


ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN

Hoogheemraadschap van Delfland
 T.a.v. de heer M. van Amelsvoort
 Postbus 3061
 2601 DB DELFT

Barbarossastraat 35

Postbus 151

6500 AD Nijmegen

(024) 328 42 84 Telefoon

(024) 360 54 83 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Arnhem 09122561 KvK

Uw referentie : —
 Onze referentie : 9R7440.R0/L0002/901505/JEBR/Nijm
 Doorkiesnummer : (024) 328 46 85
 E-mail : r.nieuwhof@royalhaskoning.com
 Datum : 4 december 2007
 Bijlage(n) : 4

Betreft : Kadeverbeteringsplan Bergboezem Berkel
Definitief rapport

Geachte heer Van Amelsvoort,

Conform afspraak ontvangt u hierbij het definitieve rapport met betrekking tot bovengenoemd onderwerp.

Wij delen u mede dat de CD-ROM die behoort bij bijlage 4 van bijlage 2 nog ontbreekt, maar deze zullen wij u zo snel mogelijk doen toekomen.

Wij vertrouwen erop u hiermee van dienst te zijn geweest.

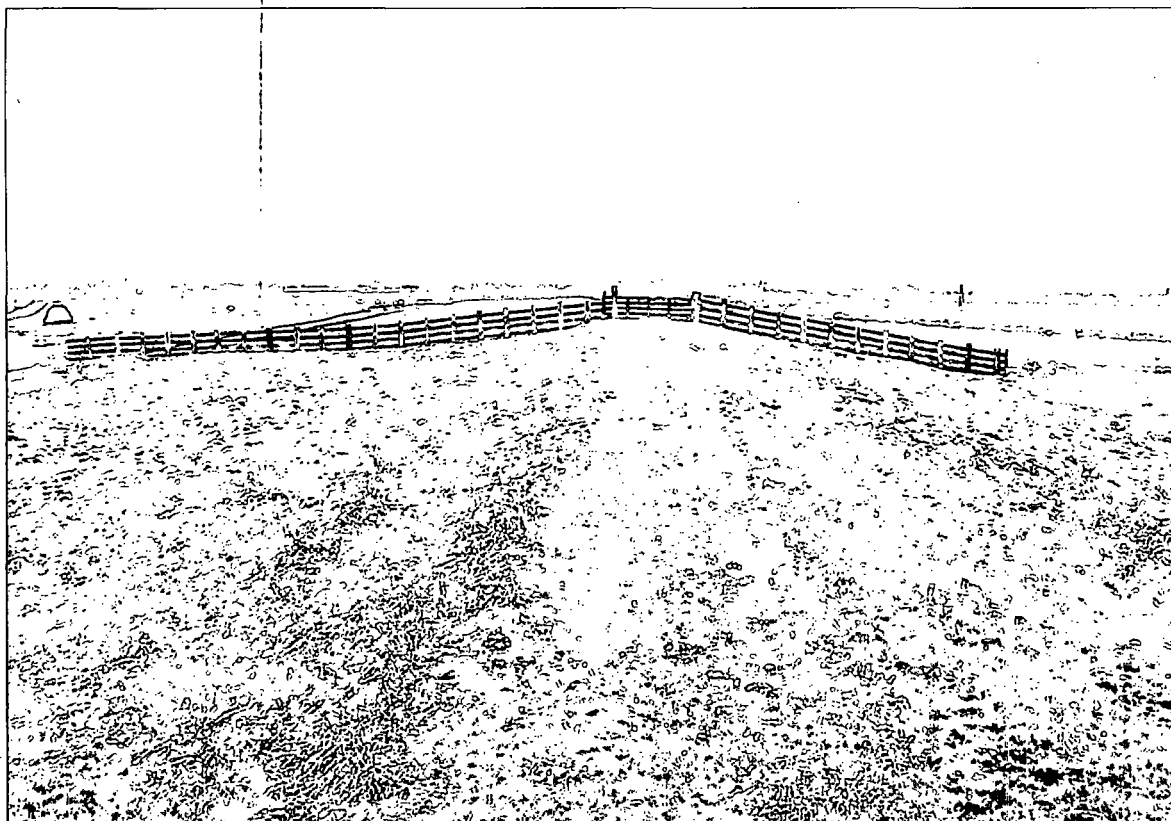
Met vriendelijke groet,

Ir. P.W. van de Kreeke

Bijlagen: rapport met kenmerk: 9R7440.R0/R0001/901505/JEBR/Nijm in viervoud



Hoogheemraadschap van Delfland



Kadeverbeteringsplan Bergboezem Berkel

Definitief rapport

3 december 2007



ROYAL HASKONING

thinking in
all dimensions

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN

Barbarossastraat 35

Postbus 151

6500 AD Nijmegen

(024) 328 42 84 Telefoon

(024) 360 54 83 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Kadeverbeteringsplan Bergboezem Berkel
Verkorte documenttitel	Kadeverbeteringsplan
Status	Definitief rapport
Datum	3 december 2007
Projectnaam	Kadeverbeteringsplan Bergboezem Berkel
Projectnummer	9R7440.R0
Opdrachtgever	Hoogheemraadschap van Delfland
Referentie	9R7440.R0/R0001/901505/JEBR/Nijm

Auteur(s)	ir. R.M. Bos, Ir. W. Guliker, M. van Amelsvoort MSc (HHD).
Collegiale toets	ir. P.W. van de Kreeke
Datum/paraaf	3 december 2007
Vrijgegeven door	ir. P.W. van de Kreeke
Datum/paraaf	3 december 2007



INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Doel van de ontwerpnota/kadeverbeteringsplan	2
1.3 Voorgeschiedenis	2
1.4 De betrokken partijen	3
1.5 Leeswijzer	3
2 BESLUITVORMING EN PROCEDURE	4
2.1 Wettelijk kader ontwerpnota	4
2.2 Bestemmingsplan	4
2.3 Inspraakprocedure	4
3 TOETSING HUIDIGE KADEN	5
3.1 Inleiding	5
3.2 Veiligheidsnorm	5
3.3 Hydraulische randvoorwaarden en belastingen	6
3.4 Kruinhoogte	6
3.5 Macrostabieliteit	7
3.6 Piping	9
4 HUIDIGE SITUATIE	10
4.1 Inleiding	10
4.2 Bodem	10
4.3 Water	11
4.4 Archeologie	12
4.5 Flora en Fauna	13
4.6 Kabels en Leidingen	13
4.7 Landschap	14
4.8 Verkeer	14
5 VARIANTEN KADEVERBETERING EN VOORKEURSVARIANT	15
5.1 Ontwerpproces en variantenstudie	15
5.2 Voorkeursvariant	16
6 GRONDVERWERVINGSPLAN	20
7 BEHEER- EN ONDERHOUDSPAN	21
8 PLANNING	22

BIJLAGEN

1. Metingen kadehoogten;
2. Milieukundig bodemonderzoek;
3. Archeologisch onderzoek;
4. Bergboezem Berkel, Definitief ontwerp kaden;
5. Bergboezem Berkel, Kadevarianten.

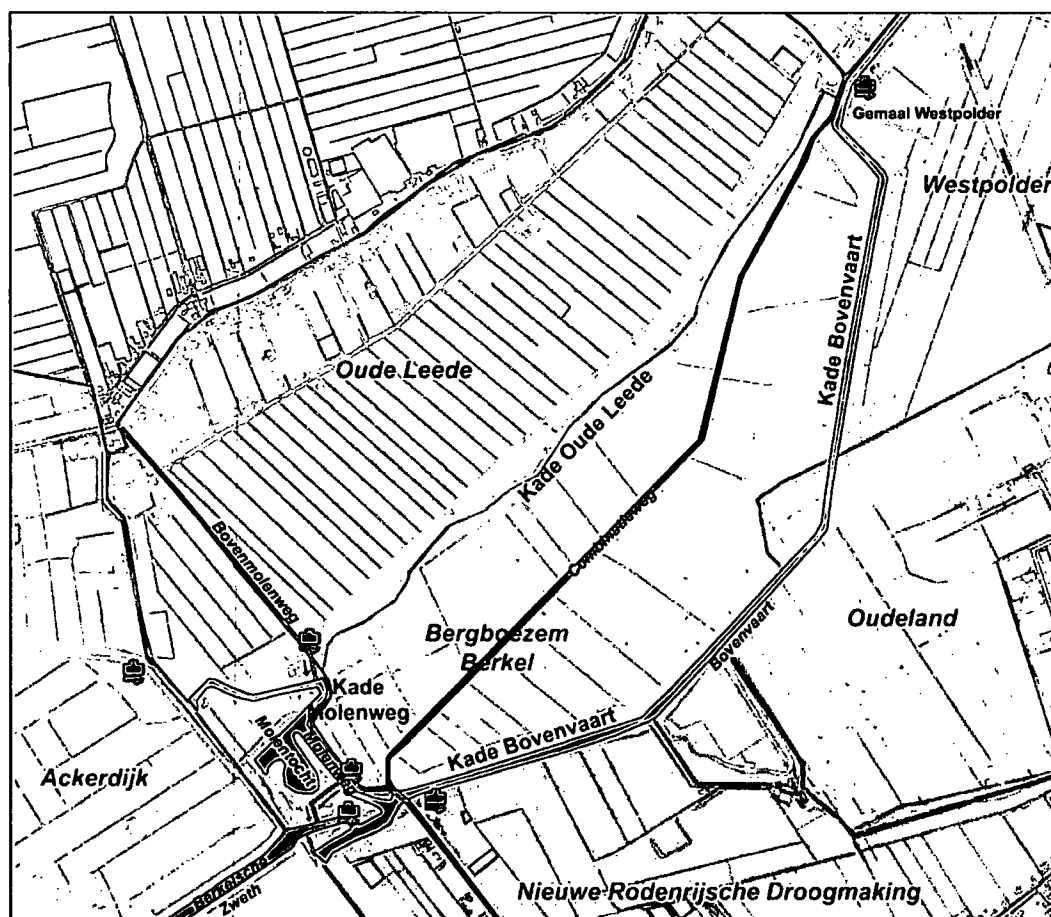
1 INLEIDING

1.1 Algemeen

Van oudsher is de zorg voor veilige waterkeringen een wettelijke taak van de waterschappen. In het Reglement van Bestuur voor het Hoogheemraadschap van Delfland is in artikel 4 opgenomen dat het onderhoud van de primaire en regionale waterkeringen de taak is van het hoogheemraadschap. De zorg van Delfland betreft het instandhouden van de stabiliteit en de hoogte van de waterkering, zodat het land erachter duurzaam is beschermd tegen overstromingen.

De provinciale Verordening Waterkeringen West-Nederland (1 oktober 2006) regelt dat Delfland zijn regionale waterkeringen moet toetsen op veiligheid. Uit een recente toetsing van drie regionale waterkeringen rondom de Bergboezem van de polder Berkel is gebleken dat twee keringen (kade Bovenvaart en kade Molenweg) grotendeels niet voldoen aan de veiligheidseisen. Deze twee kaden moeten worden verbeterd zodat ze voldoen aan de veiligheidseisen. De derde kering, kade Oude Leede, is te laag om het maximale waterpeil te kunnen keren als de Bergboezem tijdelijk wordt ingezet als waterberging. Ook deze kade moet worden verbeterd.

In onderstaand figuur is de ligging van de betreffende kaden weergegeven.



figuur 1.1: Ligging kaden Bovenvaart, Molenweg en Oude Leede

1.2 Doel van de ontwerpnota/kadeverbeteringsplan

In artikel 11 van de provinciale Verordening Waterkeringen West-Nederland is vastgelegd dat Delfland een plan moet vaststellen voor de aanleg, versterking of verlegging van een regionale waterkering. Het plan moet vervolgens ter inzage liggen. Voor het verbeteren van de drie kaden rondom de Bergboezem heeft Delfland de voorliggende ontwerpnota opgesteld.

Om de gewenste veiligheid van de drie kaden rondom de Bergboezem te waarborgen, moeten over grote delen van het traject verbeteringsmaatregelen worden uitgevoerd. Deze maatregelen kunnen invloed hebben op de aanwezige en potentiële waarden op en in de omgeving van de kade. In de ontwerpnota worden diverse thema's afgewogen en de voorkeursvariant weergegeven.

1.3 Voorgeschiedenis

ABC-Delfland

Om de kans op wateroverlast in het beheersgebied van Delfland te verkleinen, is Delfland in 2001 gestart met het ABCDelfland-programma. 'ABC' staat voor Afvoer- en BergingsCapaciteit. ABCDelfland bestaat uit twee deelprojecten die elkaar aanvullen als communicerende vaten: ABC-Boezem en ABC-Polders.

ABCDelfland beoogt meer verwerkingsruimte te creëren voor een plotselinge toename van de waterhoeveelheid, zoals bij hevige regenbuien. Bijvoorbeeld door water langer vast te houden, meer te bergen en sneller af te voeren. Het gaat om technische maatregelen, zoals de capaciteit van gemalen vergroten en om ruimtelijke maatregelen, zoals het reserveren van gebieden voor het snel en tijdelijk opvangen van water in natte perioden.

Het watersysteem van de polder Berkel wordt door Delfland aangepast om meer neerslag te kunnen verwerken. Het gaat in de polder Berkel onder andere om meer waterberging in stedelijk gebied, bredere sloten en het plaatsen van extra poldergemalen. De Bergboezem Berkel wordt naast de huidige functie als polderwaterberging, tevens geschikt gemaakt voor boezemwaterberging tijdens calamiteiten.

Groenblauwe Slinger

De Bergboezem Berkel maakt deel uit van het provinciale project Groenblauwe Slinger, deelgebied Groenzone. De stuurgroep Groenzone heeft in oktober 2004 het globale inrichtingsplan Masterplan Groenzone vastgesteld.

Definitief ontwerp Bergboezem Berkel

Het definitief ontwerp Bergboezem Berkel is een gedetailleerde uitwerking van het Masterplan Groenzone. De Bergboezem wordt heringericht als boezem- en polderwaterberging en tevens als natuur- en recreatiegebied in het kader van de Groenzone (een deelgebied van de Groenblauwe Slinger). Een nieuwe 30 m brede watergang (bypass) in de Bergboezem zal overtollig water van de overbelaste binnenboezem afvoeren naar de boezem. De kadeverbetering maakt integraal onderdeel uit van het ontwerp. Het definitief ontwerp omvat:

- het verhogen en verstevigen van de kaden rondom de Bergboezem;
- het vergroten van de bergingscapaciteit van 600.000 m³ naar 1.200.000 m³ en het aanleggen van een inlaatconstructie ter ontlasting van de boezem;
- het aanleggen van een bypass (brede doorvoerwatergang) en een inlaatconstructie ter ontlasting van de binnenboezem;
- het plaatsen van twee gemalen in de Bergboezem en in de polder Oude Leede;
- het aanleggen van natuurvriendelijke oevers en een vispassage in het kader van de Kaderrichtlijn Water;
- het inrichten van ca. 45 ha natuurreservaat en ca. 65 ha natuur- en recreatiegebied;
- het aanleggen van wandelpaden, fietspaden, uitkijk- en rustpunten.

1.4 De betrokken partijen

Delfland heeft het definitief ontwerp van de Bergboezem opgesteld in nauwe samenwerking met de provincie Zuid-Holland, de gemeente Lansingerland, de gemeente Pijnacker-Nootdorp, Dienst Landelijk Gebied en Staatsbosbeheer.

1.5 Leeswijzer

In Het nu volgende hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de besluitvorming en de procedure rondom het kadeverbeteringsplan, waarna in hoofdstuk 3 de toetsing van de huidige kaden wordt gegeven. Vervolgens wordt de huidige situatie (hoofdstuk 4) van het gebied beschreven vanuit verschillende invalshoeken en wordt beschouwd waar bij de uitvoering van de kadeverbetering rekening mee moet worden gehouden. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de totstandkoming van de wijze van kadeverbetering. Er is onderzoek gedaan naar verschillende varianten, waarna uiteindelijk een voorkeursvariant voor elk van de kadedelen is gekozen. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op het grondverwervingsplan. Hoofdstuk 7 beschrijft beknopt het beheer- en onderhoudsplan, waarna tenslotte in hoofdstuk 8 de planning volgt.

2 BESLUITVORMING EN PROCEDURE

2.1 Wettelijk kader ontwerpnota

De polderkaden in de polder Berkel zijn door Delfland ingedeeld in veiligheidsklassen. Op 25 juni 2007 is de veiligheidsnorm van deze kaden vastgesteld op klasse III. De drie kaden rondom de Bergboezem Berkel vallen ook onder klasse III. Delfland heeft de vastgestelde indeling ter goedkeuring verzonden aan de provincie. Na goedkeuring van de indeling zal de provincie de drie kaden opnemen in de provinciale verordening Waterkeringen West-Nederland.

2.2 Bestemmingsplan

De Bergboezem Berkel valt in het bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker. De drie kaden rondom de Bergboezem zijn bestemd als "primair waterkering en waterstaatsdoeleinden". Het bestemmingsplan is een belangrijk kader voor de kadeverbetering.

In september 2006 hebben Gedeputeerde Staten van de provincie Zuid-Holland het bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker goedgekeurd. Er lopen nog enkele beroepzaken tegen het goedkeuringsbesluit.

2.3 Inspraakprocedure

Op 11 december 2007 heeft Delfland de ontwerpnota vastgesteld (D&H-besluit 11 december 2007, kenmerk 668766). Daarmee heeft Delfland de voorkeursvariant voor de drie kaden Molenweg, Bovenvaart en Oude Leede vastgesteld. Dit besluit wordt gepubliceerd. De ontwerpnota met voorkeursvarianten ligt vervolgens 6 weken ter inzage. Belanghebbenden kunnen gedurende deze 6 weken hun zienswijze indienen bij Delfland. Delfland zal de zienswijzen beantwoorden en eventueel aanpassingen doorvoeren op de voorkeursvarianten.

Vervolgens stelt het algemeen bestuur van Delfland (de verenigde vergadering) de ontwerpnota en de voorkeursvarianten definitief vast. Dit besluit wordt weer gepubliceerd. Belanghebbenden kunnen gedurende 6 weken hun bezwaar indienen bij Delfland.

De voorkeursvarianten van de drie kaden maken deel uit van het totale inrichtingsplan van de Bergboezem Berkel. Alleen op de ontwerpnota en de kadeontwerpen kan een zienswijze worden ingediend.

3 TOETSING HUIDIGE KADEN

3.1 Inleiding

Deze paragraaf beschrijft de toetsingscriteria voor kaden en de resultaten van de toetsing zelf. Uit de toetsing vloeit de noodzaak voor de kadeverbetering. Een waterkering moet voldoende waterkerend vermogen hebben om voor het achterland veiligheid te kunnen bieden tegen overstroming of doorbraak. Het waterkerend vermogen van de kade wordt bepaald door hoogte en stabiliteit van de kade. De gesteldheid van de ondergrond speelt in de stabiliteit een belangrijke rol. De kade moet voldoende hoog en stabiel zijn om de waterstanden, zowel bij extreem natte als extreem droge omstandigheden, te kunnen keren.

Voor de kaden Oude Leede, Bovenvaart en Molenweg is geen formele toetsing volgens de vigerende leidraden en het toetsprotocol van HHD uitgevoerd. Bij de start van het project Bergboezem Berkel waren de huidige toetsvoorschriften nog niet voorhanden. Aan de relevante toetsaspecten is evenwel wel goed aandacht besteed, te weten de toetsing op hoogte (overloop/overslag), macrostabiliteit en piping.

De kaden Bovenvaart en Molenweg keren permanent het water in de binnenboezem (Bovenvaart/Molentocht). De kade Oude Leede is een 'droge' kade en keert alleen water als de bergboezem wordt gevuld. Voor de kaden Bovenvaart en Molenweg moet ook met deze belastingsituatie rekening worden gehouden.

3.2 Veiligheidsnorm

De veiligheidsnorm voor kaden is uitgedrukt in een overschrijdingsfrequentie per jaar. De overschrijdingsfrequentie geeft aan dat een waterkering een bepaalde waterstand moet kunnen keren. Voor het bepalen van de veiligheidsnorm is gebruikgemaakt van de IPO-richtlijn voor het normeren van boezemkaden. Daarbij wordt op basis van een berekening van de overstromingsschade de veiligheidsklasse bepaald. Het veiligheidsniveau wordt gerelateerd aan de gevolgen. Naarmate de schade door overstroming zal toenemen, wordt een hogere veiligheid gegarandeerd. De veiligheidsklassen conform de IPO-richtlijn (Interprovinciaal Overleg) zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Veiligheidsklasse	Directe economische schade (miljoen euro)	Overschrijdingsfrequentie per jaar
I	0-8	1/10
II	8-25	1/30
III	25-80	1/100
IV	80-250	1/300
V	>250	1/1000

Voor de kaden Molenweg, Bovenvaart en Oude Leede geldt veiligheidsklasse III.

3.3 Hydraulische randvoorwaarden en belastingen

Hieronder geven wij een overzicht van de hydraulische randvoorwaarden:

1. Maximaal peil Bergboezem: NAP -3,60 m (maximaal bergingspeil);
2. Streefpeil Bovenvaart en Molentocht: NAP -2,66 m (conform peilbesluit);
3. Maatgevend peil binnenboezem: streefpeil +0,15 m = NAP -2,51 m (aangehouden in stabiliteitberekeningen);

In de toetsing is rekening gehouden met een verkeersbelasting van 13 kN/m² over een breedte van 2,5 m op de kruin. Daarnaast is gelijktijdig een belasting door zandzakken van 0,5 kN/m² over een breedte van 0,5 m mogelijk.

3.4 Kruinhoogte

Om de maatgevende waterstanden te kunnen keren moet de kruin van de kade een minimale hoogte hebben. De minimaal vereiste hoogte van de kaden Molenweg en Bovenvaart worden bepaald door de legger. De minimaal vereiste hoogte van de kade Oude Leede wordt bepaald door het maximale waterpeil dat optreedt als water tijdelijk geborgen wordt in de Bergboezem Berkel.

Voor de kaden Bovenvaart en Molenweg is een minimale waakhogte van 0,6 m ten opzichte van het streefpeil (NAP -2,66 m) aangehouden. De vereiste kruinhoogte is daarmee NAP -2,06 m. Voor de kade Oude Leede geldt eveneens een minimale waakhogte van 0,6 maar dan ten opzichte van het maximum peil in de bergboezem (NAP -3,60 m). De vereiste kruinhoogte is hier NAP -3,0 m.

In de onderstaande tabel is per kade de aanwezige en de minimaal vereiste kruinhoogte weergegeven:

Kade	Kerend waterpeil in meters t.o.v. NAP	kruinhoogte kade in meters t.o.v. waterpeil		kruinhoogte kade in meters t.o.v. NAP	
		Aanwezig	Vereist	Aanwezig	Vereist
Molenweg	-2,66	0,22 tot 0,76	0,6	-2,4 tot -1,9	-2,06
Bovenvaart	-2,66	0,36 tot 0,86	0,6	-2,3 tot -1,8	-2,06
Oude Leede	-3,60	-0,30 tot 0,70	0,6	-3,9 tot -2,9	-3,00

Uit metingen in het veld blijkt dat de kaden op grote delen van het traject niet voldoen aan de vereiste kruinhoogte. Een totaalbeeld van de metingen is gegeven in bijlage 1.

In oktober 2007 is buitengewoon onderhoud aan de kade Bovenvaart uitgevoerd. Hierbij is de kruin opgehoogd tot NAP -1,8 m. De verwachting is dat de kruinhoogte enige tijd voldoet aan de vereiste kruinhoogte maar naar verloop van tijd op een aantal trajecten door zetting weer onder de vereiste kruinhoogte uitkomt.

3.5 Macrostabiliteit

Onder macro-instabiliteit wordt verstaan het binnen- of buitenwaarts afschuiven van de kade. Voor de kaden Bovenvaart en Molenweg geldt het volgende:

- binnenwaarts is de zijde van de Bergboezem;
- buitenwaarts ligt aan de kant van de binnenboezem (Bovenvaart/Molentocht).

Voor kade Oude Leede geldt de zijde van de bergboezem als de buitenwaartse zijde.

De vereiste stabiliteitsfactor is 0,9, gebaseerd op een schadefactor van 0,9 behorend bij veiligheidsklasse III.

Voor de schuifsterkte parameters is de proevenverzameling van HHD aangehouden. Deze proevenverzameling is in de vorm van grafieken, de zgn. "sigma-tau-relaties", door Delfland ter beschikking gesteld. In de sigma-tau relaties is de schuifspanning bij verschillende verticale korrelspanningen weergegeven. Het betreft rekenwaarden, waarin materiaalfactoren zijn verdisconteerd.

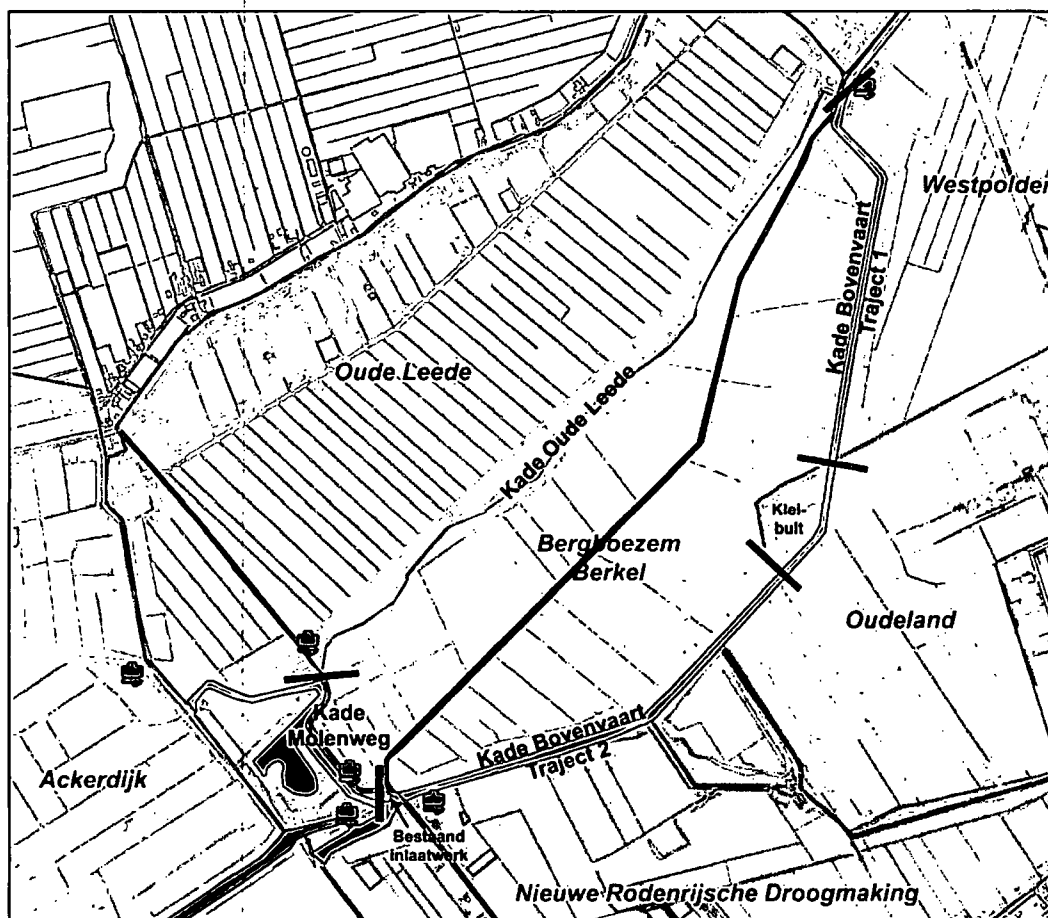
Binnenwaartse macrostabiliteit

Voor grote delen van het kadetraject is geconstateerd dat de *binnenwaartse* macrostabiliteit onvoldoende is. De sterkte van de kaden is onvoldoende voor het keren van de waterstand in de binnenboezem (Bovenvaart en Molenweg) of de bergboezem (Oude Leede) en het opnemen van verkeersbelasting op de kruin. De sterkte is gering vanwege de extreem slappe ondergrond bestaande uit klei- en veenlagen. De sterkte van de kaden is vooral gering in een extreem natte situatie omdat dan de kade vrij vrijwel geheel met water verzadigd kan raken door grote hoeveelheden neerslag waardoor de korrelspanning en daarmee de schuifsterkte tegen afschuiven afneemt. De extreem droge situatie is niet maatgevend. Er is namelijk geen gevaar voor kortsluiting van het buitenwater naar een zandlaag onder de slappe ondergrond waardoor een oprijfsituatie zou kunnen ontstaan.

Kade Oude Leede voldoet niet aan de vereiste stabiliteitsfactor van 0,9. Voor de kade Bovenvaart wordt onderscheid gemaakt tussen twee trajecten (figuur 3.1):

- traject 1: het op kade Oude Leede aansluitende gedeelte, doorlopend tot en met de Kleibult;
- traject 2: het gedeelte ten zuidwesten van de Kleibult, doorlopend tot het bestaande inlaatwerk (het hooggelegen gebied, waar een woonhuis aan de Molenweg ligt).

Traject 1 voldoet aan de vereiste stabiliteit vanwege een relatief gunstige bodemopbouw. Op traject 2 wordt de vereiste stabiliteitsfactor van 0,90 niet gehaald omdat de bodemopbouw hier een stuk slechter is. Dit geldt tevens voor kade Molenweg met een vergelijkbare grondslag.



figuur 3.1: Ligging kaden Oude Leede, Bovenvaart (traject 1 en 2) en Molenweg

Buitenwaartse macrostabiliteit

Voor kade Oude Leede is voor de buitenwaartse stabiliteit maatgevend de situatie dat de bergboezem, na gevuld te zijn, weer leegloopt. Er ontstaat dan namelijk een extra belasting van waterdruk tegen het talud omdat het water in de kade minder snel daalt dan het water in de bergboezem. Daarnaast geldt evenals bij de binnenwaartse stabiliteit dat rekening moet worden gehouden met een extreem natte situatie waarin de kade vrijwel volledig met water is verzadigd. De kade voldoet niet aan de vereiste stabiliteitsfactor.

Door de verkeersbelasting wordt de vereiste stabiliteit voor de kade Molenweg en een groot deel van de kade Bovenvaart niet gehaald.

3.6 Piping

Tijdens hoogwater kan door een groot verschil in waterstanden een geconcentreerde kwelstroming onder de dijk door plaatsvinden. Hierdoor kan zand worden weggespoeld, waardoor uiteindelijk, de kade ondermijnende, gangen (pipes) kunnen ontstaan. Dit verschijnsel wordt piping genoemd. Piping is voor de kaden Oude Leede, Bovenvaart en Molenweg echter geen relevant faalmechanisme. Uit bodemonderzoek is namelijk gebleken dat deze 'pipes' niet kunnen ontstaan omdat er geen zandlagen onder de bestaande kaden aanwezig zijn die contact (kunnen) maken met de binnenboezem Bovenvaart/Molentocht, de bergboezem of een sloot achter de kade.

4 HUIDIGE SITUATIE

4.1 Inleiding

De kade Oude Leede is in de huidige situatie herkenbaar als een kronkelende glooiing in het landschap. De kade is voorzien van een flauw talud, en een kruinbreedte variërend van 2 tot 5 meter. Deze kade wordt net als de kade Bovenvaart ingezet voor agrarische doeleinden.

De kade langs de Bovenvaart is een kade bestaande uit klei- en veenlagen. De kruin is circa 2 tot 3 meter breed. Aan de zijde van de Bovenvaart zit een houten beschoeiing. Het talud aan de landzijde bestaat over het algemeen uit een redelijk steil boventalud en een flauwe onderberm.

Ook de kade Molenweg is voorzien van een redelijk steil boventalud en een flauwe onderberm. De kruin is echter vanwege de Molenweg breder uitgevoerd, ca. 6 meter. Aan de zijde van de Molentocht is een houten beschoeiing aanwezig.

Een weergave van de kaden is gegeven in figuur 4.1.



figuur 4.1: Foto's van resp. kade Oude Leede, Bovenvaart en Molenweg

4.2 Bodem

In het kader van het project Bergboezem Berkel is een indicatief onderzoek (bijlage 2) naar het achtergrondgehalte binnen de polder uitgevoerd evenals een onderzoek naar de kwaliteit van de bodem naast de boezemweg.

Uit beide onderzoeken blijkt dat de bodem in het agrarisch gebied Polder Oude Leede op de onderzochte parameters schoon is. In de wegbermen in het natuurontwikkelingsgebied zijn streefwaarde overschrijdingen voor zware metalen, PAK en minerale olie aangetoond. Deze gebieden raken niet aan het gebied waarbinnen de kaden liggen.

De Bergboezem staat op de bodemkwaliteitskaart aangemerkt als grond die naar verwachting voldoet aan de kwaliteitseis van MVR-grond. De grond bestaat uit veen en slappe kleilagen tot een diepte van ca. NAP -17 meter.

4.3 Water

De te verbeteren kades liggen rond de Bergboezem Berkel. De Bergboezem Berkel is gelegen in de polder Berkel. De polder Berkel bestaat uit 12 poldereenheden die nu nog via drie gemalen lozen op de binnenboezem met een streefpeil van NAP -2,66m. Dit zijn gemaal Noordpolder, gemaal Westpolder en gemaal Zuidpolder Rodenrijs. Deze drie poldergemalen hebben een gezamenlijke pompcapaciteit van 210 m³/min. Het Bovengemaal (capaciteit 210 m³/min) pompt vervolgens het water uit de binnenboezem naar Delflands boezem (NAP -0,40m).

De Bergboezem, ca. 100 ha grasland zonder bebouwing, is één van die poldereenheden. De Bergboezem heeft een winterpeil van NAP -5,80m en een zomerpeil van NAP -5,60m. De maximaal toelaatbare peilstijging is 40 cm. De Bergboezem staat via een duiker in een waterscheiding in open verbinding met de naastgelegen poldereenheid polder Oude Leede. Polder Oude Leede heeft hetzelfde peil als de Bergboezem. Beide poldereenheden worden via drie hoofdwatgangen, een maalkom en een sifon bemalen door gemaal Westpolder. Bij een te laag peil in de Bergboezem wordt water uit de binnenboezem ingelaten via enkele inlaatduikers. De Bergboezem en polder Oude Leede voldoen in de huidige situatie aan de bergings- en bemalingsnormen (Tauw, Pilotstudie ABC-polders: Polder Berkel, 3 mei 2002).

Delfland kan de Bergboezem gebruiken om bij een maalstop van het Bovengemaal het teveel aan polderwater uit de binnenboezem tijdelijk te bergen. Alle poldergemalen lozen in dat geval nog op de binnenboezem. Dat water gaat niet meer naar de boezem, maar naar de Bergboezem. Het binnenboezemwater wordt ingelaten via een inlaatconstructie in het zuidwesten van de Bergboezem. Wanneer Delfland de Bergboezem gebruikt als berging, wordt het afgesloten van het omringende poldersysteem.

Knelpunten in het poldersysteem

Uit diverse studies naar de waterhuishouding in de polder Berkel blijkt dat de beperkte afvoercapaciteit van de binnenboezem een belangrijk knelpunt is (Tauw, Pilotstudie ABC-polders: Polder Berkel, 3 mei 2002 en Tauw, Verplaatsing bergingstekorten polder Berkel, 5 april 2005). De opstuwung in de binnenboezem is met name in het noorden van de polder Berkel te groot. Dit knelpunt wordt in de toekomst groter door een forse toename van bebouwd gebied in de polder Berkel (ten gevolge van de uitwerking van Vinex-doelstellingen) en intensievere neerslag in de toekomst. Het verhard oppervlak neemt toe met 60%. Tevens heeft de polder Berkel in de toekomst bergingstekort van 285.000 m³ (Tauw, Pilotstudie ABC-polders: Polder Berkel, 3 mei 2002).

Om de waterhuishouding aan te passen op het veranderende grondgebruik en de toenemende neerslag, heeft Delfland de volgende ABC-maatregelen voor de polder Berkel vastgesteld (VV-besluit 4 juli 2002, kenmerk 2002/04798):

- plaatsen van nieuwe poldergemalen, waarbij de totale pompcapaciteit uit de poldereenheden op de binnenboezem wordt vergroot van 210 m³/min naar 290 m³/min;
- ontlasten van de binnenboezem (vooral het gedeelte benedenstrooms, waardoor de opstuwung bovenstrooms afneemt), onder andere door een betere en gelijkmatigere verdeling van de poldergemalen;

- verbreden van diverse polderwatergangen;
- zoeken naar 285.000 m³ extra waterberging in diverse poldereenheden.

Als aanvulling op de ABC-polderstudie polder Berkel is door Delfland een deelonderzoek uitgevoerd naar de binnenboezem (Delfland, 14 november 2005). Het blijkt dat de volgende aanvullende maatregelen nodig zijn:

- berging ter ontlasting van de binnenboezem (ca. 13.500 m³);
- 7 m³/min extra afvoercapaciteit ter ontlasting van de binnenboezem.

In de Bergboezem Berkel zal een deel van deze ABC-maatregelen worden uitgevoerd.

Knelpunten in het boezemsysteem

Uit studies naar het boezemsysteem blijkt dat het peil in de boezem te hoog wordt tijdens hevige neerslag (Delfland, Water binnen veilige kaders, juli 2000). Om het boezemstelsel aan te passen op de intensievere neerslag in de toekomst, heeft Delfland de volgende ABC-maatregelen voor de boezem vastgesteld (VV-besluit 19 april 2001, kenmerk 2001/00452):

- uitbreiden van de pompcapaciteit van de boezemgemaal;
- verbreden van boezemkanalen;
- aanleggen van diverse bergingen om de boezem te ontlasten tijdens hevige neerslag.

De Bergboezem Berkel is één van de geplande boezemwaterbergingen. Daarvoor moet de capaciteit van de Bergboezem vergroot worden. Het besluit om de Bergboezem te gebruiken als boezemwaterberging is in een recenter VV-besluit herbevestigd (VV-besluit 25 november 2004, kenmerk 490729).

4.4 Archeologie

De archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel geeft aan dat in de omgeving van de te verbeteren kades enkele Calaisgeulen (marine afzettingen) met een middelmatige archeologische verwachtingswaarde liggen. Omdat behoud van de geul door de beoogde werkzaamheden ten behoeve van het project 'Bergboezem Berkel' naar verwachting niet mogelijk is, heeft een 'archeologisch veldonderzoek' plaatsgevonden (Bijlage 3).

Het archeologisch onderzoek is uitgevoerd voor een aantal deelgebieden (deelgebied A tot en met K). Tijdens het inventariserende veldonderzoek zijn in 5 van de 11 deelgebieden Calais-III geulen aangetroffen. In het onderzoek kwam tevens naar voren dat in 7 deelgebieden geen archeologische indicatoren zijn aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen uit het (midden) Neolithicum. In 3 deelgebieden zijn Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen. Het betrof onder andere afwisselend geul-, oever- en komafzettingen. Het deelgebied in het zuidelijke gedeelte van de kade Bovenvaart bevat, conform de archeologische verwachtingskaart, hoofdzakelijk komafzettingen van Duinkerke I.

In tegenstelling tot wat op de archeologische verwachtings- en beleidadvieskaart staat aangegeven, zijn in het deelgebied bij de kade Molenweg geen Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen.

Tijdens het onderzoek zijn in 4 deelgebieden geen archeologische indicatoren aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen vanaf de IJzertijd.

Alle deelgebieden bevinden zich op of in de directe nabijheid van een kade of dijk. Naar verwachting bevinden zich in alle deelgebieden in de diepere ondergrond resten van oudere kaden of dijken.

Als aanbeveling voor het grondwerk waarbij een kade wordt doorsneden, geeft het onderzoek aan een profielopname te maken van het kadelichaam. Deze profielopname kan belangrijke historische informatie opleveren over de opbouw en ouderdom van de kade.

4.5 Flora en Fauna

In het plangebied komt mogelijk de kleine modderkruiper voor (vissoort). Door tijdens werkzaamheden eerst nieuw open water te creëren alvorens slootdelen te dempen, te werken in de richting van open water zodat de vissen in die richting kunnen ontsnappen én voorafgaand aan de dempingen de betreffende slootdelen te baggeren en te maaien (regulier onderhoud) en het schoonsel na te lopen op vissen (en deze terug te zetten) worden voldoende mitigerende maatregelen genomen.

4.6 Kabels en Leidingen

Aan de hand van een KLIC-melding zijn gegevens kabels en leiding geïnventariseerd welke in beheer zijn bij de volgende instanties:

Type kabel/leiding	Beheerder
Waterleiding	DZH
Riolering	Gemeente Berkel en Rodenrijs
Gasleiding	ENECO
Laagspanningskabel + openbare verlichting	ENECO
Middenspanningskabel	ENECO
Hoogspanningskabel	ENECO
Kabelnet	UPC
Telefoonleiding	KPN
DPO 12" brandstofleiding *	Koninklijke Luchtmacht

* Niet binnen het plangebied aangetroffen

Voor de werkzaamheden zijn de volgende punten van belang:

- De kade Bovenvaart en Oude Leede worden gekruist door een Eneco gasleiding.
- Bij de aansluiting van de kade Oude Leede op de kade Molenweg ligt een infrabundel die door de kadeverbetering aan zetting onderhevig is.

Voor bovengenoemde locaties heeft overleg en afstemming plaatsgevonden met de bewuste beheerder.

4.7 Landschap

In de 'Cultuurhistorische Hoofdstructuur Zuid-Holland' zijn de polder Bergboezem Berkel en de omliggende kades aangemerkt als zijnde van hoge waarde. De molen 'De Valk' heeft een zeer hoge cultuurhistorische waarde en het hier nabijgelegen punt op de Zwethkade (daar waar de Oude Bovendijk vlakbij ligt) is aangegeven als landschapspunt met een zeer hoge waarde vanwege de contrastsituatie.

4.8 Verkeer

Op de kade van de Molenweg ligt een verharde weg (60 km/h). Op de andere kades liggen geen wegen. Er zijn ten aanzien van het verkeer over de Molenweg geen problematische situaties bekend. Het verkeer veroorzaakt geen geluidhinder en geen overschrijding van luchtkwaliteitsnormen. De Molenweg is geen route voor het vervoer van gevaarlijke stoffen.

5

VARIANTEN KADEVERBETERING EN VOORKEURSARIANT

Het belangrijkste doel van de kadeverbetering vormt de garantie van de veiligheid na de kadeverbetering: de kaden Bovenvaart, Molenweg en Oude Leede voldoen na verbetering aan de geldende veiligheidseisen die aan de waterkering worden gesteld.

Dit doel is op vele manieren te realiseren. Gekozen is om aan dit doel te voldoen door eerst een oplossing in grond te zoeken. Voldoet deze oplossing niet, dan wordt gezocht naar een constructieve oplossing waarbij overige verbeteringstechnieken en randvoorwaarden aan de kadeverbetering worden beschouwd.

Tijdens het zoeken naar de varianten is rekening gehouden met:

- het beperken van de breedte van het kadeprofiel;
- het beperken van de aanleg- en zettingsperiode van de kade;
- het voorkomen van extreme meerkosten voor de aanleg van de kade;
- het handhaven van de verkeersfunctie van de Molenweg;
- het zoveel mogelijk ontzien en versterken van de huidige en toekomstige ecologische, landschappelijke en cultuurhistorische waarden;
- het versterken van de toekomstige recreatieontwikkeling en recreatienetwerken;
- het beperken van de overlast voor omwonenden tijdens de aanlegperiode van de kade.

5.1

Ontwerpproces en variantenstudie

De kaden Oude Leede, Bovenvaart en Molenweg zijn ontworpen conform de richtlijnen voor veenkaden die zijn opgesteld door het Hoogheemraadschap van Delfland. Voor het definitief ontwerp wordt verwezen naar het rapport "Bergboezem Berkel -Definitief Ontwerp Kaden" van 26 november 2007 (zie Bijlage 4).

Voordat het definitief ontwerp kon worden opgesteld is een variantenstudie (9R7440.J1/R0003/600451/SEP/Nijm, 18 juni 2007) uitgevoerd. Dit document is opgenomen in bijlage 5. De kadevarianten zijn gebaseerd op berekeningen die zijn uitgevoerd voor maatgevende secties. Bepalend voor de keuze van de maatgevende secties zijn de bodemopbouw en de geometrie van de kade. Voor het maken van een goede afweging zijn voor- en nadelen benoemd en is tevens een globale kostenraming gemaakt. De voor- en nadelen betreffen aspecten als uitvoeringstijd, ruimtegebruik, onderhoud en bijkomende werkzaamheden (verleggen kabels en leidingen en verkeerswegen).

De aanleiding tot de variantenstudie is dat de weinig draagkrachtige en slecht doorlatende ondergrond een lastig gegeven is bij het ontwerpen van stabiele kaden. Vanwege de slecht consoliderende ondergrond is de snelheid waarmee opgehoogd kan worden beperkt. Een te snelle ophoging maakt de kade instabiel. Dit betekent dat een kadeversterking zonder aanvullende maatregelen vele jaren in beslag kan nemen. In de variantenstudie is voornamelijk gekeken naar aanvullende maatregelen als verticale drainage, geotextiel en damwanden (als vervangende waterkering). Er is daarnaast nog nagegaan wat het effect op de stabiliteit is als er geen of geringere verkeerbelasting op de kruin wordt aangehouden en als de verkeerbelasting naar een berm naast de kruin wordt verplaatst. Voor een volledig overzicht van alle onderzochte varianten wordt verwezen naar de variantenstudie in bijlage 5.

5.2 Voorkeursvariant

Randvoorwaarden voor de kadeontwerpen zijn het inrichtingsplan van de Bergboezem Berkel, het Masterplan Groenzone, het bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker en de mogelijkheden om gronden te verwerven.

Inrichtingsplan Bergboezem Berkel en Masterplan Groenzone

De Bergboezem Berkel wordt ingericht als waterberging, recreatiegebied en natuurgebied. De basis voor deze inrichting is het Masterplan Groenzone Berkel-Pijnacker. Dit Masterplan is in 2004 vastgesteld door de stuurgroep Groenzone. Het Masterplan geeft kaders aan voor de recreatie- en natuurontwikkeling.

Het Masterplan Groenzone is verder uitgewerkt in het definitief ontwerp Bergboezem Berkel. Vooral de ontwikkeling van moerasnatuur heeft invloed op de breedte en de uitvoeringsperiode van de kadeontwerpen. Bredere kaden betekenen immers minder oppervlak moerasnatuur. Een lange uitvoeringsperiode van de kade verstoort het proces van natuurontwikkeling.

Bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker

Het bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker (goedgekeurd september 2006) maakt de inrichting als waterberging, recreatiegebied en natuurgebied mogelijk. De te verbeteren kaden zijn bestemd als "primair waterkering en waterstaatsdoeleinden". Om de werkzaamheden aan de kaden uit te kunnen voeren, moeten de kadeontwerpen passen binnen de breedten van de bestemming "primair waterkering en waterstaatsdoeleinden".

Grondverwerving

Dienst Landelijk Gebied verwerft namens de provincie Zuid-Holland alle particuliere percelen in de Bergboezem. De verwachting is dat niet alle percelen op vrijwillige basis kunnen worden verworven. Het instrument onteigening zal hoogstwaarschijnlijk worden ingezet. Het bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker is de basis voor de onteigening. Om de mogelijkheid tot onteigening voor de aanleg van de kaden te behouden, dienen de kadeontwerpen binnen de breedten van de bestemming "primair waterkering en waterstaatsdoeleinden" te blijven.

Kade Bovenvaart

Voor de kade Bovenvaart zijn 8 kadeverbeteringsvarianten en enkele subvarianten in beeld gebracht.

De varianten 1 en 2 kenmerken zich door een breed kadeprofiel (ca. 65 m breed) of een lange aanleg- en zettingsperiode van 15 tot 20 jaar. Het 65 m brede kadeprofiel past niet binnen de 45 m brede bestemming "primair waterkering en waterstaatsdoeleinden" van het bestemmingsplan Groenzone Berkel-Pijnacker. Daardoor vervalt de onteigeningstitel op basis van het bestemmingsplan. De zeer lange aanleg- en zettingsperiode verstoren de natuurontwikkeling en de aanleg van de recreatieverbindingen. Varianten 1 en 2 zijn daarom als niet haalbaar beschouwd.

Vervolgens zijn diverse varianten beschouwd waarin de kadebreedte van 65 m en de aanleg- en zettingsperiode van 15 tot 20 jaar worden beperkt (varianten 3 t/m 7). De optimalisatie van de kadeprofielen is mogelijk door een of meerdere van de volgende maatregelen toe te passen en/of de normen met betrekking tot maatgevende belasting bij te stellen:

- zettingsversnellende technieken, geotextielen en grondverbeteringen toe te passen in en onder de kade;
- uit te gaan van een lagere stabiliteitsfactor (0,90) dan is vastgesteld in de ontwerpeisen (1,0);
- de verkeersbelasting op de kruin van de kade achterwege te laten.

De varianten 3 t/m 7 wijken af van de ontwerpeisen uit de beleidsregel "Niet bouwen op Veendijken".

Het toepassen van zettingsversnellende technieken, geotextielen en grondverbeteringen zijn innovatieve verbeteringstechnieken waarvan de effecten op de waterkerende functie van een kade nog onvoldoende zijn onderzocht. De kade Bovenvaart is een permanent waterkerende kade. Mogelijke negatieve effecten op de waterkerende functie van de kade kunnen grote gevolgen hebben. Bij een doorbraak van de kade Bovenvaart zal de binnenboezem van de polder Berkel niet meer functioneren. De afvoer van de gehele polder Berkel komt daardoor in gevaar. Daarom zijn alle varianten met innovatieve verbeteringstechnieken als niet haalbaar beschouwd.

Het achterwege laten van de verkeersbelasting op de kruin van de kade is niet wenselijk. De kade is in dat geval niet toegerust om met een voertuig over heen te rijden. In geval van calamiteiten is de kade niet meer te bereiken voor onderhoudsverkeer. Ook het hanteren van een lagere stabiliteitsfactor (0,90) is niet wenselijk omdat het beleid van Delfland bij kadeverbeteringen van veenkaden een robuust kadeprofiel voorstaat met voldoende stabiliteit.

Voorkeursvariant: in grond zonder buitenwaartse stabiliteit

Vervolgens is gezocht naar een variant waarbij geen innovatieve kadeverbeteringstechnieken of aanvullende maatregelen worden toegepast en toch kan worden voldaan aan de stabiliteitseisen, de verkeersbelasting, een beperkt kadeprofiel en een korte aanleg- en zettingsperiode. In de voorkeursvariant is de ontwerpeis voor de buitenwaartse stabiliteit (zijde Bovenvaart) van de kade buiten beschouwing gelaten. De voorkeursvariant wijkt op dit punt af van de ontwerpeisen uit de beleidsregel "Niet bouwen op Veendijken".

Het bleek dat door de eis voor de buitenwaartse stabiliteit de huidige kruin van de kade enkele meters binnenwaarts (Bergboezem-zijde) moest worden verplaatst. Deze kruinverschuiving had grote grondophogingen tot gevolg op de onbelaste slappe veenondergrond. Juist de grote zettingen in de slappe ondergrond veroorzaken brede kadeprofielen en lange aanleg- of zettingsperiode.

De voorkeursvariant is de kade Bovenvaart te verbeteren in grond zonder rekening te houden met de buitenwaartse stabiliteit, vanwege:

- de relatief korte uitvoeringsperiode (5 jaar);
- het beperkte ruimtebeslag (30 m);
- er een discussie gaande is over de wijze waarop bij toetsing van kaden de buitenwaartse stabiliteit in beschouwing moet worden genomen (in deze discussie speelt de evaluatie van te hanteren belasting- en sterkteparameters een rol);
- het voorkomen van extreme meerkosten.

Kade Molenweg

Voor de kade Molenweg zijn drie kadevarianten in beeld gebracht.

De varianten in grond (variant 1 en 2) veroorzaken zettingen in de ondergrond. De ondergrondse kabel- en leidingbundels kunnen deze zettingen niet aan en moeten worden verlegd. Het verleggen van de kabel- en leidingbundels kost ca. €600.000,-- tot €1.200.000,--incl. BTW.

Daarnaast zal de Molenweg, de enige ontsluitingsweg van enkele woningen en bedrijven, tijdens de aanleg- en zettingsperiode van een kade in grond buiten gebruik moeten worden gesteld. Voor variant 1 is de aanleg- en zettingsperiode bepaald op ca. 10 jaar, voor variant 2 op 5 tot 7 jaar.

Voorkeursvariant: vervangende waterkering (damwand)

Het buiten gebruik stellen van de Molenweg en het verleggen van kabel- en leidingbundels is de basis geweest om de kade niet te verbeteren met grond maar te zoeken naar een constructieve oplossing (plaatsen vervangende waterkering).

Bij het plaatsen van een vervangende waterkering kunnen de Molenweg en de kabel- en leidingbundels blijven liggen. Daarnaast worden in de kade Molenweg op ca. 300 m van elkaar al twee vervangende waterkeringen worden geplaatst voor de bouw van twee nieuwe gemalen (gemaal Bergboezem en gemaal Oude Leede).

De voorkeursvariant is de kade Molenweg te verbeteren met een vervangende waterkering uitgevoerd in damwanden, vanwege:

- de korte uitvoeringsperiode van enkele maanden;
- het beperkte ruimtebeslag (damwand);
- het handhaven van de verkeersfunctie van de Molenweg tijdens de aanleg;
- het beperken van de overlast voor de omwonenden tijdens de aanleg;
- het handhaven van de kabel- en leidingbundels.

Kade Oude Leede

Voor de kade Oude Leede zijn vijf kadevarianten in beeld gebracht.

De varianten 1 en 2 kenmerken zich door een breed kadeprofiel (ca. 50 m breed) of een lange aanleg- en zettingsperiode van tot 10 tot 15 jaar. De kade Oude Leede ligt binnen de begrenzing van het natuurreservaat. Het brede kadeprofiel beperkt het oppervlak moerasnatuur en de zeer lange aanleg- en zettingsperiode verstoort de natuurontwikkeling en de aanleg van de recreatieverbindingen. Daarnaast is de kade Oude Leede ca. 0,5 tot 1 m te laag om het volledige volume (1.200.000m³) te kunnen keren als de Bergboezem wordt ingezet als waterberging. Een korte aanleg- en zettingsperiode is van belang om de Bergboezem op korte termijn operationeel te hebben als waterberging. Varianten 1 en 2 zijn daarom als niet haalbaar beschouwd.

Vervolgens zijn drie varianten beschouwd waarin de kadebreedsheid van 50 m en de aanleg- en zettingsperiode van 10 tot 15 jaar worden beperkt (varianten 3 t/m 5). De optimalisatie van de kadeprofielen is gevonden door:

- zettingsversnellende technieken, geotextielen en grondverbeteringen toe te passen in en onder de kade;
- de verkeersbelasting op de kruin van de kade achterwege te laten.

De varianten 3 t/m 5 wijken af van de ontwerpeisen uit de beleidsregel "Niet bouwen op Veendijken".

Het achterwege laten van de verkeersbelasting op de kruin van de kade is niet wenselijk. De kade is in dat geval niet toegerust om met een voertuig over heen te rijden. In geval van calamiteiten is de kade niet meer te bereiken voor onderhoudsverkeer.

Voorkeursvariant: in grond met zettingsversnellende technieken

De kade Oude Leede is een droge kade die alleen water keert als de Bergboezem wordt ingezet als waterberging. Het risico op de waterkerende functie bij het toepassen van zettingsversnellende technieken is daardoor beperkt. Indien er problemen ontstaan met de waterkering, heeft dit geen directe gevolgen voor de omgeving.

De voorkeursvariant is de kade Oude Leede te verbeteren in grond met toepassing van zettingsversnellende technieken, vanwege:

- de korte uitvoeringsperiode van 1 tot 2 jaar en daarmee de snelle inzetbaarheid van de Bergboezem als waterberging;
- het beperkte ruimtebeslag (25 m);
- het beperken van de verstoring op de natuurontwikkeling.

De kade Oude Leede is aangemerkt als een pilot-project. Dit betekent dat Delfland zal monitoren wat de effecten zijn van het toepassen van zettingsversnellende technieken in kaden.

6

GRONDVERWERVINGSPLAN

Om de kadeverbeteringen te kunnen uitvoeren, moet Delfland kunnen beschikken over de gronden. De verwerving van de gronden wordt door de Dienst Landelijk Gebied gedaan. De verwachting is dat niet alle particuliere grondeigendommen in de Bergboezem minnelijk kunnen worden aangekocht. Hoogstwaarschijnlijk zullen enkele particuliere percelen ter plaatse van de kade Bovenvaart en de kade Oude Leede moeten worden onteigend.

7

BEHEER- EN ONDERHOUDSPLAN

Delfland is verantwoordelijk voor het groot onderhoud van de kaden. Dit betekent dat Delfland de kaden op hoogte en sterkte zal houden na uitvoering van de kadeverbeteringen.

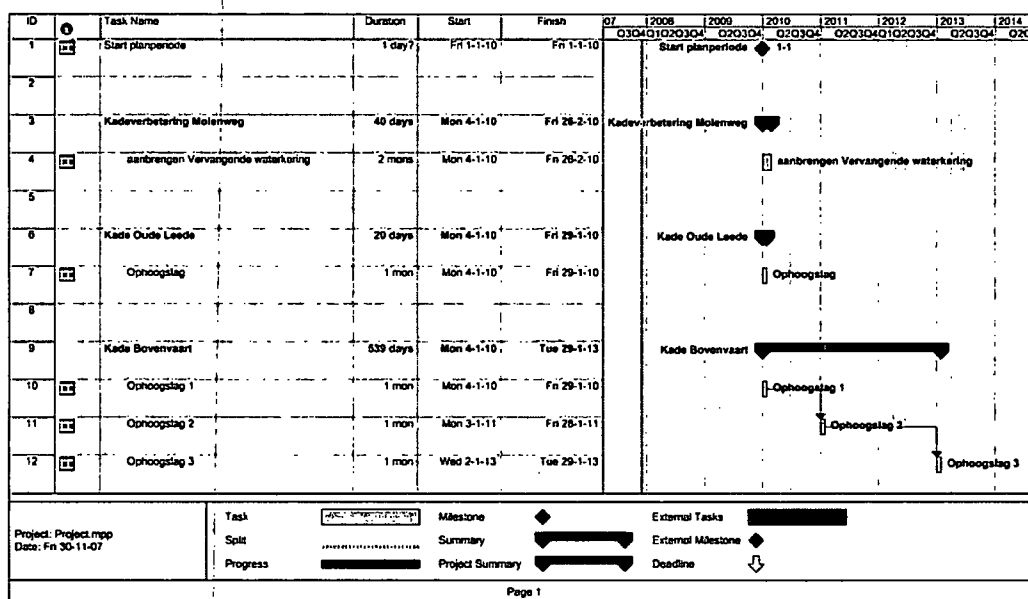
Het dagelijkse beheer, zoals maaien en onderhouden van de grasmat, komt in handen van een terreinbeherende instantie. Delfland zal met de toekomstige terreinbeherende instantie afspraken maken over het beheer en onderhoud van de kaden.

8
PLANNING

De planning voor de kadeverbetering valt uiteen in twee delen: de voorbereiding (het doorlopen van de procedures) en de realisatie. Bij het eerste deel zijn de volgende activiteiten leidend:

- de definitieve vaststelling van het bestemmingsplan en het inrichtingsplan;
- voortzetting en afronding grondverwerving en onteigening.

Bij de realisatie is op basis van berekeningen een inschatting gemaakt wanneer de ophoogslagen bij de kade langs de Bovenvaart kunnen worden gerealiseerd, die de totale uitvoeringstijd bepaalt. Voor de kade Molenweg en de kade Oude Leede kan de realisatie in één keer aansluitend plaatsvinden. Voor de uitvoering is de planning gegeven in onderstaand schema (figuur 8.1), er van uitgaande dat deze kan starten in januari 2010.



figuur 8.1: Planning uitvoering

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 1 **metingen kadehoogten**

Kade Oude Leede

profiel	bestaand kruinhoogte [NAP+m]
KOB1	-3,0
KOB2	-3,4
KOB4	-2,9
KOB5	-3,3
KOB6	-3,4
KOB7	-3,8
KOB8	-3,8
KOB9	-3,6
KOB10	-3,9
KOB11	-3,6
KOB12	-3,3
KOB13	-3,4
KOB14	-3,7
KOB15	-3,7

Kade Bovenvaart

Profiel	Kruinhoogte
<i>Kadevak 2</i>	
KBB20	-2,0
KBB1	-1,9
KBB2	-2,2
KBB3	-2,2
KBB4	-1,9
KBB6	-2,3
KBB7	-2,2
<i>kadevak 3</i>	
KBB8	hoog maaiveld
KBB9	hoog maaiveld
KBB10	-1,8
<i>kadevak 4</i>	
KBB11	-2,1
KBB12	-2,1
KBB13	-2,2
KBB14	-2,2
KBB15	-2,2
KBB16	-2,2
KBB17	-2,2
KBB18	-2,2
KBB19	-2,2

Kade Molenweg

profiel	Kruin NAP+m]
<i>dijkvak 1</i>	
1	-1,9
<i>dijkvak 2</i>	
2	-2,1
3	-2,4
4	-2,3
5	-2,2
<i>dijkvak 3</i>	
6	-2,2
7	-2,0
8	-2,1
9	-2,3
10	-2,2

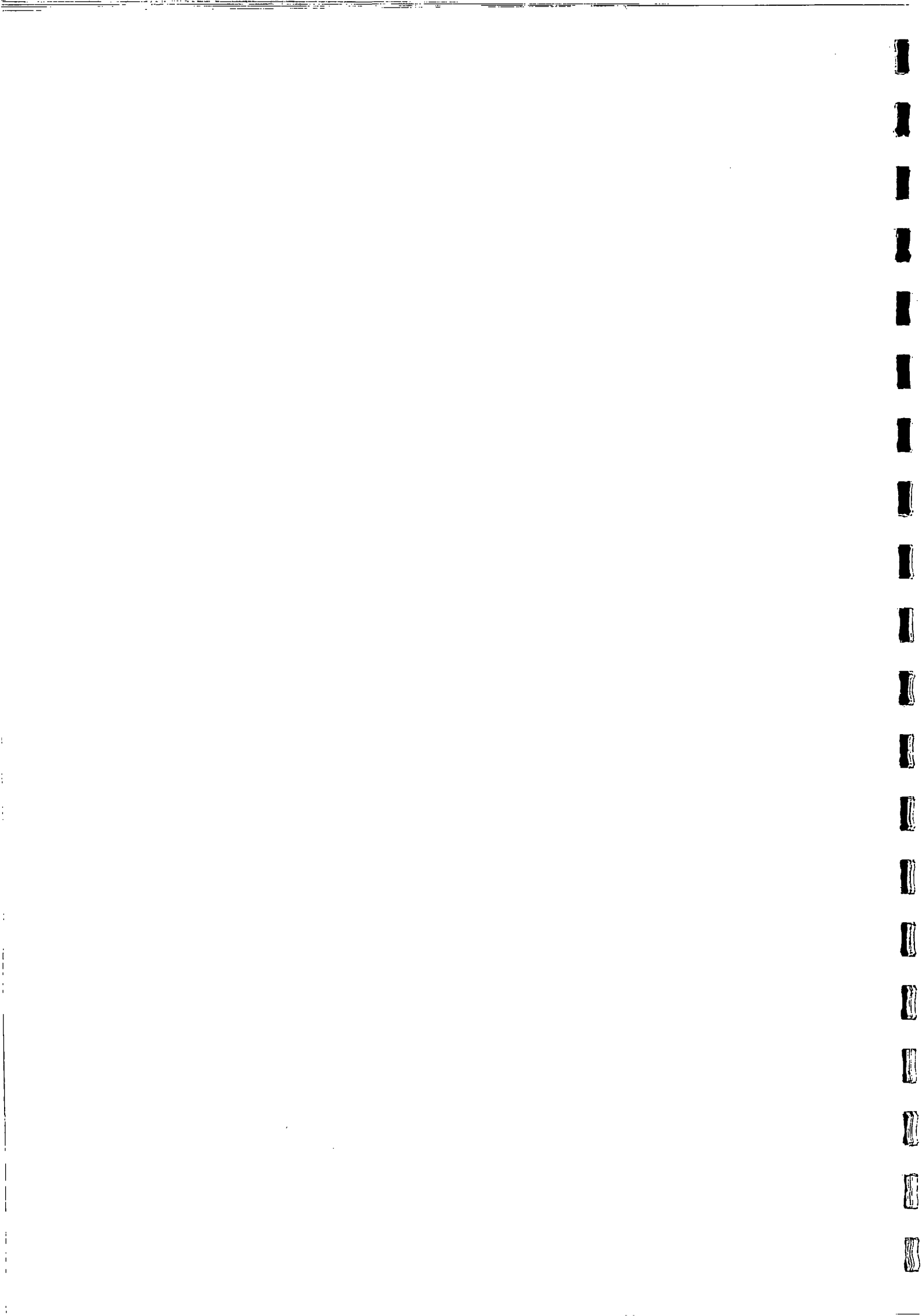
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 2

Milieukundig bodemonderzoek



In de Nota van Toelichting staat over dit artikel nog het volgende:

Dit artikellid regelt dat het tijdelijk uitgraven van een deel van de bodem om het vervolgens daarna weer onbewerkt terug te storten, niet onder de werking van het besluit valt. Een dergelijke handeling kan zich bij tal van activiteiten voordoen. Bijvoorbeeld bij het plaatsen van lichtmasten, bij het ten behoeve van het oprichten van een bouwwerk maken van een bouwput en bij de tijdelijke verwijdering van de top laag van de bodem om oppervlaktedelfstoffen te winnen.

Omdat dit artikellid spreekt over het terugbrengen van de grond op of nabij de plaats waar deze is ontgraven, is bij het terugstorten van de grond enige speelruimte aanwezig, zodat bijvoorbeeld bij het ontwikkelen van natuurterreinen (natuurbouw) in de uiterwaarden binnen een bepaald project grond kan worden verplaatst om de bodem het gewenste nieuwe profiel te geven. In de boven aangegeven gevallen kan het Bouwstoffenbesluit buiten toepassing blijven omdat de betreffende handelingen ter plaatse niet tot (extra) aantasting van de bodem leiden. Voorwaarde hierbij is wel dat de grond sinds het ontgraven niet is bewerkt.

Overigens moet wel opgemerkt worden dat dit artikellid de genoemde activiteiten alleen buiten de werking van het Bouwstoffenbesluit plaatst. Andere regelgeving die van toepassing kan zijn, bijvoorbeeld betreffende het omgaan met verontreinigde bodem, blijft onverminderd van kracht.

De Wet bodembescherming levert de randvoorwaarde dat moet worden voldaan aan het standstill principe. De bodem mag niet additioneel worden verontreinigd.

Grondverzet over een grotere afstand dan circa 100 m kan niet plaats vinden zonder vastgestelde bodemkwaliteitskaart en bodembeheersplan. Indien de grond bedoeld is om toe te passen als zijnde secundaire bouwstof in een werk (lees kade, dijk, weg etc.) dient certificering in het kader van het Bouwstoffenbesluit plaats te vinden. In beide gevallen zou een tussenstop in een tijdelijk depot geen knelpunt moeten zijn.

Bijlage 3

Archeologisch onderzoek

R
A
P
P
O
R
T

RAAP-RAPPORT 1368

Plangebied Boezemberging Berkel

Gemeente Berkel en Rodenrijs

Archeologisch vooronderzoek: een bureau- en
inventariserend veldonderzoek

RAAP

Archeologisch Adviesbureau



RAAP-RAPPORT 1368

Plangebied Boezemerging Berkel

Gemeente Berkel en Rodenrijs

Archeologisch vooronderzoek: een bureau- en
inventariserend veldonderzoek



RAAP-RAPPORT 1368

Plangebied Boezemerging Berkel

Gemeente Berkel en Rodenrijs

**Archeologisch vooronderzoek: een bureau- en
inventariserend veldonderzoek**

Colofon

Opdrachtgever: Royal Haskoning

Titel: Plangebied Boezemerging Berkel, gemeente Berkel en Rodenrijs; archeologisch vooronderzoek: een bureau- en inventariserend veldonderzoek

Status: eindversie

Datum: oktober 2006

Auteur: *drs. S. Molenaar*

Projectcode: BEBB

Bestandsnaam: RA1368-BEBB.qxd

Projectleider: drs. S. Molenaar

Projectmedewerkers: drs. S. Warning, drs. J.H.M. van Eijk & drs. F. Stevens

ARCHIS-vondstmeldingsnummers: niet van toepassing

ARCHIS-waarnemingsnummers: niet van toepassing

ARCHIS-onderzoeksmeldingsnummer/CIS-code: 17153

Autorisatie: drs. P. Deunhouwer

ISSN: 0925-6229

RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V.

telefoon: 020-463 4848

Zeeburgerdijk 54

telefax: 020-463 4949

1094 AE Amsterdam

E-mail: raap@raap.nl

Postbus 1347

1000 BH Amsterdam

© RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V., 2006

RAAP Archeologisch adviesbureau B.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Samenvatting

In opdracht van Royal Haskoning heeft RAAP Archeologisch Adviesbureau in mei en juni 2006 een bureau- en inventariserend veldonderzoek uitgevoerd in verband met voorgenumen ontwikkelingen in plangebied Boezemerging in de gemeente Berkel en Rodenrijs. In de ontwikkelingsplannen wordt uitgegaan van het ophogen van de kade Oude Leede, de aanleg van een natuurvriendelijke oever langs de kade Oude Leede, de bouw van een gemaal langs de Molenweg, de aanleg van een watergang ('bypass') parallel aan de Bovenvaart, ophoging van de kade en plaatselijke verbreding van de Bovenvaart. De ophoging van de kade Oude Leede en de kade van de Bovenvaart zou kunnen leiden tot zetting van eventueel in de ondergrond aanwezige archeologische vindplaatsen. Voor de aanleg van de bypass en de natuurvriendelijke oever zal naar verwachting circa 1,0 m van het maaiveld worden afgegraven. Voor de verbreding van de Bovenvaart zal naar verwachting circa 2,0 tot 3,0 m worden afgegraven. De graafwerkzaamheden zouden eventueel aanwezige archeologische vindplaatsen kunnen verstoren of vernietigen. De werkzaamheden beperken zich feitelijk tot de buitenste 'ring' van het bergboezemgebied. Doel van het onderzoek was het vaststellen of er in het plangebied archeologische resten aanwezig zijn of verwacht kunnen worden en in hoeverre deze resten door de geplande werkzaamheden worden bedreigd.

Tijdens het inventariserend veldonderzoek zijn in de deelgebieden A, B, D, G en J Calais III-geulen aangetroffen. De ligging van de geulen in de deelgebieden A en B sluit goed aan bij de ligging zoals die op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs is aangegeven. Voor de geulen in de deelgebieden J, D en G bleek tijdens het veldonderzoek dat de ligging van de geulen iets afwijkt ten opzichte van de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart. In vrijwel alle gevallen was de top van de Afzettingen van Calais III ontkalkt, hetgeen een aanwijzing is voor het droogvallen van de afzettingen waardoor initiële bodemvorming (ontkalking) kon plaatsvinden. De top van de Calais III-geulen lijkt hierdoor ook relatief intact te zijn. De voorgenomen aanleg van een watergang (bypass) en de aanleg van natuurvriendelijke oevers zal tot verstoring leiden van (de top van) de Calais III-geulen. In tegenstelling tot wat op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart staat aangegeven, zijn in de deelgebieden C en K geen Calais III-geulen aangetroffen.

Tijdens het onderzoek in de deelgebieden A, B, C, D, G, J en K zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen uit het (Midden) Neolithicum. Het onderzoek was echter ook hoofdzakelijk gericht op het vaststellen of zich in de ondergrond Calais III-geulen bevonden en of deze nog intact (ongestoord) waren. De kans op het aantreffen van archeologische vind-

plaatsen wordt, gezien het dynamische milieu waarin de Afzettingen van Calais III zijn gevormd, zeer klein geacht.

In de deelgebieden F, H en I zijn Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen. In de deelgebieden H en I betrof het afwisselend geul-, oever- en komafzettingen. Dit beeld sluit goed aan bij de uitkomsten van archeologisch onderzoek in Polder Oudeland direct ten oosten van de Bovenvaart. Op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs staan voor de deelgebieden H en I voornamelijk komafzettingen aangegeven. Dit beeld moet echter worden bijgesteld.

In deelgebied F zijn, conform de archeologische verwachtingskaart, hoofdzakelijk komafzettingen van Duinkerke I aangetroffen. In tegenstelling tot wat op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart staat aangegeven, zijn in deelgebied E geen Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen.

Tijdens het onderzoek in de deelgebieden E, F, H en I zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen vanaf de IJzertijd. Hoewel de geplande ingrepen zullen leiden tot vergraving van de Afzettingen van Duinkerke I, zullen hierbij naar verwachting geen archeologische vindplaatsen worden verstoord of vernietigd.

Alle deelgebieden bevinden zich op of in de directe nabijheid van een kade of dijk. Naar verwachting bevinden zich in alle deelgebieden in de diepere ondergrond resten van oudere kaden of dijken. Graafwerkzaamheden op of door dijken zal tot verstoring van de kade- of dijklichamen leiden.

Om meer inzicht te krijgen in de archeologische betekenis van de Calais III-geulen, wordt aanbevolen om de graafwerkzaamheden op drie locaties onder archeologische begeleiding te laten uitvoeren. Archeologische begeleiding houdt in dat tijdens de uitvoer van de werkzaamheden, archeologen in staat worden gesteld om waarnemingen te doen en te registreren zonder de voortgang van de werkzaamheden te belemmeren. Verder wordt aanbevolen om bij een aantal grondwerkzaamheden waarbij een kade of dijk wordt doorsneden een profielopname van het dijk- of kade-lichaam te laten maken. Deze profielopname kan belangrijke historische informatie opleveren over de opbouw en ouderdom van de dijk of de kade.

Voor het uitvoeren van een archeologische begeleiding en het opstellen van een profielopname is een Programma van Eisen (PvE) verplicht.
Voor de overige deelgebieden wordt geen vervolgonderzoek geadviseerd.

Met betrekking tot de bevindingen van onderhavig onderzoek dient contact opgenomen te worden met de provinciaal archeoloog van Zuid-Holland (drs. R.H.P. Proos).

Inhoud

3	Samenvatting
6	1 Inleiding
	1.1 Kader en doelstelling
	1.2 Plangebied
	1.3 Onderzoeksopzet en richtlijnen
8	2 Bureauonderzoek
	2.1 Methoden
	2.2 Geologie
	2.3 Bodem
	2.4 Archeologie
	2.5 Gespecificeerde archeologische verwachting
18	3 Veldonderzoek
	3.1 Methoden
	3.2 Resultaten
26	4 Conclusies en aanbevelingen
	4.1 Conclusies
	4.2 Aanbevelingen
29	Literatuur
30	Gebruikte afkortingen
30	Verklarende woordenlijst
31	Overzicht van figuren, tabellen en (losse kaart-)bijlagen

1 Inleiding

1.1 Kader en doelstelling

In opdracht van Royal Haskoning heeft RAAP Archeologisch Adviesbureau in mei en juni 2006 een bureau- en inventariserend veldonderzoek uitgevoerd in verband met voorgenomen ontwikkelingen in plangebied Boezemerging in de gemeente Berkel en Rodenrijs. In de ontwikkelingsplannen wordt uitgegaan van het ophogen van de kade Oude Leede, de aanleg van een natuurvriendelijke oever langs de kade Oude Leede, de bouw van een gemaal langs de Molenweg, de aanleg van een watergang ('bypass') parallel aan de Bovenvaart, ophoging van de kade en plaatselijke verbreding van de Bovenvaart. De ophoging van de kade Oude Leede en de kade van de Bovenvaart zou kunnen leiden tot zetting van eventueel in de ondergrond aanwezige archeologische vindplaatsen. Voor de aanleg van de bypass en de natuurvriendelijke oever zal naar verwachting circa 1,0 m van het maaiveld worden afgegraven. Voor de verbreding van de Bovenvaart zal naar verwachting circa 2,0 tot 3,0 m worden afgegraven. De graafwerkzaamheden zouden eventueel aanwezige archeologische vindplaatsen kunnen verstoren of vernietigen. De werkzaamheden beperken zich feitelijk tot de buitenste 'ring' van het bergboezemgebied. Doel van het onderzoek was het vaststellen of er in het plangebied archeologische resten aanwezig zijn of verwacht kunnen worden en in hoeverre deze resten door de geplande werkzaamheden worden bedreigd.

1.2 Plangebied

Het plangebied bestaat in feite uit circa 11 kleinere deelgebieden (figuur 1: A t/m K). Het aantal en de begrenzing van de deelgebieden zijn gebaseerd op de archeologische verwachtingszones op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs en de geplande ingrepen (Kruidhof, 2003a). Alle deelgebieden liggen in de bergboezem van polder Oude Leede, gemeente Berkel en Rodenrijs (figuur 1). Een uitzondering vormt echter deelgebied B in het uiterste noorden. Dit deelgebied valt deels binnen de gemeentegrenzen van de gemeente Pijnacker-Nootdorp.

Het plangebied staat afgebeeld op kaartblad 37F van de topografische kaart van Nederland (schaal 1:25.000); de centrumcoördinaat is 90.000/444.500. Ten tijde van het onderzoek was het plangebied in gebruik als grasland en akkerland. Voor het bureauonderzoek is de hele bergboezem van polder Oude Leede als uitgangspunt genomen. De onderzochte deelgebieden in het westelijke deel van het plangebied liggen deels op de kade Oude Leede (deelgebieden B, C, D, J en K). De deelgebieden in het oosten van het plangebied liggen (deels) op de kade van de

Bovenvaart (deelgebieden A, F, G, H en I). Deelgebied E ligt deels op de dijk van de Molenweg.

1.3 Onderzoekopzet en richtlijnen

Het onderzoek bestond uit een bureauonderzoek en een veldonderzoek. Het veldonderzoek is beperkt gebleven tot een verkennend en een karterend booronderzoek.

RAAP Archeologisch Adviesbureau en de door RAAP toegepaste procedures zijn goedgekeurd door het College voor de Archeologische Kwaliteit (CvAK), de instelling die het beheer heeft over de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA) en die valt onder de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB; <http://www.sikb.nl>).

Ten aanzien van de archeologische werkzaamheden in het deel van het plangebied in de gemeente Pijnacker-Nootdorp is contact opgenomen met de contactpersoon namens de gemeente, drs. E.J. Bult. Deze heeft ingestemd met de uitvoering van het onderzoek.

Namens de opdrachtgever traden ing. R. Nieuwhof, ir. P.W. van de Kreeke en ir. K.A.J. van Gerven op als contactpersonen.

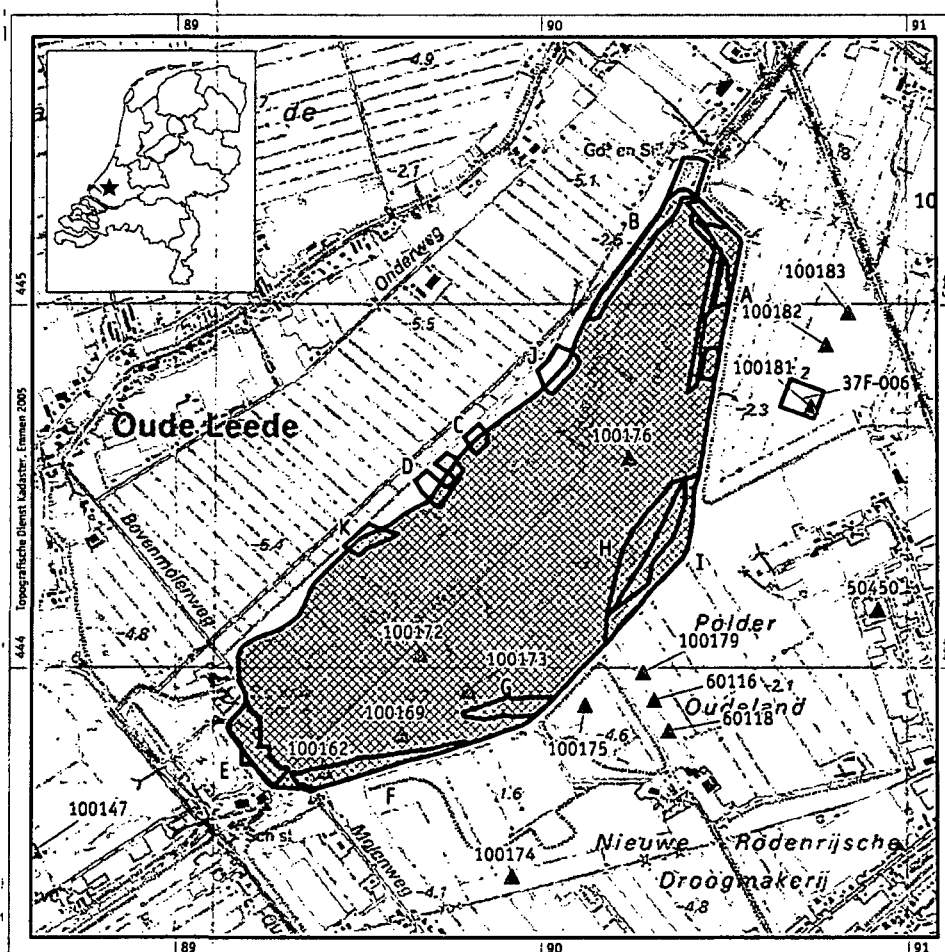
Zie tabel 1 voor de dateringen van de in dit rapport genoemde archeologische perioden. Enkele vaktermen worden achter in dit rapport beschreven (zie verklarende woordenlijst).

2 Bureauonderzoek

2.1 Methoden

Voorafgaand aan het veldonderzoek is een beperkt bureauonderzoek uitgevoerd om na te gaan of er reeds archeologische vondsten uit het plangebied geregistreerd staan en om ten behoeve van het veldwerk de landschappelijke (geologische en bodemkundige) kenmerken alsmede de gespecificeerde archeologische verwachting te bepalen. In het kader van het bureauonderzoek zijn verschillende bronnen geraadpleegd (zie literatuurlijst).

Om inzicht te krijgen in het voorkomen van archeologische vindplaatsen in of nabij het plangebied is het ARCHEologisch Informatie Systeem (ARCHIS) van de Rijksdienst



Figuur 1. Ligging van het plangebied (gearceerd) met ARCHIS-waarnemingen (rood) en AMK-terrein (blauw); inzet: ligging in Nederland (ster).

voor Archeologie, Cultuurlandschappen en Monumentenzorg (RACM; voorheen
Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek [ROB]) geraadpleegd.

2.2 Geologie

Bij de geologische ontwikkeling van de Rijn- en Maasdelta, waarin ook Berkel en Rodenrijs zich bevindt, heeft de zee ten tijde van het Holoceen een belangrijke rol gespeeld. In het begin van het Holoceen was het huidige westen van Nederland een glooiend dekzandlandschap, doorsneden door rivieren die thans niet meer bestaan of hun loop hebben verlegd. Dit landschap was gevormd aan het eind van de laatste ijstijd, het Weichselien. Met een permanente temperatuurstijging eindigde het Weichselien en begon rond 10.000 jaar geleden het Holoceen. Door de temperatuurstijging smolt het landijs en trad een stijging op van de zeespiegel, hetgeen een steeds trager verloop van de afwatering van rivieren naar zee tot gevolg had. Hierdoor ontwikkelde zich een waddengebied tussen de zee in het westen en een vochtige zone met veengroei in het oosten. In dit waddengebied waarin ook de huidige gemeente Berkel en Rodenrijs ligt, werden door de zee achtereenvolgens de Afzettingen van Gorkum/Calais en Duinkerke afgezet. In perioden met geringe sedimentatie vond veenvorming plaats (Hollandveen; voor aangepaste terminologie, zie tabel 2).

De Afzettingen van Gorkum/Calais

Tot circa 4000 voor Chr. lag het plangebied in het perimariene gebied, waar voornamelijk rivierafzettingen sedimenteerden (Afzettingen van Gorkum). Buiten de stroomgordels van de rivieren sedimenteerden klei en gyttja terwijl ook op grote schaal veengroei plaatsvond (Bosch & Kok, 1994). Vanaf circa 4000 voor Chr. kwam het plangebied steeds meer onder de directe invloed van de zee te staan en maakte het deel uit van het mariene gebied. Hier werden lagunaire en wadsedimenten afgezet, behorend tot de Afzettingen van Calais II en III. De ruggen die nu in de droogmakerijen zichtbaar zijn, zijn vaak het gevolg van de verschillen in klink van zavel en klei van de Afzettingen van Calais III. De met zand opgevulde geulen zijn immers minder onderhevig aan klink dan de kleien in de komgebieden, waardoor reliëfinversie ontstaat en de geulen als ruggen in het landschap komen te liggen. In een enkel geval zijn aan het oppervlak zichtbare ruggen een gevolg van de verschillen in klink van de dieper gelegen Afzettingen van Gorkum. Omstreeks 3200 voor Chr., tijdens het einde van de Calais III sedimentatiefase en het begin van Calais IV, verzandde de voormalige Rijn-Maasmonding. De monding verplaatste zich naar het gebied waar deze nu nog ligt. Hierdoor en door de reeks permanente strandwallen die voor de kust zijn ontstaan, stagneerde de afwatering van het binnengebied en verlandden de geulen. De Afzettingen van Calais IV komen niet voor in het plangebied.

Het Hollandveen

Door het sluiten van de kust en de afnemende afwatering van het achterland vond op grote schaal veengroei plaats. Tussen circa 2000 en 300 voor Chr. heeft zich op de Afzettingen van Calais een uitgestrekt veengebied gevormd, het zogenaamde

Hollandveen. Dit veen kon lange tijd doorgroeien en bereikte een aanzienlijke dikte. In de gesloten kust vormden zich op meerdere locaties zeegaten, van waaruit invloed van zee plaatsvond. Het Hollandveen werd doorsneden door geulen die voor de afwatering zorgden en uitmondden in de rivieren Maas en Oude Rijn.

De Afzettingen van Duinkerke

Vanaf circa 1500 voor Chr. zijn in het veenlandschap van westelijk Zuid-Holland onder mariene invloed de Afzettingen van Duinkerke gevormd. Tussen circa 1500 en 1000 voor Chr. drong de zee ver het land binnen vanuit de brede Maasmonding en via inbraken zoals die tussen Vlaardingen en Schiedam, en werden de Afzettingen van Duinkerke 0 afgezet. Hierdoor werden nieuwe geulsystemen gecreëerd die het Hollandveen doorsneden. Wanneer de invloed van de zee verminderde, werden de geulen weer opgevuld met zand en zavel en overgroeiden ze gedeeltelijk met veen. De Afzettingen van Duinkerke 0 komen niet voor in het plangebied. In de volgende periode waarin de zee het land binnendrong (circa 500-200 voor Chr.), werden nieuwe geulsystemen gevormd en werden tevens oudere, inmiddels weer opgevulde geulen opengebroken; sedimenten uit deze periode worden gerekend tot de Afzettingen van Duinkerke I. Een van de nieuwe systemen die in deze periode zijn ontstaan, was het Gantel-systeem (Visscher, 1990). De Gantel was een geul die tussen Naaldwijk en Monster het land binnendrong. Van daar liep deze in noordoostelijke richting door en boog bij Wateringen in een flauwe bocht naar het zuidoosten, richting Delft. Vanaf Delft vertakte het systeem zich in meerdere richtingen, ook naar het zuidoosten. In de nabijheid van het plangebied werden, via uitlopers van de Gantel, Afzettingen van Duinkerke I op het veen afgezet. Op de plaats van de geulen werd (de top van) het veen geërodeerd. De afzettingen bestaan uit zavel (geulafzettingen) en zware klei (komgebieden). Ook in het zuidelijke en oostelijke deel van het plangebied zijn Afzettingen van Duinkerke I afgezet. Vervolgens raakten de Afzettingen van Duinkerke I weer overgroeid met veen. Latere Afzettingen van Duinkerke (II en III) zijn in het plangebied niet aangetroffen (Kruidhof, 2003a).

Het huidige landschap

Omstreeks 900 na Chr. veroorzaakte het ontstaan van een nieuwe Maasmonding een belangrijke verandering in de afwatering. Hierdoor konden de rivieren het overtollige (regen-) water sneller afvoeren. Ook het veen in het uitgestrekte Hollandse veengebied werd nu beter ontwaterd en de groei ervan stopte. Het veengebied in het westen van Nederland was nu geschikt om te worden ontgonnen. Vanaf de Late Middeleeuwen veranderde het landschap hierdoor aanzienlijk. Vanuit de bewoningslinten werd veen op steeds grotere schaal afgegraven. Er ontstond een plassenlandschap met legakkers (lange akkers waarop veen te drogen werd gelegd). Het vele water en de golfslag veroorzaakten afslag van het land. Vanaf de 18e eeuw vormde het een serieuze bedreiging voor de landwegen en de bewoningslinten, en werd aangevangen met het droogmalen. In deze polders liggen de Afzettingen van Calais III heden ten dage weer aan het oppervlak. Het plangebied is een voorbeeld van zo'n polder. In de bovengronden is het veen dat de Afzettingen van Duinkerke I

Lithostratigrafische eenheden volgens Zagwijn & Van Staal-duinen (1975)	Lithostratigrafische eenheden volgens Weerts e.a. (2000)	Lithostratigrafische eenheden volgens Vos e.a. (2005)
Westland Formatie	Formatie van Naaldwijk	Formatie van Naaldwijk
Afzettingen van Calais en Duinkerke	Laagpakketten van Wormer en Walcheren	Laagpakketten van Wormer en Walcheren
Afzettingen van Calais III	Laagpakket van Wormer	Laag van Zoetermeer
Afzettingen van Duinkerke 0	Laagpakket van Walcheren	Hoekpolder laag
Afzettingen van Duinkerke I	Laagpakket van Walcheren	Gantel laag
Afzettingen van Duinkerke II	Laagpakket van Walcheren	Laag van Poeldijk
Afzettingen van Duinkerke III	Laagpakket van Walcheren	Laag van Poeldijk
Oude Duin- en Strandzanden		Laag van Voorburg
Westland Formatie	Formatie van Nieuwkoop	Formatie van Nieuwkoop
Hollandveen	Hollandveen Laagpakket	Hollandveen Laagpakket
Hollandveen (scheiding Afzettingen Calais III en IV)	Hollandveen Laagpakket	Hollandveen split onder de hoofdveenlaag
Hollandveen tussen Calais en Duinkerke	Hollandveen Laagpakket	Hoofd Hollandveenlaag
Hollandveen (scheiding Afzettingen Duinkerke 0 en I)	Hollandveen Laagpakket	Hollandveen split boven de hoofdveenlaag

Tabel 2. Tabel nieuwe en oude terminologie van regionale afzettingen (met dank aan drs. E.J. Bult).

overdekte, verdwenen door oxidatie en/of vervening.

2.3 Bodem

De bodemgesteldheid van het plangebied is in grote lijnen bepaald door de geologische opbouw. In de droogmakerijen liggen de Afzettingen van Calais III aan het oppervlak. Volgens een gedetailleerde bodemkaart bevinden zich in het plangebied plaseerdgronden, leek/woudeerdgronden, weideveengronden en koopveengronden (Mulder, 1989).

2.4 Archeologie

De mogelijkheden voor bewoning in het verleden in het plangebied werden sterk bepaald door het karakter van de specifieke geologische afzettingen.

Neolithicum

Aan het begin van het Neolithicum (Vroeg en Midden Neolithicum), de tijd waarin de Afzettingen van Calais II en III zijn gevormd, lijkt het gebied voor lange tijd overstroomd en ongeschikt voor permanente bewoning te zijn. Het aantreffen van een seizoenkamp bij Bergschenhoek (enkele kilometers ten oosten van het plangebied), daterend uit circa 4400 voor Chr., duidt er echter op dat men in de loop van het Neolithicum toch gebruik heeft gemaakt van deze natte omgeving. De vindplaats ligt op een afgeslagen veeneilandje, op circa 8 m -NAP, en heeft gediend als tijdelijke verblijfplaats van op vis jagende mensen. Ten noordoosten van het plan-

gebied zijn op twee plaatsen stukken vuursteen aangetroffen aan het maaiveld (dus op de Afzettingen van Calais III: Visscher, 1990). Van één van de stukken is niet duidelijk of het om bewerkt vuursteen gaat (ARCHIS-waarnemingsnummer 100183). Het andere stuk betreft mogelijk afval van vuursteenbewerking en is voorzichtig in Neolithicum gedateerd (ARCHIS-waarnemingsnummer 100181). Ondanks de beperkte informatie is het gebied rond de vondst aangemerkt als een terrein van hoge archeologische waarde (CMA-terrein 37F-006).

In 1999 heeft het Bureau Oudheidkundig Onderzoek Rotterdam (BOOR) rond de vuursteenvindplaatsen aanvullend booronderzoek uitgevoerd. Tijdens dit onderzoek werden houtskoolspikkels aangetroffen in klei- en veenlagen langs Calaisgeulen op circa 4,0 m -Mv (9,5 m -NAP; Peters, 1999). De aanwezigheid van de houtskoolspikkels zou een aanwijzing kunnen zijn voor de aanwezigheid van menselijke bewoning ter plekke. Het is echter ook mogelijk dat de houtskoolspikkels door het water van elders zijn aangevoerd. De houtskool kan bovendien ook door een natuurlijke (bos)brand zijn ontstaan. Omdat het vuursteen aan het maaiveld is gevonden en de houtskool op grote diepte onder het maaiveld, is het onwaarschijnlijk dat beide vondsten met elkaar in verband staan (Peters, 1999). Tijdens het onderzoek bleek bovendien ook dat er geen goed ontwikkelde oeverwallen herkend konden worden. Peters (1999) suggereert dat de zeespiegelstijging mogelijk zo snel heeft plaatsgevonden dat er geen voor bewoning geschikte oeverwallen tot ontwikkeling zijn gekomen. Eventuele activiteiten zullen dus wellicht op het veen of veeneilandjes hebben plaatsgevonden, zoals blijkt uit de vindplaats in Bergschenhoek. De bewoning zal dus relatief kortstondig en incidenteel van karakter zijn geweest.

Vermoedelijk is kort na de vorming van de Afzettingen van Calais III het gebied volledig afgedekt met Hollandveen. Het gebied zal hierdoor veel minder aantrekkelijk zijn geweest voor bewoning. Pas rond 1500 voor Chr. werd het gebied door de inbraak van de Gantel en de vorming van de Afzettingen van Duinkerke I bewoonbaar. De Afzettingen van Duinkerke I komen in het westen en zuiden van het plangebied voor.

Bronstijd

Hoewel in theorie resten uit de Bronstijd verwacht kunnen worden, zijn uit Zuid-Holland weinig nederzettingen uit deze periode bekend. De bekende vindplaatsen uit het einde van de Vroege Bronstijd en de Midden Bronstijd zijn aangetroffen in de Oude Duinen. Buiten dit gebied zijn deze niet aangetroffen.

IJzertijd

In de IJzertijd blijkt eveneens een voorkeur te bestaan voor hoger gelegen delen van het landschap, zoals strandwallen. Daarnaast vindt bewoning plaats langs de toenmalige mondingen en benedenlopen van de Rijn en Maas en in het binnenland. Dit blijkt vooral uit de talloze bewoningssporen uit de IJzertijd die bekend zijn uit Midden-Delfland, ten westen van het plangebied. Hier zijn huisplaatsen langs of in de directe nabijheid van Duinkerke 0-geulen aangetroffen. Tevens zijn enkele geïsoleerde huisplaatsen aangetroffen op het veen langs de (latere) Duinkerke I-geulen.

In veel gevallen betreft het eenvoudige boerderijen, gemaakt van hout, riet en leem. De bewoning wordt dus met name verwacht langs watervoerende geulen, die er immers voor zorgen dat de omgeving goed ontwaterd en bewoonbaar is. In de nabijheid van het plangebied zijn twee vindplaatsen aangetroffen die mogelijk uit de Midden of Late IJzertijd dateren (Peters, 1999). Omdat het gaat om houtskoolspikkels in het veen is een exacte toeschrijving aan een archeologische periode niet mogelijk. Aanvullend onderzoek heeft geen aanwijzingen voor bewoning opgeleverd (Kruidhof, 2003b). Dat eventuele vondsten op de Duinkerke I-oeverwallen niet zijn aangetroffen, kan een gevolg zijn van het feit dat deze afzettingen niet, zoals in Midden-Delfland, zijn afgedekt door Afzettingen van Duinkerke III. Ze hebben dan lange tijd aan het oppervlak gelegen, waardoor ze mogelijk volledig zijn vergaan. Daarnaast is de vondstzichtbaarheid in het plangebied, waar grasland overheerst, veel slechter dan in Midden-Delfland waar akkerbouw overheerst en vondsten dus veel makkelijker zichtbaar zijn.

Romeinse tijd

Ten tijde van de Romeinse overheersing bracht de inheemse bevolking van Midden-Delfland het landschap vrijwel geheel in cultuur. Het landschap werd sterk verkaveld door middel van sloten en er kwamen verschillende typen grondgebruik voor. Op regelmatige afstand van elkaar bevonden zich nederzettingen op de kreekruggen van het Gantel-systeem. Twee van de uitlopers van de Gantel lopen door tot in de gemeente Berkel en Rodenrijs. Vindplaatsen uit de Romeinse tijd, op deze uitlopers en op het veen in de directe nabijheid van de geulen zijn niet bekend. Ook hier geldt dat de Afzettingen van Duinkerke I en het veen niet zijn overdekt door Afzettingen van Duinkerke III en dus aan het oppervlak hebben gelegen en mogelijk volledig zijn vergaan. Tijdens uitgebreid archeologisch onderzoek in de Polder Oudeland, direct ten oosten van het plangebied is weliswaar een zeer compleet landschap uit de Duinkerke I-fase, maar zijn geen aanwijzingen voor bewoning aangetroffen (Kruidhof, 2003b).

Tegen het einde van de Romeinse tijd werd de Gantel door de vorming van een strandwal tussen Monster en Naaldwijk afgesloten. Het veengebied ontwaterde hierdoor slecht, er trad vernatting op als gevolg waarvan veen begon te groeien. Mogelijk is dit een van de oorzaken van het feit dat aan het eind van de 3e eeuw de bewoning terugliep of volledig verdween.

De Vroege Middeleeuwen

Wat betreft Zuid-Holland is weinig bekend van deze periode. Sporen die aan de Vroege Middeleeuwen kunnen worden toegeschreven, zijn voornamelijk gevonden in het duingebied (Monster en Naaldwijk) en langs de oevers van de Maas (Vlaardingen). In het binnenland, onder andere in en rondom het plangebied, was het waarschijnlijk te nat voor bewoning. Dirkx en Vervloet (1989) geven aan dat op meerdere plekken een dun veenlaagje is aangetroffen op het Romeinse maaiveld of op de Afzettingen van Duinkerke I. De huidige bovengronden zijn na de Romeinse tijd weer overdekt geraakt met veen. Pas omstreeks 900 na Chr., toen de natuurlijke afwatering verbeterde, was weer bewoning mogelijk. De veengroei stopte en het gebied werd geschikt om te worden ontgonnen. Voor het binnenland is bewonings-

continuïteit vanaf de Romeinse tijd tot in de Middeleeuwen niet aangetoond, maar wel waarschijnlijk, onder andere gezien het voortbestaan van toponiemen die op taalkundige gronden tot de Late Prehistorie en de Romeinse tijd moeten worden gerekend. Het gaat om namen als Loosduinen, Gantel, Lier, Sperte, Harg en Berkel (Bult, 1983). In de periode van de 8e t/m 10e eeuw heeft de bewoning zich meer landinwaarts uitgebreid. Uit de ligging van vindplaatsen zou afgeleid kunnen worden dat de bewoning zich stroomopwaarts langs de rivieren en vanaf de oever van de Maas over het gebied verspreidde. Tevens werd in deze periode een begin gemaakt met de ontginning van het achterland. Dit gebied was eigendom van de keizer, die op zijn beurt de exploitatie en het bestuur van delen van zijn gebied had opgedragen aan graven. In 985 ontving graaf Dirk II alle goederen die de keizer tussen de Lier en de IJssel bezat als eigendom.

De Late Middeleeuwen

Omstreeks 900 na Chr. werd het veengebied beter ontwaterd en stopte de veengroei. Het werd hierdoor geschikt om te worden ontgonnen. In de 10e eeuw ontstonden de plaatsen Berkel en Rodenrijs (Roorda van Eysinga, 1988). Het gebied rondom Berkel werd ontgonnen vanuit de Oude Leede, een waterloop die was gegraven om de veenkussens aan weerszijden te ontwateren en voor ontginning geschikt te maken. De kade Oude Leede in het westelijke deel van het plangebied is feitelijk een restant van de Oude Leede en dateert van vóór circa 1250 na Chr. (Dirkx & Vervloet, 1989). De Bovenvaart aan de oostkant van het plangebied is ook gegraven, maar dateert waarschijnlijk pas van na de ontginning (na circa 1250 na Chr.).

Voor de ontwatering en ontginning van het veen werden de sloten haaks op de Oude Leede gegraven en de boerderijen werden zo geplaatst dat het hele gebied gelijkmatig met langwerpige kavels kon worden bedekt. De boerderijen lagen dus op enige afstand van de veenstroom, langs de wetering. Het gekromde verloop van de bewoningsas is bepaald door de loop van de veenstroom en de haaks daarop staande verkaveling.

In eerste instantie werd op kleine schaal veen afgegraven. Om het veen te kunnen ontginnen, werd voor een goede afwatering gezorgd door middel van het graven van sloten. Als gevolg van de ontwatering trad echter ook klink op waardoor het maaiveld daalde. Bovendien werd het veen aan de oppervlakte blootgesteld aan zuurstof waardoor het oxideerde (verbrandde). Daling van het maaiveld betekende ook toenemende wateroverlast. In de 13e eeuw werd daarom begonnen met de systematische aanleg van dijken en sluizen. Boeren legden lage kaden aan die het water 'van boven' keren. Deze kaden werden parallel aan de achtergrens van een ontginningsblok aangelegd.

Een belangrijke vraag met betrekking tot de locatie van de laat-middeleeuwse bewoning is of het Duinkerke I-landschap in deze periode weer aan het oppervlak lag. Volgens Dirkx & Vervloet (1989) dateert een deel van de huisplaatsen zoals aangegeven op de historische kaart van Kruikius uit 1712, uit de Late Middeleeuwen. Deze laat-middeleeuwse huisplaatsen manifesteren zich door de onregelmatige percelering. Als bevestiging van de datering in de Middeleeuwen

noemen Dirkx & Vervloet de vondsten die zijn aangetroffen tijdens een archeologische kartering in Oude Leede (Visscher, 1990). Het betreft vindplaatsen met laat-middeleeuwse scherven (maximaal twee scherven per vindplaats). Daarbij wordt aangegeven dat een deel van deze vindplaatsen is aangetroffen op kreekkruggen en dat volgens Dirkx & Vervloet de Duinkerke-kreken dus zichtbaar waren in het middeleeuwse landschap. Voor Berkel en Rodenrijs geldt echter dat de meeste vondsten van laat-middeleeuws aardewerk zijn aangetroffen in de droogmakerijen en slechts in twee gevallen op de Duinkerke I-kreken. Een van deze kreken loopt in de zuidoosthoek van het plangebied (ARCHIS-waarnemingsnummer 100162). De vondsten in de droogmakerijen hebben zeer waarschijnlijk geen relatie met de bodem waarop zij zijn aangetroffen. Vele middeleeuwse bewoningsresten zullen door de vervening als *ex situ* vondst op de Afzettingen van Calais zijn terechtgekomen.

Bult (1983) geeft aan dat tijdens het begin van de ontveningen het Duinkerke I-landschap *niet* zichtbaar was, aangezien op de kaart van Kruikius de percelering op geen enkele wijze wordt beïnvloed door de kreken. Pas ná 1712 is het veen in de bovengronden als gevolg van oxidatie verdwenen en werd het Duinkerkelandschap zichtbaar. Uitgegaan wordt van het volgende model (Bult e.a., 2000): tot de 12e eeuw vond de bewoning plaats op veengronden en op klei-op-veen bodems. Van de 12e tot de 14e eeuw werd met name gewoond op terpen in het overgangsgebied van klei-op-veen naar veen, met een verschuiving van de bewoning naar de kreekkruggen. Deze laatste vorm van bewoning handhaafde zich na de 14e eeuw, maar er is een verschuiving zichtbaar naar bewoning langs wegen. Dit betekent dat tussen de 12e en de 14e eeuw de Duinkerkekreekkruggen zichtbaar werden. Volgens Roorda van Eysinga (1988) waren de Duinkerkekreken niet zichtbaar aan het oppervlak, maar kwamen de boeren de kleiige en zandige ruggen tegen tijdens het uitbaggeren van sloten. Vervolgens ging men daarbij in de buurt wonen.

Voor onderhavig onderzoek wordt aangenomen dat in de Late Middeleeuwen het Duinkerkelandschap zichtbaar was of werd. Dit is met name gebaseerd op tijdens een veldtoets aangetroffen aardewerk uit onder andere de Middeleeuwen op de Duinkerke I-kreekkruggen (Kruidhof, 2003a).

Nieuwe tijd

Vanaf de 14e eeuw vonden op steeds grotere schaal verveningen plaats ten behoeve van de brandstofvoorziening voor steden zoals Delft en Leiden. In Delfland werd eerst het gebied ten oosten van Berkel en Rodenrijs verveend. De afwatering van het veengebied verliep echter steeds moeilijker en aan het begin van de 15e eeuw begon de daling van het maaiveld serieuze problemen op te leveren. Vanaf de 16e eeuw werd de vraag naar turf door verafgelegen steden groot en werden compagnieën opgericht voor het vervenen. In Berkel en Rodenrijs voorzag de turfwinning in de werkgelegenheid voor de hele plaatselijke bevolking (Visscher, 1990). Vanaf 1530, toen met behulp van de baggerbeugel het veen ook beneden het waterpeil kon worden uitgegraven, ontstond een waterrijk landschap met smalle, rechte legakkers en daarlangs brede petgaten. De typische strokenverkaveling van het veengebied verdween. In de bovengronden vonden vanwege de slechte bodems geen verveningen plaats. Het aan het oppervlak liggende veen verdween hier hoofdzakelijk door oxidatie. De ontwatering van het gebied werd in de loop van de

tijd verbeterd door het in gebruik nemen van windmolens, het stelsel van boezemwateren werd verbeterd en de sloten kregen een belangrijke waterbergende functie. Vanaf circa 1750 vormde het water een serieuze bedreiging. Legakkers werden weggeslagen door het water, petgaten groeiden aaneen tot grote plassen en veel oorspronkelijke landwegen verdwenen in het water. Rodenrijs en Berkel bleven intact, maar kwamen aan de rand van, of soms tussen de plassen te liggen. De uitgestrekte wateren in de omgeving van Berkel en Rodenrijs zijn vanaf de 18e eeuw drooggelegd met behulp van windmolens en later ook stoomgemalen en vormen tegenwoordig de droogmakerijen. In deze droogmakerijen liggen de Afzettingen van Calais III (weer) aan de oppervlakte en vormen een groot areaal aan vruchtbare grond. De oude, wat onregelmatige verkaveling werd vervangen door strakke, rechthoekige kavels. De bewoning concentreerde zich tot 1850 met name langs het bewoningslint, maar dan worden eveneens boerderijen gebouwd in de droogmakerijen. Vanaf de 19e eeuw is het bewoningsspatroon waarschijnlijk vergelijkbaar met dat van nu, behalve dat sindsdien de bewoning is verdicht en meer wegen zijn aangelegd.

2.5 Gespecificeerde archeologische verwachting

Volgens de Archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs zijn in het plangebied zones met een middelmatige en lage archeologische verwachting aanwezig (Kruidhof, 2003a). De zones met een middelmatige archeologische verwachting zijn gebaseerd op de aanwezigheid van Calais III-geulen in het noorden en het centrale deel van het plangebied (o.a. deelgebieden A, B, C, D, G, J en K). Omdat de locatie van de geulen op basis van een eerder uitgevoerde bodemkartering is gebaseerd, worden deze binnen 1,2 m -Mv verwacht (Mulder, 1989). In de zones waar zich Calais III-geulen bevinden, kunnen in theorie bewoningsresten uit het Neolithicum worden aangetroffen. Vindplaatsen uit deze periode bestaan vaak uit een enkele huisplaats met erven en akkers. Als neerslag van de bewoning kunnen aardewerk, (vuur)steen en houtskool zijn achtergebleven. Indien de vindplaatsen zijn afgedekt, kunnen ook organische resten zoals hout bewaard gebleven zijn. Gezien het dynamische afzettingssmilieu, zullen de afzettingen in het plangebied vermoedelijk niet geschikt zijn geweest voor bewoning. Wellicht dat het gebied tijdens het Neolithicum wel incidenteel is bezocht om te vissen en op vogels te jagen. De neerslag van dergelijke activiteiten bestaat vaak slechts uit kleine concentraties van vuurstenen artefacten, houtskool en dierenbotten. De kans dat deze concentraties met booronderzoek worden opgespoord, is zeer gering. Tijdens het booronderzoek is dan ook in eerste instantie bekeken of de veronderstelde Calais III-geulen ook daadwerkelijk aanwezig zijn en of deze nog intact zijn.

Voor de zones in het oostelijke en zuidelijke deel van het plangebied geldt een middelmatige archeologische verwachting op basis van de aanwezigheid van Duinkerke I-(kom)afzettingen (o.a. deelgebieden E, F, H en I).

In de zones waar zich Afzettingen van Duinkerke I bevinden, kunnen naar verwachting bewoningsresten vanaf de IJzertijd worden aangetroffen. Omdat eventuele vindplaatsen uit deze periode aan of relatief dicht aan het maaiveld liggen, is de kans groot dat bewoningssporen door groundbewerking zijn verstoord.

Voor de rest van het plangebied geldt een lage archeologische verwachting.

Alle deelgebieden liggen langs of op oude waterlopen, kaden of dijken. In de
ondergrond kunnen derhalve resten van oudere kaden of dijken aanwezig zijn.

3 Veldonderzoek

3.1 Methoden

Tijdens het veldonderzoek zijn 160 boringen verricht. Waar mogelijk zijn de boringen in een grid van 30 bij 35 m geplaatst (kaartbijlage 1). De boringen in een raai versprongen ten opzichte van die in de naastgelegen raai, zodat een systeem van gelijkbenige driehoeken ontstond. Voor smalle deelgebieden is geen grid maar een enkele boorraai geplaatst. Bij de plaatsing van de boorraaien is getracht deze zoveel mogelijk haaks op de Calais III-geulen te zetten.

De boringen zijn gemiddeld tot circa 3,0 m -Mv gezet. Een aantal boringen is dieper doorgezet tot 4,0 m -Mv of dieper, om meer inzicht te krijgen in de diepere geologische ondergrond. Er is geboord met een Edelmanboor met een diameter van 7 cm en een gutsboor met een diameter van 3 cm. De boringen zijn lithologisch conform NEN 5104 (Nederlands Normalisatie-instituut, 1989) beschreven en met meetlinten ingemeten (x- en y-waarden). Van alle boringen is de hoogte ten opzichte van NAP met behulp van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) bepaald. Het opgeboorde materiaal is in het veld gecontroleerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren (zoals houtskool, vuursteen, aardewerk, metaal, bot, verbrande leem en fosfaatvlekken). Er zijn geen monsters genomen. De gehanteerde methode wordt geschikt geacht voor het opsporen van vindplaatsen vanaf de IJzertijd. Deze methode is niet geschikt om verkavelingspatronen, graven en andere zeer lokale archeologische resten in kaart te brengen (Tol e.a., 2004). Het booronderzoek in de deelgebieden met Calais III-geulen was hoofdzakelijk gericht op vaststellen of in de ondergrond daadwerkelijk Calais III-geulen aanwezig waren en of deze nog intact (ongestoord) zijn. Op basis van deze informatie kon vervolgens worden bepaald of er archeologische vindplaatsen te verwachten zijn en of archeologisch vervolgonderzoek noodzakelijk is.

3.2 Resultaten

Geologie

Calais III-geulen

Volgens de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs zouden zich in de deelgebieden A, B, C, D, G, J en K, Calais III-geulen in de ondergrond bevinden (kaartbijlage 1). In de deelgebieden A, B, D, G en J zijn hiervoor tijdens het veldonderzoek ook daadwerkelijk aanwijzingen gevonden. De bodemopbouw in deelgebied A wordt over het algemeen gekenmerkt door een opeenvolging van een pakket zeer fijn, matig siltig zand met enkele tot veel dunne

kleilagen met daarboven een pakket sterk siltige klei met in sommige boringen enkele tot veel dunne zandlagen (raai A-A'; figuur 2). De zanden en kleien zijn geïnterpreteerd als Afzettingen van Calais III. De gelaagdheid van de sedimenten lijkt te wijzen op een wad, of kwelderachtig afzettingsmilieu. De top van het klei-pakket is vaak kalkloos. Dit is mogelijk een aanwijzing voor het droogvallen van de afzettingen waardoor ontkalking kon plaatsvinden. De top van de klei ligt op gemiddeld 5,35 m -NAP.

In de boringen 6, 7, 9, 10, 13, 16, 17, 18 en 21 ligt het pakket zand met kleilagen relatief hoger dan in de andere boringen (gemiddeld 6,3 m -NAP). Dit is een aanwijzing voor de aanwezigheid van een iets zandiger geulvulling. Voor de boringen 6, 7, 9, 10, 16, 17 en 21 komt dit goed overeen met de ligging van de Calais III-geulen op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart (kaartbijlage 1). Buiten deze zones lijken ook geulen aanwezig te zijn (zoals boring 13 aangeeft). Het feitelijke patroon van geulen is blijkbaar complexer en/of grilliger van karakter dan het kaartbeeld suggereert.

Het pakket klei is in een groot aantal boringen afgedekt met een veenlaag. De dikte van de veenlaag varieert van 10 tot 40 cm met een enkele uitschieter naar 90 cm (boring 20). Het veen betreft een restant van het Hollandveen dat aanvankelijk enkele meters dik is geweest maar door vervening is verdwenen. In een groot aantal boringen is het veen sterk kleiig of bevat het kleibrokken. Dit komt doordat dat de veenlaag is opgenomen in de bouwvoor. Eventuele oeverwallen zijn op basis van de bodemopbouw niet goed te onderscheiden. Dit komt overeen met de bevindingen van eerder uitgevoerd onderzoek in de nabijheid van het plangebied (Peters, 1999). In de boringen 6 en 7 is direct onder de bouwvoor een 20 á 30 cm dik pakket zand met veel dunne kleilagen aanwezig. Hoewel zich ter hoogte van deze boringen een Calais III-geul zou bevinden, is het zandpakket niet als zodanig te interpreteren. Vermoedelijk gaat het om een net iets zandiger top van de Afzettingen van Calais III.

In deelgebied B lijkt sprake te zijn van een goed ontwikkelde geul met oeverwallen (raai B-B'; figuur 3). In het veld westelijk van de kade Oude Leede is het geulsysteem nog redelijk goed zichtbaar aan het reliëf in het maaiveld. De zandige en kleiige oeverwallen zijn minder ingeklonken dan de kleiige geul en komgebieden waardoor ze nu relatief hoger liggen. Dergelijke hoger gelegen ruggen worden aangeduid als kreek- of geul-inversieruggen. De inklinking van de sedimenten heeft vermoedelijk pas plaatsgevonden nadat de sedimentatie vanuit zee verminderde en er verlanding optrad. Na verloop van tijd zijn de geulsystemen met een dik pakket veen overgroeid om pas na het verdwijnen van het veen door ontginning en afgraving weer tevoorschijn te komen.

Een soortgelijke situatie is herkenbaar in de deelgebieden D en G. Ook ter hoogte van deze deelgebieden zijn aan het maaiveld de contouren van een geulsysteem zichtbaar. Opvallend hierbij is echter dat deze geulsystemen (net) niet op de plek liggen waar ze volgens de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs zouden moeten liggen (kaartbijlage 1). Alleen het zuidelijke deel van deelgebied D ligt op de inversierug. In deelgebied G lijkt de

inversierug wat meer noordwestelijk te lopen dan op de verwachtingskaart staat aangegeven. In de boringen die in de oeverwallen van de aan het maaiveld zichtbare inversieruggen zijn gezet, is ook een duidelijke oeverwalopbouw zichtbaar (o.a. boringen 64, 90, 92, 93, 94, 114, 115 en 118). In deze boringen is dicht onder het maaiveld een stevige gerijpte kleilaag met zandlagen aangetroffen. In de kleilaag bevinden zich over het algemeen veel ijzervlekken. Naar beneden toe gaat de klei soms over in een pakket zand met enkele kleilagen.

In deelgebied J lijkt in de boringen 126 en 127 ook een Calais III-geul aanwezig te zijn, maar deze ligt op ruim een meter onder maaiveld en is ook niet aan het maaiveld zichtbaar. Ook de ligging van deze geul lijkt iets af te wijken ten opzichte van de ligging volgens de archeologische verwachtingskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs, namelijk iets noordelijker dan op de verwachtingskaart is aangegeven.

In de gebieden C en K zijn geen aanwijzingen voor de aanwezigheid van Calais III-geulen aangetroffen. De bodemopbouw in deze gebieden bestaat hoofdzakelijk uit sterk siltige klei met af en toe enkele silt-, veen of zandlagen. Direct op de kade Oude Leede is sprake van een opeenvolging van sterk siltige klei met humuslagen waarin een of twee lagen veen aanwezig zijn. De dikte van de veenlagen varieert van 0,2 m tot 2,1 m. Het gaat in veel gevallen om rietveen. Het bovenste deel van het veenpakket is vaak veraard, hetgeen een aanwijzing is voor blootstelling aan zuurstof. De top van het veenpakket bevat soms kleibrokken. Dit kan betekenen dat de top van het veen verstoord is door vergraving. Het is opmerkelijk dat in een aantal boringen een dikke veenlaag aangetroffen is. Omdat de twee deelgebieden op de voormalige loop van de Oude Leede liggen gaat het waarschijnlijk om een veenrestant dat als kade of lage dijk bewaard is gebleven.

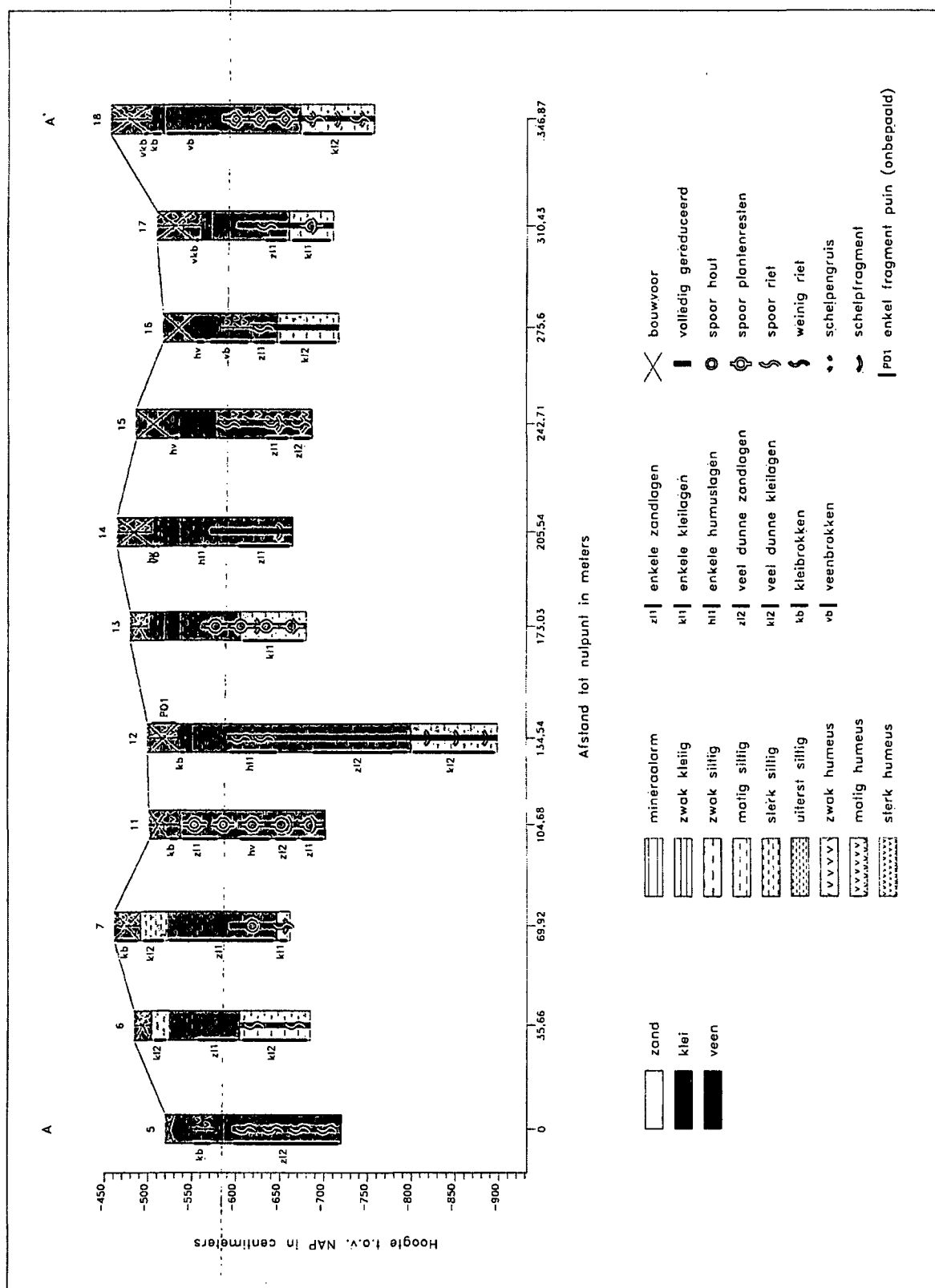
Afzettingen van Duinkerke I

In de deelgebieden E, F, H en I zouden volgens de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs Afzettingen van Duinkerke I aanwezig zijn (kaartbijlage 1).

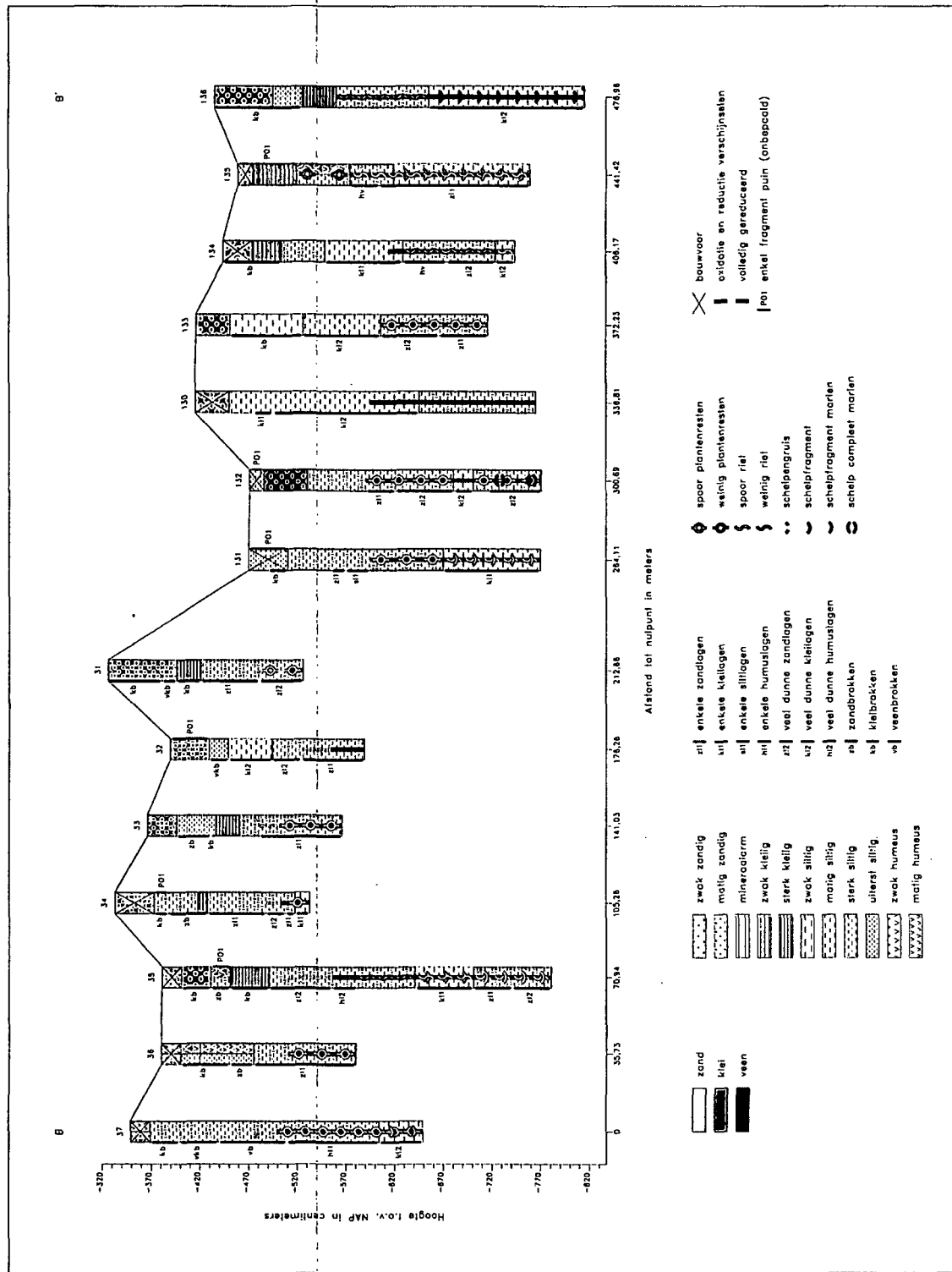
In deelgebied E zijn geen duidelijke aanwijzingen voor de aanwezigheid van Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen. Ook op basis van de relatief lage ligging van het maaiveld ten opzichte van NAP (circa 5,4 m -NAP) is het ook niet waarschijnlijk dat hier Afzettingen van Duinkerke I aanwezig zijn.

In deelgebied E is in vrijwel alle boringen veen aangetroffen. In de boringen 49 t/m 53 bevindt zich op circa 35 cm -Mv (circa 5,7 m -NAP) een 5 tot 10 cm dunne laag die bestaat uit veen met kleibrokken of een sterk humeuze kleilaag met veenbrokken. Vermoedelijk is dit nog een restant van het dikke pakket Hollandveen dat door vervening is verdwenen. Boven dit venige laagje bevindt zich een pakket matig tot sterk siltige klei. In de top van dit pakket bevindt zich de bouwvoor. Hoewel dit pakket stratigrafisch kan worden geïnterpreteerd als Afzettingen van Duinkerke I, lijkt er eerder sprake van opgebrachte grond. Mogelijk is er een verband met de nabij gelegen dijk (Molenweg).

Onder de dunne venige laag bevindt zich over het algemeen een pakket slappe,



Figuur 2. Profiel boorraai A-A'.



Figuur 3. Profiel boorput B-D.

sterk siltige klei met plantenresten en veenlagen. Dit pakket kan worden geïnterpreteerd als Afzettingen van Calais III. In deze afzettingen zijn geen geulen of oeverwallen herkend.

In de boringen 55 t/m 59 ligt de top van de veenlaag hoger (gemiddeld 5,15 m -NAP) en is de laag ook veel dikker (circa 0,55 m). Mogelijk wijst dit op een veenrestant dat als basis voor de aanleg van de dijk (Molenweg) is gebruikt. Het is ook mogelijk dat veen is gebruikt om een dijklichaam mee te vormen of op te hogen.

In de deelgebieden F, H en I zijn wel Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen. Met name in de deelgebieden H en I is een dik pakket klei aanwezig. Ook in het veld is duidelijk zichtbaar dat de deelgebieden H en I hoger liggen dan de directe omgeving. De Afzettingen van Duinkerke I bestaan uit een afwisseling van oever-, geul- en komafzettingen (raai C-C'; figuur 4). Onder de Afzettingen van Duinkerke I zijn respectievelijk Hollandveen en Afzettingen van Calais aangetroffen.

De aanwezigheid van geul- en oeverafzettingen in de gebieden H en I wijkt af van hetgeen op basis van de archeologische verwachtingskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs mocht worden verwacht (kaartbijlage 1). Volgens deze kaart zouden namelijk in beide gebieden voornamelijk komafzettingen aanwezig zijn (Kruidhof, 2003a). Hoewel het op basis van de boringen niet mogelijk is de voormalige loop van een of meer Duinkerke I-geulen te reconstrueren, zal het beeld in de deelgebieden H en I meer lijken op het kaartbeeld zoals dat voor Polder Oudeland geldt, direct ten oosten van de Bovenvaart (Kruidhof, 2003b).

In deelgebied F zijn wel hoofdzakelijk komafzettingen behorende tot de Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen. De afzettingen liggen in een smalle strook direct ten westen van de Bovenvaart.

Vermoedelijk heeft een geulsysteem vanuit Polder Oudeland deels doorgelopen in de Bergboezem. Door de afzetting van zand en klei op het Hollandveen is het veen afgedekt en niet door latere ontginning en oxidatie verdwenen zoals in de rest van de Bergboezem. Dit verklaart ook waarom het maaiveld in de deelgebieden H en I veel hoger ligt dan de directe omgeving.

Archeologie

Calais III geulen

Tijdens het onderzoek naar de Calais III-geulen zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen uit het (Midden) Neolithicum.

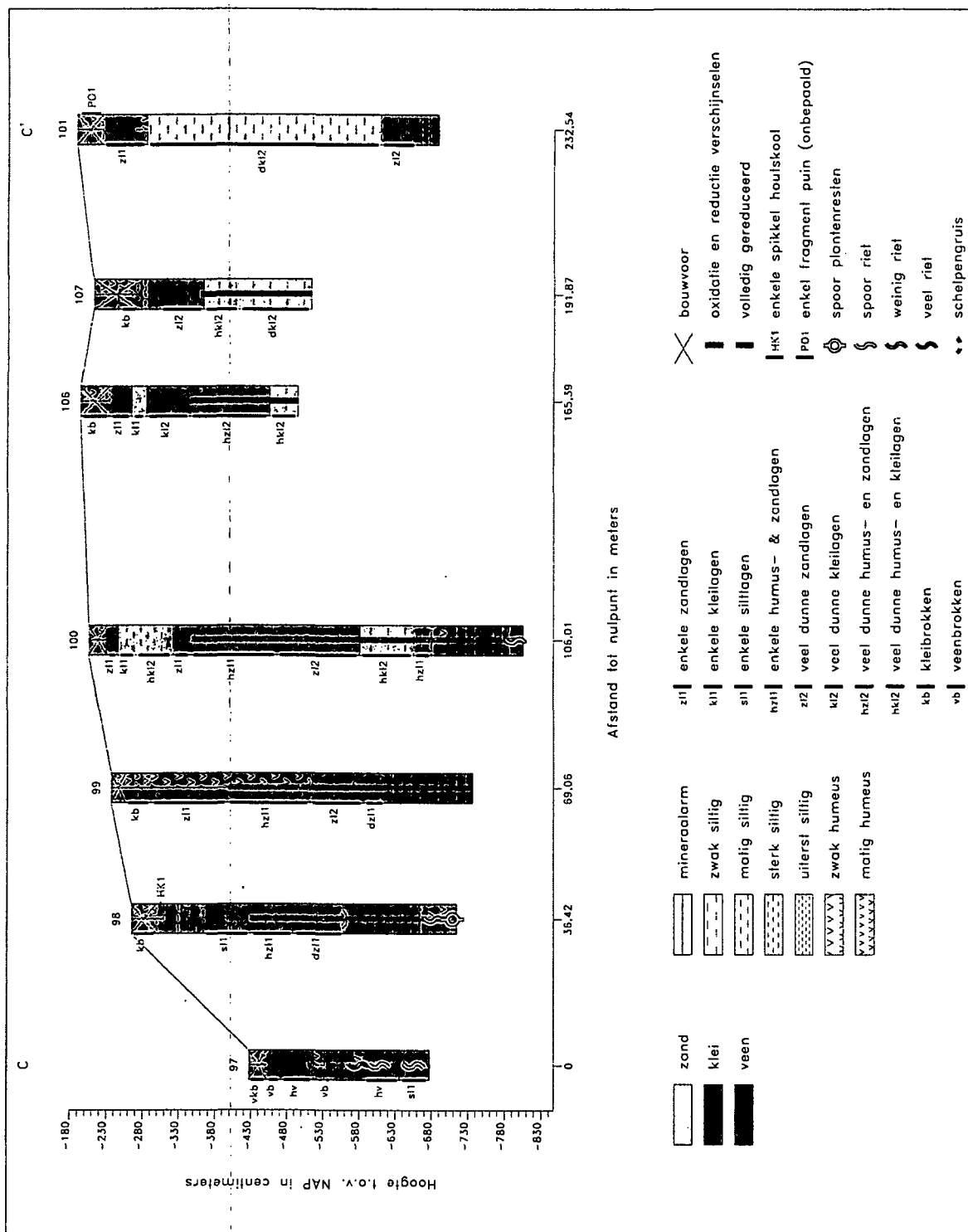
Afzettingen van Duinkerke I

Tijdens het onderzoek in de deelgebieden met Afzettingen van Duinkerke I zijn in een groot aantal boringen brokjes puin aangetroffen. In alle gevallen bevonden deze puinbrokjes zich in de bouwvoor of een verstoord pakket. Omdat ze geen aanwijzing vormen voor de aanwezigheid van een archeologische vindplaats, zijn ze niet als significante archeologische indicatoren beschouwd.

In boring 53 is direct onder een dunne, sterk humeuze kleilaag met veenbrokken een spikkel houtskool gevonden. De sterk humeuze kleilaag met veenbrokken wijst op een verstoring van de veenlaag door bijvoorbeeld ploegen. Het is dan ook zeer waarschijnlijk dat de houtskool aan deze bodemverstoring kan worden toegeschreven. Ook in boring 98 bleek direct onder de bouwvoor een spikkel houtskool aanwezig. De spikkel bevond zich in een pakket komklei en is dus zeer waarschijnlijk door water van elders aangevoerd.

In vier boringen zijn fragmenten aardewerk aangetroffen (boringen 70, 72, 75 en 76). In boring 70 betreft het een fragment porselein uit de 19e eeuw (Nieuwe tijd C). In boring 72 zijn fragmenten van een Delftse tegel aangetroffen. De fragmenten dateren vermoedelijk uit de 17e of 18e eeuw (Nieuwe tijd B). In de boringen 75 en 76 zijn fragmenten roodbakkend aardewerk gevonden. Het fragment in boring 75 was geglaazuurd en dateert uit de 17e of 18e eeuw (Nieuwe tijd A en B). Het fragment uit boring 76 was ongeglaazuurd en kan dateren uit de periode 1200 tot 1900 (Late Middeleeuwen B-Nieuwe tijd B). Omdat alle aardewerkfragmenten zijn aangetroffen in de bouwvoor of in een verstoorde of opgebrachte laag, vormen ze geen aanwijzing voor de aanwezigheid van een intacte archeologische vindplaats.

Een aantal boringen is in (het talud van) een kade of dijk gezet. In sommige boringen is dan ook een ophogingspakket aangetroffen. Omdat de kaden en dijken vaak uit materiaal uit de direct omgeving zijn opgebouwd, was niet altijd goed zichtbaar waar het ophogingspakket overging in de natuurlijke ondergrond.



Figuur 4. Profiel boorraai C-C'.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Tijdens het inventariserend veldonderzoek zijn in de deelgebieden A, B, D, G en J, Calais III-geulen aangetroffen. De ligging van de geulen in de deelgebieden A en B sluit goed aan bij de ligging zoals die op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs is aangegeven. Voor de geulen in de deelgebieden J, D en G bleek tijdens het veldonderzoek dat de ligging van de geulen iets afwijkt ten opzichte van die op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart. De geulen in de deelgebieden G en J blijken in werkelijkheid iets meer naar het noorden te liggen. De geul in deelgebied D daarentegen ligt iets meer naar het zuiden (zie kaartbijlage 1).

In de deelgebieden A, B, D en G zijn de geulen nog redelijk goed zichtbaar aan het maaiveld. In deelgebieden D en G is een laaggelegen restgeul zichtbaar met aan weerszijden lage oeverwallen.

In de deelgebieden A en J ligt de top van de Calais III-geulen tussen circa 1,0 en 2,0 m -Mv. In de deelgebieden B, D en G ligt de top van de Calais-III geulen binnen 1,0 m -Mv. In vrijwel alle gevallen was de top van de Afzettingen van Calais III ont-kalkt, hetgeen een aanwijzing is voor het droogvallen van de afzettingen waardoor initiële bodemvorming (ontkalking) kon plaatsvinden. De top van de Calais III-geulen lijkt hierdoor ook relatief intact te zijn. De voorgenomen aanleg van een watergang (bypass) en de aanleg van natuurvriendelijke oevers zal tot verstoring leiden van (de top van) de Calais III-geulen.

In tegenstelling tot wat op de archeologische verwachtings- en beleidadvieskaart staat aangegeven, zijn in de deelgebieden C en K geen Calais III-geulen aangetroffen.

Tijdens het onderzoek in de deelgebieden A, B, C, D, G, J en K zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen uit het (Midden) Neolithicum. Het onderzoek was echter ook hoofdzakelijk gericht op het vaststellen of zich in de ondergrond Calais III-geulen bevonden en of deze nog intact (ongestoord) waren. De kans op het aantreffen van archeologische vindplaatsen wordt, gezien het dynamische milieu waarin de Afzettingen van Calais III zijn gevormd, zeer klein geacht.

In de deelgebieden F, H en I zijn Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen. In de deelgebieden H en I betrof het afwisselend, geul-, oever- en komafzettingen. Dit beeld sluit goed aan bij de uitkomsten van archeologisch onderzoek in Polder Oudeland direct ten oosten van de Bovenvaart (Kruidhof, 2003b). Op de archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart van de gemeente Berkel en Rodenrijs

staan voor de deelgebieden H en I voornamelijk komafzettingen aangegeven. Dit beeld moet echter worden bijgesteld.

In deelgebied F zijn, conform de archeologische verwachtingskaart, hoofdzakelijk komafzettingen van Duinkerke I aangetroffen.

In tegenstelling tot wat op de archeologische verwachtings- en beleidadvieskaart staat aangegeven, zijn in deelgebied E geen Afzettingen van Duinkerke I aangetroffen.

Tijdens het onderzoek in de deelgebieden E, F, H en I zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen die wijzen op de aanwezigheid van vindplaatsen vanaf de IJzertijd. Deze conclusie sluit aan bij de bevindingen van onderzoek in de directe nabijheid van de deelgebieden (Kruidhof, 2003b). Hoewel de geplande ingrepen zullen leiden tot vergraving van de Afzettingen van Duinkerke I, zullen hierbij naar verwachting geen archeologische vindplaatsen worden verstoord of vernietigd.

Alle deelgebieden bevinden zich op of in de directe nabijheid van een kade of dijk. Naar verwachting bevinden zich in alle deelgebieden in de diepere ondergrond resten van oudere kaden of dijken. Graafwerkzaamheden op of door dijken zal tot verstoring van de kade- of dijklichamen leiden.

4.2 Aanbevelingen

Om meer inzicht te krijgen in de archeologische betekenis van de Calais III-geulen, wordt aanbevolen om de graafwerkzaamheden op drie locaties onder archeologische begeleiding te laten uitvoeren (kaartbijlage 1). Voor deelgebied A gaat het om de aanleg van de bypass tussen boringen 5 en 11. Voor deelgebied D gaat het om de aanleg van de natuurvriendelijke oever en voor deelgebied G gaat het om de aanleg van de bypass tussen ruwweg boring 91 en boring 24.

Archeologische begeleiding houdt in dat tijdens de uitvoer van de werkzaamheden, archeologen in staat worden gesteld om waarnemingen te doen en te registreren zonder de voortgang van de werkzaamheden te belemmeren. Afspraken over het moment van begeleiden dienen met de uitvoerder van de werkzaamheden te worden gemaakt en bij voorkeur in de bestekken te worden vastgelegd.

Verder wordt aanbevolen om bij een aantal grondwerkzaamheden waarbij een kade of dijk wordt doorsneden een profielopname van het dijk- of kadelichaam te laten maken. Deze profielopname kan belangrijke historische informatie opleveren over de opbouw en ouderdom van de dijk of de kade.

Voor het uitvoeren van een archeologische begeleiding en het opstellen van een profielopname is een Programma van Eisen (PvE) verplicht. In dit PvE staan de randvoorwaarden waaraan het vervolgonderzoek moet voldoen. Het PvE dient bij voorkeur te worden goedgekeurd door de provinciaal archeoloog van Zuid-Holland.

Voor de overige deelgebieden wordt geen vervolgonderzoek geadviseerd.

Met betrekking tot de bevindingen van onderhavig onderzoek dient contact opgenomen te worden met de provinciaal archeoloog van Zuid-Holland (drs. R.H.P. Proos).

Periode	Datering			
Nieuwe tijd	1500	=	heden	
Late Middeleeuwen	1050	-	1500	na Chr.
Vroege Middeleeuwen	450	-	1050	na Chr.
Romeinse tijd	12 voor	-	450	na Chr.
IJzertijd	800	-	12	voor Chr.
Bronstijd	2000	-	800	voor Chr.
Neolithicum (nieuwe steentijd)	5300	-	2000	voor Chr.
Mesolithicum (midden steentijd)	8800	-	4900	voor Chr.
Paleolithicum (oude steentijd)	300.000	-	8800	voor Chr.

Tabel 1. Archeologische
tijdschaal.

Literatuur

- Bosch, J.H.A. & H. Kok**, 1994. *Toelichting bij de geologische kaart van Nederland, schaal 1:50.000. Blad Gorinchem West (38W)*. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Bult, E.J.**, 1983. Midden Delfland, een archeologische kartering, inventarisatie, waardering en bewoningsgeschiedenis. In: *Nederlandse Archeologische Rapporten 2*. Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort.
- Bult, E.J., e.a.**, 2000. *Harnaschpolder, gemeente Schipluiden. Standaard archeologische inventarisatie plus voor het AWZI-terrein*. Delft.
- Dirkx, G.H.P & J.A.J. Vervloet**, 1989. *Oude Leede, een historisch-geografische beschrijving, inventarisatie en waardering van het cultuurlandschap. Rapport 2*. Staring Centrum, Wageningen.
- Kruidhof, C.N.**, 2003a. Archeologische verwachtings- en beleidsadvieskaart gemeente Berkel en Rodenrijs. *RAAP-rapport 914*. RAAP Archeologisch Adviesbureau, Amsterdam.
- Kruidhof, C.N.**, 2003b. Plangebied Polder Oudeland, gemeente Berkel en Rodenrijs. Een inventariserend archeologisch onderzoek. *BOOR-rapporten 138*. Bureau Oudheidkundig Onderzoek Rotterdam, Rotterdam.
- Mulder, J.R.**, 1989. *De bodemgesteldheid van de herinrichtingsgebieden Leidschendam-Nootdorp en Oude Leede. Rapport 22*. Staring Centrum, Wageningen.
- Nederlands Normalisatie-instituut**, 1989. *Nederlandse Norm NEN 5104, Classificatie van onverharde grondmonsters*. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.
- Peters, F.J.C.**, 1999. Vinex-locatie 'Noordrand III', Berkel en Rodenrijs. Een aanvullende archeologische inventarisatie. *BOOR-rapporten 52*. Bureau Oudheidkundig Onderzoek van Gemeentewerken Rotterdam, Rotterdam.
- Roorda van Eysinga, N.P.H.J.**, 1988. *De geboorte van het hoogheemraadschap Delfland. Ontginning en bedijking in de Vroege Middeleeuwen*. Proefschrift, Alphen aan den Rijn.
- Tol, A., P. Verhagen, A. Borsboom & M. Verbruggen**, 2004. Prospectief boren; een studie naar de betrouwbaarheid en toepasbaarheid van booronderzoek in de prospectiearcheologie. *RAAP-rapport 1000*. RAAP Archeologisch Adviesbureau, Amsterdam.
- Visscher, H.C.J.**, 1990. Oude Leede. Een archeologische inventarisatie en kartering. *RAAP-rapport 36A*. Stichting RAAP, Amsterdam.

Gebruikte afkortingen

ARCHIS	ARChEologisch Informatie Systeem
IKAW	Indicatieve Kaart van Archeologische Waarden
-Mv	beneden maaiveld
RACM	Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschappen en Monumentenzorg
PvE	Programma van Eisen
ROB	Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek

Verklarende woordenlijst

artefact	Alle door de mens gemaakte of gebruikte voorwerpen.
gyttja	Organische meerafzetting.
Hollandveen	In het Subboreaal gevormd veen in laag-Nederland (ca. 5000-3000 jaar voor Chr.).
Holoceen	Jongste geologisch tijdvak (vanaf de laatste IJstijd: ca. 8800 jaar voor Chr. tot heden).
reliëfinversie	Verschijsel waarbij relatief hoog (laag) gelegen gebieden door geologische of fysische processen laag (hoog) komen te liggen.
klink	Maaiveldddaling van veen- en kleigronden als gevolg van ontwatering, oxidatie van organisch materiaal en krimp.
kreek	Sterk meanderende uitloper van een geul of priel in de kwelder.
kreekrug	Zandige geulvulling die na klink van de slappe grond er omheen als een rug in het landschap zichtbaar is.
legakker	Smalle strook land waarop de turf te drogen werd gezet.
marien	Op de zee betrekking hebbend, bij of in zee voorkomend, door of in zee gevormd.
oeverwal	Langgerekte rug langs een rivier of kreek, ontstaan doordat bij het buiten de oevers treden van de stroom het grovere materiaal het eerst bezinkt.
oxidatie	Reactie met zuurstof (roesten/corrosie bij metalen; 'verbranding' bij veen).
perimarien	Omstandigheden waaronder sedimentatie en sedentatie ('veen-vorming') sterk onder invloed van de zeespiegelrijzing staan, maar waar mariene afzettingen zelf ontbreken.
petgat	Ruimte tussen de legakkers of zetwallen waaruit veen is gedolven en waarin na het afgraven van het veen de bovengrond is teruggestort.
Prehistorie	Dat deel van de geschiedenis waarvan geen geschreven bronnen bewaard zijn gebleven.

strandwal	Door branding en zeestromingen ontstane zandrug die boven gemiddeld hoogwater uitkomt en parallel aan de kustlijn is afgezet.
stratigrafie	Opeenvolging van lagen.
stroomgordel	Het geheel van rivieroeverwal-, rivierbedding- en kronkelwaard-afzettingen, al dan niet met restgeul(en).
wad	Onbegroeid, bij vloed overstroomd en bij eb droogvallend gebied achter een niet geheel gesloten kust.
Weichselien	Geologische periode (laatste ijstijd, waarin het landijs Nederland niet bereikte), ca. 120.000-10.000 jaar geleden.

Overzicht van figuren, tabellen en (losse kaart-)bijlagen

Figuur 1. Ligging van het plangebied (gearceerd) met ARCHIS-waarnemingen (rood) en AMK-terrein (blauw); inzet: ligging in Nederland (ster).

Figuur 2. Profiel boorraai A-A'.

Figuur 3. Profiel boorraai B-B'.

Figuur 4. Profiel boorraai C-C'.

Tabel 1. Archeologische tijdschaal.

Tabel 2. Tabel nieuwe en oude terminologie van regionale afzettingen (met dank aan drs. E.J. Bult).

Bijlage 1. Boorbeschrijvingen (cd-rom).

Kaartbijlage 1. Resultaten onderzoek en advies.

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 4 **Bergboezem Berkel, Definitief ontwerp kaden**

Bergboezem Berkel

Definitief Ontwerp Kaden

Hoogheemraadschap Delfland

26 november 2007

Definitief rapport

9R7440.J1

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN

Barbarossastraat 35

Postbus 151

6500 AD Nijmegen

(024) 328 42 84 Telefoon

(024) 360 54 83 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Bergboezem Berkel
	Definitief Ontwerp Kaden
Verkorte documenttitel	DO Kaden Bergboezem Berkel
Status	Definitief rapport
Datum	26 november 2007
Projectnaam	Bergboezem Berkel
Projectnummer	9R7440.J1
Opdrachtgever	Hoogheemraadschap Delfland
Referentie	9R7440.J1/R0005/600451/MJANS/Nijm

Auteur(s)	Mathijs Bos
Collegiale toets	Peter van de Kreeke
Datum/paraaf	26 november 2007
Vrijgegeven door	Peter van de Kreeke
Datum/paraaf	26 november 2007

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 EISEN, RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Documenten met richtlijnen en eisen ten aanzien van veenkaden	2
2.3 Algemene eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten	2
2.3.1 Richtlijnen	2
2.3.2 Veiligheidsklasse, schadefactoren en stabiliteitsfactoren, fasering	3
2.3.3 Inzet van de Bergboezem voor berging	3
2.3.4 Hydraulische en geohydrologische randvoorwaarden	4
2.4 Dimensionering kade	4
2.4.1 Kruinhoogten en profielen	4
2.4.2 Geometrie verbeterde kade	5
2.4.3 Opbouw kade	5
2.5 Geotechnische uitgangspunten	5
2.5.1 Grondonderzoek	5
2.5.2 Schematisatie bodemopbouw	6
2.5.3 Sterkteparameters	6
2.5.4 Zettingparameters	7
2.5.5 Consolidatie	7
2.5.6 Overzicht grondlagen en grondparameters	8
2.5.7 Faalmechanismen en rekenmethodieken	8
2.5.8 Schematisatie bestaande beschoeiing	9
2.6 Belastingen	9
2.6.1 Bovenbelastingen, ophogingen en waterdruk	9
2.6.2 Vullen en ledigen van de bergboezem	10
2.7 Damwand als vervangende waterkering	10
2.7.1 Ontwerpfilosofie	10
2.7.2 Rekenmethodiek	11
3 KADE OUDE LEEDE	12
3.1 Inleiding	12
3.2 Beschrijving	12
3.3 Berekeningen	15
4 KADE BOVENVAART	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Uitgangspunten	19
4.3 Beschrijving	21
4.4 Berekeningen	24
4.5 Advies buitenwaartse stabiliteit	26
5 KADE MOLENWEG	28
5.1 Beschrijving	28
5.2 Berekeningen	29

6	OVERIGE ONTWERPASPECTEN	32
6.1	Inleiding	32
6.2	Piping	32
6.2.1	Kade Bovenvaart en Molenweg	32
6.2.2	Kade Oude Leede	33

BIJLAGEN

Bijlage 1:	Bodemopbouw
Bijlage 2:	Overzichtskaart kaden, dwarsprofielen en grondonderzoek
Bijlage 3:	Waterspanningsmetingen
Bijlage 4:	Digitale bestanden (CD-Rom)

1 INLEIDING

Voor het project Bergboezem Berkel is het nodig de omliggende kaden te versterken. Het betreft de volgende kaden:

- Kade Oude Leede;
- Kade Bovenvaart;
- Kade Molenweg.

Voorliggend rapport beschrijft het definitieve ontwerp voor deze kaden.

Kade Oude Leede is in de huidige situatie een droge kade. Deze situatie verandert als de bergboezem voor waterberging wordt ingezet. De kade is momenteel te laag om de waterstand die dan in de boezemberging kan optreden, veilig te kunnen keren. Kade Bovenvaart en Molenweg zijn permanent waterkerende kaden, grenzend aan binnenboezemwater. Deze kaden dienen verhoogd en versterkt te worden om de waterstand die in de binnenboezem optreedt veilig te kunnen keren. Daarbij moet in het ontwerp van deze kaden rekening worden gehouden met belastingen op binnentalud en -berm bij inzet van de bergboezem.

De kaden zijn ontworpen conform de richtlijnen voor veenkaden (zie par. 2.1) die zijn opgesteld door het Hoogheemraadschap van Delfland (HHD). Voordat het definitief ontwerp kon worden opgesteld is een variantenstudie (9R7440.J1/R0003/600451/SEP/Nijm, 18 juni 2007) uitgevoerd waarbij onder andere alternatieven met aanvullende maatregelen als verticale drainage, geotextiel en damwanden (als vervangende waterkering) zijn onderzocht. Bij het ontwerp is namelijk gebleken dat de weinig draagkrachtige en slecht doorlatende ondergrond een lastig gegeven is bij het ontwerpen van stabiele kaden. Vanwege de slecht consoliderende ondergrond is de snelheid waarmee opgehoogd kan worden beperkt. Een te snelle ophoging maakt de kade instabiel. Dit betekent dat een kadeversterking zonder aanvullende maatregelen vele jaren in beslag kan nemen. De genoemde aanvullende maatregelen kunnen hiervoor een oplossing bieden. De richtlijnen voor veenkaden geven weinig ruimte voor het toepassen van dit soort aanvullende maatregelen. Voor het toepassen hiervan is bestuurlijk besluit noodzakelijk.

Mede op basis van de variantenstudie heeft het Hoogheemraadschap van Delfland voor het volgende kadeontwerpen gekozen:

- Kade Oude Leede: ophoging in grond met verticale drainage (zettingversnellende techniek);
- Kade Bovenvaart: ophoging in grond;
- Kade Molenweg: damwand als vervangende waterkering.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten voor het kadeontwerp. De kadeontwerpen komen in hoofdstuk 3, 4 en 5 aan de orde.

Hoofdstuk 6 bevat overige ontwerpaspecten.

2 EISEN, RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een overzicht van eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten gegeven. Par 2.2 en 2.3 geven een overzicht van de algemene eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten, die zijn gebaseerd op de richtlijnen voor veenkaden van het Hoogheemraadschap van Delfland (HHD). In par. 2.4 worden uitgangspunten voor het dimensioneren van de kade gegeven. Geotechnische uitgangspunten worden behandeld in par. 2.5. De belastingen (verkeer, waterdruk) komen in par. 2.6 aan de orde. Par. 2.7 beschrijft (uitgangspunten voor het toepassen van) aanvullende maatregelen.

2.2 Documenten met richtlijnen en eisen ten aanzien van veenkaden

In de volgende documenten van HHD zijn richtlijnen en eisen ten aanzien van de kaden vastgelegd:

- *notitie Kaden en waterkeringvreemde elementen* (HHD, 9 februari 1999);
- *niet Bouwen op Veenkaden, Herziene beleidsregel* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, maart 2005), behorend bij voornoemde notitie;
- *memo Kadeverbeteringen* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005);
- *memo Voorwaarden optimaliseren kadeverbeteringsontwerp voor veendijken* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005);
- *memo Waterkerende kunstwerken* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005).

2.3 Algemene eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten

In principe zijn alle eisen van Delfland van toepassing voor het kade(verbeterings)ontwerp. Op enkele punten is een nadere precisering / nuancering van de eisen noodzakelijk gebleken. Hieronder volgt een overzicht van de toegepaste, eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten.

2.3.1 Richtlijnen

Het technisch Rapport voor het toetsen van Boezemkaden (TRB), destijds opgesteld door de Technische Adviescommissie voor Waterkeringen (TAW), dient te worden aangehouden. Als beoordelingskader voor boezemkaden gaat het Hoogheemraadschap van Delfland uit van de IPO-methodiek (IPO = Interprovinciaal Overleg). Daarnaast zijn de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Keringen, katern Boezemkaden (STOWA) en de vigerende Technische Rapporten van Expertise Netwerk waterkeringen (ENW, voorheen TAW) van toepassing. Voor damwanden die onderdeel uit maken van de waterkering wordt gebruik gemaakt van de CUR166.

2.3.2 Veiligheidsklasse, schadefactoren en stabiliteitfactoren, fasering

Voor alle drie kaden, Oude Leede, Bovenvaart en Molenweg, heeft HHD vastgesteld dat deze in veiligheidsklasse III vallen¹. Dit betekent dat de kaden bij toetsing op veiligheid minimaal aan een stabiliteitfactor van 0,9 moeten voldoen.

De kaden Bovenvaart en Molenweg vallen onder de beleidsregel "Niet bouwen op veenkaden". Dit betekent dat voor het kadeontwerp in principe een schadefactor (vereiste stabiliteitfactor²) van 1,0 wordt aangehouden ongeacht de veiligheidsklasse. Deze eis is vermeld in de memo "Voorwaarden optimaliseren kadeverbeteringsontwerp voor veendijken". Deze eis geldt niet voor kade Oude Leede omdat deze kade niet onder de beleidsregel "Niet bouwen op veenkaden" valt. Voor kade Oude Leede wordt een stabiliteitfactor van 0,95 overeenkomend met veiligheidsklasse III+ aangehouden.

Voor de kadeverbetering zijn de volgende fasen te onderscheiden:

- uitvoeringsfase (ophoogslagen en wachttijden tussen de ophoogslagen);
- gebruiksfase (optioneel);
- eindfase (kade op orde).

Ten aanzien van veiligheid (vereiste schadefactor) worden in deze fasen verschillende eisen gesteld. Tijdens uitvoering moet de schadefactor minimaal 0,85 bedragen. Bij een schadefactor van 0,6 à 0,7 kan namelijk al vervorming optreden.

De gebruiksfase moet gezien worden als een verlengde rusttijd waarin al wel activiteiten (bijv. verkeer, inzet voor berging) op en rondom de kade zijn toegestaan. De (ondergrond van de) kade heeft dan echter nog niet de vereiste consolidatiegraad bereikt. Dat is pas het geval in de eindfase. Dan is de kade op orde, dat wil zeggen, voldoet aan de vereiste veiligheid.

Voor de kadeberekeningen gelden de volgende uitgangspunten:

- | | |
|---------------------------------|--|
| • uitvoeringsperiode | SF $\geq$ 0,85 |
| • gebruiksfase (+ evt. verkeer) | SF $\geq$ SF _{huidig} , minimaal 0,85 |
| • eindfase (kade op orde) | SF $\geq$ 1,0 (Bovenvaart en Molenweg) |
| | SF $\geq$ 0,95 (Oude Leede) |

2.3.3 Inzet van de Bergboezem voor berging

Een belangrijk gegeven is dat de Bergboezem te allen tijde moet kunnen worden ingezet voor berging. Hiervoor is het van belang dat kade Oude Leede in afzienbare tijd op hoogte wordt gebracht (de huidige hoogte is te laag voor maximaal bergingspeil). De toegestane bergingshoogte hangt af van de bereikte stabiliteit (consolidatiegraad) van de kaden. Naar verloop van tijd zal de stabiliteit door toenemende consolidatie verder toenemen.

Bij inzet van de Bergboezem voor berging tijdens de uitvoeringsperiode moeten aangebrachte zandlagen worden afgeschermd van het water. Voorkomen moet namelijk worden dat het zand met slib wordt vermengd.

¹ In eerste instantie heeft HHD hiervoor, evenals voor kade Molenweg, kadeklasse V aangehouden.

² Vereiste stabiliteitfactoren uitgaande van gebruik van rekenwaarden voor de sterkteparameters in de stabiliteitberekeningen

Dit kan ongunstige effecten hebben op de waterhuishouding in de dijk. Het onbedekte kernmateriaal kan bovendien na inzet van de berging wegspoelen waardoor de veiligheid oncontroleerbaar wordt.

Mogelijke maatregelen zijn: het afdekken van zandlagen met klei (definitief) of tijdelijk met een geotextiel.

2.3.4 Hydraulische en geohydrologische randvoorwaarden

Hieronder geven wij een overzicht van de hydraulische en geohydrologische randvoorwaarden:

1. Maximaal peil Bergboezem: NAP -3,60 m;
2. Streefpeil Bovenvaart en Molentocht: NAP -2,66 m (conform peilbesluit);
3. Maatgevend peil binnenboezem: streefpeil +0,15 m = NAP -2,51 m (aangehouden in stabiliteitsberekeningen³);
4. Vereiste waakhoogte = 0,6 m boven streefpeil (zomerpeil)⁴;
5. Stijghoogte Pleistoceen:
 - in eindfase: NAP -3,8 m (conservatieve waarde, gebaseerd op kwelwateronderzoek, 2001);
 - in uitvoerings- en gebruiksfase: NAP -4,25 m (gemiddelde waarde);
6. Lineair verloop waterspanningen tussen freatisch vlak en stijghoogte in het watervoerende zandpakket. In de periode april – juli zijn waterspanningen gemeten.

Hydraulische kortsluiting

Conform de beleidsregel "Niet bouwen op veenkaden" is rekening gehouden met hydraulische kortsluiting. Dit speelt bij de kaden met beschoeiing, kade Bovenvaart en kade Molenweg. Uit onderzoek blijkt dat hydraulische kortsluiting tussen de binnenboezem en de zandlaag onder het afdekkend pakket via de beschoeiing kan worden uitgesloten. Onder de beschoeiing is namelijk een voldoende dik afdekkend pakket aanwezig. Volgens de Leidraad voor regionale keringen, katern boezemkaden, pag. 37, moet dit tenminste 5 m dik zijn, of tenminste 2 m klei bevatten. De maatgevende locatie bevindt zich langs de Bovenvaart, bij sondering DKM6. De bovenzijde van de zandlaag bevindt zich hier op NAP-11,5m. Tussen onderkant beschoeiing (op ca. NAP -5 m) en bovenkant zandlaag bevindt zich een voldoende dik afdekkend klei/veen pakket van 6,5 m.

2.4 Dimensionering kade

2.4.1 Kruinhoogten en profielen

De in de ontwerpberekeningen aangehouden kruinhoogten en profielen zijn gebaseerd op meetprofielen uit 2004. HHD heeft ter controle van deze profielen kruinhoogten aangeleverd uit Fli-map in de vorm van dwarsprofielen om de 200 m. Deze kruinhoogten zijn gemeten in januari 2005. Deze dwarsprofielen geven geen aanleiding om de aangehouden kruinhoogtes uit de meetprofielen te herzien. Er zijn namelijk nagenoeg geen verschillen tussen beide data.

³ Tijdens uitvoerings- en gebruiksfase is alleen gerekend met streefpeil.

⁴ Voor kade Bovenvaart heeft HHD gedurende het ontwerpproces, n.a.v. berekeningsresultaten, de vereiste waakhoogte van 0,6 m met 0,25 m teruggebracht tot 0,35 m.

2.4.2 Geometrie verbeterde kade

Voor de geometrie van de verbeterde kade gelden de volgende eisen en uitgangspunten:

- minimum kruinbreedte van 3 m;
- minimale taludhelling (binnen- en buitenwaarts) van 1:4 na uitvoering / bij oplevering kade.

Tijdens uitvoering en rustperiode is een steilere helling toelaatbaar (mits $SF > 0,85$). Voor het talud aan de zijde van de binnenboezem (bij Bovenvaart en Molenweg) mag een steilere helling worden aangehouden (mits stabiel). Hier is in de bestaande situatie een (te handhaven) verticale beschoeiing aanwezig.

2.4.3 Opbouw kade

De taluds dienen afgedekt te zijn met een erosiebestendige kleilaag met een dikte van minimaal 1 m. Verhardingen (verkeersweg/fietspad) moeten - inclusief de onderlagen - boven de kleiafdekking worden aangebracht omdat de verharding geen onderdeel van de waterkering mag zijn. Extra zetting door het aanbrengen van verhardingen moet door middel van overhoogte zodanig worden gecompenseerd dat de hoogte van de kleiafdekking voldoet aan de vereiste kruinhoogte (legger).

Voor kades die naast klei ook uit zand worden opgebouwd gelden verder de volgende uitgangspunten:

- Voor een goede ontwatering wordt een zandcunet gemaakt ter plaatse van de teen.
- Ter plaatse van de teen moet de kleiafdekking minimaal tot de dikte van de kleilaag (1 m) onder het maaiveld worden doorgezet.

2.5 Geotechnische uitgangspunten

2.5.1 Grondonderzoek

Voor de kaden is het volgende grondonderzoek uitgevoerd:

- geotechnisch bodemonderzoek Bergboezem Berkel, Combinatie Emergo, 2 december 2004: ondiepe boringen in kruin en binnenteen;
- drietal kaden te Berkel en Rodenrijs, Resultaten geotechnisch onderzoek, Inpijn-Blokpoel ingenieursbureau, 29 november 2004 (VB-5436): 33 diepsonderingen, 3 boringen, volumegewicht en watergehalte, korrelverdelingen, samendrukkingsproeven;
- drietal kaden te Berkel en Rodenrijs, Resultaten geotechnisch onderzoek, Inpijn-Blokpoel ingenieursbureau, 14 oktober 2005 (VB-5940): 28 boringen, 48 waterspanningsmeters in kruin en binnenteen, volumegewicht en watergehalte, enkele samendrukkingsproeven;
- Direct Simple Shear-proeven (DSS-proeven), nog in uitvoering.

Het grondonderzoek is niet conform de eisen uitgevoerd die vanuit beleidsregels voor veenkaden hieraan gesteld worden. Deze zijn opgenomen in de memo *Grondonderzoek bij veendijken* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005).

Hieronder geven wij een overzicht van de afwijkingen:

- sonderingen: er zijn geen sonderingen op maaiveld uitgevoerd, alleen in de kruin;
- mechanische boringen: er zijn voornamelijk *handboringen* uitgevoerd, ondiepe boringen (2 tot 3 m) in binnenteen en kruin, aangevuld met diepere boringen (6 m) in de kruin;
- peilbuizen: deze zijn in het geheel niet geplaatst;
- waterspanningsmeters: in de kruin is slechts op één diepte gemeten terwijl metingen op twee verschillende dieptes vereist is;
- laboratoriumonderzoek: te weinig proeven uitgevoerd voor bepaling volumegewicht en watergehalte.

Een gedeeltelijke verklaring voor bovenstaande afwijkingen is dat de richtlijnen in de genoemde memo nog niet van toepassing waren op het moment dat onderhavig project is gestart. Er is zo praktisch mogelijk en in overleg met HHD bekeken welk onderzoek in elk geval nog noodzakelijk is ten opzichte van het reeds verrichte onderzoek. Zo praktisch mogelijk moet hier ook worden geïnterpreteerd als met zo min mogelijk hinder voor de grondeigenaren.

2.5.2 Schematisatie bodemopbouw

De bodemopbouw is als volgt geschematiseerd. Op basis van sonderingen in de kruin zijn geotechnische lengteprofielen (Lieveense, 18 januari 2005) opgesteld. Hiermee in is de ondergrond op basis van conusweerstand en kleefmeting geclassificeerd in zand, klei en veenlagen. Boringen in de kruin geven regelmatig echter een iets ander beeld. Het blijkt met name lastig om te onderscheiden tussen klei- en veenlagen. Uit recente boringen (die zijn uitgevoerd voor de DSS-proeven) blijkt dat op enkele locaties waar de sondering op veen wijst, juist organische, humeuze klei wordt aangetroffen. De schematisatie is hierop aangepast. Naast de kruin (binnenberm, achterland) zijn geen sonderingen en boringen gemaakt, behalve enkele korte handboringen (2 m diep). Hier is dezelfde bodemopbouw aanhouden als onder de kruin, waarbij voor de bovenste meters de resultaten van de korte handboringen zijn gebruikt.

2.5.3 Sterkteparameters

Voor de schuifsterkte parameters wordt de proevenverzameling van Delfland aangehouden. Deze proevenverzameling is in de vorm van grafieken, de zgn. "sigma-tau-relaties", door Delfland ter beschikking gesteld. In de sigma-tau relaties is de schuifspanning bij verschillende verticale korrelspanningen weergegeven. Het betreft rekenwaarden, waarin materiaalfactoren zijn verdisconteerd. Deze proevenverzameling geeft waarden voor 'onder' en 'naast' de kade alsmede onder het talud. In de berekeningen is alleen onderscheid gemaakt tussen onder en naast. De overgang naar van 'onder' naar 'naast' is gelegd bij $\frac{1}{4}$ van de kerende hoogte (kruin – maaiveldhoogte achterland) gerekend van af de kruin.

Monitoring van de werkelijke consolidatie(snelheid) tijdens de uitvoering wordt aanbevolen.

2.5.6 Overzicht grondlagen en grondparameters

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de gehanteerde grondlagen, volumegewichten en zettingsparameters.

Tabel 2.1: Grondlagen, volumegewichten en zettingsparameters

Grondlaag	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	C_p	C'_p	C_s	C'_s	A_p	A_s	C_v [m ² /s]
Veen	11/6*	11	25	6.25	100	25	25	25	1.00E-07
Humeuze klei	13	13	32	8	160	40	32	40	5.00E-08
Klei, zwak zandig	15,5	15,5	40	10	440	110	40	110	5.00E-08
Klei, zwak siltig, humeus	14	14	32	8	160	40	32	40	5.00E-08
Klei, matig zandig	16	16	80	20	960	240	80	240	5.00E-08
Klei, sterk zandig	17,5	17,5	100	25	1280	320	100	320	5.00E-08
Zand	18	20	Nvt						
Tussenzandlaag	17	19	Nvt						
Zand met kleilagen	17	19	Nvt						

*11 kN/m³ in extreem natte situatie, 6 kN/m³ in extreem droge situatie (niet maatgevend, zie 2.5.7, ad 1). Daar waar veenlagen en humeuze klei elkaar afwisselen is voor veenlagen een gewicht van 10,5 kN/m³ aangehouden.

2.5.7 Faalmechanismen en rekenmethodieken

In het ontwerp is rekening gehouden met de volgende faalmechanismen (o.a. o.b.v. Herziane beleidsregel Niet bouwen op Veendijken):

1. Macro-instabiliteit in extreem natte en droge situatie, waarbij zowel cirkelvormige als langgerekte schuifvlakken (drukstaafmechanisme/MLift) in rekening worden gebracht.
2. Piping en/of heave.
3. Instabiliteit tijdens de uitvoering (squeezing of macro-instabiliteit).
4. Micro-instabiliteit (opdrukken bekleding, uitspoeling).

Onderstaand worden bovenstaande punten nader toegelicht en gespecificeerd:

Ad 1)

- Voor de stabiliteit aan de zijde van de binnenboezem bij de kaden Bovenvaart en Molenweg (buitentalud) zijn alleen cirkelvormige glijvlakken doorgerekend.
- De *extreem natte situatie* wordt in de eindfase beschouwd. In de uitvoering- en eventuele gebruiksfase wordt uitgegaan van een *normale situatie* waarin de freatische lijn zich circa 1 m onder maaiveldniveau bevindt ter plaatse van het talud en ter plaatse van de teen 0,75 m (gebaseerd op gemeten grondwaterstanden).
- De *situatie extreme droogte* is voor de beschouwde kaden niet maatgevend, zowel in de uitvoering- en eventuele gebruiksfase als in de eindfase. Dit is geverifieerd met een berekening voor de situatie van extreme droogte.

Zoals eerder opgemerkt bestaat er geen gevaar voor hydraulische kortsluiting, die in een situatie van extreme droogte tot een kritieke situatie zou leiden.

- Parallel aan de Bovenvaart en op korte afstand wordt door de bergboezem een bypass gegraven waarvan het effect op de stabiliteit van de kade in de berekeningen is meegenomen. Dit geldt ook voor de sloot langs de kade Oude Leede.

Ad 3)

De ophoging zal vanwege de slappe ondergrond gefaseerd moeten worden uitgevoerd. Voor verschillende ophoogslagen (fasen) is de macrostabiliteit doorgerekend.

De stabiliteit- en zettingberekeningen zijn uitgevoerd met de programma's MStab en MSettle van Geodelft. De zettingen zijn berekend met het model Koppejan, natural strain. Daarnaast is de grootte van de zettingen ook berekend met het Isotachen model / abc-model om na te gaan in welke mate de keuze van het rekenmodel bepalend is voor de berekende zettingen. Hieruit is gebleken dat het Isotachenmodel op de korte termijn minder zetting berekent dan het model Koppejan, natural strain maar dat de eindzettingen na volledige consolidatie juist een stuk groter zijn. Het kadeontwerp is uiteindelijk gebaseerd op de zettingen die zijn berekend met Koppejan, natural strain.

Buitenwaartse stabiliteit

HHD heeft aangegeven dat voor kade Bovenvaart de buitenwaartse stabiliteit (aan de zijde van de Bovenvaart) niet in beschouwing hoeft te worden genomen. Als uitgangspunt voor het ontwerp is aangehouden dat de buitenwaartse stabiliteit niet hoeft te voldoen aan kadeklasse III (SF=0,9) maar wel wordt doorgerekend (zie par. 4.3). Dit is gedaan om na te gaan of de kade buitenwaarts zou kunnen bezwijken, wat een inleidend faalmechanisme voor de binnenwaartse stabiliteit zou kunnen zijn. Voor de stabiliteitsfactor bij bezwijken van de kade is SF = 0,7 aangehouden. Dit komt ongeveer overeen met een stabiliteitsfactor van 1,0 die geldt voor een berekening met representatieve waarden voor de grondparameters.

2.5.8 Schematisatie bestaande beschoeiing

In de kade Bovenvaart en kade Molenweg is ene beschoeiing aan de zijde van de binnenboezem aanwezig. In de berekeningen moet de sterkte van de beschoeiing in principe geschematiseerd worden als een 1:1,5 talud van bestaand dijkmateriaal dat loopt van de bovenkant van de beschoeiing tot aan de waterbodem.

2.6 Belastingen

2.6.1 Bovenbelastingen, ophogingen en waterdruk

Bovenbelastingen in uitvoeringsfase

- Bovenbelasting van 5 kPa gebaseerd op inzet van een rupsvoertuig (massa van 7 ton, breedte x lengte = 2 m x 2 m).

Bovenbelastingen eindfase

Voor kaden Oude Leede en Bovenvaart gelden de volgende belastingen (gelijktijdig):

- Verkeersbelasting: 13 kPa over een strookbreedte van 2,5 m op de kruin gerekend vanaf de buitenkruinlijn.
- Bovenbelasting door zandzakken (calamiteit): 0,5 kPa over een strookbreedte van 2,5 m op de kruin gerekend vanaf de buitenkruinlijn.

Voor kade Molenweg gelden de volgende belastingen (gelijktijdig):

- Verkeersbelasting: 15,4 kPa over een strookbreedte van 2,5 m op de kruin gerekend vanaf de buitenkruinlijn⁵.
- Bovenbelasting door zandzakken (calamiteit): 0,5 kPa over een strookbreedte van 0,5 m op de kruin gerekend vanaf de buitenkruinlijn.

Ophogingen

De benodigde ophogingen resulteren in een toename van water(over)spanningen.

Waterspanningen

Water in de bergboezem en de binnenboezem oefent een horizontale druk op de kade uit. Na het vullen en weer leeg laten lopen van de berging kan er een afhankelijk van de opbouw van de kade een waterdruk op het talud ontstaan. Ook in de extreem natte situatie neemt de belasting op de kade toe door toename van de waterspanningen.

2.6.2 Vullen en ledigen van de bergboezem

Tijdens het vullen van de bergboezem zal het zandlichaam via de teen met water gevuld worden. Het te snel ledigen van de bergboezem kan mogelijk leiden tot instabiliteit van de kade. Bij het snel zakken van de waterstand in de bergboezem blijft de waterstand in de kade hierop achter waardoor hoge waterdrukken op het talud ontstaan. Het is echter niet gemakkelijk vast te stellen hoe hoog de waterstand in de kade als gevolg van de boezemberging zal worden. Met een niet-stationair grondwaterstromingsmodel kan worden berekend tot welke hoogte de kade verzadigd raakt. Het verzadigen van de kade gebeurt tijdens het vullen van de bergboezem tot en met het moment waarop de waterstand in de bergboezem tijdens het ledigen weer onder de waterstand in de kade zakt. Een veilige benadering is om te eisen dat het ledigen van de kade niet korter mag duren dan de periode van het vullen en gevuld zijn van de bergboezem.

Uitgaande van een vultijd van circa 3 dagen en een constant maximum bergingspeil NAP-3,6 gedurende 3 tot 4 dagen mag de ledigingstijd niet korter zijn dan 7 dagen. Bij een pompcapaciteit van 80 m³/min zal de ledigingstijd circa 10 dagen bedragen. Het is dus gegarandeerd dat de ledigingstijd nooit korter is dan 7 dagen.

Bovenstaande eisen moeten in een nog op te stellen protocol voor het beheer en de ingebruikname van de Bergboezem Berkel worden opgenomen.

2.7 Damwand als vervangende waterkering

2.7.1 Ontwerpfilosofie

HHD heeft een voorkeur voor een grondlichaam als kade. Mocht er om een bepaalde reden geen mogelijkheid zijn om een grondkade aan te leggen, dan kan er eventueel gekozen worden voor het toepassen van een damwand als vervangende waterkering. Dit speelt bij de kaden Bovenvaart en Molenweg. De damwand vervangt de huidige beschoeiing in de binnenboezem (aan de buitenwaartse zijde van de kade).

⁵ De belasting van 15,4 kPa is gebaseerd op een vrachtauto met aanhanger met een maximaal gewicht van 74 ton waarmee volgens de gemeente Berkel en Rodenrijs op de Molenweg rekening moet worden gehouden.

Volgens de herziene beleidsregel Veendijken mag de damwand worden uitgerekend conform de NEN. Conform de Leidraad Kunstwerken is de vervangende waterkering een type 2a of 2b constructie. Er is sprake van een type 2b constructie als het falen van de constructie afhankelijk is van het falen van het grondlichaam achter de damwand (binnenwaartse stabiliteit). De taakstellende (top)eis voor de sterkte is $1/100 \times \text{norm}$. Wordt gekeken naar buitenwaartse stabiliteit, dan is er sprake van een type 2a constructie waarbij het falen van de constructie onafhankelijk is van het falen van het grondlichaam achter de damwand. De taakstellende (top)eis voor de sterkte is dan $1/200 \times \text{norm}$. Dit is gunstiger.

De "norm" volgt uit de IPO veiligheidsklasse die voor de kade is vastgesteld.

Veiligheidsklasse III komt overeen met een norm van $1/100$. Voor veiligheidsklasse V geldt een norm van $1/1000$.

Voor het ontwerpen van damwanden wordt CUR166 toegepast. De CUR166 hanteert eveneens veiligheidsklassen - niet te verwarren met de IPO veiligheidsklassen - en wel de CUR veiligheidsklassen I, II en III.

Een damwand in een waterkering met kadeklasse III dient minimaal ontworpen te worden op basis van de CUR veiligheidsklasse II. Waterkeringen in kadeklasse V moeten ontworpen worden op basis van CUR veiligheidsklasse III. Het onderscheid tussen type 2a en 2b constructie volgens de Leidraad Kunstwerken is niet bepalend voor de aan te houden CUR veiligheidsklasse.

IPO veiligheidsklasse	Leidraad Kunstwerken	CUR veiligheidsklasse
III	Type 2a of 2b	II
V	Type 2a of 2b	III

Er worden extra eisen gesteld aan de verplaatsing vanwege de mogelijk kwetsbare aansluiting van de damwand op de veengrond in situatie van extreme droogte. De maximaal toegestane verplaatsing bedraagt 50 mm.

Vooralsnog wordt er van uitgegaan dat de damwand tot in het Pleistoceen aangebracht moet worden. Dit is vooral nodig om te voorkomen dat de damwand als gevolg van zettingen van de grond gaat zakken.

Aan de uiteinden van het damwandscherm moet het grondlichaam stabiel zijn. Immers, daar houdt de vervangende waterkering op en moet het grondlichaam voldoende stabiel zijn. De damwand moet aan de uiteinden minstens 5 m worden doorgezet. Een zekere overlap is hier noodzakelijk.

2.7.2 Rekenmethodiek

De benodigde sterkteparameters ϕ en c worden bepaald uit de σ' - τ curves uit de proevenverzameling van Delfland (CO-374520/14, november 1997, Grondmechanica Delft). Hierbij worden eerst rekenwaarden verkregen welke vervolgens worden teruggerekend naar representatieve waarden die benodigd zijn als invoer voor de damwandberekening in MSheet. Er worden twee berekeningen uitgevoerd: een berekening van de vervormingen en een sterkte- en stabiliteitsberekening met rekenwaarden conform de geldende CUR veiligheidsklasse.

3 KADE OUDE LEEDE

3.1 Inleiding

De huidige kruinhoogte van kade Oude Leede voldoet op verreweg het grootste gedeelte van de kade niet. De vereiste kruinhoogte bedraagt NAP -3 m. De actuele kruinhoogte van de kade varieert tussen NAP -2,9 en NAP -3,9 m. Voor twee profielen (KOB1 en KOB4) is de kruinhoogte nog voldoende.

In de variantenstudie zijn de volgende kadevarianten bekeken:

- in grond (2 varianten);
- in grond met geotextiel (met en zonder verkeerbelasting);
- in grond met verticale drainage en geotextiel.

Het gekozen kadeontwerp is een kade "in grond met verticale drainage en geotextiel". De toe te passen verticale drainage zorgt voor een snellere consolidatie van de ondergrond waardoor de zettingen sneller optreden en de wateroverspanning sneller afneemt. Dit is gunstig voor de stabiliteit en de restzetting.

De planperiode bedraagt 15 jaar.

3.2 Beschrijving

Algemeen

Voor kade Oude Leede wordt een standaardprofiel toegepast met de volgende kenmerken:

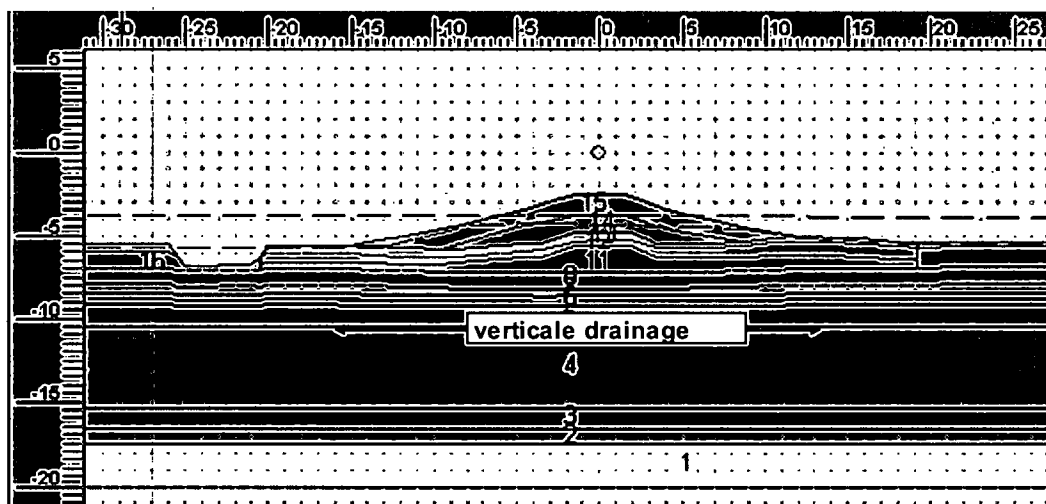
- Kruinbreedte van 3 m;
- Taludhelling 1:4 (zowel binnen- als buitentalud).

De ophoging bestaat uit zand en een kleiafdekking van 1 m dikte aan de zijde van de bergboezem en 0,75 m dikte aan de polderzijde (Oude Leede).

Verticale drainage wordt onder de ophoging toegepast om de uitvoering te versnellen.

Voor de uitvoering moet een periode van circa 1,5 jaar worden aangehouden. De verticale drainage wordt onder de gehele kade toegepast. Voor de dichtheid van de drainagestrippen is een hart op hart afstand van 1,5 m in driehoekstramien voldoende.

De insteek van de aanwezige sloot in de Bergboezem dient in verband met de stabiliteit op een afstand van minimaal 5 m uit de buitenteen van de aan te leggen kade te liggen.



Figuur 3.1: Kadeprofiel bij oplevering na 1,5 jaar

De teen aan de polderzijde wordt goed gedraineerd door de zandlaag niet af sluiten met een klei-inkassing maar een kwelsloot aan te leggen en een zandcunet onder de kleiafdekking door te maken waardoor het water kan afstromen. Bij de teen aan de zijde van de bergboezem moet de zandlaag wel goed worden afgesloten met een klei-inkassing om piping te voorkomen. Deze klei-inkassing kan pas worden aangelegd net voor de oplevering, wanneer de ondergrond voor ca. 90% geconsolideerd is. Tijdens de uitvoeringsperiode moet het water namelijk via de zandlaag op het maaiveld aan weerszijden van de kade kunnen afstromen.

Verticale drainage kan worden toegepast met in achtneming van een zekere verticale afstand tot het watervoerend zandpakket (Pleistocene/tussenzandlaag). De verticale afstand bedraagt 2 m (1 m nodig om kortsluiting met watervoerend pakket te voorkomen + 1 m marge vanwege onzekerheden in bodemopbouw). Om het water te kunnen laten afstromen, moet een zandlaag van een halve meter dikte op het maaiveld worden aangebracht (nadat de toplaag en grasbekleding is gefreesd). In de berekeningen is uitgegaan van een filterdiameter van 10 cm en een hart op hart afstand tussen de drains van 1,5 m in een driehoekstramien. Deze hart op hart afstand kan worden geoptimaliseerd indien de stabiliteit ruim voldoende blijkt te zijn.

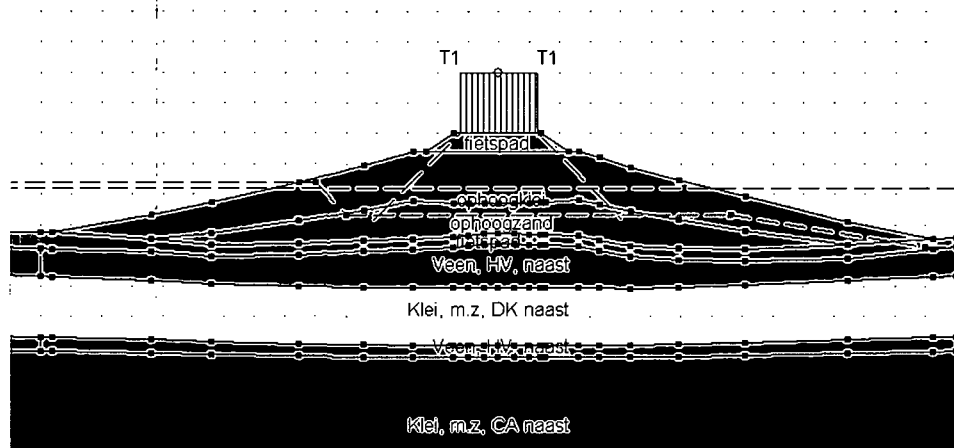
Het toe te passen geotextiel verhoogt de weerstand tegen afschuiven in de uitvoeringsfase, tijdens het consolidatieproces. Een geotextiel heeft een beperkte levensduur van enige tientallen jaren. Bij toepassing van geotextiel in de waterkering wordt het geotextiel gezien als een *tijdelijke* maatregel. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat de kade bij 100% consolidatie voldoende stabiel zou moeten zijn zonder aan het dan nog aanwezige geotextiel sterkte te hoeven ontleen.

Fietspad op kade

Op een gedeelte van de kade wordt een fietspad aangelegd. De constructie van het fietspad bestaande uit asfalt en onderlagen komt in zijn geheel boven de kruinhoogte van de kade te liggen. Voor gedeelten met fietspad op de kruin is een grotere kruinbreedte vereist. Daar waar het fietspad de kade op cq. afloopt is een aanberming nodig met een minimale breedte van 5 m.

Het standaardprofiel voor de kade met fietspad heeft de volgende kenmerken:

- Kruinbreedte van 5 m;
- Taludhelling 1:4 (zowel binnen- als buitentalud).



Figuur 3.2: Kadeprofiel met fietspad bij oplevering na 1,5 jaar

Hieronder worden een aantal knelpunten beschreven (van zuidwest naar noordoost).

Aanberming t.b.v. fietspad

Het fietspad ligt gedeeltelijk op de kade en gedeeltelijk in de polder Oude Leede. Daardoor zijn er enkele locaties waar het fietspad van de kruin over het binnentalud afloopt naar het maaiveld in de polder Oude Leede en vice versa. Op deze overgangen is een kleine aanberming nodig om het fietspad aan te leggen en tevens de stabiliteit van de kade te waarborgen.

Aansluiting op kade Molenweg & kruising persleiding

Het fietspad 'Groenblauwe Slinger' zal het tracé van de nieuwe kade Oude Leede volgen en loodrecht aansluiten op de Molenweg. Vanwege verkeerstechnische redenen wordt de nieuwe kade over een lengte van circa 30 m ten zuiden van en parallel aan, de bestaande kade aangelegd in plaats van over de bestaande kade heen.

Locale verbreding kade, panoramalocatie

Ter hoogte van de panoramalocatie wordt de kade Oude Leede verbreed. Het fietspad wordt hier gesplitst per rijrichting.

Sloot en preekstoel (bij aansluiting op kade Bovenvaart)

Bij de aansluiting op de Kade Bovenvaart is in het ontwerp rekening gehouden met de volgende objecten:

- Fietspad op de kruin.
- Preekstoel en sloot in de buitenteen van de kade (zijde Bergboezem).
- Maalkom binnenwaarts van de kade (polderzijde).

De huidige kade tussen de preekstoel en de maalkom is op ontwerphoogte. Echter, het gewicht van de fundering van het fietspad zal de kade onder de vereiste kruinhoogte doen zakken. Daarom dient er eerst opgehoogd te worden om deze zettingen te compenseren. Ten gevolge van de benodigde versterking, zowel in de hoogte als in de breedte, zal de preekstoel tijdelijk moeten worden verwijderd.

Alhoewel de functie van de preekstoel in het nieuwe kade ontwerp verval, is het toch wenselijk de preekstoel hier te behouden, namelijk uit oogpunt van educatie. Voor het standaardprofiel is berekend dat de insteek van de sloot op een afstand van minimaal 5 m van de buitenteen van de kade moet liggen. Deze afstand kan hier worden overgenomen. Verder wordt in de insteek van sloottalud een beschoeiing aangebracht. Aan de slootkant van de beschoeiing begint het talud op een diepte van 30 cm onder het minimum peil van NAP -5,32 m (conform peilbesluit). De preekstoel wordt tenslotte teruggezet op de beschoeiing, waarmee de oorspronkelijke situatie weer is hersteld.

De uitvoering van dit werk is als volgt:

- Eerst wordt de preekstoel tijdelijk verwijderd om de ophoging te realiseren;
- Na consolidatie en zetting van de ophoging wordt op de slootrand de beschoeiing geplaatst;
- Tenslotte wordt de preekstoel teruggezet op de beschoeiing en wordt het fietspad aangelegd.

3.3

Berekeningen

Voor het standaardprofiel, het profiel met fietspad en enkele knelpunten zijn berekeningen gemaakt met MStab en MSettle.

Standaardprofiel

Het standaardprofiel is gebaseerd op de geometrie van profiel KOB10 en de bodemopbouw conform sondering DKM28. Het betreft een kritiek profiel zowel qua geometrie als bodemopbouw.

- Huidige kruinhoogte: NAP -3,95 m.
- Benodigde kruinhoogte: NAP -3,0 m.
- Netto ophoging: 0,95 m.
- Aanvullende maatregelen: verticale drainage.
- Aanleghoogte: NAP -1,6 m.
- Verwachte zetting kruin bij oplevering: ca. 1 m.
- Verwachte kruinhoogte bij oplevering: NAP -2,6 m.

Berekeningsbestanden

MSettle-bestanden: <i>Kade Oude Leede DKM28, KOB10 basissom</i> MStab-bestanden: <i>Kade Oude Leede DKM28, drain 365dgn</i>
--

Bermsloot met fietspad

Er is een aanvullende MStab berekening gemaakt voor het inpassen van een bermsloot tussen de binnenteen van de kade en het fietspad aan de polderzijde van de kade. Bij een diepte van NAP -6,3 m en taludhellingen van minimaal 1:2,5 (binnenteen) en 1:2 (zijde fietspad) voldoet het kadeprofiel. Hiervoor is de berekening voor het standaardprofiel als basis gebruikt.

Berekeningsbestanden

MStab-bestanden: <i>Kade Oude Leede DKM28, drain 365dgn bi test sloot</i>

Lengteontwerp kruinhoogte

Om de zettingen van de kruin voor het gehele kadetraject te bepalen is in MSettle een lengteprofiel doorgerekend (in plaats van dwarsprofielen). Er worden iets te grote zettingen berekend omdat de belastingspreiding hierin niet is meegenomen, die er bij een dwarsprofielberekening wel in zit. De zettingen zijn gecorrigeerd met een factor die gelijk is aan de verhouding tussen de berekende zetting voor het dwarsprofiel KOB10 en de berekende zetting ter plaatse van KOB10 in het lengteprofiel. Tabel 3.1 geeft een overzicht van kruinhoogten en benodigde ophogingen.

Berekeningsbestanden

MSettle-bestanden: *Kade Oude Leede Lengteprofiel Koppejan -dr hoh1,5*

Het lengteprofiel is geldig voor de gehele kade Oude Leede met uitzondering van de volgende 2 locaties:

- Het gedeelte van de kade met het fietspad op de kruin van de kade (KOB 16 – 19);
- Aansluiting kade op de Bovenvaart.

Voor deze twee locaties zijn de zettingen apart bepaald (zie verderop gerapporteerde zettingberekeningen).

Tabel 3.1 Kruinhoogten en benodigde ophogingen kade Oude Leede

profiel	bestaand kruinhoogte [NAP+m]	netto-ophoging [m]	inschatting aanleghoogte [NAP+m]	bruto-ophoging [m]
KOB1	-3	0	-2,6	0,4
KOB2	-3,38	0,38	-2,1	1,2
KOB4	-2,92	0	-2,9	0,0
KOB5	-3,29	0,29	-2,2	1,1
KOB6	-3,41	0,41	-2,2	1,2
KOB7	-3,82	0,82	-1,8	2,1
KOB8	-3,75	0,75	-1,8	1,9
KOB9	-3,64	0,64	-1,9	1,8
KOB10	-3,95	0,95	-1,6	2,4
KOB11	-3,64	0,64	-1,8	1,8
KOB12	-3,3	0,3	-2,2	1,1
KOB13	-3,38	0,38	-2,2	1,2
KOB14	-3,71	0,71	-2,0	1,7
KOB15	-3,66	0,66	-1,9	1,7

Fietspad op kade

Op het deel dat niet op de oude kade ligt is er meer ophoging vereist. De verwachte zetting is ongeveer 1,80 m.

De Molenweg bevindt zich ca. 2,3m onder NAP. Het huidige talud tussen de Molenweg en de bergboezem heeft een helling van ongeveer 1:2 en verflauwt met toenemende afstand uit de kruin. De polder heeft een diepte van ca. NAP -5,3 m.

Berekeningsbestanden

MSettle-bestanden: *Fietspad op kade DKM25 - KOB16*

MStab-bestanden: *Fietspad op kade KOB16*

Aanberming t.b.v. fietspad

De aanberming ten behoeve van het fietspad halverwege het buitentalud is berekend bij het standaardprofiel KOB10.

- breedte aanberming 5 m;
- talud 1:4.

Er wordt vanuit gegaan dat een aanberming met deze eigenschappen ook bij KOB1 en KOB15 stabiel is.

Berekeningsbestanden

MStab-bestanden: *Kade Oude Leede DKM28, KOB10, talud*

Aansluiting op kade Molenweg & kruising persleiding

De aanleg van de kade die aansluit op de Molenweg zal gepaard gaan met aanzienlijke zettingen. Tijdens uitvoering (1,5 jaar) treedt naar verwachting ruim 1 m zetting op. De verwachte zetting van de nieuwe kade over de planperiode is ongeveer 0,8 m.

Nabij de aansluiting zal als gevolg van de aanleg van de nieuwe kade ook de kade van de Molenweg gaan zetten. Het is niet precies aan te geven hoe groot deze zettingen zullen zijn. Maar ze zijn dermate groot dat er herstelwerkzaamheden nodig zijn aan de weg, als gevolg van schade die door (ongelijkmatige) zetting ontstaat. Er is geen aparte stabiliteitberekening gemaakt omdat hier het profiel "fietspad op kade" kan worden aangehouden. In de zettingberekening voor de Molenweg profiel 9 aangehouden.

Berekeningsbestanden

MSettle-bestanden: *Aansluiting fietspad op Molenweg +Cv*

Locale verbreding kade panoramalocatie

De verbreding zal tot grotere zettingen leiden dan bij het standaardprofiel (met fietspad), omdat de belastingspreiding minder groot is bij bredere ophogingen. De zetting van het lengteprofiel is berekend zonder belastingspreiding in de breedte. Uit deze berekeningen bleek de belastingspreiding te leiden tot een rekenkundige overschatting van de zettingen van 7%. In onderstaande tabel staan de waarden voor de ophoging zonder belastingspreiding. Dit mag aangenomen worden als bovengrens voor de benodigde ophoging ter plaatse van de panoramalocatie.

profiel	bestaande kruinhoogte [NAP+m]	netto-ophoging [m]	inschatting aanleghoogte [NAP+m]	bruto-ophoging [m]
KOB16	-3,79	0,79	-1,7	2,1
KOB17	-3,69	0,69	-1,5	2,2

Er is geen aparte stabiliteitberekening gemaakt omdat de stabiliteit door de verbreding niet verslechtert ten opzichte van de stabiliteit van het standaardprofiel met fietspad op de kade.

Sloot en preekstoel

Voor de kade met sloot en preekstoel is een zettingberekening gemaakt:

- Huidige kruinhoogte: NAP -3,0 m.
- Benodigde kruinhoogte: NAP -3,0 m.
- Netto ophoging: 0,0 m.

- Aanvullende maatregelen: verticale drainage.
- Aanleghoogte: NAP -1,6 m.
- Verwachte zetting kruin bij oplevering: ca. 1,4 m.
- Verwachte kruinhoogte bij oplevering: NAP -2,8 m.

Berekeningsbestanden

MSettle-bestanden: <i>Kade Oude Leede, preekstoel</i>

4 KADE BOVENVAART

4.1 Inleiding

De huidige kruinhoogte voldoet op verreweg het grootste gedeelte van de kade niet. De vereiste kruinhoogte bedraagt hier NAP -2,06 m. De actuele kadehoogte varieert tussen ca. NAP -1,8 m en NAP -2,3 m. Uit berekeningen blijkt bovendien, dat de *huidige kade met verkeerbelaasting* niet voldoende stabiel is. Vooral de buitenwaartse stabiliteit is onvoldoende.

In de variantenstudie zijn de volgende kadevarianten bekeken:

- In grond (2 varianten);
- In grond met toepassen van geotextiel (met en zonder verkeerbelaasting)⁶;
- In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel;
- In grond met grondverbetering Mixed-in-Place;
- In grond met nieuwe beschoeiing in buitentalud.

Naast bovengenoemde varianten is als alternatief voor kadeverbetering het toepassen van 'Buitengewoon onderhoud' in beschouwing genomen. Buitengewoon onderhoud heeft overigens in oktober 2007 nog plaatsgevonden.

4.2 Uitgangspunten

HHD heeft ervoor gekozen een kade "in grond" aan te leggen. Het ontwerp is gebaseerd op een maatgevend profiel qua bodemopbouw (sondering DKM4) en geometrie (profiel KBB13). Dit is representatief voor circa 50% van de kade, het gedeelte ten zuidwesten van de kleibult (KBB11 t/m KBB19). Dit profiel is tevens in de variantenstudie aangehouden. HHD wil hetzelfde ontwerpprofiel aanhouden voor het ten noordoosten van de kleibult gelegen gedeelte (KBB20, KBB1 t/m KBB7). Op dit gedeelte is een voor de stabiliteit gunstiger bodemopbouw aanwezig.

Voor het ontwerp van de kade zijn de volgende uitgangspunten in overleg met HHD aangehouden:

- kadebreedte = 30 m;
- kruinbreedte = 3 m;
- vereiste kruinhoogte = NAP -2 m met tolerantie van 0,25 m;
- verkeersbelaasting: 13,0 kN/m²;
- schadefactor/stabiliteitsfactor = 1,0;
- planperiode = 10 jaar (ingaaend bij start uitvoering);
- groot onderhoud van oktober 2007 geldt als eerste ophoogslag van kadeverbetering.

HHD heeft daarnaast aangegeven dat de buitenwaartse stabiliteit niet in beschouwing hoeft te worden genomen.

Bovenstaande uitgangspunten worden hieronder nader toegelicht en genuanceerd.

Kadebreedte

De kadebreedte dient beperkt te worden gehouden. Uit eerdere berekeningen is gebleken dat de kadebreedte (lees: de lengte van de stabiliteitberm) een behoorlijk invloed heeft op de stabiliteit van een niet-geconsolideerde kade.

⁶ Voor deze varianten zijn ook ontwerpen gemaakt bij kadeklasse III (i.p.v. kadeklasse V+)

Voor een volledig geconsolideerde kade kan weliswaar met een kleinere kadebreedte worden volstaan dan 30 m. Echter het duurt naar verwachting enkele decennia voordat de kade werkelijk volledig is geconsolideerd. Er is voor een kadebreedte gekozen waarbij de tijd waarin de aanleg van kade kan worden gerealiseerd, beperkt is tot enkele jaren.

Kruinbreedte

De kruinbreedte dient 3 m te bedragen zodat verkeer op de kade mogelijk is, voor het plegen van onderhoud aan de kade en in calamiteitsituaties.

Vereiste kruinhoogte

In principe moet de kruinhoogte minimaal NAP -2 m bedragen. In overleg met HDD is echter afgesproken dat een tolerantie van 0,25 m mag worden aangehouden. Het is daarmee toegestaan dat op relatief zettinggevoelige strekkingen de kruinhoogte aan het einde van de planperiode onder NAP -2 m uitkomt. Bij een kruinhoogte van NAP -2,25 m en een streefpeil van NAP -2,66 is nog voldoende waakhogte, circa 0,4 m, aanwezig.

Verkeersbelasting

Tijdens uitvoering geldt een verkeersbelasting van 5 kN/m^2 . Na uitvoering is een verkeersbelasting van 13 kN/m^2 van toepassing. Met het toelaten van verkeersbelasting op de kade moet voorzichtig worden omgesprongen omdat het een grote invloed heeft op de stabiliteit, vooral op de buitenwaartse stabiliteit. In de hierop volgende paragrafen wordt hierop nog teruggekomen.

Schadefactor/stabiliteitfactor

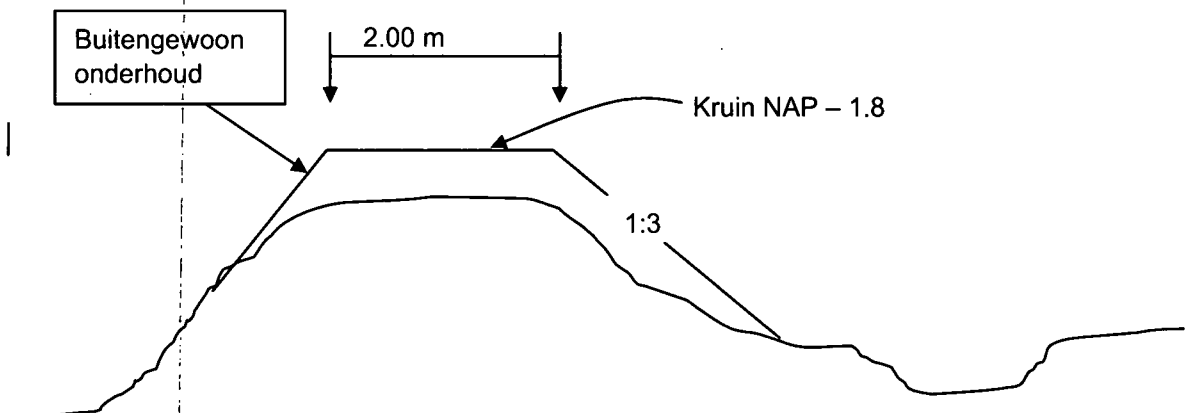
Tijdens de uitvoering moet de kade voldoen aan een stabiliteitfactor van 0,85. In de eindfase moet de stabiliteitfactor minimaal 1,0 bedragen.

Planperiode

Een gebruikelijke planperiode voor (veen)kaden is 10 jaar. De planperiode gaat in als de uitvoering van de kadeverbetering begint. De start van de uitvoering is waarschijnlijk eind 2009 / begin 2010. In de berekeningen is aangehouden dat de uitvoering 2 jaar na het groot onderhoud (van oktober 2007) van start gaat. Het einde van de planperiode wordt dus eind 2019 / begin 2020 verwacht.

Groot onderhoud

Bij het groot onderhoud van oktober 2007 is de kruin van de kade opgehoogd tot NAP -1,8 m (bruto aanleghoogte), zoals in onderstaande figuur schematisch is weergegeven. In de berekeningen is het groot onderhoud als "een eerste ophoogslag" meegenomen.



Figuur 4.1: Buitengewoon onderhoud

Buitenwaartse stabiliteit

De buitenwaartse stabiliteit hoeft weliswaar niet te voldoen aan de vereiste stabiliteitsfactor ($SF=0,85 / 1,0$) maar is wel doorgerekend. Dit is gedaan om na te gaan of de kade buitenwaarts zou kunnen bezwijken, wat een inleidend faalmechanisme voor de binnenwaartse stabiliteit zou kunnen zijn. Een afschuiving buitenwaarts leidt tot een restprofiel. Het vergt nader onderzoek om dit restprofiel te bepalen en de gevolgen voor de binnenwaartse stabiliteit. Bezwijken wordt verondersteld op te treden als de stabiliteitsfactor kleiner wordt dan 0,7. In de berekeningen is het uitgangspunt dat de stabiliteitsfactor niet onder de 0,7 mag komen. Een maatregel tijdens uitvoering kan zijn dat er in bepaalde fasen geen verkeersbelasting op de kruin wordt toegestaan (zie volgende paragrafen). Tijdens kritieke momenten (bij SF tussen 0,7 en 0,85) moet de kade intensief gemonitord worden om een mogelijk begin van bezwijken tijdig te kunnen signaleren en hierop te anticiperen en maatregelen te nemen.

4.3

Beschrijving

De kade langs de Bovenvaart is een kade bestaande uit klei- en veenlagen. De kruin is ca. 2 tot 3 m breed. Over vrijwel het gehele traject is de kruin enkele decimeters te laag. Aan de zijde van de Bovenvaart zit een houten beschoeiing. De Bovenvaart heeft een diepte van ca. NAP -4 m. Het talud aan de landzijde bestaat over het algemeen uit een redelijk steil boventalud en een flauwe onderberm. Het maaiveld in het achterland varieert tussen NAP -5,5 m en NAP -5 m. Hier is in het kader van de waterberging een bypass gepland op korte afstand van de kade. Als de bypass te dicht bij de kade ligt kan ze een negatieve invloed hebben op de stabiliteit van de kade. Geadviseerd wordt om de bypass op een veilige afstand van 15 m uit de nieuwe binnentoe van de kade te leggen (gebaseerd op stabiliteitsberekeningen).

Opbouw kade

De kadeverbetering wordt geheel uitgevoerd in klei en niet met een, op zich zelf voor de stabiliteit gunstige, drainerende zandlaag in de berm, vanwege de volgende reden. De boezemberging moet te allen tijde kunnen worden gebruikt voor berging van water. Met een (eerste) ophoogslag van zand zou het risico genomen worden dat bij gebruik van de berging zand wordt vermengd met slib. Dit heeft een ongunstig effect op de waterhuishouding in de dijk. Ook is wegspoelen van het zand mogelijk een gevaar voor de veiligheid van de dijk. Bovendien zal dan opnieuw zand moeten worden aangebracht wat extra kosten en vertraging met zich meebrengt.

Voor de ophoging wordt klei met een volumiek gewicht van 17 kN/m³ gebruikt. De kade wordt in 4 ophoogslagen (incl. buitengewoon onderhoud) aangebracht:

- t = 0 jaar ophoogslag 1: buitengewoon onderhoud;
- t = 2 jaar ophoogslag 2: berm met hoogte van 0,5 m en kruinverbreding tot 3 m;
- t = 3 jaar ophoogslag 3: bermverhoging met 0,3 m;
- t = 5 jaar ophoogslag 4: kruinverhoging met 0,3 m.

De bestaande toplaag van teelaarde moet worden verwijderd. Hiervoor in de plaats moet een kleilaag worden aangebracht in stroken van 10 m breed (gemeten in lengterichting van de kade). Verder wordt de bestaande beschoeiing vervangen. Geadviseerd wordt om de beschoeiing te vervangen voordat de tweede ophoogslag (op t = 2 jaar) wordt aangebracht.

Bovenstaande specificaties zijn bepaald voor het maatgevende profiel bij DKM4/KBB13 en worden voor de gehele kade toegepast tenzij anders vermeld. Hieronder volgt een beschrijving per vak.

Vakindeling

Tabel 4.1 geeft de vakindeling voor Kade Bovenvaart. Vak 1 begint aan de noordzijde, bij de aansluiting op de kade Oude Leede. Vak 6 sluit aan op kade Molenweg, aan de zuidzijde.

Tabel 4.1 Vakindeling kade Bovenvaart

vak	Doorsnede	maatgevende sondering	maatgevend meetprofiel
1*	1	Zie vak 2	Zie vak 2
2 (KBB20-KBB7)	1	DKM8	KBB4
3** (KBB8 – KBB10)	2	Nvt	Nvt
4 (KBB11 – KBB17)	3	DKM4	KBB13
5*** (KBB18 - KBB19)	5	DKM2	KBB18

* dit is het gedeelte waar de kade parallel met (de sloot, op 5 m afstand van binnenteen, langs) kade Oude Leede loopt

** dit is het traject over de Kleibult, een hooggelegen terrein, waar een praktisch profiel voldoet.

***op dit traject dient op de kruin een fietspad te worden aangebracht

Tabel 4.2 Kruinhoogten kade Bovenvaart

Profiel	buitenkruinlijn NAP+m]	verhoging [m]
<i>Kadevak 2</i>		
KBB20	-2,05	0,1
KBB1	-1,94	0
KBB2	-2,22	0,2
KBB3	-2,17	0,2
KBB4	-1,96	0
KBB6	-2,32	0,3
KBB7	-2,19	0,2
<i>kadevak 3</i>		
KBB8	hoog maaiveld	Minimaal
KBB9	hoog maaiveld	Minimaal
KBB10	-1,8	0
<i>kadevak 4</i>		
KBB11	-2,16	0,2

Profiel	buitenkruinlijn NAP+m]	verhoging [m]
KBB12	-2,14	0,1
KBB13	-2,25	0,3
KBB14	-2,25	0,3
KBB15	-2,18	0,2
KBB16	-2,24	0,2
KBB17	-2,26	0,3
kadevak 5		
KBB18	-2,17	0,2
KBB19	-2,22	0,2

Kadevak 1

Kadevak 1 is het kadegedeelte tussen de aansluiting op kade Oude Leede en Inlaatwerk Kleibult. In dit kadevak loopt de kade parallel aan de sloot langs kade Oude Leede. Er is voor gekozen om dit vak niet te verbeteren vanwege de volgende redenen. Toepassen van het ontwerpprofiel op dit gedeelte zou mogelijk stabiliteitsproblemen aan de slootkant opleveren. De insteek van de sloot bevindt zich namelijk op vrij kleine afstand, circa 5 m, van de binnenteen van de kade. Bovendien is een verbetering hier strikt genomen niet nodig omdat de binnenwaartse stabiliteit in de huidige situatie voldoet aan een voor toetsing vereiste stabiliteitsfactor van 0,9.

Kadevak 2

Kadevak 2 is het kadegedeelte tussen het Inlaatwerk Noord en de Kleibult. De veenlaag is hier relatief dun vergeleken met de andere kadevakken. Lokaal is de kruinhoogte voldoende (bijv. KBB1, KBB4). Hier is geen ophoging nodig, maar wel een stabiliteitsberm.

N.B.: In de kadevakken 2 en 3 is de bodemopbouw een stuk gunstiger dan op de locatie van het maatgevend profiel KBB13/ DKM4. Hier is een kortere uitvoeringstijd mogelijk.

Kadevak 3

Kadevak 3 is het gedeelte over de Kleibult. Er is hiervoor gekozen een gedeelte van de kleibult af te graven en bij de Bovenvaart te trekken vanwege oppervlaktewater compensatie. De kade zal over het hoogst gelegen gedeelte van de kleibult gaan lopen zodat een minimale ophoging en versterking nodig is.

De ophoging bestaat uit een 3 meter brede kruin met 1:4 taluds. Aandachtspunt is de buitenwaartse stabiliteit vanwege de afgraving voor het oppervlaktewater compensatie. Tot de hiervoor aangebrachte beschoeiing moet een afstand van ca. 8 m worden aangehouden zodat bij een eventuele buitenwaartse afschuiving in het restprofiel (onder een taludhelling van 1:4) nog voldoende kruinbreedte overblijft⁷.

Kadevak 4

In kadevak 4 bevindt zich het maatgevende, voor het kadeontwerp aangehouden, profiel KBB13/DKM4. Op dit kadevak is een relatief slechte grondslag aanwezig, bestaande uit een vrij dik pakket van slappe veen- en humeuze kleilagen.

⁷ volgens de Leidraad voor het toetsen van boezemkades

Kadevak 5

In kadevak 5 is de bodemopbouw vergelijkbaar met die in kadevak 4. Het is verder de bedoeling dat direct naast de kade, langs de bypass, een fietspad komt te liggen. Dit fietspad sluit aan de zuidzijde aan op de Molenweg en kruist de Bovenvaart middels een fietsbrug op de grens met vak 4. Door het fietspad naast de kade, op de strook tussen teen en bypass te leggen, wordt de stabiliteit van de kade nauwelijks beïnvloed. Dat zou wel het geval zijn als het fietspad op de kade zou komen te liggen.

Aansluitingen op fietsbrug en Molenweg

De aansluiting op de fietsbrug wordt gerealiseerd door een oprit haaks op de kade. Ter plaatse van de kruising van de oprit met de kade wordt een vervangende waterkering aangebracht zodat de stabiliteit van de kade kan worden gewaarborgd. De dimensionering van de ophoging achter de vervangende waterkering zal in een latere fase moeten worden uitgewerkt.

De aansluiting op de Molenweg wordt gerealiseerd door het fietspad aan te sluiten op de Combinatieweg, op maaiveldniveau, achter de kade.

4.4

Berekeningen

In de berekeningen is onderscheid gemaakt tussen een "normale situatie" en een "extreem natte situatie" met betrekking tot de waterspanningen in de kade. De "extreem droge situatie" is niet maatgevend, ook niet ten opzichte van een normale situatie. (De normale en extreem natte situatie worden verderop toegelicht.) De kade is in de eindfase, oftewel is 'op orde', als een extreem natte situatie en een verkeersbelasting van 13 kPa tegelijk mogelijk zijn en daarbij de stabiliteitsfactor minstens 1,0 bedraagt. Tijdens uitvoering en in de gebruiksfase (na uitvoering) moet de kade minimaal voldoen aan een stabiliteitsfactor van 0,85, onder de condities van een "normale situatie" en met eventuele restricties voor het toelaten van verkeersbelasting⁸. In de uitvoeringsfase wordt de verkeersbelasting gelimiteerd tot een werkbelasting van 5 kN/m² terwijl in de gebruiksfase, onder voorwaarden, een verkeersbelasting van 13 kPa mogelijk zou moeten zijn.

Extreem natte situatie

In een extreem natte situatie is de kade volledig verzadigd met water wat geschematiseerd is door op het binnenbeloop een hooggelegen freatische lijn (over de vrijwel de gehele lijn ca. 10 cm onder maaiveld) aan te houden. Voor de stijghoogte in het Pleistoceen wordt een bovengrenswaarde van NAP -3,8 m aangehouden. Dit is een conservatieve schematisatie van de waterspanningen, zowel voor de "extreem natte situatie" als voor de situatie bij het leegpompen van de bergboezem als de kade verzadigd is met water. Een gunstigere schematisatie is zonder aanvullende metingen niet te onderbouwen.

⁸ Naast verkeersbelasting moet ook de bovenbelasting door zandzakken worden meegenomen. Het effect van deze belasting op de berekening is echter verwaarloosbaar klein.

Normale situatie

In een normale situatie wordt voor de stijghoogte in het Pleistoceen een gemiddelde waarde van NAP -4,25 m aangehouden. Verder wordt de freatische lijn in de kade onder de recent aangebrachte ophoogslag gehouden. Het is namelijk niet waarschijnlijk dat de ophoogslag in of vlak voor een extreem natte periode plaatsvindt en/of dat de bergboezem vol komt te staan en daarna weer leegloopt (het moment waarop de maatgevende situatie ontstaat) en dat deze recente ophoging volledig verzadigd raakt met water. In ieder geval mag er tijdens een extreem natte situatie tijdens de uitvoering geen verkeerbelasting op de kade worden toegelaten.

Bypass

In de stabiliteitberekeningen is de bypass gemodelleerd. Voor de afstand tussen de boveninsteek van het talud van de bypass en de binnenteen van de kade is een afstand van 15 m aangehouden.

Berekeningsresultaten

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de stabiliteitsfactoren die zijn berekend voor de relevante tijdstippen. Zetting- en stabiliteitberekeningen zijn gemaakt voor ophoogslagen op $t = 2, 3$ en 5 jaar, halverwege de planperiode ($t = 7$ jaar) en aan het einde van de planperiode ($t = 12$ jaar).

Tabel 4.3 Stabiliteitsfactoren

Tijdstip en belasting	Binnenwaarts	Buitenwaarts
T = 0 jaar (1 ^o ophoogslag, buitengewoon onderhoud)	niet berekend	niet berekend
T = 2 jaar (2 ^o ophoogslag) -verkeerbelasting 5 kN/m ² -normale situatie	SF _{Bishop} = 1,02 SF _{Spencer} = 0,89 ($y = -10$)	SF _{Bishop} = 0,72
T = 3 jaar (3 ^o ophoogslag) -verkeerbelasting 5 kN/m ² -normale situatie	SF _{Bishop} = 0,91 SF _{Spencer} = 0,88 ($y = -10$)	SF _{Bishop} = 0,73
T = 5 jaar (4 ^o ophoogslag) -verkeerbelasting 5 kN/m ² -normale situatie	SF _{Bishop} = 0,90 SF _{Spencer} = 0,85 ($y = -10$)	SF _{Bishop} = 0,5 SF _{Bishop} > 0,85*
T = 7 jaar (gebruiksfase) -verkeerbelasting 13 kN/m ² -extreem natte situatie	SF _{Bishop} = 0,90 SF _{Spencer} = 0,85 ($y = -10$)	SF _{Bishop} = 0,48 SF _{Bishop} > 0,85* SF _{Bishop} > 0,66**
T = 7 jaar (gebruiksfase) -verkeerbelasting 13 kN/m ² -normale situatie	SF _{Bishop} = 0,94 SF _{Spencer} = 0,89 ($y = -10$)	SF _{Bishop} = 0,59 SF _{Bishop} > 0,85* SF _{Bishop} = 0,77**
T = 12 jaar (eindfase) -verkeerbelasting 13 kN/m ² -extreem natte situatie	SF _{Bishop} = 1,08 SF _{Spencer} = 1,00 ($y = -10$)	SF _{Bishop} = 0,51 SF _{Bishop} > 0,85* SF _{Bishop} = 0,78**
T = 12 jaar (eindfase) -verkeerbelasting 13 kN/m ² -normale situatie	Niet relevant	SF _{Bishop} = 0,7

* zonder verkeerbelasting ** met verkeerbelasting 5 kPa i.p.v. 13 kPa

De binnenwaartse stabiliteit voldoet aan de norm, minimaal $SF = 0,85$ tijdens uitvoering en minimaal $SF = 1,0$ in de eindfase bij oplevering, uitgaande van een voorgeschreven verkeerbelasting van 13 kPa en zandzakken op de kruin. Halverwege de planperiode (op $t = 7$ jaar), is de binnenwaartse stabiliteit in de normale situatie ongeveer gelijk aan $SF = 0,9$. Naar verwachting is de stabiliteit op driekwart van de planperiode (op $t = 9$ à 10 jaar) gelijk aan $SF = 1,0$. Voor de extreem natte situatie bereikt de binnenwaartse stabiliteit pas $SF = 1,0$ aan het einde van de planperiode.

De resultaten voor de buitenwaartse stabiliteit en de consequenties hiervan worden besproken in paragraaf 4.5.

Berekeningsbestanden

MSettle-bestanden:

Kade Bovenvaart DKM04 def

MStab-bestanden:

Kade Bovenvaart DKM04 def t=730 (t=2 jaar)

Kade Bovenvaart DKM04 def t=1095 (t=3 jaar)

Kade Bovenvaart DKM04 def t=1825 (t=5 jaar)

Kade Bovenvaart DKM04 def t=2555 (t=7 jaar)

Kade Bovenvaart DKM04 def t=4380 (t=12 jaar)

4.5

Advies buitenwaartse stabiliteit

Uit de berekeningen voor macrostabiliteit is gebleken dat de buitenwaartse stabiliteit in bepaalde situaties zo kritiek kan zijn dat (intensieve) monitoring tijdens uitvoering en in de gebruiks- en eindfase nodig is, mede afhankelijk van de mate van verkeerbelasting die op de kruin wordt toegelaten. In situaties waarvoor een stabiliteitsfactor tussen 0,7 en 0,85 is berekend, wordt geadviseerd te monitoren. Voor situaties waarvoor een stabiliteitsfactor lager dan 0,7 is berekend, wordt geadviseerd deze niet te laten ontstaan, bijvoorbeeld door de verkeersbelasting te beperken. Komt de situatie toch voor, dan is intensieve monitoring nodig. Als dit toch gebeurt, moeten de verplaatsingen en wateroverspanningen intensief gemonitord worden. De beschoeiing heeft hierin een signaalfunctie. Als deze een bepaalde onacceptabele verplaatsing laat zien, moet worden ingegrepen. Verder zal het verkeer zich zo dicht mogelijk tegen de binnenkruinlijn moeten opstellen zodat de aandrijvende kracht voor een buitenwaartse afschuiving wordt beperkt. Het gevolg kan zijn dat extra wachttijd moet worden aangehouden en mogelijk zelfs grond moet worden verwijderd om falen te voorkomen.

Hieronder wordt voor de uitvoering- gebruik- en eindfase aangegeven in welke situaties de verkeersbelasting beperkt moet worden. Tijdens de uitvoering is monitoring nodig omdat de stabiliteitsfactor kleiner is dan 0,85 ($SF > 0,7$). Voor de uitvoering wordt uitgegaan van een verkeersbelasting van maximaal 5 kN/m^2 (werkbelasting door grondverzetmachines). Direct na de 4e ophoogslag ($t = 5$ jaar) moet verkeerbelasting op de kruin worden vermeden (wel toegestaan op talud en berm) vanwege de geringe buitenwaartse stabiliteit ($SF < 0,7$). Twee jaar later ($t = 7$ jaar) is er weer een verkeerbelasting van maximaal 5 kN/m^2 op de kruin toegestaan mits er geen sprake is van een extreem natte situatie en monitoring plaatsvindt ($0,7 < SF < 0,85$). In de eindfase ($t = 12$ jaar) is alleen onder normale omstandigheden een verkeerbelasting van 13 kN/m^2 mogelijk mits er monitoring plaatsvindt ($SF = 0,7$). In een extreem natte situatie moet de verkeerbelasting beperkt blijven tot circa 5 kN/m^2 en blijft tevens monitoring nodig ($0,7 < SF < 0,85$).

Een hogere verkeersbelasting is eventueel mogelijk als aangetoond kan worden dat de ondergrond in enige mate gedraineerd reageert op de verkeersbelasting. Voor de aanwezige klei- en veenlagen moet er echter vanuit worden gegaan dat deze lagen vrijwel ongedraineerd op de verkeersbelasting reageren. Hier is in de berekeningen vanuit gegaan.

Er dient een monitoringsprogramma te worden opgesteld waarin wordt beschreven welke soort monitoring nodig is, in welke perioden en met welke intensiteit. In het monitoringsprogramma moeten monitoringswaarden voor verschillende indicatoren worden vermeld en welke maatregelen moeten worden genomen als deze waarden worden overschreden. Daarnaast is een calamiteitenplan nodig waarin wordt beschreven welke acties worden uitgevoerd bij een doorbraak van de kade.

Tenslotte wordt geadviseerd een stevige en relatief lange beschoeiing te plaatsen. In de berekeningen voor de buitenwaartse stabiliteit is de beschoeiing geschematiseerd als een talud van 1:1,5. Er zit wellicht enige (extra) sterkte in de beschoeiing die in de berekeningen niet is meegenomen.

5 KADE MOLENWEG

De huidige kruinhoogte van kade Molenweg voldoet niet. De vereiste kruinhoogte is NAP -2,06 m. De actuele kruinhoogte varieert tussen ca. NAP -2 m en NAP -2,45 m. De kruin dient (netto) ca. 0,1 tot 0,5 m (gemiddeld 0,25 m) verhoogd te worden. De kruin is ca. 5 m breed vanwege de verkeersweg (Molenweg) die op de kruin ligt. Aan de zijde van de Molentocht zit een houten beschoeiing. De Molentocht heeft een diepte van ca. NAP -4 m. Het talud aan de landzijde heeft redelijk flauw verloop (helling gemiddeld ca. 1:7. Het maaiveld in het achterland varieert tussen NAP -5,5 m en NAP -5,0 m. Bij profiel 4 is gemaal Bergboezem gesitueerd. Hier sluit de bypass aan op het gemaal en de persleiding die onder de kade door komt te lopen.

In de variantenstudie zijn de volgende kadevarianten bekeken:

- In grond;
- In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel;
- Damwand als vervangende waterkering.

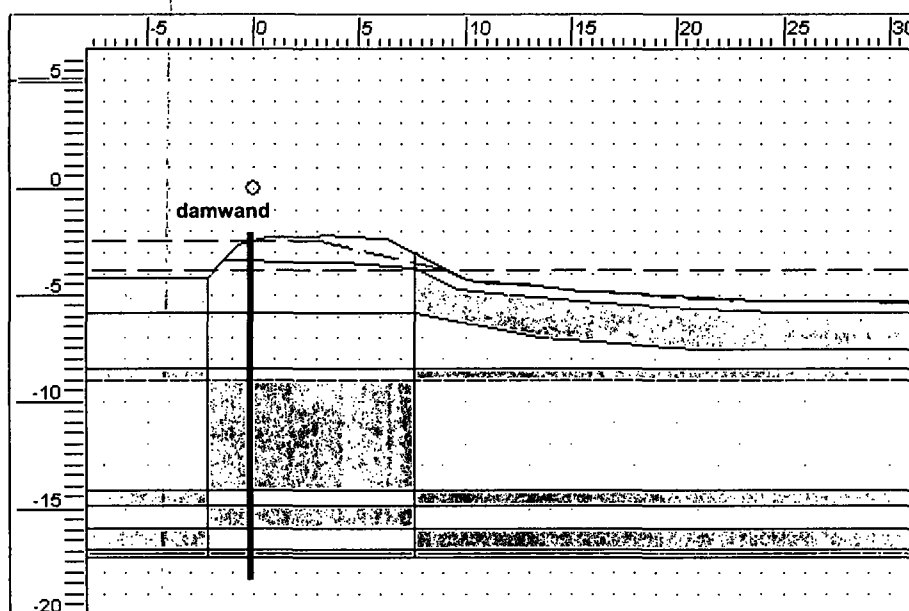
Het gekozen kadeontwerp is een "damwand als vervangende waterkering".

Cruciaal bij kade Molenweg is het kunnen handhaven van de verkeersweg en de meeste kabels en leidingen op de huidige plaats. Dit is alleen mogelijk bij het toepassen van een damwand als vervangende waterkering. In geval gekozen zou worden voor een verbetering in grond zouden de weg en de meeste kabels en leidingen moeten worden verlegd. Deze oplossing zou aanzienlijke duurder uitpakken dan de gekozen oplossing met damwand als vervangende waterkering.

Op het eerste stuk van de kade, waar bebouwing aanwezig is (nabij het Bovengemaal) is een kadeverbetering niet nodig. Er is hier namelijk al een breed (aangeheeld) grondprofiel aanwezig. Na een eventuele afschuiving is nog een voldoende breed restprofiel aanwezig.

5.1 Beschrijving

Een stalen (onverankerde) damwand wordt als een vervangende waterkering, op de plaats van de huidige beschoeiing aangebracht. De bestaande beschoeiing wordt verwijderd. De damwand wordt (conform veenkadebeleid) doorgezet tot 1 meter in het Pleistocene zand. Mede vanwege uitvoeringstechnische redenen is gekozen voor een redelijk zwaar profiel, een AZ18. Op de top van de damwand wordt een betonnen kesp geplaatst. Eventueel kan voor een fraaie afwerking een muurtje van metselwerk worden aangebracht.



Figuur 5.1: Kadeprofiel met vervangende waterkering

5.2

Berekeningen

Uit berekeningen blijkt dat een AZ18 voldoet en dat de teen van de damwand 2 m in het Pleistoceen moet steken.

In de normale situatie heeft de damwand vooral een grondkerende functie. De maatgevende belasting is dan een met water verzadigde kade in combinatie met verkeerbelasting op de kade. De verplaatsing van de damwand bedraagt in dat geval 15 mm en voldoet aan de maximaal toegestane verplaatsing van 50 mm.

Volledigheidshalve zijn daarnaast nog twee calamiteitsituaties bekeken:

1. Val van waterstand in de binnenboezem (als gevolg van kadebreuk elders);
2. Bezwijken van het grondlichaam aan de binnenwaartse zijde.

Ad 1)

Uitgangspunt is dat de binnenboezem nagenoeg geheel droogvalt. De damwand voldoet qua stabiliteit. De berekende verplaatsing bedraagt circa 20 cm zonder verkeerbelasting. Het moment bedraagt 345 kNm/m. Rekening houdend met corrosie voldoet de damwand net niet qua sterkte. Echter, omdat de Molentocht leeg staat is de veiligheid tegen overstromen niet in het geding.

Ad 2)

De grond achter de damwand is bezweken als gevolg van verzadiging met water, eventueel mede ten gevolge van een hoge verkeerbelasting op de Molenweg, en gelijktijdig met een hoge waterstand in de Molentocht. Hierbij is voor het maaiveld binnendijs de hoogte gelijk gesteld aan de helft van de oorspronkelijke kerende hoogte van de Kade Molenweg. De berekende verplaatsing bedraagt 65 mm en daarmee in dezelfde orde van grootte. De daadwerkelijke verplaatsing kan nog meevallen omdat de betonnen kesp bovenop de damwand de stijfheid vergroot.

Bijlage 1 Bodemopbouw

De bodemopbouw is afgeleid uit sonderingen en boringen. De bodemopbouw is met name gebaseerd op sonderingen die zijn gemaakt in de kruin. De bodemopbouw ter plaatse van de binnenberm is mede bepaald met behulp van korte boringen in de binnenberm. Hier zijn geen sonderingen of diepere boringen gemaakt. In de volgende tabellen is de bodemopbouw ter plaatse van de kruin gepresenteerd

Bovenvaart

Bodemprofiel DKM2.

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
-2 (kruin)	klei zwak zandig (DK)	15.5
-3	Veen	11
-7	klei zwak zandig (DK)	15.5
-10.5	Veen	11
-12	klei zwak siltig humeus (CA)	14
-16.5	Veen	11
-17.5	zand	20

Bodemprofiel DKM4 .

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
-2 (kruin)	klei zwak zandig (DK)	15.5
-3.3	Veen	11
-8.4	klei zwak zandig (DK)	15.5
-9	Veen	11
-9.5	klei zwak siltig humeus (CA)	14
-12.75	klei zwak zandig (CA)	15.5
-15.2	klei zwak siltig humeus (CA)	14
-16	Veen	11
-17.15	klei zwak siltig humeus (CA)	14
-17.75	Zand	20

Naar aanleiding van boringen voor DSS-proeven is de schematisatie van de bovenste lagen als volgt aangepast:

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
-2 (kruin)	klei zwak zandig (DK)	15.5
-3.3	Veen	10,5
-4.0	Humeuze klei	13,0
-4.5	Veen	10,5
-5.0	Humeuze klei	13,0
-6.0	Veen	10,5
-8.4	klei zwak zandig (DK)	15.5

Bodemprofiel DKM8.

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
-1.1 (kruin)	klei zwak zandig	15.5
-2.9	klei zwak siltig humeus	14
-4.7	veen	11
-6.5	klei zwak siltig humeus	14
-7.2	Klei matig zandig	16
-9.6	veen	11
-10.2	Klei matig zandig	16
-15	veen	11
-15.8	klei zwak siltig humeus	14
-16.5	zand met kleilagen	19
-17.8	zand	20

Molenweg

Bodemprofiel DKM22.

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
Kruin	klei zwak zandig	15.5
-2.85	veen	11
-5.8	klei zwak siltig humeus	14
-7	veen	11
-7.9	klei zwak siltig humeus	14
-13.4	veen	11
-13.9	klei zwak siltig humeus	14
-15.6	veen	11
-16.5	klei matig zandig	16
-16.9	zand	20

Bodemprofiel DKM23

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
-2.3 (kruin)	klei zwak zandig	15.5
-2.8	veen	11
-5.8	klei zwak siltig humeus	14
-8.4	veen	11
-9.0	klei zwak siltig humeus	14
-14.1	veen	11
-14.9	klei zwak siltig humeus	14
-15.9	veen	11
-16.9	klei matig zandig	16
-17.3	zand	20

Oude Leede

Bodemprofiel DKM28.

B.k. laag [m+NAP]	Grondlaag	Volumegewicht γ_{sat} [kN/m ³]
-4 (kruin)	klei zwak zandig	15.5
-4.55	veen	11
-6.8	klei matig zandig	15.5
-7.8	veen	11
-8.3	klei zwak zandig	15.5
-9	klei matig zandig	16
-10.3	klei sterk zandig	17.5
-15.2	veen	11
-16.5	klei sterk zandig	17.5
-17.5	zand	20

Bijlage 2

Overzichtskaart kaden, dwarsprofielen en grondonderzoek

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 3

Waterspanningsmetingen

Overzicht locaties waterspanningsmeters					
Kade Bovenvaart			Kade Oude Leede		
t.p.v. boring nr.	teen / kruin	hoogte [NAP+m]	t.p.v. boring nr.	teen / kruin	hoogte [NAP+m]
1	t	-13.49	1	t	niet bekend
1	k	-6.79	1	k	niet bekend
2	t	-14.41	2	t	niet bekend
2	k	-6.78	2	k	-6.73
3	t	-14.47	3	t	-14.77
3	k	-6.94	3	k	-8.19
4	t	-13.77	4	t	-14.94
4	k	-7.05	4	k	-8.55
5	t	-14.43	5	t	-14.89
5	k	-7.16	5	k	-8.47
6	t	-13.92	6	t	-14.62
6	k	-6.68	6	k	-7.92
7	t	-12.22	7	t	-15.00
7	k	-6.92	7	k	-8.47
8	t	-11.64	8	t	-14.56
8	k	-6.49	8	k	-8.23
9	t	-13.91	9	t	-14.76
9	k	-6.81	9	k	-8.51
10	t	-13.95	10	t	-13.95
10	k	-7.20	10	k	-7.20
11	t	niet bekend	11	t	-14.01
11	k	niet bekend	11	k	-7.70
12	t	-13.77	12	t	-14.85
12	k	-6.92	12	k	-7.88

Bijlage 4

Digitale bestanden (CD-Rom)

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 5

Bergboezem Berkel, Kadefvarianten

Bergboezem Berkel

Kadevarianten

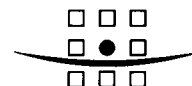
Hoogheemraadschap Delfland

18 juni 2007

Definitief rapport, versie 2

9R7440.J1

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
KUST & RIVIEREN

Barbarossastraat 35

Postbus 151

6500 AD Nijmegen

(024) 328 42 84 Telefoon

(024) 360 54 83 Fax

info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Bergboezem Berkel Kadevarianten
Verkorte documenttitel	Kadevarianten Bergboezem Berkel
Status	Definitief rapport, versie 2
Datum	18 juni 2007
Projectnaam	Bergboezem Berkel
Projectnummer	9R7440.J1
Opdrachtgever	Hoogheemraadschap Delfland
Referentie	9R7440.J1/R0003/600451/SEP/Nijm

Auteur(s)	Mathijs Bos
Collegiale toets	Peter van de Kreeke
Datum/paraaf	
Vrijgegeven door	Peter van de Kreeke
Datum/paraaf	

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
2 BESCHOUWDE KADEVARIANTEN	2
2.1 Kade conform veenkadebeleid	2
2.2 Probleemanalyse	2
2.3 Kadevarianten	3
3 EISEN, RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN	5
3.1 Eisen volgens uit besluiten en memo's van Delfland	5
3.2 Algemene eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten	5
3.2.1 Richtlijnen	5
3.2.2 Kadeklasse, schadefactoren en stabiliteitfactoren, fasering	5
3.2.3 Inzet van de Bergboezem voor berging	6
3.2.4 Hydraulische en geohydrologische randvoorwaarden	6
3.3 Dimensionering kade	7
3.3.1 Kruinhoogten en profielen	7
3.3.2 Geometrie verbeterde kade	7
3.3.3 Opbouw kade	7
3.4 Geotechnische uitgangspunten	8
3.4.1 Grondonderzoek	8
3.4.2 Schematisatie bodemopbouw	9
3.4.3 Sterkteparameters	9
3.4.4 Zettingparameters	10
3.4.5 Consolidatie	10
3.4.6 Overzicht grondlagen en grondparameters	11
3.4.7 Faalmechanismen en rekenmethodieken	11
3.4.8 Schematisatie bestaande beschoeiing	12
3.5 Belastingen	12
3.5.1 Bovenbelastingen, ophogingen en waterdruk	12
3.5.2 Vullen en ledigen van de bergboezem	13
3.6 Aanvullende maatregelen	13
3.6.1 Inleiding	13
3.6.2 Verticale drainage	13
3.6.3 Geotextiel	14
3.6.4 Lichte ophoogmaterialen en grondverbetering	15
3.6.5 Grond- en waterkerende constructies	15
3.7 Damwand als vervangende waterkering	15
3.7.1 Ontwerpfilosofie	15
3.7.2 Rekenmethodiek	16
4 KADE OUDE LEEDE	17
4.1 Inleiding	17
4.2 In grond conform veenkadebeleid	17
4.2.1 Beschrijving	17
4.2.2 Kengetallen KV1	17
4.2.3 Voor- en nadelen KV1	18
4.2.4 Kosten KV1	18
4.3 In grond met geotextiel (KV3)	18

4.3.1	Beschrijving	18
4.3.2	Kengetallen	19
4.3.3	Voor- en nadelen	19
4.3.4	Kosten	20
4.4	In grond met verticale drainage en geotextiel (KV4)	20
4.4.1	Beschrijving	20
4.4.2	Kengetallen	20
4.4.3	Voor- en nadelen	21
4.4.4	Kosten	21
4.5	In grond zonder verkeersbelasting (KV5)	22
4.5.1	Beschrijving	22
4.5.2	Kengetallen	22
4.5.3	Voor- en nadelen	22
4.5.4	Kosten	22
5	KADE BOVENVAART	24
5.1	Inleiding	24
5.2	In grond conform veenkadebeleid	24
5.2.1	Beschrijving	24
5.2.2	Kengetallen	24
5.2.3	Voor- en nadelen	26
5.2.4	Kosten	26
5.3	In grond met toepassen van geotextiel (KV3)	26
5.3.1	Beschrijving	26
5.3.2	Kengetallen	27
5.3.3	Voor- en nadelen	28
5.3.4	Kosten	28
5.4	In grond met toepassen van geotextiel, kadeklasse III (KV3a)	29
5.4.1	Beschrijving	29
5.4.2	Kengetallen	29
5.4.3	Voor- en nadelen	29
5.4.4	Kosten	29
5.5	In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel (KV4)	30
5.5.1	Beschrijving	30
5.5.2	Kengetallen	30
5.5.3	Voor- en nadelen	31
5.5.4	Kosten	31
5.6	In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel, kadeklasse III (KV4a)	31
5.6.1	Beschrijving	31
5.6.2	Kengetallen	31
5.6.3	Voor- en nadelen	32
5.6.4	Kosten	32
5.7	In grond met grondverbetering Mixed-in-Place (KV5)	32
5.7.1	Beschrijving	32
5.7.2	Voor- en nadelen	33
5.7.3	Ontwerp en kosten	33
5.8	In grond zonder verkeersbelasting (KV6)	34
5.8.1	Beschrijving	34
5.8.2	Kengetallen	34

5.8.3	Voor- en nadelen	35
5.8.4	Kosten	35
5.9	In grond zonder verkeersbelasting, kadeklasse III (KV6a)	35
5.9.1	Beschrijving	35
5.9.2	Kengetallen	35
5.9.3	Voor- en nadelen	36
5.9.4	Kosten	36
5.10	In grond met nieuwe beschoeiing in buitentalud (KV7)	36
5.10.1	Beschrijving	36
5.10.2	Kengetallen	36
5.10.3	Voor- en nadelen	37
5.10.4	Kosten	37
5.11	Buitengewoon onderhoud	37
5.11.1	Beschrijving	37
5.11.2	Kengetallen	38
5.11.3	Aandachtspunten	38
6	KADE MOLENWEG	39
6.1	Inleiding	39
6.2	In grond conform veenkadebeleid (KV1)	39
6.2.1	Kosten	39
6.3	In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel (KV2)	40
6.3.1	Beschrijving	40
6.3.2	Kengetallen	40
6.3.3	Voor- en nadelen	41
6.3.4	Kosten	41
6.4	Vervangende waterkering (KV3)	42
6.4.1	Beschrijving	42
6.4.2	Kengetallen	42
6.4.3	Voor- en nadelen	43
6.4.4	Kosten	43
7	OVERZICHT KADEVARIANTEN	44
7.1	Inleiding	44
7.2	Kade Oude Leede	44
7.3	Kade Bovenvaart	45
7.4	Kade Molenweg	46
8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	47
8.1	Kade Oude Leede	47
8.2	Kade Bovenvaart	47
8.3	Kade Molenweg	49
8.4	Overige conclusies en aanbevelingen	49

1 INLEIDING

Voor het project Bergboezem Berkel is het nodig de omliggende kaden te versterken. Het betreft de volgende kaden:

- Kade Oude Leede;
- Kade Bovenvaart;
- Kade Molenweg.

Voorliggend rapport geeft een overzicht van uitgewerkte kadevarianten.

De kaden moeten ontworpen worden conform de veenkaderichtlijnen van het Hoogheemraadschap van Delfland (HHD). Dit houdt globaal in: een ophoging in grond zonder aanvullende maatregelen. Bij het ontwerp is gebleken dat de weinig draagkrachtige en slecht doorlatende ondergrond een lastig gegeven is bij het ontwerpen van stabiele kaden. Vanwege de slecht consoliderende ondergrond is de snelheid waarmee opgehoogd kan worden beperkt. Een te snelle ophoging maakt de kade instabiel. Dit betekent dat een kadeversterking zonder aanvullende maatregelen (zoals bijv. verticale drainage) vele jaren in beslag kan nemen. Belangen als een snelle uitvoering en ruimtegebruik geven aanleiding tot het onderzoeken van alternatieven waarin gebruik wordt gemaakt van aanvullende maatregelen.

Per mail d.d. 25 januari 2007 heeft HHD Royal Haskoning gevraagd een rapportage op te leveren waarin de varianten voor kadeverbetering worden gepresenteerd.

Voorliggend rapport van de uitgewerkte kadevarianten een beschrijving, de voor- en nadelen en een globale kostenraming.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de beschouwde kadevarianten inclusief een probleemanalyse. De randvoorwaarden, eisen en uitgangspunten voor het kadeontwerp komen in hoofdstuk 3 aan de orde. De hoofdstukken 4, 5 en 6 beschrijven de kadevarianten voor respectievelijk Kade Oude Leede, Kade Bovenvaart en Kade Molenweg.

2 BESCHOUWDE KADEVARIANTEN

2.1 Kade conform veenkadebeleid

HHD heeft de voorkeur voor een kadeontwerp dat conform het veenkadebeleid is. Een kadeontwerp conform het veenkadebeleid houdt globaal in:

- een verbetering in grond;
- geen toepassing van aanvullende maatregelen als geotextiel, verticale drainage en/of grondkerende constructies;
- verkeerbelaasting (13 kPa over een strook met breedte van 2,5 m) op de kruin, kruinbreedte van 3 m.

2.2 Probleemanalyse

De ondergrond van de kade bestaat over het algemeen uit een circa 10 tot 15 m dik ononderbroken pakket van slappe klei- en veenlagen. De ondergrond is zettinggevoelig: voor het aanbrengen van een netto ophoging van 1 m is 2,5 m grond nodig. Dit resulteert in een behoorlijk grote belasting op de ondergrond, met name ter plaatse van de kruin van de kade (waarvoor een minimale hoogte is vereist).

Daarnaast ontstaan bij het aanbrengen van een grondophoging wateroverspanningen in de slappe ondergrond waardoor de sterkte van de ondergrond om belastingen te kunnen opnemen afneemt. Er start dan een zogeheten consolidatieproces waarin langzamerhand de wateroverspanningen verdwijnen en navenant de sterkte weer toeneemt. Bij 100% consolidatie is de sterkte weer op peil. Ophogen met grond is alleen mogelijk in stappen met voldoende tussentijd om te voorkomen dat de kade instabiel wordt. Uit berekeningen blijkt dat het consolidatie proces bij deze ondergrond wel tientallen jaren kan duren. Voor de verbetering van de kaden van de Bergboezem Berkel is het niet wenselijk om voor de uitvoering van de kadeverbetering dezelfde hoeveelheid tijd uit te trekken. Dit betekent dat in een korter tijdsbestek een kade wordt aangelegd die bij oplevering dan nog niet "op volledige sterkte" is. Dit impliceert dat de kade moet worden overgedimensioneerd om aan de stabiliteits-eisen te voldoen.

Overdimensionering houdt in dit geval in: een grotere steunberm qua lengte en dikte waarbij moet worden aangetekend dat een langere berm over het algemeen gunstiger uitpakt dan een dikkere berm. Een belangrijke variabele in het ontwerpproces is de uitvoering- en rusttijd. Indien optimalisatie van de kadebreedsheid gewenst is, zal deze periode verlengd moeten worden omdat dan de ondergrond meer tijd krijgt om te consolideren en aan sterkte te winnen.

Voor de kaden langs de Bovenvaart en de Molenweg is er een bijkomend probleem. Aan de zijde van de Bovenvaart (binnenboezem) is het niet mogelijk een steunberm aan te leggen. Het is namelijk niet geoorloofd de Bovenvaart te versmallen. Er moet hier een andere oplossing gezocht worden, namelijk verschuiven van het kadeprofiel richting de bergboezem. In de bergboezem is namelijk wel voldoende ruimte voor een steunberm. Het gevolg is wel dat een vrij grote ophoging nodig is.

2.3 Kadevarianten

Vanwege de slecht consoliderende ondergrond is gekeken naar alternatieven, waarbij wordt afgeweken van het veenkadebeleid. Het betreft de volgende afwijkingen:

- Toepassen van verticale drainage, geotextiel, grondverbetering en grondkerende constructies;
- Geen of geringere verkeersbelasting op de kruin, verkeersbelasting op berm naast de kruin.

HHD heeft aangegeven dat in voorliggend rapport de volgende kadevarianten moeten worden beschreven (inclusief een opsomming van voor- en nadelen en een globale kostenraming):

- Kade Oude Leede:
 - In grond conform veenkadebeleid
 - subvariant 1: kadebreedte 50 m
 - subvariant 2: kadebreedte 40 m
 - In grond met geotextiel
 - In grond met verticale drainage en geotextiel
 - In grond zonder verkeersbelasting
- Kade Bovenvaart:
 - In grond conform veenkadebeleid
 - subvariant 1: kadebreedte 65 m
 - subvariant 2: kadebreedte 40 m
 - In grond met toepassen van geotextiel
 - In grond met geotextiel, kadeklasse III*
 - In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel
 - In grond met verticale drainage en geotextiel, kadeklasse III*
 - In grond met grondverbetering Mixed-in-Place
 - In grond zonder verkeersbelasting
 - In grond zonder verkeersbelasting, kadeklasse III*
 - In grond met nieuwe beschoeiing in buitentalud
- Kade Molenweg:
 - In grond conform veenkadebeleid
 - In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel
 - Vervangende waterkering (stalen damwand)

*in plaats van kadeklasse V+

Naast bovengenoemde varianten is voor de kade Bovenvaart als alternatief voor kadeverbetering het toepassen van 'Buitengewoon onderhoud' in beschouwing genomen.

De gepresenteerde kadeontwerpen zijn gebaseerd op berekeningen die zijn uitgevoerd voor maatgevende secties. Bepalend voor de keuze van de maatgevende secties zijn de bodemopbouw en de geometrie van de kade. De maatgevende secties zijn:

- Kade Oude Leede: bij sondering DKM28 / profiel KOB10, halverwege de kade;
- Kade Bovenvaart: bij sondering DKM04 /profiel KBB13, op ca. 850 m afstand van het Bovengemaal;
- Kade Molenweg: bij sondering DKM22 / profiel 3 en DKM23 / profiel 9.

Voor- en nadelen

Bij het noemen van de voor- en nadelen wordt de kadevariant "In grond conform veenkadebeleid" als referentie-alternatief gehanteerd. Voor- en nadelen betreffen o.a. de volgende aspecten: uitvoeringstijd, ruimtegebruik, onderhoud en bijkomende werkzaamheden (verleggen kabels en leidingen en verkeerswegen).

Globale kostenraming

Naast een beschrijving van bovenstaande kadevarianten wordt ook een *globale* kostenraming gepresenteerd. Deze kostenraming betreft de bouw- en onderhoudskosten, zowel per strekkende meter kade (bepaald voor het doorgerekende maatgevende profiel) als voor de kade als geheel. De kosten voor de kade als geheel hebben een grotere onzekerheidsmarge omdat een inschatting is gemaakt in hoeverre het doorgerekende maatgevende profiel representatief is voor de gehele kade. De kosten gelden voor een levensduur van circa 50 tot 100 jaar.

Onderscheid wordt gemaakt tussen *directe kosten* en *totale kosten*. Directe kosten wil zeggen: geen aannemersopslagen, geen bijkomende kosten en exclusief BTW. In de totale kosten zijn deze posten wel meegenomen met uitzondering van de BTW. De kosten per *strekkende meter* worden alleen als directe kosten vermeld. De kosten per *totale kade* alleen als totale kosten.

3 EISEN, RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

3.1 Eisen volgend uit besluiten en memo's van Delfland

In de volgende documenten van HHD zijn eisen ten aanzien van de kaden vastgelegd:

- *notitie Kaden en waterkeringvreemde elementen* (HHD, 9 februari 1999);
- *niet Bouwen op Veenkaden, Herziene beleidsregel* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, maart 2005), behorend bij voornoemde notitie;
- *memo Kadeverbeteringen* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005);
- *memo Voorwaarden optimaliseren kadeverbeteringsontwerp voor veendijken* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005);
- *memo Waterkerende kunstwerken* (HHD, Sector Beleid&Onderzoek, 23 juni 2005).

3.2 Algemene eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten

De eisen van Delfland worden aangehouden. Op enkele punten is een nadere precisering nodig. Hieronder volgt een overzicht van de aangehouden eisen, randvoorwaarden en uitgangspunten.

3.2.1 Richtlijnen

Het technisch Rapport voor het toetsen van Boezemkaden (TRB), destijds opgesteld door de Technische Adviescommissie voor Waterkeringen (TAW), dient te worden aangehouden. Als beoordelingskader voor boezemkaden gaat het Hoogheemraadschap van Delfland in de nabije toekomst (circa 2006) uit van de IPO-methodiek (IPO = Interprovinciaal Overleg). Daarnaast zijn de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Keringen, katern Boezemkaden (STOWA) en de vigerende Technische Rapporten van Expertise Netwerk waterkeringen (ENW, voorheen TAW) van toepassing.

3.2.2 Kadeklasse, schadefactoren en stabiliteitfactoren, fasering

In tegenstelling tot het VO wordt voor het DO voor alle bestaande kaden kadeklasse V+ gehanteerd. Dit zijn de kade Bovenvaart en de kade Molenweg. Voor de (polder)kade Oude Leede geldt kadeklasse III+.

Aan bovengenoemde klassen zijn de volgende schadefactoren (vereiste stabiliteitfactoren¹) gekoppeld:

- kadeklasse III+ (Oude Leede): SF = 0,95;
- kadeklasse V+ (Bovenvaart & Molenweg): SF = 1,05.

Voor kadeklasse V geldt een schadefactor van 1,0. Voor de Bovenvaart en de Molenweg heeft Hoogheemraadschap van Delfland (HHD) echter aangegeven een iets hoger veiligheidsniveau te willen aanhouden klasse V+. Hierbij hoort een schadefactor (vereiste stabiliteitfactor) van 1,05.

¹ Vereiste stabiliteitfactoren uitgaande van gebruik van rekenwaarden voor de sterkteparameters in de stabiliteitsberekeningen

Voor de kadeverbetering zijn de volgende fasen te onderscheiden:

- uitvoering;
- rusttijd;
- gebruiksfase (optioneel);
- eindfase (kade op orde).

Ten aanzien van veiligheid (vereiste schadefactor) worden in deze fasen verschillende eisen gesteld.

Bij uitvoering moet de schadefactor na de eerste ophoogslag minimaal 0,85 bedragen.

Bij een schadefactor van 0,6 à 0,7 kan namelijk al vervorming optreden.

De gebruiksfase moet gezien worden als een verlengde rusttijd waarin al wel activiteiten (bijv. verkeer, inzet voor berging) op en rondom de kade zijn toegestaan. De (ondergrond van de) kade heeft dan echter nog niet de vereiste consolidatiegraad bereikt. Dat is pas het geval in de eindfase. Dan is de kade op orde, dat wil zeggen, voldoet aan de vereiste veiligheid.

Voor de kadeberekeningen gelden de volgende uitgangspunten:

- | | |
|---------------------------------|--|
| • uitvoeringsperiode | SF $\geq$ 0,85 |
| • rusttijd | SF $\geq$ 0,85 |
| • gebruiksfase (+ evt. verkeer) | SF $\geq$ SF _{huidig} , minimaal 0,85 |
| • eindfase (kade op orde) | SF $\geq$ 1,05 (Bovenvaart en Molenweg) |
| | SF $\geq$ 0,95 (Oude Leede) |

3.2.3 Inzet van de Bergboezem voor berging

Een belangrijk gegeven is dat de Bergboezem te allen tijde moet kunnen worden ingezet voor berging. Hiervoor is het van belang dat kade Oude Leede in afzienbare tijd op hoogte wordt gebracht (de huidige hoogte is te laag voor maximaal bergingspeil). De toegestane bergingshoogte hangt af van de bereikte stabiliteit (consolidatiegraad) van de kaden. Naar verloop van tijd zal de stabiliteit door toenemende consolidatie verder toenemen.

Bij inzet van de Bergboezem voor berging tijdens de uitvoeringsperiode moeten de aangebrachte zandlagen worden afgeschermd van het water. Voorkomen moet namelijk worden dat het zand met slib wordt vermengd. Dit kan ongunstige effecten hebben op de waterhuishouding in de dijk. Het onbedekte kernmateriaal kan bovendien na inzet van de berging wegspoelen waardoor de veiligheid oncontroleerbaar wordt.

Mogelijke maatregelen zijn: het afdekken van zandlagen met klei (definitief) of tijdelijk met een geotextiel.

3.2.4 Hydraulische en geohydrologische randvoorwaarden

Hieronder geven wij een overzicht van de hydraulische en geohydrologische randvoorwaarden:

1. Maximaal peil Bergboezem: NAP -3,60 m;
2. Streefpeil Bovenvaart en Molenvaart: NAP -2,6 m;
3. Maatgevend peil binnenboezem: streefpeil +0,15 m = NAP -2,45 m (aangehouden in stabiliteitsberekeningen);
4. Vereiste waakhoogte = 0,6 m boven streefpeil (zomerpeil);
5. Stijghoogte Pleistoceen: NAP -3,8 m (conservatieve waarde, gebaseerd op kwelwateronderzoek, 2001);

6. Lineair verloop waterspanningen tussen freatisch vlak en stijghoogte in het watervoerende zandpakket. In de periode april – juli zijn waterspanningen gemeten.

Hydraulische kortsluiting

Voor de kaden met beschoeiing, kade Bovenvaart en kade Molenweg, kan hydraulische kortsluiting tussen de binnenboezem en de zandlaag onder het afdekkend pakket via de beschoeiing worden uitgesloten. Onder de beschoeiing is namelijk een voldoende dik afdekkend pakket aanwezig. Volgens de Leidraad voor regionale keringen, katern boezemkaden, pag. 37, moet dit tenminste 5 m dik zijn, of tenminste 2 m klei bevatten. De maatgevende locatie bevindt zich langs de Bovenvaart, bij sondering DKM6. De bovenzijde van de zandlaag bevindt zich hier op NAP-11,5m. Tussen onderkant beschoeiing (op ca. NAP -5 m) en bovenkant zandlaag bevindt zich een voldoende dik afdekkend klei/veen pakket van 6,5 m.

3.3 Dimensionering kade

3.3.1 Kruinhoogten en profielen

De in de ontwerpberekeningen aangehouden kruinhoogten en profielen zijn gebaseerd op meetprofielen uit 2004. HHD heeft ter controle van deze profielen kruinhoogten aangeleverd uit Fli-map in de vorm van dwarsprofielen om de 200 m. Deze kruinhoogten zijn gemeten in januari 2005. Deze dwarsprofielen geven geen aanleiding om de aangehouden kruinhoogtes uit de meetprofielen te herzien. Er zijn namelijk nagenoeg geen verschillen tussen beide data.

3.3.2 Geometrie verbeterde kade

Voor de geometrie van de verbeterde kade gelden de volgende eisen en uitgangspunten:

- minimum kruinbreedte van 3 m;
- minimale taludhelling (binnen- en buitenwaarts) van 1:4 na uitvoering / bij oplevering kade.

Tijdens uitvoering en rustperiode is een steilere helling toelaatbaar (mits $SF > 0,85$). Voor het talud aan de zijde van de binnenboezem (bij Bovenvaart en Molenweg) mag een steilere helling worden aangehouden (mits stabiel). Hier is in de bestaande situatie een (te handhaven) verticale beschoeiing aanwezig.

3.3.3 Opbouw kade

Uitgangspunt is om de kaden aan de passieve zijde zoveel mogelijk met zand op te bouwen. Dit bevordert een goede drainage, verlaagt de freatische lijn waardoor de stabiliteit wordt verbeterd ten opzichte van een kade geheel uit klei. De zandlaagdikte bedraagt minimaal 0,4 m. Daar waar verticale drainage wordt toegepast moet in ieder geval eerst een zandlaag worden aangebracht om het water af te kunnen laten stromen. De taluds dienen afgedekt te worden met een erosiebestendige kleilaag. Aan de waterkerende zijde is een kleideklaag van 1 m vereist. Deze wordt doorgetrokken tot aan de binnenkruinlijn. Aan de binnenzijde wordt een kleilaagdikte van 0,75 m (minimumeis HHD) gehanteerd.

Er worden extra eisen gesteld aan de verplaatsing vanwege de mogelijk kwetsbare aansluiting van de damwand op de veengrond in situatie van extreme droogte. Vooralsnog wordt er van uitgegaan dat de damwand tot in het Pleistoceen aangebracht moet worden. Dit is vooral nodig om te voorkomen dat de damwand als gevolg van zettingen van de grond gaat zakken.

In principe is geen verbetering in grond nodig. Immers, de damwand vervangt het grondlichaam als dit zou bezwijken. Mogelijk worden toch stabiliteiteisen gesteld aan het grondlichaam aan de zijde van de bergboezem. HHD heeft namelijk aangegeven dat achter de damwand een inspectiestrook van 2 m gehandhaafd moet blijven. Deze strook dient vrij te zijn van bomen, kabels en leidingen e.d. In dit kader wordt opgemerkt dat de damwand hier weliswaar als vervangende waterkering kan werken maar dat ook voor het grondlichaam een minimale "gebruiksveiligheid" moet gelden. HHD geeft (vooralnog) aan dat de stabiliteit van het grondlichaam aan de vereiste stabiliteitsfactor conform de betreffende kadeklasse moet voldoen. Een lichte aanberming of een extra (kortere) damwand in de binnenkruinlijn is in dat geval niet uitgesloten.

In de concept memo van HHD voor vervangende waterkeringen zijn overigens geen eisen hieromtrent opgenomen. Wel staat in de memo dat aan de uiteinden van het damwandscherm het grondlichaam stabiel moet zijn. Immers, daar houdt de vervangende waterkering op en moet het grondlichaam voldoende stabiel zijn. Een zekere overlap is hier noodzakelijk.

3.7.2 Rekenmethodiek

De benodigde sterkteparameters ϕ en c worden bepaald uit de σ' - τ curves uit de proevenverzameling van Delfland (CO-374520/14, november 1997, Grondmechanica Delft). Hierbij worden eerst rekenwaarden verkregen welke vervolgens worden teruggerekend naar representatieve waarden die benodigd zijn als invoer voor de damwandberekening in MSheet. Er worden twee berekeningen uitgevoerd: een berekening van de vervormingen en een sterkte- en stabiliteitsberekening met rekenwaarden conform veiligheidsklasse II.

De volgende percentages zijn, conform de uitgangspunten voor de kostenramingen voor het project Bergboezem Berkel, aangehouden:

- Uitvoeringskosten: 5%
- Algemene kosten: 4%
- Winst en risico: 4%
- Onvoorzien: 10% op totaal van directe + indirecte kosten
- Bijkomende kosten*: 12% op totale investeringskosten

*engineering en toezicht

Een uitgebreid kostenoverzicht van alle varianten is opgenomen in bijlage 1.

4 KADE OUDE LEEDE

4.1 Inleiding

De huidige kruinhoogte van kade Oude Leede voldoet op verreweg het grootste gedeelte van de kade niet. De vereiste kruinhoogte bedraagt NAP -3 m. De actuele kruinhoogte van de kade varieert tussen NAP – 2,9 en NAP -3,9 m.

De volgende kadevarianten zijn in dit hoofdstuk beschreven:

- in grond conform veenkadebeleid:
 - subvariant 1: kadebreedte 50 m (KV1);
 - subvariant 2: optimalisatie kadebreedte (KV2);
- in grond met geotextiel (KV3);
- in grond met verticale drainage en geotextiel (KV4);
- in grond zonder verkeersbelasting (KV5).

4.2 In grond conform veenkadebeleid

4.2.1 Beschrijving

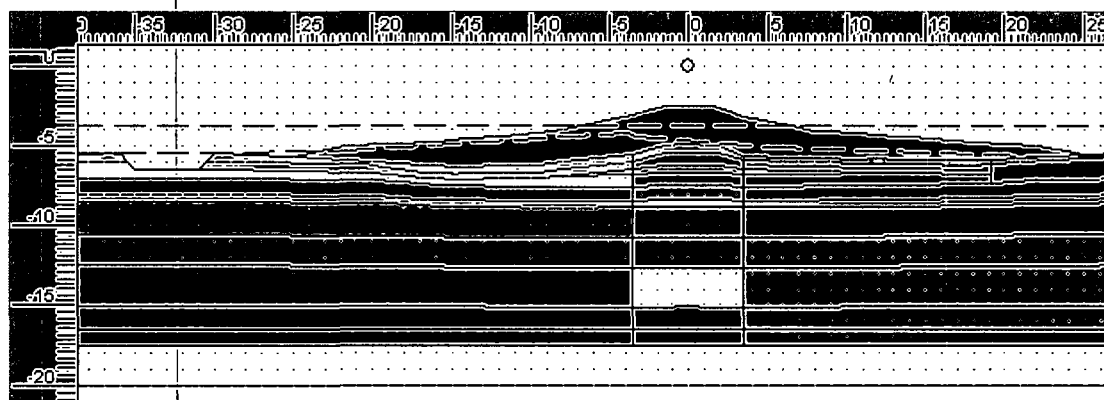
Binnen de variant "in grond conform veenkadebeleid" zijn twee subvarianten bekeken:

- subvariant 1: kadebreedte 50 m (KV1);
- subvariant 2: optimalisatie kadebreedte (KV2).

Aanvankelijk was uitgaande van een uitvoeringstijd van 4 à 6 jaar een kadeprofiel berekend dat een breedte heeft van circa 50 m (subvariant 1). Hierbij zou de sloot aan de zijde van de bergboezem moeten worden verlegd. Op verzoek van HHD is nagegaan of de kadebreedte geoptimaliseerd kon worden, zodanig dat de sloot niet hoeft te worden verlegd (subvariant 2). Uit berekeningen is gebleken dat dit alleen mogelijk is als de uitvoeringstijd fors wordt verlengd. Na circa 4 tot 6 jaar heeft de kade nog bij lange na niet de vereiste stabiliteit ($SF = 0,78 < 0,95$). Er is een veel langere uitvoerings- en rusttijd nodig om de kade stabiel te krijgen, ter indicatie: circa 10 tot 15 jaar. Het is echter wenselijk de kade Oude Leede binnen afzienbare tijd aan te leggen zodat de berging optimaal benut kan worden. Om deze reden zijn voor deze variant geen aanvullende berekeningen meer uitgevoerd.

4.2.2 Kengetallen KV1

- Kadebreedte = 50 m breed.
- Kruinhoogte bij oplevering: ca. NAP -2,6 m.
- Grondvolume = ca. 85 m³ per strekkende meter kade.
- Uitvoeringstijd incl. rusttijd (voor ca. 5 ophoogslagen): ca. 4 à 6 jaar.
- Oplevering: ca. 4 à 6 jaar na start uitvoering.
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 8 à 9 jaar na oplevering.



Figuur 4.1: Berekend kadeprofiel conform veenkadebeleid bij oplevering

4.2.3 Voor- en nadelen KV1

Voordelen

-

Nadelen:

- groot ruimtebeslag, hierdoor moet de sloot aan de zijde van de bergboezem ca. 10 m worden verplaatst;
- lange uitvoeringstijd;
- langdurig hinder voor omgeving.

4.2.4 Kosten KV1

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- bouwkosten: € 1.200,--;
- onderhoudskosten: € 100,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van ca. 0,75 m nodig is.

De totale kosten voor kade Oude Leede als geheel zijn geraamd op ca. € 2.540 000,--.

4.3 In grond met geotextiel (KV3)

4.3.1 Beschrijving

De variant "in grond met geotextiel" wijkt af van het veenkadebeleid omdat een geotextiel wordt toegepast. Het geotextiel geeft extra sterkte aan de waterkering. Op den duur, als de kade voldoende is geconsolideerd en stabiel is, hoeft er aan het geotextiel geen sterkte meer aan te worden ontleend. Uit de berekeningen is gebleken dat optimalisatie van de kadebreedte tot ca. 35 m (i.p.v. 50 m) mogelijk is, uitgaande van een uitvoerings- en rusttijd van 4 à 5 jaar. Bovendien hoeft hierbij de sloot aan de zijde van de bergboezem niet verschoven te worden. Het toepassen van een of meerdere lagen geotextiel werkt significant sterkteverhogend. Er is berekend dat drie lagen geotextiel nodig zijn om de kade stabiel te krijgen.

4.3.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- bouwkosten: € 1.220,--;
- onderhoudskosten: € 100,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van ca. 0,75 m nodig is.

De totale kosten voor kade Oude Leede als geheel zijn geraamd op ca. € 2.570 000,--.

4.4 In grond met verticale drainage en geotextiel (KV4)

4.4.1 Beschrijving

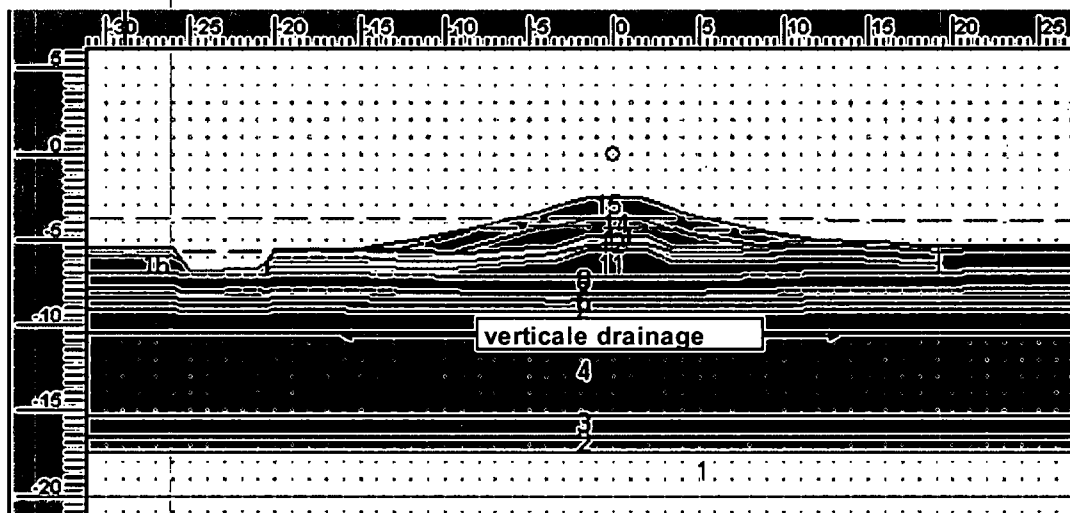
Deze kadevariant is de basis geweest voor het definitief ontwerp dat op 17 juli 2006 is opgeleverd. Dit kadeontwerp is in eerste instantie niet goedgekeurd door HHD omdat het niet strookt met het veenkadebeleid op de volgende punten:

- verticale drainage;
- geotextiel;
- cohesie in slappe kleilagen meegenomen.

Het meenemen van cohesie in slappe kleilagen is naar verwachting niet maatgevend voor het ontwerp geweest. Bepalend voor deze variant is het toepassen van verticale drainage waardoor een snelle uitvoering (1 à 2 jaar) is te realiseren en tevens de kadebreedte beperkt blijft tot circa 25 m. Hiermee wordt zowel ten aanzien van de kadebreedte als de uitvoeringstijd een verdere optimalisatie bereikt.

4.4.2 Kengetallen

- Kadebreedte = ca. 25 m.
- Kruinhoogte bij oplevering: ca. NAP -2,6 m.
- Grondvolume = ca. 50 m³ per strekkende meter kade.
- Uitvoeringstijd incl. rusttijd (voor ca. 5 ophoogslagen): ca. 1 à 2 jaar.
- Oplevering ca. 1 à 2 jaar na start uitvoering.
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 15 jaar.



Figuur 4.3: Kadeprofiel bij oplevering na 1 à 2 jaar

4.4.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- Snellere uitvoeringstijd.
- Beperkt ruimtebeslag (geen verlegging sloot noodzakelijk).
- Geen langdurige hinder voor omgeving.

Nadelen

- Evt. tijdelijk geringe toename van kwel totdat drainagestrips zijn dichtgeslibd.

4.4.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- bouwkosten: € 1.020,--;
- onderhoudskosten: € 100,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. De inschatting is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van ca. 0,75 m nodig is.

De totale kosten voor kade Oude Leede als geheel zijn geraamd op ca. € 2.180 000,--.

4.5 In grond zonder verkeersbelasting (KV5)

4.5.1 Beschrijving

De variant "in grond zonder verkeersbelasting" wijkt op de volgende punten af van het veenkadebeleid:

- geen verkeersbelasting;
- geotextiel³.

Voor deze variant is KV3 (in grond met geotextiel) als vertrekpunt genomen: een kadebreedte van 35 m en een uitvoerings- en rusttijd van 4 à 5 jaar. Vervolgens is nagegaan in hoeverre kan worden bespaard op het aantal lagen geotextiel als de verkeersbelasting wordt verlaagd van 13 naar 5 en uiteindelijk naar 0 kPa. Onderstaande tabel geeft hiervan een overzicht. Uit de berekeningen blijkt dat er bij een verkeersbelasting van 0 of 5 kPa toch nog minimaal twee lagen geotextiel nodig zijn. Verder is aan de polderzijde de stabiliteit beter dan aan de zijde van de bergboezem. Aan de polderzijde is eventueel een geringe optimalisatie van de kadebreedte nog mogelijk. Indien besloten wordt de breedte nog verder te optimaliseren, wordt aanbevolen meer lagen geotextiel toe te passen (tot maximaal 5 stuks).

Tabel 4.1: Berekeningsresultaten

Bovenbelasting	Lagen geotextiel	SF talud bergboezem	SF talud polderzijde
0	2	1,00	1,04
5	2	0,98	1,01
13	3	0,96	0,97

4.5.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 35 m.
- Kruinhoogte bij oplevering: ca. NAP -2,6 m.
- Grondvolume = ca. 70 m³ per strekkende meter kade.
- Uitvoeringstijd incl. rusttijd (voor ca. 5 ophoogslagen): ca. 4 à 5 jaar.
- Oplevering ca. 4 à 5 jaar na start uitvoering.
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 8 à 9 jaar (na oplevering kade).

4.5.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- Kleiner ruimtebeslag (geen verlegging sloot noodzakelijk).

Nadelen

4.5.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- bouwkosten: € 1.170,--;
- onderhoudskosten: € 100,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

³ Een variant zonder geotextiel is in dit kader niet onderzocht

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van ca. 0,75 m nodig is.

De totale kosten voor kade Oude Leede als geheel zijn geraamd op ca. € 2.470 000,--.

5 KADE BOVENVAART

5.1 Inleiding

De huidige kruinhoogte voldoet op verreweg het grootste gedeelte van de kade niet. De vereiste kruinhoogte bedraagt hier NAP -2 m. De actuele kadehoogte varieert tussen ca. NAP -1,8 m en NAP -2,3 m. Uit berekeningen blijkt, dat de *huidige kade met verkeersbelasting* niet voldoende stabiel is en onvoldoende hoog. Met name de buitenwaartse stabiliteit is onvoldoende.

De volgende kadevarianten zijn in dit hoofdstuk beschreven:

- In grond conform veenkadebeleid:
 - subvariant 1: kadebreedte 65 m (KV1);
 - subvariant 2: kadebreedte 40 m (KV2);
- In grond met toepassen van geotextiel (KV3);
- In grond met toepassen van geotextiel, kadeklasse III (KV3a);
- In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel (KV4);
- In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel, kadeklasse III (KV4a);
- In grond met grondverbetering Mixed-in-Place (KV5);
- In grond zonder verkeersbelasting (KV6);
- In grond zonder verkeersbelasting, kadeklasse III (KV6a);
- In grond met nieuwe beschoeiing in buitentalud (KV7).

Naast bovengenoemde varianten is als alternatief voor kadeverbetering het toepassen van 'Buitengewoon onderhoud' in beschouwing genomen.

5.2 In grond conform veenkadebeleid

5.2.1 Beschrijving

Binnen de variant 'in grond conform veenkadebeleid' zijn twee subvarianten bekeken:

- subvariant 1: kadebreedte 65 m (KV1);
- subvariant 2: optimalisatie kadebreedte (KV2).

Aanvankelijk was uitgaande van een uitvoering- en rusttijd van circa 10 jaar een kadeprofiel berekend dat een breedte heeft van circa 65 m (subvariant 1). Hierbij zou het in het ontwerp van de bergboezem opgenomen tracé van de bypass circa 25 m moeten opschuiven. Op verzoek van HHD is nagegaan of de kadebreedte geoptimaliseerd kon worden, zodanig dat de bypass niet hoeft op te schuiven (subvariant 2). De kadebreedte moet in dat geval worden beperkt tot 40 m (conform het definitief ontwerp van 17 juli 2006). Uit berekeningen is gebleken dat dit alleen mogelijk is als de uitvoering- en rusttijd fors wordt verlengd, namelijk tot circa 15 à 20 jaar.

5.2.2 Kengetallen

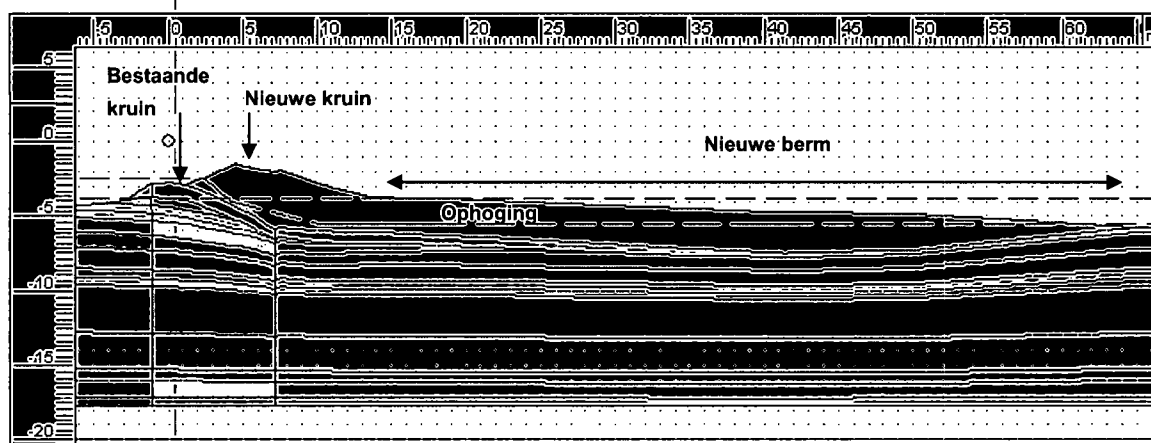
Subvariant 1: kadebreedte 65 m (KV1)

- Kadebreedte = 65 m breed (berm ca. 55 m breed);
- Kruinhoogte bij oplevering: ca. NAP -1,5 m;
- Grondvolume = ca. 150 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd (voor ca. 5 ophoogslagen): ca. 8 jaar;

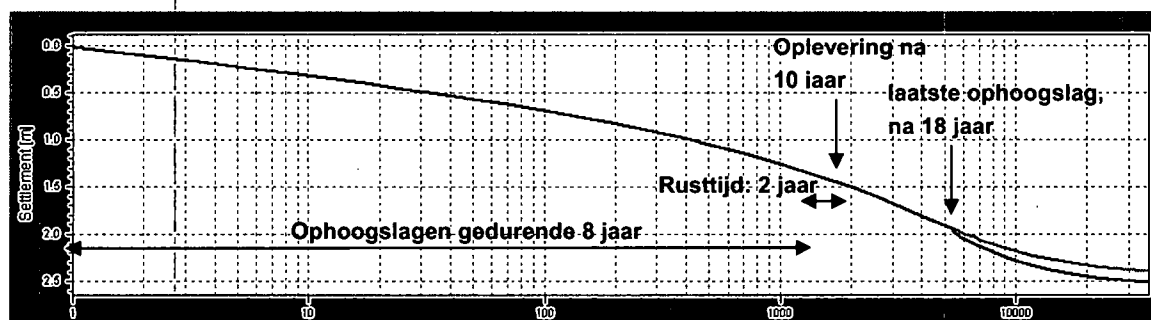
- Rusttijd: ca. 2 jaar;
- Oplevering: 10 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 8 jaar na oplevering.

Subvariant 2: kadebreedte 40 m (KV2)

- Kadebreedte = 40 m breed;
- Kruinhoogte bij oplevering: ca. NAP -1,75 m;
- Grondvolume = ca. 80 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd incl. rusttijd: ca. 15 tot 20 jaar;
- Oplevering: ca. 15 à 20 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar na oplevering.



Figuur 5.1: Berekend kadeprofiel conform veenkadebeleid (KV1) bij oplevering na ca. 8 jaar



Figuur 5.2: Zetting in de tijd (KV1)

Het is niet mogelijk een geringere ophoging met een kortere uitvoeringstijd en planperiode aan te brengen. Dit zou wel kunnen als direct op de kruin kan worden opgehoogd. Omdat de nieuwe kruin echter op enige afstand van de waterzijde moet komen te liggen, is hier een vrij grote ophoging nodig. Uit berekeningen blijkt dat in geval van twee ophoogslagen ca. 3 jaar na start uitvoering de kade voldoende stabiel is voor oplevering. De kruinhoogte bedraagt dan echter nog slechts NAP-2,2m. Er zijn dus meer ophoogslagen nodig om op voldoende hoogte te komen.

5.2.3 Voor- en nadelen

Voordelen KV1

-

Voordelen KV2

- Kleiner ruimtebeslag

Nadelen KV1

- Zeer groot ruimtebeslag
- Lange uitvoeringstijd
- Hierdoor ook langdurig hinder voor omgeving

Nadelen KV2

- Langere uitvoeringsduur
- Langduriger hinder voor omgeving vanwege de langere uitvoeringsduur

5.2.4 Kosten

Subvariant 1: kadebreedte 65 m (KV1)

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.990,--;
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 5.780 000,--.

Subvariant 2: kadebreedte 40 m (KV2)

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.120,--;
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 3.340 000,--.

5.3 In grond met toepassen van geotextiel (KV3)

5.3.1 Beschrijving

De variant "in grond met geotextiel" wijkt af van het veenkadebeleid omdat een geotextiel wordt toegepast. Het geotextiel geeft extra sterkte aan de waterkering. Op den duur, als de kade voldoende is geconsolideerd en stabiel is, hoeft er aan het geotextiel geen sterkte meer aan te worden ontleend.

Uit berekeningen blijkt dat het geotextiel niet direct invloed heeft op de *binnenwaartse* stabiliteit aangezien de hiervoor maatgevende glijvlakken langgerekt zijn, buiten het geotextiel om.

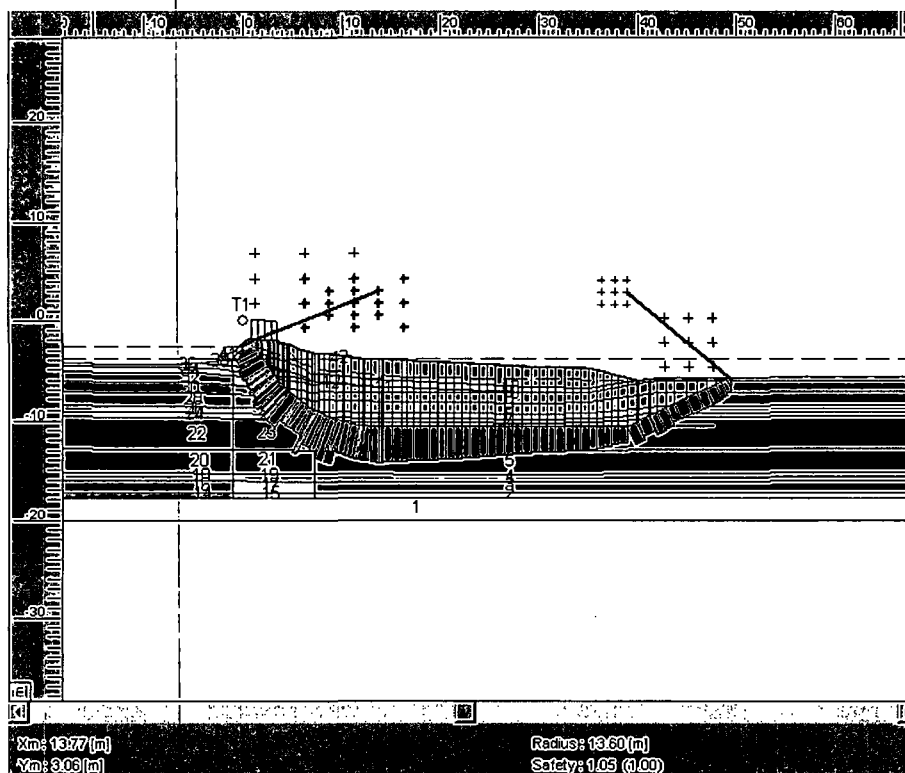
Het geotextiel heeft wel een gunstige invloed op de *buitenwaartse* stabiliteit. Ten opzichte van de kadevariant conform het veenkadebeleid is namelijk een hogere belasting op de huidige kruin mogelijk waardoor een steiler buitentalud kan worden aangebracht en de nieuwe kruin richting de Bovenvaart kan worden verschoven. Het gevolg hiervan: minder netto ophoging, dus ook minder bruto-ophoging. Een gunstig neveneffect is dat ook de binnenwaartse stabiliteit hierdoor verbetert. Er is namelijk minder aandrijvend gewicht aanwezig.

De kadebreedte kan worden geoptimaliseerd tot 40 m gegeven een uitvoering- en rusttijd van circa 8 jaar. Verdere optimalisatie van de kadebreedte is mogelijk als deze periode wordt verlengd.

Er is berekend dat drie lagen geotextiel in de kruin nodig zijn om de kade stabiel te krijgen. Het geotextiel is na oplevering nog nodig om de tijd die nodig is voor consolidatie te overbruggen. Dit geldt overigens alleen voor de buitenwaartse stabiliteit.

5.3.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 40 m (berm ca. 30 m breed);
- Bermhoogte: ca. 2 m (bruto);
- Kruinhoogte bij oplevering: NAP -1,7 m berekend;
- Grondvolume = ca. 75 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd: ca. 6 jaar (bepalend hierin is de aanleg van de berm);
- Rusttijd ca. 2 jaar;
- Oplevering ca. 8 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar (vanaf oplevering).



Figuur 5.3: Stabiliteit bij oplevering: SF =1,05

5.3.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

-

5.3.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.360,--;
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaien, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 4.035 000,--.

5.4 In grond met toepassen van geotextiel, kadeklasse III (KV3a)

5.4.1 Beschrijving

De uitgangspunten voor deze variant zijn gelijk aan die voor variant KV3 met dit verschil dat kadeklasse III (met $SF_{\min} = 0,9$) in plaats van kadeklasse V+ (met $SF_{\min} = 1,05$) wordt aangehouden. Bij dezelfde uitvoerings- en rusttijd levert dit een kadeprofiel met kleinere afmetingen op. Tevens is slechts één laag geotextiel nodig in plaats van drie lagen.

5.4.2 Kengetallen

- Kadebreedsde = 35 m (berm ca. 25 m breed);
- Bermhoogte: ca. 1,5 m (bruto);
- Kruinhoogte bij oplevering: NAP -1,7 m berekend;
- Grondvolume = ca. 60 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd: ca. 6 jaar (bepalend hierin is de aanleg van de berm);
- Rusttijd ca. 2 jaar;
- Oplevering ca. 8 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar (vanaf oplevering).

5.4.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

-

5.4.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.000,--;
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 3.020 000,--.

5.5 In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel (KV4)

5.5.1 Beschrijving

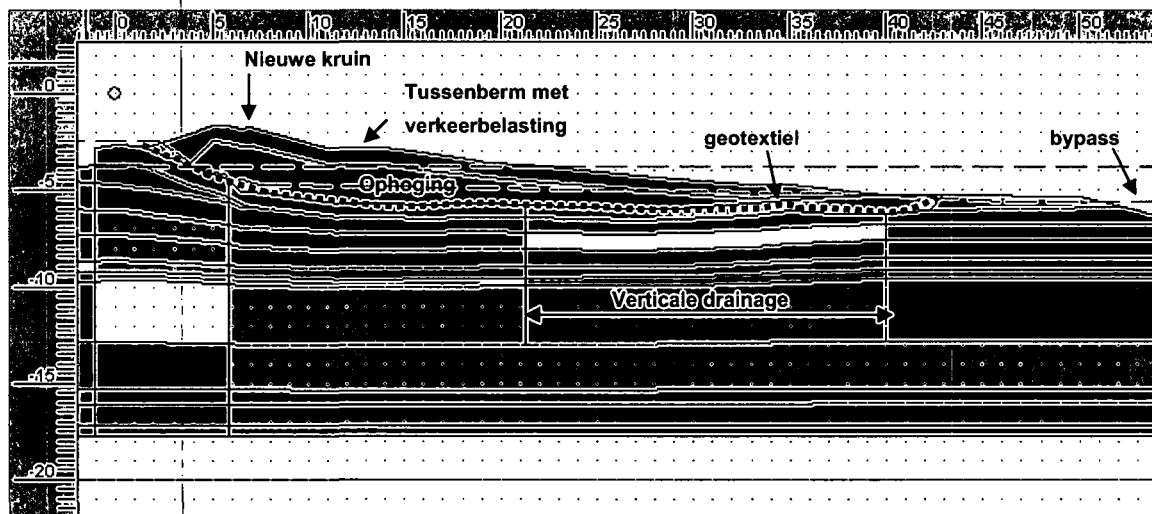
Deze kadevariant is de basis geweest voor het definitief ontwerp dat op 17 juli 2006 is opgeleverd. Dit kadeontwerp is niet goedgekeurd door HHD omdat het niet strookt met het veenkadebeleid op de volgende punten:

- Verticale drainage ter plaatse van de steunberm;
- Geotextiel;
- Cohesie in slappe kleilagen meegenomen;
- Verkeerbelasting op een 3 m brede tussenberm, 1 m onder kruinniveau, in plaats van op de kruin;
- Nieuwe kruinbreedte 2 m in plaats van 3 m.

Het meenemen van cohesie in slappe kleilagen is naar verwachting niet maatgevend voor het ontwerp geweest. Bepalend voor deze variant is het toepassen van verticale drainage waardoor een relatief snelle uitvoering van 5 à 7 jaar is te realiseren en tevens de kadebreedte beperkt blijft tot circa 40 m. Hiermee wordt zowel ten aanzien van de kadebreedte als de uitvoeringstijd een optimalisatie bereikt ten opzichte van het ontwerp conform het veenkadebeleid. Indien na oplevering nog sterkte aan het geotextiel mag worden toegekend, dan kan het ontwerp nog verder geoptimaliseerd worden.

5.5.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 40 m breed (berm ca. 30 m breed);
- Kruinhoogte bij oplevering: NAP -1,65 m berekend;
- Grondvolume = ca. 95 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd: ca. 1 à 2 jaar;
- Rusttijd ca. 4 à 5 jaar;
- Oplevering ca. 5 tot 7 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 10 jaar (na oplevering);
- Na deze ophoogslag zou de kade voldoende moeten zijn uitgeconsolideerd voor een levensduur van 50 à 100 jaar.



Figuur 5.4: Bereken kadeprofiel met verticale drainage en geotextiel bij oplevering

5.5.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere opleveringstijd
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

- tijdelijke geringe toename van kwel door drainagestrips

5.5.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.580,-- (reductie door optimalisatie mogelijk);
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Analoog aan de kadevariant "In grond conform veenkadebeleid" wordt aangenomen dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 4.640 000,--.

5.6 In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel, kadeklasse III (KV4a)

5.6.1 Beschrijving

De uitgangspunten voor deze variant zijn gelijk aan die voor variant KV4 met dit verschil dat kadeklasse III (met $SF_{\min} = 0,9$) in plaats van kadeklasse V+ (met $SF_{\min} = 1,05$) wordt aangehouden. Bij dezelfde uitvoerings- en rusttijd levert dit een kadeprofiel met kleinere afmetingen op.

Dit kadeontwerp is in lijn gebracht met het veenkadebeleid door aanpassing van KV4 op de volgende punten:

- Geen cohesie in slappe kleilagen
- Verkeerbelaasting op de kruin (i.p.v. op tussenberm)
- Kruinbreedte 3 m in plaats van 2 m.

5.6.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 35 m breed (20 m berm);
- Grondvolume = ca. 60 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd: 2 jaar;
- Rusttijd ca. 4 jaar;
- Oplevering ca. 6 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar (na oplevering);
- Na deze ophoogslag zou de kade voldoende moeten zijn uitgeconsolideerd voor een levensduur van 50 à 100 jaar.

5.6.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere opleveringstijd
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

- tijdelijke geringe toename van kwel door drainagestrips

5.6.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.190,-- (reductie door optimalisatie mogelijk);
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

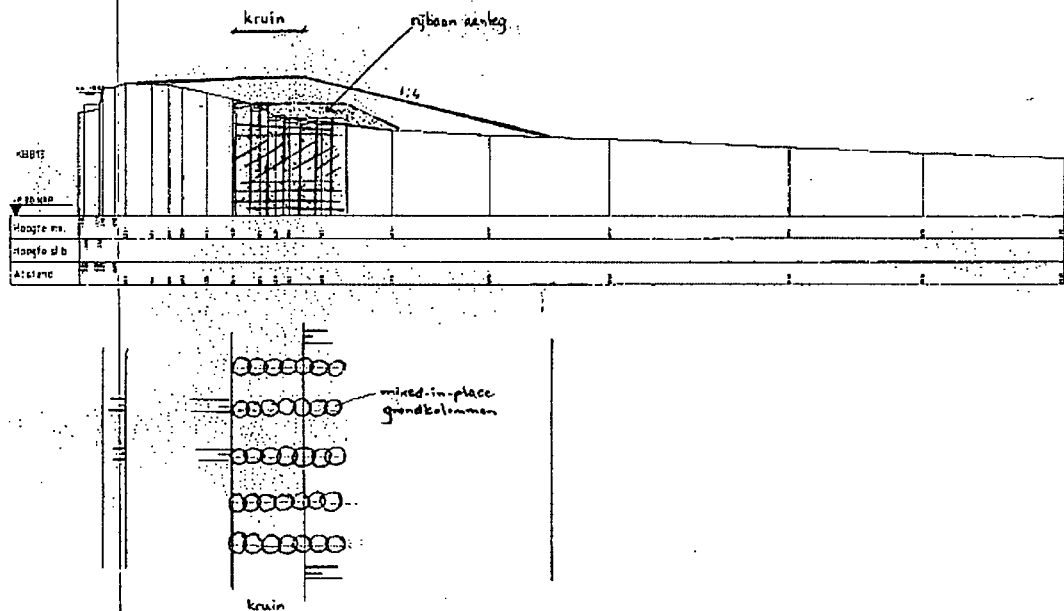
De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Analoog aan de kadevariant "In grond conform veenkadebeleid" wordt aangenomen dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 3.550 000,--.

5.7 In grond met grondverbetering Mixed-in-Place (KV5)

5.7.1 Beschrijving

Door middel van Mixed-in-Place (bindmiddel, bijv. cement inbrengen in bestaande bodem) kan de draagkracht van de huidige bodem worden verbeterd. Deze methode wordt veel gebruikt in Scandinavische landen, Japan en Amerika voor o.a. de aanleg van wegen en spoorlijnen op slechte bodem. Door de toename van de draagkracht kunnen de belastingen makkelijker worden verwerkt en worden de zettingen beperkt.



Figuur 5.5: Principeontwerp Mixed-in-Place

Door een deel van de ophoging aan te leggen (soort rijbaan) en Mixed-in-Place toe te passen kan 'over de kop' worden begonnen met Mixed-in-Place en hierna de ophoging. Er dient waarschijnlijk een geotextiel te worden toegepast om de belasting van de ophoging te af te dragen naar de Mixed-in-Place kolommen.

5.7.2 Voor- en nadelen

Voordelen

- Korte tijdsduur tot oplevering
- Zeer snelle uitvoeringsduur, hierdoor hinder omgeving beperkt
- Grondverzet is beperkt, hierdoor wederom hinder omgeving beperkt
- Elders vrijkomende grond kan zeer waarschijnlijk in de ophoging worden verwerkt

Nadelen

- Op dit moment weinig Nederlandse aannemers die ervaring met Mixed-in-Place hebben

5.7.3 Ontwerp en kosten

Om een goede inschatting te kunnen maken van de kosten is een ontwerp noodzakelijk. De inschatting van de kosten is gebaseerd op een vrij globaal ontwerp (zie figuur 4.5):

- Panelen op een onderlinge h.o.h. afstand van 2 m elk bestaat uit 10 kolommen (diameter=0,6 m) met een lengte van ca. 15 m.
- De all-in kosten van Mixed-in-Place (MIP) zijn ingeschat op ca. € 19,-- per meter kolom (zie toelichting).
- De all-in kosten van MIP per m kade komen hierbij uit op ca. € 1.425,-- (=10 x 15 m x 19 € / 2 m).

- Het grondverzet is becijferd op circa 20 m³ per strekkende meter, een reductie van ca. 75% ten opzichte van de ophoging in grond (KV2, conform veenkadebeleid met klein ruimtebeslag, waarvoor de directe kosten op circa € 1120,- per strekkende meter (maatgevende doorsnede) zijn geraamd).
- Directe kosten grondophoging: € 1.120,- x 25% = € 280,-.

Toelichting kosten per meter kolom

De kosten per meter kolom zijn gebaseerd op een all-in bedrag van €16,- /m (ingeschat op basis van ervaring, bij een gemiddelde mixing intensiteit van 175 kg/m³). Dit bedrag is inclusief indirecte kosten bestaande uit aan- en afvoer materieel, engineering en voorbereiding, algemene kosten en winst en risico. In dit bedrag is niet meegenomen de kosten van het uitvoeren van proeven. Verder wordt vanwege het feit dat dit ontwerp nog vrij globaal is uitgewerkt (in vergelijking met de andere varianten) een vrij hoge post onvoorzien, ter grootte van 20%, opgenomen (voor de andere varianten is dit 10%). De kosten per meter kolom komen dan uit op: 16 x 1,2 = ca. € 19,-.

In dit stadium is een uitgewerkt ontwerp met Mixed-in-Place nog niet voorhanden. Het feit dat Mixed-in-Place juist in situaties vergelijkbaar met onderhavig project (ophogingen van grond in zettingsgevoelige gebieden) wordt toegepast, geeft aan dat de oplossing doelmatig en kosteneffectief zou moeten kunnen zijn.

De totale kosten (incl. indirecte kosten) voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 3.590 000,- bestaande uit € 880.000,- voor het grondwerk en € 2.710 000,- voor het Mixed in Place gedeelte.

5.8 In grond zonder verkeersbelasting (KV6)

5.8.1 Beschrijving

De variant "in grond zonder verkeerbelasting" wijkt op de volgende punten af van het veenkadebeleid:

- Geen verkeerbelasting;
- Geotextiel.

Voor deze kadevariant is KV3 (in grond met geotextiel) als vertrekpunt genomen: een kadebreedte van 40 m (binnen de contouren van het Definitief Ontwerp d.d. 17 juli 2006) en een uitvoerings- en rusttijd van circa 8 jaar. Vervolgens is nagegaan in hoeverre kan worden bespaard op het aantal lagen geotextiel en de bermhoogte als de verkeerbelasting wordt verlaagd naar 5 en uiteindelijk naar 0 kPa. Uit de berekeningen blijkt dat er bij een verkeerbelasting van 0 of 5 kPa slechts één laag geotextiel nodig is (i.p.v. 3 lagen).

5.8.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 40 m (berm ca. 30 m breed);
- Bermhoogte:
 - geen bovenbelasting (0 kPa): ca. 1,5 m (bruto);
 - bovenbelasting 5 kPa: ca. 1,75 m (bruto).

- Grondvolume:
 - geen bovenbelasting (0 kPa): ca. 60 m³ per strekkende meter kade;
 - bovenbelasting 5 kPa: ca. 65 m³ per strekkende meter kade.
- Eén geotextiel;
- Uitvoeringstijd: ca. 6 jaar (bepalend hierin is de aanleg van de berm);
- Rusttijd ca. 2 jaar;
- Oplevering ca. 8 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar (vanaf oplevering).

5.8.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

-

5.8.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten:
 - Geen bovenbelasting: € 1.090,--
 - Bovenbelasting 5 kPa: € 1.170,--
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart *zonder bovenbelasting* zijn geraamd op ca. € 3.250 000,--.

De totale kosten voor kade Bovenvaart *met bovenbelasting (5 kPa)* zijn geraamd op ca. € 3.490 000,--.

5.9 In grond zonder verkeersbelasting, kadeklasse III (KV6a)

5.9.1 Beschrijving

De uitgangspunten voor deze variant zijn gelijk aan die voor variant KV6 met dit verschil dat kadeklasse III (met $SF_{\min} = 0,9$) in plaats van kadeklasse V+ (met $SF_{\min} = 1,05$) wordt aangehouden. Bij dezelfde uitvoerings- en rusttijd levert dit een kadeprofiel met kleinere afmetingen op. Er is zonder bovenbelasting (verkeerbelasting) gerekend

5.9.2 Kengetallen

- Kadebreedsde = 30 m (berm ca. 20 m breed);
- Bermhoogte: 1,5 m
- Grondvolume: 50 m³
- Eén geotextiel;

- Uitvoeringstijd: ca. 6 jaar;
- Rusttijd ca. 2 jaar;
- Oplevering ca. 8 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar (vanaf oplevering).

5.9.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

-

5.9.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 870,--
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor kade Bovenvaart zijn geraamd op
ca. € 2.630.000,--.

5.10 In grond met nieuwe beschoeiing in buitentalud (KV7)

5.10.1 Beschrijving

Deze variant wijkt af van het veenkadebeleid doordat een grondvreemd element in de kade wordt geplaatst, een kort scherm.

Een nieuwe, voldoende stabiele en sterke, beschoeiing (kort scherm) in het buitentalud maakt het mogelijk een ophoging op de bestaande kruin te realiseren. Het korte scherm wordt als een stalen damwand uitgevoerd en maakt onderdeel uit van de waterkering (de huidige beschoeiing is geen onderdeel van de waterkering).

Voor de kadebreedte en de uitvoering- en rusttijd is KV3 (in grond met geotextiel) als vertrekpunt genomen:

- een kadebreedte van 40 m (binnen de contouren van het Definitief Ontwerp d.d. 17 juli 2006) en
- een uitvoerings- en rusttijd een van circa 8 jaar.

Een verder optimalisatie van de kadebreedte is mogelijk door de uitvoering- en rusttijd te verlengen en/of een dikkere berm aan te leggen.

5.10.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 40 m breed (berm ca. 30 m breed);
- Kruinhoogte bij oplevering: NAP -1,9 m berekend;
- Grondvolume = ca. 65 m³ per strekkende meter kade;

- Damwand: profiel PU6, 10 m lang;
- Uitvoeringstijd: ca. 6 jaar (bepalend hierin is de aanleg van de berm);
- Rusttijd ca. 2 jaar;
- Oplevering ca. 8 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 5 jaar (vanaf oplevering).

5.10.3 Voor- en nadelen

Voordelen:

- geringer ruimtebeslag
- kortere uitvoering, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen:

-

5.10.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 2.060,--;
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaieren, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

In principe is de damwand onderhoudsvrij voor 100 jaar. Corrosie (roesten) van de damwand kan namelijk geaccepteerd worden omdat een zekere reductie van de wanddikte toelaatbaar. De wanddikte van een PU6 is 7,5 / 6,4 cm. De corrosie in zure veengrond bedraagt 3,25 mm in 100 jaar (volgens CUR166). Maximaal toelaatbaar moment is 114 kNm/m' (bij staalkwaliteit S240). Na reductie van de wanddikte is het maximaal toelaatbare moment gereduceerd tot ca. 50 kNm/m. Dit is echter nog steeds voldoende om het optredende moment op te nemen.

De totale kosten voor kade Bovenvaart als geheel zijn geraamd op ca. € 5.290 000,--.

5.11 Buitengewoon onderhoud

5.11.1 Beschrijving

Voor de variant 'Buitengewoon onderhoud' gelden de volgende aanvullende uitgangspunten:

- kadeklasse III ($SF_{min} = 0,9$);
- de grondophoging op de kruin van de Bovenvaart bedraagt 0,5 m (maximum);
- geen verkeersbelasting;
- stabiliteit slechts beschouwd voor de situatie bij volledige consolidatie
- buitenwaartse stabiliteit wordt niet beschouwd;
- alleen een kruinverhoging in het kader van onderhoud, zonder verbreding van de kruin omdat geen minimale kruinbreedte vereist is;

5.11.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 10 m breed
- Grondvolume = ca. 5 m³ per strekkende meter kade;
- Insteek van de bypass op een afstand van minimaal 33 m uit de waterkant (Bovenvaart)

De kade kan een verkeerbelasting tot circa 5 kPa opnemen.

5.11.3 Aandachtspunten

Uitgaande van een volledig geconsolideerde kade is een kruinverhoging zonder aanvullende maatregelen als taludverflauwing en aanberming mogelijk. Het is echter niet bekend hoelang de uitvoeringstijd zal zijn die hiervoor moet worden uitgetrokken. De buitenwaartse stabiliteit (zijde Bovenvaart) is in deze variant buiten beschouwing gelaten. Hier dient nog wel aandacht aan besteed te worden.

Berekeningen waarin met wateroverspanningen rekening is gehouden laten zien dat, om te voldoen aan de stabiliteiteisen, een kruinverhoging binnen afzienbare tijd (ca. 1 jaar) niet zonder aanvullende maatregelen (taludverflauwing en aanberming) kan worden uitgevoerd. Bij daadwerkelijke uitvoering dient aandacht te worden besteed aan aspecten als stabiliteit tijdens uitvoering en de hiermee gemoeide consolidatie- cq. uitvoeringstijd.

6 KADE MOLENWEG

6.1 Inleiding

De huidige kruinhoogte van kade Molenweg voldoet niet. De vereiste kruinhoogte is NAP -2 m. De actuele kruinhoogte varieert tussen ca. NAP -2 m en NAP -2,45 m.

De volgende kadevarianten zijn in dit hoofdstuk beschreven:

- In grond conform veenkadebeleid (KV1);
- In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel (KV2);
- Vervangende waterkering (KV3).

Cruciaal bij kade Molenweg is het kunnen handhaven van de verkeersweg en de meeste kabels en leidingen op de huidige plaats. Dit is alleen mogelijk bij KV3. (vervangende waterkering). In geval van een verbetering in grond (KV1 en 2) moeten de weg en de meeste kabels en leidingen worden verlegd. Dit brengt aanzienlijke kosten met zich mee. Hier bovenop komen dan nog de kosten voor het verwijderen van de bestaande weg en het aanleggen van een tijdelijke weg.

6.2 In grond conform veenkadebeleid (KV1)

Voor kade Molenweg is geen stabiliteitberekening uitgevoerd voor een ontwerp in grond conform het veenkadebeleid. Het kadeprofiel ter plaatse van de Molenweg is namelijk vergelijkbaar met dat langs de Bovenvaart. Vanwege de inpassing van het gemaal bergboezem en de verkeersweg zullen de kosten per strekkende meter hier wel hoger gaan uitvallen dan voor de kade Bovenvaart.

Voor de volledigheid worden hieronder alleen de minimale kosten van deze oplossing vermeld.

6.2.1 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: >⁴ € 1.990,--;
- Onderhoudskosten: > € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaïen, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor de kade Molenweg als geheel zijn geraamd op ca.:

- > € 2.400 000,-- waarbij voor het verleggen van kabels en leidingen € 1.000.000,-- is geraamd;
- > € 1.900 000,-- waarbij voor het verleggen van kabels en leidingen € 500.000,-- is geraamd.

In bovengenoemde totale kosten is een bedrag van € 231.300,-- (directe kosten) opgenomen voor het verleggen van de weg.

⁴ De genoemde kosten zijn die voor kade Bovenvaart, voor de Molenweg zullen de kosten hoger uitpakken

6.3 In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel (KV2)

6.3.1 Beschrijving

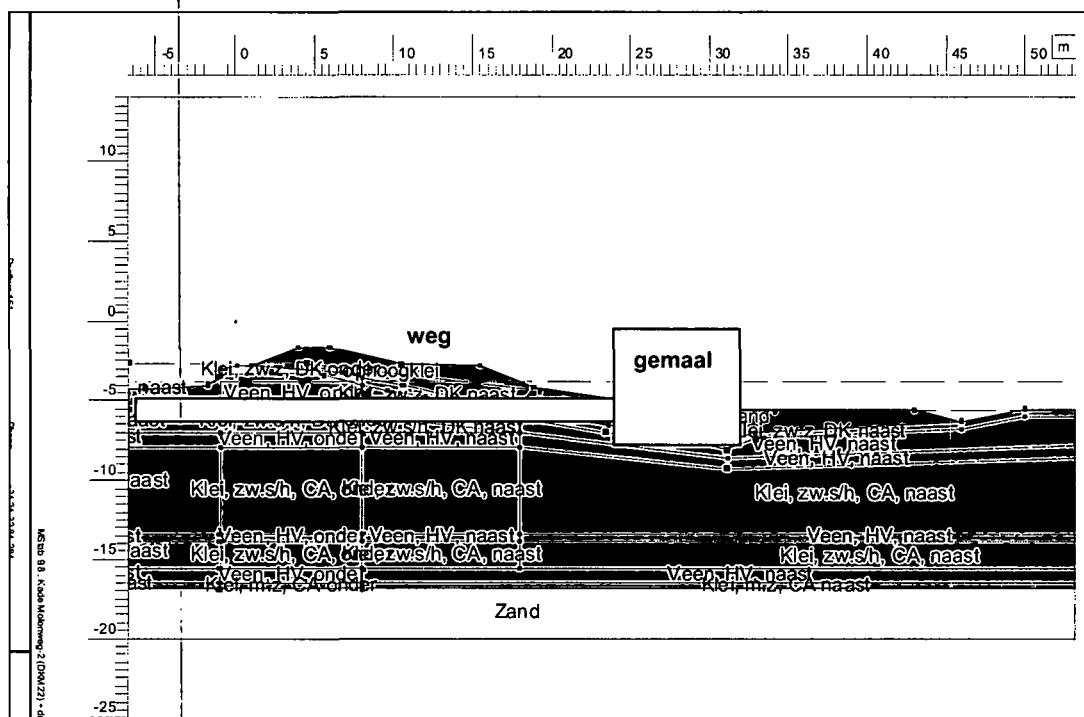
Deze kadevariant is de basis geweest voor het definitief ontwerp dat op 17 juli 2006 is opgeleverd. Dit kadeontwerp is niet goedgekeurd door HHD omdat het niet strookt met het veenkadebeleid op de volgende punten:

- Verticale drainage ter plaatse van de berm;
- Geotextiel;
- Cohesie in slappe kleilagen meegenomen;
- Verkeerbelasting op een 3 m brede tussenberm, 1 m onder kruinniveau, in plaats van op de kruin;
- Nieuwe kruinbreedte 2 m in plaats van 3 m.

Het meenemen van cohesie in slappe kleilagen is naar verwachting niet maatgevend voor het ontwerp geweest. Bepalend voor deze variant is het toepassen van verticale drainage waardoor een relatief snelle uitvoering van 5 à 7 jaar is te realiseren en tevens de kadebreedte beperkt blijft tot circa 40 m. Hiermee wordt zowel ten aanzien van de kadebreedte als de uitvoeringstijd een optimalisatie bereikt ten opzichte van het ontwerp conform het veenkadebeleid. Indien na oplevering nog sterkte aan het geotextiel mag worden toegekend, dan kan het ontwerp nog verder geoptimaliseerd worden.

6.3.2 Kengetallen

- Kadebreedte = 45 m breed (berm ca. m breed);
- Kruinhoogte bij oplevering: NAP -1,85 m berekend;
- Grondvolume = ca. 90 m³ per strekkende meter kade;
- Uitvoeringstijd: ca. 1 à 2 jaar;
- Rusttijd ca. 4 à 5 jaar;
- Oplevering ca. 5 tot 7 jaar na start uitvoering;
- Levensduur tot volgende ophoogslag: ca. 10 jaar (na oplevering).



Figuur 6.1: Dwarsprofiel kadeverbetering

6.3.3 Voor- en nadelen

Voordelen

- geringer ruimtebeslag
- geringere opleveringstijd
- geringere uitvoeringsduur, daardoor minder hinder voor omgeving

Nadelen

- tijdelijke geringe toename van kwel door drainagestrips

6.3.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: € 1.590,--;
- Onderhoudskosten: € 60,-- (voor één extra ophoogslag, excl. kosten regulier onderhoud).

De onderhoudskosten bestaan uit regulier onderhoud (maaien, etc.) en het periodiek ophogen van de kade, zodra de kruinhoogte onder het vereiste niveau zakt. Berekend is dat voor een levensduur van 50 à 100 jaar één extra ophoogslag van 0,5 m nodig is.

De totale kosten voor de kade Molenweg als geheel zijn geraamd op ca.:

- € 2.200 000,-- waarbij voor het verleggen van kabels en leidingen € 1.000.000,-- is geraamd;
- € 1.700 000,-- waarbij voor het verleggen van kabels en leidingen € 500.000,-- is geraamd.

In bovengenoemde totale kosten is een bedrag van € 231.300,-- (directe kosten) opgenomen voor het verleggen van de weg.

6.4 Vervangende waterkering (KV3)

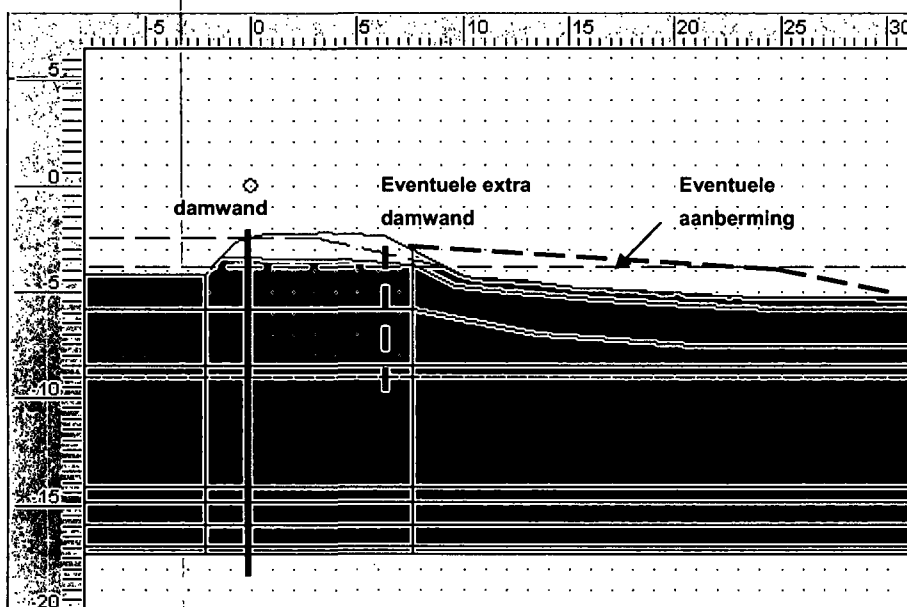
6.4.1 Beschrijving

Deze variant wijkt af van het veenkadebeleid doordat een grondvreemd element in de kade wordt geplaatst, een damwand. Een stalen (onverankerde) damwand AZ13, wordt als een vervangende waterkering, op de plaats van de beschoeiing aangebracht. De damwand wordt (conform veenkadebeleid) doorgezet tot in het Pleistoceen (zand). De bestaande beschoeiing wordt verwijderd. Op de top van de damwand wordt een betonnen kesp geplaatst. Eventueel kan voor een fraaie afwerking een muurtje van metselwerk worden aangebracht. De uitvoering neemt afhankelijk van de lengte van het tracé een paar dagen in beslag. Iets meer tijd is nodig als ter verfraaiing een muurtje van metselwerk wordt aangebracht.

In de bocht ter plaatse van de molen is het binnentalud dusdanig steil dat hier een extra damwand in de binnenkruin nodig is om aan de eisen te voldoen (zie figuur 5.2). Het gaat om een totale lengte van circa 75 m. Alternatief is een aanberming. Dit brengt echter meer kosten (vanwege het verleggen van kabels en leidingen) en een langere uitvoeringsperiode met zich mee.

6.4.2 Kengetallen

- Vervangende waterkering: damwand, profiel AZ18.
- De damwand heeft een (vereiste) hoogte van NAP-2, en onderkant op ca. NAP-18,5 m (1 m in Pleistoceen).
- Op de bovenkant wordt een betonnen kesp aangebracht.
- Eventueel wordt ter verfraaiing een muurtje van metselwerk aangebracht.
- Op het gedeelte met een te steil binnentalud (75 m) wordt een 8 m lange damwand, profiel PU6, geplaatst om bij mogelijke afschuivingen binnenwaarts nog voldoende kruinbreedte te garanderen.



Figuur 6.2: Kadeprofiel met vervangende waterkering en de opties extra damwand en aanberming

6.4.3 Voor- en nadelen

Voordelen:

- Kabels en leidingen kunnen worden gespaard, behalve in 2 m inspectiezone direct achter de damwand;
- Verkeersweg kan worden gehandhaafd;
- Geen zettingen zodat ophogingen in de toekomst achterwege kunnen blijven (lange planperiode: 50 jaar);
- Korte uitvoeringsduur;
- Gering ruimtebeslag.

Nadelen

-

6.4.4 Kosten

De directe kosten per strekkende meter zijn geraamd op:

- Bouwkosten: ca. € 2.100,--
 - meerkosten extra damwand: ca. € 820,--
 - meerkosten muurtje van metselwerk: ca. € 150,--
- Onderhoudskosten: Geen onderhoudskosten behalve de reguliere onderhoudskosten (als maaien etc.)

Corrosie damwanden

In principe zijn de damwanden onderhoudsvrij voor 100 jaar. Corrosie (roesten) van de damwand kan namelijk geaccepteerd worden omdat een zekere reductie van de wanddikte toelaatbaar is.

De wanddikte van een AZ13 is 9,5 cm. De corrosie in zure veengrond bedraagt 3,25 mm in 100 jaar (volgens CUR166).

Maximaal toelaatbaar moment is 312 kNm/m' (bij staalkwaliteit S240). Na reductie van de wanddikte is het maximaal toelaatbare moment gereduceerd tot ca. 200 kNm/m. Dit is echter nog steeds voldoende om het optredende moment, ca. 125 kNm/m' op te nemen.

De wanddikte van een PU6 is 7,5 / 6,4 cm. De corrosie in zure veengrond bedraagt 3,25 mm in 100 jaar (volgens CUR166). Maximaal toelaatbaar moment is 114 kNm/m' (bij staalkwaliteit S240). Na reductie van de wanddikte is het maximaal toelaatbare moment gereduceerd tot ca. 50 kNm/m. Dit is echter nog steeds voldoende om het optredende moment op te nemen.

De totale kosten voor kade Molenweg als geheel zijn geraamd op ca. € 1.300 000,--.

7 OVERZICHT KADEVARIANTEN

7.1 Inleiding

In onderstaande paragrafen wordt per kade een overzicht gegeven van de kadevarianten waarin kosten, ruimtebeslag, opleveringstijd en voor- en nadelen zijn vermeld. Voor de kosten zijn twee bedragen vermeld:

1. de *directe kosten* per strekkende meter kade;
2. de totale kosten per kade (inclusief indirecte kosten, onvoorzien en bijkomende kosten).

Bij het noemen van de voor- en nadelen geldt de kadevariant conform het veenkadebeleid als referentie.

7.2 Kade Oude Leede

Tabel 7.1: Samenvatting specificaties kadevarianten Oude Leede (directe en totale kosten)

Kadevariant	Kosten [€] -per m' (direct) -kade (totaal)	Ruimte- beslag [m]	Opleveringstijd [jaren] -uitvoeringstijd -rusttijd	Voordelen*	Nadelen*
KV1: In grond conform veenkadebeleid	1300 2.540.000	50	4 à 6 (totaal)	Referentie	Referentie
KV3: In grond met geotextiel**	1320 2.570.000	35	4 à 5 (totaal)	-ruimtebeslag	-
KV4: In grond met verticale drainage en geotextiel	1120 2.180.000	25	1 à 2 (totaal)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringstijd -minder hinder omgeving	-tijdelijke, geringe, toename van kwel
KV5: In grond zonder verkeersbelasting (met geotextiel)***	1270 2.470.000	35	4 à 5 (totaal)	-ruimtebeslag	-

KV2 "In grond conform veenkadebeleid met kleiner ruimtebeslag" is niet uitgewerkt omdat de benodigde uitvoering- en rusttijd substantieel langer zouden zijn dan 6 jaar.

* ten opzichte van KV1

**geotextiel na oplevering nog aantal jaren nodig voor stabiliteit.

***bij gegeven ruimtebeslag niet mogelijk zonder geotextiel

7.3
Kade Bovenvaart
Tabel 7.2: Samenvatting specificaties kadevarianten Bovenvaart (directe en totale kosten)

Kadevariant	Kosten [€] -per m' (direct) -kade (totaal)	Ruimte- beslag [m]	Opleveringstijd [jaren] -uitvoeringstijd -rusttijd	Voordelen*	Nadelen*
KV1: In grond conform veenkadebeleid	2050 5.780.000	65	8 (uitvoering) 2 (rusttijd)	Referentie	Referentie
KV2: In grond conform veenkadebeleid met kleiner ruimtebeslag	1180 3.340.000	40	15 à 20 (totaal)	-ruimtebeslag	-uitvoeringsduur -langer hinder omgeving
KV3: In grond met geotextiel**	1420 4.035.000	40	6 (uitvoering) 2 (rusttijd)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	
KV3a: : In grond met geotextiel, kadeklasse III**	1060 3.020.000	35	6 (uitvoering) 2 (rusttijd)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	
KV4: In grond met verticale drainage en geotextiel***	1640 4.640.000	40	1 à 2 (uitvoering) 4 à 5 (rusttijd)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	-tijdelijke, geringe, toename van kwel
KV4a: In grond met verticale drainage en geotextiel, kadeklasse III***	1250 3.550.000	35	2 (uitvoering) 4 (rusttijd)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	-tijdelijke, geringe, toename van kwel
KV5: In grond met grondverbetering Mixed-in-Place (MIP)	Grondwerk: € 280,-- MIP-deel: € 1425,-- (all-in) 3.590.000	20	< 1 (totaal)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving -beperkt grondverzet -hergebruik grond in ophoging	- Nederlandse aannemers weinig ervaring uitvoerings-methode
KV6: In grond zonder verkeersbelasting (met geotextiel)****	1150/1230 3.250.000/ 3.490.000*****	40	6 (uitvoering) 2 (rusttijd)	-ruimtebeslag -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	
KV6a: In grond zonder verkeersbelasting (met geotextiel),	930 2.630.000	30	6 (uitvoering) 2 (rusttijd)	-ruimtebeslag -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder	

Kadevariant	Kosten [€] -per m' (direct) -kade (totaal)	Ruimte- beslag [m]	Opleveringstijd [jaren] -uitvoeringstijd -rusttijd	Voordelen*	Nadelen*
kadeklassell****				omgeving	
KV7: In grond met nieuwe beschoeiing in buitentalud	2120 5.290.000	40	6 (uitvoering) 2 (rusttijd)	-ruimtebeslag -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	

* ten opzichte van KV1

** geotextiel na oplevering nog (aantal jaren) nodig voor stabiliteit.

*** nog optimalisatie mogelijk

**** bij gegeven ruimtebeslag niet mogelijk zonder geotextiel, geotextiel na oplevering nog aantal jaren nodig voor stabiliteit

***** Totale kosten van respectievelijk de variant *zonder* bovenbelasting en *met* bovenbelasting

7.4

Kade Molenweg

Tabel 7.3: Samenvatting specificaties kadevarianten Molenweg (directe en totale kosten)

Kadevariant	Kosten [€] -per m' (direct) -kade (totaal)	Ruimte- beslag [m]	Opleveringstijd [jaren] -uitvoeringstijd -rusttijd	Voordelen*	Nadelen*
KV1: In grond conform veenkadebeleid**	> 2050** >1.410.000 K+L***: 500.000 – 1.000.000	> 65	Ca. 10 (totaal)	<i>Referentie</i>	<i>Referentie</i>
KV2: In grond met toepassen van verticale drainage en geotextiel	1650 1.200.000 K+L***: 500.000 – 1.000.000	45	1 à 2 (uitvoering) 4 à 5 (rusttijd)	-ruimtebeslag -opleveringstijd -uitvoeringsduur -kortere tijd hinder omgeving	-tijdelijke, geringe, toename van kwel
KV3: Vervangende waterkering	2100**** 1.200.000 K+L***: ca. 100.000	Gelijk aan huidige kade	enkele weken	-uitvoeringstijd -hinder -ruimtebeslag -kabels en leidingen -geen wegverlegging	

* ten opzichte van KV1

** variant niet uitgewerkt, gepresenteerde zijn die voor kade KV1 van kade Bovenvaart, kosten per m' hier wellicht hoger

***bijkomende kosten voor werkzaamheden aan kabels en leidingen

****excl. meerkosten metselwerk en extra damwand in binnenkruinlijn (extra damwand wel meegenomen in totale kosten)

De kosten van wegverlegging (voor KV 1 en KV2) zijn in de totale kosten meegenomen, in de directe kosten niet.

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Kade Oude Leede

Conclusies

Voor kade Oude Leede is gekeken naar de volgende aanvullende maatregelen en oplossingen:

- toepassen van een of meerdere geotextielen;
- toepassen van verticale drainage;
- reductie van de verkeerbelasting van 13 kPa tot 5 kPa (werkbelasting) dan wel 0 kPa.

Het toepassen van deze aanvullende maatregelen heeft de volgende voordelen ten opzichte van een ontwerp conform het veenkadebeleid:

- toepassen van een of meerdere geotextielen beperkt het ruimtebeslag aanzienlijk en de uitvoeringstijd enigszins*;
- toepassen van meerdere geotextielen verhoogt de sterkte;
- toepassen van verticale drainage beperkt zowel de uitvoeringstijd als het ruimtebeslag *aanzienlijk**;
- bij reductie van de verkeerbelasting, uitgaande van een ruimtebeslag van ca. 35 m, blijft minstens een geotextiel noodzakelijk voor de sterkte.

* Hierbij dienen de gewenste reductie van het ruimtebeslag en reductie van de uitvoeringstijd tegen elkaar te worden afgewogen.

- De kosten van de bekeken kadevarianten liggen redelijk dicht bij elkaar, variërend tussen ca. € 2.200.000,-- en € 2.600.000,--.
- Toepassen van verticale drainage en met namen geotextiel is relatief goedkoop.
- Bij toepassing van geotextiel *zonder verticale drainage* moet na oplevering van de kade nog sterkte worden ontleend aan het geotextiel.

Aanbevelingen

Wij bevelen aan zowel geotextiel als verticale drainage toe te passen (kadevariant KV4). Deze oplossing is qua kosten, ruimtebeslag en uitvoeringstijd het meest voordelig. De verkeerbelasting van 13 kPa kan hierbij gehandhaafd blijven. Bovendien wordt een snelle uitvoering aanbevolen teneinde op korte termijn de benodigde kruinhoogte te realiseren die nodig is als de bergboezem voor berging wordt ingezet. De huidige hoogte van kade Oude Leede (variërend tussen NAP -2,9 à -3,9 m) is te laag voor het keren van het maximale bergingspeil van NAP -3,60 m. Het toegestane bergingspeil hangt af van de bereikte stabiliteit afhankelijk van de consolidatiegraad op het moment dat de berging wordt ingezet.

8.2 Kade Bovenvaart

Conclusies

Voor kade Bovenvaart is gekeken naar de volgende aanvullende maatregelen en oplossingen:

- toepassen van een of meerdere geotextielen;
- toepassen van verticale drainage;
- toepassen van Mixed-in-Place als grondverbetering;

- reductie van de verkeerbelasting van 13 kPa tot 5 kPa (werkbelasting) dan wel 0 kPa;
- toepassen van kort scherm in het buitentalud.

Het toepassen van deze aanvullende maatregelen heeft de volgende voordelen ten opzichte van een ontwerp conform het veenkadebeleid:

- toepassen van een of meerdere geotextielen beperkt het ruimtebeslag en de uitvoeringstijd*;
- toepassen van verticale drainage beperkt de uitvoeringstijd *aanzienlijk* en tevens het ruimtebeslag*;
- toepassen van een geotextiel verbetert met name de buitenwaartse stabiliteit, niet zo zeer de binnenwaartse stabiliteit, verticale drainage verbetert juist wel de binnenwaartse stabiliteit;
- bij reductie van de verkeerbelasting, uitgaande van een ruimtebeslag van ca. 40 m, blijft minstens een geotextiel of een kort scherm in het buitentalud noodzakelijk voor de sterkte;
- toepassen van Mixed-in-Place reduceert zowel de uitvoeringstijd als het ruimtebeslag *aanzienlijk**; daarnaast beperkt het de hinder aanzienlijk vanwege het geringe grondverzet;
- toepassen van een kort scherm (damwand) in het buitentalud is vrij kostbaar maar biedt geen extra voordelen ten opzichte van een oplossing met geotextiel.

* Hierbij dienen de gewenste reductie van het ruimtebeslag en reductie van de uitvoeringstijd tegen elkaar te worden afgewogen.

Door het verlagen van de aan te houden kadeklasse, van V+ naar III, is de minimaal vereiste stabiliteitsfactor lager: $SF_{min} = 0,9$ in plaats van 1,05. Dit heeft als gunstig effect dat het ruimtebeslag van de kade kan worden verminderd, bij gelijkblijvende uitvoering en rusttijd.

- De kosten van de bekeken kadevarianten variëren tussen ca. € 2.600.000,-- en € 5.800.000,--.
- Toepassen van verticale drainage en met name geotextiel is relatief goedkoop.
- Bij toepassing van geotextiel moet na oplevering van de kade nog sterkte worden ontleend aan het geotextiel.

Aanbevelingen

Voor het kiezen van het beste alternatief zal eerst een afweging op verschillende aspecten als kosten, uitvoeringstijd en ruimtebeslag moeten worden gemaakt. Wij bevelen aan te kiezen tussen:

1. Oplossing met Mixed-in-Place;
2. Oplossing met verticale drainage en geotextiel;
3. Eventueel oplossing met alleen geotextiel (indien verticale drainage niet acceptabel is);
4. Oplossing 2 of 3 zonder of met geringe verkeerbelasting.

Vanwege de vele voordelen bij toepassing van Mixed-in-Place bevelen wij, mede gezien de niet al te hoge kosten (ca. € 3.600.000,--) deze optie verder uit te werken. Deze oplossing is qua ruimtebeslag, uitvoeringstijd en hinder voor de omgeving het meest voordelig.

8.3 Kade Molenweg

Conclusies

Voor kade Molenweg is gekeken naar de volgende aanvullende maatregelen en oplossingen:

- toepassen van verticale drainage met geotextiel;
- toepassen van vervangende waterkering.

Het toepassen van deze aanvullende maatregelen /oplossingen heeft de volgende voordelen ten opzichte van een ontwerp conform het veenkadebeleid:

- toepassen van verticale drainage met geotextiel beperkt het ruimtebeslag en met name de uitvoeringstijd aanzienlijk*;
- toepassen van een geotextiel verbetert met name de buitenwaartse stabiliteit, niet zo zeer de binnenwaartse stabiliteit, verticale drainage verbetert juist wel de binnenwaartse stabiliteit;
- een vervangende waterkering (damwand) in het buitentalud heeft een zeer snelle uitvoeringsduur omdat een grondophoging achterwege kan blijven; het ruimtebeslag is tevens zeer beperkt, gelijk aan het ruimtebeslag van de bestaande kade; verleggen van de Molenweg en kabels en leidingen is niet nodig; bovendien is de inpassing van het gemaal in de waterkering gemakkelijker dan bij de alternatieven met grondophoging.

* Hierbij dienen de gewenste reductie van het ruimtebeslag en reductie van de uitvoeringstijd tegen elkaar te worden afgewogen.

- De kosten van de bekeken kadevarianten variëren tussen ca. € 1.200.000,-- en € 1.400.000,-- (excl. kosten van kabels en leidingen, incl. kosten verleggen Molenweg).
- Indien de kosten van het verleggen van kabels en leidingen (K&L) worden meegenomen variëren de totaalkosten tussen ca. € 1.400.000,-- en € 2.400.000,-- waarbij is rekening gehouden met twee scenario's (relatief lage en relatief hoge kosten voor verleggen K&L). De oplossing met vervangende waterkering is in beide scenario's het goedkoopst.

Aanbevelingen

Wij bevelen aan te kiezen voor de kadevariant met vervangende waterkering, vanwege de vele voordelen qua ruimtebeslag, uitvoeringstijd, hinder voor de omgeving. Bovendien is deze oplossing waarschijnlijk ook qua totale kosten (incl. bijkomende werken) het meest voordelig.

8.4 Overige conclusies en aanbevelingen

Gegeven de wens om de berging op korte termijn te kunnen inzetten wordt een snelle uitvoering aanbevolen vanwege de volgende redenen:

De huidige hoogte van kade Oude Leede (variërend tussen NAP -2,9 à -3,9 m) is te laag voor het keren van het maximale bergingspeil van NAP-3,60 m.

Het toegestane bergingspeil hangt af van de bereikte stabiliteit afhankelijk van de consolidatiegraad op het moment dat de berging wordt ingezet.

Bij inzet van de bergboezem voor berging tijdens de uitvoeringsperiode moeten de aangebrachte zandlagen worden afgeschermd van het water. Voorkomen moet namelijk worden dat het zand met slib wordt vermengd. Dit kan ongunstige effecten hebben op de waterhuishouding in de dijk. Het onbedekte kernmateriaal kan bovendien na inzet van de berging wegspoelen waardoor de veiligheid oncontroleerbaar wordt. Mogelijke maatregelen zijn: het afdekken van zandlagen met klei (definitief) of tijdelijk met een geotextiel.

Tijdens het vullen van de bergboezem zal het zandlichaam via de teen met water gevuld worden. Het te snel ledigen van de bergboezem kan mogelijk leiden tot instabiliteit van de kade. Bij het snel zakken van de waterstand in de bergboezem blijft de waterstand in de kade hierop achter waardoor hoge waterdrukken op het talud ontstaan. Het is echter niet gemakkelijk vast te stellen hoe hoog de waterstand in de kade als gevolg van de boezemberging zal worden. Uitgaande van een vultijd van circa 3 dagen en een constant maximum bergingspeil NAP-3,6 gedurende 3 tot 4 dagen mag de ledigingstijd niet korter zijn dan 7 dagen. Bij een pompcapaciteit van 80 m³/min zal de ledigingstijd circa 10 dagen bedragen. Het is dus gegarandeerd dat de ledigingstijd nooit korter is dan 7 dagen.

Aanbevolen wordt om de consolidatie en zetting tijdens aanleg te monitoren met waterspanningsmeters en zakbakens. Uit de monitoringsresultaten kan worden afgeleid hoe snel de zetting en consolidatie in werkelijkheid verloopt en in welk tempo ophoogslagen mogen worden aangebracht. Hiermee kunnen de in deze rapportage aangegeven uitvoerings- en rusttijden die zijn gebaseerd op modelberekeningen en een inschatting van de consolidatiecoëfficiënt op basis van samendrukkingsproeven, worden geverifieerd en zonodig bijgesteld.