Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Aanleg zanddepot

Uitbreiding Zandwinning Sekdoorn te Zwolle

VN-82735-5 | Versie 2 | 5 juni 2024



Grondonderzoek

Geotechnisch Laboratorium

Geomonitoring

GeoICT

Advies

Wilt u meer informatie over één van onze diensten, kijk dan op **wiertsema.nl**

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Project:	Uitbreiding Zandwinning Sekdoorn te Zwolle
Onderwerp:	Advies aanleg zanddepot
Projectnummer:	VN-82735-5
Opdrachtgever:	Zandwinning VOF Sekdoorn
Contactpersoon:	[redacted]

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	28 augustus 2023	1e uitgave (onder 82735-2)
2	5 juni 2024	Wijzigen n.a.v. opmerkingen en overleg Gasunie

Opgesteld door:	[redacted]
Handtekening:	
Documentnummer:	R96490
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	[redacted]

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Inhoudsopgave **blad**

1	**Inleiding**	**4**
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Kwaliteitswaarborging	5
1.3	Referenties	5
1.4	Normen en richtlijnen	5
2	**Projectgegevens**	**6**
2.1	Projectlocatie	6
2.2	Projectomschrijving	6
3	**Bodemopbouw**	**8**
3.1	Grondonderzoek	8
3.2	Lokale bodemopbouw	8
3.3	Waterstanden	8
4	**Uitgangspunten**	**10**
4.1	Veiligheidsklasse	10
4.2	Grondparameters	10
4.3	Waterstanden	12
4.4	Autonome bodemdaling	12
4.5	Bodemopbouw	12
4.6	Terreinbelastingen	13
4.7	Berekeningsmethoden	13
4.8	Eisen	13
5	**Toetsing faalmechanismen**	**14**
5.1	Toetsing waterkering	14
5.2	Geotechnische invloed op de gasleiding	15
6	**Conclusies en aanbevelingen**	**21**
6.1	Conclusies	21

Bijlagen:

1 Situatietekening 82735-1 (grondonderzoek)

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

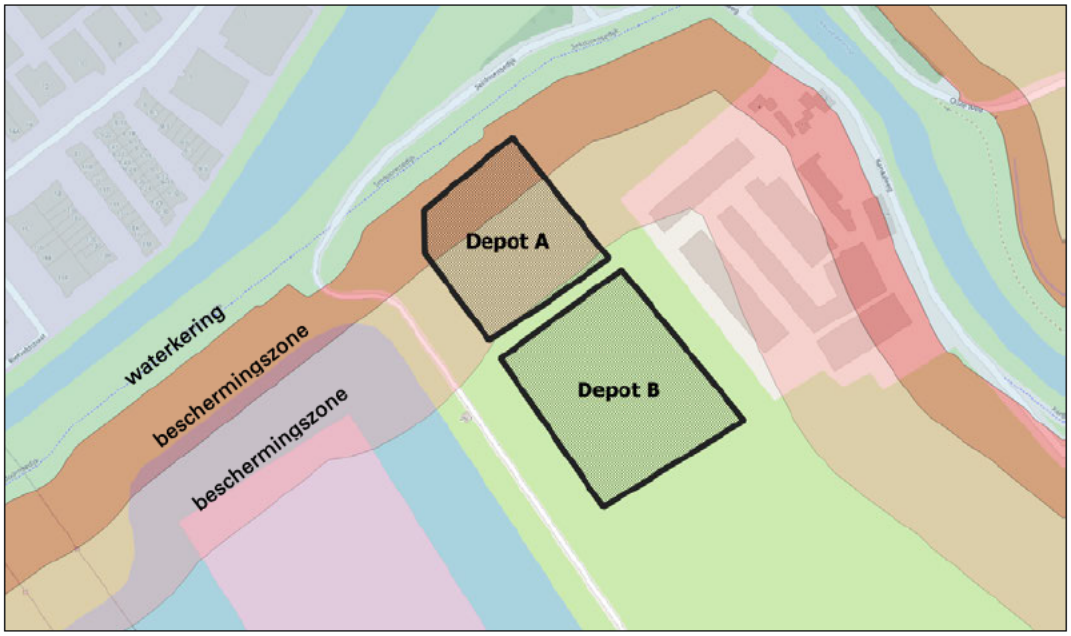
Zandwinning VOF Sekdoorn te Den Ham heeft het voornemen om de zandwinning Sekdoorn te Zwolle uit te breiden. Ter plaatse van de voorgenomen uitbreiding ligt nu het zanddepot van de zandwinning. Om de uitbreiding mogelijk te maken wordt het zanddepot verplaatst naar een nieuwe locatie.

Zandwinning VOF Sekdoorn heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. opdracht tot het opstellen van een effectenrapport voor de omliggende percelen.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde grond- en laboratoriumonderzoek gerapporteerd onder 'Geotechnisch onderzoek uitbreiding zandwinning Sekdoorn te Zwolle' (zie ons projectnummer VN-82735-1, rapportnummer R86768, d.d. 22 november 2022).

1.1 Aanleiding en doel

Aanleiding voor het opstellen van het effectenrapport voor de nieuwe locatie van het zanddepot is dat het zanddepot (bestaande uit een zanddepot A en B) deels in de beschermingszone van een waterkering van het WDOD komt te liggen (zie figuur 1.1) en dicht op een gasleiding wordt aangebracht.



Figuur 1.1 Ligging van zanddepots t.o.v. beschermingszones van waterkering

Doel is om aan te tonen dat het ontwerp van het zanddepot geen effect heeft op de kerende functie of dat de invloed zodanig gering is dat de kerende functie van de waterkering blijft voldoen aan de wettelijke eisen en op welke minimale afstand het zanddepot van de gasleiding aangelegd moet worden en met welke taludhelling.

1.2 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001.

1.3 Referenties

Voor het opstellen van het rapport is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

[1] Rapport 'Geotechnisch onderzoek uitbreiding zandwinning Sekdoorn te Zwolle', rapportnr. R90896, d.d. 5 juli 2023 projectnr. VN-82735-1, Wiertsema & Partners;

[2] Tekening 'Zandwinning Sekdoorn, Uitbreiding zandput', tekeningnr. UB01, wijz. 3, d.d. 14-05-2024, definitief, projectnr. C02_Sekdoorn, Roelofs Zandwinning BV;

1.4 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn gebruikt voor de berekeningen:

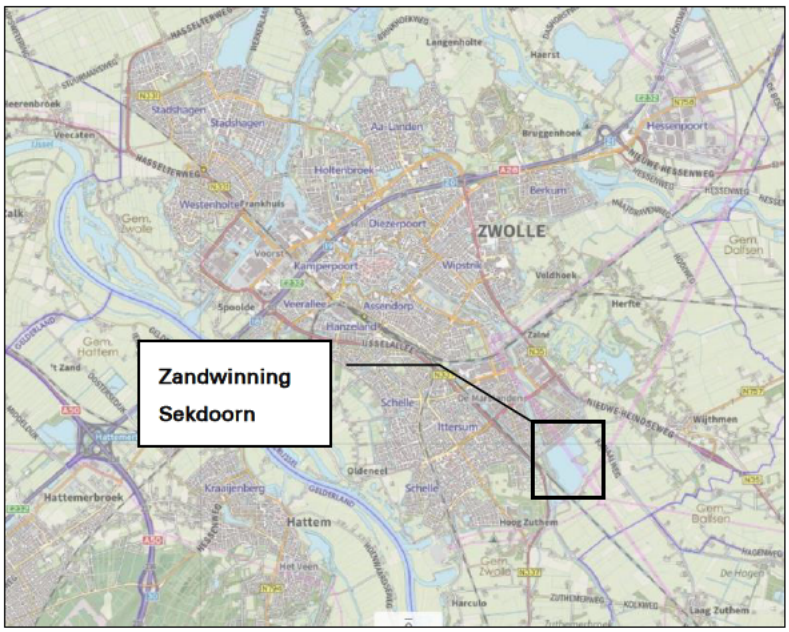
[3] NEN-9997-1+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017;

[4] CROW-CUR 162:2022, Handboek construeren met grond;

2 Projectgegevens

2.1 Projectlocatie

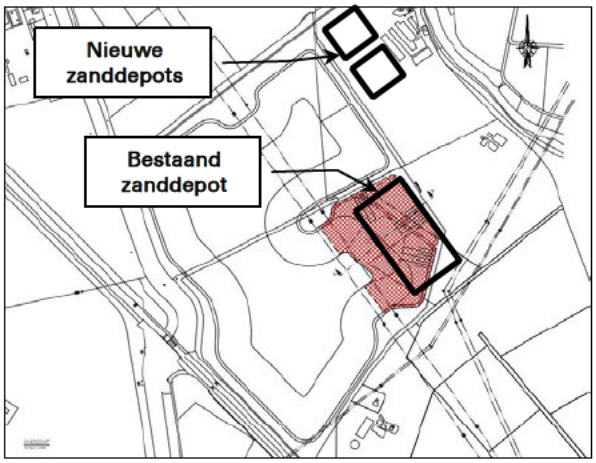
Zandwinning Sekdoorn is gelegen ten zuidoosten van Zwolle (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 – Locatie zandwinning

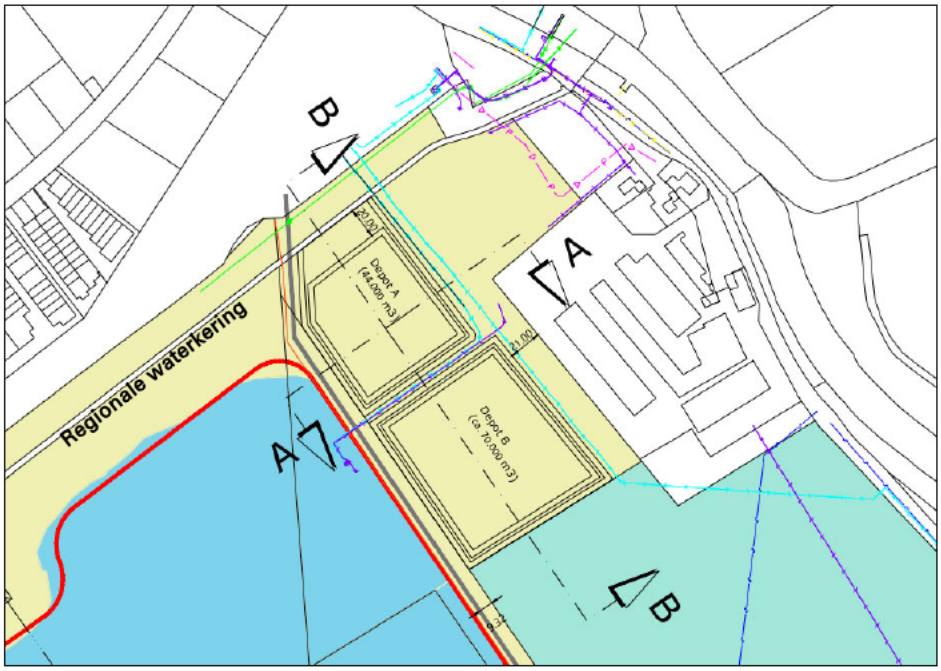
2.2 Projectomschrijving

Het project betreft een uitbreiding van de zandwinput Sekdoorn aan de zuidoostzijde met ca. 3 ha. In figuur 2.2 is de uitbreiding rood gearceerd weergegeven inclusief de verplaatsing van de zanddepots van de bestaande naar de nieuwe locatie.

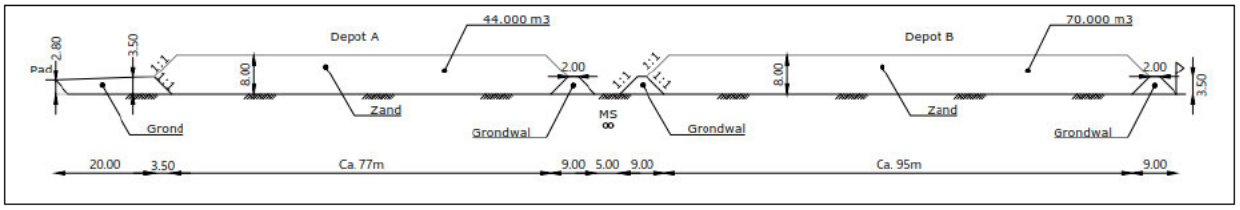


Figuur 2.2 Uitbreiding zandwinning (bron: ref. [2])

In figuur 2.3 en figuur 2.4 is het zanddepot op de toekomstige locatie meer in detail weergegeven.



Figuur 2.3 Detailtekening toekomstig zanddepot



Figuur 2.4 Doorsnede B-B

In profiel B-B is de regionale waterkering aangeduid met “Pad”. Tussen de waterkering en depot A wordt grond aangebracht, die verder in dit rapport wordt aangeduid als “aanheling”.

Inschatting is dat het zanddepot ca. 10 jaar in gebruik zal zijn. Naderhand zal de oude situatie (situatie tot 2023) worden hersteld.

3 Bodemopbouw

3.1 Grondonderzoek

Er dient aangetoond te worden dat de stabiliteit en de kruinhoogte van de regionale kering niet of nauwelijks wordt beïnvloed als gevolg van het zanddepot. Het grondonderzoek heeft zich daarom toegespitst op de noordkant van het zanddepot, gelegen langs de regionale kering.

Het grondonderzoek heeft bestaan uit:

- 6 sonderingen tot een diepte van circa 15 m-maaiveld;
- 2 handboringen tot een diepte van 4 m-maaiveld;
- 4 handboringen tot een diepte van 2 m-maaiveld.

Het grondonderzoek is uitgevoerd in 2 raaien haaks op de regionale waterkering met per raai 3 sonderingen en 3 handboringen.

Voor een uitgebreide beschrijving van het grondonderzoek wordt verwezen naar bijlage 1.

3.2 Lokale bodemopbouw

De maaiveldhoogte van de veldonderzoekspunten varieert omdat een aantal sonderingen en boringen op de kruin van de waterkering zijn gemaakt en de overige in het achterland. De maaiveldhoogte ter plaatse van de sonderingen en boringen op de waterkering variëren van N.A.P. +2,54 tot +2,64 m. De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten in het achterland variëren van N.A.P. +0,51 m tot +1,19 m.

Het grondonderzoek toont een bovenlaag van siltig zand tot een diepte van N.A.P. -0,3 m overgaand in siltig fijn zand tot grindig matig grof zand tot N.A.P. -25 m. Plaatselijk kan een dunne zandige kleilaag aanwezig zijn.

Op basis van de sonderingen en boringen is hieronder een globale bodemopbouw weergegeven (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1 - Maatgevende bodemopbouw

Laag	Bovenkant laag [m N.A.P]	Omschrijving
1	+1,60 - -2,20	Zand, fijn, siltig
2	-2,20 - -7,70	Zand, siltig, zwak grindig
3	-7,70 - -22,4	Zand, middelgrof, siltig
4	-22,4 - -24,7	Zand, middelgrof, sterk grindig

3.3 Waterstanden

Het projectgebied voor de zanddepots ligt in een peilgebied met een streefpeil jaarrond van N.A.P. -0,30 m. De watergang ten noorden van de zandwinlocatie heeft een streefpeil jaarrond van N.A.P. -0,25 m.

Schijngrondwaterstanden

Als gevolg van sliblagen in het zanddepot is het mogelijk dat er schijngrondwaterstanden in het zanddepot ontstaan. Deze schijngrondwaterstand ligt dan hoger dan het freatische grondwater en heeft ene negatieve invloed op de stabiliteit. Er is in de berekeningen geen rekening gehouden met schijngrondwaterstanden. De aannemer dient ervoor te zorgen dat er geen waterremmende lagen in het zanddepot aanwezig zijn.

4 Uitgangspunten

4.1 Veiligheidsklasse

Zettingsberekeningen

De zettingen zijn berekend voor de bruikbaarheidsgrenstoestand BGT. De karakteristieke waarden zijn daarom vermenigvuldigd met een factor 1,0.

Stabiliteitsberekeningen

De toetsing van de stabiliteit is voor dit project gesplitst in een toetsing ten aanzien van de regionale kering en de stabiliteit van het talud van het zanddepot langs de gasleiding en overige taluds van het zanddepot.

De toetsing van de stabiliteit van de regionale kering is tekstueel verwoord (zie hoofdstuk 5.1). Het opnemen van sterkteparameters hiervoor is daarom niet noodzakelijk.

Bij de beschouwing van de taluds van de zanddepots langs de gasleiding is uitgegaan van veiligheidsklasse RC2 (middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving). Voor de overige taluds van de zanddepots is een veiligheidsklasse RC1. Volgens de NEN 9997-1 dienen de partiële factoren volgens tabel 4.1 te worden toegepast op de representatieve waarden.

Tabel 4.1 Partiële factoren voor grondparameters algehele stabiliteit

Grondparameter	symbool	RC1	RC2
Hoek van inwendige wrijving [a]	$\gamma_{\varphi'}$	1,2	1,25
Effectieve cohesie	$\gamma_{c'}$	1,3	1,45
Ongedraineerde schuifsterkte	γ_{cu}	1,5	1,75
Volumiek gewicht	γ_{γ}	1,0	1,0

[a] *Deze factor heeft betrekking op de tan φ'*

Ongunstige veranderlijke belastingen dienen volgens tabel A.3 uit de NEN-9997-1 (ref. [3]) te worden vermenigvuldigd met de volgden partiële factoren:

RC1: 1,3 * 0,9 = 1,17.

RC2: 1,3.

4.2 Grondparameters

De van toepassing zijnde grondparameters zijn vastgesteld aan de hand van de sonderingen en tabel 2.b van NEN 9997-1 en gelden voor ongestoorde grond. De representatieve en rekenwaarden van de sterkteparameters zijn vermeld in tabel 4.2.

Tabel 4.2 Gehanteerde representatieve grondparameters (RC2)

Grondsoort	γ / γ_{sat} [kN/m^3]	φ' [°]	c' [kPa]	φ'_d [°]	c'_d [kPa]
Klei, sterk zandig, organisch	16,0 / 16,0	20,0	2,5	16,2	1,7
Zand, zwak siltig	18,0 / 20,0	27,0	0	22,2	0
Zand, matig vast	18,0 / 20,0	32,5	0	27,0	0
Depotzand (los)	17,0 / 19,0	30,0	0,5[a]	22,6	0,3

[a] *In zand is altijd een wel enige cohesie aanwezig door vocht en verkitting. Er is daarom gekozen om een minimale cohesie toe te passen.*

Hierin is: γ / γ_{sat} volumiek gewicht van resp. vochtige grond en verzadigde grond;
φ' effectieve hoek van inwendige wrijving;
c' effectieve cohesie;

In tabel 2.b in de NEN-9997-1 zijn voor de samendrukkingsparameters alleen de waarden geldend boven de grensspanning vermeld. In de praktijk wordt voor de waarden geldend beneden de grensspanning een factor 3 of 4 hoger aangehouden ten opzichte van de waarden geldend boven de grensspanning. Voor dit project is een factor 3 aangehouden omdat een lage waarde hogere zetting geeft. Voor de grondlagen is een lage waarde voor de OCR aangehouden van 1,2 (zie laatste alinea par. 3.5). De lage gemiddelde karakteristieke waarden voor de grondparameters zijn in tabel 2.2 beschreven.

Tabel 4.3 Karakteristieke samendrukkingsparameters

Grondsoort	γ / γ_{sat} [kN/m^3]	C_v [m^2/s]	C'_p [-]	C'_s [-]	OCR [-]
Zand, sterk organisch (toplaag)	16,0 / 18,0	n.v.t.	100	∞	1,2
Zand, los	17,0 / 19,0	n.v.t.	200	∞	1,2
Zand, matig vast	18,0 / 20,0	n.v.t.	600	∞	1,2
Zand, sterk siltig	18,0 / 20,0	n.v.t.	200	∞	1,2
Silt, sterk zandig	19,0 / 19,0	$1{\cdot}10^{-7}$	45	1.300	1,2
Klei, sterk zandig	18,0 / 18,0	$1{\cdot}10^{-6}$	25	320	1,2

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

Voor niet-grondsoorten en overige grondsoorten zijn de eigenschappen gebruikt zoals vermeld in tabel 4.4.

Tabel 4.4 Eigenschappen niet-grondsoorten

Materiaal	γ / γ_{sat} [kN/m^3]
Asfalt	25 / 25
Menggranulaat	19 / 21
Depotzand	17 / 19

4.3 Waterstanden

Het projectgebied ligt in een peilgebied met een streefpeil jaarrond van N.A.P. -0,30 m. De grondwaterstand zal als gevolg van seizoensinvloeden variëren. Binnen het peilgebied zijn geen grondwaterstandsmetingen voorhanden waaruit de grondwaterstandsvariatie is af te leiden. In de zettingsberekeningen is uit gegaan van een grondwaterstand van N.A.P. -0,30 m.

Het boezemwater heeft een streefpeil jaarrond van N.A.P. -0,25 m. Het maatgevend hoogwaterpeil (MHW) is volgende de opdrachtgever gelijk aan N.A.P. +2,18 m.

4.4 Autonome bodemdaling

Autonome bodemdaling is buiten beschouwing gelaten, omdat dit over het gehele gebied optreedt. Uit de bodemdalingskaart 2.0 blijkt dat de autonome bodemdaling globaal 1,0 mm/jaar bedraagt.

4.5 Bodemopbouw

Op basis van het verrichte grondonderzoek is de bodemopbouw per sondering geschematiseerd zoals weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 4.5 – Bodemopbouw per sondering (diepte bovenkant laag in m N.A.P.)

Grondsoort	DKM301	DKM302	DKM303	DKM304	DKM305	DKM306
Zand, sterk organisch (teelaardelaag)	+2,70	+0,88	+0,53	+2,60	+0,69	+0,51
Klei, sterk zandig	-	-	-	-	-	0,0
Zand, sterk siltig	+2,4	0,0	--	+2,3	-	-
Zand, matig vast	0,0	-0,2	-0,2		0,0	-
Zand, sterk siltig	-	-	-	-3,0	-	-
Zand, matig vast	-	-	-	-3,3	-	-
Silt, zwak zandig, slap	-	-	-	-3,6	-	-
Zand, matig vast	-	-	-	-3,9	-	-0,3
Zand, los	-	-	-	-	-2,3	-2,3
Silt, sterk zandig	-	-	-	-4,7	-4,4	-4,1
Zand, los	-2,9	-2,7	-2,9	-	-4,9	-4,6
Zand, matig vast	-6,5	-6,5	-6,7	-6,0	-7,1	-7,2

4.6 Terreinbelastingen

Zettingsberekeningen

In de zettingsberekeningen zijn geen (zeer) tijdelijke terreinbelastingen (aannemersmaterieel en overig verkeer) meegenomen omdat door het tijdelijke karakter de bijdrage aan de zettingen verwaarloosbaar is. In de zettingsberekeningen is de aanheling (grondaanvulling) en het zanddepot gemodelleerd als terreinbelasting. Aangenomen is dat het zanddepot en de aanheling 100% aanwezig zijn gedurende de gehele gebruiksperiode (worstcase benadering).

Stabiliteitsberekeningen

In de stabiliteitsberekeningen ten aanzien van de gasleiding is op het zanddepot een karakteristieke veranderlijke belasting meegenomen. Als voorbeeld is een 20 tons laadschop genomen met een laadgewicht van 6 ton. Bij afmetingen van 2,70 m bij 6,50 m wordt de terreinbelasting (20 + 6) / (2,70 x 6,50) = 1,48 ton/m². In de stabiliteitsberekening is een terreinbelasting meegenomen van afgerond 15 kN/m² met een breedte van 2,5 m op 0,5 m uit de bovenrand. De rekenwaarden van de belasting per veiligheidsklasse worden dan als volgt:

- Veiligheidsklasse RC1: 15 * 1,17 = 17,55 kN/m².
- Veiligheidsklasse RC2: 15 * 1,30 = 19,50 kN/m².

4.7 Berekeningsmethoden

De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met D-Settlement versie 21.2 met de rekenmethode volgens Koppejan in combinatie met het consolidatiemodel van Darcy.

De stabiliteitsberekeningen van de stabiliteit zijn uitgevoerd met D-Geo Stability versie 18.2, waarbij gebruik is gemaakt van de berekening volgens de lamellen-methode van Bishop.

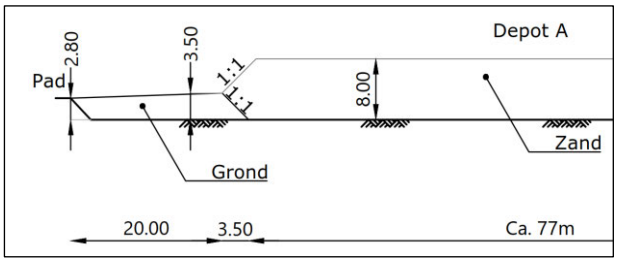
4.8 Eisen

De stabiliteitsfactor F_{min} dient bij gebruik van rekenwaarden tijdens de gebruiksfase $\geq$ 1,0 te zijn.

5 Toetsing faalmechanismen

5.1 Toetsing waterkering

Zanddepot A komt op een afstand van ca. 20 m uit de binnekruinlijn van de waterkering te liggen. De strook grond tussen de waterkering en het zanddepot wordt aangevuld met vrijkomende grond (aanheling). De grond wordt gewonnen door het ontgraven van de teelaardelaag ter plaatse van de zanddepots. De grond wordt opgehoogd bij de aansluiting op de waterkering opgehoogd tot de kruin (ca. N.A.P. +2,60 m tot N.A.P. +3,50 m bij de aansluiting op het zanddepot (zie figuur 5.1).



Figuur 5.1 Aansluiting zanddepot op waterkering.

Binnenwaartse taludstabiliteit

De grondslag binnendijks van de waterkering wordt aangevuld tot de kruin van de dijk. Er is dan geen talud meer. De binnenwaartse stabiliteit hoeft daarom niet te worden getoetst.

Buitenwaartse stabiliteit

Voor het buitentalud zijn er geen veranderingen waardoor de stabiliteit wordt beïnvloed. Omdat de kruin door de aanheling breder wordt zal bij een eventuele buitenwaartse afschuiving altijd de kerende hoogte aanwezig blijven, mede ook gezien dat de aanheling richting het zanddepot oploopt van N.A.P. +2,60 m naar +3,50 m. De buitenwaartse stabiliteit hoeft daarom niet te worden getoetst.

Piping

De strook grond aan de binnenzijde van de waterkering wordt opgehoogd. De ophoging van het terrein zal een positieve invloed hebben op het faalmechanisme piping. Piping behoeft daarom niet te worden getoetst.

Zetting van kruin

Het terrein aansluitend aan de dijk wordt 2,0 tot 3,0 m opgehoogd. Daardoor zal er in de ondergrond zetting optreden. Door spanningsspreiding zal ook onder de dijk zetting optreden. De dijk en de ondergrond onder de dijk bestaat voornamelijk uit zand of siltig zand met mogelijk enkele kleilaagjes. Omdat de ondergrond voornamelijk uit zand bestaat zal de zetting nihil zijn. De hoogteligging van de kruin van de dijk zal daardoor nauwelijks afnemen. Omdat de ondergrond voornamelijk uit zand bestaat, zal de eindzetting vrijwel onmiddellijk optreden. Het zanddepot met een maximale ophoging van ca. 8,0 m ligt op minimaal 20 m afstand van de dijk. Spanningsverhoging in de ondergrond zal, rekening houdend met een spreidingshoek van globaal 2:1 (V:H), pas op ca. 40 m onder de dijk optreden. Spanningsverhogingen op deze diepte zullen

relatief klein zijn. De zettingen zullen daardoor ook gering zijn. Om inzicht te verkrijgen in de zettingen zijn voor twee profielen zettingsberekeningen gemaakt. De eindzettingen zijn, hoewel het zanddepot er waarschijnlijk maar een jaar of 10 zal liggen, bepaald bij 10.000 dagen (ca. 27 jaar). Immers de eindzettingen zullen vrij snel optreden omdat het zand sterk drainerend is. De zettingen zijn bepaald voor de situatie dat het zanddepot steeds 100% gevuld is (worst case). De resultaten zijn samengevat in tabel 5.1.

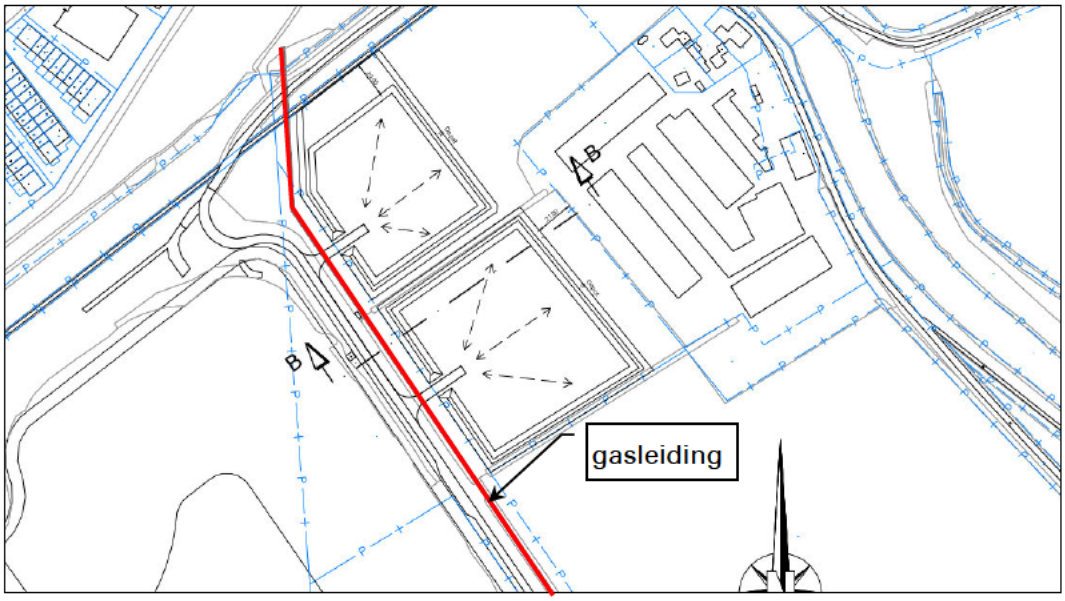
Tabel 5.1 Resultaten zettingsberekeningen

Profiel	Verticaal	Eindzetting [m]
Profiel A	1	0,000
	2	0,001
Profiel B	1	0,000
	2	0,001

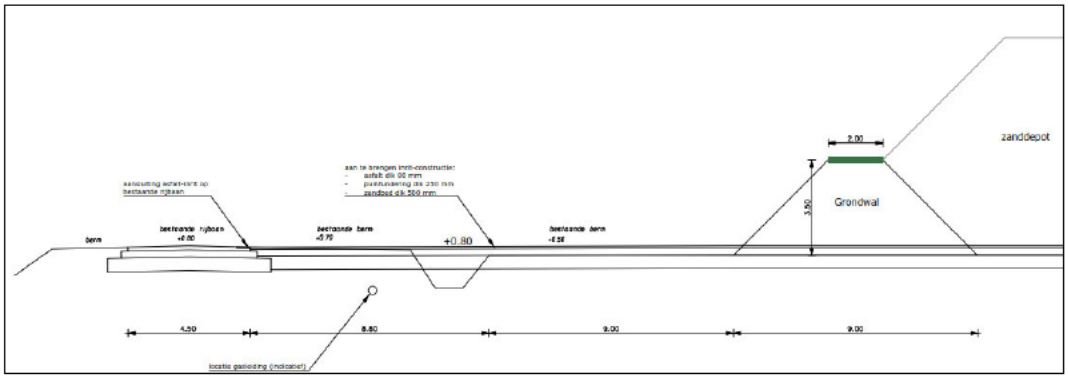
De berekende zettingen zijn 1 mm of minder. Conclusie is dat de aanheling en het zanddepot nauwelijks invloed hebben op de hoogte van de regionale waterkering.

5.2 Geotechnische invloed op de gasleiding

Langs de zuidwestzijde van de zanddepots loopt een gasleiding. De gasleiding heeft een diameter van ø150 mm (6") en heeft een dekking van 1,55 tot 1,80 m.



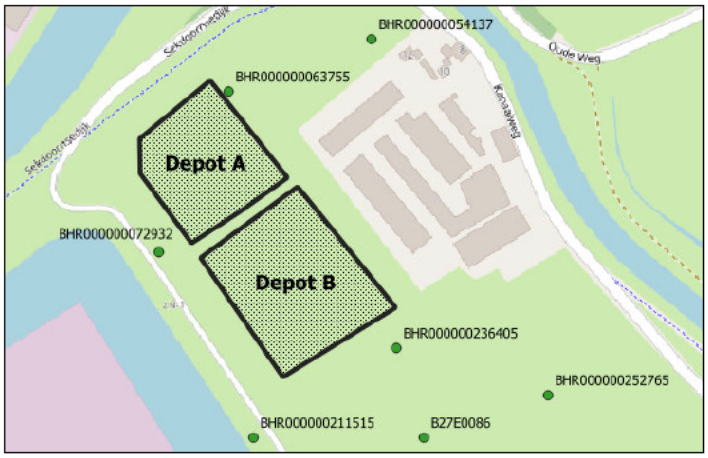
Figuur 5.2 Ligging gasleiding



Figuur 5.3 Doorsnede B-B

<u>Beschikbaar grondonderzoek</u>

Langs de zanddepots zijn 2 boringen beschikbaar uit Dinoloket: BHR000000072932 en BHR000000211515.



Figuur 5.4 Situatietekening met beschikbaar grondonderzoek uit Dinoloket

Deze boringen zijn uitgevoerd tot een diepte van 1,2 m-maaiveld. Voor de diepere bodemopbouw is gebruik gemaakt van boring B1 van project VN-43820 (Wiertsema & Partners). Deze boring is uitgevoerd tot een diepte van 24 m-maaiveld. Deze boring geeft echter geen ingang voor de sterkteparameters. Hiervoor zijn de sonderingen DKM303 en DKM306 gebruikt. Op basis van het beschikbare grondonderzoek is de bodemopbouw geïnterpreteerd als aangegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Schematisatie bodemopbouw t.b.v. gasleiding

Grondsoort	Diepte b.k. laag [m N.A.P.]
Klei, zandig, organisch (teelaardelaag)	+0,70
Zand, matig vast	+0,2
Zand, siltig	-2,3
Zand, matig vast	-7,0

Inventarisatie geotechnische risico's

Het zanddepot geeft de volgende risico's ten aanzien van de gasleiding:

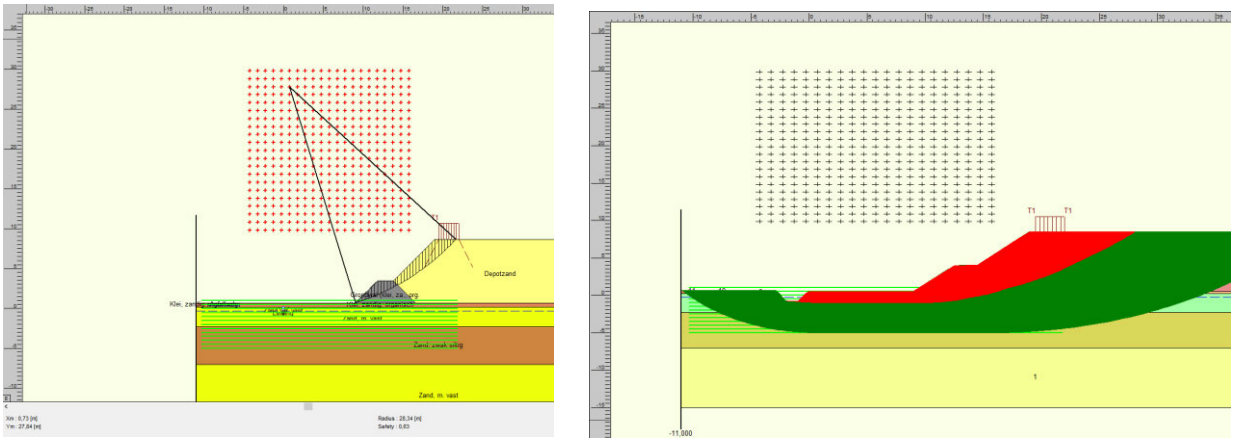
A. Instabiliteit door afschuiving. Door een afschuiving kan de gasleiding beschadigd raken.
B. Zetting. Door zetting zullen er extra spanningen in het leidingmateriaal ontstaan. Bij overschrijding van de toelaatbare spanning kan de leiding beschadigd raken.

Stabiliteit talud zanddepot

In het ontwerp is een talud getekend van 1:1. In de praktijk zal een talud 1:1 mogelijk zijn door schijnbare cohesie als gevolg van vocht in het zand en verkitting. De stabiliteit zal echter niet voldoen aan de normen. Er zal erosie ontstaan door neerslag, waardoor het talud zal verflauwen. Ook door droogte zal het zand een flauwere helling aannemen.

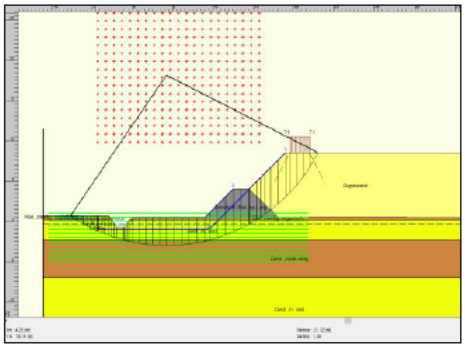
Voor het talud langs de gasleiding is een veiligheidsklasse RC2 gehanteerd.

In de volgende figuur is het afschuifvlak weergegeven bij een talud 1:1. Hierbij is uitgegaan van een minimale dikte van het afschuifvlak van 2,0 m. Dunnere afschuifvlakken worden gezien als microstabiliteit.



Figuur 5.5 Afschuifvlak met minimale stabiliteitsfactor (F_{min} = 0,63)

Conclusie is dat de taludstabiliteit niet voldoet aan de norm. De rechter figuur van figuur 5.5 laat zien dat een groot gedeelte van het talud instabiel is (rode vlak). De gasleiding ligt links van de sloot in het groene vlak dat stabiel is. Om de stabiliteit rondom de gasleiding te bepalen is een stabiliteitsberekening gemodelleerd waarbij het afschuifvlak door of onder de gasleiding door gaat (zie Figuur 5.6).



Figuur 5.6 Afschuifcirkel door of onder de gasleiding door ($F_{min} \geq 1,38$).

De minimale stabiliteitsfactor van 1,38 is ruim hoger dan 1,0. Conclusie is dat de taludstabiliteit ten aanzien van de gasleiding voldoende is. Er ontstaan daarom geen horizontale belastingen op de gasleiding.

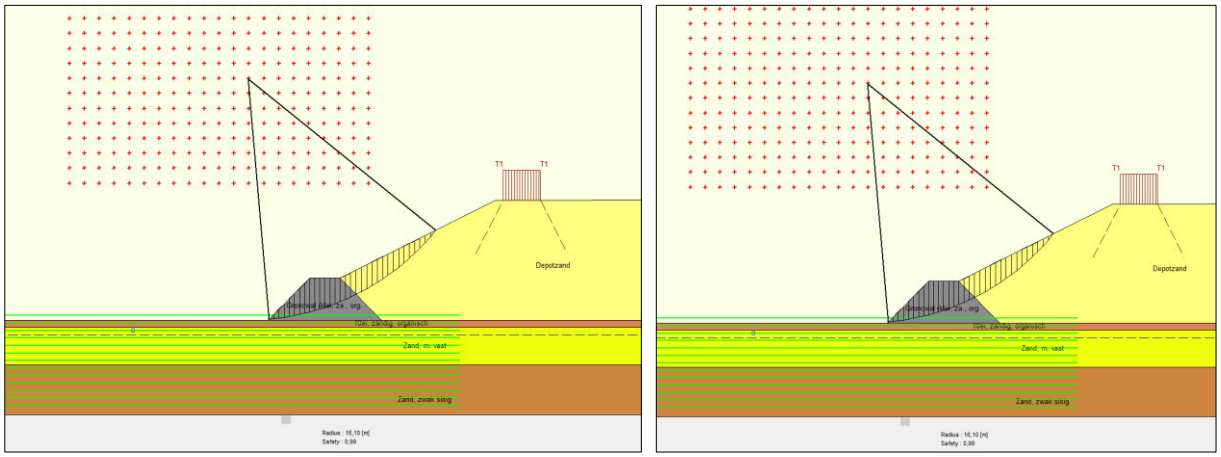
De stabiliteit van de taluds van het zanddepot voldoen niet aan de norm (zie figuur 5.5). Om de interne stabiliteit van de taluds van de zanddepots aan de norm te laten voldoen dient deze te worden verflauwd. De toetsing van de taludstabiliteit is ingedeeld in veiligheidsklasse RC1. In de volgende tabel zijn de resultaten van stabiliteitsberekeningen met het ontwerptalud en verflauwde taluds samengevat.

Tabel 5.3 Samenvatting resultaten van stabiliteitsberekeningen bij afnemende taludhelling

Taludhelling	F_{min} [-]	Voldoet? Fmin ≥ 1,0	Zie
1:1 (ontwerp)	0,72	Nee	
2:3	0,82	Nee	Figuur 5.7, links
1:2	0,99	Ja, vrijwel	Figuur 5.7, rechts

Conclusie is dat bij een taludhelling van 1:2 en flauwer de stabiliteitsfactor vrijwel voldoet aan de norm ($F_{min} \geq 1,0$).

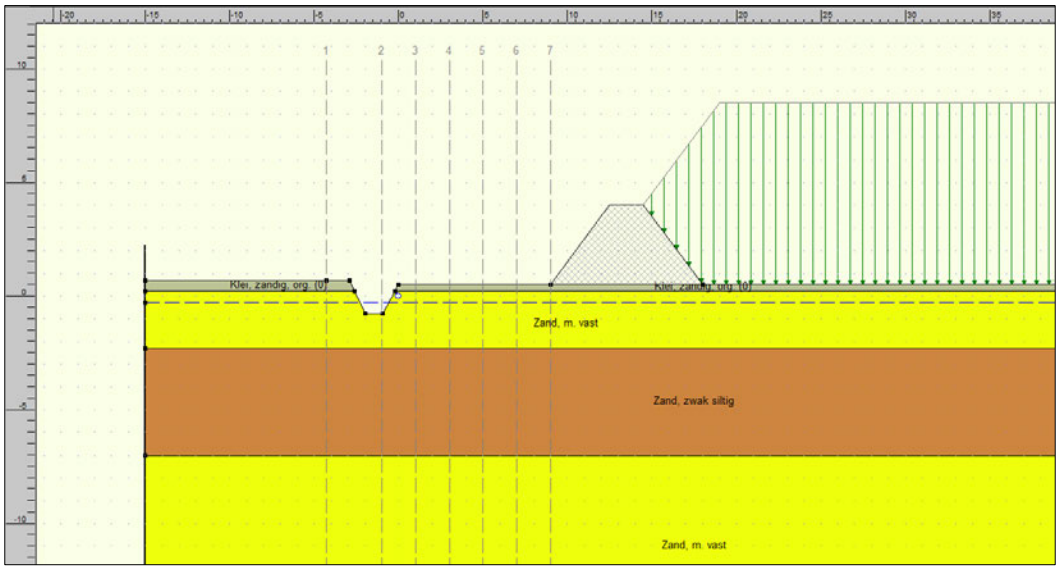
Opgemerkt moet worden dat bij een talud van 2:3 en flauwer de terreinbelasting geen invloed meer heeft op de stabiliteit. De terreinbelasting valt buiten de afschuifcirkel.



Figuur 5.7 Afschuifcirkel bij talud 2:3 (links, F_{min} = 0,86) en 1:2 (rechts, F_{min} = 0,99)

Zettingen als gevolg van zanddepot

Als gevolg van de belasting uit het zanddepot zal er zetting optreden onder het zanddepot. Door belastingspreiding zal er ook naast het zanddepot zetting optreden. De zetting zal met de afstand tot het zanddepot afnemen. De zettingen zijn bepaald voor een tiental verticalen. De verticalen hebben een h.o.h.-afstand van 1,0 m. In figuur 5.8 zijn de rekenverticalen weergegeven. Voor het zanddepot is aangehouden dat deze 100% van de tijd gevuld is.



Figuur 5.8 Dwarsprofiel met rekenverticalen

In tabel 5.4 zijn de zettingen per rekenverticaal samengevat.

Tabel 5.4 Zetting gasleiding

Verticaal	Afstand tot teen van grondwal [m]	Zetting [mm]	Opmerking
1	13,3	0	Gasleiding
2	10	0	Sloot
3	8	0	
4	6	0	
5	4	1	
6	2	1	
7	0	7	Teen zanddepot

Conclusie is dat de zettingen op een afstand groter dan 2 m verwaarloosbaar klein zijn en dat het zanddepot bij een afstand tot de teen van de grondwal groter dan 2 m geen invloed heeft op de gasleiding.

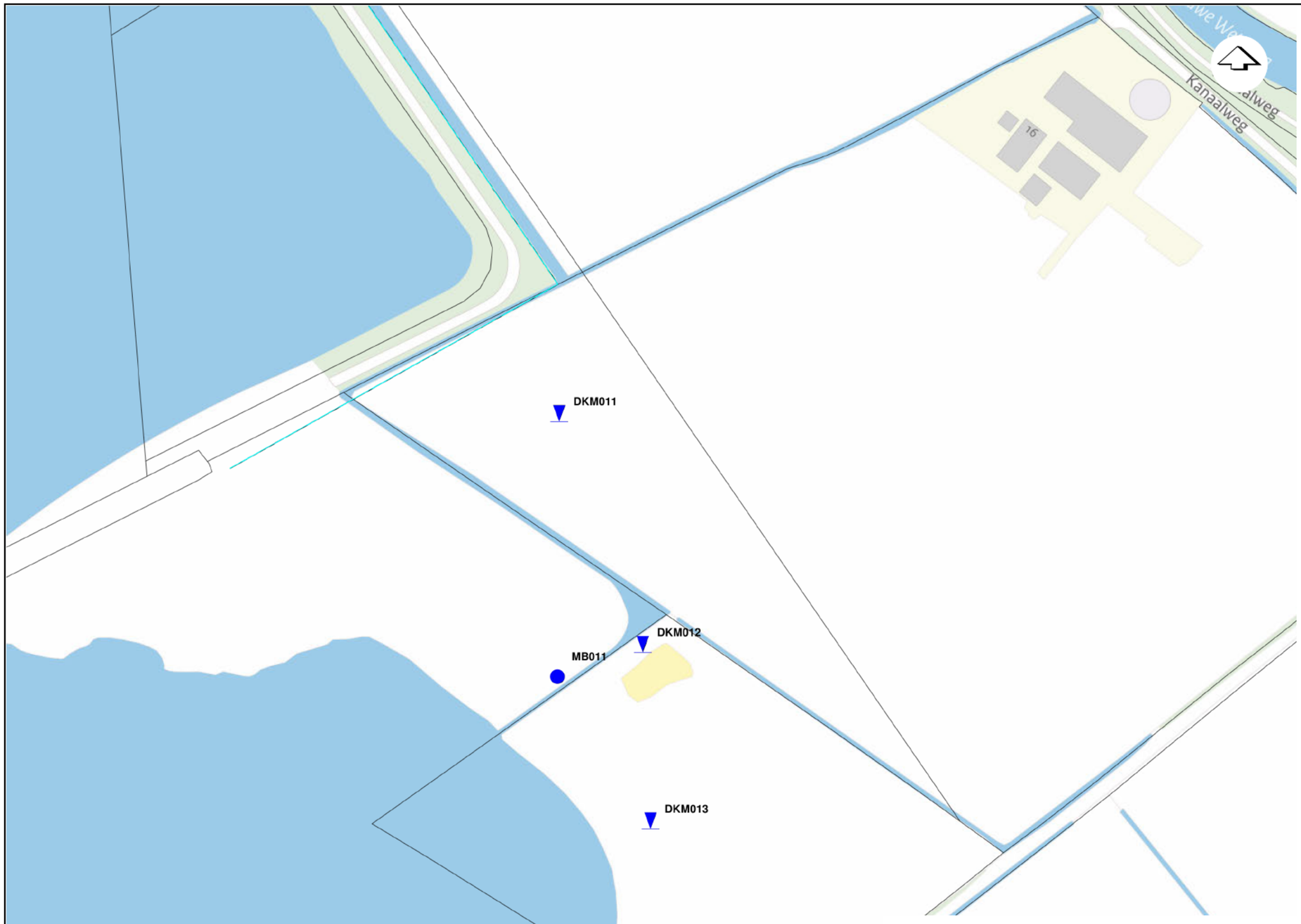
6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Op basis van de uitgangspunten zoals vermeld in hoofdstuk 4 en de resultaten uit de zettings- en stabiliteitsberekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De aanleg van de aanheling en het zanddepot aan de binnenzijde van de waterkering hebben geen negatief effect op de stabiliteit van de waterkering.
2. Door de aanleg van de aanheling en het zanddepot aan de binnenzijde van de waterkering zal de hoogteligging van de nauwelijks of niet lager worden. De berekende zetting is kleiner of gelijk aan 1 mm (autonome maaivelddaling is niet meegenomen).
3. De aanheling heeft een positief effect op het risico op piping (het risico wordt kleiner dan in de huidige situatie.
4. De taludstabiliteit ten aanzien van de gasleiding is voldoende met een stabiliteitsfactor F_{min} van 1,38.
5. De stabiliteit bij het ontwerptalud van 1:1 van het zanddepot is onvoldoende (f_{min} = 0,72).
6. Om de taludstabiliteit te laten voldoen aan de norm van $F_{min} \geq 1{,}0$ dient een talud van 1:2 of flauwer te worden toegepast. In de praktijk blijkt dat er tijdelijk zeer steile taluds (1:1 of zelfs steiler) mogelijk zijn in zand als gevolg van aanwezig vocht en door verkitting. Bij langdurig liggende taluds is het niet uitgesloten dat het vocht verdwijnt en het talud alsnog afschuift.
7. Bij een afstand van de gasleiding tot de teen van de gronddam groter of gelijk aan 2 m is de zetting van de gasleiding verwaarloosbaar klein.

Bijlage 1



Type	Uitvoering
DKM (Kleefmeting)	Uitgevoerd door W&P
MB (Mechanische boring 14688)	Uitgevoerd door W&P

Naam	X [m]	Y [m]	Z [m NAP]
DKM011	206579.8	499786.6	0.13
DKM012	206618.6	499679.5	0.64
DKM013	206622.1	499597.6	0.23
MB011	206578.9	499668.3	1.61

situatietekening

Uitbreiding Zandwinning Sekdoorn te Zwolle

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

	Datum: 02.11.22	Gew:
	Getekend: MHEE	Gew:
	Schaal: 1:2000	Gew:
	Formaat: A3	Gew:
Blad: 1 van 1	Opdracht: VN-82735-1	

0 20 40 60m

AKKOORD GEO