

# Politechnika Gdańska

## Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa

### Optymalizacja wytrzymałościowa metalowych konstrukcji cienkościennych - laboratorium

## **SPRAWOZDANIE**

### ZADANIE 2 - Optymalizacja blachownicy

prowadzący laboratorium:  
mgr inż. Jakub Baurecza

Sprawozdanie wykonała:  
Sławomir Gwizdała  
Semestr: 4 magisterski  
Kierunek: Oceanotechnika i Okrętownictwo  
Specjalność: Projektowanie statków specjalnych  
i urządzeń oceanotechnicznych  
Typ studiów: niestacjonarne  
Rok akademicki: 2016/2017

Nr zadania: 11

# Spis treści

<u>Spis treści.....</u>	<u>2</u>
<u>1.Wstęp.....</u>	<u>3</u>
<u>1.1.Geometria blachownicy.....</u>	<u>3</u>
<u>1.2.Dane wejściowe.....</u>	<u>3</u>
<u>1.3.Model obliczeniowy.....</u>	<u>3</u>
<u>2.Analiza numeryczna.....</u>	<u>4</u>
<u>2.1.Analiza statyczna.....</u>	<u>4</u>
<u>2.2.Wariant 1.....</u>	<u>5</u>
<u>2.1.1 Ustawienia optymalizacji.....</u>	<u>6</u>
<u>2.1.2 Wyniki optymalizacji.....</u>	<u>7</u>
<u>2.2 Wariant 2.....</u>	<u>8</u>
<u>2.2.1 Ustawienia optymalizacji.....</u>	<u>9</u>
<u>2.2.2 Wyniki optymalizacji.....</u>	<u>10</u>
<u>3.Porównanie wyników oraz wnioski.....</u>	<u>11</u>

# 1. Wstęp

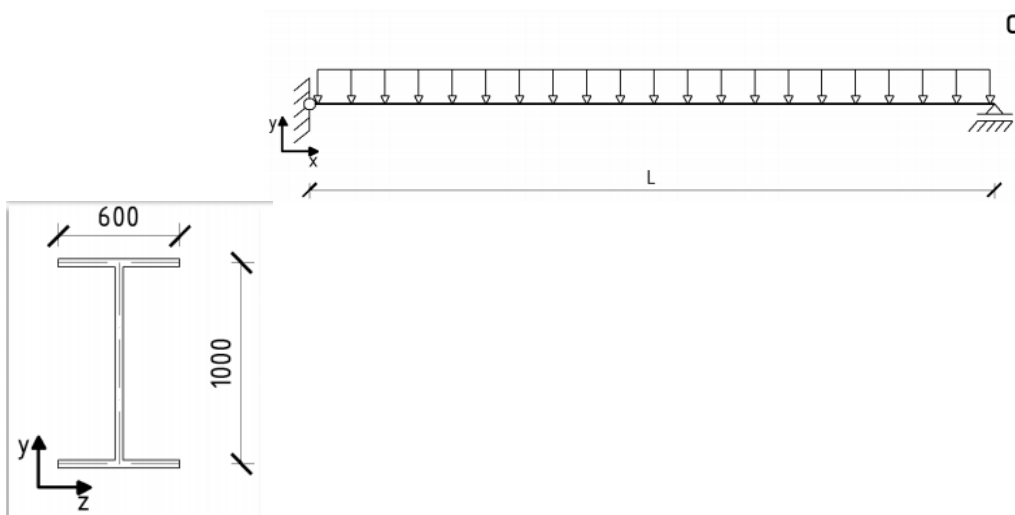
Celem ćwiczenia jest dobranie grubości blach pól i średnika tworząc blachownicę o przekroju dwuteowym, aby jej masa była minimalna, dla dwóch wariantów dodatkowych wymagań

- a) maksymalne ugięcie dowolne
- b) maksymalne ugięcie mniejsze o 50% od wartości uzyskanej w wariancie a)

W ramach zadania należało wykonać analizy numeryczne z wykorzystaniem modułu optymalizacji w programie FEMAP. Dla każdego wariantu został sformułowany problem optymalizacji, zidentyfikowano wartości maksymalnych przemieszczeń, ich kierunek oraz węzły. a także dokonano oceny stanu naprężeń i stanu przemieszczeń. Na koniec zostały porównane wyniki dwóch wariantów.

## 1.1. Geometria blachownicy

Rys.1. Geometria blachownicy



## 1.2. Dane wejściowe

$$n = 11$$

$$L = 10 - 0,1 \cdot n' = 8,9 \text{ [m]}$$

$T = 40 \text{ [mm]}$  początkowa grubość elementów

Materiał stal ST345

$$n' = \begin{cases} n & \text{dla } n < 20 \\ n - 19 & \text{dla } n \geq 20 \end{cases}$$

n- numer przydzielony na liście studentów

## 1.3. Model obliczeniowy

Model obliczeniowy został wykonany wg schematu (rys1.) oraz zadanych danych wejściowych (pkt. 1.2) w programie FEMAP

## 2. Analiza numeryczna

Analizę numeryczną wykonano w programie FEMAP.

### 2.1. Analiza statyczna

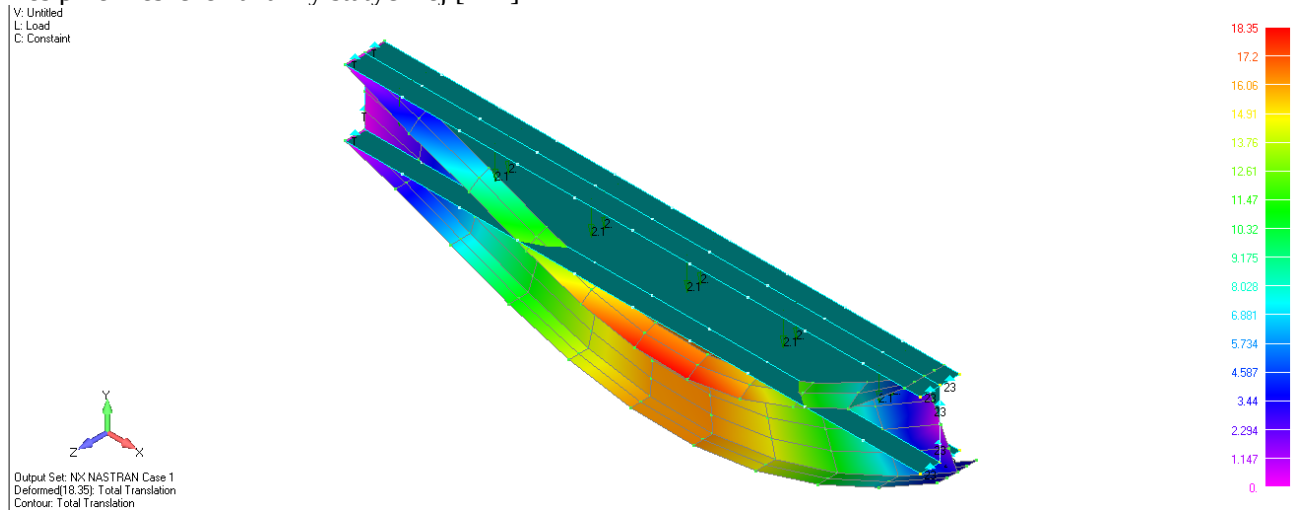
Grubość pólki i średnika  $T = 40$  mm

Masa całkowita konstrukcji = 8 017 kg

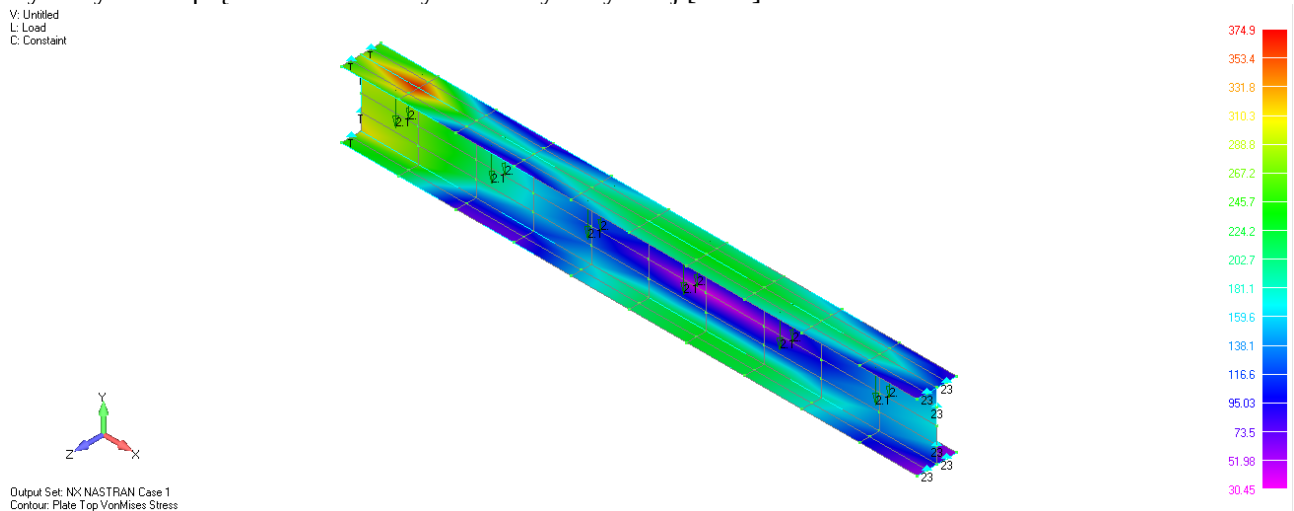
Podczas analizy statycznej modelu przemieszczenia maksymalne wyniosły 18,35 mm w węźle nr 66 i 78 na kierunku OY

Największe naprężenia zredukowane znajdują się w węźle nr 84 i wynoszą 333,74 MPa, zaś najmniejsze w węźle nr 9 i wynoszą 23,11 MPa

Rys. Wykres przemieszczeń analizy statycznej [mm]



Rys. Wykres naprężeń zredukowanych analizy statycznej [MPa]



### 2.2. Wariant 1

W wariantcie 1 należało dobrać grubość blach pólki i średnika wszystkich elementów skończonych o jednakowej grubości

Funkcja celu i wektor zmiennych projektowych:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n T_i * A_i * \rho$$

$$\bar{\mathbf{x}} = \begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ \vdots \\ T_n \end{Bmatrix} \quad T_i = T = \text{const}$$

Ograniczenia:

- stan wyężenia materiału od -345 do + 345 MPa

Dla wyznaczonej wartości  $T = \text{const}$  zidentyfikować wartość maksymalnego przemieszczenia, jego kierunek oraz numer odpowiadajacemu mu węzła

$$\delta_{mk} = \delta_{\max},$$

m - numer węzła,

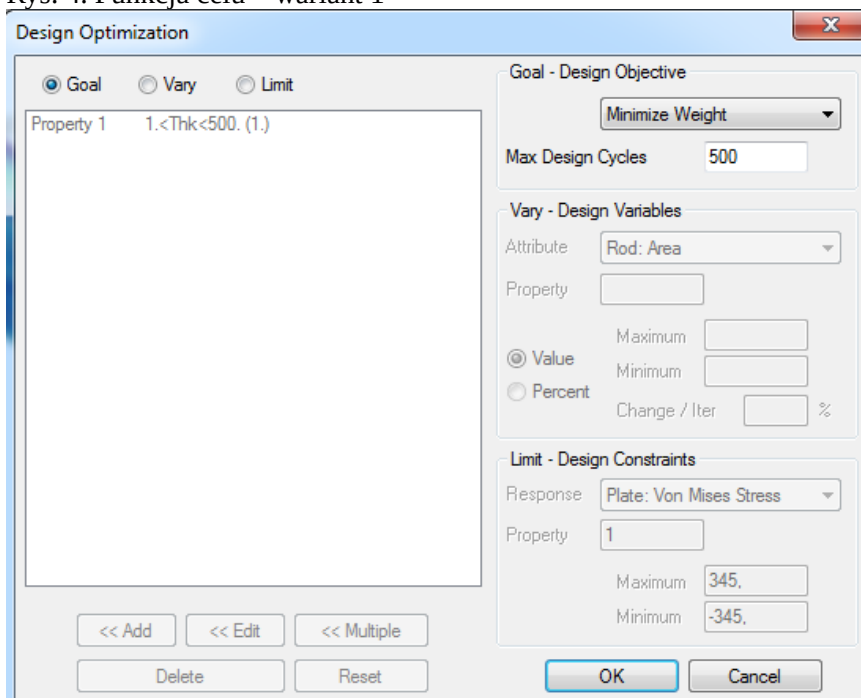
k - indeks kierunku

W analizie zostały pominięte elementy podporowe, w których dochodzi do koncentracji naprężeń

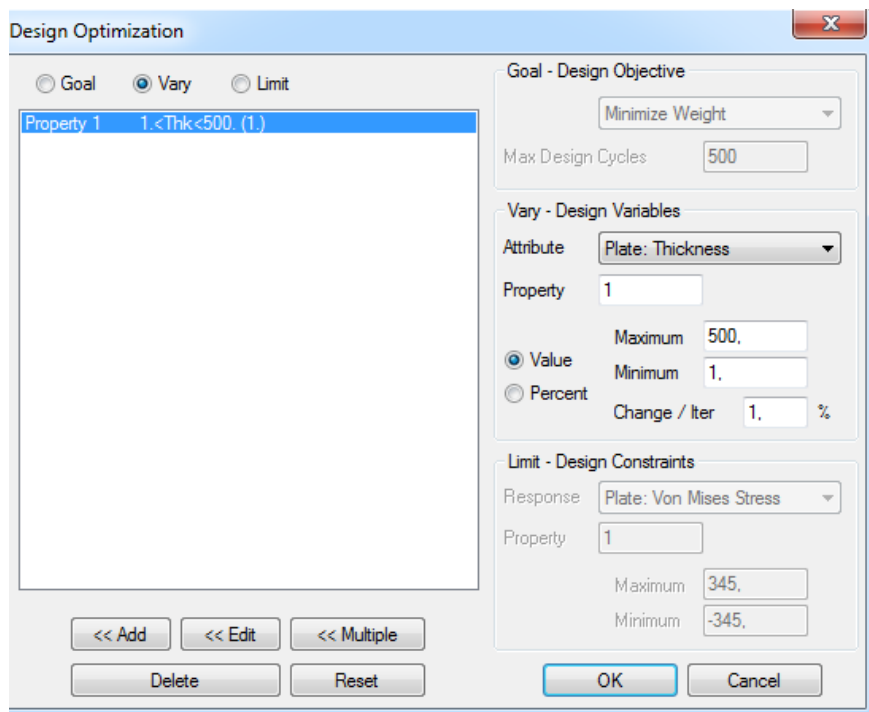
### 2.1.1 Ustawienia optymalizacji

Na poniższych rysunkach zostały przedstawione ustawienia optymalizacji w programie.

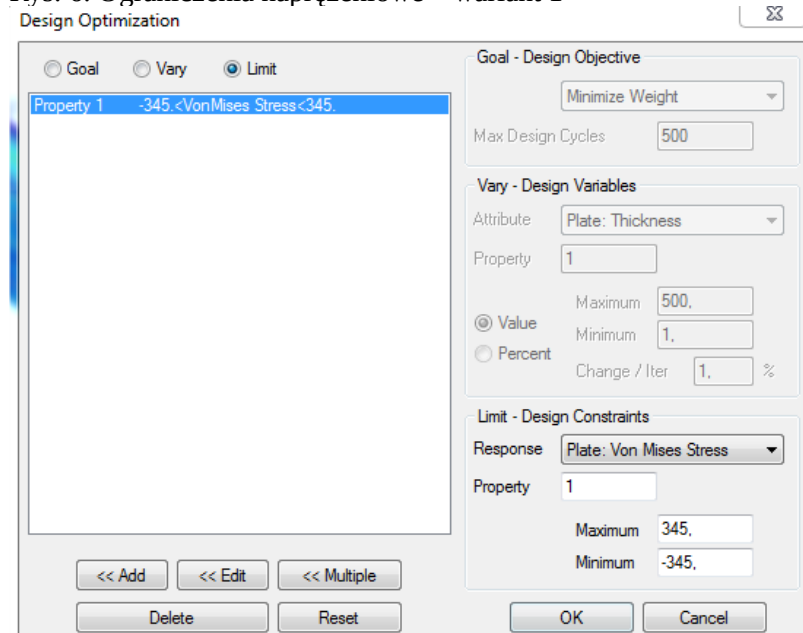
Rys. 4. Funkcja celu – wariant 1



Rys.5. Zmienna oraz jej zakres – wariant 1



Rys. 6. Ograniczenia naprężeniowe – wariant 1



### 2.1.2 Wyniki optymalizacji

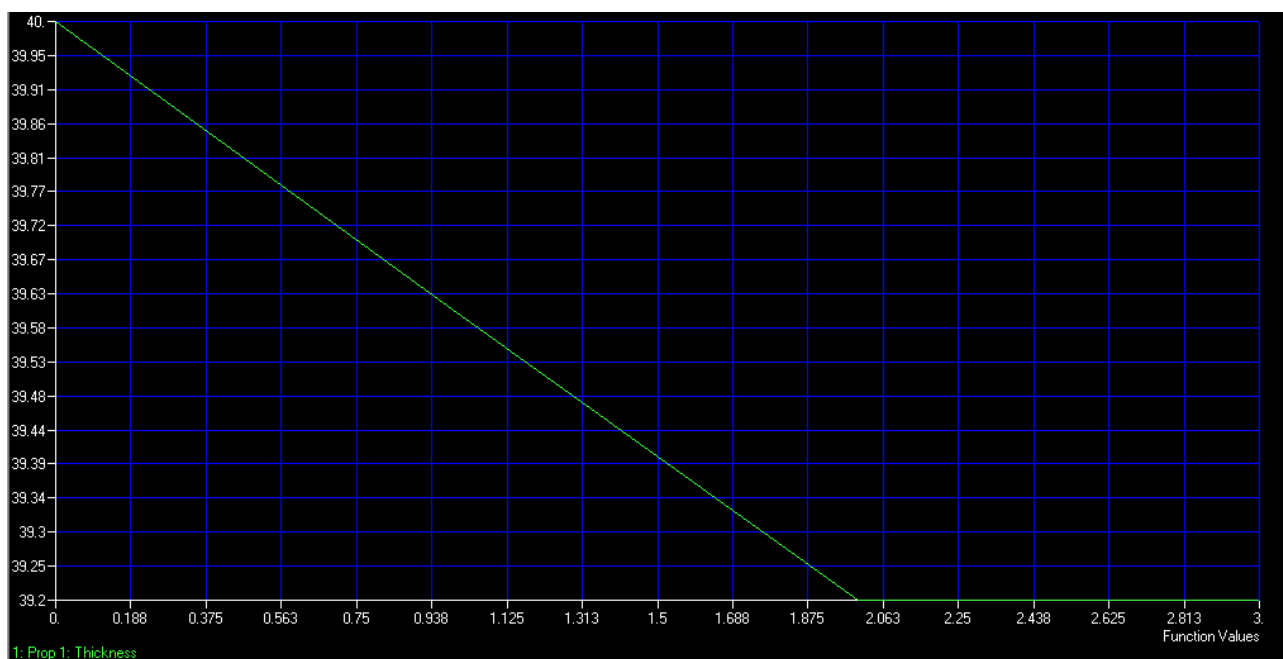
Grubość pólki i średnika  $T = 39,2 \text{ mm}$

Masa całkowita konstrukcji = 7856,8 kg

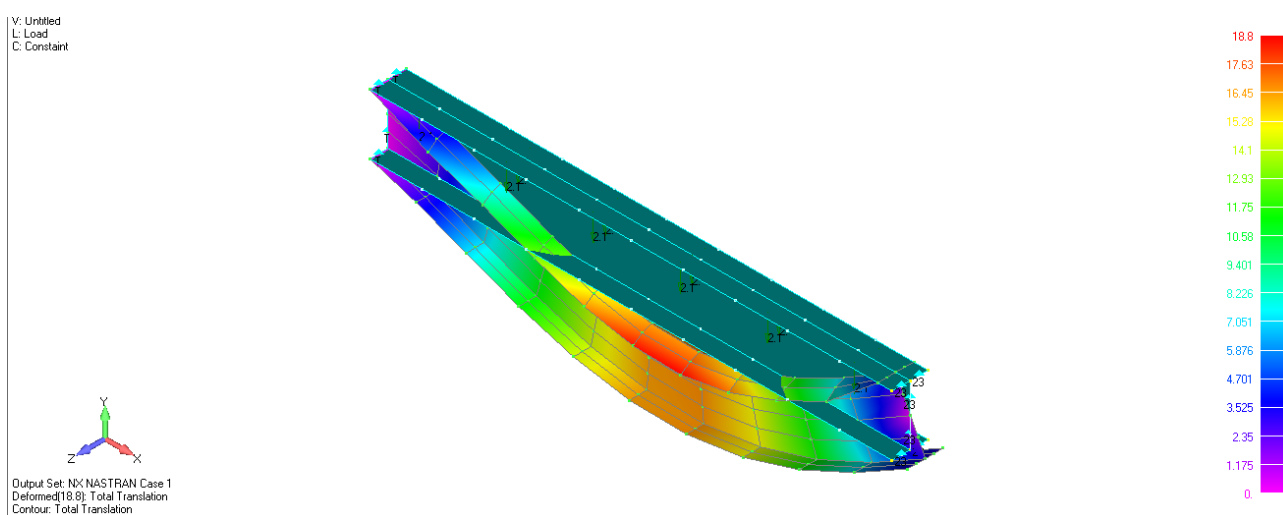
Podczas analizy statycznej modelu przemieszczenia maksymalne wyniosły 18,75 mm w węźle nr 66 i 78 na kierunku OY

Największe naprężenia zredukowane znajdują się w węźle nr 84 i wynoszą 340,02 MPa, zaś najmniejsze w węźle nr 9 i wynoszą 23,57 MPa

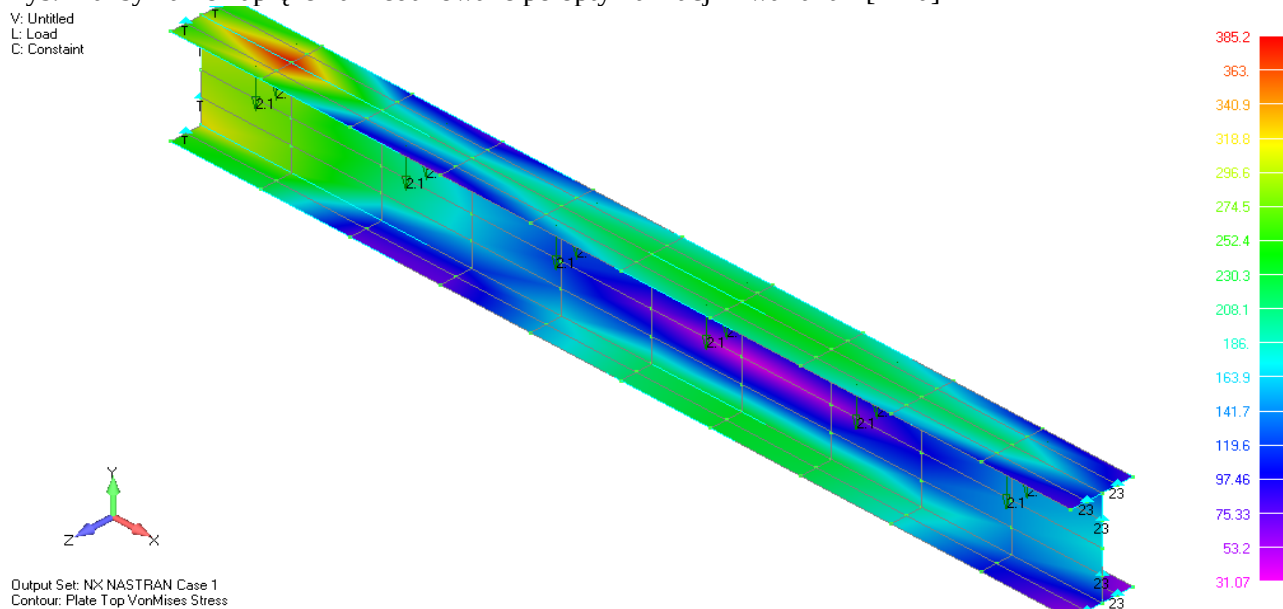
Rys. Wykres przeprowadzonych iteracji – wariant 1



Rys. Wykres przemieszczeń po optymalizacji – wariant 1 [mm]



Rys. Maksymalne naprężenia zredukowane po optymalizacji – wariant 1 [MPa]



## 2.2 Wariant 2

W wariantcie 1 należało dobrać grubość blach pól i średnika wszystkich elementów skończonych o jednakowej grubości

Funkcja celu i wektor zmiennych projektowych:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n T_i * A_i * \rho$$

$$\bar{x} = \begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ \vdots \\ T_n \end{Bmatrix} \quad T_i = T = const$$

Ograniczenia:

- stan wyężenia materiału od -345 do + 345 MPa
- przemieszczenia danego węzła w połączeniu ze średnikiem w środku rozpiętości l

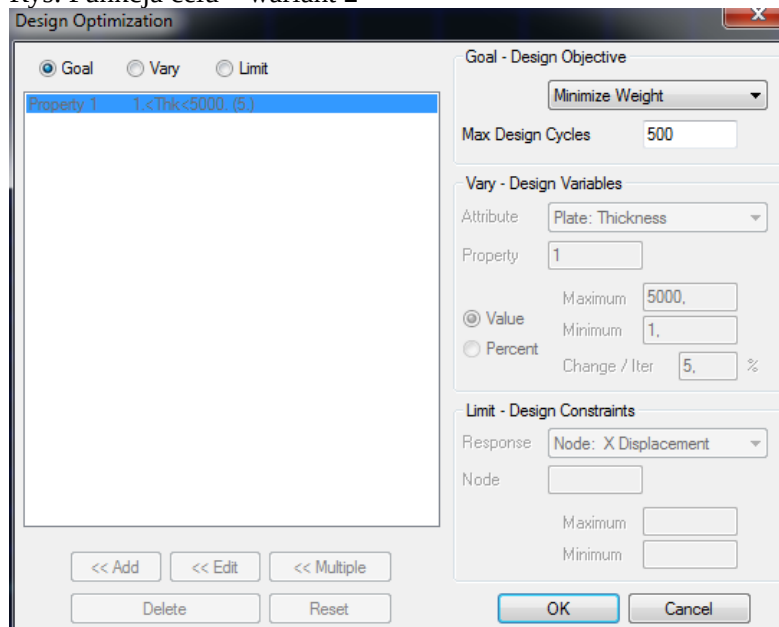
$$\delta m k \leq \delta m a x = \frac{\delta m a x}{2} = \frac{18}{2} = -9 [mm]$$

( $\delta_{max}$  - wartość z analizy statycznej)

### 2.2.1 Ustawienia optymalizacji

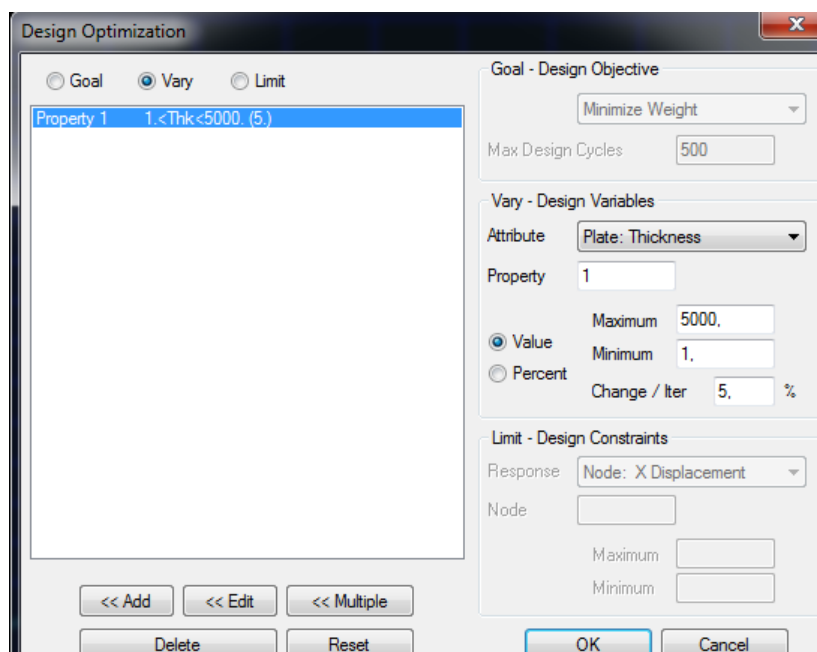
Na poniższych rysunkach zostały przedstawione ustawienia optymalizacji w programie.

Rys. Funkcja celu – wariant 2

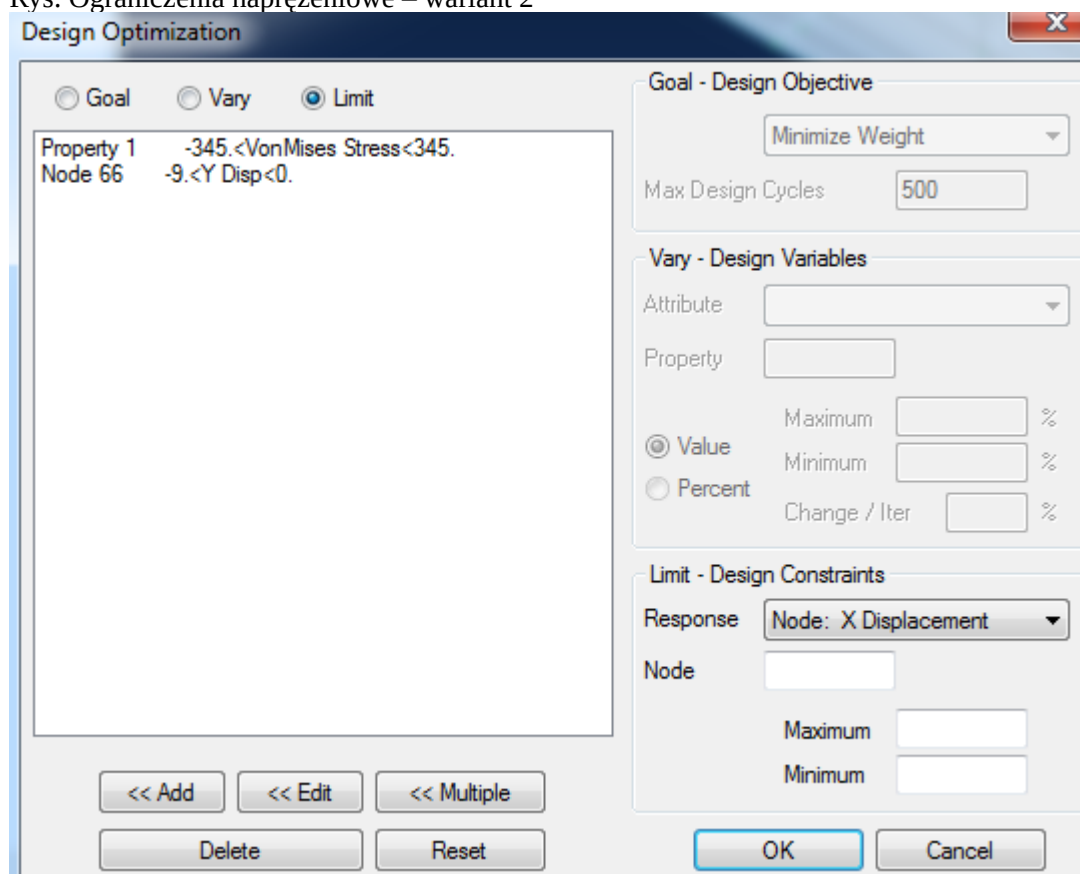


Rys. Zmienna oraz jej zakres – wariant 2





Rys. Ograniczenia naprężeniowe – wariant 2



### 2.2.2 Wyniki optymalizacji

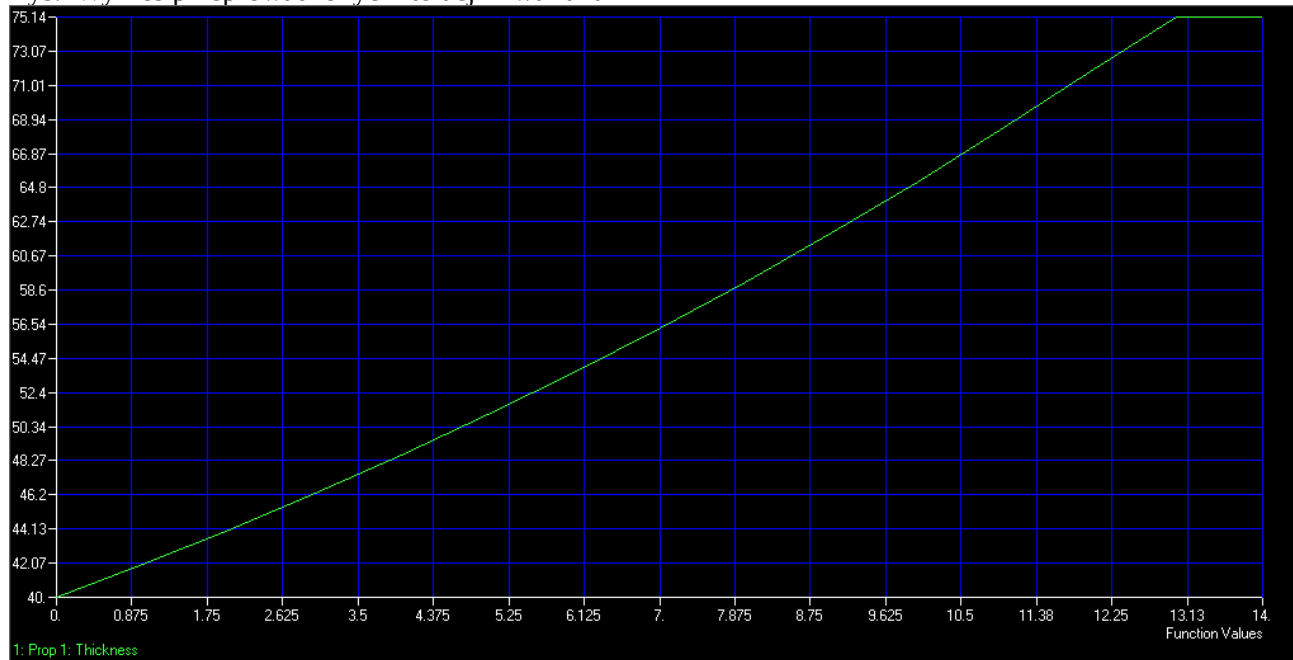
Grubość pólki i średnica  $T = 75,14 \text{ mm}$

Masa całkowita konstrukcji = 15060 kg

Podczas analizy statycznej modelu przemieszczenia maksymalne wyniosły 9mm w węźle nr 66 i 78 na kierunku OY

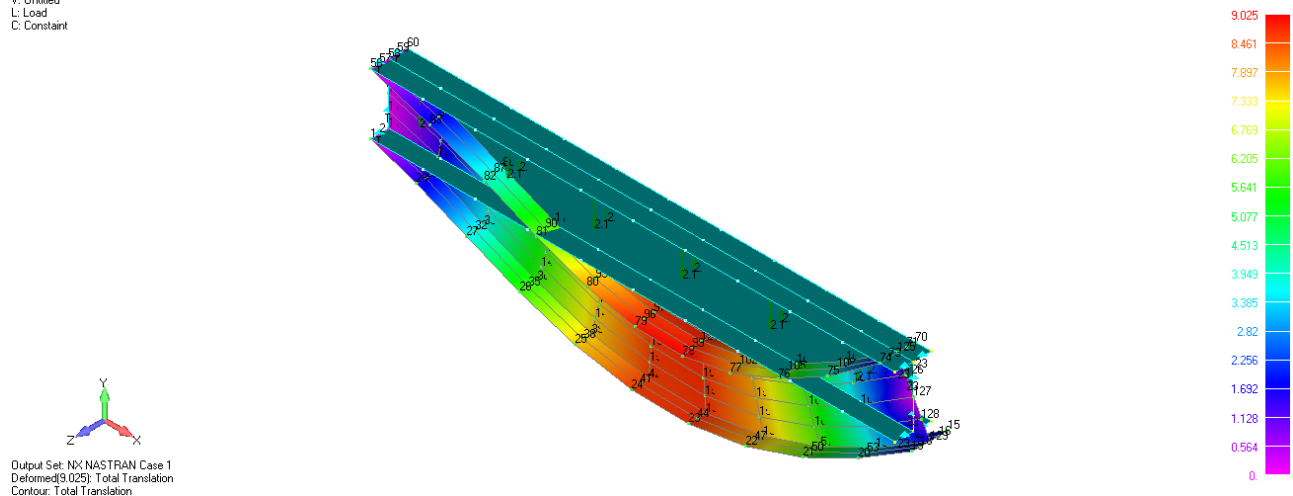
Największe naprężenia zredukowane znajdują się w węźle nr 84 i wynoszą 197,11 MPa, zaś najmniejsze w węźle nr 9 i wynoszą 14,02 MPa

Rys. Wykres przeprowadzonych iteracji – wariant 2



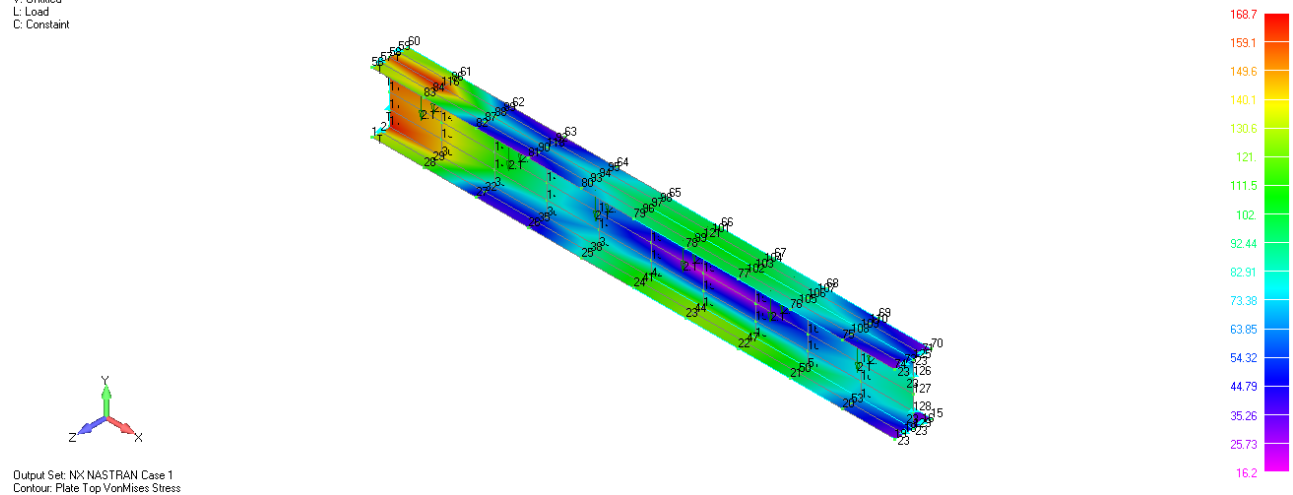
Rys. Wykres przemieszczeń po optymalizacji – wariant 2 [mm]

V: Unfilled  
L: Load  
C: Constraint



Rys. Maksymalne naprężenia zredukowane po optymalizacji – wariant 1 [MPa]

V: Unfilled  
L: Load  
C: Constraint



## 1. Porównanie wyników oraz wnioski

W poniższej tabeli zestawiono główne parametry konstrukcji przed optymalizacją (analiza

statyczna- model podstawowy) oraz po optymalizacji (wariant 1 i wariant 2)

Parametr	Analiza statyczna	Wariant 1	Wariant 2
grubosci póllek i średnika [mm]	40	42,38	75,14
masa całkowita [kg]	8 017,20	7 856,86	15060,31
przemieszczenia max [mm]	18,35	18,75	10,02
max naprężenia zredukowane [MPa]	333,74	340,02	197,11
minimalne naprężenia zredukowane [MPa]	23,11	23,57	14,02

- Największe przemieszczenia dla wszystkich modeli znajdują się w węźle nr 66 i 78, na kierunku OY.
- Największa grubość profilu blachy po procesie optymalizacji (wariant2) jest o ok.46% większa od modelu podstawowego
- Masa całkowita blachownicy jest o ponad połowę większa dla wariantu 2 i wynosi 15 225 kg, zaś dla wariantu 1 wynosi 8694,1 kg i jest ona nieznacznie mniejsza od modelu wyjściowego
- Wartość największego przemieszczenia po procesie optymalizacji dla wariantu 1 wynosi - 18,75 mm, zaś dla wariantu 2 wynosi 10,02 mm i jest ona o połowę mniejsza od modelu podstawowego
- Największe, maksymalne naprężenia występują w wariantcie podstawowym i wynoszą 356,52 MPa, po ograniczeniu stanu wyężenia materiału nieznacznie one maleją (wariant 1) i są one o ok. 3% mniejsze. Dla wariantu 2 są one o około 45% mniejsze w porównaniu z modelem bez ograniczeń oraz z modelem z ograniczeniami tylko naprężeniowymi.
- Najmniejsze, minimalne naprężenia występują w wariantcie 2 i wynoszą 14,02 MPa. W modelu po optymalizacji tylko ograniczeniem stanu wyężenia materiału (wariant 1) naprężenia minimalne nieznacznie maleją (o niecałe 1,39 MPa) w porównaniu do modelu bazowego.
- Wprowadzenie do modelu optymalizacji ograniczeń tylko naprężeniowych (dotyczących stanu wyężenia materiału od -345 do +345MPa), nieznacznie poprawia jej parametry maksymalnych przemieszczeń oraz maksymalnych i minimalnych naprężeń. Masa konstrukcji także nieznacznie się zwiększa. Dopiero nałożenie dodatkowych ograniczeń w postaci zmniejszonego o połowę maksymalnego przemieszczenia konstrukcji znacznie redukuje naprężenia i przemieszczenia (aż o ok.50%), ale kosztem zwiększenia masy konstrukcji
- Im większa jest grubość profilu konstrukcji tym większa jest jej masa, co jest równoważne ze zwiększeniem jej kosztów
- Zwiększenie masy konstrukcji poprzez zastosowanie grubszych profili czyni ją bardziej stabilną oraz zmniejsza przemieszczenia a także wartość występujących w niej naprężeń zredukowanych