

|                            |                                                                                                                                      |                                                                                                                     |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BIURO<br/>PROJEKTÓW</b> | <br><b>INFRAPROJEKT S.C.</b><br>www.infraprojekt.pl | <b>INFRAPROJEKT s.c.</b><br>41-500 Chorzów<br>ul. Dworcowa 1/7<br>T/F: +48 32 241 56 62<br>E: biuro@infraprojekt.pl |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                       |                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TYTUŁ PROJEKTU</b> | <b>OBLICZENIA STATYCZNE PROFILU ALUMINIOWEGO DLA<br/>BALUSTRAD SZKLANYCH NA OBCIĄŻENIE POZIOME:</b><br><br><b>1kN/m (obc. obl. 1,5kN/m)</b><br><br><b>KOTWA W ŚCIANCIE BOCZNEJ PROFILU<br/>(KOTWIENIE BOCZNE)</b> |
| <b>INWESTOR</b>       | UMAKOW Sp. z o.o.<br><br>41-800 Zabrze<br><br>ul. Alojzego Pawliczka 27A                                                                                                                                          |
| <b>STADIUM</b>        | OBLICZENIA STATYCZNE                                                                                                                                                                                              |

| <b>Branża, Funkcja</b>          | <b>Imię i Nazwisko,<br/>Nr uprawnień</b>      | <b>Podpis</b>                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KONSTRUKCYJNA<br><br>Projektant | mgr inż. Marek Sikora<br><br>SLK/5654/PWOK/14 | <b>mgr inż. Marek Sikora</b><br>Uprawnienia budowlane do projektowania<br>oraz kierowania robotami budowlanymi<br>bez ograniczeń w specjalnościach:<br>konstr.-bud. nr SLK/5654/PWOK/14<br>mostowej nr SLK/2375/PWOM/09 |

|                                       |                             |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b>MIEJSCE I DATA<br/>OPRACOWANIA</b> | Chorzów, Październik 2014r. |
|---------------------------------------|-----------------------------|

## Spis treści

|        |                                                                                                                                |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Podstawy opracowania .....                                                                                                     | 3  |
| 2.     | Założenie przyjęte do obliczeń .....                                                                                           | 3  |
| 3.     | Wyznaczenie sił obciążających ścianki profilu.....                                                                             | 3  |
| 4.     | Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe .....                                                                                    | 5  |
| 4.1.   | Model obliczeniowy .....                                                                                                       | 5  |
| 4.2.   | Obciążenia .....                                                                                                               | 6  |
| 4.3.   | Naprężenia w profilu .....                                                                                                     | 8  |
| 4.3.1. | Naprężenia normalne .....                                                                                                      | 8  |
| 4.3.2. | Naprężenia styczne .....                                                                                                       | 11 |
| 4.3.3. | Naprężenia zastępcze .....                                                                                                     | 12 |
| 4.4.   | Deformacja pod wpływem obciążeń .....                                                                                          | 15 |
| 4.5.   | Reakcje i dobór kotwy .....                                                                                                    | 16 |
| 5.     | Wytyczne stosowania profilu .....                                                                                              | 17 |
| 5.1.   | Rysunek profilu .....                                                                                                          | 17 |
| 5.2.   | Wytyczne rozmieszczenia kotew i wkładek (białych i zielonych) przez które przekazywane jest obciążenie na ściany profilu ..... | 17 |

## 1. Podstawy opracowania

### Zlecenie

- Zlecenie firmy UMAKOW Sp. z o.o. z siedzibą w Zabrze przy ul. Alojzego Pawliczka 27A

### Normy

- [1] PN-EN 1991-1-1 Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania ogólne.  
[2] PN-EN 1999-1-1 Projektowanie konstrukcji aluminiowych. Reguły ogólne

### Inne

- system mocowania balustrady szklanej do profilu aluminiowego wraz z wkładkami i uszczelkami przekazany przez firmę UMAKOW Sp. z o.o.

## 2. Założenie przyjęte do obliczeń

Dane materiałowe profilu:

|                                                  |                                 |
|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| Stop EN-AW:                                      | 6063                            |
| Rodzaj wyrobu:                                   | Kształtownik wyciskany EP;      |
| Odmiana:                                         | T6;                             |
| Wymagana minimalna umowna granica plastyczności: | $f_0 = 160 \text{ MPa}$ (6063); |
| Częściowy współczynnik bezpieczeństwa materiału: | $\gamma_M = 1,10$               |
| Moduł sprężystości:                              | $E = 70 \text{ GPa}$            |

Założenia modelu obliczeniowego:

- wysokość balustrady równa wysokości tafli szklanej wystającej z profilu wynosi 1,10m.
- obciążenie z balustrady szklanej przekazywane jest na ścianki profilu poprzez wkładki z tworzywa sztucznego rozmieszczonymi zgodnie z wytycznymi producenta – szkic wytycznych rozmieszczenia wkładek podano w pkt. 5.2;
- rozmieszczenie kotew w dolnej blasze co 25cm;
- obliczenia statyczne przeprowadzono na modelu bryłowym, metodą elementów skończonych w zakresie sprężystym;
- wytrzymałość profilu sprawdzono porównując naprężenia maksymalne z dopuszczalnymi – przypadek ogólny.

Niniejsze obliczenia statyczne nie weryfikują zamocowania tafli szklanej w profilu oraz nośności samej tafli. Weryfikowana jest jedynie nośność profilu aluminiowego, na który działa obciążenie wywołane parciem na pochwyt balustrady.

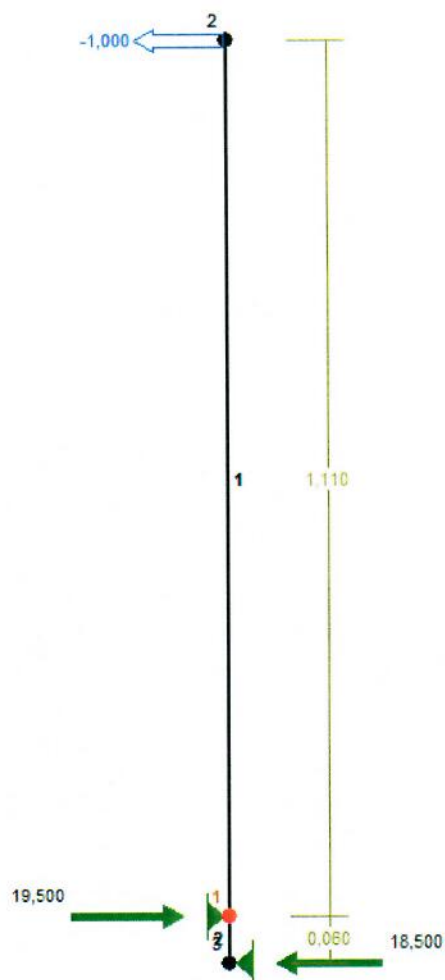
W obliczeniach nie uwzględniono parcia wiatru – balustrady usytuowane będą wewnątrz budynku.

## 3. Wyznaczenie sił obciążających ścianki profilu.

### Zestawienie obciążeń

| Lp | Opis obciążenia                                           | Obc. char. kN/m | $\gamma_f$ |
|----|-----------------------------------------------------------|-----------------|------------|
| 1. | Ciężar płyt szklanej [25,0kN/m <sup>3</sup> ·0,02m·1,20m] | 0,60            | 1,35       |
|    | Obciążenie na wkładkę [0,60kN/m·1,0m/4/0,1m]              | 1,50            | 1,35       |
|    | Obciążenie na 1 krawędź wkładki 1,50kN/m / 2              | 0,75            | 1,35       |
| 2. | Obciążenie poziome (Kategoria użytkowania C3) [1,000kN/m] | 1,00            | 1,50       |

# SCHEMAT



Wyznaczenie sił działających na wkładki przenoszące obciążenie na ścianki profilu (obciążenia charakterystyczne):

- wkładka biała (szerokość 100mm):

$P_2 = H_2 \times 2,5 / (0,1 \times n) = 19,5 \times 2,5 / (0,1 \times 10) = 48,75 \text{ kN/m}$  – obciążenie naporem na balustradę  
gdzie:

n – liczba wkładek na długości 2,5m – przyjęto 10 szt.

- wkładka zielona (szerokość 65mm):

$P_1 = H_1 \times 2,5 / (0,1 \times n) = 18,5 \times 2,5 / (0,065 \times 10) = 71,15 \text{ kN/m}$  – obciążenie naporem na balustradę  
gdzie:

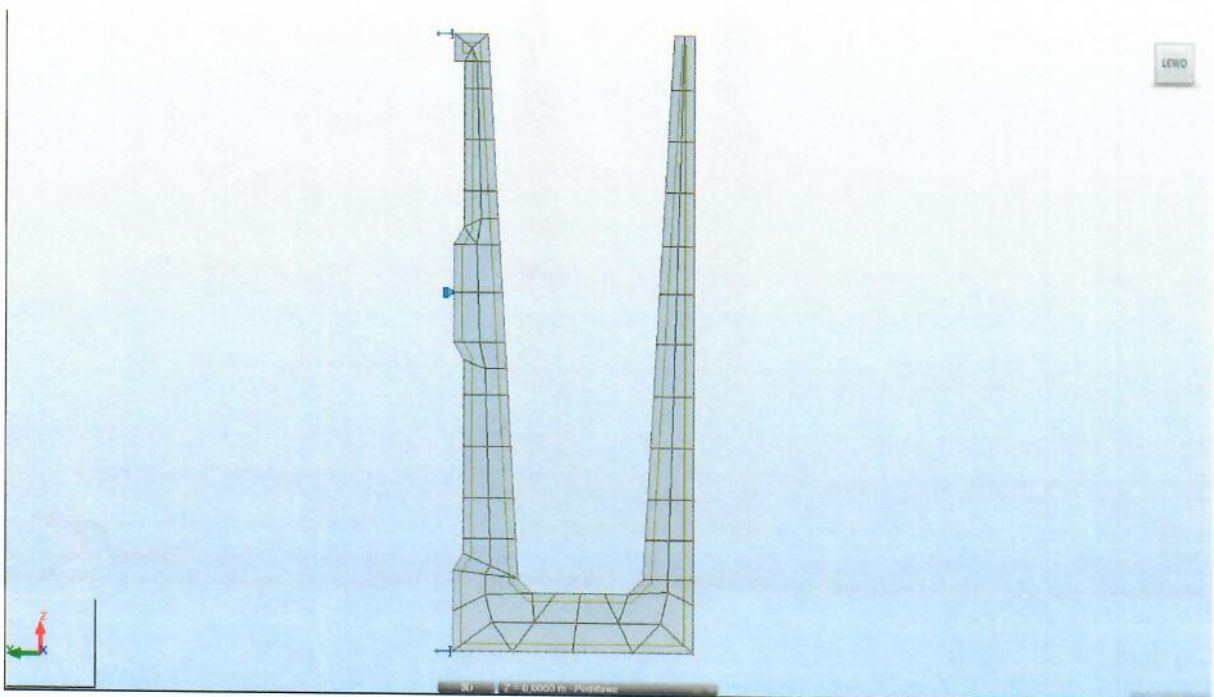
n – liczba wkładek na 2,5 mb – przyjęto 10 szt.



#### 4. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

##### 4.1. Model obliczeniowy

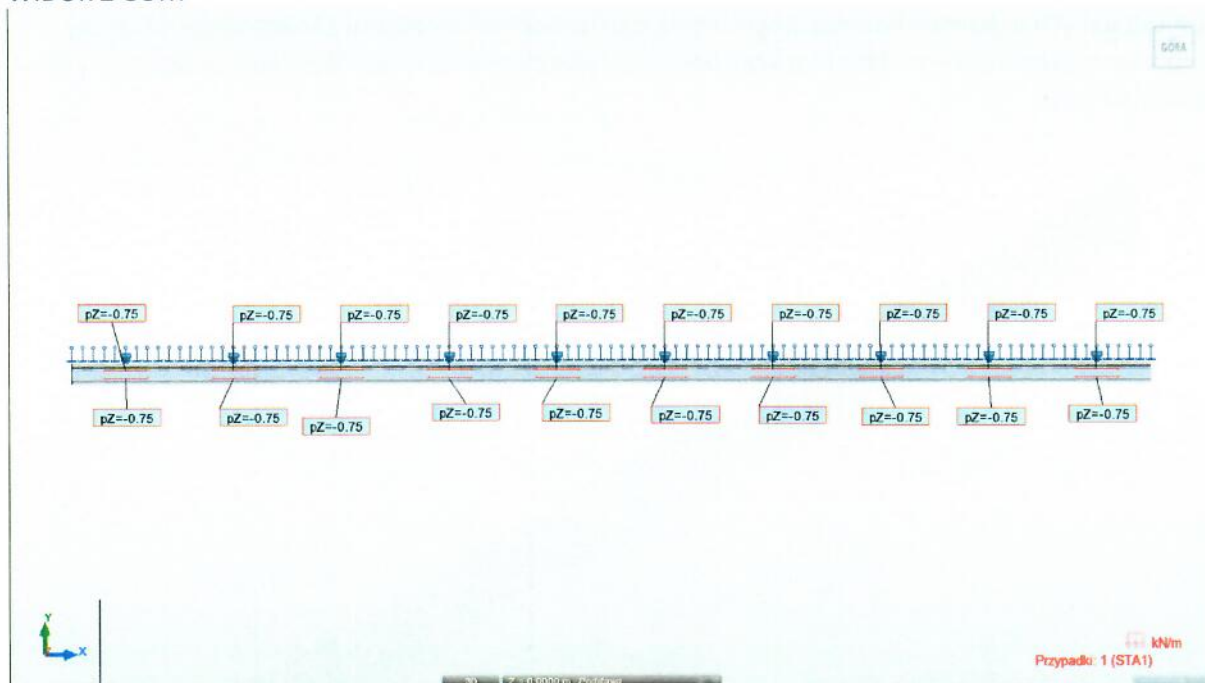
Profil został zamodelowany w programie obliczeniowym jako konstrukcja objętościowa złożona z bryłowych elementów skończonych. Konstrukcja kotwiona jest do stropu za pomocą śrub/kotew usytuowanych w ścianie bocznej. Pogrubienia ścianki bocznej zlicowane z konstrukcją do której mocowany jest profil – zostało to uwzględnione podparciem podporami liniowymi przenoszącymi jedynie docisk.



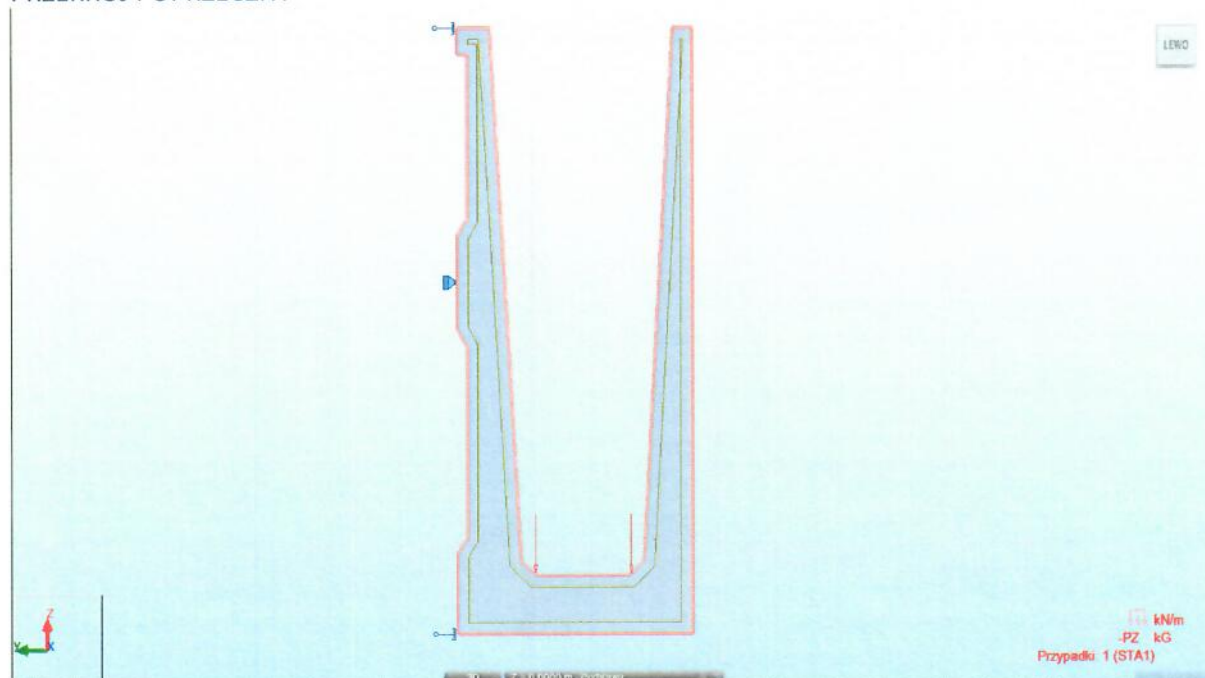
## 4.2. Obciążenia

- obciążenie stałe (ciężar własny profilu + ciężar balustrady szklanej)

WIDOK Z GÓRY

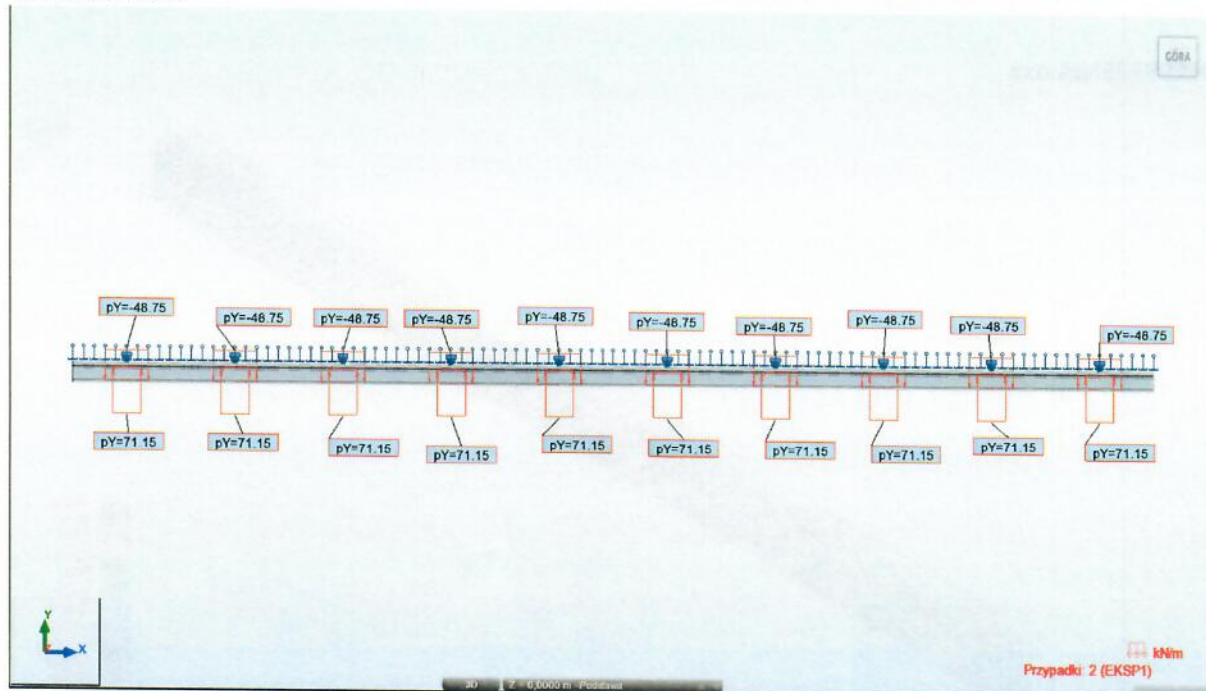


PRZEKRÓJ POPRZECZNY

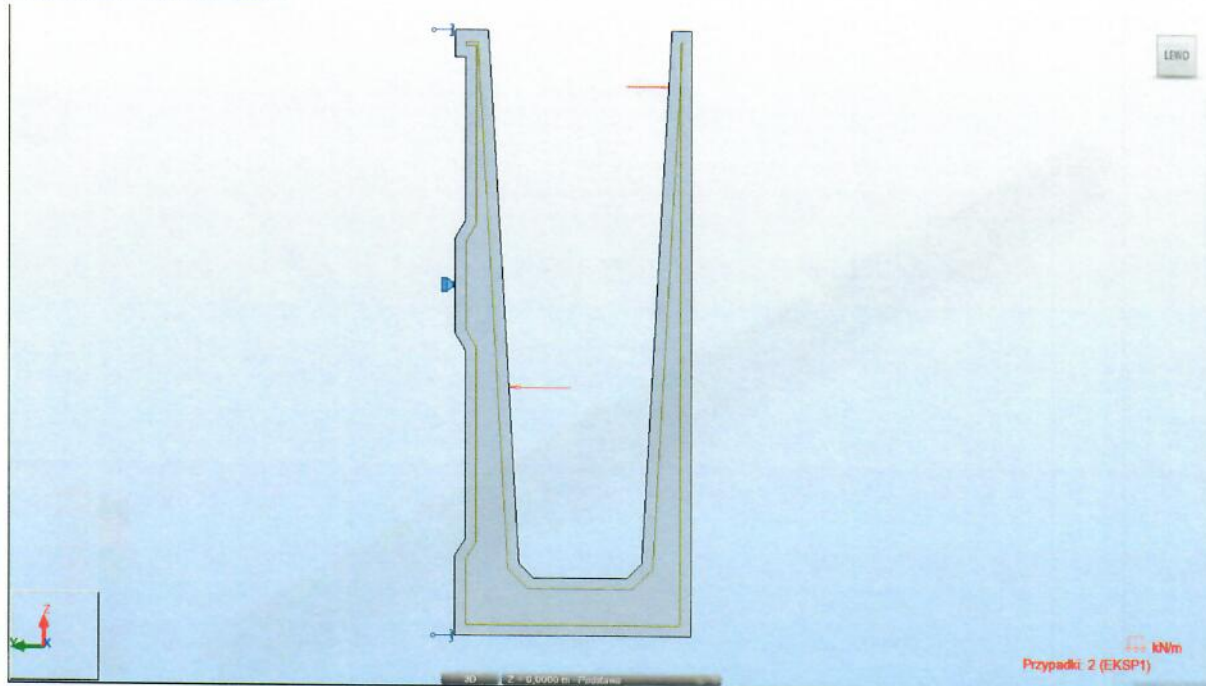


- obciążenie użytkowe naporem na balustradę (przenoszone przez wkładkę białą i zieloną)

#### WIDOK Z GÓRY



#### PRZEKRÓJ POPRZECZNY



#### Kombinacja obciążeń:

Kombinacja obliczeniowa:

KOMB1:  $1,35 \times \text{STA1} + 1,50 \times \text{EKSP1}$

Kombinacja charakterystyczna:

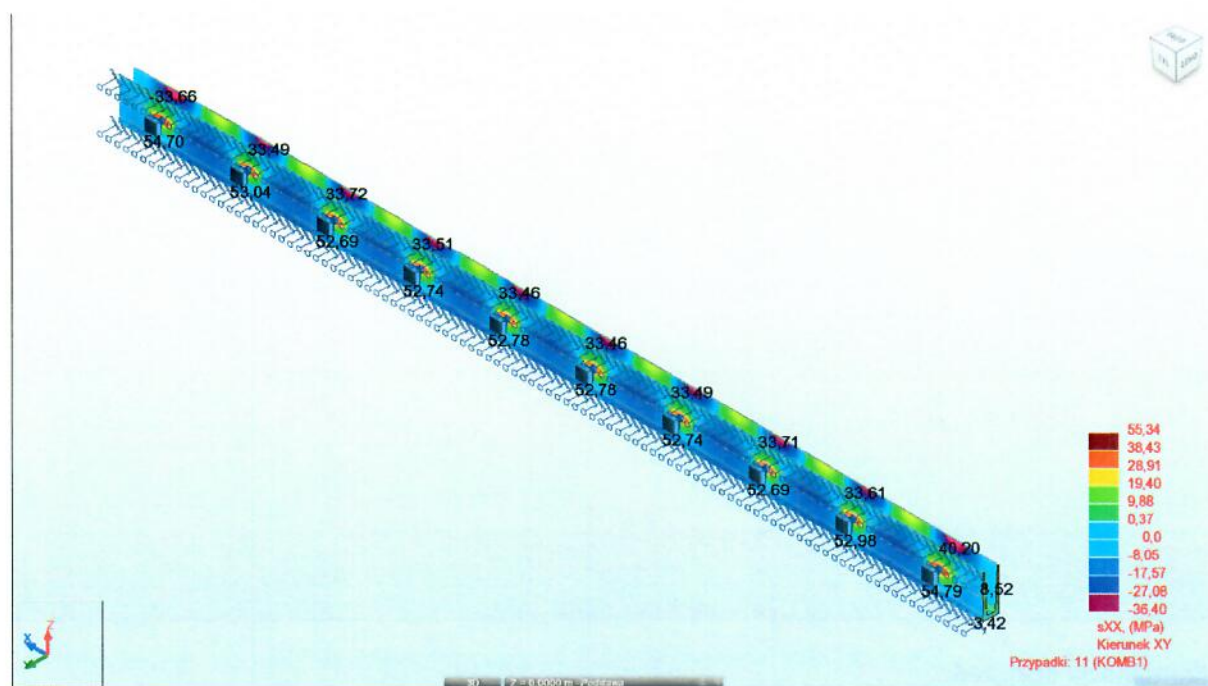
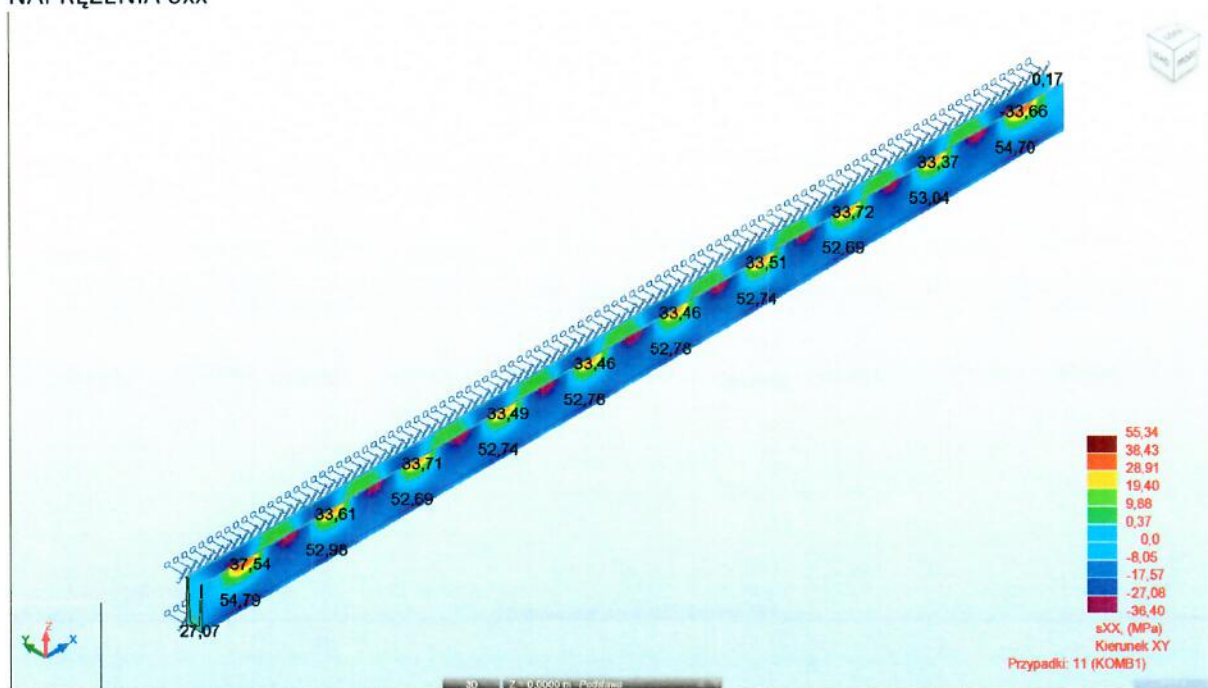
KOMB2:  $1,00 \times \text{STA1} + 1,00 \times \text{EKSP1}$



### 4.3. Naprężenia w profilu

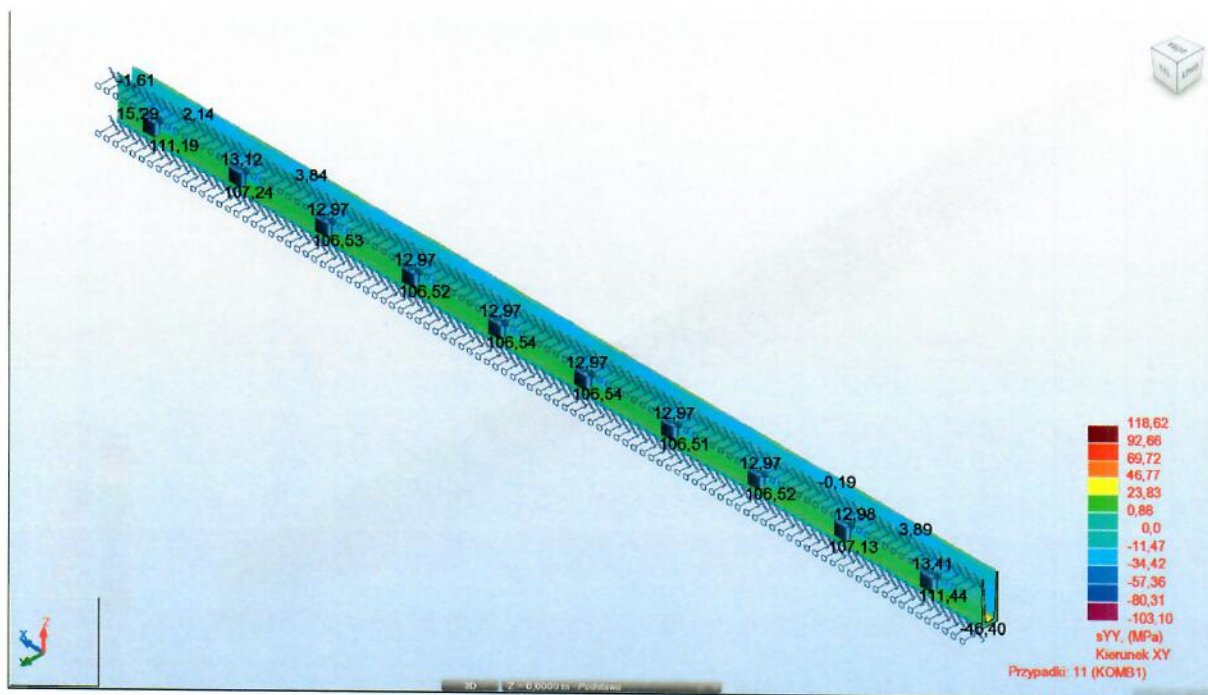
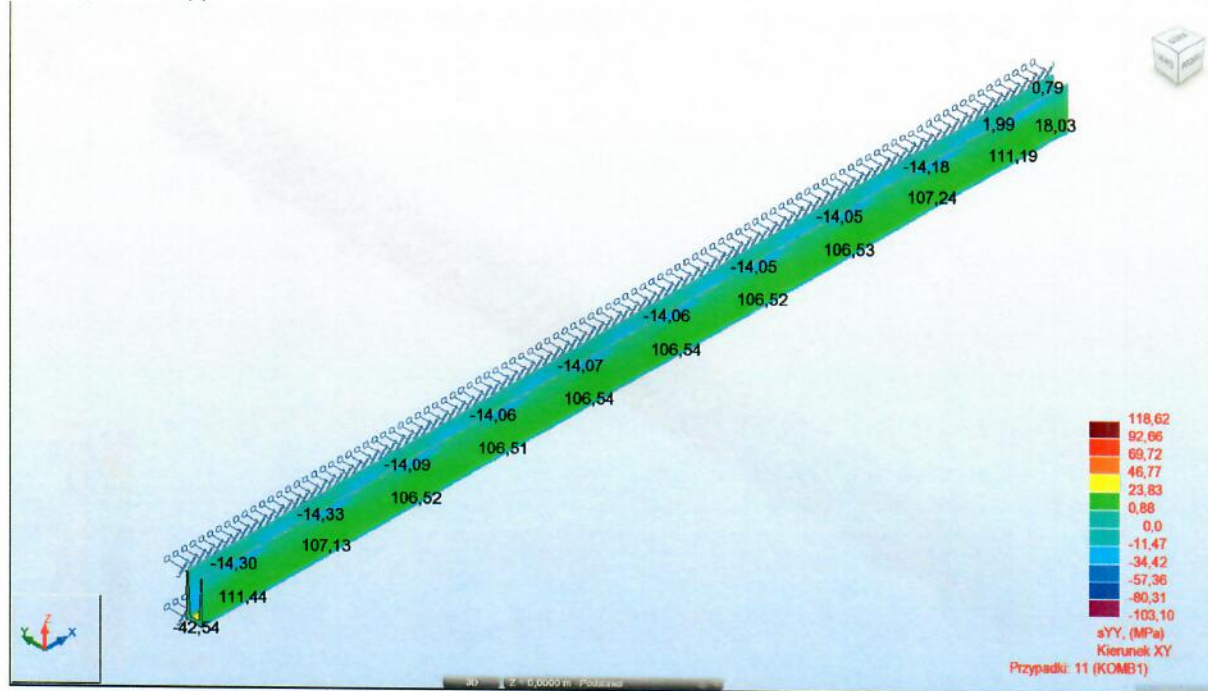
#### 4.3.1. Naprężenia normalne

NAPRĘŻENIA  $\sigma_{xx}$

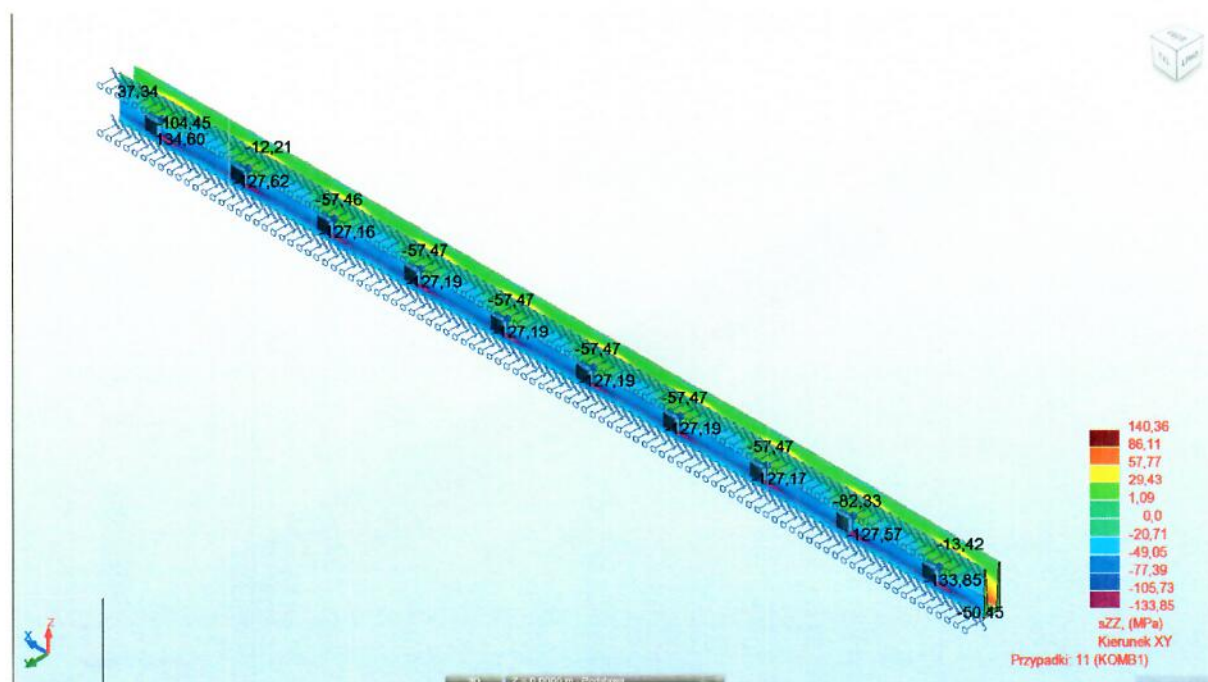
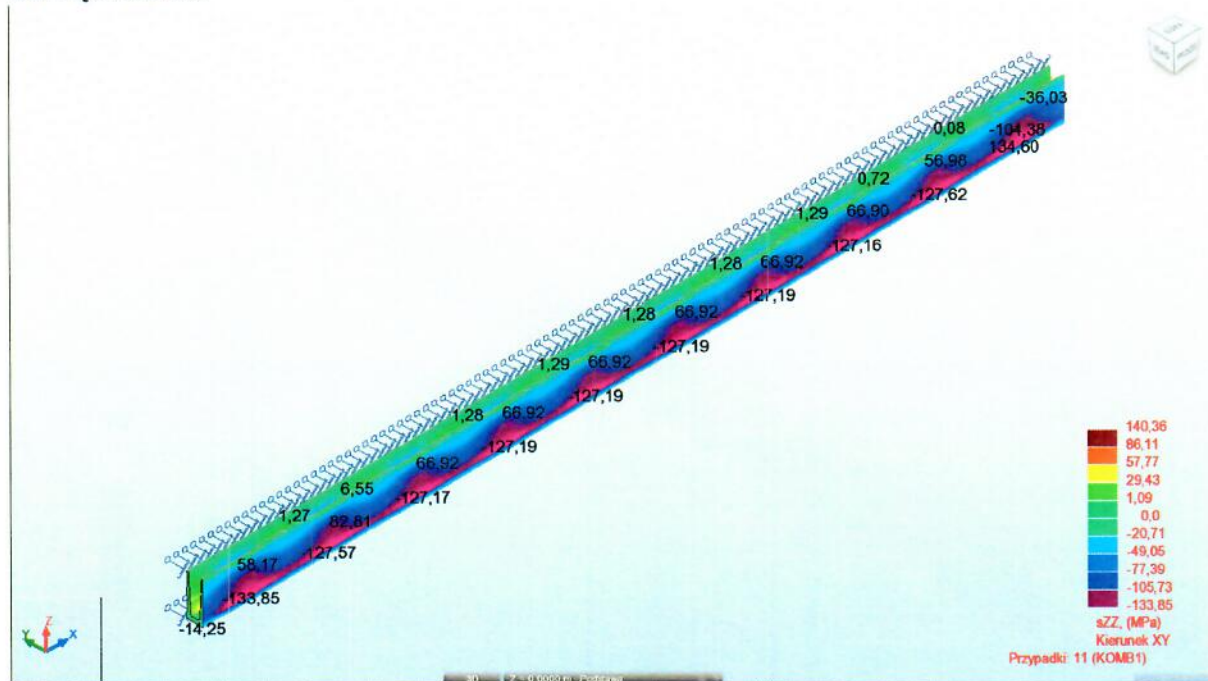




# NAPRĘŻENIA $\sigma_{yy}$

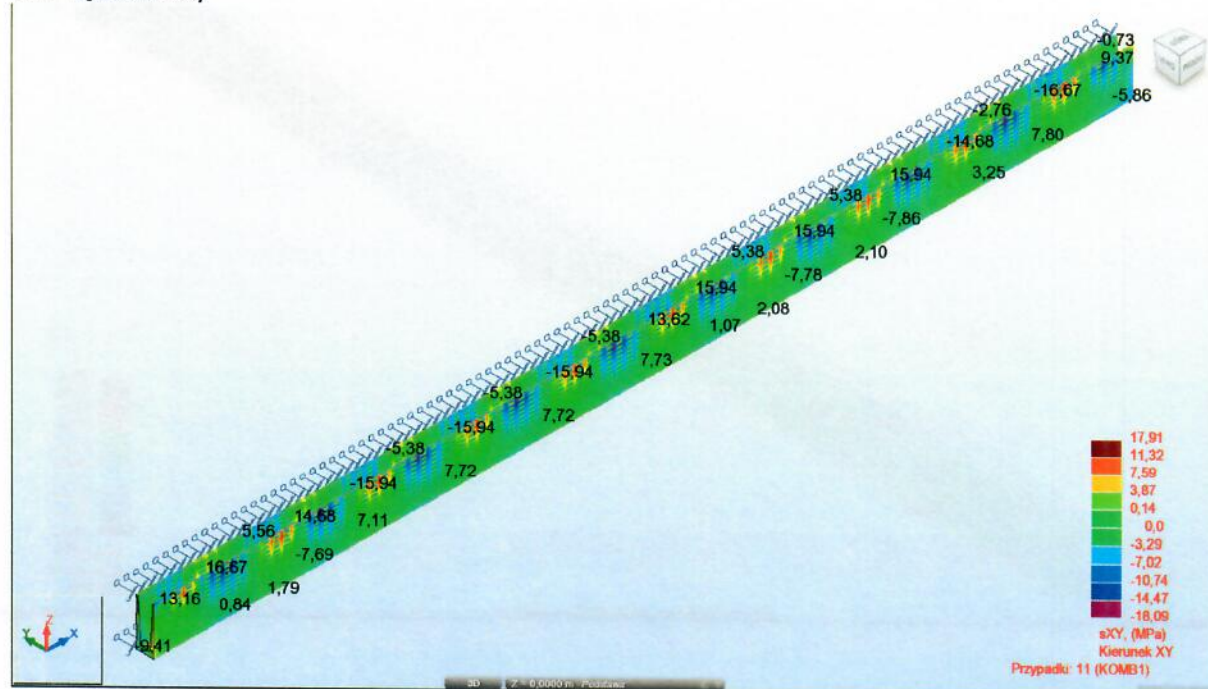


# NAPRĘŻENIA $\sigma_{zz}$

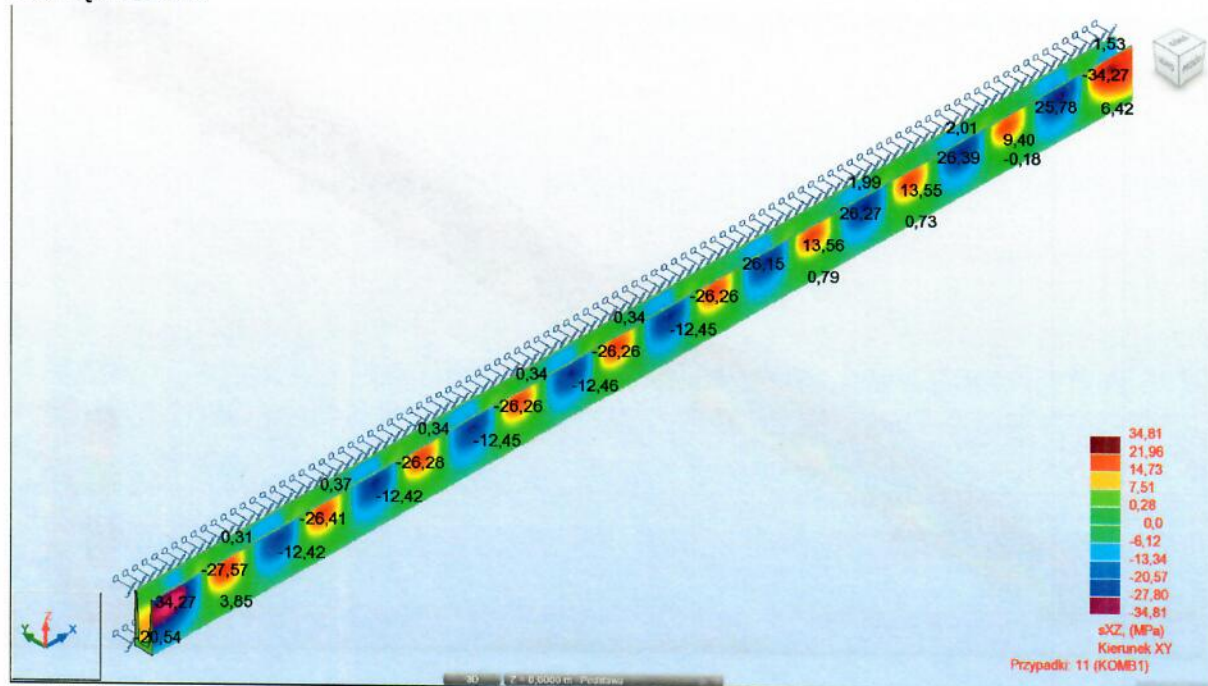


#### 4.3.2. Naprężenia styczne

NAPRĘŻENIA  $\tau_{xy}$

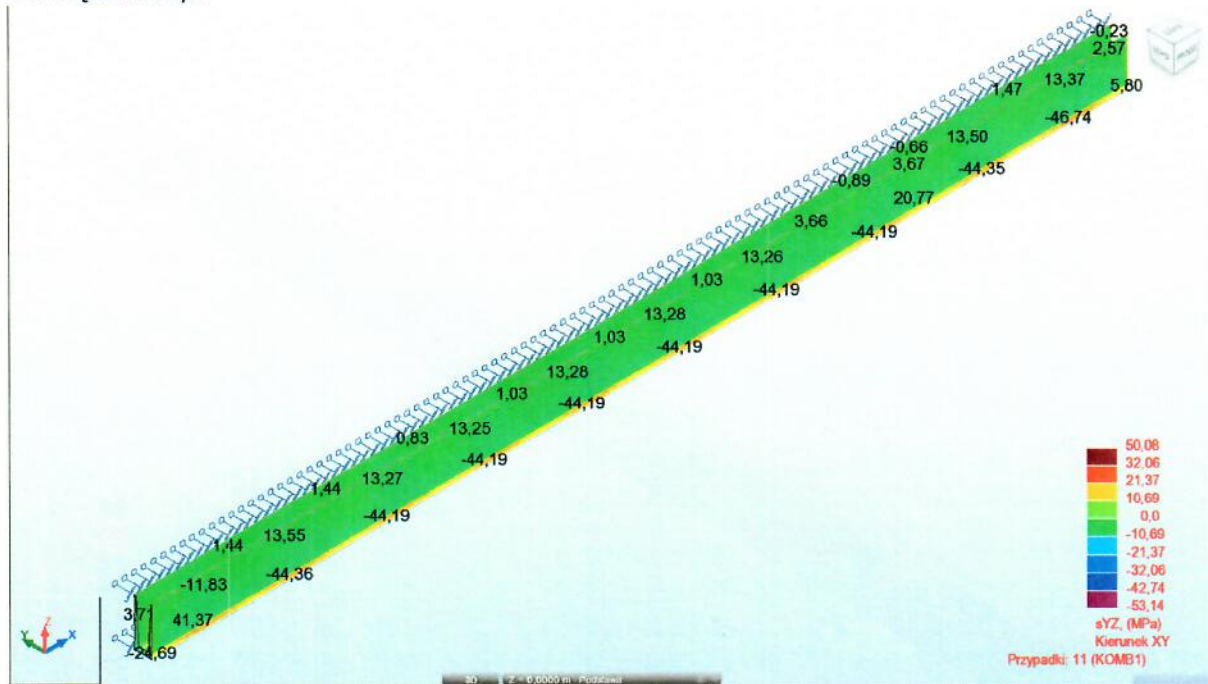


NAPRĘŻENIA  $\tau_{xz}$

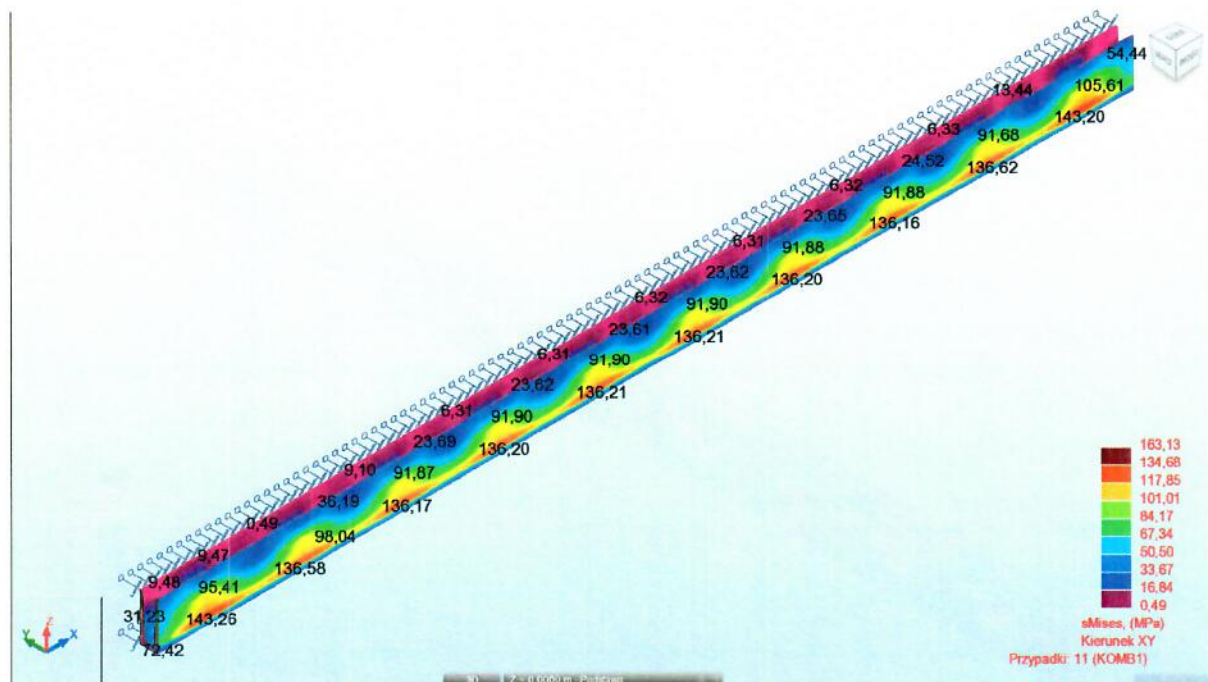


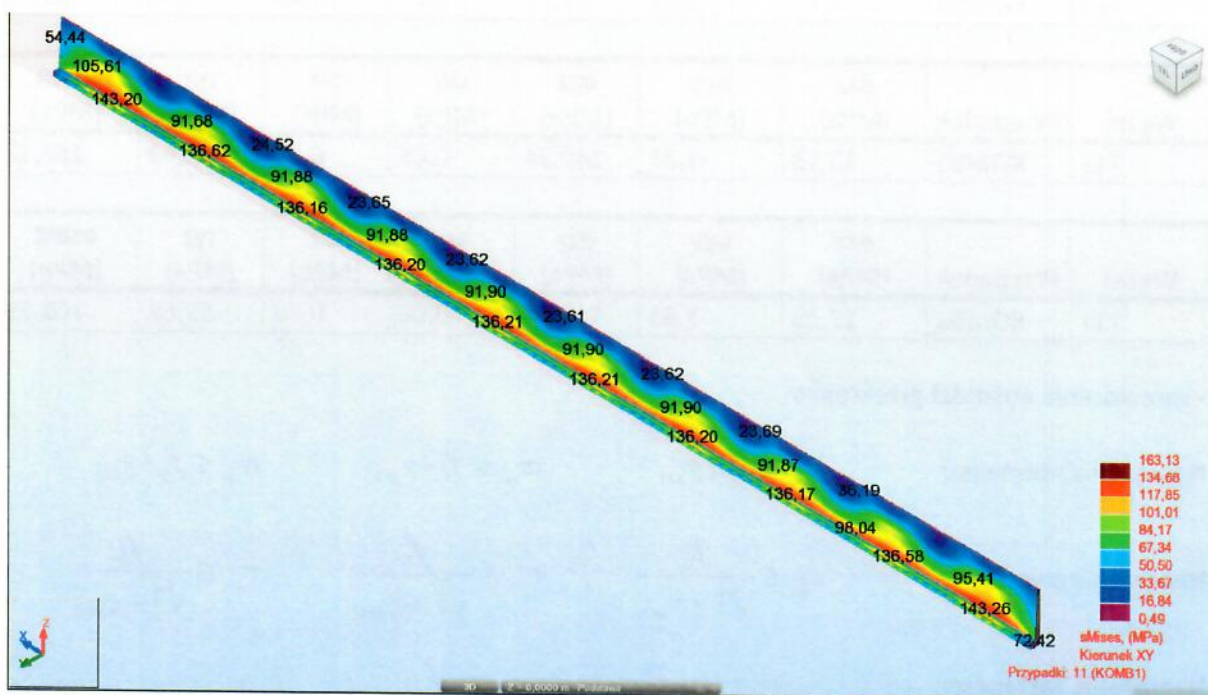
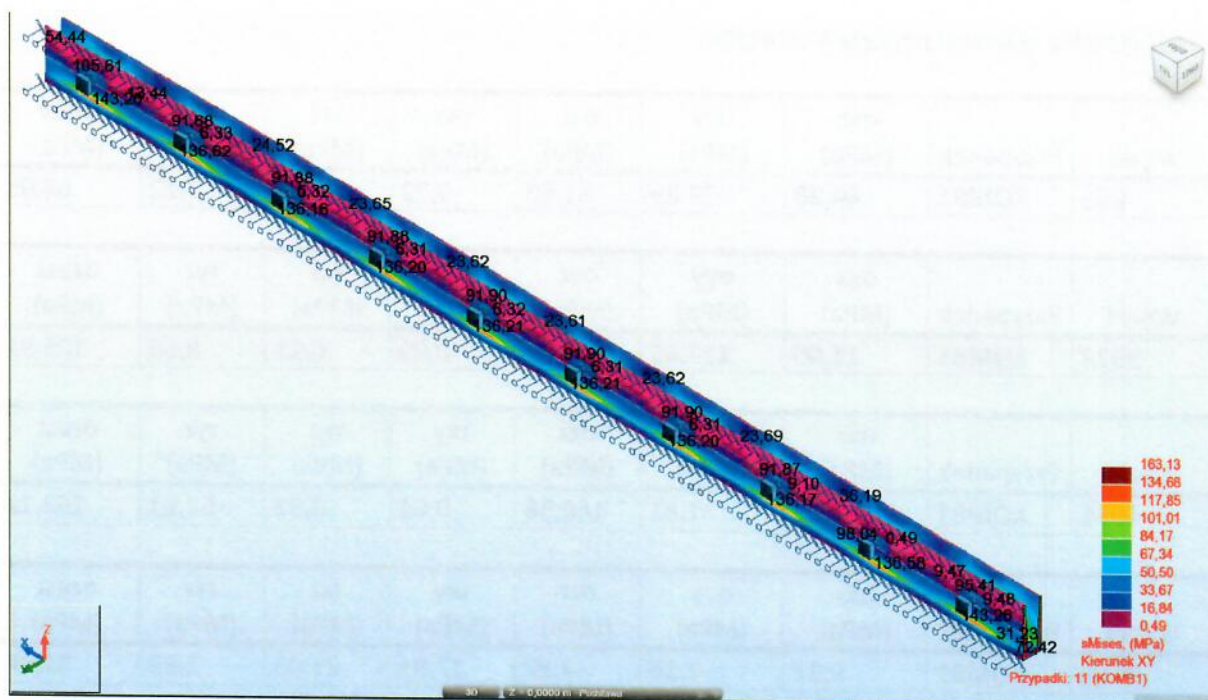


## NAPRĘŻENIA $\tau_{yz}$



### 4.3.3. Naprężenia zastępcze





- maksymalne wartości naprężeń w profilu

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 645   | KOMB1     | <b>44,20</b>           | -23,89                 | 31,80                  | 0,22                 | -1,25                | 7,12                 | 64,05                    |

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 9973  | KOMB1     | 11,00                  | <b>117,45</b>          | -20,09                 | -0,09                | 0,11                 | 8,56                 | 125,81                   |

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 9981  | KOMB1     | 13,19                  | -1,81                  | <b>140,36</b>          | 0,04                 | -0,32                | -52,61               | 163,12                   |

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 9760  | KOMB1     | 9,17                   | -2,16                  | -4,57                  | <b>17,91</b>         | -23,03               | 2,89                 | 52,34                    |

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 266   | KOMB1     | -2,55                  | -3,42                  | 31,32                  | 3,77                 | <b>34,46</b>         | 1,16                 | 69,19                    |

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 711   | KOMB1     | 13,13                  | -1,81                  | 140,34                 | -0,06                | 0,38                 | <b>-52,62</b>        | 163,13                   |

| Węzeł | Przypadek | $\sigma_{xx}$<br>(MPa) | $\sigma_{yy}$<br>(MPa) | $\sigma_{zz}$<br>(MPa) | $\tau_{xy}$<br>(MPa) | $\tau_{xz}$<br>(MPa) | $\tau_{yz}$<br>(MPa) | $\sigma_{zast}$<br>(MPa) |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 711   | KOMB1     | 13,13                  | -1,81                  | 140,34                 | -0,06                | 0,38                 | -52,62               | <b>163,13</b>            |

- sprawdzenie nośności przekrojów

Naprężenia normalne:  $\sigma_{xx} \leq f_0 / \gamma_{M1}$        $\sigma_{yy} \leq f_0 / \gamma_{M1}$        $\sigma_{zz} \leq f_0 / \gamma_{M1}$

Naprężenia styczne:  $\tau_{xy} \leq \frac{f_0}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}}$        $\tau_{xz} \leq \frac{f_0}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}}$        $\tau_{yz} \leq \frac{f_0}{\sqrt{3} \times \gamma_{M1}}$

Naprężenia zastępcze:

$$\sigma_{zast} = \sqrt{0,5 \times [(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + (\sigma_{xx} - \sigma_{zz})^2 + 6 \times (\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)]} \leq 1,2 \times \frac{f_0}{\gamma_{M1}}$$

Dopuszczalne wartości naprężeń:

$$f_0 / \gamma_{M1} = 160 \text{ MPa} / 1,1 = \mathbf{145,5 \text{ MPa}}$$

$$f_0 / (\sqrt{3} \gamma_{M1}) = 160 \text{ MPa} / (1,73 \times 1,10) = \mathbf{84,0 \text{ MPa}}$$

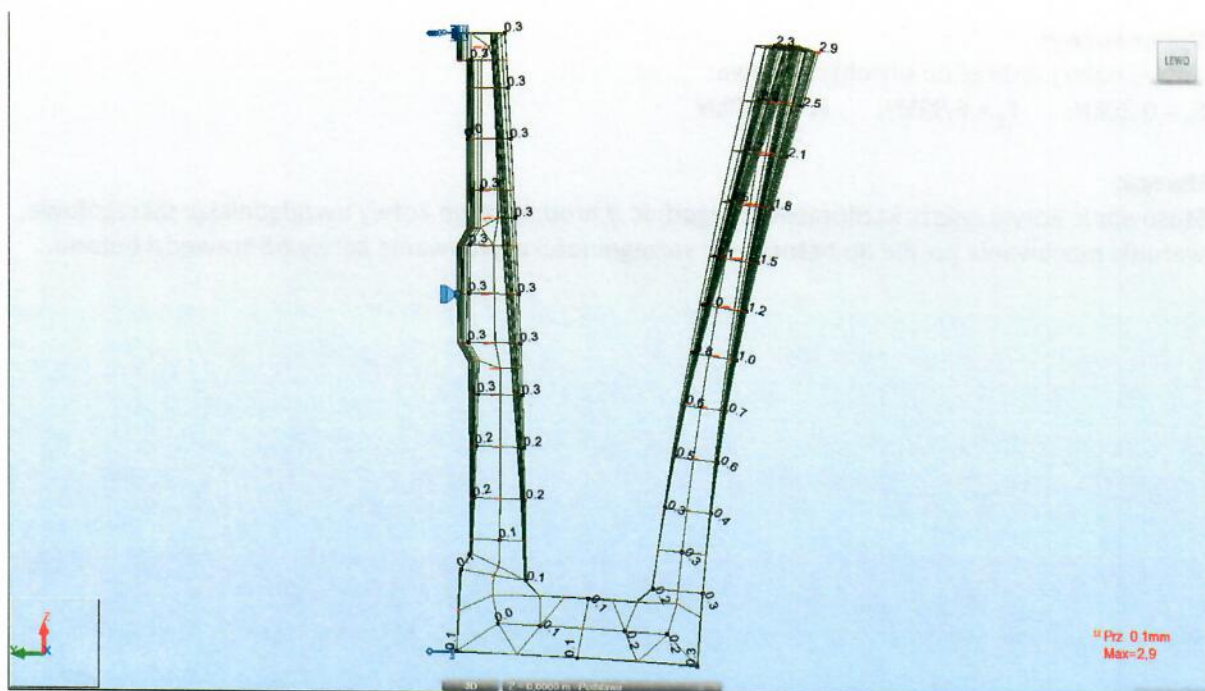
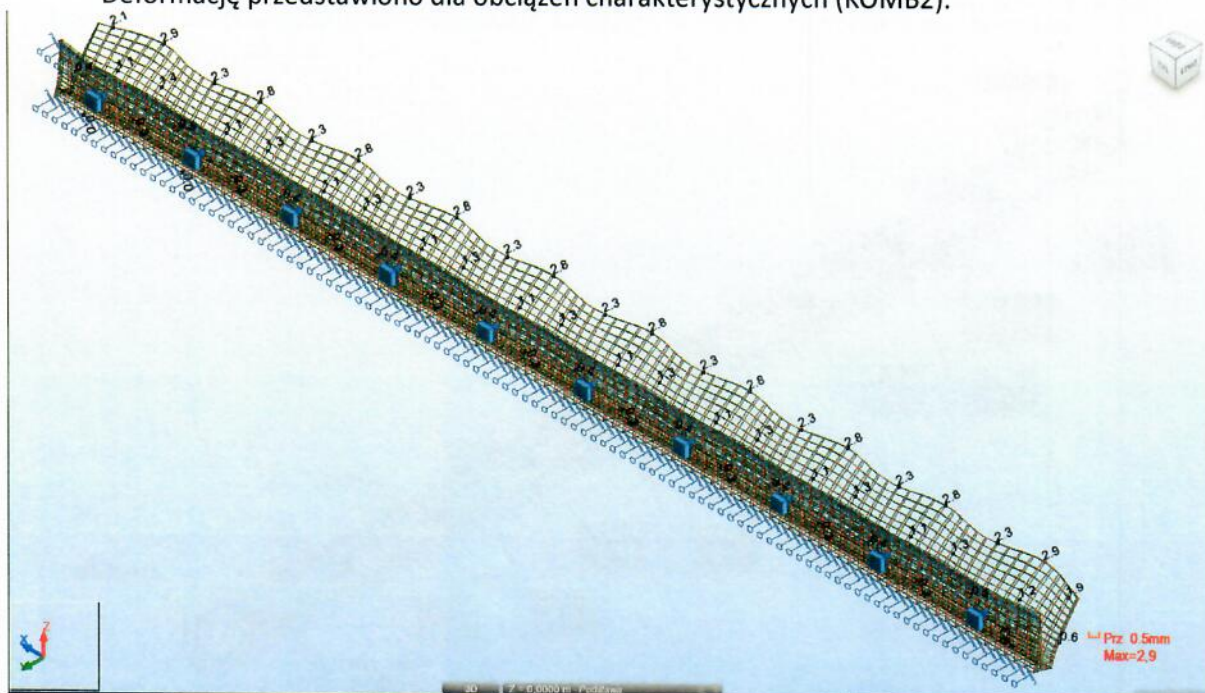
$$1,2 \times f_0 / \gamma_{M1} = \mathbf{174,5 \text{ MPa}}$$

**Profil spełnia warunki nośności.**



#### 4.4. Deformacja pod wpływem obciążeń

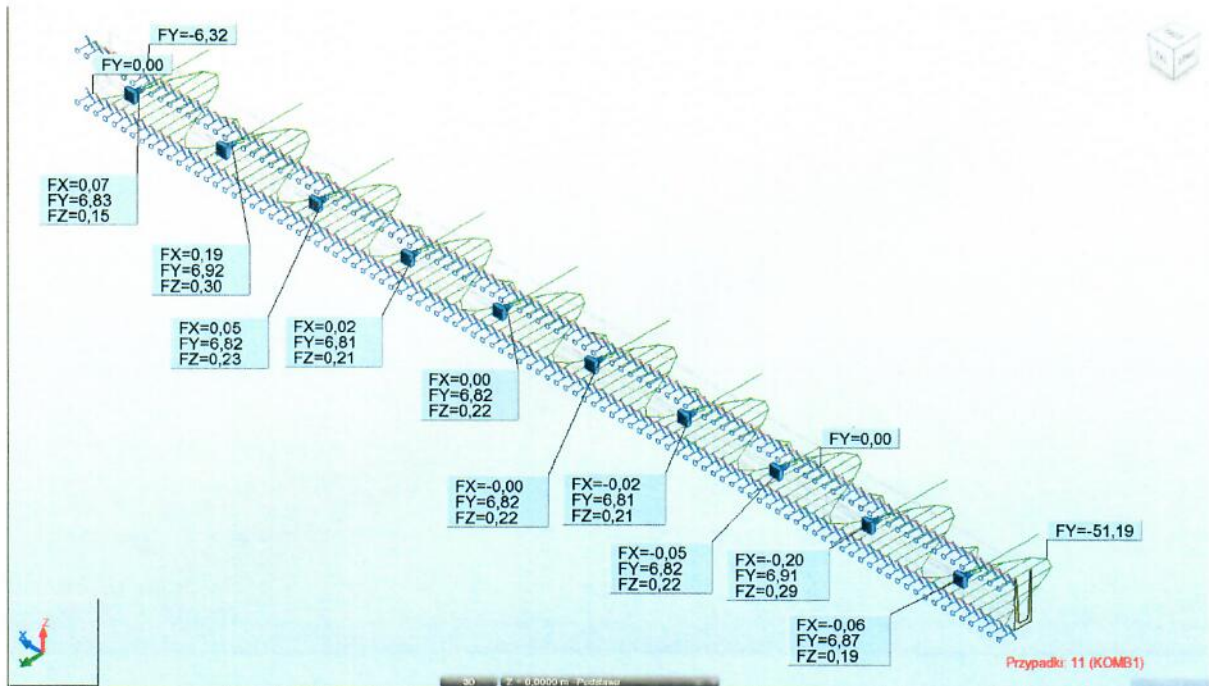
Deformację przedstawiono dla obciążeń charakterystycznych (KOMB2).



Maksymalne wychylenie ściany pionowej profilu wynosi **2,8mm**.

#### 4.5. Reakcje i dobór kotwy

Poniżej przedstawiono reakcje w kotwach oraz wykresy sił docisku do stropu.



##### Dobór kotwy:

Kotwę należy dobrać na siły obliczeniowe:

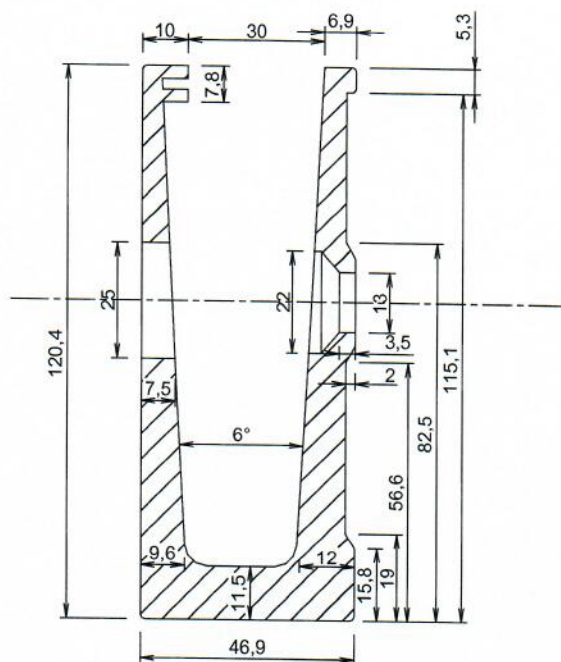
$$F_x = 0,20 \text{ kN}; \quad F_y = 6,92 \text{ kN}; \quad F_z = 0,30 \text{ kN}$$

##### Uwaga:

Stosowanie kotwy należy każdorazowo uzgodnić z producentem kotwy uwzględniając szczegółowe warunki mocowania profilu do betonu – w szczególności usytuowanie kotwy od krawędzi betonu.

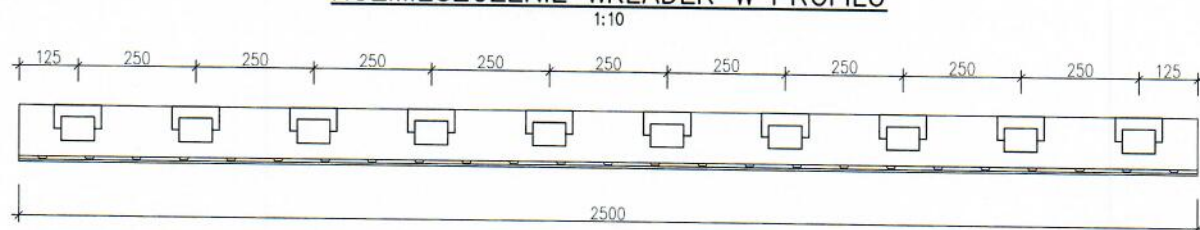
## 5. Wytyczne stosowania profilu

### 5.1. Rysunek profilu

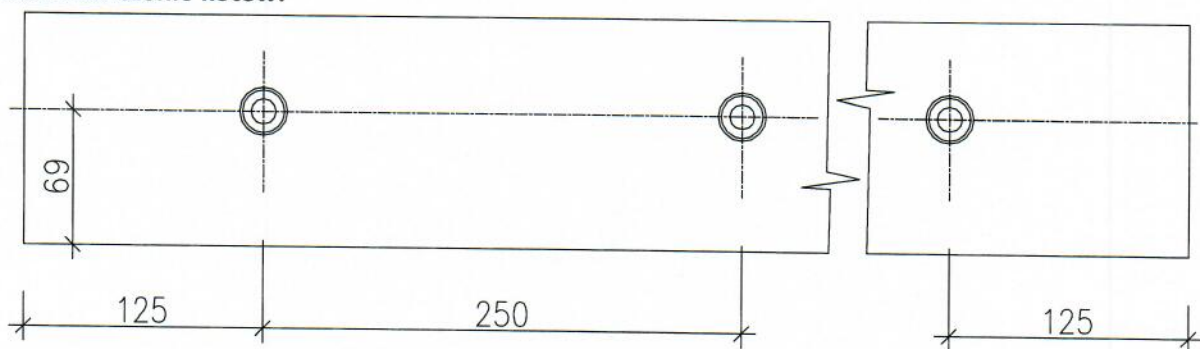


### 5.2. Wytyczne rozmieszczenia kotew i wkładek (białych i zielonych) przez które przekazywane jest obciążenie na ściany profilu

#### ROZMIESZCZENIE WKŁADEK W PROFILU



#### Rozmieszczenie kotew:



Opracował:

*Marek Sikora*  
mgr inż. Marek Sikora



