

Theorie: Vierzijdig ondersteunde plaat

Vierzijdig star ondersteunde plaat

Schatten plaatdikte

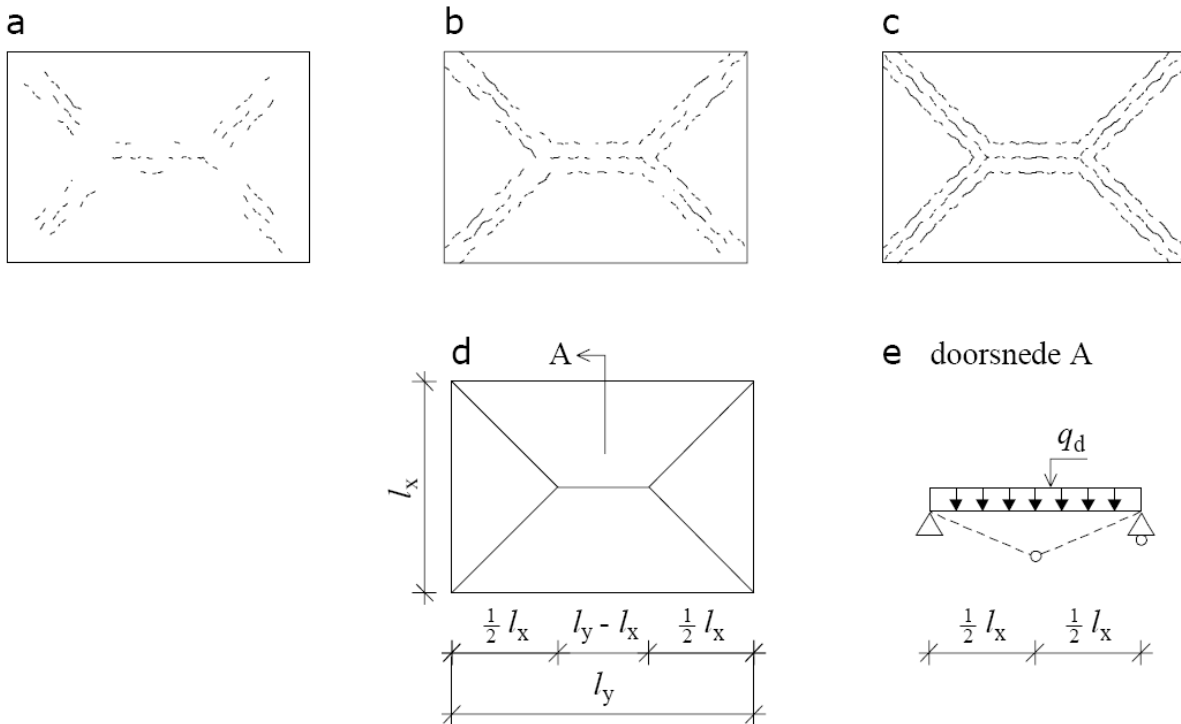
- Meestal bepaald door bouwfysische eisen
 - o Geluidsisolatie
 - o Thermische isolatie

Indien bovenstaande eisen niet maatgevend zijn (utiliteitsbouw) dan kan men gebruik maken van de zelfde slankheidsregels als bij de éénrichting dragende vloeren.

Krachtenverdeling

- middels tabellen met momentcoëfficiënten

Enveloppemethode



Bij opvoeren van de belasting ontstaan buigtrekscheuren
Bij bepaalde belasting zal de wapening gaan vloeien tot een vloeilijnpatroon
De plaat wordt dan in vieren gedeeld door lijnvormige vloeischarnieren; vloeilijnen

Er heeft zich dan een bezwijkmechanisme gevormd, een enveloppevormige bezwijkpatroon, de plaat kan geen extra belasting meer dragen en staat op het punt om te bezwijken.

Ter plaatse van de vloeischarnieren is het moment maximaal.

Ter plaatse van het maximaal moment is de dwarskracht gelijk aan nul.

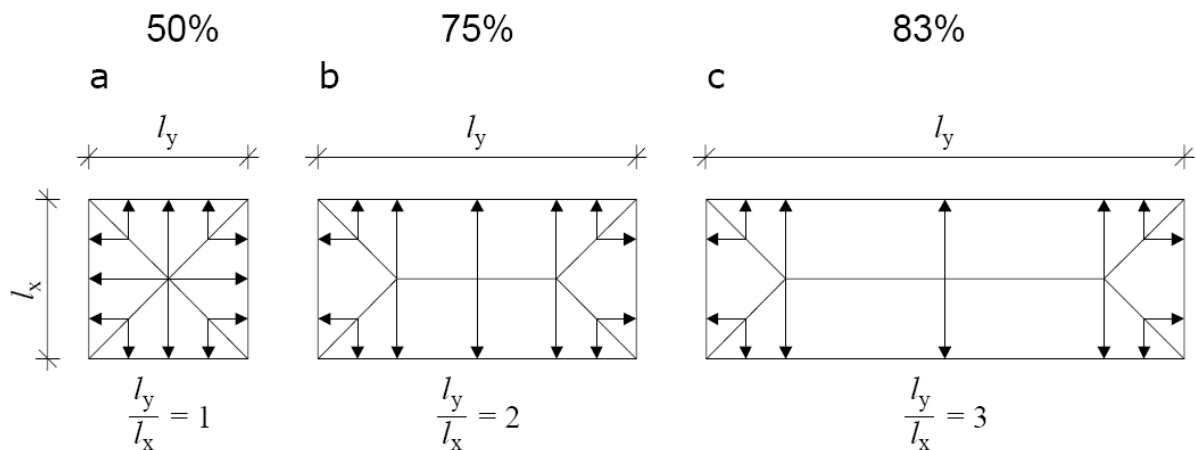
De vloeilijnen geven aan naar welke ondersteuning de belasting wordt afgedragen.

Bij een starre ondersteuning vormen de scheidingslijnen een hoek van 45° met de ondersteuning.

De korte richting is de hoofddraagrichting

Hoe groter de verhouding l_y/l_x , des te meer belasting wordt er in de x-richting afgedragen.

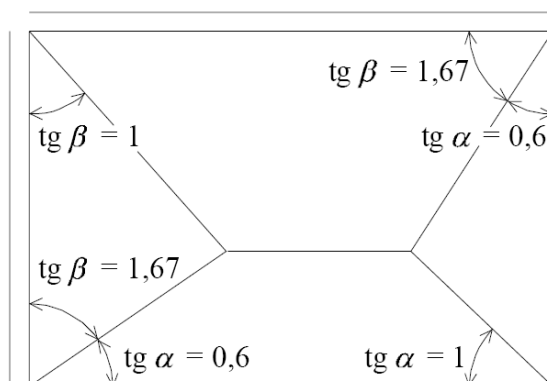
Belastingafdracht in x-richting:



Voor gelijkwaardige randen in een hoek (beide randen vrij opgelegd en beide randen ingeklemd) worden de belastingvlakken die afdragen naar de ingeklemden randen groter. Inklemmingen trekken nu eenmaal meer belasting naar zich toe.

Er geldt: $\text{tg } \alpha = 0,6$ en $\text{tg } \beta = 1,67$

PLAAT WAARVAN TWEE AANGRENZENDE RANDEN ZIJN INGEKLEMD:



VBC-tabel

Voor lijnvormige starondersteunde platen met een rechthoekige vorm en een gelijkmatige belasting zijn de momenten te bepalen met VBC-tabel 18

Voorwaarden VBC-tabel 18

- De kleinste waarde van $(1,2G + 1,5Q_m)$ op een veld mag niet kleiner zijn dan de grootste waarde van $0,6(1,2G + 1,5Q_e)$ op een ander veld
- De kleinste waarde van $(1,2G + 1,5Q_e)$ op een veld mag niet kleiner zijn dan de grootste waarde van $0,8(1,2G + 1,5Q_e)$ op een ander veld
- De kleinste overspanning in de beschouwde richting mag niet kleiner zijn dan 0,8 maal de grootste overspanning in die richting.

(De waarden 1,2 en 1,5 mogen gewijzigd worden in de waarden die gelden bij andere veiligheidsklassen)

Bij gebruik van tabel VBC-18 geldt voor alle momenten (x- en y-richting)

$$m = c_m * 0,001 * p_d * l_x^2$$

Toevallig inklemmingsmoment

Bij vrij opgelegde zijden van platen dient gerekend te worden op een toevallig inklemmingsmoment deze is gelijk aan de helft van het aangrenzend maximaal veldmoment. Idem voor de aansluiting aan een randbalk (dus monoliete aansluiting van vloeren aan randbalken)

• Wapening t.b.v. toevallig inklemmingsmoment:

- Voor liggers en platen die als ligger worden beschouwd:
1/3 van het aangrenzende veldmoment.
- Voor rechthoekige platen, aan drie of vier zijden ondersteund:
1/2 van het aangrenzende veldmoment.

Wapeningsverdeling

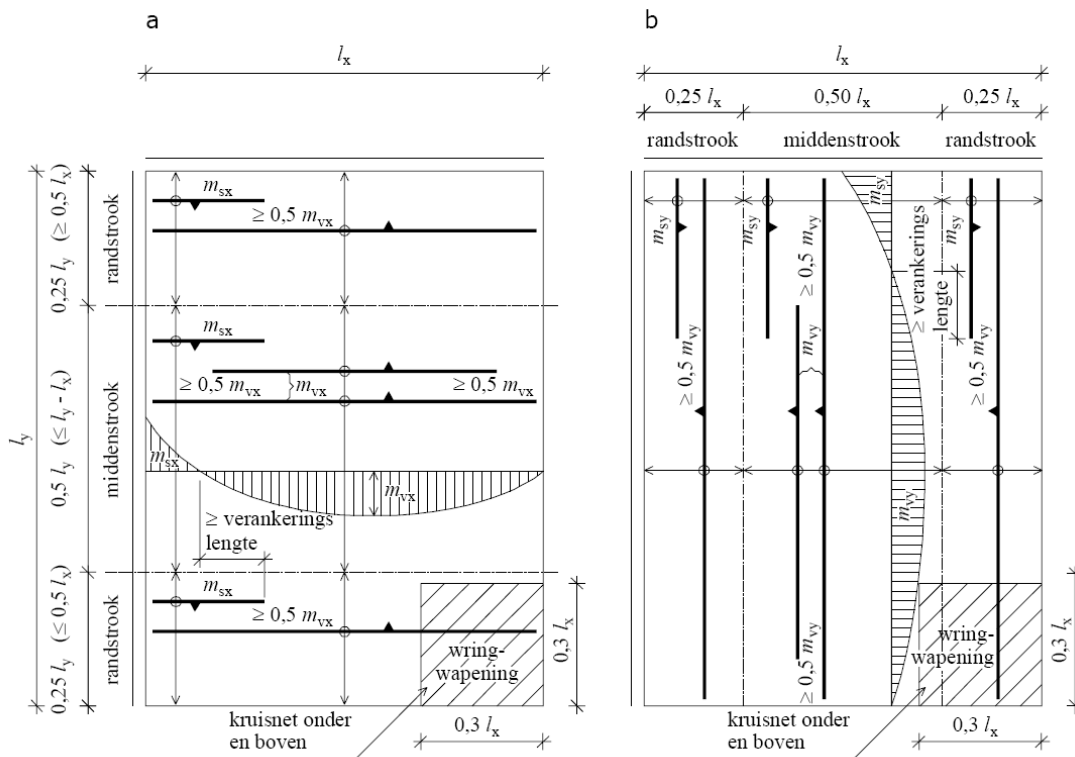
Om tot een praktische wapening te komen wordt de plaat verdeeld in midden en randstroken.

- l_y -richting
 - o randstrook ; $0,25l_y (\leq 0,5l_x)$
 - o middenstrook ; $0,5l_y (\leq l_y - l_x)$
- l_x -richting
 - o randstrook ; $0,25l_x$
 - o middenstrook ; $0,5l_x$

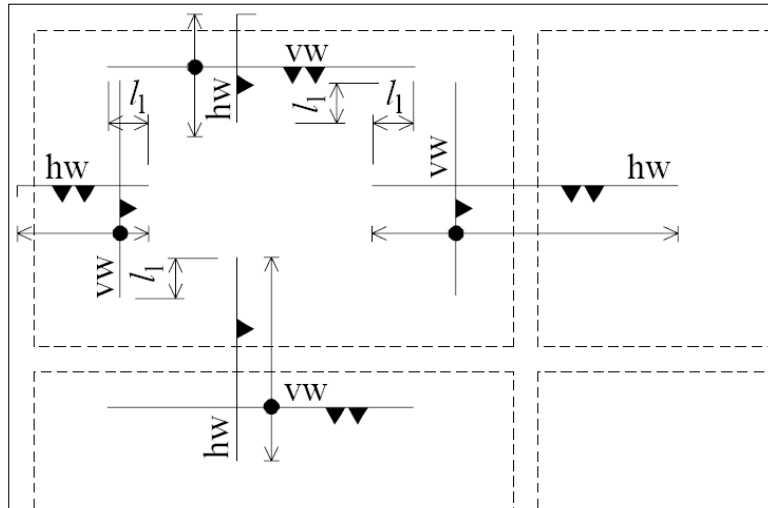
Er geldt:

- de wapening per lengte over een strook mag niet variëren

- de hoeveelheid wapening in de randstrook is ten minste de helft van de hoeveelheid van de naastliggende middenstrook.
- De hoeveelheid steunpuntwapening in de randstrook is gelijk aan de hoeveelheid van de naastliggende middenstrook
- In de lengterichting van de middenstrook moet tenminste de helft van de veldwapening doorlopen tot voorbij de dag van de oplegging
- In de randstroken moet de veldwapening doorlopen tot voorbij de dag van de oplegging
- In de hoeken tussen de vrij opgelegde zijden aan de boven- en onderzijde (treedt wringing op), in beide richtingen, moet er een wapening aangebracht worden die gelijk is aan de grootste veldwapening van de middenstrook. Deze wapening moet tenminste doorlopen tot $0,3 \cdot l_x$ vanaf de ondersteuning



WAPENINGSOVERZICHT:



hw = hoofdwapening

vw = verdeelwapening

A_{svx} = A_s veld x-richting

A_{stx} = A_s toevallig inklemmingsmoment x-richting

A_{ssx} = A_s steunpunt x-richting

Hoofd- en verdeelwapening

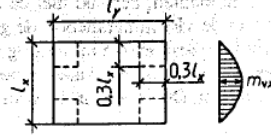

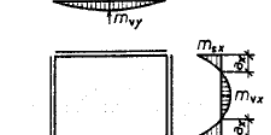

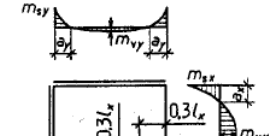

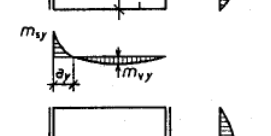

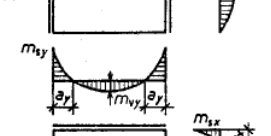

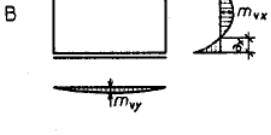

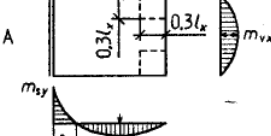

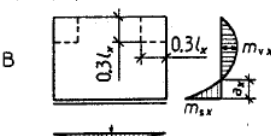

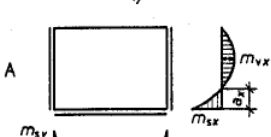

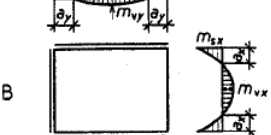

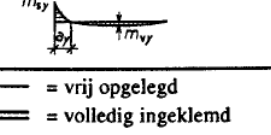

Volgens dezelfde principes als voor in één richting dragende vloeren.

Bij een plaat zal echter alleen aan de bovenzijde verdeelwapening nodig zijn.

(Hoofdwapeningsstaven in x- en y-richting vormen al een kruisnet)

Laslengte verdeelwapening = $25\phi_k$

Tabel 18 – Maatgevende momenten per lengte in de middenstroken van lijnvormig star ondersteunde platen onder gelijkmatig verdeelde belasting

		l_y/l_x	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
I		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$	41	54	67	79	87	97	110	117
			41	35	31	28	26	25	24	23
II		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$ $a_y/l_y =$	18	26	32	36	39	41	42	43
			18	16	12	10	10	10	10	10
III		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$ $a_y/l_y =$	25	36	45	53	58	62	67	69
			25	23	20	19	18	17	17	17
IV A		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_y/l_y =$	16	28	42	56	69	80	100	112
			29	32	32	30	27	24	20	18
IV B		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$	29	34	38	40	42	42	42	42
			16	14	13	13	13	13	13	13
V A		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_y/l_y =$	27	41	54	67	78	89	105	115
			38	37	34	30	27	25	24	23
V B		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$	38	44	52	58	62	65	68	70
			27	21	19	18	17	17	17	17
VI A		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$ $a_y/l_y =$	18	29	39	47	54	59	66	69
			23	23	20	17	15	14	13	13
VI B		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$ $a_y/l_y =$	18	15	14	13	13	13	13	13
			60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$ $a_y/l_y =$	23	30	35	38	40	41	42	43
			18	15	14	13	13	13	13	13
		$m_{vx} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{vy} = 0,001 p_d l_x^2$ $m_{sx} = -0,001 p_d l_x^2$ $m_{sy} = -0,001 p_d l_x^2$ $a_x/l_x =$ $a_y/l_y =$	60	70	76	80	82	83	83	83
			54	55	55	54	53	53	51	49
			0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21
			0,19	0,18	0,14	0,13	0,13	0,10	0,08	0,07

— = vrij opgelegd
 == = volledig ingeklemd

m_{vx} = is het positieve moment per lengte in de middendoorsnede evenwijdig aan de lange zijde (l_y)
 m_{vy} = is het positieve moment per lengte in de middendoorsnede evenwijdig aan de korte zijde (l_x)
 m_{sx} = is het negatieve moment per lengte langs een lange zijde (l_y)
 m_{sy} = is het negatieve moment per lengte langs een korte zijde (l_x)

Voorbeeld

Kantoorvloer, veiligheidsklasse 3
Vloer door balken star ondersteund $400 * 800 \text{ mm}^2$
Afwerkvloer: $d = 40 \text{ mm}$
 $l_x = 6 \text{ m}$ en $l_y = 7,2 \text{ m}$
Beton B25
Staal FeB500
Hoofdwapening $\text{Ø}10$
 $c = 25 \text{ mm}$ (milieuklasse 2)
 $p_{q \text{ rep}} = 3 \text{ kN/m}^2$

Plaatdikte

Randveld: $l/d = 32 \leftrightarrow$ hoofddraagricting $l_x \leftrightarrow 6000/32 = 188 \text{ mm}$
 $h = 188 + 25 + 5 = 220 \text{ mm}$

Belastingen

$p_{eg} = 0,22 * 24 = 5,28 \text{ kN/m}^2$
 $p_{rb} = 0,04 * 18 = 0,72 \text{ kN/m}^2$

totaal $6,00 \text{ kN/m}^2$

$p_{q \text{ rep}} = 3 \text{ kN/m}^2$
 $p_{q \text{ mom}} = 0,5 * 3 = 1,5 \text{ kN/m}^2$

$p_d = 1,2 * 6 + 1,5 * 3 = 11,7 \text{ kN/m}^2$, of $1,35 * 6 = 8,1 \text{ kN/m}^2 < 11,7 \text{ kN/m}^2$

p_{rep} (voor controle scheurwijdte) $= 6 + 3 = 9 \text{ kN/m}^2$

Toetsing voorwaarden tabel VBC18

$1,2 * 6 + 1,5 * 1,5 = 9,45 \text{ kN/m}^2 > 0,6(1,2 * 6 + 1,5 * 3) = 7,02 \text{ kN/m}^2$
Tabel VBC18 mag worden toegepast

Maatgevende momenten per meter breedte

Voor alle velden geldt: $l_y/l_x = 7.2/6 = 1,2$ en $p_d l_x^2 = 11,7 * 6^2 = 421,2 \text{ kNm}$

Voor hoekveld

Ter plaatse randbalken : vloer als vrij opgelegd

Ter plaatse middenbalken : volledige inklemming

Kies voor Schema III

Voor tussenveld

Ter plaatse randbalk : vrij opgelegd

Ter plaatse tussenbalken : volledig ingeklemd

**Kies voor schema VI-B****Voor beide hoekvelden plaattype III**

$$m_{vx} = 0,036 * 421,2 = 15,2 \text{ kNm/m}$$

$$m_{vy} = 0,023 * 421,2 = 9,7 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ix} = 0,084 * 421,2 = 35,4 \text{ kNm/m}$$

$$m_{iy} = 0,074 * 421,2 = 31,2 \text{ kNm/m}$$

Aansluiting met randbalken benaderen als toevallige inklemming

$$M_{st\ x} = 0,5 * m_{vx} = 0,5 * 15,2 = 7,6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{st\ y} = 0,5 * m_{vy} = 0,5 * 9,7 = 4,9 \text{ kNm/m}$$

Voor de randmiddenvelden plaattype VI-B

$$m_{vx} = 0,030 * 421,2 = 12,6 \text{ kNm/m}$$

$$m_{vy} = 0,015 * 421,2 = 6,3 \text{ kNm/m}$$

$$m_{ix} = 0,070 * 421,2 = 29,5 \text{ kNm/m}$$

$$m_{iy} = 0,055 * 421,2 = 23,2 \text{ kNm/m}$$

Aansluiting met randbalken benaderen als toevallige inklemming

$$m_{st\ y} = 0,5 * m_{vy} = 0,5 * 6,3 = 3,2 \text{ kNm/m}$$

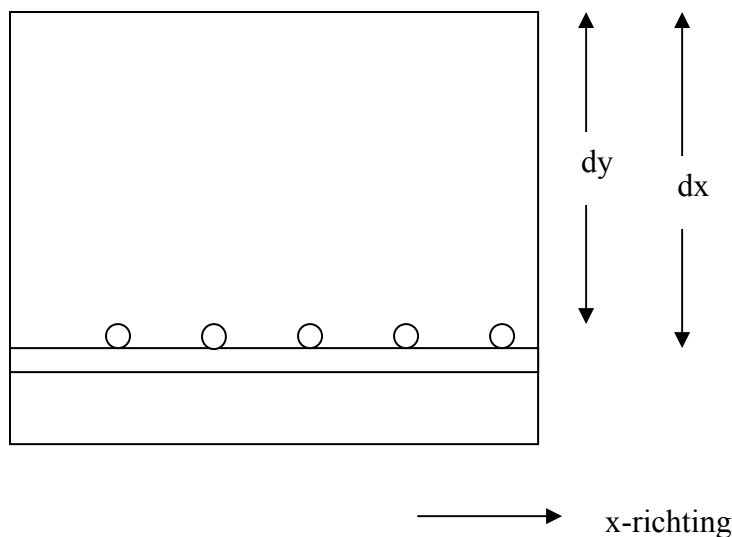
Bereken de wapening per meter breedte en kies wapening

$$d_x = 220 - 5 - 25 = 190 \text{ mm}$$

$$d_y = 190 - 10 = 180 \text{ mm}$$

(plaat: 220 mm, hw = Ø10, c = 25 mm)

$$A_{s\ min} = 0,15 * 1 * 0,22 * 10000 = 330 \text{ mm}^2 \text{ of } 1,25 A_{s\ berek}$$



Wapening bepalen middels GTB-tabel M_u/bd^2

Plaattype III

$$\begin{aligned}
 m_{vx} &= 15,2 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,10\%; \text{As min} = 1,25(0,10 * 0,19 * 1 * 10000) = 238 \text{ mm}^2 \\
 m_{vy} &= 9,7 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,07\%; \text{As min} = 1,25(0,07 * 0,18 * 1 * 10000) = 158 \text{ mm}^2 \\
 m_{ix} &= 35,4 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,23\%; \text{As min} = (0,23 * 0,19 * 1 * 10000) = 437 \text{ mm}^2 \\
 m_{iy} &= 31,2 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,23\%; \text{As min} = (0,23 * 0,18 * 1 * 10000) = 414 \text{ mm}^2 \\
 m_{stx} &= 7,6 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,05\%; \text{As min} = (0,05 * 0,19 * 1 * 10000) = 95 \text{ mm}^2 \\
 m_{sty} &= 4,9 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,04\%; \text{As min} = (0,04 * 0,18 * 1 * 10000) = 72 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(Bij toevallig inklemmingsmoment geldt As min niet)

$$\begin{aligned}
 m_{vx} &= 238 \text{ mm}^2 \leftrightarrow (\text{Ø}6 + \text{Ø}8) - 300 = 262 \text{ mm}^2 \\
 m_{vy} &= 158 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}6 - 150 = 188 \text{ mm}^2 \\
 m_{ix} &= 437 \text{ mm}^2 \leftrightarrow (\text{Ø}8 + \text{Ø}10) - 300 = 430 \text{ mm}^2 \\
 m_{iy} &= 414 \text{ mm}^2 \leftrightarrow (\text{Ø}8 + \text{Ø}10) - 300 = 430 \text{ mm}^2 \\
 m_{stx} &= 95 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}6 - 250 = 113 \text{ mm}^2 \\
 m_{sty} &= 72 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}6 - 250 = 113 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Plaattype VI-B

$$\begin{aligned}
 m_{vx} &= 12,6 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,08\%; \text{As min} = 1,25(0,08 * 0,19 * 1 * 10000) = 190 \text{ mm}^2 \\
 m_{vy} &= 6,3 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,05\%; \text{As min} = 1,25(0,05 * 0,18 * 1 * 10000) = 113 \text{ mm}^2 \\
 m_{ix} &= 29,5 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,20\%; \text{As min} = (0,20 * 0,19 * 1 * 10000) = 380 \text{ mm}^2 \\
 m_{iy} &= 23,2 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,17\%; \text{As min} = (0,17 * 0,18 * 1 * 10000) = 330 \text{ mm}^2 \text{ (As min)} \\
 m_{sty} &= 3,2 \text{ kNm}; \omega_0 = 0,02\%; \text{As min} = (0,02 * 0,18 * 1 * 10000) = 36 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

(Bij toevallig inklemmingsmoment geldt As min niet)

$$\begin{aligned}
 m_{vx} &= 190 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}6 - 150 = 188 \text{ mm}^2 \\
 m_{vy} &= 113 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}6 - 150 = 188 \text{ mm}^2 \\
 m_{ix} &= 380 \text{ mm}^2 \leftrightarrow (\text{Ø}8 + \text{Ø}10) - 300 = 430 \text{ mm}^2 \\
 m_{iy} &= 330 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}8 - 150 = 335 \text{ mm}^2 \\
 m_{sty} &= 36 \text{ mm}^2 \leftrightarrow \text{Ø}6 - 250 = 113 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Controle scheurwijdte

Milieuklasse 2

$$\sigma_s = (9/11,7) * (437/430) * 435 = 340 \text{ N/mm}^2 \quad (m = 35,4 \text{ kNm})$$

$\text{Ø}k = 11,4 \text{ mm} > 10 \text{ mm}$, scheurwijdte voldoet.

