



FOR PROJECT:

ASG

DOCUMENT NUMBER

20240301 - BSU – BEREKENING FUNDATIE - 22040001

		Project Revisions		
Rev.	Date	Description / Status	Prepared by	Approved by
A00	2024-03-01	Voor commentaar		

INHOUD:

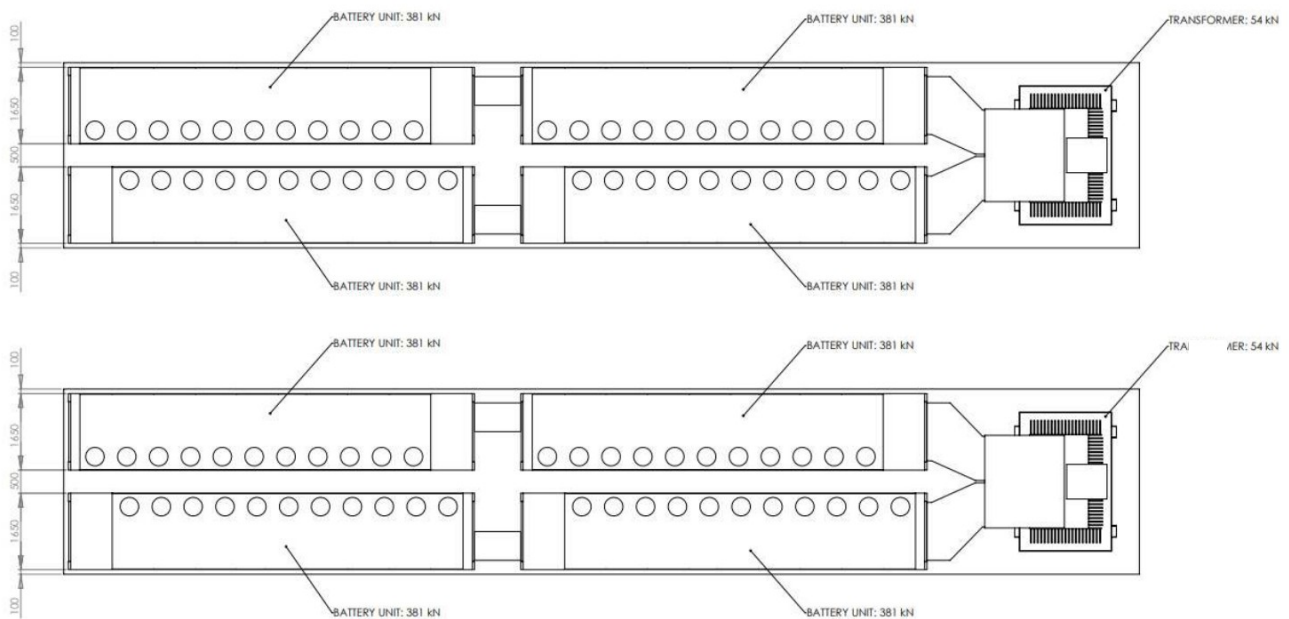
1.	ALGEMEEN.....	3
1.1	Introductie	3
1.2	Uitgangspunten	4
1.2.1	Gebruikte normen en richtlijnen	4
1.2.2	Referentiegegevens	4
1.2.3	Materialen	5
1.2.4	Referentie documenten	5
2.	BELASTINGEN	5
2.1	Eigen gewicht.....	5
2.2	Nuttige belasting	5
2.3	Wind belasting.....	5
2.4	Sneeuw belasting.....	6
2.5	Belastingcombinaties	6
3.	BEREKENING BETON FUNDATIE	8
3.1	Buigend moment	8
3.2	Gronddruk	11
4.	CONCLUSIE.....	12

1. ALGEMEEN

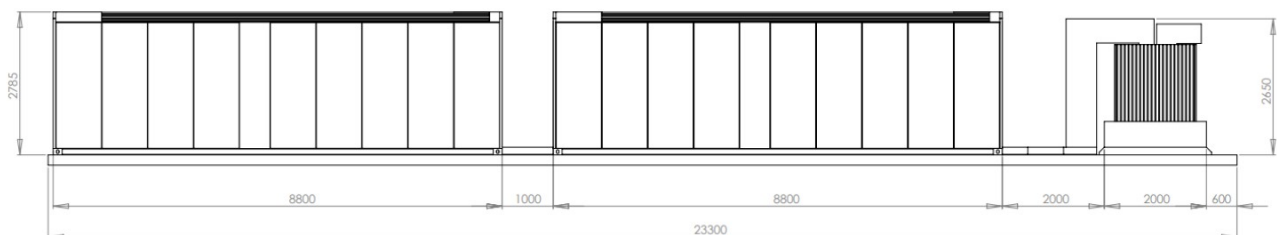
1.1 Introductie

Dit document bevat de statische berekening van de fundatie van de acht batterijen en bijbehorende transformatoren. (Battery Storage Units = BSU)

Deze totale BSU-unit zal op twee beton fundaties worden geplaatst met een onderlinge afstand van 2,30 m.



PLATTEGROND



AANZICHT

Voordat de beton fundaties gestort zullen worden, zal er eerst een grondverbetering moeten plaats vinden. De bovenste meter van de huidige grond zal worden vervangen door goed verdicht zand. Doordat er nu een volledig uit zand bestaande en goed gedraineerd ondergrond ontstaat, zal het gevaar van op vriezen nihil zijn.

Conclusie : Pas twee afzonderlijke beton fundaties toe zonder vorstrand.

1.2 Uitgangspunten

1.2.1 Gebruikte normen en richtlijnen

NEN-EN 1990	Grondslagen van het Ontwerp.
NEN-EN 1991	Belastingen op constructies.
NEN-EN 1992-reeks	Ontwerp en berekening van Betonconstructies.
NEN-EN 1993-reeks	Ontwerp en berekening van Staalconstructies.
NEN-EN 1997-reeks	Geotechnisch Ontwerp.

1.2.2 Referentiegegevens

Ontwerp levensduurklasse 2 → 20 jaar

Voor deze fundatie toegepast gevolgklasse CC1 en de Betrouwbaarheidsklasse RC1 → $K_{ii} = 0,90$

(CC1 = Consequence Class 1 en RC1 = Reliability Classes 1)

Belasting factoren:	yf;g	yf;q	Ψ
(Partiele veiligheidsfactoren)	ULS 1,10	1,35	-
	ULS 1,20	1,35	Ψ_0
	SLS 1,00	1,00	$\Psi_{1/2}$

Voor de waarden van de factor Ψ alleen gekozen voor de factor 1,0. Dit is een conservatieve benadering!

Tabel NB.5 — Partiële factoren voor gevolgklassen 1 en 3 voor belastingen (STR/GEO) (groep B)

CC	Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
		Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
1	(Vgl. 6.10a)	1,2 $G_{k,j,sup}^a$	0,9 $G_{k,j,inf}$		1,35 $\psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,35 $\psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
	(Vgl. 6.10b)	1,1 $G_{k,j,sup}^b$	0,9 $G_{k,j,inf}$	1,35 $Q_{k,1}$		1,35 $\psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
3	(Vgl. 6.10a)	1,5 $G_{k,j,sup}^a$	0,9 $G_{k,j,inf}$		1,65 $\psi_{0,1} Q_{k,1}$	1,65 $\psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$
	(Vgl. 6.10b)	1,3 $G_{k,j,sup}^b$	0,9 $G_{k,j,inf}$	1,65 $Q_{k,1}$		1,65 $\psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$

NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011

Tabel NB.6 – A1.2(C) — Rekenwaarden van belastingen (STR/GEO) (groep C)

Blijvende en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met de overheersende	
	Ongunstig	Gunstig		Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
(Vgl. 6.10)	1,0 $G_{k,j,sup}$	1,0 $G_{k,j,inf}$	1,3 $Q_{k,1}$		1,3 $\psi_{0,i} Q_{k,i} (i > 1)$

1.2.3 Materialen

Beton : C28/35

Wapening : B500B

1.2.4 Referentie documenten

De volgende documenten zijn onderdeel van deze berekening:

- Megapack 2XL (Tesla)
- Grondonderzoek door Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners –
Report : VN-77409-1 datum 10 december 2020
Subject : Project ASG
- Eaton trafo

2. BELASTINGEN

Voor de uitgevoerde berekeningen zijn twee basis belastingen beschouwd namelijk :

2.1 Eigen gewicht

Het eigen gewicht van de batterijen en de transformator :

Eigen gewicht.

- TESLA Megapack 2XL elk 381 kN
- Trafo 54 kN

Totale maximale gewicht : (4 *381 + 54) = 1578 kN (Per fundatie)

2.2 Nuttige belasting

De nuttige belasting zal zich op de beton fundatie rondom het geplaatste equipment bevinden. Aangezien deze oppervlakte minimaal is, zal er geen nuttige belasting voor deze fundatie worden meegenomen.

2.3 Wind belasting

Voor de windbelasting is gekozen voor gebied II – onbebouwd (Delfzijl– Groningen) In dit geval zal gerekend moeten worden met een winddruk van 0,60 kN/m² voor een hoogte van 2,78 meter. (= Hoogte batterij)

Met een lengte van 8,80 meter en een hoogte van 2,78 meter is het totale wind oppervlak :
 $8,80 * 2,78 = 24,46 \text{ m}^2$

Met een C_{pe} waarde voor onder / overdruk = 2,0
 Totale horizontale windbelasting op de batterij :

$$\text{Oppervlak} * \text{winddruk} * C_{pe} = 24,46 [\text{m}^2] * 0,60 [\text{kN/m}^2] * 2,0 = 29,35 \text{ kN}$$

2.4 Sneeuw belasting

De sneeuw belasting zal alleen op het dak van de batterij voorkomen. Voor sneeuw geldt een belasting van $0,56 \text{ kN/m}^2$.

Omdat deze belasting ten opzichte van de overige gewichten zo minimaal is, zal deze belasting ook niet in deze berekening meegenomen worden.



2.5 Belastingcombinaties

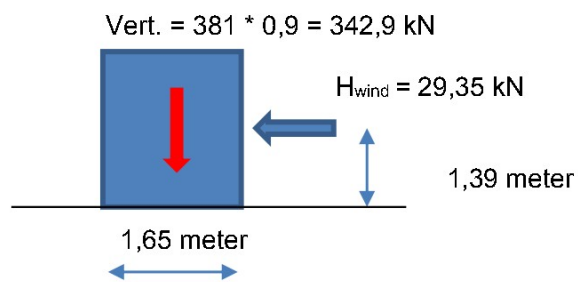
De volgende belasting combinatie is bekeken :

2.5.1 : Eigen gewicht + Wind

In deze belastingcombinatie zal het E.G met een belastingfactor 0,9 vermenigvuldigd worden.

$$\text{Eigen gewicht} + \text{Nuttige belasting} + \text{wind} : [(381 * 0,9) + (29,35 / 1,65 * 1,35)] \text{ kN} = 366,9 \text{ kN}$$

T.g.v. de wind komt er een moment op de fundatie van: $29,35 * 1,39 = 40,79 \text{ kNm}$



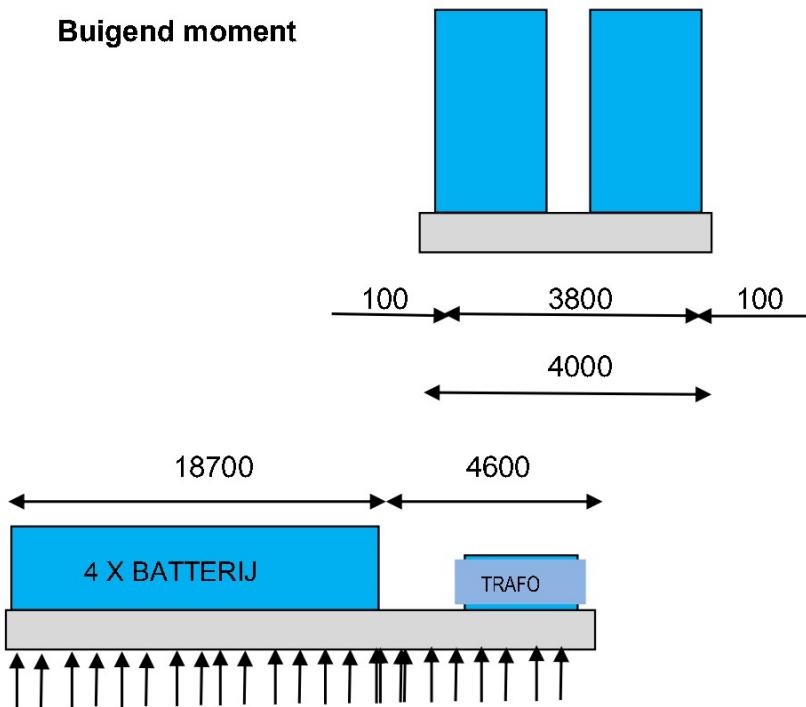
Stabiliteit van de BSU-unit : Tegenwerkend moment : $381 * 0,90 * 1,65/2 = 282,9$ kNm

→ $282,9 > 40,79$

Dus de stabiliteit is in orde.

3. BEREKENING BETON FUNDATIE

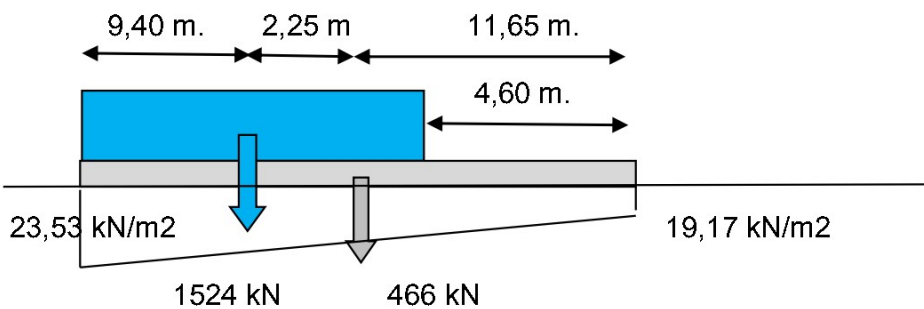
3.1 Buigend moment



Maximum buigend moment in beton fundatie in langs richting : Indien de trafo niet aanwezig is op de fundatieplaat (Onderhoud / tijdens bouw periode)

Het eigen gewicht van de fundatie plaat is : $4,00 * 23,30 * 0,20 * 25 = 466 \text{ kN}$

Tgv de batterijen een q-last van $4 * 381 = 1524 \text{ kN}$



Totale verticale kracht : $1524 + 466 = 1990 \text{ kN}$.

Het zwaartepunt van de beton fundatie plus de vier batterijen ligt op :

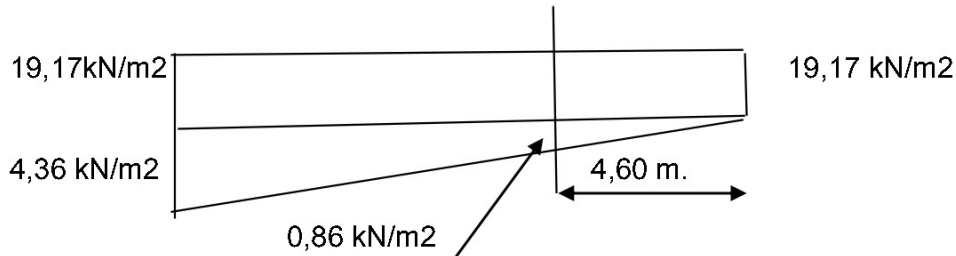
Zwaartepunt : $(9,40 * 1524 + 11,65 * 466) / (1524 + 466) = 9,92 \text{ m}$.

Moment t.g.v. verplaatsing batterij gewicht naar zwaartepunt : $1524 \text{ kN} * (9,92 - 9,40) = 792,48 \text{ kNm}$

$$\text{Gronddruk : } \sigma = F/A \pm M/W = (1524+466) / (23,30 * 4,00) \pm 792,48 / (1/6 * 4,00 * 23,30^2) =$$

$$= 21,35 \pm 2,18 \text{ kN} \rightarrow \text{Max. gronddruk : } 23,53 \text{ kN/m}^2 \text{ Min. Gronddruk } 19,17 \text{ kN/m}^2$$

Gronddruk op afstand van 4,60 m vanaf eindpunt :



$$23,30 : 4,60 = 4,36 : X \rightarrow X = 4,60 * 4,36 / 23,30 = 0,86 \text{ kN/m}^2$$

Op 4,60 meter vanaf het einde van de fundatie plaat zal een moment optreden ter grootte van

$$M = \frac{1}{2} * q * L^2 + \frac{1}{3} * L * \frac{1}{2} * q - E.G. \text{ betonplaat} =$$

$$= \frac{1}{2} * 19,17 * 4,60^2 + \frac{1}{3} * 0,86 * 4,60^2 - 4,00 * 4,60 * 0,2 * 25 * 4,60 / 2 =$$

$$= 202,82 + 6,06 - 211,60 = 2,72 \text{ kNm}$$

$$\text{Dwarskracht op 4,60 meter : } q * L = -19,17 * 4,60 - \frac{1}{2} * 0,86 * 4,60 + 4,60 * 4,00 * 0,2 * 25 =$$

$$= -88,18 - 1,98 + 92 = 1,84 \text{ kN}$$

Voor de wapening berekening van de fundatie plaat: zie volgende pagina.

Pas toe : Plaat dikte 200mm. met hoofdwapening ϕ 10-100 o/b

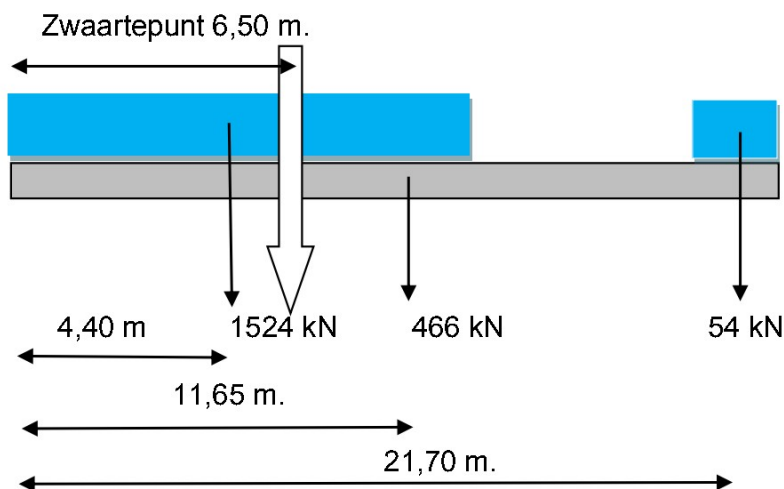
Berekening vloerwapening volgens Eurocode -2

Norm :	Eurocode 2	NL						
DOORSNEDEKRACHTEN			VLOER GEGEVENS			MATERIAALGEGEVENS		
$M_{Ed} =$	7,48	kNm	$b =$	1000	mm	Beton kwaliteit	C20/25	
$M_{qp} =$	5,75	kNm	$h =$	200	mm	Staal kwaliteit	B500	
$V_{Ed} =$	1,84	kN	$d =$	165	mm	Kruip coëff. ϕ	2,38	
HOOFDWAPENING			VERDEELWAPENING			SCHEURVORMING		
laag:	1		laag:	2		Milieuklasse:	XC4	
$\phi_1 =$	10	mm	$\phi_{av} =$	10	mm	Dekking $C_{nom} =$	30 mm	
$(h.o.h.)_1 =$	100	mm				Dekking $C_{applied} =$	30 mm	
$\phi_2 =$	0	mm	Doorlopende onderwapening			$w_{k,max\ toel.} =$	0,30 mm	
$(h.o.h.)_2 =$	0	mm	$A_{sl} =$	785	mm ²	$w_k =$	0,02 mm	
$A_{s,prov} =$	785	mm ²						
$\rho_{prov} =$	0,476	%						
CONTROLE WAPENING			CONTROLE DWARSKRACHT			CONTROLE DETAILLERING		
$\rho =$	0,064	%	$V_{Rd,c} =$	73,0	kN	min. hoh staven	37 mm	
$A_{sreq} =$	105	mm ²	$A_{sw} / s =$	0,000	mm ² / mm	max hoh staven	250 mm	
$A_{s,min} =$	215	mm ²	$V_{Rd,max} =$	4,6	kN			
$\rho_{max} =$	1,030	%	$A_{sw} / s =$	0,026	mm ² / mm			
$M_{Rd} =$	52	kNm	$V_{Rd,max} =$	546,48	kN			

3.2 Gronddruk

De maximaal optredende gronddruk tgv de betonplaat en de belasting van batterijen/ trafo is :

Eigen gewicht beton plaat : $L*B*H* \text{ s.m. beton} = (23,30 * 4,00 * 0,2) * 25 = 466 \text{ kN}$



Berekening zwaartepunt:

$$Z = (4,40 * 1524 + 11,65 * 466 + 21,70 * 54) / (1524 + 466 + 54) = 6.50 \text{ m.}$$

$$\text{Moment t.o.v. zwaartepunt : } -1524 * 2,10 + 466 * 5,15 + 54 * 15,20 = 20,30 \text{ kNm}$$

Maximum / minimum gronddruk: $\sigma = F/A \pm M/W =$

$$= [(1524 + 466 + 54) / (23,30 * 4,00)] \pm [(20,30) / (1/6 * 4,00 * 23,30^2)] =$$

$$= 21,93 \pm 0,05 \rightarrow \text{Max. } 21,98 \text{ kN/m}^2 \quad \& \quad \text{Min. } 21,88 \text{ kN/m}^2$$

Toelaatbare gronddruk ongeveer $50 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ Dus O.K.

4. CONCLUSIE

In dit document is een fundatie berekend voor een enkele fundatie plaat met vier TESLA-batterijen en een transformator. De berekening heeft aangetoond dat de fundatie voldoende stijf, sterk en dat ook de stabiliteit ruim in orde is.

Voor de berekening van de fundatie zijn twee basis belasting gevallen bekeken namelijk :

1 – D.L + W.L

Ook voor de belasting combinatie bleek de grondspanning lager te zijn dan de toelaatbare grondspanning.