



Geotechnisch advies

Project 'Detail controle fundatie Trewatin waterberging Centrumplan te Nederweert'

Projectnummer 3759

Opdrachtgever Geonius Geotechniek bv / [REDACTED]

Constructeur dr [REDACTED]

Datum Gorredijk, 31 augustus 2021

Opgesteld door [REDACTED]

Collegiale check Ing [REDACTED]

Documentnr. 3759-GA-v1

Versie 2



Postadres:

Stationsweg 37
8401DL Gorredijk

Bezoekadres:

De Werf 58A
8401JE Gorredijk

Contact:

Tel: +31 513 460699
Email: info@grondgrip.nl
Web: www.grondgrip.nl

KVK: 75217147

BTW: NL8601.91.400. B01

Bank: NL33ABNA0434551139



Inhoudsopgave

1	<i>Inleiding</i>	3
1.1	Versie overzicht	3
2	<i>Projectinformatie</i>	3
3	<i>Grondonderzoek</i>	6
3.1	Onderzoeksopzet	6
4	<i>Terrein- en bodemgesteldheid</i>	7
4.1	Terreinhoogte	7
4.2	Globale bodemopbouw en gehanteerde grondparameters	7
4.3	Water	8
4.4	Sondeer- en boorprofielen	8
5	<i>Funderingsadvies</i>	9
5.1	Funderingskeuze	9
5.1.1	Funderingstype	9
5.1.2	Keuze fundering	9
6	<i>Draagvermogen fundering op staal conform NEN-9997</i>	10
6.1	Algemeen D-Foundations model	10
6.2	Rekendraagvermogen conform NEN-9997 (D-Foundations)	10
7	<i>Draagvermogen fundering op staal op basis van grondgedrag</i>	12
7.1	Algemeen Plaxis model	12
7.2	Uitgangspunten Plaxis model	12
7.3	Berekening draagvermogen Plaxis model	13
8	<i>Aanbevelingen voor de uitvoering</i>	17
8.1	Fundering op staal	17
9	<i>Slotopmerking</i>	17
Bijlage A	Grondonderzoek	18
Bijlage B	Algemene richtlijnen voor de uitvoering van fundering op staal.	19



1 Inleiding

Op 30 juli 2021 ontving GrondGrip BV te Gorredijk van Geonius Geotechniek bv te Geleen opdracht voor het opstellen van een geotechnisch advies voor het project 'Detail controle fundatie Trewatin waterberging Centrumplan te Nederweert'.

Dit rapport bevat het grondonderzoek en het geotechnisch advies, het uitgevoerde grondonderzoek is reeds eerder gerapporteerd.

1.1 Versie overzicht

Datum	versie	status	wijziging
30-08-2021	1	Ter controle	-
31-08-2021	2	Definitief	Tekstuele aanpassingen

2 Projectinformatie

Het project bestaat uit het realiseren van een ondergrondse waterberging.



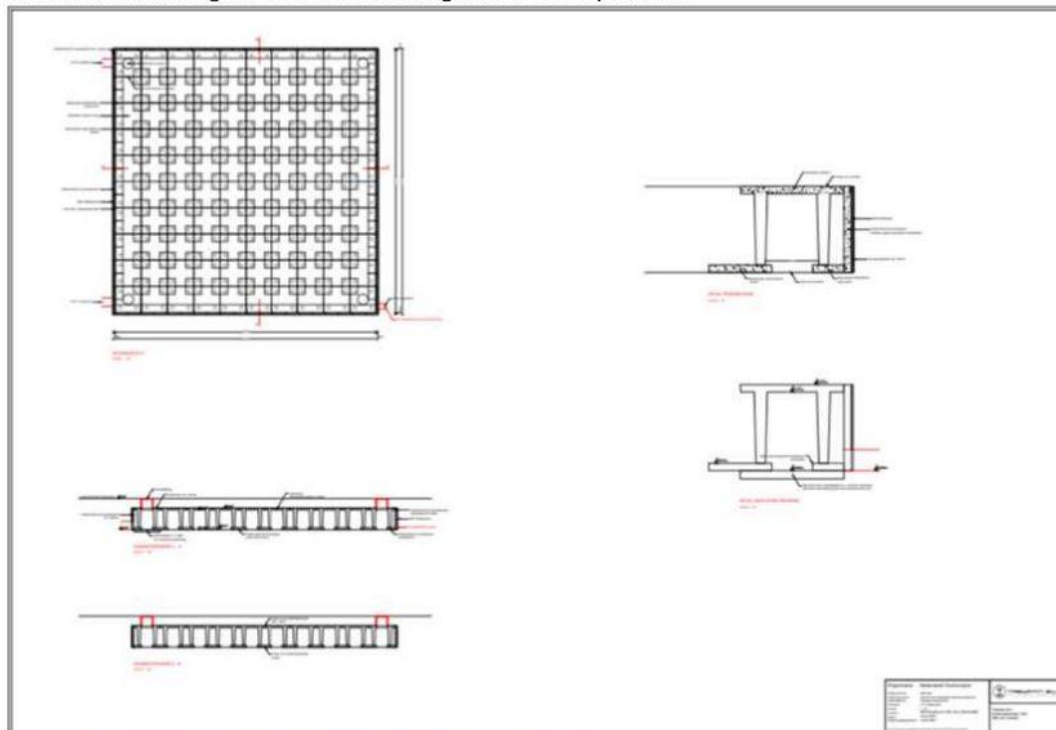
Figuur 1 Impressie waterberging (bron: website Trewatin)

De waterberging met een oppervlakte van circa 20m x 20m, wordt opgetrokken met losse betonnen tafel elementen 2,0m x 2,0m x 1,5m (l x b x h) die op poeren 1,2m x 1,2m x 0,14m (l x b x h) wordt aangelegd. De poeren worden zonder (grond)dekking aangelegd op een niveau van N.A.P. +30,0m, op een geotextiel. Om de ondergrond uit te vlakken wordt een laag van maximaal 50mm brekerszand aangebracht. Het maaiveld op de constructie wordt afgewerkt op een niveau van circa N.A.P. +32,27m.



Indien de draagkracht van de ondergrond niet toereikend wordt geacht is door opdrachtgever aangegeven dat als alternatief het aanbrengen van 0,5m puinbed onder de constructie wordt overwogen.

Zie onderstaande figuur voor een tekening van de bouwplannen.

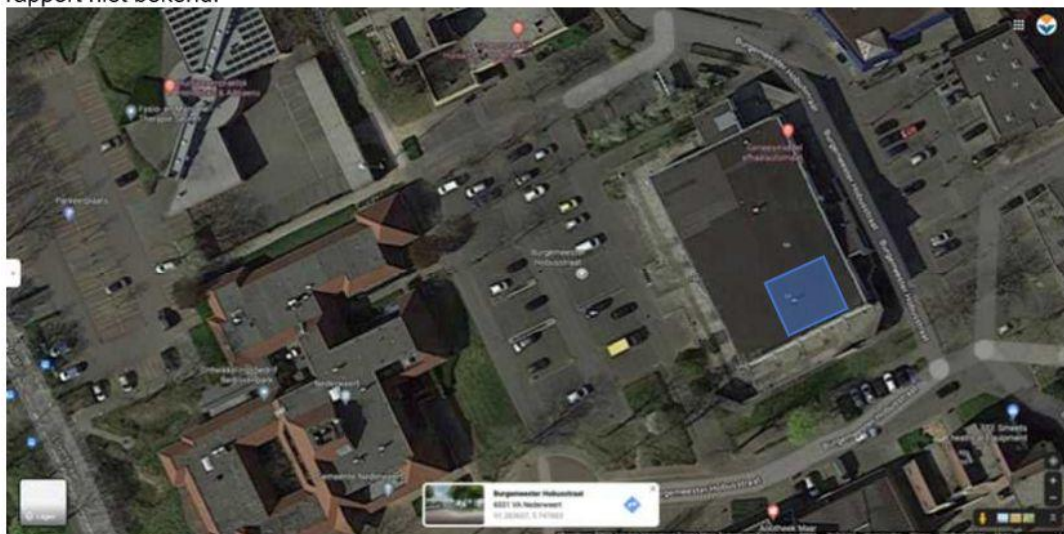


Figuur 2 Tekening bouwplan 2021-061 (bron: Trewatin)

De constructeur heeft aangegeven dat ten gevolge van de constructie en daarop tredende belastingen op de ondergrond onder de funderingselementen (1,2m x 1,2m) een maximaal optredende grondspanning van 206 kN/m² (rekenwaarde) te verwachten is (dit komt overeen met een belasting van 296,6 kN). Wanneer er geen verkeer op de constructie aanwezig is bedraagt de maximaal te verwachten optredende grondspanning 66 kN/m² (rekenwaarde).



De globale positie van de waterberging tot zijn omgeving is in onderstaande figuur weergegeven. De bouwwijze, staat en funderingswijze van belendingen zijn ten tijde van het opstellen van dit rapport niet bekend.



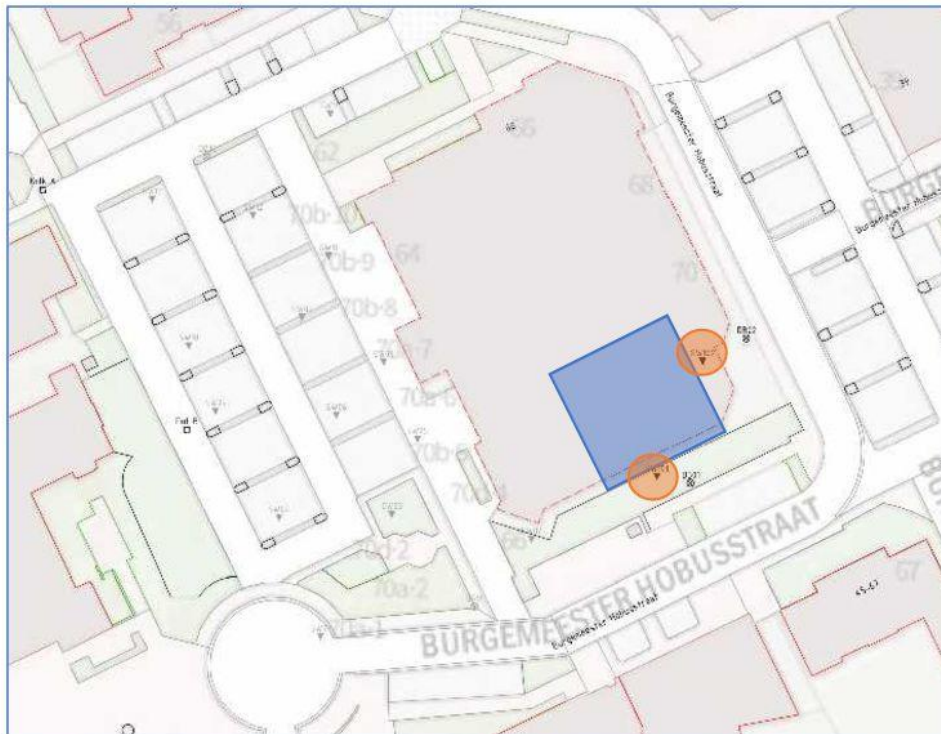
Figuur 3 Locatie nieuwbouw (bron: Google Maps)



3 Grondonderzoek

3.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek is op 29-03-2021 uitgevoerd volgens onderstaande plattegrond. Het onderzoek heeft bestaan uit 2 sonderingen en 2 handboringen. Er zijn geen grondmonsters genomen en er zijn dan ook geen gedetailleerde laboratoriumonderzoeken naar grondeigenschappen uitgevoerd.



Figuur 4 Locatie nieuwbouw (blauw gearceerd) en sonderingen (oranje gearceerd)

De rapportage van het grondonderzoek is als bijlage toegevoegd aan dit rapport.

Gezien de positie van de sonderingen in relatie tot de bouwplannen, voldoet de aard en omvang van het beschikbaar gestelde geotechnisch onderzoek aan 3.2.3 van NEN 9997-1 voor de toetsing van geotechnische constructies.



4 Terrein- en bodemgesteldheid

4.1 Terreinhoogte

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoek locaties boringen DB01 en DB02 en sonderingen 101 en 102 varieerde tussen N.A.P. +32,35 m en N.A.P. +32,14m.

4.2 Globale bodemopbouw en gehanteerde grondparameters

In onderstaande tabel is de aangetroffen bodemgesteldheid globaal omschreven:

Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	Grondsoort
Maaiveld (ca +32,25)	Zand, matig vast, siltig
+31,0	Zand, vast, siltig
+29,0	Zand, sterk siltig / Klei, sterk zandig
+28,7	Zand, matig vast, siltig
+27,0	Zand, sterk siltig / Klei, sterk zandig
+26,8	Zand, los, siltig
+26,0	Zand, vast
+24,0	Klei, zandig, matig
+23,5	Zand, vast
Maximaal verkende diepte is N.A.P. +22,0 m	

Tabel 1 Globale bodemopbouw

Voor de berekeningen zijn representatieve waarden voor de relevante grondparameters bepaald aan de hand van interpretatie van het beschikbare grondonderzoek, tabel 2.b van NEN 9997-1, en de in onze archieven beschikbare informatie. In tabel 2 zijn de in de berekeningen gehanteerde geotechnische parameters gegeven.

In onderstaande tabel is de aangetroffen bodemgesteldheid globaal omschreven:

Grondsoort	B.k. laag	q_c ; gemeten, gemiddeld	γ	γ_{sat}	φ'	c'	q_c ; tabel	$E_{100, cor}$
[-]	[m NAP]	[MPa]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[graden]	[kPa]	[MPa]	[kN/m ²]
Zand	+32,25	5,0	18	20	32,5	0	24,6	75.000
Zand	31,0	12,0	19	21	35,0	0	27,2	75.000
Zand/Klei	29,0	1,5	18	18	27,5	1	2,7	5.000
Zand	28,7	15,0	18	20	32,5	0	23,4	75.000
Zand/Klei	27,0	2,0	18	18	27,5	1	2,8	5.000
Zand	26,8	10,0	18	20	30,0	0	13,3	45.000
Zand	26,0	40,0	19	21	35,0	0	46,3	110.000
Klei	24,0	1,5	18	18	22,5	5	1,6	3.000
Zand	23,5	30,0	18	21	35,0	0	29,3	75.000

Tabel 2 Karakteristieke waarden grondparameters

Hierin is:

- γ / γ_{sat} het volumiek gewicht van resp. vochtige grond en verzadigde grond;
- φ' de effectieve hoek van inwendige wrijving;
- c' de effectieve cohesie;
- E_{100} de Youngs Modulus;

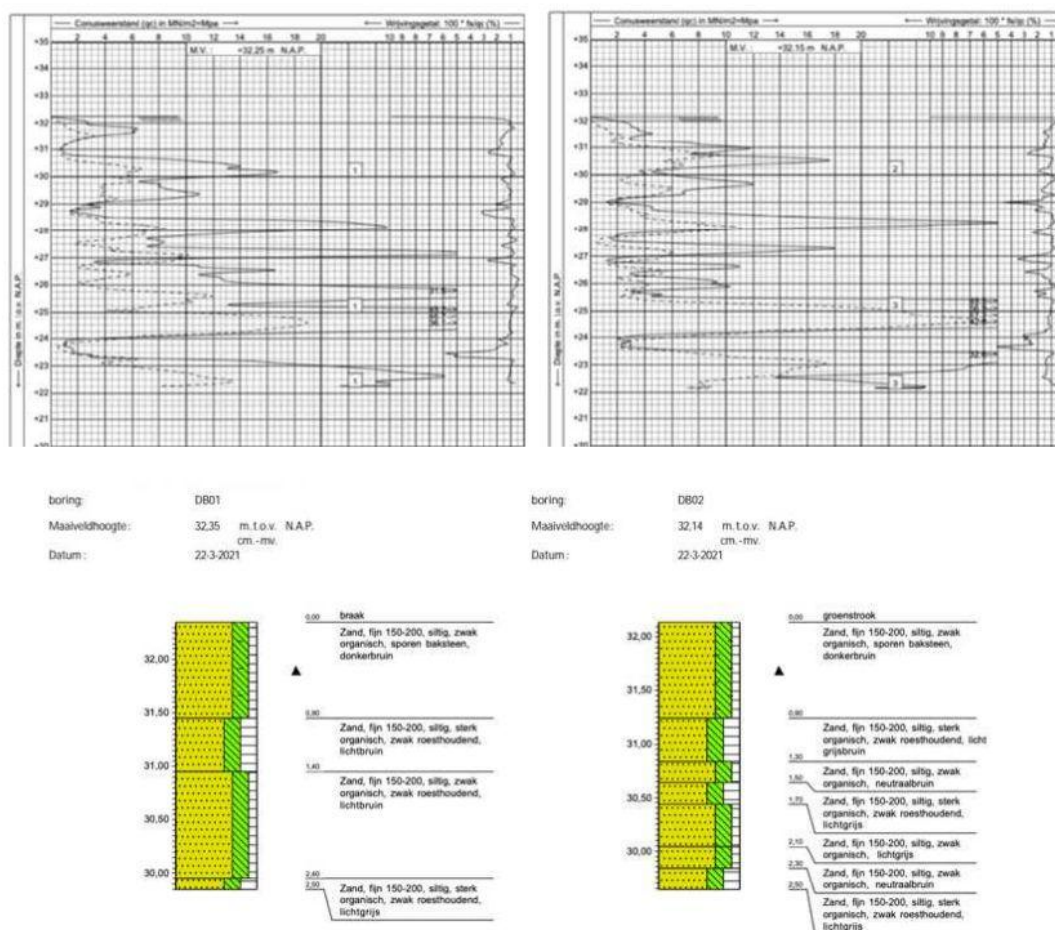
Eventueel toe te passen grondverbetering onder aanlegniveau, met een laag granulaat met een dikte van 0,5 m. Uitgaande van menggranulaat 0/31,5; $\gamma_{dry}/\gamma_{sat} = 18/20 \text{ kN/m}^3$; $\varphi' = 45^\circ$ graden; $c' = 0$; $E_{100} 200.000 \text{ kN/m}^2$.



4.3 Water

Tijdens het grondonderzoek is (ter plaatse van de boringen) geen grondwaterstand aangetroffen. Uit eigen ervaring en met behulp van Dinoloket blijkt de grondwaterstand te fluctueren tussen niveaus van N.A.P. +30,0 m en N.A.P. +29,0 m, met een gemiddelde hoge waarde van N.A.P. +29,7 m. De grondwaterstand kan aan fluctuatie onderhevig zijn onder invloed van o.a. neerslag en verdamping, seizoensinvloeden, beheersmaatregelen, open waterstanden etc.

4.4 Sondeer- en boorprofielen



Figuur 5 Beschikbare sondeer- en boorprofielen



5 Funderingsadvies

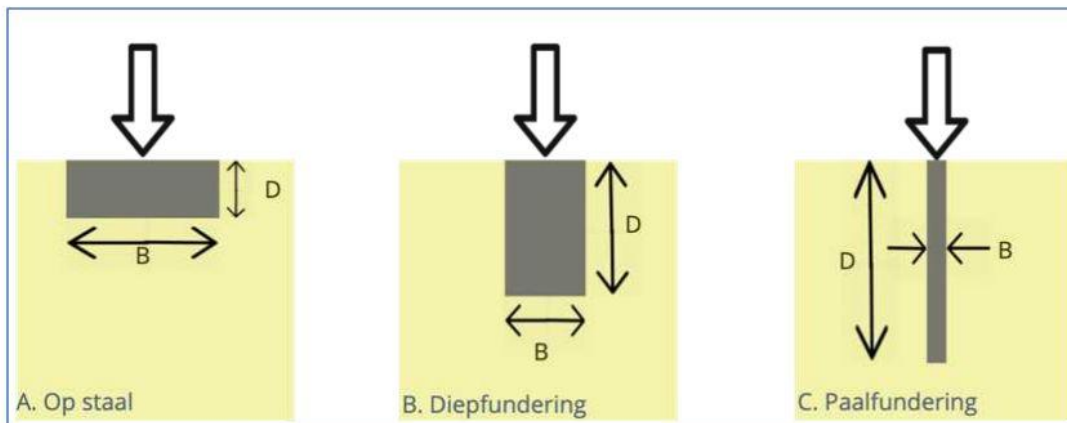
5.1 Funderingskeuze

5.1.1 Funderingstype

Er zijn 3 hoofdtypen fundering, te weten:

- A. fundering op staal; een ondiepe fundering op de vaste grond. Een fundering op staal is vaak goedkoper dan een fundering op palen, wanneer op geringe diepte goede, draagkrachtige bodemlagen aanwezig zijn. Bij samendrukbare bodem is het vaak niet goed mogelijk om een fundering op staal te realiseren, omdat de zettingen dan te groot zouden worden.
- B. diepfundering; tussenvorm palen en staal, met elementen met een diepte tussen circa 3 en $5 \times$ de breedte. Een diepfundering kan interessant zijn wanneer pas op een diepte van 2 tot 4 m een draagkrachtige bodemlaag aanwezig is en voor een normale fundering op staal te veel grondwerk zou zijn vereist.
- C. fundering op palen, bestaande uit elementen met een diepte $> 5 \times$ de breedte/diameter. Een fundering op palen wordt doorgaans toegepast in gebieden met slappe of heterogene bodem, bij uitbreiding van bestaande bebouwing (om zettingsverschillen te voorkomen) en/of bij zeer hoge funderingsbelastingen.

Een schematisch overzicht van de hoofdtypen is hieronder weergegeven.



Figuur 6 Soorten funderingen

5.1.2 Keuze fundering

Gezien het aangetroffen zandige bodemprofiel, in combinatie met de beoogde bouwplannen lijkt de toepassing van een fundering op staal in aanmerking te komen. Hierbij is voor dit project in eerste instantie uitgegaan van de toepassing van prefab betonnen poeren, met afmetingen 0,6m x 1,2 m en 1,2m x 1,2 m.

Bij het toepassen van een fundering op staal dient rekening te worden gehouden met optredende zettingen en mogelijke zettingsverschillen en het eventueel noodzakelijk aanbrengen van een grondverbetering.



6 Draagvermogen fundering op staal conform NEN-9997

6.1 Algemeen D-Foundations model

Voor het bepalen van het rekendraagvermogen van de ondergrond onder de funderingselementen is in eerste instantie een model in D-Foundations opgesteld. Het bepalen van de draagkracht van de ondergrond door middel van een dergelijk model is gebruikelijk voor op staal gefundeerde constructies die moeten voldoen aan de NEN-9997.

6.2 Rekendraagvermogen conform NEN-9997 (D-Foundations)

Ten behoeve van de fundatie zijn poeren voorzien. In onderstaande beschouwing is uitgegaan van randpoeren met afmetingen van 0,6 m x 1,2 m en middenpoeren met afmetingen van 1,2 m x 1,2 m. Hierbij is rekening gehouden met een blijvende gronddekking van 0 cm en een grondwaterstand tot aan N.A.P. +31,5 m (volledig gevulde waterberging).

De berekeningen van het verticale draagvermogen is op basis van onderstaande formules uit de NEN-9997 uitgevoerd.

$$\sigma'_{v,max;d} = c'_{gem;d} N_c s_c i_c b_c \lambda_c + \sigma'_{v,z;d} N_q s_q i_q b_q \lambda_q + \frac{1}{2} b' \gamma'_{gem;d} N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma \lambda_\gamma$$

$$R_{v;d} = \sigma'_{v,max;d} b' l'$$

Waarbij:

- $\sigma'_{v,max;d}$ rekenwaarde verticaal draagvermogen [kN/m²]
- $R_{v;d}$ rekenwaarde gedraineerde verticale draagkracht [kN]
- $c'_{gem;d}$ rekenwaarde gewogen gemiddelde cohesie [kN/m²]
- $\sigma'_{v,z;d}$ dekking aan de lage zijde [kN/m²]
- b' effectieve breedte
- l' effectieve lengte
- $\gamma'_{gem;d}$ rekenwaarde gewogen gemiddelde volumegewicht [kN/m³]
- N_c, N_q, N_γ gronddrukfactoren voor cohesie, dekking en grondgewicht [-]
- s_c, s_q, s_γ reductiefactoren voor de vorm van de fundering [-]
- i_c, i_q, i_γ reductiefactoren voor de richting van de belasting [-]
- b_c, b_q, b_γ reductiefactoren voor de hellende onderzijde van de fundering [-]
- $\lambda_c, \lambda_q, \lambda_\gamma$ reductiefactoren voor de helling van het maaiveld(dekking) [-]

De berekening van het verticale draagvermogen is in onderstaande tabel samengevat. In de berekening zijn gedraineerde situaties en ongedraineerde situaties als ook zijdelings wegpersen en pons gecontroleerd.

	Effectieve breedte	R_d [kN]	$\sigma'_{max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	0,6x1,2	40,79	56,65
	1,2x1,2	105,37	73,17

Tabel 3 Verticaal draagvermogen funderingselementen op zand zonder dekking

Om te voldoen aan de UGT dient de fundering zodanig gedimensioneerd te worden, dat de rekenwaarde voor de funderingsdruk $\sigma'_{gem;d}$ kleiner is dan of gelijk is aan de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk $\sigma'_{max;d}$. Vooralsnog wordt voor de controle uitgegaan van $V_d = 296,6$ kN voor de middenpoer met afmetingen van 1,2m x 1,2m.

De draagkracht van ondergrond onder de beoogde elementen is dan niet toereikend.



Als alternatief is tevens het toepassen van een 0,5 m dikke grondverbetering met granulaat onder de elementen beschouwd.

	Effectieve breedte	R_d [kN]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	0,6x1,2	86,99	120,81
	1,2x1,2	172,68	119,91

Tabel 4 Verticaal draagvermogen funderingselementen op 0,5m menggranulaat zonder dekking

Ook hieruit blijkt de theoretisch berekende draagkracht nog niet toereikend te zijn.

Om met deze methode voldoende rekendraagvermogen te generen, zal moeten worden gekozen om het funderingsoppervlak te vergrootten danwel om gronddekking toe te passen. In onderstaande tabellen is de draagkracht bij vergrootte funderingselementen en/of dekking (0,14 m granulaat) weergegeven, voor situaties waarbij de draagkracht voldoet.

	Effectieve breedte	R_d [kN; kN/m ¹]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	0,9x1,80	117,3	72,40
	1,80x1,80	327,7	101,14

Tabel 5 Verticaal draagvermogen funderingselementen op zand zonder dekking

	Effectieve breedte	R_d [kN; kN/m ¹]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	0,80x1,60	122,54	95,73
	1,60x1,60	313,82	122,58

Tabel 6 Verticaal draagvermogen funderingselementen op zand met dekking

	Effectieve breedte	R_d [kN; kN/m ¹]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	0,75x1,50	140,94	125,28
	1,50x1,50	298,36	132,60

Tabel 6 Verticaal draagvermogen funderingselementen op 0,5m menggranulaat zonder dekking

	Effectieve breedte	R_d [kN; kN/m ¹]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	0,7x1,4	173,28	176,81
	1,4x1,4	340,79	173,87

Tabel 8 Verticaal draagvermogen funderingselementen op 0,5m menggranulaat met gronddekking



7 Draagvermogen fundering op staal op basis van grondgedrag

7.1 Algemeen Plaxis model

In het reeds opgestelde D-Foundations model voor het bepalen van het rekendraagvermogen van de ondergrond onder de funderingselementen, kan de invloed van omliggende funderingselementen op het draagvermogen niet worden gemodelleerd. Om de eventuele invloed hiervan te bepalen en te beoordelen of de beoogde situatie voldoet, is een aanvullende analyse uitgevoerd.

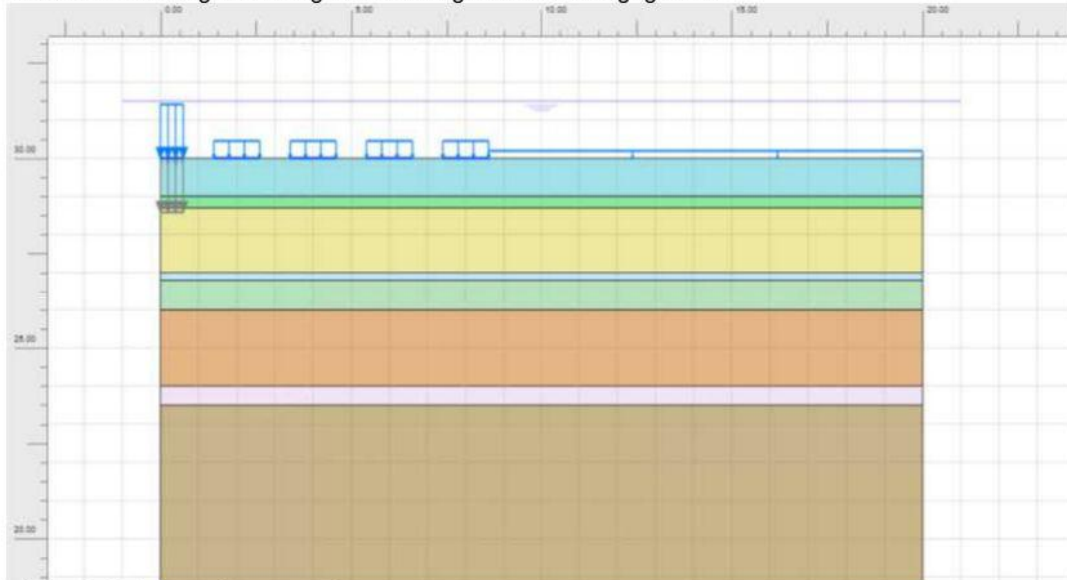
7.2 Uitgangspunten Plaxis model

Hierbij is een globaal eindige-elementenmodel gemaakt waarin is gekozen om een axiaal-symmetrisch model te nemen met de symmetrieas t.p.v. een middenpoer en een straal van 20 m.

In de analyse is uitgegaan van de beoogde poeren met afmetingen van 1,2m x 1,2m zonder gronddekking op een aanlegniveau N.A.P. +30,0m en een hart op hart afstand van 2,0m. Voor de middenpoer is uitgegaan van de maximaal optredende rekenbelasting van 206 kN/m² (incl. verkeersdruk). Voor de aangrenzende poeren is alleen rekening gehouden met de rekenbelasting ten gevolge van eigengewicht 66 kN/m². Aan de rand van het model is tevens de aanwezigheid van het grondmassief rondom de waterberging meegenomen met een effectief gewicht van 28,5 kN/m² (als bovenbelasting op het aanlegniveau van de funderingselementen).

In de analyse is uitgegaan van een grondwaterstand tot N.A.P. +31,5 m, maatgevende situatie waarbij de waterberging volledig is gevuld, en de ondergrond eveneens volledig is verzadigd.

In onderstaande figuur is de gehanteerde geometrie weergegeven:



Figuur 6 Gehanteerde geometrie



7.3 Berekening draagvermogen Plaxis model

Voor het bepalen van het maximaal opneembare draagvermogens is vooreerst uitgegaan van een opgelegde vervorming van 0,05 m (conform NEN-9997). In het model is gerekend voor de grondlagen met grondparameters op basis van Mohr-Coulomb model, en gedraineerd grondgedrag. Er is vooreerst geen rekening gehouden met een voor-belastingsgeschiedenis van de ondergrond in OCR-waarde en/of POP-waarde, hetgeen in dit geval naar verwachting een worst-case benadering is.

De berekening van het verticale draagvermogen (bij maximale vervorming van 0,05 m) is in onderstaande tabel samengevat.

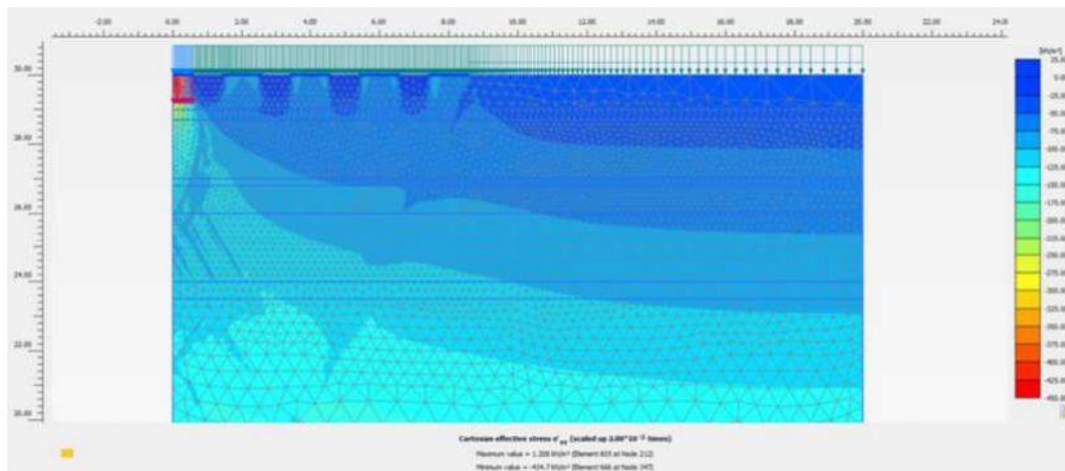
	Effectieve breedte	R_d [kN]	$\sigma'_{\max;d}$ [kN/m ²]
Poeren	1,2x1,2	354	245,8

Tabel 9 Verticaal draagvermogen funderingselementen zonder dekking, obv Plaxis model

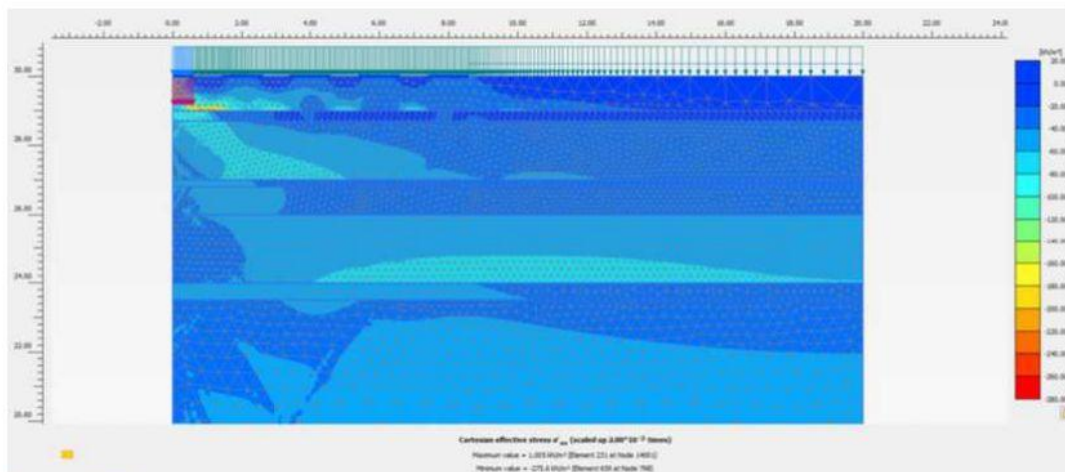
Om te voldoen aan de UGT dient de fundering zodanig gedimensioneerd te worden, dat de rekenwaarde voor de funderingsdruk $\sigma'_{\text{gem};d}$ kleiner is dan of gelijk is aan de rekenwaarde van de maximale funderingsdruk $\sigma'_{\max;d}$. Vooralsnog wordt voor de controle uitgegaan van $V_d = 296,6$ kN voor de middenpoer met afmetingen van 1,2m x 1,2m. De draagkracht van de ondergrond ($R_d = 354$ kN) onder de beoogde elementen is dan toereikend ($R_d > V_d$).



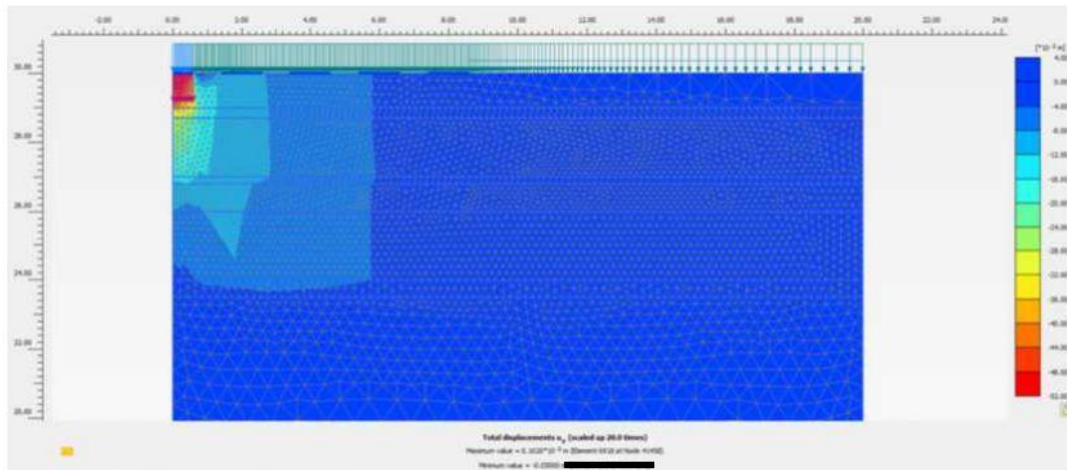
In onderstaande figuren zijn de berekende effectieve spanningen en de berekende vervormingen weergegeven.



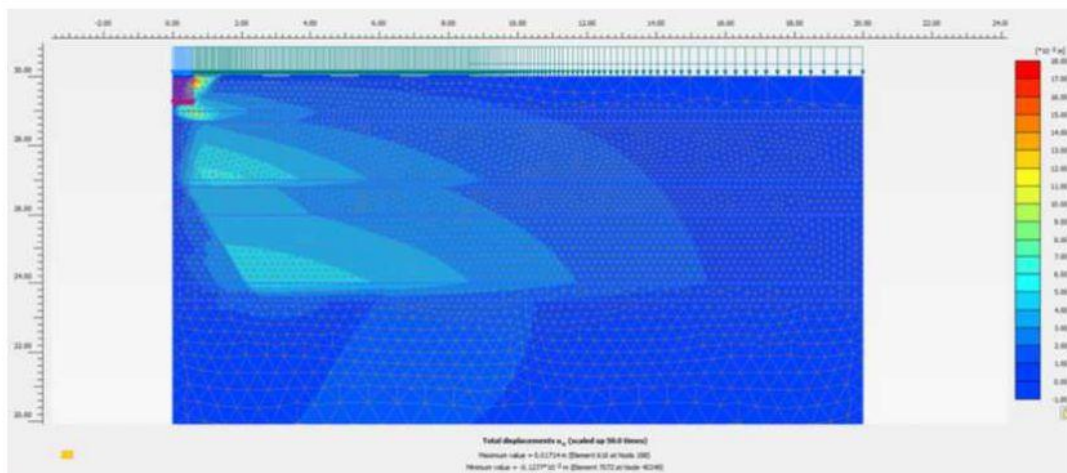
Figuur 7 Effectieve verticale spanningen



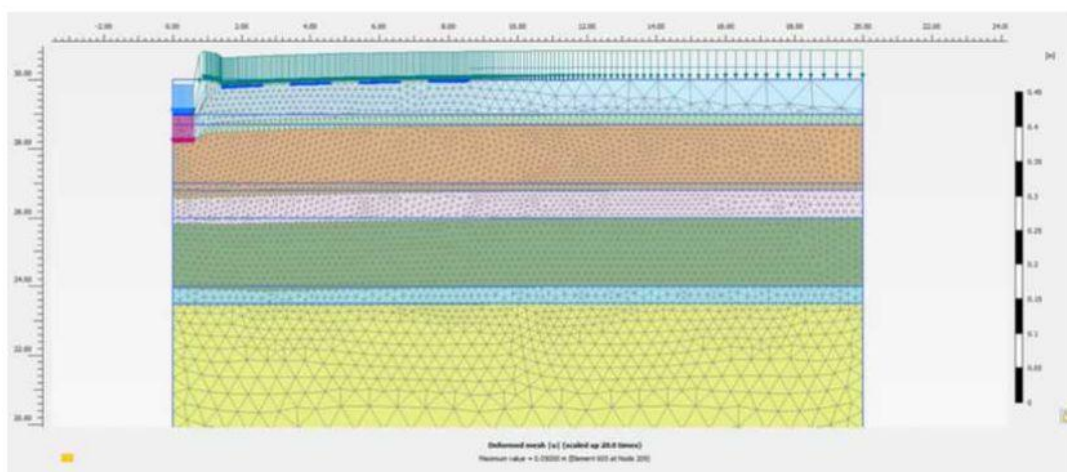
Figuur 8 Effectieve horizontale spanningen



Figuur 9 Verticale vervormingen



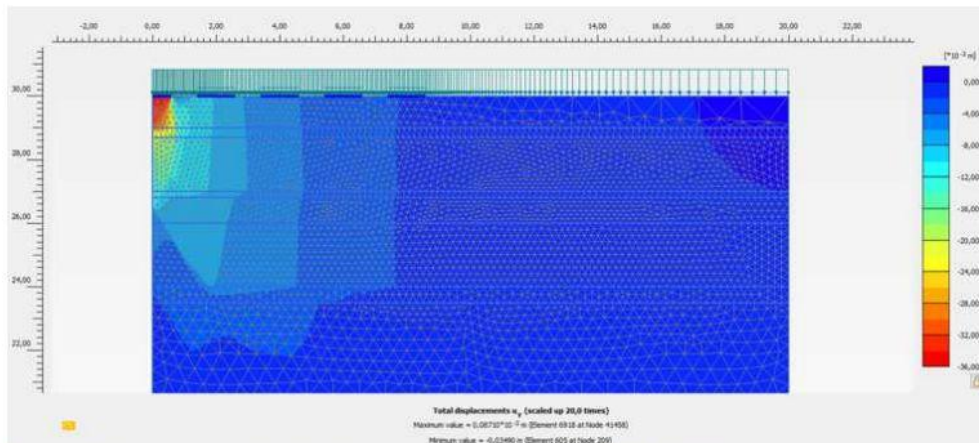
Figuur 10 Horizontale vervormingen



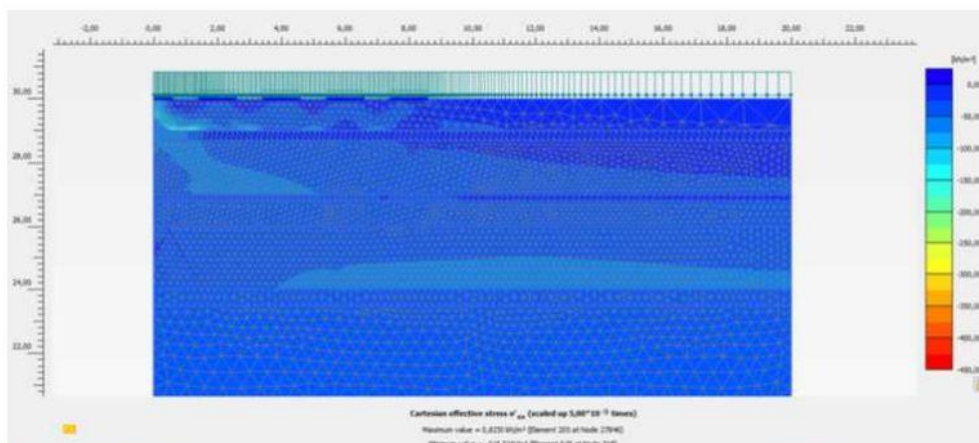
Figuur 11 Vervormde situatie bij maximale belasting



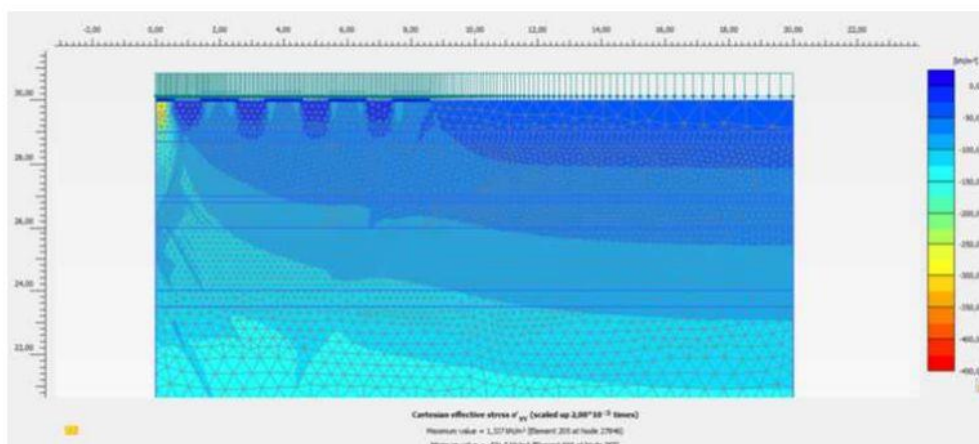
In onderstaande figuren zijn de berekende vervormingen en effectieve spanningen weergegeven op basis van een maximaal belaste (206 kN/m^2) midden poer en licht belaste naastgelegen poeren (66 kN/m^2).



Figuur 12 Vervormde situatie bij rekenwaarde belasting (206 kN/m^2)



Figuur 13 Effectieve horizontale spanningen bij rekenwaarde belasting (206 kN/m^2)



Figuur 14 Effectieve verticale spanningen rekenwaarde belasting (206 kN/m^2)



8 Aanbevelingen voor de uitvoering

8.1 Fundering op staal

De ontgravingsniveaus dienen nauwgezet te worden geïnspecteerd op geroerde en/of verweekte zones. In geval van twijfel omtrent het aan te houden niveau kunt u contact opnemen met ons bureau.

Een grondverbetering dient te bestaan uit goed gegradeerd zand dat laagsgewijs wordt verdicht. 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 funderingselementen worden aangebracht. De breedte van de grondverbetering dient ten minste 4b' te bedragen. Voor materiaalkeuze en aanbevelingen ten behoeve van de uitvoering van de grondverbetering wordt verwezen naar de bijlage "Richtlijnen Grondverbetering".

Op het ontgravingsniveau voor de fundering kan siltig materiaal worden aangetroffen. Over het algemeen is dergelijk materiaal sterk gevoelig voor verweking. Een dergelijke verweking dient tijdens de uitvoering voorkomen te worden door het zo nodig afdekken van de ontgravingsniveaus en het zo spoedig mogelijk storten van werkvloeren en fundamenteën.

Aanbevolen wordt om voor aanvang van het grondwerk de actuele grondwaterstand te controleren. Afhankelijk van nader te bepalen ontgravingniveau en constructief aanlegniveau kan tijdens de uitvoering eventueel een bemaling noodzakelijk zijn. Omtrent de inrichting van deze bemaling kunnen wij u desgewenst nader adviseren.

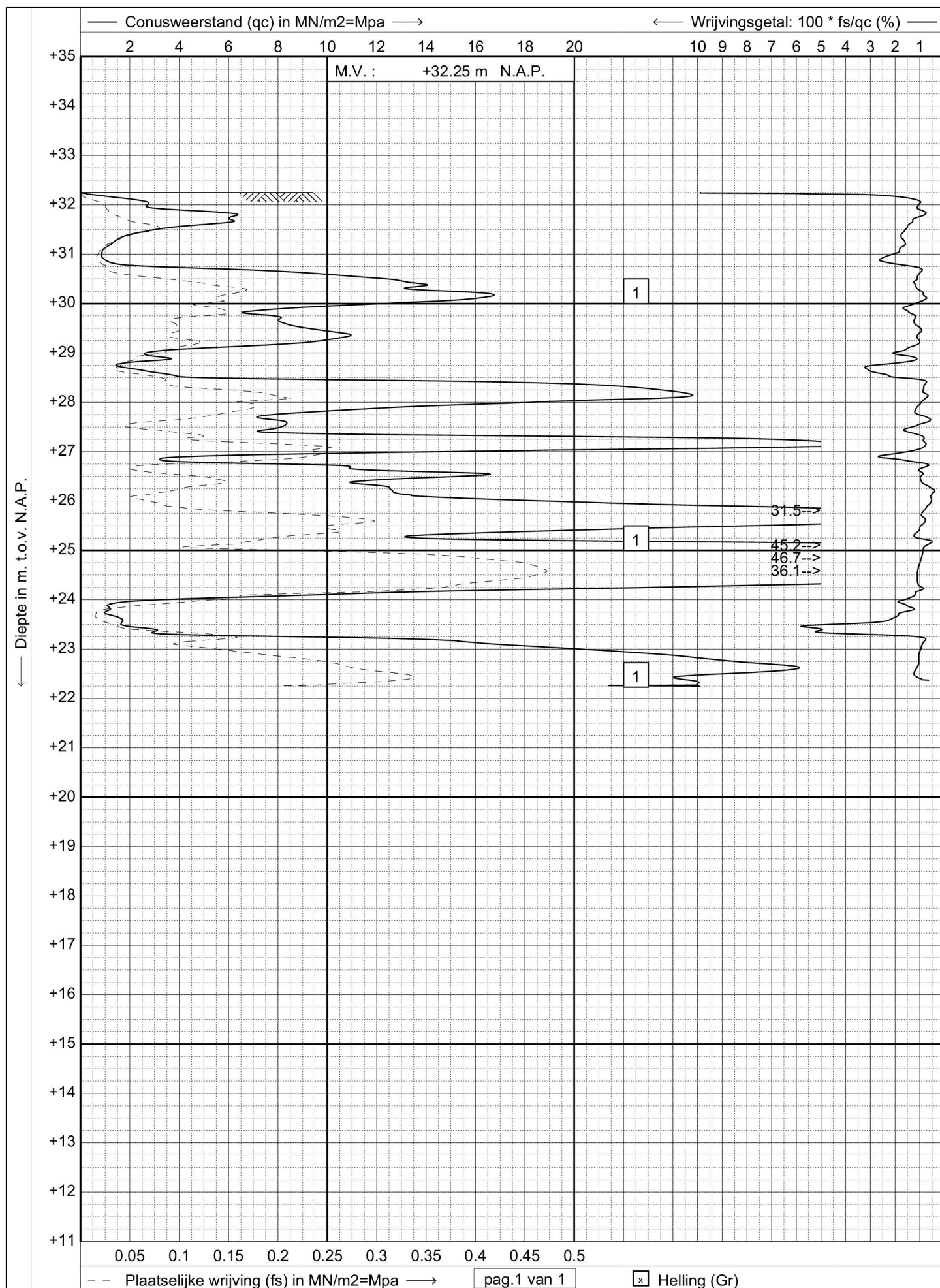
Tijdens het realiseren van de benodigde ontgravingen voor de fundering dient ruim aandacht besteed te worden aan de stabiliteit van eventueel aanwezige belendende en op een hoger niveau gelegen funderingen. Desgewenst kunnen wij u hieromtrent nader adviseren.

9 Slotopmerking

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het beschreven bouwplan of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij u contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen.



Bijlage A Grondonderzoek



GEONIUS

www.geonius.nl
E-mail: info@geonius.nl
Tel.: 088-1300600
Fax.: 088-1300669

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2

Project : Aanvullend onderzoek

Locatie : Burgemeester Hobusstraat 64 Nederweert

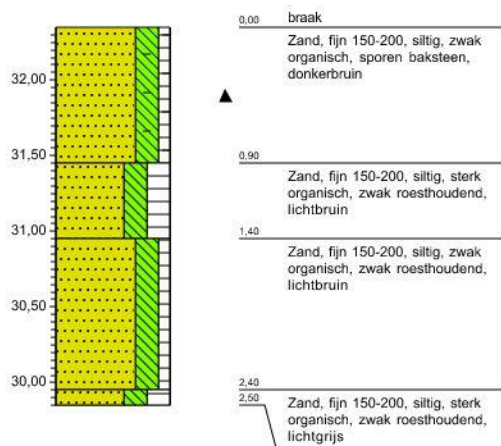
Datum : 29-03-2021

Conus : S15-CFI.1805

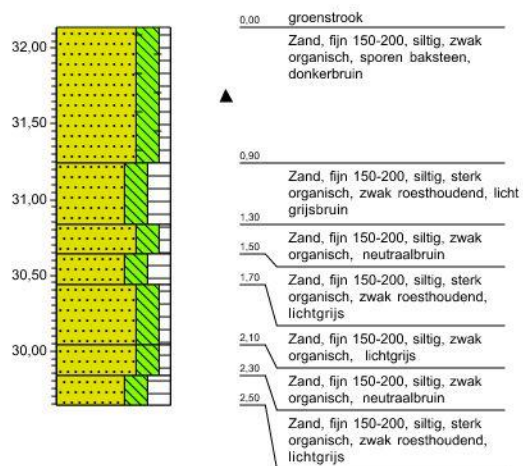
Opdracht : GC180385

Sondering : 101

boring: DB01
 Maaiveldhoogte: 32,35 m.t.o.v. N.A.P.
 Datum: 22-3-2021



boring: DB02
 Maaiveldhoogte: 32,14 m.t.o.v. N.A.P.
 Datum: 22-3-2021





Bijlage B Algemene richtlijnen voor de uitvoering van fundering op staal.

Voor aanvang van de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen moeten de navolgende zaken bekend of gecontroleerd te zijn:

- ▽ Voldoet de uitvoering aan de gestelde uitgangspunten van het rapport zoals bodemopbouw en grondwaterniveau, ontgravingdiepte, aanlegniveau en afmetingen fundering.
- ▽ De locaties waar sonderingen(en boringen) zijn gemaakt in relatie tot het funderingsplan.
- ▽ De maaiveldhoogten ter plaatse van de te maken fundering.
- ▽ De maaiveldhoogten ter plaatse van de sondeer(- en boor)locaties.
- ▽ Het funderingsplan met de afmetingen en aanlegniveaus van de funderingselementen.

Grondwater/bemaling

Tijdens de uitvoering van de graafwerkzaamheden moet het grondwaterniveau zo nodig worden verlaagd, zodanig dat de bodem van de put droog is en de grondwaterstand zich beneden de invloedssfeer van de verdichtingapparatuur bevindt. Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingapparatuur, een drijfzand situatie ontstaan. Eén en ander heeft tot gevolg dat verdichting onmogelijk wordt. Over het algemeen zal een verlaging van het grondwaterniveau met hulp van een bemaling tot 0,5 m onder de putbodem het gewenste resultaat opleveren. De grondwaterspiegel mag niet méér worden verlaagd dan voor een goede uitvoering van de graafwerkzaamheden noodzakelijk is, dit vanwege ongunstige invloeden op de omgeving. Ook de bemalingsduur moet om dezelfde redenen zoveel mogelijk worden beperkt. In voorkomende gevallen is het mogelijk een kwalitatief goede grondverbetering te realiseren door optimale afstemming van ontgravingdiepte, laagdikte, grondwaterniveau en verrichtingsapparatuur. Ter controle van de stijghoogte van het grondwater kan worden overwogen vooraf één of meer peilbuizen te plaatsen.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieuaspecten mede met betrekking tot aan en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Belendingen

Nagegaan moet worden of de noodzakelijke ontgravingen zonder risico voor de belendingen kunnen worden uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Ontgraving

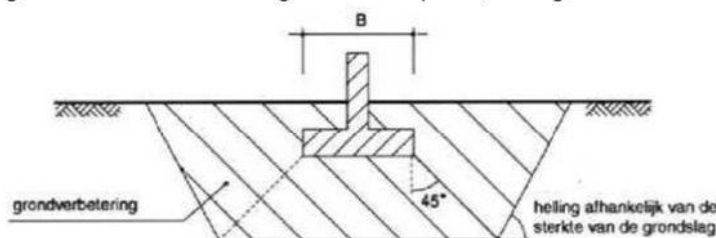
Bij afwezigheid van invloed van belendingen, ondergrondse kabels en leidingen kunnen de ontgravingen met een beperkte diepte worden uitgevoerd onder een talud van ca. 1 : 1. Hierbij is verondersteld dat langs de insteek van het talud geen zwaar materieel wordt geplaatst of zware materialen worden opgeslagen. Voor meer informatie wordt verwezen naar publicatieblad P no. 25 Putten en Sleuven van de Arbeidsinspectie. Voor elk bouwdeel moet het graafwerk worden begonnen bij de sondering, waar het diepste ontgravingniveau is geadviseerd. Op deze wijze kunnen in het werk aan de hand van de aangetroffen grondlagen de overgangen naar minder diepe ontgravingniveaus worden vastgesteld. Deze overgangen moeten geleidelijk of trapsgewijs worden uitgevoerd in samenhang met de laagdikten van de grondverbetering. Nadat de geadviseerde ontgravingniveaus zijn bereikt, moet bij een staalfundering met een handsondeerapparaat worden gecontroleerd of zich direct onder dit niveau nog samendrukbare



laagjes bevinden die niet bij de sondering zijn aangetroffen. Deze controle moet vooral tussen de sonderingen (en boringen) intensief worden uitgevoerd. Worden dergelijke laagjes aangetroffen dan dienen deze laagjes, tenzij anders in het rapport is aangegeven, verder te worden verwijderd en vervangen door een grondverbetering.

De bodem van de ontgraving moet een zodanige breedte hebben, dat deze buiten het spanningsspreidingsgebied van de fundering ligt.

Tenzij in het rapport anders is vermeld moet de grondverbetering ten minste worden aangebracht binnen een gebied waarin de belasting onder 45° spreidt, zie Figuur.



Het ontgravingvlak moet worden verdicht wanneer dat tijdens de graafwerkzaamheden is verstoord. Dit is alleen mogelijk wanneer zich onder het ontgravingniveau niet cohesieve grond bevindt. Indien de grondslag (bodem van de put of sleuf) uit niet-cohesief materiaal bestaat zoals zand of grind (met een laag leemgehalte) dient de bodem te worden verdicht met een trilplaat. De mate van de verdichting dient te worden gecontroleerd, bijvoorbeeld met een handsondeerapparaat. Daarbij geldt als criterium dat de conusweerstand minimaal evenredig met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op 0,1 m en 5 MPa op 0,3 m diepte. Hierna kan de werkvloer voor de fundering worden gestort of bij een ontgravingniveau beneden het aanlegniveau de eerste laag van de grondverbetering worden aangebracht. Indien de staalfundering direct op vaste klei- (bijvoorbeeld op potklei); leem- of löss-afzettingen wordt aangelegd en geen grondverbetering is geadviseerd dient de laatste 0,1 m voorzichtig te worden afgeschaafd, zodat de klei; leem of löss beneden het ontgravingniveau niet wordt geroerd. Om vervolgens verweking van de grondslag door neerslag te voorkomen moet zo snel mogelijk na ontgraven op de bodem van de ontgraving een bescherm laag (bijvoorbeeld zand) van ten minste 0,1 m worden aangebracht. Cohesief materiaal zoals klei; leem en löss kan namelijk niet of nauwelijks worden verdicht.

Zandaanvulling grondverbetering

Indien het geadviseerde ontgravingniveau lager ligt dan het aanlegniveau van de fundering moet een grondverbetering worden toegepast tot de onderkant van de fundering, en in het geval dat de vloeren op staal worden gefundeerd tot onderkant vloer.

Voor de uitvoering dienen de volgende richtlijnen te worden gevolgd:

Het aanvulmateriaal moet laagsgewijs worden aangebracht en mechanisch worden verdicht door middel van trilapparatuur. De laagdikte moet zijn afgestemd op de verdichting apparatuur. Het is niet toegestaan een grondverbetering uit te voeren, waarbij aanplempen of inwateren van zand wordt toegepast.

De laagdikte dient tijdens het verdichten bij voorkeur hooguit 0,3 m te bedragen.

Bij voorkeur zal een grondverbetering tot een iets hoger peil (ca. 0,1 m) moeten worden uitgevoerd dan het aanlegniveau van de fundering, waarna de overhoogte voorzichtig weer wordt verwijderd.

De aanvullingen van de bouwput rondom kelders en/of verdiepte funderingen moeten als grondverbetering worden uitgevoerd indien deze aanvulling binnen de invloedssfeer van een hoger gelegen bestaande of aan te brengen fundering ligt.



Kwaliteitseisen zand grondverbetering

Indien als aanvulmateriaal zand wordt gebruikt, dan moet dit aan de volgende eigenschappen voldoen:

- ▽ de korrelfractie kleiner dan 0,016 mm dient lager te zijn dan 5 gewichtsprocenten.
- ▽ de korrelfractie kleiner dan 0,063 mm dient lager te zijn dan 10 gewichtsprocenten.
- ▽ de gelijkmatigheid coëfficiënt D60/D10 moet tenminste 2 zijn. D60 = zeefopening met een doorval van 60 gewichtsprocenten. D10 = zeefopening met een doorval van 10 gewichtsprocenten;
- ▽ het humusgehalte (gloeiverlies) mag ten hoogste 3 gewichtsprocenten bedragen;
- ▽ de korrelvorm dient bij voorkeur enigszins hoekig te zijn;
- ▽ over het algemeen wordt een goede verdichting verkregen bij een vochtpercentage van ongeveer 6 á 12%. Indien het materiaal óf te nat óf te droog is wordt zelden de vereiste verdichting verkregen.
- ▽ middels proctor-proeven kan het optimale watergehalte van het materiaal worden bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid toegevoegde energie.

Indien zand wordt toegepast dat niet geheel aan voorgenoemde eisen voldoet dan kan, ten koste van meer verdichting energie en/of mogelijke vertraging bij ongunstige weersomstandigheden, soms toch nog het gewenste resultaat worden bereikt. In plaats van zand kunnen ook andere korrelige materialen worden toegepast zoals stolgrind, puingranulaat en dergelijke. Hierbij geldt echter een gelijkmatigheid coëfficiënt D60/D10 van tenminste 3.

Verdichting

Het verdichten van de zandaanvulling moet laagsgewijs, zoveel mogelijk in kruislings gerichte gangen, worden uitgevoerd (minimaal 4 gangen). Ter indicatie zijn in onderstaande tabel gegevens verstrekt ten behoeve van de aan te wenden verdichting apparatuur. Eén en ander dient te worden afgestemd op de kwaliteit van het zand en het te verdichten oppervlak.

Opgemerkt wordt dat de in de fabriek specificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte, noch garantie biedt voor het verkrijgen van voldoende verdichting op het diepste niveau. Aangezien het effect van de trilapparatuur zeer snel met de diepte afneemt, moet bij een grotere laagdikte rekening worden gehouden met forse toename van het aantal benodigde gangen. De effectiviteit en daarmee het aantal benodigde gangen is ook afhankelijk van het onderhoud en de slijtage van de apparatuur. Wanneer zware trilapparatuur wordt gebruikt, moet op het funderingsniveau nagetrild worden met een lichte trilplaat omdat een zware trilplaat of trilwals de bovenste circa 15 cm niet verdicht maar juist losschudt.

Controle verdichting

Controle op de kwaliteit van de aangebrachte grondverbeteringen kan geschieden op de volgende wijze:

- ▽ verkenning met het visiteerijzer. Hiermee kan meteen na het aanbrengen van een laag een indruk worden verkregen van de bovenste verdichting van deze laag.
- ▽ mechanische (lichte)slagsonderingen. Hierbij kan het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- ▽ sonderingen (CPT NEN 5140). Indien de aangebrachte grondverbetering berijdbaar is voor een sondeertruck kan op deze wijze het volledige aangebrachte pakket achteraf worden gecontroleerd.
- ▽ handsonderingen. Vanwege de beperkte penetratie mogelijkheden kan hiermee een pakket van maximaal 50 cm diepte worden gecontroleerd. In combinatie met voorboren is deze diepe enigszins te vergroten.
- ▽ In-situ-dichtheidsbepalingen. Met volumesteeekringen worden monsters genomen waarvan de dichtheid wordt bepaald. Ook nucleaire dichtheidsmetingen kunnen worden gebruikt.

Stijfheid eigenschappen op aanlegniveau van de fundering kunnen worden gecontroleerd door middel van plaatdruk- en CBR-proeven.

**Eisen aangebrachte grondverbetering**

Voor kwaliteitsbeoordeling van de aangebrachte grondverbeteringen worden in het algemeen de volgende kwalitatieve maatstaven gehanteerd:

- ▽ De indringing van een visiteerijzer met een doorsnede van 8 mm mag niet meer dan 10 à 15 cm bedragen.
- ▽ De conusweerstand moeten tot een diepte van ca 0,5 m gelijkmatig toenemen tot ca. 5 MPa. Hieronder moeten de conusweerstand een waarde bereiken van ca 10 MPa op 1 m diepte. Bij hoge funderingsdrukken en vervorming gevoeligheid van het bouwwerk dienen hogere waarden te worden aangehouden.
- ▽ De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd aan de uit de proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. De gemeten dichtheid dient minimaal 95 à 98 % van de standaard (maximale) proctor- dichtheid te bedragen.