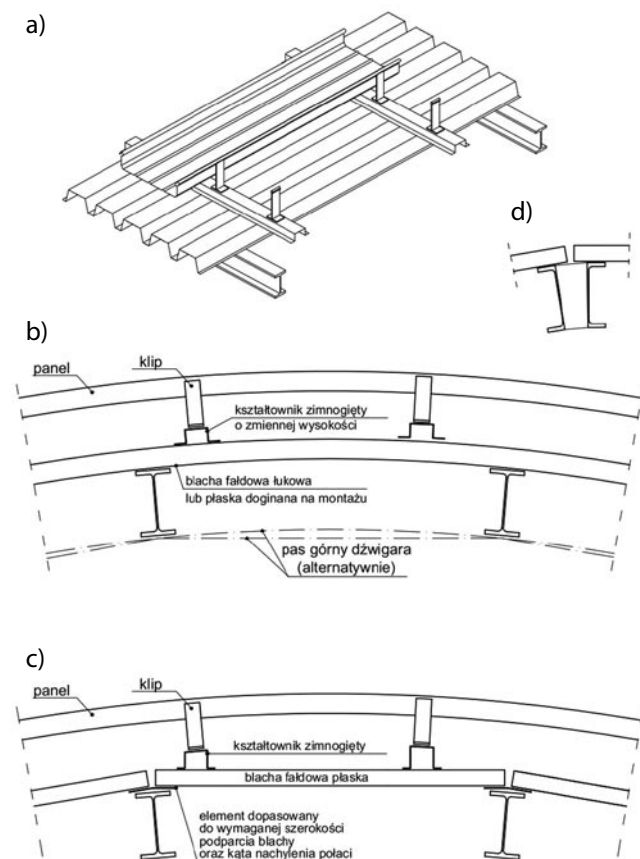


**Rys. 9.** Podkonstrukcja z zamontowanymi klipami (a), termoisolacja oraz pierwszy próbnym samonośnym panelem dachowym (b)

powstające w trakcie montażu generowały na tyle duże siły przekrojowe, że ściskane ścianki fałd blachy traciły stateczność (por. rys. 20). Zagadnienie stosowania blach fałdowych z wygięciem wstępnym zostało szerzej omówione w p. 2.4 niniejszego opracowania.

Ze względu na równoległy przebieg fałd blachy i paneli pokrycia dachowego montowanie klipów bezpośrednio do fałd blachy nie było możliwe jak w przypadku dachu omawianej wcześniej hali w Biłgoraju. Ze względu na niezgodność szerokości nominalnej samonośnych paneli dachowych i rozstawu osiowego fałd blachy konieczne było wprowadzenie stalowych zimnogiętych kształtowników o przekroju kapeluszowym (rys. 9a i 10a) o przebiegu równoległym do płaszczyzny dachowej. Pomiędzy profilami kapeluszowymi ułożona została termoizolacja z twardych płyt z wełny skalnej, która jest w stanie przenieść obciążenia montażowe. Bezpośrednio przed montażem na klipy paneli dachowych układa się warstwę termoizolacji z miękkiej wełny mineralnej dostarczanej przeważnie w rolkach (rys. 9b). Opisany układ podkonstrukcji i termoizolacji powoduje, że obciążenia powierzchniowe działające na samonośne panele dachowe (przede wszystkim śnieg) przekazywane są na blachy fałdowe jako obciążenie liniowe. Fakt ten należy przeanalizować w projektowaniu blach fałdowych.

W przypadku dachów zakrzywionych w jednym kierunku, kiedy samonośne panele dachowe przebiegają równoległe do fałd dachu, można stosować zarówno blachy łukowe (rys. 10b), jak i blachy płaskie (rys. 10c). W przypadku stosowania blach łukowych należy bezwzględnie pamiętać



**Rys. 10.** Rozwiązania konstrukcyjne dachów zakrzywionych w jednym kierunku z samonośnymi aluminiowymi panelami dachowymi przebiegającymi równoległe (w rzucie) do fałd blachy – opis w tekście

o wzajemnie równoległym ułożeniu pasa górnego płatwi i stycznej do blachy w miejscu oparcia na płatwi dachowej (rys. 10b). Dzięki zastosowaniu blach łukowych możliwe jest stosowanie dystansowych profili kapeluszowych o jednakowym kształcie przekroju poprzecznego. Płatwie dachowe mogą z kolei być układane na zakrzywionych lub odcinkowo prostych pasach dźwigarów dachowych (rys. 10b). Możliwe jest również zastosowanie blach płaskich, które odcinkowo aproksymują zakrzywiony w jednym kierunku kształt połączenia dachowej. W takim wypadku należy pamiętać, aby tak ukształtować pas górny płatwi dachowej, by umożliwił on prawidłowe podparcie dwóch kolejnych arkuszy blachy o różnych kątach nachylenia (rys. 10c). Można to uzyskać przez nadbudowę lub poszerzenie pasa górnego płatwi. Stosowanie poszerzenia pasa dwuteowników gorącowałcowanych przez przyspawanie dodatkowych elementów jest bardzo nieekonomicznym rozwiązaniem wynikającym z dużej ilości prac spawalniczych. Ponadto proces spawania może doprowadzić do deformacji płatwi, która będzie wymagać dodatkowej operacji technologicznej w postaci prostowania. Warto w takiej sytuacji rozważyć zastosowanie płatwi dwugałęzistej z ceowników połączonych pionowymi blachami węzłowymi o obrysie trapezowym – rysunek 10d. Stosując blachy płaskie jako warstwę nośną dachów zakrzywionych, należy zastosować kapeluszowe profile dystansowe o zróżnicowanej wysokości i kącie nachylenia ścianki podpierającej klipy (rys. 10c). Warto zastosować (jedynie w przypadku wykorzystywania blach trapezowych płaskich) taki rozstaw klipów, a tym samym rozstaw dystansowych profili kapeluszowych, którego wielokrotność będzie stanowiła odległość pomiędzy płatwiami (mierzoną po długości połączenia dachowej). Uzyska się dzięki temu powtarzalność konstrukcji, a tym samym ograniczenie asortymentu kształtów profili dystansowych. W przypadku niewielkich odległości pomiędzy płatwiami możliwe jest zastosowanie rozstawu klipów równego rozstawowi płatwi, dzięki czemu, podobnie jak w przypadku blach łukowych, można zastosować jeden kształt kapeluszowego profilu dystansowego.

### Terminal lotniczy Rzeszów-Jasionka

Dach terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce o kształcie przedstawionym na rysunku 3b posiada stalową konstrukcję nośną dachu w postaci zakrzywionych dźwigarów pełnościennych oraz przebiegających w przybliżeniu prostopadle do nich (w rzucie) zakrzywionych płatwi kratowych (rys. 11).

Ze względu na zakrzywiony kształt połączenia dachowej naturalne wydawało się zastosowanie blach fałdowych łukowych. Należy jednak podkreślić, że powierzchnia połączenia dachowej terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce cechuje się zróżnicowanymi wartościami promienia krzywizny – w odróżnieniu od omawianych wcześniej obiektów.

Wspomniana okoliczność spowodowała konieczność stosowania blach trapezowych łukowych o zróżnicowanych



**Rys. 11.** Konstrukcja stalowa dachu terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce

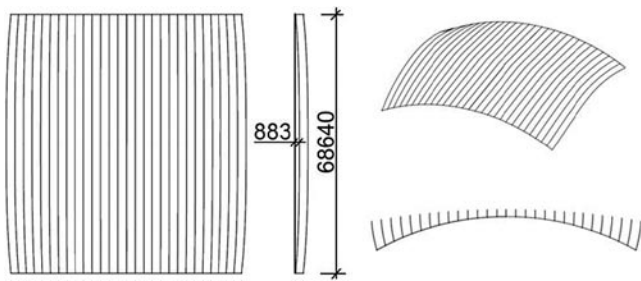
promieniach krzywizny. Niewielki asortyment blach łukowych, w porównaniu z blachami płaskimi, oraz wyższa cena jednostkowa związana m.in. z wyższymi kosztami produkcji i transportu sprawiła, że przeanalizowano możliwość wykonania pokrycia dachu z blach płaskich wyginanych w trakcie montażu.

Poszczególne fałdy pierwotnie płaskich arkuszy blach fałdowych miały być w trakcie montażu wstępnie wyginane w kierunku podłużnym i poprzecznym, skręcane oraz odkształcane poprzecznie na skutek zamierzonej zmiany szerokości fałd [2] (rys. 12). Aby oszacować wielkość wspomnianych deformacji, opracowano trójwymiarowy model komputerowy połączenia dachowej, która następnie została aproksymowana za pomocą kolejno ułożonych obok siebie pasm o stałej szerokości (rys. 13) – zbliżonej do pierwotnie zakładanej szerokości krycia pojedynczej blachy trapezowej. Największe deformacje występowały w obrębie pasm skrajnych oraz w rejonie naroży połączenia dachowej. Aby uzyskać aproksymację kształtu skrajnego pasma (rys. 13) za pomocą zbioru trójprzęsłowych arkuszy blachy o długości 9 m, należało skręcać osie kolejnych arkuszy o około  $0,7^\circ$ . Przy szerokości krycia pojedynczego arkusza blachy  $3 \times 315 = 945$  mm dawało to różnicę długości zakładu na końcach arkusza o wartości  $945 \tan(0,7^\circ) = 11$  mm (rys. 14c). Przeprowadzone próby

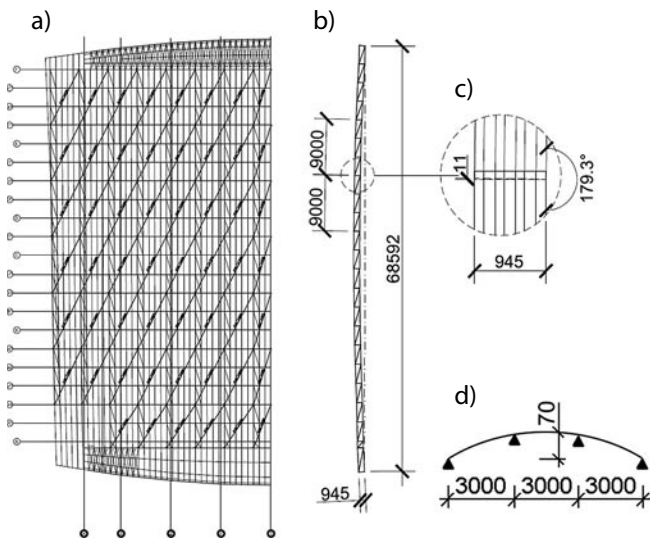


**Rys. 12.** Montaż próbny blachy trapezowej i sposób prawidłowego ukształtowania podparcia blachy trapezowej





**Rys. 13.** Aproksymacja kształtu dachu terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce za pomocą zbioru pasm o jednakowej szerokości

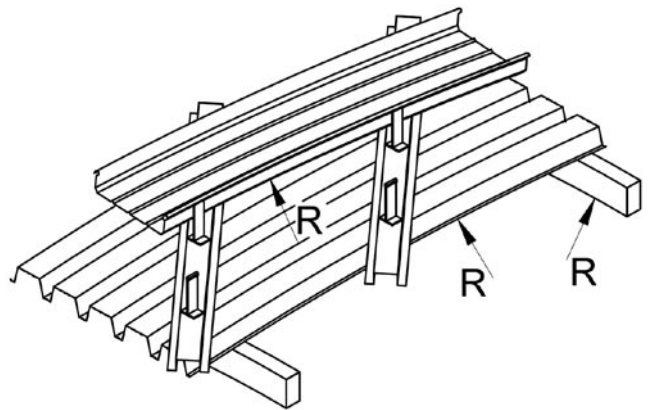


**Rys. 14.** Układ arkuszy blachy trapezowej: a) rozkroje blach – widok z góry, b) rozwinięcie skrajnego pasma blach trapezowych, c) szczegół zakładu kolejnych arkuszy blachy trapezowej, d) wartość strzałki wygięcia wstępnego trójkątnego arkusza blachy trapezowej

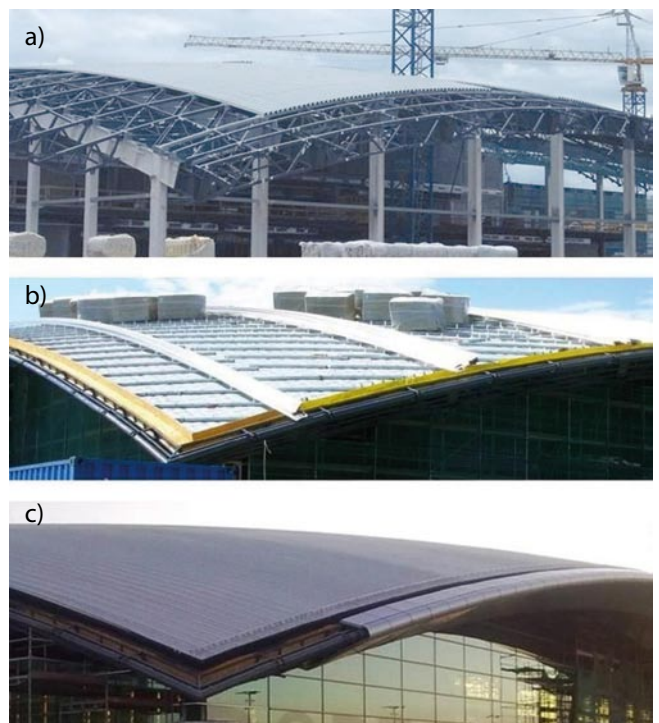
wykazały możliwość zastosowania takiego rozwiązania. Deformacje związane ze skręceniem (rys. 12), zmianą szerokości oraz wygięciem poprzecznym arkusza blachy nie budziły wątpliwości, osiągając wartości porównywalne do tolerancji wykonania blach [N1]. Wartość strzałki wygięcia wstępnego arkusza blachy  $70/9000=1/128$  (rys. 14d) mogła się wydawać stosunkowo mała, jednak jak wykazały późniejsze analizy, miała ona duży wpływ na nośność blachy. Powstające w ten sposób dodatkowe siły przekrojowe zostały uwzględnione w analizie pracy blach trapezowych w sposób opisany w p. 2.4 niniejszego opracowania.

Kształtując stalową konstrukcję wsporczą dla blach trapezowych, należy pamiętać o prawidłowej geometrii pasa górnego płatwi (w tym wypadku kratowej). Można obrócić względem osi podłużnej kształtownik pasa górnego lub zastosować odpowiednie nakładki (rys. 12) – co może być rozwiązaniem korzystniejszym z punktu widzenia kształtowania węzłów konstrukcji kratowej.

Ze względu na kształt połączenia dachowego nie było możliwe ułożenie samonośnych paneli dachowych wyłącznie prostopadle lub równoległe do fałd blachy trapezowej (rys. 15, 16b).



**Rys. 15.** Układ blach trapezowych, profili dystansowych i samonośnych aluminiowych paneli na dachu terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce



**Rys. 16.** Dach terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce: a) konstrukcja stalowa dachu z blachą trapezową, b) ukośnie zamontowane kapeluszowe profile dystansowe wraz z klipami, c) samonośne panele dachowe

Z tego powodu zastosowane zostało rozwiązanie przedstawione na rysunku 15 z ukośnym przebiegiem profili kapeluszowych, za pośrednictwem których klipy są mocowane do blach trapezowych. Rozwiązanie takie powoduje bardziej równomierne obciążenie blach trapezowych, aniżeli w przypadku rozwiązania przedstawionego na rysunku 10, gdzie obciążenie jest przekazywane liniowo (na kolejne fałdy blachy w podobnej odległości od podpory), czy też rozwiązania przedstawionego na rysunku 7 – gdzie obciążenia z paneli przekazywane są punktowo.

O ile w przypadku wcześniej omawianych dachów stosowanie samonośnych aluminiowych paneli dachowych o stałej

szerokości nie budziło wątpliwości, o tyle w przypadku dachu omawianego terminala takie wątpliwości już się pojawiły. Teoretycznie kształt połączy dachowej najlepiej odwzorowuje zespół paneli o stopniowo, nieliniowo zwiększającej i zmniejszającej się szerokości – analogicznie jak w przypadku brytów, z których wykonuje się balony. Stosowanie jednak paneli o takim kształcie (rys. 6), tak jak to wcześniej wspomniano, uniemożliwiłoby wykorzystanie rollformerów na budowie (rys. 5a), a tym samym podniosło znacząco koszty oraz obniżyłoby estetykę ze względu na konieczność wykonywania jednego pasma ze zbioru spawanych paneli. Z tych względów przeanalizowano możliwość wykonania pokrycia dachowego ze zbioru odpowiednio odkształconych paneli o stałej szerokości. Zgodnie z [M2, N16] w przypadku dachu terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce (ze względu na promień gięcia względem słabszej osi panela – oś „z” na rysunku 4) możliwe było zastosowanie paneli nominalnie płaskich. Panele nominalnie płaskie, gięte w sposób tzw. naturalny, można w przypadku profilu Kalzip 65/400 stosować już przy promieniu krzywizny o wartości  $R=48$  m [M2, N16]. Określenie gięcia „naturalne” oznacza wyginanie nominalnie płaskich paneli dachowych odpowiednio do krzywizny dachu. Pewne wątpliwości budziła możliwość wygięcia paneli w płaszczyźnie średnika (względem osi „y” panela według rysunku 4), tak aby uzyskać dla skrajnych paneli deformację pokazaną na rysunku 13. W tym celu wyznaczono wartość siły poziomej potrzebnej do wygięcia panela średnika:

$$q_z = f_z \frac{384EJ_y}{5L^4} = 2,34 \text{ N/m}$$

gdzie:

$E=70$  GPa – moduł sprężystości aluminium,  
 $J_y=1094$  cm<sup>4</sup> – moment bezwładności panela (grubość materiału  $t=0,9$  mm) z rys. 4 względem osi „y”,  
 $f_z=883$  mm – rysunek 13,  
 $L=68640$  mm – rysunek 13.

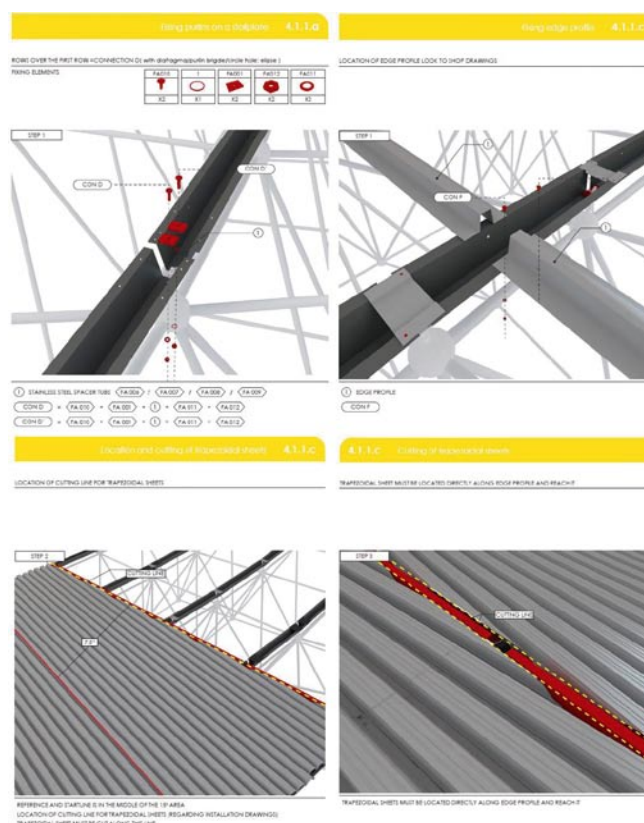
Wobec bardzo małej wartości siły potrzebnej do odpowiedniego wygięcia panela w płaszczyźnie średnika zdecydowano się ostatecznie na zastosowanie nominalnie płaskich paneli o stałym kształcie przekroju poprzecznego. Stosowanie paneli o stałej szerokości ma jeszcze jedną istotną zaletę – pozwala wyeliminować kosztowny nadzór geodezyjny, którego wymaga stosowanie wybranych paneli o kształtach przedstawionych na rysunku 6.

### Ferrari World Abu Dhabi

Konstrukcja nośna Ferrari Park położonego w Abu Dhabi (rys. 3a) na Półwyspie Arabskim została wykonana jako przestrzenna stalowa konstrukcja prętowa systemu MERO, którego charakterystycznym elementem są węzły kulowe. System pozwala na tworzenie konstrukcji nośnych o dużych rozpiętościach i bardzo skomplikowanych kształtach. Całkowita powierzchnia dachu wynosi około 231 000 m<sup>2</sup>. Powierzchnia dachu była aproksymowana za pomocą płaskich



Rys. 17. Widok stalowej konstrukcji prętowej Ferrari World Abu Dhabi (źródło: www.mero.de)



Rys. 18. Szczegóły konstrukcyjne płatwi i blach trapezowych – opis w tekście

blach trapezowych. Ze względu na skomplikowany kształt dachu obiektu (rys. 3a) zachodziła konieczność stosowania blach trapezowych docinanych po skosie (rys. 18). Blachy trapezowe były podpierane na stalowych zimnogiętych płatwiach o przekroju kapeluszowym ułożonym półkami do góry. Na płatwiach ułożone były w miejscu występowania



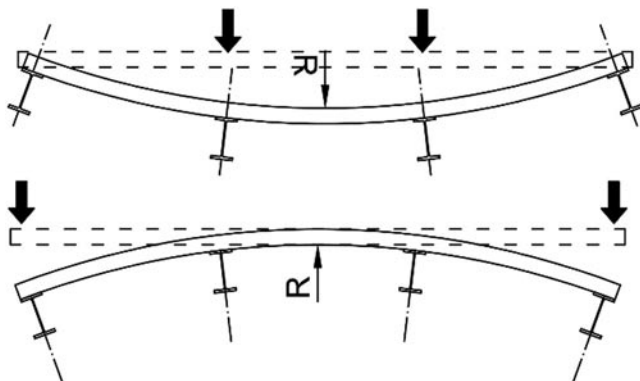
ciętych po skosie krawędzi blach profile kapeluszowe o wysokości równej wysokości fałdy blach. Funkcją górnych profili kapeluszowych było podpieranie tych fałd blachy, które ze względu na konieczność przycięcia arkusza nie sięgały płatwi dachowej. Budynek był wznoszony głównie przez pracowników z niezamożnych krajów azjatyckich o zróżnicowanych kompetencjach posługujących się różnymi językami. Przedstawione na rysunku 18 plansze pokazujące kolejne etapy montażu płatwi i blach pochodzą z instrukcji montażu pokrycia dachowego opracowanego przez firmę odpowiedzialną za wykonanie połaci dachowych. Opracowanie w sposób obrazkowy, w odróżnieniu od formy powszechnie spotykanych projektów organizacji montażu, było niezbędne do prawidłowego wykonania dachu. Pozostałe warstwy dachowe zostały wykonane w sposób analogiczny jak w przypadku terminala lotniczego w Rzeszowie-Jasionce.

#### 2.4. Wygięcie wstępne blach trapezowych

Tak jak wcześniej wspomniano, w przypadku obiektów o geometrii dachu takiej jak terminal lotniczy we Wrocławiu, czy Rzeszowie-Jasionce można przeanalizować możliwość zastosowania blach trapezowych płaskich doginanych do płatwi w trakcie montażu (rys. 19). Za wyborem blach trapezowych płaskich zamiast blach łukowych może przemawiać mniejsza liczba dostępnych na rynku profili łukowych blach fałdowych oraz ich wyższa cena jednostkowa – w porównaniu z płaskimi blachami fałdowymi.

Wygięcie wstępne generuje w blasze trapezowej znaczące siły przekrojowe. Nawet w przypadku niewielkich deformacji mogą one prowadzić do utraty stateczności ścianek blachy. Widok blachy na stanowisku, gdzie była wykonywana próba (bez powodzenia) na potrzeby zastosowania wygięcia wstępnego do realizacji jednego z zakrzywionych dachów, przedstawiono na rysunku 20.

Po analizie dokumentacji okazało się, że błąd autora dokumentacji polegał na zbagatelizowaniu wpływu wygięcia wstępnego na podstawie porównania strzałki wygięcia występującej w pojedynczym przęśle do wartości wynikającej z zapisów normowych (przyrównanie strzałki wygięcia dla całego arkusza odniesionej do długości całkowitej arkusza



Rys. 19. Koncepcja stosowania blach trapezowych z wygięciem wstępnym



Rys. 20. Utrata stateczności ścianek blachy podczas próbnego montażu blachy z wygięciem wstępnym

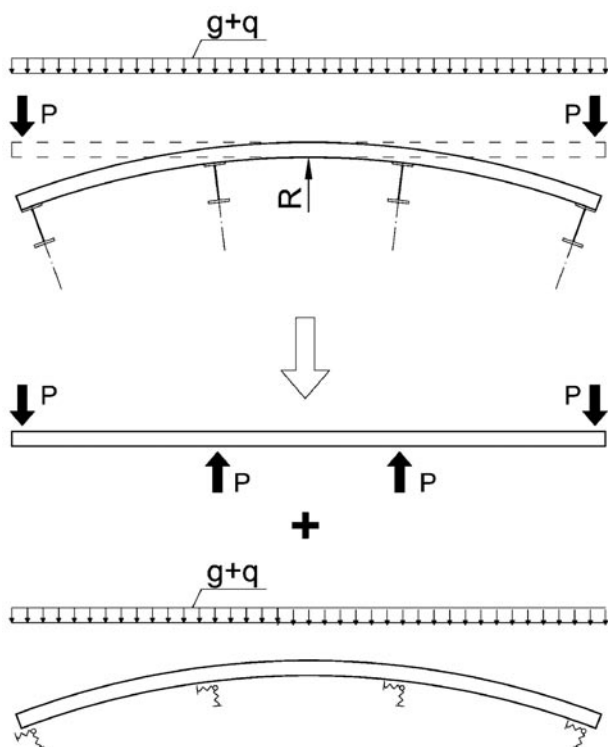
prowadziłoby do odmiennych wniosków). Przy czym należy zaznaczyć, że analiza wielkości deformacji rozumianej jako strzałka wygięcia nie może być traktowana jako kryterium uwzględniania lub pomijania wpływu wygięcia wstępnego na siły przekrojowe. Przy tej samej geometrii wygięcia wstępnego w blachach o różnych sztywnościach będą występować różne siły przekrojowe.

Wpływ wygięcia wstępnego na nośność wieloprzęsłowej blachy fałdowej może być uwzględniony w obliczeniach poprzez superponowanie: sił przekrojowych powstających od wygięcia wstępnego oraz sił od obciążeń zewnętrznych (rys. 21). Podatność podpór, zarówno w kierunku prostopadłym, jak i stycznym do krzywizny blachy, zależy od podatności płatwi. Dodatkowo w kierunku stycznym do blachy należy uwzględnić podatność połączenia blachy z płatwią. Równanie linii ugięcia blachy trójprzęsłowej, o jednakowej rozpiętości przęseł, doginanej do płatwi siłą  $P$  w trakcie montażu (rys. 21) można zapisać w postaci wielomianu 3 stopnia:

$$f(x) = f_1(x) + f_2(x) \quad (1)$$

$$f_1(x) = \begin{cases} \frac{Px(x^2 - \frac{5}{9}L^2)}{9EI} & \text{dla } x \leq \frac{L}{3} \\ -\frac{P(L-x)[(L-x)^2 - \frac{8}{9}L^2]}{18EI} & \text{dla } x > \frac{L}{3} \end{cases}$$

$$f_2(x) = \begin{cases} \frac{Px(x^2 - \frac{8}{9}L^2)}{18EI} & \text{dla } x \leq \frac{2L}{3} \\ -\frac{P(L-x)[(L-x)^2 - \frac{5}{9}L^2]}{9EI} & \text{dla } x > \frac{2L}{3} \end{cases}$$



Rys. 21. Model obliczeniowy blachy fałdowej z wygięciem wstępnym

gdzie:  $P$  – siła potrzebna do wygięcia arkusza blachy,  $E$  – moduł sprężystości,  $I$  – moment bezwładności,  $L$  – długość arkusza blachy (rys. 23).

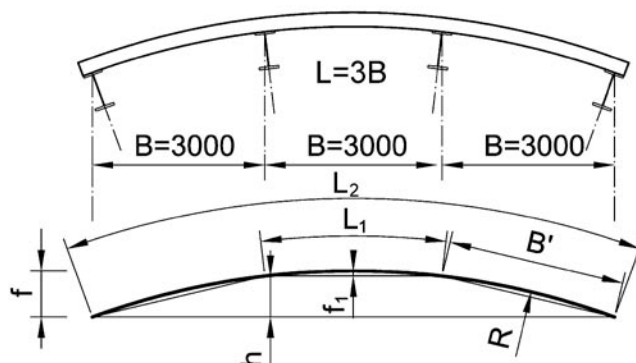
Charakterystyczne wymiary blachy fałdowej ze wstępnym wygięciem opisanym zależnością (1) podano w tabeli 1. Dla porównania w tabeli 2 podano analogiczne wymiary dla blachy o linii wygięcia opisanej równaniem okręgu – jak to może mieć miejsce w przypadku łukowych blach fałdowych. Interpretację graficzną poszczególnych symboli z tabel 1 i 2 przedstawia rysunek 22.

Tabela 1. Charakterystyczne wymiary blachy fałdowej z wygięciem wstępnym opisanym równaniem (1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lp.	R [m]	h [mm]	$f_1$ [mm]	$f_1/B$	f [mm]	$f/(3B)$	$L_1$ [mm]	$(L_1-B)/2$	$L_2$ [mm]	$B'$ [mm]	$(L_2-B-2B')/2$ [mm]
1	200	45,006	6,764	1/443	51,770	1/173	3000,041	0,020	9000,738	3000,338	0,031
2	147	61,000	9,137	1/328	70,137	1/128	3000,074	0,037	9001,354	3000,620	0,057
3	125	72,026	10,792	1/278	82,818	1/110	3000,104	0,052	9001,887	3000,864	0,079
4	100	90,051	13,521	1/222	103,572	1/87	3000,162	0,096	9002,951	3001,351	0,124
5	75	120,120	18,030	1/166	138,150	1/65	3000,289	0,144	9005,250	3002,404	0,221

Tabela 2. Charakterystyczne wymiary blachy fałdowej z wygięciem wstępnym opisanym równaniem okręgu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lp.	R [m]	h [mm]	$f_1$ [mm]	$f_1/B$	f [mm]	$f/(3B)$	$L_1$ [mm]	$(L_1-B)/2$	$L_2$ [mm]	$B'$ [mm]	$(L_2-B-2B')/2$ [mm]
1	200	45,006	5,625	1/533	50,631	1/178	3000,028	0,014	9000,759	3000,338	0,040
2	147	61,000	7,623	1/393	68,623	1/131	3000,052	0,026	9001,395	3000,620	0,077
3	125	72,026	9,000	1/333	81,026	1/111	3000,072	0,036	9001,945	3000,864	0,108
4	100	90,051	11,250	1/267	101,301	1/89	3000,112	0,056	9003,040	3001,351	0,169
5	75	120,120	15,001	1/200	135,121	1/67	3000,200	0,100	9005,409	3002,404	0,300

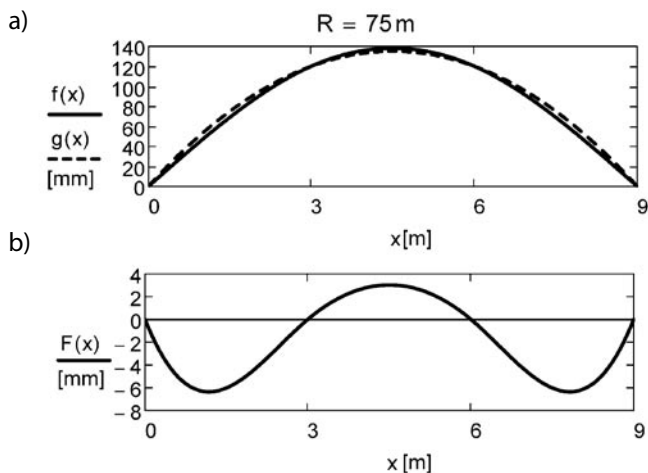


Rys. 22. Oznaczenia charakterystycznych wymiarów blachy fałdowej ze wstępnym wygięciem

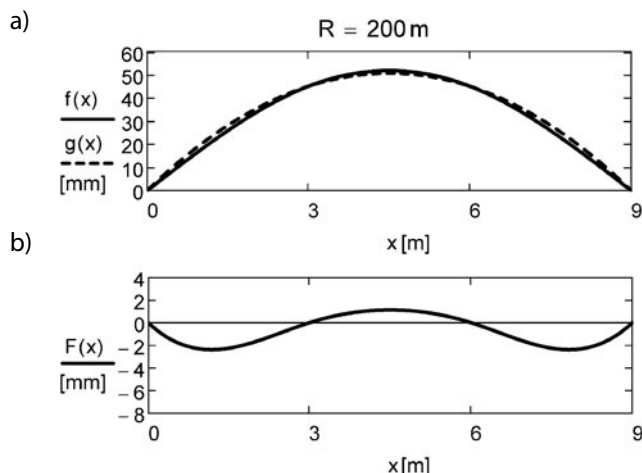
Analizie poddano blachy dla dachów o czterech wybranych promieniach krzywizny – podanych w kolumnie (2) w tabelach 1 i 2. Różnice pomiędzy analogicznymi wartościami przedstawionymi w tabelach 1 i 2 są stosunkowo niewielkie. Strzałka ugięcia blachy dla przęsła pomiędzy płatwiami (kolumna (5) tabeli 1) mieści się w przedziale 1/443–1/166, natomiast dla całego arkusza przyjmuje wartości od 1/173 do 1/65. Z pozoru nie są to wartości znacząco odbiegające od dopuszczalnych w stanie granicznym użyteczności, jednak jak się okaże w dalszej części niniejszego opracowania nawet stosunkowo niewielkie wygięcie wstępne płaskiego arkusza blachy może znacząco wpływać na obniżenie jego nośności.

Zgodnie z wyrażeniem (1) zastosowanie pierwotnie płaskich blach fałdowych doginanych w trakcie montażu do płatwi, których pasy górne są ułożone stycznie do okręgu o promieniu  $R$ , spowoduje występowanie odchylenia połaci dachowej od idealnej geometrii opisanej równaniem okręgu. Jeśli równanie okręgu oznaczymy przez  $g(x)$  możemy wyznaczyć funkcję  $F(x)=f(x)-g(x)$ , która opisuje odchylenia linii wygięcia





**Rys. 23.** Dach o promieniu krzywizny  $R=75\text{m}$ : a) wykres  $f(x)$  i  $g(x)$ , b) wykres  $F(x)$



**Rys. 24.** Dach o promieniu krzywizny  $R=200\text{m}$ : a) wykres  $f(x)$  i  $g(x)$ , b) wykres  $F(x)$

**Tabela 3.** Zestawienie sił przekrojowych w analizowanej blasze

Lp.	R [m]	wygięcie wstępne		ciężar własny + śnieg							
		P, V  [kN/m]	M [kNm/m]	NAB [kN/m]	NBB [kN/m]	MAB [kNm/m]	MB [kNm/m]	MBB [kNm/m]	VA [kN/m]	VB_L [kN/m]	VB_P [kN/m]
1	200	1,58	-4,75	-0,58	-0,36	1,73	-2,16	0,54	2,88	-4,32	3,60
2	147	2,15	-6,44	-0,79	-0,48	1,73	-2,16	0,54	2,88	-4,32	3,60
3	125	2,53	-7,60	-0,93	-0,56	1,73	-2,16	0,54	2,88	-4,32	3,60
4	100	3,17	-9,51	-1,17	-0,70	1,73	-2,16	0,54	2,88	-4,32	3,60
5	75	4,23	-12,68	-1,55	-0,95	1,73	-2,16	0,54	2,88	-4,32	3,60

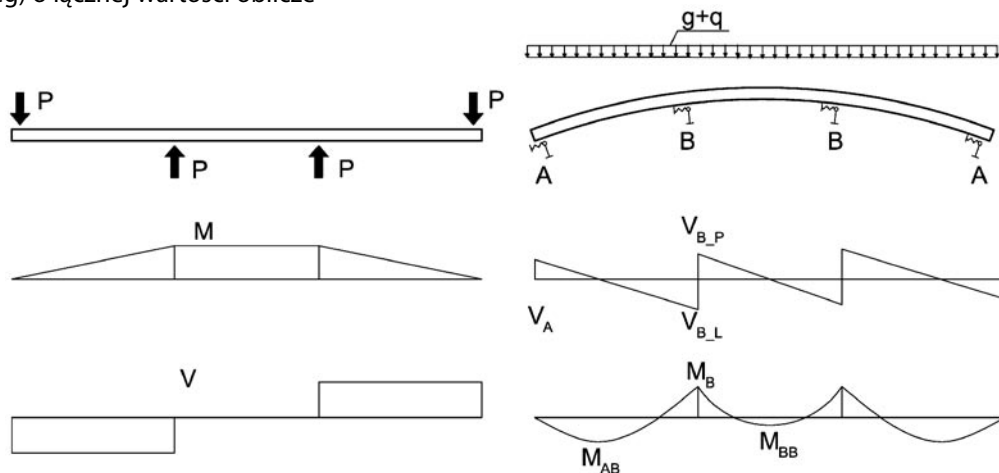
wstępnego według (1) od okręgu. Wykresy odchyłków  $F(x)$  dla dachów o skrajnych wartościach analizowanych promieni krzywizny – odpowiednio 75 m i 200 m przedstawiono na rysunkach 23 i 24. Jak widać, odchyłki nie przekraczają 6 mm, czyli 1/500 rozpiętości przęsła, co wydaje się wartością pomijalnie małą – zwłaszcza jeśli uwzględnimy tolerancję wykonania samej konstrukcji stalowej [N2] oraz odkształcenia blach spowodowane działaniem obciążeń.

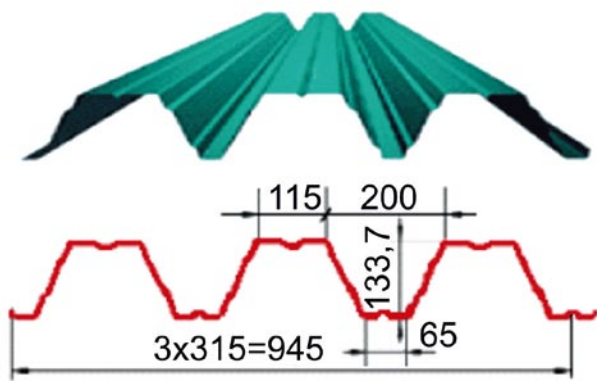
Zestawienie wartości sił przekrojowych dla analizowanej blachy zawiera tabela 3, natomiast odpowiednie wykresy przedstawia rysunek 25. W obliczeniach uwzględniano obciążenie stałe i zmienne (śnieg) o łącznej wartości obliczeniowej  $3,00\text{ kN/m}^2$ .

Na potrzeby analizy założono, że poszczególne arkusze blachy będą przykręcane do płatwi za pomocą stalowych łączników samowiercących i samogwintujących bez podkładki OC-55038 [N17] oraz ON-55032 [N18] – zależnie od grubości półki płatwi. Podatność pojedynczego łącznika o średnicy trzpienia 5,5 mm przyjęto według [4] o wartości  $0,15\text{ mm/kN}$ , skąd wyznaczono sztywność podpory.

$$K = \frac{1\text{ kN}}{0,15\text{ mm}} \cdot \frac{1}{0,315\text{ m}} = 21,2 \frac{\text{MN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{\text{m}} \quad (2)$$

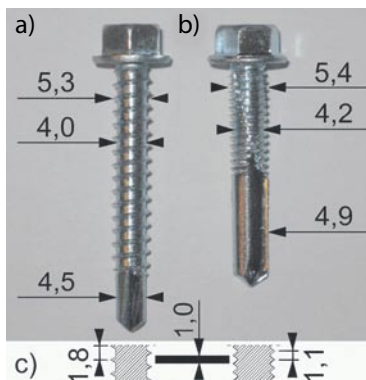
**Rys. 25.** Wykresy sił przekrojowych dla blachy z wygięciem wstępnym





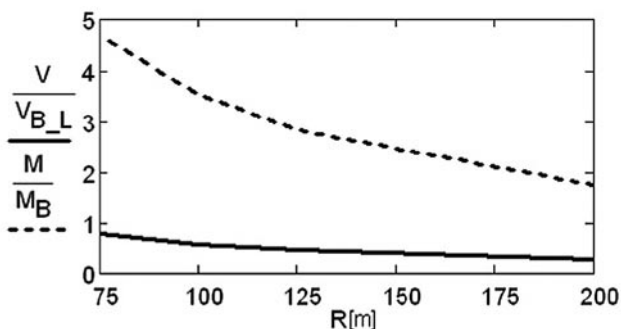
Rys. 26. Wymiary przekroju poprzecznego blachy ACP 135/315

Rys. 27. Wybrane wymiary łączników samowiercących i samogwintujących: a) OC-55038, b) ON-55032, c) porównanie przekroju wkrętów z przekrojem blachy



Podatność płatwi nie była uwzględniana w obliczeniach. Model obliczeniowy zbudowano, aproksymując łuk w każdym z przęseł za pomocą 10 prostoliniowych odcinków. W obliczeniach przyjęto charakterystyki efektywne przekroju przedstawionego na rysunku 26, które wynoszą odpowiednio (jak dla przekroju ściskanego): dla pola powierzchni  $A_{eff} = 14,06 \text{ cm}^2/\text{m}$ , dla momentu bezwładności  $I_{eff} = 338,3 \text{ cm}^4/\text{m}$ . Otrzymane wartości sił podłużnych (kolumna 5 i 6 tabeli 3) są pomijalnie małe w porównaniu z nośnością przekroju efektywnego na ściskanie, która dla gatunku stali S320GD wynosi 449 kN/m.

Różnica pomiędzy długością L1 (rys. 22) blachy mierzoną po łuku a odległością B pomiędzy osiami płatwi – rozdzielona na każdą z płatwi (kolumna 9 tabeli 1) jest niezwykle mała i nie przekracza różnicy pomiędzy promieniem wiertła a promieniem, mierzonym w rowku gwintu, trzpienia zastosowanych wkrętów (rys. 27). Dla analizowanej blachy



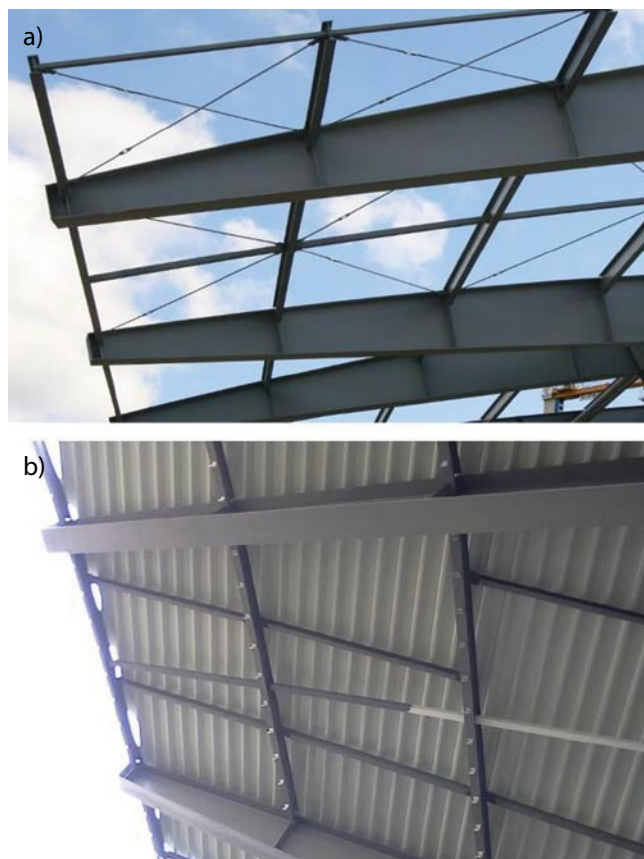
Rys. 28. Wykresy  $V/V_{B\_L}$  oraz  $M/M_B$  zależnie od promienia  $R$  krzywizny dachu

o grubości 1 mm, w przypadku wystąpienia poślizgu blachy względem płatwi, łączniki nie ograniczają przemieszczeń blachy na podporach pośrednich. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku podpór skrajnych – odpowiednie wartości podano w kolumnie 12 tabeli 1. W związku z powyższym w dalszych analizach pominięto wpływ siły osiowej na nośność blachy.

Jak zmienia się relacja pomiędzy siłami przekrojowymi od wygięcia wstępnego a siłami od obciążeń zewnętrznych (rys. 25 i tabela 3), pokazano na rysunku 28. Jak widać, dla analizowanych promieni krzywizny dachu siła poprzeczna od wygięcia wstępnego jest porównywalna z siłą poprzeczną od obciążeń zewnętrznych. Natomiast wartość momentu zginającego nad podporą pośrednią od wygięcia wstępnego blachy jest nawet 5-krotnie większa od momentu generowanego przez ciężar własny i obciążenia zmienne (śnieg) – mimo wspomnianych wcześniej raczej niewielkich strzałek wygięcia wstępnego blachy.

### 3. Podsumowanie

W przypadku dachów o skomplikowanej geometrii z pokryciem niezwykle istotne jest przeprowadzenie wstępnych analiz techniczno-ekonomicznych oraz szczegółowa analiza wymagań i ograniczeń systemów wykonywania pokryć dachowych.



Rys. 29. Konstrukcja przed modyfikacją (a), konstrukcja po modyfikacji polegającej na prowadzeniu na płatwiach dodatkowych elementów do podparcia blach trapezowych (b)



Brak takich analiz przeprowadzonych na etapie kształtowania konstrukcji może prowadzić do sytuacji przedstawionej na rysunku 29. Pierwotnie poprawnie zaprojektowana konstrukcja stalowa z zakrzywionymi dźwigarami dwuteowymi podpierającymi płatwie, została zastąpiona konstrukcją z głównymi dźwigarami odcinkowo prostymi i wadliwie pod względem geometrycznym ukształtowanymi płatwiami. Na etapie uzgadniania szczegółów dotyczących wykonania pokrycia dachowego okazało się, że konieczne jest wprowadzenie na płatwiach dodatkowych belek (rys. 29b) w przybliżeniu prostopadłych do płatwi, co pozwalało na konieczną zmianę kierunku ułożenia blach fałdowych. W omawianym przypadku, w związku z rozległym rzutem poziomym budynku, wprowadzona zmiana znacząco podniosła koszty wykonania stalowej konstrukcji prętowej obiektu.

**Autorzy są ekspertami Stowarzyszenia DAFA – organizacji działającej aktywnie na rzecz ujednoczenia i podniesienia standardów wykonawczych oraz rozwoju wiedzy o technologiach i funkcjonowaniu dachów płaskich i fałd. Ambicją DAFA jest dostarczenie rynkowi budowlanemu rzetelnej i popartej praktyką wiedzy projektowej i wykonawczej w postaci wytycznych, dostępnych w Księgarni DAFA na: [www.dafa.com.pl](http://www.dafa.com.pl)**

**Referat był prezentowany na konferencji WPPK 2020.**

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Pięciórak E, Żwirek P, Wpływ wygięcia wstępnego na nośność blachy fałdowej, Izolacje 11–12/2019
- [2] Reichhart A., Analiza powłok z blach fałdowych, Nowoczesne Hale 1/2011
- [3] Żurański A., Sobolewski A., Obciążenie śniegiem w Polsce, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa, 2013
- [4] Bródka J., Garncarek R., Miłaczewski K., Blachy fałdowe w budownictwie stalowym, Wydawnictwo Arkady, 1999
- [N1] AT-15-3429/2009 Stalowe, powlekane blachy profilowane, Aprobata Techniczna ITB, 2009
- [N2] PN-EN 1090-2:2018: Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych
- [N3] PN-EN 1090-4:2018: Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 4: Wymagania techniczne dotyczące profilowanych na zimno stalowych elementów konstrukcyjnych oraz konstrukcji poszycia dachów, sufitów, stropów i ścian
- [N4] PN-EN 14782:2008: Samonośne blachy metalowe do pokryć dachowych, okładzin zewnętrznych i wewnętrznych. Charakterystyka wyrobu i wymagania
- [N5] PN-EN 1990:2005 Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [N6] PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem
- [N7] PN-EN 1993-1-3:2008 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-3: Reguły ogólne – Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
- [N8] PN-EN ISO 12944-2:2018: Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich – Część 2: Klasyfikacja środowisk
- [N9] PN-EN ISO 14713-1:2017: Powłoki cynkowe – Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali – Część 1: Zasady ogólne dotyczące projektowania i odporności korozyjnej
- [N10] PN-EN 10346:2015: Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągly do obróbki plastycznej na zimno – Warunki techniczne dostawy
- [N11] PN-B-02361:2010: Pochylenia połaci dachowych
- [N12] DAFA ID 1.00: Wytyczne projektowania i wykonania lekkich metalowych obudów ścian i dachów, Opole, grudzień 2016
- [N13] DAFA ID 1.01: Stalowe blachy trapezowe jako konstrukcja nośna dachów płaskich, Opole, styczeń 2008
- [N14] DAFA ID 1.05: Podręcznik oceny jakości wykonania lekkich metalowych obudów, Opole, styczeń 2008
- [N15] DAFA ID 5.04: Otwory w dachach wykonanych ze stalowych profili trapezowych, Opole, styczeń 2009
- [N16] Systemy Kalzip, Podręcznik techniki, planowania i konstrukcji, Kalzip, Adhoc media gmbh:901:PL:08/2009
- [N17] AT-15-4400/2006: Łączniki wierzące, samogwintujące Kelner OC, Aprobata Techniczna ITB
- [N18] AT-15-4626/2006: Łączniki wierzące, samogwintujące Kelner ON, Aprobata Techniczna ITB
- [M1] Materiały reklamowe firmy [www.bemo.com.pl](http://www.bemo.com.pl)
- [M2] Materiały reklamowe firmy Kalzip [www.kalzip.com](http://www.kalzip.com)
- [M3] Materiały reklamowe firmy MERO [www.mero.de](http://www.mero.de)



## 66. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Krynica Zdrój, 20-24.09.2020 r.



**66.** Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB odbędzie się w dniach 20-24 września 2020 roku, w hotelu Activa, w Muszynie – Żłockie. Podobnie, jak przed rokiem, zaszczyt pełnienia funkcji bezpośredniego jej organizatora przypadł Wydziałowi Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

Tradycyjnie konferencja składa się z dwóch części: problemowej i ogólnej. Myślą przewodnią części problemowej 66. edycji konferencji są: *Wyzwania budownictwa podziemnego*.

Przedmiotem części ogólnej natomiast problemy naukowe z zakresu:

- budownictwa ogólnego
- geotechniki
- inżynierii materiałów budowlanych
- konstrukcji betonowych
- mechaniki konstrukcji i materiałów
- fizyki budowli
- inżynierii komunikacyjnej
- inżynierii przedsięwzięć budowlanych
- konstrukcji metalowych
- budownictwa hydrotechnicznego

W ramach konferencji odbędą się zebrania: Komitetu Nauki PZITB, Sekcji Konstrukcji Metalowych, Sekcji Konstrukcji Betonowych, a także zebranie Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN. Dziękujemy za wsparcie i promocję konferencji. Życzymy owocnych obrad, wspólnego pogłębiania wiedzy oraz korzystnej wymiany doświadczeń!

**Do miłego spotkania!**