

### 4 -paalspoer met buigtheorie inclusief scheurwijdte,dekking verankeringslengte, ombuigen wapening en dwarskracht

werk **werk**  
 werknummer **werknummer**  
 onderdeel **onderdeel**

rekenwaarde kolombelasting  $F_{Ed} = 3200$  kN  
 quasie-permanente waarde  $F_{qp} = 2400$  kN

het eigen gewicht van de poer is  $G_{k,poer} = 219$  kN

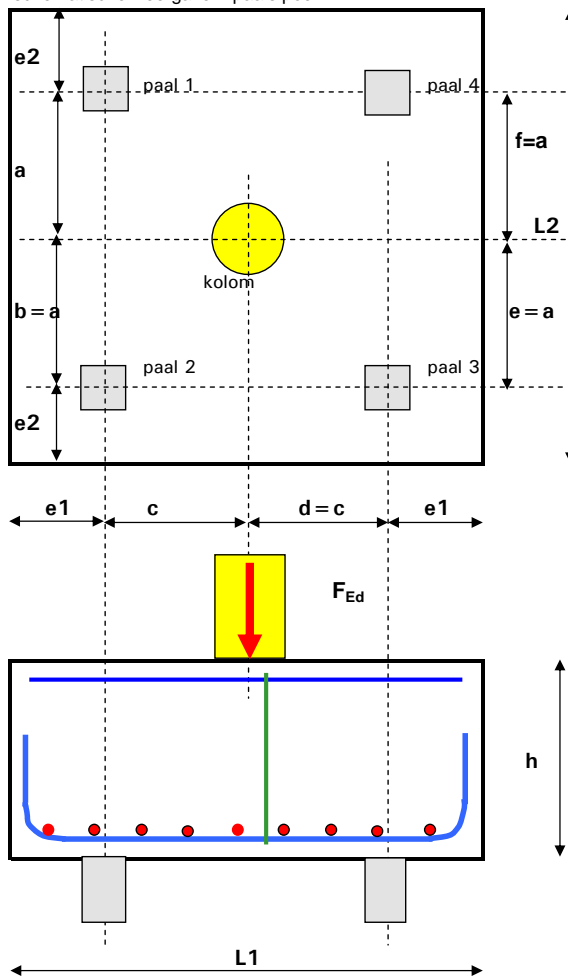
#### hoofdmaatvoering

afstand paal 1 - hart kolom  $a = 950$  mm  
 afstand hart kolom - paal 2  $b = a = 950$  mm  
 afstand paal 2- hart kolom  $c = 950$  mm  
 afstand hart kolom - paal 3  $d = c = 950$  mm  
 afstand paal 3 - hart kolom  $e = a = 950$  mm  
 afstand hart kolom - paal 4  $f = a = 950$  mm  
 eindafstand langsrichting  $e1 = 400$  mm  
 eindafstand dwarsrichting  $e2 = 400$  mm

betonhoogte poer  $h = 1200$  mm  
 hoh palen in lengterichting  $l_A = c + d = 1900$  mm  
 hoh palen in breedterichting  $l_B = a + b = 1900$  mm

vorm van de kolom **rechthoekig**  
 afmeting kolom in poerlengte  $L_{kolom} = 650$  mm  
 afmeting loodrecht op poerlengte  $B_{kolom} = 650$  mm  
 puntlast splitsen in twee halve lasten? **ja**  
 vorm van de palen **rond**  
 afmeting paal in poerlengte  $L_{paal} = 500$  mm  
 afmeting loodrecht op poerlengte  $B_{paal} = 500$  mm

schematische weergave 4-paals poer



eigen gewicht poer  $L1 * L2 * h * \gamma_{beton} = 2,7 * 2,7 * 1,2 * 25 = 219$  kN

#### beton en wapening

kwaliteit beton betonklasse = **C20/25**  
 kwaliteit staal staalsoort = **B 500**  
 wapeningsklasse A, B of C = **B**

#### dekking op de buitenste wapening

betondekking gedrukte zijde (boven)  $C_{drukzijde} = 50$  mm  
 betondekking getrokken zijde (onder)  $C_{trekzijde} = 50$  mm  
 betondekking zijkanten  $C_{zijkant} = 35$  mm

flankwapening per zijde in inwendige balk A en B aantal n5 = **3** stuks  
 diameter  $d_5 = 12$  mm  
 beugels (vertikaal) in inwendige balken A en B diameter  $d_{bg} = 8$  mm  
 aantal sneden = **2** sneden  
 hart op hartmaat = **250** mm

bij de berekening van de toelaatbare schuifkracht  $V_{Ed}$  wordt gerekend met de breedtemaat van de  
 h bundeling wapeningstaven (trekwapening) worden staven d1 gebundeld? = **nee**  
 a ontwerplevensduur = **50** jaar  
 b omgevingsfactoren milieuklasse A = **XD1**  
 b milieuklasse B = **XC2**  
 c soort constructie = **poer**  
 d dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid van de wapening (geen eis in eurocode) = **nee**  
 e wordt de beton nabewerkt = **nee**  
 f verhoging dekking bij toepassing grote grindkorrel (>32mm) tabel 4.2 = **nee**



g ondergrond waarop gestort wordt		= <b>werkvloer</b>
h worden staven d2 gebundeld?		= <b>nee</b>
i kwaliteitsbeheersing	is specifieke kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	<b>nee</b>
j luchtinsluiting	luchtinsluiting van meer dan 4% toegepast?	<b>nee</b>
k verhoging dekking bij toepassing grote staafdiameter ( >25mm)	<b>geen eis in eurocode</b>	<b>nee</b>
gegevens invloedsfactoren met <b>berekende</b> scheurwijdte		
k1 aanhechtheigenschap	de aanhechting van de wapeningstaven is	<b>goed</b>
k2 wijze van belasting	de betondoorsnede wordt belast door	buiging
milieuklasse	de milieuklasse van de beton is	<b>b) buitenmilieu - RH = 80%</b>
belasten constructie na aantal dagen	de constructie wordt belast na t <sub>0</sub> is	<b>30</b> dagen
cementklasse	de gekozen cementklasse is	<b>N</b>
omtrek dat bloot staat aan uitdroging	het aantal zijden dat aan uitdroging bloot staat is	<b>4 zijden 2b + 2h</b>

**gekozen wapening in de poer per richting**

	in lengterichting poer (balk A)			in breedterichting poer (balk B)		
	diameter	h.o.h.	mm <sup>2</sup> /m	diameter	h.o.h.	mm <sup>2</sup> /m
wapening aan getrokken zijde ( <b>onderin</b> )	diameter d <sub>1</sub> <b>20</b>	<b>125</b>	2513	diameter d <sub>1</sub> <b>20</b>	<b>125</b>	2513
	diameter d <sub>2</sub>		0	diameter d <sub>2</sub>		0
wapening aan gedrukte zijde ( <b>bovenin</b> )	diameter d <sub>3</sub> <b>12</b>	<b>300</b>	377	diameter d <sub>3</sub> <b>12</b>	<b>300</b>	377
	diameter d <sub>4</sub> <b>12</b>	<b>300</b>	377	diameter d <sub>4</sub> <b>12</b>	<b>300</b>	377
doordiameter omgebogen trekstaven	factor voor ombuiging			= <b>8</b>	* d <sub>max1,2</sub>	

**aanvullende invoer bij berekening 4-paals poer met de buigtheorie**

geen aanvullende invoer aanwezig

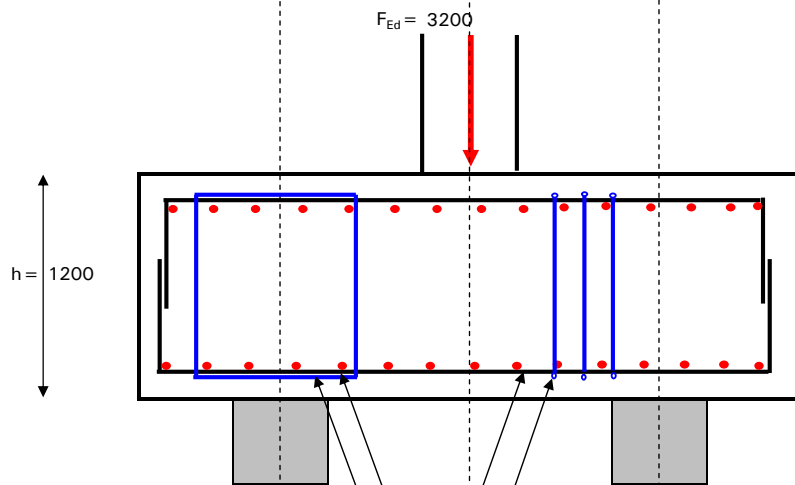
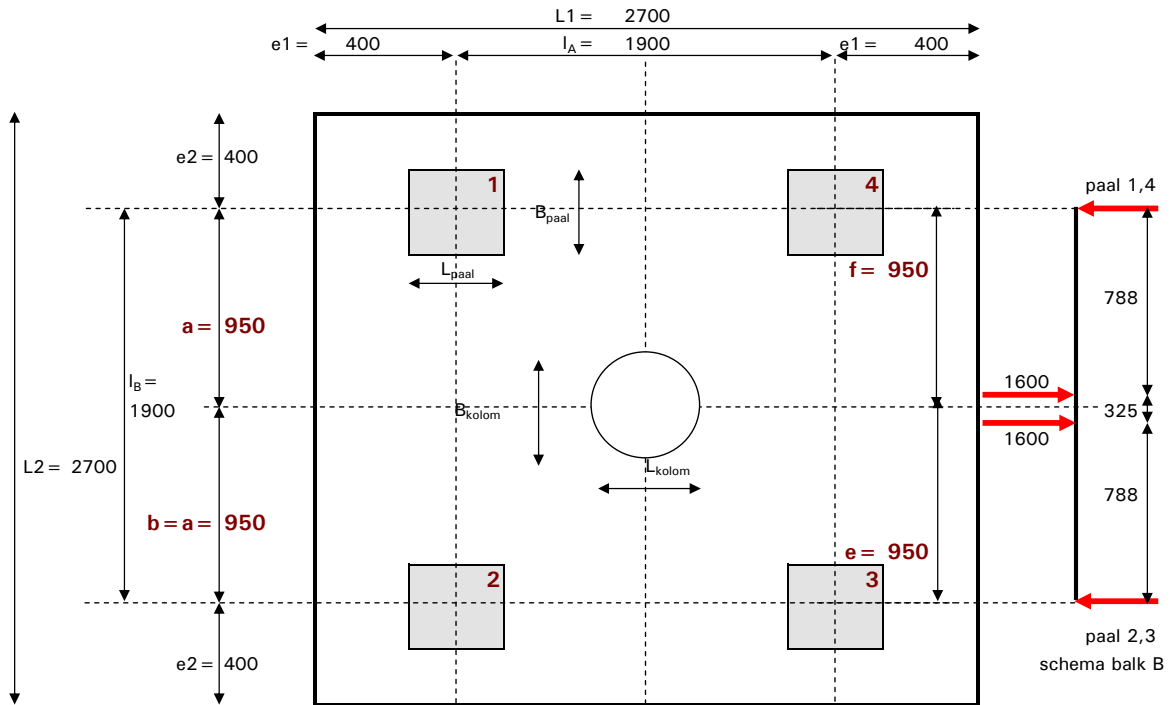
**unity-checks 4-paals poer met buigtheorie**

**inwendige balk A**

van balk A worden de resultaten getoond				
trekband	A <sub>s,trek</sub> / A <sub>aanw,trek</sub>	3370	/	6786
				= <b>0,50</b>
scheurwijdte zonder berekening	diameter	20,0	/	47,6
				= <b>0,42</b>
scheurwijdte zonder berekening	hart op hart afstand	125	/	446,5
				= <b>0,28</b>
scheurwijdte met berekening	w <sub>k</sub> / w	0,21	/	0,30
				= <b>0,69</b>
betondekking	c <sub>nom</sub> / c <sub>trekzijde</sub>	45	/	50
				= <b>0,90</b>
verankeringslengte	l <sub>2</sub> / d	0	/	1132
				= <b>0,00</b>
minimum doordiameter	Φ <sub>m,min</sub> / D <sub>doorn</sub>	0	/	160
				= <b>0,00</b>
betondrukdiagonaal	V <sub>Ed</sub> / V <sub>Ed,max</sub>	1600	/	11248
				= <b>0,14</b>
schuifwapening	s <sub>l,bg</sub> / s <sub>w</sub>	250	/	n.v.t.
				= <b>n.v.t.</b>
schuifwapening minimum	A <sub>s,bgls,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	1932	/	402
				= <b>n.v.t.</b>
flankwapening horizontaal	n <sub>5,ben</sub> / n <sub>5</sub>	28,6	/	3
				= <b>9,55</b>
flankwapening vertikaal	A <sub>s,db,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	2700	/	402
				= <b>6,71</b>

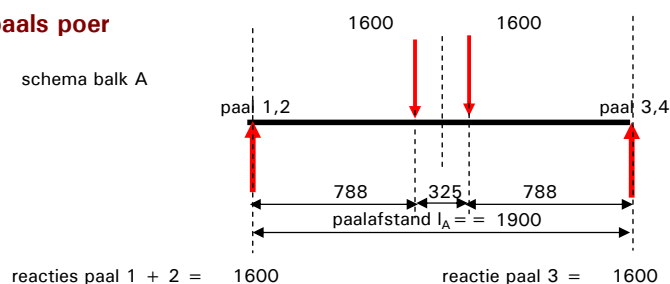
**inwendige balk B**

trekband	A <sub>s,trek</sub> / A <sub>aanw,trek</sub>	3370	/	6786
				= <b>0,50</b>
scheurwijdte zonder berekening	diameter	20,0	/	36,8
				= <b>0,54</b>
scheurwijdte zonder berekening	hart op hart afstand	125	/	345,0
				= <b>0,36</b>
scheurwijdte met berekening	w <sub>k</sub> / w	0,24	/	0,30
				= <b>0,80</b>
verankeringslengte	l <sub>2</sub> / d	0	/	1112
				= <b>0,00</b>
minimum doordiameter	Φ <sub>m,min</sub> / D <sub>doorn</sub>	0	/	160
				= <b>0,00</b>
betondrukdiagonaal	V <sub>Ed</sub> / V <sub>Ed,max</sub>	1600	/	11049
				= <b>0,14</b>
schuifwapening	s <sub>l,bg</sub> / s <sub>w</sub>	250	/	n.v.t.
				= <b>n.v.t.</b>
schuifwapening minimum	A <sub>s,bgls,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	1932	/	402
				= <b>n.v.t.</b>
flankwapening horizontaal	n <sub>5,ben</sub> / n <sub>5</sub>	28,6	/	3
				= <b>9,55</b>
flankwapening vertikaal	A <sub>s,db,min</sub> / A <sub>s,bg</sub>	2700	/	402
				= <b>6,71</b>



beugels balk B in 2 <sup>e</sup> laag hoh <sub>benodigd</sub> = n.v.t. mm	beugels balk A in 1 <sup>e</sup> laag hoh <sub>benodigd</sub> = n.v.t. mm
hoh <sub>aanwezig</sub> = 250 mm	hoh <sub>aanwezig</sub> = 250 mm
onderwaping balk B in 3 <sup>e</sup> laag A <sub>benodigd</sub> = 3370 mm <sup>2</sup>	onderwaping balk A in 2 <sup>e</sup> laag A <sub>benodigd</sub> = 3370 mm <sup>2</sup>
A <sub>aanwezig</sub> = 6786 mm <sup>2</sup>	A <sub>aanwezig</sub> = 6786 mm <sup>2</sup>

**paalreacties 4-paals poer**



reactie paal 3 + 4	(	1600	788	+	1600	1113	) /	1900	=	1600	kN
reactie paal 1 + 2			3200	-	1600				=	1600	kN
reactie paal 2 + 3	(	1600	788	+	1600	1113	) /	1900	=	1600	kN
reactie paal 1 + 4			3200	-	1600				=	1600	kN
reactie paal 1 = paal 2 = paal 3 = paal 4 =			3200	/		4			=	800	kN

**resultaten balk A ( in lengterichting poer) de balk mag als gedrongen worden beschouwd**

moment $F_{links}$	1600	0,788	=	1260,0	kNm				
moment $F_{rechts}$	1600	0,788	=	1260,0	kNm				
<b>buigtrekwapening</b>									
trekband $A_s = M_{Ed} / z f_y =$	1260,0	$10^6$	/	860	435	=	3370	mm <sup>2</sup>	
beschikbare wapening voor balk A	2,7	(	2513	+	0	)	=	6786	mm <sup>2</sup>
totale poerafmeting in lengterichting	L1 = c + d + 2 * e1		=	2700	mm				
5.3.1(3) verhoudingsgetal paalafstand en hoogte	$l_A / h$ (als waarde $\leq 3,0$ dan is poer gedro)		=	1,58	-				
inwendige hefboomsarm gedrongen balk	$z = 0,2 l_A + 0,4 h$ , $\leq 0,8 h$ en $\leq 0,1$		=	860,0	mm				
$z = 0,2$	1900	+	0,4	1200	=	860	0,8h = 960	0,6 $l_A = 1140$	
inwendige hefboomsarm <b>niet</b> gedrongen bal z			=	1115,7	mm				
nuttige hoogte	d		=	1132,0					
<b>scheurwijdte</b>									
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter		=	47,6	mm				
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand		=	446	mm				
<b>betondekking</b>									
minimum betondekking	$c_{nom}$ op de buitenste wapening		=	45	mm				
<b>verankeringslengte</b>									
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwap.	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} \geq l_{b,min}$		=	465	mm				
8.1 minimale buig diameter (doorndiameter)	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [ ( 1/a_b ) + 1 / ( 2\Phi ) ] / f_{cd}$		=	0	mm				
<b>betondrukdiaagonaal en schuifwapening bij paal 3</b>									
6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} \leq 0,5 b_w d v f_c$ met $b_w = 2700$		$V_{Ed} \leq$	11247,6	kN				
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte poer, kolom of paal		=	2700	mm				
sterktereductiefactor	$v = 0,6 ( 1 - f_{ck} / 250 )$		=	0,55	-				
6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht bij paal 3,4	$V_{Ed,3} = \beta * R_{Ed,3}$ met $\beta = 0,25$		=	400,0	kN				
horizontale maat zijkant paal tot puntlast	$a_v = a_f - 0,5 L_{paal}$		=	538	mm				
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van $a_v$ en $0,5 d$		=	566	mm				
reductiefactor	$\beta = a_v / 2d$ en $\beta \geq 0,25$		=	0,25	-				
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} b d$		=	856,2	kN				
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed,3} / f_{yw,d}$ in $0,75 a_{vL}$		=	0	mm <sup>2</sup>				
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / (0,75 a_v)$ met $a_v \geq 0,5d$		=	n.v.t.	mm <sup>2</sup> / mm				
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$		=	n.v.t.	mm				
9.2.2(5) minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = ( 0,08 \sqrt{f_{ck}} ) / f_{yk}$		=	0,07	%				
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min} = \rho_{w,min} * b * 1000 / 100$		=	1932,0	mm <sup>2</sup> /m'				
<b>flankwapening (horizontaal en vertikaal)</b>									
9.7 flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000$ mm		=	2700	mm <sup>2</sup> / m				
benodigd aantal staven	$n_{s,ben} = A_{s,db,min} * h / D_s$		=	28,6	stuk(s)/zijde				

**resultaten balk B ( in breederichting poer) de balk mag als gedrongen worden beschouwd**

moment $F_{links}$	1600,0	0,788	=	1260,0	kNm				
moment $F_{rechts}$	1600,0	0,788	=	1260,0	kNm				
<b>buigtrekwapening</b>									
trekband $A_s = M_{Ed} / z f_y =$	1260,0	$10^6$	/	860,0	435	=	3370	mm <sup>2</sup>	
beschikbare wapening voor balk B	2,7	(	2513	+	0	)	=	6786	mm <sup>2</sup>
totale poerafmeting in breederichting	L2 = a + b + 2 * e2		=	2700	mm				
5.3.1(3) verhoudingsgetal paalafstand en hoogte	$l_B / h$ (als waarde $\leq 3,0$ dan is poer gedro)		=	1,58	-				
inwendige hefboomsarm gedrongen balk	$z = 0,2 l_B + 0,4 h$ , $\leq 0,8 h$ en $\leq 0,1$		=	860,0	mm				
$z = 0,2$	1900	+	0,4	1200	=	860	0,8h = 960	0,6 $l_B = 1140$	
inwendige hefboomsarm <b>niet</b> gedrongen bal z			=	1095,4	mm				
nuttige hoogte	d		=	1112,0	mm				
<b>scheurwijdte</b>									
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum staafdiameter		=	36,8	mm				
scheurwijdtecontrole zonder berekening	maximum hart op hart afstand		=	345	mm				
<b>betondekking</b>									
minimum betondekking	$c_{nom}$ op de buitenste wapening		=	45	mm				
<b>verankeringslengte</b>									
8.4 rekenwaarde verankeringslengte trekwap.	$l_{bd} = \alpha 1 \alpha 2 \alpha 3 \alpha 4 \alpha 5 l_{b,req} \geq l_{b,min}$		=	465	mm				
8.1 minimale buig diameter (doorndiameter)	$\Phi_{m,min} = F_{bt} [ ( 1/a_b ) + 1 / ( 2\Phi ) ] / f_{cd}$		=	0	mm				



**betondrukdiagonaal en schuifwapening bij de grootste reactie bij paal 1 of 2**

6.5 toelaatbare schuifkracht in gedrongen ligger	$V_{Ed} <= 0,5 b_w d v f_c$ met $b_w = 2700$	$V_{Ed} <= 11048,8$ kN
minimumbreedte	$b_w =$ minimumbreedte poer, kolom of paal	$= 2700$ mm
sterktereductiefactor	$v = 0,6 ( 1 - f_{ck} / 250 )$	$= 0,55$ -
6.2.2(6) rekenwaarde dwarskracht bij paal 1 of 2	$V_{Ed,1,2} = \beta * R_{Ed,1,2}$ met $\beta = 0,25$	$= 400,0$ kN
horizontale maat zijkant paal tot puntlast	$a_v = a_F - 0,5 B_{paal}$	$= 538$ mm
minimale waarde ivm opname dwarskracht	minimum waarde van $a_v$ en $0,5 d$	$= 556$ mm
reductiefactor	$\beta = a_v / 2d$ en $\beta >= 0,25$	$= 0,25$ -
toelaatbare dwarskracht zonder wapening	$V_{Rd,c} = v_{Rd,c} b d$	$= 848,4$ kN
6.19 benodigde dwarskrachtwapening totaal	$A_{sw} = V_{Ed,1,2} / f_{yw,d}$ in $0,75 a_{vL}$	$= 0$ mm <sup>2</sup>
6.2.3(8) benodigde dwarskrachtwapening per mm'	$A_{sw1} = A_{sw} / (0,75 a_v)$ met $a_v >= 0,5d$	$=$ n.v.t. mm <sup>2</sup> / mm
benodigde beugelafstand	$s_w = n_{sn} D_{bg} / A_{sw1}$	$=$ <input type="text" value="n.v.t."/> mm
9.2.2(5) minimum dwarskrachtwapening	$\rho_{w,min} = ( 0,08 \sqrt{f_{ck}} ) / f_{yk}$	$= 0,07$ %
minimum dwarskrachtwapening	$A_{bgl,min} = \rho_{w,min} * b * 1000 / 100$	$= 1932,0$ mm <sup>2</sup> /m'
<b>flankwapening (horizontaal en vertikaal)</b>		
9.7 flankwapening bij gedrongen constructies	$A_{s,db,min} = 0,1\% b h$ met $h = 1000$ mm	$= 2700$ mm <sup>2</sup> /m
benodigd aantal staven	$n_{s,ben} = A_{s,db,min} * h / D_s$	$=$ <input type="text" value="28,6"/> stuks/zijde

opmerking: