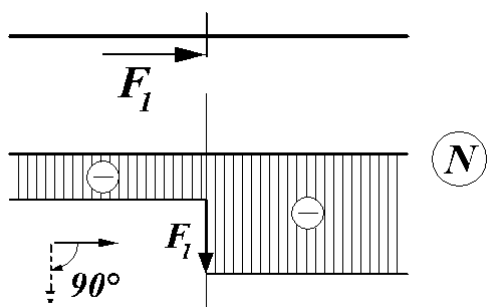


ПОСТРОЯВАНЕ НА ДИАГРАМИТЕ НА РАЗРЕЗНИТЕ УСИЛИЯ ЧРЕЗ ПРАВИЛАТА ЗА СКОКОВЕТЕ И ПЛОЩИТЕ

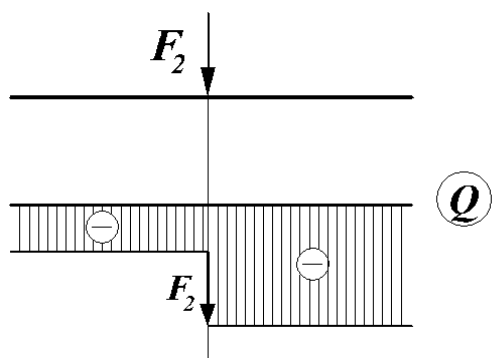
Диаграмите винаги се строят от ляво надясно!!!

Правила за скокове

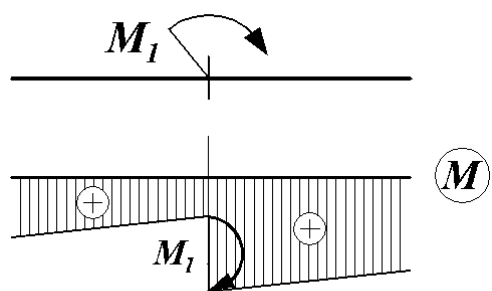
Скок в диаграма – различни стойности на разрезното усилие отляво и отдясно в едно и също сечение на гредата.



В *N*-диаграмата има скок там, където има концентрирана сила по направление оста на елемента. Големината на скока е равен на големината на силата. Посоката на скока се получава, след като концентрираната сила се завърти на 90° по посока на часовниковата стрелка.

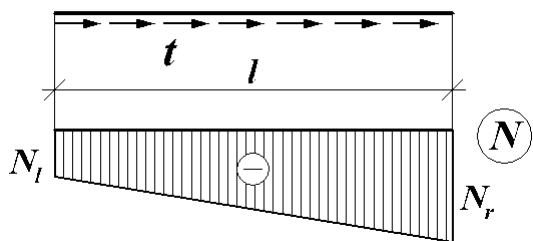


В *Q*-диаграмата има скок там, където има концентрирана сила перпендикулярна на оста на елемента. Големината на скока е равен на големината на силата, а посоката на скока съвпада с посоката на силата.

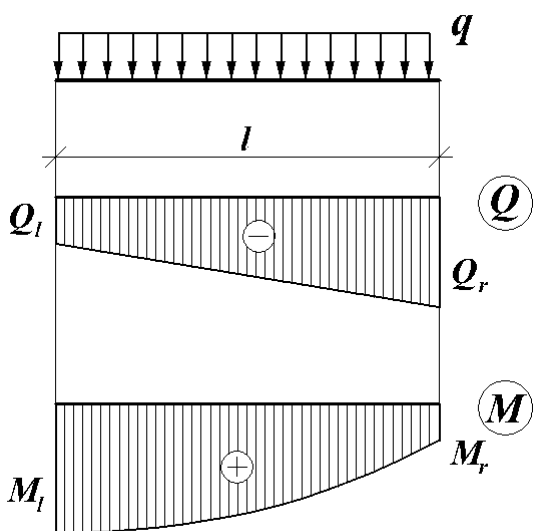


В *M*-диаграмата има скок там, където има концентриран момент. Големината на скока е равен на големината на момента. За да се получи посоката на скока, трябва кривата стрелка на концентрирания момент да се нанесе като плавно продължение на моментовата диаграма.

Правила за площите



$$N_r - N_l = -R_t \Rightarrow \boxed{N_r = N_l - R_t}$$



$$Q_r - Q_l = -R_q \Rightarrow \boxed{Q_r = Q_l - R_q}$$

$$M_r - M_l = A_Q \Rightarrow \boxed{M_r = M_l + A_Q}$$

N_r, Q_r, M_r – разрезното усилие в дясната (right) страна на разглеждания участък

N_l, Q_l, M_l – разрезното усилие в лявата (left) страна на разглеждания участък

t – осов товар, положителната му посока съвпада с положителната посока на N за лява част т.е. $\boxed{+t \rightarrow}$.

R_t – равнодействаща на осовия товар за разглеждания участък

q – напречен товар, положителната му посока съвпада с положителната посока на Q за лява част т.е. $\boxed{+q \downarrow}$.

R_q – равнодействаща на напречния товар за разглеждания участък

A_Q – площ на диаграмата на напречната сила за разглеждания участък

Правила за вида на диаграмите

При $t = 0 \Rightarrow N = const$

$t = const \Rightarrow N$ - линейна функция

При $q = 0 \Rightarrow Q = const \Rightarrow M$ - линейна функция

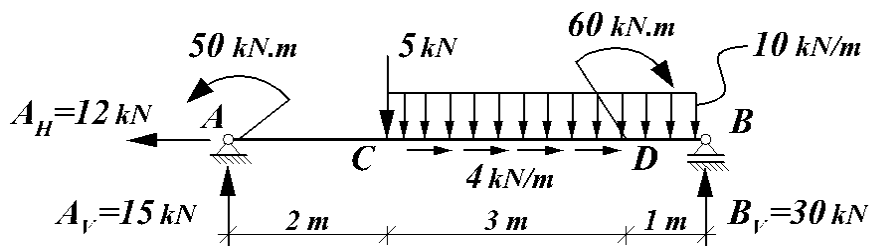
$Q = 0 \Rightarrow M = const$

$q = const \Rightarrow Q$ - линейна функция $\Rightarrow M$ - квадратна функция

$q \downarrow \Rightarrow Q$ -диаграмата пада надолу, $\Rightarrow M$ -диаграмата изпъкнала надолу (по посока на товара)

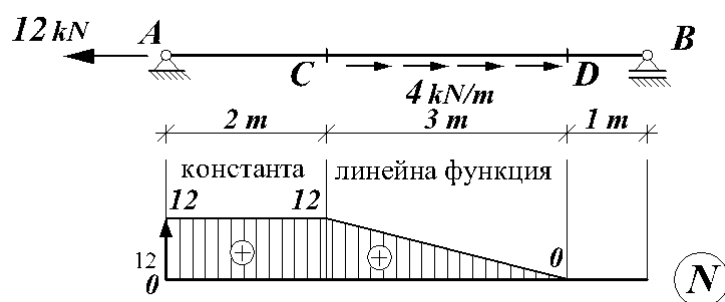
$q \uparrow \Rightarrow Q$ -диаграмата отива нагоре, $\Rightarrow M$ -диаграмата изпъкнала нагоре (по посока на товара)

ДИАГРАМИ В РАВНИННО НАТОВАРЕНА ПРАВА ГРЕДА



Построяване на N -диаграмата

За построяване на N -диаграмата се разглеждат само силите по направление оста на елемента.



Участък AC

В граница A има скок с големина $12 \uparrow$ (концентрираната сила се завърта на 90° по посока на часовниковата стрелка) и от 0 се стига до $+12$.

Участък CD

В граница C няма скок т.е. стойността на $N_l = 12$.

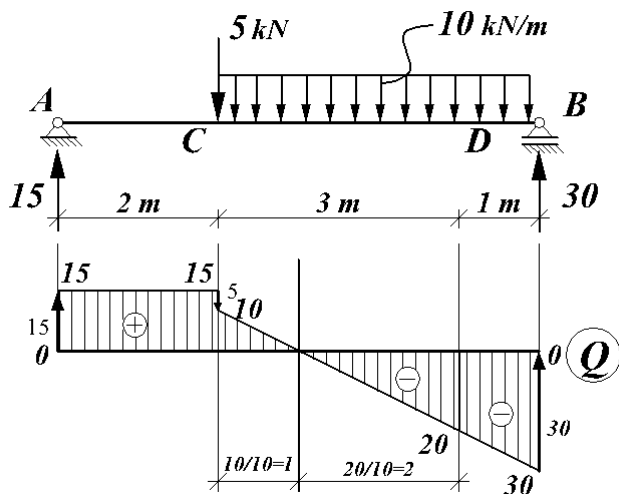
$$N_r = N_l - R_l = 12 - (+4) \cdot 3 = 0$$

Участък DB

В граница D няма скок т.е. $N_l = N_r = 0$.

Построяване на Q -диаграмата

За построяване на Q -диаграмата се разглеждат само силите \perp на оста на елемента.



Участък AC

В граница A има скок с големина $15 \uparrow$ (по посока на силата) и се стига от 0 до $+15$.

Участък CD

В граница C има скок с големина $5 \downarrow$ (по посока на силата) и се стига от $+15$ до $+10$ т.е. $Q_l = 10$.

$$Q_r = Q_l - R_q = 10 - (+10) \cdot 3 = -20$$

Разстоянието от началото на участъка до мястото, където се нулира Q -диаграмата е равно на: $Q_l/q = 10/10 = 1 \text{ m}$. Разстоянието от мястото, където се нулира Q -диаграмата до края на участъка е: $Q_r/q = 20/10 = 2 \text{ m}$. Сборът на двете

разстояние трябва да е равен на дължината на участъка: $1 + 2 = 3 \text{ m}$.

Участък DB

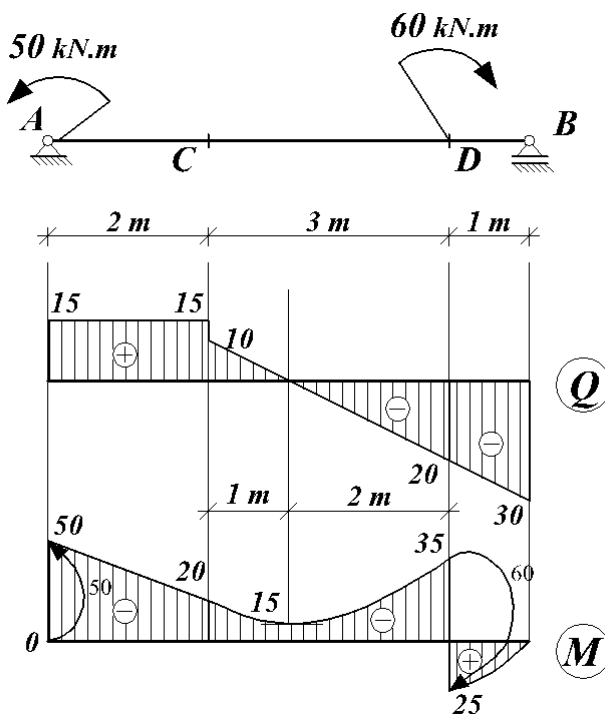
В граница D няма скок т.е. $Q_l = -20$.

$$Q_r = Q_l - R_q = -20 - (+10) \cdot 1 = -30$$

В граница B има скок с големина $30 \uparrow$ и от -30 се стига до 0 .

Построяване на M -диаграмата

За построяване на M -диаграмата се разглеждат само концентрираните моменти и Q -диаграмата.



Участък AC

В граница A има скок с големина $50 \uparrow$ и от 0 се стига до -50 . За да се получи посоката на скока, трябва концентрираният момент да се постави като плавно продължение на диаграмата (отляво на сеч. A има моментова диаграма с $M=0$). Концентрираният момент е с посока обратна на часовниковата стрелка т.е. скокът е нагоре.

$$M_l = -50$$

$$M_r = M_l + A_Q = -50 + (+15) \cdot 2 = -20$$

Участък CD

В граница C няма концентриран момент

$$\Rightarrow M_l = -20.$$

$$M_r = M_l + A_Q = -20 + \frac{+10 - 20}{2} \cdot 3 = -20 - 15 = -35$$

$$M_{extr} = M_l + A_Q(0 : x_{extr}) =$$

$$= -20 + \frac{+10 \cdot 1}{2} = -20 + 5 = -15$$

За проверка:

$$M_r = M_{extr} + A_Q(x_{extr} : l)$$

$$-35 = -15 + \frac{-20 \cdot 2}{2}$$

$$-35 = -35$$

Участък DB

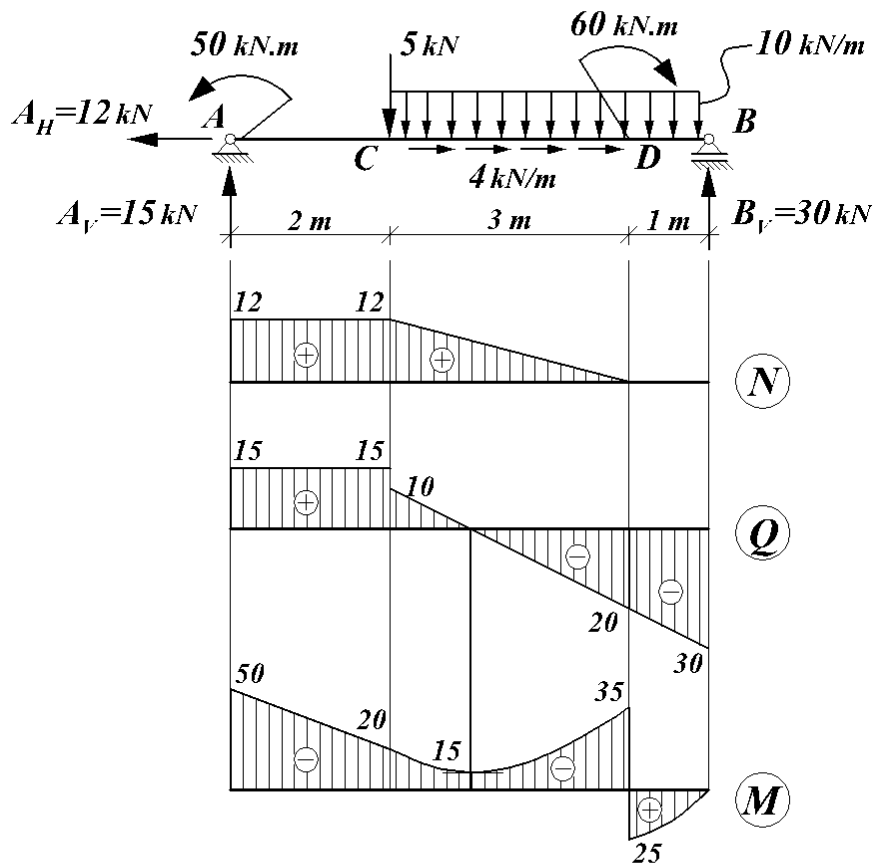
В граница D има скок с големина $60 \downarrow$ и от -35 се стига до $+25$. За да се получи посоката на скока, концентрираният момент се поставя като плавно продължение на диаграмата. Той е с посока обратна на часовниковата стрелка т.е. скокът е надолу.

$$M_l = 25$$

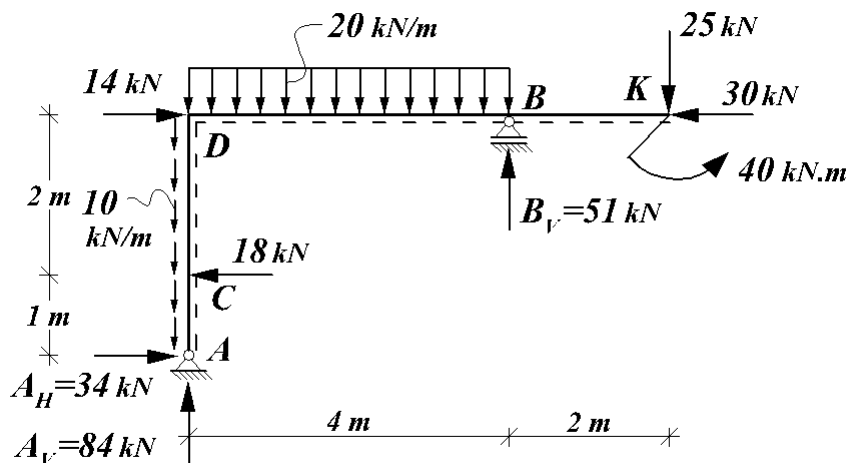
$$M_r = M_l + A_Q = 25 + \frac{-20 - 30}{2} \cdot 1 = 25 - 25 = 0$$

В граница B се стига до 0 . Там има става и няма концентриран момент и $M=0$.

Окончателни диаграми



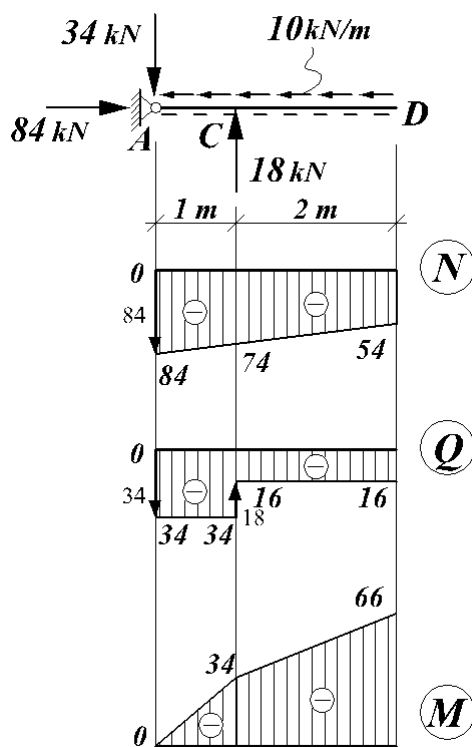
ДИАГРАМИ В РАВНИННО НАТОВАРЕНА РАМКА



Пунктираната линия показва коя е избраната долна страна на съответния участък.

Построяване на диаграмите във вертикалните участъци (AC и CD)

За изчертаване на диаграмите във вертикалните участъци, листът се завърта така, че пунктираната линия да бъде от долната страна. В случая листа трябва да се завърти на 90° по посока на часовата стрелка. Участъка трябва да вижда както е показан на фигурата.



N-диаграмата

За построяване на N -диаграмата се разглеждат само силите по направление оста на елемента.

Участък AC

В граница A има скок с големина $84 \downarrow$ (концентрираната сила се завърта на 90° по посока на часовниковата стрелка) и от 0 се стига до -84 .

$$N_r = N_l - R_l = -84 - (-10) \cdot 1 = -74$$

Участък CD

В граница C няма скок т.е. стойността на $N_l = -74$.

$$N_r = N_l - R_l = -74 - (-10) \cdot 2 = -54$$

Q-диаграмата

За построяване на Q -диаграмата се разглеждат само силите \perp на оста на елемента. В двата участъка няма разпределен товар ($q=0$) \Rightarrow Q -диаграмите и в двата участъка са константи.

Участък AC

В граница A има скок с големина $34 \downarrow$ (по посока на силата) и от 0 се стига до -34 .

Участък CD

В граница C има скок с големина $18 \uparrow$ (по посока на силата) и от -34 се стига до -16 .

М-диаграмата

За построяване на M -диаграмата се разглеждат само концентрираните моменти и Q -диаграмата. В тези участъци Q -диаграмите са константи $\Rightarrow M$ -диаграмите са линейни функции.

Участък AC

В граница A няма концентриран момент $\Rightarrow M_l = 0$

$$M_r = M_l + A_Q = 0 + (-34) \cdot 1 = -34$$

Участък CD

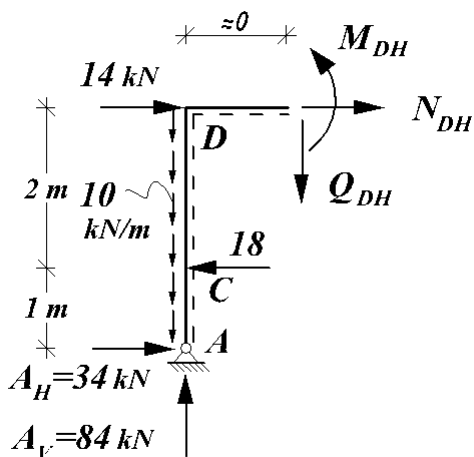
В граница C няма концентриран момент т.е. $M_l = -34$.

$$M_r = M_l + A_Q = -34 + (-16) \cdot 2 = -34 - 32 = -66$$

Построяване на диаграмите в хоризонталните участъци (DB и BK)

За изчертаване на диаграмите в хоризонталните участъци е необходимо да знаем големините на разрезните усилия в най-лявото сечение – сеч. D_H . За да се определят разрезните усилия в сеч. D_H , се разглежда равновесието на лявата или дясната част на конструкцията. В случая е избрана лявата част.

Равновесие на лява част



$$\sum H_i = 0$$

$$N_{DH} + 34 - 18 + 14 = 0$$

$$N_{DH} = -30 \text{ kN}$$

$$\sum V_i = 0$$

$$-Q_{DH} + 84 - 10 \cdot 3 = 0$$

$$Q_{DH} = +54 \text{ kN}$$

$$\sum M_{Di} = 0$$

$$M_{DH} + 34 \cdot 3 - 18 \cdot 2 = 0$$

$$M_{DH} = -66 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

N-диаграмата

За построяване на N -диаграмата се разглеждат само силите по направление оста на елемента. В двата участъка няма осов товар ($t=0$) $\Rightarrow N$ -диаграмите и в двата участъка са константи.

Участък DB

В сеч. D е определено $N_{DH} = -30 \text{ kN} \Rightarrow N = -30$.

Участък BK

В граница B няма скок т.е. стойността на $N = -30$.

В граница K има скок с големина $30 \uparrow$ (концентрираната сила се завърта на 90° по посока на часовниковата стрелка) и от -30 се стига до 0 .

Построяване на Q -диаграмата

За построяване на Q -диаграмата се разглеждат само силите \perp на оста на елемента.

Участък DB

В сеч. D е определено: $Q_{DH} = +54 \text{ kN} \Rightarrow Q_l = +54$.

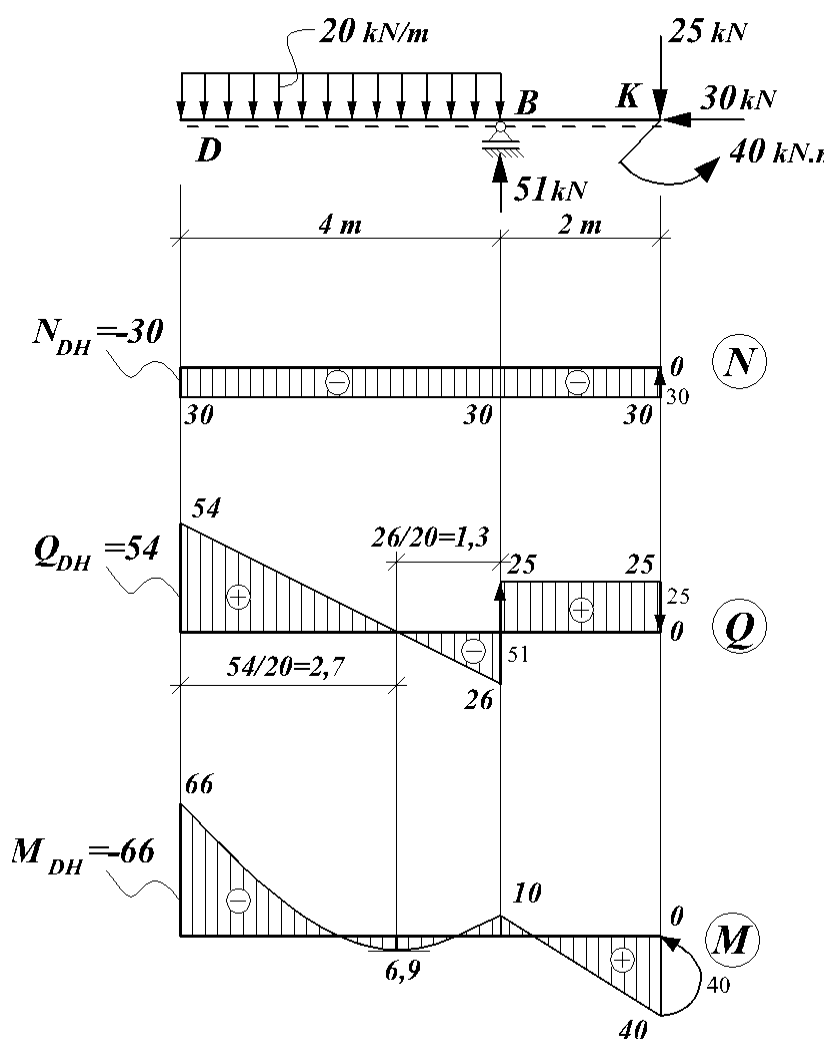
$$Q_r = Q_l - R_q = 54 - (+20) \cdot 4 = -26$$

Разстоянието от началото на участъка до мястото, където се нулира Q-диаграмата е равно на: $Q_l/q = 54/20 = 2,7 \text{ m}$. Разстоянието от мястото, където се нулира Q-диаграмата до края на участъка е равно на: $Q_r/q = 26/20 = 1,3 \text{ m}$. Сборът на двете разстояние трябва да е равен на дължината на участъка: $2,7 + 1,3 = 4 \text{ m}$.

Участък ВК

В граница В има скок с големина $51 \uparrow$ (по посока на силата) и от -26 се стига до $+25$.

Q-диаграмата е константа т.е. $Q = +25$.



Построяване на M-диаграмата

За построяване на M-диаграмата се разглеждат само концентрираните моменти и Q-диаграмата.

Участък DB

В сеч. D е определено:

$$M_{DH} = -66 \text{ kN.m} \Rightarrow M_l = -66$$

$$M_r = M_l + A_Q = -66 + \frac{+54 - 26}{2} \cdot 4$$

$$M_r = -66 + 56 = -10$$

$$M_{extr} = M_l + A_Q(0 : x_{extr}) =$$

$$= -66 + \frac{+54 \cdot 2,7}{2} = -66 + 72,9 = +6,9$$

За проверка:

$$M_r = M_{extr} + A_Q(x_{extr} : l)$$

$$-10 = +6,9 + \frac{-26 \cdot 1,3}{2}$$

$$-10 = -10$$

Участък ВК

В граница В няма скок $\Rightarrow M_l = -10$

$$M_r = M_l + A_Q =$$

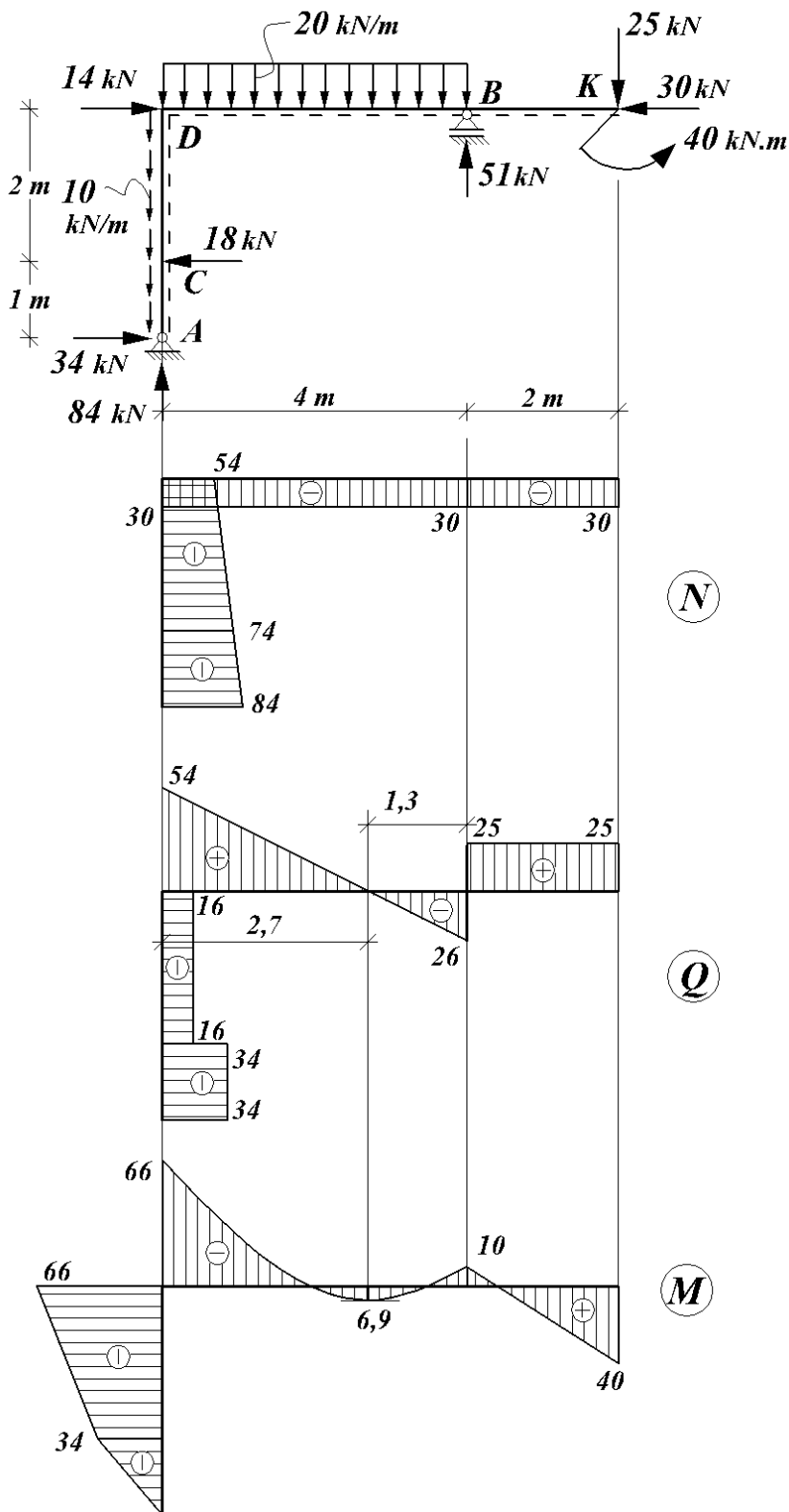
$$M_r = -10 + (+25) \cdot 2 = -10 + 50 = +40$$

В граница К има скок с големина $40 \uparrow$ и от $+40$ се стига до 0.

Поставяме момента като плавно

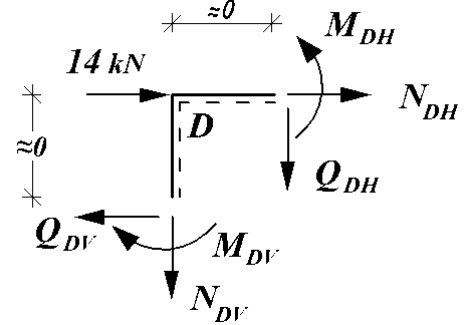
продължение на диаграмата. Концентрираният момент е с посока обратна на часовниковата стрелка т.е. скокът е нагоре.

Окончателни диаграми

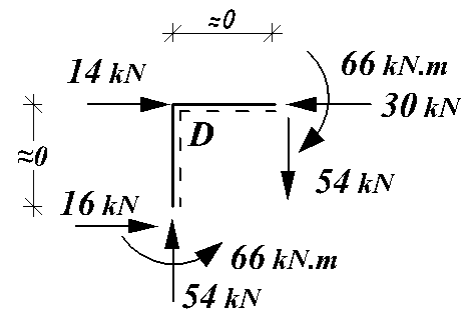


След изчертаване на диаграмите задължително се прави проверка за равновесие на възел D (мястото с чупка или разклонение).

Положителни посоки на разрезните усилия във възел D



Равновесие на възел D



$$\sum H_i = 0$$

$$16 + 14 - 30 = 30 - 30 = 0$$

$$\sum V_i = 0$$

$$54 - 54 = 0$$

$$\sum M_{Di} = 0$$

$$66 - 66 = 0$$