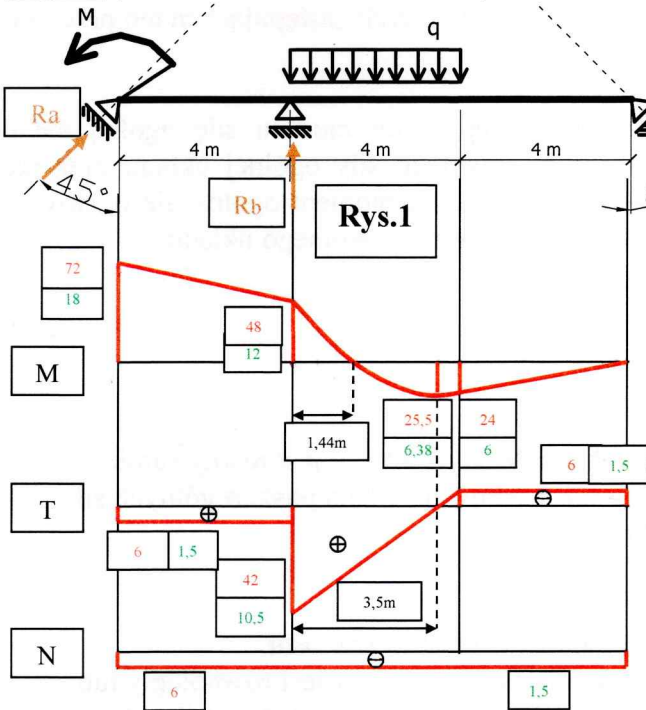


**Część 1** (czas 80 minut + max 10 min)



**Zad. 1.1** Płaski układ sił przedstawiony na Rys. 1 zrównoważ reakcjami:  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$

Dane: **A)**  $q = 12 \text{ kN/m}$ ,  $M = 72 \text{ kNm}$ .

**B)**  $q = 3 \text{ kN/m}$ ,  $M = 18 \text{ kNm}$ .

Otrzymane wyniki wpisz poniżej.

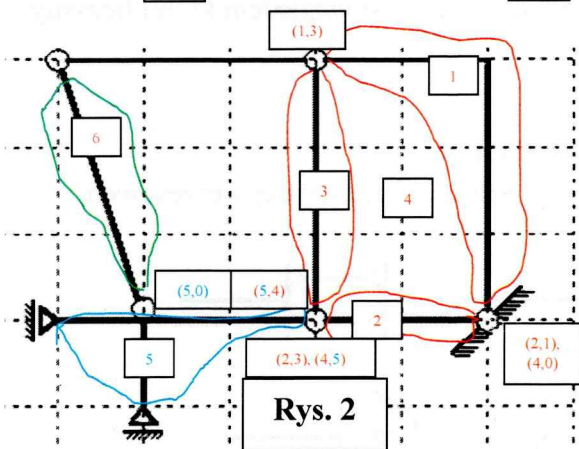
**Zwroty reakcji zaznacz na Rys. 1. !!!**

Zad.1.1	A	B
$R_a =$	$6\sqrt{2} = 8,49 \text{ kN}$	$3\sqrt{2}/2 = 2,12 \text{ kN}$
$R_b =$	$36 \text{ kN}$	$9 \text{ kN}$
$R_c =$	$6\sqrt{2} = 8,49 \text{ kN}$	$3\sqrt{2}/2 = 2,12 \text{ kN}$

**Zad. 1.2** Po wykonaniu niezbędnych obliczeń dla belki przedstawionej na Rys. 1. (obliczenia załączyć)

a) sporządź wykresy sił przekrojowych  $M$ ,  $T$ ,  $N$ .

b) wyznacz położenie zerowej wartości siły tnącej oraz momentu gnącego.



**Zad. 2.** Przeprowadź analizę kinematyczną podanego schematu konstrukcji prętowej (Rys. 2). W przypadku stosowania twierdzeń zaznacz tarcze, więzi, środki obrotu, które wykorzystujesz w tym twierdzeniu.

Wpisz poniżej wynik analizy i jego uzasadnienie.

Zad. 2.	
<b>SW/SN</b> (warunek ilościowy)	$t=5$ , $e=3 \times 1 + 2 \times 2 + 2 \times 4 = 15$ , $e=3t \rightarrow 15=15$ <i>układ statycznie wyznaczalny jeżeli GN</i>
<b>GZ/GN</b> (warunek jakościowy)	$(1),(2),(3) = (1,2,3)_{3T} = (4)$ $(5),(4),(0) \neq (4,5,0)_{3T}$ (środki 5,0 4,0 i 4,5 na jednej linii) <i>Układ geometrycznie zmienny z przyczyn jakościowych</i>

**Zad. 3.** W przestrzennym układzie sił przedstawionym na Rys. 3 oblicz:

a) moment danego układu sił względem osi  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\delta$  ( $M_\alpha$ ,  $M_\beta$ ,  $M_\delta$ )

b) składową siły ogólnej wzdłuż osi  $\beta$  ( $S_\beta$ ).

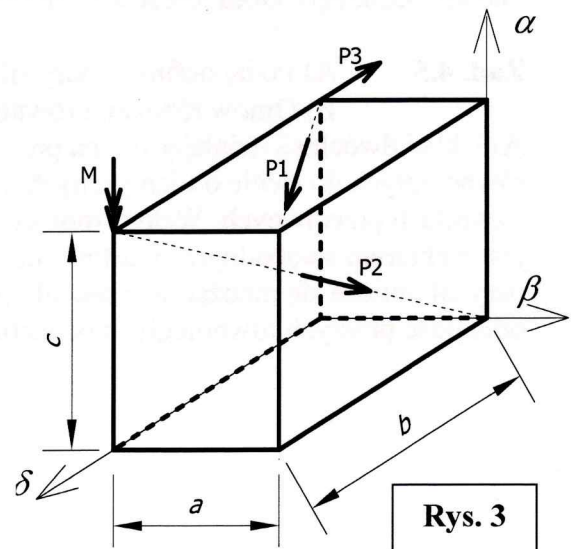
Siła  $P_1$  działa wzdłuż przekątnej ściany,  $P_2$  wzdłuż przekątnej prostopadłościanu, a  $P_3$  oraz  $M$  wzdłuż krawędzi prostopadłościanu. Wyniki wpisz w kratki poniżej.

Dane:  $P_1=10 \text{ kN}$ ,  $P_2=20 \text{ kN}$ ,  $P_3=30 \text{ kN}$ ,  $M=100 \text{ kNm}$ .

**A)**  $a = 6 \text{ m}$ ,  $b = 8 \text{ m}$ ,  $c = 10 \text{ m}$ ,

**B)**  $a = 3 \text{ m}$ ,  $b = 4 \text{ m}$ ,  $c = 5 \text{ m}$ ,

Zad. 3	A	B
$S_\alpha =$	$-10\sqrt{2} = -14,14 \text{ kN}$	$-10\sqrt{2} = -14,14 \text{ kN}$
$S_\beta =$	$6(1+\sqrt{2}) = 14,49 \text{ kN}$	$6(1+\sqrt{2}) = 14,49 \text{ kN}$
$M_\alpha =$	$-232 \text{ kNm}$	$-166 \text{ kNm}$
$M_\beta =$	$-220 \text{ kNm}$	$-110 \text{ kNm}$
$M_\delta =$	$-60(1+\sqrt{2}) = -144,9 \text{ kNm}$	$-30(1+\sqrt{2}) = -72,43 \text{ kNm}$

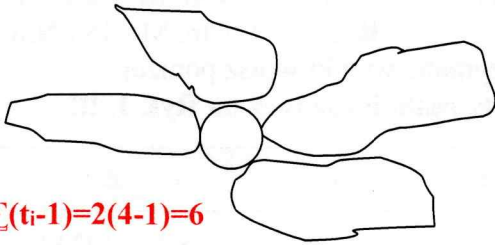




**Część 2** (czas 20 minut)

- Zad. 4.1** A) Narysuj przegub trzykrotny i podaj liczbę więzi elementarnych zastępujących ten przegub.  
B) Zdefiniuj równoważący układ sił.

A)



$$e = 2 \sum (t_i - 1) = 2(4 - 1) = 6$$

B) Ma taką samą co do modułu siłę ogólną ale o zwrocie przeciwnym do siły ogólnej układu oraz ma taki sam co do modułu moment ogólny ale o zwrocie przeciwnym do momentu ogólnego układu.

- Zad. 4.2** A) Zdefiniuj zrównoważony układ sił.  
B) Podaj zasadę superpozycji.

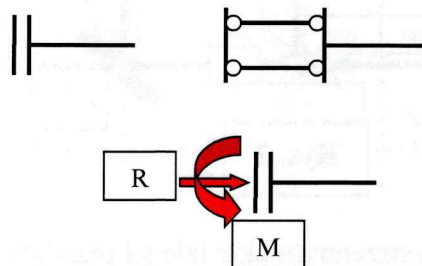
A) Wektor siły ogólnej układu jest równy zeru oraz wektor momentu ogólnego układu dla dowolnego bieguna redukcji jest także równy zeru. B) Skutek działania układu sił jest równy sumie wektorowej skutków działania poszczególnych sił układu.

- Zad. 4.3** A) Zdefiniuj pręt pryzmatyczny.  
B) Omów w jakim przypadku moment siły względem osi jest równy zeru.

A) Pręt prosty o stałym przekroju poprzecznym. na długości pręta (tworzące równoległe do osi pręta). B) Kiedy kierunek wektora siły jest równoległy lub przecina się z kierunkiem osi względem której liczymy moment.

- Zad. 4.4** A) Zdefiniuj statyczną wyznaczalność i niewyznaczalność.  
B) Narysuj symbol, układ więzi oraz reakcji podpory sztywno-przesuwnej z przesuwem poprzecznym.

A) Jeżeli układ jest GN i liczba nieznanymi reakcji (nieznanymi) jest równa liczbie niezależnych warunków równowagi statycznej, którymi dysponujemy lub inaczej jeżeli jest spełniony warunek  $e = 3t$ , gdzie liczba więzi elementarnych  $e$  łączących tarcze z ostoją (reakcje) i tarcze między sobą (interakcje) jest równa liczbie stopni swobody układu płaskiego, która jest równa  $3t$ .



- Zad. 4.5** A) Podaj definicję pary sił.  
B) Omów równania równowagi dla równoległego przestrzennego układu sił.

A) Układ dwóch sił działających na prostych równoległych do siebie o identycznych modułach i zwrotach przeciwnych. Wektor momentu pary sił jest wektorem swobodnym. Wartość momentu pary sił oblicza się mnożąc wartość siły przez odległość prostych równoległych od siebie. B) Do dyspozycji są trzy równania równowagi: jedno równania rzutów na oś nieprostokątną do kierunku układu i dwa równania momentów względem osi o kierunkach nierównoległych do siebie i do osi układu równoległego. Pozostałe trzy warunki równowagi (dwa równania rzutów na osie prostopadłe do układu równoległego i nierównoległe do siebie oraz momentów względem osi równoległej do układu) są spełnione tożsamościowo. Warunek rzutów na oś może być zastąpiony warunkiem momentów względem osi nierównoległej do tej osi i nie przecinającej się z tą osią.