

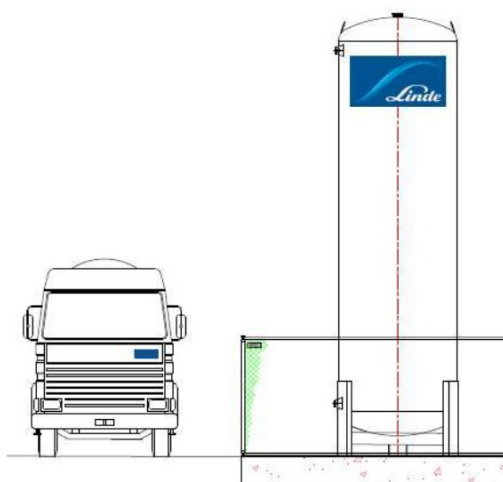
# FUNDATIE ZUURSTOFTANK AWZI GETEC - EMMEN

---

## Statische Berekening

J. Bouwmeester

Revisie 1, 02-12-2025



Controleberekening van de fundatie voor een nieuw te installeren zuurstoftank door Linde bij de AWZI op het terrein van Getec te Emmen.

# STATISCHE BEREKENING

## Fundatie zuurstoftank AWZI Getec - Emmen

### Project

Projectnummer: R1001040  
 Betreft: Controleberekening fundering  
 Datum: revisie 0, 2 december 2025  
 Status: Ontwerp  
 Opdrachtgever: Griesemann Engineering NL B.V.  
 Eerste Bokslootweg 17  
 7821 AT Emmen

### Algemeen

Bouwlocatie: gebied III, onbebouwd  
 Referentieperiode: 50 jaar  
 Gevolgklasse : CC1  
 Brandveiligheid: n.v.t.

### Materialen

Beton: C50/60 voor fundering  
 Wapening: B 500  
 Profielstaal: gewalst S235, vloeispanning 235 N/mm<sup>2</sup>  
 Hout: standaard bouwhout C18  
 Metselwerk: metselwerksterkte  $f_{rep} = 18 \text{ N/mm}^2$

### Voorschriften

NEN EN 1990 Grondslagen Constructief Ontwerp  
 NEN EN 1991 Belastingen op Constructies  
 NEN EN 1992 Ontwerp en Berekening van Betonconstructies  
 NEN EN 1993 Ontwerp en Berekening van Staalconstructies  
 NEN EN 1995 Ontwerp en Berekening van Houtconstructies  
 NEN EN 1996 Ontwerp en Berekening van Metselwerken  
 NEN EN 1997 Ontwerp en Berekening van Funderingen

## Inhoud

1. Inleiding .....	4
2. Belastingfactoren .....	5
3. Belastingen.....	6
3.1. Permanente belasting .....	6
3.2. Variabele belasting.....	6
3.3. Windbelasting .....	7
4. Fundering .....	14
4.1. Reactiekrachten .....	14
4.2. Controle fundatieplaten.....	14
4.3. Verankering.....	16
4.4. Grondspanning .....	17
5. Conclusies en aanbevelingen .....	20
A. Bijlage berekening fundering op staal .....	21
B. Bijlage berekening verankering .....	28

## 1. Inleiding

Getec is voornemens om een bestaande opslagtank voor zuurstof bij de AWZI te vervangen door een nieuwe opslagtank voor zuurstof.

De bestaande opslagtank met een inhoud van 25.000 liter tank Hoekloos is geplaatst op gewapend betonnen platen, onder deze bestaande tank zitten 3 poten met stalen voetplaten 400x400x32 mm.

De nieuwe opslagtank (zie bijgevoegde tekening) is de V 110, 11500 liter van de firma Linde.

Deze berekening betreft de controle van de fundatie voor de nieuwe zuurstoftank. Volgens het bevoegd gezag/PGS9 zal de gebruiker aan moeten tonen dat de fundatie bouwkundig geschikt is.

Voor genoemde installatie zijn statische berekeningen uitgevoerd conform vigerende voorschriften.

Het bouwwerk is een bijgebouw en ingedeeld in gevolgklasse 1 met een referentieperiode van 50 jaar.

Er is tijdens de bouwphase geen sprake van bijzondere belastingen.

Referentie documenten:

TEKENINGNUMMER	OMSCHRIJVING	REVISIE	DATUM
T07874	Opstelling zuurstof installatie Getec – Emmen	1	10-07-2025
10014986	Datablatt LITS F2	5	
	Plattegrond sonderingen		
86.07.014	Sondering 1		10-07-1986

## 2. Belastingfactoren

	PERMANENTE BELASTING ONGUNSTIG	PERMANENTE BELASTING GUNSTIG	VERANDERLIJKE BELASTING
<b>Gebruiksfase</b>			
Fundamentele combinaties 1, formule 10b	1,20	0,90	1,50
Fundamentele combinaties 2, formule 10a	1,35	0,90	1,50
Bijzondere combinaties 3	1,00	1,00	1,00

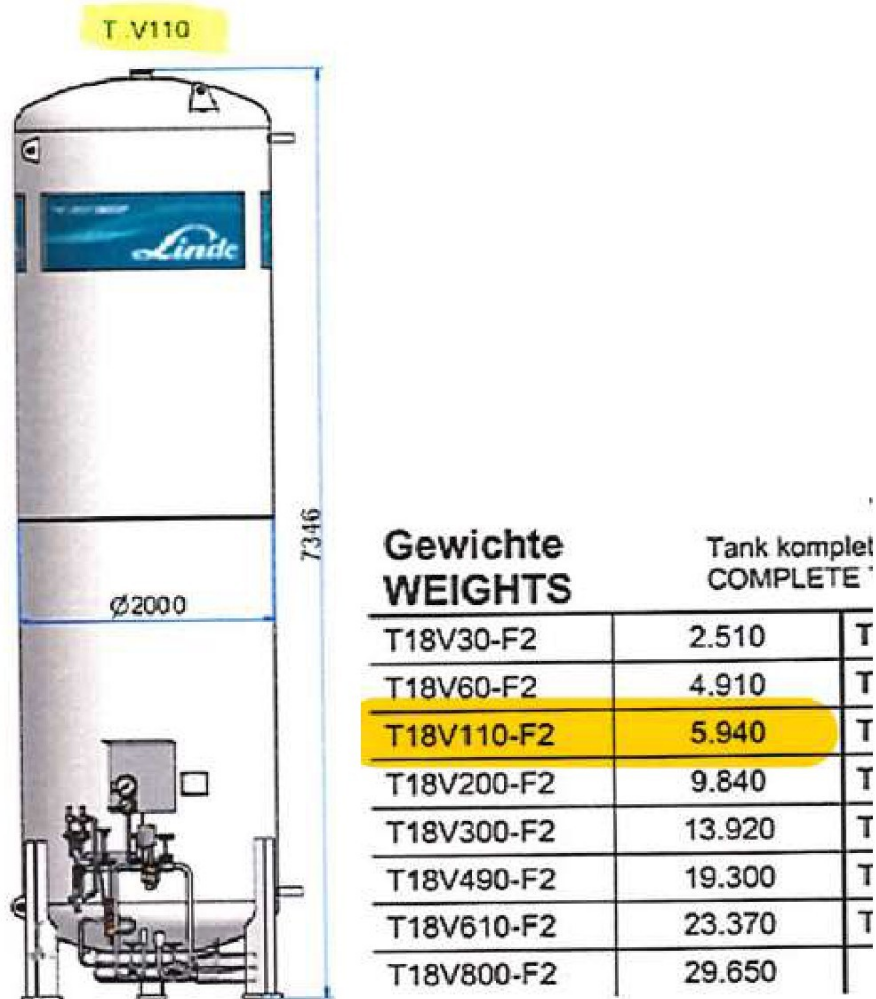
Wind:

De belasting door wind is bepaald aan de hand van tabel NB4 van NEN-EN 1991-1-4. Het bouwwerk is ingedeeld in gebied IIII, onbebouwd. Er zijn geen vormfactoren toegepast. De lokale windfactor  $C_{pe, loc} = 1,0$

### 3. Belastingen

#### 3.1. Permanente belasting

De te installeren zuurstoftank betreft het type T V110 van Linde.



Het leeg gewicht bedraagt 59.40 kN. Gerefereerd wordt aan de datasheet van de leverancier.

De tank staat op 3 poten HEB180. Per poot bedraagt de reactiekracht:  $59.40 / 3 = 19.80$  kN

In geval het eigen gewicht gunstig werkt dient te worden gerekend op  $1980 * 0.90 = 17.82$  kN

#### 3.2. Variabele belasting

Bij een maximale vullingsgraad van 95% door LOX (Liquified Oxygen) bedraagt de variabele belasting 125.30 kN. Gerefereerd wordt aan de datasheet van de leverancier.

TANK-TYPE			T...V30	T...V60	T...V110	
Bauvolumen (ca.)/ TOTAL CAPACITY (APPR.)			[l]	3.160	6.365	11.535
Nutzvolumen (ca.)/ NET CAPACITY (APPR.)	T18... at 95%	[l]	3.000	6.050	10.960	
	T36... at 90%	[l]	2.840	5.730	10.380	
	T22... at 93%	[l]	2.940	5.920	10.730	
	LIN	[kg]	2.425	4.890	8.855	
max. Füllungsgrad / max. Filling ratio 95%, 1 bar a	T18... LOX	[kg]	3.425	6.910	12.530	
	LAR	[kg]	4.185	8.440	15.290	
	LIN	[kg]	2.300	4.630	8.390	
max. Füllungsgrad / max. Filling ratio 93%, 1 bar a	T36... LOX	[kg]	3.250	6.540	11.850	
	LAR	[kg]	3.970	7.990	14.480	
max. Füllungsgrad / max. Filling ratio 90%, 15 bar a	T22... CO2	[kg]	3.120	6.280	11.370	
	T18...	[bar]	18	18	18	
max. zul. Betriebsüberdruck MAX. ALLOW. WORKING PRESSURE	T36...	[bar]	36	36	36	
	T22...	[bar]	22	22	22	
	LIN	[%/d]	0,67	0,58	0,44	
Verdampfungsrate (1 bar, 15°C, Bauvolumen) BOIL-OF RATE (1 BAR, 15°C, TOTAL CAPACITY) Vacuum < 2*10-2mbar	LOX	[%/d]	0,42	0,37	0,29	
	LAR	[%/d]	0,46	0,40	0,32	
	CO2	[%/d]	0,22	0,19	0,14	

### 3.3.Windbelasting

De locatie van de opstelling bevindt zich in Emmen met een basis windsnelheid van 24.50 m/s.

Conservatief is gerekend met terreincategorie II (onbebouwd).

De installatie met een totale hoogte van 7346 mm wordt op maaiveldhoogte geplaatst. Als vrije ruimte onder de tanks is 300 mm aangenomen.

De totale windbelasting bedraagt 5.798 kN.

Het aangrijppingspunt van deze belasting is  $(7.246 - 0.300) / 2 + 0.300$  3.823 m boven maaiveld.

Het optredende moment door wind bedraagt  $5.798 * 3.823 = 22.17$  kNm. Volgens de datasheet van Linde kan de tank een horizontale kracht van 21.3 kN en een horizontaal moment van 91.9 kNm weerstaan.

Zie verder onderstaande berekening aangaande de windbelasting op cilindrische tanks.



Eurocode  
Applied.com

Free online calculation tools for structural  
design according to Eurocodes

Project: R1001040

Subject: Windbelasting zuurstoftank V110

Designer: Jakob Bouwmeester

Date: Fri Nov 14 2025

## Eurocode 1

# Wind load on circular cylinders (force coefficient)

### Description:

Calculation of wind load action effects on circular cylinder elements. The total horizontal wind force is calculated from the force coefficient corresponding to the overall effect of the wind action on the cylindrical structure or cylindrical isolated element

### According to:

EN 1991-1-4:2005+A1:2010 Section 7.9.2

### Applicable for:

Cylindrical structures, isolated cylindrical elements

### Supported

### National

### Annexes:

A) Calculation of force coefficients: Apart from countries that adopt CEN recommended values for sections 7.9.2 and 7.13 of EN1991-1-4, the following National Annexes are supported: Croatia. B) Peak velocity pressure: The value of the peak velocity pressure can be specified manually. Otherwise automatic calculation of peak velocity pressure is supported, in addition to countries that adopt the CEN recommended values for NDPs, also for the following National Annexes: Finland, Portugal. The National Annexes of Germany, Norway, Spain, Sweden, Switzerland are NOT supported (enter peak velocity pressure manually).

## Input

Terrain category	= II	▼
Basic wind velocity	$V_b = 24.5$	m/s
Diameter of the cylindrical element	$b = 2$	m
Length of the cylindrical element	$l = 7.046$	m
Maximum height above ground of the cylindrical element	$Z = 7.346$	m
Orientation of the cylindrical element	= Vertical	▼
Surface type	= galvanized steel	▼

Orography factor at reference height  $z_e$   $c_0(z_e) = 1$

Structural factor

$$C_s C_d = 1$$

## Nationally Defined Parameters

Air density	$\rho = 1.25$	kg/m <sup>3</sup>
Additional rules defined in the National Annex for the calculation of peak velocity pressure $q_p(z_e)$	= None	
Calculation method for the effective slenderness	= Default	▼

## Results

Effective wind pressure	$w_{eff} = 0.411 \text{ kN/m}^2$
Total wind horizontal force	$F_W = 5.798 \text{ kN}$

## Notes

1. The calculated effective wind pressure  $w_{eff}$  and total wind force  $F_W$  correspond to the total wind action effects and they are appropriate for global verifications of the structure according to the force coefficient method. For local verifications, such as verification of the cylinder's shell, appropriate wind pressure on local surfaces must be estimated according to the relevant external pressure coefficients, as specified in EN1991-1-4 §7.9.1.
2. For cylinders near a plane surface with a distance ratio  $z_g/b < 1.5$  special advice is necessary. See EN1991-1-4 §7.9.2(6) for more details.
3. For a set of cylinders arranged in a row with normalized center-to-center distance  $z_g/b < 30$  the wind force of each cylinder in the arrangement is larger than the force of the cylinder considered as isolated. See EN1991-1-4 §7.9.3 for more details.
4. The calculated wind action effects are characteristic values (unfactored). Appropriate load factors should be applied for the relevant design situation. For ULS verifications the partial load factor  $\gamma_Q = 1.50$  is applicable for variable actions.

## Details

### Input Data

- Terrain category: = II
- Basic wind velocity:  $v_b = 24.5 \text{ m/s}$
- Diameter of the cylindrical element:  $b = 2 \text{ m}$
- Length of the cylindrical element:  $l = 7.046 \text{ m}$
- Maximum height above ground of the cylindrical element:  $z = 7.346 \text{ m}$
- Orientation of the cylindrical element: = Vertical
- Surface type: = galvanized steel
- Orography factor at reference height  $z_e$ :  $c_0(z_e) = 1$
- Structural factor:  $C_s C_d = 1$

### Nationally Defined Parameters

- Air density:  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$

- Additional rules defined in the National Annex for the calculation of peak velocity pressure  $q_p(z_e)$ : = None
- Calculation method for the effective slenderness: = Default

## Calculation of peak velocity pressure

### Reference area and height

The reference height for the wind action  $z_e$  is equal to the maximum height above ground of the section being considered, as specified in EN1991-1-4 §7.9.2(5). The reference area for the wind action  $A_{ref}$  is the projected area of the cylinder, as specified in EN1991-1-4 §7.9.2(4). Therefore:

$$z_e = z = 7.346 \text{ m}$$

$$A_{ref} = b \cdot l = 2.000 \text{ m} \cdot 7.046 \text{ m} = 14.09 \text{ m}^2$$

### Basic wind velocity

The basic wind velocity  $v_b$  is defined in EN1991-1-4 §4.2(2)P as a function of the wind direction and time of year at 10 m above ground of terrain category II. The value of  $v_b$  includes the effects of the directional factor  $c_{dir}$  and the seasonal factor  $c_{season}$  and it is provided in the National Annex. In the following calculations the basic wind velocity is considered as  $v_b = 24.50 \text{ m/s}$ .

### Terrain roughness

The roughness length  $z_0$  and the minimum height  $z_{min}$  are specified in EN1991-1-4 Table 4.1 as a function of the terrain category. For terrain category II the corresponding values are:  $z_0 = 0.050 \text{ m}$  and  $z_{min} = 2.0 \text{ m}$ .

The terrain factor  $k_r$  depending on the roughness length  $z_0 = 0.050 \text{ m}$  is calculated in accordance with EN1991-1-4 equation (4.5):

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0 / z_{0,II})^{0.07} = 0.19 \cdot (0.050 \text{ m} / 0.050 \text{ m})^{0.07} = 0.1900$$

The roughness factor  $c_r(z_e)$  at the reference height  $z_e$  accounts for the variability of the mean wind velocity at the site. It is calculated in accordance with EN1991-1-4 equation 4.4. For the examined case  $z_e \geq z_{min}$ :

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(\max\{z_e, z_{min}\} / z_0) = 0.1900 \cdot \ln(\max\{7.346 \text{ m}, 2.0 \text{ m}\} / 0.050 \text{ m}) = 0.9481$$

### Orography factor

Where orography (e.g. hills, cliffs etc.) is significant its effect in the wind velocities should be taken into account using an orography factor  $c_0(z_e)$  different than 1.0, as specified in EN1994-1-1 §4.3.3. The recommended procedure in EN1994-1-1 §4.3.3 for calculation of the orography factor  $c_0(z_e)$  is described in EN1994-1-1 §A.3.

In the following calculations the orography factor is considered as  $c_0(z_e) = 1.000$ .

### Mean wind velocity

The mean wind velocity  $v_m(z_e)$  at reference height  $z_e$  depends on the terrain roughness, terrain orography and the basic wind velocity  $v_b$ . It is determined using EN1991-1-4 equation (4.3):

$$v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_0(z_e) \cdot v_b = 0.9481 \cdot 1.000 \cdot 24.50 \text{ m/s} = 23.23 \text{ m/s}$$

### Wind turbulence

The turbulence intensity  $I_v(z_e)$  at reference height  $z_e$  is defined as the standard deviation of the turbulence divided by the mean wind velocity. It is calculated in accordance with EN1991-1-4 equation 4.7. For the examined case  $z_e \geq z_{min}$ :

$$I_v(z_e) = k_1 / [c_0(z_e) \cdot \ln(\max\{z_e, z_{\min}\} / z_0)] = 1.000 / [1.000 \cdot \ln(\max\{7.346 \text{ m}, 2.0 \text{ m}\} / 0.050 \text{ m})] = 0.2004$$

### Basic velocity pressure

The basic velocity pressure  $q_b$  is the pressure corresponding to the wind momentum determined at the basic wind velocity  $v_b$ . The basic velocity pressure is calculated according to the fundamental relation specified in EN1991-1-4 §4.5(1):

$$q_b = (1/2) \cdot \rho \cdot v_b^2 = (1/2) \cdot 1.25 \text{ kg/m}^3 \cdot (24.50 \text{ m/s})^2 = 375 \text{ N/m}^2 = 0.375 \text{ kN/m}^2$$

where  $\rho$  is the density of the air in accordance with EN1991-1-4 §4.5(1). In this calculation the following value is considered:  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ . Note that by definition  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ .

### Peak velocity pressure

The peak velocity pressure  $q_p(z_e)$  at reference height  $z_e$  includes mean and short-term velocity fluctuations. It is determined according to EN1991-1-4 equation 4.8:

$$q_p(z_e) = (1 + 7 \cdot I_v(z_e)) \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m(z_e)^2 = (1 + 7 \cdot 0.2004) \cdot (1/2) \cdot 1.25 \text{ kg/m}^3 \cdot (23.23 \text{ m/s})^2 = 810 \text{ N/m}^2 \\ \Rightarrow q_p(z_e) = 0.810 \text{ kN/m}^2$$

Note that by definition  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ .

### Wind velocity corresponding to peak velocity pressure

The peak wind velocity  $v(z_e)$  at reference height  $z_e$  is the wind velocity corresponding to the peak velocity pressure  $q_p(z_e)$ . It is calculated according to the following fundamental relation, as specified in EN1991-1-4 §4.5(1):

$$v(z_e) = [2 \cdot q_p(z_e) / \rho]^{0.5} = [2 \cdot 810 \text{ N/m}^2 / 1.25 \text{ kg/m}^3]^{0.5} = [1296.4 \text{ m}^2/\text{s}^2]^{0.5} = 36.01 \text{ m/s}$$

where  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$  is the density of the air as mentioned above. Note that by definition  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ .

## **Calculation of wind forces on the structure**

The wind force on the structure  $F_w$  for the overall wind effect is estimated according to the force coefficient method as specified in EN1991-1-4 §5.3.

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}}$$

### Structural factor

The structural factor  $c_s c_d$  takes into account the structure size effects from the non-simultaneous occurrence of peak wind pressures on the surface and the dynamic effects of structural vibrations due to turbulence. The structural factor  $c_s c_d$  is determined in accordance with EN1991-1-4 Section 6. A value of  $c_s c_d = 1.0$  is generally conservative for small structures not-susceptible to wind turbulence effects such as buildings with height less than 15 m or chimneys with circular cross-sections whose height is less than 60 m and 6.5 times the diameter.

In the following calculations the structural factor is considered as  $c_s c_d = 1.000$ .

### Reynolds number

Reynolds number characterizes the air flow around the object. For air flow around cylindrical objects Reynolds number is calculated according to EN1991-1-4 §7.9.1(1):

$$Re = b \cdot v(z_e) / \nu = 2.000 \text{ m} \cdot 36.01 \text{ m/s} / 15.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 4.8008 \times 10^6$$

where the kinematic viscosity of the air is considered as  $\nu = 15.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  in accordance with EN1991-1-4 §7.9.1(1).

### Effective slenderness

The effective slenderness  $\lambda$  depends on the aspect ratio and the position of the structure and it is given in EN1991-1-4 §7.13(2).

For circular cylinders with length  $l \leq 15$  m the effective slenderness  $\lambda$  is equal to:

$$\lambda_{15} = \min(l / b, 70) = \min(7.046 \text{ m} / 2.000 \text{ m}, 70) = 3.523$$

Therefore  $\lambda = \lambda_{15} = 3.523$

### End effect factor

The end effect factor  $\psi_\lambda$  takes into account the reduced resistance of the structure due to the wind flow around the end (end-effect). The value of  $\psi_\lambda$  is calculated in accordance with EN1991-1-4 §7.13. For solid structures (i.e. solidity ratio  $\phi = 1.000$ ) the value of the end effect factor  $\psi_\lambda$  is determined from EN1991-1-4 Figure 7.36 as a function of the slenderness  $\lambda$ .

The estimated value for the end effect factor is  $\psi_\lambda = 0.655$

### Equivalent surface roughness

The equivalent surface roughness  $k$  depends on the surface type and it is given in EN1991-1-4 §7.9.2(2). According to EN1991-1-4 Table 7.13 for surface type "galvanized steel" the corresponding equivalent surface roughness is  $k = 0.2000$  mm.

### Force coefficient without free-end flow

For circular cylinders the force coefficient without free-end flow  $c_{f,0}$  depends on the Reynolds number  $Re$  and the normalized equivalent surface roughness  $k/b$ . The force coefficient without free-end flow  $c_{f,0}$  is specified in EN1991-1-4 §7.9.2. The value  $c_{f,0}$  is determined according to EN1991-1-4 Figure 7.28 for the values of  $Re = 4.8008 \times 10^6$ ,  $k = 0.2000$  mm,  $b = 2.000$  m,  $k/b = 0.000100$ .

The estimated value for the force coefficient without free-end flow is  $c_{f,0} = 0.776$

### Force coefficient

The force coefficient  $c_f$  for finite cylinders is given in EN1991-1-4 §7.9.2(1) as:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda$$

where  $c_{f,0}$  is the force coefficient without free-end flow, and  $\psi_\lambda$  the end effect factor, as calculated above. Therefore:

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0.776 \cdot 0.655 = 0.508$$

### Total wind force

The total wind force on the structure  $F_w$  is estimated as:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1.000 \cdot 0.508 \cdot 0.810 \text{ kN/m}^2 \cdot 14.09 \text{ m}^2 = 5.798 \text{ kN}$$

The total wind force  $F_w$  takes into account the overall wind effect. The corresponding effective wind pressure  $w_{eff}$  on the reference wind area  $A_{ref}$  is equal to:

$$w_{eff} = F_w / A_{ref} = 5.798 \text{ kN} / 14.09 \text{ m}^2 = 0.411 \text{ kN/m}^2$$

### Additional notes

- The effective pressure  $w_{eff} = 0.411 \text{ kN/m}^2$  is appropriate for global verifications of the structure according to the force coefficient method. It is not appropriate for local verifications of structural elements, such as the shell of the cylinder. For the latter case appropriate wind

pressure on local surfaces must be estimated according to the relevant external pressure coefficients, as specified in *EN1991-1-4 §7.9.1*.

- The calculated wind action effects are characteristic values (unfactored). Appropriate load factors should be applied for the relevant design situation. For ULS verifications the partial load factor  $\gamma_Q = 1.50$  is applicable for variable actions according to EN1990.

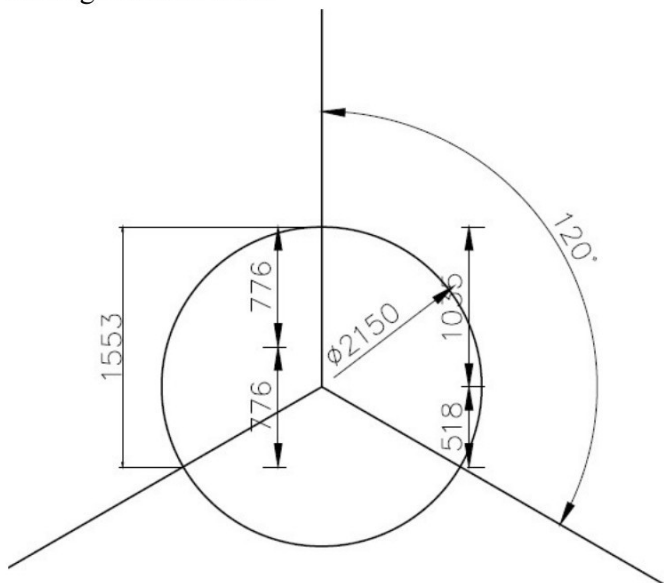


EurocodeApplied.com  
Copyright © 2017-2025. All rights reserved.

## 4. Fundering

### 4.1. Reactiekrachten

De minimale rekenwaarde van de verticale reactiekracht wordt veroorzaakt uit de combinatie van een lege tank en wind.



Deze bedraagt:

Uit gunstig eigen gewicht:  $0.90 * 59.40 / 3 = 17.82 \text{ kN}$

Door windmoment:  $-1.50 * 22.17 / 1.553 = -21.41 \text{ kN}$

**Totaal:** **- 3.59 kN**

De maximale rekenwaarde van de verticale reactiekracht wordt veroorzaakt uit de combinatie van een volle tank en wind.

Deze bedraagt:

Uit eigen gewicht:  $1.20 * 59.40 / 3 = 23.76 \text{ kN}$

Uit variabele belasting:  $1.50 * 125.30 / 3 = 62.65 \text{ kN}$

Door windmoment:  $1.50 * 22.17 / 1.553 = 21.41 \text{ kN}$

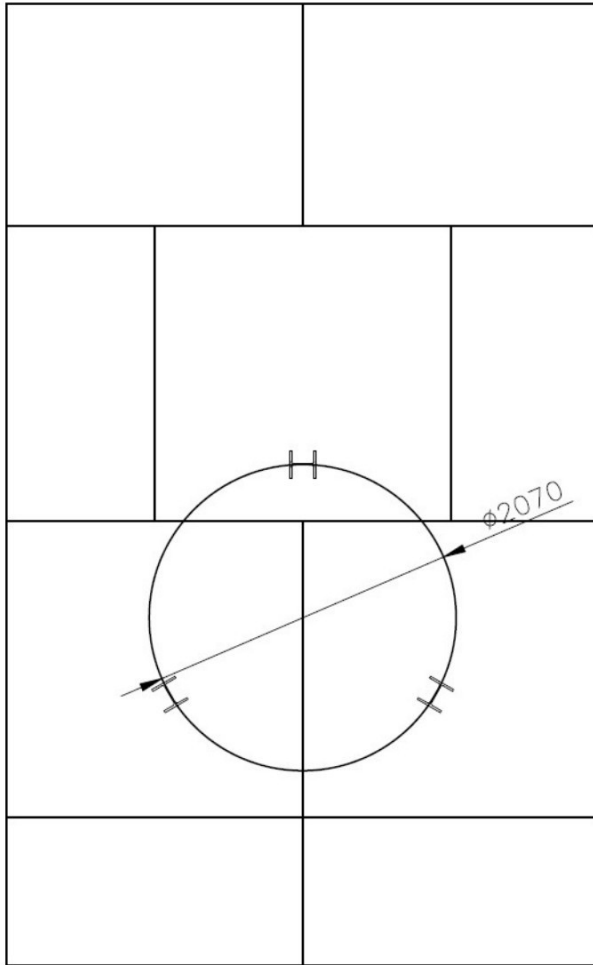
**Totaal:** **107.82 kN**

In beide gevallen bedraagt de horizontale reactiekracht maximaal  $5.798 / 3 = 1.93 \text{ kN}$

### 4.2. Controle fundatieplaten

Onderstaande afbeelding geeft de opstelling van de zuurstoftank op de gewapend betonnen platen weer. Bij twee van de poten kan worden gesteld dat de reactiekracht zich min of meer in het

midden van de plaat bevindt. Bij een derde poot is dat niet het geval en dient te worden gesteld dat de poot zich op de rand van de plaat bevindt.



Onderstaande specificatie van Stelcon geeft de maximaal toegestane puntbelasting voor het type N aan per plaatdikte. Gezien de optredende rekenwaarde van de reactiekrachten dienen platen met een minimale dikte van 250 mm te worden toegepast. Opname ter plaatse heeft geleerd dat gewapend betonnen platen met een dikte van 300 mm onder de tank aanwezig zijn. De situatie voldoet daarmee.

## Specificaties

MATERIAAL	beton	C50/60 (NEN-EN 206 / NEN 8005)		
	wapening	transportwapening		
AFWERKING	bovenranden	vellingkant 5x5mm		
	deklaag	glad of gebezemd		
AFMETINGEN		1995 x 1995 mm	1995 x 1495 mm	1995 x 995 mm
CODE		AA	AD	AE
GEWICHT	140 mm dik	1340 kg	1005 kg	670 kg
	160 mm dik	1540 kg	1155 kg	770 kg
	250 mm dik	2400 kg	1800 kg	1200 kg
TOLERANTIES(MM), VOLGENS NEN 3682	lengte/breedte	-3 tot +3	-3 tot +3	-3 tot +3
	dikte	-1 tot +5	-1 tot +5	-1 tot +5
	vlakheid bovenzijde	-3 tot +3	-3 tot +3	-3 tot +3
	scheluwte	5	5	5
	diagonaalverschil	5	5	5
MILIEUKLASSEN VOLGENS NEN-EN 206	bovenzijde	XC1 t/m XC4, XD1 t/m XD3, XS1 t/m XS3, XF1 t/m XF4 en XA1 t/m XA3 XM1 t/m XM3 volgens DIN 1045-2		
	onderzijde	XC1 t/m XC4 en XF1 en XF3		

## Toelaatbare lasten

		140 mm	160 mm	250 mm
ASLASTEN, VOLGENS BRL 1104	verkeersklasse	450	600	≥ 600
	aslasten	150 kN (15 ton)	200 kN (20 ton)	n.v.t.
PUNTLASTEN, VOLGENS BRL 1104	rand *	150 x 150 mm	40 kN (4 ton)	55 kN (5,5 ton)
		200 x 200 mm	45 kN (4,5 ton)	60 kN (6 ton)
	centrum	150 x 150 mm	65 kN (6,5 ton)	90 kN (9 ton)
		200 x 200 mm	75 kN (7,5 ton)	95 kN (9,5 ton)
HEFTRUCK BELASTINGEN	hefvermogen	6 ton	9 ton	48 ton
	aslast	137,7 kN	208,5 kN	964 kN

\* ) rand = midden van de plaatzijde op een halve plaatdikte uit de rand

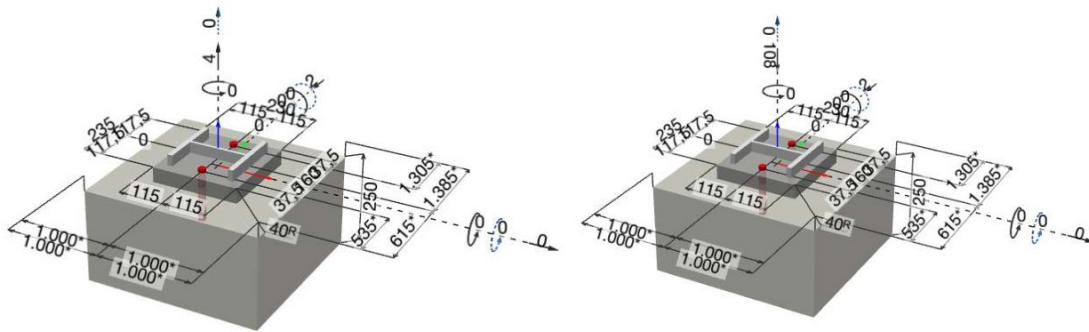
### 4.3. Verankering

Voor de berekeningen wordt naar de bijlagen verwezen.

De voetplaten volgens datasheet van Linde zijn 230\*235 mm dik 40 mm.

De gaten in de voetplaten zijn Ø 28 mm.

Er zijn twee belastingcombinaties doorgerekend:



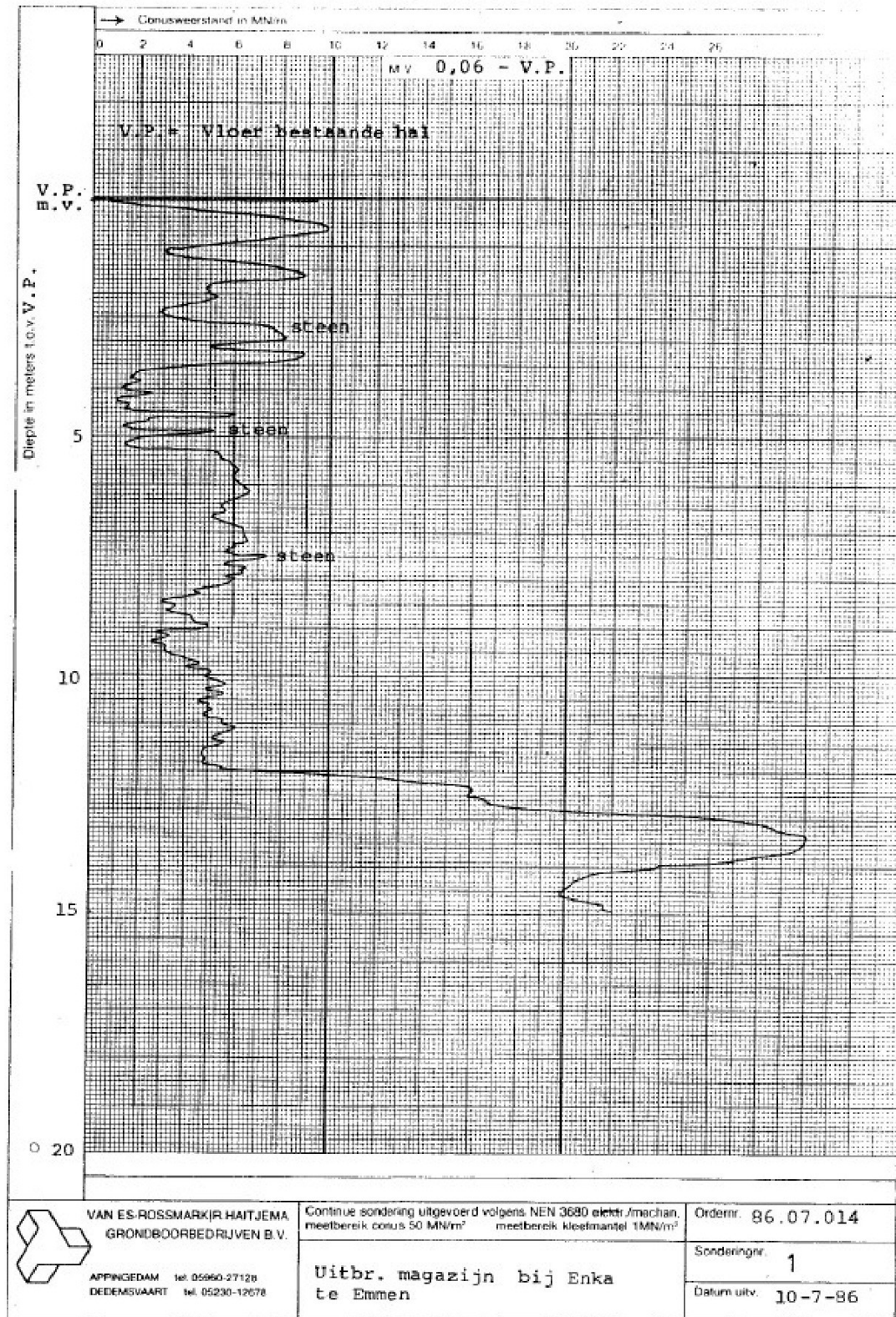
Vanwege de gaten in de voetplaten, ankers M20 toe te passen met een verankeringsdiepte van minimaal 90 mm. Ankertype Hilti HIT-HY 200-A V3

#### 4.4. Grondspanning

Voor de berekeningen wordt naar de bijlagen verwezen.

Er is een matig verdicht fijn zand pakket aanwezig tot een diepte van 3,50 m met een conuswaarde van minimaal 4 MN/m<sup>2</sup>. Daaronder bevindt zich een leemlaag met een dikte van circa 2 m. Vervolgens bevindt zich een matig verdichte zandlaag tot een diepte van 12 m om daarna over te gaan in een vast zandpakket.

Zie ook sondering 1 (later omgenummerd tot 1006).



1006

De maatgevende situatie is gecontroleerd. Dat wil zeggen dat is gerekend met de maximaal optredende recatiekrachten en met de situatie dat de poot onder de tank op circa 615 mm uit het midden van de stelconplaat staat.

Resultaten:

Maximaal optredende grondspanning bedraagt 114.7 kN/m<sup>2</sup>.

Maximaal optredende belasting bedraagt 137 kN (toegestaan is 238 kN).

Optredende zetting bedraagt 1.7 mm.

## 5. Conclusies en aanbevelingen

1. Het optredend wind moment (rekenwaarde) bedraagt 33.5 kNm. Het toegestane moment op de tank bedraagt volgens opgave door Linde 91.9 kNm
2. De optredende windbelasting (rekenwaarde) bedraagt 8.7 kN. De toegestane windbelasting op de tank bedraagt volgens opgave door Linde 21.3 kNm
3. In geval van toepassing van gewapend prefabricat betonplaten als fundering dienen platen met een dikte van minimaal 250 mm te worden toegepast. **Aanwezig zijn gewapend betonplaten met een dikte van 300 mm. De situatie voldoet daarmee.**
4. Optredende grondspanningen en verwachte zettingen zijn toelaatbaar.
5. Vanwege de gaten in de voetplaten ankers M20 toe te passen met een verankeringsdiepte van minimaal 90 mm. Ankertype Hilti HIT-HY 200-A V3

J. Bouwmeester

Stadskanaal, 2-12-2025

## **A. Bijlage berekening fundering op staal**

**TS/Funderingen op Staal**

**Rel: 5.31 16 nov 2025**

**ALGEMENE GEGEVENS**

Project : R1001040  
Onderdeel : Dundatie zuurstoftank AWZI Getec Emmen  
Eenheden : [kN][m][MPa][graden] tenzij anders vermeld  
Datum : 16-11-2025  
Referentieniveau (RN) : N.A.P.  
Referentieperiode : 50 jaar  
Bestand : E:\4 WERKEN\WERKEN 2025\2025-025\Calculations\  
R1001040 Fundatie zuurstoftank AWZI GETEC  
Emmen.fsw

**Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB**

Beton	NEN-EN 1992-1-1:2005	C2:2010	NB:2011 (nl)
Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1:2009	NB:2008
	NEN 9997-1:2011	C1:2012	

**PROFIELGEGEVENS Profiel 1**

Type	: Poer		
		Links	Rechts
Breedte	min [mm] :	1000	1000
	max [mm] :	1000	1000
	stap [mm] :	100	100
Lengte	voor [mm] :	1000	
	achter [mm] :	1000	De poer is vierkant.
Hoogte	[mm] :	250	
Opstorting	breedte [mm] :	0	
	lengte [mm] :	0	

**BELASTINGGEGEVENS Belastingen 1**

Permanent

Nr.	Omschrijving	Type	Richting	Waarde [kN,m]	AfstandX [m]	AfstandY [m]	AfstandZ [m]
1	Eigen gewicht	F/q	Z	-19.80	0.00	-0.61	-

Extra lasten tbv eigengewicht poer en opstort staan bij de rekengegevens.

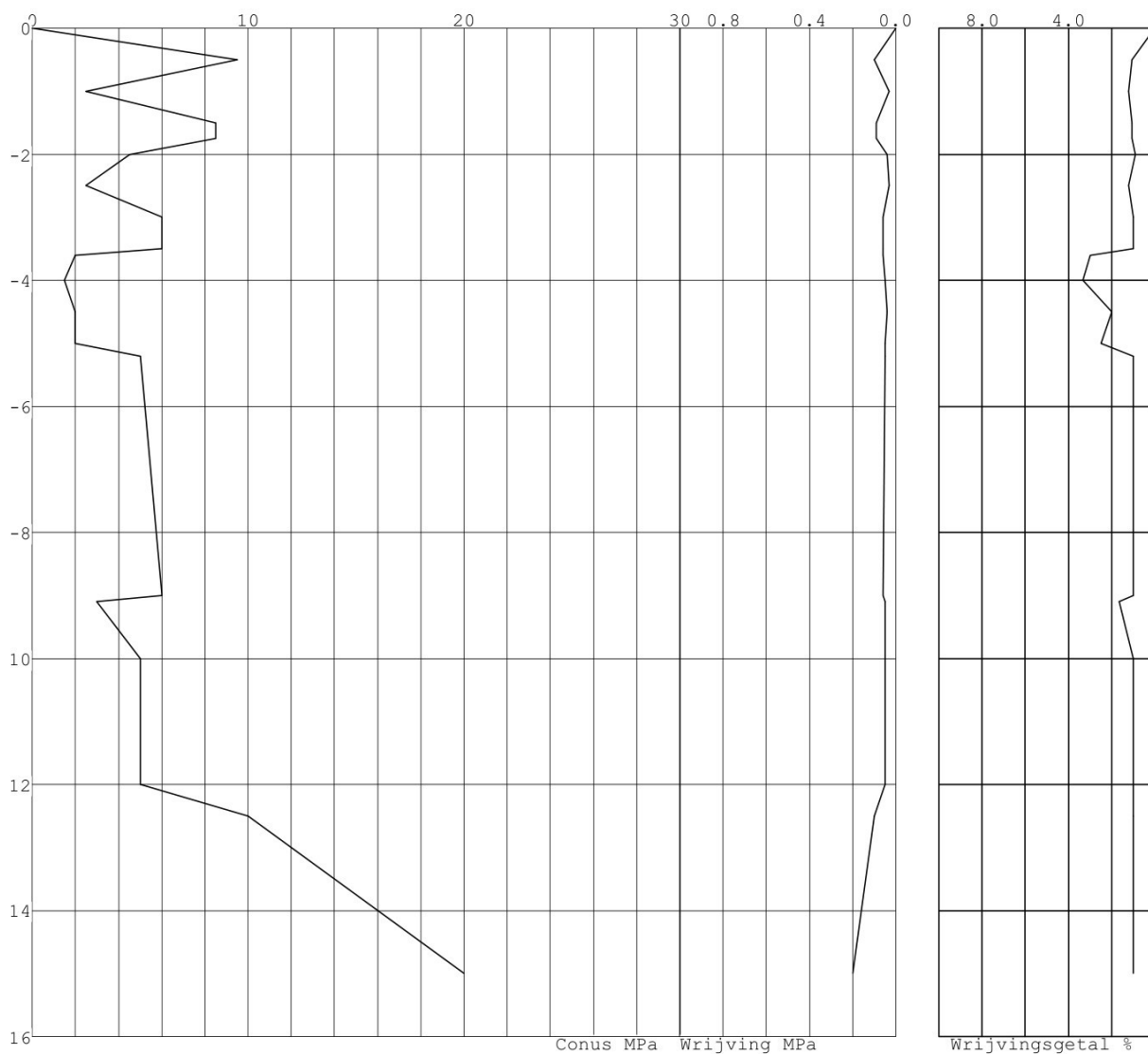
Variabel

Nr.	Omschrijving	Type	Richting	Waarde [kN,m]	AfstandX [m]	AfstandY [m]	AfstandZ [m]
1	Variabel	F/q	Z	-41.77	0.00	-0.61	-
2	Wind	F/q	Z	-14.27	0.00	-0.61	-
3	Wind	F/q	Y	-1.94	-	-	0.00

**SONDERINGSGEGEVENS Sondering 1**

Hoogte maaiveld [m]	:	0.00	Bodemprofiel
---------------------	---	------	--------------

Regel	Niveau [m]	Conus [MPa]	Wrijving [MPa]	Regel	Niveau [m]	Conus [MPa]	Wrijving [MPa]
1	0.00	0.00	0.000	11	-4.00	1.50	0.050
2	-0.50	9.50	0.100	12	-4.50	2.00	0.040
3	-1.00	2.50	0.030	13	-5.00	2.00	0.050
4	-1.50	8.50	0.090	14	-5.20	5.00	0.050
5	-1.75	8.50	0.090	15	-9.00	6.00	0.060
6	-2.00	4.50	0.040	16	-9.10	3.00	0.050
7	-2.50	2.50	0.030	17	-10.00	5.00	0.050
8	-3.00	6.00	0.060	18	-12.00	5.00	0.050
9	-3.50	6.00	0.060	19	-12.50	10.00	0.100
10	-3.60	2.00	0.060	20	-15.00	20.00	0.200



## GRONDSOORTEN

Nr	Naam	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$c_c / (1+e_0)$ [-]	$C_\alpha$ [-]	$e_0$ [-]
1	Zand - Schoon - Matig	18.0	20.0	32.5	-	-	0.0038	0.0000	0.65
2	Leem - Sterk zandig	19.0	19.0	27.5	0.0	50.0	0.0511	0.0020	0.83
3	Zand - Schoon - Vast	19.0	21.0	35.0	-	-	0.0023	0.0000	0.50

## BODEMPROFIELGEGEVENS Bodemprofiel 1

Hoogte maaiveld [m] : 0.00

Laag	Van [m]	Tot [m]	Omschrijving
1	0.00	-3.50	Zand - Schoon - Matig
2	-3.50	-5.00	Leem - Sterk zandig
3	-5.00	-12.00	Zand - Schoon - Matig
4	-12.00	-15.00	Zand - Schoon - Vast

## WAPENINGGEGEVENS Wapening 1

Betonkwaliteit	: C50/60	Soortelijke massa [kN/m <sup>3</sup> ]	: 24.0
Betonstaalsoort	: B500B	Diameter wapening X-ri [mm]	: 8.0 1e laag
		Diameter wapening Y-ri [mm]	: 8.0

### Betondekking

Milieu	:	XC2
Nominale dekking	:	25
Toegepaste dekking	:	25
Gestort tegen bestaand beton	:	Nee
Element met plaatgeometrie	:	Ja
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:	Nee
Oneffen beton oppervlak	:	Nee
Ondergrond	:	Oneffen, voorbereid
	:	k1=25
Constructieklasse	:	S2
Grootste korrel	:	31.5
Gelijkwaardige diameter	:	8
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ $\Delta C_{dur}$	:	8 15 0
$C_{min}$ $\Delta C_{dev}$ $C_{nom}$	:	15 5 25

## REKENGEGEVENS Geval 1

Profiel	:	Profiel 1
Belasting	:	Belastingen 1
Bodemprofielen	:	Bodemprofiel 1
Wapening	:	Wapening 1
Niveau onderkant fnd[m]	:	-0.25
Niveau bovenkant [m]	:	0.00
Grondwaterniveau [m]	:	-3.00

Materiaalfactoren		gunstig	ongunstig	
$\gamma_\gamma$	gewicht grond	:	1.10	1.00
$\gamma_{\varphi'}$	inwendige wrijving:		1.15	
$\gamma_c$	cohesie	:	1.60	
$\gamma_{c u}$	ongedr. schuifst.	:	1.35	
$\gamma_\gamma$	gewicht grond BGT	:	1.00	
Belastingfactoren		ongunstig	gunstig	$\Psi$
Permanent	:	1.20	0.90	
Variabel	:	1.50	0.00	0.40
Grond	:		0.90	

### Extra belastingen tbv eigengewicht poer en opstort

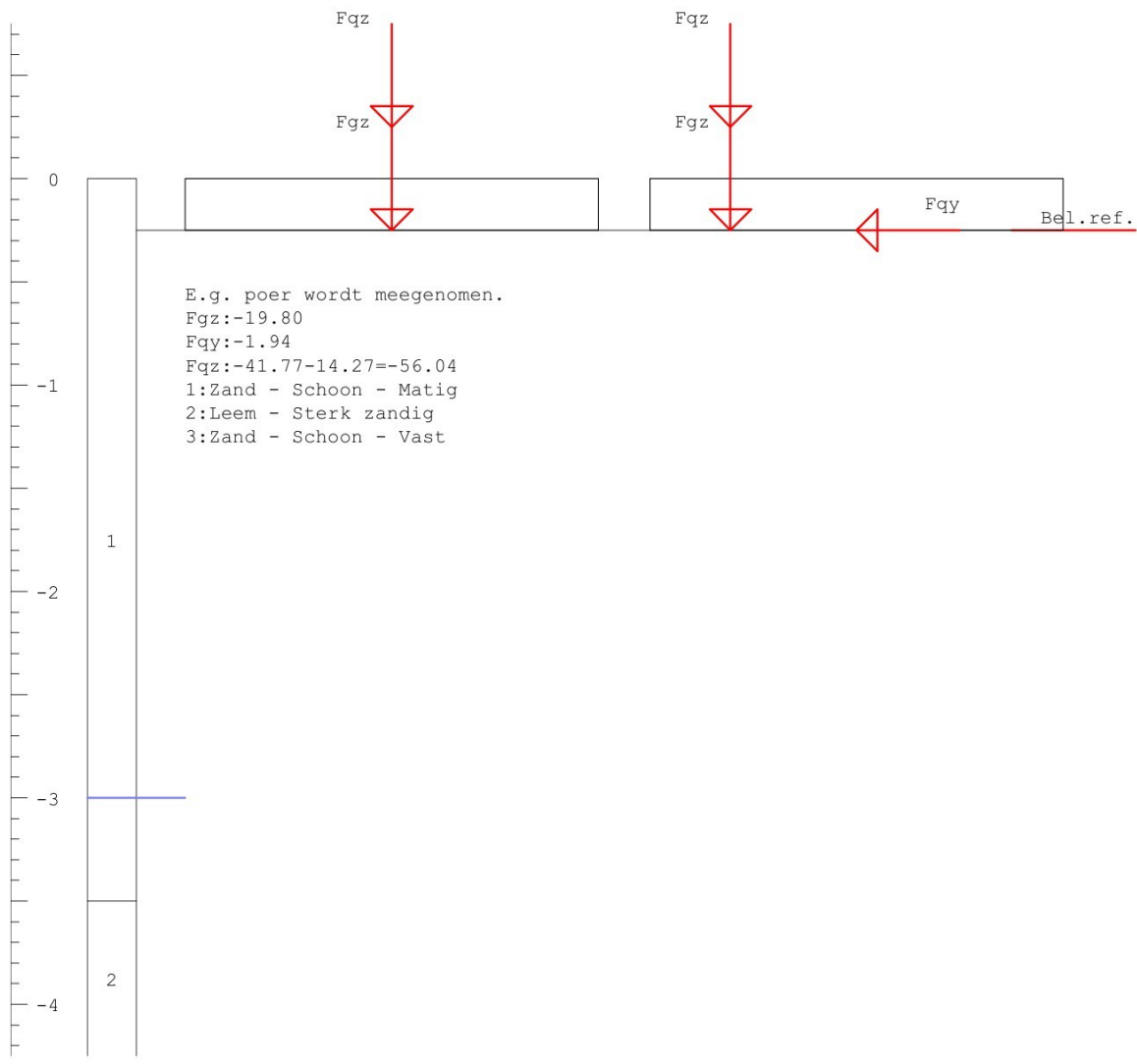
B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	L [m]	H [m]	Omschrijving	Type	Rich- ting	Waarde [kN]	AfstX [m]	AfstY [m]	AfstZ [m]
2.00	1.00	1.00	2.00	0.25	E.G poer, plaat	F Z		24.00	0.00	0.00	-
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	+ opstorting	F Z		0.00	0.00	0.00	-

### STABILITEIT

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	L [m]	b' [m]	l' [m]	Melding
2.00	1.00	1.00	2.00	2.00	1.04	Waarschuwing: De normaalkracht valt buiten de kern. eB = -0.481 eL = 0.000, kern = 0.333 * 0.333

### INVOER GRAFISCH Geval 1

Bodemprofiel: Bodemprofiel 1



## RESULTATEN ONGEDRAINEERD Geval 1

Resultaten ongedraineerd gedrag laag 2 (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

Er is gerekend volgens Art: 6.5.2.2 (f) Geval: c pons

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	Niv. [m]	B <sub>f i c</sub> [m]	L <sub>f i c</sub> [m]	b' [m]	l' [m]	A' [m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{v; z; d}$ [kPa]	S <sub>c</sub> [-]	i <sub>c</sub> [-]	$\sigma'_{max; d}$ [kPa]	V <sub>d</sub> ≤ R <sub>d</sub> [kN]
2.00	1.00	1.00	-3.50	2.91	2.91	2.54	2.91	7.39	49.1	1.17	0.997	272.1	398 2010

## TUSSENRESULTATEN GEDRAINEERD Geval 1

Tussenresultaten gedraineerd 1 (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	b' [m]	l' [m]	Z <sub>e</sub> [m]	$\phi'_{gem; d}$ [°]	$\gamma'_{gem; d}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	C' <sub>gem; d</sub> [kPa]	N <sub>c</sub> [-]	S <sub>c</sub> [-]	i <sub>c</sub> [-]
2.00	1.00	1.00	1.04	2.00	1.77	29.0	16.4	0.00	27.83	1.27	0.953

Tussenresultaten gedraineerd 2 (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	$\sigma'_{v; z; d}$ [kPa]	N <sub>q</sub> [-]	S <sub>q</sub> [-]	i <sub>q</sub> [-]	N <sub>γ</sub> [-]	S <sub>γ</sub> [-]	i <sub>γ</sub> [-]
2.00	1.00	1.00	0.0	16.42	1.25	0.956	17.08	0.84	0.937

## RESULTATEN GEDRAINEERD Geval 1

Resultaten gedraineerd gedrag alle lagen (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

Er is gerekend volgens Art: 6.5.2.2 (h) Geval: a

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	A' [m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{max; d; c}$ [kPa]	$\sigma'_{max; d; q}$ [kPa]	$\sigma'_{max; d; \gamma}$ [kPa]	$\sigma'_{max; d}$ [kPa]	V <sub>d</sub> ≤ R <sub>d</sub> [kN]
2.00	1.00	1.00	2.07	0.0	0.0	114.7	114.7	137 238

## RESULTATEN ONGEDRAINEERDE AFSCHUIVING Geval 1

Resultaten ongedraineerde afschuiving (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	Niv. [m]	B <sub>f i c</sub> [m]	L <sub>f i c</sub> [m]	V <sub>d</sub> [kN]	b' [m]	l' [m]	A' [m <sup>2</sup> ]	C <sub>u; d</sub> [kPa]	H <sub>d</sub> ≤ R <sub>d</sub> [kN]
2.00	1.00	1.00	-3.50	2.91	2.91	235.6	2.27	2.91	6.63	37.0	2.9 245.5

## RESULTATEN GEDRAINEERDE AFSCHUIVING Geval 1

Resultaten gedraineerde afschuiving (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	$\phi'_{c v; d}$ [°]	δ <sub>d</sub> [°]	V' <sub>d</sub> [kN]	H <sub>d</sub> ≤ R <sub>d</sub> [kN]
2.00	1.00	1.00	29.0	19.3	39.4	2.9 13.8

## TUSSENRESULTATEN ZAKKING Geval 1

Tussenresultaten zakking (Bodemprofiel Bodemprofiel 1, Breedte 2.00=1.00+1.00 m)

Laag nr.	Grondsoort	Laag- midden	Laag- dikte	$\sigma'_{v; z; 0; d}$ [kPa]	$\Delta\sigma'_{v; z; d}$ [kPa]	S <sub>1</sub> [%]	S <sub>2</sub> [mm]
1	Zand - Schoon - Matig	-1.63	2.75	24.8	10.9	44.2	1.7 0.0
2	Zand - Schoon - Matig	-3.25	0.50	52.0	3.2	6.1	0.0 0.0
3	Leem - Sterk zandig	-4.25	1.50	61.3	1.9	3.0	- -

## RESULTATEN ZAKKING Geval 1

### Resultaten zakkings (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	b' [m]	l' [m]	V <sub>d</sub> [kN]	σ <sub>gem;d</sub> [kPa]	S <sub>1</sub> [mm]	S <sub>2</sub> [mm]	S ≤ S <sub>req</sub> [mm]	S <sub>req</sub> [mm]	Veerw. [kN/m]
2.00	1.00	1.00	1.22	2.00	66.2	27.1	1.7	0.0	1.7	150.0	38733

## WAPENING Geval 1

### Resultaten wapening (Bodemprofiel Bodemprofiel 1)

B-tot [m]	B-li [m]	B-re [m]	x/y	Str. breedte [m]	σ' <sub>d</sub> [kPa]	M <sub>E d</sub> [kNm]	A <sub>s</sub> Boven [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>s</sub> Onder [mm <sup>2</sup> ]	M <sub>E f req</sub> [kNm]	Schr hoh-afst. max. [mm]	kenm max. [mm]
Eenheid per strookbreedte											
2.00	1.00	1.00	x	0.5	65.9	-19.6	0	224*	-5.5	Vol	300.0 38.7
2.00	1.00	1.00	y	0.5	65.9	-40.3	0	448	-14.1	Vol	300.0 30.4

## **B. Bijlage berekening verankering**