

Zettingsanalyse betreffende:

**de Dijk 2b
te Broek op Langedijk**

ons kenmerk S 19.224-Z3/AAO
datum 10 augustus 2020

Opdrachtgever

Joost van den Burg
Prins Bernhardstraat 12
1721 AM Broek op Langedijk

Naam	Functie	Paraaf
Andres Aparicio Saez	Geotechnisch Adviseur (auteur)	AAO
Arjen Jonker	Geotechnisch Adviseur (controle)	AJJ

INHOUDSOPGAVE

bladzijde

1	INLEIDING	2
1.1	Het voorliggend rapport	2
1.2	Beknopte omschrijving van het bouwplan	2
2	GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW	5
2.1	Grondonderzoek	5
2.2	Bodemopbouw	5
2.3	Grondwaterstand en open waterpeil	5
3	ZETTINGSANALYSE	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Toelichting op zettingen	6
3.3	Tijd-zettingsverloop	6
3.4	Bepaling grondparameters	6
3.5	Uitgangspunten	7
3.6	Verwachte eindzetting door ophoging	8
3.7	Doorsnede 1, maaiveldzetting in de omgeving	9
3.8	Doorsnede 2, ophoging van de oprit	10
4	Uitvoering	11
4.1	Wijze van ophogen	11
4.2	Metingen / zakbaken	11

BIJLAGEN

1.1	situatietekening S 19.224 - 1
1.2	handboringen S 19.224 – HB1 t/m HB3

1 INLEIDING

1.1 Het voorliggend rapport

Ten behoeve van een terreinophoging in het kader van nieuwbouw van een woning aan de Dijk 2B te Broek op Langedijk heeft de opdrachtgever ons bureau verzocht een zettingsanalyse uit te brengen. De resultaten worden in het voorliggende rapport gepresenteerd.

Doel van voorliggend rapport is het bepalen van de verwachte eindzettingen horende bij de terreinophoging en de invloed van de terreinophoging op maaiveldzettingen in de omgeving.

In onderhavig rapport worden de volgende onderdelen beschouwd;

- Een korte projectomschrijving;
- beschrijving grondonderzoek en globale bodemopbouw;
- een zettingsanalyse;
- aandachtspunten voor de uitvoering.

1.2 Beknopte omschrijving van het bouwplan

De globale RD - coördinaten bedragen $X = 115.345$ m en $Y = 520.165$ m. In onderstaande figuur 1 is de ligging van de projectlocatie aangegeven.



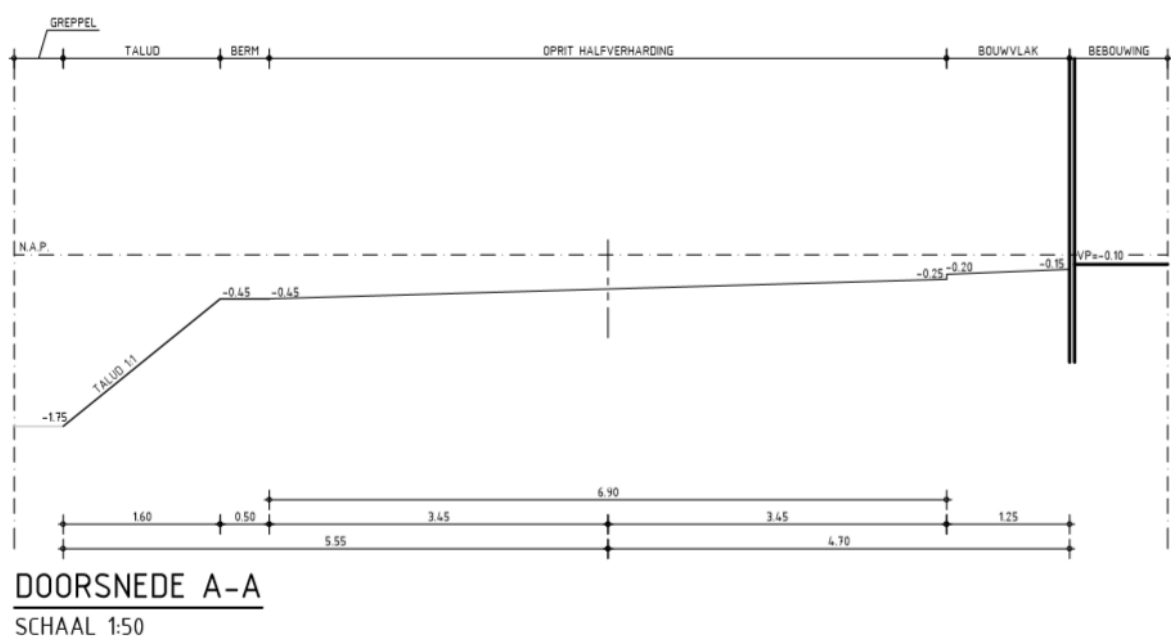
figuur 1: Locatieoverzicht met contouren projectlocatie (bron: Google Earth)

Voor het vervullen van de opdracht is door de opdrachtgever informatie ter beschikking gesteld, bestaande uit ontwerptekeningen en dwarsdoorsneden. De relevante informatie is hieronder samengevat. Op figuur 2 is een foto gepresenteerd van de huidige situatie van het terrein.



figuur 2: Foto van het projectgebied in de huidige situatie

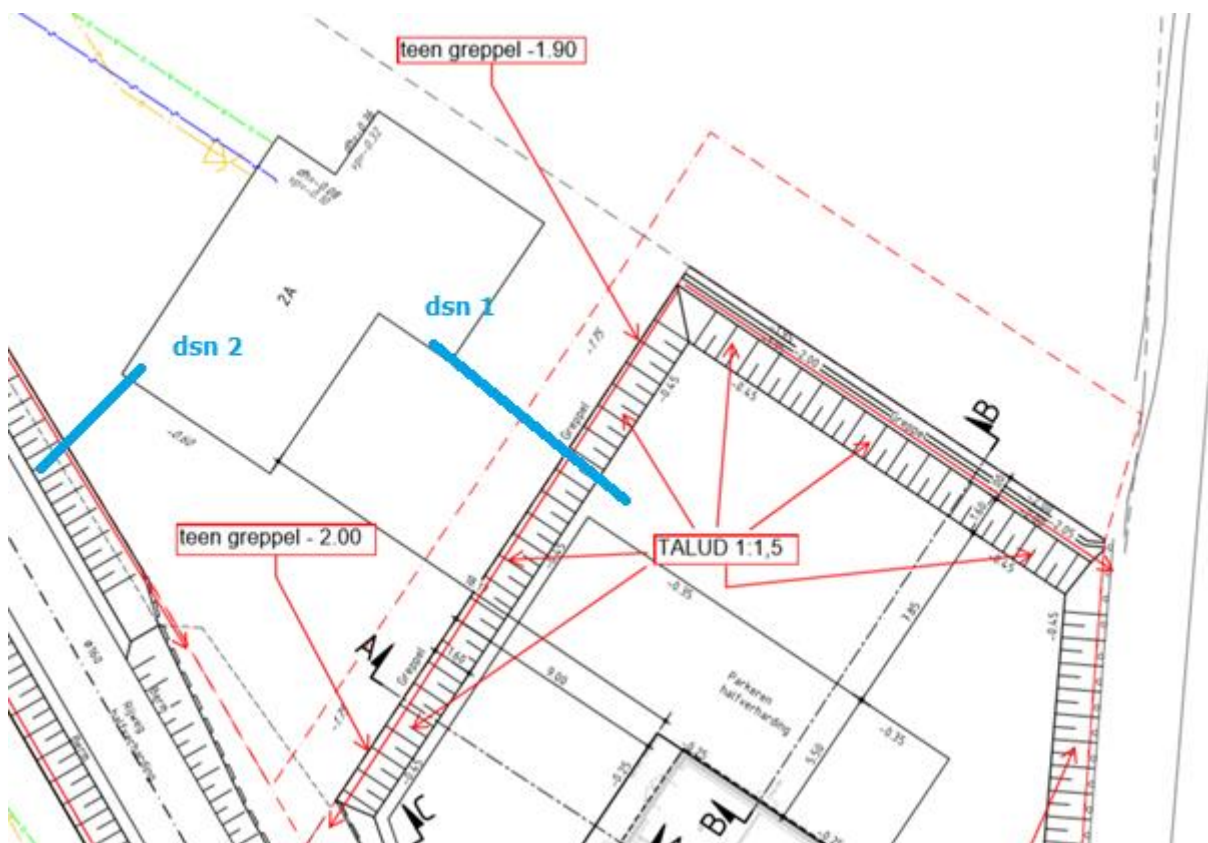
Door derden is het terrein ingemeten, waaruit blijkt dat het huidige maaiveldniveau van het projectgebied is gelegen op ca. NAP -2,0 m. In de toekomstige situatie wordt het maaiveldniveau onder talud opgehoogd tot ca. NAP -0,25 m á NAP -0,15 m (zie figuur 3).



figuur 3: Ophoging van het terrein in de toekomstige situatie

Het maaiveldniveau van het aangrenzende perceel 2a loopt in de huidige situatie op van ca. NAP -1,75 m op de grens tussen perceel 2a en 2b (projectgebied) naar ca. NAP -0,7 m nabij de bebouwing op perceel 2a.

In het ontwerp wordt ervan uitgegaan dat bij het ophogen van perceel 2b tot NAP -0,25 m á NAP -0,15 m, een greppel aanwezig blijft op bestaand maaiveldniveau (ca. NAP -1,9 m) op de grens tussen de percelen 2a en 2b, zie tevens figuur 3. Een situatietekening hiervan is opgenomen in figuur 4.



figuur 4: Situatietekening toekomstige situatie, met een greppel tussen percelen 2a en 2b (projectlocatie)

N.B. De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Bovenstaande omschrijving vormt de basis voor dit advies. Geadviseerd wordt om de uitgangspunten te verifiëren, alvorens de adviesresultaten in het ontwerp toe te passen. Tjaden Adviesbureau staat niet in voor juistheid van door derde verstrekte informatie en gegevens.

2 GRONDONDERZOEK EN BODEMOPBOUW

2.1 Grondonderzoek

Het grondonderzoek heeft bestaan uit drie handboringen (nrs. HB1 t/m HB3) tot een diepte van ca. 3,0 m, tot ca. NAP -5,0 m. De locaties van het grondonderzoek zijn op de situatietekening in bijlage 1 aangegeven. Bij de locaties handboringen lag het maaiveld tussen ca. NAP -1,9 m á NAP -2,0 m. In de handboorgaten zijn peilbuizen aangebracht om de grondwaterstand te bepalen.

Tevens is gebruik gemaakt van de boorprofielen uit het milieukundig onderzoek van derden. Voor informatie over de diepere bodemopbouw is gebruik gemaakt van gegevens in DINO-loket.

Met de handboringen is vanaf maaiveld tot een diepte van 0,8 à 1,4 m een slecht doorlatende klei-/veenlaag aangetroffen. Op basis van de sonderingen uit DINO-loket wordt hieronder tot een diepte van ca. 15 m een overwegend zandige bodem aangetroffen. De onderzijde van de holocene deklaag is gelegen op ca. NAP -21 à -22 m.

N.B. De inmeet- en waterpasresultaten zijn bedoeld om de bodemopbouw qua diepte met elkaar en met het NAP te vergelijken. De hoogtemetingen zijn niet geschikt en niet bedoeld om als basis voor het bouwplan of anderszins gebruikt te worden.

2.2 Bodemopbouw

Aan de hand van de sonderingen wordt de bodemopbouw als volgt geïnterpreteerd:

tabel 1: Geïnterpreteerd bodemprofiel

diepte [in m t.o.v. NAP]			Bodembeschrijving	
-1,9	á	-2,0	maaiveldhoogte van de sondeerpunten	
-1,9 á -2,0	tot	ca. -2,2	KLEI	humeus, uitgedroogd veen, toplaag
ca. -2,2	tot	ca. -2,9	VEEN	
ca. -2,9	tot	ca. -3,25	KLEI	siltig
ca. -3,25	tot	ca. -5,0	ZAND	matig vast gepakt
ca. -5,0			einddiepte van het grondonderzoek	

2.3 Grondwaterstand en open waterpeil

De grondwaterstand is bepaald door meerdere malen de aangebrachte peilbuizen uit te lezen. De grondwaterstand is aangetroffen op ca. NAP -2,8 m. Onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zijn fluctuaties mogelijk. De aangehouden grondwaterstand kan niet voor ontwerpdoeleinden worden gehanteerd.

3 ZETTINGSANALYSE

3.1 Inleiding

Als gevolg van het aanbrengen van een ophoging voor de bebouwing op perceel 2B worden zettingen opgewekt. In dit hoofdstuk zijn de verwachte eind- en restzettingen bepaald, alsmede het tijd-zettingsverloop.

De verwachte zettingen zijn berekend met het programma D-Settlement, methode NEN Koppejan / Terzaghi.

3.2 Toelichting op zettingen

Het aanbrengen van een grondophoging zorgt voor een toename van de korrelspanning in de aanwezige grondlagen, met een tijdsafhankelijk zettingsproces tot gevolg. In eerste instantie is sprake van het uitdrijven van water (consolidatie gedurende de hydrodynamische periode), vervolgens treedt kruip op (secundaire zakking). De berekende zettingen zijn theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt, na een periode van ca. 30 jaar.

Autonome zettingen, zoals natuurlijke zettingen die worden veroorzaakt door inklinking van de grond, worden in de berekeningen niet beschouwd. Aangenomen wordt dat deze zettingen over het gehele terrein gelijkmatig optreden.

3.3 Tijd-zettingsverloop

Door toename van de korrelspanning ontstaat een wateroverspanning in de aanwezige samendrukbare (slappe) lagen. Door het potentiaalverschil ontstaat een grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt en de korrelspanning juist toeneemt wat zettingen tot gevolg heeft.

De tijdsduur van dit proces is de hydrodynamische periode. De lengte van de hydrodynamische periode bepaald de grootte van de restzettingen na ingebruikname. In geval van een dik pakket slappe lagen zal de hydrodynamische periode lang zijn, waardoor primaire zettingen over een lange periode op zullen treden.

Bij de analyse is rekening gehouden met het onder water zakken van de grondlagen, waardoor het effectief gewicht van de ophoging vermindert. De berekeningen geven het verloop van de zetting in de tijd en de eindzettingen (opgetreden zetting in een periode van ca. 30 jaar). De onnauwkeurigheid van de berekende zettingen bedraagt circa + en - 30%.

3.4 Bepaling grondparameters

De stijfheidseigenschappen van de bodem zijn opgenomen in onderstaande tabel 2 en zijn bepaald aan de hand van een interpretatie van het grondonderzoek, tabel 2.b van de NEN9997-1 en op basis van ervaring met vergelijkbare projecten in de omgeving van de projectlocatie. Vanwege de locatiegebondenheid wijken de toegepaste sterkteparameters enigszins af van de algemene parameters uit de NEN9997-1.

tabel 2: Karakteristieke waarden stijfheidsparameters

Grondlaag	Diepte bovenzijde laag [m t.o.v. NAP]	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	c_v [m ² /s]	C_p [-]	$C_{p'}$ [-]	C_s [-]	$C_{s'}$ [-]
KLEI humeus, toplaag	-1,9 á -2,0	14 / 14	1×10^{-7}	60	15	240	60
VEEN	ca. -2,2	11 / 11	7×10^{-7}	40	10	160	40
KLEI siltig	ca. -2,9	15 / 15	8×10^{-8}	80	20	320	80
ZAND matig vast gepakt	ca. -3,25	18 / 20	drained	600	150	∞	∞

Toelichting bij tabel 2:

γ_{sat}	=	volumiek gewicht; sat = verzadigd
C_p	=	primaire samendrukkingscoëfficiënt voor de grensspanning [-]
$C_{p'}$	=	primaire samendrukkingscoëfficiënt na de grensspanning [-]
C_s	=	secundaire samendrukkingscoëfficiënt voor de grensspanning [-]
$C_{s'}$	=	secundaire samendrukkingscoëfficiënt na de grensspanning [-]
c_v	=	verticale consolidatie coëfficiënt [m ² /s]

3.5 Uitgangspunten

Voor het uitvoeren van de zettingsanalyse zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- het toekomstige peil is gelegen op ca. NAP -0,15 á -0,25 m;
- het terrein dient, inclusief de nieuwe wegconstructie, netto met ca. 1,8 m te worden opgehoogd;
- voor de freatische grondwaterstand is uitgegaan van NAP -2,8 m;
- in de berekeningen is voor alle grondlagen uitgegaan dat de grensspanning (POP) 10 kN/m² boven de heersende korrelspanning ligt;
- de ophoging wordt onder een talud van 1:1,5 aangebracht;
- tussen de ophoging op perceel 2B en de teen van het talud naar perceel 2A blijft een greppel met een breedte van ca. 2,2 m op NAP -1,9 m á NAP -2,0 m gehandhaafd;
- de aanbouw aan de bebouwing op perceel 2a is gefundeerd op palen en is gelegen op ca. 1,5 m uit de perceelgrens;
- de inrit naar de nieuwbouw op perceel 2b wordt opgehoogd. De teen van de ophoging is gelegen op ca. 1,5 m uit de rand van de aanbouw op perceel 2a.

Op perceel 2a is grenzend aan de watergang een vlonder / houten steiger aanwezig met groenvoorziening. Op deze locatie is een deel van de toekomstige oprit gelegen, waar wordt opgehoogd. Op dit deel is een beschoeiing / damwand voorzien, zie figuur 3. Dimensionering en beschouwing van deze beschoeiing / damwand, vormt geen onderdeel van voorliggend advies.

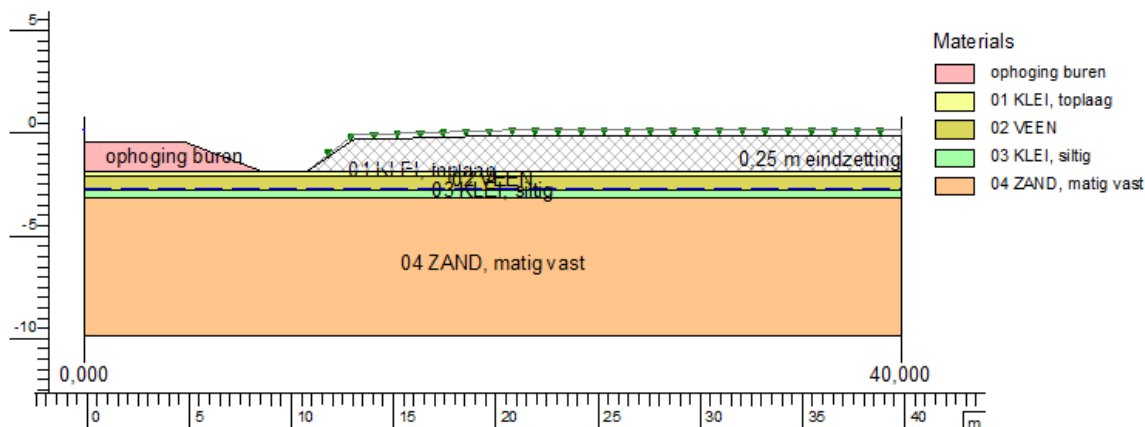
Naast de verwachte eindzetting als gevolg van de ophoging wordt tevens de invloed van de ophoging op maaiveldzettingen in de omgeving bepaald.

Er zijn twee doorsneden beschouwd (zie figuur 3);

- doorsnede 1: betreft de ophoging ter hoogte van de nieuwbouw op kavel 2b en de invloed op maaiveldzettingen van perceel 2a;
- doorsnede 2: betreft de ophoging van de toekomstige invloed en de invloed op maaiveldzettingen ter hoogte van de aanbouw op perceel 2a.

3.6 Verwachte eindzetting door ophoging

De verwachte eindzetting is bepaald als gevolg van het ophogen van het perceel 2B. Zoals reeds vermeld bedraagt het toekomstige peil ca. NAP -0,15 m á NAP -0,25 m, waardoor het terrein met netto ca. 1,75 m dient te worden opgehoogd. Een schematische weergave van de doorsnede is weergegeven op figuur 5.



figuur 5: Doorsnede bruto - netto ophoging

De resultaten van de verwachte eindzetting en zetting in de tijd zijn opgenomen in tabel 3.

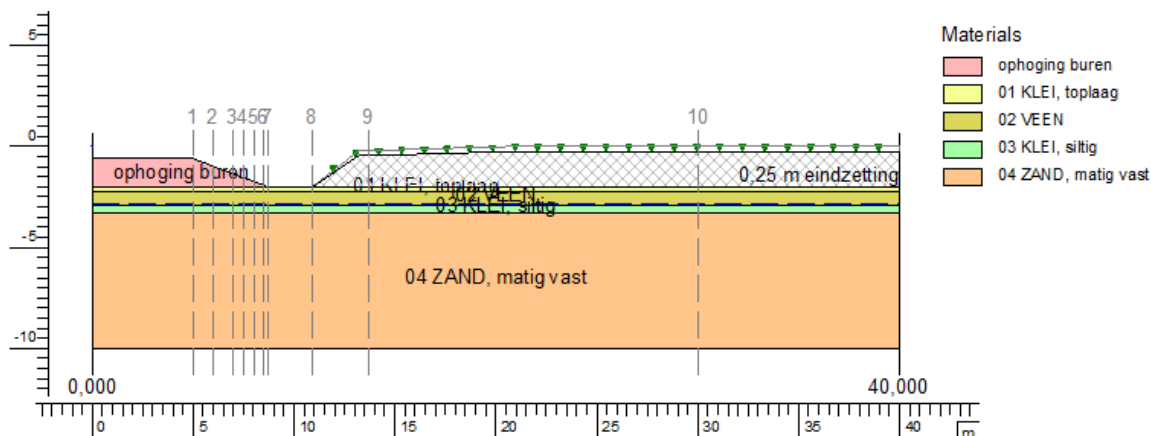
tabel 3: Resultaten verwachte eindzetting en bruto ophoging bij ophoging van het terrein

Toekomstig peil [m tov NAP]	Netto ophoging [m]	Verwachte eindzetting [m]	Bruto ophoging [m]	Nog te verwachten zetting (restzetting) [in m] na:		
				[3 mnd]	[6 mnd]	[6 mnd]
-0,15 á -0,25	ca. 1,75	ca. 0,25	ca. 2,0	0,1 á 0,05	ca. 0,05	≤ 0,05

Om tot het gewenste toekomstige peil te komen van NAP -0,15 m á NAP -0,25 m dient het terrein met bruto ca. 2,0 m te worden opgehoogd. 3 maanden nadat de volledige ophoging is aangebracht is naar verwachting 0,15 m á 0,2 m zetting opgetreden en wordt in de resterende 30 jaar nog een zetting van 0,1 m á 0,05 m verwacht.

3.7 Doorsnede 1, maaiveldzetting in de omgeving

Als gevolg van de terreinophoging voor de nieuwbouw op perceel 2b zullen in de directe omgeving van de ophoging maaiveldzettingen optreden. Om de invloed op maaiveldzettingen in de omgeving (onder andere talud, greppel en naastgelegen perceel) te bepalen zijn op meerdere locaties uit de ophoging verticalen beschouwd, zie figuur 6.



figuur 6: Beschouwde verticalen ter bepaling van de maaiveldzetting in de omgeving

De afstand van de betreffende verticalen (uit figuur 6) tot de teen van de ophoging op perceel 2B en de bijbehorende verwachte eindzetting van het maaiveld zijn samengevat in tabel 4.

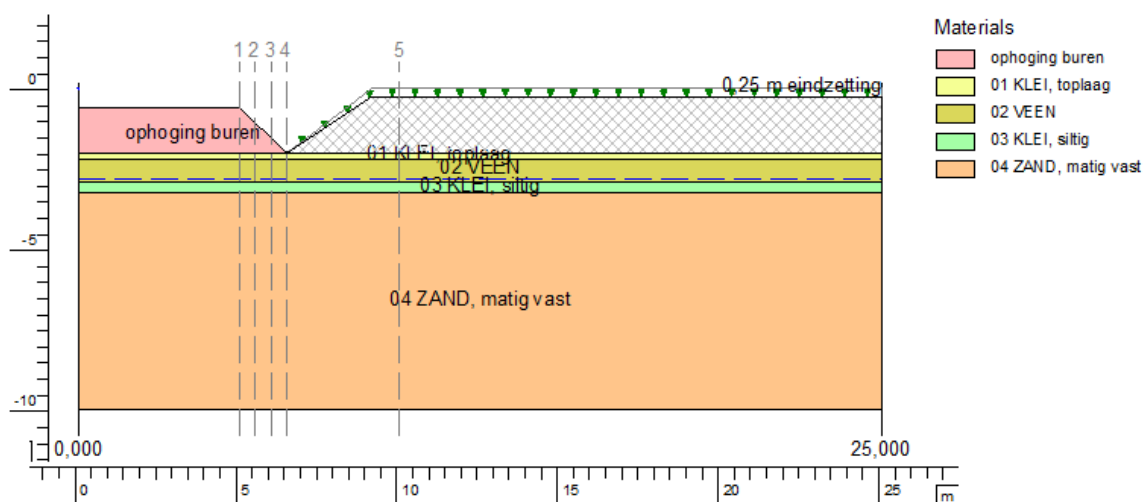
tabel 4: Samenvatting van de verwachte maaiveldzettingen in de omgeving als gevolg van de terreinophoging

verticaal	Afstand tot de teen van de ophoging [m]	maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Verwachte maaiveldzetting [mm]
8	0 teen ophoging	ca. -2,0	35
7	2,2 onderzijde talud greppel (perceelgrens)	ca. -2,0	2
6	2,4		1
5	2,9		1
4	3,4		1
3	3,9		0
2	4,9		0
1	5,9 (begin bebouwing perceel 2a)	ca. -0,6	0

Uit de zettingsanalyse blijkt dat 2,2 m uit de teen van de ophoging (verticaal 7) een maaiveldzetting van 2 mm is te verwachten. Tot ca. 3,4 m uit de teen van de ophoging (verticaal 4) is een maaiveldzetting van 1 mm te verwachten. Het maaiveldniveau op een afstand vanaf 3,9 m uit de teen van de ophoging zal geen zetting ondervinden als gevolg van de terreinophoging op perceel 2b.

3.8 Doorsnede 2, ophoging van de oprit

Als gevolg van de terreinophoging voor de oprit naar perceel 2b zullen in de directe omgeving van de ophoging maaiveldzettingen optreden. Op ca. 1,5 m uit de teen van de ophoging is de uitbouw op perceel 2a gelegen. Deze uitbouw is op palen gefundeerd, waardoor eventuele maaiveldzakkingen niet zullen resulteren in schade of verzakkingen van de uitbouw. Op de invloed van zettingen in omgeving te bepalen zijn tevens op meerdere locaties uit de ophoging verticalen beschouwd, zie figuur 6.



figuur 7: Beschouwde verticalen ter bepaling van de maaiveldzetting bij ophoging van de oprit

De afstand van de betreffende verticalen (uit figuur 6) tot de teen van de ophoging op perceel 2B en de bijbehorende verwachte eindzetting van het maaiveld zijn samengevat in tabel 4.

tabel 5: Samenvatting van de verwachte maaiveldzettingen lang de ophoging van de oprit

verticaal	Afstand tot de teen van de ophoging [m]	maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	Verwachte maaiveldzetting [mm]
4	0 teen ophoging	ca. -2,0	35
3	0,5		5
2	1,0		2
1	1,5 (rand aanbouw perceel 2a)	ca. -0,6	1

Uit de zettingsanalyse blijkt dat als gevolg van de ophoging voor de aanleg van de oprit, ter hoogte van de aanbouw op perceel 2a (verticaal 1) een maaiveldzetting van 1 mm wordt verwacht.

4 UITVOERING

4.1 Wijze van ophogen

Om grote zettingsverschillen te voorkomen dient de ophoging, inclusief tijdelijke overhoogte, over de volledige lengte aansluitend en met vloeiende overgangen te worden aangelegd. De zandophoging dient in lagen van ca. 0,5 m te worden aangebracht met tussenpozen van 1 á 2 dagen. Dit is sterk afhankelijk van de mate waarop de eventuele wateroverspanningen afvloeien.

Om het risico op dichtpersing (squeezing) van de eventuele aanwezige watergangen en horizontale vervormingen te verkleinen dient er voldoende tijd te zitten tussen het aanbrengen van de verschillende ophooglagen. Te hoge waterspanningen kunnen leiden tot een afname van de stabiliteit van de aanwezige taluds.

4.2 Metingen / zakbaken

Door het aanbrengen en inmeten van enkele zakbaken kan het zettingsproces worden gemonitord op het projectterrein, in de greppel en eventueel op het terrein van de burens.

De zakbaken dienen voorafgaand aan het aanbrengen van de ophoging op bestaand maaiveldniveau te worden aangebracht en ingemeten. Zodoende is sprake van een 0-meting.

De zakbaken dienen 1 á 2 dagen na het aanbrengen van elke ophoogslag te worden ingemeten. Geadviseerd wordt om de zakbaken tijdens de ophoogperiode wekelijks in te meten. Na het bereiken van de eindhoogte is een maal per twee weken voldoende.

Aangeraden wordt de zakbaken in verband met de nauwkeurigheid in te meten middels een waterpastaestel in plaats van met GPS. Het inmeten van de zakbaken kan bijvoorbeeld worden gedaan door een op het werk aanwezige aannemer.

Interpretatie van de zakbaken, verloop van de zettingen in de tijd en bepaling van de nog te verwachten zettingen in relatie tot de tijd op basis van de zakbaken, kunnen indien gewenst door Tjaden Adviesbureau worden verzorgd.

In het vertrouwen u hiermede van dienst te zijn geweest, verblijven wij,

Tjaden Adviesbureau voor Grondmechanica B.V.



ing. A.O. Aparicio Saez

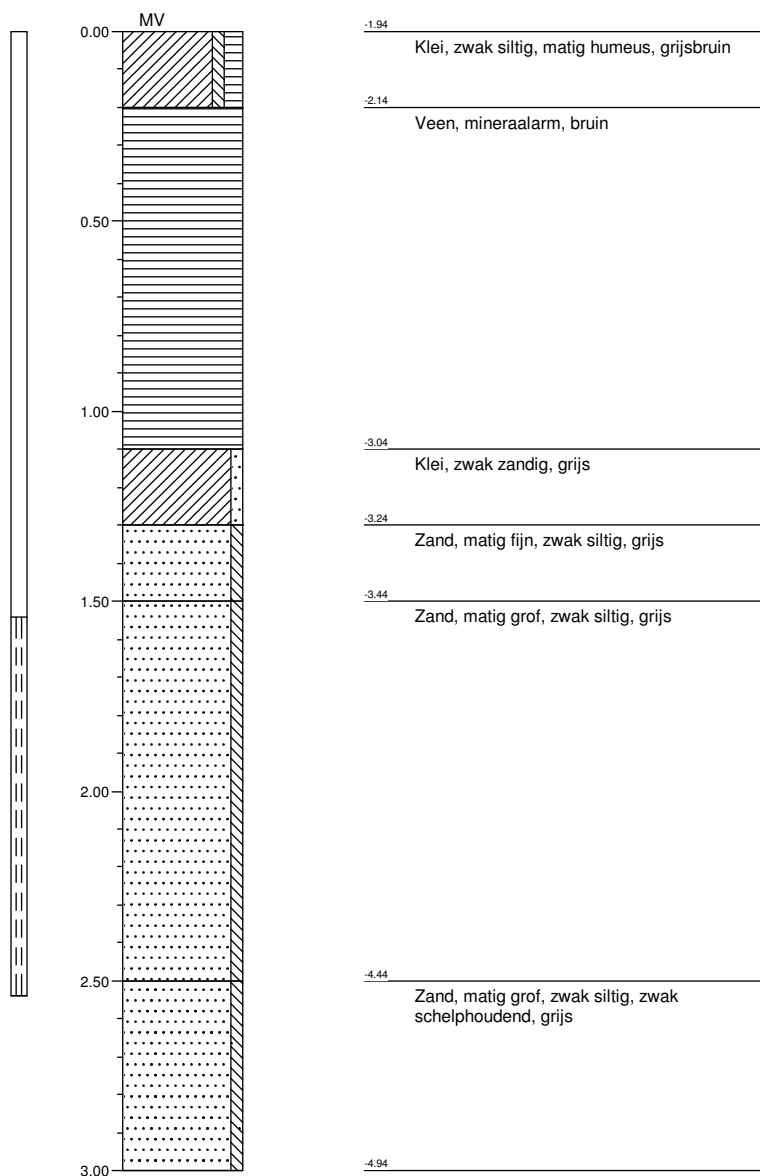
Boring: HB1/P1

Uitvoeringsdatum: 08-05-2019

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: -1.94 m t.o.v. N.A.P.

X-coörd.: 115336

Y-coörd.: 520191



Schaal 1: 20

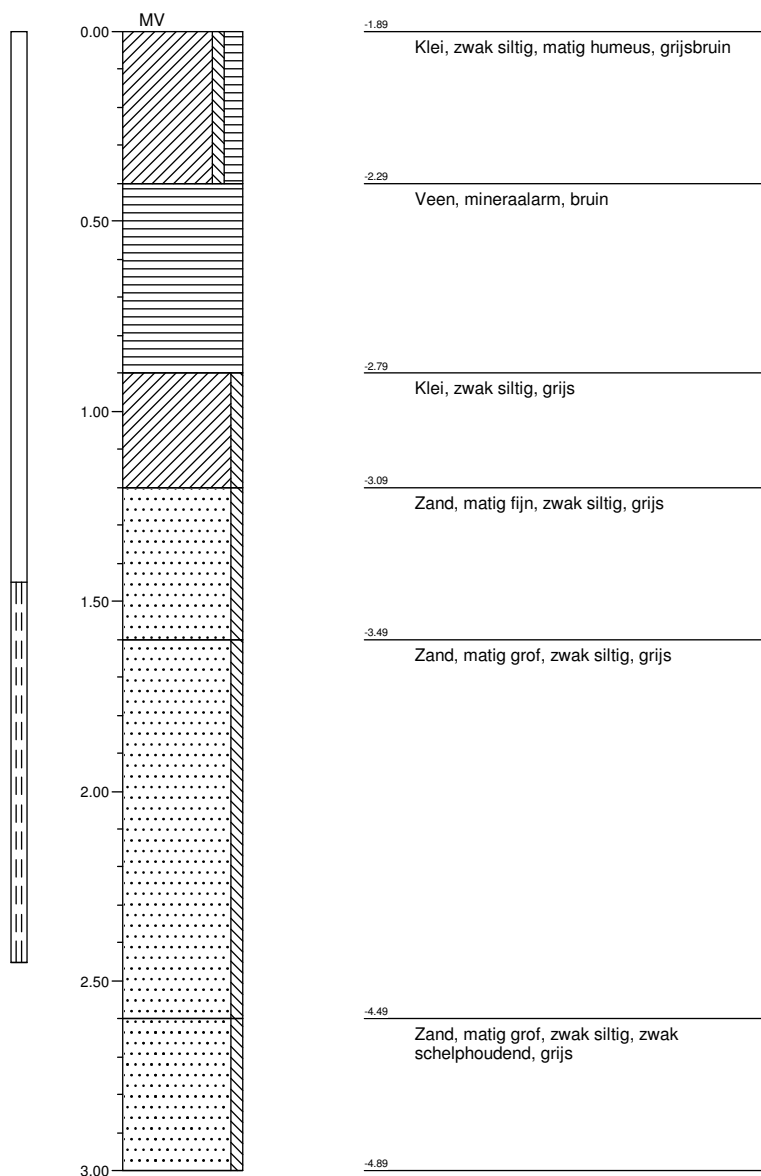
Boring: HB2/P2

Uitvoeringsdatum: 08-05-2019

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: -1.89 m t.o.v. N.A.P.

X-coörd.: 115351

Y-coörd.: 520192



Schaal 1: 20

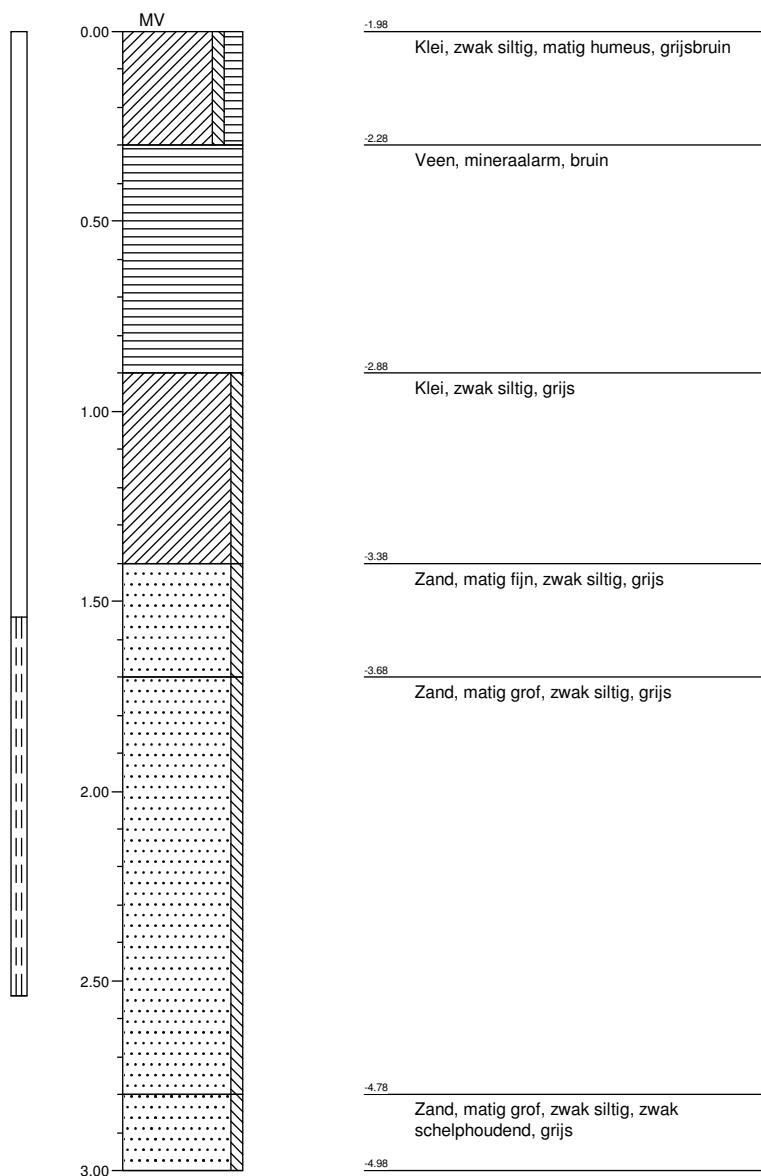
Boring: HB3/P3

Uitvoeringsdatum: 08-05-2019

GWS: cm-mv Maaiveldhoogte: -1.98 m t.o.v. N.A.P.

X-coörd.: 115352

Y-coörd.: 520166



Schaal 1: 20

