



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Indicatief geotechnisch advies

Gebiedsontwikkeling aan de Skatting te Heeg

VN-84710-1 | 26 januari 2024



Grondonderzoek



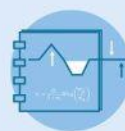
Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring

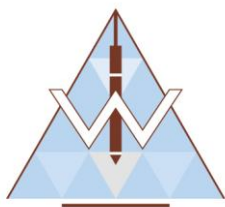


GeoICT



Advies

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



Project: Gebiedsontwikkeling aan de Skatting te Heeg
Onderwerp: Indicatief geotechnisch advies
Projectnummer: VN-84710-1

Opdrachtgever: Gemeente Súdwest Fryslân
Contactpersoon: de heer J. Kok

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	26 januari 2024	Eerste uitgave

Opgesteld door:	ing. F. Geertsma
Handtekening:	
Documentnummer:	R93781
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	ing. J.P. Poelstra



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Referenties	4
1.3	Normen en richtlijnen	4
1.4	Kwaliteitswaarborging	5
1.5	Projectomschrijving	5
2	Bodemopbouw.....	6
2.1	Grond- en laboratoriumonderzoek	6
2.2	Globale bodembeschrijving	6
3	Uitgangspunten.....	9
3.1	Geometrie	9
3.2	Keuze zettingsmodel	9
3.3	Parameters	9
3.4	Grondwaterstand.....	10
3.5	Drooglegging en ontwateringsdiepte.....	10
3.6	Terrein of verkeersbelasting.....	11
3.7	Berekeningsmethode	11
3.8	Eisen en randvoorwaarden	11
4	Zettingsanalyse	12
4.1	Bodemopbouw	12
5	Conclusies, aandachtspunten en aanbevelingen	14
5.1	Conclusies	14
5.2	Aandachtspunten	14
5.3	Aanbevelingen	14

Bijlagen:

- 1 Situatietekening
- 2 Grondwaterstandsmetingen



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De gemeente is bezig met de voorbereiding van een circulaire en gezonde woonwijk in het Veenweidegebied in Heeg voor een woningbouwprogramma van circa 40 grondgebonden woningen. In het kader van het onderzoek naar de haalbaarheid van de ontwikkeling wil de gemeente in een vroeg stadium inzicht krijgen in de milieutechnische bodemkwaliteit en de voorgenomen civieltechnische werkzaamheden. De Gemeente Súdwest Fryslân te Sneek heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. opdracht verleend tot het opstellen van een indicatief geotechnisch advies ten behoeve van Gebiedsontwikkeling aan de Skatting te Heeg.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde grondonderzoek gerapporteerd onder 'Geotechnisch onderzoek, gebiedsontwikkeling aan de Skatting te Heeg' (zie ons projectnummer VN-84710-1, rapportnummer R92777, d.d. 21 november 2023). De situatietekening VN-84710-1 met de locaties van de sonderingen en boringen is opgenomen in bijlage 1.

Het doel van dit advies is indicatief inzicht te geven in de bodemeigenschappen en de verwachte zettingen. Om inzicht te krijgen in de zettingen en meer nog de zettingsverschillen zullen een aantal varianten worden doorgerekend. Op basis van de berekende zettingen en zettingsverschillen kan de opdrachtgever een inrichtingsplan opstellen stellen rekening houdend o.a. met de variatie in zettingen over het terrein.

1.2 Referenties

De volgende gegevens en/of rapportages zijn gebruikt voor de berekening:

- [1] Aanvraag offerte.docx, Gemeente Súdwest Fryslân;
- [2] Rapport "Geotechnisch onderzoek gebiedsontwikkeling aan de Skatting te Heeg", rapportnr. R92777, versie 1, d.d. 21 november 2023, Wiertsema & Partners;

1.3 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn van toepassing voor de berekening:

- [3] NEN 9997-1+C2 Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017;
- [4] CUR 162 Construeren met grond, datum 14-11-2022, CROW.

In het rapport zal middels vierkante haken [] worden verwezen naar de genoemde rapporten, referenties en richtlijnen.

1.4 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA** en Veiligheidsladder trede 3.

1.5 Projectomschrijving

Het projectgebied is gelegen aan de westkant van Heeg (zie figuur 1.1).



Figuur 1.1 Locatie projectgebied

Het projectgebied met een grootte van ca. 2,2 ha wordt aan de zuid-, west- en noordkant begrensd door water. Aan de oostzijde ligt de weg de Skatting. Het gebied, dat tot nu toe in gebruik was als landbouwgrond, zal worden ingericht als woongebied. Er is nog geen stedenbouwkundig ontwerp opgesteld. De maaiveldhoogte ligt over het gehele terrein rond de NAP -1,0 m. De omliggende woongebieden hebben een weghoogte van NAP -0,20 tot +0,10 m. om aan te sluiten op de omliggende gebieden zal het terrein ca. 1,0 m opgehoogd moeten worden.

2 Bodemopbouw

2.1 Grond- en laboratoriumonderzoek

Om inzicht te verkrijgen in de bodemopbouw en grondeigenschappen is het volgende veldonderzoek uitgevoerd:

- 9 sonderingen met meting van de plaatselijk wrijvingsweerstand tot een diepte van 11 tot 18 m- maaiveld;
- 4 handboringen tot een diepte van 4 m- maaiveld.
- het nemen van 9 ongeroerde grondmonsters.

Het laboratoriumonderzoek heeft bestaan uit:

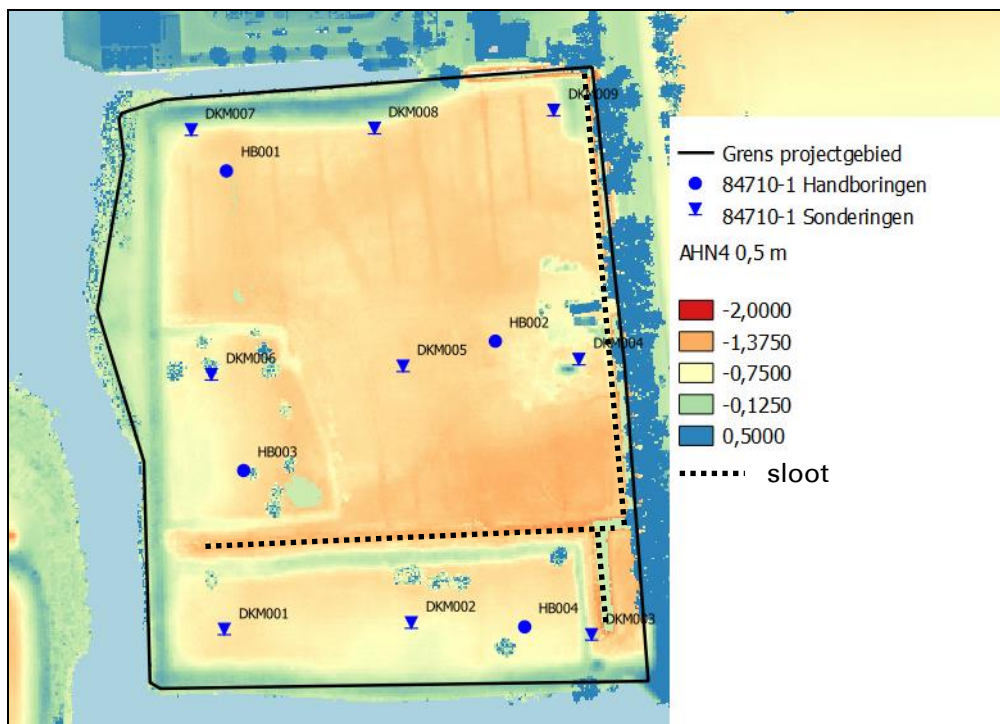
- 11x bepaling van droog en nat volumegewicht;
- 11x bepaling watergehalte.

Voor de resultaten van het veld- en laboratoriumonderzoek wordt verwezen naar het geotechnisch onderzoek (ref. [2]).

2.2 Globale bodembeschrijving

Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieerde ten tijde van het grondonderzoek van N.A.P. -1,11 m tot -0,84 m.



Figuur 2.1 Maaiveldhoogte (bron: AHN4)

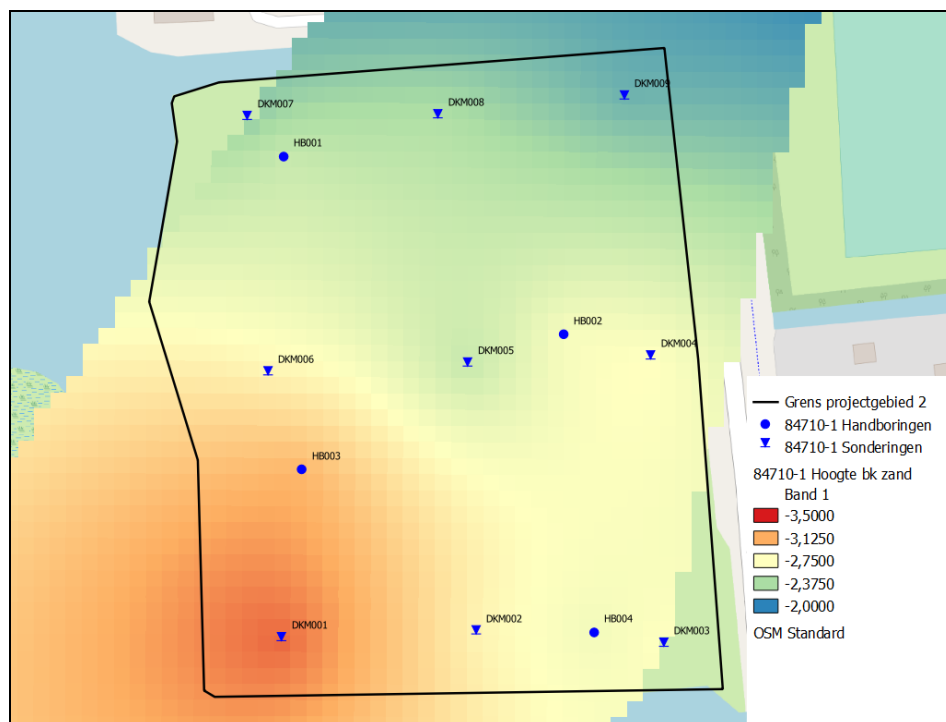
Het maaiveld verloopt globaal van NAP -1,30 m in de zuidoosthoek naar NAP -1,00 aan de noordzijde van het projectgebied. Aan de zuid-, west- en noordkant is duidelijk de boezemkade zichtbaar (groen tot donkergroen) met een kruinhoogte van NAP -0,05 m tot +0,20 m. Aan de zuidzijde is een sloot aanwezig lopend van oost naar west. Langs de oostzijde ligt vrijwel over de gehele lengte een sloot.

Bodemopbouw

Het grondonderzoek toont een dunne toplaag van zandige klei en kleilig veen met een dikte van ca. 0,50 m. Onder de toplaag is een matig slappe tot matig vaste veenlaag aanwezig tot een diepte variërend van NAP -2,50 m tot -3,08 m. Onder het veenpakket wordt een los tot matig vast zandpakket (formatie van Boxtel) met plaatselijk klei- en siltinsnijdingen aangetroffen tot een diepte van NAP -9,4 m tot -10,2 m. Vanaf deze diepte is een slappe tot matig vaste siltlaag (voorheen leem) zichtbaar tot een diepte van NAP -11,8 m tot -15,3 m. Vervolgens wordt tot de maximaal verkende diepte van NAP -19 m siltig zand aangetroffen behorende tot de formatie van Drachten.

Bovenkant zandlaag

In figuur 2.2 is de bovenkant van het Boxtel-zand weergegeven.



Figuur 2.2 Bovenkant zand in m NAP

Uit de figuur kan worden geconcludeerd dat de bovenkant zand globaal verloopt van NAP -2,0 m in de noordoosthoek naar ca. NAP -3,5 m in de zuidwesthoek van het projectgebied. Gezien de afstanden tussen de onderzoekspunten is niet uit te sluiten dat de bovenkant van het zand afwijkt van de interpretatie.

Grondwaterstand

De actuele grondwaterstand werd op 25-10-2023 vastgesteld op een niveau van 0,40 m tot 0,90 m –maaiveld (wat overeenkomt met een niveau van NAP -1,39 m tot -2,06 m). Deze waarnemingen zijn een momentopname en zeggen niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode.

Polderpeilen

Het projectgebied ligt in een gebied met een zomerpeil van NAP -1,50 m en een winterpeil van NAP -1,60 m. Het streefpeil van het water rondom het gebied is het Fries Boezempeil (NAP -0,52 m).

3 Uitgangspunten

3.1 Geometrie

Ten tijde van het opstellen van het voorliggende rapport is nog geen stedenbouwkundig plan voor handen. De inrichting van het plan zal worden afgestemd op de plaatselijk bodembouw, waarbij de slappe grondlagen een richtinggevende factor kunnen zijn. In het plan zullen ontsluitingswegen komen en riolering voor afvoer van vuil- en regenwater. Hiermee wordt in deze fase van het project nog geen rekening gehouden.

Vaststelling ontwerphoogte

De wegen in de nabij gelegen woongebieden liggen op een hoogte van NAP -0,20 tot +0,10 m. In dit advies is uitgegaan van een ontwerphoogte van de wegen en overige terreinen van NAP 0,00 m. Het peil van de woningen zal ca. 0,20 m hoger worden aangehouden, oftewel rond de NAP +0,20 m.

3.2 Keuze zettingsmodel

Op basis van de slappe toplagen is de verwachting dat er voorbelasting noodzakelijk zal zijn om te voldoen aan (nog vast te stellen) restzettingseisen. Het betreft een indicatieve zettingsanalyse. Er is daarom gekozen voor het eenvoudige Koppejanmodel. Bij definitieve uitwerking wordt geadviseerd om het abc-isotache- of NEN-Bjerrum-model toe te passen.

3.3 Parameters

De van toepassing zijnde grondparameters zijn vastgesteld aan de hand van de sonderingen en tabel 2.b uit de NEN 9997-1 en gelden voor ongestoorde grond. In tabel 3.1 zijn de gehanteerde gemiddelde grondparameters beschreven.

Tabel 3.1 Gemiddelde grondparameters

Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C_v [m ² /s]	C'_p [-]	C'_s [-]	POP/OCR [kPa]/[-]
Toplaag (klei zandig/veen kleilig)	14 / 14	-	-	-	-
Veen	10,2 / 10,2	$1 \cdot 10^{-7}$	6,75	25	10/-
Zand, los	17 / 19	drained	400	∞	-/1,3
Zand, m. vast	18 / 20	drained	800	∞	-/1,3
Zand, vast	19 / 21	drained	∞	∞	-/1,3
Silt, zw. zandig, slap	19 / 19	$1 \cdot 10^{-7}$	35	975	-/1,3
Klei, zandig, slap	15 / 15	$1 \cdot 10^{-7}$	15	175	-/1,3
Klei, zandig, m. vast	18 / 18	$1 \cdot 10^{-7}$	25	320	-/1,3

Hierin is: C_v Verticale consolidatiecoëfficiënt;
 C'_p en C'_s Primaire en secundaire samendrukkingscoëfficiënt indien korrelspanningen hoger zijn dan de in de grond aanwezige grensspanning P_g ;
 POP/OCR Pre Overburden Pressure / Over Consolidation Ratio, maat voor de reeds in de grond aanwezige overspanning, wordt gebruikt voor de bepaling van P_g .



Voor de bepaling van de primaire en secundaire samendrukkingscoëfficiënt C_p en C_s is een factor 3 ten opzichte van C'_p en C'_s toegepast.

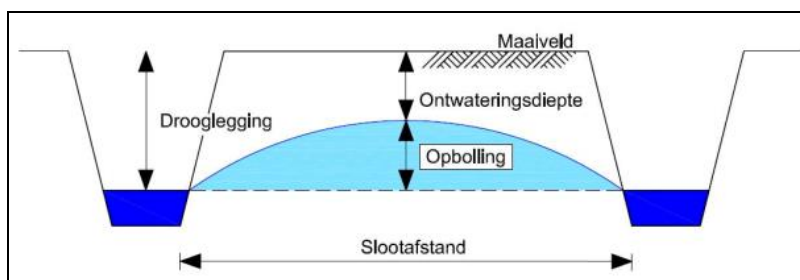
3.4 Grondwaterstand

Het projectgebied ligt in een peilgebied met een streefpeil van NAP -1,50 m (zomerpeil) en NAP -1,60 m (winterpeil). De grondwaterstand bevindt zich dan in de veenlaag. Tussen de sloten zal opbolling optreden. Gezien het verschil tussen het streefpeil en de maaiveldhoogte is het niet uitgesloten dat er perioden zijn dat waterplassen op het maaiveld staan. In de zettingsanalyse is uitgegaan van een grondwaterstand van NAP -1,50 m omdat in het verleden de grondwaterstand regelmatig lager is geweest.

Er is vanuit gegaan dat het polderpeil in de toekomst niet verlaagd wordt. Indien het polderpeil wel wordt verlaagd zal er extra zetting optreden.

3.5 Drooglegging en ontwateringsdiepte

In bebouwde gebieden dient de ontwatering zodanig te zijn dat zowel in de bouwphase als de woonfase geen overlast is van hoge grondwaterstanden. Een voldoende ontwatering dient daarom gewaarborgd te zijn. Voor wegen dient de ontwatering voldoende te zijn om opvriezen te voorkomen. In figuur 3.1 worden de begrippen drooglegging en ontwatering verduidelijkt.



Figuur 3.1 Begrippen ontwatering en drooglegging

Voor de woonfase kunnen volgens de SBR publicatie 99 de volgende ontwateringscriteria worden gehanteerd:

Wegen:	0,70 m.
Woningen/gebouwen met kruipruimte:	0,70 m.

In de bouwphase kan met een 0,10 à 0,20 m minder ontwateringsdiepte worden aangehouden.

In de directe nabijheid is één locatie beschikbaar met grondwaterstandsmetingen (zie bijlage 2). De meetlocatie ligt in het bestemmingsplan direct ten noorden van de Skatting. De grondwaterstand is gemeten tussen 1983 en 1995. De grondwaterstand varieert in de meetperiode van NAP -1,25 tot -2,25 m. Dit houdt in dat er terreingedeelten zijn die bij een hoge grondwaterstand zeer nat zijn of zelfs water op maaiveld laten zien. Uitgaande van de maximale grondwaterstand van NAP -1,25 m en een ontwerphoogte van de wegen van NAP 0,0 m, is er een ontwateringsdiepte aanwezig van 1,25 m. Voor de woningen is de ontwateringsdiepte 1,45 m. Bij



een minimale ontwateringsdiepte van 0,70 m wordt in beide gevallen ruim voldaan aan het ontwateringscriterium.

Gezien de meetperiode (40 jaar geleden) moet de meting gezien worden als indicatief. Door klimaatverandering (drogere maar ook nattere perioden) kan de situatie ten aanzien van de grondwaterstand in de toekomst afwijken. Indien wordt besloten om een lager ontwerppeil te hanteren, wordt geadviseerd om de grondwaterstand over een ruime periode (minimaal een jaar) te monitoren en de maatregelen om de grondwaterstand te beheren hierop aan te passen.

3.6 Terrein of verkeersbelasting

In de zettingsanalyse is geen terrein of verkeersbelasting in rekening gebracht.

3.7 Berekeningsmethode

De berekeningen van de zettingen zijn verricht met D-Settlement versie 21.2 met de rekenmethode van Koppejan en het consolidatiemodel van Terzaghi. Om zettingen groter dan de dikte van de samendrukbare laag te voorkomen is de optie 'natural strain' toegepast. In de zettingsberekening is tevens rekening gehouden met extra grondaanvulling om de zetting te compenseren.

3.8 Eisen en randvoorwaarden

Er zijn in dit stadium van het project nog geen zettings- en restzettingseisen bekend. Voor woonwijken of bestemmingsplannen wordt in de praktijk vaak een restzettingseis van 0,10 m over een periode van 30 jaar na aanleg aangehouden.

4 Zettingsanalyse

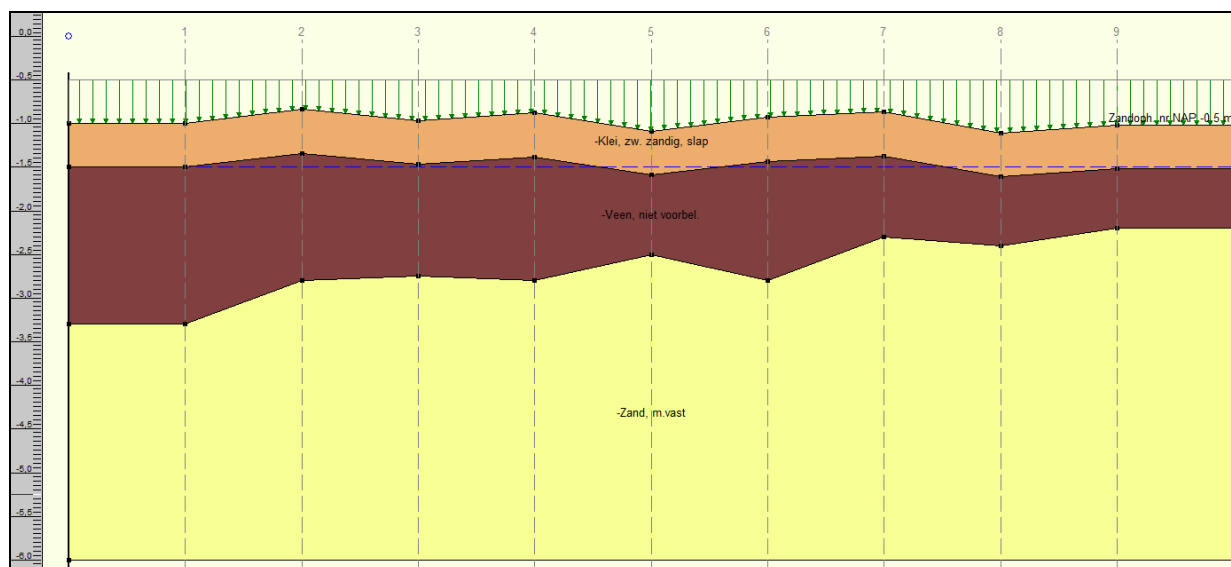
Het maaiveld in het projectgebied ligt rond de NAP -1,0 m (zie par. 2.2.) en de ontwerphoogte voor het plan is aangenomen op NAP 0,0 m (zie par. 3.1). Dit zou een ophoging van 1,0 m inhouden. De inrichting van het gebied en daarmee de ontwerphoogte is nog niet bekend. Voor een aantal varianten is de zetting berekend. De varianten omvatten o.a. ophoging van het terrein (uit te geven woonpercelen en groenstroken) en ontgraving en aanvulling+ophoging. Deze laatste kunnen worden vergeleken met aanleg van wegen en riolering. Aanvullingen en ophogingen zijn uitgevoerd met zand met (0,5 m en 1,0 m zand komt overeen met respectievelijk 9 en 18 kN/m²).

Er zijn 6 varianten doorgerekend, namelijk:

- A. Ophogen met 0,5 m zand (ophogen percelen tot NAP -0,50 m);
- B. Ophogen met 1,0 m zand (ophogen percelen tot NAP 0,0 m);
- C. 0,5 m ontgraven en 1,0 m zand aanvullen/ophogen (wegenaanleg op NAP -0,50 m)
- D. 0,5 m ontgraven en 1,5 m zand aanvullen/ophogen (wegenaanleg op NAP 0,0 m)
- E. 1,0 m ontgraven en 1,5 m zand aanvullen/ophogen (riolering+wegen op NAP -0,50 m)
- F. 1,0 m ontgraven en 2,0 m zand aanvullen/ophogen (riolering+wegen op NAP 0,0 m)

4.1 Bodemopbouw

De geïnterpreteerd bodemopbouw is in figuur 4.1 weergegeven. De verticalen 1 t/m 9 komen overeen met de sonderingen DKM001 t/m DKM009 (vert. 1 = DKM001, vert. 2 = DKM002, enz.). De bodem is geïnterpreteerd tot een diepte van NAP -6,0 m. De dieper gelegen lagen dragen niets meer bij aan de berekende zetting.



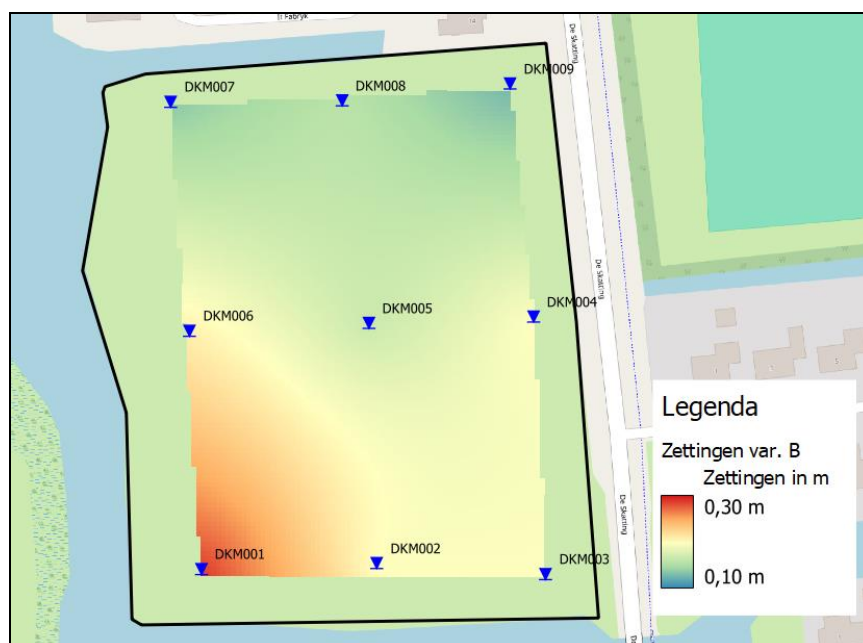
Figuur 4.1 Fictief lengteprofiel over de sonderingen



Tabel 4.1 Resultaten zettingberekening (zetting in m)

Geometrie	Eenheid	Var. A	Var. B	Var. C	Var. D	Var. E	Var. F
Ontgravingsdiepte	m	-	-	0,50	0,50	1,00	1,00
Ontgraven tot	m NAP	-	-	-1,50	-1,50	-2,00	-2,00
Aanvullen tot	m NAP	-0,50	0,00	-0,50	0,00	-0,50	0,00
Zetting							
DKM001	m	0,20	0,29	0,24	0,33	0,18	0,23
DKM002	m	0,12	0,20	0,11	0,17	0,08	0,11
DKM003	m	0,14	0,20	0,14	0,19	0,09	0,12
DKM004	m	0,13	0,20	0,12	0,18	0,09	0,11
DKM005	m	0,13	0,17	0,14	0,18	0,07	0,09
DKM006	m	0,14	0,21	0,13	0,19	0,09	0,12
DKM007	m	0,09	0,14	0,07	0,10	0,03	0,04
DKM008	m	0,12	0,16	0,13	0,17	0,06	0,07
DKM009	m	0,09	0,13	0,08	0,11	0,03	0,03

Om inzicht te geven in de variatie van de zettingen over het projectgebied is voor variant B (ophoging vanaf het huidige maaiveld met een peil van rond de NAP -1,0 m naar NAP 0,0 m) de berekende zetting op kaart gezet (zie figuur 4.2). Voor de overige varianten zal eenzelfde beeld ontstaan, maar de zettingen zullen afwijken. Geconcludeerd kan worden dat de kleinste zetting aan de noordzijde zal optreden, oplopend naar de grootste zettingen aan de zuidwestzijde van het plangebied.



Figuur 4.2 Zettingen variant B

5 Conclusies, aandachtspunten en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- Op basis van de benodigde drooglegging voor de wegen van 0,70 m wordt geadviseerd een aanleghoogte van de bovenkant verharding te nemen van NAP -0,55 m of hoger. Dit is gebaseerd op historische grondwaterstandsmetingen. Bij deze minimale aanleghoogte is geen rekening gehouden met klimaateffecten. De omringende bestemmingsplannen zijn aangelegd rond een hoogte van NAP -0,20 tot +0,10 m. Geadviseerd wordt om hierbij aan te sluiten.
- Op basis van figuur 4.2 kan worden geconcludeerd dat de kleinste zettingen aan de noordzijde van het plangebied optreden. De zetting neemt toe naar het zuidwesten van het gebied. De verwachte zettingen variëren, afhankelijk van de toegepaste variant, van circa 0,05 m tot 0,35 m.

5.2 Aandachtspunten

De volgende aandachtspunten (niet uitputtend) zijn voor het opstellen van het geotechnisch advies voor het definitieve inrichtingsplan van belang:

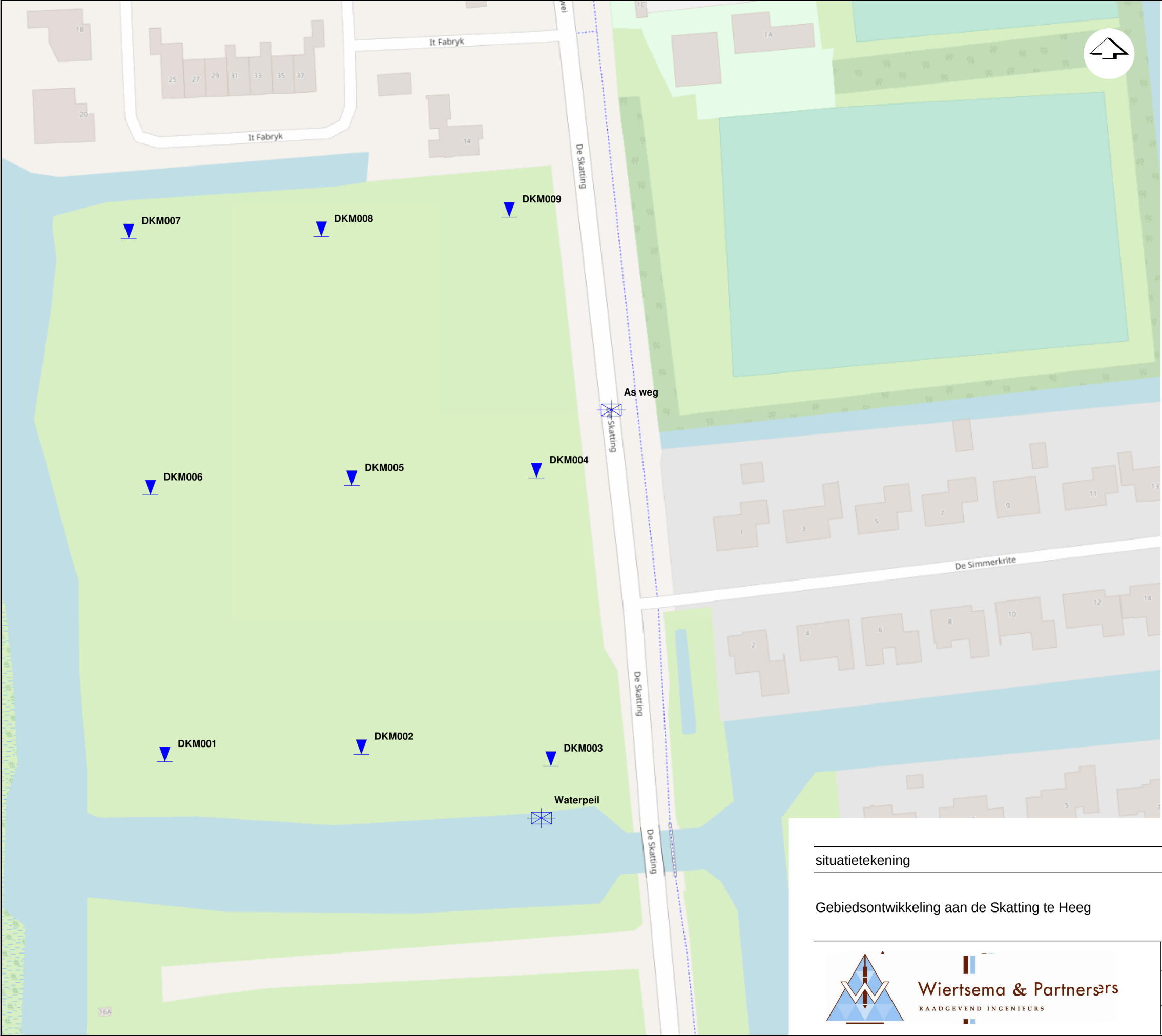
- De ondergrond bestaat uit slap veen. Door ongelijkmatig op te hogen of diep te ontgraven, is er risico op afschuiven van taluds of squeezing (het wegpersen van een slappe laag tussen 2 stevige lagen).
- Ongelijkmatige zettingen bij kruisingen van sloten.
- In de zettingsberekeningen is gerekend met aanvulling/ophoging met zand. Bouwpercelen of groenstroken kunnen ook met een andere grondsoort (bv klei) worden aangevuld. Klei heeft over het algemeen een lager volumegewicht als zand. De zettingen zullen dan ook, bij een gelijke ophoging, kleiner zijn.
- Risico van opbarsten van grond bij (te) diep ontgraven.
- Begaanbaarheid terrein.

5.3 Aanbevelingen

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij contact met ons bureau op te nemen, zodat wij onze rapportage hieraan kunnen toetsen.



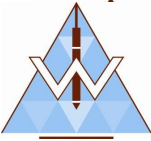
Bijlage 1



Type	Uitvoering		
▼ DKM (Kleefmeting)	Uitgevoerd door W&P		
⊠ Hoogtemeting	Uitgevoerd door W&P		
Naam	X RD-coördinaten (m)	Y RD-coördinaten (m)	Z NAP
DKM001	169552.1	554086.7	-1.00
DKM002	169602.8	554088.6	-0.84
DKM003	169651.7	554085.6	-0.97
DKM004	169648.0	554160.0	-0.88
DKM005	169600.4	554158.0	-1.09
DKM006	169548.4	554155.6	-0.93
DKM007	169542.7	554221.8	-0.87
DKM008	169592.4	554222.3	-1.11
DKM009	169641.0	554227.4	-1.02
As weg	169667.3	554177.5	-0.33
Waterpeil	169649.3	554072.1	-0.53

situatietekening

Gebiedsontwikkeling aan de Skating te Heeg



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Datum: 02.11.23

Getekend: GWAL

Schaal: 1:1000

Formaat: A3

Gew:

Gew:

Gew:

Gew:

Blad: 1 van 1

Opdracht: VN-84710-1

0204060m

AKKOORD

GEO

Blad 16 van 18

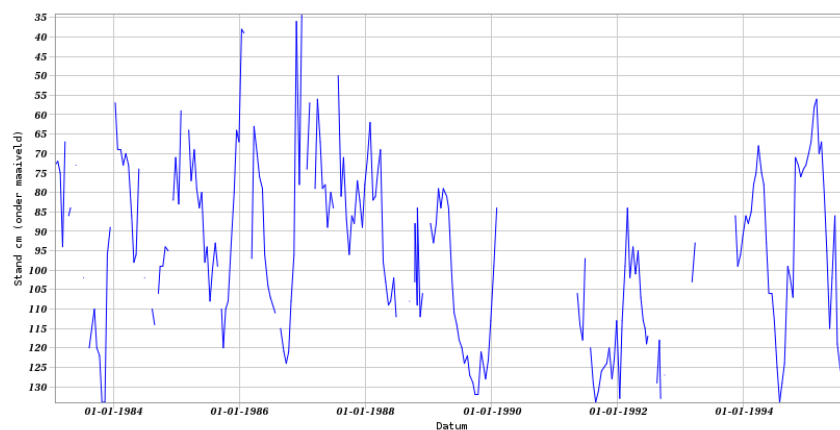
84710-1 R93781 Indicatieve zettingsanalyse.pdf

Bijlage 2

Grondwaterstandsmetingen



Locatie meetpunt grondwaterstand



Identificatie buis: B10G0135-001
 Coördinaten: 169590, 554320 (RD)
 Maaiveld: -0.9 m t.o.v. NAP
 Drukopnemer aanwezig: nee
 Begindatum: 28-01-1983
 Einddatum: 28-08-1995
 Aantal metingen: 225