

Handreiking beschoeiingen en damwanden in regionale keringen

februari 2017

1 INLEIDING

- 1.1 Vergunning
- 1.2 Normen en richtlijnen

2 LICHTEN EN GRONDKERENDE CONSTRUCTIES

- 2.1 Kern- en / of beschermingszone (regionale) keringen
- 2.2 Lichte constructies
- 2.3 Grondkerende constructies
 - 2.3.1. Macrostabieliteit buitenwaarts
 - 2.3.2. Macrostabieliteit binnenwaarts
 - 2.3.3. Macrostabieliteit bij niet waterkerende objecten

3 RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

- 3.1 Ipo classificatie en risicoklassen
- 3.2 Levensduur damwand
- 3.3 Hydraulische randvoorwaarden
- 3.4 Geo-technische randvoorwaarden
- 3.5 Overige randvoorwaarden

4 BEOORDELING

- 4.1 Standzekerheid bij gebruikssituatie (macrostabieliteit buitenwaarts)
 - 4.2.1 Standzekerheid bij calamiteit (macrostabieliteit binnenwaarts)
 - 4.2.2 Standzekerheid vervangende waterkering bij calamiteit
- 4.3 Aanleghoogte damwand
- 4.4 Verticale stabieliteit en horizontale verplaatsingen
- 4.5 Rekenprogramma's en het gebruik
- 4.6 Roestvorming

5 ONTWERP EN UITVOERING

- 5.1 Verankering
- 5.2 Koudgevormde en warmgewalste damwandprofielen
- 5.3 Afwerking bovenkant damwand en taludbekleding
- 5.4 Infiltratievoorziening
- 5.5 Compartimenteringskeringen, inlaten en gemalen
- 5.6 Uitvoering

6 JURIDISCHE ZAKEN

- 6.1 Recht van opstal
- 6.2 Aanwezige inlaten

1 INLEIDING

Deze handreiking is als richtlijn bedoeld en heeft betrekking op beschoeiingen en damwanden die binnen de kern- en beschermingszone van regionale keringen worden gesitueerd in het buitentalud of de kruin van de kering. Het document behandelt alleen lichte houten constructies en stalen damwandconstructies en is **niet van toepassing** op damwanden die aan de binnenzijde (binnentalud en achterland) worden geplaatst. Dergelijke situaties worden niet beschouwd daar met name onderaan het binnentalud en achterland een complexer faalmechanisme van toepassing is. De handreiking ziet dus zowel op vergunningplichtige damwanden en beschoeiingen als op damwanden en beschoeiingen die vallen onder een algemene regel.

Deze handreiking is geschreven ten behoeve van vergunningverleners, aanvragers van een watervergunning en ingenieurbureaus. Hoofdstuk 2 geeft aan wanneer de beschoeiing of damwand mag worden gezien als een lichte constructie dan wel, in verband met de kerende functie aan zekere eisen moet voldoen. De eisen waaraan deze constructies moeten voldoen komen in hoofdstuk 3, 4 en 5 aan bod. Hoofdstuk 6 behandelt een aantal juridische aspecten.

1.1 VERGUNNING

Met uitzondering van die gevallen waarbij conform paragraaf 2.1 en 2.2 sprake is van een lichte constructie of zorgplicht, dient voorafgaand aan de uitvoering, het ontwerp, een werkplan en een calamiteitenplan ter goedkeuring te worden voorgelegd aan het Hoogheemraadschap van Rijnland en vergunning te zijn verkregen.

Om het ontwerp te kunnen beoordelen zijn representatieve dwarsprofielen benodigd. Voor elk dwarsprofiel dienen verschillende kenmerken van de waterkering, de constructie en de omgeving bekend te zijn, zoals:

- geometrie van de kering incl. waterdiepten en onderwatertalud;
- bodemopbouw en geotechnische eigenschappen van de grond;
- waterspanningen;
- bekledingen;
- waterstanden.

In geval er niet wordt gekozen voor één damwandprofiel, maar deze over de lengte varieert, moet er voor elk traject minimaal één dwarsprofiel worden gemaakt. Meerdere dwarsprofielen zijn eveneens nodig wanneer zich significante wijzigingen in de geometrie, bodemopbouw, etc. voordoen.

Tijdens de werkzaamheden dienen afwijkingen ten opzichte van het ontwerp te worden bijgehouden. Deze revisiestukken moeten actueel zijn en op het werk aanwezig zijn. Na afloop van de werkzaamheden dienen de definitieve revisietekeningen ter goedkeuring te worden overgelegd. De revisietekeningen geven alle wijzigingen ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp, waaronder de locatie van de damwandplanken ten opzichte van de oeverlijn, de scheefstand, de lengte van de planken (welke planken zijn ingekort), welke obstakels in het werk zijn tegengekomen, welke oude constructiedelen zijn verwijderd en welke zijn achtergebleven.

Calamiteitenplan

Tezamen met het ontwerp moet er een calamiteitenplan ter goedkeuring worden overgelegd. Het calamiteitenplan moet aangeven welke risico's er zijn, wat de gevolgen kunnen zijn en welke maatregelen worden genomen om de risico's en de gevolgen te beperken. Het

calamiteitenplan moet met name aandacht besteden aan het bezwijken van de kering door onvoorziene omstandigheden.

Contra-expertise

Wanneer een ontwerp de expertise van Rijnland te boven gaat, wanneer er binnen Rijnland te weinig capaciteit beschikbaar is of Rijnland een second opinion noodzakelijk acht ten aanzien van het ontwerp, kan Rijnland conform de legesverordening er toe besluiten de beoordeling van de aanvraag door een ingenieursbureau te laten geschieden.

1.2 NORMEN EN RICHTLIJNEN

Voor algemene technische randvoorwaarden wordt verwezen naar de volgende normen en richtlijnen. In aflopende hiërarchie dient te worden ontworpen conform:

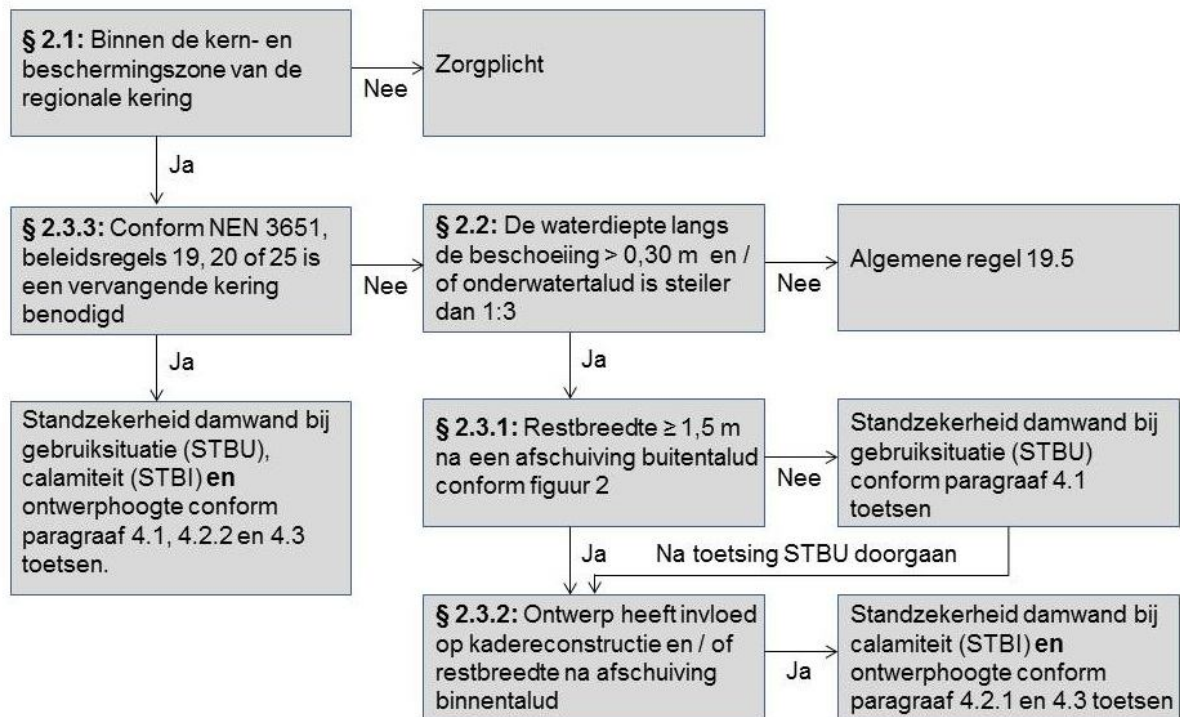
1. De Keur Rijnland 2015, de daarbij behorende uitvoeringsregels en de legger waterkeringen;
2. De handreiking beschoeiingen en damwanden in regionale keringen (onderhavig document);
3. De volgende europees en landelijk vastgestelde documenten en richtlijnen:
 - Eurocode en nationale bijlagen (waaronder EC7, EC7-NB, EC3, EC3-NB, EC5 en CUR 166);
 - Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen (STOWA, 2016);
 - Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden, ORK 06 (STOWA 2009);
 - Leidraad Waterkerende Kunstwerken in Regionale Waterkeringen, ORK 15 (STOWA, 2011);
 - Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken (ENW, 2009);
 - Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (TAW, September 2004).

2 LICHT EN GRONDKERENDE CONSTRUCTIES

2.1 KERN- EN / OF BESCHERMINGSZONE (REGIONALE) KERENGEN

In geval de damwand of beschoeiing (inclusief eventuele verankering) **buiten de kern- en / of beschermingszone** van de kering wordt gesitueerd valt het onder de zorgplicht en is een verdere toetsing niet benodigd. Voor damwanden en beschoeiingen die als oeverconstructie binnen de kern- en beschermingszone van de regionale kering worden aangebracht, is conform beleidsregel 9 Beschoeiingen en beleidsregel 19.8 Bouwen een watervergunning benodigd. Een uitzondering geldt voor lichte constructies zoals die in paragraaf 2.2 worden omschreven. Hiervoor geldt 19.5 Algemene regel waterkeringen.

Voor het aanbrengen van niet waterkerende objecten in of nabij een kering is conform NEN 3651, beleidsregel 19.8, 20.5 en 25.4 soms een vervangende waterkering in de vorm van een damwandconstructie benodigd. Onderstaand beslisschema dient hiervoor te worden doorlopen. Het beslisschema wordt toegelicht in paragraaf 2.2 en 2.3.



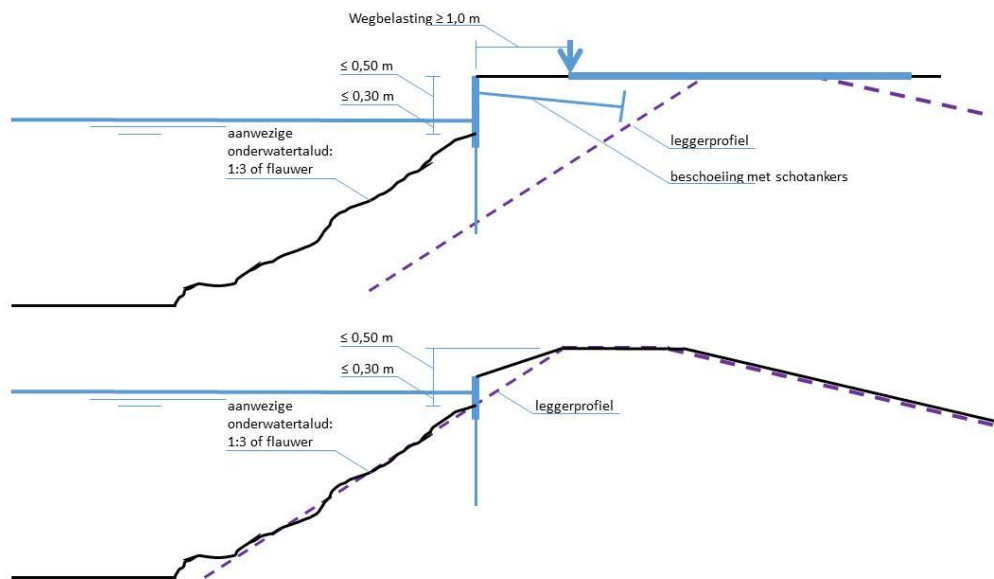
Figuur 1: Beslisschema

2.2 LICHTEN CONSTRUCTIES; ALGEMENE REGEL

Lichte constructies, hydraulisch open beschoeiingen, hebben als primaire functie het beschermen van het buitentalud tegen oevererosie. De grondkerende functie is beperkt, inhoudende dat de waterdiepte direct langs de beschoeiing niet meer mag zijn dan 0,30 m en dat het onderwatertalud een helling heeft van 1:3 of flauwer. In geval van een verharde weg op de kruin, moet de wegberm minimaal 1,0 m breed zijn. Een en ander wordt verduidelijkt in figuur 2.

Lichte constructies, hydraulisch open beschoeiingen, bestaan uit houten palen met doek ertussen en / of houten planken of schotten erlangs. Er mogen geen (schot)ankers (binnen het leggerprofiel van de kering) worden toegepast. Als aan alle bovenstaande voorwaarden

wordt voldaan is een verdere toetsing niet benodigd. In het andere geval moet de constructie worden beschouwd als een grondkerende constructie. Hier wordt in paragraaf 2.3 nader op ingegaan.



Figuur 2: Twee voorbeelden van lichte constructies binnen de kern- en beschermingszone.

2.3 GRONDKERENDE CONSTRUCTIES; VERGUNNINGPLICHT

Grondkerende constructies (verder in deze handreiking ook wel damwand, waterkerende constructie of vervangende waterkering genoemd), dragen belasting af naar de ondergrond (bijvoorbeeld een verkeersbelasting) en hebben een grondkerende hoogte van meer dan 0,8 m. Als nevenfunctie hebben zij het beschermen van het buitentalud tegen erosie.

De constructie kan bestaan uit een houten (gesloten) damwand, veelal uitgevoerd met houten palen en / of een gording of een damwandconstructie uitgevoerd in staal of beton.

Grondkerende oeverconstructies worden onder andere toegepast langs vaarwegen. Ze worden aangebracht om een grotere waterdiepte of een steiler talud te verkrijgen. Geplaatst in een kering, moeten zij veelal de macrostabiliteit buitenwaarts van de kering waarborgen.

Oeverconstructies moeten in sommige gevallen tevens de binnenwaartse stabiliteit van de kering waarborgen. Dergelijke constructies worden als waterkerende constructie verder aangeduid. Voor waterkerende constructies moet zo wel de macrostabiliteit buitenwaarts als de macrostabiliteit binnenwaarts apart worden beoordeeld. Dit wordt hieronder nader toegelicht.

Om een niet-waterkerende objecten of een leiding in of nabij een kering te kunnen aanbrengen kan het conform beleidsregel 19.8, 20.5 of 25.4 vereist zijn dat er een vervangende kering in de vorm van een damwandconstructie wordt aangebracht. Dergelijke damwandconstructies worden in paragraaf 2.3.3 apart behandeld.

2.3.1. Macrostabiliteit buitenwaarts

Grondkerende constructies komen in boezem- en polderkaden veelal langs de buitenkant van de kade voor en vormen dan de verticale begrenzing tussen (tussen)boezem en kade.

Het falen van dergelijke constructies kan betekenen dat de kering onder een bepaalde helling buitenwaarts afschuift. In veel gevallen is de kruin die overblijft onvoldoende om het water te keren en leidt dit tot het onderlopen van de polder.

Alleen in gevallen waarbij binnen de kern- en beschermingszone van de kering sprake is van een verheelde kering dan wel dat het aanwezige profiel ruimer is dan het leggerprofiel, en er na het afschuiven van de kering onder een talud van 1:n een restbreedte van minimaal 1,5 m overblijft om het water te kunnen keren (zie figuur 3), behoeft de macrostabiliteit buitenwaarts niet te worden getoetst. De restbreedte kan middels een eenvoudige geometrische toets worden bepaald. Voor het afschuifvlak moet worden uitgegaan van het volgende:

- Het afschuifvlak begint ter plaatse van de bodem van de boezem. Het niveau van de bodem van de boezem waarmee gerekend moet worden, wordt bepaald aan de hand van:
 - o ingemeten profielen;
 - o het baggerprofiel (= leggerdiepte watergang minus 0,20 m);
 - o ontgrondingen door schepen (zoals toegelicht in paragraaf 3.5).

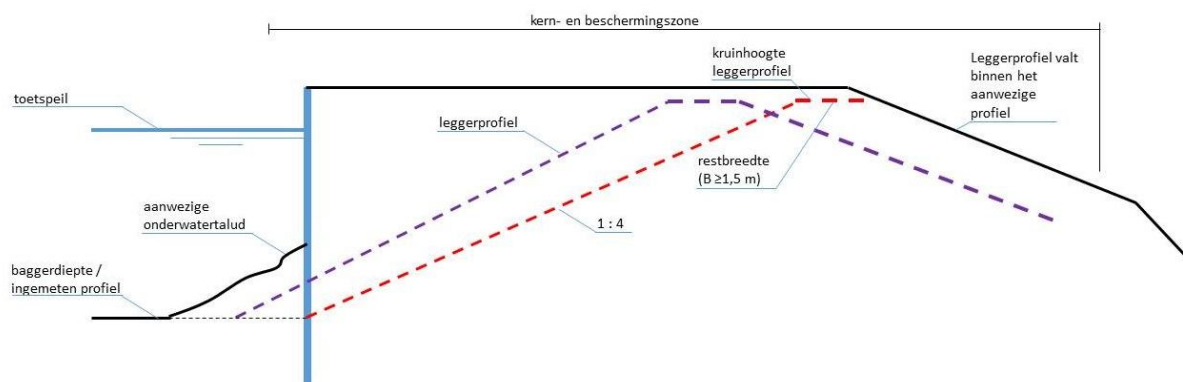
Het diepste punt moet worden aangehouden. In geval er geen ontgrondingen door schepen zijn te verwachten kan voor deze eenvoudige toets gebruik worden gemaakt van de dieptes zoals die in de Toetsrapporten [5] zijn aangehouden.

- Het afschuifvlak heeft een hellingshoek van 1:4 ($n = 4$).

De restbreedte moet binnen de kern- of beschermingszone liggen, dan wel moet er sprake zijn van brede strook met bebouwing, weg- en / of erfverharding en mag er geen kans bestaan dat er gedurende de levensduur van de damwand, binnen de reststrook wordt gegraven ten behoeve van kelders, sloten, etc.

In het geval volgens de eenvoudige methode onvoldoende restbreedte aanwezig is, kan aan de hand van een door een beleidsmedewerker van Rijnland uit te voeren gedetailleerde toets de restbreedte bij een afschuiving buitenwaarts nauwkeuriger worden beoordeeld. Hiervoor wordt er verwezen naar het document Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Keringen [8].

Is de restbreedte na een afschuiving onvoldoende, dan dient de constructie op sterkte en stabiliteit te worden getoetst. Dit wordt nader toegelicht in de paragraaf 4.1.



Figuur 3: Beoordeling restbreedte na afschuiving

2.3.2. Macrostablieit binnenwaarts

In een beperkt aantal gevallen is een waterkerende constructie benodigd, inhoudende dat een damwand zo wel de binnenwaartse als de buitenwaartse stabiliteit zal moeten waarborgen. Deze gevallen zijn te onderscheiden in drie groepen:

1. Een oeverconstructie wordt nieuw geplaatst of vervangen. De macrostablieit van het binnentalud voldoet in de huidige situatie niet. Veelal zal in eerste instantie door Rijnland worden gezocht naar een oplossing in "grond". Als dit niet mogelijk is zal een waterkerende constructie benodigd zijn. Het kan dan voor Rijnland financieel aantrekkelijk zijn om dan mee te liften met de vervanging van de oeverconstructie.
2. De nieuwe oeverconstructie wordt achter de bestaande oeverlijn, damwand of beschoeiing geplaatst. In een aantal gevallen is de kering, op basis van de in de praktijk aanwezige breedte goedgekeurd. Wanneer een deel van de kering afschuift blijft er voldoende restbreedte over om de kerende functie te waarborgen. Wanneer de kruinbreedte wordt gereduceerd en conform de restbreedte-methode [4], onvoldoende restbreedte overblijft, zal de damwand als een waterkerende constructie moeten worden ontworpen.
3. Het onderhoud aan de kering wordt belemmerd of wordt kostbaarder (door plaatsing van een brug of andere vaste overkluizing).

In bovenstaande situaties wordt inzake de toetsing van de macrostablieit binnenwaarts en de ontwerphoogte verwezen naar paragraaf 4.2.1. en 4.3.

4. Er worden werkzaamheden aan, in of nabij de kering uitgevoerd, die noodzaken dat er een vervangende kering wordt aangebracht.

Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 2.3.3.

2.3.3. Macrostablieit bij niet waterkerende objecten

Nieuwe bouwwerken, wegen en ontgravingen

Conform beleidsregel 19.8, 20.5 en 25.4, en de leidraden zoals hierboven genoemd zijn werken (bouwwerken, wegen en ontgravingen) in bepaalde gevallen binnen de bebouwde contouren binnen het profiel van vrije ruimte van de kering toegestaan, wanneer:

- a) ter plaatse van het werk een zelfstandige onafhankelijke vervangende waterkering wordt aangebracht;
- b) deze in lengterichting ter weerszijden van het werk over een breedte gelijk aan H wordt doorgezet (H is het hoogteverschil tussen de kruin (legger) en de onderzijde van het werk inclusief te verwachten zettingen (de damwand moet worden doorgezet om achterloopsheid te voorkomen en in verband met de stabiliteit van de kering in driedimensionale zin);
- c) de vervangende kering de macrostablieit buitenwaarts en binnenwaarts garandeert;
- d) de vervangende kering een ontwerphoogte heeft die gelijk is aan de leggerhoogte;
- e) tussen de vervangende kering en het bouwwerk een 1,5 m brede strook aanwezig is in verband met inspectie en onderhoud (een breedte van 1,5 m is minimaal nodig om de damwanden te kunnen verwijderen en nieuwe damwanden te kunnen plaatsen).

ad a) en b)

Met "werk" wordt bedoeld het bouwwerk, de weg of de ontgraving.

ad b)

Wegen kunnen zetten. Bij het ontwerp van de vervangende waterkering moet er daarom rekening worden gehouden met de te verwachten zettingen gedurende de levensduur van de weg. In het algemeen wordt door wegbeheerders een levensduur van 30 jaar aangehouden. Binnen deze periode zal dan de weg inclusief wegfundering moeten worden verwijderd en de dijk inclusief weg weer op de vereiste hoogte moeten worden gebracht.

ad c) en d)

Voor de macrostabiliteit buitenwaarts en de hoogte geldt hetzelfde als voor waterkerende constructies en wordt voor de toetsing verder verwezen naar paragraaf 4.1 en 4.3. Voor de macrostabiliteit binnenwaarts gelden andere voorwaarden. Deze worden beschreven in paragraaf 4.2.2.

ad d)

Er kunnen zich bepaalde gevallen voordoen waarbij de damwandconstructie bijdraagt aan de waterkerendheid (stabiliteit) van de kering. De damwand wordt dan bijvoorbeeld in het binnentalud van de kering gesitueerd. In een dergelijke situatie kan het voorkomen dat de ontwerphoogte van de vervangende kering lager is dan de leggerhoogte daar het dijklichaam zelf een hoogte heeft die in staat is het water te doen keren. Hier wordt verder niet op ingegaan, daar in de inleiding al is verwoord dat deze handreiking alleen betrekking heeft op constructies die in het buitentalud of de kruin worden gesitueerd.

Bestaande bouwwerken

Het kan gebeuren dat een nieuw bouwwerk zoals bijvoorbeeld een oeverconstructie wordt aangebracht in de directe nabijheid van een bestaand bouwwerk bijvoorbeeld een kelderconstructie. In een dergelijk geval zou dan conform het bovenstaande, naast de macrostabiliteit buitenwaarts maar ook de macrostabiliteit binnenwaarts van de damwand moeten worden getoetst. Het is dan veelal niet correct de meerkosten die voortvloeien uit een dubbele toetsing, bij de aanvrager neer te leggen.

Voor bestaande bouwwerken, die volgens de regelgeving worden geacht legaal aanwezig te zijn, kan Rijnland overwegen de meerkosten te betalen. Bij deze overweging speelt het volgende mee:

- Niet waterkerende objecten zijn nog niet getoetst. De toetsing behoeft pas in 2024 te zijn afgerond.
- Er zijn nog geen leidraden en / of technische rapporten voor het toetsen van niet waterkerende objecten in regionale keringen.

Leidingen in of nabij keringen

Waar een leiding een regionale kering kruist of binnen de kering of veiligheidszone parallel ligt aan de kering, kan het conform NEN 3651 nodig zijn dat een vervangende kering in de vorm van een damwandconstructie wordt toegepast. Voor de vervangende kering geldt dat:

- a) de breedte van de vervangende kering conform NEN 3651 moet worden berekend;
- b) deze de macrostabiliteit buitenwaarts en binnenwaarts moet waarborgen;
- c) deze ter plaatse van de kruin moet worden geplaatst en een hoogte moet hebben die het buitenwater voldoende kan keren;
- d) deze uit een onverankerde damwandscherm bestaat.

Voor het ontwerp van de damwand wordt er verder verwezen naar hoofdstuk 4. Voor de macrostabiliteit buitenwaarts en binnenwaarts wordt er verwezen naar paragraaf 4.1 en paragraaf 4.2.2. Voor de hoogte wordt er verwezen naar paragraaf 4.3.

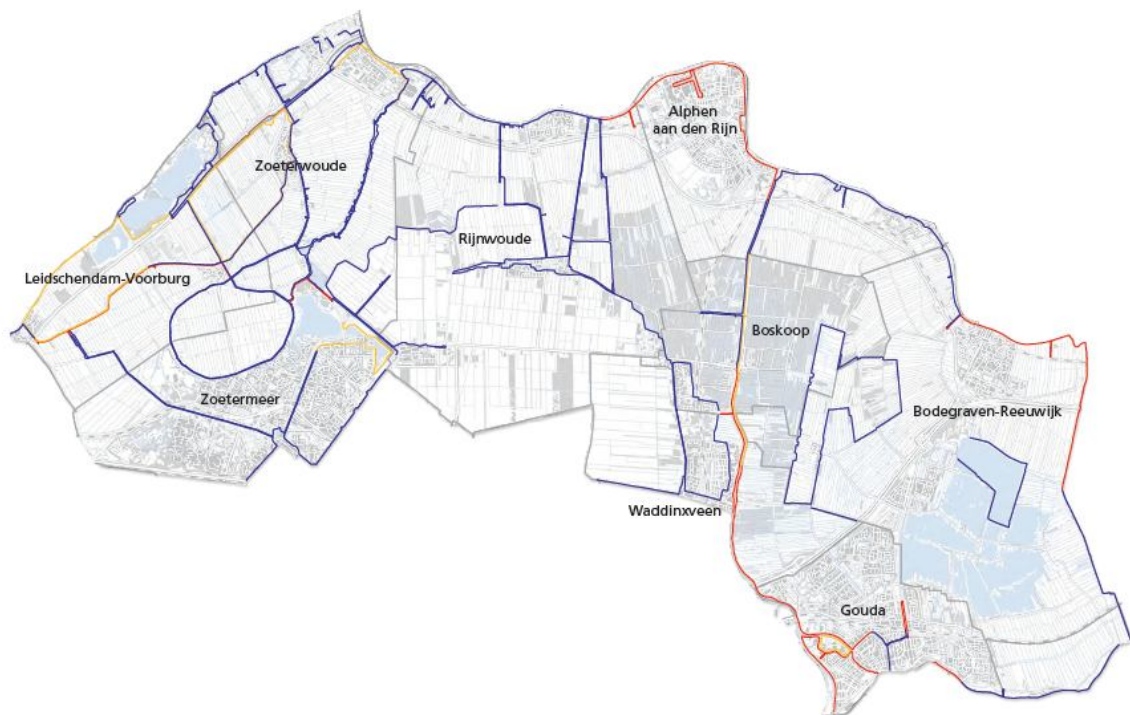
3 RANDVOORWAARDEN EN UITGANGSPUNTEN

3.1 IPO CLASSIFICATIE EN RISICOKLASSEN

Op basis van het 'interprovinciaal overleg (IPO) zijn vijf veiligheidsklassen en bijbehorende veiligheidsnormen voor boezem- en polderkaden bepaald. Figuur 4 geeft, als voorbeeld de veiligheidsnormering (IPO-klasse) voor de regionale keringen ten zuiden van de Oude Rijn.

Damwanden en beschoeiingen moeten worden ontworpen aan de hand van CUR 166. CUR 166 gaat bij het ontwerp uit van risicoklassen RC0, RC1, RC2 en RC3. Hoe hoger de risicoklasse, hoe zwaarder de constructie moet worden ontworpen. Grondkerende, waterkerende constructies en vervangende keringen (dat wil zeggen de macrostabiliteit buitenwaarts en / of binnenwaarts moet worden gewaarborgd) moeten als er sprake is van een IPO classificatie IV en V voldoen aan RC2. In geval er sprake is van een IPO classificatie I, II of III moet de constructie voldoen aan RC1. RC3 is van toepassing op primaire keringen

RC0 is voor eenvoudige constructies, waarbij er geen risico's zijn. Te denken valt aan beschoeiingen en damwanden die als oeverconstructie langs overige watergangen zijn aangebracht en waarvoor de zorgplicht geldt.



Figuur 4: IPO-normering regionale keringen ten zuiden van de Oude Rijn (bron: bijlage 1 Waterverordening Rijnland, februari 2013)

3.2 LEVENSDUUR DAMWAND

Bij het ontwerp moet er worden uitgegaan een levensduur van 100 jaar. Hiervoor wordt er verwezen naar Beleidsregel 19. Een levensduur van 100 jaar houdt in feite in dat alleen stalen damwandconstructies (behoudens bijzondere omstandigheden) kunnen worden toegepast (houten constructies hebben een levensduur van niet meer dan 30 jaar). De

levensduureis is met name van invloed op de hoogte van de damwand in verband met de te verwachten zettingen (zie paragraaf 4.3) en de dikte van de damwandplanken in verband met de toe te passen corrosietoeslag (zie paragraaf 4.6).

In geval een overheidsorganisatie een beheerderstaak heeft met betrekking tot het in stand houden van de oever, mag er in overleg met Rijnland worden uitgegaan van een aangepaste levensduur. Voorbeelden hiervan zijn de provincie, als vaarwegbeheerder en de gemeente als beheerder van de weg op de kering. Er moet sprake zijn van een direct belang. Deze regeling is daarom niet van toepassing op situaties waarbij door Rijnland een vervangende kering wordt voorgeschreven (zoals bij aquaducten, leidingen, etc.) of door de slechte bereikbaarheid (zoals onder bruggen) het onderhoud aan de oeverconstructie wordt bemoeilijkt.

3.3 HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN

Streefpeil (tussen)boezemwater

Het streefpeil van het boezemwater binnen Rijnland is:

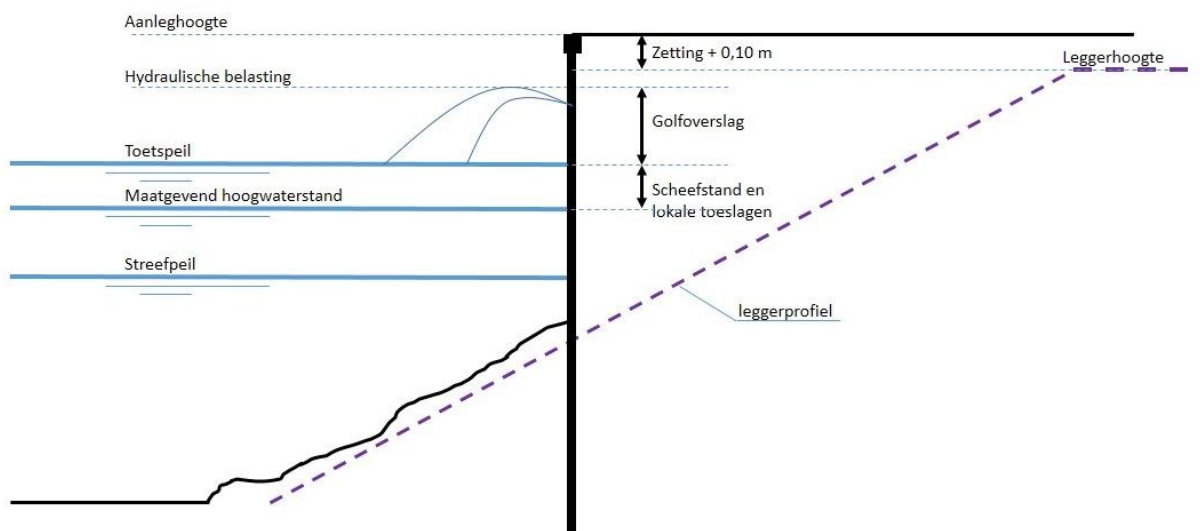
- Zomerpeil: NAP -0,61 m;
- Winterpeil: NAP -0,64 m.

Het tussenboezemwater is het door polderkaden te keren water. Het streefpeil in het tussenboezemwater varieert per polder.

Maatgevend Hoogwaterpeil (MHP)

Het maatgevend hoogwaterpeil (MHP) is de gemiddelde waterstand die bij de gegeven overschrijdingskans (norm) optreedt. De overschrijdingskans is afhankelijk van de IPO-klasse van de kering. Het toetspeil wordt vastgesteld op basis van het maatgevend hoogwaterpeil en houdt rekening met een stijging van het waterstand door scheefstand van de boezem (door wind en bemaling) en overige lokale toeslagen [8]. Voor de toetspeilen voor de boezemkaden en polderkaden, wordt respectievelijk verwezen naar Toetshoogten boezemkaden Rijnland met behulp van PROMOTOR [2] en Studie Waterbezwaar 2^{de} fase.

Het totaal van MHP plus de lokale toeslagen (scheefstand door opwaaiing en stromingsweerstand bemalingsverhang) plus een marge voor golfoverslag wordt de hydraulische belasting van de kering genoemd, oftewel de hydraulische randvoorwaarde. Dat alles tezamen geeft de minimaal benodigde kruinhoogte waaraan getoetst wordt.



Figuur 5: Toetspeil en aanleghoogte.

Macrostabieliteit buitenwaarts, peil na val en laag boezempeil

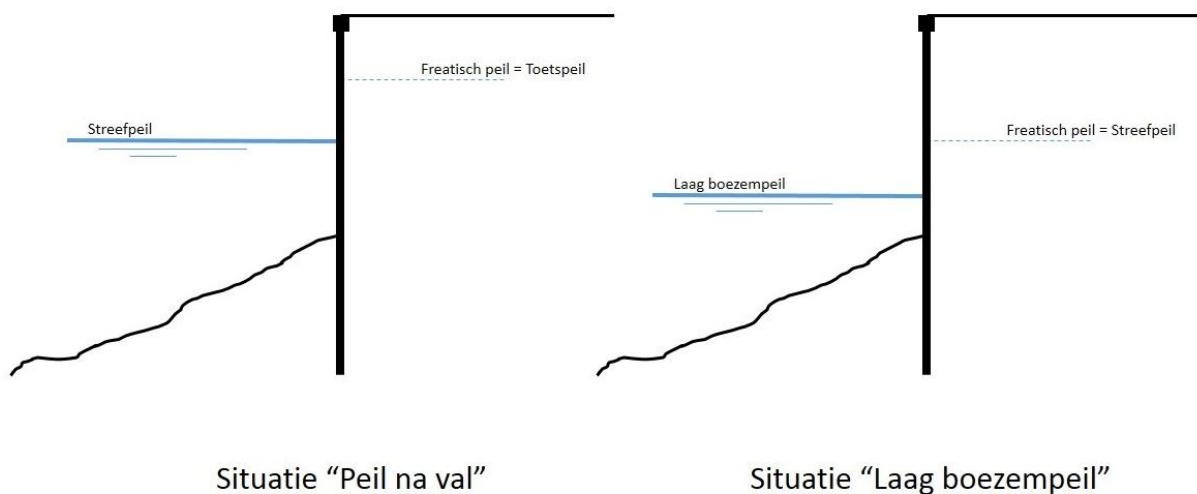
Bij het toetsen van de macrostabieliteit buitenwaarts moet rekening worden gehouden met:

- “peil na val” situatie (buitenwaterstand gelijk aan streefpeil na voorafgaand optreden van het toetspeil);
- val van het boezempeil door een kadebreuk elders;
- plaatselijke verlagingen van het (boezem)peil door bemaling;
- scheefstand van de boezem (afwaaiing) als gevolg van harde wind.

Er zal moeten worden nagegaan welke situatie maatgevend is voor de toetsing van de macrostabieliteit buitenwaarts. Waterstandsverlagingen door passerende schepen worden niet als maatgevend gezien. Er wordt hiervoor verwezen naar het Technisch Rapport Macrostabieliteit (concept-rapport Deltares 2013).

Voor de situatie ‘peil na val’ moet worden uitgegaan van een buitenwaterstand gelijk aan streefpeil na voorafgaand optreden van het toetspeil. In het grondlichaam wordt hetzelfde freatische vlak aangehouden als het toetspeil (situatie hoogwater) [1].

Als gevolg van afwaaiing en in de nabijheid van gemalen kan er sprake zijn van een “laag boezempeil” (lager dan het streefpeil). Of dit zich zal voordoen en in welke mate zal afhangen van lokale omstandigheden. Informatie is op te vragen bij de peilbeheerder. Aan de actieve zijde van de kering moet worden uitgegaan van een freatische waterstand van NAP -0,61 m, rekening houdend met opbolling van het grondwater.

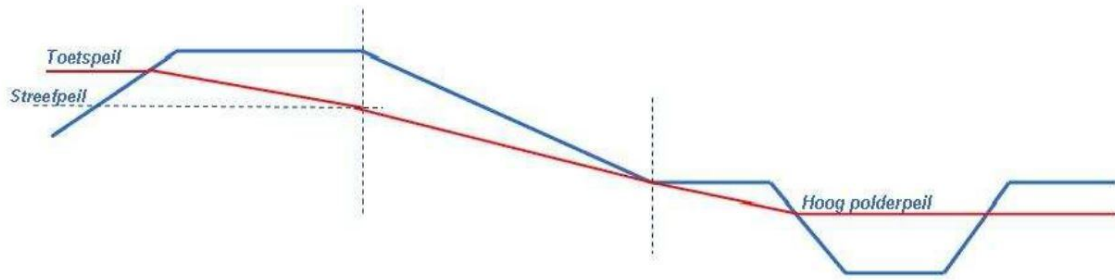


Figuur 6: “peil na val” en “laag boezempeil”

Het bovenste geeft twee situaties (“peil na val” en “laag boezempeil”) weer waaraan getoetst moet worden. Per kadevak zal er moeten worden nagegaan welk situatie als maatgevend moet worden beschouwd.

Toetspeil instabiliteit binnenwaarts, situatie hoogwater

Bij de toetsing op binnenwaartse stabiliteit wordt er uitgegaan van de situatie hoogwater. Voor de situatie hoogwater geldt het toetspeil van de boezem en het hoogpolderpeil voor de polder (veelal het zomerpeil) [1]. Voor de ligging van het freatisch peil wordt verwezen naar figuur 7



Figuur 7: Freatische lijn

Stijghoogte in watervoerende lagen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket (Pleistocene zand) waarmee rekening moet worden gehouden is te vinden in de Toetsrapporten [5].

3.4 GEO-TECHNISCHE RANDVOORWAARDEN

Vooronderzoek

Het vooronderzoek zal moeten bestaan uit sonderingen, boringen, proefsleuven en / of archiefonderzoek (ontwerp- en revisietekeningen van de bestaande constructie). teneinde haalbaarheid van het ontwerp aan te kunnen tonen. Inheikbaarheid kan een issue zijn door puin en funderingsresten (ter plaatse van de oude damwand, in de af te graven dijk en op de boezembodem). Het probleem met puin en funderingsresten moet uitvoerig in kaart zijn gebracht en voordat met de werkzaamheden wordt gestart, moet hier dan ook een oplossing voor worden geboden.

Bij het ontwerp/dimensioneren van de damwandconstructie moet rekening worden gehouden met een verstoorde grondslag als gevolg van het verwijderen van de bestaande constructie (waaronder de verwijdering van ankerpalen).

Grondopbouw

De samenstelling van de ondergrond kan een discussiepunt zijn bij het dimensioneren van de damwand, daarom is het van belang voldoende boringen en sonderingen te doen aan polderzijde en ook aan boezemzijde van de te plaatsen oeverbescherming. Voor sonderingen dient er te worden uitgegaan van een interval van 25 m (om de 50 m aan de polderzijde en om de 50 m aan de boezemzijde). Voor boringen dient er te worden uitgegaan van een interval van 50 m.

De sonderingen dienen ten minste tot enkele meters (5 á 7 m) in de onderliggende draagkrachtige zandlaag te worden doorgezet. De (hand)boringen in de kruin worden tot een diepte van 8 m-mv doorgezet. De keuze van het aantal monsters voor laboratoriumonderzoek is afhankelijk van de variatie in de bodemopbouw en de verwachte ligging van het maatgevende glijvlak. Het is aan te bevelen om per meter boring gemiddeld 1 monster en van elke aangetroffen (slappe) grondsoort minimaal 1 monster te nemen. Het uit te zetten laboratoriumonderzoek zal bestaan uit het beproeven van de grondsoorten veen en klei humeus op volumegewicht en watergehalte. Tevens zal ook van een randomselectie van de grondsoorten klei, klei siltig en klei zandig het volumegewicht en het watergehalte moeten worden beproefd. [1]

Op basis hiervan moet een (indicatief) geotechnisch lengteprofiel worden opgesteld. Bij significante veranderingen in het geotechnisch lengteprofiel of ontwerp van de oeverconstructie zijn aanvullende sonderingen en / of boringen benodigd dan wel moet er worden uitgegaan van een conservatief ontwerp.

Materiaalfactoren

Damwandberekeningen in een kade worden uitgevoerd met een aparte parameterset. Het is namelijk niet toegestaan 5% rekwaarden voor de sterkte van grond te hanteren. Rijnland heeft binnen haar gebied grondparameters verzameld en op basis daarvan een proevenverzameling gemaakt. Deze parameterset kan gebruikt worden om de damwand te dimensioneren. Voor optimalisatie kan hiervan alleen worden afgeweken door middel van het opstellen van een lokale proevenverzameling op basis van single-stage triaxiaalproeven (cohesieve materialen zoals klei) en Direct Simple Shear proeven (veen), uitgevoerd op grondmonsters die ter plaatse van het uit te voeren project zijn verzameld. Voor de manier waarop deze parameters kunnen worden verzameld en de statistische interpretatie ervan wordt verwezen naar het protocol van Stowa (Deltares, 2011) en Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken (TAW, 1985)

Voor de wandwrijvingshoek geldt voor **veen**, conform CUR 166, $\delta_{\text{wandwrijvingshoek}} = 0$. Voor **klei, humeus** moet voor $\delta_{\text{wandwrijvingshoek}}$ als richtlijn worden uitgegaan van $\frac{1}{2} \times$ (hoek van inwendige wrijving) i.p.v. $\frac{2}{3} \times$ (hoek van inwendige wrijving).

grondsoort	γ_d [kN/m³]	γ_n [kN/m³]	hoek van inw wrijving [°]	cohesie [kPa]
veen>300%	10,3	10,3	15,8	1,0
veen<300%	11,4	11,4	15,8	1,0
hum. klei (<14kN/m ³)	13,3	13,3	19,8	2,5
siltige klei (>14kN/m ³ en <16,5kN/m ³)	15,4	15,4	20,6	2,5
zandige klei (>16,5kN/m ³)	17,7	17,7	28,9	2,0
Zand	18,0	20,0	32,5	0,0
basisveen	12,0	12,0	15,8	1,0
pleistoceen zand	18,0	20,0	32,5	0,0

Tabel 1: Karakteristieke waarden van sterkte-eigenschappen voor grondsoorten in combinatie met een damwand of beschoeiing.

3.5 OVERIGE RANDVOORWAARDEN

Bovenbelasting

Er wordt onderscheid gemaakt tussen keringen waarbij er sprake is van een verharde weg op de kruin en "groene" kaden.

Voor keringen met een verharde weg op de kruin geldt:

- over een breedte van minimaal 2,5 m ter plaatse van de weg moet worden gerekend met een verkeersbelasting van minimaal 13 kN/m².
- voor verkeerswegen (o.a. provinciale en Rijkswegen) met zwaar verkeer (verkeersklasse 60) moet over een breedte van minimaal 2,5 m ter plaatse van de weg worden gerekend met een verkeersbelasting van minimaal 15 kN/m².
Aangeraden wordt uit te gaan van een verkeersbelasting van 20 kN/m².

Deze belastingen worden in de berekening ingevoerd met een consolidatiepercentage van 30 % en een spreidingshoek van 45 graden (In de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen wordt voor de toetsing van de stabiliteit van de kering een kleiner spreidingshoek gehanteerd. Een kleiner spreidingshoek levert voor het ontwerp van damwanden in keringen echter tot een mogelijke onderdimensionering). Er is een mogelijkheid om rekening te houden met een belastingspreiding in de dwarsrichting als gevolg van een wegcunet. De bovenbelasting mag, uitgaande van funderingspakket van minimaal 0,7 m dikte, worden gespreid over de werkelijke breedte van het wegcunet, met een bovengrens van 4,0 m [8].

In geval er geen sprake is van een verharde weg of pad en de dijk niet toegankelijk is voor materieel [8] mag er worden uitgegaan van een lagere verkeersbelasting. Voor dergelijke “groene kaden” met geen verharding op de kruin geldt:

- over een breedte van minimaal 2,5 m ter plaatse van de weg moet worden gerekend met een verkeersbelasting van minimaal 5 kN/m².

De verkeerbelasting moet op de, voor de macrostabiliteit meest ongunstigste locatie worden aangebracht. Voor de binnenwaartse stabiliteit zal het de rijstrook betreffen die het dichtst bij de binnenkruinlijn gelegen is. Voor de buitenwaartse stabiliteit zal het gaan om de rijstrook die het dichtst bij de buitenkruinlijn gelegen is. In geval van een verharde weg met een brede berm kan een bovenbelasting van 5 kN/m² ter plaatse van de berm (kruinlijn) maatgevender zijn dan een grotere verkeersbelasting ter plaatse van de weg.

In het geval van de aanwezigheid van opstallen/belendingen, gefundeerd op staal, binnen de invloedszone van de oeverconstructie moet de bovenbelasting (op een funderingsstrook) in de berekening worden meegenomen.

Voor materieel op de dijk tijdens uitvoering, parkeerterreinen, loskaden, etc. zijn bovengenoemde verkeersbelastingen niet van toepassing. Hiervoor geldt maatwerk.

Naast bovengenoemde bovenbelasting moet er rekening mee worden gehouden dat om de dertig jaar (of soms eerder) de kade conform de legger met een overhoogte van 0,20 m op hoogte zal worden gebracht met klei met een volumiek gewicht van 17 kN/m³. Met deze bovenbelasting behoeft geen rekening mee te worden gehouden in geval, conform paragraaf 4.3, de ontwerphoogte van de damwandconstructie gelijk is aan of hoger is dan de leggerhoogte en conform 4.2.1 de damwandconstructie als waterkerende constructie wordt ontworpen.

Bodemprofiel

Een nauwkeurige bepaling van het niveau van de bodem en onderwatertalud is van belang voor het ontwerp van de damwandconstructie. Het maatgevende bodemprofiel waarmee gerekend moet worden, wordt bepaald aan de hand van:

- a) ingemeten dwarsprofielen met een raaiafstand van 50 m;
- b) het baggerprofiel (= leggerdiepte watergang minus 0,20 m);
- c) ontgroningen door schepen.

ad a) en b)

De onderhoudsmaat of wel baggerprofiel is de waterdiepte tot waar maximaal gebaggerd wordt. Deze ligt 0,20 m onder de waterdiepte conform de legger der oppervlaktewateren. In geval de onderhoudsmaat lager ligt dan het ingemeten profiel, zal met het ontwerp er rekening mee moeten worden gehouden dat met het onderhoud aan de watergang het profiel verder zal worden uitgediept. Het ontwerp mag dan niet worden bepaald aan de hand van de ingemeten situatie. Het tegenovergestelde geldt, wanneer de onderhoudsmaat boven het ingemeten profiel is gesitueerd.

ad c)

Retourstromingen rondom varende schepen kunnen leiden tot erosie van het onderwatertalud. Dit zou zich kunnen voordoen wanneer een groot schip op korte afstand uit de oever voorbij vaart. Schepen die langs de oever afmeren of vanuit stilstand van de oever wegvaren genereren zowel bij vooruit- als achteruitslaan schroefstralen met een vooral voor de onderwatertaluds sterk aantastende werking.

Met het ontwerp van de damwand moet rekening worden gehouden met erosie van het onderwatertalud (c.q. bodemerosie) dan wel moet worden voorkomen dat:

- het schip (middels het aanbrengen van meerpalen, remmingwerk, etc.) te dicht bij de kant kan komen of
- het onderwatertalud kan eroderen (bodembescherming).

Voor bestaande situaties moeten ingemeten dwarsprofielen informatie bieden over de mate van erosie van het onderwatertalud en de waterbodem. In bochten van vaarwegen en ter plaatse van afmeerlocaties en ophaalbruggen zal, in plaats van 50 m, om de 25 m een dwarsprofiel moeten worden ingemeten dan wel zal er moeten worden uitgegaan van een conservatief ontwerp.

Voor nieuwe situaties wordt er verwezen naar de rapporten Aantasting van Dwarsprofielen in Vaarwegen (Waterloopkundig Laboratorium, maart 1982), Vormgeving en Afmetingen van het Dwarsprofiel van de Verbeterde Brabantse en Midden-Limburgse kanalen (Rijkswaterstaat Dienst Verkeerskunde Hoofdafdeling Scheepvaart, augustus 1975) en Onderzoek Bodemerosie Amsterdam-Rijnkanaal (Deltares, 2012).

4 BEOORDELING

4.1 STANDZEKERHEID BIJ GEBRUIKSITUATIE (MACROSTABILITEIT BUITENWAARTS)

De macrostabiliteit buitenwaarts moet, met uitzondering van die gevallen waarbij er sprake is van een verheelde kering (zie paragraaf 2.3.1), in alle gevallen worden getoetst. Voor de gebruikssituatie moet ervan worden uitgegaan dat het grondlichaam met weg achter de damwand intact is. De sterkte van de damwand moet voldoende zijn om de grond met daarop de weg en de verkeersbelasting van te kunnen keren.

Voor de gebruikssituatie moet de damwand met het dijklichaam met weg conform de Eurocode voor de Uiterste Grenstoestand met de rekenwaarden voor de belastingen, de grondparameters en de maaiveldgeometrie worden ontworpen. Voor de Bruikbaarheidsgrenstoestand moet met de representatieve waarden voor de belastingen, de grondparameters en de maaiveldgeometrie worden gerekend. Voor de waterstanden dient te worden gedimensioneerd uitgaande van een "peil na val" dan wel een "laag peil" zoals is verwoord in paragraaf 3.3.

4.2.1 Standzekerheid bij calamiteit (macrostabiliteit binnenwaarts)

Het is soms nodig de binnenwaartse stabiliteit te beoordelen in gevallen waarbij, zoals verwoord in de paragraaf 2.3.2:

- de binnenwaartse stabiliteit in de huidige situatie niet voldoet;
- de constructie achter de bestaande oeverlijn, damwand of beschoeiing wordt geplaatst;
- het onderhoud aan de kering wordt bemoeilijkt.

In geval de macrostabiliteit binnenwaarts niet voldoet moet voor het dimensioneren van de damwand rekening gehouden worden met een calamiteit waarbij het grondlichaam aan de polderzijde van de damwand afschuift. De sterkte en de hoogte van de damwand met het erachter liggende grondlichaam na afschuiving moeten voldoende zijn om het maatgevend boezempeil te kunnen keren.

Normaliter zal bij het bezwijken van de kering een cirkelvormig glijvlak ontstaan. Scenario a) of b) is dan van toepassing. Dit wordt hieronder toegelicht.

Er wordt hierbij van uit gegaan dat de dijk niet horizontaal zal gaan afschuiven. Keringen kunnen horizontaal afschuiven als er sprake is van hydraulische kortsluiting, verdroging en / of als deze zijn opgebouwd uit of gefundeerd zijn op slappe klei en / of veen. Met gepaste maatregelen (zie paragraaf 4.4 en 5.4) kan de kans op hydraulische kortsluiting en verdroging worden verminderd. Wanneer een grote diepe horizontale afschuiving als gevolg van de aanwezigheid van slap materiaal, hydraulische kortsluiting en / of verdroging (ondanks de te nemen maatregelen) niet kan worden uitgesloten zal de damwandconstructie ook op horizontaal afschuiven moeten worden doorgerekend. Hiervoor wordt verwezen naar de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Keringen [8].

Voor de standzekerheid bij calamiteit zijn er twee scenario's voor het overgebleven grondlichaam na afschuiving:

- a) indien op basis van de restbreedtebenadering voor dijken volgens het Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken [4] er nog een restbreedte van 1,5 m of meer op de kruin van de dijk intact blijft, dient de stabiliteit van de damwand te worden getoetst, uitgaande van:
 - de representatieve waarden bij de grondparameters;

- o waterpeil aan de waterzijde van de damwand gelijk aan het toetspeil, situatie hoogwater (hier wordt aan voldaan in geval het waterpeil gelijk wordt gesteld aan de leggerhoogte);
 - o waterpeil aan de polderzijde van de damwand op het hoogste streefpeil voor de polder (veelal het zomerpeil);
 - o een aangepast maaiveldniveau van de dijk, uitgaande van het grondlichaam na afschuiving conform Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken, rekening houdend met de IPO-klasse voor de kering;
- b) indien op basis van de restbreedtebenadering voor dijken volgens het Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken [4] er geen restbreedte van 1,5 m of meer op de kruin van de dijk intact blijft, dient de stabiliteit van de damwand te worden getoetst, uitgaande van:
- o de representatieve waarden bij de grondparameters;
 - o waterpeil aan de waterzijde van de damwand gelijk aan het toetspeil, situatie hoogwater (hier wordt aan voldaan in geval het waterpeil gelijk wordt gesteld aan de leggerhoogte);
 - o waterpeil aan de polderzijde van de damwand op het hoogste streefpeil voor de polder (veelal het zomerpeil);
 - o een aangepast maaiveldniveau aan de polderzijde van de damwand:
 - kruinhoogte (legger) kering minus $\frac{1}{2} H$.

ad a)

- De restbreedte van 1,5 m is ontleent aan de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen [8]..

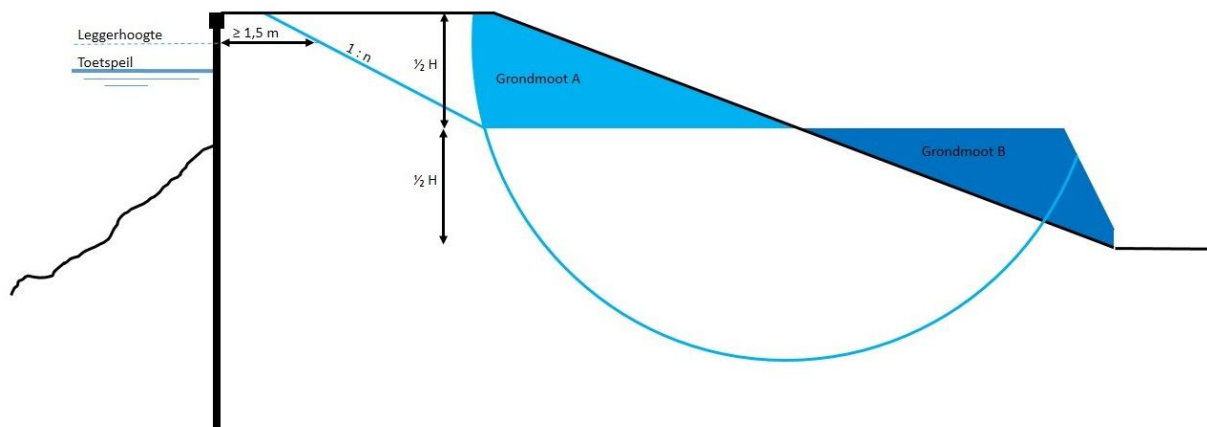
ad b)

De kerende hoogte H is:

- het hoogteverschil tussen de kruin en de vaste bodem van de watergang in de teen van de kering (als er sprake is van een (teen)sloot) dan wel
- het hoogteverschil tussen de kruin en het maaiveld binnen de polder (indien er geen teensloot is).

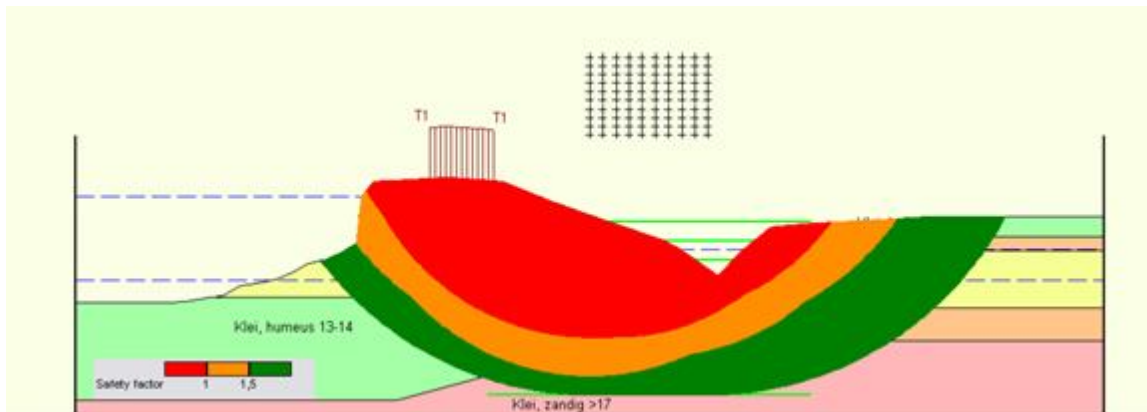
Ten aanzien van het aangepaste maaiveldniveau wordt er verwezen naar Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken [4]

In het Technisch Rapport Actuele Sterkte bij Dijken wordt de volgende aanname gedaan “dat in geval van bezwijken de afschuivende grondmoot van de primaire afschuiving tot rust komt, wanneer het aanvankelijke hoogteverschil tussen de bovenbegrenzing van het actieve gedeelte (oorspronkelijke kruinhoogte) en het passieve gedeelte (oorspronkelijk maaiveld of bodem watergang) is gehalveerd,” Dit wordt in figuur 7 toegelicht. Het evenwichtsvlak ligt op een hoogte van $0,5 H$



Figuur 8: Veronderstelde eindsituatie na afschuiving [9].

Voor de gevallen waarbij de restbreedte ≥ 0 m lijkt deze schematisering tot een voldoende conservatief ontwerp. Wanneer sprake is van een diep glijvlak (en de restbreedte negatief) leidt deze methode mogelijk tot een onderdimensionering van de damwand. Het niveau waarop dan evenwicht wordt bereikt zal dan mogelijk lager liggen dan $\frac{1}{2} H$. Met name bij IPO-klasse IV en V keringen kan dit leiden tot een onveilige situatie. Inzake het bepalen van de reststerkte wordt in dit soort gevallen verwezen naar het Achtergronddocument bij de Ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen primaire waterkeringen [3].



Figuur 9: Situatie waarbij de restbreedte negatief is.

4.2.2 Standzekerheid vervangende waterkering bij calamiteit

De standzekerheid van de vervangende waterkering moet tijdens de uitvoering en in de eindsituatie worden beoordeeld.

Nieuwe bouwwerken, wegen en ontgravingen

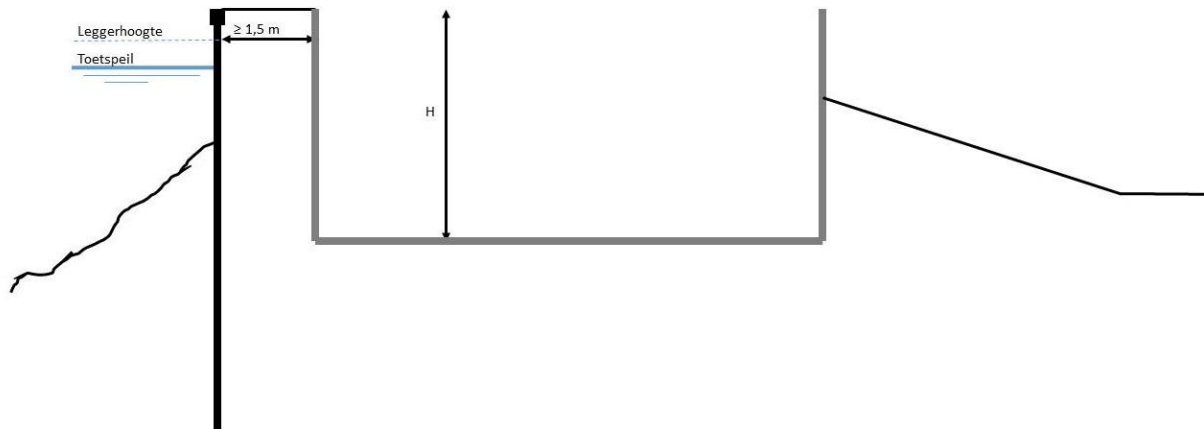
De binnenwaartse stabiliteit, moet zoals is verwoord in paragraaf 2.3.3 altijd worden beoordeeld.

Voor het dimensioneren van de damwand moet, zoals bij de toetsing van niet waterkerende objecten binnen primaire keringen gebeurt, er van uit worden gegaan dat aan het object geen sterkte kan worden ontleent. Er van uitgaande dat de vervangende waterkering op minder 3,0 m afstand van het werk wordt gesitueerd, geldt voor de standzekerheid bij een calamiteit:

- o de representatieve waarden bij de grondparameters;
- o waterpeil aan de waterzijde van de damwand gelijk aan het toetspeil, situatie hoogwater (hier wordt aan voldaan in geval het waterpeil gelijk wordt gesteld aan de leggerhoogte);
- o een aangepast maaiveldniveau aan de polderzijde van de damwand:
 - kruinhoogte kering minus H .

De kerende hoogte H is het hoogteverschil tussen de kruin en de onderzijde van het werk zettingen meegerekend. De grondmoot tussen de damwand en het werk wordt vanwege de beperkte breedte in verhouding tot de kerende hoogte, niet meegerekend. In geval de vervangende waterkering op een afstand van meer dan 3,0 m van het werk wordt gesitueerd is het mogelijk in overleg met Rijnland uit te gaan van een hoger maaiveldniveau. Hierbij kan worden gedacht aan een aangepast maaiveldniveau aan de polderzijde van de damwand gelijk aan $\frac{1}{3} H$ (= kruinhoogte kering minus $\frac{2}{3} H$) bij een afstand tussen damwand en het bouwwerk van meer dan $2 H$.

N.B. Met “werk” wordt bedoeld het bouwwerk, de weg of de ontgraving.



Figuur 10: Schematisatie bij een werk in de kering (niet waterkerende object).

Leidingen in of nabij keringen

Bij het ontwerp van de vervangende waterkering moet er worden uitgegaan van een ontgroning zoals wordt berekend in bijlage A van NEN 3651. Deze ontgroning kan tot gevolg hebben dat:

- er geen of bijna geen grondlichaam meer overblijft of
- slechts sprake is van een ontgroning van een beperkt deel van de kering.

In het eerste geval is de kerende hoogte H het hoogteverschil tussen de kruin en ontgroning en dienen voor de toetsing dezelfde uitgangspunten te worden gehanteerd als die voor ontgravingen (zie hierboven) gelden.

In het geval er slechts sprake is van een ontgroning van een beperkt deel van de kering zou dit leiden tot een te conservatieve ontwerp van de damwandconstructie. Het is dan mogelijk uit te gaan van een aangepast maaiveldniveau van de dijk, er van uitgaande dat als gevolg van de ontgroning een secundaire afschuiving zal plaatsvinden conform het Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken [4], rekening houdend met de IPO-klasse voor de kering.

4.3 AANLEGHOOGTE DAMWAND

Wanneer conform paragraaf 2.3.2 de damwandconstructie als waterkerende constructie moet worden ontworpen om voor de komende 100 jaar veilig water te kunnen keren, zal de bovenkant van de constructie zodanig moeten worden gekozen dat deze aan het eind van de levensduur boven de leggerhoogte blijft.

Om zettingen van de damwand te compenseren wordt de damwand daarom hoger aangelegd dan de vereiste ontwerphoogte (zie figuur 5). Indien de damwand aantoonbaar zettingsvrij wordt aangelegd (door deze bijvoorbeeld tot in een draagkrachtige Pleistocene zandlaag te funderen) kan als minimale hoogte de leggerhoogte worden aangehouden.

4.4 VERTICALE STABILITEIT EN HORIZONTALE VERPLAATSINGEN

Als gevolg van horizontale verplaatsingen en uitbuiging van de damwanden kunnen zich zettingen van het maaiveld achter de damwand voordoen. Deze zettingen hebben een negatief effect op de hoogte van de kering. De zettingen kunnen schade veroorzaken aan de bekleding en aan objecten (waaronder leidingen) binnen het profiel van de kering, hetgeen tot falen van de kering kan leiden. Horizontale verplaatsingen kunnen een verticale lekweg achter de beschoeiing of damwand doen ontstaan, hetgeen kan leiden tot hydraulische

kortsluiting en een verlies aan horizontaal evenwicht, zoals dit heeft plaatsgevonden bij Wilnis.

Tenzij hydraulische kortsluiting kan worden uitgesloten, het horizontale evenwicht is gegarandeerd, de hoogte niet negatief wordt beïnvloed en schade aan objecten kan worden uitgesloten, is de toelaatbare damwandverplaatsing gelimiteerd tot 1/100 van de kerende hoogte en zijn houten damwanden niet toegestaan. Het horizontaal evenwicht moet tijdens hoogwater en tijdens droogte worden bepaald.

Hierbij dient te worden aangetekend dat niet alleen een onderdimensionering tot horizontale verplaatsingen en hiermee kortsluiting kan leiden. Bij veenkaden kan een verdroging van de kering leiden tot een verminderde schuifweerstand en een verminderde standzekerheid. Gepaste maatregelen zijn daarom nodig in combinatie met het plaatsen van een damwand. Dit wordt in paragraaf 5.4 toegelicht.

Uitgangspunt is dat de damwand met de voet in een vaste draagkrachtige Pleistocene zandlaag staat. In het andere geval moet er van uit worden gegaan dat de damwand mogelijk zal zettingen. Aangevoerd moet worden dat deze zettingen geen effect hebben op de microstabiliteit van het buitentalud en de hoogte van de dijk en dat de ankers hierop berekend zijn.

4.5 REKENPROGRAMMA'S EN HET GEBRUIK

Er moet worden uitgegaan van een gevalideerd rekenprogramma. Over het gebruik van rekenprogramma's anders dan Technosoft, D-sheet en Plaxis dient Rijnland te worden geconsulteerd. Modelleringsprocedures dienen te gebeuren conform de handleiding die bij het rekenprogramma behoort. Schematiseringen die het rekenprogramma niet direct ondersteunt moeten in de documenten duidelijk worden vermeld, worden gemotiveerd en ter goedkeuring aan Rijnland worden overgelegd.

In het geval het ontwerp uitgaat van een gestaffelde damwand, moet er worden gewerkt met schelpfactoren. Rijnland gaat uit van de volgende schelpfactoren:

- veen en slappe / organische / humeuze klei: 1,3
- siltige klei en zandige klei: 1,5
- zand: 2

4.6 ROESTVORMING

Voor damwanden en de verankering moet worden uitgegaan van een levensduur van 100 jaar. Dit betekent dat bij het ontwerp met aantasting (corrosie) van de damwand en de verankering rekening moet worden gehouden. De corrosie waarmee rekening dient te worden gehouden, dient te worden ontleend aan hoofdstuk 4 in de Eurocode 3, Deel 5: Palen en damwanden,

Voor damwanddelen en ankers, tweezijdig in schone, ongeroerde grond belegd en die tevens permanent onder de grondwaterspiegel liggen, kan van de volgende afwijking t.o.v. de Eurocode worden uitgegaan. De Eurocode geeft voor veen per blootgestelde zijde een aantasting van 3,25 mm voor een periode van 100 jaar. Recent onderzoek geeft aan dat de aantasting met name over langere perioden aanzienlijk minder is dan waar CUR 166 van uit gaat. Door ENW wordt voorgesteld voor damwandplanken die tweezijdig met grond belegd zijn te volstaan met een corrosietoeslag van 3,0 mm. Het gaat hierbij om ongeroerde, schone grond, waarbij de damwand of verankering permanent beneden de grondwaterspiegel is gelegen. Omdat over dit voorstel nog geen definitief besluit is genomen, wil Rijnland een

extra marge van 0,5 mm aanhouden, d.w.z. een corrosietoeslag van 3,5 mm (voor de gehele damwand).

Voor het deel van de damwand en het anker dat in het water of de atmosferische zone staat, kan op basis van het uitgevoerde onderzoek niet van een geringere corrosietoeslag worden uitgegaan. Voor dit deel dient conform Eurocode 3 de aantasting te worden bepaald. Aan de hand van de voor dit deel van de damwand berekende moment en de normaalkracht moet dan de benodigde dikte van de damwand worden bepaald.

Specifieke aandacht behoeft de krachtoverdracht van de anker naar de damwand. Een goed ontwerp van de ankerplaat voorkomt dat bij geringe roestvorming de “verankering” faalt.

5 ONTWERP EN UITVOERING

5.1 VERANKERING

Ankers dienen in principe grondverdringend te worden aangebracht. De krachtoverdracht van het anker naar de grondconstructie dient buiten de plastische zones plaats te vinden. In sommige gevallen kunnen horizontale ankers worden toegestaan. Bij het aanbrengen van horizontale ankers dient er achter het ankerschot of paal voldoende grondmassa (stabiliteit en hoogte) over te blijven om de waterkerendheid te waarborgen.

Klapankers kunnen kwel tot gevolg hebben en zijn daarom niet toegestaan.

5.2 KOUDGEVORMDE EN WARMGEWALSTE DAMWANDPROFIELEN

Voor vervangende waterkeringen en waterkerende constructies (zoals beschreven in paragraaf 2.3.2 en 2.3.3) worden warmgewalste profielen voorgeschreven.

Koudgevormde profielen worden niet toegestaan. De slotverbinding van beide soorten damwand is niet met elkaar te vergelijken. Figuur 9 toont, als voorbeeld, links het slot van een warmgewalst profiel en rechts het slot van een koudgevormd profiel. Waar een warmgewalste damwand het slot volgens de norm moet voldoen aan bepaalde toleranties, is dat bij een koudgevormde damwand niet het geval. De ruimte in de slotkamers van koudgewalste damwand is daardoor ook groter en dit heeft gevolgen voor de grond- en waterdichtheid. Het verband van de damwand is ook steviger en bij het installeren speelt uit het slot lopen ook minder bij warmgewalste profielen. Zeker in het geval waarbij de constructie in staat moet zijn water te keren is dit van belang.

Bij oeverconstructies (zoals beschreven in paragraaf 2.3.1) die alleen de buitenwaartse stabiliteit dienen te waarborgen en alleen grond hoeven te keren is dit minder van belang en mogen koudgevormde damwandprofielen worden toegepast.



Figuur 11: Sloten warmgewalste (links) en koudgevormde (rechts) damwandprofielen

5.3 AFWERKING BOVENKANT DAMWAND EN TALUDBEKLEDING

Inzake de hoogte van de damwand wordt er verwezen naar paragraaf 4.3.

In geval het maaiveld boven het niveau uitkomt van de damwand, is er een taludbekleding (c.q. dijkbekleding) benodigd. De voorkeur gaat veelal uit naar een erosiebestendige bodembedekkende grasmat. Afhankelijk van de ondergrond, wordt hieronder een deklaag van klei met een dikte van minimaal 0,30 m toegepast.

Het voor de waterkering/aanvulling te gebruiken materiaal moet bestaan uit een daartoe geschikte kleisoort. Deze klei moet voldoen aan de eisen welke zijn gesteld in de RAW standaard 2005, artikel 22.06.21 en artikel 22.06.22. De consistentie-index (I_c) bij verwerking moet groter zijn dan 0,75 voor deklagen en groter zijn dan 0,60 voor overige toepassingen. Dit moet vooraf worden aangetoond aan de hand van een certificaat of een

onderzoeksrapport aan het Hoofd van de afdeling Handhaving.

Het aanbrengen en verdichten moet in lagen van maximaal 0,25 meter plaats vinden. De toe te passen klei op de kruin en het buitentalud moet voldoen aan erosiebestendigheidsklasse 1.

Om erosie van de oever als gevolg van golfslag door wind en varende schepen te beperken, is het soms nodig uit te gaan van een “harde” dijkbekleding. Inzake het ontwerp van “harde” dijkbekleding wordt er verwezen naar de ENW Leidraad Rivieren (en de Technische rapporten waar in bijlage 7 van de leidraad naar wordt verwezen).

(Aanwezige) puin en andere niet waterkerende objecten moeten uit het profiel van de waterkering worden verwijderd. Hiertoe dient een voorstel ter goedkeuring aan Rijnland te worden voorgelegd.

5.4 INFILTRATIEVOORZIENING

De aanwezigheid van een damwand of een dichte beschoeiing bevordert verdroging en zetting van het dijklichaam doordat het infiltratie van water vanuit de boezem belemmert. In de volgende gevallen is het nodig de kering “nat” te houden:

- damwandstrekkingen die langer zijn dan 20 m;
- kaden die grotendeels uit veen of humeuze klei zijn opgebouwd;
- bebouwing die is gefundeerd op staal of houten palen¹.

De volgende maatregelen zijn mogelijk:

- De bovenkant van de damwand onder de waterlijn te laten eindigen (mits aan de hoogte, zoals in paragraaf 4.3 is verwoord, geen eisen worden gesteld), waardoor verdroging wordt voorkomen.
- Aan de landzijde van de damwand, wordt een grindkoffer met een gronddichte waterdoorlatende filterdoek aangebracht. In het midden van de grindkoffer dient een infiltratiedrain \varnothing 150 mm te worden aangebracht. Om de twintig meter dient er een verbinding te worden gemaakt met het boezemwater. Aan beide uiteinden en om de 40 m dienen inspectieputten te worden aangebracht. Deze oplossing kan alleen worden toegepast als het maaiveld achter de waterkerende constructie niet lager is (of lager kan worden) dan de leggerhoogte. Anders kan wanneer het waterpeil stijgt, de infiltratievoorziening kortsluiting veroorzaken tussen het boezemwater en de achterliggende polder.
- Het staffelen van de damwand.

Het aanbrengen van gaten in de damwand zonder “filtervoorzieningen” moet worden voorkomen. In geval er geen filtervoorziening wordt aangebracht, zal de grond achter de damwand wegspoelen waardoor gaten achter de damwand kunnen ontstaan en de waterkerendheid wordt aangetast.

5.5 COMPARTIMENTERINGSKERINGEN, INLATEN EN GEMALEN

Op diverse locaties zijn compartimenteringskeringen, inlaten en gemalen gesitueerd. Het functioneren van de compartimenteringskeringen, inlaten en gemalen mag tijdens en als gevolg van de werkzaamheden niet negatief worden beïnvloed. Inlaat- en persleidingen

¹ Dit betreft geen eis vanuit de keur van Rijnland die aan derden wordt gesteld en geldt alleen voor projecten die Rijnland zelf uitvoert.

dienen te worden voorzien van een kwelscherm en een kleikoffer, teneinde kwel langs de buis te voorkomen.

5.6 UITVOERING

Het profiel van de watergang mag niet worden versmald dan wel mag er water worden gedempt. De aan te brengen oeverconstructie moet op de oeverlijn worden geplaatst. In het geval van een stalen damwandprofiel wordt er uitgegaan van het hart van de constructie (behoudens die gevallen waarbij dit een negatieve invloed heeft voor de aan- en afvoer van water).

Tijdens en als gevolg van de werkzaamheden mag de stabiliteit, waterkerendheid en hoogte van de kering niet negatief worden beïnvloed.

Tenzij er sprake is van een verheelde kering (zie paragraaf 2.3.1), mag de werkbreedte niet meer bedragen dan drie damwandplanken. Dit houdt in dat gedurende de gehele proces de ruimte tussen de oude damwandscherm en de nieuwe damwandscherm nimmer groter mag zijn dan 3 x breedte van één dubbele damwandplank. Aan het einde van de werkdag moet er altijd sprake zijn van een gesloten constructie. Om er voor te waken dat de waterkerendheid niet negatief wordt beïnvloed, kan er een monitoringsverplichting (meting van verticale en horizontale verplaatsingen) worden opgelegd.

In geval de nieuwe damwand aan de landzijde van de bestaande oeverlijn wordt gesitueerd, dient eerst de nieuwe damwandscherm te worden geplaatst, alvorens de oude damwandscherm mag worden verwijderd.

In geval van een IPO-klasse IV of V kering met een geringe kruinbreedte en / of dat grotendeels uit slappe klei of veen bestaat kan het een eis zijn dat er wordt gewerkt met een tijdelijke tweede damwandkering.

Uitvoering van de werkzaamheden moet zo veel mogelijk vanaf het water plaatsvinden. Voor zo ver de werkzaamheden vanaf het land worden uitgevoerd moet het duidelijk zijn met welk materieel wordt gewerkt. Tekeningen moeten de aanrijrichting van het materieel, waar het materieel wordt opgesteld en de maximale belasting aangeven. Berekeningen moeten aantonen dat de stabiliteit van de kering tijdens de uitvoering is gewaarborgd.

Damwandschermen mogen alleen door middel van het drukken, heien of trillen de grond in worden gebracht en door middel van het trillend of heidend trekken worden verwijderd. Het gebruik van water (fluideren) of het (voor)spuiten van de damwandschermen is niet toegestaan.

Met het trekken van de damwand hoeft er niet te worden geïnjecteerd met bentoniet of anderszins. De waterstand in de boezem is hoger dan de stijghoogte in het diepe grondwater. Hiernaast wordt er vanuit gegaan dat het gat wordt dichtgedrukt door het gewicht van de grond en / of het intrillen van de nieuwe damwanden. Overige obstakels (paalconstructies, ankers, puin, etc.) moeten zo ver mogelijk worden verwijderd. Hiervoor moet een werkplan worden aangeleverd. Indien de waterkerendheid of stabiliteit een probleem is, kan in overleg met Rijnland worden volstaan met het deels verwijderen en in kaart brengen van de achtergebleven obstakels.

De uitvoering kan hinder voor de aan –en omwonenden met zich meebrengen, bijvoorbeeld doordat de bereikbaarheid van de aanwezige panden bemoeilijkt wordt. Tijdens de aanleg kan tevens hinder ontstaan als gevolg van geluids- en trillingsoverlast en door het gebruikte materieel/materiaal. Uitvoering van werken kan leiden tot schade, zoals zettingsschade of

scheurvorming van panden. Het ontwerp en het werkplan van de aannemer moet dergelijke schades zo veel mogelijk uitsluiten. Tevens is het verstandig om een monitoringsprogramma op te zetten, waarbij het zettingsproces door middel van vaste meetpunten (zettingsboutjes) in panden wordt gevolgd. Bouwkundige opnames leggen de toestand van bebouwing vóór, tijdens en na de werkzaamheden vast.

Het voorkomen van schade aan onder andere bebouwingen is de verantwoordelijkheid van de aannemer. Het is de zorg van de aannemer dat hij zich afdoende verzekerd tegen schade (CAR-verzekering).

6 JURIDISCHE ZAKEN

6.1 RECHT VAN OPSTAL

De gronden waarop de constructie komt, zijn niet altijd in eigendom bij de beheerder van die werken. Dit geldt met name als er ankers worden toegepast. In dat geval moet, voordat een gedoogplicht wordt opgelegd, worden geprobeerd langs minnelijke weg tot overeenstemming te komen. Dit kan gebeuren door het sluiten van een overeenkomst (recht van opstal) met rechthebbenden, waarbij de beheerder het recht verkrijgt de onroerende zaak “aan te tasten” en daarvoor een vergoeding betaalt. Dit wordt nader toegelicht in de Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden [7].

6.2 AANWEZIGE INLATEN

Er kan niet worden uitgesloten dat er inlaten en overige objecten zijn die niet door Rijnland zijn geregistreerd. Met de publiekrechtelijke toestemming van Rijnland voor het realiseren van een damwand of beschoeiing is er geen toestemming verleend om werken in eigendom van derden te verwijderen, beschadigen of anderszins. Rijnland vraagt wel om in kennis te worden gesteld van deze objecten, zodat ze kunnen worden geregistreerd.

Literatuurlijst

- [1] Veiligheidstoetsing Regionale Waterkeringen (Grontmij, 3 augustus 2011);
- [2] Toetshoogten Boezemkaden Rijnland met behulp van PROMOTOR, conceptversie (HKV Lijn in Water, oktober 2009);
- [3] Ontwerp stabiliteitsschermen (type II) in primaire waterkeringen, Achtergronddocument bij ontwerprichtlijn WSRL (Deltares, 2013)
- [4] Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken (ENW, 2009)
- [5] Toetsrapporten (Grontmij, (N.B. voor alle regionale keringen is er een apart toetsrapport verschenen);
- [6] CUR 166;
- [7] Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden (STOWA, 2009);
- [8] Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Keringen (STOWA, 2015);