



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Funderingsadvies

Nieuwbouw 56 woningen aan de Hooiweg 1 te Oude Pekela

VN-85945-1 | 29 maart 2024



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring

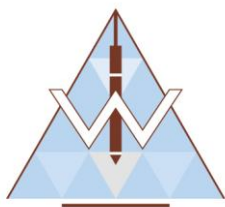


GeoICT



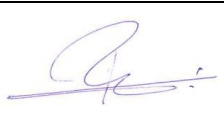
Advies

Wilt u meer informatie over één van onze diensten, kijk dan op [wiertsema.nl](https://www.wiertsema.nl)



Onderwerp: Nieuwbouw 56 woningen aan de Hooiweg 1 te Oude Pekela
Projectnummer: VN-85945-1
Opdrachtgever: Gemeente Pekela
Contactpersoon: de heer S. Yntema

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	29 maart 2024	

Opgesteld door:	Ing. J.R. de Jong
Handtekening:	
Documentnummer:	R95226
Status:	Voorlopig
Vrijgegeven door:	ing. B. Tangelder



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doel.....	4
1.2	Gehanteerde gegevens	4
1.3	Normen en richtlijnen	4
1.4	Kwaliteitswaarborging	4
2	Project	5
3	Bodemopbouw	7
3.1	Beschikbaar geotechnisch onderzoek.....	7
3.2	Maaiveldhoogte.....	7
3.3	Schematische bodemopbouw	7
3.4	Grondwaterstand.....	7
4	Funderingsadvies	8
5	Fundering	9
5.1	Belastingen	9
5.2	Uitgangspunten	9
5.3	Ontgravingsniveaus	9
5.4	Geotechnisch draagvermogen (grensdraagvermogen)	10
5.5	Zettingen.....	11
5.6	Grenstoestanden	12

Bijlagen:

- 1 Uitgebreide invoer en berekeningsresultaten – D-Foundations
- 2 Richtlijnen grondverbetering



1 Inleiding

In opdracht van de Gemeente Pekela heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een funderingsadvies uitgebracht ten behoeve van de nieuwbouw van 56 woningen aan de Hooiweg 1 te Oude Pekela.

1.1 Aanleiding en doel

In dit rapport wordt ten behoeve van de ontwerpfase, inzicht gegeven in de toelaatbare draagkracht op funderingsniveau en het bijbehorend zettingsgedrag.

Voorliggend advies is gebaseerd op het tot nu toe uitgevoerde grondonderzoek. Het geplande grondonderzoek is nog niet volledig uitgevoerd. De resultaten zoals beschreven in voorliggende rapportage kunnen op basis van het nog uit te voeren grondonderzoek wijzigen, zowel in positieve als negatieve zin. De resultaten van dat grondonderzoek kunnen mogelijk aanleiding geven tot herziening van de in dit rapport beschreven resultaten en aandachtspunten. Hiermee dient terdege rekening te worden gehouden.

Wij benadrukken dat voorliggend advies niet voorziet in gedetailleerde engineering/uitwerking van de uitvoeringswijze. Deze zijn ter keuze van de aannemer en maken derhalve geen onderdeel uit van het advies.

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het bouwplan of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten dient contact te worden opgenomen met Wiertsema & Partners, zodat de uitgangspunten en (berekenings-)resultaten zoals beschreven in voorliggend rapport hierop kunnen worden getoetst.

1.2 Gehanteerde gegevens

Het advies is opgesteld aan de hand van het door Wiertsema & Partners B.V. uitgevoerde grondonderzoek ten behoeve van onderhavig project. Het grondonderzoek is gerapporteerd in het volgende rapport:

- [1] Geotechnisch onderzoek 'Nieuwbouw 56 woningen aan de Hooiweg 1 te Oude Pekela', projectnummer VN-85945-1, documentnummer R94913, d.d. 15 maart 2024.

1.3 Normen en richtlijnen

Onderstaande normen en richtlijnen zijn van toepassing in voorliggende rapportage:

- NEN 9997+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017.

1.4 Kwaliteitswaarborging

Het funderingsadvies is opgesteld onder het kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en het milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA** en Veiligheidsladder Trede 3.



2 Project

Het project betreft de bouw van 56 woningen op een voormalig COA-terrein aan de Hooiweg 1 te Oude Pekela. Het project bevindt zich in een voorontwerp/stedenbouwkundige fase, wat inhoudt dat op het moment van schrijven van dit advies de definitieve verkaveling en aantallen woningen nog niet bekend zijn. In figuur 2.1 is de projectlocatie met de locaties van het voorlopige uitgevoerde grondonderzoek weergegeven.



Figuur 2.1: Projectlocatie en locaties grondonderzoek

In het plan zijn vooralsnog diverse typen woningen opgenomen, namelijk rijtjeswoningen, twee-onder-1-kap-woningen, rug-aan-rugwoningen en tiny houses.

Er is in dit advies vanuit gegaan dat het huidige maaiveld niet significant opgehoogd of afgegraven wordt en dat er zich geen kelders in het ontwerp bevinden. In figuur 2.2 is een impressie van het voorlopige ontwerp getoond.





Figuur 2.2: Impressie woningen (voorlopig)



3 Bodemopbouw

3.1 Beschikbaar geotechnisch onderzoek

De resultaten van het beschikbare grondonderzoek [1] zijn vastgelegd ten opzichte van NAP. Het grondonderzoek heeft bestaan uit het verrichten van:

- 10 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3 tot maximaal circa NAP -21,0 m;
- 3 handboringen uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 14688 tot 3,0 m minus maaiveld.

3.2 Maaiveldhoogte

De ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van NAP +0,11 tot +0,68 m. De hoogtebepaling van de onderzoekspunten is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw in te meten ten opzichte van NAP. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Tevens zijn de volgende onderdelen ingemeten: Put in de Hooiweg: NAP +0,78 m;

3.3 Schematische bodemopbouw

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek, waaronder metingen van de plaatselijke mantelwrijving en handboringen, is globaal de onderstaande schematische bodembeschrijving vastgesteld (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1: Schematische bodemopbouw

Diepte [m NAP]		Bodembeschrijving
maaiveld	tot 0,0 à -1,0	Humeuze/antropogene toplaag
0,0 à -1,0	tot -11,0 à -12,5	Zand, lokaal kleiig,
-11,0 à -12,5	tot -17,0 à -19,5	Afwisselend kleiige zandlagen en zandige kleilagen
-17,0 à -19,5	tot -21,0*	Zand, vast gepakt, lokaal afwezig

* Maximaal verkende diepte

3.4 Grondwaterstand

Ten tijde van het grondonderzoek is de grondwaterstand in de boorgaten van handboringen HBS001 tot en met HBS003 direct na uitvoering vastgesteld op respectievelijk NAP -0,90 m, NAP -0,85 m en NAP -0,51 m. Tevens is in de nabije omgeving het oppervlaktewater ingemeten op NAP -0,84 m.

Deze waarnemingen betroffen momentopnames en zeggen niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode. De vastgestelde grondwaterstand kan zijn verstoord door de uitgevoerde werkzaamheden. Door onder andere de weersgesteldheid en het heersende seizoen kan de grondwaterstand tevens fluctueren. De ingemeten grondwaterstand betreft een indicatie die zonder aanvullend onderzoek niet geschikt is voor welke conclusie en/of toepassing dan ook.

4 Funderingsadvies

Gezien de aangetroffen bodemopbouw en de aanwezigheid van een draagkrachtige zandlaag vanaf een niveau beneden circa NAP 0,0 à -1,0 m, wordt geadviseerd voor de nieuwbouw van de woningen een fundering op staal toe te passen. In voorliggend advies is een fundering op staal in de vorm van traditionele stroken verder uitgewerkt.

Als blijkt uit de uitgevoerde sonderingen en boringen op locatie, kenmerken de toplagen in de ondergrond zich door circa 0,5 à 1,0 meter antropogene, lokaal humeuze zandlagen. Deze zijn niet draagkrachtig genoeg om een fundering op staal op toe te passen en dienen afgegraven te worden.

Aandachtspunten:

- Er dient rekening te worden gehouden met lokaal enige grondverbetering;
- Gezien de vastgestelde actuele grondwaterstand lijkt in eerste instantie de aanleg van een bemalingssysteem niet noodzakelijk. Slechts in zeer natte perioden, eventueel in combinatie met een dieper ontgravingsniveau, kunnen aanvullende bemalingsmaatregelen aan de orde zijn.



5 Fundering

5.1 Belastingen

De exacte belastingen op de funderingselementen zijn ten tijde van opstellen van het advies nog niet bekend. In dit stadium van het project volstaat het geven van inzicht in het geotechnische draagvermogen ten behoeve van het ontwerp.

5.2 Uitgangspunten

De berekening van het grensdragvermogen is uitgevoerd met het programma D-Foundations versie 23.2. In bijlage 1 zijn de uitgebreide invoer en berekeningsresultaten opgenomen. Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het project valt in de geotechnische categorie 2;
- De toekomstige maaiveldhoogte is aangenomen op NAP +0,5 m;
- Het bouwpeil is aangenomen op circa 0,1 boven het maaiveldniveau op NAP +0,6 m;
- Aangenomen is een grondwaterstand van NAP -0,5 m;
- De onderzijde van de funderingsstrook is aangenomen op het minimale vorstvrije niveau van 0,8 m beneden het toekomstige maaiveld. Voor de onderzijde van de fundering is zodoende NAP -0,3 m aangehouden;
- Indien de mogelijkheid bestaat dat langs de fundering sleuven voor kabels en leidingen worden gegraven, moet hiervoor een diepte van 0,80 m en een breedte van 1,20 m zijn aangehouden, één en ander conform NEN 9997-1; 6.4 (1)(a);
- Voor de gronddekking is conform NEN 9997-1+C2 uitgegaan van de ongunstigste situatie. Hierbij is enerzijds rekening gehouden met een kruipruimte onder de woning en anderzijds met de ontgravingseis in het kader van kabels en leidingen. Derhalve is de gronddekking aangehouden op 0,0 m.

5.3 Ontgravingsniveaus

Om de nieuwbouw zonder significante zettingsverschillen te kunnen funderen, wordt geadviseerd de minder draagkrachtige antropogene/humeuze toplaag volledig te verwijderen tot op het schone en ongeroerde draagkrachtige bodemprofiel. In tabel 5.1 is per onderzoekslocatie het minimaal aan te houden ontgravingsniveau aangegeven.

De aanlegdiepte van de fundering moet voor de muren van bouwwerken langs de perceelgrens, behoudens die tussen woningen of gebouwen onderling, ten minste 0,80 m zijn en anders ten minste 0,60 m. De genoemde minimum aanlegdiepten houden verband met de indringing van de vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen, één en ander conform NEN 9997-1; 6.4 (6)(c).

Tabel 5.1: Minimaal vereiste ontgravingsniveaus per onderzoekslocatie

Sondering	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Minimaal vereiste ontgravingsniveau [m t.o.v. NAP]
DKM001	+0,44	-0,8
DKM002	+0,28	-0,7
DKM003	+0,11	-0,5
DKM004	+0,19	-0,4
DKM005	+0,36	-0,6
DKM006	+0,50	-0,8
DKM007	+0,68	-0,5
DKM008	+0,54	-0,3
DKM009	+0,55	-0,7
DKM010	+0,49	-0,5

Men dient er rekening mee te houden dat de sonderingen slechts plaatselijk informatie geven. Het werkelijk vereiste ontgravingniveau moet in het werk worden bepaald op basis van visuele waarnemingen. Indien plaatselijk nog humeus materiaal, vergraven grond, delen van oude bouwwerken of kabels en leidingen worden aangetroffen op de in de tabel aangegeven minimaal vereiste ontgravingniveaus, dient tot op het schone en ongeroerde zand te worden ontgraven.

Indien dieper dient te worden ontgraven dan het beoogde aanlegniveau van de funderingselementen, dient vanaf het ontgravingsniveau tot de onderkant van de fundering een goed verdicht zandpakket/grondverbetering te worden aangebracht. Om een goede spreiding van de funderingsdrukken mogelijk te maken moet de grondverbetering onder een hoek van 45° met de verticaal gerekend vanaf de rand van de stroken of poeren worden aangebracht. Dit zandpakket zal moeten worden opgebouwd met goed gegradeerd zand met een vochtpercentage van circa 10% aan te leggen in lagen van maximaal 0,3 m dikte.

De grondwaterstand dient zich tijdens de verdichtings- en funderingswerkzaamheden tenminste 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te bevinden. Voor het bouwrijp maken van de ondergrond en de wijze van aanvullen/verdichten wordt verwezen naar bijlage 2.

5.4 Geotechnisch draagvermogen (grensdragvermogen)

De maximale rekenwaarde van de draagkracht van de ondergrond is berekend conform Eurocode 7 (NEN 9997-1+C2). In tabel 5.2 is voor verschillende strookbreedtes de opneembare belasting weergegeven. Deze waarden gelden voor uitsluitend centrisc belaste stroken en voor het effectieve funderingsoppervlak van de strook.



Tabel 5.2: Opneembaar (grens)draagvermogen per strookafmeting

Strookbreedte [m]	Gronddekking m]	Toelaatbare strookbelasting [kN/m ¹]	Grensdraagvermogen [kN/m ²]
0,6	0,0	22,6	37,6
0,8	0,0	39,9	49,8
1,0	0,0	62,8	62,8
1,2	0,0	91,3	76,0
1,4	0,0	125,4	89,5
1,6	0,0	165,0	103,1
1,8	0,0	210,3	116,8
2,0	0,0	261,2	130,6

5.5 Zettingen

De voor de indicatieve zettingsberekening aangehouden bodemopbouw is bepaald aan de hand van de kleefsonderingen. De benodigde parameters zijn vervolgens op basis van ervaring ingeschat en aan de hand van NEN 9997-1; 2.4.5.2 tabel 2.b getoetst.

Uit indicatieve zettingsberekeningen blijkt dat na een goede uitvoering van de funderingswerkzaamheden, (eind)zettingen in orde van grootte van circa 5 à 10 mm worden verwacht bij een aangenomen maximale belastingverhoging op aanlegniveau van de fundering (zijnde de representatieve belasting uit de bovenbouw minus het gewicht van de ontgraven grond).

De werkelijke zetting kan afwijken van hetgeen op basis van globale gegevens is berekend. Voor een meer nauwkeurige analyse is aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek noodzakelijk en zijn meer verfijnde rekenmodellen beschikbaar. Dit valt echter buiten het kader van de aan Wiertsema & Partners verstrekte opdracht.

Overigens zal het grootste deel van de zakkingen optreden tijdens de ruwbouwfase. Gerekend moet worden met een zakkingverschil van 50% van de gemiddelde zakking tussen twee afzonderlijke op staal gefundeerde elementen.



5.6 Grenstoestanden

Voor alle uiterste grenstoestanden moet voldaan worden aan de eis:

$$V_d \leq R_d \text{ verticaal}$$

$$H_d \leq R_d \text{ horizontaal}$$

In V_d moeten zijn inbegrepen het gewicht van de fundering, het gewicht van al het aanvulmateriaal en alle gronddrukken, zowel gunstig als ongunstig.

Als eis voor de uiterste grenstoestand type B wordt over het algemeen een relatieve rotatie van maximaal 1:100 aangehouden. Voor woonfuncties en woongebouwen wordt over het algemeen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) aangehouden dat de scheefstand niet de waarde van 1: 300 mag overschrijden.

Als gevolg van mogelijke verschillen in de ondergrond en uitvoeringsonvolkomenheden moet zijn gerekend met een zakkingverschil tussen twee op staal gefundeerde elementen van ten minste 50% van de gemiddelde waarden van de zakking van de funderingselementen.

Bijlage 1

Report for D-Foundations 23.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Date of report: 21-3-2024
Time of report: 15:39:43
Report with version: 23.1.1.40340

Date of calculation: 21-3-2024
Time of calculation: 15:39:09
Calculated with version: 23.1.1.40340

File name: FOS stroken

Project identification: Nieuwbouw 56 woningen aan de Hooiweg 1
Oude Pekela
D-Foundations FOS stroken

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Shallow Foundations	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile DKM001	4
2.7 Foundation Data	4
2.8 Foundation Plan	5
2.8.1 View of Foundation Plan	5
2.9 Load Data	5
2.9.1 Vertical Loads	6
2.9.2 Horizontal Loads	6
2.10 Requirements	6
3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification	7
3.1 Errors and Warnings	7
3.2 Verification of Limit State EQU	7
3.2.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation	7
3.2.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation	7
3.3 Verification of Serviceability Limit State	7
3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State	7

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Shallow Foundations (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : Nieuwbouw 56 woningen aan de Hooiweg 1

Title 2 : Oude Pekela

Title 3 : D-Foundations FOS stroken

Number of project :

Location of project :

2.3 Application Area Model Shallow Foundations

The verifications performed by the model Shallow Foundation of D-FOUNDATIONS concern shallow foundations on which only static or quasi-static loads work. The foundation surface must be practically level and should not exceed an angle of 2.5 degrees with the horizon.

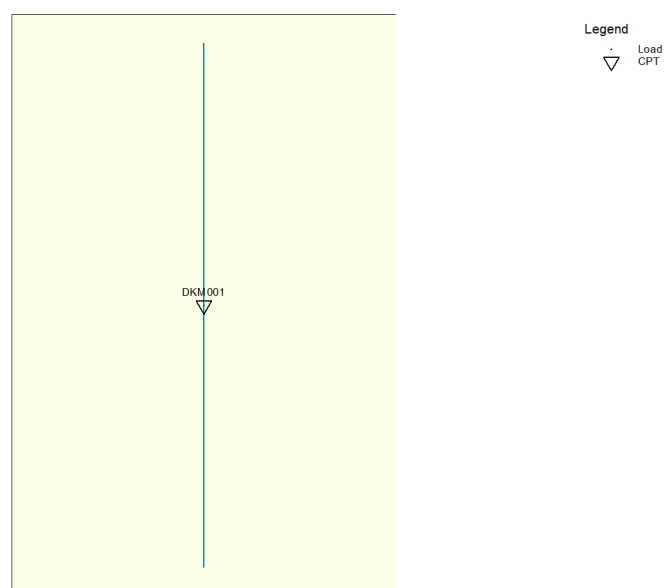
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 1

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



Name CPT	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
DKM001	0,00	0,00

2.6 Soil Data

Number of soilprofiles: 1

2.6.1 Soil Profile DKM001

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Placement depth of foundation element in [m R.L.] =

Concentration value according to Frohlich [-] =

Number of layers in profile :

DKM001

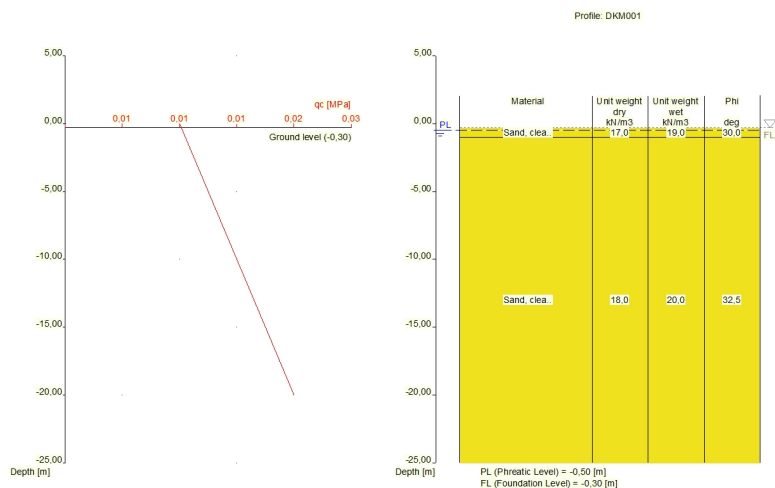
-0,30

-0,50

-0,30

3

2



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	-0,300	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2	-1,000	18,00	20,00	32,50	0,00	0,00	0,00	0,00

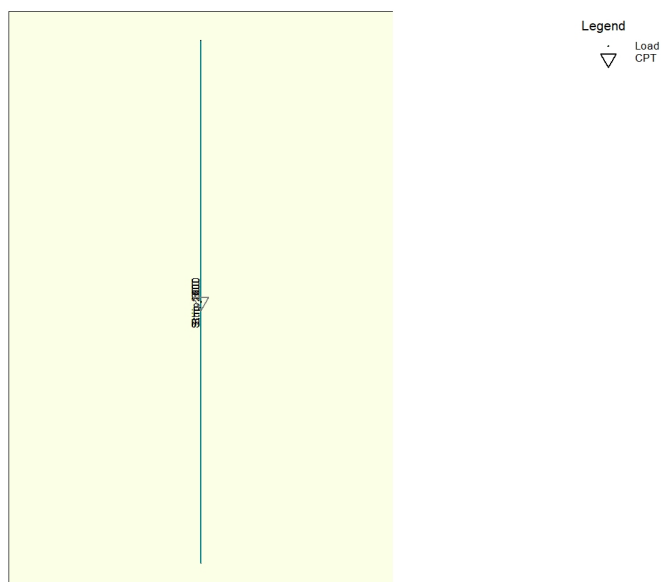
Number layer	Level top layer [m R.L.]	e ₀ [-]	Mate- rial type
1	-0,300	0,26	Sand
2	-1,000	0,26	Sand

2.7 Foundation Data

Element name	Element shape	Width [m]	Length [m]	Diameter [m]	Type
Strip 600	Strip	0,60	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 800	Strip	0,80	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 1000	Strip	1,00	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 1200	Strip	1,20	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 1400	Strip	1,40	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 1600	Strip	1,60	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 1800	Strip	1,80	n.a.	n.a.	Prefab
Strip 2000	Strip	2,00	n.a.	n.a.	Prefab

2.8 Foundation Plan

2.8.1 View of Foundation Plan



Element number/ name	Xm [m]	Ym [m]	angle [deg]	Matching type name	Matching profile name	Matching load name	Nearby slope
1: Str. 0,6m	0,00	0,00	0,00	Strip 600	DKM001 ...	Load (1)	None
2: Str. 0,8m	0,00	0,00	0,00	Strip 800	DKM001 ...	Load (1)	None
3: Str. 1,0m	0,00	0,00	0,00	Strip 1000	DKM001 ...	Load (1)	None
4: Str. 1,2m	0,00	0,00	0,00	Strip 1200	DKM001 ...	Load (1)	None
5: Str. 1,4m	0,00	0,00	0,00	Strip 1400	DKM001 ...	Load (1)	None
6: Str. 1,6m	0,00	0,00	0,00	Strip 1600	DKM001 ...	Load (1)	None
7: Str. 1,8m	0,00	0,00	0,00	Strip 1800	DKM001 ...	Load (1)	None
8: Str. 2,0m	0,00	0,00	0,00	Strip 2000	DKM001 ...	Load (1)	None

2.9 Load Data

2.9.1 Vertical Loads

Load	LS EQU/STR/GEO			SLS		
	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]
Load (1)	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00

2.9.2 Horizontal Loads

Load	LS EQU/STR/GEO		SLS		Kappa [deg]
	eH [m]	Hd [kN]	eH [m]	Hd [kN]	
Load (1)	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00

2.10 Requirements

Limit state STR/GEO

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Maximum allowed (relative) rotation : 1 / 0

Serviceability Limit State

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Maximum allowed (relative) rotation : 1 / 0

3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification

3.1 Errors and Warnings

The placement depth of the element does not comply with NEN 9997-1+C2:2017 6.4(c). This level should be at least 0.6 m below the surface level. Note: for elements placed alongside other buildings, this demand is 0.8 m.

The input does not comply with the demands of the NEN, however a calculation can be performed. The results of this calculation are at best indicative.

3.2 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

3.2.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Squeeze) [kN]	Rd (Squeeze) [kN]	Fpull [kN]	Result of verification
Str. 0,6m	NONE						
Str. 0,8m	NONE						
Str. 1,0m	NONE						
Str. 1,2m	NONE						
Str. 1,4m	NONE						
Str. 1,6m	NONE						
Str. 1,8m	NONE						
Str. 2,0m	NONE						

- the verification checks both $V_d \leq R_d$ and, if applicable, $V_d;sq \leq R_d;sq$
- $F_{pull} (0.5 * w' * c_u; d)$ is the tension force in the element per meter which should be handled by the element in case of squeeze (see art. 6.5.2.2 (s) NEN 9997-1+C2:2017).

3.2.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Punch) [kN]	Rd (Punch) [kN]	Result of verification
Str. 0,6m	Case B	1,00	22,63	0,00	0,00	PASSED
Str. 0,8m	Case B	1,00	39,92	0,00	0,00	PASSED
Str. 1,0m	Case B	1,00	62,81	0,00	0,00	PASSED
Str. 1,2m	Case B	1,00	91,30	0,00	0,00	PASSED
Str. 1,4m	Case B	1,00	125,40	0,00	0,00	PASSED
Str. 1,6m	Case B	1,00	165,07	0,00	0,00	PASSED
Str. 1,8m	Case B	1,00	210,33	0,00	0,00	PASSED
Str. 2,0m	Case B	1,00	261,22	0,00	0,00	PASSED

Note: both the situation with and without punch through are checked!

3.3 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_{eq} = 0,000$ $S_d = s1;d + s2;d$

Note: The user-defined S_{req} differs from the imposed value (0.05 m) as provided by NEN 9997-1+C2:2017.

3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
Str. 0,6m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
Str. 0,8m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED
Str. 1,0m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED
Str. 1,2m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED
Str. 1,4m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED
Str. 1,6m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED
Str. 1,8m	0,001	0,001	0,000	PASSED	PASSED
Str. 2,0m	0,000	0,001	0,000	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

The interaction model is not used. Hence a comparison at individual level of the different (types of) foundation elements is performed. Rotation is therefore not an issue.

End of Report

Bijlage 2

RICHTLIJNEN VOOR HET UITVOEREN VAN GRONDVERBETERINGEN

De grondverbetering moet bestaan uit schoon, goed gegradeerd zand. De korrelvorm speelt hierbij een belangrijke rol met betrekking tot de verdichtbaarheid en de hiervoor benodigde energie.

Voor de uitvoering van de grondverbetering zal, afhankelijk van de hieraan te stellen eisen, het te gebruiken zand moeten worden onderzocht voor wat betreft korrelverdeling, korrelvorm en verdichtbaarheid. Dit geldt zowel voor het van nature aanwezige zand als voor eventueel aan te voeren zand. Het onderzoek kan respectievelijk geschieden door middel van een zeefanalyse, een microscopisch onderzoek en een Proctor-proef of verzwaarde Proctor-proef.

Onderstaand zijn de eisen omschreven waaraan het zand moet voldoen dat wordt gebruikt voor de toepassing van een grondverbetering.

- De korrelfractie kleiner dan 63 µm zal in het algemeen niet meer mogen bedragen dan 5%. Indien minder strenge eisen worden gesteld aan de grondverbetering is een gewichtspercentage van 10% < 63 µm toelaatbaar.

- De uniformiteitscoëfficiënt = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ dient voor Nederlandse zanden minimaal 2,0 te bedragen.

Hierin zijn:

D_{10} = korreldiameter met een zeefdoorval van 10 gewichtsprocenten.

D_{60} = korreldiameter met een zeefdoorval van 60 gewichtsprocenten.

- De korrelvorm dient bij voorkeur hoekig te zijn.
- De curve watergehalte - droge dichtheid dient rond de maximum dichtheid een flauw verloop te bezitten, dit betekent dat een goede verdichting kan worden verkregen bij verschillende watergehalten.

Verdichting

- De grondverbetering dient in lagen te worden opgebouwd en te worden verdicht met trilplaat of trilwals.
- De toe te passen laagdikte is hoofdzakelijk afhankelijk van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Globaal is in de onderstaande tabel een indicatie gegeven van de toe te passen laagdikte en apparatuur.

Gewicht trilplaat [kN]	Laagdikte [m]
1 - 2	0,2
4 - 6	0,3
10 - 20	0,4
30 - 40	0,5 à 0,6

- Bij het toepassen van zware trilapparatuur dient het funderingsniveau nagetrild te worden met een lichte trilplaat, omdat een zware trilplaat de bovenste laag van circa 150 mm losschudt. Wij merken hierbij nog wel op dat voor bepaalde apparatuur de volgens fabrieksspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte daar de effectiviteit met de diepte snel afneemt en onderhoud en slijtage belangrijke gegevens zijn bij het optimaal functioneren.
- De verdichting dient per laag te worden uitgevoerd in minimaal 4 gangen, kruislings en overlappend.
- Verder zal alvorens de eerste laag aan te brengen het ontgravingsniveau moeten worden afgetrild op de bovengenoemde wijze.
- Tijdens de verdichting zal de grondwaterstand, indien deze zich niet voldoende diep onder het ontgravingsniveau bevindt, moeten worden verlaagd. Indien dit niet gebeurt zal afhankelijk van de doorlatendheid van het gebruikte c.q. aanwezige zand, de grondwaterstand en de toe te passen trilapparatuur "liquefaction" (drijfzand conditie) kunnen optreden. Globaal dient de grondwaterstand tot circa 0,5 meter beneden het ontgravingsniveau te worden verlaagd.
- De aanlegbreedte van de grondverbetering zal zodanig moeten zijn, dat een spreiding van de funderingsdrukken mogelijk is onder een hoek van 45° met de verticaal vanaf de rand van stroken en/of poeren.
- Het watergehalte van het zand dient tijdens het verdichten bij voorkeur 8 tot 15% te bedragen. Eén en ander is af te leiden uit de eventueel uitgevoerde Proctor-proef waarbij het optimale watergehalte wordt bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid energie.
- De kwaliteit van de grondverbetering dient zodanig te zijn, dat minstens een hoek van inwendige wrijving wordt bereikt die als uitgangspunt voor de berekening is gehanteerd. De waarden liggen in de regel tussen 32,5° en 35,0°.



Controle

De controle op de kwaliteit van de uitgevoerde grondverbetering kan geschieden op de onderstaande wijze:

a. Controlesonderingen.

Hierbij kan een volledig pakket grondverbeteringen worden gecontroleerd. De gemeten conusweerstand dienen hierbij als controlemiddel.

b. Handsonderingen.

De mogelijkheden hiermee zijn beperkt, zowel voor wat betreft te meten conusweerstand als diepte. Gesteld kan worden dat een verdichte zandlaag van circa 0,5 meter hiermee te controleren is, eventueel met behulp van handboor.

c. In-situ-dichtheidsbepalingen met behulp van volumesteeeringen.

De beperkingen van dit systeem zijn als onder b.

De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd met de uit de Proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. In het algemeen dient de gemeten dichtheid minimaal 95 tot 98% van de standaard Proctor-dichtheid te bedragen; waarbij:

- 95% lage eis;
- 98% normale eis; minimum voor funderingsgrondslagen met $\varphi = 32,5^\circ$ en voor de bovenlaag van aardebanen.