

Hockeyvelden Spoorzicht aan de Harmonielaan te Diemen Geotechnisch advies



Stantec



Hockeyvelden Spoorzicht aan
de Harmonielaan te Diemen
Geotechnisch advies

In opdracht van:
Gemeente Diemen

Opgesteld door:
Adriaan Veer

Projectnummer:
M18A0316

Documentnaam:
m18a0316.r03

Datum:
18 oktober 2018

Versie	Vrijgegeven door	Paraaf	Datum
m18a0316.r03	Eline Heemskerk		18 oktober 2018

Postadres
Postbus 270
2600 AG DELFT
T 015 7511600

Bezoekadres
Poortweg 4
2612 PA DELFT
www.stantec.com

KVK Haaglanden 27 18 43 23
BNP Paribas 22 76 53 920
IBAN NL75BNPA0227653920 BIC BNPANL2A
Stantec B.V. is ISO9001:2015, 14001:2015 en VCA* gecertificeerd

Inhoudsopgave

1.0 Inleiding	4
2.0 Gegevens en uitgangspunten	5
2.1 Huidige situatie	5
2.2 Kabels en leidingen	5
2.3 Bodemopbouw	6
2.4 Water	8
2.5 Restzettingseis	10
2.6 Toekomstige situatie	9
2.7 Planning	10
2.8 Verticale drainage	10
3.0 Zettingsberekeningen	12
3.1 Algemeen	12
3.2 Een jaar voorbelasten	14
3.3 Twee jaar voorbelasten	16
3.4 Invloed op K&L en verharding	19
4.0 Monitoring	20
5.0 Detaillering	21

1.0 INLEIDING

Op de locatie Spoorzicht, ten westen van de Harmonielaan worden mogelijk nieuwe hockeyvelden aangelegd. Een overzicht van het plangebied is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 1: Overzicht plangebied (Bron: Google Earth).

Het huidige maaiveld ligt aanzienlijk lager dan de toekomstige hoogte. Stantec is gevraagd een voorbelast- en ophoogadvies uit te brengen. Het doel van de geadviseerde maatregelen is het beperken van de restzettingen van de toekomstige constructie.

Leeswijzer

De relevante gegevens en uitgangspunten van de beschouwingen zijn gepresenteerd in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 bevat een omschrijving van de zettingsberekeningen en de resultaten en conclusie van de berekeningen. In de hoofdstukken 4 en 5 wordt ingegaan op de benodigde monitoring van de zettingen en enkele uitvoeringsaanbevelingen.

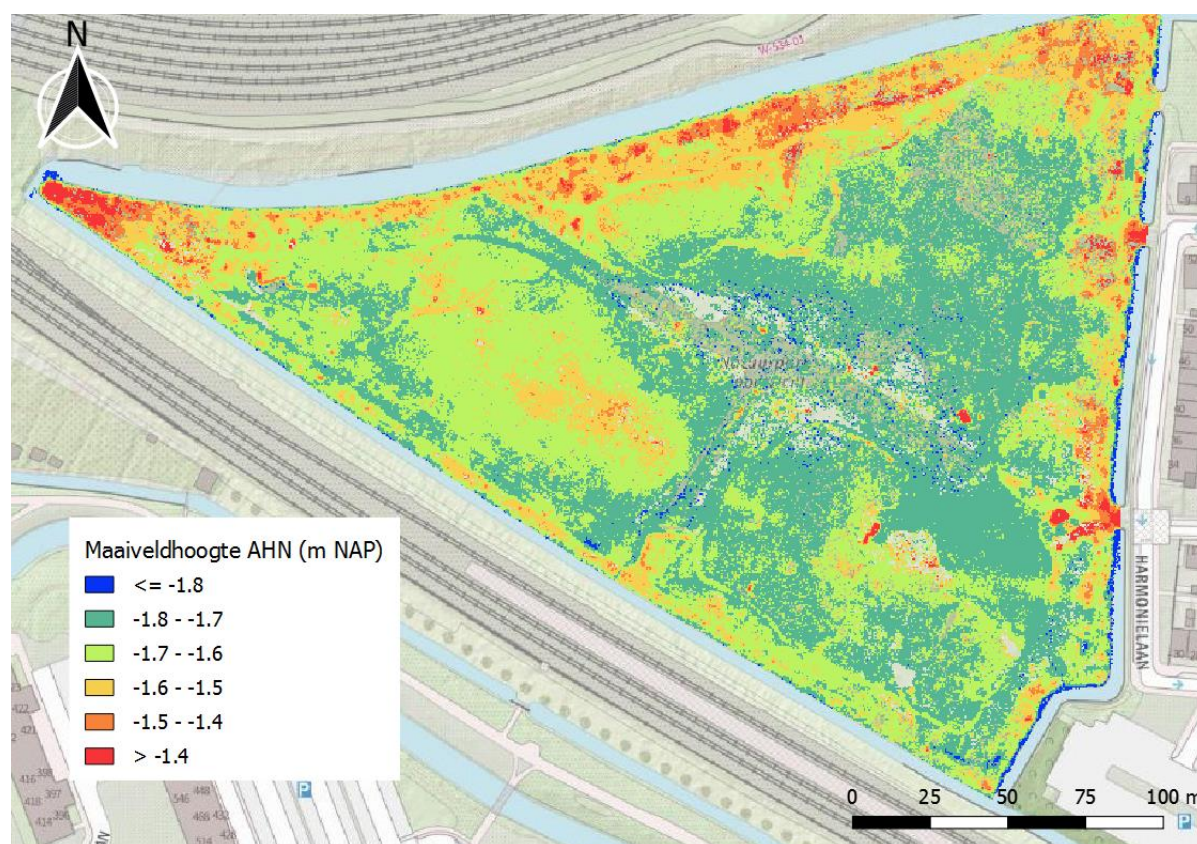
2.0 GEGEVENS EN UITGANGSPUNTEN

De in de berekeningen gehanteerde uitgangspunten zijn in de volgende paragrafen nader toegelicht. De uitgangspunten zijn bepaald op basis van de door de opdrachtgever ter beschikking gestelde documenten, het door Stantec uitgevoerde veldwerk en openbaar beschikbare gegevens.

2.1 HUIDIGE SITUATIE

Huidige hoogtes

De huidige hoogte van het projectgebied ligt tussen circa NAP-1,80 m en NAP-1,50 m.



Figuur 2: Maaiveldhoogtes op basis van AHN3.

Bij de berekeningen is uitgegaan van het maatgevende maaiveld van NAP-1,80 m.

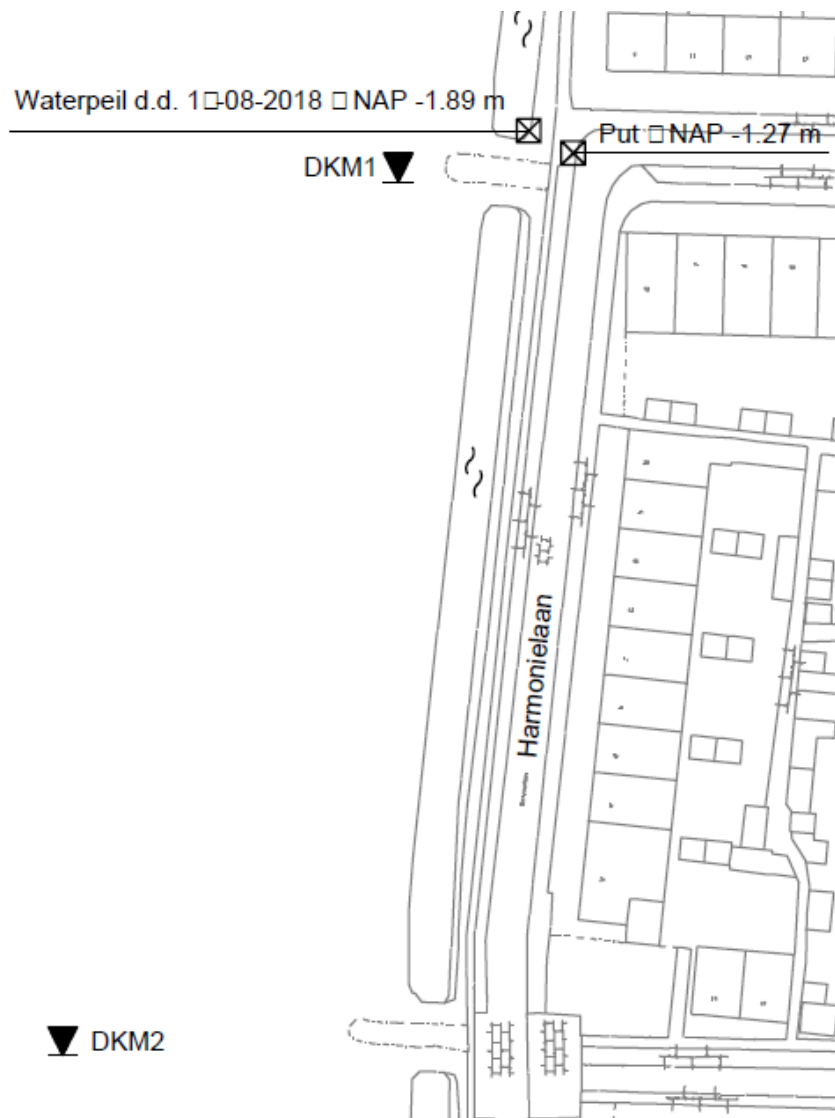
2.2 KABELS EN LEIDINGEN

Eventueel binnen het plangebied aanwezige kabels en leiding zijn niet in de beschouwingen betrokken omdat ervan wordt uitgegaan dat het gebied voor de aanvang van de werkzaamheden functievrij wordt gemaakt.

2.3 BODEMOPBOUW

Sonderingen

In augustus 2018 zijn in het gebied ten westen van de Harmonielaan door Fugro twee sonderingen uitgevoerd. De situatietekening is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 3: Situatietekening sonderingen

evaluatie van de voorbelasting die bij Muiderstraatweg blok C1 heeft gelegen (MWH rapport m16a0324.r01 van 15 november 2016) en ervaring. Voor de belangrijkste parameters is uitgegaan van het gemiddelde van de als vrij conservatief beschouwde parameters uit de Eurocode en de parameters die met de modelfit zijn bepaald. Vanwege de grote invloed die de ondiepe veenlaag op de zettingen heeft, is voor deze laag uitgegaan van parameters conform de Eurocode.

Tabel 1: Geschematiseerde bodemopbouw

Niveau (m t.o.v. NAP)	Classificatie	Vol. gewicht (kN/m ³)	C' _p	C' _s	C _v (m ² /s)
-1,8 tot -2,7	Zand	17 / 19	200	>>	Gedraineerd
-2,7 tot -5,8	Veen, matig voorbelast	12	7,5	30	3,2 • 10 ⁻⁷
-5,8 tot -7,0	Klei, schoon, slap	14	8,5	100	0,8 • 10 ⁻⁷
-7,0 tot -9,0	Klei, sterk zandig	20	25	320	0,8 • 10 ⁻⁷
-9,0 tot -10,5	Klei, organisch, matig	15	10	40	1,6 • 10 ⁻⁷
-10,5 tot -15,0	Zand, matig gepakt	20	600	>>	Gedraineerd
-15,0 tot -17,7	Klei, zwak zandig, vast	20	30	400	0,8 • 10 ⁻⁷
-17,7 tot -19,0	Zand, los gepakt	19	200	>>	Gedraineerd
-19,0 tot -28,0	Klei, schoon, vast	18	25	320	0,8 • 10 ⁻⁷
vanaf -28,0	Zand, vast gepakt	21	1.000	>>	Gedraineerd

Als gevolg van de eerdere ophogingen is het de verwachting dat de grensspanningen in de ondiepe klei- en veenlagen momenteel vergelijkbaar zijn met de actuele korrelspanning. Er is niet gerekend met een aanvullende POP (Pre Overburden Pressure) of een OCR (Over Consolidation Ratio). Dit is een veilige aanname.

Voor de samendrukbare lagen boven de zandlaag van het eerste watervoerend pakket (WVP1; tussen NAP-10,5 m en NAP-15,0 m) resulteren de gekozen c_v waarden in een effectieve hydrodynamische periode van circa zes jaar. Voor de kleilaag onder deze zandlaag is dit circa twintig jaar. Deze perioden komen overeen met de waarden die met de empirische formules in CUR162 'Construeren met grond' worden berekend.

Voor zand als ophoogmateriaal is uitgegaan van een volumegewicht van 18 kN/m³ (droog) en 20 kN/m³ (verzadigd). Indien met grond wordt opgehoogd, kan worden uitgegaan van een volumegewicht van 15 à 16 kN/m³ en dient de ophoging dus 15 à 20% hoger te zijn.

2.4 WATER

Open water

Het streefpeil in de polder is NAP-1,90 m. Het peil van de watergang langs de Harmonielaan is bij de uitvoering van de sonderingen eenmalig gemeten en stond toen op NAP-1,89 m.

Freatisch grondwater

In het model is uitgegaan van een freatische grondwaterstand op NAP-1,90 m.

Eerste watervoerend pakket

De isohypsen van het eerste watervoerend pakket op 28 april 1995 zijn weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 5: Isohypsen van het eerste watervoerend pakket op 28 april 1995 nabij de projectlocatie.

De in Regis gepresenteerde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is circa NAP-2,20 m. Deze hoogte is in het model opgenomen. Het niet hydrostatische verloop van de waterspanningen wordt vereffend in de veen- en kleilagen.

De invloed van de stijghoogte in de diepere lagen heeft een verwaarloosbare invloed op de resultaten van de berekeningen. In deze lagen is uitgegaan van een stijghoogte van NAP-2,20 m.

2.5 TOEKOMSTIGE SITUATIE

Toekomstige hoogtes

Aan het eind van de technische levensduur van de velden van 20 jaar moet het maaiveld op ten minste 0,70 m boven het polderpeil liggen; dus op NAP-1,20 m of hoger.

De aanleghoogte wordt mede bepaald door de grootte van de te verwachten zetting die na de aanleg wordt verwacht. In paragraaf 2.6 wordt hier nader op ingegaan.

Constructie

Het definitieve ontwerp van de opbouw van de sportvelden is nog niet bekend. Om het toekomstige ontwerp niet te belemmeren is bij de berekeningen uitgegaan van een opbouw die volledig uit zand bestaat. De minimale constructiehoogte is 0,50 m. Onder deze constructie wordt een zandbed met een dikte van ten minste nog eens 0,50 m geadviseerd.

Indien de begroeiing en de laag met organisch materiaal die op de zandlaag wordt verwacht wordt verwijderd voordat de voorbelasting van zand wordt aangebracht, is het aannemelijk dat na de zettingen die tijdens de periode van voorbelasten optreden de dikte van het zandbed ruim voldoende is.

2.6 RESTZETTINGSEIS

Bij dit project is geen sprake van een specifieke eis aan de grootte van de restzettingen. Vanuit het toekomstige gebruik als hockeyvelden zijn twee functionele eisen van belang:

- Aan het eind van de technische levensduur van de velden van 20 jaar moet het maaiveld op ten minste 0,70 m boven het polderpeil liggen; dus op NAP-1,20 m of hoger.
- De vlakheidseis is 5 mm; incidenteel 7 mm. Vooralsnog wordt deze eis gezien als dat er een voldoende stabiele ondergrond ontstaat zonder grote verschilzettingen. De afstand waarover de vlakheid wordt gemeten is nog niet vastgesteld.

Omdat de zetting die tussen 20 en 30 jaar wordt verwacht niet meer dan enkele centimeters bedraagt, wordt in het ontwerp uitgegaan van de zetting en hoogte na 30 jaar; de gebruikelijke periode bij tijdsafhankelijke zettingsberekeningen.

Om het hoogteverschil tussen de op palen gefundeerde panden en de buitenruimte te beperken worden de zettingen na aanleg ook getoetst aan de in Diemen gebruikelijke eis van een restzetting van maximaal 0,20 m in 30 jaar. Door het beperken van de grootte van de restzettingen worden ook de verschilzettingen, die vanwege variaties in huidig maaiveldniveau en bodemopbouw over een afstand van bijvoorbeeld 10 m à 20 m kunnen optreden, beperkt.

Omdat er nog geen inrichtingsplan beschikbaar is, moet het volledige plangebied op deze eisen worden voorbereid.

2.7 PLANNING

De gemeente heeft gevraagd om de maatregelen te ontwerpen voor zowel een periode van voorbelasten van 12 als 24 maanden.

2.8 VERTICALE DRAINAGE

Door toepassing van verticale drains nemen de wateroverspanningen sneller af en treden de zettingen versneld op zodat een kortere periode van voorbelasten mogelijk wordt.

Gezien de beperkte periode van voorbelasten wordt uitgegaan van de toepassing van verticale drains. Hierbij wordt uitgegaan van een puntniveau van NAP-9,0 m zodat enerzijds de meest samendrukbare lagen sneller ontwateren en anderzijds de kans op kortsluiting met het eerste watervoerend pakket wordt beperkt. Omdat de stijghoogte in het 1^e WVP lager is dan het polderpeil is er geen risico op het ontstaan van wellen.

De minimaal benodigde hart-op-hart (h.o.h.) afstand is afhankelijk van de voor het voorbelasten beschikbare periode en volgt uit ontwerpkeuzes en de berekeningen die in hoofdstuk 3 worden toegelicht.

3.0 ZETTINGSBEREKENINGEN

3.1 ALGEMEEN

Theorie zettingen

Het optreden van zettingen in cohesieve, slecht doorlatende lagen is een tijdsafhankelijk proces. Door het aanbrengen van een belasting op deze lagen ontstaan wateroverspanningen in de poriën. Deze wateroverspanningen nemen in de loop van de tijd af doordat water uit de lagen wordt geperst. Omdat het volume aan poriënwater in de grond afneemt, treden zettingen op. Dit proces wordt het primaire zettingsproces genoemd.

De snelheid van dit proces is afhankelijk van de doorlatendheid van de grond en de dikte van de samendrukbare lagen. De tijd die benodigd is voor het afstromen van 99,4% van het overspannen water wordt de hydrodynamische periode genoemd.

Naast primaire zettingen treden ook secundaire zettingen op. Dit proces is te beschouwen als een langdurend kruipproces en verloopt evenredig met het logaritme van de tijd na het aanbrengen van de belasting.

Voor zettingsberekeningen wordt er in Nederland van uitgegaan dat zettingen na 10.000 dagen (circa 30 jaar) volledig zijn opgetreden. De totale zetting na 10.000 dagen wordt de eindzetting genoemd. De grootte van de eindzetting, de hydrodynamische periode in relatie tot de periode van voorbelasten en het aandeel van de secundaire zettingen bepalen de grootte van de restzettingen.

Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma D-Settlement van Deltares, waarbij gebruik is gemaakt van de methode Koppejan en het consolidatiemodel van Darcy. Het tijd-zettingverloop is hierbij afhankelijk van de grootte van de oorspronkelijke korrelspanningen en de toename hiervan, de primaire en secundaire samendrukkingsconstanten, de doorlatendheid en diktes van de diverse lagen.

Vanwege de grootte van de zettingen is gebruik gemaakt van de optie 'natural strain'. De voorbelasting is ingevoerd als een belasting waarbij de spreiding van de spanningen in de ondergrond wordt gesimuleerd overeenkomstig de theorie van Boussinesq.

Indicatieve berekeningen

In eerste instantie is nagegaan of zonder voorbelasting aan de eisen kan worden voldaan. Gezien de grootte van de te verwachten zettingen van meer dan 1,0 m is dit geen reële optie.

Extra overhoogte

De benodigde extra overhoogte en daarmee het niveau van de bovenkant van de voorbelasting volgt uit een iteratieve berekening. In de volgende paragrafen wordt het ontwerp van de voorbelasting met extra overhoogte en de optionele toepassing van verticale drainage toegelicht.

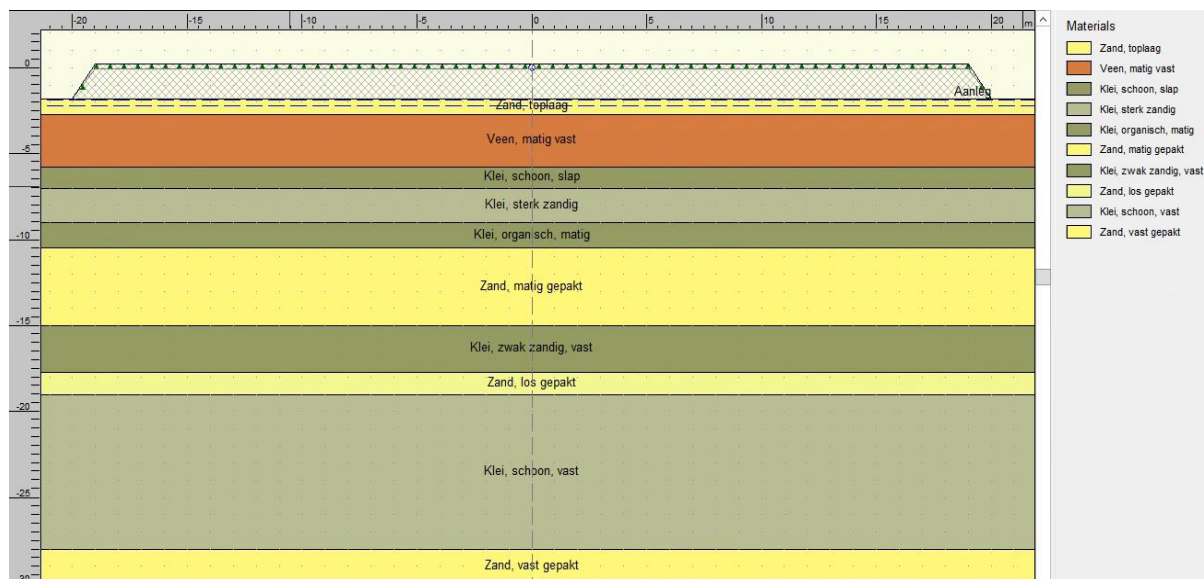
Verticale drainage

Om het overspannen poriënwater effectiever te laten afstromen kan verticale drainage worden toegepast. Voor het puntniveau van de verticale drains is uitgegaan van NAP-9,0 m. De benodigde hart op hart afstand wordt door middel van de berekeningen bepaald. Uitgangspunt hierbij is dat aan het eind van de periode van voorbelasten de wateroverspanningen in de ondiepe veen- en kleilagen tot vrijwel nul zijn gereduceerd.

Ontwerpkeuze

Gezien de zettingsgevoelige ondergrond is er bij het ontwerp van de voorbelasting van uitgegaan dat de spanningen bij het bouwrijp maken niet mogen toenemen. Hiermee wordt voorkomen dat een nieuw zettingsproces in gang wordt gezet.

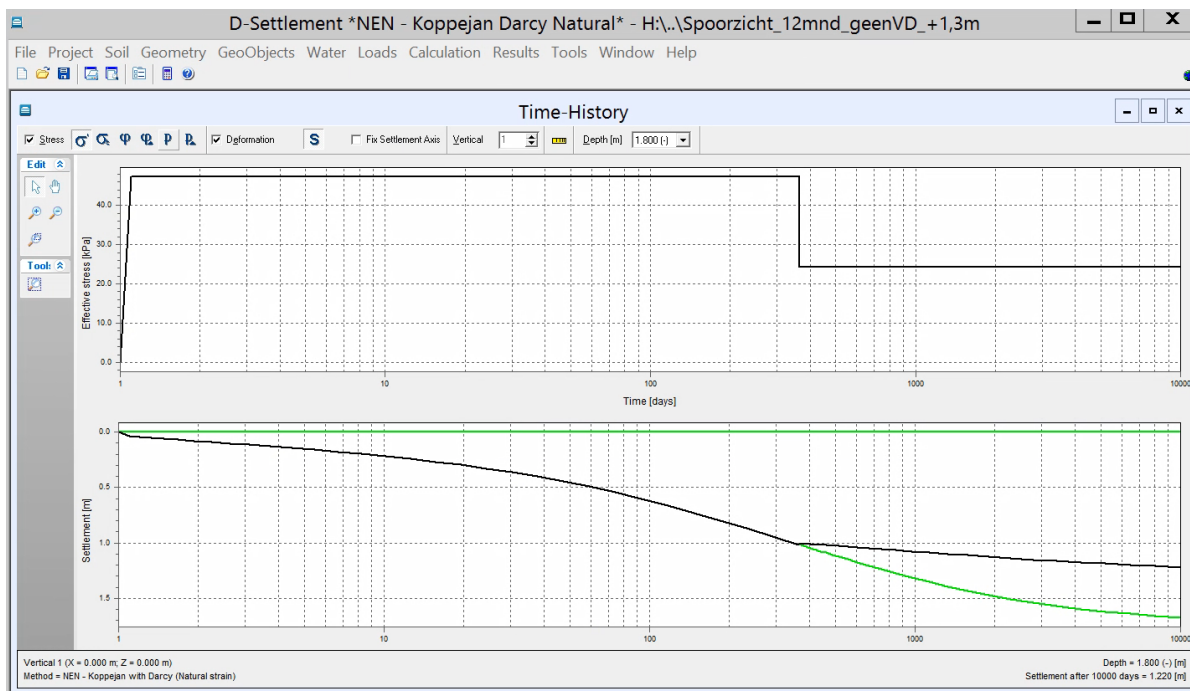
Model



Figuur 6: Zettingsmodel met de voorbelasting.

3.2 EEN JAAR VOORBELASTEN ZONDER VERTICALE DRAINS

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP+1,3 m wordt aangebracht. De laagdikte bedraagt 3,1 m. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 7: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP+1,30 m.

Na de periode van voorbelasten van een jaar is een zetting van circa 1,02 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP+0,28 m. Indien wordt gekozen voor een aanlegniveau van NAP-1,00 m, kan 1,28 m zand worden verwijderd. De spanningen nemen hierdoor met circa 23 kN/m^2 ($1,28 \text{ m} * 18 \text{ kN/m}^3$) af.

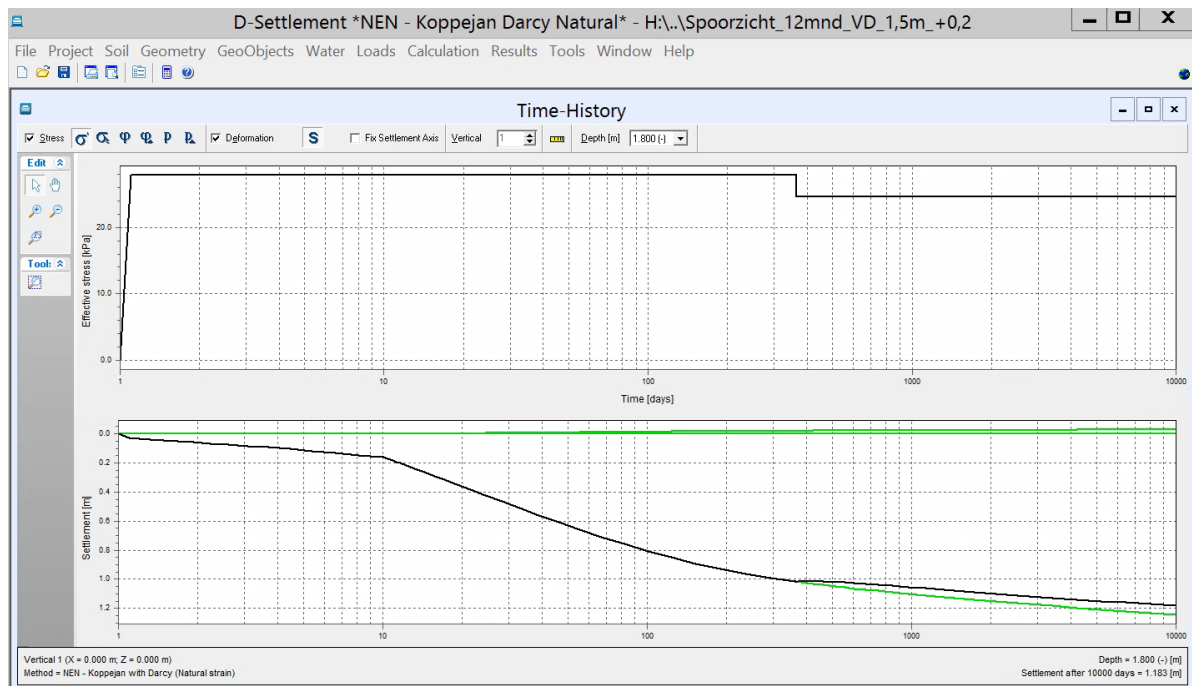
De berekende eindzetting is circa 1,22 m. Na de aanleg van de hockeyvelden wordt dus een restzetting van circa 0,20 m ($1,22 \text{ m} - 1,02 \text{ m}$) berekend. Het maaiveld ligt dan op NAP-1,20 m waarmee aan de eis van een minimaal niveau van NAP-1,20 m wordt voldaan.

Variant met lagere voorbelasting

Indien de bovenkant van de voorbelasting op NAP+0,70 m wordt aangebracht, is de berekende zetting na een jaar circa 0,90 m. Vervolgens kunnen de velden op NAP-0,95 m worden aangelegd waarna een restzetting van circa 0,25 m wordt berekend.

3.3 EEN JAAR VOORBELASTEN MET VERTICALE DRAINS

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP+0,2 m wordt aangebracht. De laagdikte bedraagt 2,0 m. Voor de hart-op-hart afstand van de verticale drains is uitgegaan van 1,5 m in een driehoekig stramien. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 8: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP+0,20 m met verticale drains h.o.h. 1,50 m.

Na de periode van voorbelasten van een jaar is een zetting van circa 1,02 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP+0,82 m. Indien wordt gekozen voor een aanlegniveau van NAP-1,00 m, kan 0,18 m zand worden verwijderd. De spanningen nemen hierdoor met circa 3,2 kN/m² (0,18 m * 18 kN/m³) af.

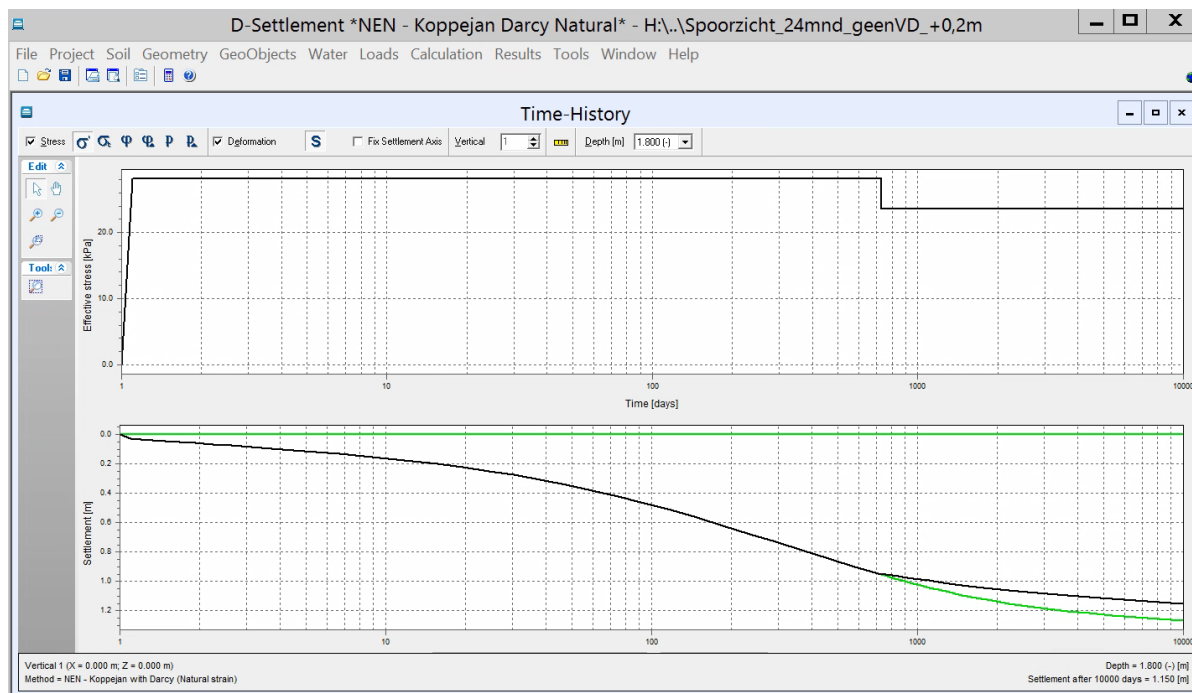
De berekende eindzetting is circa 1,18 m. Na de aanleg van de hockeyvelden wordt dus een restzetting van circa 0,16 m (1,18 m -/- 1,02 m) berekend. Het maaiveld ligt dan op NAP-1,16 m waarmee aan de eis van een minimaal niveau van NAP-1,20 m wordt voldaan.

Voorkeur

De variant met verticale drains is vanuit geotechnisch perspectief aanzienlijk beter dan de variant zonder verticale drains. Door de snellere consolidatie en de geringe afname van de spanningen aan het eind van de periode van voorbelasten zijn de te verwachten restzettingen nauwkeuriger te bepalen. Daarnaast is het beter mogelijk om tijdens de voorbelasting effectief bij te sturen.

3.4 TWEE JAAR VOORBELASTEN ZONDER VERTICALE DRAINS

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP+0,2 m wordt aangebracht. De laagdikte bedraagt 2,0 m. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 9: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP+0,20 m.

Na de periode van voorbelasten van twee jaar is een zetting van circa 0,95 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP-0,75 m. Indien wordt gekozen voor een aanlegniveau van NAP-1,00 m, kan 0,25 m zand worden verwijderd. De spanningen nemen hierdoor met circa $4,5 \text{ kN/m}^2$ ($0,25 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3$) af.

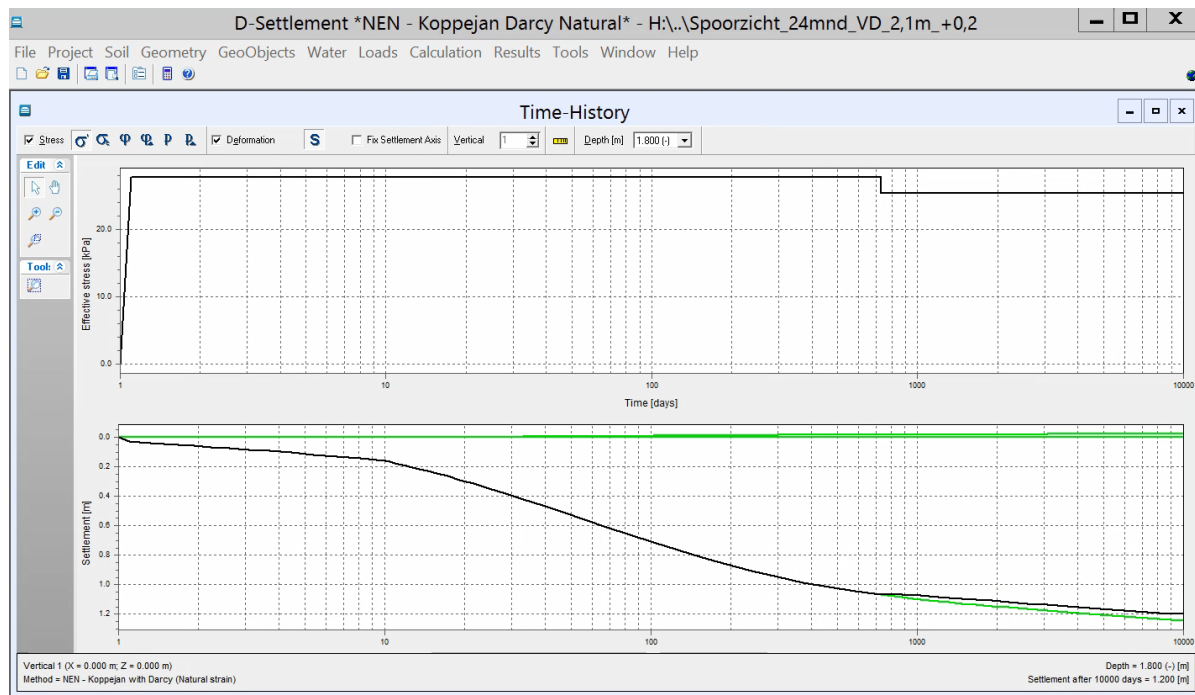
De berekende eindzetting is circa 1,15 m. Na de aanleg van de hockeyvelden wordt dus een restzetting van circa 0,20 m ($1,15 \text{ m} - 0,95 \text{ m}$) berekend. Het maaiveld ligt dan op NAP-1,20 m waarmee aan de eis van een minimaal niveau van NAP-1,20 m wordt voldaan.

Variant met hogere voorbelasting

Indien de bovenkant van de voorbelasting op NAP+0,70 m wordt aangebracht, is de berekende zetting na een jaar circa 1,09 m. Vervolgens kunnen de velden op NAP-1,00 m worden aangelegd waarna een restzetting van circa 0,14 m wordt berekend. Het geotechnische voordeel van een enkele decimeters hogere voorbelasting is de grotere afname van de waterspanningen bij de aanleg van de velden waardoor de restzettingen en variaties daarvan worden beperkt.

3.5 TWEE JAAR VOORBELASTEN MET VERTICALE DRAINS

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP+0,2 m wordt aangebracht. De laagdikte bedraagt 2,0 m. Voor de hart-op-hart afstand van de verticale drains is uitgegaan van 2,1 m in een driehoekig stramien. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 10: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP+0,20 m met verticale drains h.o.h. 2,10 m.

Na de periode van voorbelasten van twee jaar is een zetting van circa 1,07 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP-0,87 m. Indien wordt gekozen voor een aanlegniveau van NAP-1,00 m, kan 0,13 m zand worden verwijderd. De spanningen nemen hierdoor met circa 2,3 kN/m² (0,13 m * 18 kN/m³) af.

De berekende eindzetting is circa 1,20 m. Na de aanleg van de hockeyvelden wordt dus een restzetting van circa 0,13 m (1,20 m - 1,07 m) berekend. Het maaiveld ligt dan op NAP-1,13 m waarmee aan de eis van een minimaal niveau van NAP-1,20 m wordt voldaan.

Beschouwing

Bij de variant met verticale drains is de benodigde of gewenste overhoogte gelijk aan die zonder verticale drains. Dit komt doordat in twee jaar de wateroverspanningen in de holocene lagen ook van nature grotendeels afstromen. Bij de toepassing van verticale drains kan wel beter op tegenvallende tussenresultaten worden ingespeeld.

3.6 VERSCHILZETTINGEN

Variaties in bodemopbouw en de huidige maaiveldhoogtes zijn aanleiding tot verschilzettingen; zowel tijdens de periode van voorbelasten als na de aanleg van de sportvelden. Voor een eerste indicatie van mogelijke verschilzettingen is een berekening uitgevoerd voor de situatie waarbij twee jaar wordt voorbelast en waarbij het huidige maaiveld niet op NAP-1,80 m, maar op NAP-1,40 m ligt.

Ten opzichte van het maatgevende maaiveldniveau van NAP-1,80 m zijn de verschillen:

- Zetting na twee jaar voorbelasten: 0,75 m i.p.v. 0,95 m
- Afname spanningen bij einde voorbelasten: 8,1 kN/m² i.p.v. 4,5 kN/m²
- Zetting na aanleg van de hockeyvelden: 0,07 m i.p.v. 0,20 m.

Zonder aanvullende maatregelen worden in deze situatie vanwege variaties in maaiveldniveau verschilzettingen van 0,10 m à 0,15 m verwacht. De afstand waarover deze verschilzetting kan optreden is afhankelijk van variaties in huidig maaiveldniveau en de afstand waarover deze optreden. Het is niet uit te sluiten dat over een afstand van bijvoorbeeld 20 m een verschilzetting van 0,10 m à 0,15 m ontstaat. Door variaties in de bodemopbouw kunnen grotere verschilzettingen niet worden uitgesloten.

Deze verschilzettingen zijn te beperken door tijdens de periode van voorbelasten de gebieden die relatief veel zakken een of meerdere keren aan te vullen; eventueel met zand van delen waar de zetting kleiner is. Hierdoor worden de voorbelasting dus aangepast aan de zettingsgevoeligheid. Door de gelijkmatigere hoogte aan het eind van de periode van voorbelasten is ook de afname van de spanningen gelijkmatig. Omdat deze afname van grote invloed is op de restzetting, worden de verschillen in restzetting hiermee effectief gereduceerd.

3.7 BESCHOUWING

Op basis van de kosten voor het aanbrengen van de voorbelasting en eventueel de verticale drainage kan de meest economische constructie worden bepaald. In technische zin en robuustheid zijn de verschillende varianten niet gelijk, zelfs niet als de grootte van de berekende restzetting dat wel is.

De betrouwbaarheid van de op de monitoring gebaseerde extrapolaties neemt toe met de periode van voorbelasten. Dit komt omdat bij een langere meetreeks de bandbreedte van modelvariabelen waarmee de reeks kan worden teruggerekend kleiner wordt.

Door verticale drainage wordt het consolidatieproces van de meest samendrukbare lagen versneld. Hierbij volstaat een kleinere overhoogte en zijn de spanningen aan het eind van de periode van voorbelasten vergelijkbaar met die in de definitieve situatie. Beide aspecten vergroten de betrouwbaarheid van de extrapolatiemodellen.

Bij een langere periode van voorbelasten en de toepassing van verticale drainage kan de voorbelasting na bijvoorbeeld halverwege de beoogde periode van voorbelasten nog worden aangepast indien het de verwachting is dat de opgetreden zettingen te groot zijn. Dit geldt ook voor de in paragraaf 3.6 beschreven methode om de verschilzettingen te beperken door gebieden waar relatief veel zetting is opgetreden uit te vullen.

Bij de afweging tussen de varianten kan het moment waarop de aanleghoogte definitief moet zijn vastgesteld ook een rol spelen. Indien deze beslissing kort voor de aanleg kan worden genomen, kan optimaal op de opgetreden zettingen en modelextrapolaties worden geanticipeerd. Indien de aanleghoogte in een vroeg stadium moet zijn bepaald is dit niet mogelijk en wordt een veiligheid ten opzichte van de berekeningen geadviseerd.

3.8 INVLOED OP DE OMGEVING

Vanwege de spreiding van spanningen in de ondergrond worden in een strook met een breedte van meerdere meters naast de voorbelasting zettingen verwacht. Voor een voorbelasting waarbij tot circa NAP+1,3 m wordt opgehoogd zijn op verschillende afstanden van de voorbelasting de eindzettingen bepaald.

Op afstanden van 2,0 m, 4,0 m en 8,0 m van de teen van de voorbelasting zijn de berekende zettingen circa 0,44 m, 0,24 m en 0,09 m. Vanaf afstanden van circa 12 m, 18 m en 25 m zijn de berekende zettingen minder dan 0,05 m, 0,02 m en 0,01 m.

4.0 MONITORING

Geadviseerd wordt voor het aanbrengen van de voorbelastingen zakbaken te plaatsen en door het regelmatig inmeten hiervan het verloop van de zettingen gedurende de periode van voorbelasten te volgen. Voor het monitoren van de zettingen kan als volgt te werk worden gegaan.

Meetpunten

De zakbaken moeten zo worden verdeeld dat deze staan ter plaatse van zowel de gemiddelde als de lage maaiveldniveaus en verspreid over het voor te belasten gebied. Geadviseerd wordt om de zakbaken met hart-op-hart afstanden van maximaal 25 m en op ten minste 7 m van de kruinlijn van de voorbelasting te plaatsen. De voetplaat van de zakbaak mag op het originele maaiveld worden geplaatst of maximaal 0,50 m worden ingegraven.

Metingen en frequentie

Geadviseerd wordt om de initiële hoogte van de zakbaken en het maaiveld na plaatsing door middel van een dubbele nulmeting vast te stellen.

Direct na het aanbrengen van elke slag van de voorbelasting en na het aanbrengen van de verticale drainage dienen de hoogtes te worden bepaald. Bij elke meetronde dient zowel de maaiveldhoogte als de zakbaakhoogte te worden gemeten. Nadat de voorbelasting en overhoogte volledig zijn aangebracht kan de meetfrequentie worden afgebouwd. Hierbij kan worden gedacht aan metingen na één week, drie, vijf, acht en twaalf weken na de laatste slag. Het verdere verloop van de metingen dient te zijner tijd te worden bepaald op basis van het tijd-zettingsgedrag en de actuele projectplanning, maar kunnen bijvoorbeeld ook maandelijks of, bij een periode van twee jaar, een keer per twee maanden worden uitgevoerd.

De metingen dienen met een maximale onnauwkeurigheid van 1 mm te worden uitgevoerd en in millimeters te worden gerapporteerd. Verder dienen de metingen per meetronde gecontroleerd te worden op uitbijters en missende of verloren zakbaken.

Resultaten monitoring

De resultaten van de zettingsmonitoring dienen tijdig te worden geanalyseerd. Afhankelijk van de meetresultaten kan de meetfrequentie worden aangepast of kunnen, indien mitigerende maatregelen te worden getroffen.

In het geval dat de zettingsmetingen een 'te grote' restzetting aangeven is het bij een periode van voorbelasten van een jaar, zeker indien geen verticale drains zijn toegepast, wellicht niet mogelijk om de overhoogte nog zodanig aan te passen dat hiermee veel kan worden bijgesteld. Dit betekent dat of de overige werkzaamheden moeten worden uitgesteld of dat moet worden nagegaan of toepassing van lichte materialen soelaas biedt.

Bij een periode van voorbelasten van twee jaar en zeker indien verticale drains zijn toegepast, kunnen na bijvoorbeeld negen of twaalf maanden nog effectieve maatregelen worden genomen.

5.0 DETAILLERING

Detaillering voorbelasting

Aan de kant van de Harmonielaan en de spoorlijn is de detaillering mede afhankelijk van de maximaal toelaatbare invloed op de boven- en ondergrondse infrastructuur. In paragraaf 3.8 zijn de berekende zettingen op verschillende afstanden van de teen van de voorbelasting gepresenteerd.

Aan de kant van de watergang wordt geadviseerd om de teen van de voorbelasting op ten minste 2,0 m - en bij de hogere voorbelastingen bij voorkeur 3,0 m à 4,0 m - van de insteek te houden en vervolgens een talud van 1:3 of 1:4 toe te passen.

Bij ophogingen van meer dan 1,0 m wordt geadviseerd de voorbelasting in slagen van ieder maximaal 0,50 m aan te brengen. In combinatie met de geadviseerde taluds worden dan geen problemen met de stabiliteit verwacht. Geadviseerd wordt om tijdens de uitvoering de taluds en omgeving doorlopend visueel te beoordelen op onregelmatige vervormingen. Dergelijke vervormingen kunnen een voorbode van instabiliteit zijn.

Ophoogmateriaal

Er is uitgegaan van zand als ophoogmateriaal. Om verstuiwen of uitspoelen van zand van bijvoorbeeld de taluds te voorkomen, kan het zand worden afgedekt met 0,20 meter grond.

Het zand van de voorbelasting kan deel uitmaken van de fundering van de toekomstige constructie en dient dus laagsgewijs te worden verdicht. Indien dit niet gebeurt, dient het verdichten in het bestek van de aanleg van de velden te worden opgenomen.

Kabels en leidingen

Schade aan leidingen wordt met name veroorzaakt door het optreden van verschilzettingen over relatief korte afstanden. Voor de kabels en leidingen in de nabijheid van de voorbelasting moet worden nagegaan of de te verwachten zettingen en verschilzettingen acceptabel zijn.

Gezien de grootte van de zetting ter plaatse van de voorbelasting wordt geadviseerd de voetafdruk van de voorbelasting voorafgaand aan de werkzaamheden functievrij te maken.

Installatie verticale drains

Het creëren van een verbinding tussen het freatisch pakket en het watervoerend pakket is niet wenselijk. Tijdens het installeren van de verticale drains moet erop worden toegezien dat de zandlaag niet wordt bereikt.

Indien tijdens de uitvoering blijkt dat de zandlaag wel wordt bereikt, moet de installatiediepte bij volgende drains worden beperkt tot circa 1,0 meter boven dat niveau. In dat geval wordt ook geadviseerd om bijvoorbeeld op elke 10 à 15 meter een proefdrain te plaatsen om de diepte van de zandlaag vast te stellen. Als alternatief kunnen voorafgaand aan de werkzaamheden extra sonderingen worden uitgevoerd.