



INSTYTUT BIOLOGII MEDYCZNEJ  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK  
Z SIEDZIBĄ W ŁODZI, UL. LODOWA 106

**PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI**  
przebudowy elewacji i adaptacji pomieszczeń laboratoryjnych  
na poziomie 1 piętra  
budynku Instytutu Biologii Medycznej Polskiej Akademii Nauk  
przy ul. Tylnej 3a w Łodzi  
dla potrzeb  
**LABORATORIUM KRAJOWEJ BIBLIOTEKI  
ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH  
I LABORATORIUM CHEMICZNEGO**  
wraz z dostosowaniem do obowiązujących przepisów

INWESTOR:

INSTYTUT BIOLOGII MEDYCZNEJ  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK Z SIEDZIBĄ W ŁODZI  
UL. LODOWA 106, 93-232 ŁÓDŹ

PROJEKTANT:

mgr inż. Wiesław Wasilewski  
upr. nr 247/78/WMŁ

NR PROJEKTU:

NB-01-19

## **OŚWIADCZENIE**

Na podstawie art. 20 ust. 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994r. – Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz.U. z 2019, poz. 1186 ze zmianami), oświadczam, że projekt wykonawczy konstrukcyjny :

### **PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI**

**Przebudowy elewacji i adaptacji pomieszczeń laboratoryjnych  
na poziomie 1 piętra  
budynku Instytutu Biologii Medycznej Polskiej Akademii Nauk  
przy ul. Tylnej 3a w Łodzi**

został wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

mgr inż. Wiesław Wasilewski

## **ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA CZĘŚCI BUDOWLANO – KONSTRUKCYJNEJ**

### **I. Opis techniczny.**

1. Zakres opracowania.
2. Ogólny opis obiektu.
3. Nadproża nad oknami w ścianach zewnętrznych.
4. Nadproża nad powiększonymi otworami drzwiowymi w ścianie wewnętrznej.
5. Strop nad parterem

### **II. Obliczenia statyczne.**

### **III. Uprawnienia, Izba.**

### **IV. Spis rysunków.**

- |                                                        |             |
|--------------------------------------------------------|-------------|
| 1. Usytuowanie nadproży w ścianie na poziomie I piętra | rys. nr K-1 |
| 2. Nadproże okienne NSO-1; NSO-2                       | rys. nr K-2 |
| 3. Nadproże okienne NBO-1; NBO-2                       | rys. nr K-3 |
| 4. Nadproże okienne NSO-3                              | rys. nr K-4 |
| 5. Nadproże okienne NBO-3                              | rys. nr K-5 |
| 6. Nadproża drzwiowe                                   | rys. nr K-6 |

## **OPIS TECHNICZNY**

### **do części konstrukcyjnej projektu przebudowy elewacji i adaptacji pomieszczeń laboratoryjnych na poziomie 1 piętra.**

#### **1. Zakres opracowania.**

W ramach opracowania podano rozwiązania budowlano – konstrukcyjne dla zamontowania nadproży w ścianach zewnętrznych budynku nad wykuwanyimi otworami dla osadzenia okien oraz powiększenia istniejących otworów drzwiowych do pomieszczeń w ścianie wewnętrznej, na poziomie pierwszego piętra.

Sprawdzono również nośność stropu nad parterem, dla projektowanego wyposażenia pomieszczeń.

Jak podano w orzeczeniu o stanie technicznym przewidywany zakres robót będzie mógł być wykonany w sposób nie zagrażający konstrukcji budynku.

#### **2. Ogólny opis obiektu.**

Obiekt wybudowany na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, jest budynkiem dwupiętrowym, podpiwniczonym, z użytkowym poddaszem, wykonany w technologii tradycyjnej, przykryty dachem drewnianym z pokryciem blachą płaską.

Ściany zewnętrzne warstwowe z cegły ceramicznej grubości 38 cm, ocieplone styropianem grubości 6 cm osłoniętym warstwą z cegły klinkierowej grubości 12 cm. Ściany wewnętrzne z cegły pełnej grubości 25 i 12 cm.

Stropy międzykondygnacyjne z płyt żelbetowych typu ŁPS ułożone na stalowych belkach nośnych dwuwarstwowo – na półce dolnej i górnej. Belki stropu nad parterem wykonano z dwuteowników I NP300 oraz nad piętrem z I NP260 - w rozstawie osiowym, co 123 cm. Dopuszczalne obciążenie zewnętrzne płyt i belek stropowych nad parterem wynosi 7,50 kN/m<sup>2</sup> oraz 5,00 kN/m<sup>2</sup> na piętrem.

Ściana zewnętrzna w osi „D-D” jest samonośna, obciążona murłatą, na której opiera się fragment zadaszenia dachu czterospadowego oraz wylewka stropu o niewielkiej szerokości. Na ścianie zewnętrznej w osi „7-7” opierają się belki stropu nad piętrem o rozpiętości 7,20 m oraz fragment zadaszenia.

### 3. Nadproża nad oknami w ścianach zewnętrznych.

W ścianie podłużnej w osi „D-D” przewiduje się osadzenie okien o wymiarach 1.50x1,50 m, doświetlających adaptowane pomieszczenia. W ścianie w osi „7-7” osadzenie okna o wymiarach 2,10x2,50 m. Otwory w ścianach można wykonać po wstawieniu nadproży.

Przewidziano nadproża zespolone w postaci belek stalowych, wstawianych w ścianę murowaną z cegły zwykłej oraz żelbetowe, dla podparcia ściany osłonowej z cegły klinkierowej, kotwione do belek stalowych nadproży.

Przed przystąpieniem do wykonania nadproży należy rozebrać na fragmencie ścianę osłonową z cegieł klinkierowych w obszarze projektowanych otworów oraz powyżej przewidywanego nadproża.

Nadproże stalowe zaprojektowano w postaci belek składających się z dwóch ceowników walcowanych - 2 x [160 dla nadproży okiennych w ścianie w osi „D-D” i 2 x [240 dla nadproża nad oknem w ścianie w osi „7-7”, połączonych śrubami  $\Phi 16$  klasy 5.8. z nakrętkami kl. 5 oraz przewiązkami przyspawanymi do półki ceownika od spodu.

Przed montażem nadproży oraz przed wykonaniem przebić należy potwierdzić charakter każdego elementu poprzez szczegółowe odkrywki. Jeżeli po wykonaniu odkrywek górna część ściany jest uszkodzona należy wykuć fragment ściany pod bezpośrednie ułożenie belek, a następnie przemurować cegłą pełną na wysokość miń. 4 warstw cegieł - prace należy wykonywać etapowo z obu stron ściany.

Otwór w ścianie w osi „7-7” można wykonać po uprzednim, tymczasowym podparciu (podstemplowaniu) stropu nad pomieszczeniem, w obrębie projektowanego nadproża.

W ścianie w miejscu nadproża wykuć bruzdę, wykonać podlewki pod oparcie końców belek i umieścić belkę stalową. Przestrzeń pomiędzy belką stalową a ścianą wypełnić „silną” rozprężną zaprawą cementową. Po osiągnięciu odpowiedniej wytrzymałości przez zaprawę należy osadzić belkę z drugiej strony ściany, wstawiając uprzednio tuleję dla przepuszczenia śruby stężącej belki i służącą dla zakotwienia nadproża betonowego ściany osłonowej. Śruby zabezpieczone dwiema nakrętkami, w tym jedną cieńszą. Przestrzeń po obu stronach belek oraz ewentualne ubytki cegieł pomiędzy belkami wypełnić betonem. Środek belki od strony wnętrza w miejscu osadzenia śruby wzmocnić nakładką z blachy stalowej oraz obustronnymi przeponami.

Po związaniu i stwardnieniu wypełnienia nadproża wyrównać powierzchnię styku z nadprożem żelbetowym i osadzić nadproże żelbetowe, kotwiąc je śrubą uprzednio

osadzoną w nadprożu stalowym. Nadproże nad otworem okiennym w ścianie w osi „7-7” (ze względu na całkowitą długość) zaprojektowano jako dwuczęściowe, okute kątownikiem na połączeniu, które podczas montażu należy zespawać na całej długości styku.

Bardzo dokładnie należy rozmieścić i wykonać otwory w belkach stalowych nadproża i w nadprożu żelbetowym, zapewniając precyzyjne poziome i pionowe, jednakowe usytuowanie tulejek w obu elementach (w tych samych odległościach), przez które będą przechodziły śruby kotwiące.

Po osiągnięciu przez beton nadproża odpowiedniej wytrzymałości można przystąpić do rozebrania ściany pod projektowany otwór. Wszelkie prace wyburzeniowe powinny być wykonywane elektronarzędziami poprzez wycięcie otworów piłą a nie wykuwanie cegieł. Podczas rozbierania ściany szczególną uwagę należy zwrócić na nieuszkodzenie filarka międzyokiennego - w przeciwnym przypadku zajdzie konieczność wzmocnienia go np. poprzez obłożenie kształtownikami stalowymi.

Podczas uzupełniania zdemontowanych fragmentów ściany osłonowej (elewacyjnej) z cegły klinkierowej łączyć ją z zasadniczą ścianą z cegły pełnej poprzez kotwy stalowe ze stali nierdzewnej, w rozstawie poziomym co około 50 cm i w pionie co trzecią warstwę cegieł.

#### **4. Nadproża nad powiększonymi otworami drzwiowymi w ścianie wewnętrznej.**

W ścianie grubości 25 cm należy osadzić nadproża typu NS-1 i NS2, złożone z dwóch ceowników stalowych, połączonych pomiędzy sobą śrubami, belki od spodu połączyć przewiązkami.

Osadzenie belek, wypełnienie nadproża oraz rozebranie ściany wykonać analogicznie jak podano powyżej.

W ścianie grubości 12 cm należy rozebrać fragment ściany nad projektowanym otworem do poziomu spodu stropu, osadzić nadproże typu NS-3 z dwuteownika stalowego, a następnie uzupełnić ścianę nad nadprożem cegłą pełną.

Usytuowanie nadproży podano w części architektonicznej opracowania.

Elementy stalowe zabezpieczyć wielowarstwową powłoką malarską dla środowiska korozyjnego C2, okresu trwałości H – przy użyciu zestawu farb epoksydowych.

#### **5. Strop nad parterem.**

Nośność istniejących elementów konstrukcyjnych stropu zarówno belek stalowych jak i płyt ŁPS jest wystarczająca dla przeniesienia obciążeń od przewidywanego wyposażenia pomieszczeń.

Zgodnie z założeniami technologicznymi maksymalne obciążenie użytkowe stropu nie będzie przekraczało 3,50 kN/m<sup>2</sup>.

Warstwę betonową posadzki grubości 6 cm (podaną w projekcie architektonicznym) zazbroić prętami  $\Phi 6$  co 15 cm. W pomieszczeniu LKBZCH – LAB 3 (na powierzchni wskazanej w projekcie architektonicznym) zwiększyć zbrojenie, dając dodatkowo pręty  $\Phi 10$  co 15 cm. Zbrojenie łączne wyniesie  $\Phi 6/10$  co 15 cm.

Roboty realizować pod nadzorem osoby posiadającej właściwe uprawnienia budowlane, przy zachowaniu zasad BHP oraz sztuki budowlanej.

Przyjęte rozwiązania budowlano – konstrukcyjne podano w części graficznej opracowania.

Wiesław Wasilewski

## OBLICZENIA STATYCZNE

## 1. Sprawdzenie nośności istniejącej belki w stropie nad parterem.

1. Obciążenia belek stropu nad parterem od podparcia stropu nad piętrem

1. Wykładzina rulonowa	0,03 kN/m <sup>2</sup> x 1,20	0,04 kN/m <sup>2</sup>
2. Wylewka samopoziomująca gr. 2,5 cm 0,025x19,0	0,48 kN/m <sup>2</sup> x 1,30	0,62 kN/m <sup>2</sup>
3. Lastriko gr. 2,5 cm 0,025x22,00	0,55 kN/m <sup>2</sup> x 1,20	0,66 kN/m <sup>2</sup>
4. Podkład cementowy gr. 3 cm 0,03x22,0	0,66 kN/m <sup>2</sup> x 1,30	0,86 kN/m <sup>2</sup>
5. Płyta pilśniowa gr. 2x1,25 cm	1,00 kN/m <sup>2</sup> x 1,20	1,20 kN/m <sup>2</sup>
6. Zaprawa cementowa gr. 1,0 cm 0,01x19,00	0,19 kN/m <sup>2</sup> x 1,30	0,25 kN/m <sup>2</sup>
7. Płyta ŁPS – 2 szt 1,29x2	2,58 kN/m <sup>2</sup> x 1,20	3,10 kN/m <sup>2</sup>
8. Tynk cem. wap. 0,01x19,00	0,19 kN/m <sup>2</sup> x 1,30	0,25 kN/m <sup>2</sup>
9. Strop podwieszony	0,40 kN/m <sup>2</sup> x 1,30	0,52 kN/m <sup>2</sup>
	6,08 kN/m <sup>2</sup> x 1,234	7,50 kN/m <sup>2</sup>
10. Obciążenie użytkowe		
zmienne - laboratoria	3,50 kN/m <sup>2</sup> x 1,30	4,55 kN/m <sup>2</sup>
od urządzenia D1	10,00 kN x 1,20	12,00 kN

Obciążenie belki stropu - dla rozstawu belek 1,21 m

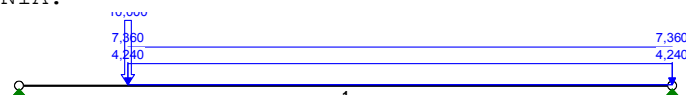
$$q^{ch} = (6,08 + 3,50) \times 1,21 = 7,36 + 4,24 = 11,60 \text{ kN/m}$$

$$q^{obl} = (6,08 \times 1,234 + 3,50 \times 1,30) \times 1,21 = 9,08 + 5,51 = 14,59 \text{ kN/m}$$

$$Q_{ch} = 10,00 \text{ kN}$$

$$Q_{obl} = 12,00 \text{ kN}$$

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA:		([kN], [kNm], [kN/m])			
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]: b[m]:
Grupa: A	"Obciążenie stałe"			Stale	$\gamma_f = 1,23$
1	Liniowe	0,0	7,360	7,360	1,20 7,20
Grupa: B	"Obc. zmienne równ. rozłożon"			Zmienne	$\gamma_f = 1,30$
1	Liniowe	0,0	4,240	4,240	1,20 7,20
Grupa: C	"Obc. od urządzenia"			Zmienne	$\gamma_f = 1,20$
1	Skupione	0,0	10,000		1,20

## KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr: Specyfikacja:  
 1 ZAWSZE : A  
 EWENTUALNIE: B+C

MOMENTY-OBWIEDNIE:





**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1 3,450	<b>100,293*</b>	1,738	0,000	ABC
7,200	<b>-0,000*</b>	-33,936	0,000	A
0,000	<b>0,000*</b>	24,854	0,000	A
7,200	<b>-0,000</b>	<b>-55,228*</b>	0,000	ABC

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

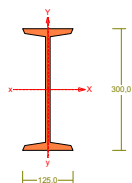
Obciążenia char.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł: H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1 <b>0,000*</b>	39,286	39,286	ABC
<b>0,000*</b>	20,353	20,353	A
2 <b>0,000*</b>	44,219	44,219	ABC
<b>0,000*</b>	27,713	27,713	A

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł: H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1 <b>0,000*</b>	48,634	48,634	ABC
<b>0,000*</b>	24,854	24,854	A
2 <b>0,000*</b>	55,228	55,228	ABC
<b>0,000*</b>	33,936	33,936	A
0,000	<b>55,228*</b>	55,228	ABC
0,000	<b>33,936*</b>	33,936	A
0,000	55,228	<b>55,228*</b>	ABC

**WYMIAROWANIE**

Przekrój: I 300

Wymiary przekroju: I 300 h=300,0 g=10,8 s=125,0 t=16,1 r=10,8.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J<sub>xg</sub>=9800,0 J<sub>yg</sub>=451,0 A=69,10 i<sub>x</sub>=11,9 i<sub>y</sub>=2,6 J<sub>w</sub>=90575,6 J<sub>t</sub>=53,4 i<sub>s</sub>=12,2.Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość **fd=205** MPa dla **g=16,1**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:** $M_x = -100,293$  kNm, $V_y = 1,738$  kN,  $N = 0,000$  kN,**Naprężenia:**

Naprężenia w skrajnych włóknach:

 $\sigma_t = 153,5$  MPa  $\sigma_c = -153,5$  MPa.

Naprężenia:- normalne:

 $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 153,5$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$ - ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 32,40$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 0,5$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$ 

Warunki nośności:

 $\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 153,5 = 153,5 < 205$  MPa $\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,5 / 1,000 = 0,5 < 118,9 = 0,58 \times 205$  MPa $\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{153,5^2 + 3 \times 0,0^2} = 153,5 < 205$  MPa**Długości wyboczeniowe pręta:**

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

 $\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 7,200$   $l_w = 1,000 \times 7,200 = 7,200$  m

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

 $\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 0,500$   $l_w = 1,000 \times 0,500 = 0,500$  m- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_{\omega} = 0,500$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 7,200$  m. Długość wyboczeniowa  $l_{\omega} = 3,600$  m.**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 9800,0}{7,200^2} 10^{-2} = 3824,852 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 451,0}{0,500^2} 10^{-2} = 36499,771 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{12,2^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 90575,6}{3,600^2} 10^{-2} + 80 \times 53,4 \times 10^2 \right) = 3832,455 \text{ kN}$$

**Zwicherungie:**

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezp. przekrój przed obrotem  $l_1 = l_{ow} = 7200 \text{ mm}$ :

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 26}{0,400} \times \sqrt{215 / 205} = 2294 < 7200 = l$$

Konieczne jest sprawdzenie zwicherungia pręta.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 15,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-15,00) \text{ cm}$ .

Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times (-15,00) = -7,950$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$(-0,079) \times 36499,771 + \sqrt{(-0,079 \times 36499,771)^2 + 1,140^2 \times 0,122^2 \times 36499,771 \times 3832,455} = 432,477$$

Smukłość względna dla zwicherungia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{133,933 / 432,477} = 0,640$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

- względem osi X  $M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 653,3 \times 205 \times 10^{-3} = 133,933 \text{ kNm}$

Współczynnik zwicherungia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,640$  wynosi  $\varphi_L = 0,960$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{100,293}{0,960 \times 133,933} = 0,780 < 1$$

**Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:**

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 1,738 < 231,142 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 133,933 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{100,293}{133,933} = 0,749 < 1$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 21,7 \text{ mm} \quad a_{\text{gr}} = l / 250 = 7200 / 250 = 28,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 21,7 < 28,8 = a_{\text{gr}}$$

**2. Nadproża nad otworami okiennymi****2.1. Nadproże betonowe ściany osłonowej z cegły klinkierowej**

Obciążenia;

- ciężar własny nadproża			
[0,28x0,14+0,06x0,06]x25,00	0,99 kN/m x 1,10	1,09 kN/m	
- ciężar ściany osłonowej nad nadprożem			
0,12x19,00x1,00	2,28 kN/m x 1,20	2,74 kN/m	
- ciężar ocieplenia z wełny mineralnej			
0,06x12,00x1,00	0,72 kN/m x 1,30	0,94 kN/m	
- ciężar płytek z klinkieru			
0,022x(0,30x2+0,14)x19,00	0,31 kN/m x 1,30	0,40 kN/m	

4,30 kN/m x 1,20 5,17 kN/m

Obciążenie prętów kotwiących – dla pręta środkowego

- obciążenie pionowe 4,30x0,60 2,58 kN x 1,20 3,10 kN  
 - moment od obciążenia pionowego  
 $[2,28 \times (0,06 + 0,12 \times 0,5) + 0,98 \times 0,28 \times 0,5 + 0,31 \times 0,20] \times 0,60$  0,28 kNm x 1,20 0,34 kNm  
 przyjęto mocowanie do nadproża okiennego poprzez 3 pręty kotwiące  $\Phi 16$  klasy 5.8, nakrętki klasy 5.

**2.2. Nadproża nad otworami okiennymi w ścianie w osi „D-D”**

Obciążenie belki nadproża

Wersja I

- ciężar ściany zewnętrznej z cegły pełnej  
 $0,38 \times 1,40 \times 19,00$  10,40 kN/m x 1,20 12,48 kN/m  
 - ciężar tynku  $0,015 \times 2 \times 1,40 \times 19,00$  0,80 kN/m x 1,30 1,04 kN/m  
 - ciężar nadproża i ściany osłonowej 4,30 kN/m x 1,20 5,17 kN/m  
 - obciążenie od więźby dachowej 13,17:0,91 14,47 kN/m x 1,29 18,67 kN/m  
 - obciążenie od gzymsu – przyjęto  $\frac{2,00 \text{ kN/m} \times 1,30}{31,97 \text{ kN/m} \times 1,25}$  2,60 kN/m 39,96 kN/m

Wersja II

- ciężar ściany zewnętrznej z cegły pełnej  
 $0,38 \times 1,40 \times 19,00$  10,40 kN/m x 1,20 12,48 kN/m  
 - ciężar tynku  $0,015 \times 2 \times 1,40 \times 19,00$  0,80 kN/m x 1,30 1,04 kN/m  
 - obciążenie od więźby dachowej 13,17:0,91 14,47 kN/m x 1,29 18,67 kN/m  
 25,67 kN/m x 1,25 32,16 kN/m

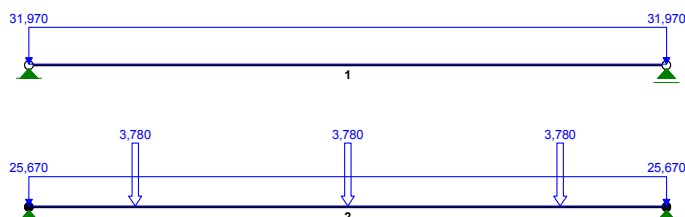
Obciążenie skupione

- ciężar nadproża i ściany osłonowej 4,30 kN/m x 1,20 5,17 kN/m  
 obciążenie prętów kotwiących  $6,30 \times 0,60$  3,78 kN x 1,24 4,68 kN

**OBCIĄŻENIA:**

([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa: A	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
1	Liniowe	0,0	31,970	31,970	0,00	1,80
Grupa: B	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
2	Liniowe	0,0	25,670	25,670	0,00	1,80
Grupa: C	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,23$	
2	Skupione	0,0	3,780		0,30	
2	Skupione	0,0	3,780		0,90	
2	Skupione	0,0	3,780		1,50	

**OBCIĄŻENIA:****SIŁY PRZEKROJOWE:**

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,000	36,153	0,000
	0,50	0,900	<b>16,269*</b>	0,000	0,000
	1,00	1,800	0,000	-36,153	0,000
2	0,00	0,000	0,000	36,109	0,000
	0,50	0,900	<b>16,598*</b>	2,325	0,000
	1,00	1,800	0,000	-36,109	0,000

**REAKCJE PODPOROWE:**

T.I rzędu

Obciążenia char.: Ciężar wł.

+ABC

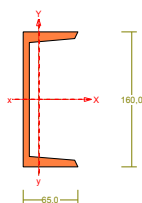
Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:
1	0,000	28,943	28,943
2	0,000	28,943	28,943
3	0,000	28,943	28,943
4	0,000	28,943	28,943

**REAKCJE PODPOROWE:**

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:
1	0,000	36,153	36,153
2	0,000	36,153	36,153
3	0,000	36,109	36,109
4	0,000	36,109	36,109

**Wymiarowanie**

Przekrój: U 160

Wymiary przekroju: U 160 h=160,0 s=65,0 g=7,5 t=10,5 r=10,5 ex=18,4.

Charakterystyka geometryczna przekroju: J<sub>xg</sub>=925,0 J<sub>yg</sub>=85,3 A=24,00 i<sub>x</sub>=6,2 i<sub>y</sub>=1,9 J<sub>w</sub>=3259,3 J<sub>t</sub>=7,2 x<sub>s</sub>=-3,7 i<sub>s</sub>=7,5 r<sub>y</sub>=9,4 b<sub>x</sub>=-8,4.Materiał: St3S Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=10,5.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

**Siły przekrojowe:**

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: ABC

$$M_x = -16,598 \text{ kNm}, \quad V_y = 2,325 \text{ kN},$$

**Naprężenia:**Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 143,5 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -143,5 \text{ MPa}$ .Naprężenia: - normalne:  $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 143,5 \text{ MPa}$   $\psi_{oc} = 1,000$ ściskanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 12,00 \text{ cm}^2$   $\tau = 1,9 \text{ MPa}$   $\psi_{ov} = 1,000$ Warunki nośności:  $\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 143,5 = 143,5 < 215 \text{ MPa}$ 

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 1,9 / 1,000 = 1,9 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{143,5^2 + 3 \times 0,0^2} = 143,5 < 215 \text{ MPa}$$

**Długości wyboczeniowe pręta:**- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy: $\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 1,800$   $l_w = 1,000 \times 1,800 = 1,800 \text{ m}$ 

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

 $\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 0,200$   $l_w = 1,000 \times 0,200 = 0,200 \text{ m}$ - dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_w = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{ow} = 1,800 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_w = 1,800 \text{ m}$ .**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 925,0}{1,800^2} 10^{-2} = 5776,308 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 85,3}{0,200^2} 10^{-2} = 43146,209 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{7,5^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 3259,3}{1,800^2} 10^{-2} + 80 \times 7,2 \times 10^2 \right) = 1397,324 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4 N_x N_z (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{5776,308 + 1397,324 - \sqrt{(5776,308 + 1397,324)^2 - 4 \times 5776,308 \times 1397,324 \times (1 - 1,000 \times 3,7^2 / 7,5^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times 3,7^2 / 7,5^2)} = 1304,521 \text{ kN}$$

**Zwicherungie:**

Moment krytyczny przy zwicherungiu ceownika zginanego w płaszczyźnie środka można wyznaczyć, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$$N_y = 24556,438 \text{ kN}, \quad N_z = 1810,344 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 8,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-8,00) \text{ cm}$ .

Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia:  $A_1 = 0,550$ ,  $A_2 = 0,760$ ,  $B = 1,370$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,550 \times 0,00 + 0,760 \times (-8,00) = -6,080$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$(-0,061) \times 24556,438 + \sqrt{(-0,061 \times 24556,438)^2 + 1,370^2 \times 0,064^2 \times 24556,438 \times 1810,344} = 109,751$$

Smukłość względna dla zwicherungia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{21,128 / 109,751} = 0,505$$

Dla ceownika zginanego w płaszczyźnie środka, przyjęto:  $\bar{\lambda}_L = 1,25 \times 0,505 = 0,631$

**Nośność przekroju na zginanie:**

- względem osi X  $M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 115,6 \times 215 \times 10^{-3} = 24,859 \text{ kNm}$

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R,red} = W f_d \left[ 0,85 - \left( \frac{V}{V_R} \frac{e t_w}{b t_f} \right)^2 \right] = 115,6 \times 215 \times \left[ 0,85 - \left( \frac{2,325 \times 3,7 \times 0,8}{149,640 \times 6,5 \times 1,1} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 21,130$$

Współczynnik zwicherungia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,631$  wynosi  $\varphi_L = 0,963$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{16,598}{0,963 \times 21,130} = 0,816 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

- wzdłuż osi Y  $V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 12,0 \times 215 \times 10^{-1} = 149,640 \text{ kN}$

$$V_o = 0,3 V_R = 44,892 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:  $V = 36,109 < 149,640 = V_R$

**Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:**

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 2,325 < 44,892 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 21,130 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx, V}} = \frac{16,598}{21,130} = 0,785 < 1$$

**Stan graniczny użytkowania:** Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 2,3 \text{ mm} \quad a_{\text{gr}} = l / 250 = 1800 / 250 = 7,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2,3 < 7,2 = a_{\text{gr}}$$

### 2.3. Nadproże nad otworem okiennym w ścianie w osi „7-7”

Obciążenie belki nadproża

Wersja I

- ciężar ściany zewnętrznej z cegły pełnej 0,38x1,40x18,00	9,58 kN/m x 1,20	11,49 kN/m
- ciężar tynku 0,015x2x1,40x19,00	0,80 kN/m x 1,30	1,04 kN/m
- ciężar nadproża i ściany osłonowej	4,30 kN/m x 1,20	5,17 kN/m
- obciążenie od więźby dachowej 13,17:0,91	14,47 kN/m x 1,29	8,67 kN/m
- obciążenie od gzymsu – przyjęto	2,00 kN/m x 1,30	2,60 kN/m
- obciążenie od belek stropu nad piętrem obc. równomierne (7,10x7,20x0,5) / 1,23	20,78 kN/m x 1,25	25,98 kN/m
- obciążenie od siły skupionej 12,70 / 1,20 = 10,58 [(10,58x5,70) / 7,20] / 1,23	<u>6,80 kN/m x 1,20</u>	<u>8,16 kN/m</u>
	58,73 kN/m x 1,245	73,11 kN/m
	35,24 kN/m x 1,245	43,87 kN/m

obciążenie belki zewnętrznej 58,73x0,60

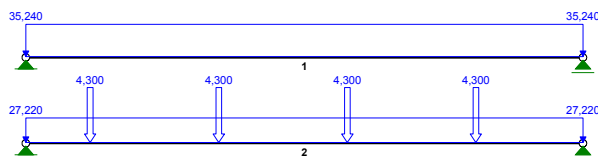
Wersja II

- ciężar ściany zewnętrznej z cegły pełnej 0,38x1,40x18,00	9,58 kN/m x 1,20	11,49 kN/m
- ciężar tynku 0,015x2x1,40x19,00	0,80 kN/m x 1,30	1,04 kN/m
- obciążenie od więźby dachowej 13,17:0,91	14,47 kN/m x 1,29	18,67 kN/m
- obciążenie od gzymsu – przyjęto	2,00 kN/m x 1,30	2,60 kN/m
- obciążenie od belek stropu nad piętrem obc. równomierne (7,10x7,20x0,5) / 1,23	20,78 kN/m x 1,25	25,98 kN/m
- obciążenie od siły skupionej 12,70 / 1,20 = 10,58 [(10,58x5,70) / 7,20] / 1,23	<u>6,80 kN/m x 1,20</u>	<u>8,16 kN/m</u>
	54,43 kN/m x 1,248	67,94 kN/m
	27,22 kN/m x 1,248	33,96 kN/m
	4,30 kN/m x 1,20	5,17 kN/m

obciążenie belki zewnętrznej 54,43x0,50

- ciężar nadproża i ściany osłonowej

OBCIĄŻENIA:



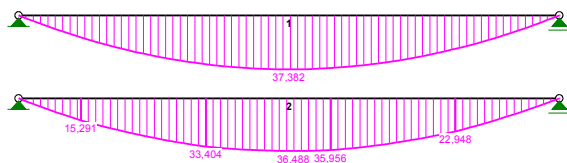
OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg) :	P2 (Td) :	a [m] :	b [m] :
Grupa: A	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
1	Liniowe	0,0	35,240	35,240	0,00	2,60
Grupa: B	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,25$	
2	Liniowe	0,0	27,220	27,220	0,00	2,60
Grupa: C	""			Zmienne	$\gamma_f = 1,24$	
2	Skupione	0,0	4,300		0,30	

2	Skupione	0,0	4,300	0,90
2	Skupione	0,0	4,300	1,50
2	Skupione	0,0	4,300	2,10

MOMENTY:

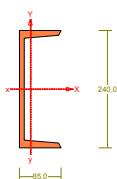


SIŁY PRZEKROJOWE:		T.I rzędu		Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC	
Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	57,511	0,000
	0,50	1,300	37,382*	0,000	0,000
	1,00	2,600	0,000	-57,511	0,000
2	0,00	0,000	0,000	56,121	0,000
	0,51	1,322	36,488*	0,069	0,000
	1,00	2,600	-0,000	-54,480	0,000

REAKCJE PODPOROWE:		T.I rzędu		Obciążenia char.: Ciężar wł.+ABC	
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:	
1	0,000	46,244	46,244		
2	0,000	46,244	46,244		
3	0,000	45,079	45,079		
4	0,000	43,756	43,756		

REAKCJE PODPOROWE:		T.I rzędu		Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC	
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:	
1	0,000	57,511	57,511		
2	0,000	57,511	57,511		
3	0,000	56,121	56,121		
4	0,000	54,480	54,480		

## Wymiarowanie



Przekrój: U 240

Wymiary przekroju: U 240 h=240,0 s=85,0 g=9,5 t=13,0 r=13,0 ex=22,3.

Charakterystyka geometryczna przekroju: J<sub>xg</sub>=3600,0 J<sub>yg</sub>=248,0 A=42,30i<sub>x</sub>=9,2 i<sub>y</sub>=2,4 J<sub>w</sub>=22043,7 J<sub>t</sub>=19,2 x<sub>s</sub>=-4,5 i<sub>s</sub>=10,6 r<sub>y</sub>=16,5 b<sub>x</sub>=-12,8.Materiał: St3S Wytrzymałość f<sub>d</sub>=215 MPa dla g=13,0.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

## Siły przekrojowe:

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: ABC  $M_x = -37,382$  kNm,  $V_y = 0,000$  kN,  $N = 0,000$  kN,

## Naprężenia:

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 124,6$  MPa  $\sigma_c = -124,6$  MPa.Naprężenia: - normalne:  $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 124,6$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$ Warunki nośności:  $\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 124,6 = 124,6 < 215$  MPa

## Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

 $\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 2,600$   $l_w = 1,000 \times 2,600 = 2,600$  m- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu: $\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_o = 0,600$   $l_w = 1,000 \times 0,600 = 0,600$  m- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_{\omega} = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega} = 2,600$  m. Długość wyboczeniowa  $l_{\omega} = 2,600$  m.

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 3600,0}{2,600^2} 10^{-2} = 10774,805 \text{ kN}$$

**Siły krytyczne:**

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 248,0}{0,600^2} 10^{-2} = 13938,075 \text{ kN} \quad N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_{\square}}{l_w^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{10,6^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 22043,7}{2,600^2} 10^{-2} + 80 \times 19,2 \times 10^2 \right) = 1967,933 \text{ kN}$$

$$N_{xz} = \frac{N_x + N_z - \sqrt{(N_x + N_z)^2 - 4 N_x N_z (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{10774,805 + 1967,933 - \sqrt{(10774,805 + 1967,933)^2 - 4 \times 10774,805 \times 1967,933 \times (1 - 1,000 \times 4,5^2 / 10,6^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times 4,5^2 / 10,6^2)} = 1893,632 \text{ kN}$$

**Zwichrzenie:**

Moment krytyczny przy zwichrzeniu ceownika zginanego w płaszczyźnie średnika można wyznaczyć, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego  $N_y = 7551,247 \text{ kN}$ ,  $N_z = 2282,206 \text{ kN}$ .

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 12,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-12,00) \text{ cm}$ . Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,610$ ,  $A_2 = 0,530$ ,  $B = 1,140$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times (-12,00) = -6,360$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$(-0,064) \times 7551,247 + \sqrt{(-0,064 \times 7551,247)^2 + 1,140^2 \times 0,094^2 \times 7551,247 \times 2282,206} = 174,791$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{54,821 / 174,791} = 0,644$$

Dla ceownika zginanego w płaszczyźnie średnika, przyjęto:  $\bar{\lambda}_L = 1,25 \times 0,644 = 0,805$

**Nośność przekroju na zginanie:**

- względem osi X  $M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 300,0 \times 215 \times 10^{-3} = 64,500 \text{ kNm}$

Nośność przekroju względem osi X należy zredukować do wartości:

$$M_{R, red} = W f_d \left[ 0,85 - \left( \frac{V}{V_R} \frac{e t_w}{b t_f} \right)^2 \right] = 300,0 \times 215 \times \left[ 0,85 - \left( \frac{0,000 \times 4,5 \times 0,9}{284,316 \times 8,5 \times 1,3} \right)^2 \right] \times 10^{-3} = 54,825$$

Współczynnik zwichrzenia dla  $\bar{\lambda}_L = 0,805$  wynosi  $\phi_L = 0,890$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{\phi_L M_{Ry}} = \frac{37,382}{0,890 \times 54,825} = 0,766 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

- wzdłuż osi Y  $V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 22,8 \times 215 \times 10^{-1} = 284,316 \text{ kN}$   $V_o = 0,3 V_R = 85,295 \text{ kN}$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:  $V = 57,511 < 284,316 = V_R$

**Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:**

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,000 < 85,295 = V_o$   $M_{R,V} = M_R = 54,825 \text{ kNm}$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{37,382}{54,825} = 0,682 < 1$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:



$$\begin{aligned} a_{\max} &= 2,9 \text{ mm} & a_{\text{gr}} &= l / 250 = 2600 / 250 = 10,4 \text{ mm} \\ a_{\max} &= 2,9 < 10,4 = a_{\text{gr}} \end{aligned}$$

Wiesław Wasilewski