

Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Feithspark 6 9356 BZ Tolbert
Postbus 27 9356 ZG Tolbert
Netherlands
Tel. +31 (0)594 51 68 64
Fax +31 (0)594 51 64 79
E-mail: info@wieritsema.nl
Internet: www.wieritsema.nl

Aanpassen ZW-talud

Zandwinning Parkheem te Opende

VN-57753-1 | 23 april 2013



Feithspark 6 9356 BZ Tolbert
Postbus 27 9356 ZG Tolbert
Netherlands
Tel. +31 (0)594 51 68 64
Fax +31 (0)594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Onderwerp: Zandwinning Parkheem te Opende
Projectnummer: VN-57753-1
Opdrachtgever: Poelman Zandhandel BV
Scheiding 43b
9865 VB Opende
Datum: 23 april 2013

Opgesteld door:	
Handtekening:	
Documentnummer:	R23326
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding	4
1.1	Referenties.....	4
1.2	Aanleiding en doel	4
1.3	Leeswijzer	5
2	Bodemopbouw	6
2.1	Beschrijving.....	6
2.2	Grondparameters	6
2.3	Karakteristieke samenstelling zandpakket.....	7
3	Taludstabiliteit	7
3.1	Inleiding.....	7
3.2	Uitgangspunten.....	8
3.3	Afschuiving.....	8
3.4	Verwekingsvloeiingen.....	10
3.4.1	Verwekingsproces.....	10
3.4.2	Analyse.....	10
3.5	Taludstabiliteit tijdens het winnen van zand.....	11
3.5.1	Inleiding	11
3.5.2	Beheerst bressen	11
4	Conclusie en aanbevelingen.	13



1 Inleiding

In opdracht van Poelman Zandhandel BV te Opende heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners bv een stabiliteitsadvies uitgebracht ten behoeve van het aanpassen van het ZW-talud van de zandwinning Parkheem te Opende.

1.1 Referenties

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op de volgende het eveneens door ons bureau uitgevoerde grondonderzoeken en geotechnische adviezen:

- [1] Resultaten grondonderzoek zandwinput Parkheem, VN-16067, d.d. 3 december 1997.
- [2] Stabiliteitsonderzoek zandwinput Parkheem, VN-16067A, d.d. 12 januari 1998.
- [3] Stabiliteitsadvies aan de bres NW-hoek zandwinning Parkheem, VN-32465, d.d. 14 april 2004.
- [4] Briefadvies waterpeil zandwinput Opende, VN-52948, d.d. 8 november 2010.
- [5] Analyse zandwinning Parkheem, VN-55344 R18527, Concept d.d. 29 maart 2012.
- [6] Zandwinplan depotzand Parkheem, VN-55344 R19484, Concept d.d. 3 juli 2012.
- [7] Tekening Dwarsprofielen Poelman Zandwinning 1999 t/m 2010, 12 bladen, Geoplus, d.d. 24 januari 2012.
- [8] Rapport Peildata 17 januari 2013 Zandwinning Opende, project 7709, Geoplus.
- [9] Oeverstabiliteit bij zandwinputten, CUR-Aanbeveling 113, Gouda 2008.

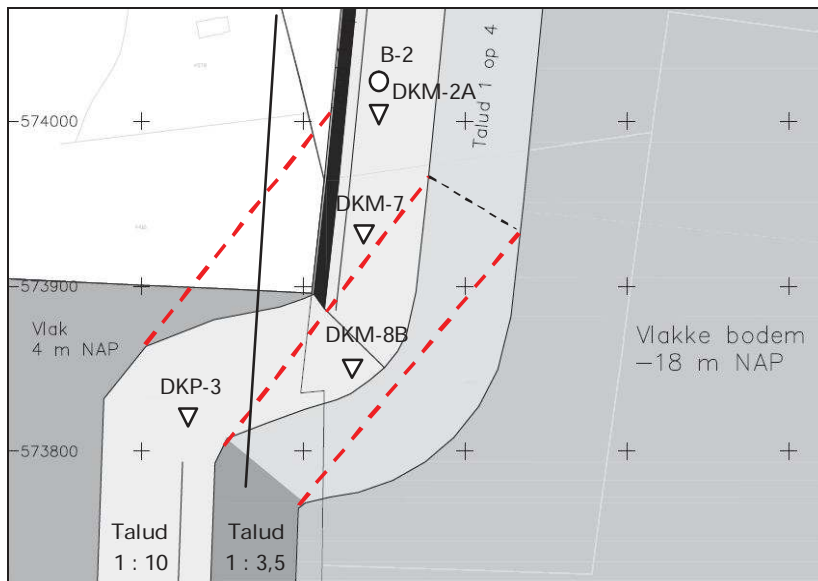
1.2 Aanleiding en doel

Het stabiliteitsadvies wordt uitgevoerd in verband met het aanpassen van het huidige vergunde zuidwest talud naar een meer praktische winbare situatie (zie figuur 1.1)

Het doel van dit stabiliteitsonderzoek is te komen tot een taludgeometrie van de zandwinning die voldoende veiligheid waarborgt tegen de faalmechanismen:

- Afschuiving.
- Verwekingsvloeiing.
- Bresvloeiing.





Figuur 1.1 Vergunde talud ZW-hoek met voorgestelde gewijzigde taludlijn en locatie grondonderzoek

1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 2) wordt een beschrijving van de bodemopbouw gegeven. Op basis van de boor- en sondeergegevens en tabel 2.b van NEN 9997-1 zijn in paragraaf 2.2 de grondparameters ingeschat voor de te onderscheiden grondlagen. Paragraaf 2.3 geeft een nadere analyse van de aanwezige zandlagen en korrelgrootte.

Hoofdstuk 3 omvat een beschrijving en toetsing van het ontwerp van de uitbreiding. In paragraaf 3.3 zal de stabiliteit worden getoetst volgens de Methode van Bishop. In paragraaf 3.4 de kans op verwekingsvloeiing onderzocht volgens correlaties conusweerstand en relatieve dichtheid. Paragraaf 3.5 gaat in op het beheerst bressen, dat op basis van boringen en zeefanalyses indicatief wordt onderzocht.

In hoofdstuk 4 worden tenslotte de conclusies en aanbevelingen uit het onderhavige rapport samengevat.



2 Bodemopbouw

In de volgende paragrafen zal op basis van de beschikbare gegevens een beschrijving van de lokale bodemopbouw worden gegeven, inclusief een representatief grondprofiel voor het gebied. Op basis van het grondonderzoek en tabel 2.b van NEN 9997-1, zullen de grondparameters worden geschat voor de te onderscheiden grondlagen.

2.1 Beschrijving

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieerde ten tijde van het grondonderzoek in 1998 (zie Ref. [1]) van N.A.P. +3,70 m tot +5,54 m. Maargevend voor de ZW-hoek zijn de sonderingen DKM-2A, DKP-3, DKM-7 en DKM-8B (zie figuur 1.1)

Het grondonderzoek toont een bovenlaag van siltig zand en leem tot ongeveer N.A.P. +2,0 m. Hieronder wordt een vastgepakt zandpakket gevonden die behoort tot de fijnzandige formatie van Twente. De conusweerstand in dit zandpakket loopt op tot meer dan 80 MPa. Opvallend zijn de sonderingen DPK-3, DKM-7 en DKM-8B waar het zandpakket tussen globaal N.A.P. +1,5 m en -1 m losgepakt is. Deze drie sonderingen bevinden zich ter plaatse van het ZW-talud.

Tussen globaal N.A.P. -5 m en N.A.P. -12 m is het zandpakket lokaal leemgelaagd (sondering DKM-1A en 2A). Dit zandpakket behoort tot de formatie van Eindhoven. Hier onder zijn tenslotte de fijne zanden van Peelo zichtbaar. De onderzijde van deze afzetting bevindt zich op globaal N.A.P. -30 m.

2.2 Grondparameters

Op basis van de resultaten van het grondonderzoek is een bodemprofiel opgesteld. De representatieve grondparameters voor de verschillende lagen zijn bepaald conform de NEN 6740 tabel 1.

Tabel 2.1 Grondprofiel ZW-talud met grondparameters

ZW-talud DKM-7	b.k. laag m+ N.A.P.	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ'_{rep} [°]	ϕ'_d [°]	c'_{rep} [kPa]	c'_d [kPa]
zandtoplaag	+5,5	18 / 20	30	25,7	-	-
leem, zandig	+4,0	15 / 17	25	21,2	2	1,54
zand, mv	+2,5	18 / 20	30	25,7	-	-
zand, los	+1,5	17 / 19	27,5	23,5	-	-
zand, mv	-1,0	18 / 20	30	25,7	-	-
zand, vast	-2,5	19 / 21	32,5	28,0	-	-
zand, siltig	-6,5	18 / 20	27,5	23,5	-	-
zand, mv	-16	18 / 20	30	25,7	-	-

Hierin is:

γ_{sat} het volumegegewicht van volledig verzadigde grond
 ϕ' effectieve hoek van inwendige wrijving
 c' effectieve cohesie



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS

2.3 Karakteristieke samenstelling zandpakket

Om inzicht te krijgen in de taludontwikkeling tijdens het winnen van zand is gebruikt gemaakt van de resultaten van de grondboringen uit 1997. Van de zeefanalyses van de grondmonsters zijn de karakteristieke korreldiameters bepaald (Mz en D15).

- Uit de zeefanalyses volgt dat de bovenste zandlaag tot circa N.A.P. -2 m matig fijn is met een $M_z = 200 \mu\text{m}$ en $D_{15} = 125 \mu\text{m}$.
- Het onderliggende zand is zeer fijn met $M_z = 100$ à $125 \mu\text{m}$ en $D_{15} = 70 \mu\text{m}$ tot de maximaal verkende diepte van N.A.P. -13 m.

3 Taludstabiliteit

3.1 Inleiding

In deze rapportage voor de uitbreiding van de zandwinput ligt het zwaartepunt voornamelijk op de geotechnische aspecten die betrekking hebben op de stabiliteit van de onderwatertaluds. Daarbij komen de volgende aspecten aan de orde:

1. Onderzoek macrostabiliteit van de taluds (afschuiving).
2. Mogelijkheid tot het optreden van verwekingsvloeiingen (verwekingsvloeiing).
3. Taludontwikkeling ten gevolge van het zandzuigen (bresvloeiing).

In dit rapport zullen de genoemde aspecten worden getoetst aan de hand van de CUR-Aanbeveling 113 'Oeverstabiliteit bij Zandwinputten' (Ref. [9]). Het toetsingsniveau van diepgang is in eerste instantie eenvoudig van opzet. In de volgende tabel is aangegeven welke analyses per faalmechanisme in dit rapport worden uitgevoerd.

Tabel 3.1 Toetsing faalmechanismen conform CUR-Aanbeveling 113

Afschuiving	Verwekingsvloeiing	Bresvloeiing
Stabiliteitsberekening volgens de methode van Bishop met grondparameters geschat volgens NEN 9997-1	• Voldoet volgens correlatie van Baldi aan $R_n(1\text{m}) > 0,5$ • òf voldoet aan de voorwaarde: $\text{Cotan}(\alpha_R) > 7 \cdot (H_R/30\text{m})^{1/3}$ • òf voldoet aan beide voorwaarden: $R_n(3\text{m}) > 0,5$ en $\text{Cotan}(\alpha_R) > 4 \cdot (H_R/30\text{m})^{1/3}$	Voldoet aan elk van de volgende voorwaarden: • stoorlagen (>1,0 m dik) worden indien mogelijk met geschikt materieel verwijderd; • het zand is grof genoeg; • er wordt vooraf een werkplan voor de uitvoering vastgesteld waarin de risico's ten aanzien van het onbeheerst bressen zijn omschreven; • het zuigproces wordt beheerst door de positie van de zuigbuis positie in X, Y en Z en de zuigproductie te monitoren; • de taluds worden regelmatig gepeild.



3.2 Uitgangspunten

Voor de analyse zijn de volgende randvoorwaarden als uitgangspunten gehanteerd.

Taluds

Startpunt voor bepaling van het benodigde onderwatertalud zal zijn het vergund talud van een geknikt onderwatertalud 1:10 tot N.A.P. -3,0 m, gevolgd door 1:3,5 tot de einddiepte van N.A.P. -18 m.

Waterstanden

De freatische grondwaterstand varieert van N.A.P. +0,8 m tot +1,4 m met een gemiddelde van N.A.P. +1,1 m. Voor de berekening wordt er vanuit gegaan dat in de zandwinput een plaspeil heerst van N.A.P. +1,0 m (zie Ref. [5])

Methode van zandwinning

Het winnen van het zand zal plaatsvinden met een winzuiger die is uitgerust met een GPS-positioneringssysteem. De zuigkop kan hiermee nauwkeurig worden gepositioneerd in X,- Y,- en Z- richting ten opzichte van het vergunde talud.

3.3 Afschuiving

Voor de stabiliteit van een talud kan men twee stabiliteitscriteria onderscheiden, namelijk macrostabiliteit en microstabiliteit.

Verlies van microstabiliteit (de stabiliteit van individuele zandkorrels) treedt op wanneer er sprake is van uitredend water uit het talud als gevolg van een peil in de zandwinput, dat lager is dan de omringende grondwaterstand. Er moet sprake zijn van een voldoende groot verhang in de grondwaterstanden, wil er evenwichtsverlies optreden. Omdat daar hier geen sprake van is, wordt alleen verder ingegaan op het aspect macrostabiliteit.

Bij verlies van macrostabiliteit is sprake van een evenwichtsverlies of afschuivingen langs een min of meer cirkelvormig schuifvlak, zonder dat er sprake is van verweking van, of wateroverspanning in het afschuivende grondmassief. Oorzaken van het optreden van een afschuiving kunnen onder andere zijn:

1. Een grote belasting op het maaiveld.
2. Het optreden van micro-instabiliteit op grote diepte bij steile hellingen.
3. Een te steile taludhelling.

De stabiliteitsberekeningen van het onderwatertalud zijn uitgevoerd met behulp van een computerprogramma (D-Geo Stability 10.1), waarbij gekozen is voor de Methode van Bishop om de macrostabiliteit van de taluds te toetsen. Bij deze methode wordt uitgegaan van cirkelvormige glijvlakken, waarbij het grondmassief voor de berekening in verticaal gescheiden lamellen wordt verdeeld. Het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de actieve zijde van het schuifvlak vormen de aandrijvende krachten. De tegenwerkende krachten bestaan uit het gewicht van de grond en de belastingen daarop aan de passieve zijde en de schuifweerstand langs het gehele glijvlak.

De verhouding tussen de tegenwerkende en aandrijvende krachten is een maat voor de veiligheid van het talud. Een voldoende veilig talud bezit een evenwichtsfactor van tenminste 1,0 gebaseerd op de rekenwaarden van de grondparameters.

Het talud wordt conform NEN 9997-1 getoetst aan veiligheidsklasse RC1. Hiervoor worden de grondparameters van paragraaf 2.2, vermenigvuldigd met de volgende partiële factoren (zie ook tabel 2.1):

- Hoek van inwendige wrijving $\tan [\phi']$ $y_{\phi'} = 1,2$
- Cohesie $[c']$ $y_c = 1,3$
- Volumiek gewicht $[y]$ $y_y = 1,0$

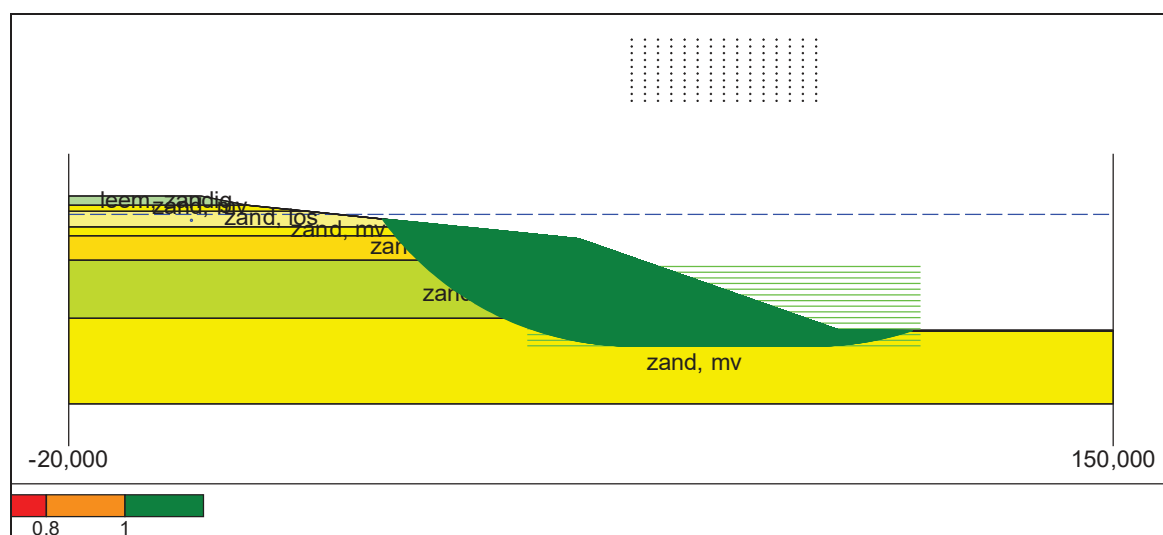
De stabiliteitsanalyse geldt alleen voor een statische spanningstoestand. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de dynamische invloeden die bij zandwinningen aan de orde zijn. De dynamische invloeden veroorzaakt door onder andere het baggerproces worden in paragraaf 3.5 en 3.6 behandeld.

Rekentaluds

Voor de statische stabiliteitsanalyse is een maatgevende situatie op afschuiving onderzocht. Het betreft het vergunde (talud)ontwerp van 1:3,5. Wanneer het rekentalud statisch voldoet dan zal een eventueel (flauwer) ontwerptalud, waarin de dynamische invloeden van het winningsproces zijn verwerkt, statisch zeker voldoen.

Resultaten

Uit de berekening volgens de theorie van Bishop blijkt, dat de macrostabiliteit van het aangehouden vergunde taludprofiel met een helling van 1:3,5 onder normale condities voldoende verzekerd is tegen afschuiven. De kleinste berekende veiligheid tegen afschuiven bedraagt een factor (SF) van $1,25 \geq 1,0 \rightarrow$ voldoet zie figuur 3.1.



Figuur 3.1 Resultaat veiligheid tegen afschuiven

3.4 Verwekingsvloeiingen

3.4.1 Verwekingsproces

Verwekingsvloeiingen kunnen voorkomen in losgepakte zanden. Door de losse pakking ($R_n < 33\%$) van het korrelskelet zijn dergelijke lagen gevoelig voor grondwaterstromingen, grondwaterdrukverschillen en/of dynamische belastingen. Door één van deze fenomenen of een combinatie daarvan, treedt een verkleining van het volume op. Het verkleinen van het volume veroorzaakt vervolgens verhoogde waterspanningen. De hogere waterspanningen zorgen op hun beurt voor het verlagen van de korreldrukken. In het geval van een verwekingsvloeiing zijn de korreldrukken zo laag, dat de zanddeeltjes gaan 'zweven', met als gevolg dat de desbetreffende laag gaat vervloeien en/of verweken. Een maat voor verwekingsgevoeligheid is de relatieve dichtheid (R_n) van zand.

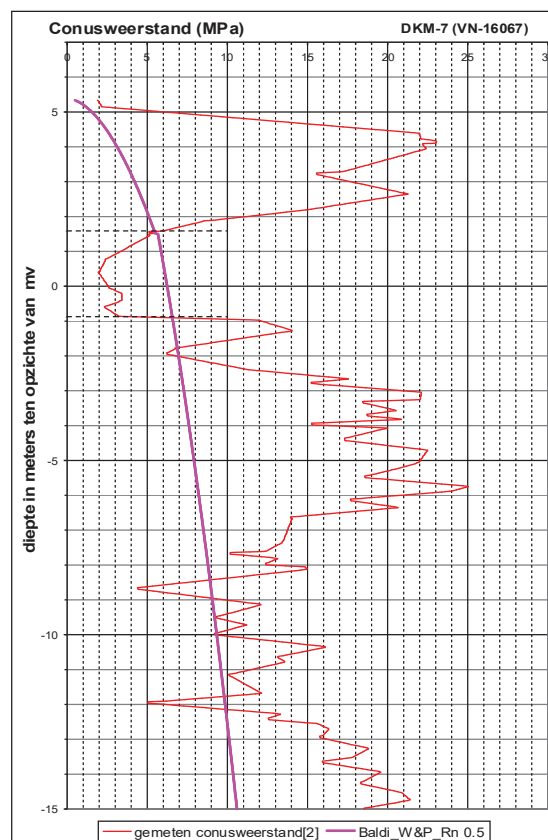
3.4.2 Analyse

In de praktijk wordt de kans dat verweking optreedt als verwaarloosbaar geschat. Indien er in een zandpakket geen lagen voorkomen, waar de relatieve dichtheid R_n kleiner is dan 0,55 à 0,60 en die dikker zijn dan 3 tot 4 m.

De CUR-Aanbeveling 113 geeft aan dat de kans op verwekingsvloeiing verwaarloosbaar is, indien uit de analyse van de sonderingen blijkt dat er geen lagen aanwezig zijn met een relatieve dichtheid R_n kleiner dan 50%, dikker dan 1,0 meter. Is dat wel het geval, dan zal de geometrie van het onderwatertalud daarop moeten worden aangepast.

In dit rapport is de kans op verwekingsvloeiingen getoetst aan de hand van de in de CUR-Aanbeveling 113 genoemde criteria en op basis van de in de praktijk gehanteerde waarden. Op basis van de conusweerstand kan een schatting van de relatieve dichtheid worden gemaakt. Om na te gaan of er in het onderzoeksgebied lagen voorkomen, die gevoelig zijn voor verwekingsvloeiing, is gebruik gemaakt van de correlatie van Baldi.

Uit de analyse van de sonderingen blijkt dat in sondering DKM-7 een laag met een dikte van 2,5 meter voorkomt met een relatieve dichtheid, die volgens de correlatie van Baldi kleiner is dan 50% (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2 Sondeergrafiek DKM-7 met 50% lijn van Baldi

De conclusie kan worden getrokken dat zich in de bovenlaag een in potentie verwekingsgevoelige zandlaag bevindt. Omdat tussen N.A.P. +1,8 m en -3,0 m een vergunningstalud geldt van 1 op 10, wordt wel voldaan aan de voorwaarden en is de kans op verwekingsvloeiing klein.

3.5 Taludstabiliteit tijdens het winnen van zand

3.5.1 Inleiding

De aanleiding is van een oeverinscharing is meestal een onbeheerst bresproces. In de CUR-Aanbeveling 113 zijn voorwaarden gesteld waaraan moet worden voldaan om een beheerst bresproces te kunnen garanderen en het risico op een onbeheerst bresproces te minimaliseren.

Deze voorwaarden betreffen:

- De grondgesteldheid.
- De wijze van uitvoering van de zandwinning.
- Controle van de uitvoering en de taludontwikkeling.

In de volgende paragrafen zal worden beschouwd of de voorwaarden aanwezig zijn voor een beheerst bresproces. Vervolgens zal worden ingaan op de taludontwikkeling bij beheerst bressen en hoe de ingeschatte (voorspelde) taludontwikkeling zich verhoudt tot het taludontwerp.

3.5.2 Beheerst bressen

Om de kans op een beheerst bresproces te vergroten moeten aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. Voldoende taludstabiliteit voor afschuiving en of verweking.
2. De grondlagen moeten zodanig zijn dat een regelmatig bresproces mogelijk is.
3. Bij de uitvoering dient rekening te worden gehouden met het type materieel (zuiger) en de wijze waarop deze in relatie tot de maakbaarheid van het (ontwerp)talud wordt ingezet.

Ad 1 Taludstabiliteit

Uit de paragrafen 3.3 en 3.4 blijkt dat:

- De taluds qua macrostabiliteit voldoen aan een stabiliteitsfactor ($f_{\min} \geq 1$).
- De kans op verweken klein is.

Hiermee wordt voldaan aan de voorwaarde van beheerst bressen.

Ad 2 Grondgelaagdheid

Voorwaarden die aan de grond worden gesteld voor een beheerst bresproces zijn dat:

- Er geen stoorlagen (klei of leem) aanwezig zijn die dikkere zijn dan 0,5 m;
- Er een horizontale laagopbouw van de grond aanwezig is.
- Er geen lagen zijn die kunnen verweken;
- De bodem bestaat uit zand met een $D_{50} > 200 \mu\text{m}$ en een $D_{15} > 100 \mu\text{m}$;
- Dat de taludhoogte maximaal 40 m bedraagt.

Uit het grondonderzoek blijkt het dat er sprake is van homogene grondopbouw. Wel komen leemlenzen voor tussen N.A.P. -5 m en -16 m. Uit het grondonderzoek blijkt verder dat er sprake is van fijn zand met korrelgrootte kleiner dan $200 \mu\text{m}$ ($D_{50} < 200 \mu\text{m}$ en een $D_{15} < 100 \mu\text{m}$).

Op basis van de CUR aanbeveling 113 kan worden gesteld dat op basis van de grondgelaagdheid de kans een op bresvloeiing redelijk groot is.

Ad 3 Uitvoering

Zoals door de opdrachtgever is aangegeven zal het winnen van het zand met behulp van een winzuiger worden uitgevoerd. Voor een beheerst bresproces dient de winmethodiek van een winzuiger minimaal te voldoen aan de volgende voorwaarden:

- Het zand op de taluds dient te worden opgezogen in lagen evenwijdig aan de oever of banen vanuit het midden van de plas naar de oeverlijn toe, onder monitoring van taludhellingen.
- Er dient een constante zuigdiepte en verhaalsnelheid afgestemd op de putleverantie te worden gehandhaafd.
- Stoorlagen met dikten groter dan 0,5 m worden apart gebaggerd.
- Er dient van tevoren een werkplan voor de uitvoering te worden vastgesteld.
- Het zuigproces wordt continu gemonitord in x,y en z coördinaten

Om inzicht te krijgen met wat voor laagdikten (snedes) er moet worden gewerkt om de kans om onbeheerst bressen te reduceren en om inzicht te krijgen in een mogelijke taludontwikkeling is een nadere berekening uitgevoerd met het door Deltares ontwikkelde programma HMBreach. Deze analyse is opgenomen in ons rapport "Zandwinplan Parkheem" Vn57753-1 R23323 d.d.23-04-2013.



4 Conclusie en aanbevelingen.

Het ZW-talud is in verband met de gewenste uitbreiding getoetst op afschuiving, verwekingsvloeiing en bresvloeiing.

Het vergunde taludontwerp bestaat uit een geknikt onderwatertalud 1:10 tot N.A.P. -3,0 m, gevolgd door 1:3,5 tot de einddiepte van N.A.P. -18 m. De statische macrostabiliteit van dit taludontwerp is voldoende. Omdat bij sondering DKM-2A is en DKM-1A het zandpakket tussen N.A.P. -5 m en -11 m sterk leemgelaagd is, wordt geadviseerd om voor dit gedeelte vanaf N.A.P. -3,0 m het bestaande vergunde talud van 1:4 te handhaven.

Het grondonderzoek toont een verwerkinggevoelige zandlaag tussen N.A.P. +1,5 m en -1,0 m. Omdat het vergunde talud hier een helling heeft van 1:10 is de kans op verwekingsvloeiing klein.

De bodemopbouw voldoet niet aan de voorwaarden die door de CUR aanbeveling 113 zijn gesteld voor een beheerst bresproces. Dat betekent dat de kans op bresvloeiing redelijk groot is. Om inzicht te krijgen met wat voor laagdikten (snedes) er moet worden gewerkt om de kans om onbeheerst bressen te reduceren en om inzicht te krijgen in een mogelijke taludontwikkeling is een nadere berekening uitgevoerd met het door Deltares ontwikkelde programma HMBreach. Deze analyse is opgenomen in ons rapport "Zandwinplan Parkheem" VN57753-1 R23323 d.d.23-04-2013.

