

# **Uitbreiding Botjeszandgat**

**grondonderzoek en baggerplan**



# Uitbreiding Botjeszandgat

grondonderzoek en baggerplan



1205035-000

**Titel**

Uitbreiding Botjeszandgat

**Opdrachtgever**  
Grontmij

**Project**  
1205035-000

**Kenmerk**  
1205035-000-GEO-0007

**Pagina's**  
51

**Trefwoorden**

zandwinning, oeverstabiliteit

**Samenvatting**

BV Zand- en Grinthandel v/h Rijks en Zn. te Gieten is voornemens een nieuwe ontgrondingsvergunning aan te vragen bij de Provincie Groningen voor de zandwinning Botjeszandgat. Het plan is de zandwinning uit te breiden in de noordoever, waar in 2009 een oeverinscharing is opgetreden, zie Deltares / Van 't Hoff, 2009. Tevens is het plan de zandwinning te verdiepen aan de zuidzijde van de concessie, door perceel ZB F 23 toe te voegen aan de onder water gelegen grens met de voormalige zandwinning in het zuidelijk deel.

Grontmij heeft Deltares gevraagd om in het kader van het vergunningtraject op basis van stabiliteitsberekeningen aan te geven welk ontwerp voor het nieuwe talud aangehouden dient te worden en een baggerplan op te stellen.

Door Geoplus is op basis van de aanbevelingen zoals vermeld in Deltares / Van 't Hoff, 2009 een nieuwe voorlopige ontwerptekening gemaakt met de inpeilingen van 2009. In het voorliggende rapport wordt dit voorlopige ontwerp getoetst op basis van het nieuwe grondonderzoek uitgevoerd door Grontmij en Wiertsema & Partners en waar nodig worden aanpassingen aanbevolen. Tevens worden aanbevelingen gegeven ten aanzien van de uitvoering en monitoring van de zandwinwerkzaamheden, nodig om de veiligheid van de oevers zoveel mogelijk te kunnen garanderen conform de richtlijnen in Aanbeveling CUR 113.

**Referenties**

zie hoofdstuk referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	sep. 2011						

**Status**

definitief

## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Uitbreiding noordzijde	1
1.2 Verdieping zuidzijde	1
1.3 Algemeen	2
<b>2 Grondonderzoek</b>	<b>4</b>
2.1 Boringen	4
2.1.1 Bestaande boringen	4
2.1.2 Geologie	6
2.1.3 Uitgevoerde boringen	7
2.2 Sonderingen	15
2.2.1 Noordzijde	15
2.2.2 Zuidzijde	15
<b>3 Stabiliteitsberekeningen</b>	<b>16</b>
3.1 Uitwerking sonderingen, verwekingsvloeiing en afschuiving	16
3.1.1 Inleiding	16
3.1.2 Afschuiving - noordzijde	16
3.1.3 Afschuiving – zuidzijde	16
3.1.4 Verwekingsvloeiing – noordelijke talud	17
3.1.5 Verwekingsvloeiing – zuidelijk gedeelte	19
3.2 Uitwerking boringen, bresvloeiing	21
3.2.1 Eenvoudige analyse, Noordzijde	21
3.2.2 Gedetailleerde analyse, Noordzijde	21
3.2.3 Eenvoudige analyse, zuidzijde	24
3.3 Randstrook en veiligheidszones	24
<b>4 Baggerplan</b>	<b>26</b>
4.1 Principe werkwijze beheerste zandwinning	26
4.2 Monitoring	26
4.3 Dwarsprofielen	27
<b>5 Conclusies en Aanbevelingen</b>	<b>29</b>
5.1 Conclusies	29
5.2 Aanbevelingen	29
<b>6 Referenties</b>	<b>31</b>

### Bijlagen 3.1 t/m 3.4

# 1 Inleiding

## 1.1 Uitbreiding noordzijde

In april 2009 is in de noordzijde van de zandwinning Botjeszandgat te Zuidbroek een oeverinscharing opgetreden. Naar aanleiding daarvan is door Deltares en Van 't Hoff Consultancy in opdracht van BV Zand- en Grinhandel v/h Rijks en Zn. te Gieten, een onderzoek uitgevoerd naar de oorzaken en een herstelplan geschreven. In plaats van het herstellen van de oever bestaat thans het plan om het perceel waarin de inscharing heeft plaatsgevonden bij de zandwinning te betrekken. Grontmij heeft Deltares gevraagd om in het kader van het vergunningstraject op basis van een stabiliteitsberekening aan te geven welke helling voor het nieuwe talud aangehouden dient te worden en een baggerplan op te stellen. Tevens is Deltares gevraagd advies te geven ten aanzien van het uit te voeren grondonderzoek.

Deltares heeft vervolgens een offerte opgesteld voor advies over het grondonderzoek en het baggerplan voor de noordelijke uitbreiding van zandwinning het Botjeszandgat te Zuidbroek, met kenmerk 1205035-000-GEO-0001 van 30 mei 2011. De aangeboden werkzaamheden omvatten:

- 1 begeleiding bij de bepaling van locaties en diepte van het uit te voeren grondonderzoek, het aangeven van de benodigde bemonstering uit de boringen en de uit te voeren laboratoriumproeven op de grondmonsters,
- 2 interpretatie van het beschikbare en nieuw uitgevoerde grond- en laboratoriumonderzoek,
- 3 uitvoeren van stabiliteitsberekeningen ter bepaling van de taludhelling die maximaal toelaatbaar is, voor zowel de uitvoerings- als gebruiksfase,
- 4 opstellen van een baggerplan, d.w.z. het aangeven van de werkmethode conform CUR113,
- 5 rapportage.

Op basis van het grondonderzoek wordt gekeken naar de aanwezigheid van losgepakte lagen, stoorlagen en op basis van de boringen en de korrelgrootteverdeling van de monsters ook naar de erosiegevoeligheid. De stabiliteit tijdens de uitvoeringsfase hangt mede af van de wijze van baggeren, daarom is het baggerplan ook onderdeel van het advies. Daarbij wordt opgemerkt dat Deltares geen technische details uitwerkt, dat wordt doorgaans door de aannemer gedaan op basis van onze aanbevelingen. Een eerste opzet voor het ontwerp is gegeven in de Toelichting op de tekeningen van GeoPlus, met ontwerp inclusief uitbreiding noord en zuid met nieuwe voorschriften, 6 juni 2011.

## 1.2 Verdieping zuidzijde

In overleg is ook een vraagstelling naar voren gekomen over de mogelijke verdieping van de zandwinning aan de zuidzijde van de concessie van BV Zand- en Grinhandel v/h Rijks en Zn., het onderwatertalud gelegen in het perceel ZB F 23. In het nieuwe ontwerp zijn alleen de eigendommen van BV Zand- en Grinhandel v/h Rijks en Zn. weergegeven, daarin betreft dit het meest zuidelijke perceel dat van zuid naar noord verloopt van circa NAP -25 m naar NAP -43,35 m, daarnaast heeft het oever aan de west- en oostzijde. Hiervoor zijn behalve aanvullend grondonderzoek ook peilingen nodig van de gehele put inclusief het zuidelijk deel,

dwarsprofielen om de 50 m, ook van het onderwatertalud en verschilkaarten. Deltares heeft een aanvullende offerte opgesteld voor de zuidelijke verdieping van zandwinput, met kenmerk 1205035-000-GEO-0002 van 15 juni 2011.

De werkzaamheden voor de zuidzijde bestaan uit:

- 1 bepaling benodigd aanvullend grondonderzoek (sonderingen en/of boringen, locaties, diepte, aanvullend lab-onderzoek)
- 2 interpretatie aanvullend grondonderzoek en waar nodig stabiliteitsberekeningen conform CUR 113
- 3 interpretatie peilingen door GeoPlus en analyse dwarsprofielen van de bestaande taluds,
- 4 opstellen baggerplan (of: aanbevelingen daartoe) op basis van dwarsprofielen voor het perceel ZB F 23).

Per inkoopopdracht met nummer 201108509 van Grontmij Nederland BV te De Bilt, van 23 juni 2011, heeft Deltares opdracht ontvangen voor de hierboven omschreven werkzaamheden.

Alle werkzaamheden van Deltares zijn in het voorliggende rapport vastgelegd.

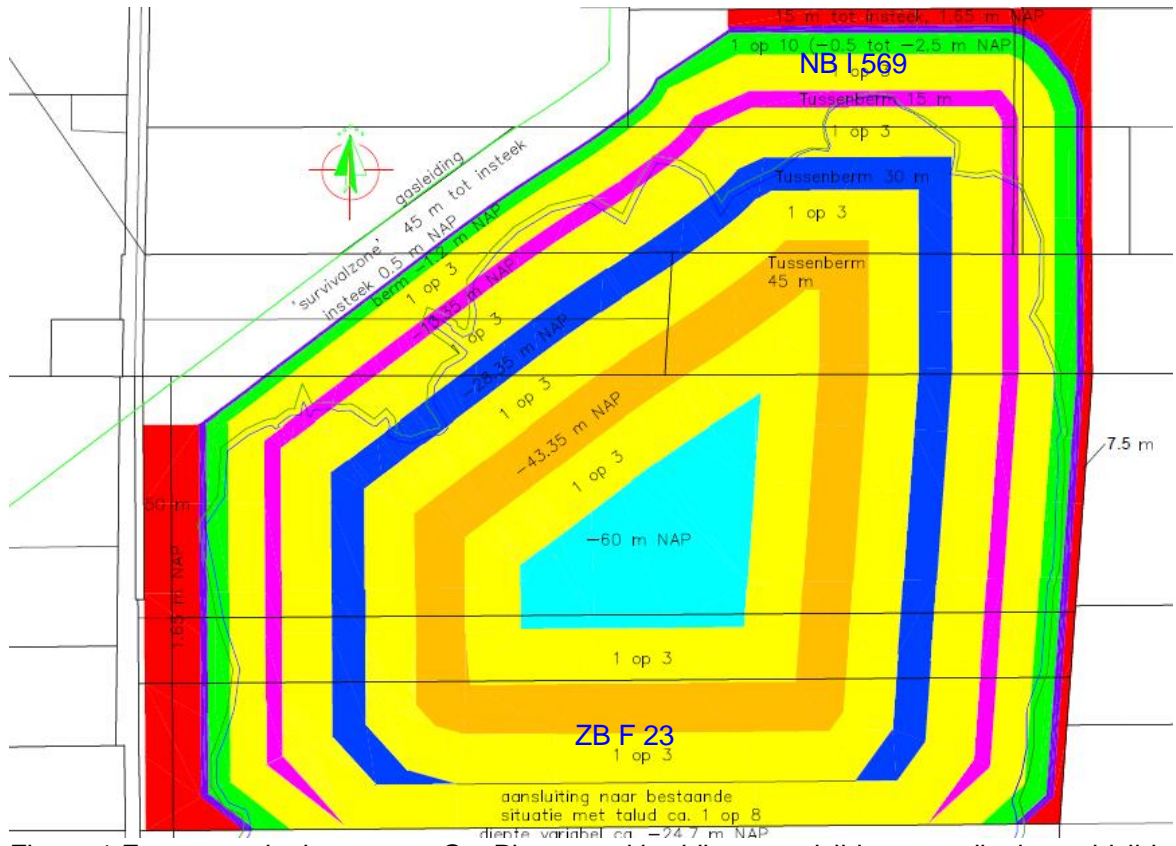
### 1.3 Algemeen

In Deltares / Van 't Hoff, 2009 is geconcludeerd dat de huidige vergunning (van 2004) onvoldoende zekerheid biedt voor de oeverveiligheid en bovendien dat de werkwijze van de zandwinning moet worden aangepast conform CUR 113. Er wordt een aanbeveling gegeven voor de werkwijze bij de verdere zandwinning in de gehele put, op basis van de in te peilen dwarsprofielen van de bestaande onder-watertaluds.

Omdat feitelijk een nieuwe ontgrondingsvergunning wordt aangevraagd voor de gehele put, inclusief uitbreiding in percelen aan de noord- en zuidzijde, maar ook inclusief de bestaande vergunde percelen aan oost-, west-, en noord-westzijde, is in overleg met Grontmij en de exploitant BV Zand- en Grinhandel v/h Rijks en Zn. afgesproken dat het grondonderzoek wordt uitgebreid, zodat een onderbouwd advies voor een nieuwe ontgrondingsvergunning kan worden gegeven voor de gehele put. Dit grondonderzoek is uitgevoerd door Wiertsema & Partners en Grontmij.

Door Geoplus zijn de aanbevelingen zoals vermeld in Deltares / Van 't Hoff, 2009, conform CUR 113 (Eenvoudig), vertaald naar een nieuw voorlopig ontwerp, zie figuur 1, gebaseerd op de inpeilingen van 2009. Door Geoplus zijn hiervoor bovendien dwarsprofielen langs de gehele omtrek van de plas om de 50 m aangemaakt, inclusief de zuidoever die niet bij de concessie van BV Zand- en Grinhandel v/h Rijks en Zn. behoort en waar in 1997 uitgebreide herstelwerkzaamheden zijn uitgevoerd na een oeverinscharing nabij de aardgas-transportleiding. Sinds de oeverinscharing van 2009 in de noordoostzijde zijn er geen werkzaamheden meer uitgevoerd in de plas. De inpeilingen van Geoplus van 2009 zijn daarom niet opnieuw uitgevoerd.

In dit rapport wordt het voorlopig ontwerp onderbouwd en waar nodig c.q. mogelijk aangepast op basis van het grondonderzoek en de richtlijnen CUR 113 ten behoeve van een nieuwe ontgrondingsvergunning.



Figuur 1 Eerste voorlopig ontwerp GeoPlus met uitbreiding noordzijde en verdieping zuidzijde (versie 6 juni 2011). In blauw toegevoegd perceelnamen noordelijke en zuidelijke uitbreiding

## 2 Grondonderzoek

### 2.1 Boringen

#### 2.1.1 Bestaande boringen

Er is eerst een inventarisatie gedaan naar het reeds beschikbare grondonderzoek (boringen en sonderingen) voor de locatie Botjeszandgat.

##### 2.1.1.1 Noordzijde

Boringen van de RGD (Rijks Geologische Dienst) zijn raadpleegbaar in Dinoloket, een database van TNO-Deltares waarmee het openbaar beschikbare grondonderzoek in Nederland on-line opvraagbaar is. Relevante gegevens zijn vermeld in onderstaande tabellen, voor locaties zie figuur 2. Het algemene beeld is afwisselend fijn zand en grovere lagen, met leemlagen. Zie ook figuur 3, de geologische kaart, uit Geodelft, 1996.

<b>B07 H0101</b>	<b>NITG nummer</b>
1.24 m + NAP	maaiveld
1 mei 1985	datum
0 tot 1 m – MV	veen, zand humeus
1 tot 2.5 m – MV	leem
2.5 tot 6.5 m – MV	uiterst grof zand, grindig
6.5 tot 21.7 m – MV	matig tot zeer fijn zand

<b>B07 H0109</b>	<b>NITG nummer</b>
1.73 m + NAP	maaiveld
27 mei 1987	datum
0 tot 18.8 m – MV	matig tot zeer fijn zand, zwak tot sterk siltig
18.8 tot 25 m – MV	leem

<b>B07 H0106</b>	<b>NITG nummer</b>
1.71 m + NAP	maaiveld
1 mei 1985	datum
0 tot 20 m – MV	matig tot zeer fijn zand
20 tot 25 m – MV	zeer fijn zand, zwak grindig





Figuur 2 Boringen omgeving Botjeszandgat beschikbaar in DINO loket database (luchtfoto 2005)

### 2.1.1.2 Zuidzijde

1 diepe boring H0092 tot 54 m

B07 H0092	NITG nummer
1.70 m + NAP	maaiveld
28 februari 1975	datum
0 tot 3.8 m – MV	veen, zand, leem
3.8 tot 7.2 m – MV	zand, fijn tot zeer grof
7.2 tot 9.6 m – MV	zand, fijn
9.6 tot 50.4 m – MV	zand, grof tot zeer grof, grindig
50.4 tot 54 m – MV	zand, fijn

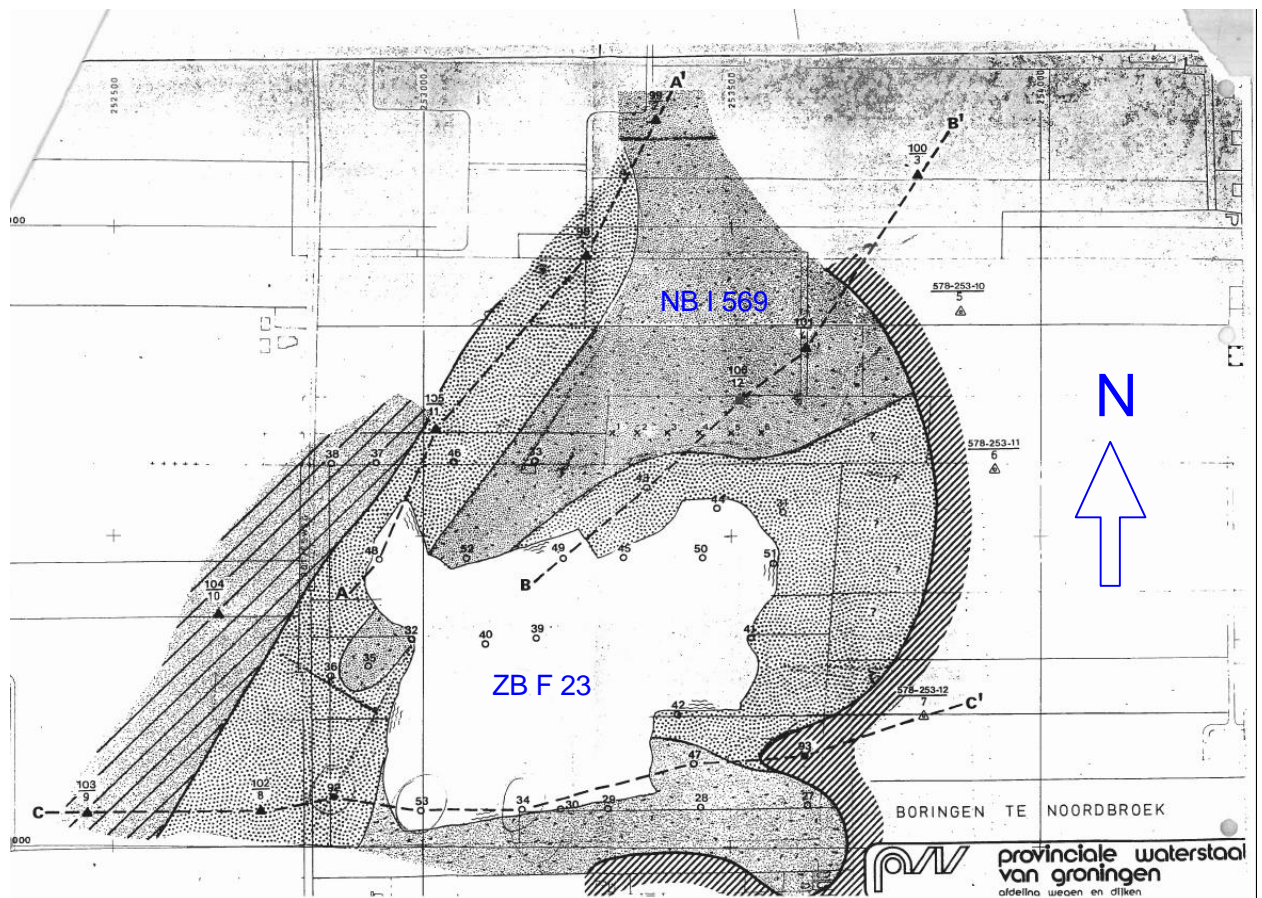
<b>B07 H0093</b>	<b>NITG nummer</b>
2.83 m + NAP	maaiveld
24 februari 1975	datum
0 tot 3.4 m – MV	zand, fijn
3.4 tot 4.8 m – MV	leem
4.8 tot 12.2 m – MV	zand, matig grof tot zeer grof
12.2 tot 28.5 m – MV	zand, zeer fijn zwak tot sterk siltig

<b>B07 H0041</b>	<b>NITG nummer</b>
3.20 m + NAP	maaiveld
1-1 1969	datum
0 tot 2.5 m – MV	zand, matig fijn
2.5 tot 12.4 m – MV	zand, matig grof tot zeer grof
12.4 tot 16.4 m – MV	zand, matig fijn
16.4 tot 19.7 m – MV	zand, matig grof tot zeer grof, leemlaagje
19.7 tot 24.9 m – MV	zand, matig fijn

De boringen in het midden van het perceel (32, 39, 40) zijn niet diep genoeg (maximaal tot 24 m – NAP) en dus niet meer relevant, omdat dit zand thans al is ontgraven.

### 2.1.2 Geologie

De zandafzettingen bestaan uit riviergeulen (grof zand) en windafzettingen (fijn zand met leemlagen), zie figuur 3. In de geologische kaart zijn de profielen CC' en BB' aangegeven. Deze geologische profielen zijn interessant voor de uitbreiding aan de Noordzijde, hoewel de diepte maximaal 25 m is en thans het meeste zand al is gewonnen.



Figuur 3 Geologische kaart omgeving Botjeszandgat (ca. 1985). In blauw toegevoegd kompas en percelen noordelijke en zuidelijke uitbreiding

### 2.1.3 Uitgevoerde boringen

#### 2.1.3.1 Noordzijde

Ten behoeve van de ontgrondingsvergunning voor de uitbreiding aan de noordzijde zijn nieuwe boringen uitgevoerd door Grontmij, rapport mei 2011, in perceel NB I 569, zie tekening Botjeszandgat nummer 01110432, 2011. In deze paragraaf worden de resultaten van deze boringen uitgewerkt en geanalyseerd ten behoeve van de stabiliteitsbeschouwingen. Deze boringen zijn tot grote diepte doorgezet (50 m). Dit is van belang vanwege de beoogde diepte van de zandwinning.

De verdeling van fijn zand over de diepte en ook de evt. aanwezigheid van stoorlagen is van belang om de stabiliteit van de onderwatertaluds te toetsen ten aanzien van het mechanisme bresvloeiing, conform CUR 113.

Boring B06 (bij sondering DKP-6) X 253546,02 Y 578866,1  
Boorbeschrijving

diepte van	tot	laagdikte	Beschrijving
m + NAP	m + NAP	m	
+0.786			Maaiveld
+0.79	-0.01	0.8	zand uiterst fijn, kleilig
-0.01	-1.21	1.2	zand matig grof
-1.21	-5.21	4.0	zand matig grof, zwak grindig
-5.21	-9.21	4.0	zand zeer fijn, zwak siltig
-9.21	-17.21	8.0	zand zeer fijn, zwak siltig
-17.21	-19.21	2.0	zand zeer fijn, zwak siltig
-19.21	-23.21	4.0	zand zeer fijn, laagjes leem
-23.21	-49.21	26.0	zand zeer fijn, zwak siltig
Totaal		50.0	

Monsters Boring B06  
uitwerking zeefanalyses Grontmij 16-06-2011

Monster #	diepte van	tot	Mediaan M50	siltgehalte %<63 µm	Beschrijving (op basis mediaan)
	m + NAP	m + NAP	µm	%	
6-3	-2.2	-3.2	245	1.8	matig grof, zwak siltig
6-5	-4.2	-5.2	249	5.9	matig grof, zwak siltig
6-6	-5.2	-6.2	206	7.7	matig fijn, zwak siltig
6-8	-7.2	-8.2	150	5.2	zeer fijn, zwak siltig
6-12	-11.2	-12.2	127	4.4	zeer fijn, zwak siltig
6-15	-14.2	-15.2	112	6.9	zeer fijn, zwak siltig
6-18	-17.2	-18.2	116	8.1	zeer fijn, zwak siltig
6-21	-20.2	-21.2	120	13.5	zeer fijn, matig siltig
6-23	-22.2	-23.2	118	9.2	zeer fijn, zwak siltig
6-24	-23.2	-24.2	113	14.1	zeer fijn, matig siltig
6-27	-26.2	-27.2	115	16.7	zeer fijn, matig siltig
6-30	-29.2	-30.2	107	18.3	zeer fijn, matig siltig
6-33	-32.2	-33.2	117	8.6	zeer fijn, zwak siltig
6-36	-35.2	-36.2	105	17.0	uiterst fijn, matig siltig
6-39	-38.2	-39.2	114	11.2	zeer fijn, matig siltig
6-46	-45.2	-46.2	120	5.6	zeer fijn, zwak siltig
6-49	-48.2	-49.2	109	10.7	zeer fijn, matig siltig

Boring B04 (bij sondering DKP-4) X 253346,16 Y 578866,15  
Boorbeschrijving

diepte van	tot	laag dikte	Beschrijving
m + NAP	m + NAP	m	
+1.176			maaiveld
+1.18	-1.82	3.0	zeer fijn
-1.82	-16.82	15.0	zeer fijn
-16.82	-20.82	4.0	matig fijn
-20.82	-22.82	2.0	zeer fijn
-22.82	-23.82	1.0	zeer fijn, laagjes leem
-23.82	-26.82	3.0	zeer fijn, laagjes leem
-26.82	-28.82	2.0	matig fijn, leembandjes
-28.82	-29.82	1.0	matig fijn
-29.82	-31.82	2.0	matig grof, zwak grindig
-31.82	-32.82	1.0	matig grof, zwak grindig
-32.82	-33.82	1.0	zeer grof, matig grindig
-33.82	-35.82	2.0	zeer grof, matig grindig
-35.82	-37.82	2.0	zeer grof, matig grindig
-37.82	-45.82	8.0	zeer grof, matig grindig
-45.82	-48.82	3.0	matig grof, zwak grindig
Totaal		50.0	

Monsters Boring B04, uitwerking zeefanalyses Grontmij 21-06-2011

Monster #	diepte van	tot	Mediaan M50	siltgehalte %<63 µm	Beschrijving (op basis mediaan)
	m + NAP	m + NAP	µm	%	
4-5	-2.8	-3.8	112	13.8	zeer fijn, matig siltig
4-8	-5.8	-6.8	107	14.9	zeer fijn, matig siltig
4-12	-9.8	-10.8	125	4.9	zeer fijn, zwak siltig
4-16	-13.8	-14.8	119	4.6	zeer fijn, zwak siltig
4-18	-15.8	-16.8	125	3.8	zeer fijn, zwak siltig
4-19	-16.8	-17.8	124	11.3	zeer fijn, matig siltig
4-21	-18.8	-19.8	122	18.8	zeer fijn, matig siltig
4-23	-20.8	-21.8	106	25.6	zeer fijn, sterk siltig
4-25	-22.8	-23.8	104	47.5	uiterst fijn, sterk siltig
4-27	-24.8	-25.8	116	26.6	zeer fijn, sterk siltig
4-28	-25.8	-26.8	113	34.5	zeer fijn, sterk siltig
4-30	-27.8	-28.8	134	23.8	zeer fijn, sterk siltig
4-32	-29.8	-30.8	277	6.5	matig grof, zwak siltig
4-34	-31.8	-32.8	250	9.0	matig grof, zwak siltig
4-35	-32.8	-33.8	265	4.9	matig grof, zwak siltig
4-37	-34.8	-35.8	333	1.5	zeer grof, zwak siltig
4-39	-36.8	-37.8	406	1.1	zeer grof, zwak siltig
4-41	-38.8	-39.8	320	1.0	zeer grof, zwak siltig
4-44	-41.8	-42.8	524	0.7	uiterst grof, zwak siltig
4-47	-44.8	-45.8	336	0.9	zeer grof, zwak siltig
4-48	-45.8	-46.8	213	3.3	matig grof, zwak siltig
4-50	-47.8	-48.8	311	2.2	zeer grof, zwak siltig

Ter plaatse van Boring 4 wordt dus wel grof zand en grind aangetroffen, op een diepte onder 30 m - NAP en in boring 6 vrijwel niet. Bij boring 6 is over vrijwel de hele diepte de mediane korreldiameter kleiner dan 200  $\mu\text{m}$ . Er worden echter geen kleilagen aangetroffen. In de figuren 4a en b zijn de mediane korreldiameter en het siltgehalte als functies van de diepte weergegeven.

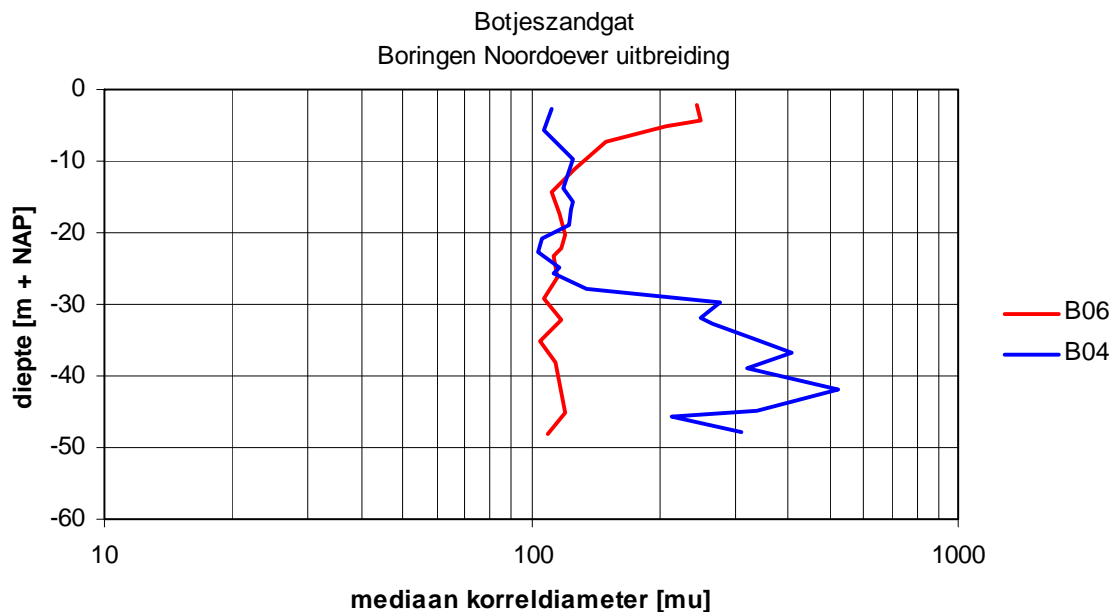


Fig. 4a Mediane korreldiameter als functie van de diepte

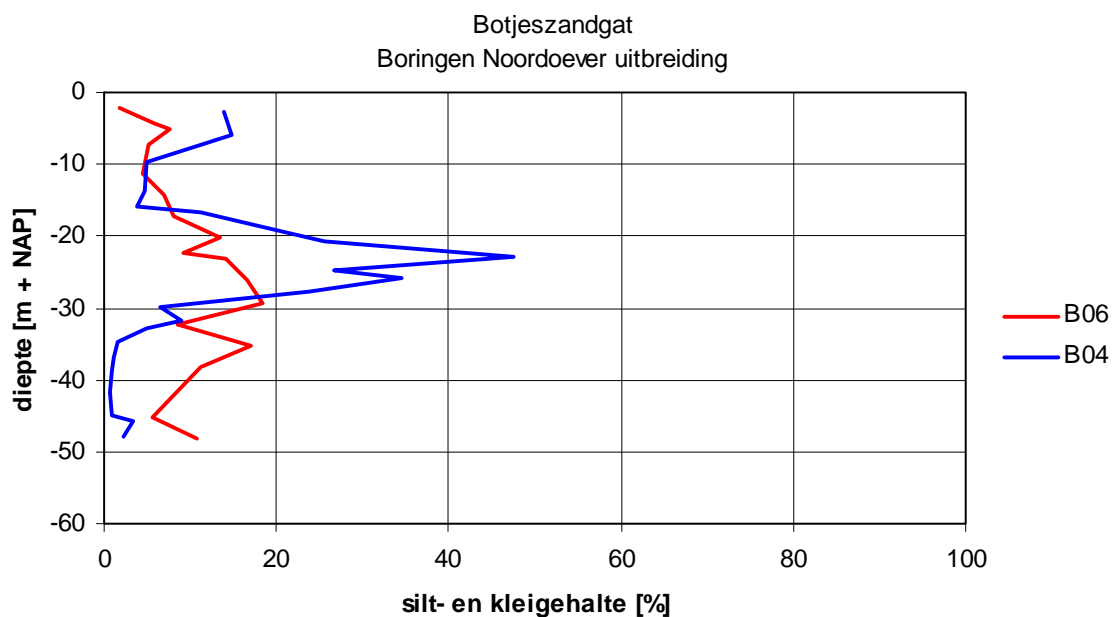


Fig. 4b Silt- en kleigehalte als functie van de diepte

## 2.1.3.2 Zuidzijde

Ten behoeve van de ontgrondingsvergunning voor de verdieping aan de zuidzijde in het perceel ZB F23, dat thans reeds tot een diepte van ongeveer 25 m - NAP is ontgraven, is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd vanaf het water door Wiertsema & Partners, zie rapport Resultaten grondonderzoek, VN 54056, 2011, zie ook tekening Botjeszandgat nummer 01110432, Grontmij, 2011 met een overzicht van het uitgevoerde grondonderzoek. Door Grontmij is het laboratoriumonderzoek uitgevoerd. In deze paragraaf worden de resultaten van de boringen het laboratoriumonderzoek uitgewerkt en geanalyseerd ten behoeve van de stabiliteitsbeschouwingen en een beoordeling van de kwaliteit van het te winnen zand.

Boring B-1 Wiertsema&Partners (bij sondering DKM-2), 19-7-2011  
Boorbeschrijving

diepte van	tot	laagdikte	Beschrijving
m + NAP	m + NAP	m	
-1.0	-25.5	24.5	Water
-25.5	-29.3	3.8	Klei, uiterst siltig
-29.3	-30.6	1.3	Klei, sterk siltig, zandlagen
-30.6	-32.8	2.2	Matig fijn zand, zwak kleiig
-32.8	-34.4	1.6	Zeer grof zand, zwak siltig
-34.4	-40.0	5.6	Matig grof zand, zwak siltig
-40.0	-43.6	3.6	Zeer grof zand, zwak siltig
-43.6	-44.0	0.4	Matig grof zand, zwak siltig
-44.0	-46.0	2.0	Klei, matig zandig, veenlagen
-46.0	-46.9	0.9	Klei, zwak zandig, zeer stevig
-46.9	-50.0	3.1	Zeer grof zand, zwak siltig
Totaal		49.0	

Monsters Boring B-1  
uitwerking zeefanalyses door Grontmij 19-07-2011

Monster #	diepte van	tot	Mediaan M <sub>50</sub>	siltgehalte %<63 µm	Beschrijving (op basis mediaan)
	m + NAP	m + NAP	µm	%	
1-3	-30.6	-32.8	91	46.7	uiterst fijn, kleiig, zeer siltig
1-4	-32.8	-34.4	-	64.6	uiterst fijn, kleiig, zeer siltig
1-5	-34.4	-36.0	95	52.5	uiterst fijn, zeer siltig
1-7	-38.0	-40.0	331	6.5	zeer grof, zwak siltig
1-9	-42.0	-43.6	294	3.8	matig grof, zwak siltig
1-12	-45.0	-46.0	411	1.9	zeer grof, zwak siltig
1-14	-46.9	-48.0	432	11.5	uiterst grof, matig siltig
1-16	-49.0	-50.0	377	50.2	zeer grof, zeer siltig

Boring B-2 Wiertsema&Partners (bij sondering DKM-4) X Y, 20-7-2011  
Boorbeschrijving

diepte van	tot	laagdikte	Beschrijving
m + NAP	m + NAP	m	
-1.0	-16.3	15.3	Water
-16.3	-17.5	1.2	Klei, uiterst siltig
-17.5	-22.0	4.5	Matig grof zand, sterk kleiig
-22.0	-24.7	2.7	Matig fijn zand, zwak siltig
-24.7	-27.2	2.5	Grof zand, zwak siltig
-27.2	-28.4	1.2	Matig fijn zand, zwak siltig
-28.4	-33.8	5.4	Grof zand, zwak siltig
-33.8	-38.0	4.2	Zeer grof zand, zwak siltig
-38.0	-38.9	0.9	Zeer grof zand, veenlagen
-38.9	-46.0	7.1	Zeer grof zand, zwak siltig
-46.0	-47.1	1.1	Klei, zwak zandig, matig vast
-47.1	-48.0	0.9	Uiterst grof zand, matig siltig
-48.0	-48.8	0.8	Klei, zwak zandig, zeer vast
-48.8	-53.0	4.2	Matig grof zand, matig siltig
-53.0	-53.9	0.9	Klei, zwak zandig, zeer vast
-53.9	-55.6	1.7	Zeer grof zand, zwak siltig
-55.6	-56.1	0.5	Grof zand, zwak kleiig
-56.1	-57.0	0.9	Klei, zwak siltig, zeer vast
-57.0	-58.3	1.3	Grof zand, zwak kleiig
-58.3	-62.0	3.7	Zeer grof zand, zwak siltig
Totaal		61.0	

Monsters Boring B-2, uitwerking zeefanalyses Grontmij 20-07-2011

Monster #	diepte van	tot	Mediaan M <sub>50</sub>	siltgehalte %<63 µm	Beschrijving (op basis mediaan)
	m + NAP	m + NAP	µm	%	
2-2	-17.5	-19.0	568	6.9	uiterst grof, zwak siltig
2-5	-21.0	-22.0	185	6.9	matig fijn, zwak siltig
2-7	-23.0	-24.0	214	2.7	matig grof, zwak siltig
2-9	-25.0	-26.0	364	1.4	zeer grof, zwak siltig
2-11	-27.2	-28.0	425	1.4	uiterst grof, zwak siltig
2-13	-29.0	-30.0	553	0.7	uiterst grof, zwak siltig
2-16	-32.0	-33.0	550	1.2	uiterst grof, zwak siltig
2-19	-35.0	-36.0	600	0.9	uiterst grof, zwak siltig
2-22	-38.0	-39.0	536	0.6	uiterst grof, zwak siltig
2-25	-41.0	-42.0	337	6.7	zeer grof, zwak siltig
2-28	-44.0	-45.0	248	2.7	matig grof, zwak siltig
2-31	-47.1	-48.0	513	22.2	uiterst grof, matig siltig
2-33	-48.8	-50.0	238	1.4	matig grof, zwak siltig
2-36	-52.0	-53.0	218	89.7	matig grof, zeer siltig, kleiig
2-38	-54.0	-55.0	468	5.8	uiterst grof, zwak siltig
2-41	-57.0	-58.0	458	9.2	uiterst grof, zwak siltig
2-43	-59.0	-60.0	539	1.1	uiterst grof, zwak siltig
2-45	-61.0	-62.0	433	6.7	uiterst grof, zwak siltig



Boring B-6 Wiertsema&Partners (ten noorden van sondering DKM-3) X Y, 26-7-2011  
Boorbeschrijving

diepte van	tot	laagdikte	Beschrijving
m + NAP	m + NAP	m	
-1.0	-30.5	29.5	Water
-30.5	-32.0	1.5	Zeer fijn zand, zwak siltig
-32.0	-35.0	3.0	Klei, matig zandig, zeer slap
-35.0	-37.0	2.0	Matig fijn zand, matig siltig
-37.0	-40.0	3.0	Matig grof zand, zwak siltig
-40.0	-41.2	1.2	Uiterst grof zand, zwak siltig
-41.2	-44.6	3.4	Klei, zwak zandig, zeer vast
-44.6	-46.0	1.4	Matig grof zand, zwak siltig
-46.0	-47.1	1.1	Uiterst grof zand, zwak siltig
-47.1	-47.8	0.7	Klei, matig zandig, zeer vast
-47.8	-49.0	1.2	Zeer grof zand, zwak siltig
-49.0	-54.2	5.2	Matig fijn zand, zwak siltig
-54.2	-58.0	3.8	Zeer grof zand, zwak siltig
-58.0	-60.0	2.0	Uiterst grof zand, zwak siltig
-60.0	-61.0	1.0	Matig fijn zand, matig siltig
Totaal		60.0	

Monsters Boring B-6  
Uitwerking zeefanalyses Grontmij 26-07-2011

Monster #	diepte van	tot	Mediaan M <sub>50</sub>	siltgehalte %<63 µm	Beschrijving (op basis mediaan)
	m + NAP	m + NAP	µm	%	
6-1	-30.5	-32.0	110	11.5	zeer fijn, zwak siltig
6-6	-36.0	-37.0	312	30.0	zeer grof, sterk siltig
6-8	-38.0	-39.0	384	2.9	zeer grof, zwak siltig
6-10	-40.0	-41.0	431	1.0	uiterst grof, zwak siltig
6-15	-45.0	-46.0	424	10.5	uiterst grof, matig siltig
6-16	-46.0	-47.0	407	4.7	zeer grof, zwak siltig
6-18	-48.0	-49.0	417	39.9	zeer grof, sterk siltig
6-19	-49.0	-50.0	375	38.2	zeer grof, sterk siltig
6-22	-52.0	-53.0	153	4.0	zeer fijn, zwak siltig
6-25	-55.0	-56.0	362	5.8	zeer grof, zwak siltig
6-28	-58.0	-59.0	512	4.8	uiterst grof, zwak siltig
6-30	-60.0	-61.0	505	11.5	uiterst grof, matig siltig

De toplaag van de onderwaterbodem bestaat uit slib (zeer slappe klei) en zeer fijn zand (morslaag) van 1 tot 5 m. Bij boring B-6 is deze slappe laag zichtbaar tot 35 m – NAP. Op een diepte van 41 tot 46 m – NAP wordt een stevige kleilaag aangetroffen van 1 tot 3 m dikte. Verder afwisselend matig fijn tot vooral grof tot uiterst groffe zandlagen met vaak vrij veel silt. In tegenstelling tot de Noordzijde kan hier CUR 113 Eenvoudig wel toegepast worden voor de stabiliteitsbeschouwing omdat de korreldiameter gemiddeld over lagen van 5 m groter is dan 200 µm. De slappe toplaag dient wel eerst verwijderd te worden. Verwacht wordt dat deze laag onder een helling van 1:10 afstroomt als aan de zuidzijde aan de teen wordt gezogen.

De kleilagen met een dikte van meer dan 1 m moeten apart gezogen worden met een zuigmond met cutter of waterjets, nadat al het bovengelegen zand volledig is gezogen. De dikke stevige kleilaag ligt ongeveer ter hoogte van de geplande tussenberm op 43.35 m – NAP.

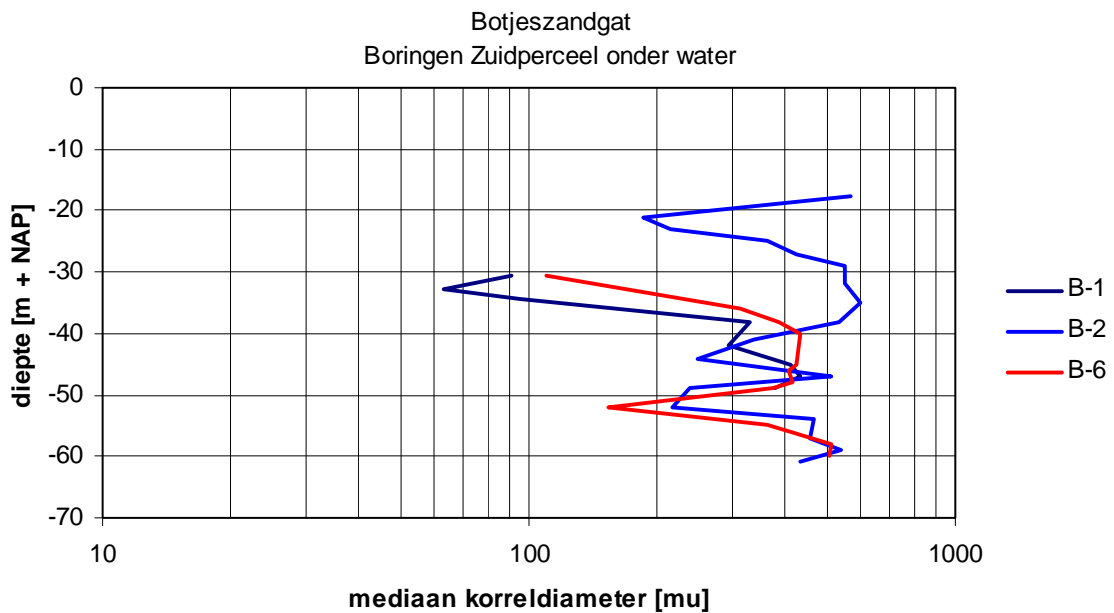


Fig. 5a Mediane korreldiameter als functie van de diepte

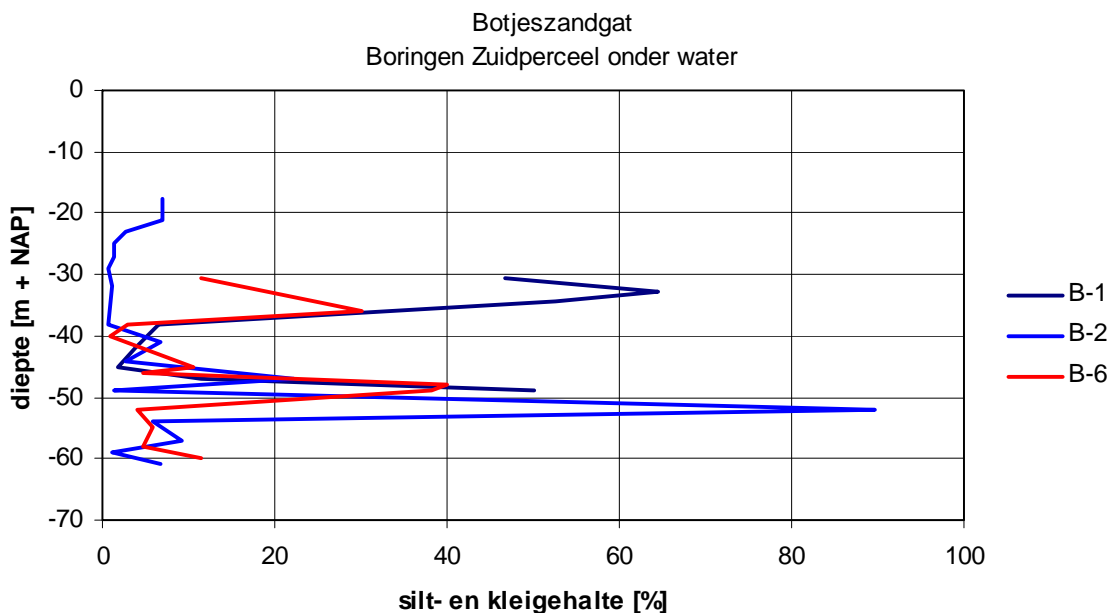


Fig. 5b Silt- en kleigehalte als functie van de diepte

## 2.2 Sonderingen

### 2.2.1 Noordzijde

Bestaande sonderingen zijn alleen beschikbaar in de noordzijde t.b.v. de eerdere uitbreiding in 1996 (Wiertsema en GeoDelft). Deze zijn nader geanalyseerd in Deltares / van 't Hoff, 2009.

In het nieuw aan te kopen perceel NB I 569 zijn door Wiertsema in opdracht van Grontmij 6 sonderingen uitgevoerd DKP-1 t/m 6 (zie Rapport Resultaten grondonderzoek, Wiertsema, 30 mei 2011 en tekening Grontmij, Botjeszandgat nummer 01110432, 2011

Uit de sonderingen wordt de relatieve dichtheid van de zandlagen beoordeeld, deze is van belang om de stabiliteit van de onderwatertaluds te toetsen ten aanzien van het mechanisme verwekingsvloeiing, conform CUR 113.

### 2.2.2 Zuidzijde

Verder is zeer uitgebreid gesondeerd in de zuidelijke concessie langs de oevers tot perceel ZB F 23 en vanaf het water. In DINO loket zijn 3 sonderingen gevonden (van de meting van GeoDelft, 1997).

Nieuw uitgevoerd onderzoek zuidzijde ten behoeve van de ontgrondingvergunning voor de verdieping zuidzijde, zie Wiertsema, 2011 en tekening Grontmij, Botjeszandgat nummer 01110432, 2011.

### 3 Stabiliteitsberekeningen

#### 3.1 Uitwerking sonderingen, verwekingsvloeiing en afschuiving

##### 3.1.1 Inleiding

Deze paragraaf geeft de beoordeling van het voorlopige ontwerp voor de noordelijke oever van Botjeszandgat voor de faalmechanismen afschuiving en verwekingsvloeiing, zoals beschreven in CUR 113. Eerst wordt een "eenvoudige analyse" gedaan en indien deze niet voldoet wordt een "gedetailleerde analyse" gedaan met het rekenmodel MStab. Hiermee wordt de veiligheid tegen afschuiving berekend. Uitgangspunten zijn:

- GeoPlus ontwerp tekening 3548\_tek3a (versie 6/6/2011), zie figuur 1
- toelichting op tekeningen (21/06/2011).

Voor beschrijving van de boringen en sonderingen zie hoofdstuk 2 en tekening Grontmij, Botjeszandgat nummer 01110432, 2011.

##### 3.1.2 Afschuiving - noordzijde

###### 3.1.2.1 Eenvoudige analyse - noordzijde

Volgens de eenvoudige analyse in CUR113 is de veiligheid tegen afschuiven voldoende als wordt voldaan aan elk van de volgende criteria:

1. geen gronddepot of andere bovenbelasting vlak langs de oever (het depot of gebouw dient tenminste op een afstand van 3x de taludhoogte tot de onderwater berm = 15 m dus 45 m te liggen en 4x de hoogte van het depot t.o.v. maaiveld, anders is een aanvullende MStab berekening nodig),
2. geen slappe cohesieve lagen,
3. helling flauwer dan 1:3.

Of: een veiligheidsfactor hoger dan 1,0 in een MStab berekening met rekenwaarden van de grondparameters volgens NEN6740. Dit komt overeen met een minimale veiligheidsfactor van 1,3 indien karakteristieke/representatieve waarden worden gebruikt, zoals in CUR 113 aangegeven.

Aan alle drie criteria wordt voldaan. Opgemerkt wordt dat er in de twee uitgevoerde boringen lokaal wel kleilaagjes zijn aangetroffen, maar van zeer geringe dikte.

##### 3.1.3 Afschuiving – zuidzijde

###### 3.1.3.1 Eenvoudige analyse - zuidzijde

Aan criterium 2 wordt niet voldaan. In alle drie boringen komen meerdere cohesieve lagen voor.

Onderstaande tabel geeft de representatieve en rekenwaarden waarden van de sterkteparameters volgens NEN 6740. De rekenwaarden zijn verkregen uit de representatieve waarden door ze te delen door de materiaalfactoren die horen bij grenstoestand 1A en 1B, klasse II ( $\beta = 3,4$ ) uit de CUR 162. De materiaalfactor voor  $\tan\phi'$  is 1,2, voor cohesie  $c$  1,3.

Boring			$\phi'$ [°]		c [kPa]	
			Repres.	Reken.	Repres.	Reken.
B-1	NAP-25,5 m en NAP-29,3 m	slib				
	NAP-29,3 m en NAP-30,6	Sterk siltig, zandlagen	22,5	19,0	10	7,7
	NAP-44,0 m en NAP-46,9 m	Matig zandig	22,5	19,0	10	7,7
B-2	NAP-16,3 m en NAP-17,5 m	Slib				
	NAP-46,0 m en NAP-47,1 m	Zwak zandig, matig vast	22,5	19,0	10	7,7
	NAP-48,0 m en NAP-48,8 m	Zwak zandig	22,5	19,0	10	7,7
	NAP-53,0 m en NAP-53,9 m	Zwak zandig, zeer vast	22,5	19,0	25	19,2
	NAP-56,1 m en NAP-57,0 m	Zwak siltig, zeer vast	22,5	19,0	25	19,2
B-6	NAP-32,0 m en NAP-35,0 m	Matig zandig, zeer slap				
	NAP-41,2 m en NAP-44,6 m	Zwak zandig, zeer vast	22,5	19,0	25	19,2
	NAP-47,1 m en NAP-47,8 m	Matig zandig, zeer vast	22,5	19,0	25	19,2

Er is een stabiliteitsanalyse uitgevoerd, waarbij de veiligheidsfactor groter moet zijn dan 1,1 (bouwfase) of 1,3 (gebruiksfase), conform NEN 6740. Sliblagen (bodem put) zijn niet meegenomen. Voor alle grondopbouwvarianten (B-1, B-2, B-6) blijkt de veiligheidsfactor ruimschoots voldoende.

### 3.1.4 Verwekingsvloeiing – noordelijke talud

#### 3.1.4.1 Eenvoudige analyse

Volgens de eenvoudige criteria in CUR 113 is de veiligheid tegen verwekingsvloeiing voldoende, indien voldaan wordt aan tenminste één van de volgende criteria:

1. voldoet volgens criteria van Baldi aan  $R_n1 > 0,5$  ( $R_n1$  is de relatieve dichtheid gemiddeld over een hoogte van 1 m. Deze dient groter te zijn dan 0,5).
2. voldoet aan:  $\cotan\alpha_R > 7 \cdot (H_R/30)^{1/3}$  (waarin  $\alpha_R$  en  $H_R$  [m] respectievelijk de taludhelling en taluddiepte zijn van een fictief profiel alsof alle grond onder water ligt)
3. voldoet aan beide volgende voorwaarden:
  - o  $R_n3 > 0,5$  ( $R_n3$  is de relatieve dichtheid gemiddeld over een hoogte van 3 m. Deze dient groter te zijn dan 0,5)
  - o  $\cotan\alpha_R > 4 \cdot (H_R/30)^{1/3}$

Door Wiertsema& Partners zijn 6 sonderingen langs de huidige noordelijke oever uitgevoerd. Onderstaande tabel geeft per sondering de aangetroffen zandlagen waarin de relatieve dichtheid kleiner is dan 0,5 (50%). Lagen waarin het wrijvingsgetal groter is dan 1,5 zijn

buiten beschouwing gelaten. Dit zijn klei- of leemlagen die als niet-verwekingsgevoelig beschouwd kunnen worden. De resultaten per sondering staan in Bijlage 3.1.

Laagdikten met $R_n < 0,5$ (t.b.v. eenvoudige criteria verwekingsvloeiing vgl. CUR113)											
DKP 1		DKP 2		DKP 3		DKP 4		DKP 5		DKP 6	
Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]
-21,2	0,8	-25,0	4,2	-40,7	0,6	-16,1	6,5	-13,7	5,7	-4,3	1,2
-22,0		-29,2		-41,3		-22,6		-19,4		-5,5	
-28,5	2,0	-31,2	1,9	-46,2	0,9	-24,6	1,9	-25,1	0,8	-23,0	0,5
-30,5		-33,1		-47,1		-26,5		-25,9		-23,5	
-41,1	0,6									-26,2	1,9
-41,7										-28,1	
										-44,7	1,2
										-45,9	

Onderstaande tabel geeft de resultaten van de toetsing aan de drie criteria tijdens de uitvoeringsfasen en de eindsituatie.

In alle uitvoeringsfasen en in de eindsituatie is de gemiddelde helling van het fictieve profiel steiler dan de maximaal toelaatbare helling in criterium 2, maar komt wel ongeveer overeen met de maximaal toelaatbare helling in criterium 3. Door de aanwezigheid van de bermen in het taludontwerp is de gemiddelde helling voldoende flauw.

Fase	Criterium 1	Criterium 2	Criterium 3	Eindoordeel
Tot NAP-13,35	Voldoet <sup>1</sup>	Voldoet niet	Voldoet	Voldoet
Tot NAP-28,35	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet <sup>2</sup>	Voldoet niet
Tot NAP-43,35	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet
Eindsituatie	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet

<sup>1</sup> Alleen in sondering 6 is tussen NAP-1 en NAP-13,35 een laag aangetroffen waar net niet voldaan wordt aan het criterium (1,2 m dikke laag)

<sup>2</sup> In drie sonderingen komen boven NAP-28,25 lagen voor waar gemiddeld over 3 m de relatieve dichtheid kleiner is dan 0,5

### 3.1.4.2 Gedetailleerde analyse

Omdat niet voldaan wordt aan de criteria voor eenvoudige analyse, zijn voor de gedetailleerde beoordeling op verwekingsvloeiing MStab berekeningen uitgevoerd. Het rekenmodel Mstab geeft de veiligheid tegen afschuiving. Volgens CUR113 zou de omvang van het metastabiele gebied moeten worden bepaald en vergeleken met de kritieke omvang van het metastabiele gebied. Dit vergt veel analyse. Hoewel niet beschreven in CUR kan als alternatief een gedetailleerde stabiliteitsanalyse voor verwekingsvloeiing worden uitgevoerd, waarbij aan de losgepakte lagen ( $R_n < 0,5$ ) een gereduceerde schuifsterkte (t.g.v. wateroverspanningen bij verweking) wordt toegekend. De grootte van de wateroverspanningen bij verweking (en daarmee de reductie van de schuifsterkte  $\tan\phi$ ) hangen af van de relatieve dichtheid en de spanningstoestand. Wateroverspanningen zullen groter zijn naar mate de pakking losser is en het talud steiler en/of hoger is.

Volgens Tabel 1 van NEN6740 kunnen voor vastgepakt ( $R_n > 0,5$ ) zwak siltig zand de volgende rekenwaarden toegepast worden:

	$\varphi'$ [°]		c [kPa]	
	Repres.	Reken.	Repres.	Reken.
Zand, zwak siltig	35,0	30,0	0	0

Op basis van ervaring kan de volgende, waarschijnlijk zeer conservatieve, schatting gemaakt worden van de wateroverspanningen die ontstaan in de aangetroffen losgepakte lagen:

$R_n$	Wateroverspanning	Reductiefactor rekenwaarde $\tan\varphi'$	$\varphi'$ red Reken.
0,4 – 0,5	50%	0,5	16,1
0,3 – 0,4	60%	0,4	13,0

Overige uitgangspunten voor de MStab berekeningen:

- Peil zandwinput: NAP-1 m
- Grondwaterstand: NAP
- Geen bovenbelasting
- Invloed aardbeving verwaarloosbaar klein

Er zijn drie MStab berekeningen uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van de drie meest ongunstige grondopbouw. Zeer oppervlakkige glijvlakken zijn buiten beschouwing gelaten.

Berekening	Grondopbouw volgens:	Losgepakte laag	$\varphi'$ red	FS
1	DKP 5	NAP-13,7 – NAP-19,4	13,0	1,58
2	DKP 4	NAP-16,1 – NAP-22,6	13,0	1,60
3	DKP 2	NAP-25,0 – NAP-29,2	13,0	1,37

Voor de grafische weergave zie Bijlage 3.3.

### 3.1.5 Verwekingsvloeiing – zuidelijk gedeelte

#### 3.1.5.1 Eenvoudige analyse

Laagdikten met $R_n < 0,5$ (t.b.v. eenvoudige criteria verwekingsvloeiing vgl. CUR113)											
DKM 1		DKM 2		DKM 2a		DKM 4		DKM 5		DKM 6	
Lagen [m NAP]	Laagdik- te [m]	Lagen [m NAP]	Laagdik- te [m]	Lagen [m NAP]	Laagdik- te [m]	Lagen [m NAP]	Laagdik- te [m]	Lagen [m NAP]	Laagdik- te [m]	Lagen [m NAP]	Laagdik- te [m]
-37,6	2,5	-26,7	9,0 <sup>1</sup>					-16,8	0,6	-20,3	2,7
-40,1		-35,7						-17,4		-23,0	
-46,5	1,0							-34,2	1,2	-24,5	4,5
-47,5								-35,4		-29,0	
								-36,3	9,0		
								-45,3			

<sup>1</sup> vermoedelijk is hierbij (althans gedeeltelijk) sprake van een sliblaag op het talud, zie boring B-1.

Laagdikten met $R_n < 0,5$ (t.b.v. eenvoudige criteria verwekingsvloeiing vgl. CUR113)										
DKM 7		DKM 8		DKM 9						
Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]	Lagen [m NAP]	Laagdikte [m]					
-15,7	1,4	-15,5	3,9	-6,9	1,7					
-17,1		-19,4		-8,6						
-19,5	6,6	-20,5	5,0	-9,3	2,0					
-26,1		-25,5		-11,3						
-37,0	10,5			-11,6	1,7					
-47,5				-13,3						

Onderstaande tabel geeft de resultaten van de toetsing aan de drie criteria tijdens de uitvoeringsfasen en de eindsituatie.

In alle uitvoeringsfasen en eindsituatie is de gemiddelde helling van het fictieve profiel steiler dan de maximaal toelaatbare helling in criterium 2, maar komt wel ongeveer overeen met de maximaal toelaatbare helling in criterium 3 (door de aanwezigheid van de bermen is de gemiddelde helling voldoende flauw).

Fase	Criterium 1	Criterium 2	Criterium 3	Eendoordeel
Tot NAP-13,35	Voldoet <sup>1</sup>	Voldoet niet	Voldoet	Voldoet
Tot NAP-28,35	Voldoet niet	Voldoet niet <sup>2</sup>	Voldoet niet	Voldoet niet
Tot NAP-43,35	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet
Eindsituatie	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet	Voldoet niet

<sup>1</sup> Alleen in sondering 9 zijn tussen NAP-6,9 en NAP-8,6 en tussen NAP-9,3 en NAP-11,3 laag aangetroffen waar net niet voldaan wordt aan het eerste criterium. Deze sondering ligt echter buiten de put. Bovendien wordt hier pas vanaf 25 m – NAP gebaggerd.

<sup>2</sup> In drie sonderingen komen boven NAP-28,25 lagen voor waar gemiddeld over 3 de relatieve dichtheid kleiner is dan 0,5. Met name in sondering DKM-7 (oostzijde naast put) en 8 (zuidwestzijde naast put) komen dikke lagen losgepakt zand voor.

### 3.1.5.2 Gedetailleerde analyse

Voor het zuidelijke gedeelte zijn dezelfde aanpak en uitgangspunten gekozen als voor het noordelijke talud, zie vorige paragraaf.

Er zijn twee MStab berekeningen uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van de twee meest ongunstige grondopbouw. Zeer oppervlakkige glijvlakken zijn buiten beschouwing gelaten.

Berekening	Grondopbouw volgens:	Losgepakte laag	$\phi'$ red	FS
1	DKM-7	NAP-19,5 – NAP-26,1	13,0	1,27
		NAP-19,5 – NAP-26,1 en NAP-37,0 – NAP-47,5	13,0	0,96 / 1,15 <sup>1</sup>
2	DKM-8	NAP-15,5 – NAP-19,4	13,0	1,53
		NAP-15,5 – NAP-19,4 en NAP-20,5 – NAP-25,5	13,0	1,07 / 1,61 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> alleen bij een zeer ondiep glijvlak wordt een veiligheidsfactor lager dan 1,0 berekend. Bij diepere glijvlakken is de veiligheidsfactor groter dan 1,0 (de waarde van 1,15 hoort bij een minimale glijvlakdiepte van 10 m)



<sup>2</sup> de lage veiligheidsfactor hoort bij een ondiep glijvlak, de hoge veiligheidsfactor bij een glijvlak met een dieper dan 10 m.

Een grafische weergave staat in Bijlage 3.4.

In sondering DKM-2 en boring B-1 is in de bovenste meters een sliblaag aangetroffen. De zeer lage conusweerstand tussen NAP-26,7 – NAP-35,7 in sondering 2 geven aan dat dit een vrij dik pakket kan zijn.

In de bijlage staat ten slotte nog een MStab figuur met een veiligheidsfactor  $FS=0,96$ . Dat is onvoldoende (want  $< 1$ ), maar het gaat om een relatief beperkte afschuiving. Het gaat ook uit van een zeer ongunstige grondopbouw (sondering DKM-7), waarin aan de losgepakte laag een  $\varphi$  van 13 graden is toegekend. Dat is erg conservatief.

## 3.2 Uitwerking boringen, bresvloeiing

### 3.2.1 Eenvoudige analyse, Noordzijde

Uit het grondonderzoek blijkt dat niet voldaan wordt aan de criteria voor Eenvoudige beoordeling in CUR 113. Er geldt namelijk niet overal  $d_{50} > 200 \mu\text{m}$ . Vooral boring B06 laat overwegend zeer fijn zand zien. Dit zand heeft een lage waterdoorlatendheid, dus een lage bressnelheid en is daarom moeilijk zuigbaar en blijft lang in suspensie. De aanwezigheid van leemlaagjes versterkt dit effect nog.

Bij winzuigen zal zich daarom bovenin het talud een steile helling ontwikkelen, terwijl lager in het talud, waar het zand in suspensie is gebracht en als mengselstroom naar de zuigbuis stroomt, het talud sterk verflauwt. Na afloop van het zuigproces kunnen steile gedeelten, waar nog geen sprake is van evenwicht, nog langdurig nabressen en verflauwen en dit kan resulteren in een bresvloeiing.

Dit proces heeft zeker een rol gespeeld bij de opgetreden oeverinscharing in de noord-oostelijke hoek in 2009, zie Deltares / Van 't Hoff, 2009. Bij het winzuigen mag dus niet te diep en te snel ingestoken en verhaald worden. De putproductie blijft dan achter bij de zuigproductie en het talud kan dan ontoelaatbaar versteilen met risico op bresvloeiing, zelfs na beëindiging van de zuigwerkzaamheden. Daarom zijn adviezen gegeven ten aanzien van taludontwerp en werkmethode, zie hoofdstuk 4.

Het voorlopige ontwerp van Geoplus, figuur 1, bestaande uit stappen van 15 m met 1:3 met tussenbermen, is een vereenvoudiging van het voorstel volgens CUR 113 Eenvoudig, zoals gegeven in Deltares / van 't Hoff 2009. Dit talud verloopt in stappen van 5 m van 1:2, 1:3 tot 1:4. Het ontwerp van Geoplus is dus in ieder geval aan de teen te steil en dient daarom aangepast te worden.

### 3.2.2 Gedetailleerde analyse, Noordzijde

Uit de korrelverdeling (B06) volgt een  $d_{50}$  (deze is gelijk gesteld aan de  $M_{50}$ ) van rond 140 en een  $d_{15}$  van rond  $75 \mu\text{m}$ . Het kan dus een etmaal duren voor een verstoring op 40 m diepte zich over een afstand van 150 tot 200 m langs het onderwatertalud tot in de oever heeft voortgezet.

Het evenwichtstalud dat ontstaat bij winzuigen en stabiel is, kan worden berekend met het rekenmodel HMBreach (gedetailleerde methode CUR 113). Het wordt bepaald door de

eigenschappen en gelaagdheid van het zand, de positie van de zuigmond en de gemiddelde verhaalsnelheid in horizontale richting.

Fig. 3.1 geeft het resultaat voor een zuigsnelheid van 0.25 mm/s. Deze figuur geeft (rode lijn) de taludvorm in 130  $\mu\text{m}$  zand (representatief voor het zand aangetroffen in de meer oppervlakkige lagen van boring B06) als functie van de zuigdiepte en de bijbehorende mengselsnelheid langs het talud (blauwe lijn). Volgens het voorlopige ontwerp wordt niet op een diepte groter dan 15 m gezogen, dan ontstaat dus alleen het bovenste deel van het talud in de figuur.

De berekende taludlijn ontstaat bij continue zuigen op een vaste diepte indien er evenwicht is tussen zuig – en putproductie. De gezogen zandproductie = diepte x verhaalsnelheid (over 15 m ongeveer 0.25 tot 0.5 mm/s) geeft een productie van ca. 100 - 200  $\text{m}^3/\text{uur}$  over een zekere aanstroombreedte. Dit komt overeen met de beoogde zuigproductie, zie hoofdstuk 4. Door het aanhouden van voldoende brede tussenbermen kan bij iedere verdieping hetzelfde talud worden aangehouden, omdat het bovenliggende talud dan niet meer bijdraagt aan de zandproductie.

Boring B04 laat onderin het talud een veel gunstiger beeld zien van korrelgrootteverdelingen (veel meer grove zandlagen). Hier zou een steiler talud mogelijk zijn. Het wordt echter niet aanbevolen, gezien de variatie in de boringen, het ontwerp van plaats tot plaats aan te passen, omdat zelfs in een enkele oever al grote variaties voorkomen (bijv. de noordoever).

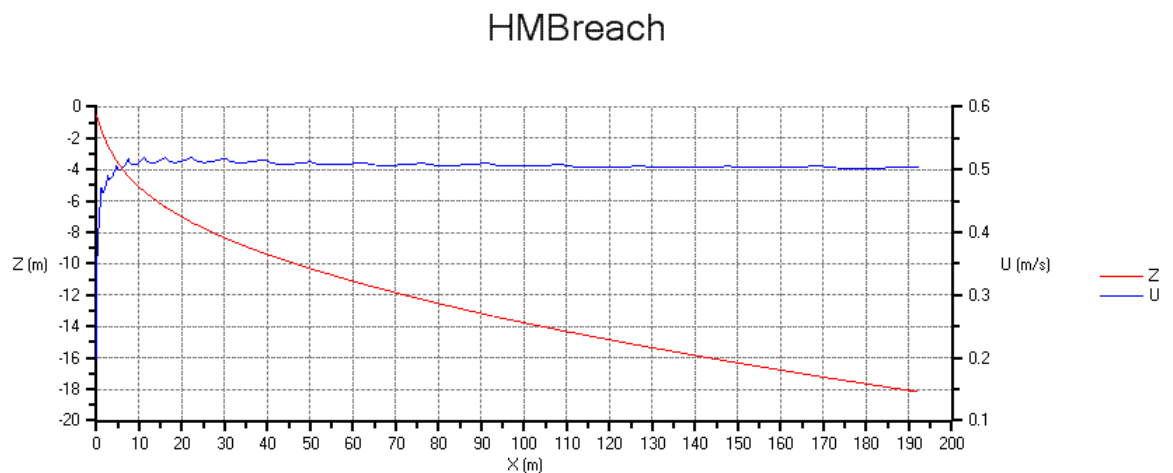


Fig. 3.1a Berekende taludontwikkeling voor 130  $\mu\text{m}$  zand (Boring B06) met HMBreach ( $v = 0.25$  mm/s)

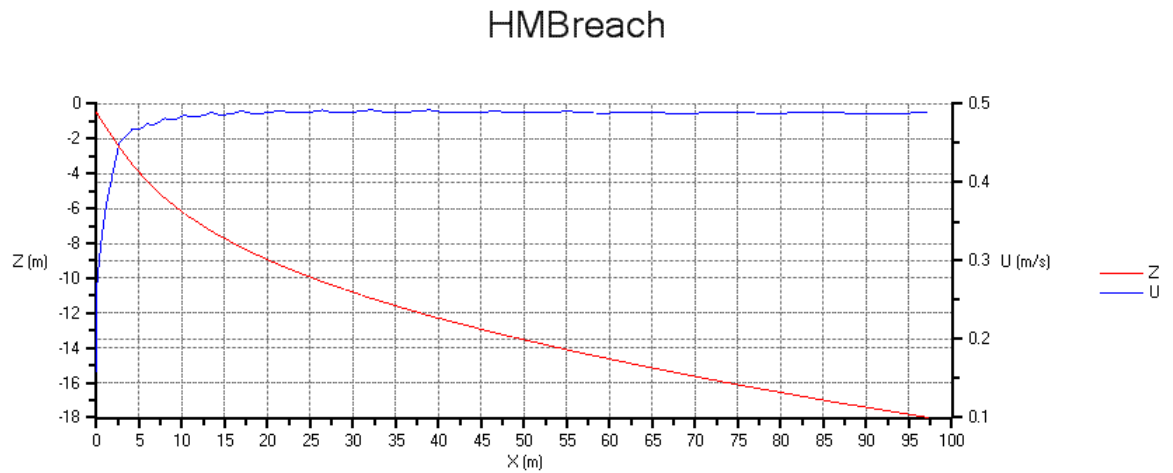


Fig. 3.1a Berekende taludontwikkeling voor 130 µm zand (Boring B06) met HMBreach ( $v = 0.50$  mm/s)

Door het ontwerp van Geoplus aan te passen aan het berekende talud ontstaat een gekromde vorm die benaderd kan worden met een talud, zie fig. 3.2, in stappen van 5 m met 1:2, 1:3 en 1:5. Dit talud zal naar verwachting “vanzelf” ontstaan bij beheerst winzuigen met een laagdikte van ten hoogste 15 m, zoals het bovenste deel van fig. 3.1 laat zien en ook in fig. 3.2 is weergegeven. Gemiddeld is deze helling dus 1:3,33 bij een horizontale afstand van 50 m over 15 m diepte.

HMBreach houdt geen rekening met instabiliteit door afschuiving, daarom is het aan te bevelen bij de top het talud niet te steil te kiezen (in ieder geval niet steiler dan 1:2 over 5 m). Omdat de gemiddelde helling nu iets flauwer wordt, kan worden aangenomen dat dit ook stabiel is voor afschuiving en verwekingsvloeiing (paragraaf 3.1). Daar is immers gerekend met een gemiddelde helling van 1:3 volgens het eerste Geoplus ontwerp.

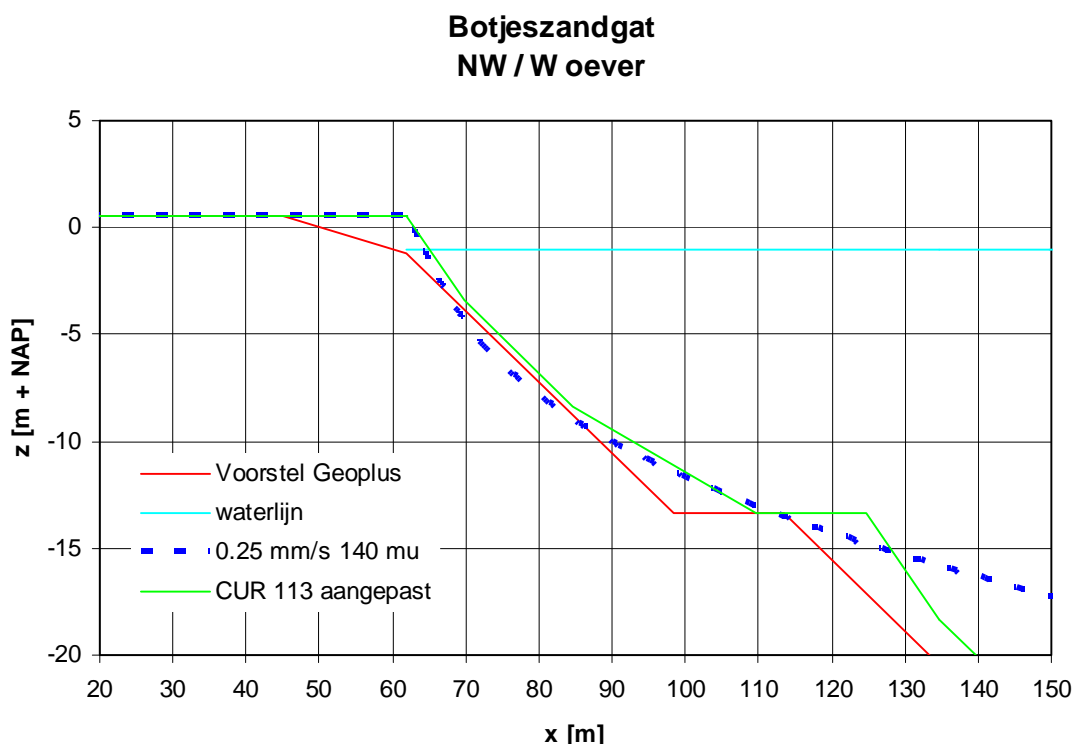


Fig. 3.2 Eerste ontwerp volgens Geoplus, ter vergelijking berekende talud voor 0.25 mm/s en aanbevolen aanpassing

Verflauwing van de top van het talud draagt niet bij tot verbetering van de stabiliteit voor bresvloeiing, integendeel, dit kan een verstoring veroorzaken. Het strandprofiel, de verflauwing aan de top, dient daarom indien gewenst, naderhand met zorg te worden aangelegd bijv. door het droog afgraven van de strook en het zorgen voor oeverbescherming zoals riet tegen afkalving door golfslag.

### 3.2.3 Eenvoudige analyse, zuidzijde

Uit het grondonderzoek blijkt dat wel voldaan wordt aan de criteria voor Eenvoudige beoordeling in CUR 113. Er geldt hier namelijk wel dat  $d_{50} > 200 \mu\text{m}$ . Het aanbevolen ontwerp volgens CUR 113 Eenvoudig, zoals ook gegeven in Deltares / van 't Hoff 2009 bestaat dus uit een talud verloopt in stappen van 5 m van 1:2, 1:3 tot 1:4.

Voor de eenvoud en handhaafbaarheid wordt echter aanbevolen hetzelfde taludontwerp aan te houden als de noordzijde (met een teen van 1:5). Op basis van de analyse van de sonderingen, paragraaf 3.1 werd ook al geconcludeerd dat de veiligheidsfactor op enkele plaatsen iets te laag is. Met deze verflauwing wordt dan wel ruimschoots voldaan aan de vereiste veiligheid tegen afschuiving. Kleilagen dienen wel apart verwijderd te worden evenals de slappe toplaag.

## 3.3 Randstrook en veiligheidszones

In het voorlopig ontwerp van Geoplus (figuur 1) zijn ook de randstroken langs de oevers aangegeven. De insteek van de zandwinning dient altijd ver genoeg van belangrijke

infrastructuur te liggen om als veiligheidszone te dienen als er toch een oeverinscharing optreedt. Door zorgvuldig te werken volgens de richtlijnen in dit rapport zal de kans daarop verkleind worden, maar het kan nooit uitgesloten worden.

In CUR 113 zijn richtlijnen gegeven voor de aan te houden randstrookbreedte op basis van ervaring in het verleden. De in het ontwerp aangegeven randstroken geven een veiligheidszone ten opzichte van het terrein buiten de vergunning. Deze stroken kunnen later ingericht worden als recreatiestrand onder een flauwe helling of natuurzone met een oeverbescherming.

#### Noord-West zijde

Hier wordt een "survivalzone" van 45 m gehandhaafd. Op deze afstand loopt een gastransportleiding. Hier is nu het zanddepot en er is dus nog niet ontgrond. Aansluitend is een plasberm onder 1:10 van 0.5 m + NAP tot 1.2 m – NAP = 17 m geprojecteerd (groene zone). De hoogte van het talud tot de berm op 13.35 m – NAP = 13.85 m.

In CUR 113, Tabel A 4, wordt geadviseerd volgens de eenvoudige methode een veiligheidszone van 2 of 3xh, met h de taludhoogte. We kunnen hier de hoogte tot de eerste berm aanhouden, omdat bij verdere verdieping dit talud niet meer mag worden beroerd (zie ook baggerplan). In deze tabel is de veiligheidszone 2 x h = 26 m (bresvloeiing CUR 113) en 3 x h = 42 m (verwekingsvloeiing CUR 113). Hier wordt dus ruim aan voldaan. Wel moet worden zeker gesteld dat de platbermen ook daadwerkelijk gehandhaafd blijven tijdens verdere verdieping (monitoring).

#### Zuidzijde

Uit de peilingen (paragraaf 4.2) blijkt dat de afstand van de geprojecteerde insteek in het perceel onder water met de taluds van de herstelde oever aan de zuidzijde platbermen vrij laat van tenminste 50 m, wat voldoende is. Wordt eerst de slappe toplaag verwijderd dan resteert een minder hoog talud gerekend tot de berm op 43.35 m – NAP nl. ongeveer 10 m en is een afstand van 25 m voldoende.

#### Westzijde

Hier ligt de Botjesweg met een 50 m zone op 1.65 m + NAP. Met nog een strandstrook geeft dit in totaal een nog bredere berm. Als er geen recreatiestrand is gepland is de verflauwing onder 1:10 niet noodzakelijk.

#### Oostzijde

Hier is slechts een 7.5 m strook op 1.65 m + NAP ingetekend. Met een steile overgang boven water naar de geprojecteerde plasberm op 0.5 m – NAP tot 2.5 m – NAP onder 1:10 geeft 20 m en komt de insteek hier volgens het ontwerp dus op 27.5 m van de perceelgrens. Er zijn hier geen wegen, leidingen of bebouwing, maar een overschrijding is wel ongewenst. Indien geen losgepakte lagen aanwezig is dit nog wel acceptabel.

#### Noordzijde

Hier is een 15 m strook op 1.65 m + NA. Met een steile overgang boven water naar de geprojecteerde plasberm op 0.5 m – NAP tot 2.5 m – NAP onder 1:10 geeft 20 m en komt de insteek hier volgens het ontwerp dus op 35 m van perceelgrens. Er zijn hier geen wegen, leidingen of bebouwing, maar overschrijding is wel ongewenst. Indien geen losgepakte lagen aanwezig nog wel acceptabel.

## 4 Baggerplan

### 4.1 Principe werkwijze beheerste zandwinning

Bij het begin van de zandwinning kan in het midden van de plas, ver buiten het invloedsgebied van de oevers met een diepzuig-zandwinvaartuig diep gestoken worden, waarbij een kegelvorming put ontstaat of bij langzaam verhalen een lannggerekte sleuf. Bij een zuigdiepte tot maximaal 60 m is de invloedsafstand echter minimaal 250 tot 350 m vanaf de zuigbuis dus dit omvat al bijna de gehele omtrek. Thans is de zandwinning van het Botjeszandgat al in vergevorderd stadium en des te meer zorg dient te worden besteed aan het handhaven van de taluds aan N, NW, O en W-oevers.

Bij deze oevers, in zowel de nieuw te ontgronden als de al bestaande onderwater-taluds, dient de werkwijze aangepast te worden. Aanbevolen wordt in lagen van maximaal 15 m diepte te werken. De zuigbuis wordt op de gewenste diepte gebracht (dus eerst op 13.35 m – NAP) en vervolgens geleidelijk horizontaal met constante, voldoende lage snelheid verhaald, parallel aan de geprojecteerde insteek. Daarbij ontstaat een sleuf met een bepaalde helling die afneemt met de diepte. In paragraaf 3.2 is aangegeven dat deze helling bij beheerst zuigen gemiddeld 1:3.33, maar bij de teen ongeveer 1:5 wordt. Deze helling ontstaat door het nabressen en afstromen van zand-watermengsel naar de zuigbuis. Als dit proces onbeheerst wordt spreken we van een bresvloeiing.

Bij beheerst bressen wordt het vrijkomende zand opgezogen en is sprake van een stationair proces bij constante verhaalsnelheid. Bij fijner zand en hogere verhaalsnelheid wordt de helling flauwer en ontstaat het risico op oeverinscharing bij een gegeven afstand tot de insteek. Ook bij aanwezigheid van lossere gepakte zandlagen kan de helling verflauwen en het risico toenemen.

Door eerst op grotere afstand langs de oever te werken kan het talud gepeild worden en kan worden nagegaan of de helling niet flauwer wordt dan verwacht en hoe dicht onder de oever dan nog verantwoord gezogen kan worden, bij handhaving van parallelle banen langs de oever op een vaste diepte. Langs de bestaande oevers waar nog wel zand is te winnen, dient op dezelfde wijze te worden gewerkt. Vooral bestaande steile en hoge taludgedeelten vormen een risico ook al liggen deze buiten vergunningprofiel, vooral als deze te diep aan de teen aangezogen worden.

Nadat de gehele omtrek van de plas is afgewerkt kan op grotere afstand de volgende laag van 15 m worden afgewerkt op een diepte volgens plan van 28.35 m - NAP. Door het aanhouden van een berm op elke 15 m diepte wordt zeker gesteld dat het talud van de bovenliggende lagen niet meer wordt beroerd. Daarbij mag dus nooit meer zo dicht onder de oever worden gewerkt als bij de eerste slag, dus de bovenste 15 m van het talud mogen niet meer beroerd worden, ook al ligt daar nog zand binnen de concessiegrens.

### 4.2 Monitoring

Door het inpeilen van het onderwatertalud nadat de bovenste 15 m zijn gezogen, kan precies worden aangegeven of de gewenste berm breedte gehandhaafd blijft wordt bij verdere verdieping. Moderne apparatuur op de zuiger maakt het mogelijk het talud vrijwel direct na passage van de zuigbuis op te meten.

Tijdens het werk wordt de positie van de zuigbuis continu gemonitord, d.w.z. de positie met GPS in de tijd vastgelegd. Bij de oeverinscharing van 2009 zijn deze posities geanalyseerd, waaruit bleek dat de toen geldende concessiegrens niet was overschreden, maar volgens de hier aanbevolen werkwijze conform CUR 113 niet toelaatbaar zou zijn. Het te dicht onder de oever en te diep zuigen en bovendien langdurig op eenzelfde plaats, waardoor de oever steeds verder versteilt, moet dus voorkomen worden (Deltares / Van 't Hoff, 2009). De registratie en opslag van de gemeten positie van de zuigbuis is dus ook een middel om de vergunningsvoorwaarden te controleren, naast de bodempeilingen.

De gezogen productie en de mengseldichtheid zijn bij beheerst zuigen dus constant en gelijk aan diepte x verhaalsnelheid (over 15 m ongeveer 0.25 tot 0.50 mm/s = ca. 1 à 2 m/uur). Dit geeft een productie van ca. 100 à 200 m<sup>3</sup>/uur, geschikt voor een zuiger met zuigbuis van ca. 0.30 m bij een mengseldichtheid van ongeveer 1200 kg/m<sup>3</sup>. Het monitoren van de mengseldichtheid geeft inzicht of er nog sprake is van een beheerst zuigproces. Het werken met nieuwe meetmethoden en het gebruik van de resultaten ten behoeve van de beheersing van de taludontwikkeling en stabiliteit vereist ook scholing en oefening van het uitvoerend personeel.

### 4.3 Dwarsprofielen

Omdat de zandwinning in het Botjeszandgat al in een vergevorderd stadium is, moet voor de precieze invulling van het werkplan per oever eerst gekeken worden naar de dwarsprofielen. Vooral lokale steile taludgedeeltes met wat grotere hoogte vormen een risico. Deze dienen van boven naar beneden te worden afgewerkt in parallelle banen langs de oever tot de diepte van de eerste platberm op 13.35 m – NAP, waarna het bovenste gedeelte niet meer beroerd mag worden. Daarbij mag nooit dieper dan 13.35 m – NAP worden gewerkt. Dit kan pas als de taluds langs de gehele omtrek van de put zijn afgewerkt en de platberm van 15 is ingemeten.

#### Noord en Oostzijde

In de dwarsprofielen van de meting van 2009 is te zien dat in de noordoever enkele zeer steile gedeelten voorkomen als restant van de oeverinscharing van 2009 (bijv. profielen Noord 100 – 200 m, hoekprofiel NO en Oost 100 m). Vooral in de noord-oosthoek dient zeer zorgvuldig te worden gewerkt, omdat hier nog steile gedeelten aanwezig zijn en het zand zeer fijn en lokaal losgepakt is, ook al is hier veel extra ruimte gecreëerd door de uitbreiding in perceel NB I 569.

De zuigbuis mag dus niet dieper dan 15 m ingestoken worden (maximaal tot eerste berm op 13.35 m - NAP) bij het afwerken van het talud.

Bij verdieping tot de tweede berm (op 28.35 m – NAP) mag niet meer in de buurt van de oever gekomen worden.

Enkele steile gedeelten dicht onder de oever in het oostelijk deel kunnen ook beter niet meer beroerd worden (Oost dwarsprofielen 300 en 350 m). In deze oever is alleen op een diepte van ca. 10 m – NAP tot de eerste berm nog zand te winnen.

#### Noord-West en Westzijde

Hier is nog relatief veel zand te zuigen in de eerste verdiepingsslag tot 13.35 m – NAP. Hier moet gekeken worden hoe het bestaande werkterrein moet worden heringericht als het hier aanwezige zand wordt gezogen, of dat dit gebied niet verder wordt ontgrond.

### Zuidzijde

De dwarsprofielen in het zuidelijk perceel (ZB F 63), geven een duidelijk beeld van de onderwatertaluds tot aan de zuidoever van de plas, waar in 1996 een hersteloperatie is uitgevoerd. De stabiliteit van dit talud is bij eerder onderzoek al beoordeeld (GeoDelft, 1997). Uit de metingen van Geoplus, zie dwarsprofielen Zuid 200-350 en 400-600, volgt dat hier een talud van 1:5 is gerealiseerd, waarna een vrijwel horizontaal stuk resteert op 25 m – NAP tot voorbij de perceelgrens.

De aanwezigheid van dit horizontale stuk geeft aan dat de uitgevoerde baggerwerkzaamheden in het noordelijk deel van de plas geen invloed hebben gehad op dit talud. Daarom is het verantwoord tot verdieping in het aangrenzende perceel ZB F 23 over te gaan, mits de teen van het 1:5 herstelde talud ook dan onberoerd blijft.

Om te kunnen garanderen dat de zandwinning bij verdieping van het perceel ZB F 23 de stabiliteit van de zuidelijke oever niet nadelig beïnvloedt, dient voor de insteek tenminste een bepaalde veiligheidsafstand tot de teen van het 1:5 talud te worden aangehouden (zie ook par. 3.3).

De toplaag van de vlakke onderwaterbodem bestaat uit zeer slappe klei (slib) en zeer fijn zand van 1 tot 5 m dikte. Dit is voornamelijk materiaal dat bij eerder baggerwerkzaamheden of bij vloeingen elders is vrijgekomen en hier bezonken op de horizontale waterbodem of in de al eerder gezogen gaten, zoals te zien is in de diepte- en verschilpeilingen. Uit de sonderingen en de boringen blijkt dat de slappe toplaag zich uitstrekt tot een diepte van maximaal ca. 33.35 m – NAP. Deze laag moet eerst worden weggezogen tot uiterlijk de perceelgrens, voordat de nieuwe insteek van het talud naar het dieper gelegen deel van de plas gemaakt kan worden. Verwacht wordt dat de slappe toplaag onder een flauwe helling van ongeveer 1:10 zal aanstromen. Een dergelijke helling is thans ook te zien in de verschillende dwarsprofielen in dit perceel. De afstand van de teen van dit flauwe talud, dus ook de insteek in het vaste zand op 33.35 m – NAP, tot het herstelde 1:5 zuidtalud is dan ca. 85 m. Dit wijkt dus af van het voorlopig ontwerp aan de zuidzijde in figuur 1 met een overgang van 1:8.

Vervolgens kan bij verdere verdieping de taludvorm zoals elders langs de oevers aangehouden worden (par. 3.2) tot de beoogde platberm op 43.35 m – NAP. De taludhoogte tot de berm op 43.35 m – NAP is dan 10 m en de benodigde veiligheidsafstand volgens CUR 113 moet dan tenminste 30 m zijn. Hieraan wordt ruimschoots voldaan omdat na verwijdering van de slappe toplaag tot 33.35 m – NAP de zone met de onder een flauwe helling uitgestroomde slappe toplaag als een platberm kan worden gezien. Het talud in het vaste zand is conform par. 3.2 verlopend van 1:2 naar 1:3 of geheel 1:3. Het 1:5 deel vervalt vanwege de geringere taludhoogte. Vervolgens moet een bermbreedte van 45 m aangehouden worden, aansluitend op de overige randen van de zandwinput.

Op een diepte van 41 tot 46 m – NAP wordt een vaste kleilaag aangetroffen van 1 tot 3 m dikte. Deze kleilaag ligt ongeveer ter hoogte van de geplande tussenberm op 43.35 m – NAP. De kleilagen met een dikte van meer dan 1 m moeten apart gezogen worden met een zuigmond met cutter of waterjets, nadat al het bovengelegen zand volledig is gezogen. De bovenzijde van de kleilaag kan als tussenberm gehandhaafd worden en hoeft dan pas verwijderd te worden bij de volgende insteek.



## 5 Conclusies en Aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

Op basis van het nieuw uitgevoerde grondonderzoek ten behoeve van de uitbreiding van de zandwinning in het Botjeszandgat in het noordelijk en het zuidelijk talud, blijkt een analyse conform CUR 113 "eenvoudig" niet voldoende omdat het zand lokaal erg fijn is en er losgepakte zandlagen en dikkere klei- en sliedlagen voorkomen. Het voorlopig ontwerp volgens GeoPlus is daarom op basis van een "gedetailleerde" analyse bekeken.

De stabiliteit tegen afschuiving is met een analyse van de sonderingen nagerekend en blijkt voor de faalmechanismen afschuiving en verwekingsvloeiing voldoende veilig voor de uitbreiding bij het noordelijke talud. Ten aanzien van het mechanisme bresvloeiing echter, wordt op basis van de boringen en korrelverdelingen aanbevolen het taludverloop tussen de platbermen bij de teen flauwer aan te houden. In paragraaf 3.2 is aangegeven dat deze helling bij beheerst zuigen over een taludhoogte van 15 m gemiddeld 1:3.3, maar bij de teen ongeveer 1:5 wordt. Het ontwerp met bermen moet wel worden gehandhaafd en de gemiddelde helling wordt daardoor ook iets flauwer.

Aan de zuidzijde moet de slappe toplaag tot een diepte van maximaal ca. 33.35 m – NAP eerst worden weggezogen, voordat de nieuwe insteek van het talud naar het dieper gelegen deel van de plas gemaakt kan worden. Ook dikkere kleilagen moeten apart verwijderd worden.

De geprojecteerde randstroken zijn voldoende breed als veiligheidszones mits de platberm op 13.35 m – NAP van 15 m breedte wordt gehandhaafd en het bovenliggende talud niet meer wordt beroerd na verdere verdieping van de plas.

Aan de zuidzijde moet voor de insteek tenminste een veiligheidsafstand tot de teen van het 1:5 talud te worden aangehouden van 30 m. Hier kan worden aangesloten op de berm op 43.35 m – NAP. Deze zone ontstaat als de slappe toplaag eerst wordt verwijderd.

Tijdens het werk dient de positie van de zuigbuis continu te worden gemonitord, d.w.z. de verticale en horizontale positie met GPS in de tijd vastgelegd.

### 5.2 Aanbevelingen

Bij de uitvoering dient de zuigbuis eerst op een diepte van maximaal 13.35 m – NAP te worden gehouden en vervolgens geleidelijk horizontaal met constante, voldoende lage snelheid en productie te worden verhaald langs de omtrek van de plas, zodat er geen verstelingen optreden.

Door eerst op grotere afstand langs de oever te werken kan het talud naderhand gepeild worden en kan worden nagegaan of de helling niet flauwer wordt dan verwacht en hoe dicht onder de oever dan nog verantwoord gezogen kan worden bij handhaving van parallelle banen langs de oever op een vaste diepte.

Nadat de gehele omtrek of zijde van de plas is afgewerkt, kan op grotere afstand de volgende laag van 15 m worden afgewerkt etc. De bovenliggende 15 m van het talud mogen dan niet meer beroerd worden, ook al ligt daar nog zand binnen de concessiegrens.

Moderne apparatuur op de zuiger maakt het mogelijk het talud vrijwel direct na passage van de zuigbuis op te meten. Ook de mengseldichtheid en productie kunnen continu worden gemeten mede met het oog op de stabiliteitsbewaking. Hiervoor is wel scholing en training van het uitvoerend personeel nodig.

## 6 Referenties

- [Schmertmann & Baldi, 1976]  
Schmertmann J.H. & Baldi, Updated  $q_c - D_r$  correlation report, July 1976
- [Grondmechanica Delft, 1996-1]  
Grondmechanica Delft, Zandwinning Uiterburen bij Zuidbroek, CO-365070/15, maart 1996, met sonderingen, in opdracht van B.V. Zand- en Grinhandel v/h Rijks en Zn (Zeldenrust Holding) (*Betreft vergunningsaanvraag concessie noordzijde*)
- [Grondmechanica Delft, 1996-2]  
Grondmechanica Delft, Zandwinning Botjeszandgat bij Zuidbroek, CO 367850/49, augustus 1996, in opdracht van NAM, met bijlagen sonderingen Wiertsema, 19 maart 1996 en Boorstaten Rijks Geologische Dienst (*herstel zuidoever bij gasleiding*)
- [Grondmechanica Delft, 1997]  
Grondmechanica Delft Zandwinning Botjeszandgat bij Zuidbroek, veiligheid onderwatertaluds, CO 367850/214, maart 1997, in opdracht van Provincie Groningen (*concessie zuidzijde Bouwzand-Noord*)
- [Land en Water, 1997]  
Producten Infratech '97, Geocontainer, Land en Water, p. 61, nummer ½, 1997
- [Wiertsema & Partners, 2002]  
Wiertsema & Partners, Geotechnisch advies ten behoeve van taludstabiliteit noordwestzijde zandwinput Botjeszandgat te Zuidbroek, VN-28251, 27 maart 2002
- [Provincie Groningen, 2004]  
Provincie Groningen, Vergunning Ontgrondingenwet, Regionale Zandwinplaats Uiterburen (gemeente Menterwolde), Nr. 2004/10.876/6/MV, 2004
- [Geotechniek, 2007]  
Geotechniek, Verwekingsvloeiing in zand, oktober 2007, blz. 54 – 59.
- [CUR, 2008]  
CUR Aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR, Gouda, oktober 2008
- [Geotechniek, 2009]  
Geotechniek, Bresvloeiing in zand, juni 2009
- [Deltares / Ingenieursbureau Van 't Hoff bv, 2009]  
Deltares / Van 't Hoff, Oeverinscharing Botjeszandgat - Herstelplan, 1200969, september 2009.
- [Deltares / Ingenieursbureau Van 't Hoff bv, 2009]  
Onderzoek oeverinscharing Botjeszandgat noord-oost zijde, oorzaak en advies hervatting, 1200969, september 2009

[Wiertsema & Partners, 2011]

Wiertsema & Partners, Resultaten grondonderzoek ten behoeve van de uitbreiding van de zandwinning Botjeszandgat te Zuidbroek, VN-54056-2, 8 september 2011

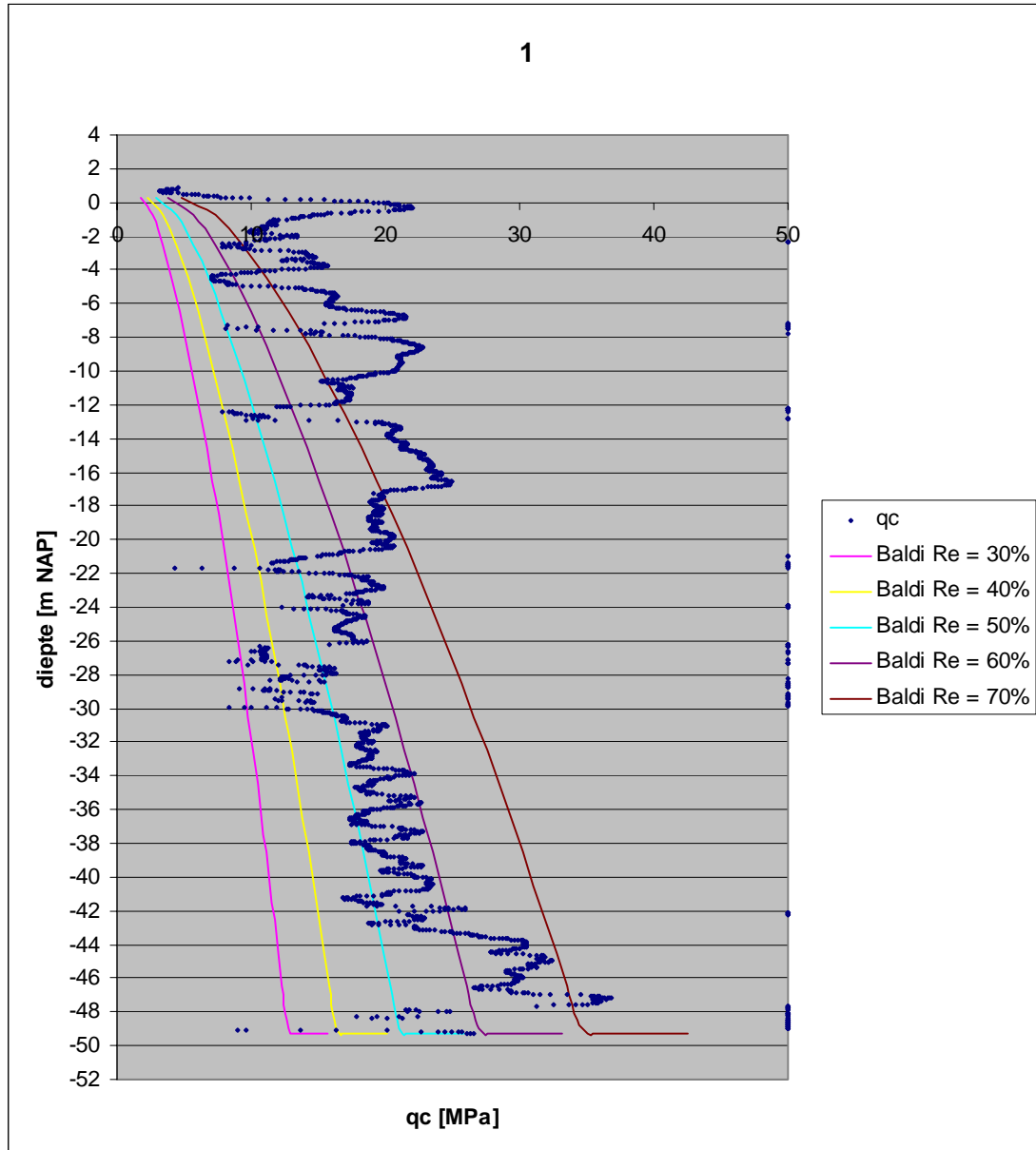
[Grontmij, 2011]

Grontmij, Resultaten boringen en zeefanalyses, Noordoever, zandwinning Botjeszandgat te Zuidbroek, 8 juli 2011

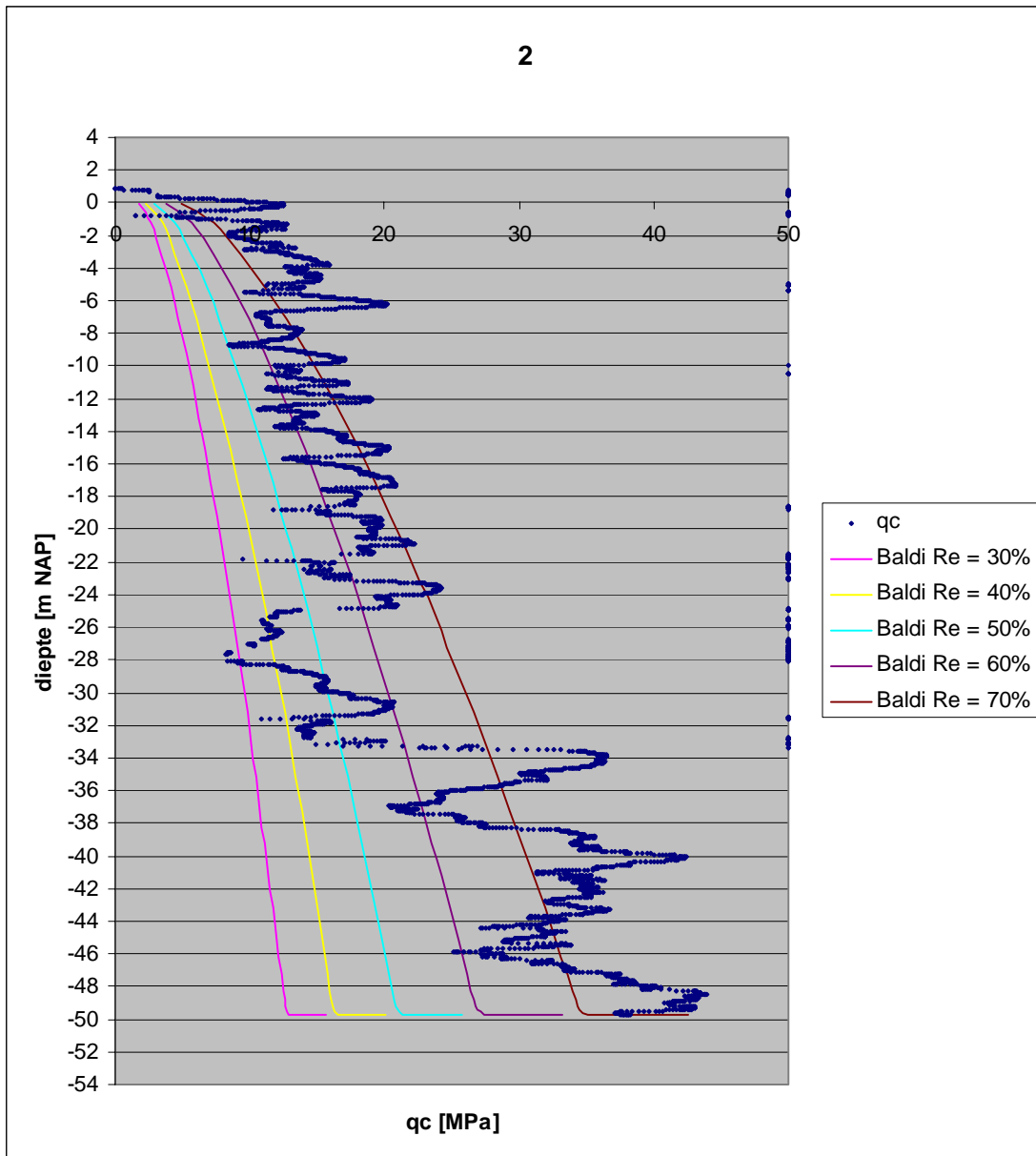
[Grontmij, 2011]

Tekening Botjeszandgat, boringen en sonderingen, nummer 01110432, 22 september 2011

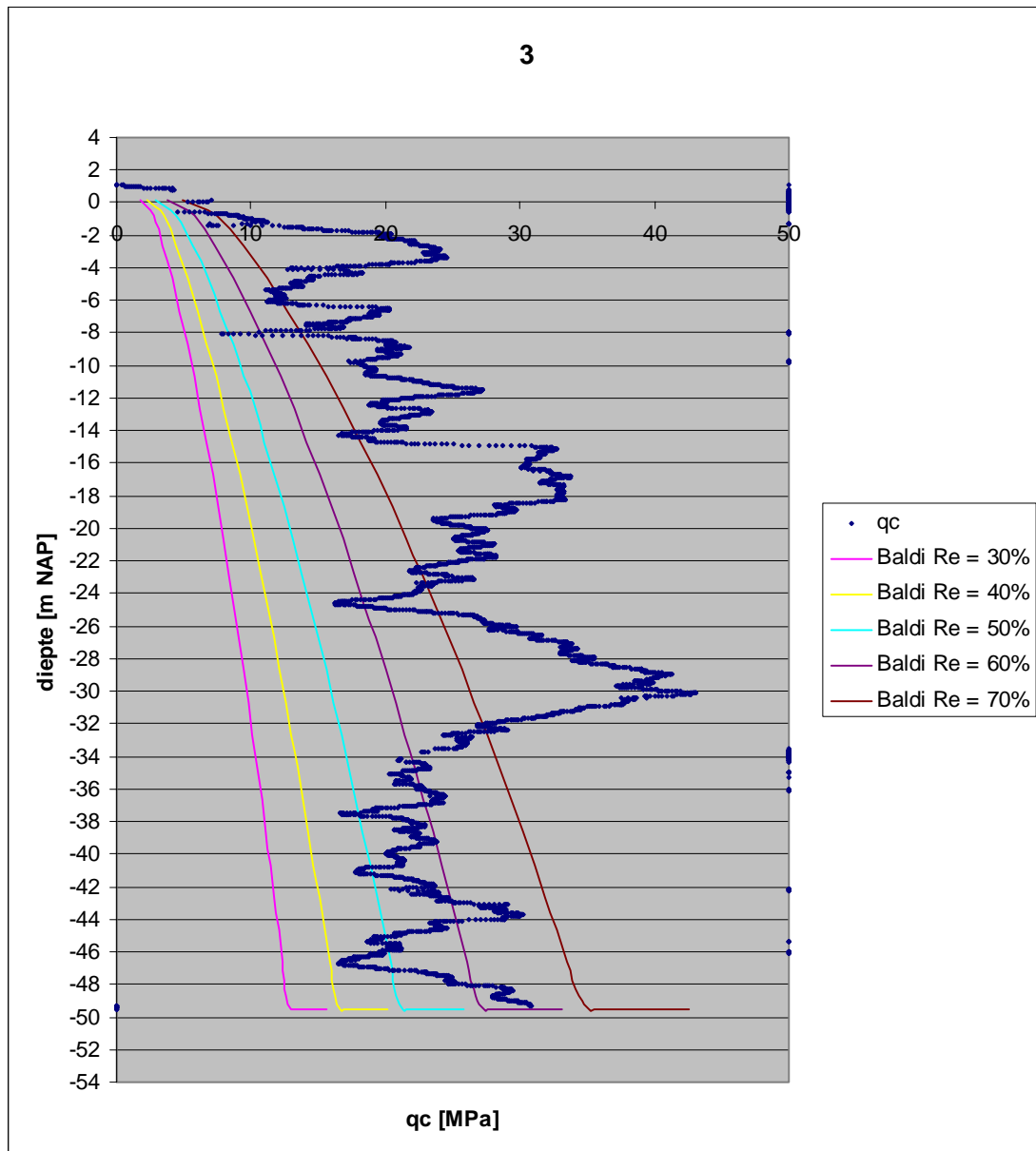
## Bijlage 3.1 Sonderingen noordelijke talud



Losgepakt zand ( $Re < 40\%$ ) (maar afgewisseld met kleilaagjes) tussen NAP-26 m en NAP-30 m.

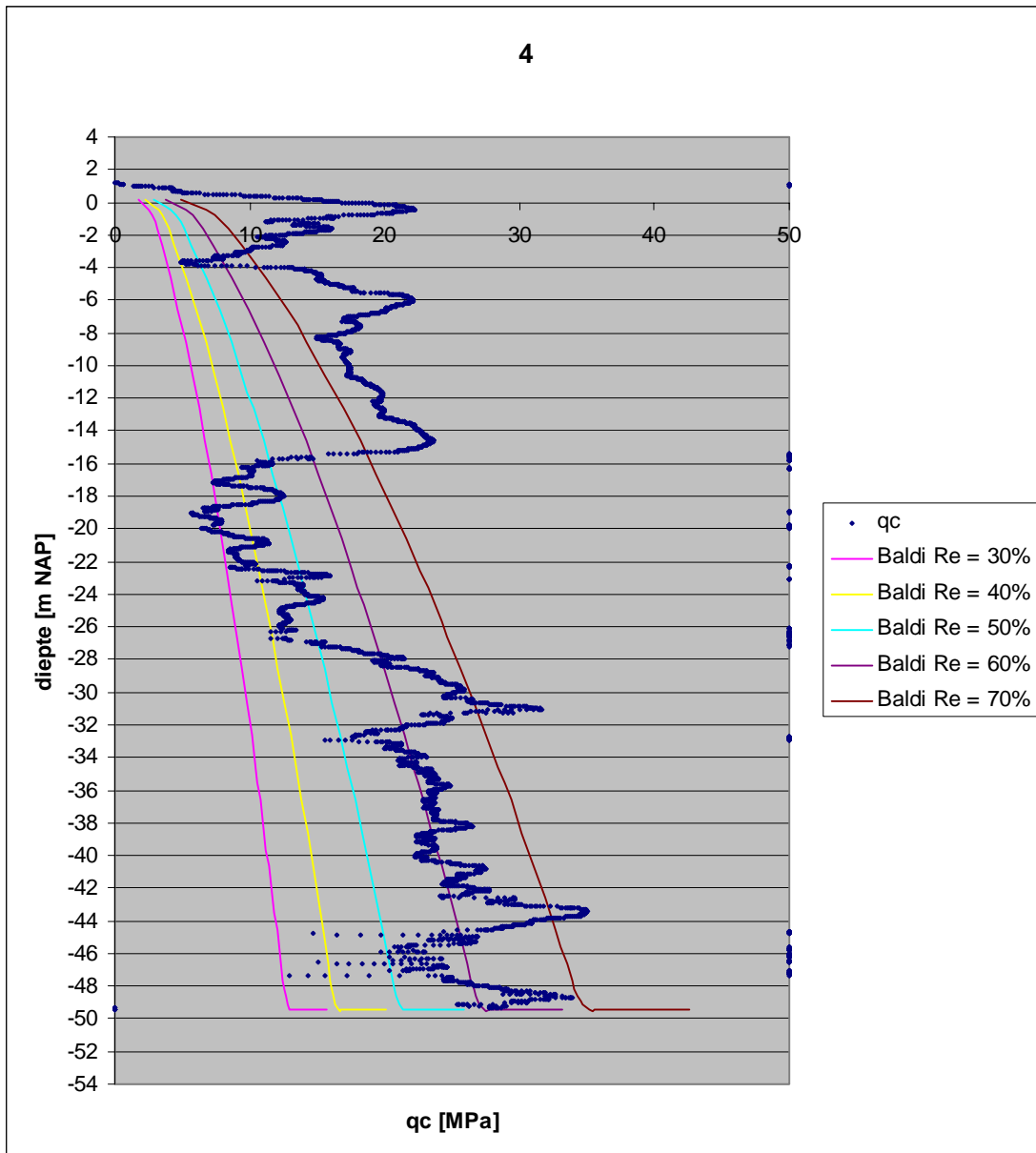


Losgepakt zand ( $Re < 40\%$ ) tussen NAP-25 m en NAP-28 m  
Matig vastgepakt ( $Re$  tussen 40 en 50%) tussen NAP-32 m en NAP -34 m.



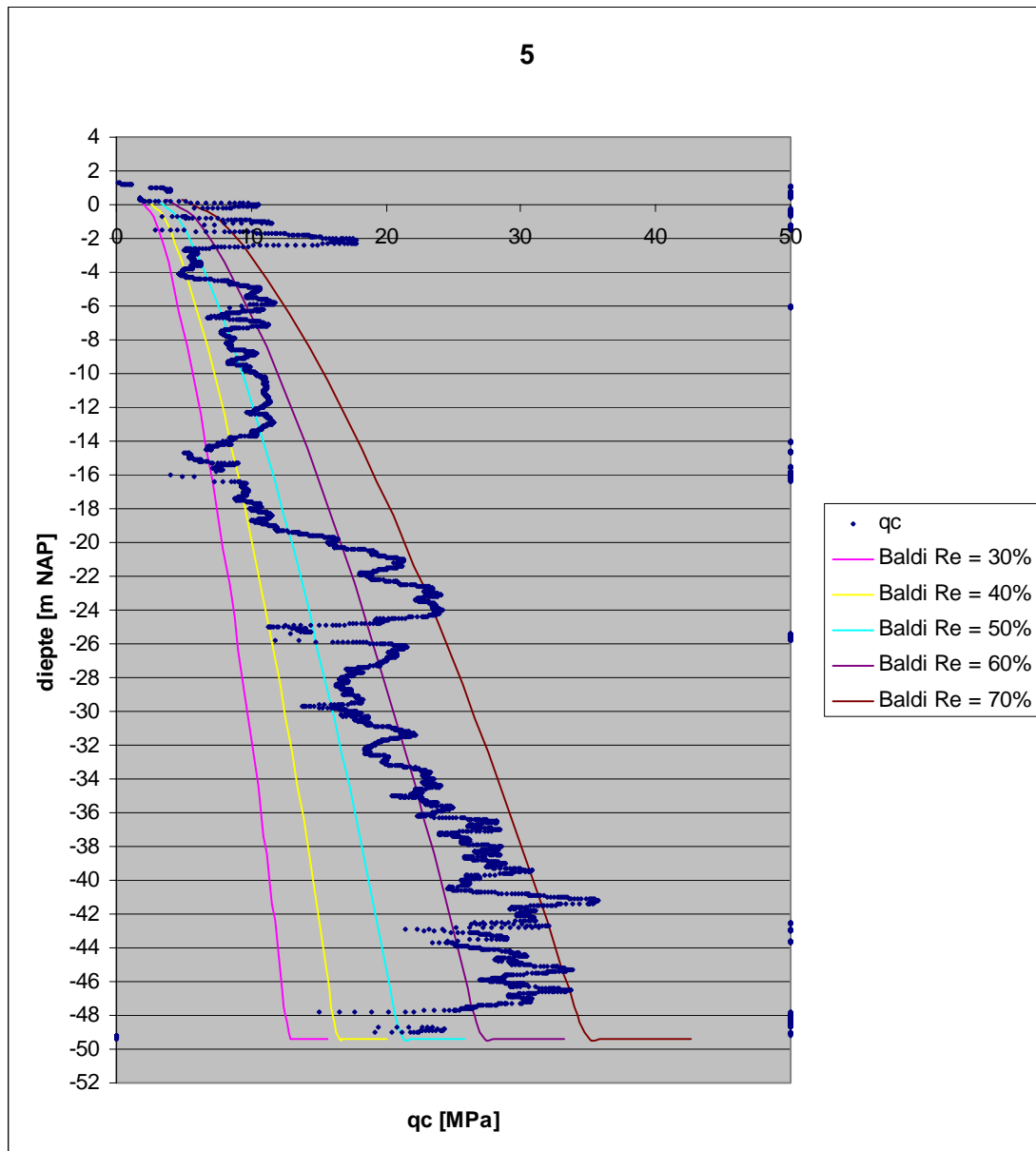
Overwegend vastgepakt

Matig vastgepakt (Re tussen 40 en 50%) in dunne lagen (<0,5 m) op NAP-37 m, NAP-41 m en tussen NAP-45 m en NAP-47 m.



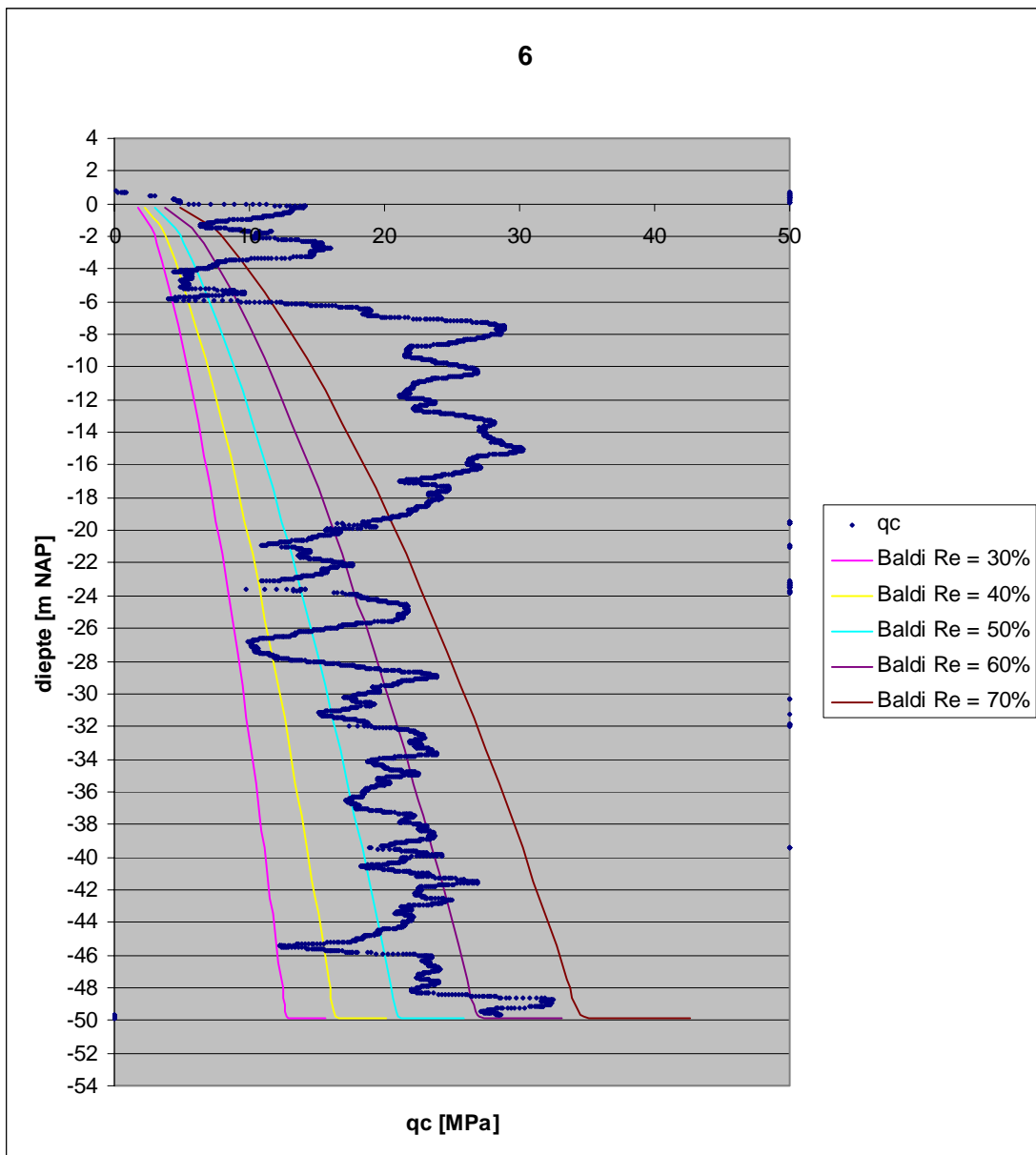
Losgepakt zand ( $Re < 40\%$ ) tussen NAP-16 m en NAP-22 m (op NAP-18 m vastgepakt)  
Matig vastgepakt ( $Re$  tussen 40 en 50%) tussen NAP-25 m en NAP-27 m.





Losgepakt zand ( $Re < 40\%$ ) tussen NAP-14 m en NAP-18 m (afgewisseld met kleilaagjes) en een dunne laag op NAP-4 m.

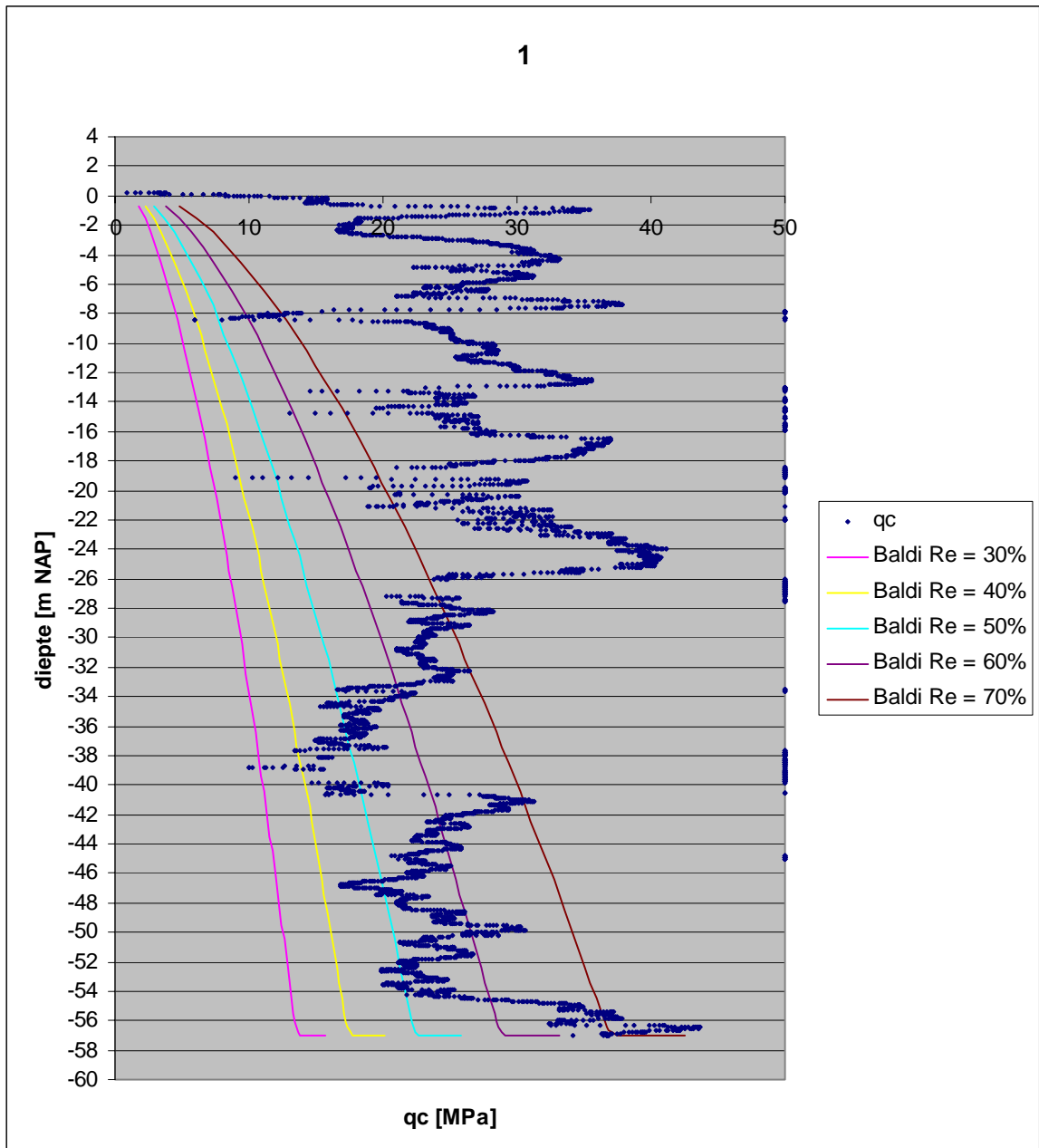
Matig vastgepakt ( $Re$  tussen 40 en 50%) tussen NAP-3 m en NAP-4 m, tussen NAP-18 m en NAP-19 m en tussen NAP-25 m en NAP-26 m

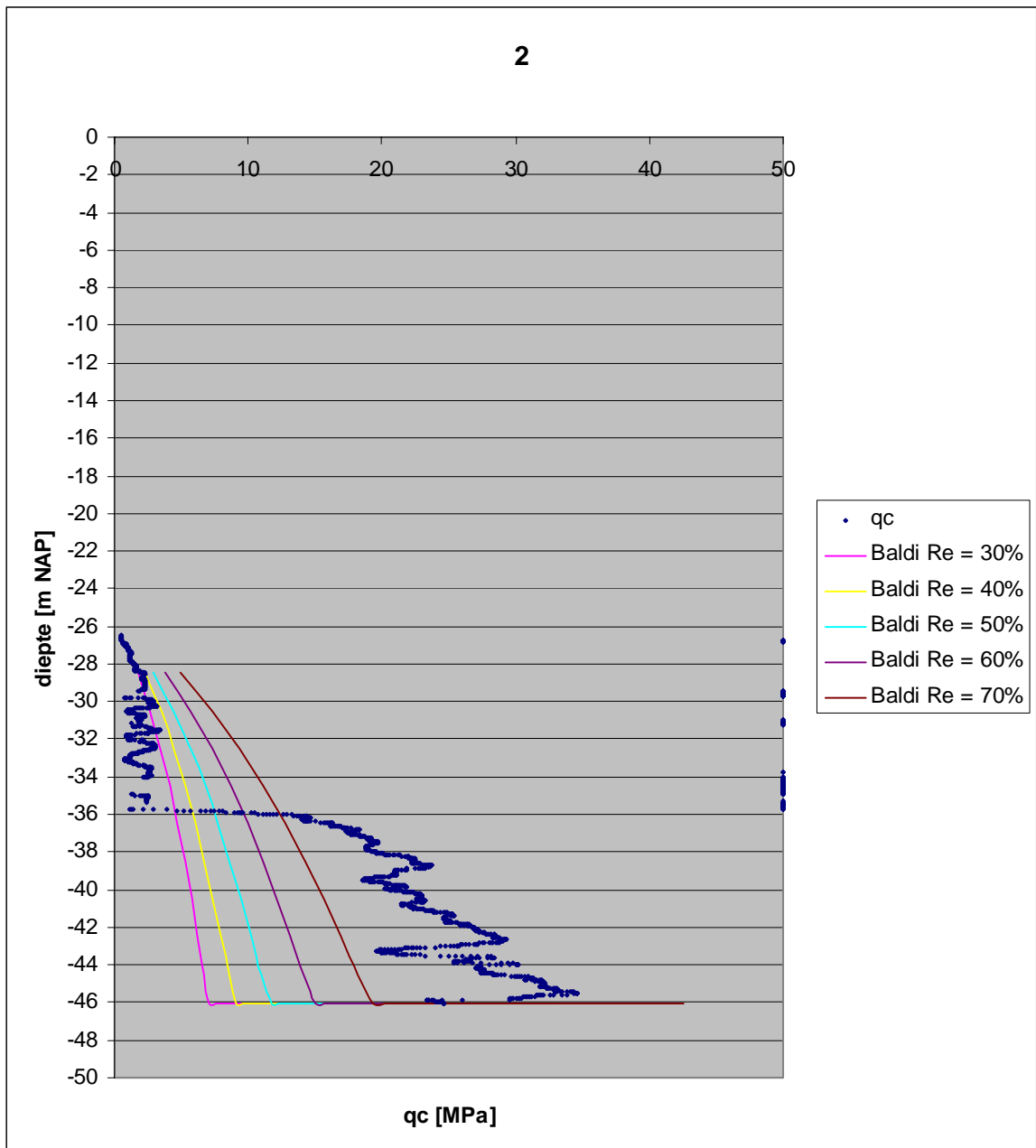


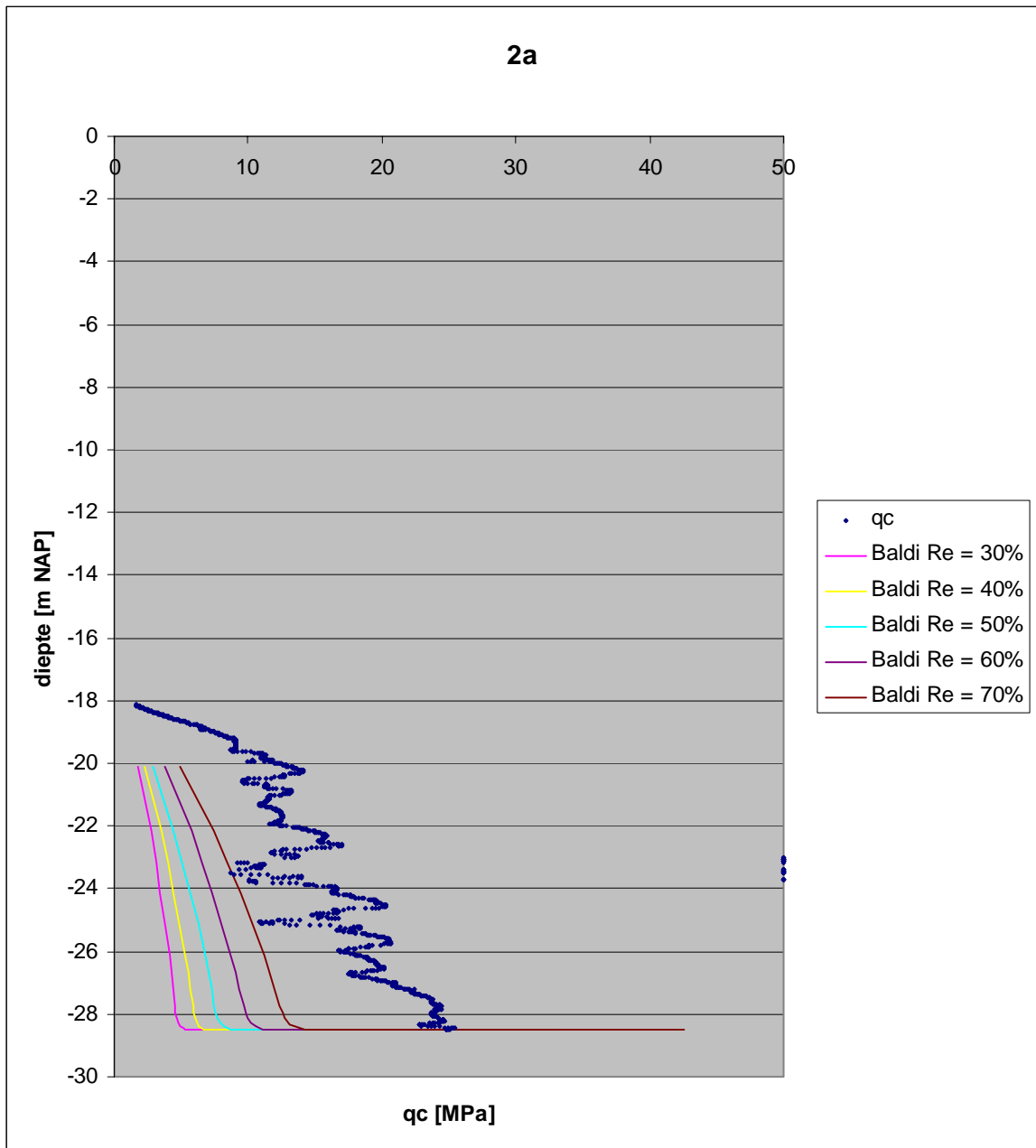
Losgepakt zand ( $Re < 40\%$ ) tussen NAP-27 m en NAP-28 m, enkele dunne laagjes tussen NAP-4 en NAP-6 m en een zeer dunne laag op NAP-45 m.

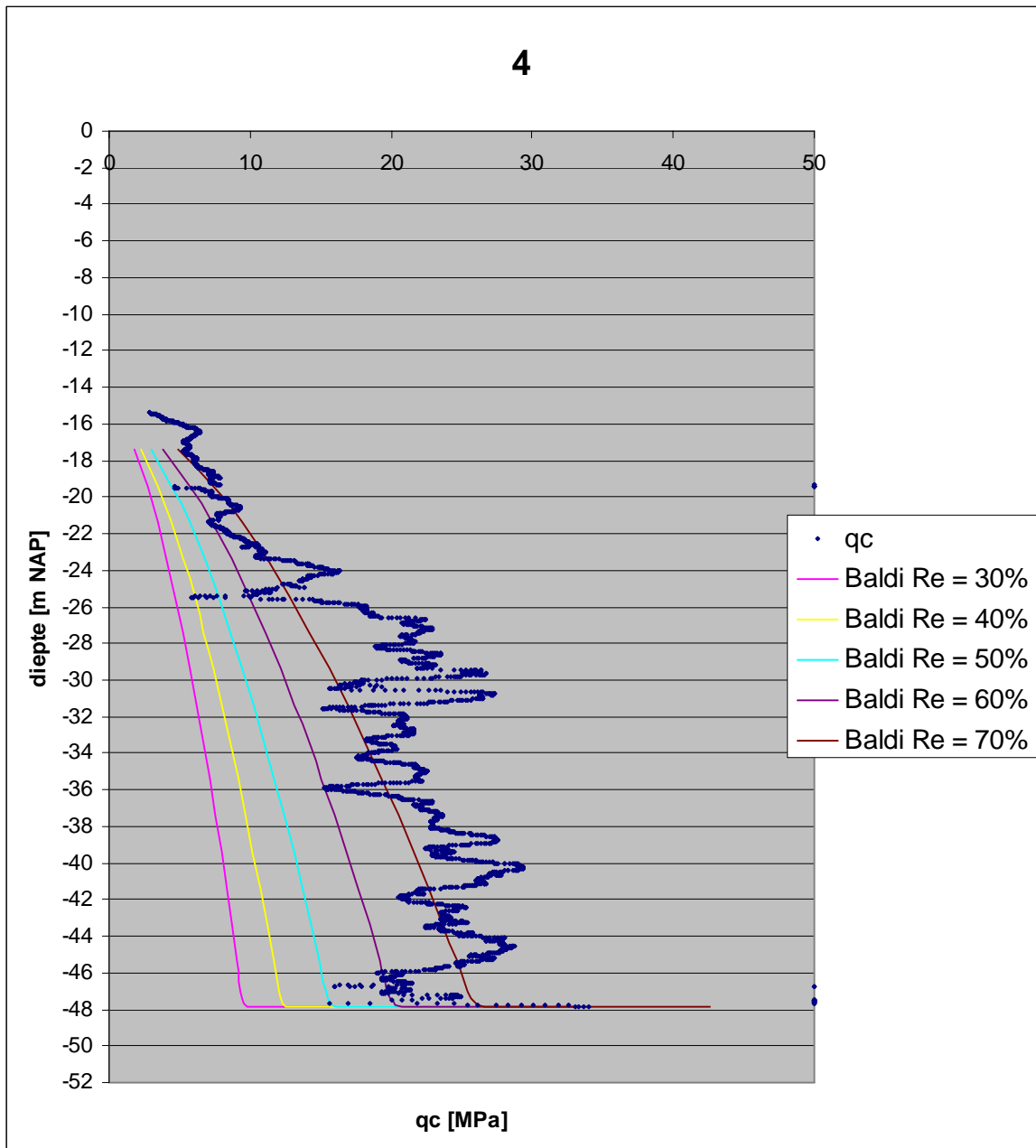
Matig vastgepakt ( $Re$  tussen 40 en 50%) in dunne lagen ( $< 0,5\text{m}$ ) op NAP-21 m en NAP-23 (afgewisseld met klei)

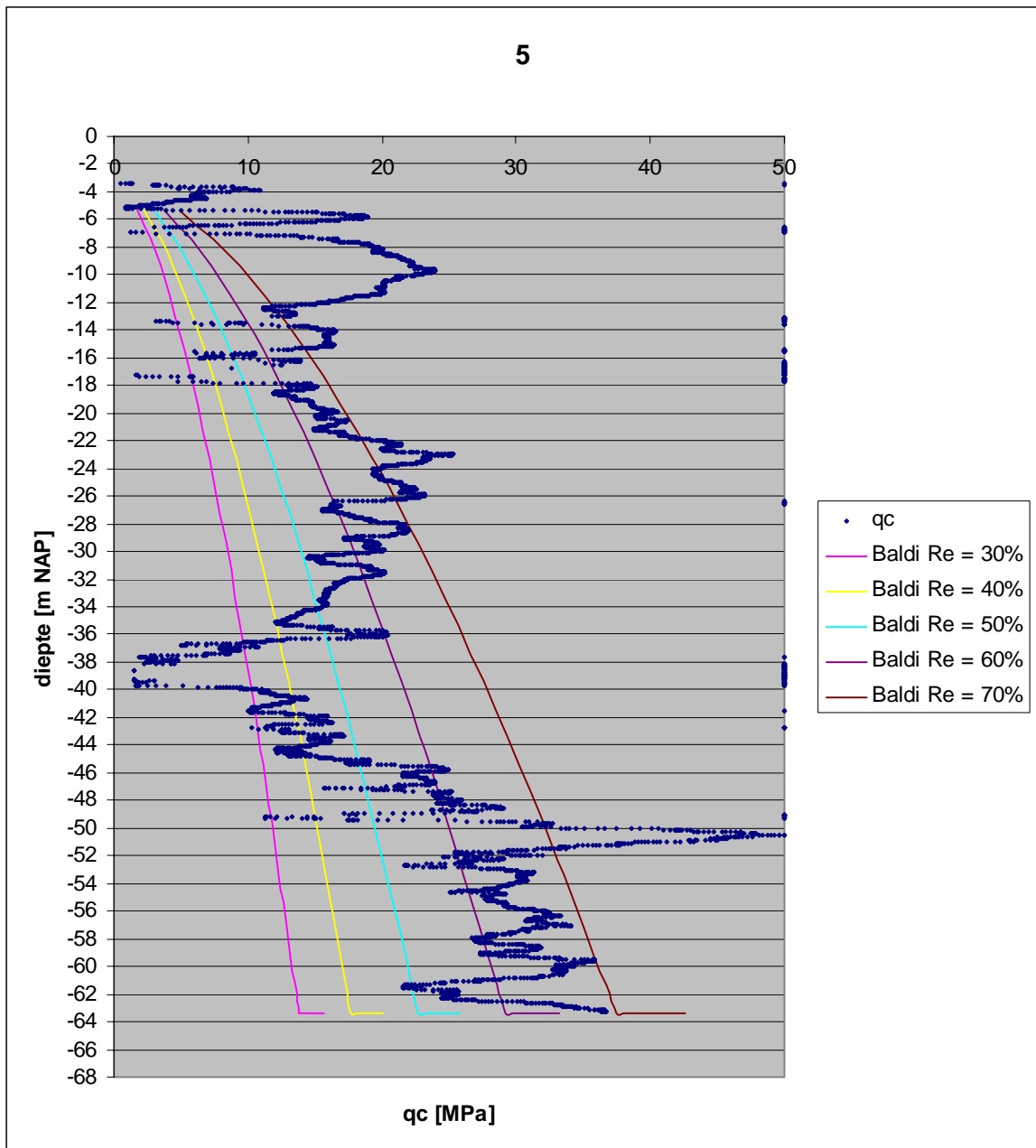
Bijlage 3.2 Sonderingen zuidelijk gedeelte

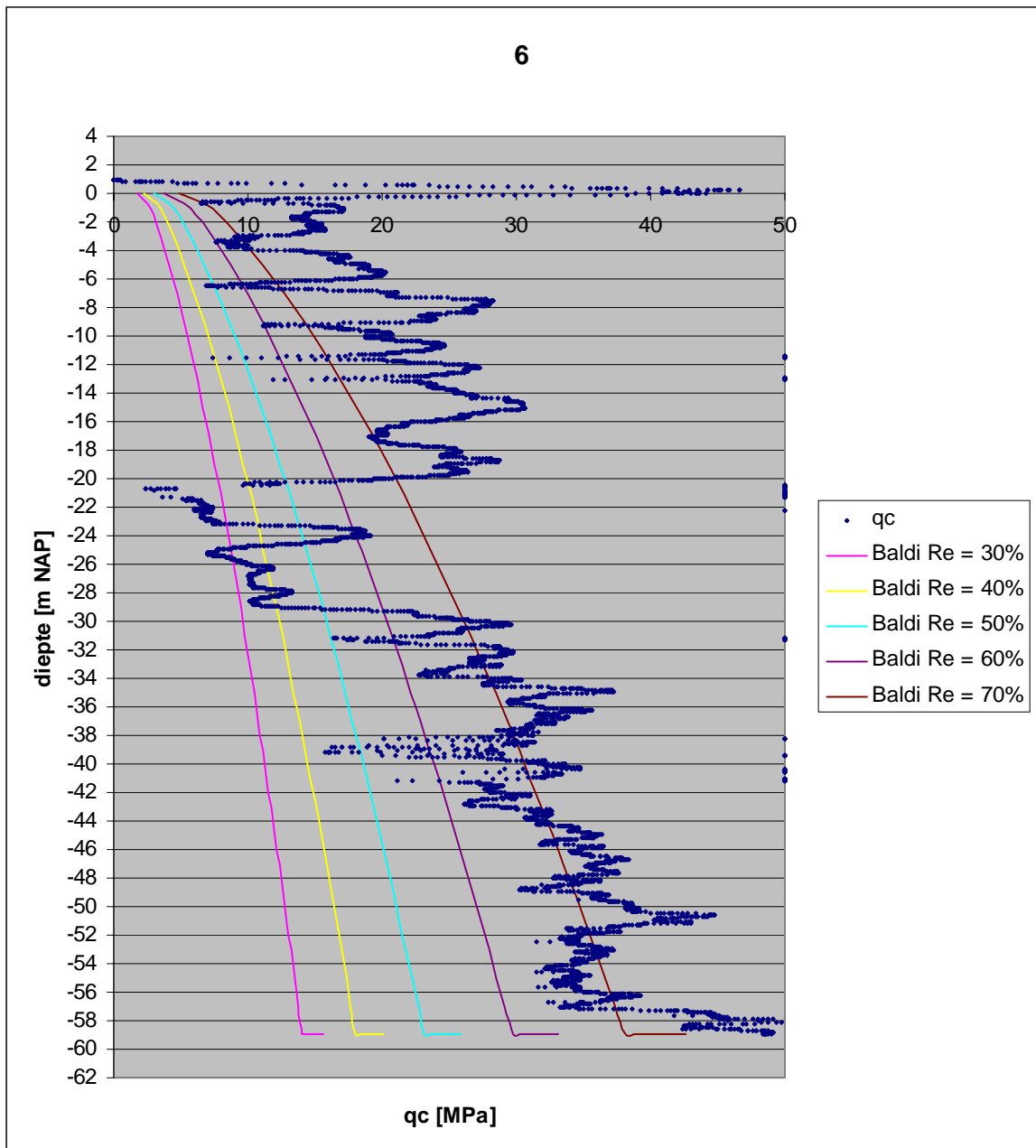




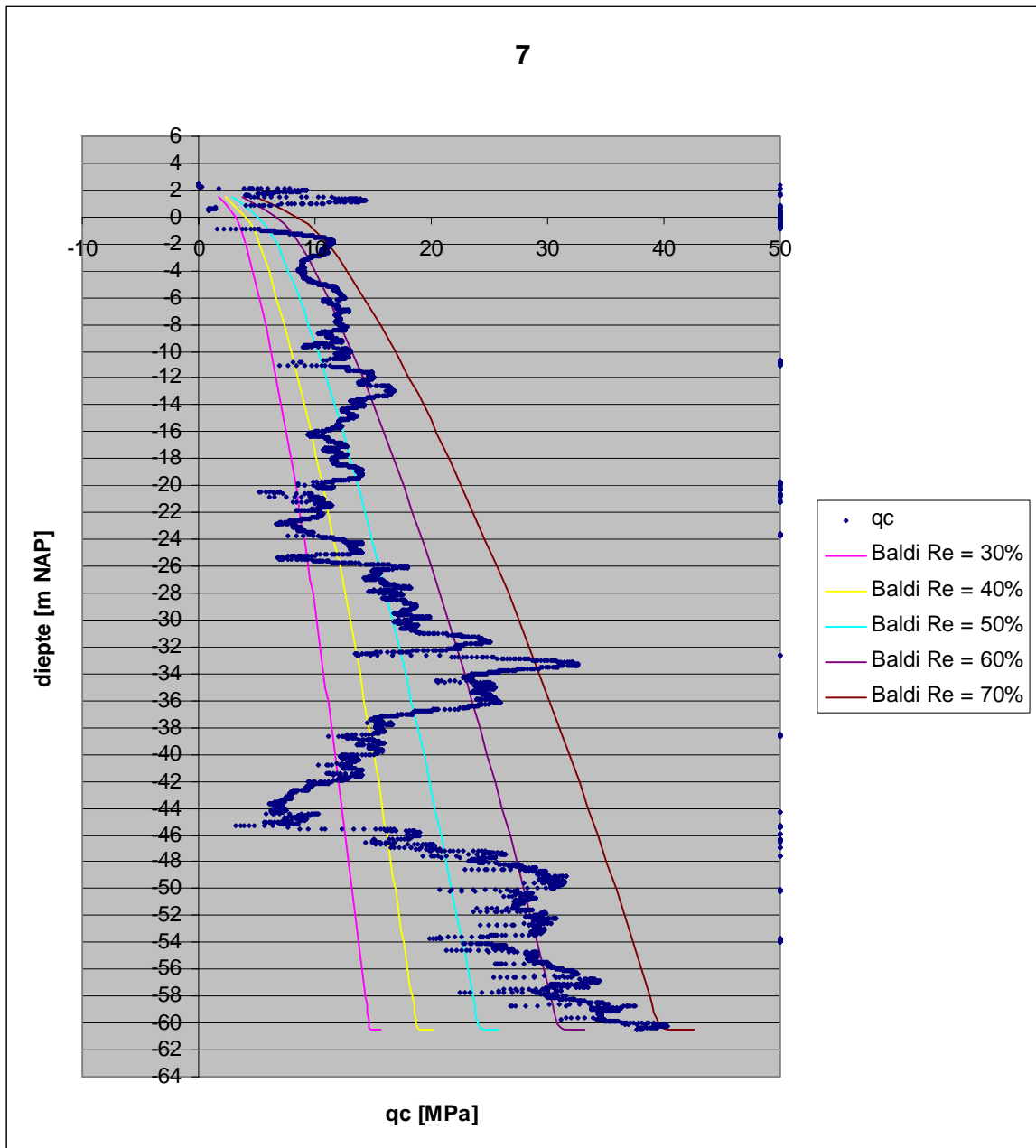


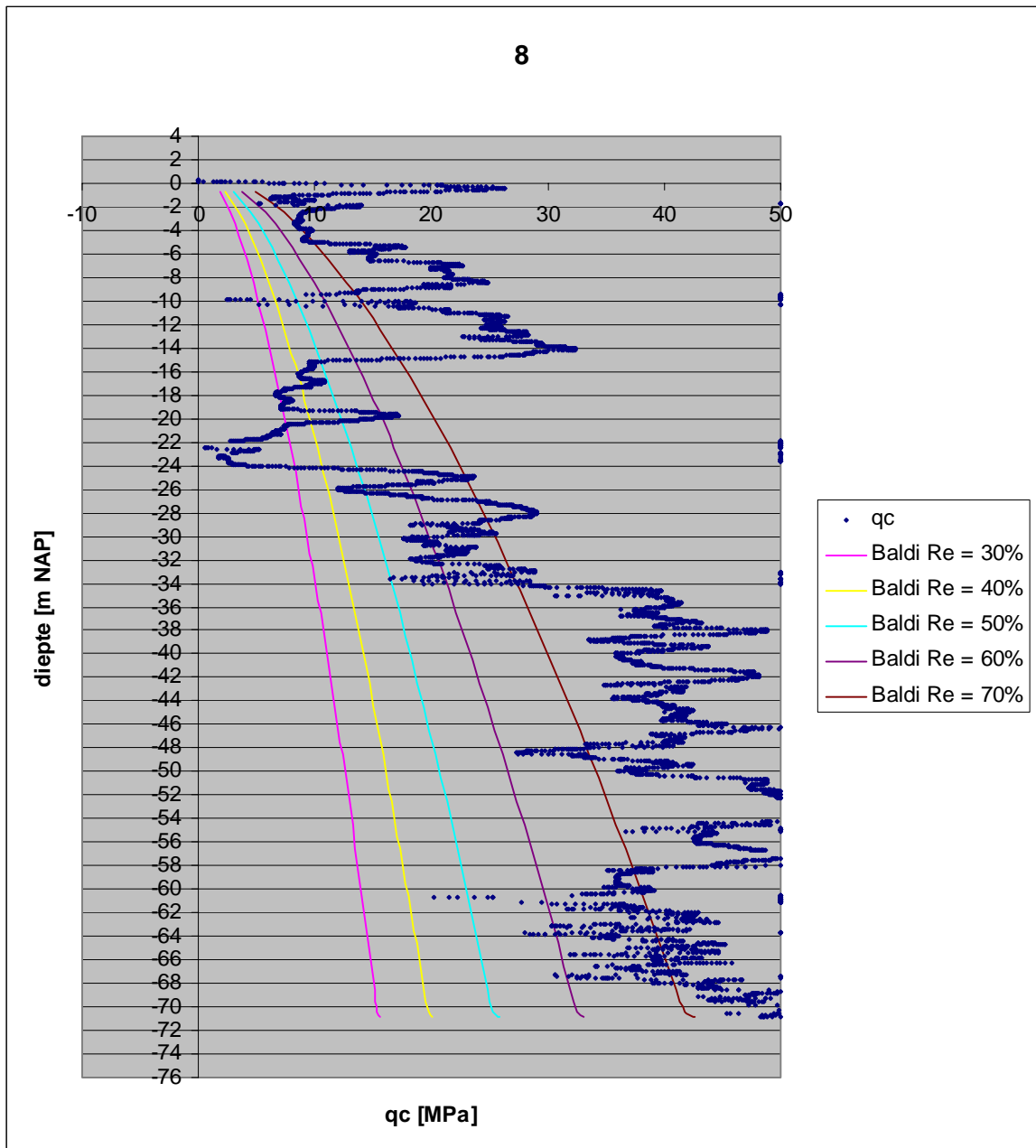


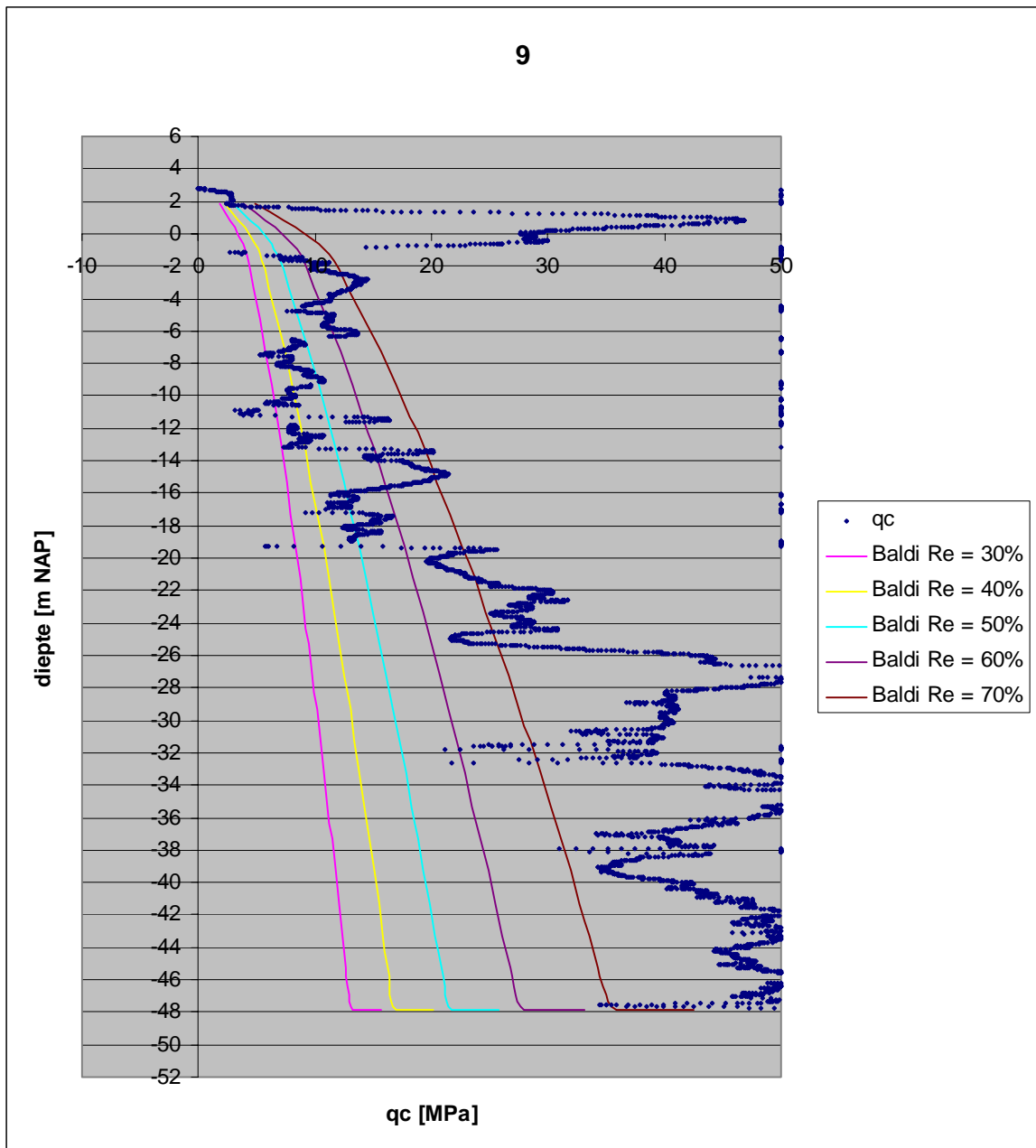








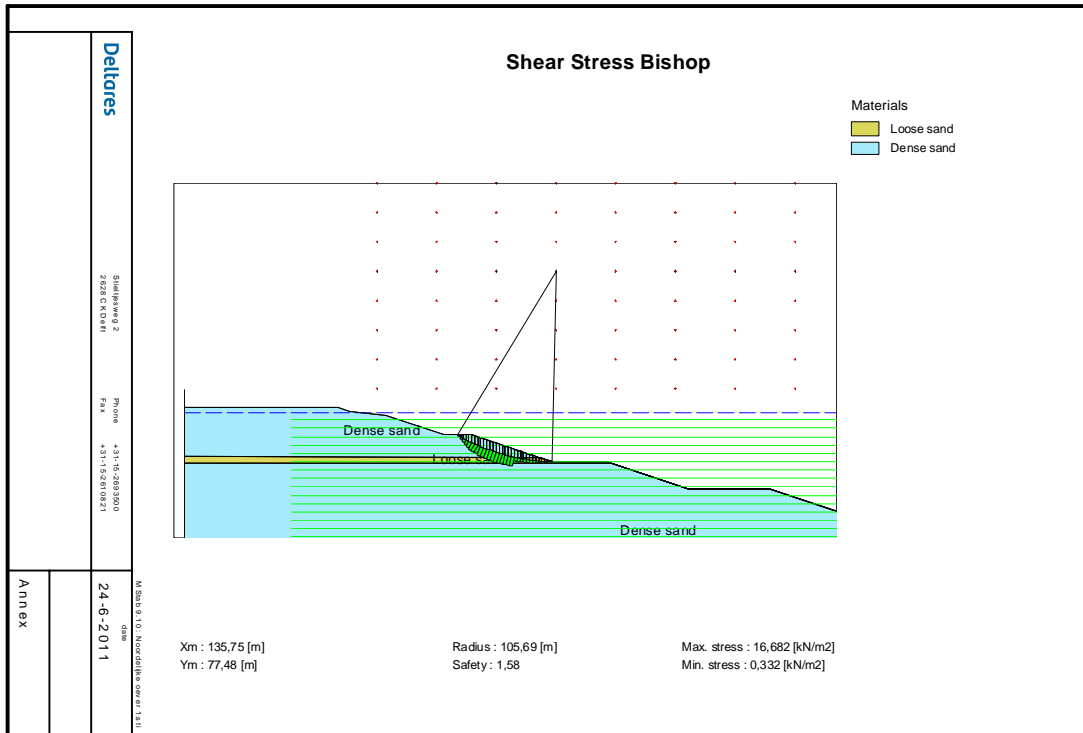




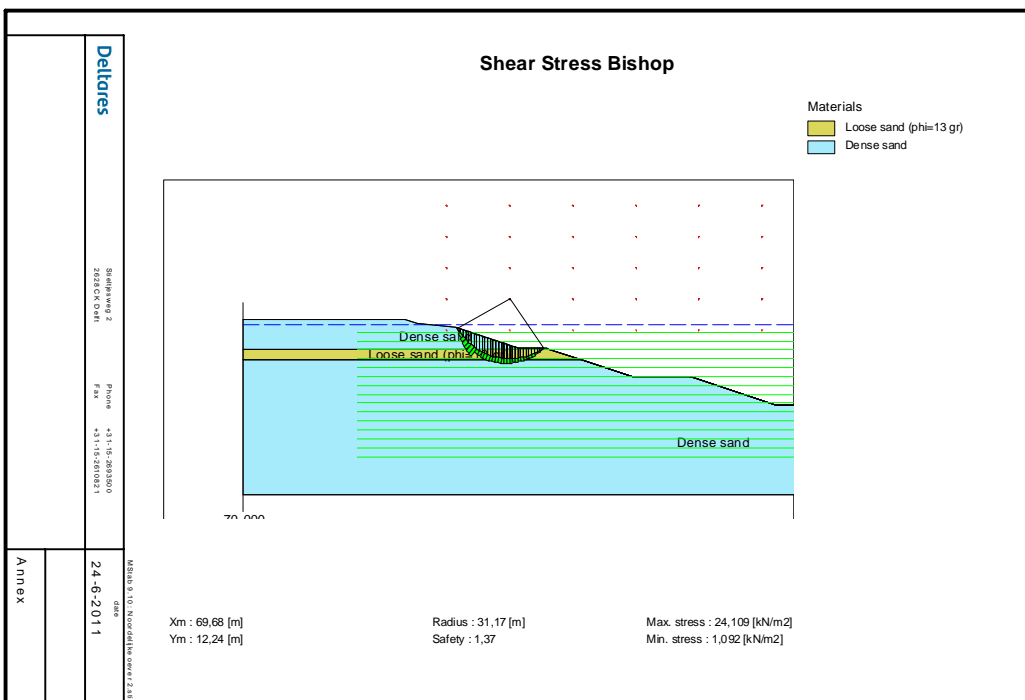
**Bijlage 3.3**

Resultaten MStab berekeningen Noordelijke gedeelte

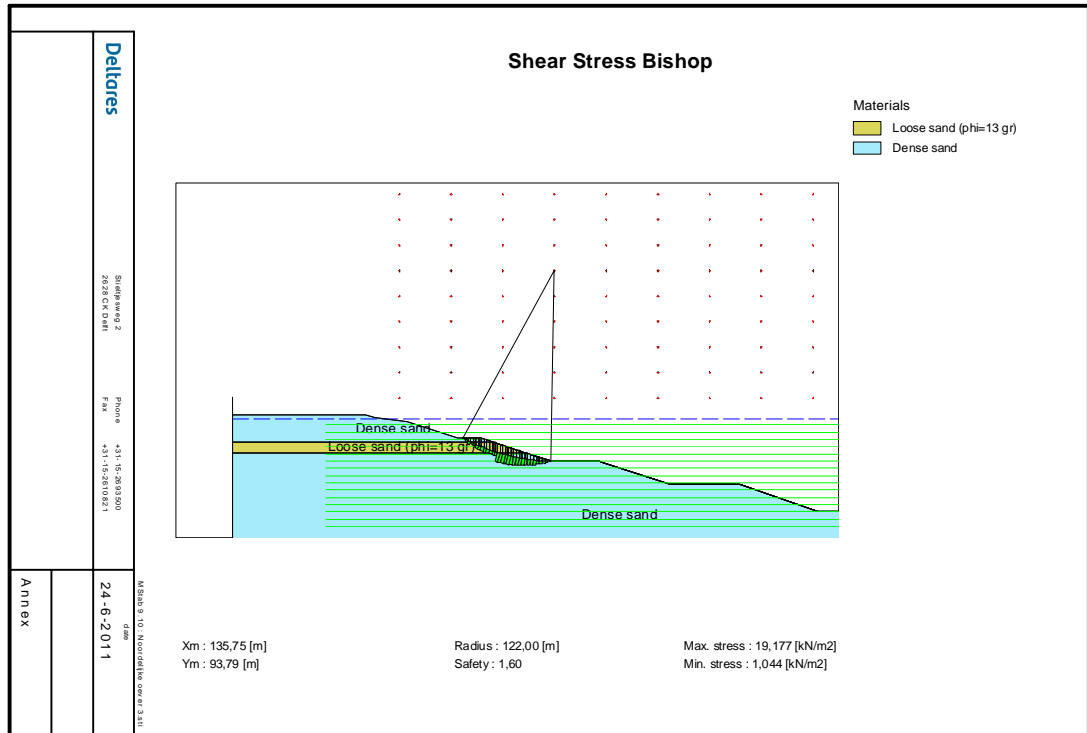
DKP 2:



DKP 5:



DKP 4:

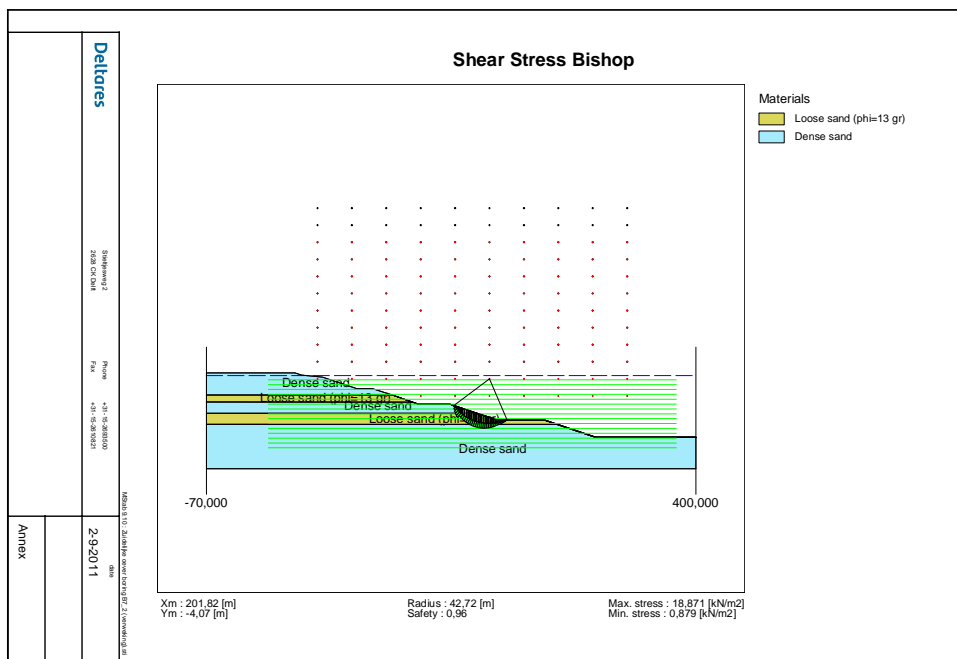


## Bijlage 3.4

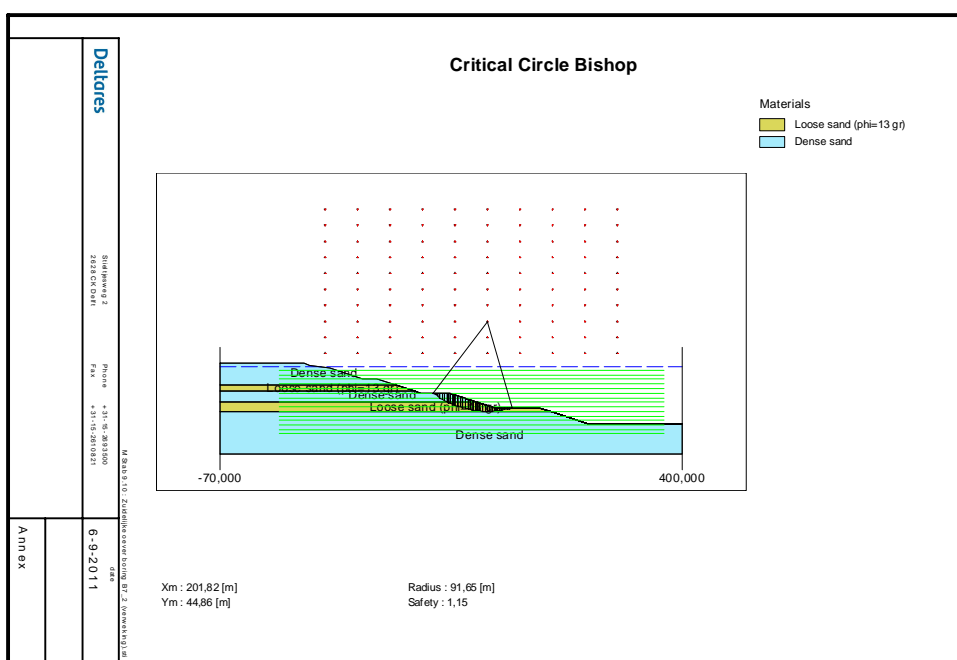
Resultaten MStab berekeningen zuidelijke gedeelte

Grondopbouw op basis van DKM7

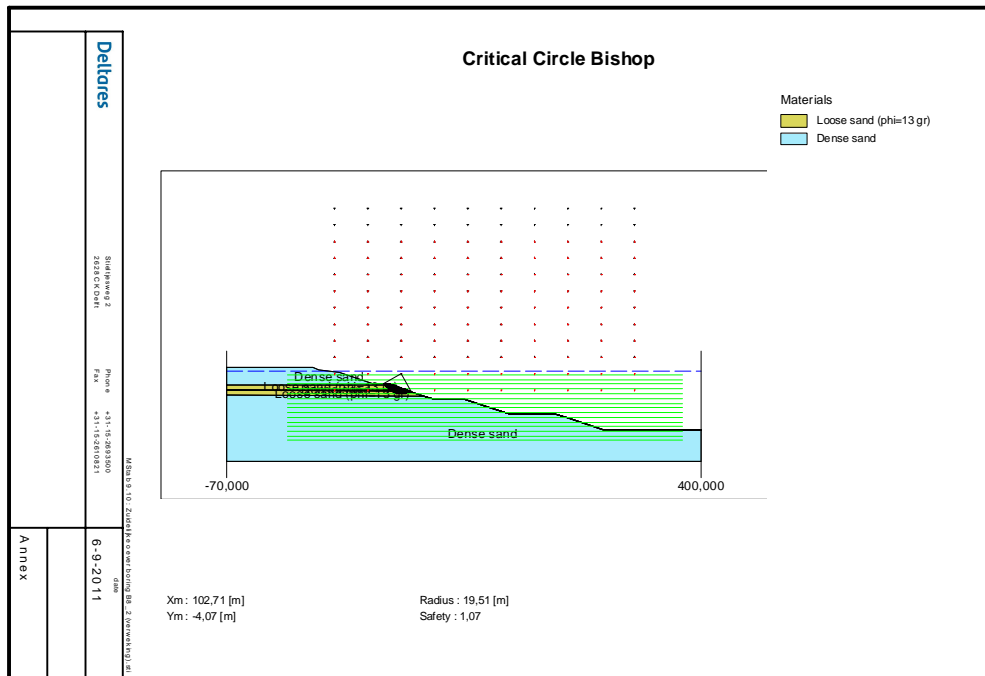
Ondiep glijvlak:



Diep glijvlak:



DKM 8  
Ondiep glijvlak:



Diep glijvlak:

