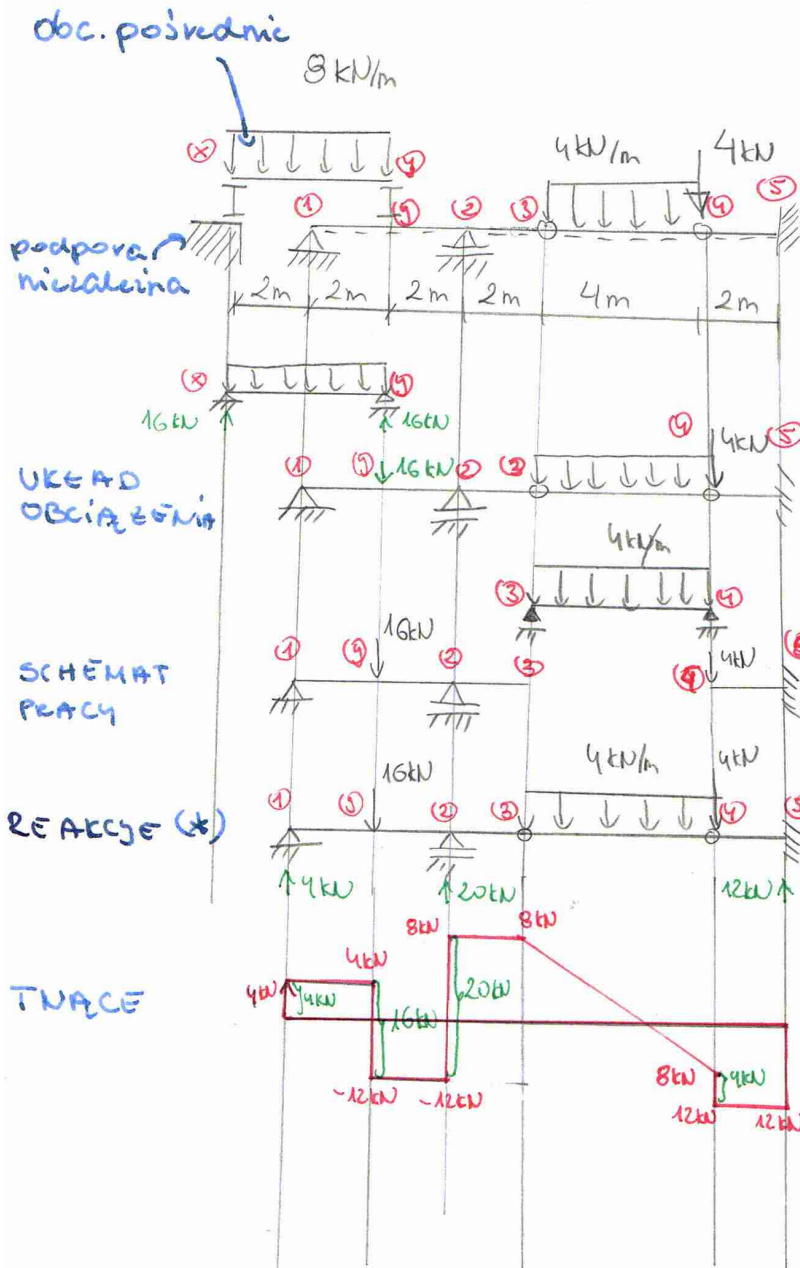
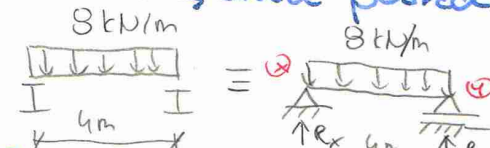


# ZADANIE 2



① obciążenie przemieszczone pośrednio do belki traktujemy jako inną belkę ułożoną na „naszej” belce za pomocą podkładek. Powoduje to że obc. pośrednie przekazuje się na „naszą” belkę w postaci sił skupionych będącymi reakcjami podporowymi belki pośredniej od obciążenia pośredniego.



Dla takiego układu obliczmy reakcje które zostaną przekazane na belkę właściwą.

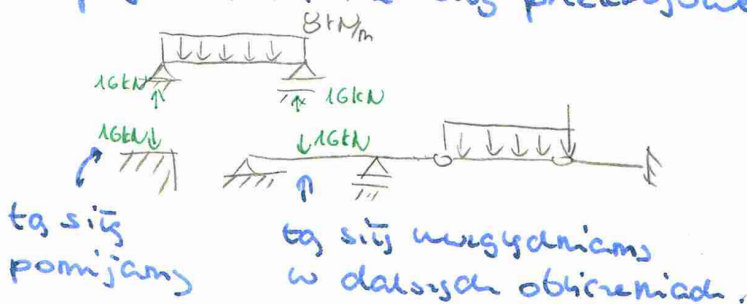
$$\sum M_x = 0 \Rightarrow 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} \cdot \frac{4 \text{ m}}{2} - R_y \cdot 4 \text{ m} = 0$$

$$R_y = \frac{64 \text{ kNm}}{4 \text{ m}} = 16 \text{ kN}$$

$$\sum M_y = 0 \Rightarrow R_x \cdot 4 \text{ m} - 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} \cdot \frac{4 \text{ m}}{2} = 0$$

$$R_x = \frac{64 \text{ kNm}}{4 \text{ m}} = 16 \text{ kN}$$

Ponieważ jedna z podpór belki pośredniej jest podporą niezależną od belki siła na nią przekazywana nie wpłynie nam na siły przekrojowe w belce

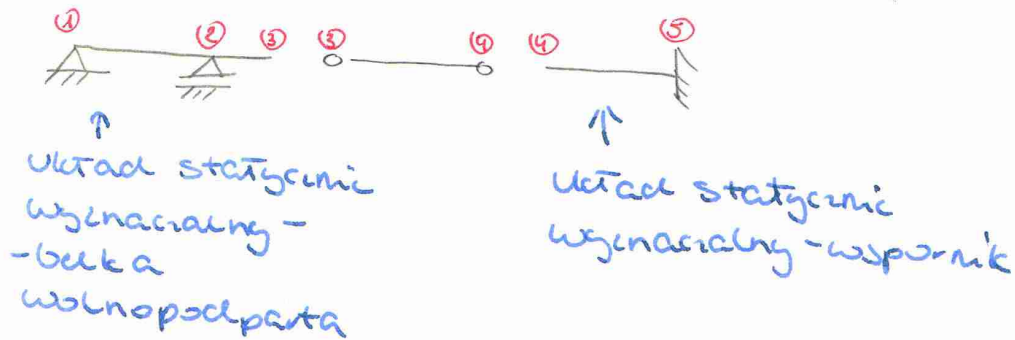


ta siła pomijamy

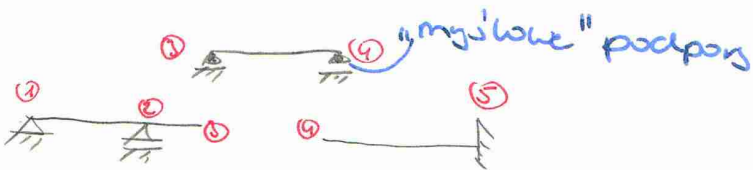
ta siła uwzględniamy w dalszych obliczeniach.

## ② SCHEMAT PRACY

Dla nowego układu obciążeni wyodrębniamy belki statyczne wyznaczając kolejno układ myślowo w przegubach



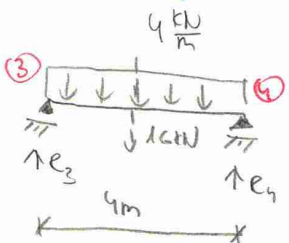
belka ③-④ jest belką zakończoną przegubami, w miejscach których wstawiamy „myślone” podpory. Obciążenie z tych podpór będzie przekazywało się na belki główne układu czyli na belki ①-③ oraz ④-⑤, dlatego belki te będą „na dole”, a belka ③-④ „na górze”



W schemacie pracy pomijamy belkę na której przylżone było obciążenie pośrednie i uwzględniamy tylko odpowiednią reakcję z tej belki!!!

## ③ REAKCJE PODPOROWE

Obliczenia zaczynamy od belki położonej najwyżej, ponieważ przekazuje ona obciążenie na pozostałe belki.



Ponieważ siła skupiona o wartości 4kN przylżona w węzle ④ przekazuje się cała na reakcję podporową  $R_4$  odrazu przylżadamy ją na wspornik w punkcie ④ nie analizując przy rozwiązaniu belki ③-④

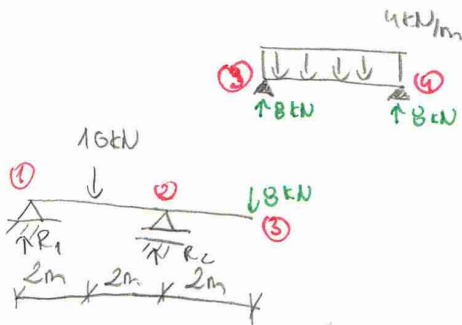
$$\sum M_3 = 0 \Rightarrow 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{m} \cdot \frac{4 \text{m}}{2} - R_4 \cdot 4 \text{m} = 0$$

$$R_4 = \frac{32 \text{ kNm}}{4 \text{ m}} = 8 \text{ kN}$$

$$\sum M_4 = 0 \Rightarrow 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{m} \cdot \frac{4 \text{m}}{2} - R_3 \cdot 4 \text{m} = 0$$

$$R_3 = \frac{32 \text{ kNm}}{4 \text{ m}} = 8 \text{ kN}$$

2 belki ③-④ obciążenie w postaci reakcji podporowej przekazywane jest na belkę ④-⑤ oraz ④-⑤

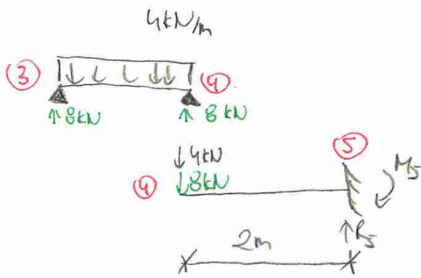


$$\sum M_1 = 0 \Rightarrow 16 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} - R_2 \cdot 4 \text{ m} + 8 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m} = 0$$

$$R_2 = \frac{80 \text{ kNm}}{4 \text{ m}} = 20 \text{ kN}$$

$$\sum M_2 = 0 \Rightarrow R_1 \cdot 4 \text{ m} - 16 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} + 8 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = 0$$

$$R_1 = \frac{16 \text{ kNm}}{4 \text{ m}} = 4 \text{ kN}$$



$$\sum R = 0 \Rightarrow R_5 - 4 \text{ kN} - 8 \text{ kN} = 0$$

$$R_5 = 12 \text{ kN}$$

$$M_5 = -(4 \text{ kN} + 8 \text{ kN}) \cdot 2 \text{ m} = 24 \text{ kNm}$$

### ③ TNĄCIE

Do wyznaczenia sił tnących uwzględniamy układ sił (\*).  
 Nie bierzemy pod uwagę reakcji przekazywanych przez „mysłowe” podpory w przegubach, ponieważ ich działanie równoważy się

$$\textcircled{3} \quad \begin{array}{c} \uparrow 8 \text{ kN} \\ \circ \quad \sum = 0 \\ \downarrow 8 \text{ kN} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \uparrow 8 \text{ kN} \\ \circ \quad \textcircled{4} \quad \sum = 0 \\ \downarrow 8 \text{ kN} \end{array}$$

$$T_{\textcircled{4}} = R_{\textcircled{4}} = 4 \text{ kN}$$

$$T_{\textcircled{4}}^{\downarrow} = R_{\textcircled{4}} = 4 \text{ kN}$$

$$T_{\textcircled{5}}^{\uparrow} = R_{\textcircled{5}} - 16 \text{ kN} = 12 \text{ kN} - 16 \text{ kN} = -4 \text{ kN}$$

$$T_{(2)}^P = T_{(1)}^P = -12 \text{ kN}$$

$$T_{(2)}^L = T_{(2)}^P + R_{(2)} = -12 \text{ kN} + 20 \text{ kN} = 8 \text{ kN}$$

$$T_{(3)}^L = T_{(2)}^L = 8 \text{ kN}$$

$$T_{(4)}^L = T_{(3)}^L - 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} = 8 \text{ kN} - 16 \text{ kN} = -8 \text{ kN}$$

$$T_{(4)}^P = T_{(4)}^L - 4 \text{ kN} = -8 \text{ kN} - 4 \text{ kN} = -12 \text{ kN}$$

$$T_{(5)}^P = T_{(4)}^P + R_{(5)} = -12 \text{ kN} + 12 \text{ kN} = \underline{0 \text{ kN}}$$

suma reakcji równa zero → świadczy to o poprawności rozwiązania

wykreś liniowy -  
obc. równomiernie  
rozłożone

### ④ MOMENTY

$M_{(1)} = 0 \text{ kNm}$  - podpora przegubowa zerowna.

$$M_{(1)} = 4 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = 8 \text{ kNm}$$

$$M_{(2)} = 4 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m} - 16 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = -16 \text{ kNm}$$

$$M_{(3)} = 4 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m} - 16 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m} + 20 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = \underline{0 \text{ kNm}}$$

przegub !

$$M_{(4)} = 4 \text{ kN} \cdot 10 \text{ m} - 16 \text{ kN} \cdot 8 \text{ m} + 20 \text{ kN} \cdot 6 \text{ m} - 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} \cdot \frac{4 \text{ m}}{2} = \underline{0 \text{ kNm}}$$

przegub !

przebieg wykresu momentów pomiędzy punktami (3) i (4)



- jak dla belki wolnopodpartyj obc. obc. ciągłym  
(parabola z ekstremum w środku rozpięcia)



$$M_{\frac{qL^2}{8}} = \frac{4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (4 \text{ m})^2}{8} = 8 \text{ kNm}$$

$$M_{(5)} = 4 \text{ kN} \cdot 12 \text{ m} - 16 \text{ kN} \cdot 10 \text{ m} + 20 \text{ kN} \cdot 8 \text{ m} - 4 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ m} \cdot \left(\frac{4 \text{ m}}{2} + 2 \text{ m}\right) - 4 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = -24 \text{ kNm}$$

równie momentowi utwierdzenia !!!

UWAGA!

O poprawności rozwiązania świadczy:

- zerowe wartości momentów w przegubach
- zgodności obliczonej na posztyku oraz na końcu reakcji podporowej na wsporniku oraz zgodności momentu.