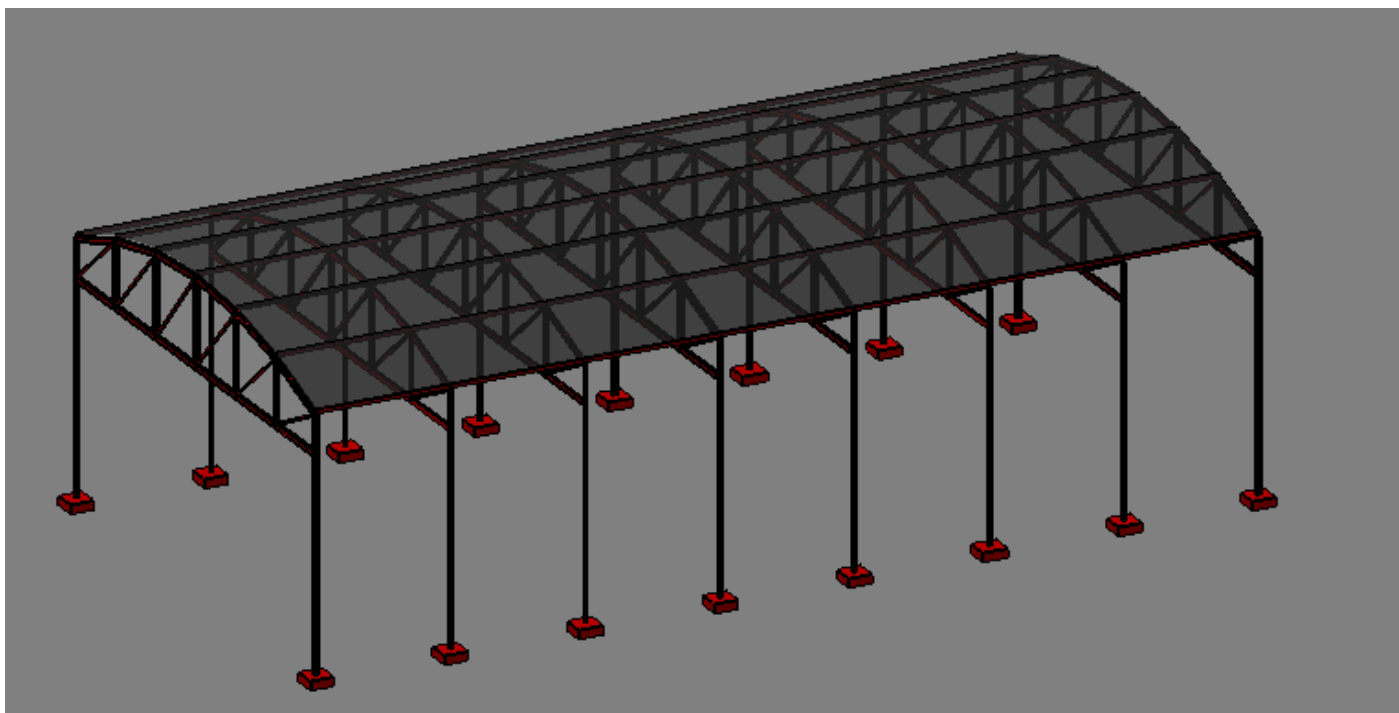


Optymalizacja konstrukcji

Optymalizacja konstrukcji to bardzo ważny temat, który ma istotne znaczenie praktyczne. Standardowy proces projektowy wykorzystuje możliwości optymalizacji w niewielkim stopniu. Zazwyczaj projekt konstrukcji tworzony jest przez architekta, który nie posiada zaawansowanych narzędzi, by móc być w stanie wygenerować kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt wariantów konstrukcji, zweryfikować je, również pod kątem wytrzymałościowym oraz wybrać najbardziej optymalne rozwiązanie według zadanych kryteriów. Oczywiście są sytuacje, gdzie z uwagi na różne uwarunkowania szkielet konstrukcji jest ściśle narzucony i zadaniem inżyniera jest tylko dobranie odpowiednich przekrojów elementów nośnych. Jednak w wielu przypadkach zasadniczym ograniczeniem jest kształt bryły, natomiast nie ma sztywnych ograniczeń na układ konstrukcyjny. W przypadku takich zadań otwiera się pole do optymalizacji konstrukcji. Spróbujmy to sobie wyobrazić na przykładzie projektu hali zdefiniowanego w następujący sposób:



Kryteria generacji

- 1) Wymiary hali 20*40m, wysokość 10m
- 2) Słupy stalowe o przekroju IPE 200
- 3) Elementy nośne dachu na osi Y w formie kratownic, górna krawędź w kształcie paraboli o strzałce 2m, dolna krawędź w kształcie linii prostej.
- 4) Pasy kratownicy z profilu IPE 200, słupki i stężenia z profilu IPE 100
- 5) Elementy nośne dachu na osi X w formie profili IPE 120, ilość osi 5
- 6) Obciążenie eksploatacyjne L1 na dachu 2kN/m²
- 7) Wysokość kratownic na boku w przedziale 1.6m do 2m z krokiem 0.2m **(3 warianty)**
- 8) Ilość kratownic wewnętrznych w przedziale 4 do 7 z krokiem 1 **(4 warianty)**
- 9) Stężenia kratownicy podwójne lub pojedyncze **(2 warianty)**

Jak łatwo policzyć, powyższe kryteria spowodują wygenerowanie 24 różnych wariantów.

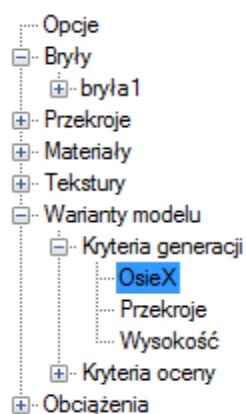
Kryteria oceny wariantów

- 1) Minimalizacja ciężaru konstrukcji
- 2) Dopuszczalne przemieszczenie pionowe dla kombinacji SGU Ciężar własny + L1 wynosi 50mm
- 3) Dopuszczalne naprężenie w prętach dla kombinacji SGN Ciężar własny*1.2 + L1*1.4 wynosi 434MPa
- 4) Każde kryterium posiada jednakową wagę. W przypadku kryteriów z dopuszczalną wartością jako najlepsze przyjmuje się rozwiązanie najbliższe wartości dopuszczalnej od strony bezpiecznej.
- 5) Ocena danego wariantu konstrukcji to wypadkowa wszystkich kryteriów z uwzględnieniem ich wag.

Tak zdefiniowane zadanie jest praktycznie nierealizowalne w obecnie istniejącym oprogramowaniu z uwagi na ograniczenia czasowe. Każdy wariant wymagałby ręcznej generacji nowego modelu 3D, co czyniłoby takie podejście bardzo nieefektywnym.

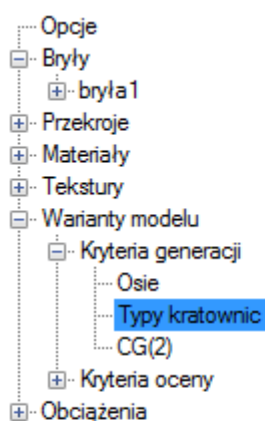
Aby móc w racjonalnym czasie rozwiązać postawione zadanie potrzebny jest program, który jest w stanie tworzyć modele konstrukcji w sposób parametryczny. Takim programem jest IntelForm, w którym w prosty sposób można tworzyć tak zdefiniowane konstrukcje(jak również wiele innych, bardziej skomplikowanych modeli).

Kryteria generacji definiowane są w wydzielonej gałęzi węzła Warianty modelu – poniżej przykładowa definicja dla osi konstrukcji oraz typów kratownic



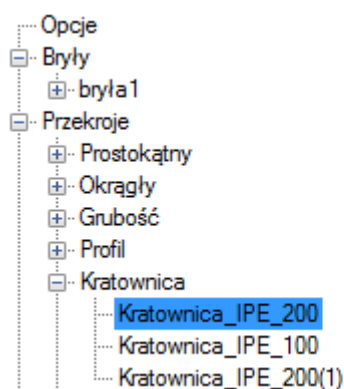
Kryteria generacji

Nazwa	OsieX
Grupa	Dach
Parametr	Ilość osi(X)
Wartość minimalna	4
Wartość maksymalna	7
Krok	1



Kryteria generacji

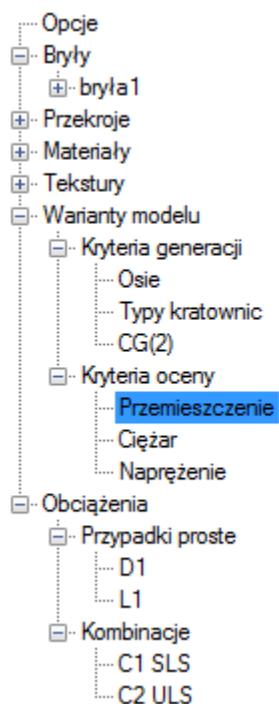
Nazwa	Typy kratownic
Grupa	Dach
Parametr	Przekrój belki(Y)
Nazwa przekroju	☐ R40*30 ☐ R60*40 ☐ R120*80 ☐ R8*14 ☐ R10*10 ☐ R100*40 ☐ IPE_100 ☐ IPE_200 ☐ IPE_600 ☐ HEA_1000 ☐ UPN_300 ☒ Kratownica_IPE_200 ☐ Kratownica_IPE_100 ☐ IPE_120 ☒ Kratownica_IPE_200(1)



Przekroje

Nazwa przekroju	Kratownica_IPE_200
Górný pas	IPE_200
Dolny pas	IPE_200
Słup	IPE_200
Przekątna	IPE_100
Przekątne	Skrzyżowane

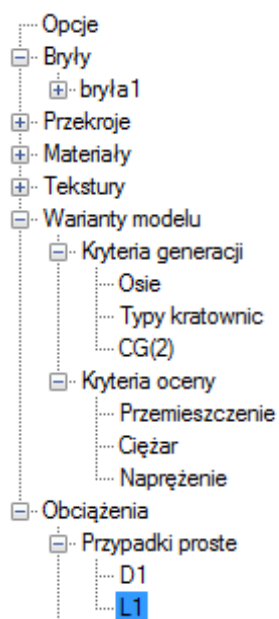
Kryteria oceny definiowane są w wydzielonej gałęzi węzła Warianty modelu – poniżej przykładowa definicja dla dopuszczalnych wartości przemieszczeń. W przypadku kryteriów wytrzymałościowych program umożliwia zdefiniowanie obciążenia poprzez wybór odpowiedniej kombinacji obciążeń



Kryteria oceny

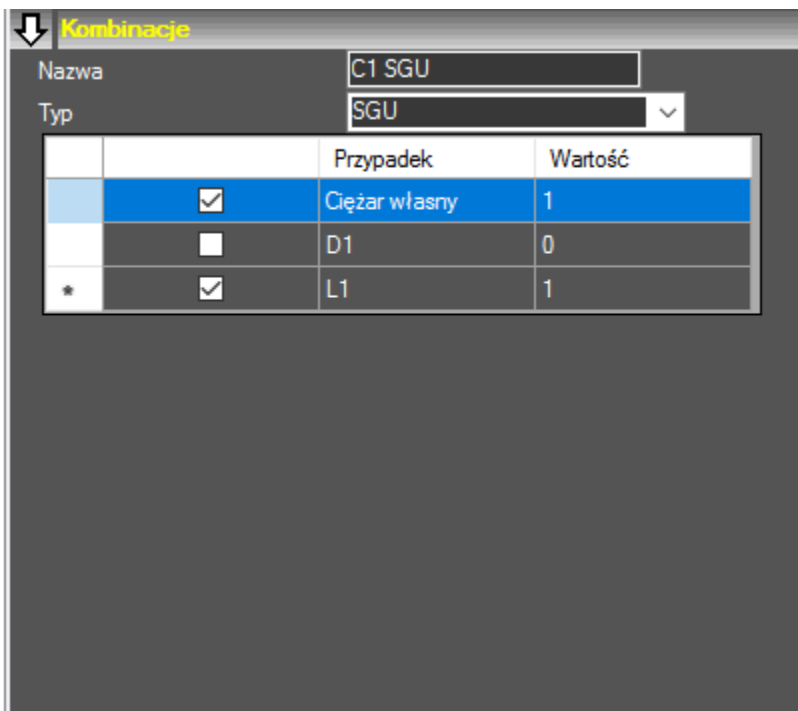
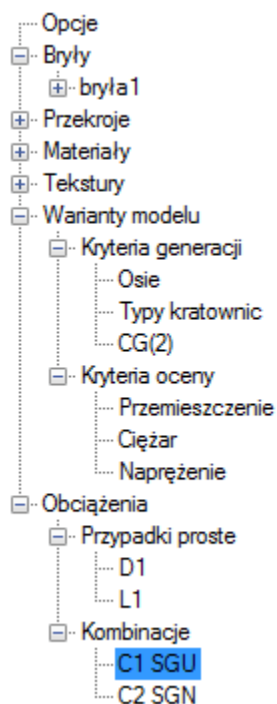
Nazwa	Przemieszczenie
Kryterium	Przemieszczenie dop.
Przypadek	C1 SLS
Waga	1
Wartość	50 [mm]

☐ Uwzględnij offsety

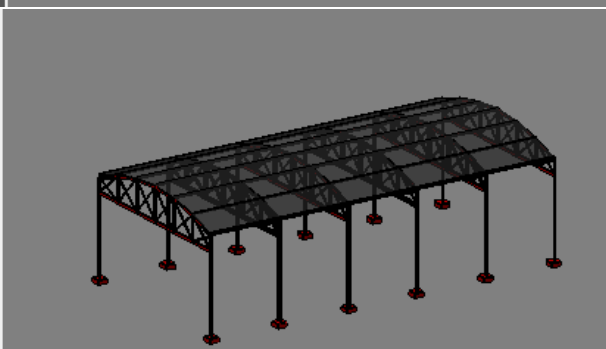
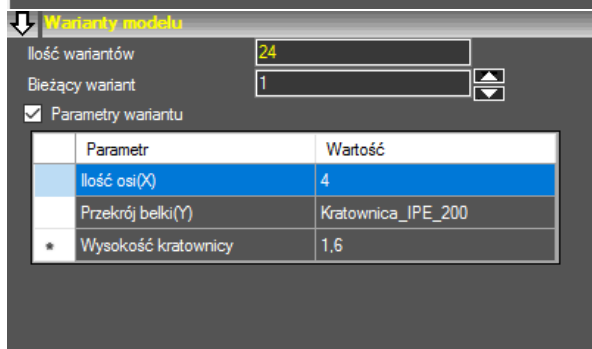
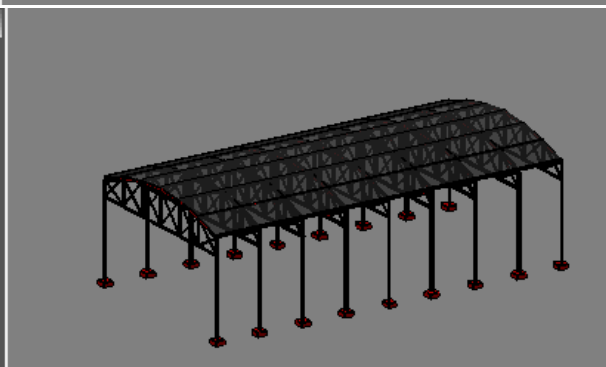
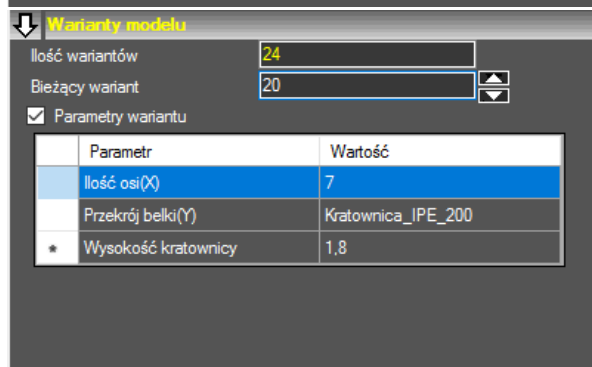
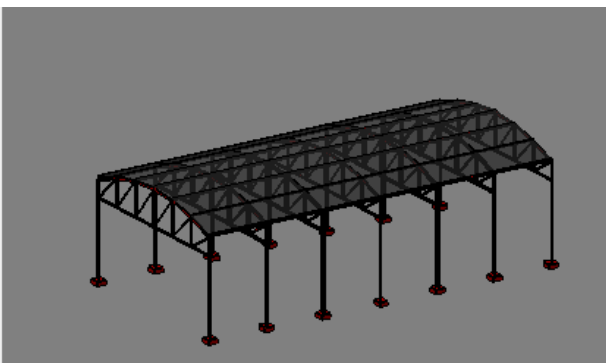
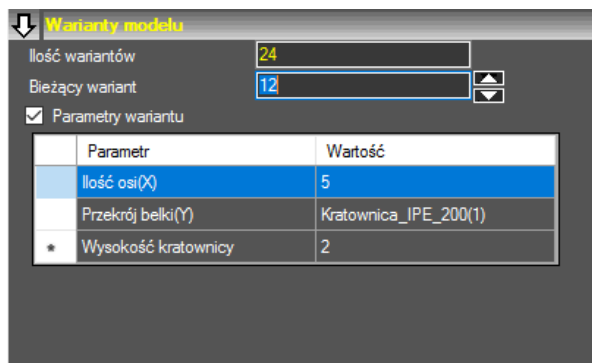


Przypadki proste

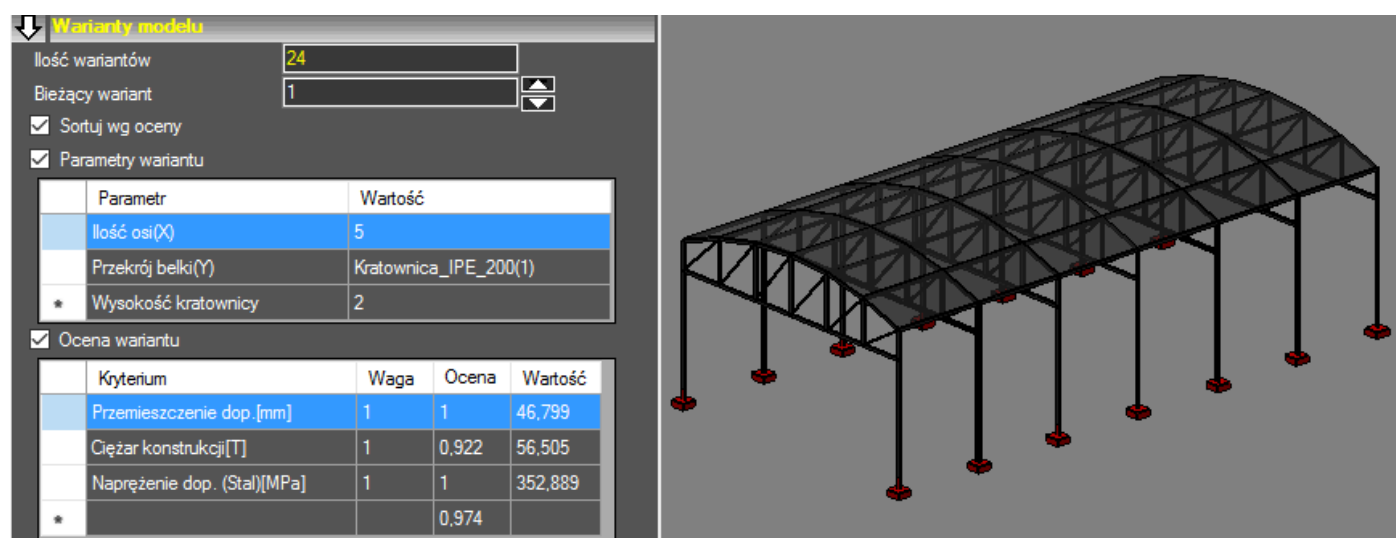
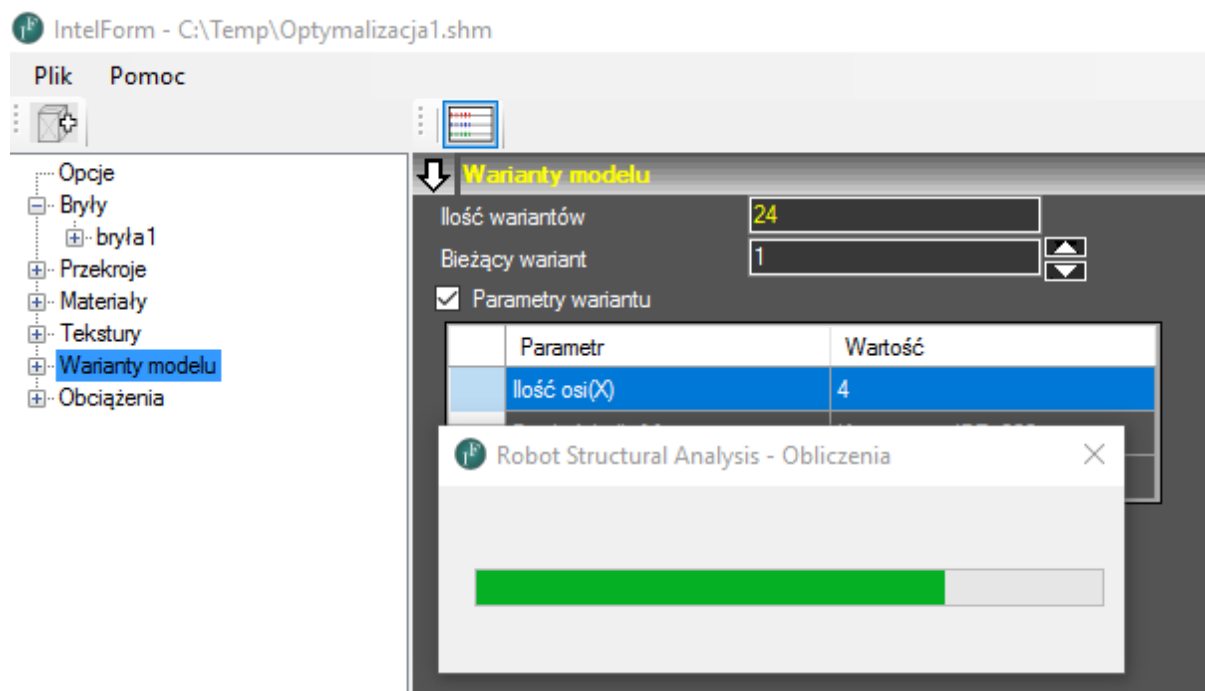
Nazwa	L1
Natura	Eksploatacyjne
Typ	Dach
Wartość	2 [kN/m2]



Poniżej zostało przedstawionych kilka z wygenerowanych automatycznie wariantów. Wizualizację kolejnych wariantów w czasie rzeczywistym można uzyskać poprzez zmianę numeru bieżącego wariantu.



Ostatnim etapem jest uruchomienie opcji porównywania wariantów i wyświetlenie wyników. W przypadku kryteriów wytrzymałościowych w tle uruchamiany jest silnik programu Autodesk Robot Structural Analysis. W przedstawianym przykładzie ocena pojedynczego wariantu trwa kilka sekund (wygenerowanie konstrukcji w Robocie, obliczenia, ściągnięcie rezultatów), zatem finalny wynik optymalizacji w chwili obecnej otrzymujemy po około 4 minutach. (procesor i7-4790).



Dzięki opcji „Sortuj wg oceny” warianty można automatycznie uszeregować od najlepszego do najgorszego rozwiązania. Jako najbardziej optymalny został wybrany wariant z 5-cioma wewnętrznymi kratownicami z pojedynczymi stężeniami o wysokości kratownicy 2m. Różnica między najlepszym a najgorszym dopuszczalnym rozwiązaniem to ok. 45% jeśli chodzi o finalny wskaźnik oceny przy różnicy ciężaru ok. 9 ton. Łżejsze konstrukcje zostały odrzucone z uwagi na niespełnienie warunków wytrzymałościowych.

Warianty modelu

Ilość wariantów: 24

Bieżący wariant: 18

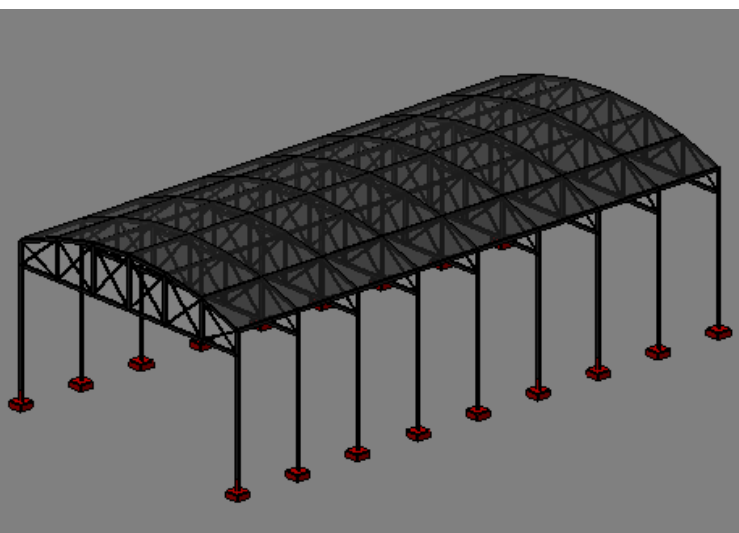
☒ Sortuj wg oceny

☒ Parametry wariantu

Parametr	Wartość
Ilość osi(X)	7
Przekrój belki(Y)	Kratownica_IPE_200
* Wysokość kratownicy	1,6

☒ Ocena wariantu

Kryterium	Waga	Ocena	Wartość
Przemieszczenie dop.[mm]	1	0,687	32,151
Ciężar konstrukcji[T]	1	0,793	65,702
Napężenie dop. (Stal)[MPa]	1	0,539	190,332
*		0,673	



Warianty modelu

Ilość wariantów: 24

Bieżący wariant: 19

☒ Sortuj wg oceny

☒ Parametry wariantu

Parametr	Wartość
Ilość osi(X)	4
Przekrój belki(Y)	Kratownica_IPE_200
* Wysokość kratownicy	1,6

☒ Ocena wariantu

Kryterium	Waga	Ocena	Wartość
Przemieszczenie dop.[mm]	1	0	65,754
Ciężar konstrukcji[T]	1	0,977	53,324
Napężenie dop. (Stal)[MPa]	1	0	521,749
*		0	

