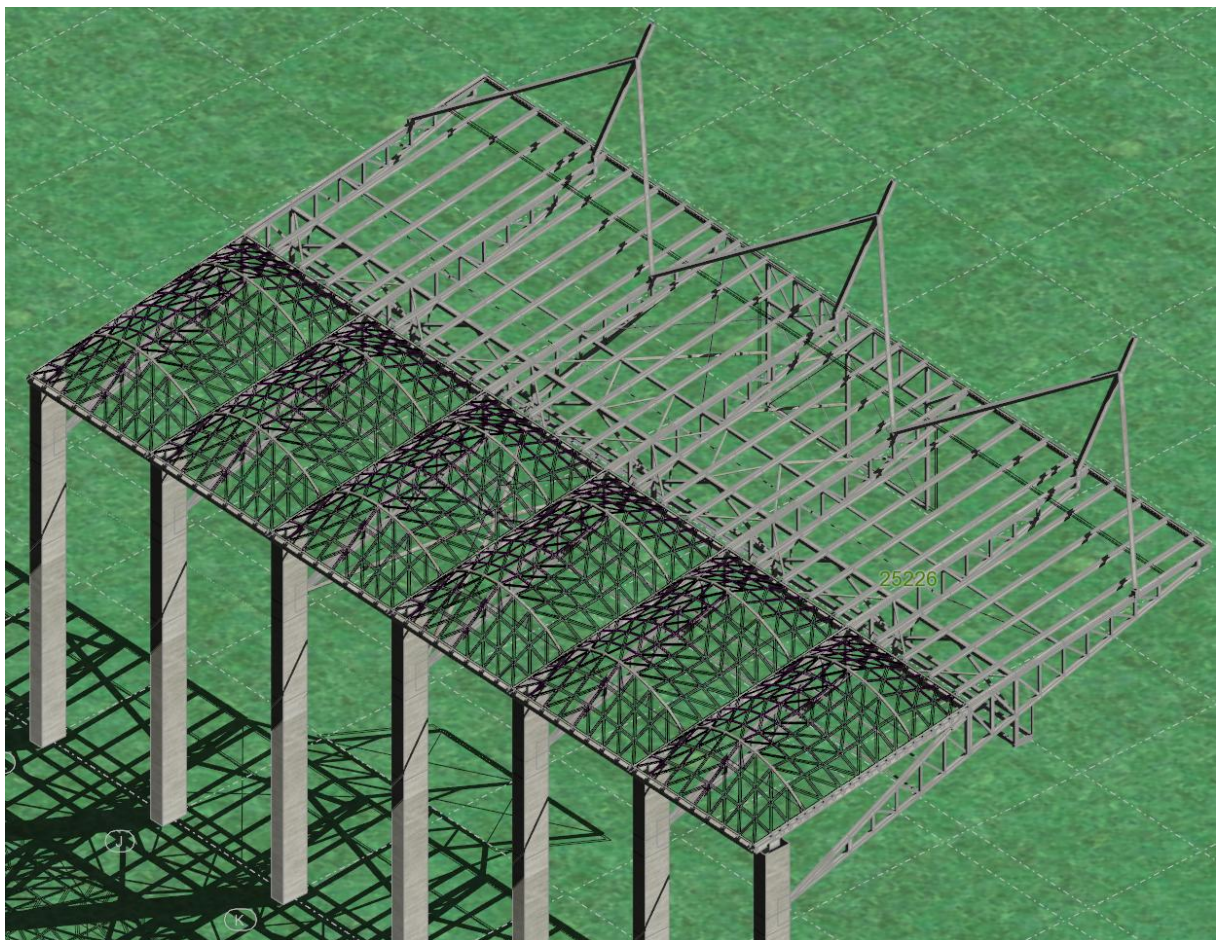


## PROJEKT WYKONAWCZY

**Zadaszenie trybun stadionu piłkarskiego w Radomiu zlokalizowanego pomiędzy  
ulicami : Struga, Zbrowskiego i 11 Listopada.**

**Branża: konstrukcje stalowe**

*Rew. 00*



## 1.0 Opis ogólny

Zakres opracowania obejmuje projekt wykonawczy konstrukcji stalowej zadaszenia trybun miejskiego stadionu piłkarskiego w Radomiu.

Układ statyczny konstrukcji dachu obiektu stanowi stalowa konstrukcja prętowa złożona z płaskich kratowych dźwigarów dachowych opartych na słupach żelbetowych. Całość konstrukcji stalowej zaprojektowano, jako spawano-skręcaną.

Układ podzielony został dylatacjami pokrywającymi się z granicami etapów budowy stadionu oraz dylatacjami konstrukcji żelbetowej. Stateczność każdej sekcji międzydylatacyjnej zapewnia układ stężeń pościowych oraz tężnik obwodowy. W projekcie przewidziano przewidziane przez Inwestora etapowanie konstrukcji.

### 1.1. Podstawa opracowania.

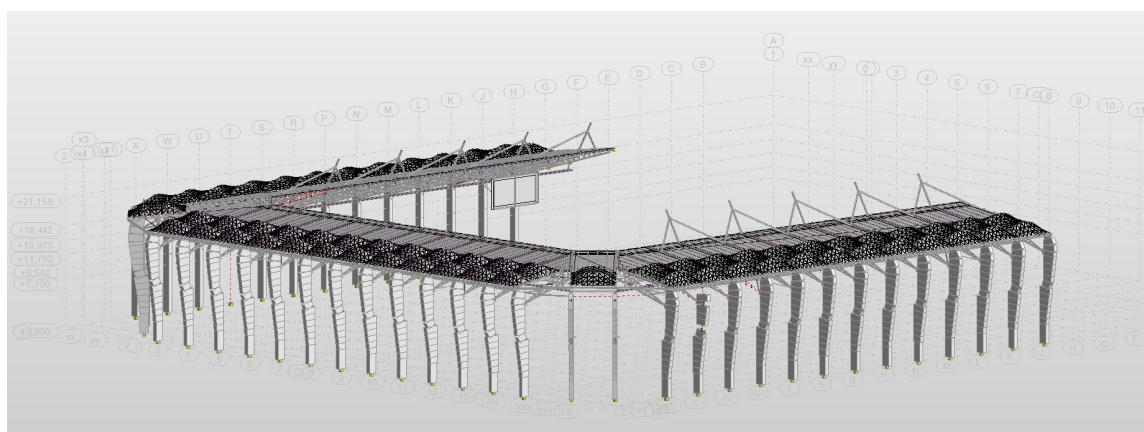
Obliczenia statyczne oraz rozwiązania konstrukcyjne wykonano w oparciu o:

- Umowę o wykonanie prac projektowych z dnia 05.05.2016r.

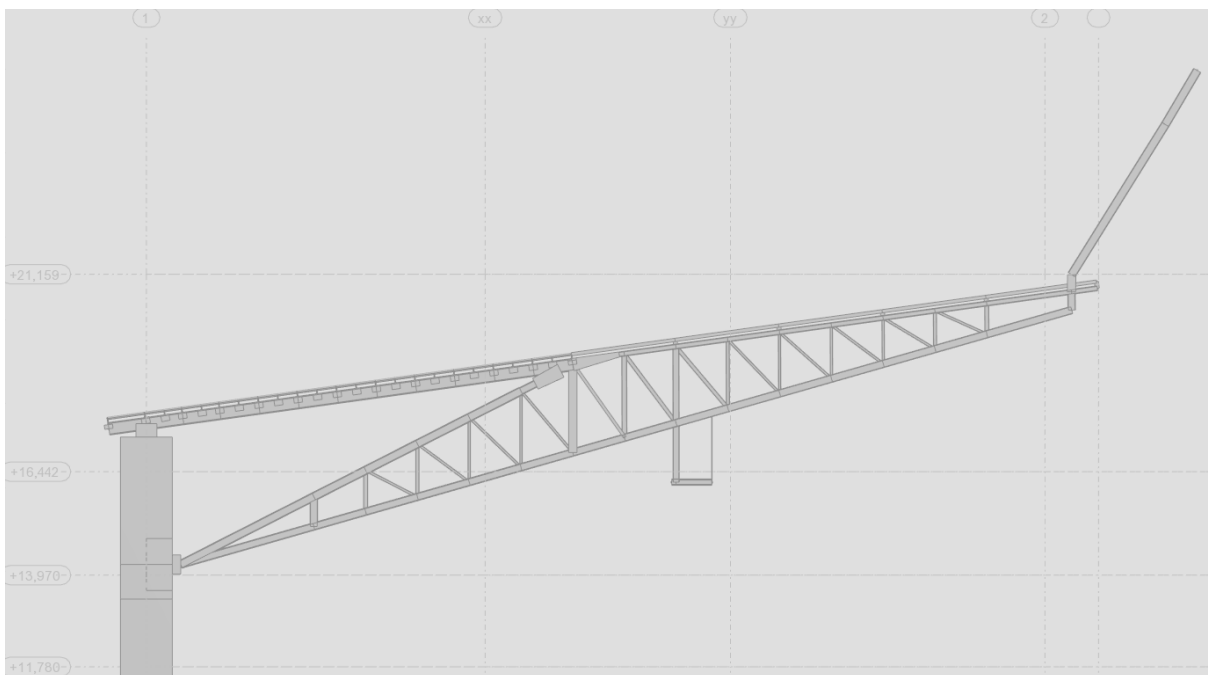
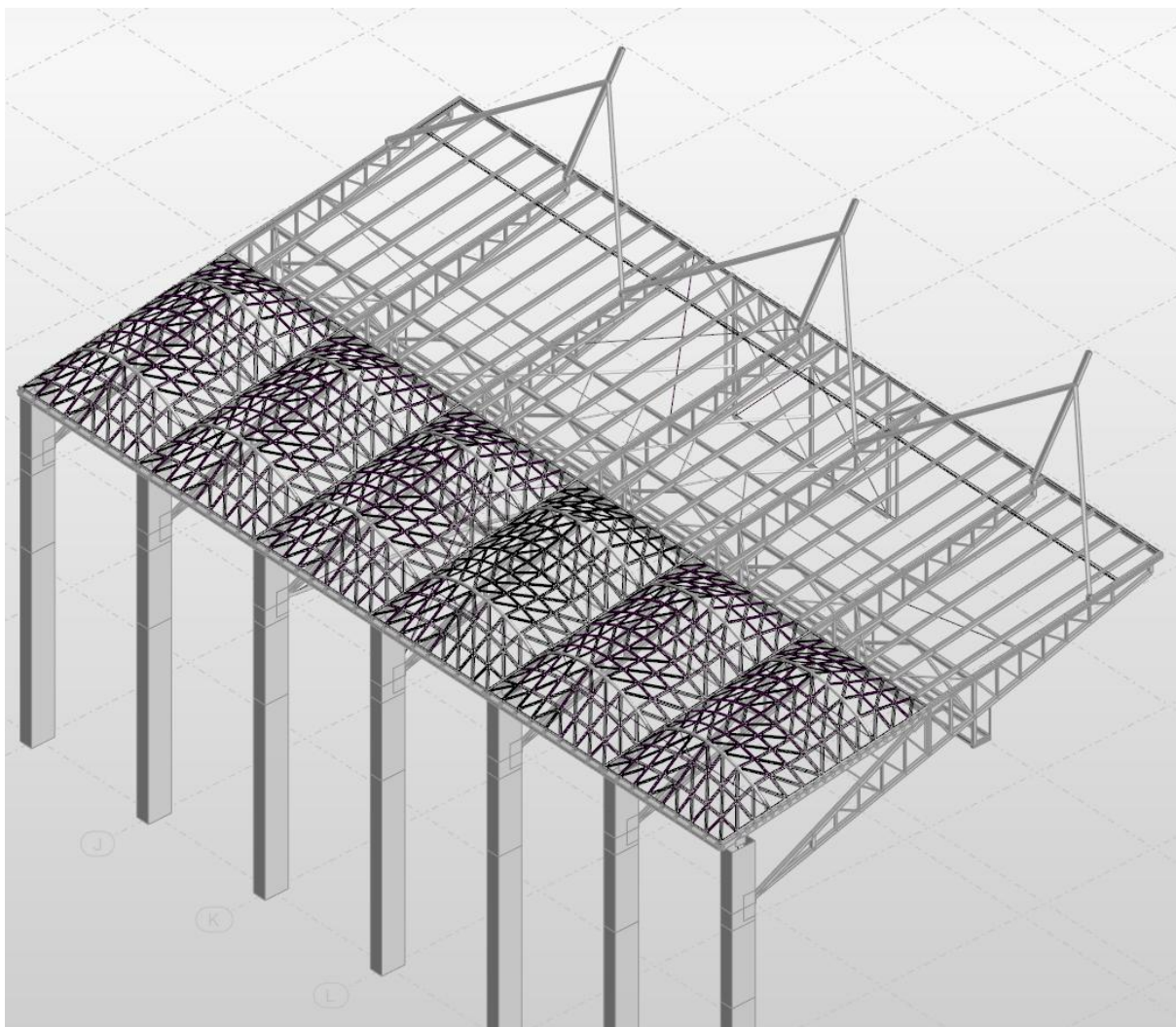
## 2.0. Konstrukcja dachu.

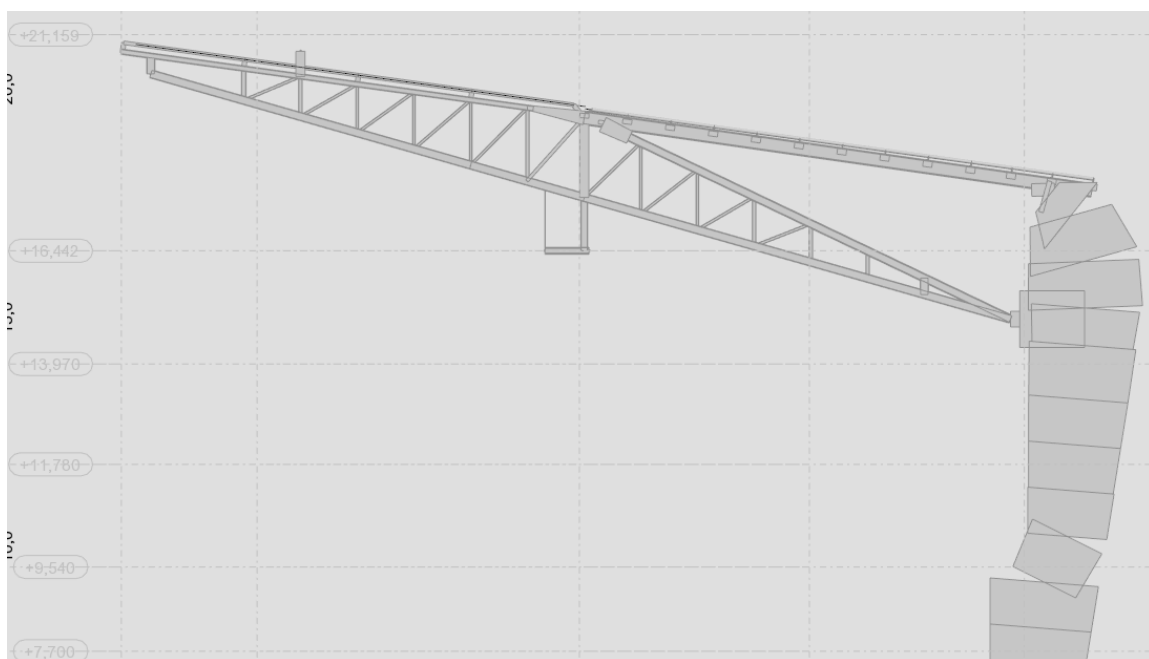
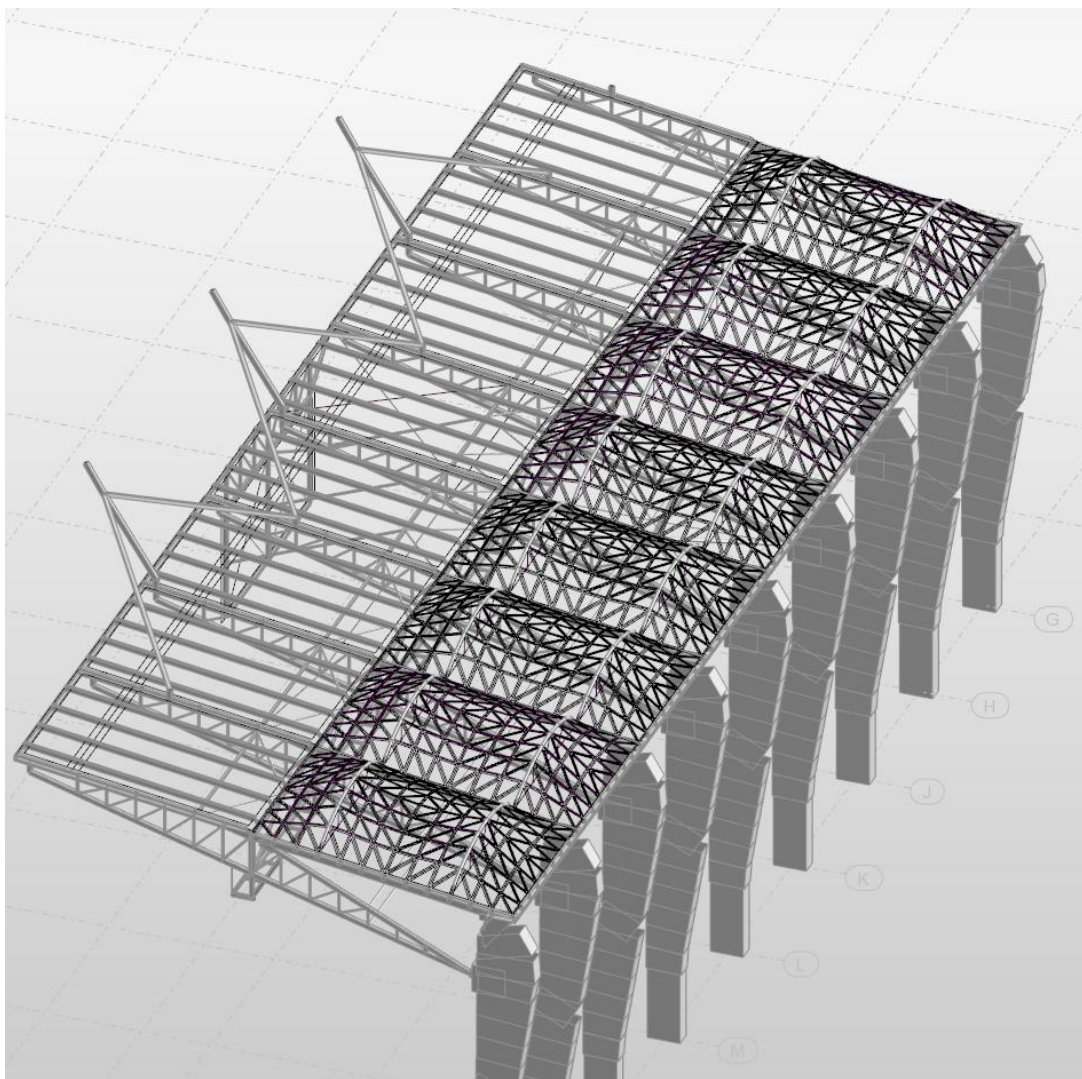
### 2.1 Przekrycie trybun.

Konstrukcja stalowa dachu przekrywa trybuny boiska w kształcie prostokąta ze ściętymi narożnikami o wymiarach w rzucie ok. 124x160m. Wysokość od murawy do wierzchu zadaszenia wynosi ok. 21,185 m. Konstrukcję główną stanowi układ wspornikowych dźwigarów z kształtowników zamkniętych prostokątnych opartych na słupach żelbetowych wg schematu poniżej:







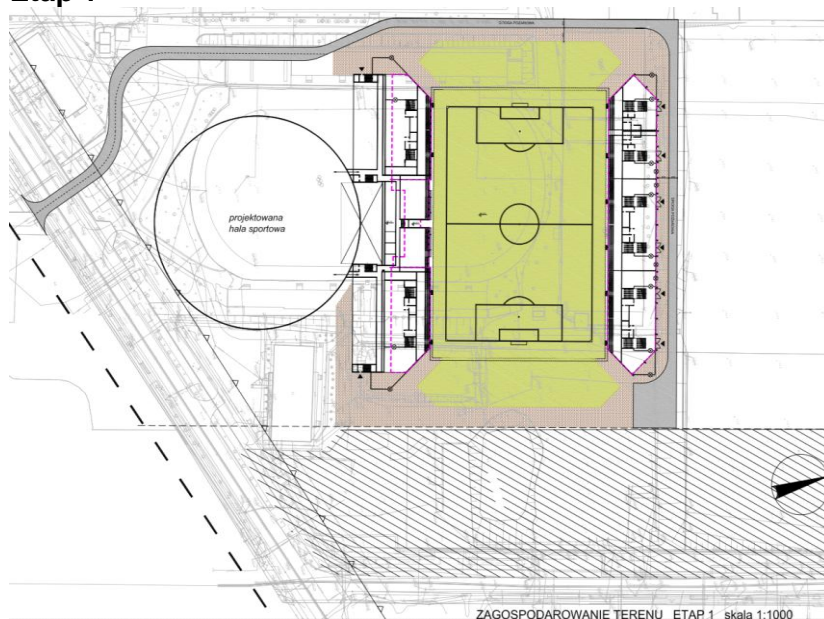




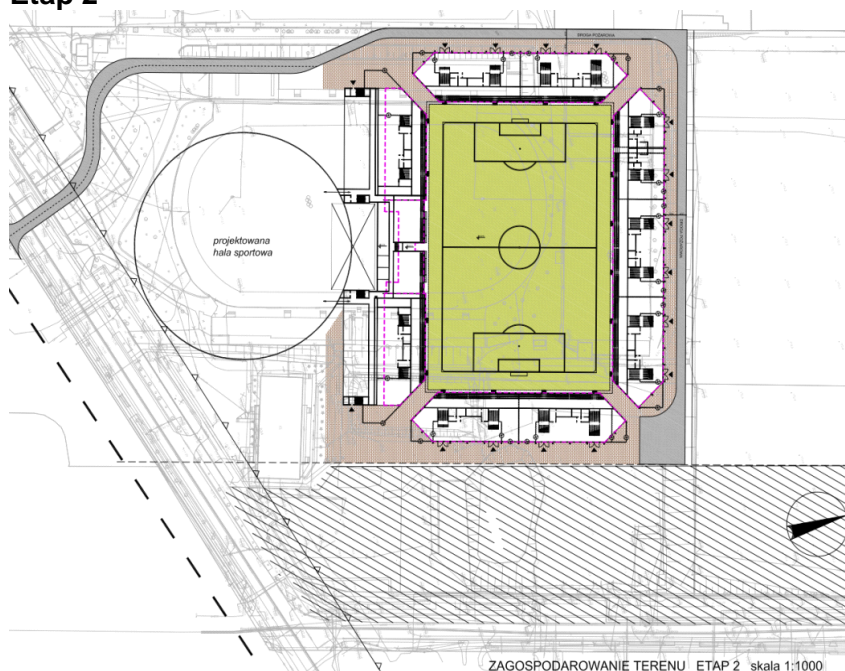
Wewnętrzna, płaska część zadaszenia (od strony murawy) przekryta jest poliwęglanem komorowym na własnej podkonstrukcji, której podporami są płatwie dachowe, część zewnętrzna membraną z PVC rozpartą na stalowych łukach nadających kształt siodłowy tkaninie pokrycia oraz brzegowych kształtowników okrągłych mocowanych do pasa górnego wiązara. Elewacja złożona będzie z membrany PVC i kotwiona do konstrukcji słupów za pomocą zestawu lin napinających tkaninę w module ok. 3,55m.

Dźwigary wzdłuż obwodu trybun rozmieszczono zgodnie z lokalizacją słupów w module 7,09 m na dłuższym oraz krótszym boku stadionu. Przewiduje się etapowanie konstrukcji stadionu wg schematów poniżej:

### Etap 1



### Etap 2



Wiązary oparte są przegubowo na słupach żelbetowych. Z uwagi na znaczną smukłość słupów w rejonie narożników stadionu oraz zaburzenia regularne geometrii oparcie realizowane będzie za pośrednictwem elementów pośrednich tworzących układ przestrzenny.

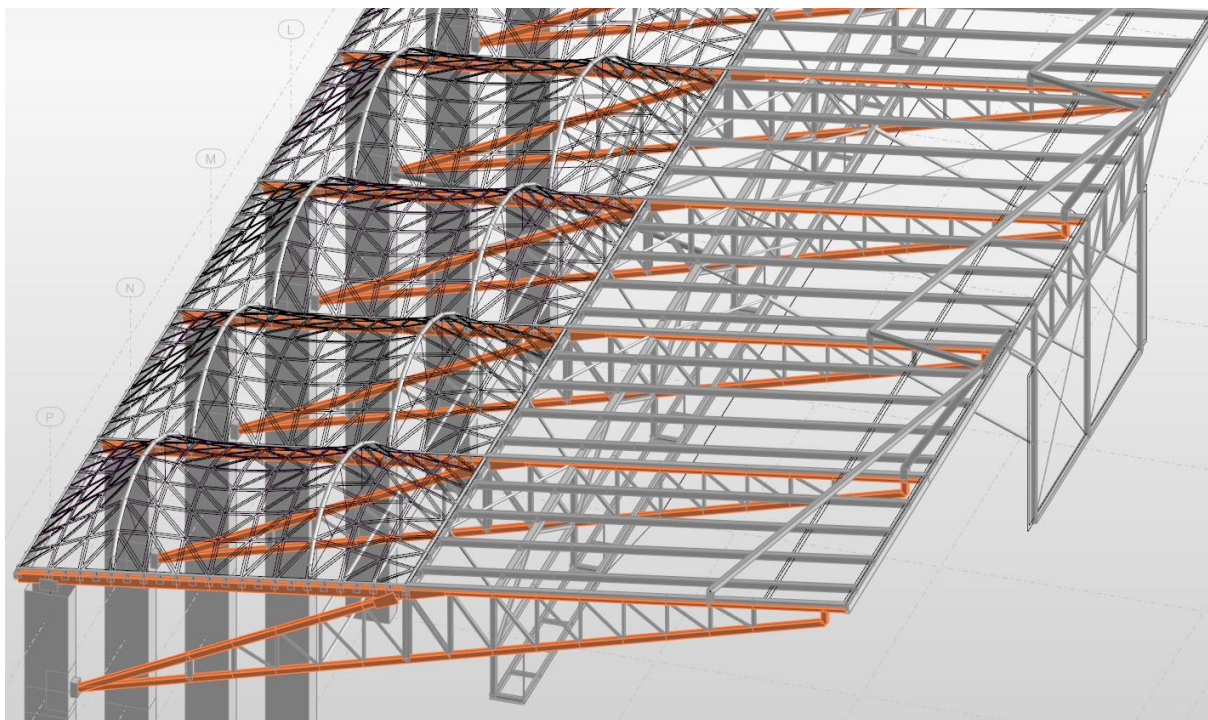
Z uwagi na fundamentalne znaczenie przemieszczeń konstrukcji wsporczej na ugięcia dźwigara stalowego zakłada się ograniczenie wartości podatności w miejscach połączenia belki ukośnej.

Dodatkowo z uwagi na niskie częstotliwości drgań dźwigara dachowego wymaga się oparcia belki podstopnicowej na słupie głównym za pośrednictwem podkładów elastomerowych zapobiegających przenoszeniu się drgań z konstrukcji żelbetowej na konstrukcję dachu. Dodatkowo w słupie żelbetowym przewidzieć należy zestawy kotwiące z elementami oporowymi osadzone w czasie betonowania słupów, umożliwiające połączenie z pasami dźwigara. Wymagana jest kontrola geodezyjna wzajemnego usytuowania zakotwień (wymiarów liniowych oraz kątów). Od strony południowej (hala widowiskowa) celem poprawienia sztywności konstrukcji żelbetowej zakłada się wciągnięcie do współpracy stropów na poziomach pośrednich (+13,40, +9,30 oraz +4,50).

Obiekt podzielony zostanie dylatacjami analogicznie jak w projekcie konstrukcji żelbetowej, przy czym ze względu na etapowanie w narożnikach stadionu dylatacje zakłada się pomiędzy głównymi dźwigarami ukośnymi. Przewiduje się realizację dylatacji poprzez zastosowanie otworów owalnych na stołkach podporowych. Śruby w tych połączeniach należy wyposażyć w kontrnakrętki.

### **2.1.1 Kratownice dachowe.**

Zastosowano dwa główne typy krat w zależności od rozstawu żelbetowych podpór słupowych. Każda krata jest układem dwupasowym, składającym się z dźwigara trójkątnego ustawionego prostopadłe do trybun z przedłużonym pasem górnym. Pasy połączone są wykratowaniem z kształtowników zamkniętych prostokątnych.



Pasy górne krat zaprojektowano z kształtowników zamkniętych prostokątnych RK 200x120x10 oraz RP 300x200x16, pasy dolne z rur RP 180x180 o grubości ścianki 8-12mm oraz RK 200x200x12. Kraty dźwigarów połączono w połowie wysięgu tężnikiem obwodowym. Skratowanie wykonano z kształtowników zamkniętych prostokątnych, w razie konieczności zagęszczając wykratowanie ze względów technologicznych.

### **2.1.2 Membrana, łuki podporowe.**

Pokrycie dachu od strony zewnętrznej stadionu stanowi membrana tekstylna (założono membranę z PVC). Podpory membrany stanowią 2 łuki usytuowane prostopadłe do dźwigarów oraz płatwie dachowe z kształtowników zamkniętych prostokątnych RK200x12,5 oraz RP300x200x12,5. Wyniosłość łuków dla membrany z PVC wynosi ok. 1600mm. Pomiedzy łukami membrana tworzy powierzchnię siodłową, opadając poza ich zasięgiem ku płatwi okapowej oraz wewnętrznej. Łuki połączono ściągiem kompensującym rozpory wynikające z naciągu oraz pracy tkaniny. Ściąg dano podniesione ku górze poprawiające ich właściwości statecznościowe (wartość obciążenia krytycznego łuków).

#### **2.1.2.1. Membrana**

Obowiązkiem wykonawcy jest wykonanie ostatecznego projektu szczegółów membrany dla podanych sił oraz poziomów naprężeń.

Badania powinny poświadczyć integralność ostatecznie wybranego systemu.



### Materiały na membranę

Do wykonania membrany należy użyć tkaniny technicznej z PVC - ostatecznego wyboru należy dokonać w projekcie wykonawczym i przedstawić projektantowi.

### System kontroli jakości oraz gwarancja na materiał membrany.

Dostawca tkaniny powinien poddać materiał PVC kontroli sprzedawcy. Dlatego też, dla każdej dostawy, dostawca materiału musi otrzymać z tkalni oraz od dostawcy powłok potwierdzenie składające się z certyfikatu próby odbiorczej 3.1 zgodnie z EN 10204 – że dostarczony materiał jest wymaganej jakości. Należy przedstawić stosowne certyfikaty. Wykonawca musi zapewnić pełną bezwarunkową 10-letnią gwarancję na zachowanie zainstalowanego materiału włókiennego, obejmującą następujące aspekty:

- Rozwój grzyba i pleśni
- Własności konstrukcyjne (wytrzymałość materiału, wytrzymałość szwów)
- Barwa i przezroczystość

Gwarancja musi obejmować produkcję i instalację produktu pod warunkiem, że utrzymanie zawsze było przeprowadzane zgodnie z podręcznikiem utrzymania zapewnionym przez wykonawcę.

### Kontrola jakości produkcji

Oprócz wewnętrznych prób odbiorczych producenta dot. jakości, niezależny ekspert powinien zatwierdzić trwającą produkcję. Opisane próby 1-5 przedstawione poniżej powinny być przeprowadzone dla:

- każdych 4000 m<sup>2</sup>
- każdej nowej partii materiału
- każdej zmiany techniki wytwarzania.

Nowy zestaw informacji ma być porównany z początkowymi testami. Klient powinien być natychmiast poinformowany, jeżeli pojawiają się zmiany w jakości.

Powyższe uznawane jest za minimalne wymaganie; w przypadku niewystarczającego wewnętrznego zapewnienia jakości, zmiennej jakości lub brakujących informacji lub dokumentacji, klient ma prawo rozszerzyć zakres działania niezależnego nadzoru na koszt wykonawcy.

### Projektowanie zakładów (połączeń)

Połączenie jednej membrany z kolejną składa się z zespawanych zakładów o minimalnej szerokości 80mm. Wszystkie spoiny powinny być lekko napięte aby zapobiec kurczeniu spoiny lub nierównym spoinom.

Podczas spawania należy utrzymać spójność materiału pokrywającego, aby zapobiec odsłonięciu włókien.

### Specyfikacje techniczne dla membrany PVC

Jakość materiału: Kolor, wygląd oraz przezroczystość materiału powinny być zgodne z opisem architektonicznym, a także zgodne na całym przekroju. Powierzchnia powinna być bardzo gładka bez nieciągłości, zmiany barwy lub grubości.

Materiał z dostrzegalnymi wadami będzie odrzucony, jeżeli wada będzie widoczna z odległości powyżej 5m, przy zastosowaniu przeciwoświecenia.

Na główną membranę ma być zastosowana tkanina powleczone PVC o następującym zestawie właściwości:

Tkanina podtrzymująca: Tkanina z włókien o wysokiej wytrzymałości, EC 3/4,

Splot: Płócienny lub splot panama (panama weave)

Powłoka: Z obu stron powleczone PVC.

Ocena pożarowa (wg DIN 4102 Cz. 1 lub podobne) klasa B1

Sztywność materiału dla przedziału naprężeń dopuszczalnych.(0kN/m -32kN/m)

Sztywność osnowy (EA) 1204 kN/m

Sztywność wypełnienia (EA) 787 kN/m

Wartości sztywności powinny być uzyskane za pomocą standardu metody badawczej

MSAJ/M-02-1995 ustalonego przez japońskie stowarzyszenie konstrukcji z membranowych.

Konsultantowi należy dostarczyć listę następujących wartości charakterystycznych materiału:

- Przerzut czółenka (pick) (DIN 53853)
- Dokładność przędzy (Closeness of yarn) (DIN 53830)
- Splot (Weave) (DIN 61101)
- Ciężar tkaniny szarej (Grey cloth weight) (DIN 53854)
- Całkowity ciężar powleczonej tkaniny (DIN 53352)
- Siła zrywająca (DIN 53354, but 100mm width)
- Wytrzymałość na rozerwanie (DIN 53363)
- Dwuosiowe badanie na rozerwanie szerokiego płata (Biaxial wide panel tear test)  
(Europejski poradnik projektowania konstrukcji o powierzchni rozciąganej - A3.1 / A4.2.6)
- Siła przylegania (DIN 53357)
- Cecha powierzchni/powłoki
- Siła zrywająca po zagięciu fałdy ASTM D 4851 (-97):
  
- Opis zachowania podciągania kapilarnego i podobnych badań

### Właściwości mechaniczne materiału membrany

Przed rozpoczęciem produkcji wykonawca musi zaprezentować, za pomocą badań wykonanych na elementach próbnym, że zakłady (szywy) przez niego wykonane spełniają wymienione poniżej wymagania.

Należy zapewnić następujące badania:

Materiał PVC:

**Badana grupa 1: T = 23°C**

W sumie 5 badań rozciągania pasa, każdy na próbkach o szerokości 100 mm. Na podstawie obciążeń zrywających z tych badań należy uzyskać wartość średnią  $\bar{n}^{23}$  oraz odchylenie standardowe  $s^{23}$ .

Wartość  $Z^{23} = \bar{n}^{23} - 2.0 \times s^{23}$  musi być większa od dozwolonej

Badania należy przeprowadzić w kierunku osnowy i wypełnienia.

Dodatkowo, współczynnik wariacji:

$$v = s^{23} / \bar{n}^{23}$$

dla losowych próbek musi być mniejszy niż 0.12.

Szczegóły i kontrola jakości zakładów (szwów)

Zakłady membrany – PVC:

Przed rozpoczęciem produkcji producent musi wykazać, za pomocą badań przeprowadzonych na elementach próbnych, że ta szczegółowa struktura spełnia niżej określone wymagania. Próbkki mają mieć 100 mm szerokości. Ich geometria ma odpowiadać geometrii zakładów membrany.

Należy przeprowadzić następujące badania:

**Badana grupa 2: T = 23°C**

W sumie 5 badań na rozciąganie, każdy na próbkach o szerokości 100 mm. Na podstawie obciążeń zrywających z tych badań należy uzyskać wartość średnią  $\bar{n}^{23}$  oraz odchylenie standardowe  $s^{23}$ .

Wartość  $Z^{23} = \bar{n}^{23} - 2.0 \times s^{23}$  musi być większa od dozwolonej

Badania należy przeprowadzić w kierunku osnowy i wypełnienia. Wszystkie próbki muszą ulec zerwaniu bez uszkodzenia zakładów.

Dodatkowo, współczynnik wariacji

$$v = s^{23} / \bar{n}^{23}$$

dla losowych próbek musi być mniejszy niż 0.12.

Krawędzie zaciskowe membrany – PVC:

Przed rozpoczęciem produkcji wykonawca musi zaprezentować, za pomocą badań wykonanych na elementach próbnych, że ta konkretna struktura spełnia wymienione poniżej wymagania. Próbkki mają mieć 100 mm szerokości. Ich geometria ma odpowiadać geometrii krawędzi zaciskowych membrany, które zostanie wykonane. Należy przeprowadzić następujące badania:

**Badana grupa 4: T = 23°C**



W sumie 5 badań na rozciąganie, każdy na próbkach o szerokości 100 mm. Na podstawie obciążeń zrywających z tych badań należy uzyskać wartość średnią  $n^{23}$  oraz odchylenie standardowe  $s^{23}$ .

Wartość  $Z^{23} = n^{23} - 2.0 \times s^{23}$  musi być większa od dozwolonej. Badania należy przeprowadzić w kierunku osnowy i wypełnienia.

Wszystkie próbki muszą ulec zerwaniu bez uszkodzenia zakładów. Dodatkowo, współczynnik wariacji:

$$v = s^{23}/n^{23}$$

dla losowych próbek musi być mniejszy niż 0.12.

Badanie na rozciąganie szerokiego płata – Materiał PVC:

Przed rozpoczęciem produkcji wykonawca musi zaprezentować, za pomocą badań wykonanych na elementach próbnych, że materiał spełnia wymienione poniżej wymagania. Elementy próbne muszą być zgodne z "Badaniem dwuosnowym na rozciąganie szerokiego płata" opisanego w European Design Guide for Tensile Surface Structures A3.1 / A4.2.6. Ich geometria może być nieco dostosowana, by pasować do innego wyposażenia badawczego. Należy przeprowadzić następujące badania:

#### **Badana grupa 5: T = 23°C**

W sumie należy przeprowadzić 10 badań. Należy przeprowadzić sześć badań (3 osnowy i 3 wypełnienia). Dwa badania należy przeprowadzić z rozcięciem o dł. 10 cm na osnowie oraz dwa dalsze badania przeprowadzone na wypełnieniu.

Wartość z trzech badań z rozcięciem 10 cm  $Z^{23} = n^{23} - 2.0 \times s^{23}$  musi być większa od dozwolonej.

Dodatkowo, współczynnik wariacji

$$v = s^{23}/n^{23}$$

dla losowych próbek musi być mniejszy niż 0.12.

#### **2.1.2.2. Poliwęglan**

Przyjęto poliwęglan komorowy, o następujących właściwościach:

Lp.	Właściwości	Poliwęglan komorowy
1	2	3
1	Grubość , mm	25
2	Szerokość, mm	1500
3	Masa, g/m <sup>2</sup>	5000

Obciążenie charakterystyczne dla płyt poliwęglanu komorowego zamocowanego wzdłuż czterech krawędzi lub dla płyt mocowanych na dwóch krawędziach prostopadłych do komór, jeśli długość płyty (L) jest równa lub większa od dwukrotnej szerokości płyty (W):  $L \geq 2 \cdot W$ , Pa

Długość płyty / rozstaw podpór, m	Szerokość płyty, m					
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,05	1,5
1,5	4600	4400	4200	4000	3800	3400
2,0	4200	4000	3800	3600	3400	3000
2,5	4000	3700	3400	3200	3000	2600
3,0	3900	3500	3100	2900	2700	2400
>3,0	3800	3200	2900	2700	2500	2200

Dopuszczalne ugięcie płyt przy obciążeniu charakterystycznym równe jest najmniejszej wartości spośród: 1/50 rozstawu podpór mierzonego wzdłuż komór, 1/20 szerokości płyty lub 50 mm.

Zaleca się przy skłenieniu „poziomym” zachowanie minimalnego spadku  $5^\circ$  (9 cm/m) dla odprowadzenia wody deszczowej. Płyty należy instalować kanałami skierowanymi zgodnie z kierunkiem nachylenia w skłenieniu płaskim. Spadek dachu przy uszczelniających stykach poprzecznych powinien wynosić  $>10^\circ$ , czyli min. ok. 20%, aby woda mogła bez przeszkód spływać na płyty i styki podłużne. W związku z powyższym założono długość płyt przekraczającą 10m.

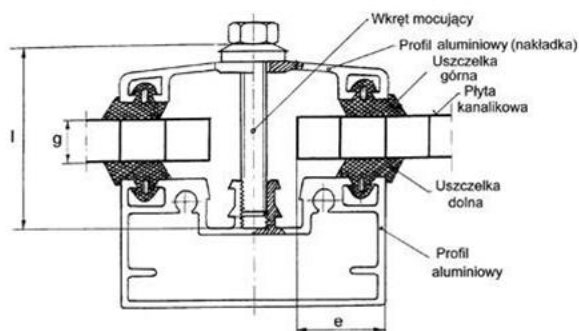
Uszczelki dla wyrównania własnych tolerancji, dopuszczalnych odchyłek wymiarowych jednostek oszkleniowych i szczeblin, jak również dopuszczalnych ugięć – powinny mieć dostateczną odkształcalność. Twardość uszczelki i forma jej profilu poprzecznego definiują właściwy docisk konieczny dla jej określonego odkształcenia i powstania wystarczającej szczelności. Dla każdego profilu można ustawić specjalny wykres „nacisk-spełnienie”. Punktowy nacisk śrub powinien być równomiernie przekazywany na uszczelkę profilowaną

poprzez dostatecznie sztywną listwę dociskową, zależnie od materiału i formy przekroju poprzecznego. Odstęp elementów dociskających powinien wynosić  $< 25$  cm.

Uszczelki profilowane do styków mogą składać się z jednej lub dwu części. Rozwiązania dwuczęściowe muszą mieć – dla zapobiegania ześlizgiwaniu się – wpust lub pióro.

Jednoczęściowe mogą być stabilizowane przez przebijające je elementy mocujące listew dociskowych. Forma i układ warg uszczelki są zmienne. Jednoczęściowe, leżące wewnątrz uszczelki muszą być tak ukształtowane, aby poziom, w którym ewentualnie występujący kondensat zbiera się i odpływa, znajdował się poniżej wewnętrznego poziomu uszczelnienia. Jeżeli elementy mocujące przebijają uszczelkę, to uszczelka powinna być zaopatrzona w centralne zgrubienie, aby punkt przebicia leżał powyżej poziomu odprowadzającego wodę.

Dolna powierzchnia uszczelek wewnętrznych powinna być uformowana i dopasowana odpowiednio do przekroju szczeliny.



Przy łagodnie nachylonych dachach i na takich partiach specjalnych, jak kanały dachowe, łagodne kosze itd., w regionach obfitujących w śnieg może być konieczne jego usuwanie:

- ręczne usuwanie śniegu wymaga stref do chodzenia niepodlegających szkleniu,
- śnieg można topić elektrycznie ogrzewanym szkłem klejonym lub za pomocą szczelin ogrzewanych ciepłą wodą, co jednak jest niewskazane ze względów energetycznych.

Mocowanie płyt kanalikowych powinno być ostatnią operacją procesu montażu. Konstrukcja nośna winna być wtedy w pełni przygotowana (wszelkie elementy składowe danego systemu na swoich właściwych miejscach; środki zabezpieczające konstrukcję nośną, powinny być całkowicie utwardzone). Dopuszczalne rozstawy podpór zależą od grubości płyty, wielkości obciążenia i sposobu mocowania. Nie należy montować płyt uszkodzonych w transporcie lub w czasie obróbki.

Płyty należy instalować tak, aby żeberka przebiegały zgodnie z kierunkiem spadku dachu (płaszczyzna żeberek – pionowa), co zapewni lepsze odprowadzanie kondensatu.

Kanaliki muszą być zabezpieczone przed wnikaniem kurzu i insektów oraz przed nadmiarem wilgoci:

- górny brzeg płyty powinien być szczelnie zamknięty; w tym celu stosuje się samoprzylepną, nieprzepuszczalną (pełną) taśmę HDPE (tj. niskociśnieniowy PE o dużej gęstości) lub aluminiową taśmę o szerokości dopasowanej do grubości płyty;
- dolny brzeg płyty zabezpiecza się samoprzylepną taśmą HDPE paroprzepuszczalną (o odpowiedniej szerokości). Nie przepuszcza ona kurzu i insektów, pozwala natomiast powietrzu wnikać i uchodzić z kanalików, dzięki czemu następuje wyrównanie ciśnienia pary wodnej w powietrzu zgromadzonym w kanalikach i powietrza zewnętrznego. Proces ten nie pogarsza właściwości izolacyjnych płyty.



Brzegi płyt umiejscowionych na szczególnych połaciach dachu, takich jak okapy, kalenice i wezglowia, oprócz zabezpieczenia odpowiednimi taśmami, wymagają także zastosowania profilu aluminiowego „F” lub poliwęglanowego „U” i uszczelnienia silikonem

Należy upewnić się, że uszczelki, środki uszczelniające i inne materiały pomocnicze użyte przy instalacji nie oddziałują szkodliwie na płyty.

Należy zapewnić właściwą głębokość osadzenia płyty w profilu mocującym min. 20 mm.

Należy pamiętać, żeby co najmniej jedno żeberko było osadzone i zaciśnięte w profilu systemu nośnego.

Z uwagi na rozszerzalność termiczną płyt poliwęglanowych, nie można ich osadzać zbyt ściśle. Montaż płyt bez wystarczającego luzu zaowocuje naprężeniami termicznymi i wyboczeniami. W praktyce wymagany luz dylatacyjny można ocenić na 3,5 mm na każdy metr długości lub szerokości formatki.

Podobnie, by zapewnić płycie swobodę ruchów dylatacyjnych związanych ze zmianami temperatury podczas eksploatacji, w przypadku arkusza o długości 2000 mm wiercone otwory powinny mieć średnicę co najmniej o 6 mm większą od średnicy trzpienia śruby mocującej, a otwory na podkładki grzybkowe – średnicę minimum 18 mm. Każde kolejne 1000 mm długości arkusza wymaga zwiększenia średnicy otworu o dalsze 2,5 mm.

Nie wolno mocować i zaciskać płyt zbyt silnie, ze względu na ich odkształcenia, które mogą wywierać niekorzystny wpływ na konstrukcję.

Na płatwiach okapowych oraz w miejscach występowania dużych obciążeń wiatrowych konieczne są dodatkowe mocowania. Do tego celu służą podkładki grzybkowe z poliamidu.

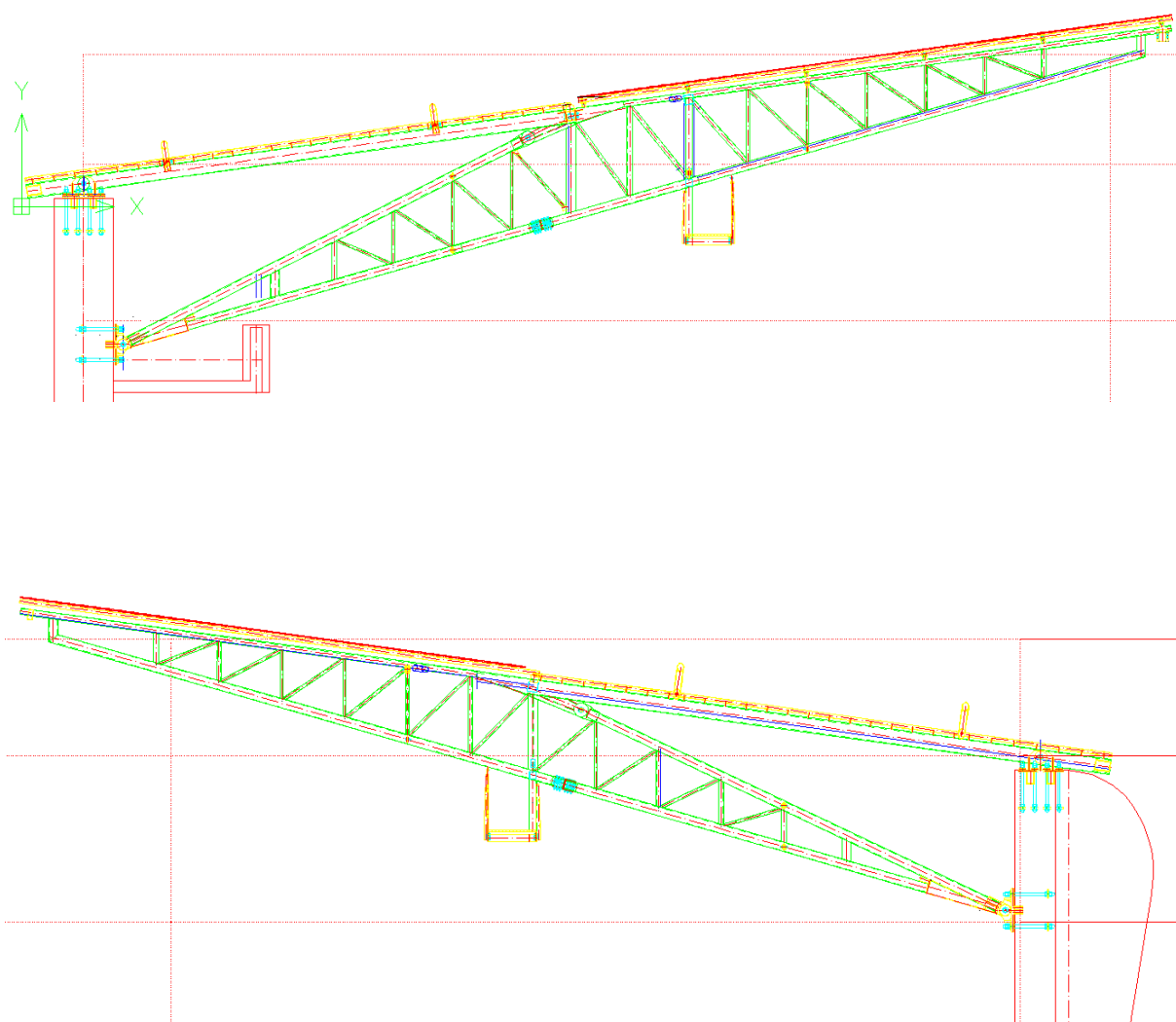
Przewieszenie końca płyty poza płatwę okapową powinno wynosić 50–60 mm. Zapewni to prawidłowy spływ wody deszczowej do rynny.

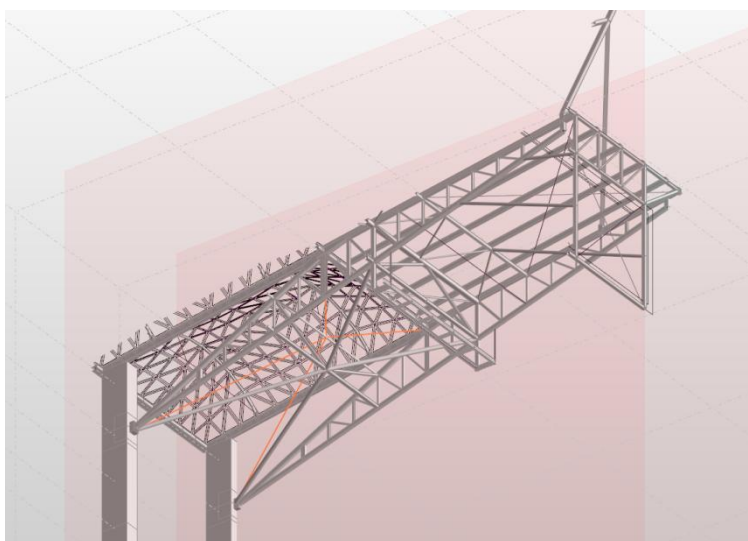
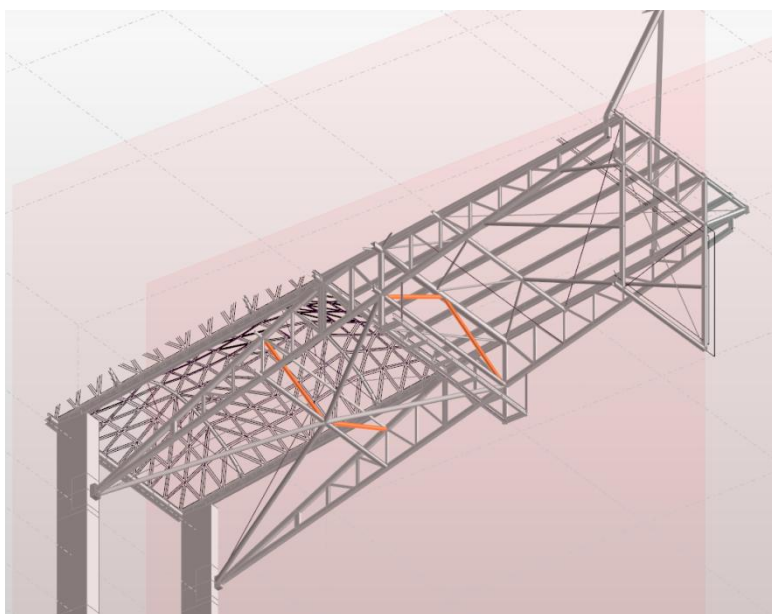
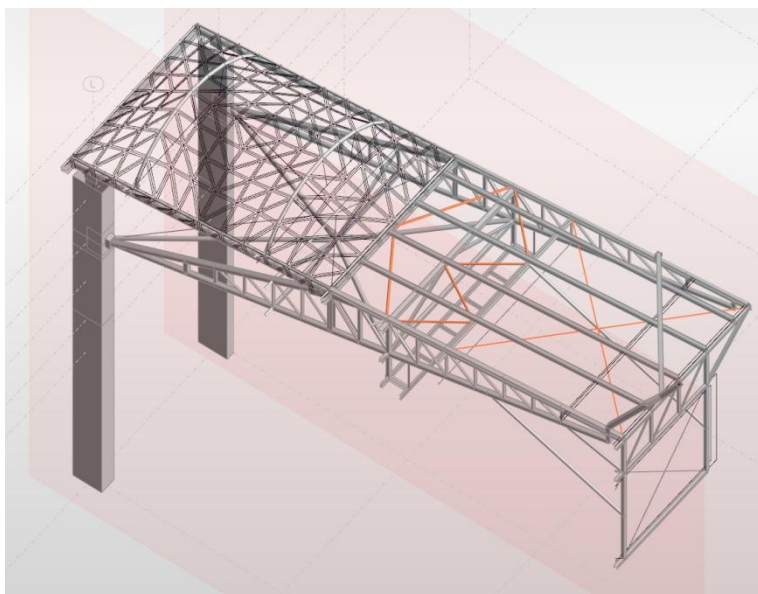
Zalecane jest okresowe czyszczenie płyt podczas eksploatacji. Nie należy szorować płyt szczotkami lub ostrymi przedmiotami. Unikać środków ściernych i silnie alkalicznych. Unikać kontaktu zabezpieczonej przed UV powierzchni płyt z rozpuszczalnikiem butylowym lub alkoholem izopropylowym. Należy pamiętać, że środki czyszczące i rozpuszczalniki nadające się do czyszczenia poliwęglanu mogą nie być bezpieczne dla powierzchni pokrytej warstwą absorbera UV. W wątpliwych przypadkach powinno się przeprowadzić uprzedni test środka czyszczącego na próbce płyty lub zasięgnąć rady u dostawcy płyt. Zakłada się oparcie płyt na płatwiach (szczepelinach) stalowych, mocowania pomiędzy płytami należy wykonać za pomocą rozwiązań systemowych (podkonstrukcja aluminiowa) zapewniających szczelność połączenia.

### 2.1.3 Stężenia połaciowe, płatwie.

Dachowe stężenia połaciowe obejmują połączenia dwóch dźwigarów w sekcji międzydylatacyjnej - zarówno pas górny na części krytej poliwęglanem oraz w poziomie pasa dolnego na części przekrytej membraną.

Oba systemy stężeń połączone są dwoma tężnikami podłużnymi - pierwszy z nich (obwodowy) w miejscu podwieszenia pomostu obsługowego- T1- RK 200x12,5, drugi- T2-RK 120x120x5 w przybliżeniu w połowie odległości do słupa żelbetowego. Tężniki zapewniają stateczność przestrzenną wiazara kratowego oraz zabezpieczają pas dolny przed wyboczeniem z płaszczyzny układu.







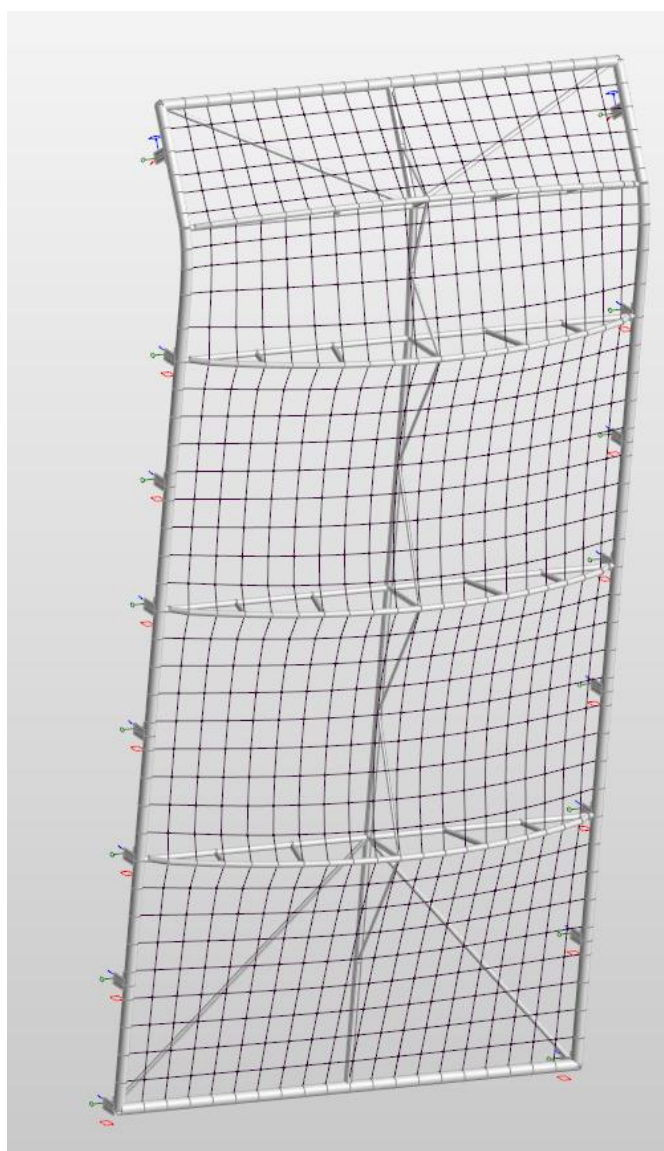
W płatwiach należy przewidzieć uzbrojenie w postaci konsol do mocowania podkonstrukcji pod poliwęglan wg wymogów systemowych.

### 2.1.4 Pomosty

W poziomie pasa dolnego kratownicy przewidziany jest pomost techniczny podwieszony do pasa dolnego dźwigara (w połowie rozpiętości). Założono zastosowanie ocynkowanych krutek pomostowych zgrzewanych w klasie antypoślizgowej R11 wyposażonych w barierki.

### 2.1.5 Podkonstrukcja fasady

Fasada zaprojektowana została jako membranowa na podkonstrukcji stalowej wg schematu poniżej:



Głównym elementem nośnym są łuki poziome (w formie układów bezprzekątniowych) oraz rury brzegowe, do których mocowana jest membrana fasady (parametry materiałowe identyczne jak dla tkaniny dachowej). Stateczność zapewniają stężenia typu K zlokalizowane w najniższym oraz najwyższym polu oraz tężnik pionowy zapewniający zmniejszenie odkształceń łuków wynikające z pracy membrany. Pierwszy oraz ostatni z łuków posiadać powinien przesuwę poziome na obu końcach celem minimalizacji poziomych sił podporowych. Kierunek osnowy membrany założono równoległy do łuków, kierunek wiatku prostopadły. Pionowa rura brzegowa mocowana jest do słupów żelbetowych w układzie minimalizującym siły od termiki. Przewidywany schemat statyczny zakłada przegubowo nieprzesuwne mocowanie w punkcie najwyższym oraz przegubowo przesuwne w pozostałych. Założono mocowania za pomocą marek żelbetowych z napawanymi gwintowanymi kołkami sworzniowymi (np. typu RD produkcji Koeco) klasy 8.8. Celem zapewnienia regulacji przewiduje się wykonanie podlewek pionowych (odchyłki na "głębokości") oraz konsole stalowe zapewniające montaż przy odchyłkach pionowych/poziomych. Dzięki zastosowaniu przegubowo przesuwnych połączeń łuków z rurą obwodową zapewniono niezależny odkształcenia słupów żelbetowych oraz sekcji elewacyjnej.

### **3.0 Materiały**

Wszystkie elementy dachu zakłada się ze stali S355J2 – dla blach i kształtowników otwartych oraz S355J2H dla elementów rurowych (kształtowniki zamknięte gorącowalcowane wg PN-EN 10210).

Wszystkie materiały i wyroby powinny mieć zaświadczenia o jakości zgodnie z PN-EN ISO/EC 17050-1: 2005; PN-EN ISO/EC 17050-2: 2005; PN-EN 10204 lub wyniki badań laboratoryjnych potwierdzające wymaganą jakość. Materiały i wyroby należy przechowywać i konserwować zgodnie z warunkami technicznymi w sposób umożliwiający łatwą i jednoznaczną identyfikację każdej dostawy.

## **4.0 Zabezpieczenie antykorozyjne i ogniowe konstrukcji.**

### **4.1 Założenia.**

Elementy konstrukcji zadania należy zabezpieczyć antykorozyjnie zapewniając wymaganą barierę antykorozyjną dla przyjętych założeń odnośnie kategorii środowiska oraz trwałości.

Klasyfikacja środowiska korozyjnego wg PN-EN-ISO 12944-2 – kategoria korozyjna środowiska atmosferycznego C3. Przyjęty okres trwałości zabezpieczenia antykorozyjnego wg PN-EN-ISO 12944-1 – długi. Wybór systemu malarskiego ustalony zostanie na etapie projektu wykonawczego. Farby należy przygotować do aplikacji i nakładać na podłoże zgodnie z warunkami jej stosowania zawartych w kartach technicznych wyrobu." Zabezpieczenie ogniowe konstrukcji wg opracowania pt.: " Warunki ochrony przeciwpożarowej dot. inwestycji: Stadion przy ul. Struga w Radomiu".

#### **4.2 Przygotowanie powierzchni.**

Powierzchnia konstrukcji powinna być oczyszczona metodą strumieniowo-ścierną do stopnia czystości Sa2 1/2 zgodnie z PN-ISO 8501-1. Przed obróbką powierzchnia stali powinna być umyta wodą pod ciśnieniem i wysuszona. Bezpośrednio przed malowaniem powierzchnię należy odpylić. Wykonywanie prac malarskich powinno być zgodne z wymogami podanymi w PN-EN-ISO 12944-7:2001. Należy spełniać wszystkie wymagania podane w kartach katalogowych wyrobów opracowanych przez producenta.

Strefa o szerokości 150 mm wzdłuż krawędzi przygotowanych do spawania montażowego powinna mieć powłokę spawalną lub być zabezpieczona taśmą.

Powierzchnie styków doczołowych przygotować do uzyskania współczynnika tarcia równego 0,5 (klasa powierzchni A).

Powierzchnie elementów przeznaczonych do styku z betonem powinny być oczyszczone co najmniej do stopnia St3 wg PN-ISO 8501-1 i pozostawione nie malowane.

#### **5.0 Wytyczne do prefabrykacji i montażu – wymagania jakości.**

- Klasa wykonania konstrukcji EXC3.
- Klasa konsekwencji wg PN-EN 1990: CC3
- Klasa niezawodności: RC3
- Kategoria produkcji: PC2
- Kategoria użytkowania SC1
- Kategoria zagrożenia ludzi: ZLII
- Kategoria użytkowania zadaszania H (wg PN-EN 1991-1-1)
- Siła sprężająca naciągu membrany nie powinna być mniejsza niż 2,5%, a nie większa niż 6% średniej wytrzymałość membrany na rozciąganie zarówno w kierunku osnowy jak i wstęgu
- Projektowany okres trwałości konstrukcji nośnej w latach: 50
- Projektowany okres użytkowania pokrycia w latach: 10-15 (dla membrany z PVC)
- Trwałość lin: 50 lat
- Technologia spawania wg WPS wytwórni.

- Poziom akceptacji dla złączy spawanych wg PN-EN 25817:2002.
- Dokumenty kontrolne wg PN-EN 10204. Warunki wykonania oraz odbioru konstrukcji metalowych, tolerancje wykonawcze oraz montażowe wg PN-EN 1090-2 (klasa tolerancji funkcjonalnych 2).
- Dokręcanie śrub w połączeniach czołowych sprężanych (kl.10.9) i kontrola sprężania połączeń kluczem dynamometrycznym. Wymagany moment dokręcania (moment obrotowy klucza) - wg zaleceń producenta śrub w zależności od stosowanego smaru. Każda partia wyrobów śrubowych powinna mieć zaświadczenie o wynikach kontroli jakości wg PN-EN ISO 3269: 2004 i PN-EN-10204. Śruby ocynkowane do połączeń sprężanych, a także doczołowych połączeń rozciąganych powinny być cynkowane ogniowo i mieć własności wytrzymałościowe po ocynkowaniu wg PN-EN ISO 898-1 i PN-EN-20898-2: 1998 potwierdzone atestem.

## **6.0 Uwagi szczególne:**

- Przesuwne powierzchnie styku elementów stalowych (owalne otwory) smarować smarem grafitowym. W stykach przesuwnych elementów konstrukcji stalowej stosować 2 podkładki oraz dodatkową nakrętkę kontruującą zapewnić na śrubach 1/2 obrotu luzu.
- Osadzanie marek podporowych wykonać pod ścisłą kontrolą geodezyjną wzajemnego położenia oraz rzędnych ich wierzchu.
- Kontrolować domiary liniowe i kątowe.
- Niedopuszczalne jest jakiegokolwiek „naciąganie” krat w czasie montażu. - Wszelkie błędy wykonawcze należy kompensować z użyciem przekładek regulacyjnych.
- Wymaga się opracowania projektu warsztatowego konstrukcji zadaszenia oraz okładzin, zarówno poliwęglanu jak i membrany wraz z wszystkimi niezbędnymi detalami.
- Wymagany próbny montaż dźwigarów.
- Dopuszczalne tolerancje, przy uwzględnieniu różnych branż, muszą być uwzględnione w projekcie warsztatowym.
- Montaż konstrukcji powinien być prowadzony w oparciu o odrębnie opracowany projekt montażu sporządzony przez Wykonawcę konstrukcji.

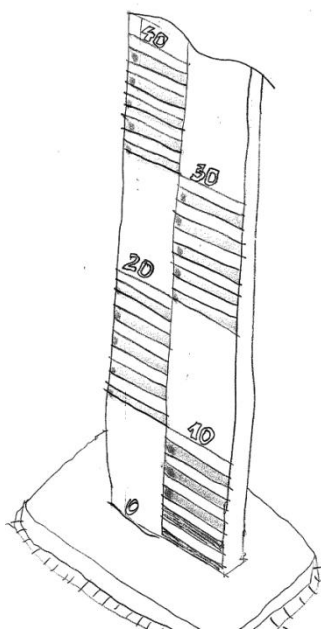
## **7.0 . Uwagi dotyczące eksploatacji dachu.**

Obciążenie użytkowe wynikające z normalnej eksploatacji oraz utrzymania przyjęto  $0,4 \text{ kN/m}^2$ . Dopuszczalne obciążenie pomostu roboczego:  $2,0 \text{ kN/m}^2$ .

## 8.0 Monitoring konstrukcji w fazie eksploatacji.

Na konstrukcji stalowej dachu (końcowe wewnętrzne krawędzie dachu) należy umieścić stałe punkty pomiarowe (8 punktów na krawędziach wewnętrznych dźwigarów dachowych: po jednym na środku każdego boku stadionu i po jednym w każdym narożu). Ponadto na trybunach należy umieścić min. 2 repery stałe. Repery należy umieścić w miejscach niedostępnych dla publiczności, aby nie uległy zniszczeniu. W trakcie eksploatacji stadionu należy prowadzić monitoring geodezyjny przemieszczeń punktów pomiarowych, w odniesieniu do reperów stałych. Pomiar zerowy wykonać po zmontowaniu konstrukcji. Następne pomiary wykonywać w ramach okresowych przeglądów konstrukcji budynku.

Dodatkowo należy dokonać pomiarów ugięć końców dźwigarów (w punktach skonsultowanych z Projektantem), przy obciążeniu dachu grubą pokrywą śnieżną. Zaleca się ustawienie na pokryciu (poprzez wklejenie lub nadstawki) wskaźników w formie słupków (tzw. śniegowskazów) ze znakowaniem pasami kolorowymi co 10 cm w kolorach białym i czerwonym (wg szkicu poniżej).



Monitorowanie grubości pokrywy śnieżnej w różnych partiach dachu może być prowadzone przez system kamer przemysłowych (w nocy wymagane byłoby oświetlenie śniegowskazów).

**Program eksploatacyjnej kontroli konstrukcji budynku powinien zostać opracowany po zakończeniu budowy.**



## 9.0. Obliczenia statyczne.

Obliczenia statyczne – analizę statyczną i wymiarowanie wg PN-EN 1993-1-1 wykonano programem Autodesk Robot Structural Analysis Professional przeprowadzając analizę nieliniową z uwzględnieniem efektów drugiego/trzeciego rzędu (z uwzględnieniem dużych przemieszczeń). Obciążenia przykładano powierzchniowo – rozkład na elementy prętowe wykonany został automatycznie metodą kopertową za pomocą stosowanych w programie okładzin.

Membranę dachową w analizie globalnej zastąpiono siatką kabli sprężających o charakterystykach materiałowych równoważnych dla wążku oraz osnowy założonej membrany. Niezależnie przeprowadzona została analiza dokładna z zastosowaniem powłokowego "elementu membranowego" w programie Sofistik.

### 9.1. Zestawienie obciążeń.

#### 9.1.1. Obciążenia stałe.

##### 9.1.1.1. Ciężar konstrukcji.

Grupa G – ciężar własny konstrukcji stalowej

**Obciążenie ciężarem własnym uwzględniono automatycznie, z uwzględnieniem wszystkich zastosowanych profili.**

##### 9.1.1.2. Obciążenie pokryciem.

Grupa B – pokrycie poliwęglanem

Przyjęto poliwęglan komorowy gr.25mm

Lp.	Rodzaj obciążenia	$q^k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$	$q^o$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Poliwęglan gr. 25mm	0,05	1,35	0,0675
	<b>SUMA [kN/m<sup>2</sup>]:</b>	<b>0,05</b>	<b>1,35</b>	<b>0,07</b>

Grupa B – pokrycie membraną

Założono następujące parametry materiałowe membrany:

Moduł Younga w kierunku osnowy:  $E=1204 \text{ N/mm}^2$

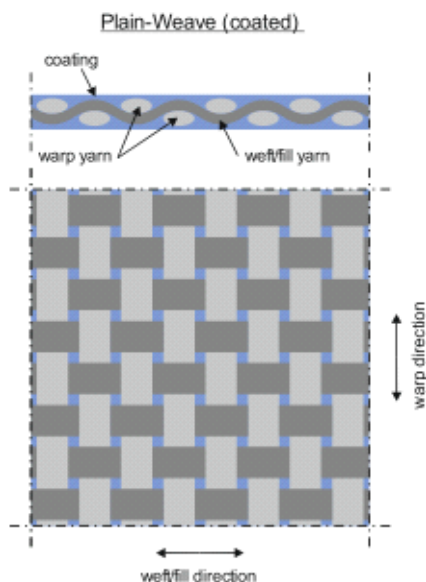
Moduł Younga w kierunku wążku:  $E_{90}=787 \text{ N/mm}^2$

Współczynnik Poissona:  $\nu=0,45$

Współczynnik rozszerzalności termicznej:  $1E-04 \text{ 1/K}$

Ciężar:  $1,317 \text{ kN/m}^2$

Lp.	Rodzaj obciążenia	$q^k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$	$q^o$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1	Membrana PVC	0,02	1,35	0,03
	(przyjęto)			
	<b>SUMA [kN/m<sup>2</sup>]:</b>	<b>0,02</b>	<b>1,35</b>	<b>0,03</b>



**9.1.2** Obciążenie konstrukcji stalowej zadaszenie instalacjami podwieszanymi.  
Obciążenie instalacjami teletechnicznymi, oświetleniem, nagłośnieniem, korytami kablowymi.

Lp.	Rodzaj obciążenia	$q^k$ [kN/m]	$\gamma_f$	$q^o$ [kN/m]
1	Obciążenie pomostem obsługowym (0,3kN/m <sup>2</sup> *0,96 m+0,25kN/mb)	0,288	1,35	0,389
	Koryta kablowe (mocowane do pomostu) 1,3 kN/m+0,1kN/m=1,4 kN/m	1,40	1,35	1,89
	<b>SUMA [kN/m]:</b>	<b>1,688</b>	<b>1,35</b>	<b>2,279</b>

Lp.	Rodzaj obciążenia	$Q^k$ [kN]	$\gamma_f$	$Q^o$ [kN]
1	Oświetlenie pylon (przyjęto)	5,00	1,35	6,75
	<b>SUMA [kN/m]:</b>	<b>5,00</b>	<b>1,35</b>	<b>6,75</b>

Lp.	Rodzaj obciążenia	$q^k$ [kN/m]	$\gamma_f$	$q^o$ [kN/m <sup>2</sup> ]
-----	-------------------	--------------	------------	-------------------------------

1	Głośniki (płatew okapowa)	0,44	1,35	0,594
	<b>SUMA [kN/m]:</b>	<b>0,44</b>	<b>1,35</b>	<b>0,594</b>

Lp.	Rodzaj obciążenia	$Q^k$ [kN]	$\gamma_f$	$Q^o$ [kN]
1	Telebim	30,00	1,35	40,5
	<b>SUMA [kN]:</b>	<b>30,00</b>	<b>1,35</b>	<b>40,5</b>

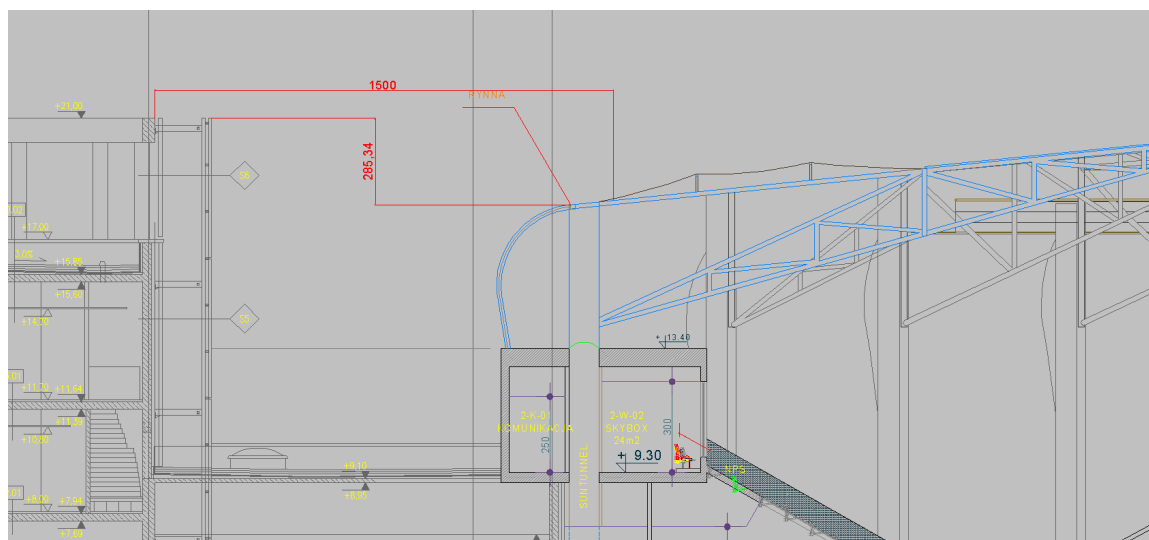
**Współczynnik obciążenia**  $\gamma_{f,sup} = 1.35$  lub  $\gamma_{f,inf} = 1.0$ ,  $\xi=0,85$

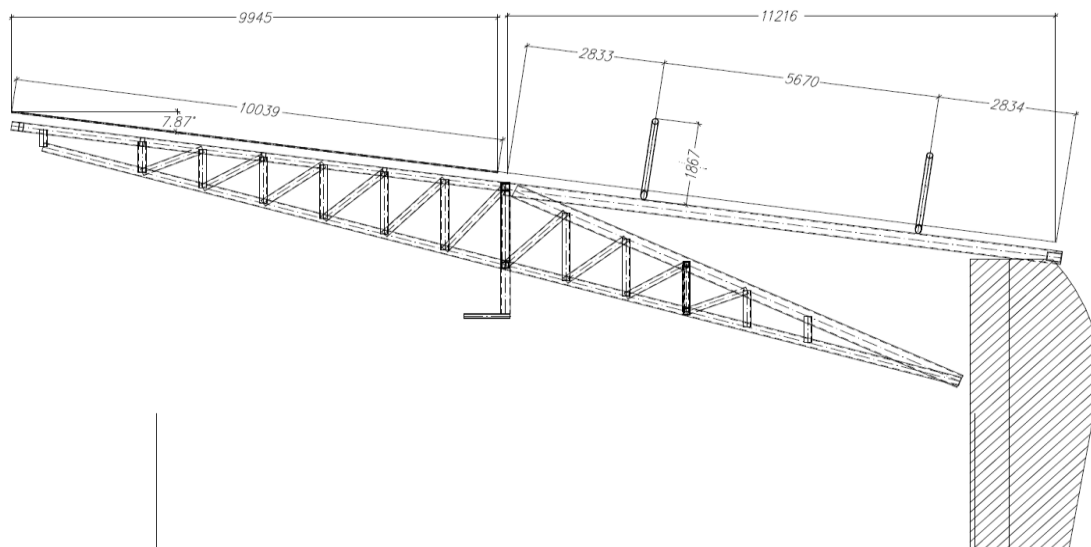
### 9.1.2. Obciążenia zmienne.

#### 9.1.2.1. Obciążenie śniegiem dachu.

Obciążenia zebrano wg. PN-EN 1991-1-3:2005/AC Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcję. Część 1-3: Oddziaływanie ogólne – Obciążenie śniegiem.

Obciążenie workiem śnieżnym od strony południowej, tj. hali widowiskowo-sportowej pominięto z uwagi na graniczną odległość (15m) pomiędzy obiektami.





Grupa S1, S2, S3, S4, S5 – śnieg

Określenie obciążenia charakterystycznego.

Strefa śniegowa 2

Lokalizacja – Radom

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:

$$S_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S = \mu_1 C_e C_t S_k$$

$C_e$  – wsp. ekspozycji - Tablica 5.1

$C_e = 0,8$  (teren wystawiony na działanie wiatru)

Mimo tego przyjęto:

$C_e = 1,0$  (teren normalny)

$C_t$  – wsp. termiczny

$$C_t = 1,0$$

$$\alpha_1 = 7,87^\circ$$

$$\alpha_{2,\max} = 33^\circ$$

$$\alpha_{2,\min} = 16,985^\circ$$

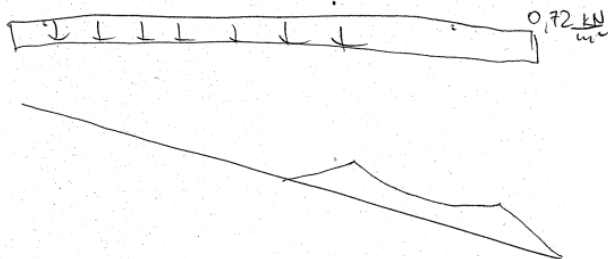
**Wariant S1**

**(i)- przypadek równomiernego obciążenia śniegiem**

$\mu_i$  – wsp. kształtu dachu - Tablica 5.2

$$\mu_1 = 0,8$$

$$S_1 = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$



### Określenie obciążenia obliczeniowego.

Współczynnik obliczeniowy:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,1}^{(i)} = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

### **Wariant S2**

#### **(ii)- przypadek nierównomiernego obciążenia śniegiem - dachy wielopołaciowe**

$\mu_i$  – wsp. kształtu dachu - Tablica 5.2

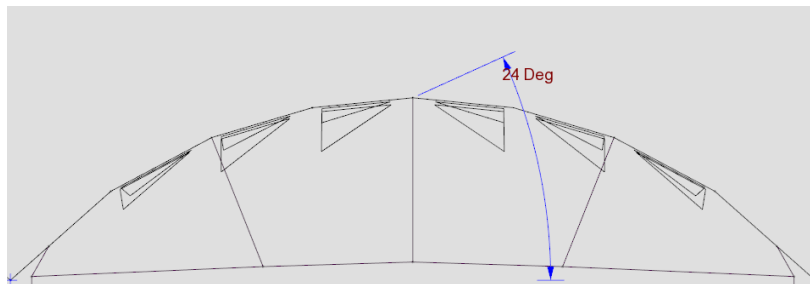
$$\alpha_0 = 24^\circ$$

$$\alpha_1 = 7,87^\circ$$

$$\alpha_2 = 21,38^\circ$$

$$\alpha_3 = 20^\circ$$

- dla dachu w części przęsłowej pomiędzy łukami membrany (klucz łuku):



$$\alpha_0 = 24^\circ$$

$$\mu_{2,3} = 0,8 + 0,8 * (((\alpha_0 + \alpha_1)/2)/30) = 0,8 + 0,8 * (24/30) = 1,44$$

mimo tego przyjęto wartość jak dla zakresu

$$30^\circ < \alpha_1 < 60^\circ$$

stąd:

$$\mu_{2,3} = 1,60$$

$$S_{2,3} = 1,60 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 1,44 \text{ kN/m}^2$$

### Określenie obciążenia obliczeniowego.

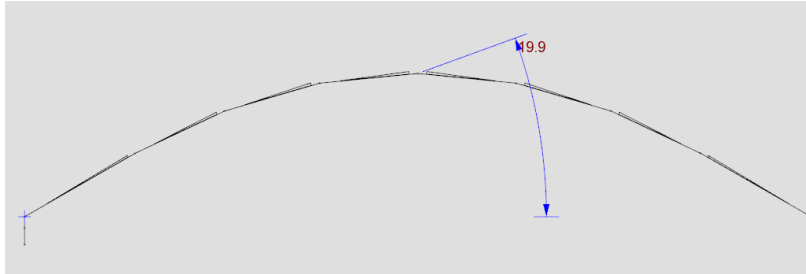
Współczynnik obliczeniowy:



$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,2}^{(ii)} = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

- dla dachu w części przęsłowej pomiędzy łukami membrany (dolina siodła):



$$\alpha_3 = 20^\circ$$

$$\mu_{2,3} = 0,8 + 0,8 * (((\alpha_1 + \alpha_2) / 2) / 30) = 0,8 + 0,8 * (19,9 / 30) = 1,33$$

stąd:

$$\mu_{2,3} = 1,33$$

$$S_{2,3} = 1,33 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

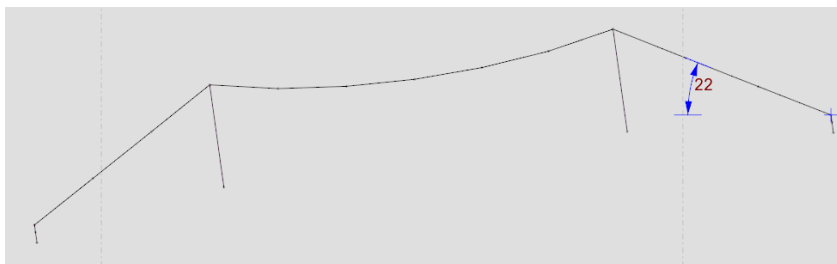
Określenie obciążenia obliczeniowego.

Współczynnik obliczeniowy:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,2}^{(ii)} = 1,80 \text{ kN/m}^2$$

- dla membrany w polu skrajnym (na styku z poliwęglanem) przyjęto:



$$\alpha_1 = 7,87^\circ$$

$$\alpha_2 = 21,38^\circ$$

$$\mu_{2,3} = 0,8 + 0,8 * (((\alpha_1 + \alpha_2) / 2) / 30) = 0,8 + 0,8 * (14,625 / 30) = 1,19$$

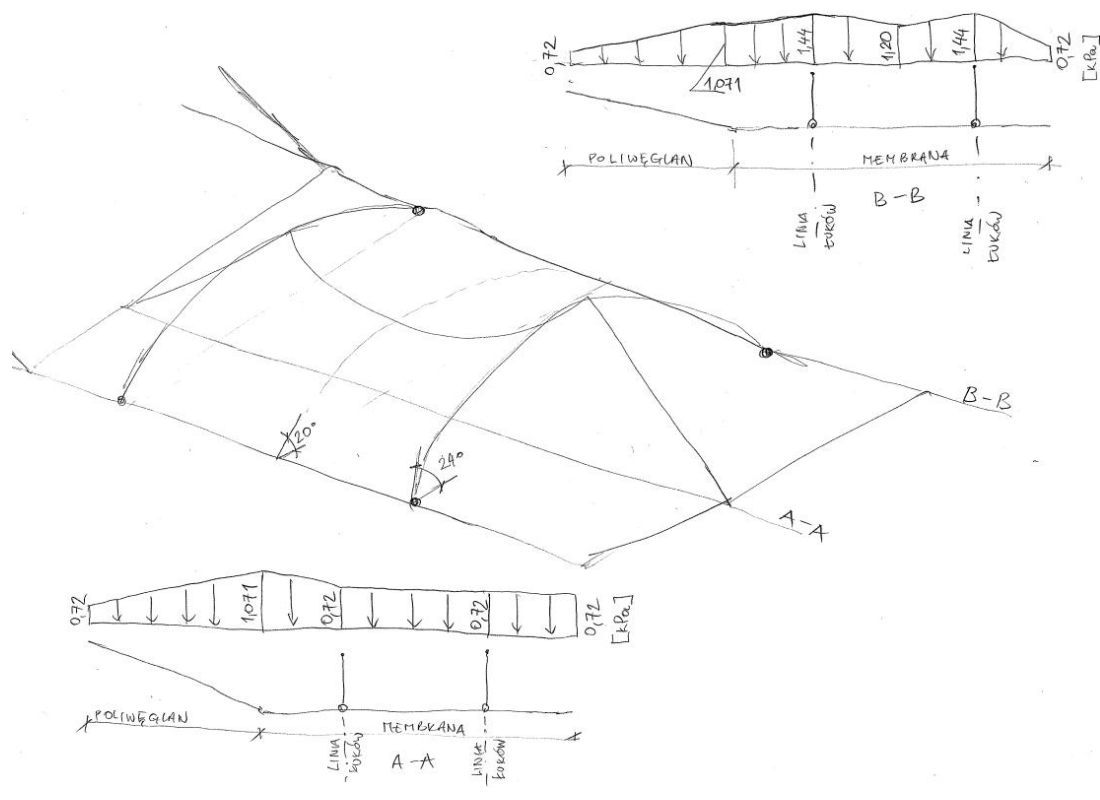
$$S_{2,3} = 1,19 * 1,0 * 1,0 * 0,9 = 1,071 \text{ kN/m}^2$$

Określenie obciążenia obliczeniowego.

Współczynnik obliczeniowy:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,3}^{(iii)} = 1,607 \text{ kN/m}^2$$



### Wariant S3

#### (iii)- przypadek nierównomiernego obciążenia śniegiem - dachy wielopołaciowe

Obciążenie jak dla wariantu S2 - łuk obciążony jednostronnie (śnieg w zagłębieniu między sąsiednimi dźwigarami)

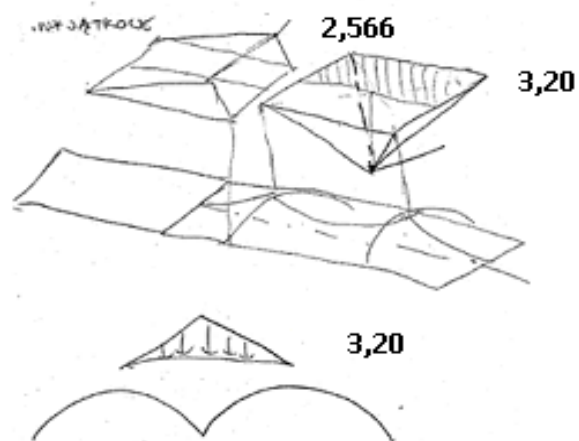
### Wariant S4

#### (iiii)- przypadek wyjątkowego obciążenia śniegiem - dachy wielopołaciowe

$\mu_i$  – wsp. kształtu dachu - Rysunek B1

$\alpha_4 > 30^\circ$  (przyjęto)

$b_3 = 1,5 \cdot 7,09 / 2 = 5,31$



minimum z:

$$\mu_{4i} = 2 \cdot h / s_k = 2 \cdot 1,60 / 0,9 = 3,56$$

$$\mu_{4ii} = 2 \cdot b_3 \cdot (l_{s1} + l_{s2}) = 2 \cdot 5,31 \cdot (2 \cdot 7,09) = 150,59$$

$$\mu_{4iii} = 5$$

przyjęto  $\mu_4 = 3,56$

$$S_4 = 3,56 \cdot 0,9 = 3,200 \text{ kN/m}^2$$

Określenie obciążenia obliczeniowego.

Współczynnik obliczeniowy:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,4}^{(iii)} = 4,800 \text{ kN/m}^2$$

## **Wariant S5**

**(iiii)- przypadek wyjątkowego obciążenia śniegiem - dachy wielopołaciowe**

$\mu_i$  – wsp. kształtu dachu - Rysunek B1

$$\alpha_5 > 30^\circ \text{ (przyjęto)}$$

minimum z:

$$\mu_{5i} = 2 \cdot h / s_k = 2 \cdot 1,283 / 0,9 = 2,85$$

$$\mu_{5ii} = 2 \cdot b_3 \cdot (l_{s1} + l_{s2}) = 2 \cdot 5,31 \cdot (12,2 + 2,93) = 160,68$$

$$\mu_{5iii} = 5$$

przyjęto  $\mu_5 = 2,85$

$$S_5 = 2,85 \cdot 0,9 = 2,566 \text{ kN/m}^2$$

Określenie obciążenia obliczeniowego.

Współczynnik obliczeniowy:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,3}^{(iii)} = 3,78 \text{ kN/m}^2$$

minimum z:

$$\mu_{5i} = 2 \cdot h / s_k = 2 \cdot 1,6 / 0,9 = 3,56$$

$$\mu_{5ii} = 2 \cdot b_3 \cdot (l_{s1} + l_{s2}) = 2 \cdot 5,31 \cdot (12,2 + 2,93) = 160,68$$

$$\mu_{5iii} = 5$$

przyjęto  $\mu_5 = 3,56$

$$S_5 = 3,56 \cdot 0,9 = 3,20 \text{ kN/m}^2$$

Określenie obciążenia obliczeniowego.

Współczynnik obliczeniowy:

$$\gamma_f = 1,5$$

$$S_{obl,3}^{(iii)} = 4,80 \text{ kN/m}^2$$

### 9.1.2.2. Obciążenie wiatrem zadaszienia.

Grupa W1 – maksimum, wszystkie  $\varphi$

Grupa W2 – minimum  $\varphi=0,76$

Obciążenie zebrano wg PN-EN 1991-1-4:2005 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje.

Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływanie wiatru.

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości  $q_p$ .

Bazowa prędkość wiatru  $v_b$  (pkt 4.2 (2)P)

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0}$$

Warszawa, strefa 1 zgodnie z tablica NA.1, NA.2

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru

$$v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$$

$$C_{season} = 1,0$$

$$C_{dir} = 1,0 \text{ dla kierunku } 270^0 \text{ (sektor 10)}$$

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 22 \text{ m/s} = 22 \text{ m/s}$$

średnia prędkość wiatru

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

$$v_m(z) = 1,368 * 1,0 * 22 \text{ m/s} = 30,1$$

Wysokość odniesienia  $z_e$  (Rozdział 7)

$$z_e = h = 21,185 \text{ m}$$

Kategoria terenu III (Załącznik A)

$$z_0 = 0,30 \text{ m}$$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$z_{max} = 400 \text{ m}$$

Współczynnik chropowatości  $c_r(z)$  (pkt 4.3.2)

wg tablicy NA.3

$$c_r(z) = 0,8 * (z/10)^{0,19}$$

$$c_r(z) = c_r(z_e)$$

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

$$c_r(21,183) = 0,937$$

Przyjęto współczynnik rzeźby terenu  $c_0(z)$

$$c_0(z) = 1,0$$

Współczynnik ekspozycji  $c_e(z)$  (tab. NA.3)

$$c_e(z)=1,9*(z/10)^{0,26}$$

$$c_e(21,183)= 2,309$$

Wartość charakterystyczna szczytowego ciśnienia prędkości  $q_p(z)$  (pkt 4.5 (1))

$$q_p(z) = c_e(z)*q_b$$

$$q_b = \frac{1}{2}*\rho* v_b^2$$

$$q_b=1/2*1,25\text{kg/m}^3*22^2\text{m}^2/\text{s}^2=302,5\text{kg/m}*\text{s}^2$$

$$\mathbf{q_p(z) = 2,309*0,3025kN/m^2=0,698 kN/m^2}$$

Współczynnik konstrukcyjny  $c_s c_d$

przyjęto:

$$c_s c_d=1,0$$

Ciśnienie wiatru  $w_{pe}$

$$w_{pe}=q_p(z_e)*c_{pe}$$

- współczynnik ciśnienia  $c_{p,net}$  przyjęto z tablicy 7.6 jak dla wiat jednorodnych o kącie pochylenia interpolowanym pomiędzy kątami 5 i 10° i współczynnika wypełnienia równym 1,0.

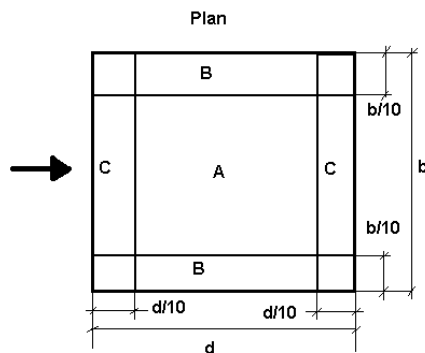
$$\alpha_1=7,87^\circ$$

przyjęto  $\varphi=1,0$

Siły oddziaływania wiatru na jednostkę powierzchni  $w_t$

$$w_t= c_s c_d * w_{pe}$$

Współczynniki ciśnienia  $c_{p,net}$



Przyjęto jako referencyjne dźwigary typu 2 (przy osi 1)

Grupa W1 – maksimum, wszystkie  $\varphi$  (kierunek 90, 270 stopni)

$$w_{t1}^A=0,698\text{kN/m}^2*1,00=0,698 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{t1}^B=0,698\text{kN/m}^2*2,25=1,571 \text{ kN/m}^2$$

Grupa W2 – minimum  $\varphi=1,0$  (kierunek 90, 270 stopni)

$$w_{t2}^A=0,698\text{kN/m}^2*(-1,6)=-1,117 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{t2}^B=0,698\text{kN/m}^2*(-2,6)=-1,815 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{t2}^C=0,698\text{kN/m}^2*(-2,7)=-1,885 \text{ kN/m}^2$$



#### Grupa W3 – maksimum, wszystkie $\varphi$ (kierunek 0, 180 stopni)

$$w_{t3}^A = 0,698 \text{ kN/m}^2 * 1,00 = 0,698 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{t3}^C = 0,698 \text{ kN/m}^2 * 1,45 = 1,012 \text{ kN/m}^2$$

#### Grupa W4 – minimum $\varphi=1,00$ (kierunek 0, 180 stopni)

$$w_{t4}^A = 0,698 \text{ kN/m}^2 * (-1,6) = -1,117 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{t4}^B = 0,698 \text{ kN/m}^2 * (-2,6) = -1,815 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{t4}^C = 0,698 \text{ kN/m}^2 * (-2,7) = -1,885 \text{ kN/m}^2$$

współczynnik tarcia dla powierzchni gładkich (strona wierzchnia – płyty poliwęglanowe) wynosi  $c_{fr}=0,01$ , dla bardzo chropowatych  $c_{fr}=0,04$  (strona spodnia – podkonstrukcja pod poliwęglan)

$$w_{fr} = c_{fr} * q_p(z_e) = (0,01 + 0,04) * 0,698 \text{ kN/m}^2 = 0,0349 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{obl,fr} = c_{fr} * q_p(z_e) = 0,0349 * 1,5 = 0,0524 \text{ kN/m}^2$$

Współczynnik obliczeniowy dla obciążenia dynamicznego wiatrem przyjęto:

$\gamma_f=1,5$ , stąd obciążenie obliczeniowe wynosi:

#### Grupa W1 – maksimum, wszystkie $\varphi$

$$w_{obl,1}^A = 0,698 * 1,5 = 1,047 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{obl,1}^B = 1,571 * 1,5 = 2,357 \text{ kN/m}^2$$

#### Grupa W2 – minimum $\varphi=1,00$

$$w_{obl,2}^A = -1,117 * 1,5 = -1,676 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{obl,2}^B = -1,815 * 1,5 = -2,723 \text{ kN/m}^2$$

#### Grupa W3 – maksimum, wszystkie $\varphi$

$$w_{obl,1}^A = 0,698 * 1,5 = 1,047 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{obl,1}^C = 1,012 * 1,5 = 1,518 \text{ kN/m}^2$$

#### Grupa W4 – minimum $\varphi=1,00$

$$w_{obl,2}^A = -1,117 * 1,5 = -1,676 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{obl,2}^C = -1,885 * 1,5 = -2,823 \text{ kN/m}^2$$

#### Współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_f$ dla profili:

$$c_f = c_{f,0} * \psi * \lambda$$

Współczynnik wypełnienia przyjęto równy:

$$\varphi = 0,30$$

stąd przyjęto konserwatywnie zgodnie z rys. 7.36:

$$\psi * \lambda = 1,00$$

$$c_f = c_{f,0} * \psi * \lambda$$

$$c_{f,0} = 2,0$$

$$c_f = 2,0 * 1,0 = 2,00$$

$$F_w = c_s * c_d * \sum c_f * q_p(z_e) * A_{ref}$$

Dla prętów o szerokości od 101mm-150mm obciążenie liniowe wyniesie

$$q_w = 1 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot 0,698 \cdot 0,15 = 0,209 \text{ kN/m}$$

Dla prętów o szerokości od 150mm-200mm obciążenie liniowe wyniesie

$$q_w = 1 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot 0,698 \cdot 0,20 = 0,279 \text{ kN/m}$$

Dla prętów o szerokości od 201mm-250mm obciążenie liniowe wyniesie

$$q_w = 1 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot 0,698 \cdot 0,25 = 0,349 \text{ kN/m}$$

Dla prętów o szerokości od 251mm-300mm obciążenie liniowe wyniesie

$$q_w = 1 \cdot 1 \cdot 2,0 \cdot 0,698 \cdot 0,30 = 0,419 \text{ kN/m}$$

#### Ciśnienie wiatru - styczne na pomosty

współczynnik tarcia:

$$c_{fr} = 0,04$$

$$w_{fr} = 2 \cdot q_p(z_e) \cdot c_{fr}$$

$$w_{fri} = 2 \cdot 0,698 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,04 = 0,056 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{fri} = 0,056 \text{ kN/m}^2$$

#### Współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_{pe}$ dla urządzeń

$$q_p(z) = 0,698 \text{ kPa}$$

$$c_{pe} = 1,8$$

$$w_e^{[1]} = +1,256 \text{ kPa}$$

$$w_e^{[2]} = -1,256 \text{ kPa}$$

Ściany osłonowe.

Założono schemat jak dla ściany wolnostojącej bez załamania w narożniku

współczynnik ciśnienia przyjęto:

$$q_p(z) = 0,698 \text{ kPa}$$

$$c_{pe} = 3,3 \text{ (z interpolacji dla } l/h = 7,8; \text{ pole A)}$$

$$w_e^{[1]} = +2,30 \text{ kPa}$$

$$w_e^{[2]} = -2,30 \text{ kPa}$$

Rozważono również schemat jak dla silosów otwartych ( $c_{pi} = -0,6$ )

Współczynniki dla tego przypadku wynoszą:

$$c_{pe}^{\min} = -2,1$$

$$c_{pe}^{\max} = 1,0$$

łącznie współczynnik ciśnienia wynosi:

$$c_p^{\min} = -2,1$$

$$c_p^{\max} = 1,0 - (-0,6) = 1,6$$

Obie wartości są mniejsze niż wyliczone dla pola A wg tab.7.9 normy.

Ostatecznie do obliczeń przyjęto konserwatywnie wartości ciśnienia jak dla ściany wolnostojącej bez załamania w narożniku.

#### **9.1.2.2.1 Obciążenie od wiatru na lampy**

Sumaryczna szacowana powierzchnia oporu na wiatr lamp pylonów wyniesie:

$$A_w = 4,00 \text{ m}^2$$

Obciążenie wiatrem przyjęto jako punktowe na wierzchołku pylonu:

$$w_p = w/A_w' = 1,256 \text{ kN} \cdot 4,00 \text{ m}^2 / \text{m} = 5,02 \text{ kN}$$

#### **9.1.2.2.2 Obciążenie od wiatru na kamery**

Obciążenie na kamerę ustalono na podstawie przykładowych kart technicznych wyrobu:

- szacowana sumaryczna powierzchnia oporu na wiatr wyniesie  $A_w = 0,25 \text{ m}^2$ .

Ponieważ zakłada się, że usytuowanie kamer w poszczególnych przęsłach może być różne, całkowitą powierzchnię rozkłada się równomiernie na długości przęsła 7,00 m:

$$A_w' = 0,25 / 7,00 = 0,036 \text{ m}^2 / \text{m}$$

$$w = 1,256 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,036 \text{ m}^2 = 0,045 \text{ kN/m}$$

Przyjęto obciążenie 0,045 kN/m na belkach pomostu obsługowego (0,023/belkę).

#### **9.1.2.2.3 Obciążenie od wiatru na głośniki**

Obciążenie na głośniki ustalono na podstawie przykładowych kart technicznych wyrobu::

- powierzchnia oporu na wiatr, od przykładowego zestawu 5 głośników, wyniesie:

$$A_w = 5 \cdot 0,5 = 2,5 \text{ m}^2$$

$$A_w' = 2,50 / 7,00 = 0,357 \text{ m}^2 / \text{m}$$

Ponieważ usytuowanie głośników w poszczególnych przęsłach może być różne, całkowitą powierzchnię rozkłada się równomiernie na długości przęsła 7,00 m:

$$w = 1,256 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,357 \text{ m}^2 / \text{m} = 0,448 \text{ kN/m}$$

Przyjęto obciążenie 0,448 kN/m na belkach pomostu obsługowego (0,224/belkę).

#### **9.1.2.3. Obciążenia eksploatacyjne konstrukcji.**

##### **Grupa U1**

Przewidziano obciążenie użytkowe zadaszona zgodnie z PN-EN 1991-1-1 , Tablica 6.9 – kategoria obciążonej powierzchni H (dachy bez dostępu z wyjątkiem zwykłego utrzymania i napraw):

$$q_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$$

#### **9.1.2.3.1 Obciążenie użytkowe na pomosty techniczne.**

##### **Grupa U1 – obc. użytkowe pomostów**

Zalecana wartość obciążenia -  $2 \text{ kN/m}^2$ ; założono obciążenia równomiernie rozłożone o wartości  $1 \text{ kN/m}$  belki pomostu.

#### 9.1.2.4. Obciążenie konstrukcji stalowej temperaturą.

Grupa T1 – ogrzanie o  $48^{\circ}\text{C}$

Grupa T2 – oziębienie o  $-38^{\circ}\text{C}$

Temperatura dla Radomia wg PN-EN 1991-1-5:2005/AC. Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-5: Oddziaływania ogólne. Oddziaływanie termiczne.

-  $T_{\max}$ :  $+38^{\circ}\text{C}$  +  $T_3$ :  $+18^{\circ}\text{C}$

-  $T_{\min}$ :  $-30,35^{\circ}\text{C}$

W projekcie przewidziano obciążenie konstrukcji stalowej równomiernym ogrzaniem o  $+48^{\circ}\text{C}$  oraz oziębieniem o  $-38^{\circ}\text{C}$  w stosunku do umownej temperatury montażu  $8^{\circ}\text{C}$  wg PN-EN 1991-1-5.

#### 9.1.2.5. Obciążenie oblodzeniem

Obciążenia zebrano wg wytycznych ISO12494.

Strefa oblodzenia - 1

$z=21,183\text{m}$

$t_{\text{ice}}=0,012\text{m}$

$\gamma=900\text{kg/m}^3$

klasa oblodzenia G2

$k=0,45$

współczynnik kształtu:

$\mu=0,7$  (kształtowniki zamknięte)

$K_h = e^{0,01z}=1,228$

$t_{\text{eff}} = t_{\text{ice}} \cdot \mu \cdot K_h$

$t_{\text{eff}}=0,012\text{m} \cdot 0,7 \cdot 1,228=0,01\text{m}$

$Q_{\text{ice}}=\gamma \cdot t_{\text{eff}} \cdot U$

wysokość profilu (średnio)

$h_{\text{prof}}=200\text{mm}$

szerokość profilu

$b_1=200\text{mm}$

$U= 4 \cdot 0,20\text{m}=0,80\text{m}$

$Q_{\text{ice}}=9,0\text{kN/m}^3 \cdot 0,01\text{m} \cdot 0,8\text{m}=0,072\text{kN/m}$

Współczynnik obliczeniowy:

$\gamma_f= 1,5$ , współczynnik kombinacyjny przyjęto jak dla śniegu.

### 9.1.3. Obciążenia siłą sprężającą.

#### 9.1.3.1. Obciążenie siłą naciągu membrany.

Dla zadania w polach powtarzalnych:

Grupa P1 – siła naciągu membrany z PVC - 3kN/m dla osnowy oraz wążku (kierunek osnowy prostopadły do łuków).

Dla zadania w polach narożnych:

Grupa P1 – siła naciągu membrany z PVC - 4kN/m dla osnowy oraz wążku (kierunek osnowy prostopadły do łuków).

Dla fasady:

Grupa P1 – siła naciągu membrany z PVC - 3kN/m dla osnowy, 1,5 kN/m dla wążku (kierunek osnowy równoległy do łuków).

Ze wszystkich przypadków utworzono kombinacje automatyczne ze współczynnikami wg PN-EN 1990:2004/Ap1, tj.:

- a - dla wartości kombinacyjnej obc. zmiennych
- dla śniegu  $\psi_{0,S} = 0,5$
- dla wiatru  $\psi_{0,W} = 0,6$
- dla obciążeń eksploatacyjnych  $\psi_{0,U} = 0$
- dla oddziaływań termicznych (nie pożarowych)  $\psi_{0,T} = 0,6$ .
- b - dla wartości częstej oddziaływań zmiennych
- dla śniegu  $\psi_{0,S} = 0,2$
- dla wiatru  $\psi_{0,W} = 0,2$
- dla obciążeń eksploatacyjnych  $\psi_{0,U} = 0$
- dla oddziaływań termicznych (nie pożarowych)  $\psi_{0,T} = 0,5$ ,
- c - dla wartości quasi-stałej oddziaływań zmiennych
- dla śniegu  $\psi_{0,S} = 0$
- dla wiatru  $\psi_{0,W} = 0$
- dla obciążeń eksploatacyjnych  $\psi_{0,U} = 0$
- dla oddziaływań termicznych (nie pożarowych)  $\psi_{0,T} = 0$ .

**Tworząc kombinacje obciążeń wszystkie współczynniki obliczeniowe zmodyfikowano o wartość współczynnika korekcyjnego  $K_{FI}=1,1$ , ze względu na klasę konsekwencji zniszczenia stadionu CC3.**



### Kombinacje przypadków - Przypadki: 1001do1006 2001do2003

Kombinacja	Nazwa	Typ analizy	Typ kombinacji	Natura przypadku	Definicja
1001	SGN_NL_01	Kombinacja NL PD	SGN	Konstrukcyjne	$(G1+G2)*1.35+Q1*1.62+S2*1.65+T2*0.82+W3*0.99$
1002	SGN_NL_02	Kombinacja NL PD	SGN	Konstrukcyjne	$(G1+G2)*1.35+Q1*1.62+S3*1.65+T2*0.82+W4*0.99$
1003	SGN_NL_03	Kombinacja NL PD	SGN	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1)*1.00+W4*1.65+T1*0.99$
1004	SGN_NL_04	Kombinacja NL PD	SGN	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1)*1.00+W4*1.65+T2*0.99$
1005	SGN_NL_05	Kombinacja NL PD	SGN	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1)*0.90+T1*1.65+W3*0.99$
1006	SGN_NL_06	Kombinacja NL PD	SGN	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1)*0.90+T1*1.65+W4*0.99$
2001	SGU_NL_07	Kombinacja NL PD	SGU	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1+S2)*1.00+W3*0.60+T2*0.50$
2002	SGU_NL_08	Kombinacja NL PD	SGU	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1+S3)*1.00+W4*0.60+T2*0.50$
2003	SGU_NL_09	Kombinacja NL PD	SGU	Konstrukcyjne	$(G1+G2+Q1+W4)*1.00+T1*0.60$

### Obciążenia:

Przypadek	Etykieta	Nazwa przypadku	Natura	Typ analizy
1	G1	G1	Konstrukcyjne	[NL] Statyka - duże przem.
2	G2	G2	Niekonstrukcyjne	[NL] Statyka - duże przem.
3	Q1	Q1	Kategoria E	[NL] Statyka - duże przem.
4	Q2	Q2	Kategoria H	[NL] Statyka - duże przem.
5	S1	S1	Śnieg H	[NL] Statyka - duże przem.
6	S2	S2	Śnieg H	[NL] Statyka - duże przem.
7	S3	S3	Śnieg H	[NL] Statyka - duże przem.
8	S4	S4	wyjątkowe	[NL] Statyka - duże przem.
9	S5	S5	wyjątkowe	[NL] Statyka - duże przem.
10	W1	W1	wiatr	[NL] Statyka - duże przem.
11	W2	W2	wiatr	[NL] Statyka - duże przem.
12	W3	W3	wiatr	[NL] Statyka - duże przem.
13	W4	W4	wiatr	[NL] Statyka - duże przem.
14	T1	T1 +	temperatura	[NL] Statyka - duże przem.
15	T2	T2 -	temperatura	[NL] Statyka - duże przem.

Dla membrany (DIN 4134 and PhD-Thesis of Minte "Mechanical behaviour of connections of coated fabrics" oraz "Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures", strona 101) założono następujące kombinacje:

1. Kombinacja A („Wichura zimowa”):  $1,0*n_g+1,1*n_p.+1,6*n_w \leq z_u / n_0$
2. Kombinacja B („Burza letnia”):  $1,0*n_g+1,1*n_p.+0,7*n_w \leq z_u / n_0$
3. Kombinacja C („Stała”):  $1,0*n_g+1,3*n_p \leq z_u / n_t$

4. Kombinacja D („Maksymalny śnieg“):  $1,0 \cdot n_g + 1,3 \cdot n_p + 1,5 \cdot n_s \leq z_{ul} / n_t$

$n_s$ - napężenie membrany od obciążeniem śniegiem

gdzie:

$n_g$ - napężenie membrany związane z obciążeniem stałym membrany  
(zazwyczaj nieistotny)

$n_p$ - napężenie membrany od wstępnego napięciem

$n_w$ - napężenie membrany od obciążenia wiatrem

$z_{ul} / n_0$ - rezystancja dopuszczalna krótkotrwała przy  $T = 20^\circ \text{C}$ ,

$z_{ul} / n_u$ - rezystancja dopuszczalna krótkotrwała przy  $T = 70^\circ \text{C}$ ,

$z_{ul} / n_t$ - rezystancja dopuszczalna długotrwała przy  $T = 20^\circ \text{C}$

1. Obciążenia stałe:  $\gamma_f = 1,5$

2. Wichura:  $\gamma_f = 1,6$

3. Maksymalny śnieg:  $\gamma_f = 1,5$

## 10. Wymiarowanie

### 10.1. Pas dolny dźwigara - PD

---

**NORMA:** [PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

---

**GRUPA:**

**PRĘT:** 246 PD3\_246  
0.000 m

**PUNKT:** 1

**WSPÓŁRZĘDNA:**  $x = 0.00 \text{ L} =$

---

**OBCIĄŻENIA:**

*Decydujący przypadek obciążenia:* 1001 SGN\_NL\_01  $(1+2) \cdot 1.35 + 3 \cdot 1.62 + 6 \cdot 1.65 + 15 \cdot 0.82 + 12 \cdot 0.99$

---

**MATERIAŁ:**

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.000 \text{ MPa}$

---



**PARAMETRY PRZESZKROJU: RK 180x180x12**

$h = 180.0 \text{ mm}$

$gM0 = 1.15$

$gM1 = 1.00$

$b = 180.0 \text{ mm}$

$A_y = 3955.00 \text{ mm}^2$

$A_z = 3955.00 \text{ mm}^2$

$A_x = 7910.00 \text{ mm}^2$

$t_w = 12.0 \text{ mm}$

$I_y = 36770000.00 \text{ mm}^4$

$I_z = 36770000.00 \text{ mm}^4$

$I_x = 56899584.00 \text{ mm}^4$

tf=12.0 mm

Wply=476357.42 mm<sup>3</sup>

Wplz=476357.42 mm<sup>3</sup>

#### SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

N <sub>Ed</sub> = 1042.631 kN	My <sub>Ed</sub> = -1.647 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = 4.962 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = -0.161 kN
Nc,Rd = 2441.783 kN	My <sub>Ed,max</sub> = -4.063 kN*m		Mz <sub>Ed,max</sub> = 5.008 kN*m
	Vy,T,Rd = 697.940 kN		
Nb,Rd = 1274.061 kN	My,c,Rd = 147.049 kN*m	Mz,c,Rd = 147.049 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = -1.368 kN
	MN <sub>y,Rd</sub> = 108.994 kN*m	MN <sub>z,Rd</sub> = 108.994 kN*m	Vz,T,Rd = 697.940 kN
	Mb,Rd = 147.049 kN*m		Tt <sub>Ed</sub> = 1.189 kN*m
			KLASA PRZEKROJU = 1



#### PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

z = 0.00	Mcr = 3788.344 kN*m	Krzywa,LT - d	XLT = 0.99
Lcr,low=6.930 m	Lam_LT = 0.21	fi,LT = 0.53	

#### PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

Ly = 1.350 m	Lam_y = 0.23
Lcr,y = 1.215 m	Xy = 0.99
Lamy = 17.82	kzy = 0.86



względem osi z:

Lz = 6.930 m	Lam_z = 1.33
Lcr,z = 6.930 m	Xz = 0.45
Lamz = 101.64	kzz = 1.58

#### FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

##### Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.43 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.09} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{2.09} = 0.00 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{xy,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{xz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$  (6.2.6)

##### Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{bda,y} = 17.82 < \lambda_{bda,max} = 210.00$        $\lambda_{bda,z} = 101.64 < \lambda_{bda,max} = 210.00$       STABILNY  
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.03 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.42 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.89 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**

## 10.2. Pas górny dźwigara - PG

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

#### GRUPA:

**PRĘT:** 81 PG2\_81  
0.472 m

**PUNKT:** 1

**WSPÓŁRZĘDNA:** x = 0.50 L =

#### OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1003 SGN\_NL\_03 (1+2+3)\*1.00+13\*1.65+14\*0.99

#### MATERIAŁ:

S 355 ( S 355 )      fy = 355.000 MPa

**PARAMETRY PRZEKROJU: RP 300x200x16**

h=300.0 mm	gM0=1.15	gM1=1.00	
b=200.0 mm	Ay=5880.00 mm <sup>2</sup>	Az=8820.00 mm <sup>2</sup>	Ax=14700.00 mm <sup>2</sup>
tw=16.0 mm	Iy=17390000.00 mm <sup>4</sup>	Iz=91090000.00 mm <sup>4</sup>	Ix=186713814.43 mm <sup>4</sup>
tf=16.0 mm	Wply=1386485.82 mm <sup>3</sup>	Wplz=1045048.66 mm <sup>3</sup>	

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

N <sub>Ed</sub> = 568.896 kN	My <sub>Ed</sub> = -57.151 kN*m	Mz <sub>Ed</sub> = -29.756 kN*m	Vy <sub>Ed</sub> = -1.932 kN
Nc,Rd = 4537.826 kN	My <sub>Ed,max</sub> = -62.410 kN*m		Mz <sub>Ed,max</sub> = -30.399 kN*m
	Vy,T,Rd = 1036.376 kN		
Nb,Rd = 1545.361 kN	My,c,Rd = 428.002 kN*m	Mz,c,Rd = 322.602 kN*m	Vz <sub>Ed</sub> = -10.865 kN
	MN <sub>y,Rd</sub> = 428.002 kN*m	MN <sub>z,Rd</sub> = 322.602 kN*m	Vz,T,Rd = 1554.564 kN
	Mb,Rd = 428.002 kN*m		Tt <sub>Ed</sub> = -3.296 kN*m
			KLASA PRZEKROJU = 1

**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

z = 0.00	Mcr = 5572.459 kN*m	Krzywa,LT - d	XLT = 0.93
Lcr,low=12.347 m	Lam_LT = 0.30	fi,LT = 0.58	

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi y:

Ly = 10.289 m	Lam_y = 1.24
Lcr,y = 10.289 m	Xy = 0.51
Lamy = 94.60	kzy = 0.93



względem osi z:

Lz = 10.289 m	Lam_z = 1.71
Lcr,z = 10.289 m	Xz = 0.30
Lamz = 130.71	kzz = 1.20

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:****Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.13 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{1.69} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{1.69} = 0.05 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.01 < 1.00$  (6.2.6)

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

$\lambda_{b,y} = 94.60 < \lambda_{b,max} = 210.00$        $\lambda_{b,z} = 130.71 < \lambda_{b,max} = 210.00$       STABILNY  
 $M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.15 < 1.00$  (6.3.2.1.(1))  
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.42 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.59 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!****10.3. Pas pośredni (ukośny) dźwigara - PG****NORMA:** [PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014](#), [Eurocode 3: Design of steel structures](#).**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów**GRUPA:****PRĘT:** 293 PD4\_293  
0.000 m**PUNKT:** 1**WSPÓŁRZĘDNA:** x = 0.00 L =**OBCIĄŻENIA:***Decydujący przypadek obciążenia:* 1001 SGN\_NL\_01 (1+2)\*1.35+3\*1.62+6\*1.65+15\*0.82+12\*0.99

**MATERIAŁ:**S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.000 \text{ MPa}$ **PARAMETRY PRZEKROJU: RK 200x200x12**

$h=200.0 \text{ mm}$	$gM0=1.15$	$gM1=1.00$	
$b=200.0 \text{ mm}$	$A_y=4435.00 \text{ mm}^2$	$A_z=4435.00 \text{ mm}^2$	$A_x=8870.00 \text{ mm}^2$
$tw=12.0 \text{ mm}$	$I_y=51710000.00 \text{ mm}^4$	$I_z=51710000.00 \text{ mm}^4$	$I_x=79736064.00 \text{ mm}^4$
$tf=12.0 \text{ mm}$	$W_{ply}=600809.10 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=600809.10 \text{ mm}^3$	

**SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:**

$N_{Ed} = 1326.931 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = 3.393 \text{ kN*m}$	$M_{z,Ed} = -3.533 \text{ kN*m}$	$V_{y,Ed} = 1.894 \text{ kN}$
$N_{c,Rd} = 2738.130 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 10.261 \text{ kN*m}$		$M_{z,Ed,max} = -6.431 \text{ kN*m}$
	$V_{y,T,Rd} = 787.008 \text{ kN}$		
$N_{b,Rd} = 1690.069 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 185.467 \text{ kN*m}$	$M_{z,c,Rd} = 185.467 \text{ kN*m}$	$V_{z,Ed} = 5.514 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 124.047 \text{ kN*m}$	$MN_{z,Rd} = 124.047 \text{ kN*m}$	$V_{z,T,Rd} = 787.008 \text{ kN}$
	$Mb,Rd = 185.467 \text{ kN*m}$		$Tt,Ed = 0.655 \text{ kN*m}$
			<b>KLASA PRZEKROJU = 1</b>

**PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:**

$z = 0.00$	$M_{cr} = 5035.949 \text{ kN*m}$	Krzywa,LT - d	$XLT = 1.00$
$L_{cr,upp} = 7.710 \text{ m}$	$Lam_{LT} = 0.21$	$\phi_{LT} = 0.52$	

**PARAMETRY WYBOCZENIOWE:**

względem osi y:

$L_y = 1.350 \text{ m}$	$Lam_y = 0.21$
$L_{cr,y} = 1.215 \text{ m}$	$X_y = 1.00$
$Lam_y = 15.91$	$k_{zy} = 0.86$



względem osi z:

$L_z = 7.710 \text{ m}$	$Lam_z = 1.19$
$L_{cr,z} = 6.939 \text{ m}$	$X_z = 0.54$
$Lam_z = 90.88$	$k_{zz} = 1.55$

**FORMUŁY WERYFIKACYJNE:****Kontrola wytrzymałości przekroju:**

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.48 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.26} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{2.26} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(6))$$

$$V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.6-7)$$

$$\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

$$\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3} \cdot gM0)) = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6)$$

**Kontrola stateczności globalnej pręta:**

$$\lambda_{y} = 15.91 < \lambda_{y,max} = 210.00 \quad \lambda_{z} = 90.88 < \lambda_{z,max} = 210.00 \quad \text{STABILNY}$$

$$M_{y,Ed,max}/M_{b,Rd} = 0.06 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.49 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.87 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

**Profil poprawny !!!****10.4. Skartowanie - K****NORMA:** PN-EN 1993-1-2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów**GRUPA:****PRĘT:** 1198 SKRATOWANIE\_1198**PUNKT:** 31**WSPÓŁRZĘDNA:** x = 1.00 L = 1.921 m

## OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1001 SGN\_NL\_01 (1+2)\*1.35+3\*1.62+6\*1.65+15\*0.82+12\*0.99

## MATERIAŁ:

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.000 \text{ MPa}$



## PARAMETRY PRZEKROJU: RK 60x60x4

$h=60.0 \text{ mm}$	$gM0=1.15$	$gM1=1.00$	
$b=60.0 \text{ mm}$	$A_y=439.50 \text{ mm}^2$	$A_z=439.50 \text{ mm}^2$	$A_x=879.00 \text{ mm}^2$
$t_w=4.0 \text{ mm}$	$I_y=454000.00 \text{ mm}^4$	$I_z=454000.00 \text{ mm}^4$	$I_x=702464.00 \text{ mm}^4$
$t_f=4.0 \text{ mm}$	$W_{ply}=17642.87 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=17642.87 \text{ mm}^3$	

## SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 153.014 \text{ kN}$		$M_{z,Ed} = 0.000 \text{ kN}\cdot\text{m}$	
$N_{c,Rd} = 271.343 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 0.027 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.000 \text{ kN}\cdot\text{m}$	
$N_{b,Rd} = 184.658 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 5.446 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 5.446 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = -0.057 \text{ kN}$
		$MN_{z,Rd} = 3.072 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 78.330 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.000 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			KLASA PRZEKROJU = 1



## PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

### PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 1.921 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 1.11$
$L_{cr,y} = 1.921 \text{ m}$	$X_y = 0.59$
$\lambda_{my} = 84.52$	$\chi_{yz} = 0.95$



względem osi z:

$L_z = 1.921 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.11$
$L_{cr,z} = 1.921 \text{ m}$	$X_z = 0.59$
$\lambda_{mz} = 84.52$	$\chi_{zz} = 1.59$

## FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

### Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.56 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $M_{z,Ed}/M_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.5.(1))  
 $M_{z,Ed}/MN_{z,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.9.1.(2))  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

### Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 84.52 < \lambda_{m,max} = 210.00$   $\lambda_{m,z} = 84.52 < \lambda_{m,max} = 210.00$  STABILNY  
 $N_{Ed}/(X_y*N_{Rk}/gM1) + \chi_{yz}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + \chi_{yz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.84 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z*N_{Rk}/gM1) + \chi_{zy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + \chi_{zz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.83 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**

## 10.5 Stężenia połaciowe

**NORMA:** PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

**TYP ANALIZY:** Weryfikacja prętów

**GRUPA:**



PRĘT: 154 TEŻNIK POŁACIOWY-SKRATOWANIE\_154

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA:  $x = 0.00$   $L = 0.000$  m

#### OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1001 SGN\_NL\_01  $(1+2)*1.35+3*1.62+6*1.65+15*0.82+12*0.99$

#### MATERIAŁ:

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.000$  MPa



#### PARAMETRY PRZEKROJU: RO 177.8x10

$h=177.8$ mm	$gM0=1.15$	$gM1=1.00$	
	$A_y=3354.99$ mm <sup>2</sup>	$A_z=3354.99$ mm <sup>2</sup>	$A_x=5270.00$ mm <sup>2</sup>
$tw=10.0$ mm	$I_y=18620000.00$ mm <sup>4</sup>	$I_z=18620000.00$ mm <sup>4</sup>	$I_x=37107846.45$ mm <sup>4</sup>
	$W_{ply}=281901.73$ mm <sup>3</sup>	$W_{plz}=281901.73$ mm <sup>3</sup>	

#### SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 411.831$ kN	$M_{y,Ed} = -0.000$ kN*m	$M_{z,Ed} = 0.009$ kN*m	$V_{y,Ed} = -0.000$ kN
$N_{c,Rd} = 1626.826$ kN	$M_{y,Ed,max} = 4.277$ kN*m	$M_{z,Ed,max} = 0.011$ kN*m	$V_{y,T,Rd} = 597.918$ kN
$N_{b,Rd} = 523.686$ kN	$M_{y,c,Rd} = 87.022$ kN*m	$M_{z,c,Rd} = 87.022$ kN*m	$V_{z,Ed} = 2.129$ kN
	$MN_{y,Rd} = 78.601$ kN*m	$MN_{z,Rd} = 78.601$ kN*m	$V_{z,T,Rd} = 597.918$ kN
			$Tt_{Ed} = 0.003$ kN*m
			KLASA PRZEKROJU = 1



#### PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

#### PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 8.017$ m	$\lambda_{m,y} = 1.77$
$L_{cr,y} = 8.017$ m	$X_y = 0.28$
$\lambda_{m,y} = 134.88$	$k_{yy} = 1.55$



względem osi z:

$L_z = 8.017$ m	$\lambda_{m,z} = 1.77$
$L_{cr,z} = 8.017$ m	$X_z = 0.28$
$\lambda_{m,z} = 134.88$	$k_{yz} = 1.22$

#### FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

##### Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.25 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^{2.00} = 0.00 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{y,Ed}/V_{y,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}*gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

##### Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 134.88 < \lambda_{m,max} = 210.00$   $\lambda_{m,z} = 134.88 < \lambda_{m,max} = 210.00$  STABILNY  
 $N_{Ed}/(X_y*N_{Rk}/gM1) + k_{yy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + k_{yz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.85 < 1.00$  (6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(X_z*N_{Rk}/gM1) + k_{zy}*M_{y,Ed,max}/(XLT*M_{y,Rk}/gM1) + k_{zz}*M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.83 < 1.00$  (6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**

NORMA: PN-EN 1993-1:2006/NA:2010/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

TYP ANALIZY: Weryfikacja prętów

#### GRUPA:

PRĘT: 34725 TEŻNIK POŁACIOWY-SKRATOWANIE\_34725

PUNKT: 1

WSPÓŁRZĘDNA:  $x = 0.00$   $L = 0.000$  m

#### OBCIĄŻENIA:

Decydujący przypadek obciążenia: 1001 SGN\_NL\_01 (1+2)\*1.35+3\*1.62+6\*1.65+15\*0.82+12\*0.99

#### MATERIAŁ:

S 355 ( S 355 )  $f_y = 355.000 \text{ MPa}$



#### PARAMETRY PRZEKROJU: RO 177.8x8

$h=177.8 \text{ mm}$	$gM0=1.15$	$gM1=1.00$	
	$A_y=2718.37 \text{ mm}^2$	$A_z=2718.37 \text{ mm}^2$	$A_x=4270.00 \text{ mm}^2$
$tw=8.0 \text{ mm}$	$I_y=15410000.00 \text{ mm}^4$	$I_z=15410000.00 \text{ mm}^4$	$I_x=30760467.11 \text{ mm}^4$
	$W_{ply}=230826.99 \text{ mm}^3$	$W_{plz}=230826.99 \text{ mm}^3$	

#### SIŁY WEWNĘTRZNE I NOŚNOŚCI:

$N_{Ed} = 329.405 \text{ kN}$	$M_{y,Ed} = -0.000 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed} = 0.008 \text{ kN}\cdot\text{m}$	
$N_{c,Rd} = 1318.130 \text{ kN}$	$M_{y,Ed,max} = 2.113 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,Ed,max} = 0.008 \text{ kN}\cdot\text{m}$	
$N_{b,Rd} = 663.311 \text{ kN}$	$M_{y,c,Rd} = 71.255 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$M_{z,c,Rd} = 71.255 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,Ed} = 1.351 \text{ kN}$
	$MN_{y,Rd} = 64.510 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$MN_{z,Rd} = 64.510 \text{ kN}\cdot\text{m}$	$V_{z,T,Rd} = 484.471 \text{ kN}$
			$T_{t,Ed} = 0.001 \text{ kN}\cdot\text{m}$
			KLASA PRZEKROJU = 1



#### PARAMETRY ZWICHRZENIOWE:

#### PARAMETRY WYBOCZENIOWE:



względem osi y:

$L_y = 6.246 \text{ m}$	$\lambda_{m,y} = 1.36$
$L_{cr,y} = 6.246 \text{ m}$	$\chi_y = 0.44$
$\lambda_{my} = 103.98$	$\kappa_{yy} = 1.31$



względem osi z:

$L_z = 6.246 \text{ m}$	$\lambda_{m,z} = 1.36$
$L_{cr,z} = 6.246 \text{ m}$	$\chi_z = 0.44$
$\lambda_{mz} = 103.98$	$\kappa_{yz} = 0.97$

#### FORMUŁY WERYFIKACYJNE:

##### Kontrola wytrzymałości przekroju:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.25 < 1.00$  (6.2.4.(1))  
 $(M_{y,Ed}/MN_{y,Rd})^{2.00} + (M_{z,Ed}/MN_{z,Rd})^{2.00} = 0.00 < 1.00$  (6.2.9.1.(6))  
 $V_{z,Ed}/V_{z,T,Rd} = 0.00 < 1.00$  (6.2.6-7)  
 $\tau_{ty,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)  
 $\tau_{tz,Ed}/(f_y/(\sqrt{3}\cdot gM0)) = 0.00 < 1.00$  (6.2.6)

##### Kontrola stateczności globalnej pręta:

$\lambda_{m,y} = 103.98 < \lambda_{m,max} = 210.00$        $\lambda_{m,z} = 103.98 < \lambda_{m,max} = 210.00$       STABILNY  
 $N_{Ed}/(\chi_y \cdot N_{Rk}/gM1) + \kappa_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + \kappa_{yz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.53 < 1.00$   
(6.3.3.(4))  
 $N_{Ed}/(\chi_z \cdot N_{Rk}/gM1) + \kappa_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) + \kappa_{zz} \cdot M_{z,Ed,max}/(M_{z,Rk}/gM1) = 0.52 < 1.00$   
(6.3.3.(4))

**Profil poprawny !!!**

## 10.6 Membrana

Dla sprawdzenia nośności membrany przyjęto współczynnik materiałowy do naprężeń:

$A_0 = 1,0-1,2$ (1,2)	Współczynnik redukcji wytrzymałości ze względu na dwuosiowy stan naprężeń, biorąc pod uwagę fakt, że mała szerokość paska poddawane rozciąganiu daje wyższą wartość niż dwuosiowy stan (Wartość najniższa jest odpowiednia dla sytuacji, gdy dominująca są obciążenia wywołujące naprężenie w jednym kierunku splotu).
$A_1 = 1,6-1,7$ (1,5-3,4)	Współczynnik zmniejszający wytrzymałość ze względu na obciążenia długotrwałe, z uwzględnieniem współczynnika od połączeń zależnego od szerokości szwów (z wyłączeniem szwów szytych).
$A_2 = 1,1-1,2$ (1,2)	Współczynnik redukcji wytrzymałości na zanieczyszczenia i degradacji (znowu bez szwów szytych).
$A_3 = 1,1-1,25$ (1,4-1,95)	Współczynnik redukcji wytrzymałości dla przypadków obciążenia w wysokich temperaturach (tj. sytuacja projektowa "Letnia burza i bez chłodzenia wiatrem").

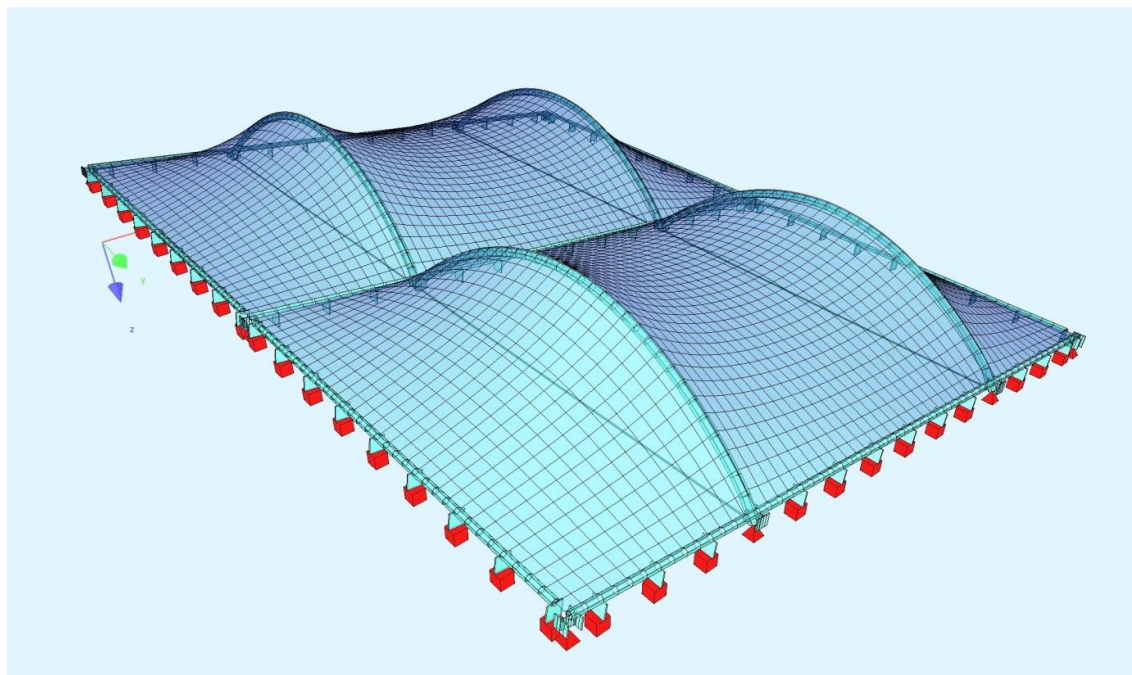
### I. Dla materiału :

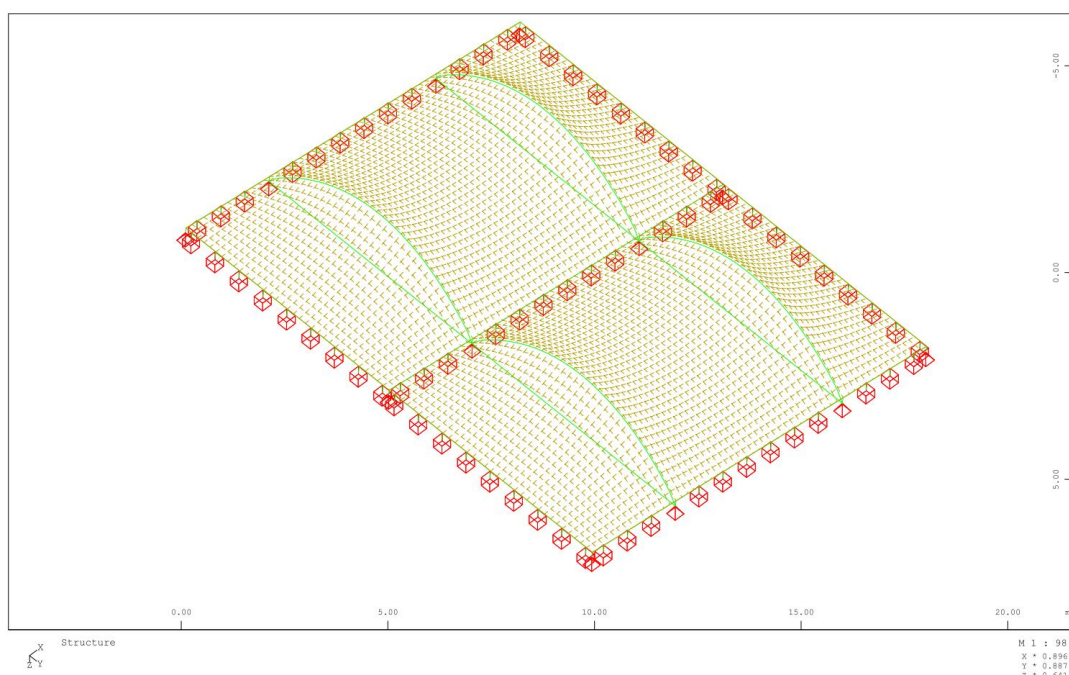
1. Stałe:  $\gamma^* A_{r\sigma} = \gamma_f^* \gamma_M^* A_0^* A_1^* A_2^* A_3 = 4,9-6,4$
2. Wichura:  $\gamma^* A_{r\sigma} = \gamma_f^* \gamma_M^* A_0^* A_2 = 2,9-3,2$
3. Maksymalny śnieg:  $\gamma^* A_{r\sigma} = \gamma_f^* \gamma_M^* A_0^* A_1^* A_2 = 4,4-5,1$

### II. Dla połączeń (tylko szwy zgrzewane o odpowiedniej szerokości do rodzaju tkaniny; zalecane min.80mm):

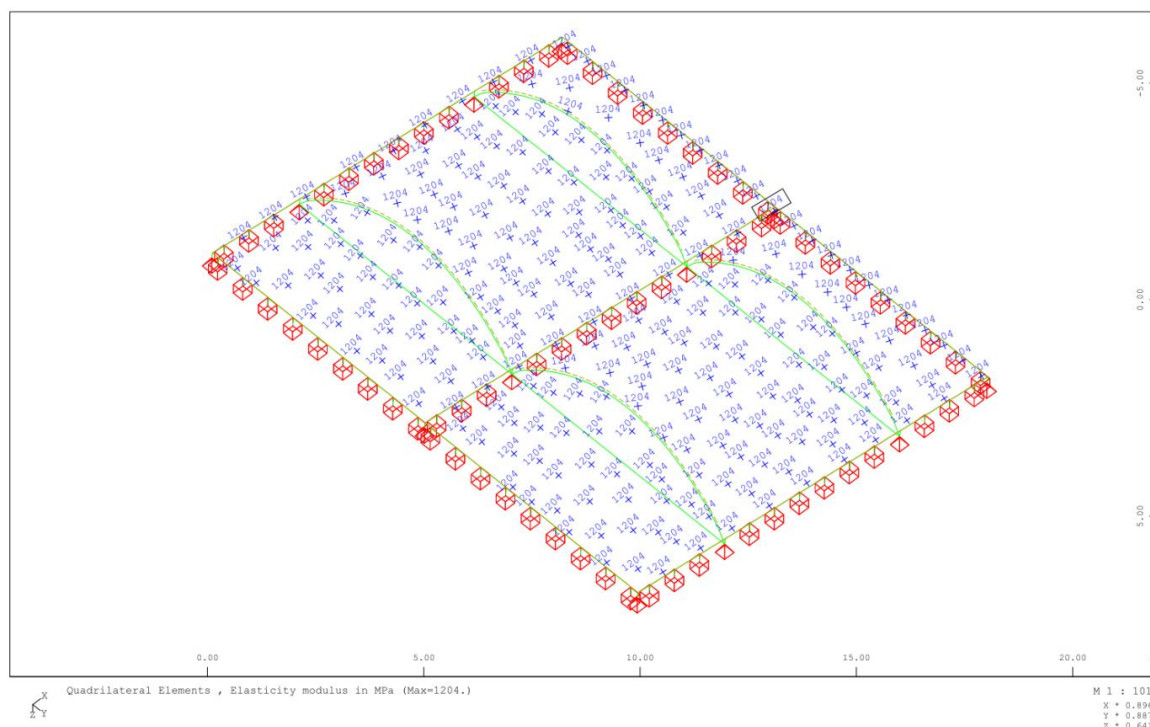
1. Stałe:  $\gamma^* A_{r\sigma} = \gamma_f^* \gamma_M^* A_0^* A_1^* A_2^* A_3 = 6,7-9,5$
2. Wichura:  $\gamma^* A_{r\sigma} = \gamma_f^* \gamma_M^* A_0^* A_2 = 3,5$
3. Maksymalny śnieg:  $\gamma^* A_{r\sigma} = \gamma_f^* \gamma_M^* A_0^* A_1^* A_2 = 4,9$

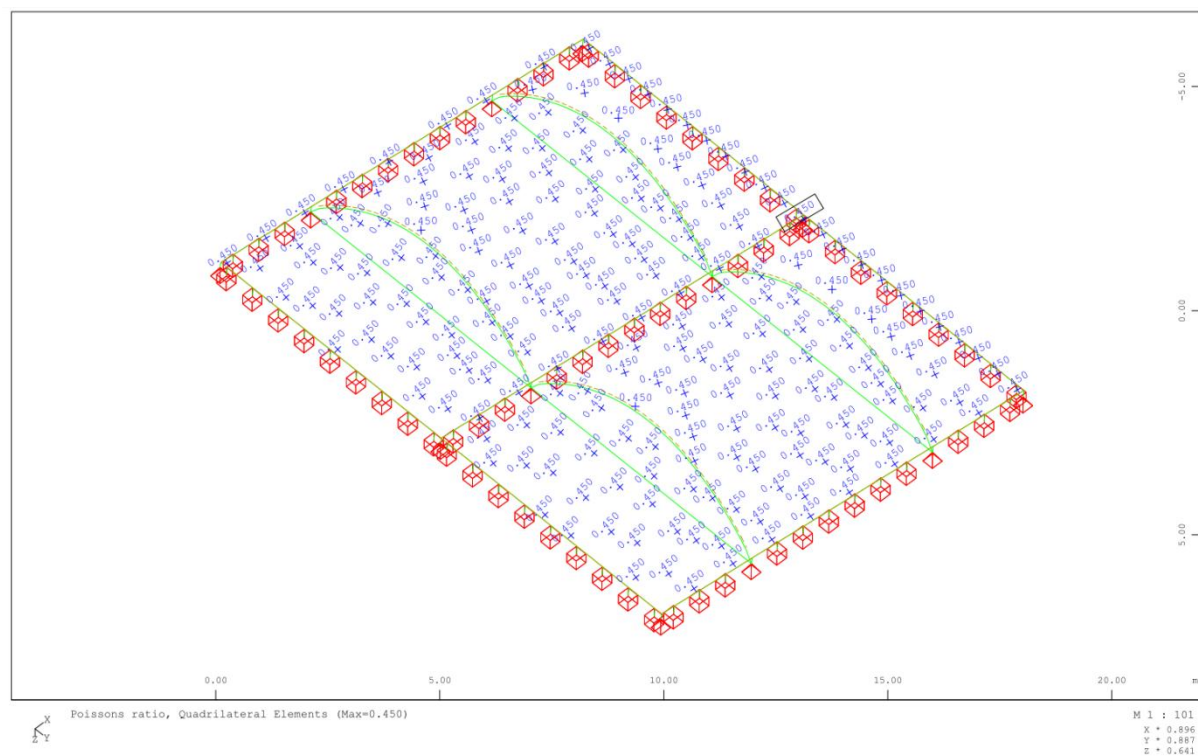
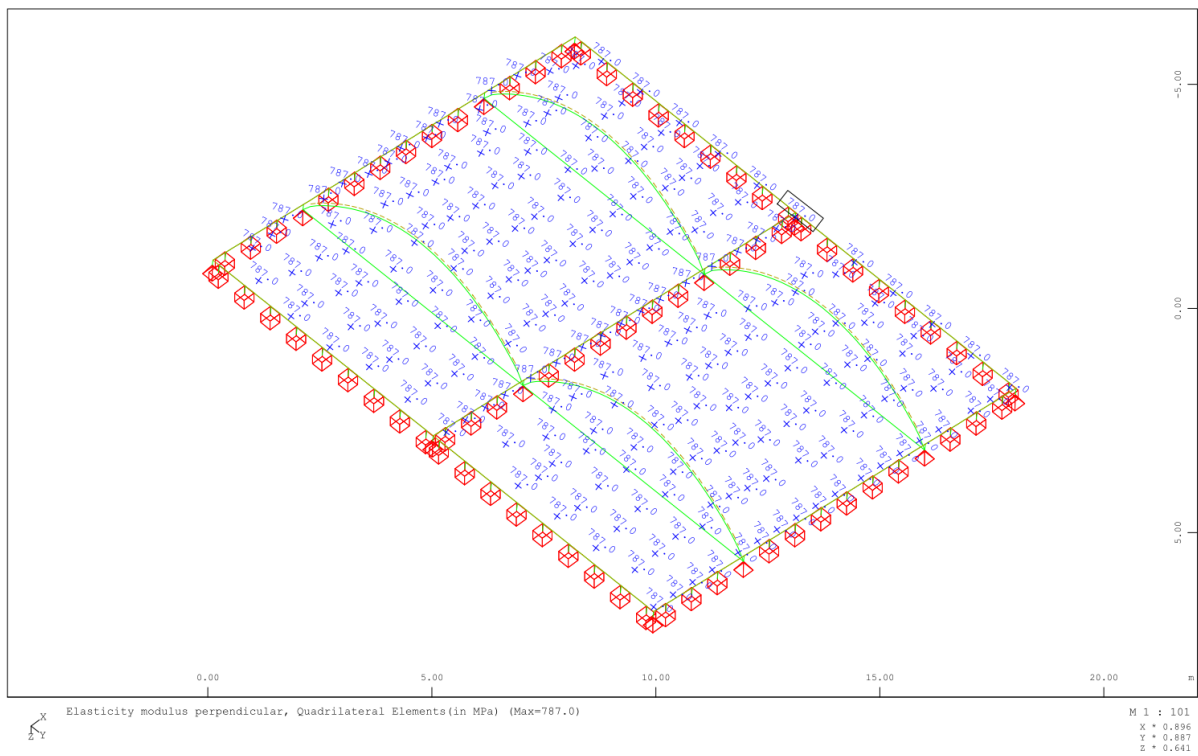
Model powłokowy MES konstrukcji membrany PVC



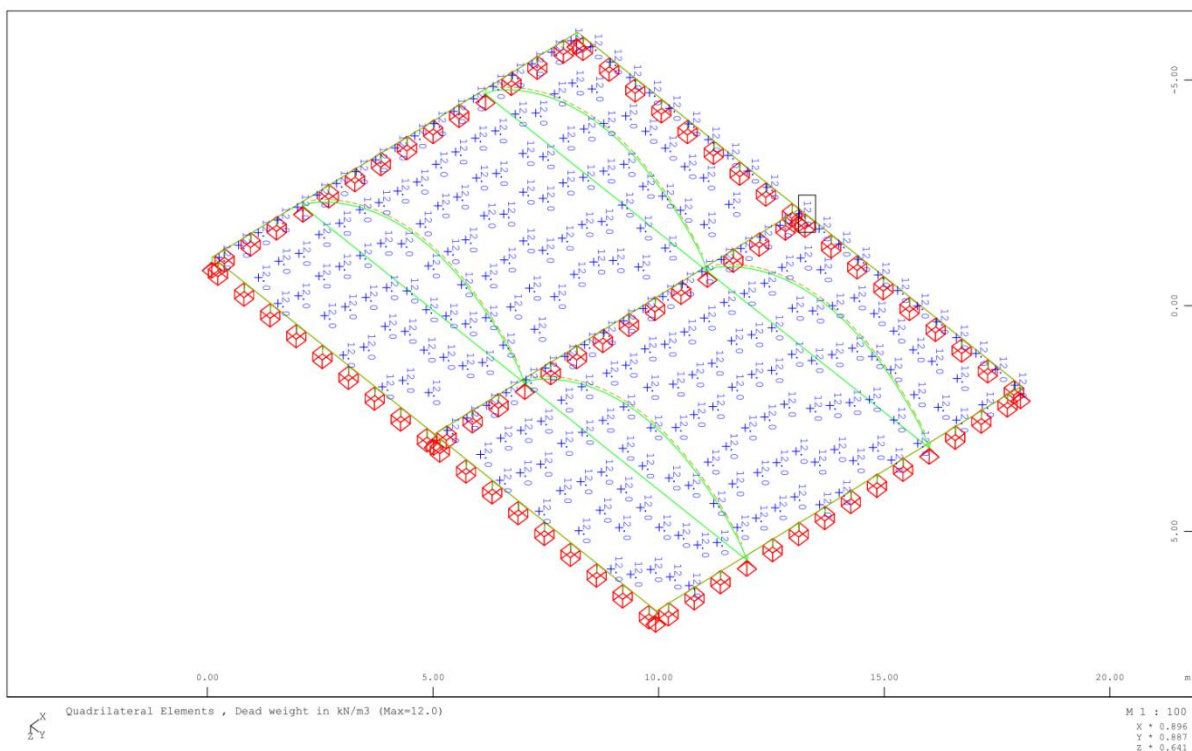


Parametry materiałowe przyjęte w modelu (wykorzystano membranowy element skończony dostępny w programie SOFiSTiK)









Sets of elastic constants obtained in the TensilNet Design Guide tests for test specimens with a PES-PVC material type IV

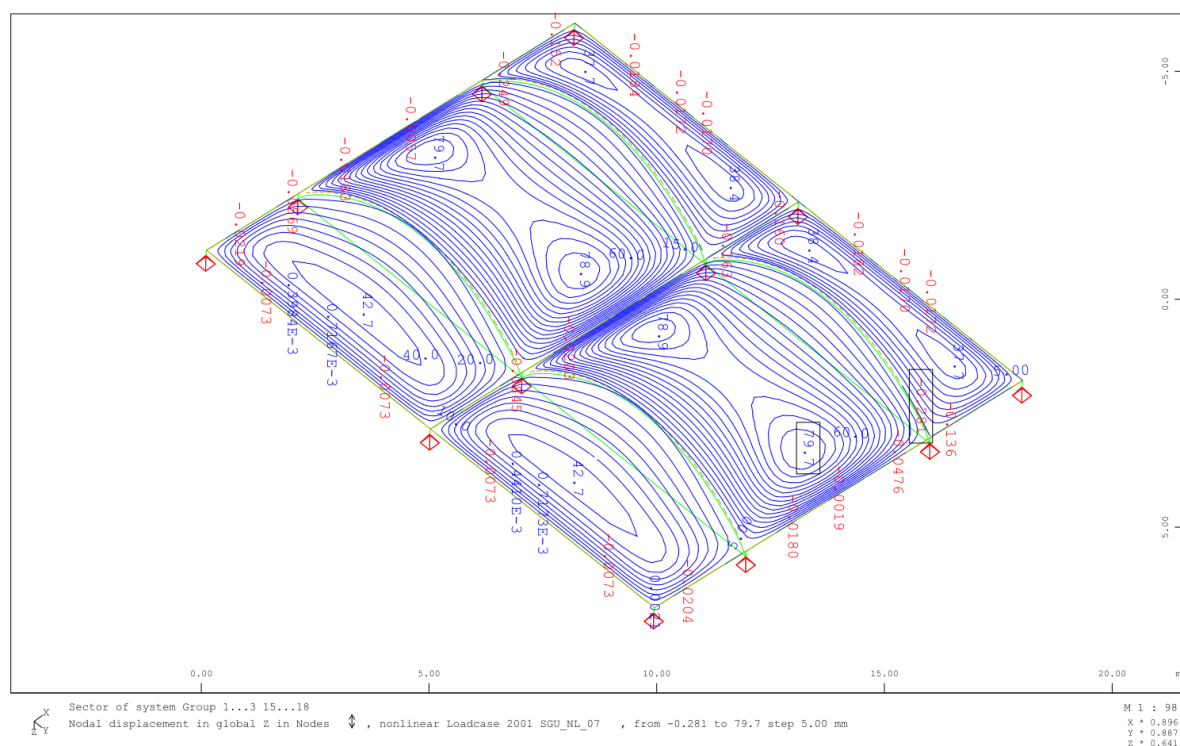
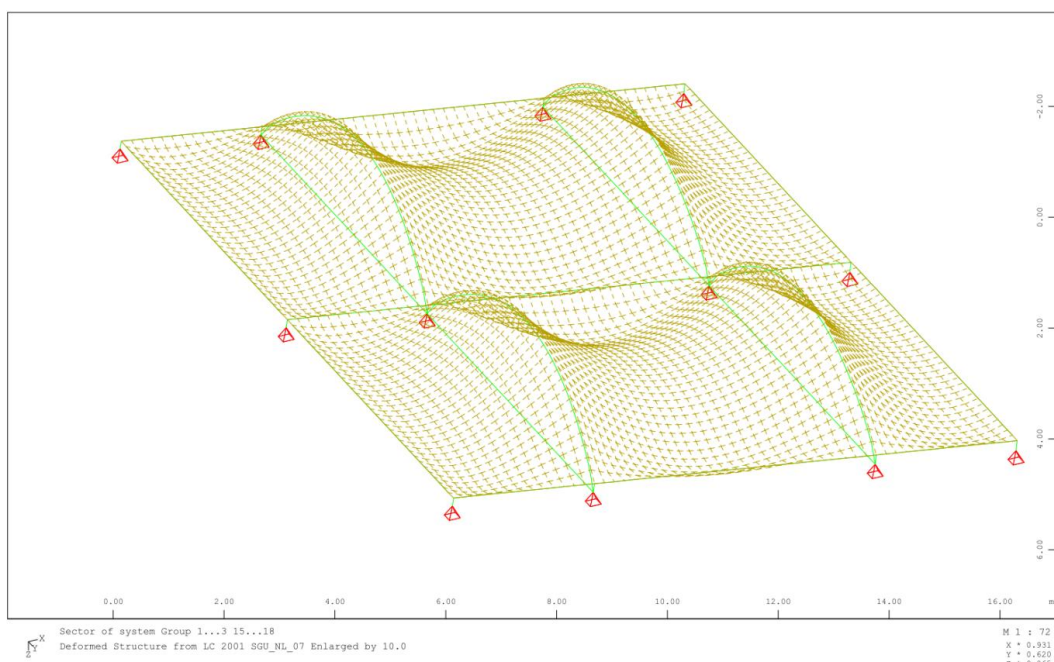
Material producer	Tensile modulus [kN/m]		Poisson's ratio [-]		$\nu_{xy} \cdot \nu_{yx}$ [-]
	$E_x$	$E_y$	$\nu_{xy}$	$\nu_{yx}$	
1	1300	850	0.45	0.70	$0.32 < 1$
3	1328	865	0.62	0.95	$0.58 < 1$

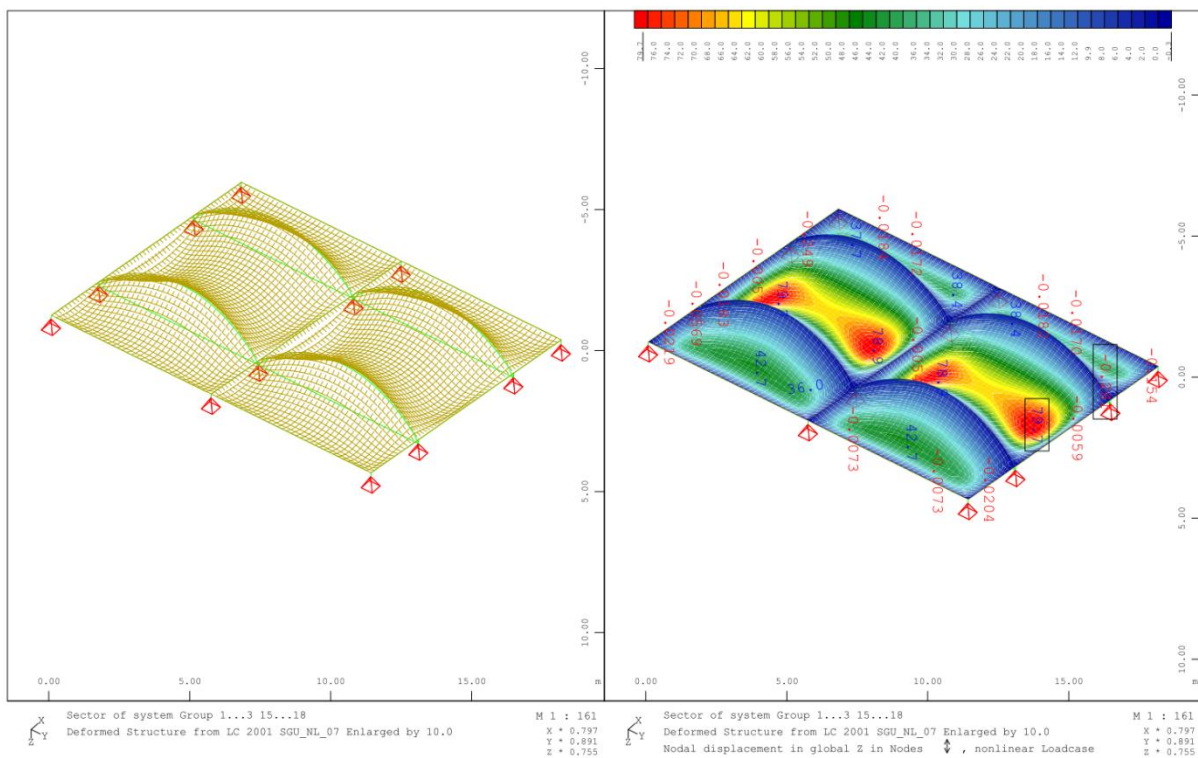
Property		Standard	Measured value	Unit
Tensile strength Warp / Fill	Mean	DIN EN ISO 1421 – strip method	167.4 / 162.0	kN/m
	5%-fractile*		164.2 / 160.1	
Type**		according to [SaP15]	IV	-
Total weight		DIN EN ISO 2286-2	1317	g/m <sup>2</sup>
Thickness		DIN EN ISO 2286-3	1.08	mm
Weave		-	Panama 3/3	-
Yarn density Warp / Fill		DIN EN 1049	13.6 / 13.9	yarns/cm
Yarn size Warp / Fill		DIN EN ISO 2060	1670 / 1670***	dtex

\*\*\* manufacturer information

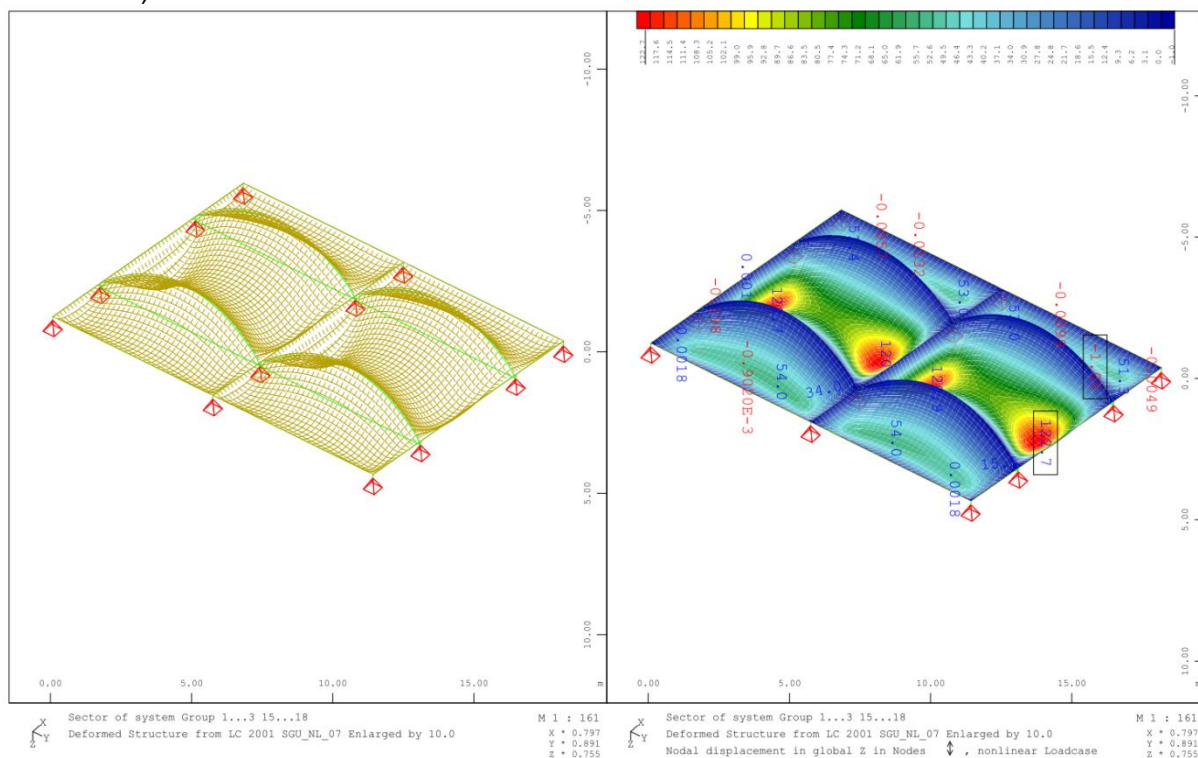
Konstrukcje sprawdzano wariantowo dla różnych typów membran oraz poziomów sprężenia (od 1,6 do 3,0 kN/m). Założono membranę PVC, typu IV o splocie Panama oraz sprężeniu siłą 3,0 kN/m.

Deformacja membrany dla przypadku SGU 2001 (obc. symetryczne - śnieg, parcie wiatru, oziębienie).



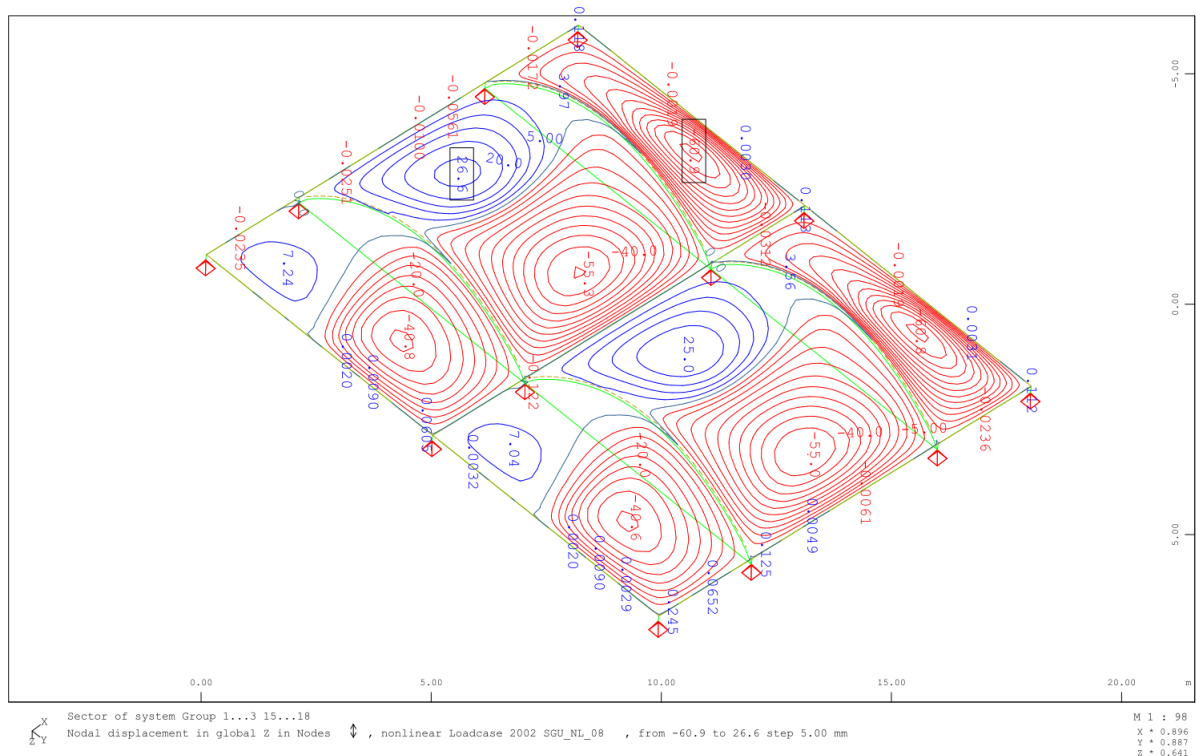
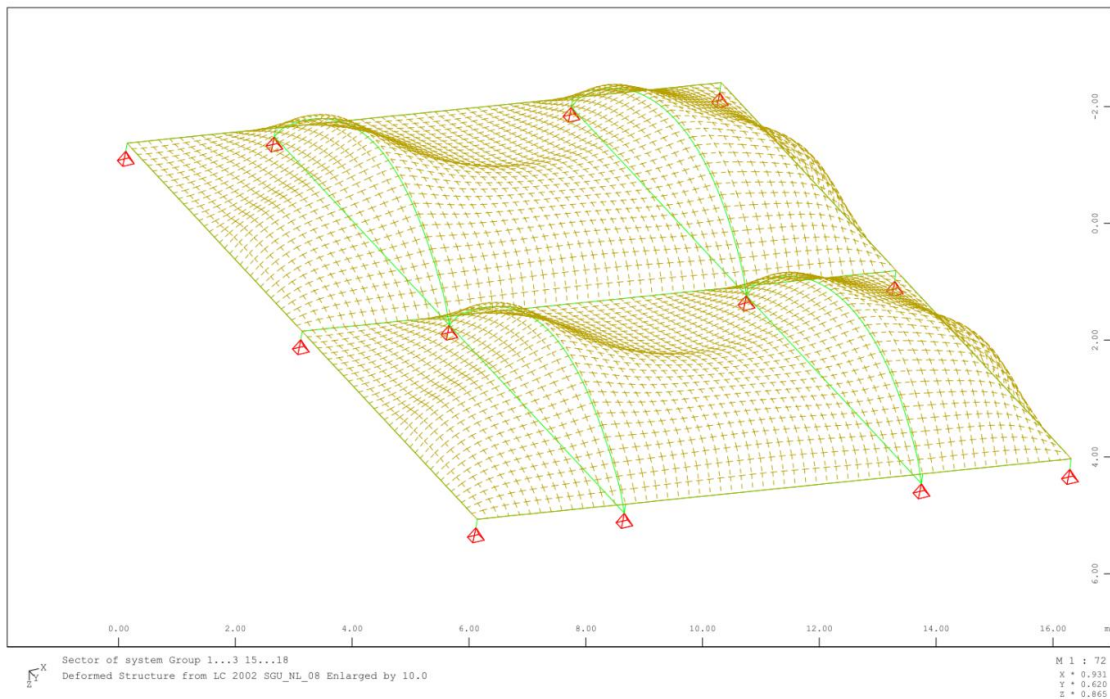


Deformacja membrany dla przypadku SGU 2001a (obc. symetryczne - śnieg, parcie wiatru, bez termiki).

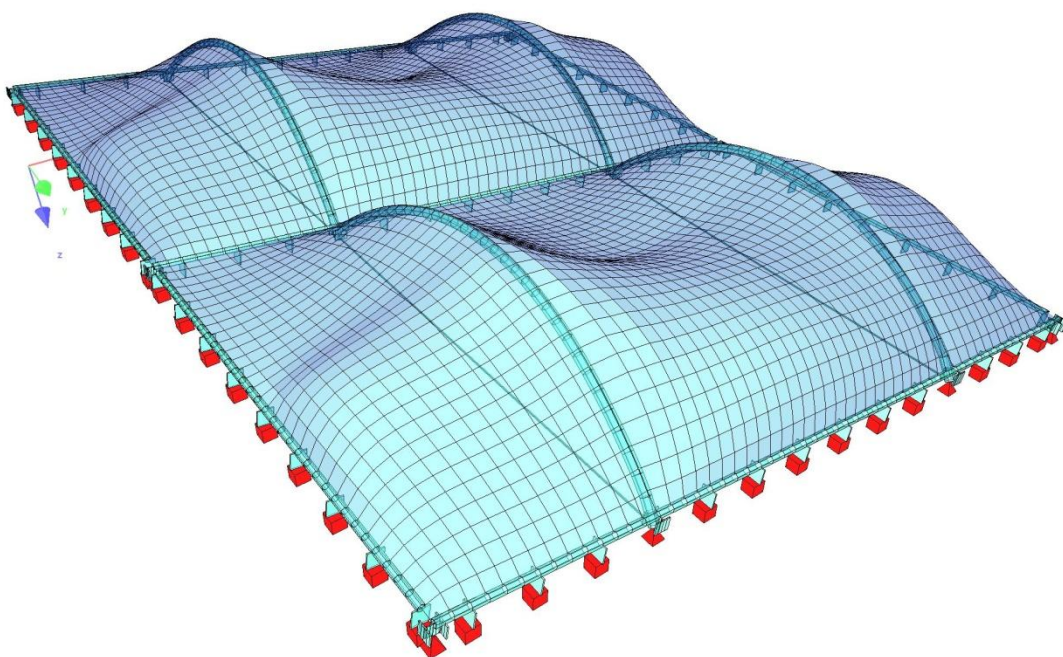


Deformacja membrany dla przypadku SGU 2002 (obciążenie niesymetryczne - śnieg na połowie membrany, ssanie wiatru, oziębienie).

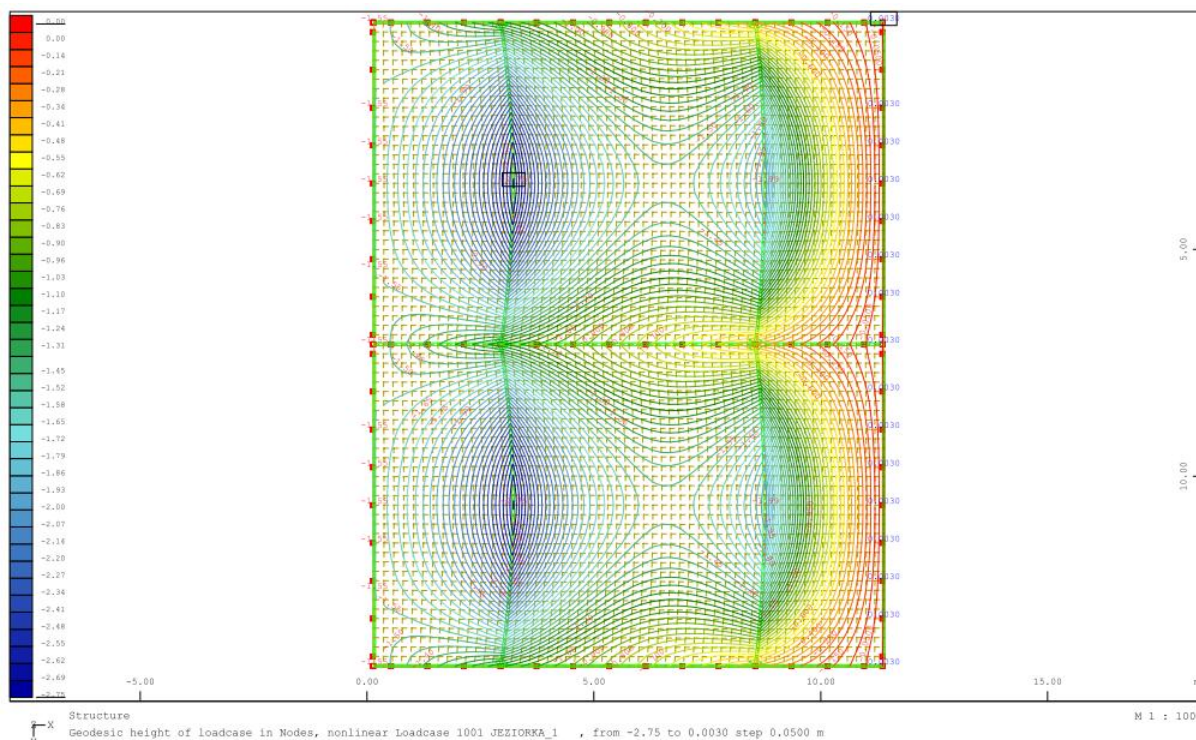




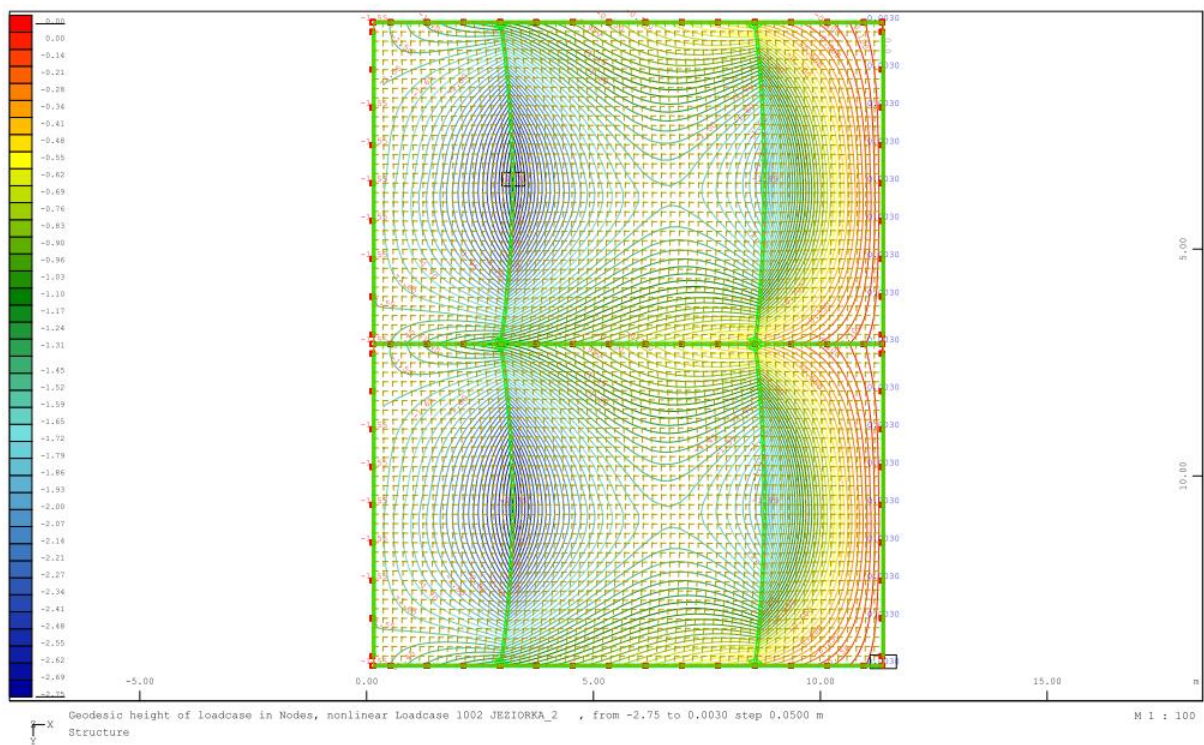




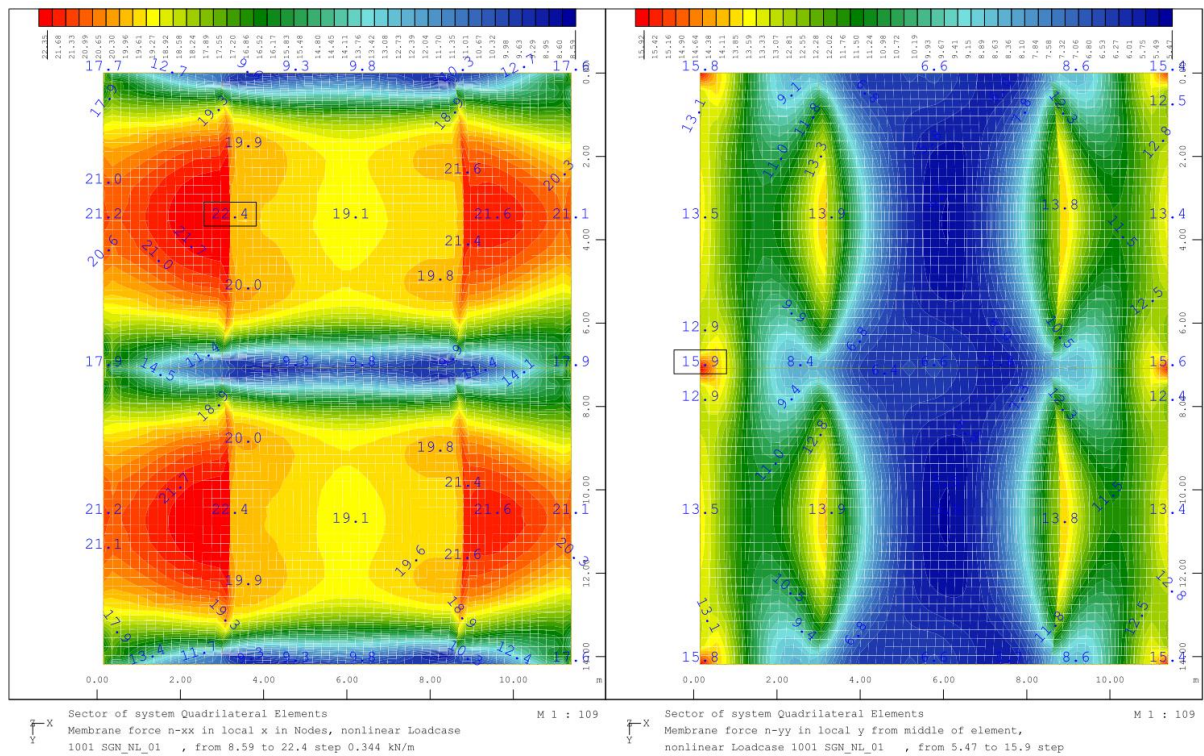
Dla analizowanych przypadków SGU stwierdzono wystarczającą sztywność membrany pod kątem prawidłowego odprowadzenia wody deszczowej. Poniżej graficzne przedstawienie linii geodezyjnych do sprawdzenia możliwości tworzenia się "jeziorek" wodnych. Dla tej części analizy siły naciągu zredukowano o 20%.





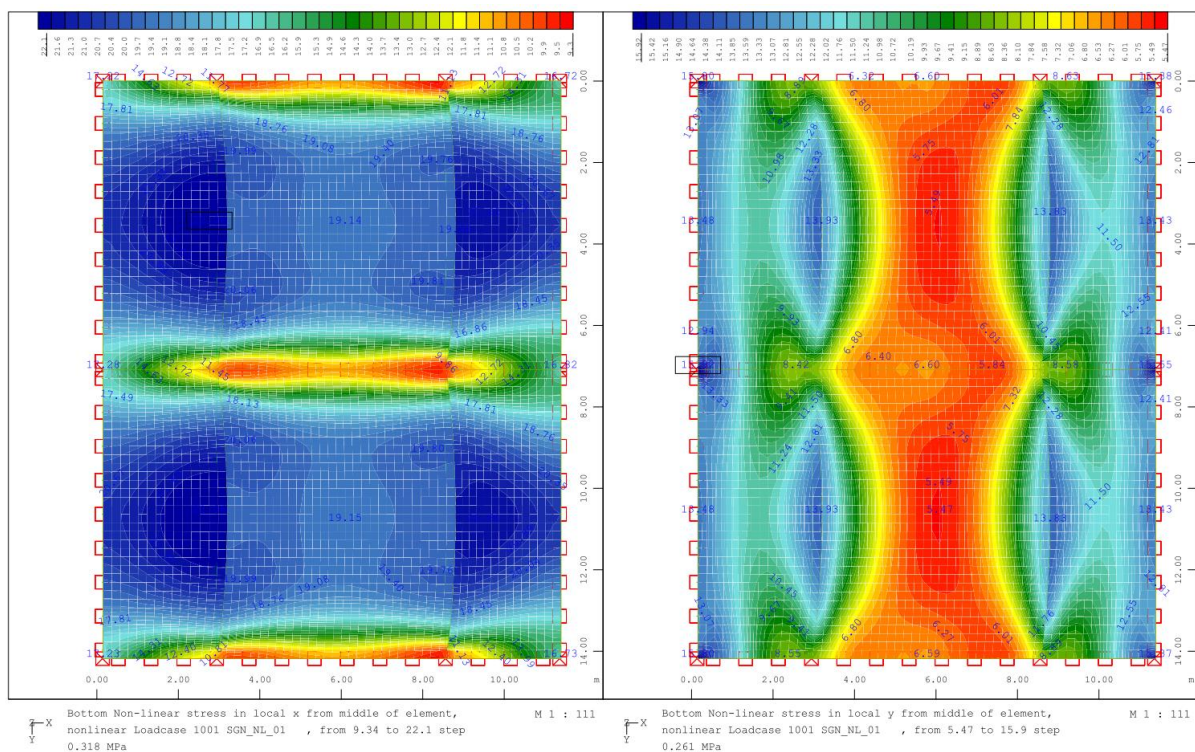


## Siły w membranie - przypadek SGN 1001

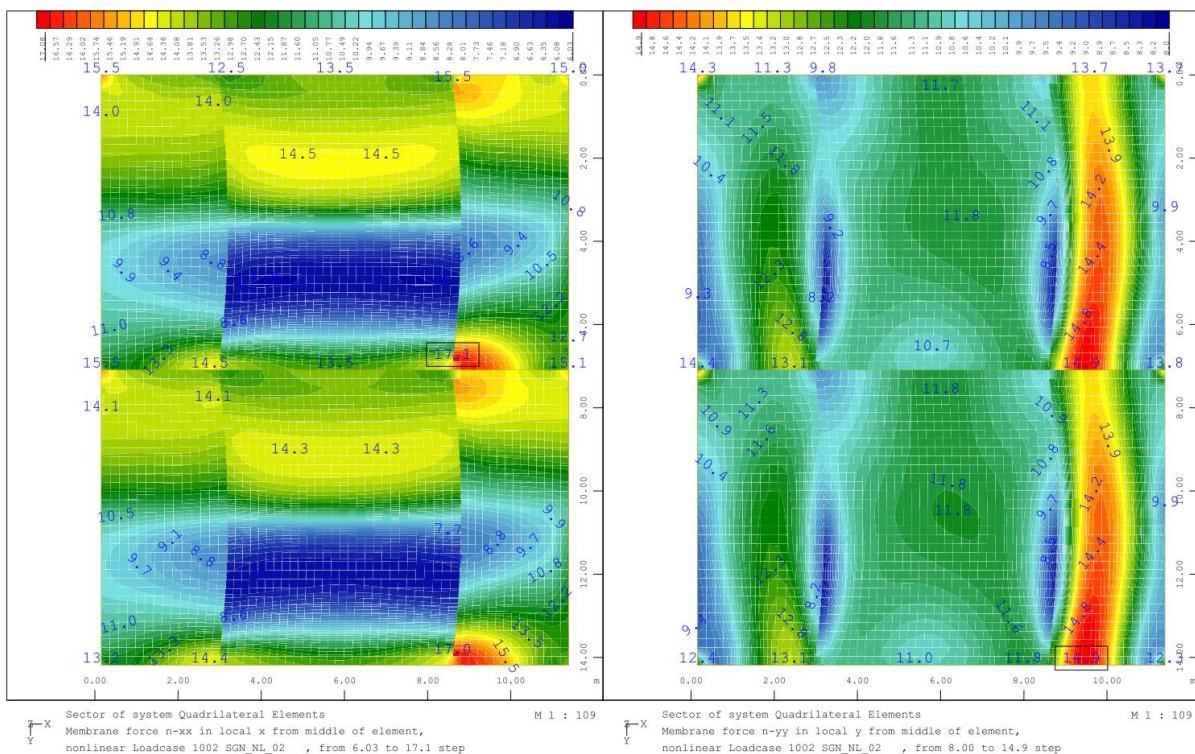


## Naprężenia w membranie (wybrane ze wszystkich kombinacji) - przypadek SGN 1001



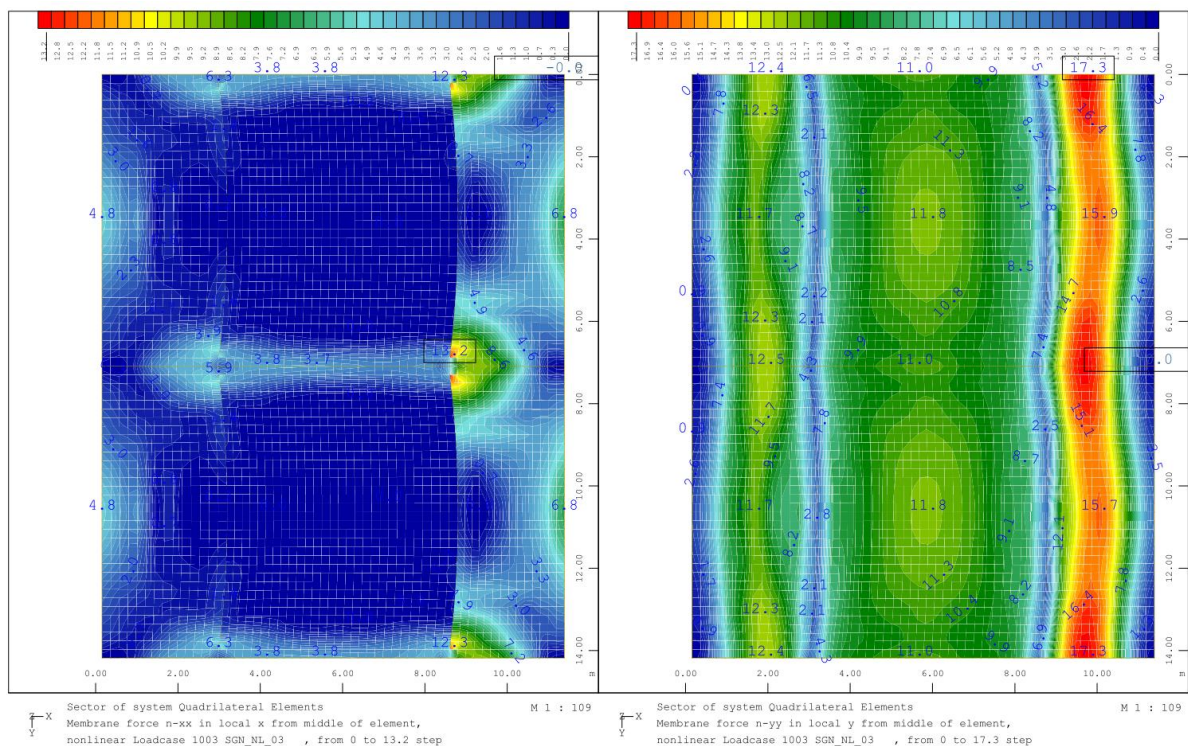


## Siły w membranie - przypadek SGN 1002

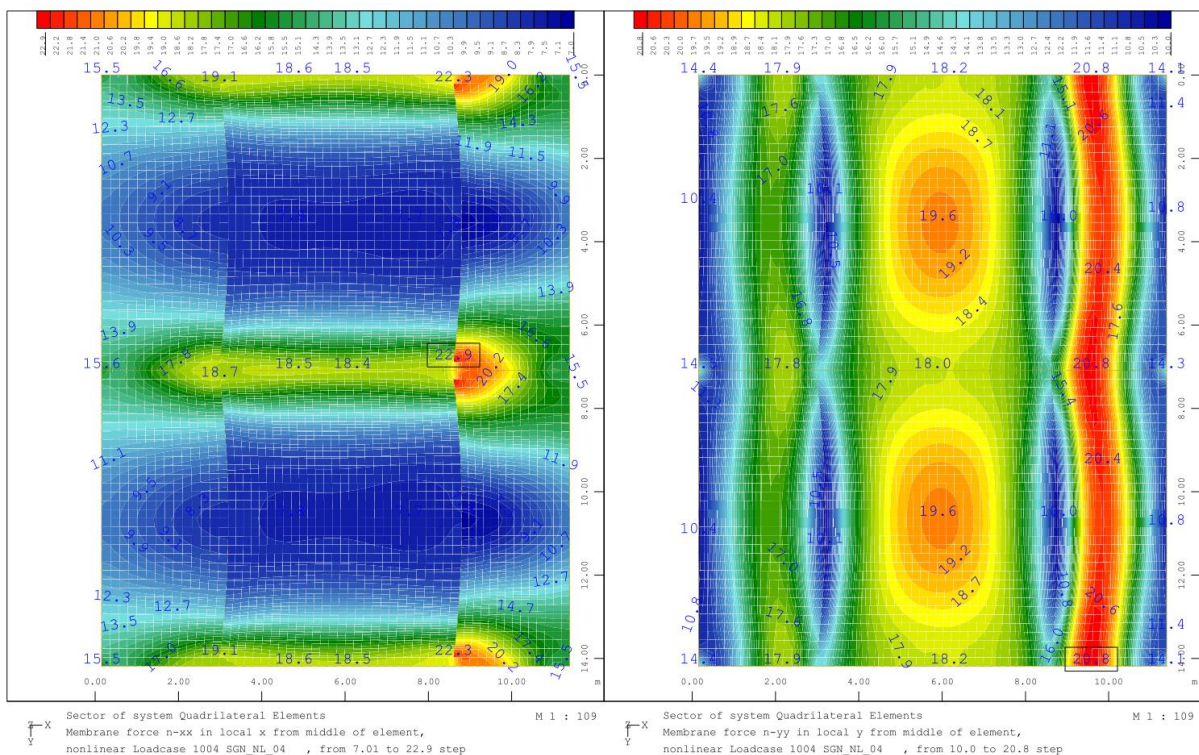


## Siły w membranie - przypadek SGN 1003



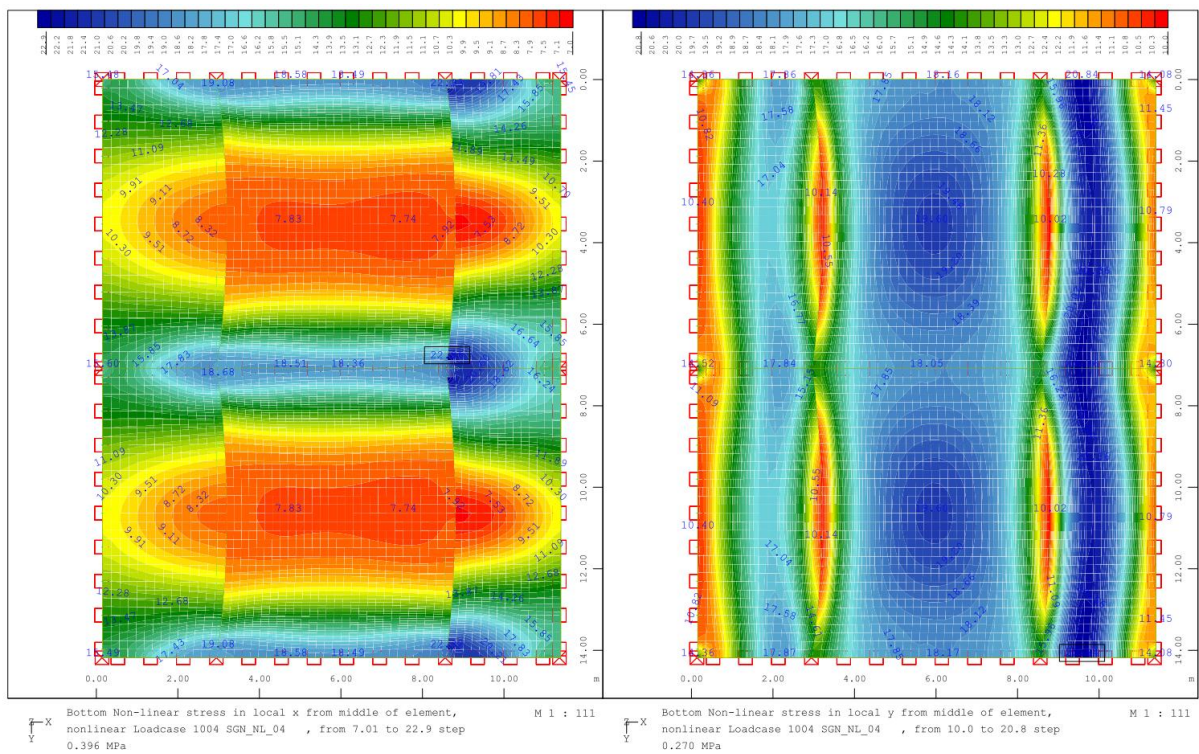


## Siły w membranie - przypadek SGN 1004

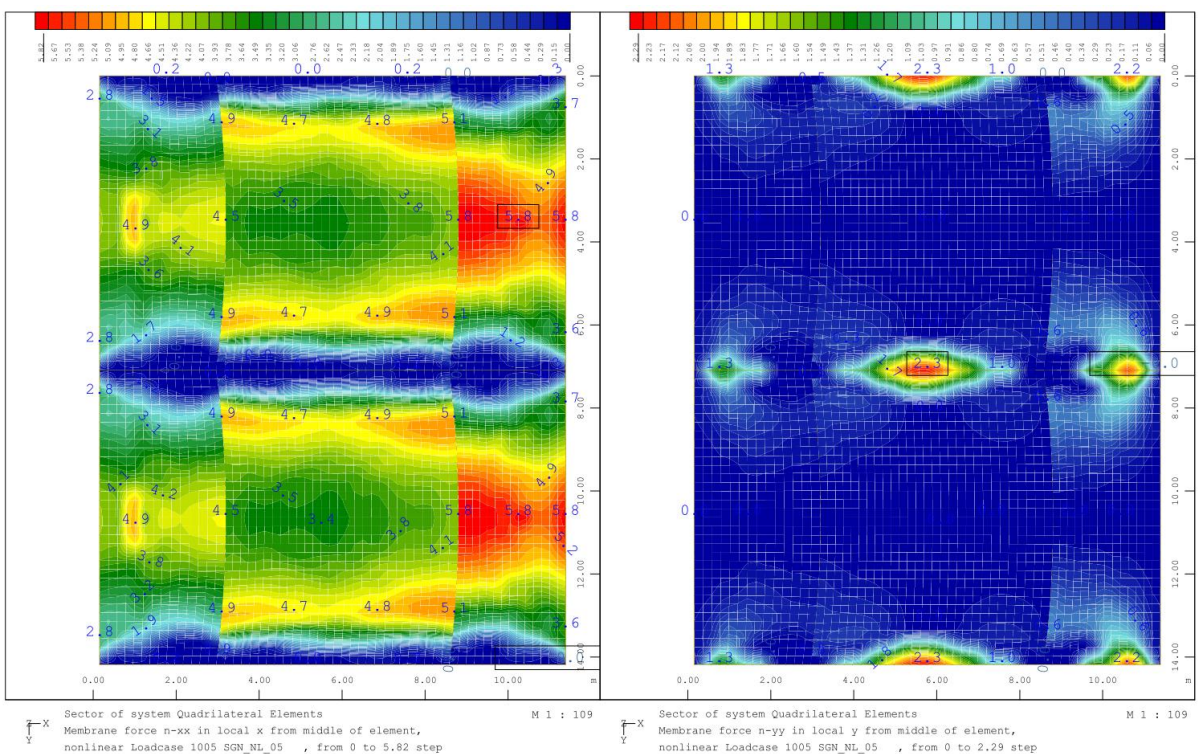


## Naprężenia w membranie (wybrane ze wszystkich kombinacji) - przypadek SGN 1004



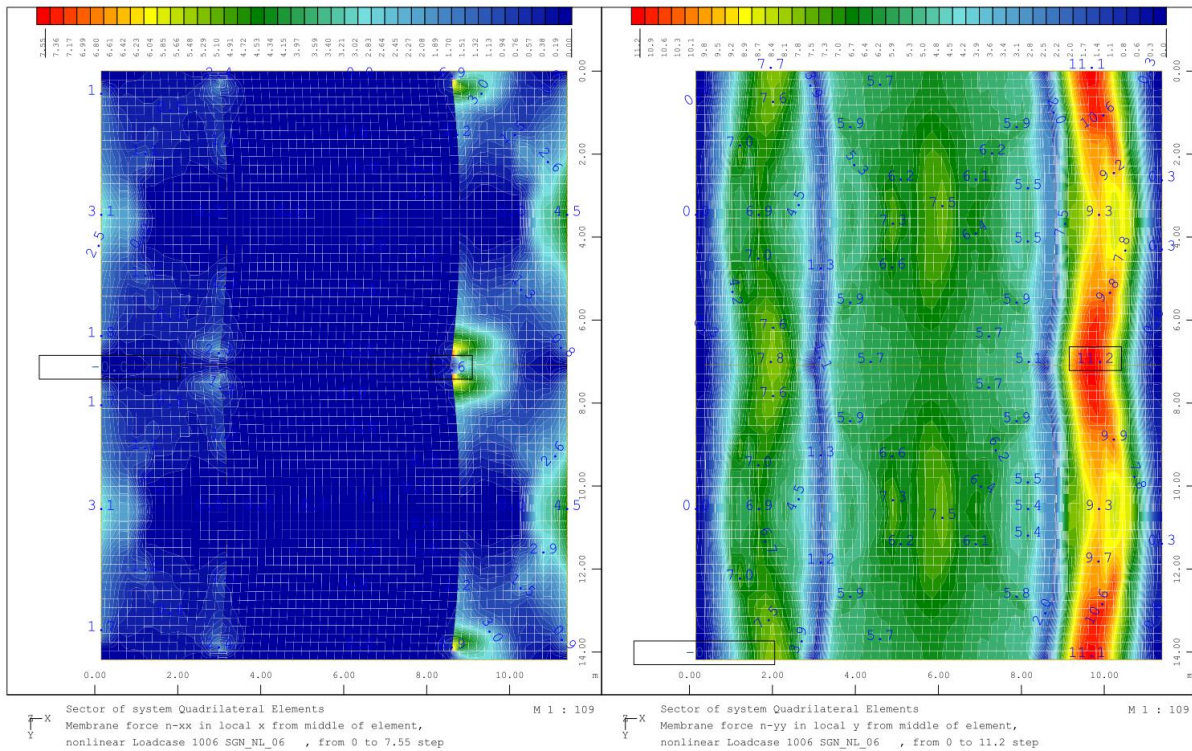


## Siły w membranie - przypadek SGN 1005



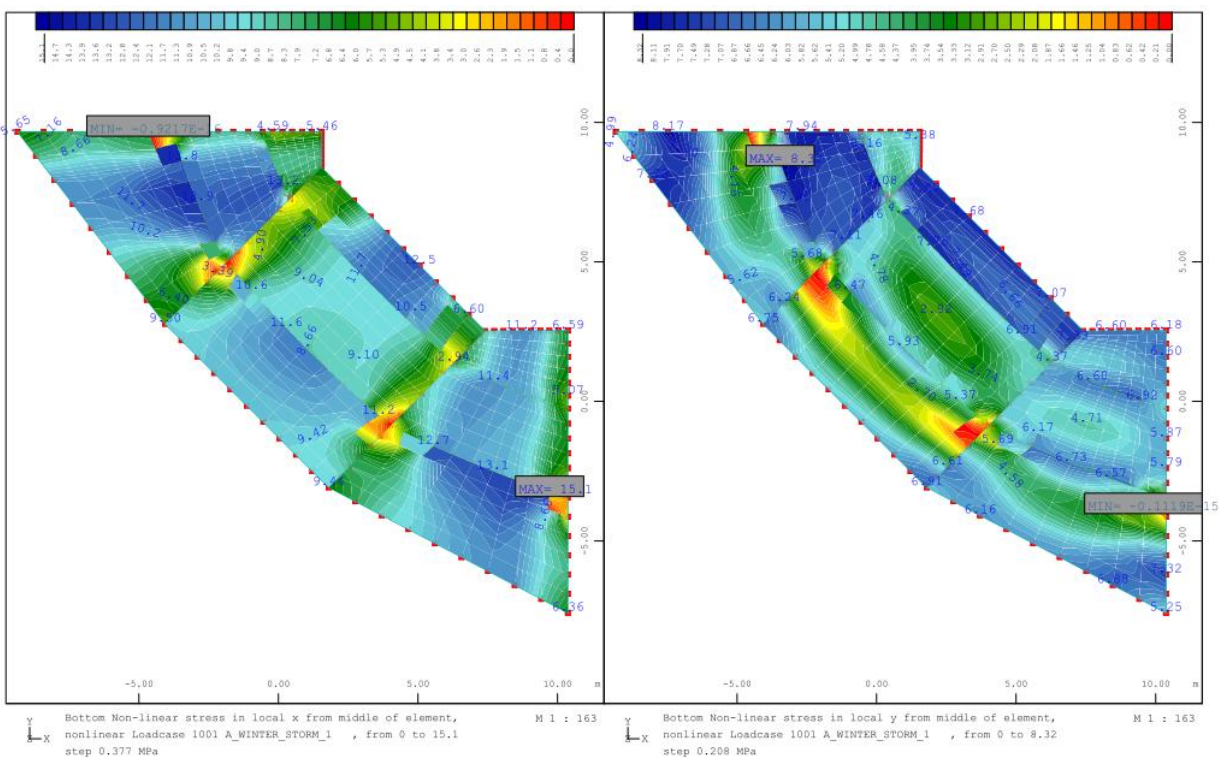
## Siły w membranie - przypadek SGN 1006



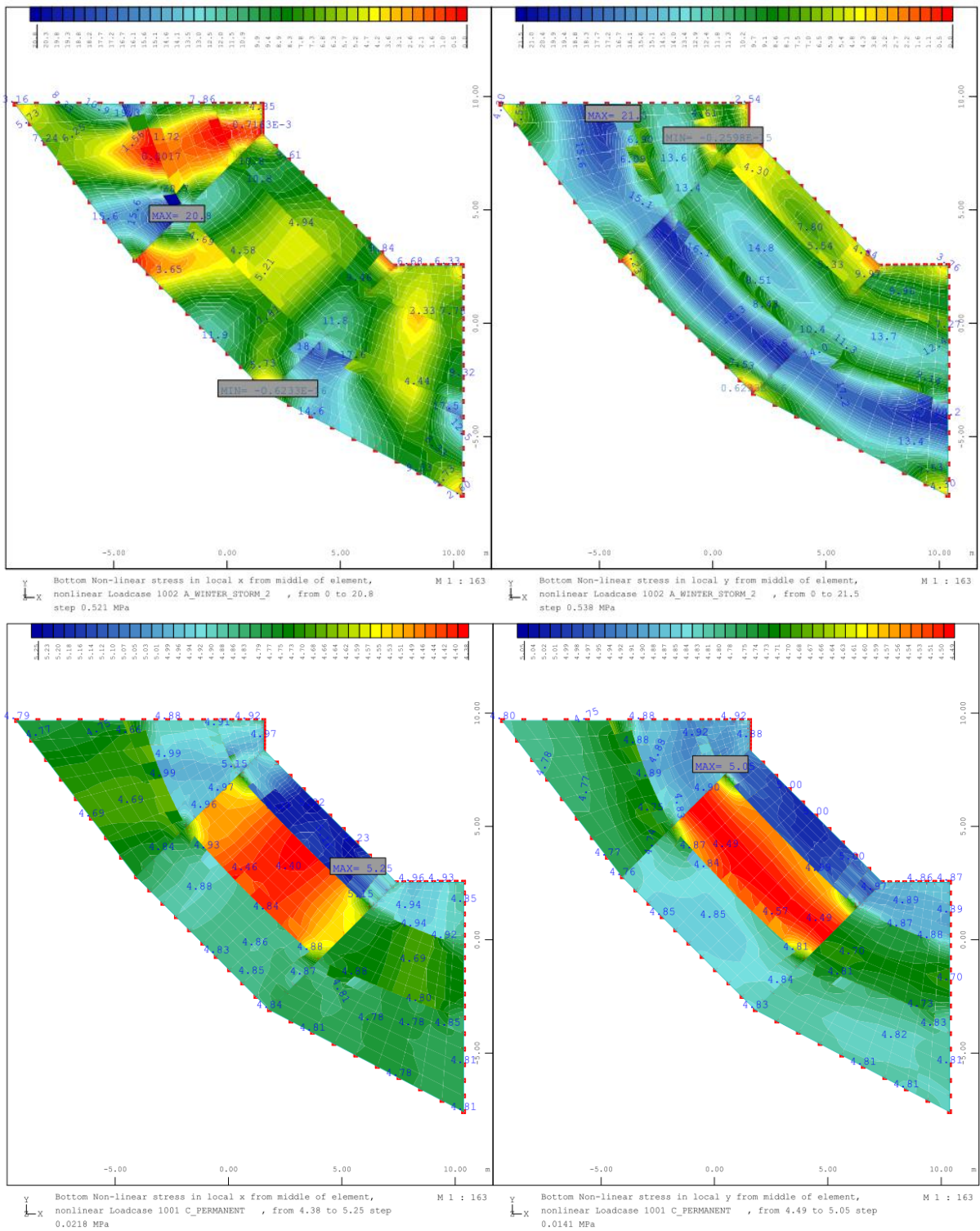


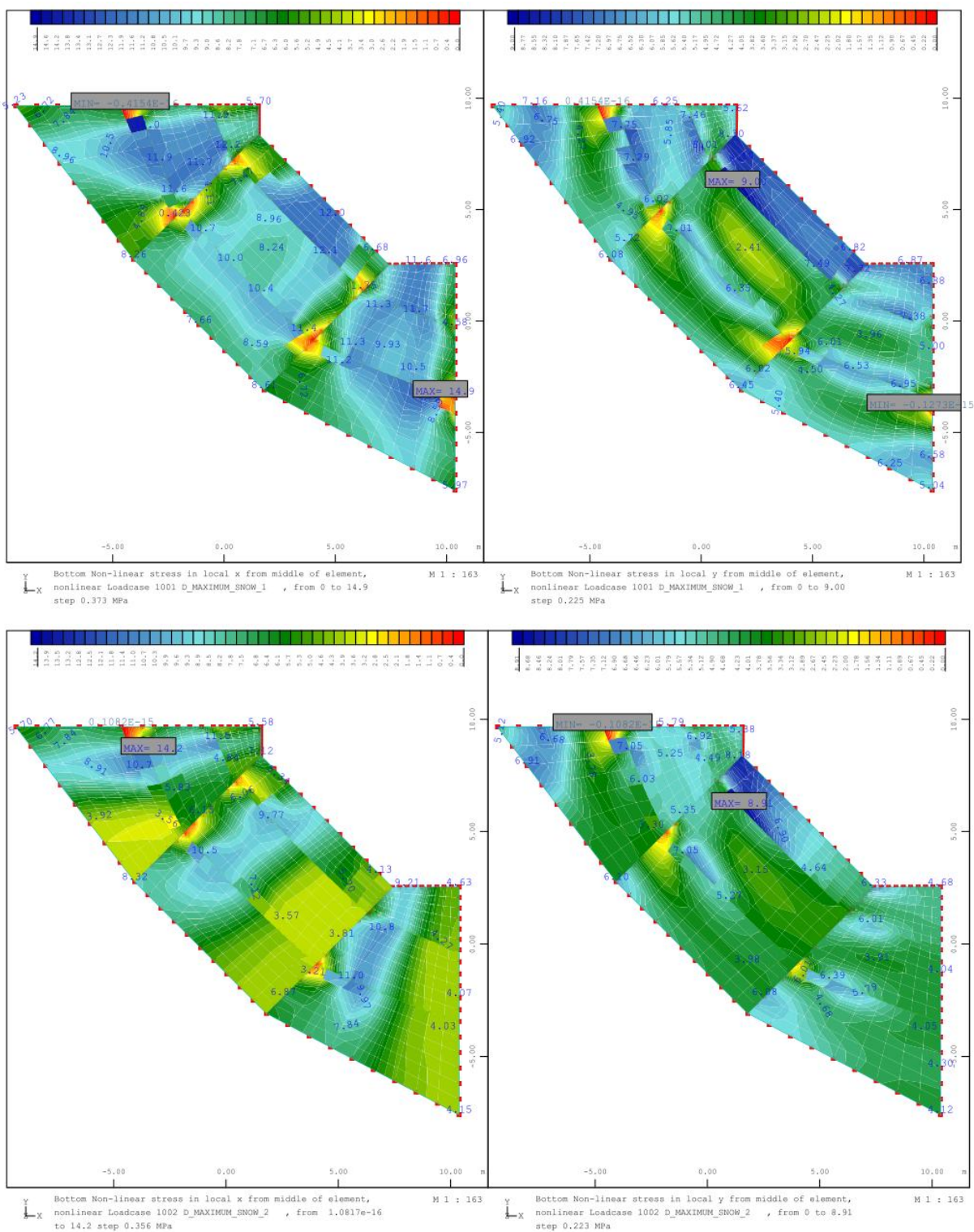
Maksymalne naprężenia w membranie sekcji powtarzalnej nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

Poniżej zamieszczono wyniki sił dla membrany narożnej:



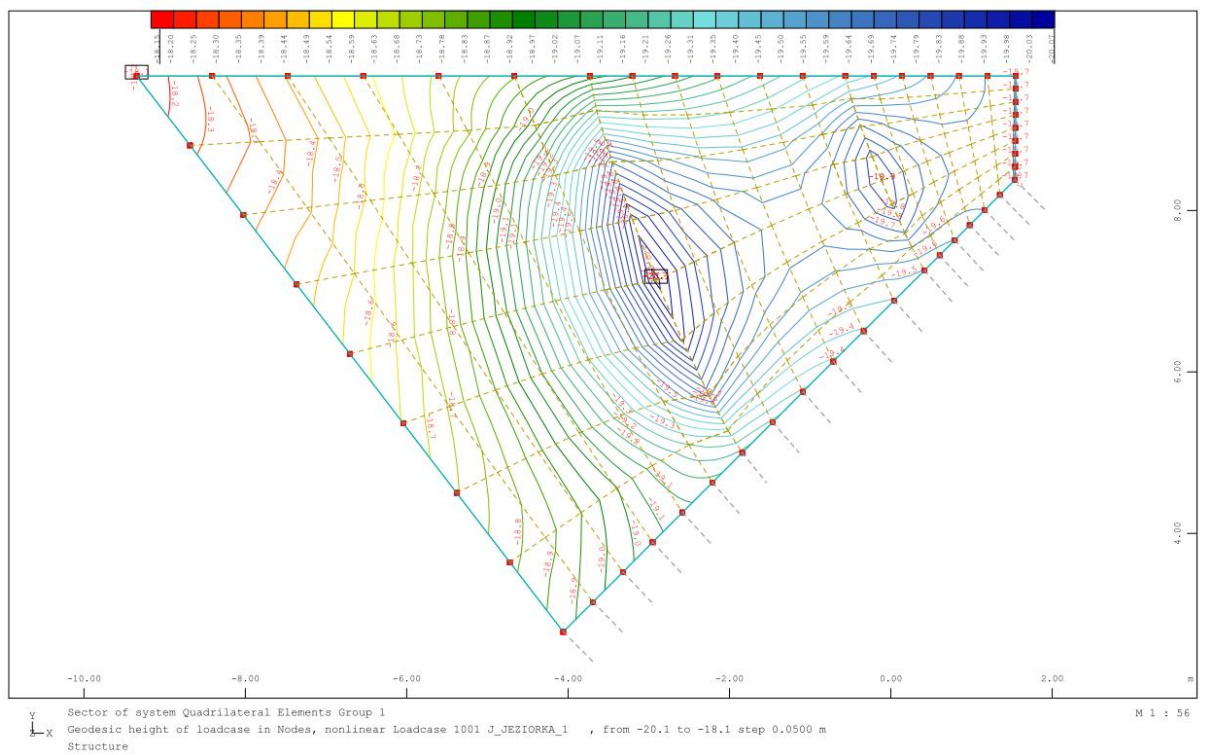
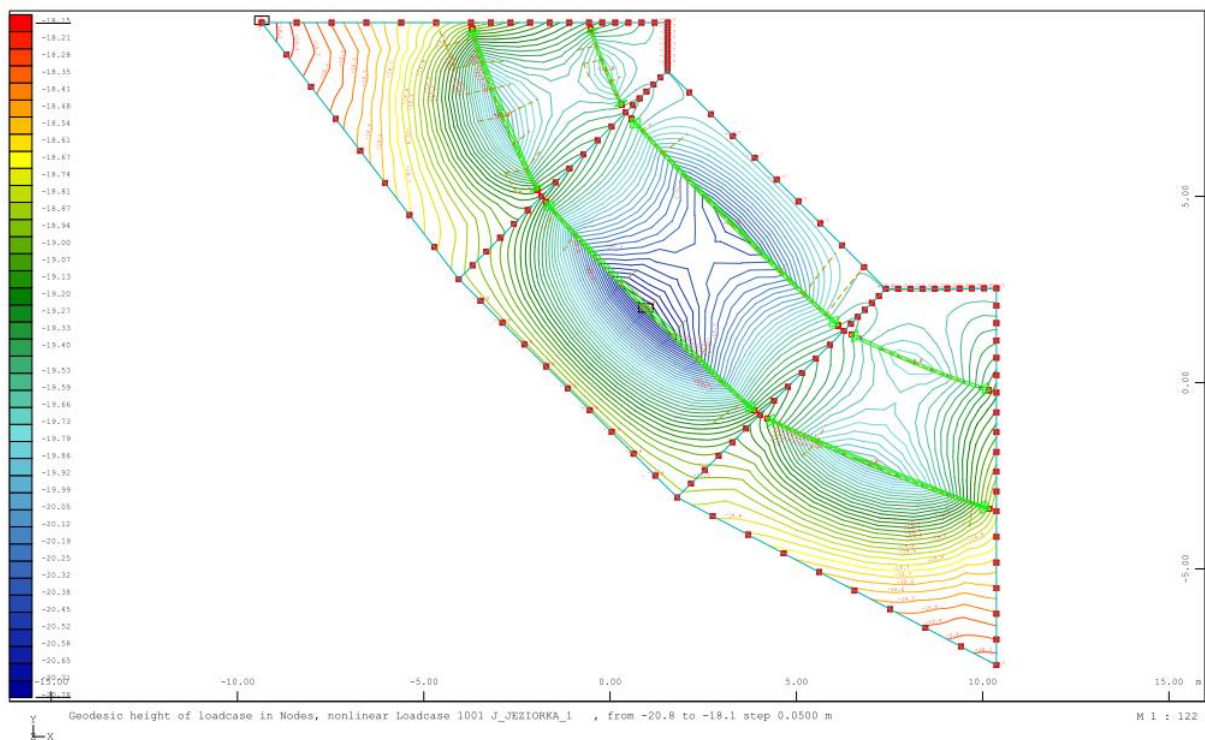




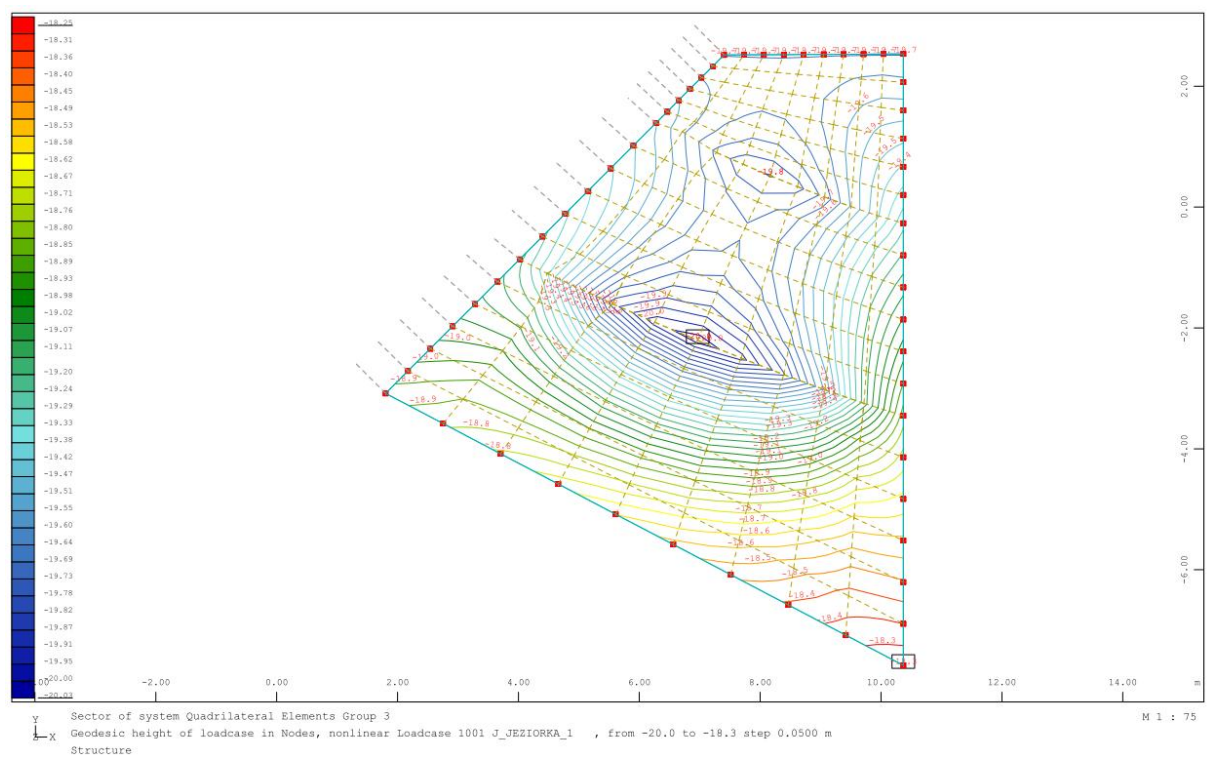
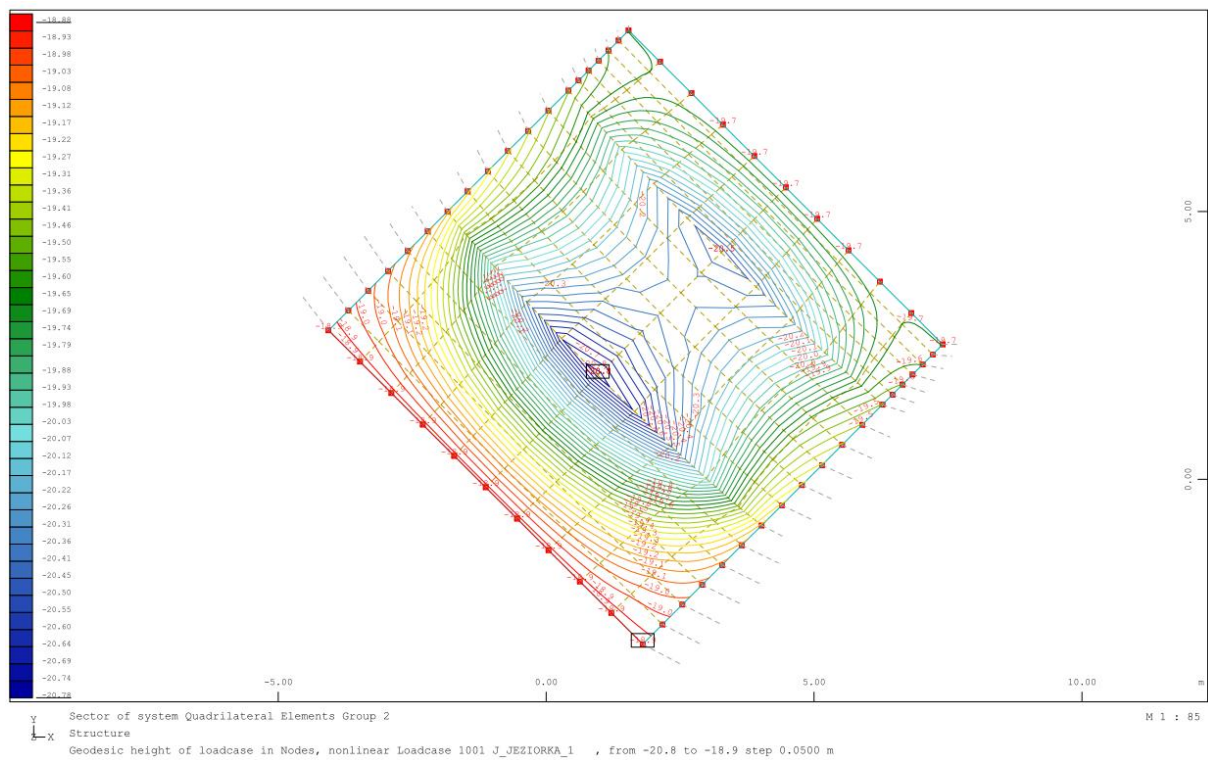


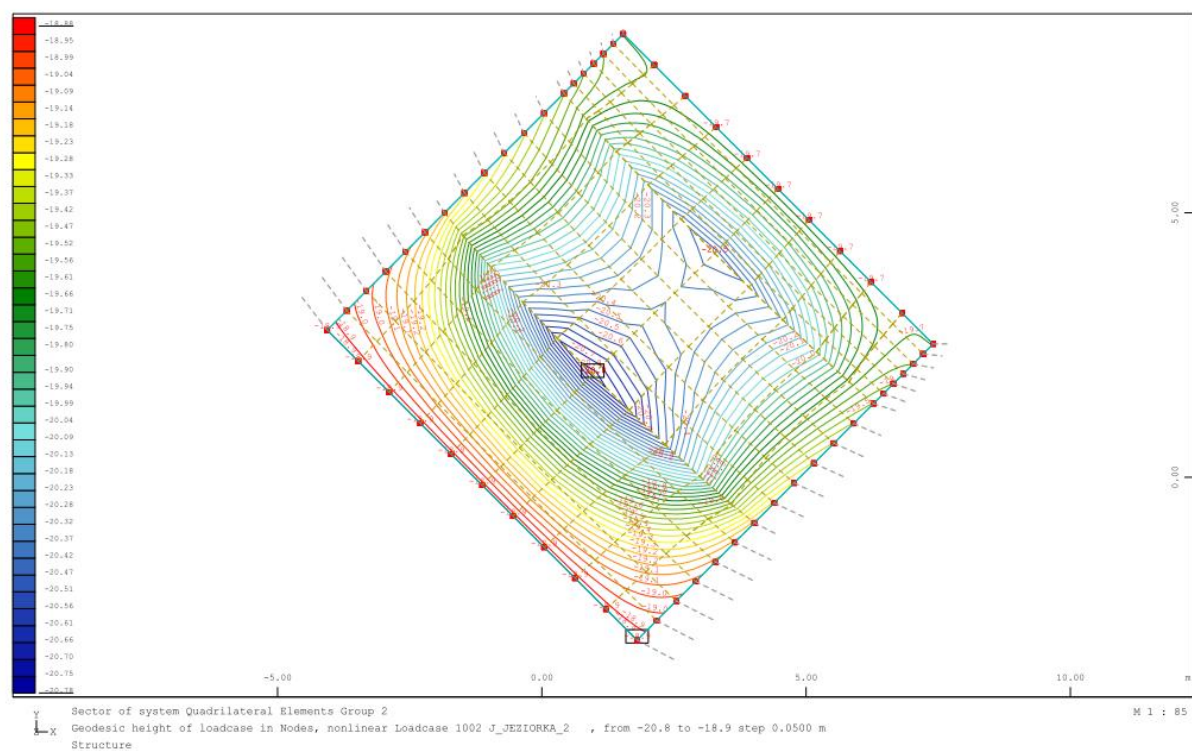
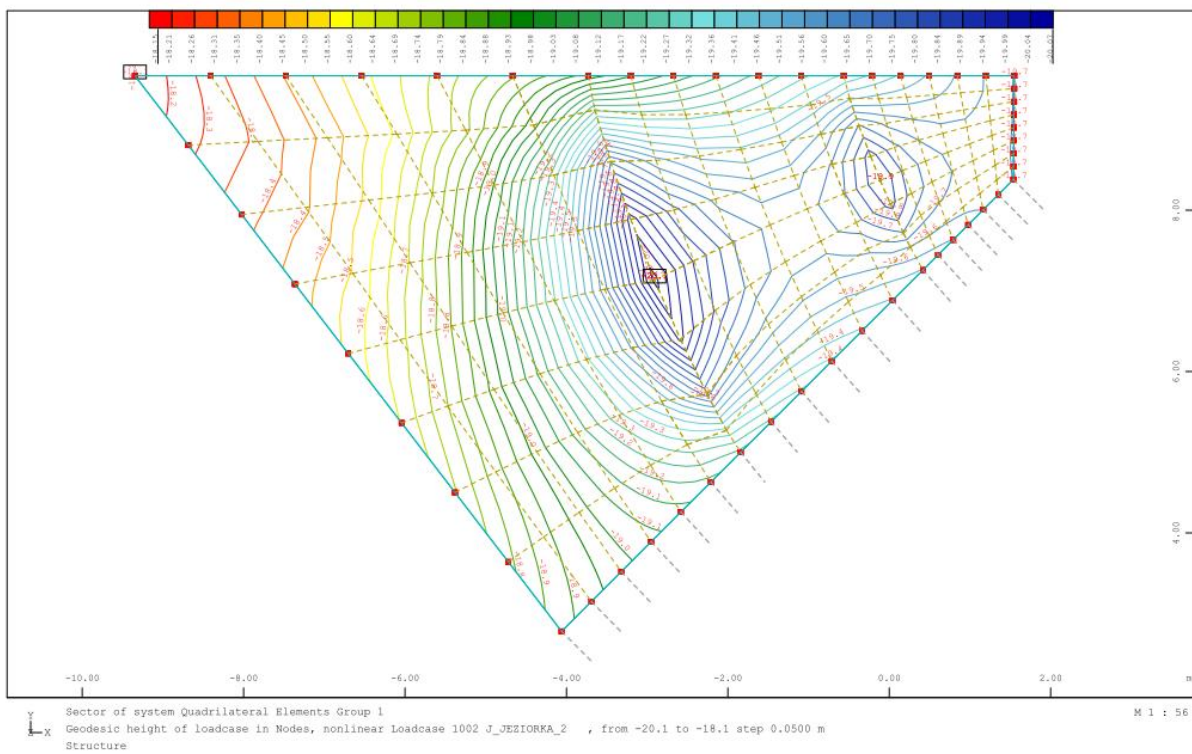
Maksymalne naprężenia w membranie narożnej nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

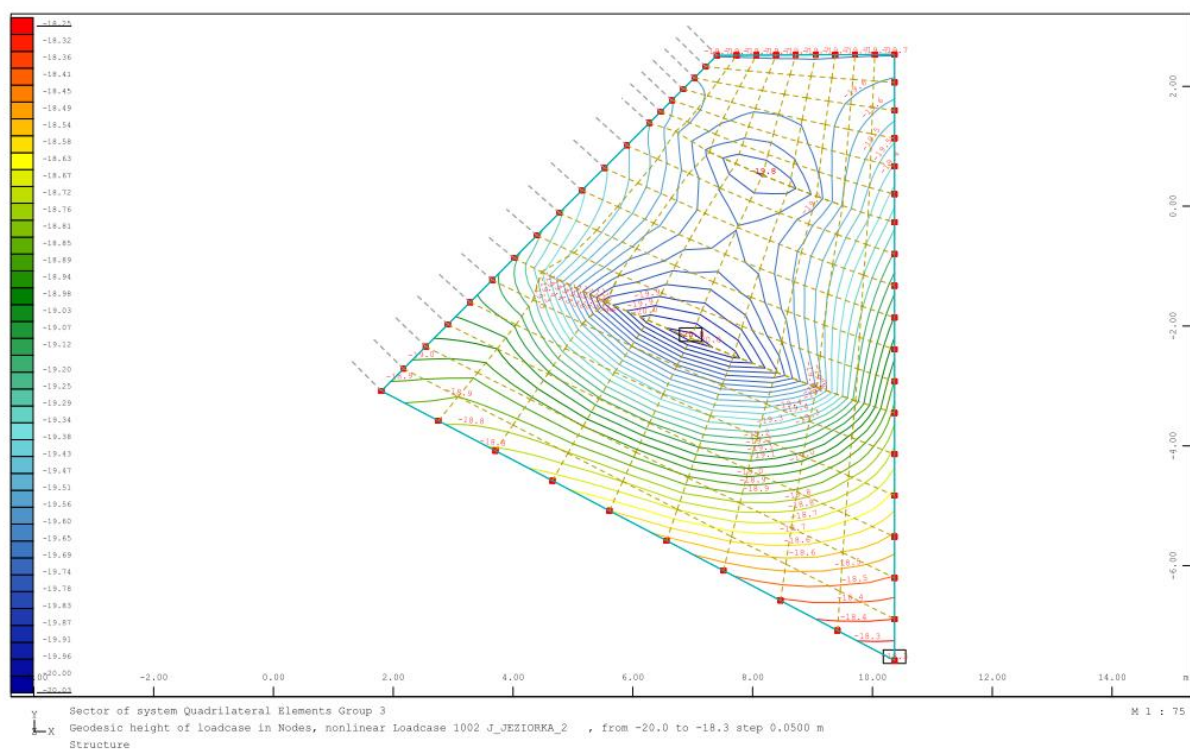
Sprawdzenie możliwości tworzenia się jeziorzek wodnych w polach narożnych:











Linie geodezyjne nie tworzą zamkniętych obszarów w związku z tym jeziorka nie będą się tworzyć na konstrukcji. Mimo tego z uwagi na znaczną rozpiętość skrajnych przęseł zaleca się wykonać dodatkowe odwodnienie przelewowe ułatwiające odprowadzenie wody z dachu. Membranę należy wzmocnić płaskownikami stalowymi wzdłuż perforacji tkaniny.

Stateczność łuków na etapie montażu powinna zostać zapewniona za pomocą dodatkowych podpór (odciągów) zapewniających stabilność podczas sprężania membrany.

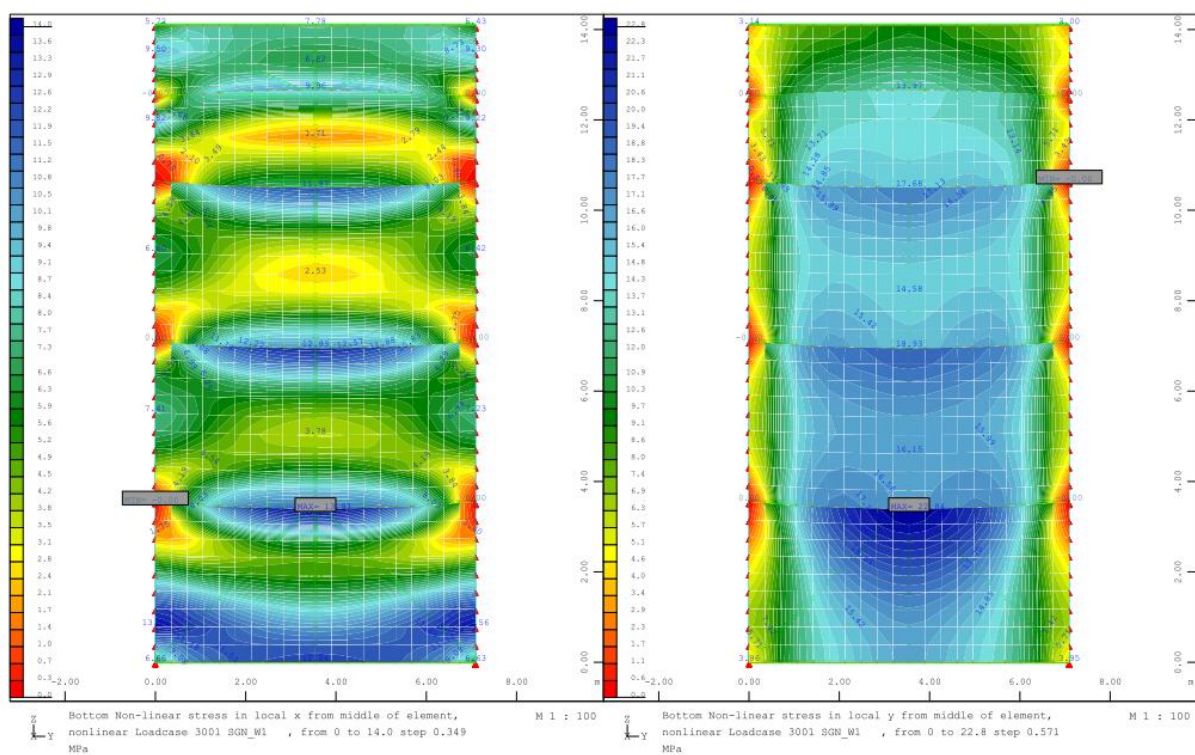
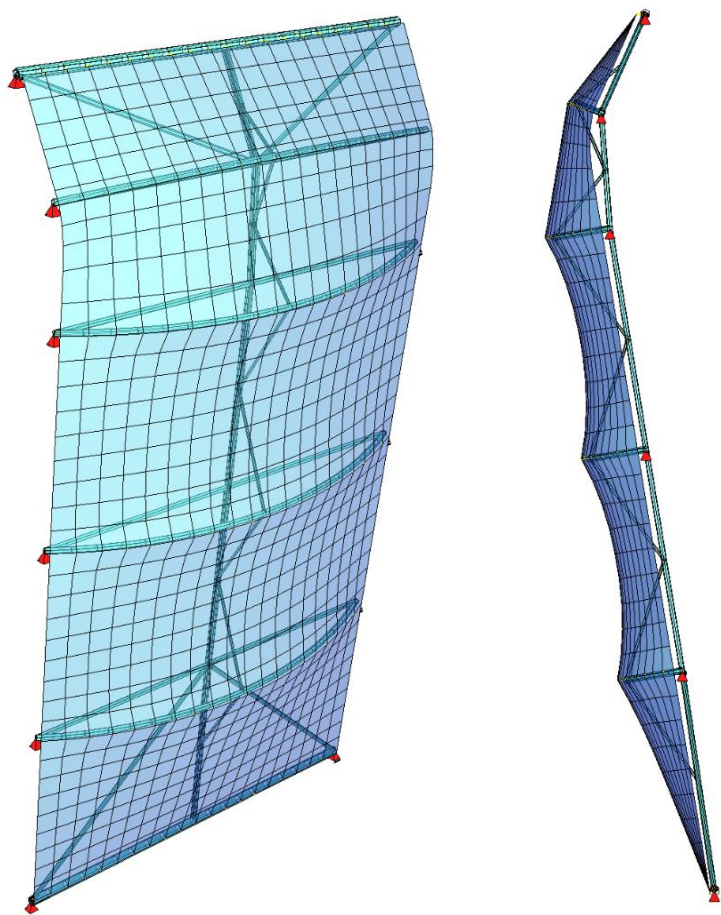
W przypadku wystąpienia opadów śniegu z deszczem albo nagłej odwilży i powrotu mrozu należy **bezwzględnie** usuwać śnieg z membrany.

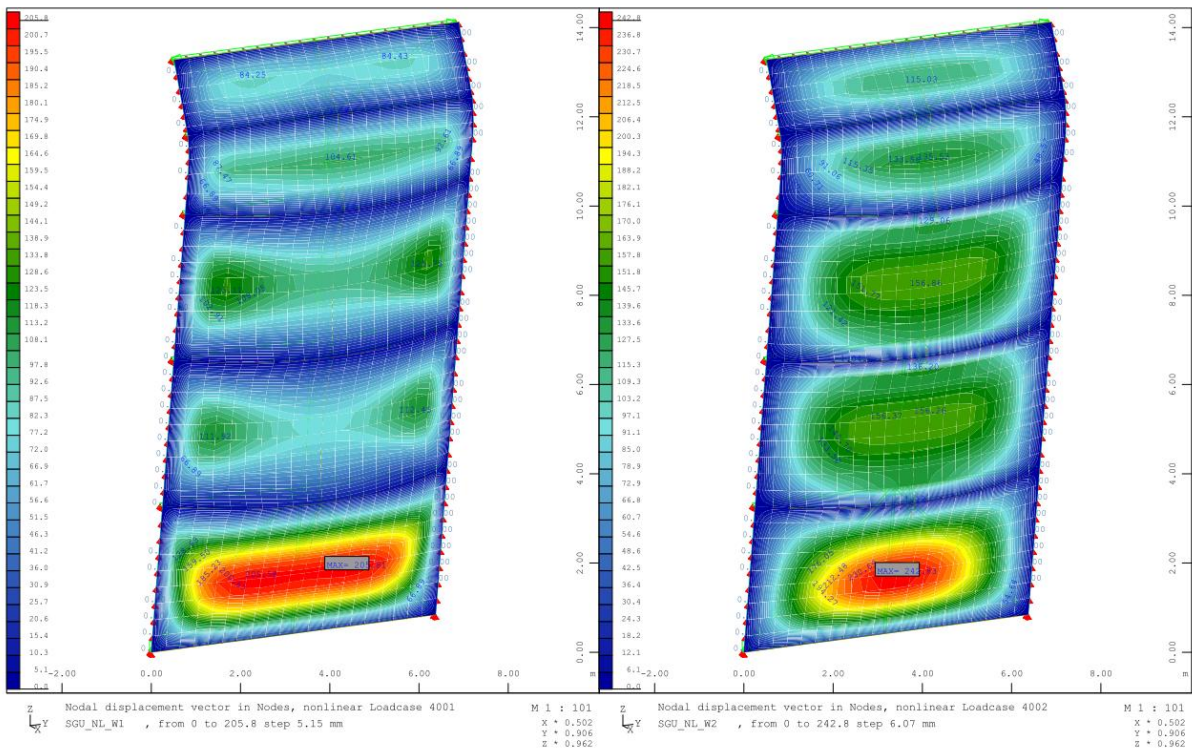
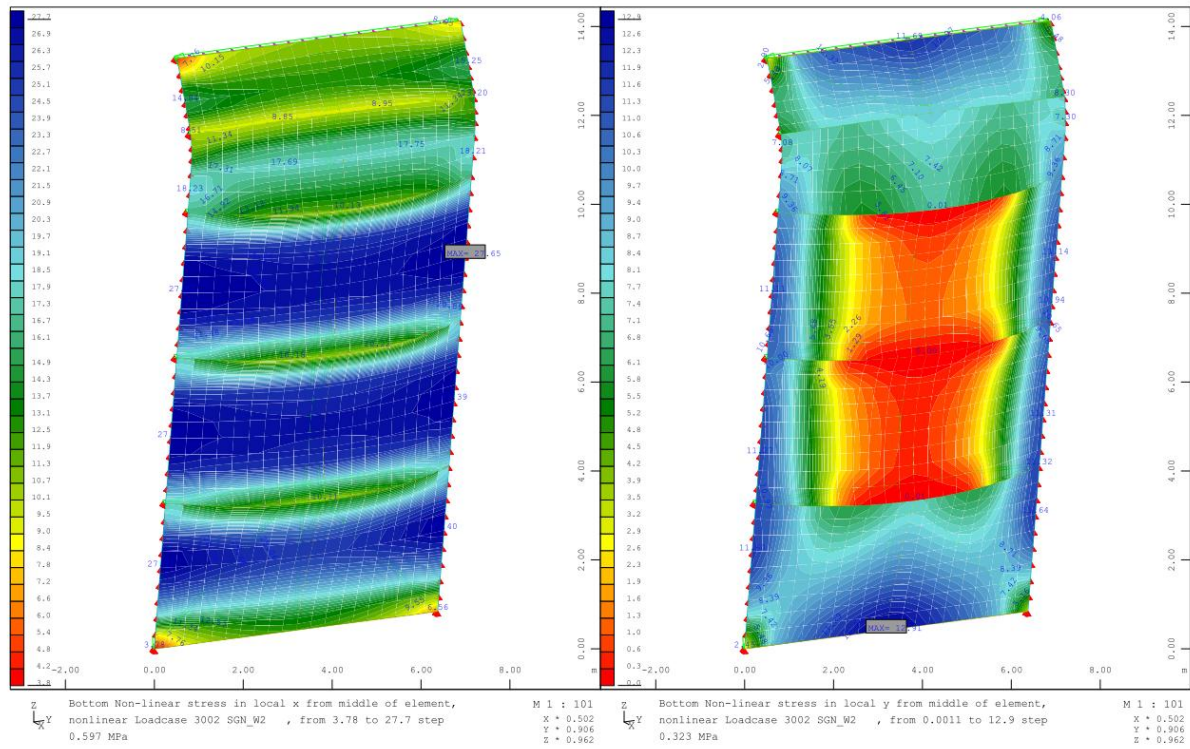
Membrana fasady (przypadki A i C).

1. Kombinacja A („Wichura zimowa”):  $1,0 \cdot n_g + 1,1 \cdot n_p + 1,6 \cdot n_w \leq z_u / n_0$

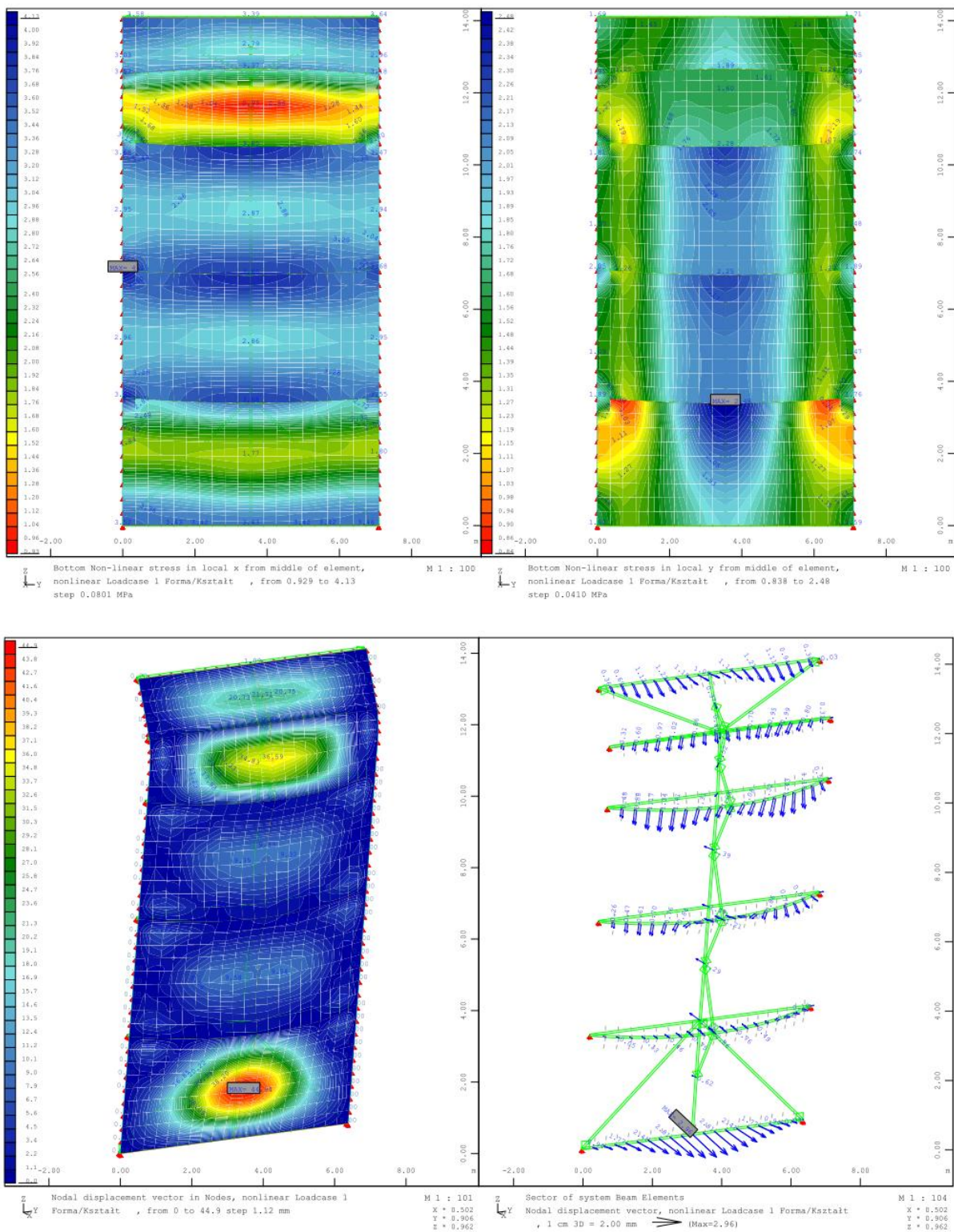
3. Kombinacja C („Stała”):  $1,0 \cdot n_g + 1,3 \cdot n_p \leq z_u / n_t$





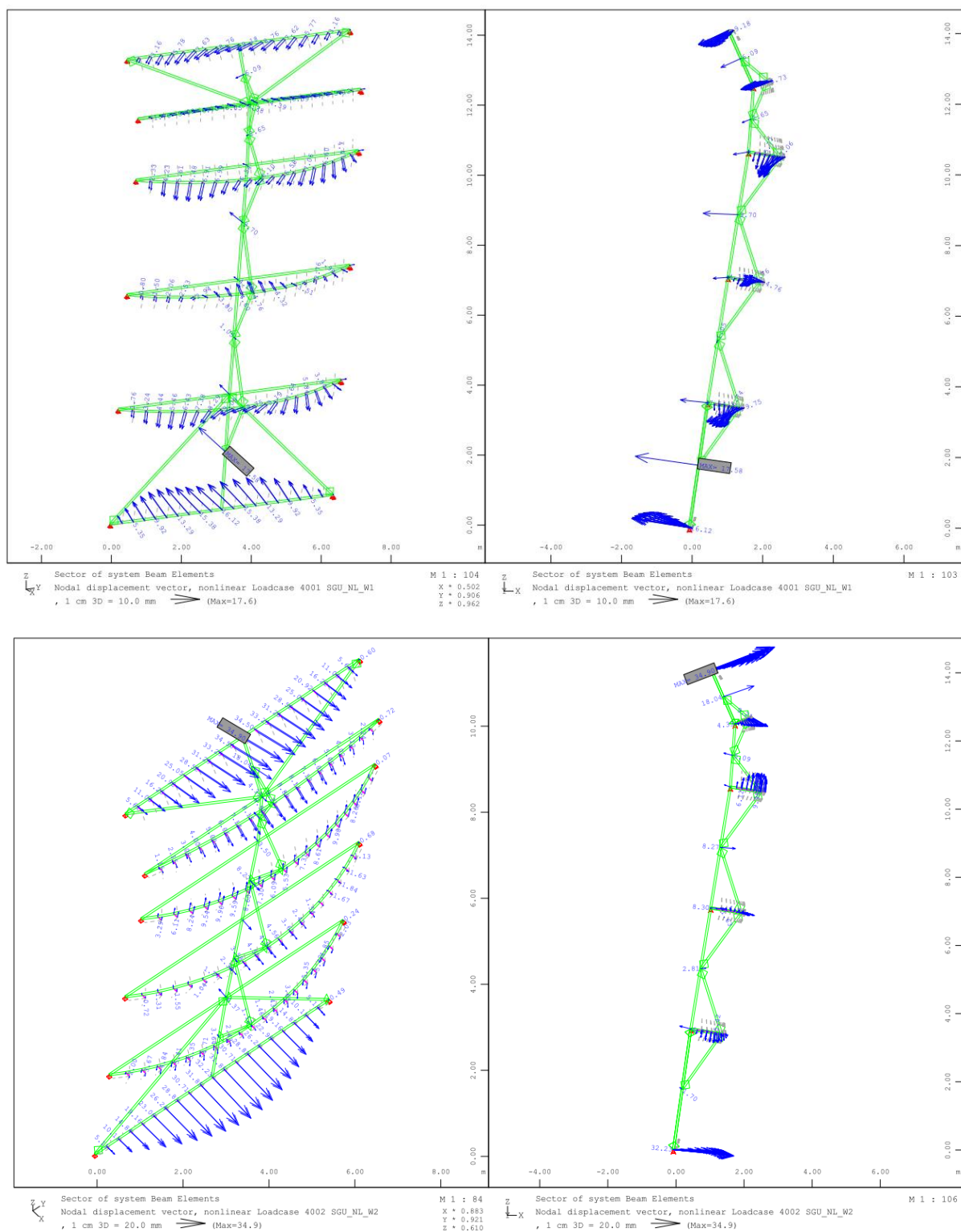






Maksymalne naprężenia w membranie fasadowej nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

## Przemieszczenia konstrukcji stalowej:



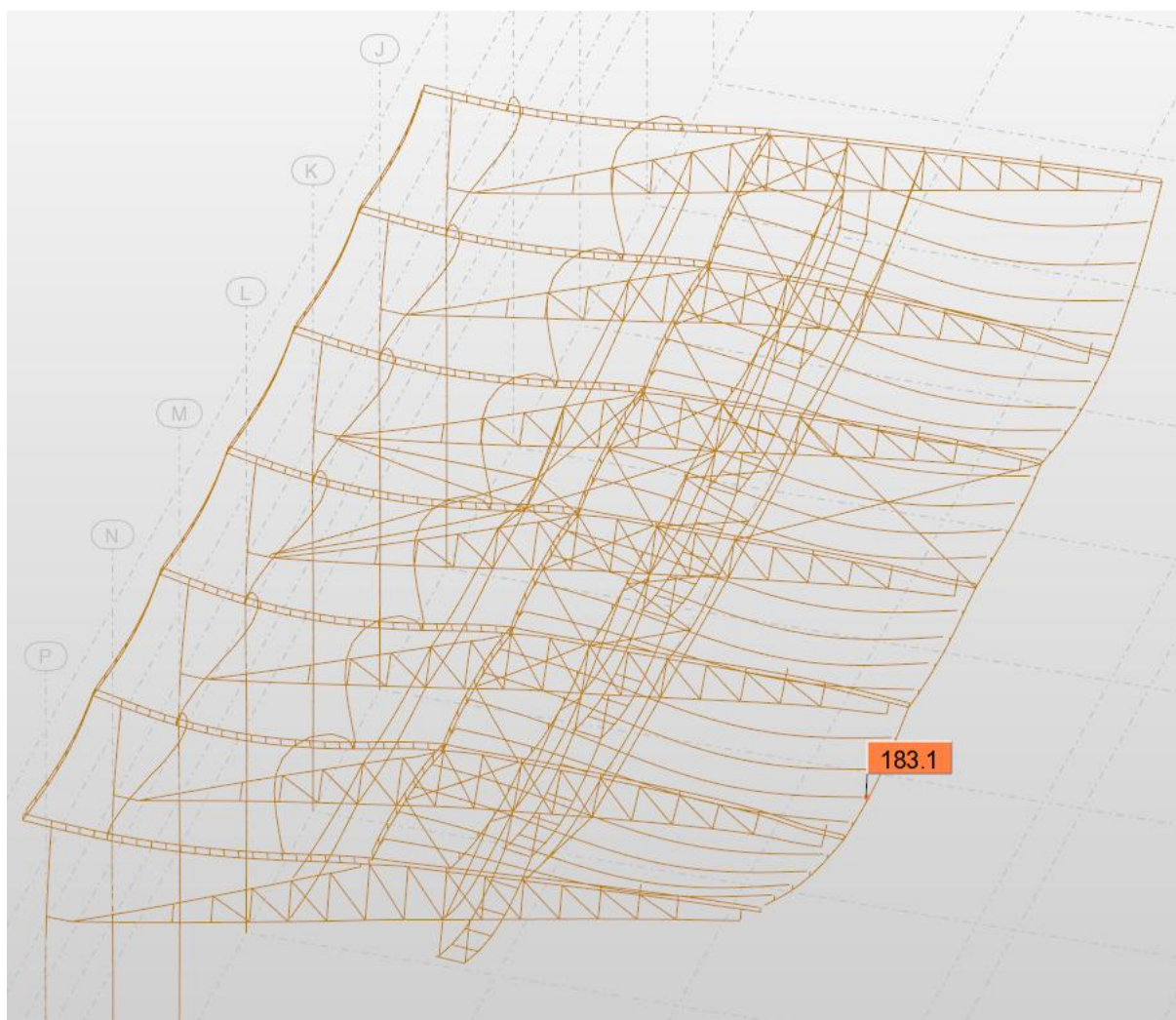
Po zakończeniu montażu zostanie przedstawiona koncepcja monitoringu technicznego konstrukcji w nawiązaniu do wymogów Dziennika Ustaw nr 56 z dnia 21 marca 2009 roku paragraf 204 ustęp 7.

Dodatkowo zostanie dołączona książka utrzymania obiektu w zakresie dachu stadionu: konstrukcji stalowej, pokrycia z membrany technicznej oraz z płyt poliwęglanowych. Książka utrzymania obiektu zostanie zaktualizowana na etapie wykonania konstrukcji po wyborze przez Wykonawcę konkretnych materiałów budowlanych oraz rozwiązań technologicznych.

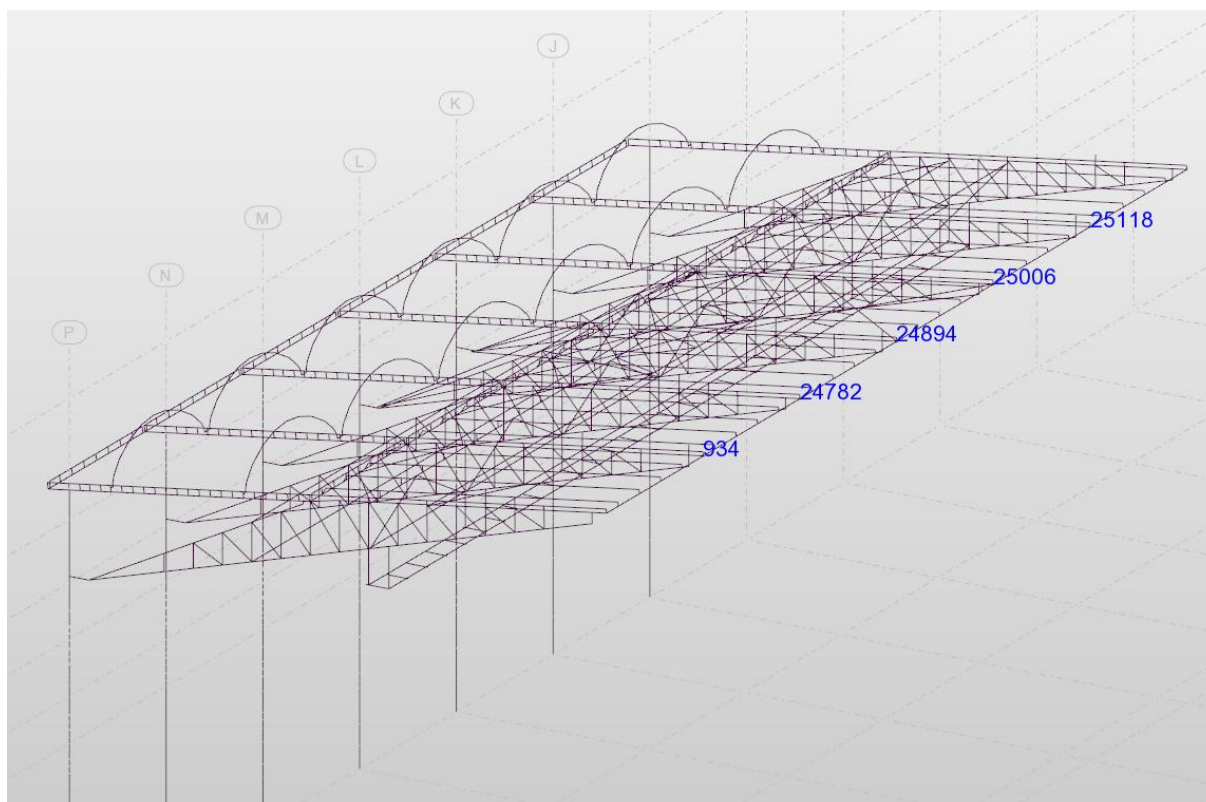
## 11.0 Przemieszczenia

Przemieszczenia konstrukcji:

- przypadek SGU - 2001 (dźwigary typ 2):







### Przemieszczenia - Przypadki: 2001,2003

	UX (mm)	UY (mm)	UZ (mm)
<b>MAX</b>	36,5	14,6	36,4
<b>Węzeł</b>	25118	934	25118
<b>Przypadek</b>	2001	2001	2003
<b>MIN</b>	0,7	-24,1	-173,9
<b>Węzeł</b>	25118	934	25118
<b>Przypadek</b>	2003	2003	2001

$$\delta_{\max} = 174\text{mm} < \delta_{\text{dop}} = L/150 = 22960\text{mm}/125=184\text{mm}$$

Warunek graniczny użytkowania jest spełniony.

## 12. 0 Normy i literatura:

1. "European Design Guide for Tensile Surface Structures" - Brian Forster, Marijke Mollaert
  2. "Elastic Constants of Architectural Fabrics for Design Purposes" - Jörg Uhlemann SaP-Report "Prospect for European guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures" - Stranghöner Natalie, Uhlemann Jörg, Bilginoglu Faruk, Bletzinger Kai-Uwe, Bögnér-Balz Heidrun, Corne Evi, Gibson Nick, Gosling Peter, Houtman Rogier, Llorens Josep, Malinowsky Marc, Marion Jean-Marc, Mollaert Marijke, Nieger Meike, Novati Giorgio, Sahnoune Farid, Siemens Peter, Stimpfle Bernd, Tanev Vaty, Thomas Jean-Christophe, Mollaert Marijke, Dimova Silvia, Pinto Vieira Artur, Denton Steve
  3. "Tensile Surface Structures. A Practical Guide to Cable and Membrane Construction" - Michael Seidel
  4. "Konstrukcje napięte. Ich forma i praca." - Wanda J. Lewis
  5. Coated fabrics:
    - 5.1 EN ISO 1421-Tensile strength
    - 5.2 EN 1875-Tear strength
    - 5.3 EN ISO 2411-Adhesion
    - 5.4 EN ISO 2286-Roll characteristics
  6. Normy:
    - 6.1 PN-EN 1991-1-1 "Eurokod1- Oddziaływania ogólne, ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach",
    - 6.2 PN-EN 1991-1-3 "Eurokod1-Obciążenie śniegiem",
    - 6.3 PN-EN 1991-1-4 "Eurokod1 -Oddziaływanie wiatru.",
    - 6.4 PN-EN 1991-1-5 "Eurokod1-Oddziaływanie termiczne",
    - 6.5 PN-EN 1993-1-1 "Eurokod3-Reguły ogólne i reguły dla budynków".
- Opracował:

mgr inż. Jerzy Holm

(nr upr. proj. POM/0122/POOK/09)

mgr inż. Magdalena Rygulska

(nr upr. proj. 188/Gd/2002)