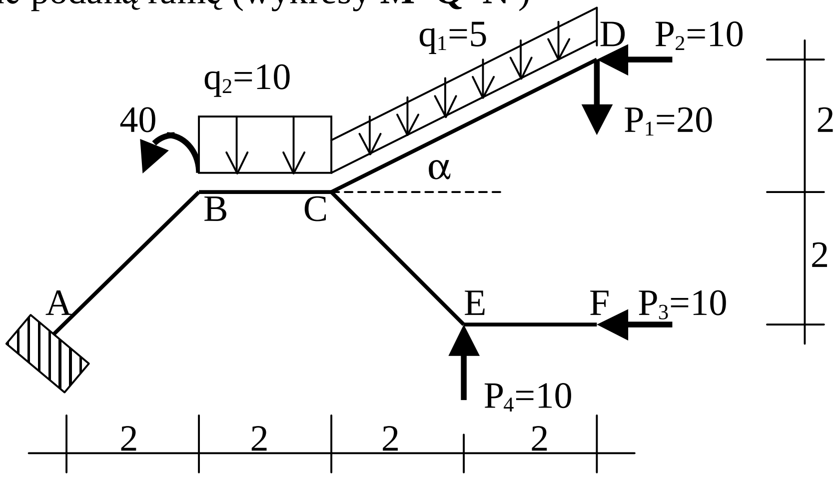
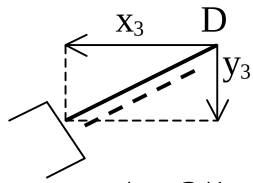
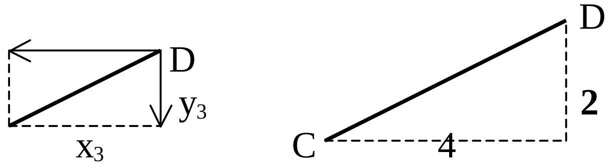
Rozwiązać podaną ramę (wykresy **M Q N**)





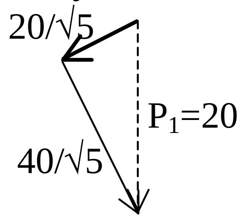
$x_3/y_3=2/1$
$c=2/\sqrt{5}$
$s=1/\sqrt{5}$
$Wq_1=5*2\sqrt{5}=10\sqrt{5}$

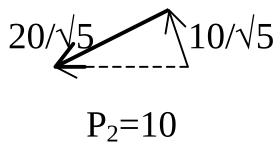
Po prawej stronie tematu narysowano w którą stronę będzie skierowany układ lokalny (N,Q) w przedziale charakterystycznym CD (oczywiście tam gdzie łatwiej, czyli „od klamerki patrzymy” w stronę p.D).
Poza tym przedstawiono współrzędne x_3 i y_3 przy pomocy których można określić usytuowanie punktu redukcji („klamerki”), ale tylko jedną z tych współrzędnych można traktować jako zmienną niezależną, ponieważ stosunek $x_3/y_3=4/2=2$ jak widać jest stały w całym przedziale DC, wynika to z podobieństwa trójkątów:



Długość odcinka C-D wynosi $2\sqrt{5}$.
Wartości sinusa i cosinusa kąta α oznaczono symbolami s oraz c
Wypadkowa od obciążenia q_1=5kN/m wynosi : $Wq_1=5*2\sqrt{5}=10\sqrt{5}$ kN

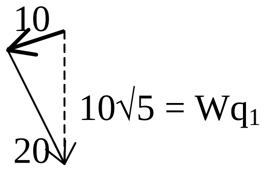
Siły osiowe N.
Przedział charakterystyczny DC
Wartość $N(x_3=0)=N(D)$. Tutaj „obserwator (klamerka) widzi” tylko siły P_1 i P_2 , to je trzeba tu zredukować w układzie NQ, a że P_1 jest pionowa i P_2 pozioma, to je trzeba rozłożyć na składowe równoległe i prostopadłe do odcinka CD:





czyli: $N(x_3=0)=N(D)=-20/\sqrt{5}-20/\sqrt{5}=-40/\sqrt{5}=-17{,}889$ kN
Wartość $N(x_3=4)=N(C_D)$ czyli wartość siły osiowej w przekroju przy punkcie C ale w przedziale CD (a nie innym: BC, CE) . Tutaj „obserwator (klamerka) widzi” poza siłami P_1 i P_2 także Wq_1 a że jest ona pionowa a układ lokalny w przekroju przy punkcie C w przedziale CD jest pod kątem α do poziomu, to ją też trzeba tu

zredukować w układzie NQ, więc poza siłami P_1 i P_2 trzeba rozłożyć na składowe równoległą i prostopadłą do odcinka CD wypadkową od q1



Wartość $N(x_3=4)=N(C_D)$ będzie taka jak N(D) pomniejszona o 10 kN. Zauważmy że w N(D) zostały zredukowane P_1 i P_2 a w $N(C_D)$ też je trzeba uwzględnić. Jedyna różnica to 10 (równoległa do CD składowa od Wq_1)

$N(C_D)=N(D)-10=-27{,}889$ kN

Funkcja N na odcinku D-C będzie liniowa, ponieważ przesuwając punkt redukcji od D do C pojawia się proporcjonalnie do x_3 coraz to większa wartość wypadkowej od widocznej **części** obciążenia ciągłego q_1 – jest ona pionowa. Składowa równoległa do CD, jest iloczynem stałej wartości s i pionowej wypadkowej od widocznej **części** obciążenia ciągłego q_1 – czyli ta składowa też jest proporcjonalna do x_3 . Wykres N na odcinku D-C jest liniowy

Przedział charakterystyczny BC

Zauważmy że nie zostały policzone żadne reakcje (okaże się to niepotrzebne), więc z punktu redukcji będącego pomiędzy B i C trzeba „patrzyć” w prawo, czyli redukować wszystko co jest przyłożone do części CD i CEF i części widocznego odcinka BC

Równoległe do kierunku N układu lokalnego, czyli odcinka BC są tylko siły P_2 i P_3, czyli wartość N w całym przedziale BC jest stała i wynosi: $N(B\text{-}C)=-P_2-P_3=-20$ kN

Przedział charakterystyczny CE

Tu do zredukowania są tylko siły P_3 i P_4. Odcinek CE jest pod kątem 45^o do poziomu i pionu. Wartość N w całym przedziale CE jest stała i wynosi:

$N(C\text{-}E)=(-P_3-P_4)/\sqrt{2}=-14{,}142$ kN

Przedział charakterystyczny EF

Tu do zredukowania jest tylko siła P_3 . Wartość N w całym przedziale EF jest stała i wynosi:

$N(E\text{-}F)=-P_3=-10$ kN

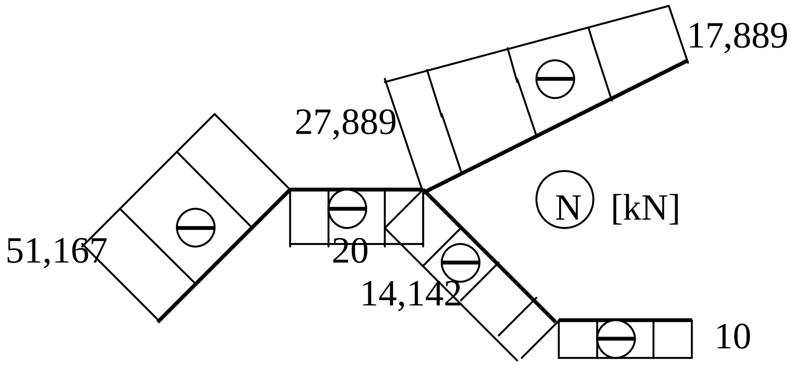
Przedział charakterystyczny AB

Tu do zredukowania są wszystkie siły skupione i obciążenia ciągłe (musimy patrzeć w prawo, bo reakcje nie są znane). Odcinek AB jest pod kątem 45^o do poziomu i pionu. Wartość N w całym przedziale CE jest stała i wynosi:

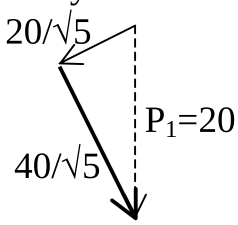
$N(A\text{-}B)=(-P_1-P_2-P_3+P_4-Wq_1-Wq_2)/\sqrt{2}$

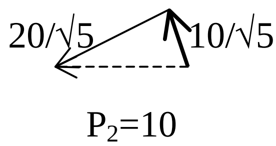
$N(A\text{-}B)=(-20-10-10+10-10\sqrt{5}-2*10)/\sqrt{2}=-(50+10\sqrt{5})/\sqrt{2}=-51{,}167$ kN

Ostatecznie możemy narysować wykres N:

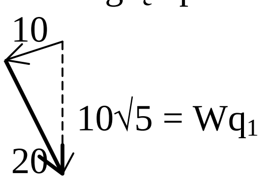


Siły poprzeczne Q .
Analizę poprowadzimy w takiej samej kolejności jak poprzednio dla sił N.
Przedział charakterystyczny DC
Wartość $Q(x_3=0)=Q(D)$. Tutaj „obserwator (klamerka) widzi" tylko siły P_1 i P_2 , to je trzeba tu zredukować w układzie NQ, a że P_1 jest pionowa i P_2 pozioma, to je trzeba rozłożyć na składowe równoległe i prostopadłe do odcinka CD:





czyli: $Q(x_3=0)=N(D)=40/\sqrt{5}-10/\sqrt{5}=30/\sqrt{5}=13{,}416$ kN
Wartość $Q(x_3=4)=Q(C_D)$ czyli wartość siły osiowej w przekroju przy punkcie C ale w przedziale CD (a nie innym: BC, CE) . Tutaj „obserwator (klamerka) widzi" poza siłami P_1 i P_2 także Wq_1 a że jest ona pionowa a układ lokalny w przekroju przy punkcie C w przedziale CD jest pod kątem α do poziomu, to ją też trzeba tu zredukować w układzie NQ, więc poza siłami P_1 i P_2 trzeba rozłożyć na składowe równoległą i prostopadłą do odcinka CD wypadkową od q1



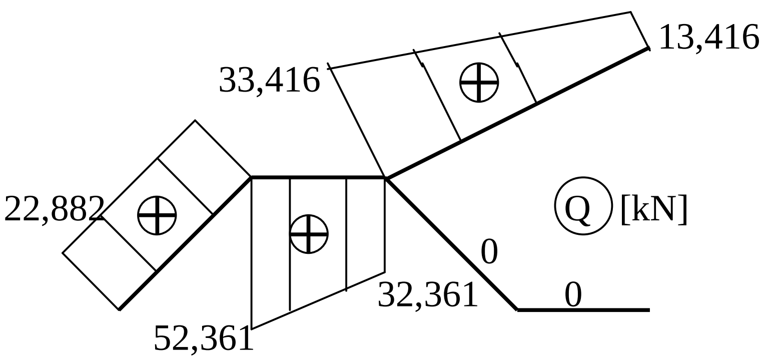
Wartość $Q(x_3=4)=Q(C_D)$ będzie taka jak Q(D) powiększona o 20 kN. Zauważmy że w Q(D) zostały zredukowane P_1 i P_2 a w $Q(C_D)$ też je trzeba uwzględnić. Jedyna różnica to 20 (prostopadła do CD składowa od Wq_1)
$Q(C_D)=N(D)+20=33{,}416$ kN
Funkcja Q na odcinku D-C będzie liniowa, ponieważ przesuwając punkt redukcji od D do C pojawia się proporcjonalnie do x_3 coraz to większa wartość wypadkowej od widocznej **części** obciążenia ciągłego q_1 – jest ona pionowa. Składowa prostopadła do CD, jest iloczynem stałej wartości c i pionowej wypadkowej od widocznej **części** obciążenia ciągłego q_1 – czyli ta składowa też jest proporcjonalna do x_3 . Wykres Q na odcinku D-C jest liniowy

Przedział charakterystyczny BC
Zauważmy że nie zostały policzone żadne reakcje (okaże się to niepotrzebne), więc z punktu redukcji będącego pomiędzy B i C trzeba „patrzyć” w prawo, czyli redukować wszystko co jest przyłożone do części CD i CEF i części widocznego odcinka BC
Równoległe do kierunku Q układu lokalnego, czyli prostopadłe do odcinka BC są siły P_1 , P_4 , Wq_1 i **część** widocznego obciążenia q_2 czyli funkcja Q w przedziale BC jest **liniowa**.
Wartość $Q(C_B)$ czyli wartość siły osiowej w przekroju przy punkcie C ale w przedziale BC (czyli punkt redukcji dx na lewo od C, ale patrzymy w prawo) wynosi:
$Q(C_B)=P_1-P_4+Wq_1=32,361$
Wartość $Q(B_C)$ czyli wartość siły osiowej w przekroju przy punkcie B ale w przedziale BC (czyli punkt redukcji dx na prawo od B i patrzymy w prawo) wynosi
$Q(B_C)=Q(C_B)+Wq_2=52,361$
Różnica dwóch ostatnich wartości wynika z uwzględnienia wypadkowej od obciążenia q_2 o wartości $Wq_2=20$ kN

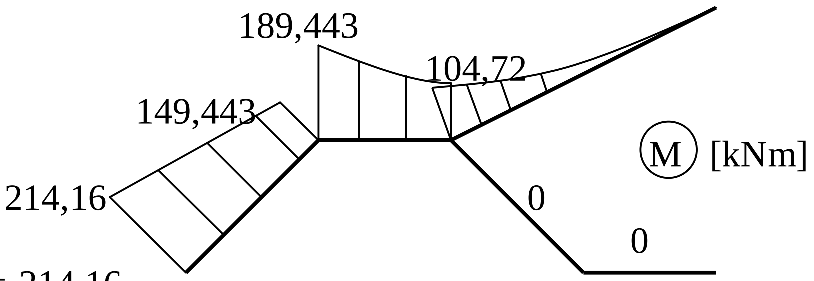
Przedział charakterystyczny CE
Tu do zredukowania są tylko siły P_3 i P_4. Odcinek CE jest pod kątem 45^o do poziomu i pionu. Wartość Q w całym przedziale CE jest stała i wynosi:
$Q(C\text{-}E)=(P_3-P_4)/\sqrt{2}= 0$

Przedział charakterystyczny EF
Tu do zredukowania jest tylko siła P_3 . Wartość Q w całym przedziale EF jest stała i wynosi: Q(E-F)=0

Przedział charakterystyczny AB
Tu do zredukowania są tylko wszystkie siły skupione i obciążenia ciągłe (musimy patrzeć w prawo, bo reakcje nie są znane). Odcinek AB jest pod kątem 45^o do poziomu i pionu. Wartość Q w całym przedziale CE jest stała i wynosi:
$Q(A\text{-}B)=(P_1 -P_2 -P_3 -P_4+Wq_1 +Wq_2)/ \sqrt{2}$
$Q(A\text{-}B)=(20-10-10-10+10\sqrt{5}+2*10)/\sqrt{2}= (10+10\sqrt{5})/\sqrt{2}= 22,882$ kN
Ostatecznie możemy narysować wykres Q:



Momenty zginające M:
Przedział CD:
$M(x_3)=-20x_3-5(x_3/c)(x_3/2)+10y_3=-15x_3-(5*\sqrt{5}/4)x_3^2$,
$M(x_3=4)=M(C_D)=-104{,}72$
Z analizy wykresów Q widać że w M nie będzie ekstremów na odcinkach DC i BC a funkcje tam są 2^o.
Redukując w poszczególnych przekrojach nie trzeba (choć można) rozkładać sił.



$M(A)=-214{,}16$
$M(B_C)=-20*6+10*2-10*2+10*4-10\sqrt{5}*4-10*2*1=-189{,}443$