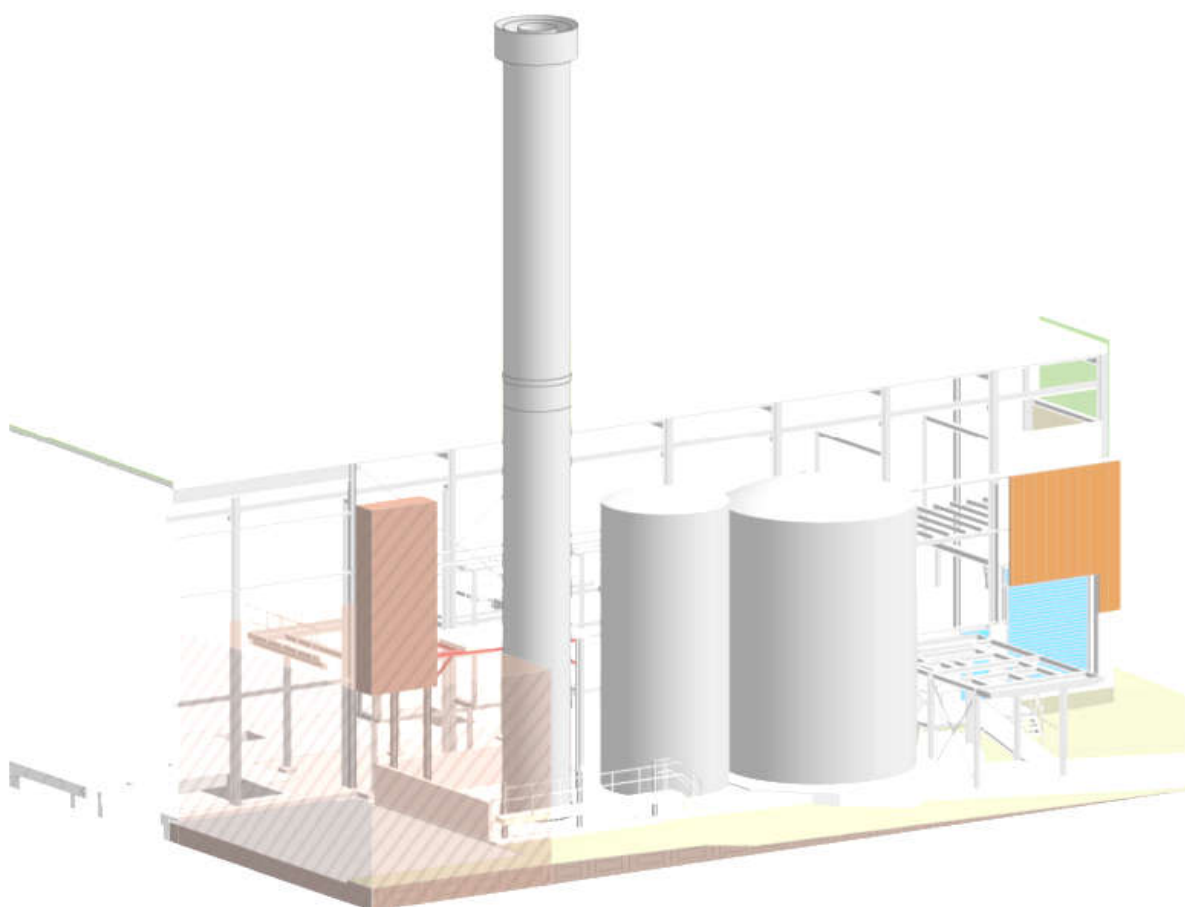


**Statische berekening fundament schoorsteen
WEPA Nederland B.V. te Swalmen**



Onderwerp : Statische berekening fundament schoorsteen

Opdrachtgeefster : **WEPA Nederland B.V. te Swalmen**

Referentie : ing.

Project : 21-3929

Datum : 07.02.2023



project: Berekening schoorsteenfundament WEPA Nederland bv

werknummer: 21-3929

Inhoudsopgave

bladnummer

Inleiding	3
Uitgangspunten berekening schoorsteenfundament	3
Overzicht schoorsteen fundament	4
Bijlage berekening schoorsteen (leverancier)	5
Berekening schoorsteenfundament	7
Principeschets wapening fundament	13



Inleiding:

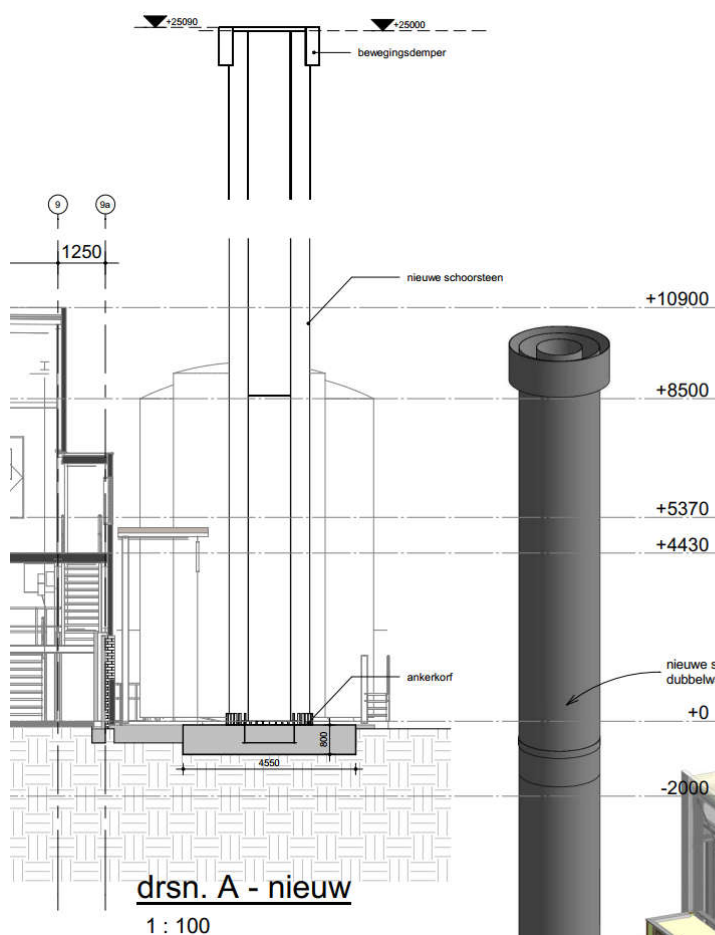
In dit rapport wordt een berekening gemaakt van het fundament van een schoorsteen op het bedrijventerrein WEPA Nederland BV te Swalmen

Uitgangspunten berekening schoorsteenfundament

- Berekend conform de normering eurocode NEN-EN 1990 nieuwbouw
- Referentieperiode 50jr
- Aangehouden veiligheidsklasse CC2
- Gewicht schoorsteen 75kN conform opgave leverancier
- Afmeting mantel schoorsteen diameter 2125mm
- Hoogte schoorsteen 25m
- Rekenwaarde belasting buigmoment schoorsteen aan de voet 543kNm volgens opgave leverancier (zie ook pagina 4). Aangehouden wordt 600kNm
- Rekenwaarde belasting schuifkracht schoorsteen aan de voet 31,2kN volgens opgave leverancier (zie ook pagina 4). Aangehouden wordt 35kN
- Afmeting fundament LxBxH 4500x4500x800mm
- Wapening fundament Ø16-150# (onder en boven). Hrsp. Ø12-300. Flankwapening Ø12-150 (zie pagina 7 e.v.)
- Beton C20/25
- Wapening B500
- Milieuklasse XC4; dekking 40mm



Overzicht schoorsteen en fundament:



Gegevens nieuwe schoorsteen vlgns opgave
Bos Nieuwerkerk/Unica:

Diameter mantel:	2.125 mm
Diameter liner:	1.200 mm
Massa:	7.500 kg
Veiligheidsfactor windbelasting:	1,4
Windgebied:	III
Terrein categorie:	2 (onbebouwd)
Schuifkracht aan de voet:	35 kN
Buigmoment aan de voet:	600 kNm
Flens op 14 m	

Materiaalkeuze:

Voor de kanalen en de schoorsteen is gekozen voor roestvast staal.

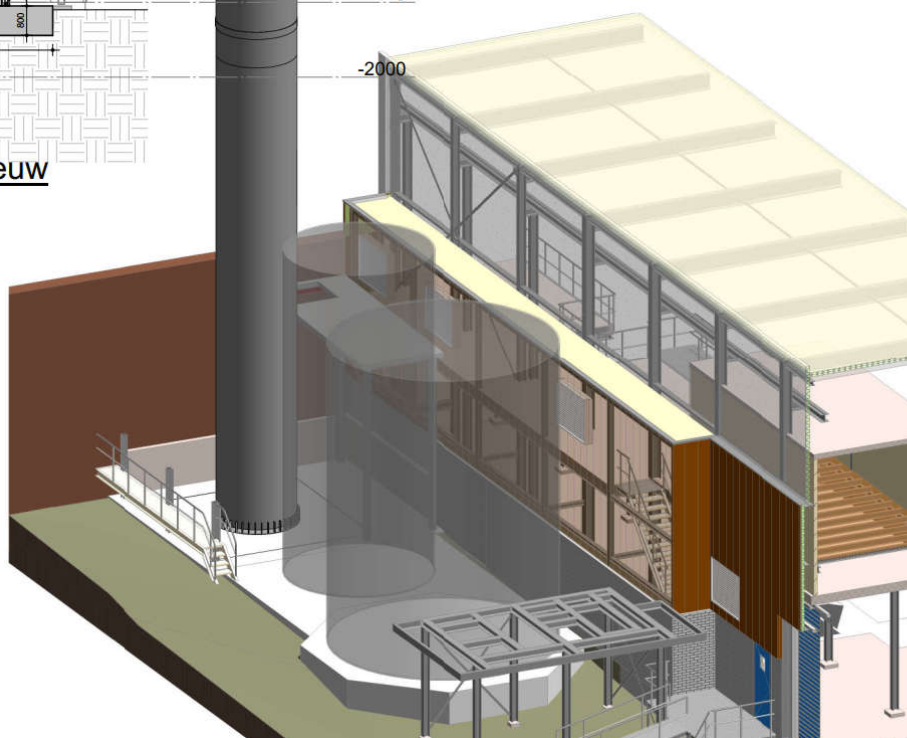
Indien de chemische belasting en/of het ontstaan van condens daar aanleiding toe geeft zou gekozen moeten worden voor RVS316L ipv RVS304L.

Uitgangspunten:

- nieuwe betonfundatie, volgens tekening en berekening Jansen Eerbeek B.V.

- afmeting betonfundatie minimaal 4,5 x 4,5 x 0,8 m (l x b x h)

- ankers t.b.v. schoorsteen instorten





BIJLAGE_Berekening schoorsteen (leverancier):

Bijlage

Schoorsteenberekening:

=====

NB: vloeigrens, vermoeiing, momenten, krachten, etc. zijn ONTWERP waarden!

=====

HOOFDKENMERKEN VAN DE BEREKENING

=====

Enkelvoudige vrijstaande of getuide schoorsteen.
 Berekening met alleen windbelasting.
 Vortex exitatie is berekend m.b.v. benadering 3 (Vickery-Basu).
 De schoorsteen is uitgerust met een massa-veer-demper.

AFMETINGEN EN MASSA VAN DE SCHOORSTEEN

Massa van de schacht	:	4.64E+03 kg
Massa van de isolatie + bekleding	:	0.00E+00 kg
Massa van de extra massa's (ladders, bordessen, ringen, flenzen)	:	1.74E+03 kg
Massa van de massa-veer-demper	:	2.00E+02 kg
Totale massa van de schoorsteen	:	6.58E+03 kg
Gegeneraliseerde massa van de schoorsteen (SDF-massa), mode 1	:	1.55E+03 kg
Gegeneraliseerde massa van de schoorsteen (SDF-massa), mode 2	:	1.50E+03 kg
Gegeneraliseerde massa van de schoorsteen (SDF-massa), mode 3	:	1.70E+03 kg
Equivalentente massa per meter, mode 1	:	2.33E+02 kg/m
Equivalentente massa per meter, mode 2	:	2.57E+02 kg/m
Equivalentente massa per meter, mode 3	:	2.54E+02 kg/m
Eerste resonantiefrequentie schacht	:	2.46 c/s
Tweede resonantiefrequentie schacht	:	14.43 c/s
Derde resonantiefrequentie schacht	:	41.32 c/s
Werktemperatuur	:	50.00 °C
Damping: Gelaste wand zonder liner of isolatie		
Totale dampingsdecrement in windrichting (mat. + aerod. + TMD)	:	2.00E-01
Totale dampingsdecrement dwars op windrichting, mode 1	:	1.78E-01
Totale dampingsdecrement dwars op windrichting, mode 2	:	1.20E-02
Totale dampingsdecrement dwars op windrichting, mode 3	:	1.20E-02
Windsnelheid aan de top (10 minuten gemiddeld)	:	24.77 m/s
Vortex exitatie is berekend m.b.v. benadering 3 (Vickery-Basu).		
Kritische windsnelheid voor trillen, mode 1	:	29.09 m/s
Kritische windsnelheid voor trillen, mode 2	:	170.33 m/s
Kritische windsnelheid voor trillen, mode 3	:	487.80 m/s
Kritische windsnelheid voor ovalsing (r=2)	:	9.18 m/s
Scrutongetal, mode 1	:	14.71
Scrutongetal, mode 2	:	1.09
Scrutongetal, mode 3	:	1.08



Aantal lastwisselingen in 50. jaar (minimum 1.E+4), mode 1	:	1.00E+04
Berekend aantal lastwisselingen in 50. jaar, mode 1	:	1.05E+02
Aantal lastwisselingen in 50. jaar (minimum 1.E+4), mode 2	:	1.00E+04
Aantal lastwisselingen in 50. jaar (minimum 1.E+4), mode 3	:	1.00E+04
Reynoldsgetal gebaseerd op Vcrit, mode 1	:	4.12E+06
Reynoldsgetal gebaseerd op Vcrit, mode 2	:	2.41E+07
Reynoldsgetal gebaseerd op Vcrit, mode 3	:	6.91E+07
Maximale uitbuiging in de windrichting	:	2.07E-02 m
Maximale uitbuiging dwars op de windrichting, mode 1	:	5.24E-02 m
Maximale uitbuiging dwars op de windrichting, mode 2	:	0.00E+00 m
Maximale uitbuiging dwars op de windrichting, mode 3	:	0.00E+00 m

MAXIMUM SPANNINGEN EN BUIGMOMENTEN

=====

Gecombineerde trekspanning / vloeigrens	:	0.177
Gecombineerde drukspanning / vloeigrens	:	0.209
Vertikale drukspanning / toelaatbare knikspanning	:	0.189
Gecombineerde verticale en omtrek knikspanningstoestand	:	0.059
Vermoeiingsspanning / grens vermoeiingssp., mode 1	:	0.228
Vermoeiingsspanning / grens vermoeiingssp., mode 2	:	0.000
Vermoeiingsspanning / grens vermoeiingssp., mode 3	:	0.000
Schuifkracht aan de voet in windrichting	:	2.24E+04 N
Schuifkracht aan de voet dwars op windrichting	:	3.12E+04 N
Buigmoment aan de voet in windrichting (incl. tweede orde mom.)	:	3.17E+05 Nm
Buigmoment aan de voet dwars op windrichting	:	5.43E+05 Nm
Tweede orde moment aan de voet (wind)	:	5.52E+02 Nm
Minersom	:	1.81E-08
Verwachte levensduur (Minersom = 1.0; "worst case scenario")	> :	5.00E+01 jaar

12. Ontwerpberekening schoorsteen

Samenvatting resultaten:

Diameter mantel	2.125	mm
Diameter liner	1.200	mm
Masse	7.500	kg
Veiligheids factor windbelasting	1,4	
Windgebied	III	
Terrein categorie	2 (onbebouwd)	
Schuifkracht aan de voet	35	kN
Buigmoment aan de voet	600	kNm
Flens op 14 m		

Voor details van de berekening wordt verwezen naar de bijlage.

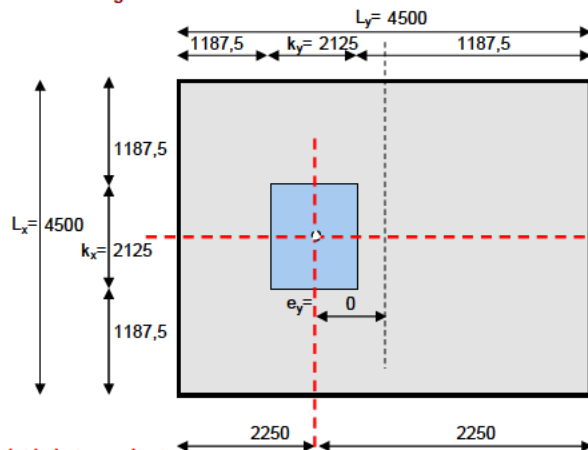


Berekening schoorsteenfundament:

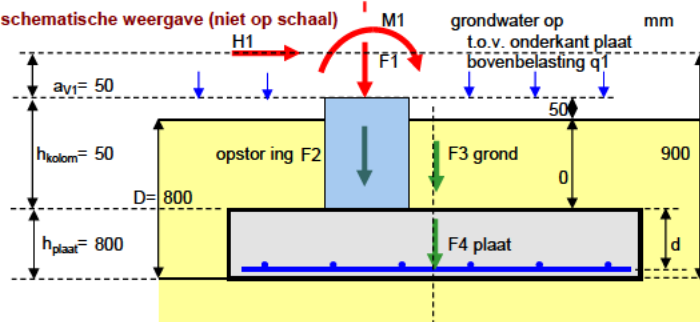
berekening van een betonnen poer op staal excentrisch belast volgens Eurocode (met wapeningsbanen volgens NEN 6720 art. 7.5.3)

werk	WEPA Nederland bv
werknummer	21-3929
onderdeel	Fundament schoorsteen
norm	Eurocode NIEUWBOUW
veiligheidsklasse	= CC2
correctiefactor voor formule 6.10.b	x= 0,89
ontwerpsituatie	blijvend en tijdelijk
geometrie	
lengte plaat	$L_y = 4500$ mm
breedte plaat	$L_x = 4500$ mm
dikte plaat	$h_{plaat} = 800$ mm
vorm van de opstorting	middenkolom rond
lengte opstorting	$k_y = 2125$ mm
breedte opstorting	$k_x = 2125$ mm
hoogte opstorting	$h_{kolom} = 50$ mm
excentriciteit opstorting y-richting	$e_y = 0$ mm
diepte o.k. plaat onder maaiveld	$D = 800$ mm
grondwaterstand boven onderkant plaat	$h_{GW} = 0$ mm
grondwater ook rekenen bij directe opgave in UGT	ja
belastingen	de waarden voor F1, H1 en M1 zijn in UGT

schematische weergave



schematische weergave (niet op schaal)



representatieve waarde:

q1	representatieve belasting	$q1_{rep} = 0$ kN/m ²
	combinatiefactor van q1-last	$y_0 = 0$ -

in uiterste grenstoestand

maatgevende formule in UGT		=	6.10b
F1	rekenwaarde verticale last	F1_Ed=	75 kN
H1	rekenwaarde horizontale last	H1_Ed=	35 kN
	vertikale afstand H1 boven bk poer	a_v1=	50 mm
M1	rekenwaarde moment	M1_Ed=	600 kNm

verhouding M_E / M_{Ed}	= 0,75
soortelijke massa beton van de plaat	$\rho_{beton} = 24$ kN/m ³
soortelijke massa opstorting	$\rho_{opstort} = 24$ kN/m ³
soortelijke massa grond	$\rho_{grond} = 18$ kN/m ³
toelaatbare grondspanning	$s'_{max,d} = 100$ kN/m ²
beddingconstante ondergrond	$K = 10000$ kN/m ³

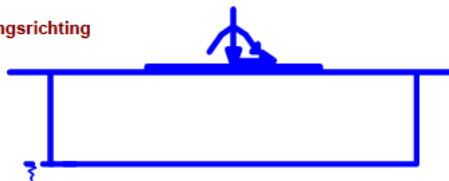
positie inklemmingsmoment uit de as

positie inklemming	in y-richting	$e_y = 0$ mm
positie inklemming	in x-richting	$e_x = 0$ mm

tabel met belastingen

	G_k	$Q_{extr+nom}$	Q_{mom}	UGT
bovenbelasting	$F1 = 0,0$	$0,0$	$0,0$	$75,0$ kN
opstorting	$F2 = 5,4$	-	-	kN
grond op plaat	$F3 = 0,0$	-	-	kN
plaat	$F4 = 388,8$	-	-	kN
veranderlijke bovenbelasting	$q1 = -$	$0,0$	$0,0$	kN/m^2
horizontaalkracht	$H1 = 0,0$	$0,0$	$0,0$	$35,0$ kN
uitwendig moment	$M1 = 0,0$	$0,0$	$0,0$	$600,0$ kNm

doorsnede in langsrichting

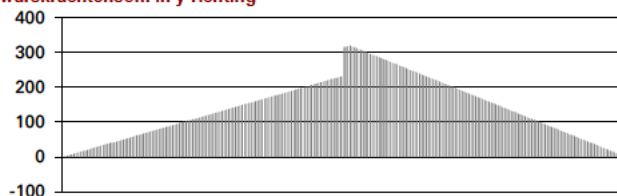
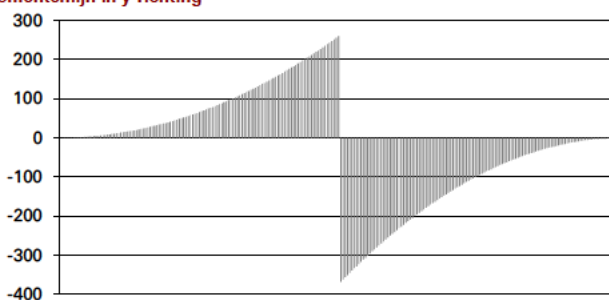


**beton en onderwapening**

betonklasse	=	C20/25	
staalsoort	=	B 500	
betondekking onderzijde plaat	Conderzijde plaat =	40	mm
beugel in eerste laag	D _{bg} =	0	mm
positie onderwapening de buitenste laag ligt in de y-richting			
basisnet y-richting	diameter	D _{1y} =	16 mm
	hart op hart	hoh _{1y} =	150 mm
	diameter	D _{2y} =	0 mm
	hart op hart	hoh _{2y} =	0 mm
extra in wapeningsbaan	diameter	D _{3y} =	0 mm
	aantal staven	n _{3y} =	0 st
	lengte	L _{3y} =	0 mm
basisnet x-richting	diameter	D _{1x} =	16 mm
	hart op hart	hoh _{1x} =	150 mm
	diameter	D _{2x} =	0 mm
	hart op hart	hoh _{2x} =	0 mm
extra in wapeningsbaan	diameter	D _{3x} =	0 mm
	aantal staven	n _{3x} =	0 st
	lengte	L _{3x} =	0 mm

invoergegevens m.b.t. scheurwijdte zonder berekening

ontwerplevensduur	=	50	jaar
milieuklasse A	=	XC4	-
milieuklasse B	=	XC2	-
soort constructie	=	poer	
dekking verhogen bij oncontroleerbaarheid	=	nee	
wordt de beton nabewerkt	=	nee	
verhoging dekking grindkorrel (>32mm)	=	nee	
ondergrond waarop gestort wordt	=	werkvloer	
worden staven d1 gebundeld?	=	nee	
worden staven d2 gebundeld?	=	nee	
is kwaliteitsbeheersing gewaarborgd?	=	nee	
luchtinsluiting van meer dan 4%	=	nee	
verhoging dekking staafdiameter >25mm	=	nee	

grondspanning vlgs NEN 9997-1 art. 6.5.2.2 (1)**dwarskrachtensom in y-richting****momentenlijn in y-richting**



resultaten

nominale betondekking	c_{nom}	40,0	mm
maximum grondspanning	s_{max}	55,5	kN/m ²
pons	V_{Ed}	0	kN
dwarskracht	V_{Ed}	319,7	kN
verankeringslengte benodigd	l_{bd}	160	mm
verankeringslengte aanwezig	$l_{bd,aanw}$	360	mm
optredende trekspanning bij de rand	s_{ct}	0,04	N/mm ²
toelaatbare trekspanning in rand	f_{ctd}	0,83	N/mm ²
hoeveelheid staal	staal	670,9	kg
hoeveelheid beton	Inhoud	16,426	m ³

totale verticale belasting UGT	SF_{Ed}	548,7	kN
totaal uitwendig moment UGT	SM_{Ed}	631,5	kNm
excentriciteit tov hart plaat	$e_y = M_{Ed}/F_{Ed}$	1,151	m
effectieve funderingslengte	$L_{y,eff}$	2,20	m
effectief funderingsoppervlak	A_{eff}	9,89	m ²

resultaten momenten en wapening per m'

	M_{Ed}	A_{ben}	A_{aanw}	uc
	kNm/m'	mm ² /m'	mm ² /m'	A_{ben}/A_{aanw}
y-richting				
wapeningsbaan	81,9	315,1	1340,4	0,24
naast wapeningsbaan	0,0	0,0	1340,4	0,00
x-richting				
wapeningsbaan	65,2	256,0	1340,4	0,19
naast wapeningsbaan	0,0	0,0	1340,4	0,00

unity-checks

dekking	$c_{min} / c_{onderzijde}$	=	40,0	/	40,0	=	1,00
grondspanning	$s_{Ed} / s_{max,d}$	=	55,5	/	100	=	0,55
pons	$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	=	0	/	3492	=	0,00
dwarskracht	$V_{Ed} / V_{Rd,c}$	=	0,09	/	0,29	=	0,32
verankering	$l_{bd} / l_{bd,aanw}$	=	160	/	360	=	n.v.t.

bij ponscontrole is rekening gehouden met reductie

geen haak aan de wapening nodig

dwarskrachtcontrole is van belang bij lijnvormige opstorting waarbij geen pons optreedt

trekspanning rand	s_{ct} / f_{ctd}	=	0,04	/	0,83	=	0,05
wapeningshoeveelheid kg/m ³		=	670,9	/	16,43	=	40,8

ver ikaal evenwicht EQU formule 6.10

 $SF_{Ed} = 429,8$ kN

totaal te mobiliseren permanente belasting incl. GW

 $SG_{rep} = 394,2$ kN

GW=opwaartse belasting grondwater

 $0,9 SG_{rep} = 354,8$ kNveerstijfheid poer $C = 1 / \{ \text{boogtan} (12 / (K \cdot L_x \cdot L_y^3)) \}$ $C = 1 / \{ \text{boogtan} (12 / (10000 \cdot 4,50 \cdot 4,50^3)) \} = 341719$ kNm/rad

scheurwijdte

zonder berekening		uc		uc met berekening		uc
		diam	hoh	$w_{bel,r}$	w_k	w
d_{gem}	16,0		174		0,30	
d_{max}	40,7		300	0,39	0,09	0,29
d_{max}	40,7		300	0,00	0,00	0,00
d_{max}	30,5		300	0,52	0,09	0,29
d_{max}	30,5		300	0,00	0,00	0,00

voldoet

voldoet

voldoet

voldoet

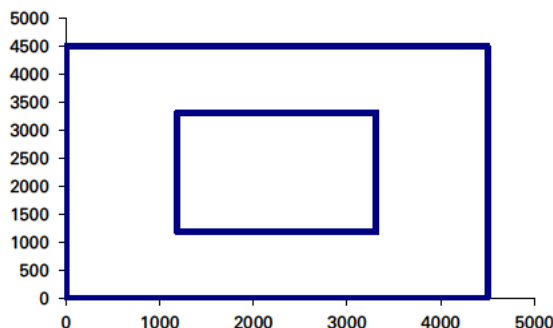
voldoet

voldoet

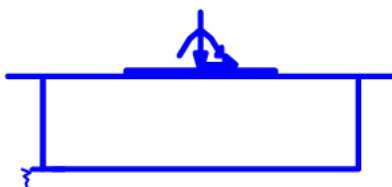
doorsnede (lengte- en breedte / hoogteschaal zijn niet gelijk!)

Fundament schoorsteen

bovenaanzicht

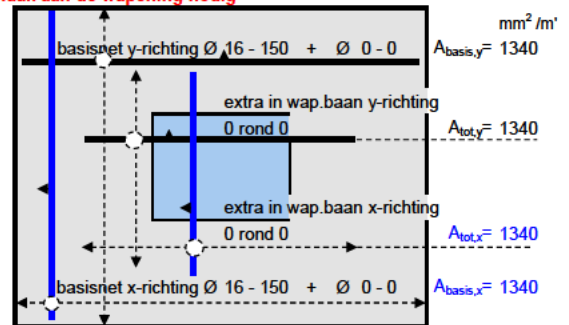


zijaanzicht



gekozen basisnet en (eventuele) extra wapening

geen haak aan de wapening nodig



gegevens waarmee de wapening wordt berekend

belastingfactoren 6.10a	$g_{r,g}$	1,35	6.10b	$g_{r,g}$	1,20	-
	$g_{r,q}$	1,50		$g_{r,q}$	1,50	-
betondruksterkte	$f_{cd} = f_{ck} / g_c$				13,3	N/mm ²
staalspanning	f_{yd}				435	N/mm ²
materiaalfactor beton	g_c				1,50	-
materiaalfactor wapening	g_s				1,15	-

**grondspanningen in tabelvorm**

combinatie	SF _{Ed} kN	SM _{Ed} kNm	e _y =M/F m	L _{y,eff} m	A _{eff} m ²	S _{grond} kN/m ²	lijnlast t.g.v. volledige belasting
1: 6.10a	532,2	0,0	0,000	4,500	20,250	26,3	55,5 4,500 = 249,6 kN/m'
2: 6.10b	473,7	0,0	0,000	4,500	20,250	23,4	
3: 6.10a met 0,9G	354,8	0,0	0,000	4,500	20,250	17,5	
4: 6.10b met 0,9G	354,8	0,0	0,000	4,500	20,250	17,5	
5: directe opgave "UGT"	548,7	631,5	1,151	2,198	9,891	55,5	23,1 4,500 = 103,8 kN/m'
5: directe opgave "UGT"	548,7	631,5	1,151	2,198	9,891	55,5	lijnlast t.g.v. F3, F4 en bovenbelasting met deze waarden wordt verder gerekend

moment tussen bovenkant plaat en opstorting op afstand betondekking in de plaat

6.10a	tgV H1 en M1	0,0 kNm	b=k _x =	2125 mm	maatgevend moment	M _{Ed}	=	604,7 kNm
6.10b	tgV H1 en M2	0,0 kNm	h=k _y =	2125 mm	benodigde wapening	A _s	=	840 mm ²
directe opgave UGT	tgV H1 en M3	604,7 kNm	d=	2076 mm				

maximaal te mobiliseren permanente belasting

F1+F2+F3+F4-GW=	G _{rep}	=	0,0	+	5,4	+	0,0	+	388,8	-	0,0	=	394,2 kN
	0,9G _{rep}	=	0,9		394,2							=	354,8 kN

dwarskrachten-som in y-richting

dwarskracht links van F1	2,250	103,8		+	0,000	0,0	=	233,6 kN
dwarskracht rechts van F1	2,250	-103,8		+	2,198	249,6	=	315,1 kN

momenten-som in y-richting (onderwapening)

moment links van F1	2,250	103,8	(	1,125	-	0,000	)	+	0,000	0,0	(	0	-	0,000	)	=	262,8 kNm
moment rechts van F1	2,250	103,8	(	1,125	-	0,000	)	+	2,198	-249,6	(	1,151	-	0,000	)	=	-368,7 kNm

momenten-som in y-richting bovenwapening

momentensom tbv bepaling bovenwapening																=	258,8 kNm
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	-----------

ponscontrole (centrisch belast en ongewapend)

Er wordt GEEN rekening gehouden met de reductie volgens art. 6.4.4(2) reductie ponsbelasting)

maatgevend oppervlak onder ponscirkel	A	=	0,25	p	D ²	=	0,25	p	5,10 ²	=	20,44 m ²	
reductie ponsbelasting	V _{red}	=	A	p _d	=	20,25	8,2			=	167 kN	
ponsbelasting V _{Ed} =V - V _{red} =	82	-	167	=	-85	kN	Er wordt gerekend met de gereduceerde waarde V _{Ed} =					0 kN
resulterende lengte periferie	u ₁	=	16025	mm	Voor een nauwkeurige controle van de pons gebruik de file "B pons EC"							
opneembare schuifspanning	V _{Rd,c}	=	0,29	N/mm ²	waarin een controle zit van de pons in het gebied tussen de zijkant van de opstorting en 2d							
opneembare belasting zonder wapening	V _{Rd,c}	=	3492	kN								

dwarskrachtcontrole (ongewapend ; in y-richting)

V _{max} =	319,7 kN		V _{Ed} =	$\frac{V_{Ed}}{b \cdot d}$	=	$\frac{319,7}{4500} \cdot \frac{1000}{752,0}$	=	0,09 N/mm ²	V _{Rd,c}	=	0,29 N/mm ²
V _{min} =	0,0 kN										

verankeringslengte tpv de plaatranden (ofwel: moet de onderwapening worden voorzien van een haak?) NEN-EN 1992 art. 9.8.2.2 (5) verankering van staven
 moment vlak langs de plaatrand op een afstand van **0,50** h van de rand $M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 55,5 \cdot (0,50 \cdot 0,8)^2 = 4,4$ kNm

beschikbare maat voor de verankeringslengte = 0,50 800 - 40 = 360 mm benodigde wapening A_s= 17 mm²

verankeringslengte l_{bd}=a1 a2 a3 a4 a5 l_{b,rd}>=l_{b,min} = 160 mm dit is kleiner dan 360 mm geen haak aan de wapening nodig

trekspanning in ongewapende doorsnede s_{ct}= 6 M_{Ed} / b h² = 6 4,4 10⁶ / (1000 800)² = 0,04 N/mm²

12.3.1(2) toelaatbare trekspanning in ongewapende beton 12.1 f_{ctd}= a_{ct} f_{ctk0.05} / g_c = 0,8 1,55 / 1,50 = 0,83 N/mm²

12.9.3 funderingsstroken en funderingsvoeten (alleen voor lijnvormige elementen)

12.13 $0,85 \frac{h_F}{a} \geq \sqrt{\left(\frac{9}{f_{ctd}} \frac{S_{gd}}{f_{ctd}} \right)}$ ofwel $0,85 \frac{800}{1188} \geq \sqrt{\left(\frac{9}{0,0555} \right)}$ ofwel 0,57 >= 0,78

a= lengte buiten de kolomrand uitkragend deel; in y-richting a= 1187,5 in x-richting a= 1187,5 maatgevend a= 1187,5 de poer moet worden gewapend

ausgangspunkten **EXCENTRISCH BELAST**

gekozen wapeningshoeveelheid

momentensom

wapeningsbaan $s = b_2 + 1.5b_1 + 1.5h$ NEN 6720 art. 7.5.3.4

breedte naast wapeningsbaan

momenten in wapeningsbaan per m' breedte onderin

momenten naast wapeningsbaan per m' breedte onderin

resultaten momenten en wapening per m'

scheurwijdte

Statische berekening schoorsteenfundament – WEPA NEDERLAND B.V. te Swalmen



Principeschets wapening schoorsteenfundament:

