

Veiligheid Nederland in Kaart

Overstromingsrisico dijkring 32 Zeeuws-Vlaanderen

December 2005

Veiligheid Nederland in Kaart

Overstromingsrisico dijkring 32 Zeeuws-Vlaanderen

December 2005

Documenttitel	Veiligheid Nederland in Kaart Overstromingsrisico dijkring 32 Zeeuws- Vlaanderen
Status	Definitief rapport
Datum	December 2005
Auteur(s)	DHV en VNK
Eindredactie	Annemagreet Schouten (VNK)
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat DWW
Opdrachtnemer	DHV, TAUW
Ref. opdrachtgever	Raamovereenkomst DWW-2438



Tauw

Voorwoord 4

Samenvatting 5

1 Inleiding 7

- 1.1 Aanleiding project Veiligheid van Nederland in Kaart (VNK) 7
- 1.2 Projectopdracht Veiligheid van Nederland in Kaart (VNK) 7
- 1.3 Rekenmethode VNK 8
- 1.4 Leeswijzer 9

2 Gebiedsbeschrijving en schematisatie 11

- 2.1 Ligging en kenmerken 11
- 2.2 Dijken, duinen en kunstwerken 12
- 2.3 Opdelen in 33 dijk- en 4 duinvakken 13
- 2.4 Aanpassingen profielen 14
- 2.5 Schematisering bekledingen 15
- 2.6 Schematisering duinen 15
- 2.7 Schematisering voorland van Saeftinghe 15
- 2.8 Selectie profielen voor mechanisme afschuiven binnentalud 15
- 2.9 Beoordeling beheerder 16

3 Berekening overstromingskansen dijkringgebied 32 19

- 3.1 Aanpak en uitgangspunten van berekening 19
 - 3.1.1 Algemeen 19
 - 3.1.2 Faalmechanismen dijken 20
 - 3.1.3 Faalmechanismen kunstwerken 21
 - 3.1.4 Overstromingskans van dijkringgebied 23
- 3.2 Procesbeschrijving 24
- 3.3 Resultaten van berekening van overstromingskans 24
 - 3.3.1 Inleiding 24
 - 3.3.2 Eerste resultaten per dijkvak 25
 - 3.3.3 Afschuiven binnentalud 27
 - 3.3.4 Terugkoppeling resultaten per dijkvak met beheerder 28
- 3.4 Resultaten per kunstwerk 32
- 3.5 Overstromingskans dijkring 32 33
- 3.6 Mogelijkheden van gevoeligheidsanalyses 34

4 Overstromingsschade en overstromingsrisico 36

- 4.1 Overstromingsrisico dijkring 32 (Zeeuws-Vlaanderen) 36
- 4.2 Berekeningsmethode 36
 - 4.2.1 Algemeen 36
 - 4.2.2 Beschrijving globale methode 36
 - 4.2.3 Bepaling economische schade 37
- 4.3 Beschrijving kenmerken van dijkring 32 39
 - 4.3.1 Gebiedsbeschrijving 39
 - 4.3.2 Hoogteligging 40

4.3.3	Beschrijving landgebruik	40
4.3.4	Beschrijving waterstandbepaling	40
4.4	Analyse economische schade	40
4.4.1	Schadebedragen	40
4.4.2	Interpretatie	41
5	Conclusies en aanbevelingen	42
5.1	Conclusies	42
5.2	Aanbevelingen	43
Bijlage A	Literatuurlijst	45
Bijlage B	Begrippenlijst	46
Bijlage C	Logboek schematisering en aanpassingen DHV	56
Bijlage D	Logboek aanpassingen VNK	63
Bijlage E	Conversie Mstab naar Mprostab	67

Voorwoord

Voor u ligt het dijkkringrapport van het dijkkringgebied 32 Zeeuws-Vlaanderen van het onderzoeksproject Veiligheid Nederland in Kaart (VNK). Dit rapport bevat de uitkomsten van het onderzoek naar de kans op en de gevolgen van een overstroming in Zeeuws-Vlaanderen. VNK brengt voor in totaal 16 dijkkringgebieden dijkkringrapporten uit. Voor drie dijkkringgebieden zijn de gevolgen in detail bestudeerd. Deze resultaten worden gepubliceerd in de zogenaamde risicocaserapporten. De resultaten van de dijkkringrapporten en de risicocaserapporten zijn reeds eerder samenvattend gepubliceerd in de Tussenstand en het Hoofdrapport van VNK.

De conceptversie van dit dijkkringrapport is voorgelegd aan de beheerder. Het commentaar van de beheerder is verwerkt in deze definitieve versie van het dijkkringrapport.

Aan het onderzoeksproject VNK hebben vele organisaties en bedrijven bijgedragen. Graag wil ik een ieder bedanken voor de constructieve bijdrage en de prettige wijze van samenwerken.

Ir. C.J. van Westen
Projectmanager VNK

Samenvatting

Het project de Veiligheid van Nederland in Kaart (VNK) geeft uitwerking aan de doelstellingen die in het kabinetsstandpunt "Anders omgaan met water" zijn verwoord. In het kabinetsstandpunt is aangegeven dat voor ieder dijkkringgebied in Nederland de overstromingskans en de mogelijke kwetsbare locaties (zwakke plekken) in beeld worden gebracht. Hiermee wordt inzicht verkregen in de kosten en baten van maatregelen ter verbetering van de overstromingsveiligheid. Daarmee kunnen kosteneffectieve maatregelen voor het vaststellen, handhaven of bereiken van een gewenst veiligheidsniveau worden geïdentificeerd. In het kader van project VNK zijn voor 16 dijkringen de overstromingsrisico's doorgerekend.

Dit rapport beschrijft de bevindingen van de analyse voor dijkkringgebied 32 Zeeuws-Vlaanderen. Voor dijkkringgebied 32 zijn 33 dijkvakken, 4 duinvakken en 14 kunstwerken beschouwd. De analyses geven een eerste inschatting over de bijdrage van de verschillende elementen in de waterkering.

Bij de berekeningen van dijkkring 32 is men tegen veel problemen met o.a. de schematisatie, de complexiteit van de dijkprofielen, de variatie in de belastingen en de programmatuur aangelopen, waardoor het moeilijk bleek om voor deze dijkkring goede berekeningen te maken. Er is geen tijd geweest voor een uitgebreide analyse van de resultaten. De berekeningen van dijkkring 32 zijn dan ook minder ver gekomen dan in de andere dijkringen.

Het is van belang op te merken dat dit dus een voorlopige uitkomst betreft. Met de huidige kennis van de gegevens en daarmee, met een heleboel conservatieve aannames, die mogelijk door nader onderzoek verbeterd kunnen worden. Een nadere analyse van de voorlopig relatief zwakke plekken zal meer inzicht geven in de oorzaken en de invloed van onzekerheden. Mogelijk komt er bij deze analyse extra informatie naar voren, die ook nog van invloed is op de resultaten.

De overstromingskans van het dijkkringgebied 32, Zeeuws-Vlaanderen is (voorlopig) berekend op een kans > 1/100 per jaar. Dit betekent dat voor dijkkringgebied 32 vaker dan eens per 100 jaar een overstroming te verwachten is. De overstromingskans wordt vooral bepaald door stabiliteitsproblemen bij een gemaal en bij de dijken.

Voor de tweede toetsing van de waterkeringen verzamelt het waterschap meer informatie. Daaruit is recentelijk gebleken dat het gemaal bij de tweede toetsing goedgekeurd kan worden. Voor de dijken zijn de gegevens voor de toetsing nog niet beschikbaar. De berekende kans kan dus een overschatting zijn. Het is wel duidelijk dat stabiliteitsproblemen hier een

reëel risico vormen, omdat de dijken hoog en steil zijn en op slappe lagen in de ondergrond staan.

In Zeeuws-Vlaanderen (dijkring 32) is de maximale overstromingsschade € 14.000 miljoen, berekend met de globale methode. Hiermee is het economisch risico groter dan € 140 miljoen per jaar. De schade die is berekend met de globale methode is conservatief en kan worden gezien als een bovengrens. Secundaire keringen zullen het water tegenhouden. Daarnaast zal de duur van een overstroming (storm) te kort zijn om de hele ring te laten volstromen. De schade die wordt berekend met de globale methode is een dus overschatting van de schade. Het berekende risico is daarmee eveneens ruim overschat.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding project Veiligheid van Nederland in Kaart (VNK)

Het kabinet heeft in “Anders omgaan met water” een standpunt ingenomen over het waterbeleid in de 21ste eeuw. Hierin is aangegeven dat voor elk dijkkringgebied in Nederland de overstromingskans en de mogelijke kwetsbare locaties (zwakke plekken) in beeld worden gebracht. Ook zal een beeld worden gegeven van de gevolgen van overstromingen. Op deze wijze kan inzicht worden verkregen in de kosten en baten van maatregelen ter verbetering van de overstromingsveiligheid. Dit biedt de mogelijkheid tot het identificeren van kosteneffectieve maatregelen voor het vaststellen, handhaven of bereiken van een gewenst veiligheidsniveau.

Het (studie) project *De Veiligheid van Nederland in Kaart* (VNK) geeft uitwerking aan de doelstellingen die in het Kabinetsstandpunt zijn geformuleerd. In het project VNK vindt de toepassing plaats van een nieuwe methode voor de bepaling van de kansen op en gevolgen van een overstroming. De methode berust op het gedachtegoed van de Deltacommissie en is in het kader van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) ontwikkeld. Met de inzichten die door de toepassing van deze methode worden geboden kunnen de beheerders van waterkeringen tijdig inspelen op toekomstige veranderingen in het overstromingsrisico ten gevolge van klimaatverandering, bevolkingstoename en economische ontwikkeling.

1.2 Projectopdracht Veiligheid van Nederland in Kaart (VNK)

Het project VNK wordt uitgevoerd door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) in opdracht van het Directoraat Generaal Water van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Voor de uitvoering van de feitelijke berekeningen is een Projectbureau VNK opgericht. In het Projectbureau vindt een samenwerking plaats tussen de DWW, de waterschappen en de provincies, ondersteund door externe ingenieursbureaus. Daarnaast wordt door kennisinstituten bijgedragen aan de verdere methodeontwikkeling en de operationalisering van het analyse-instrumentarium. De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) is verantwoordelijk voor de kwaliteitsborging.

In het project VNK worden kansen en gevolgen van een overstroming berekend per dijkkringgebied. Een dijkkringgebied bestaat uit een aaneengesloten keten van waterkeringen (en mogelijk ook hooggelegen gronden) waarmee het omsloten gebied (het dijkkringgebied) tegen

overstromingen wordt beschermd. In totaal zijn er in Nederland 53 van zulke dijkkringen.

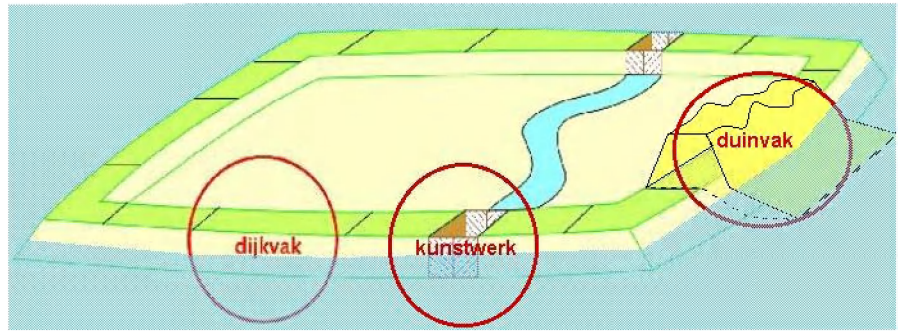
De overstromingskans heeft betrekking op de kans per jaar dat een dijkkringgebied daadwerkelijk wordt overstroomd. Een kans van 1 op 1000 betekent dat gemiddeld gesproken eenmaal per 1000 jaar een overstroming plaatsvindt. Per jaar is de kans op een overstroming dan 1/1000. De berekeningen in VNK geven een gedetailleerd beeld van de huidige veiligheid tegen overstromen in Nederland. Naast de dijkvakken worden ook eventuele duinen en kunstwerken (zoals bijvoorbeeld sluisen en gemalen) in de berekening van de overstromingskans betrokken.

Bij de bepaling van de gevolgen ligt het accent op de berekening van de economische schade en het aantal slachtoffers, samenhangend met het optreden van een overstroming. De kans op en het gevolg van een overstroming van een dijkkringgebied bepalen samen het overstromingsrisico. Door het expliciet beschouwen van de gevolgen ontstaat de mogelijkheid om te komen tot een afweging van de kosten en baten van maatregelen ter handhaving of verhoging van de overstromingsveiligheid. Daarmee wordt ook een basis geboden voor het heroverwegen van de maatschappelijk gewenste veiligheidsniveaus.

1.3 Rekenmethode VNK

De veiligheidsbenadering zoals deze in het project VNK wordt toegepast, is gebaseerd op het bepalen van de kans dat een dijkkringgebied daadwerkelijk overstroomt als gevolg van het falen van de dijkkring op één of meer plaatsen. Deze benadering wijkt af van de huidige veiligheidsbenadering, die is gebaseerd op de bepaling van overschrijdingskansen voor afzonderlijke dijkvakken en kunstwerken. De overschrijdingskans is de kans dat voor een onderdeel van de waterkering de maatgevende hoogwaterstand wordt overschreden.

Voor de bepaling van de overstromingskans wordt de dijkkring opgevat als een keten waarvan de schakels worden gevormd door alle dijkvakken en kunstwerken (en eventueel duinraaien) die onderdeel uitmaken van de waterkering (zie Figuur 1-1). De overstromingskans van de dijkkring als geheel wordt bepaald op grond van de afzonderlijke bijdragen van de onderdelen van de waterkering. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar verschillende wijzen waarop de waterkering kan falen (d.w.z. zijn waterkerende functie kan verliezen). Deze verschillende wijzen van falen worden aangeduid met het begrip "faalmechanisme".



Figuur 1-1 De dijkring als een keten met verschillende schakels

Voor dijkvakken wordt bij de bepaling van de overstromingskans een viertal verschillende faalmechanismen beschouwd. Dit zijn: overloop en golfoverslag (water over de dijk); opbarsten en piping (instabiliteit door grondwaterstroming onder de dijk); beschadiging bekleding en erosie van dijklichaam; en afschuiving binnentalud (door instabiliteit van het dijklichaam).

Voor kunstwerken hebben de relevante faalmechanismen betrekking op overloop en golfoverslag (water over het kunstwerk); het niet op tijd sluiten van afsluitmiddelen; en constructief falen (instorten kunstwerk). Bij het berekenen van de overstromingskans van de dijkring wordt voor elk onderdeel van de waterkering van de dijkring de faalkans per faalmechanisme berekend. Daarbij wordt expliciet rekening gehouden met onzekerheden in de verschillende parameters die de belasting en sterkte van de waterkering bepalen. Falen betekent in dit verband het verlies van de waterkerende functie op zodanige wijze dat een daadwerkelijke overstroming optreedt. Vervolgens worden de faalkansen van de verschillende faalmechanismen gecombineerd tot een faalkans van het betreffende dijkvak of kunstwerk. Tot slot worden de faalkansen per dijkvak en kunstwerk samengevoegd tot de overstromingskans van de dijkring. Door deze wijze van berekenen ontstaat een gedetailleerd beeld van de mate waarin de verschillende dijkvakken, duinraaien, kunstwerken en faalmechanismen bijdragen aan de overstromingskans van de dijkring. Op basis van dat inzicht kunnen ook de relatief zwakke plekken, d.w.z. de onderdelen van de dijkring met de grootste bijdragen aan de totale overstromingskans, worden zichtbaar gemaakt.

1.4 Leeswijzer

De resultaten van VNK worden per dijkring vastgelegd in afzonderlijke dijkringrapporten. In deze rapportage worden de bevindingen gepresenteerd van de berekeningen die zijn uitgevoerd voor het dijkringgebied 32. Deze bevindingen zijn besproken met de beheerder.

Allereerst is in hoofdstuk 2 een beschrijving gegeven van het dijkringgebied en de schematiseringen van de verschillende dijkvakken. Vervolgens zijn in hoofdstuk 3 de berekeningen beschreven die zijn uitgevoerd om de eerder genoemde overstromingskansen te kunnen bepalen. Om deze kansen te berekenen is het programma PC-Ring gebruikt en enkele hulpprogramma's benodigd om bepaalde parameters te bepalen voor de berekeningen in PC-

Ring. In hoofdstuk 4 zijn de gevolgen van een overstroming in dijkring 32 berekend. Tenslotte geeft hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen voor dijkring 32, Zeeuws-Vlaanderen.

2 Gebiedsbeschrijving en schematisatie

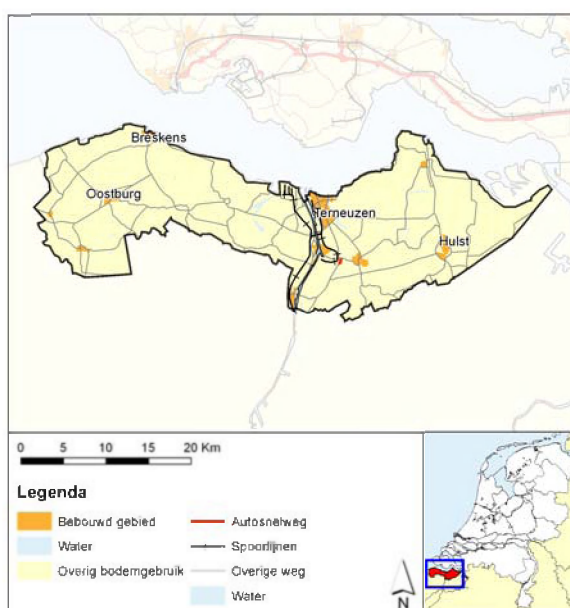
Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van dijkkringgebied 32, Zeeuws-Vlaanderen, en de schematiseringen van de verschillende dijkvakken. Tevens wordt in dit hoofdstuk de beoordeling van de beheerder gegeven.

Paragraaf 2.1 geeft algemene informatie omtrent de ligging en de kenmerken van de dijkkring gevolgd door een overzicht van de dijken en kunstwerken in paragraaf 2.2. In de paragrafen 2.3 t/m 2.8 wordt ingaan op schematisering van de dijken en duinen. Paragraaf 2.9 geeft tot slot een overzicht van het oordeel van de beheerder.

2.1 Ligging en kenmerken

Dijkkring 32 omvat geheel Zeeuws-Vlaanderen met primaire waterkeringen van de categorie a, dit zijn waterkeringen die dijkkringgebieden – al dan niet met hoge gronden – omsluiten en direct buitenwater keren, langs de Noordzee en de Westerschelde. De lengte aan primaire waterkeringen in Zeeuws-Vlaanderen bedraagt 85 kilometer, waarvan 8 kilometer duinenkust. De overschrijdingsfrequentie voor dit gebied is gelijk aan 1/4000 jaar. De dijkkring is landgrensoverschrijdend met België. De waterkeringen in België zijn van categorie d. De lengte ervan is niet bekend. Langs de gehele Noordzeekust en de Westerschelde bevindt zich op een variabele afstand uit de primaire waterkering een stelsel (totale lengte 200 km) van regionale (secundaire) keringen.

In Figuur 2-1 is een overzicht van het dijkkringgebied gegeven.



Figuur 2-1 Ligging dijkkring 32

De dijkkring wordt begrensd door de volgende waterkeringen:

- De dijk langs de Westerschelde
- De dijk langs de Schelde
- De hoge gronden in België en Noord-Frankrijk
- De zeeerende duinen of dijken van België, Noord-Frankrijk en Nederland

2.2 Dijken, duinen en kunstwerken

Op de overzichtskaart primaire- en regionale waterkering van dijkkring 32 is een overzicht gegeven van de waterkeringen in dijkkringgebied 32. De volgende belangrijke waterkerende objecten kunnen worden onderscheiden:

- Dijk met steenbekleding
- Dijk met grasbekleding
- Dijk met asfaltbekleding
- Duin
- Zeewering RWS
- Kunstwerk

Als de kilometrering wordt gehanteerd kan de volgende indeling worden gemaakt:

- 0 - 0.8 km : dijk met steenbekleding
- 0.8 - 4.3 km : dijk met grasbekleding
- 4.3 - 20.1 km : dijk met steenbekleding
- 20.1 - 22.0 km : zeewering RWS
- 22.0 - 40.2 km : dijk met steenbekleding
- 40.2 - 44.7 km : zeewering RWS
- 44.7 - 67.0 km : dijk met steenbekleding
- 67.0 - 68.2 km : duin
- 68.2 - 69.7 km : zeewering RWS
- 69.7 - 70.1 km : dijk met steenbekleding
- 70.1 - 71.2 km : duin
- 71.2 - 76.3 km : dijk met steenbekleding
- 76.3 - 77.3 km : duin
- 77.3 - 78.8 km : dijk met grasbekleding
- 78.8 - 79.8 km : dijk met steenbekleding
- 79.8 - 82.7 km : duin
- 82.7 - 82.9 km : dijk met steenbekleding
- 82.9 - 84.3 km : duin
- 84.3 - 84.6 km : dijk met steenbekleding
- 84.6 - 85.1 km : duin
- 85.1 - 85.7 km : gras

In paragraaf 2.3 wordt verder ingegaan op de indeling en selectie van dijk- en duinvakken.

In dijkkringgebied 32 zijn 14 kunstwerken aanwezig. In Tabel 2-1 is een overzicht gegeven van deze kunstwerken.

PC Ring benaming	Naam kunstwerk
VNK.32.02.0001	Gemaal Cadzand
VNK.32.02.002	Gemaal Campen (Stoppeldijk)
VNK.32.02.003	Gemaal Nieuwe Sluis
VNK.32.02.004	Gemaal Nummer Een
VNK.32.02.005	Gemaal Othene
VNK.32.02.006	Gemaal Paal
VNK.32.06.001	Sluizencomplex Terneuzen - Oostsluis
VNK.32.06.002	Sluizencomplex Terneuzen - Middensluis (schutsluis)
VNK.32.06.002	Sluizencomplex Terneuzen - Middensluis (spuiriool)
VNK.32.06.003	Sluizencomplex Terneuzen - Westsluis
VNK.32.06.003	Sluizencomplex Terneuzen - Westsluis (spuiriool)
VNK.32.08.001	Uitwateringssluis Braakman
VNK.32.08.002	Uitwateringssluis Hertogin Hedwigepolder
VNK.32.08.003	Uitwateringssluis Nol Zeven

Tabel 2-1 Kunstwerken in dijkkring 32

2.3 Opdelen in 33 dijk- en 4 duinvakken

Het dijkkringgebied "Zeeuws-Vlaanderen" was in eerste instantie binnen de VNK-schematisering opgedeeld in 287 dijkvakken. Dit waren voornamelijk dijken, maar ook een aantal duinen en kunstwerken. Aangezien de faalkansberekeningen van deze hoeveelheid dijkvakken met PC-Ring zeer bewerkelijk is, is door DHV een selectie gemaakt. Bij deze selectie is uitgegaan van de reeds bestaande vakken in PC-Ring. Er zijn dus geen trajecten geselecteerd met daarbinnen een representatief dijkvak.

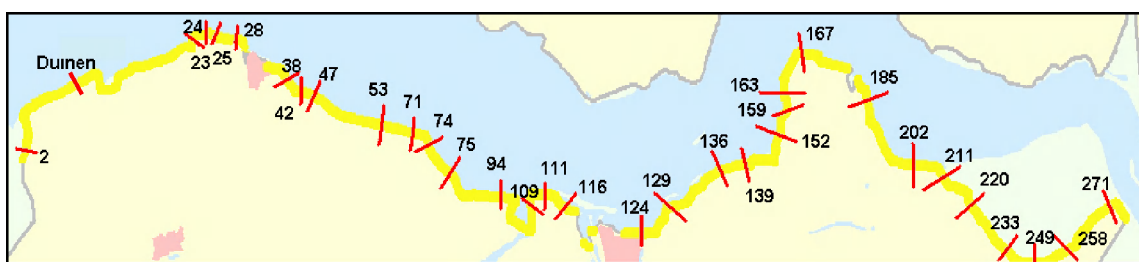
De gekozen 33 dijk- en 4 duinvakken zijn dijkkringdekkend en worden geacht samen representatief te zijn voor de gehele dijkkring.

Voor de selectie is het dijkkringgebied opgedeeld in stukken, ieder met een eigen karakteristieke oriëntering. Binnen deze stukken zijn één of meerdere dijkvakken geselecteerd, waarbij rekening is gehouden met de volgende aspecten:

- Lengte dijkvak
- Kruinhoogte
- Teenhoogte
- Oriëntatie dijkvak
- Aanwezigheid berm en/of knik (m.a.w. type dijkvak)
- Dijkbekleding

Bij de keuze van de dijkvakken zijn ook de resultaten van de reeds gemaakte berekeningen van overloop/golfoverslag en opbarsten/piping met PC-Ring beschouwd. De dijkvakken met een significant grotere faalkans zijn geselecteerd. In overleg met Waterschap Zeeuws-Vlaanderen is besloten nog 2 zwakke schakels toe te voegen. Dit zijn de dijkvakken 7009 en 7023. Hiermee komt de hoeveelheid vakken die is meegenomen in de PC-Ring berekeningen op 37, waarvan 33 dijk- en 4 duinvakken. Dit aantal is exclusief waterkerende kunstwerken (14 stuks). De locatie van de

geselecteerde dijkvakken is weergegeven in Figuur 2-2 (hierin komt dijkvak 2 overeen met dijkvaknummer 7002 etc). De geselecteerde duinvakken staan in Figuur 2-3 (duinvak 8 komt overeen met duinvaknummer 7008 etc).



Figuur 2-2 Geselecteerde dijkvakken)



Figuur 2-3 Geselecteerde duinvakken

In Tabel 2-2 zijn de 33 dijkvakken weergegeven met daarbij de kilometrerings (zie ook paragraaf 2.2).

Dijkvaknummer	Kilometrerings (in km)	Dijkvaknummer	Kilometrerings (in km)	Dijkvaknummer	Kilometrerings (in km)
7002	85.2	7074	56.9	7159	27.1
7009	82.4	7075	55.7	7163	25.6
7023	71.7	7094	51.7	7167	24.2
7024	71.6	7109	47.4	7185	18.8
7025	71.2	7111	46.4	7202	14.1
7028	70.1	7116	45.7	7211	12.6
7038	65.1	7124	39.0	7220	11.5
7042	64.1	7129	36.7	7233	8.8
7047	63.6	7136	33.3	7249	6.4
7053	61.9	7139	32.0	7258	3.9
7071	57.6	7152	28.2	7271	0.9

Tabel 2-2 Ligging dijkvaknummers in relatie tot de kilometrerings

2.4 Aanpassingen profielen

Bij het uitvoeren van de berekeningen heeft DHV diverse aanpassingen gedaan aan de PC-Ring database. Naast de aanpassing van de dijkvakselectie, zoals besproken in de vorige paragraaf, zijn de dijkprofielen

aangepast aan recent gemeten dwarsprofielen van de beheerder. De aanpassingen van de profielen wordt toegelicht in bijlage C.

2.5 Schematisering bekledingen

In dijkkring 32 zijn vaak meerdere soorten bekleding op een dijkvak aanwezig. PC Ring kan geen meerdere soorten tegelijk op 1 dijkvak doorrekenen. Bij meerdere soorten bekleding rekent VNK in principe alle soorten apart door en kijkt dan welke maatgevend is (ook in relatie tot bijbehorende ontwerpfuncties). Deze maatgevende bekleding wordt vervolgens meegenomen in de berekening van de overstromingskans.

Bij de berekeningen voor dijkkring 32 is slechts 1 type bekleding per vak doorgerekend:

- Dijkvakken 7002 (024-Dp7), 7258 (074-Dp99) en 7271 (072-Dp69) voor grasbekleding.
- Dijkvakken 7024 (006a-Dp11) en 7025 (006a-Dp15) voor asfaltbekleding.
- De overige vakken voor steenbekleding.

De typen bekleding waarvoor de verschillende vakken zijn doorgerekend zijn herkenbaar voor de beheerder.

Bij meerdere soorten steenbekleding in 1 vak zijn er 2 opties voor de schematisatie:

- Gemiddelde nemen over het hele vak.
- Slechte deel nemen over kortere vaklengte.

Om de resultaten te kunnen vergelijken zou het mogelijk moeten zijn om beide waarden in de inwindspreedsheet op te nemen.

2.6 Schematisering duinen

Met het projectbureau VNK is afgesproken om de gemeten duinraaien (5 stuks) van 2004 door te rekenen omdat deze een conservatief beeld geven (pas in 2005 is weer een vijfjaarlijkse suppletie gepland). De keuze voor de door te rekenen duinraaien is gedaan aan de hand van het Basiskustlijnrapport van RIKZ. De keuze wordt toegelicht in bijlage C.

2.7 Schematisering voorland van Saeftinghe

Bij het land van Saeftinghe is ondiep voorland aanwezig (6 meest oostelijk gelegen vakken 7211 t/m 7271). Dit voorland is niet meegenomen in de berekeningen in dit dijkkringrapport. De randvoorwaardenpunten (SWAN-punten) liggen op 100 meter voor de kust (300 m uit elkaar), dus de invloed van het voorland zal hier al deels inzitten. Voorland langer dan 100 meter heeft sowieso geen zin.

2.8 Selectie profielen voor mechanisme afschuiven binnentalud

Aangezien het berekenen van het mechanisme afschuiven een bewerkelijk proces is, wordt dit niet voor alle vakken doorgerekend. Het waterschap

heeft tijdens het proces van schematiseren een selectie gemaakt van 7 dwarsprofielen (uit een serie van 40 die in het kader van de toetsing zijn gebruikt). Van deze komt uiteindelijk maar 1 overeen met een van de 33 geselecteerde dijkvakken. Er zal dus maar voor 1 vak een resultaat voor met mechanisme afschuiven binnentalud berekend worden. In Tabel 2-3 zijn de geselecteerde profielen gegeven met het dijkvak waartoe ze behoren en hun veiligheidsfactor.

Bestandsnaam	Dijkvak	F _{min}
TIENH15.STI	7012 (019a-dp20),	0,97
NISLU17.STI	7014 (072-dp75)	1,06
HOOFD37.STI	7052 (137a-dp23),	0,94
PAULIN4.STI	7079 (130-dp16)	0,80
WIL206A.STI	7204 (133a-dp67)	1,10
ALS166B.STI	7226 (080-dp169)	0,56
EMMA118.STI	7249 (076-Dp124)	0,90

Tabel 2-3 Geselecteerde profielen voor mechanisme afschuiven binnentalud

2.9 Beoordeling beheerder

Conform de “Wet op de waterkering 1996” heeft het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen op het eind van 2000 de toestand van de waterkeringen in dijkkring 32 aan de Gedeputeerde Staten van de provincie Zeeland gerapporteerd. Dit betrof de eerste rapportage in de reeks van de 5-jaarlijkse veiligheidstoetsingen.

Dijken

Het oordeel van de beheerder voor dijkkring 32, gebaseerd op de resultaten van de eerste toetsing, is voor de geselecteerde vakken samengevat in Tabel 2-4. Hierin geeft *Ht_score* aan de score voor overloop en golfoverslag, *STPI_score* de score voor opbarsten en piping, *STBI_score* de score voor stabiliteit binnentalud. Bij gelijke score kan ervan uitgegaan worden dat het mechanisme overloop en golfoverslag maatgevend is. Voor het mechanisme beschadiging bekleding en erosie dijklichaam is het resultaat van de “oude” toetsing niet aangeleverd. De berekende faalkansen voor dit mechanisme zijn tijdens een overleg met de beheerder wel besproken en gerelateerd aan de voorlopige resultaten van de “nieuwe” toetsing (zie hoofdstuk 3).

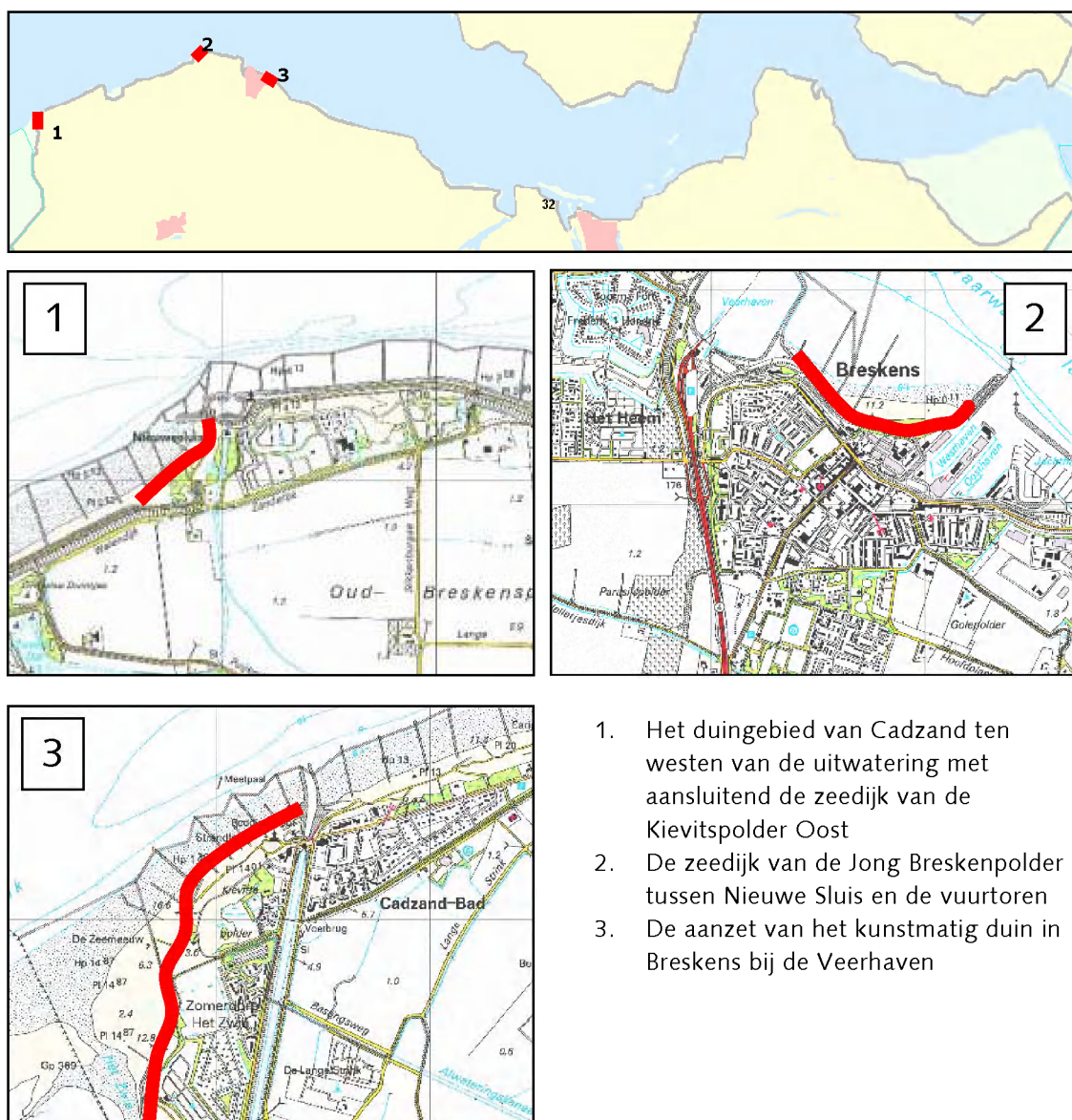
DVNummer	Naam	Ht_score	STPI_score	STBI_score
1320007002	024-Dp7	voldoende	voldoende	voldoende
1320007009	020-Dp16	onvoldoende	voldoende	voldoende
1320007023	006a-Dp10	voldoende	voldoende	voldoende
1320007024	006a-Dp11	voldoende	voldoende	voldoende
1320007025	006a-Dp15	voldoende	voldoende	voldoende
1320007028	004-Dp25	voldoende	voldoende	voldoende
1320007038	139a-Dp17	voldoende	voldoende	voldoende
1320007042	138-Dp2	voldoende	voldoende	voldoende
1320007047	137b-Dp7	voldoende	voldoende	voldoende
1320007053	137a-Dp24	voldoende	voldoende	voldoende
1320007071	133a-Dp67	voldoende	voldoende	voldoende
1320007074	132a-Dp74	voldoende	voldoende	voldoende
1320007075	131-Dp7	voldoende	voldoende	voldoende
1320007094	127c-Dp69	voldoende	voldoende	voldoende
1320007109	123-Dp26	voldoende	onvoldoende	voldoende
1320007111	122-Dp16	onvoldoende	onvoldoende	voldoende
1320007116	121a-Dp9	onvoldoende	voldoende	voldoende
1320007124	113-Dp87	onvoldoende	voldoende	voldoende
1320007129	111a-Dp12	voldoende	voldoende	voldoende
1320007136	105-Dp10	voldoende	voldoende	voldoende
1320007139	103-Dp23	voldoende	voldoende	voldoende
1320007152	100a-Dp330	onvoldoende	voldoende	voldoende
1320007159	099a-Dp319	voldoende	voldoende	voldoende
1320007163	098b-Dp304	voldoende	voldoende	voldoende
1320007167	097-Dp290	voldoende	voldoende	voldoende
1320007185	090-Dp248	voldoende	voldoende	voldoende
1320007202	085a-Dp201	voldoende	voldoende	voldoende
1320007211	083a-Dp186	onvoldoende	voldoende	voldoende
1320007220	081a-Dp175	voldoende	onvoldoende	voldoende
1320007233	078-Dp148	voldoende	onvoldoende	voldoende
1320007249	076-Dp124	voldoende	voldoende	voldoende
1320007258	074-Dp99	voldoende	voldoende	voldoende
1320007271	072-Dp69	voldoende	onvoldoende	voldoende

Tabel 2-4 Beheerdersoordeel dijken dijkkring 32

Duinen

Uit recent onderzoek is komen vast te staan dat langs de Nederlandse kust rekening gehouden moet worden met zwaardere golfaanval, dan waar tot nu toe van uit is gegaan. Dit kan betekenen, dat waterkeringen van Zeeuws-Vlaanderen niet langer voldoen aan de wettelijk gestelde eisen. De berekende zwakke plaatsen op basis van de geleverde randvoorwaarden geven een juiste weergave van de locaties met de grootste sterktekorten. Deze zijn bepaald door de beheerder en op basis van eenduidigheid in randvoorwaardenvakken en vorm van de kustvakken komt het beheersoordeel uit op de volgende sterktekorten (zie Figuur 2-4).

- Het dungebied van Cadzand ten westen van de uitwatering met aansluitend de zeedijk van de Kievitspolder Oost (kustlengte 940 m, toetstekort aan kruinhoogte 2.00 m) (Figuur 2-4, linksboven).
- De zeedijk van de Jong Breskenpolder tussen Nieuwe Sluis en de vuurtoren (kustlengte 1060 m, toetstekort aan kruinhoogte 0,50 tot 1,00 m) (Figuur 2-4, rechtsboven).
- De aanzet van het kunstmatig duin in Breskens bij de Veerhaven (kustlengte 470 m) (Figuur 2-4, linksonder).
- Een 4-tal aansluitingsconstructies van zeedijken en/of duinvoetverdediging op het aangrenzende dungebied (kustlengte 600 m bij Schoneveld, het Kruishoofd en Nieuwe Sluis).
- De glooiingen van gezette steen op zeedijken en aansluitingsconstructies (kustlengte 8100 m, wat in het kader van Project Zeeweringen is getoetst).



1. Het dungebied van Cadzand ten westen van de uitwatering met aansluitend de zeedijk van de Kievitspolder Oost
2. De zeedijk van de Jong Breskenpolder tussen Nieuwe Sluis en de vuurtoren
3. De aanzet van het kunstmatig duin in Breskens bij de Veerhaven

Figuur 2-4 Zwakke plekken volgens beheerdersoordeel

3 Berekening overstromingskansen dijkkringgebied 32

Dit hoofdstuk beschrijft de aanpak en resultaten van de uitgevoerde berekeningen voor de bepaling van de overstromingskans. Bij de presentatie van resultaten wordt onderscheid gemaakt naar de bijdragen aan de overstromingskans van duinen, dijkvakken en kunstwerken, en daarbinnen van verschillende faalmechanismen. De berekende resultaten zijn vergeleken met het beheerdersoordeel. Het gebruikte computermodel om de overstromingskansen te berekenen voor dijkkring 32 is PC-Ring versie 4.3 (februari 2005).

Het bleek voor deze dijkkring moeilijk te zijn om goede berekeningen te maken van de overstromingskans, door de variatie in de belastingen en de complexiteit van de dijkprofielen. Er is geen tijd geweest voor een uitgebreide analyse van de resultaten. De berekeningen van dijkkring 32 zijn dan ook minder ver gekomen dan in de andere dijkkringen.

3.1 Aanpak en uitgangspunten van berekening

3.1.1 Algemeen

De berekeningen van de overstromingskans van de dijkkring en de faalkansen van dijkvakken en duinen zijn uitgevoerd met behulp van het computerprogramma PC-Ring (versie 4.3). Invoer voor dit programma zijn de schematisering en de gegevens zoals besproken in hoofdstuk 2. Het programma berekent een faalkans per dijkvak op grond van de bijdragen van afzonderlijke faalmechanismen, en tot slot een totale overstromingskans voor de gehele dijkkring. Daarbij geeft het programma ook inzicht in de mate waarin verschillende grootheden (bijvoorbeeld de aanwezige kwellingte of de dijkhoogte) bijdragen aan de berekende faalkans. Dit vormt een belangrijk gegeven bij het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses. Bij rekenen met kansen wordt vaak gebruik gemaakt van de betrouwbaarheidsindex (β). De faalkans is een functie van deze betrouwbaarheidsindex. PC-Ring rekent ook met β 's. In Tabel 3-1 wordt een overzicht gegeven van een aantal betrouwbaarheidsindexen met bijbehorende faalkans.

De faalkansen van kunstwerken zijn met behulp van aparte procedures buiten PC-Ring berekend. De berekende faalkansen per kunstwerk vormen wel weer invoer voor PC-Ring bij het berekenen van de overstromingskans van de gehele dijkkring op basis van de bijdragen van de onderscheiden dijkvakken en kunstwerken.

Voor het berekenen van de overstromingskansen van dijkvakken is gebruik gemaakt van statistische gegevens van wind en waterstand. Op basis van deze gegevens zijn belastingmodellen gedefinieerd, die zijn geïmplementeerd in PC-Ring. De betreffende belastingmodellen zijn afgestemd op de vigerende hydraulische randvoorwaarden [5].

Betrouwbaarheidsindex (bèta)	Faalkans per jaar
1,28	1/10
2,33	1/100
2,71	1/300
2,88	1/500
3,09	1/1000
3,16	1/1250
3,29	1/2000
3,40	1/3000
3,48	1/4000
3,54	1/5000
3,72	1/10000

Tabel 3-1 Relatie betrouwbaarheidsindex (bèta) en faalkans

Opgemerkt dient te worden dat er een duidelijk onderscheid dient te worden gemaakt tussen overschrijdingskans, faalkans en overstromingskans. Dit is reeds in hoofdstuk 1 beschreven. De overschrijdingskans is de kans dat de waterstand bij een dijkvak hoger komt dan het toetspeil. Deze wordt gebruikt in de huidige veiligheidsbenadering. De faalkans is de kans een dijkvak daadwerkelijk faalt door één van de faalmechanismen. De overstromingskans is de kans dat de dijkkring overstroomt als gevolg van het falen van op één of meerdere plaatsen. Een vergelijking van deze laatste twee kansen met de overschrijdingskans is niet mogelijk. Het feit dat zwakke schakels in dit rapport worden aangeduid als de faalkans van de betreffende schakel groter wordt dan 1/1250 heeft geen betrekking op het feit dat de overschrijdingskans voor dit gebied ook 1/1250 is.

3.1.2 Faalmechanismen dijken

Voor de berekening van de faalkansen van dijken wordt de hydraulische belasting door waterstanden en golven geconfronteerd met de relevante eigenschappen van de waterkering die bepalend zijn voor de sterkte van de kering. Zowel de belasting als de eigenschappen van de waterkering worden daarbij beschreven met kansverdelingen. Met behulp van deze kansverdelingen wordt rekening gehouden met de onzekerheden in de invoergegevens.

Bij de berekening van de faalkans van een dijk wordt uitgegaan van de volgende faalmechanismen (zie ook Figuur 3-1):

- Overloop en golfoverslag
- Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam
- Opbarsten/piping
- Afschuiving binnentalud

Overloop en golfoverslag

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat er grote hoeveelheden water over de dijk heen lopen of slaan. Bij afluende wind of bij anderszins zeer kleine golfhoogten wordt het bezwijken beschreven door het faalmechanisme overloop. In andere gevallen door het faalmechanisme golfoverslag.

Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam

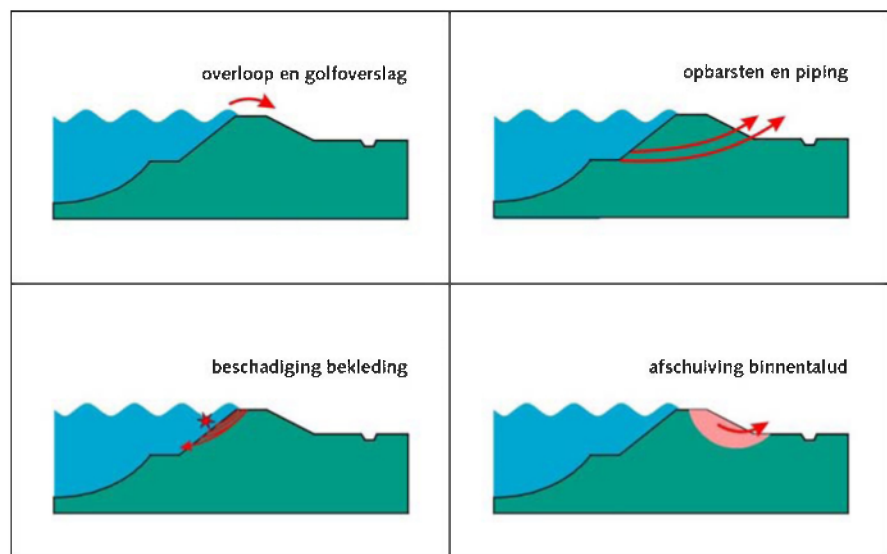
Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat eerst de bekleding wordt beschadigd door de golfaanval waarna vervolgens de doorsnede van de dijk kern door erosie wordt verminderd.

Opbarsten/piping

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat het zand onder de dijk wordt weggespoeld. Door de druk van het water zal eerst, indien aanwezig, de afsluitende laag opbarsten. Vervolgens kunnen zogenaamde "pijpen" ontstaan waardoor het zand wegspoelt en de dijk inzakt.

Afschuiving binnentalud

Bij dit faalmechanisme bezwijkt de dijk doordat een deel van de dijk ten gevolge van langdurige hoge waterstanden instabiel wordt en daarna afschuift.



Figuur 3-1 Beschouwde faalmechanismen van dijken

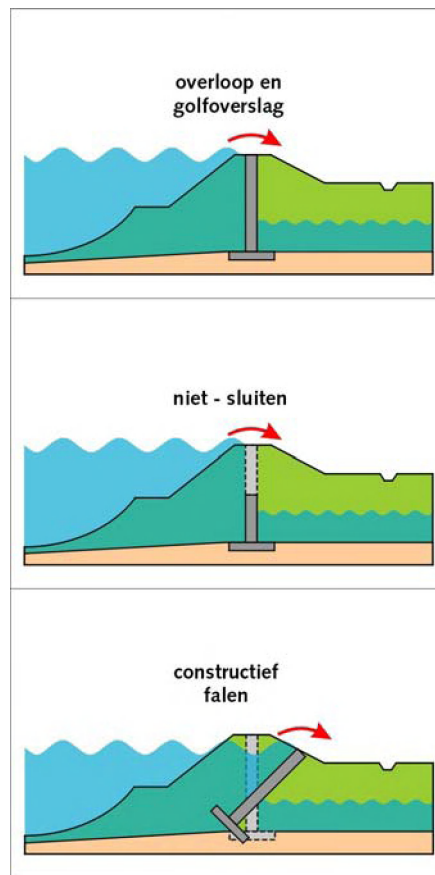
De mogelijke faalmechanismen zettingsvloeiing, opdrijven, afschuiven voorland, afschuiven buitentalud, microstabiliteit en verweking worden niet meegenomen omdat deze faalmechanismen niet direct tot een overstrooming leiden. Per faalmechanisme wordt een beoordelingsmodel gehanteerd om belasting en sterkte met elkaar te kunnen vergelijken c.q. de faalkans voor het betreffende faalmechanisme te kunnen berekenen.

3.1.3 Faalmechanismen kunstwerken

Voor de bepaling van de faalkansen van kunstwerken wordt de overschrijdingsfrequentielijn van waterstanden geconfronteerd met de sterkte van de waterkering. Ook bij de kunstwerken wordt expliciet rekening gehouden met de onzekerheden in de invoergegevens. Voor de bepaling van de faalkans van een kunstwerk wordt rekening gehouden met de volgende faalmechanismen:

- Overloop en golfoverslag
- Niet-sluiten van afsluitmiddelen
- Constructief falen

De faalmechanismen zijn in Figuur 3-2 grafisch weergegeven en worden hierna kort beschreven.



Figuur 3-2 Faalmechanismen kunstwerken

Overloop en golfoverslag

Bij het faalmechanisme overloop en golfoverslag bezwijkt het kunstwerk doordat er water over het kunstwerk stroomt. De beoordeling van het kunstwerk is gebaseerd op een vergelijking van de kerende hoogte in relatie met de overschrijdingsfrequentielijn van de buitenwaterstand.

Niet-sluiten van afsluitmiddelen

Bij het faalmechanisme niet-sluiten van afsluitmiddelen faalt het kunstwerk als gevolg van het niet tijdig gesloten zijn van de afsluitmiddelen. De beoordeling van het kunstwerk is gebaseerd op een vergelijking van de overschrijdingsfrequentielijn van de buitenwaterstand met het "open keerpeil" (OKP), rekening houdend met de kans op het niet-sluiten van de afsluitmiddelen.

Voor het bepalen van de kans op niet-sluiten van de afsluitmiddelen volgt de VNK-methode de Leidraad Kunstwerken 2003 [6]. Deze leidraad onderscheidt vier hoofdoorzaken van falen:

- Falen van het hoogwater waarschuwingssysteem: falen waterstandregistratie, falen alarm, etc.
- Falen van de mobilisatie: bedienend personeel is niet tijdig bij de kering aanwezig.

-
- Falen ten gevolge van bedieningsfouten: verkeerde of nagelaten handelingen.
 - Technisch falen van de afsluitmiddelen: bewegingswerk faalt, etc.

Constructief falen

Bij het faalmechanisme constructief falen bezwijkt het kunstwerk als gevolg van verlies van sterkte en stabiliteit van (onderdelen van) het kunstwerk. De beoordeling van het kunstwerk is gebaseerd op een beschouwing van de constructieve sterkte en stabiliteit van het kunstwerk in relatie tot de belastingen bij het keren van hoogwater. Bij deze beoordeling zijn de volgende mechanismen van toepassing:

- Constructief falen van de keermiddelen ten gevolge van vervalbelasting
- Constructief bezwijken van de betonconstructie
- Constructief falen van de fundering
- Kans op stabiliteitsverlies door instabiliteit van de bodembescherming
- Falen door stabiliteitsverlies ten gevolge van een aanvaring
- Falen door algeheel stabiliteitsverlies
- Falen door onder- en/of achterloopsheid (piping)

Beoordelingsmethode

Voor een aantal typen kunstwerk is binnen het project VNK een methode ontwikkeld om de overstromingskans te berekenen voor de verschillende faalmechanismen. Het gaat om de volgende typen kunstwerken: schutsluizen, uitwateringssluizen, coupures, tunnels en gemalen.

Het falen van een kunstwerk door overloop en golfoverslag of niet-sluiten van afsluitmiddelen leidt niet noodzakelijkerwijs tot het ontstaan van een bres in de waterkering en daarmee tot een overstroming van een dijkkringgebied. Achter kunstwerken die in verbinding staan met het binnenwater kan binnenstromend water vaak geborgen worden in het achterliggend watersysteem zonder dat dit tot een overstroming leidt. Ook kan het kunstwerk vaak een groot debiet aan zonder stabiliteitsverlies. De in eerste benadering berekende faalkansen ten gevolge van overloop en golfoverslag respectievelijk niet-sluiten van afsluitmiddelen worden daarom – wanneer sprake is van relatief grote kansen – in de beoordelingssystematiek aangescherpt tot kansen waarbij het begin van een bres ontstaat. Dit zijn per definitie kleinere kansen. Deze aanscherping vergt extra inspanningen en wordt dan ook alleen uitgevoerd wanneer de eerste benadering tot relatief grote kansen leidt ten opzichte van de bestaande normfrequentie voor ontwerpwaterstanden.

Bij het mechanisme constructief falen wordt wel verondersteld dat de standzekerheid direct verloren gaat, zodat bresvorming optreedt. De bijbehorende faalkans wordt daarom beschouwd als kans op het ontstaan van een bres.

3.1.4 Overstromingskans van dijkkringgebied

De overstromingskans van een dijkkringgebied wordt samengesteld uit de berekende faalkansen van de beschouwde dijken, duinen en kunstwerken. Per dijkvak of kunstwerk wordt eerst de faalkans bepaald op grond van de bijdragen van de verschillende faalmechanismen. Vervolgens worden de kansbijdragen van de verschillende dijkvakken en kunstwerken gecombineerd tot de overstromingskans van de dijkkring. Bij het combineren

van de verschillende bijdragen wordt rekening gehouden met eventuele afhankelijkheid in faalkansen van nabij gelegen dijkvakken.

3.2 Procesbeschrijving

Het proces wat voorafgegaan is aan de totstandkoming van dit dijkkringrapport kan als volgt beschreven worden.

- De gegevensinwinning van dijkkring 32 is gedaan door het waterschap in samenwerking met VNK. De kwaliteit van de gegevens is gecontroleerd zowel door VNK (globaal) als door de Bouwdienst (tijdens de conversie van gegevens uit inwinspreadsheet naar database). Het resultaat hiervan is vastgelegd in verschillende checklisten en rapportages inwinspreadsheet dijkkring 32.
- Bij het uitvoeren van de eerste berekeningen voor de dijken en duinen zijn diverse aanpassingen gedaan aan de PC-Ring database. De grootste aanpassingen hadden betrekking op de dijkvakselectie (zie paragraaf 2.3) en de schematisering van de dijkprofielen. Bij de dijkvakselectie zijn 33 dijkvakken en 4 duinvakken gekozen uit de 287 vakken die door het waterschap geschematiseerd waren. Bij de schematisering van de profielen zijn de (door het waterschap) geschematiseerde profielen in de PC Ring database vergeleken met recent gemeten dwarsprofielen van het waterschap. Omdat er afwijkingen optraden tussen de gemeten en de geschematiseerde profielen zijn alle profielen opnieuw geschematiseerd.
- Het ingenieursbureau heeft in principe zowel een eerste berekening als een nadere analyse voor de dijken en duinen uitgevoerd. Bij het rekenen is men tegen veel problemen met o.a. de schematisatie, de complexiteit van de dijkprofielen, de variatie in de belastingen en de programmatuur aangelopen, waardoor het moeilijk bleek om voor deze dijkkring goede berekeningen te maken. Er is geen tijd geweest voor een uitgebreide analyse van de resultaten. De berekeningen van dijkkring 32 zijn dan ook minder ver gekomen dan in de andere dijkkringen.
- VNK heeft alle berekeningen voor de dijken van het ingenieursbureau samen TNO gecontroleerd en verbeterd. Dit heeft ertoe geleid dat er voor geselecteerde vakken voor (bijna) alle mechanismen een faalkans is berekend.
- De berekende faalkansen zijn besproken met het waterschap. De resultaten van deze bespreking zijn door VNK verwerkt in dit dijkkringrapport.
- De kunstwerken zijn beoordeeld door het ingenieursbureau. De resultaten zijn getoetst en gecontroleerd door VNK en het waterschap.
- De Mprostab sommen zijn uitgevoerd door het ingenieursbureau en gecontroleerd door GeoDelft.

3.3 Resultaten van berekening van overstromingskans

3.3.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt inzicht gegeven in berekende faalkansen voor dijkkring 32. Het betreft voorlopige resultaten, aangezien de resultaten nog

niet uitgebreid geanalyseerd zijn. Deze voorlopige resultaten zijn wel besproken met de beheerder. Aangezien het gaat om voorlopige resultaten, wordt voor dijkkring 32 nog geen zogenaamde referentiesom gepresenteerd.

3.3.2 Eerste resultaten per dijkvak

In Tabel 3-2 worden de (voorlopige) resultaten per dijkvak weergegeven in bèta. Deze resultaten zijn besproken met de beheerder (zie paragraaf 3.3.4). Naar aanleiding van dat overleg volgt dat een aantal vakken voorlopig buiten beschouwing gelaten kan worden. Dit zijn resultaten die onherkenbaar zijn voor de beheerder en nog nader geanalyseerd moeten worden of zwakke plekken die op de nominatie staan om verbeterd te worden. Deze vakken zijn in de tabel grijs gearceerd.

Dijkvak	Overloop /golfoverslag	Opbarsten/ piping	Bekleding	Afschuiven	Duin- afslag
	--	--	--	--	--
7002 - 024-Dp7	5.0076	6.7446	3.3814		
7008 - 020-Dp15					4,37
7009 - 020-Dp16	6.6287	6.4665	3.7035		
7010 - 019a-Dp18					4,40
7013 - 013-Dp7					4,93
7023 - 006a-Dp10	5.6671	11.3416	5.0375		
7024 - 006a-Dp11	5.5869	11.4359	4.6846		
7025 - 006a-Dp15	5.9779	11.2969	8.6850		
7028 - 004-Dp25	7.4439	7.3183	2.4357		
7038 - 139a-Dp17	5.2138	6.7023			
7042 - 138-Dp2	5.7957	6.2687	6.2081		
7047 - 137b-Dp7	5.8230	9.8217	9.2776		
7053 - 137a-Dp24	5.7119	9.9521	7.6277		
7071 - 133a-Dp67	5.3871	6.2760	5.1491		
7074 - 132a-Dp74	4.7506	6.0569	7.0319		
7075 - 131-Dp7	4.9392	6.1776	7.8324		
7094 - 127c-Dp69	4.9567	7.0151	7.7673		
7109 - 123-Dp26	5.4592	6.4336	6.0395		
7111 - 122-Dp16	5.1786	6.7143	5.3849		
7116 - 121a-Dp9	4.9221	6.5658	6.4679		
7124 - 113-Dp87	3.8872	7.1259	8.4825		
7129 - 111a-Dp12	5.0610	6.3494	5.2965		
7136 - 105-Dp10	5.5732	7.9675	5.7402		
7139 - 103-Dp23	4.9104	6.1404	36.7840		
7152 - 100a-Dp330	4.9198	5.3062	6.7702		
7159 - 099a-Dp319	4.4477	5.2856	5.2158		
7163 - 098b-Dp304	4.8303	4.4765	14.1715		
7167 - 097-Dp290	3.0325	7.5250	13.2125		
7185 - 090-Dp248	4.1062	4.0734	36.7899		
7202 - 085a-Dp201	4.8983	4.8304	6.0788		
7211 - 083a-Dp186	3.9611	4.4876	14.1457		
7220 - 081a-Dp175	4.5492	5.6806	36.8156		
7233 - 078-Dp148	4.7747	4.6235	8.8555		
7249 - 076-Dp124	4.4609	5.2672	36.8133	2.13	
7258 - 074-Dp99	4.4505	5.9827	1.7781		
7271 - 072-Dp69	4.6298	6.3880	2.2193		

Tabel 3-2 Resultaten per dijkvak (voorlopig) berekend door VNK

3.3.3 Afschuiven binnentalud

Voor het berekenen van de faalkansen voor het faalmechanisme afschuiven zijn 7 profielen geselecteerd. DHV heeft deze 7 profielen doorgerekend met MproStab. Slechts 1 profiel is onderdeel van de 33 geselecteerde vakken voor de PC Ring berekening (EMMA118 behoort bij vak 7249 (076-dp124)). In Tabel 3-2 is alleen voor dit vak een resultaat voor het mechanisme afschuiven binnentalud opgenomen. In Tabel 3-3 is een overzicht gegeven van de berekende veiligheidsfactoren en betrouwbaarheidindexen voor de 7 profielen bij verschillende waterstanden.

DHV heeft vervolgens voor alle 33 geselecteerde vakken bekeken met welk van de profielen uit Tabel 3-3 dit vak het meest overeenkomt. Aan elk geselecteerd vak is een profiel gekoppeld en voor elk vak is met behulp van PC Ring een faalkans berekend. Aangezien de gehanteerde werkwijze niet juist is, zijn de resultaten hier niet gepresenteerd. De koppeling is gebaseerd op kruinhoogte, helling binnentalud, MHW en dikte deklaag, maar houdt geen rekening de grondopbouw. De koppeling van vakken en profielen komt dan ook niet overeen met de trajecten waarvoor de profielen representatief worden geacht volgens het waterschap (zie bijlage 2 van de rapportage schematisatie en gegevensinwinning [8]).

Bestandsnaam	Dijkvaknummer	MStab	MproStab		
			MHW Fn / β	MHW -0,5m Fn / β	MHW -1,0m Fn / β
TIENH15.STI	1320007012	0,97	1,19 / 1,53	1,22 / 1,65	1,24 / 1,74
NISLU17.STI	1320007014	1,06	1,31 / 2,53	1,33 / 2,68	1,36 / 2,80
HOOFD37.STI	1320007052 t/m 1320007063	0,94	1,21 / 1,92	1,24 / 2,13	1,28 / 2,29
PAULIN4.STI	1320007079	0,80	1,04 / 0,97	1,08 / 1,27	1,13 / 1,55
WIL206A.STI	1320007204 t/m 1320007208	1,10	1,31 / 2,43	1,34 / 2,53	1,36 / 2,62
ALS166B.STI	1320007226	0,56	0,93 / 0,21	0,96 / 0,42	0,94 / 0,29
EMMA118.STI	1320007249 t/m 1320007252	0,90	1,17 / 1,874	1,19 / 1,95	1,23 / 2,18

Tabel 3-3 Vergelijking veiligheidsfactoren volgens Bishop uit MStab en MProStab

Als gekeken wordt naar dit laatste, heeft DHV naast vak 7249 (076-dp124) voor de vakken 7109 (123-dp26), 7111 (122-dp16), 7116 (121a-dp9), 7233 (078-dp148), 7258 (074-dp99) en 7271 (072-dp69) de juiste koppeling gemaakt. Bij de laatste drie vakken komt het MHW ook (ongeveer) overeen met het MHW van het representatieve profiel. Bij de eerste drie is dat niet het geval. De faalkansen die DHV voor deze vakken heeft berekend staan in Tabel 3-4.

Dijkvak	Bèta afschuiven	Faalkans afschuiven
7109 – 123-Dp26	1,905	1/35
7111 – 122-Dp16	1,906	1/35
7116 – 121a-Dp9	1,891	1/34
7233 – 078-Dp148	2,140	1/62
7258 – 074-Dp99	2,159	1/65
7271 – 072-Dp69	2,135	1/61

Tabel 3-4 Resultaten DHV voor mechanisme afschuiven

Deze resultaten geven een indicatie van de te verwachten faalkansen. Voordat de resultaten worden meegenomen bij de berekening van de overstromingskans van dijkkring 32, zal nagegaan moeten worden of het koppelen van dijkvakken uit PC Ring aan representatieve profielen met een ander MHW kan.

3.3.4 Terugkoppeling resultaten per dijkvak met beheerder

De resultaten van de berekeningen per dijkvak zijn besproken met de beheerder. Hieronder wordt een overzicht gegeven van zijn bevindingen per mechanisme. De resultaten worden vergeleken met de resultaten van de toetsing in 2000 (Tabel 2-4) en met de voorlopige resultaten van de toetsing van 2005 voor zo ver deze beschikbaar zijn. Naar aanleiding hiervan wordt geconcludeerd dat een aantal resultaten voorlopig buiten beschouwing gelaten moet worden (deze resultaten zijn grijs gearceerd in Tabel 3-2).

Overloop en golfoverslag

- Dijkvak 7167 (097-Dp290), Molenpolder, scoort relatief slecht voor het mechanisme overloop/golfoverslag (bèta is 3,03). Dit resultaat is voor de beheerder niet herkenbaar. Mogelijk dat de voorliggende zandplaat niet goed geschematiseerd is (dit is geen voorland), waardoor te weinig golfreductie wordt meegenomen. Andere oorzaak kan het doorgerekende profiel zijn. Hier is dus nog nadere analyse nodig.
- *Beheerder vindt dat het huidige resultaat niet meegenomen moet worden in de berekening van de overstromingskans van de dijkkring omdat hij het resultaat niet herkent.*
- Voor de vakken 7009 (020-dp16), 7111 (122-dp16), 7116 (121a-dp9), 7124 (113-dp 87), 7167 (097-dp290), 7211 (083a-dp186) en 7233 (078-dp148) heeft de beheerder nog apart aangegeven dat deze goed scoren voor hoogte in de (voorlopige) resultaten van de toetsing van 2005. Een aantal van deze vakken scoorde onvoldoende bij de toetsing van 2000 (zie Tabel 2-4).
- Het vak 7152 (100a-Dp330) scoorde bij de toetsing van 2000 onvoldoende, maar is volgens de berekeningen van VNK sterk. Als in de nieuwe toetsing blijkt dat dit vak nog steeds onvoldoende is, dan zal het resultaat van VNK nader geanalyseerd moeten worden.

Opbarsten en piping

- De resultaten van VNK geven geen relatief zwakke plekken voor het mechanisme opbarsten/piping.
- Bij 1^e toetsing zijn een aantal vakken onvoldoende getoetst. Sindsdien zijn er nog geen verbeteringswerken uitgevoerd ten aanzien van het

-
- fenomeen opbarsten en piping. Wel zijn werkzaamheden uitgevoerd aan drainages en is beter grondonderzoek gedaan. Ook bij de 2^e toetsing scoren een aantal vakken voorlopig nog niet goed voor dit mechanisme.
- Voor de vakken 7109 (123-Dp26), 7111 (122-Dp16), 7220 (081a-Dp175) heeft de beheerder nog apart aangegeven dat deze goed scoren voor het mechanisme opbarsten en piping in de (voorlopige) resultaten van de toetsing van 2005. Deze vakken scoorden onvoldoende in de vorige toetsing (zie Tabel 2-4).
 - Daarnaast heeft de beheerder aangegeven dat het vak 7271 (072-dp69) voorlopig niet goed scoort voor de toetsing van 2005. Het vak 7233 (078-Dp148) scoorde bij de toetsing van 2000 onvoldoende. Beide vakken zijn volgens de berekeningen van VNK sterk. Als uit de definitieve resultaten van de nieuwe toetsing blijkt dat deze vakken nog steeds onvoldoende scoren, dan zal het resultaat van VNK nader geanalyseerd moeten worden.
 - Resultaat van VNK komt dus grotendeels overeen met het beheerdersoordeel en de toetsing.

Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam

- De vakken 7002 (024-Dp7) voor gras, 7009 (020-Dp16) voor steen, 7028 (004-Dp25) voor steen, 7258 (074-Dp99) voor gras en 7271 (072-Dp69) voor gras scoren relatief slecht voor het mechanisme beschadiging bekleding en erosie dijklichaam.
- Voor het dijkvak 7028 (004-Dp25) waren net als voor 7038 (139a-Dp17) in eerste instantie onvoldoende gegevens voor de steenbekleding ingevoerd in de inwingspreadsheet om met PC Ring een resultaat te berekenen.
 - Voor dijkvak 7028 zijn de gegevens gekopieerd van dijkvak 7042 (na overleg met beheerder over het type steenbekleding). Dit leidt tot een grote faalkans. In principe zal nagegaan moeten worden of de gekopieerde gegevens overeenkomen met de werkelijkheid. De beheerder geeft aan dat dit vak op de nominatie staat voor verbetering in het kader van de steenbekledingen. Slechte resultaat is dus wel herkenbaar.
 - *Beheerder vindt dat de huidige resultaat niet meegenomen moet worden in de berekening van de overstromingskans van de dijkring, omdat het vak onderdeel is van een lopend verbeteringsproject.*
 - Voor dijkvak 7038 zijn geen andere gegevens ingevoerd en is dus geen resultaat berekend.
- De toetsing wordt nu uitgevoerd. Er worden op dit moment extra gegevens ingewonnen voor een geavanceerde toetsing (o.a. over de graskwaliteit). Voor een aantal vakken heeft de beheerder al wel aangegeven wat de stand van zaken is van de (voorlopige) resultaten van de toetsing van 2005. In veel gevallen is het type bekleding waarop deze vakken zijn getoetst anders dan het type bekleding dat VNK heeft doorgerekend (en dat voor beheerder herkenbaar was (zie paragraaf 2.5)). In Tabel 3-5 is dit oordeel van de beheerder aangegeven met daarnaast het mechanisme waarvoor het vak bij VNK is doorgerekend.
- Bij de resultaten voor het mechanisme beschadiging bekleding en erosie dijklichaam kunnen dus kanttekeningen geplaatst worden. Nader onderzoek naar de diverse soorten bekleding (dijk is altijd opgebouwd uit een combinatie van meerdere soorten bekleding (breuksteen, steen,

asfalt en gras) die op een dijkvak aanwezig zijn, lijkt nodig. Alle soorten zullen apart doorgerekend moeten worden en vervolgens moet gekeken worden welk soort maatgevend is (ook in relatie tot bijbehorende ontwerppunten). Het zou nog beter zijn als met PC Ring meerdere soorten tegelijk op 1 dijkvak doorgerekend kunnen worden.

- Van dijkvak 7159 (099a-Dp319) is aangegeven dat het op de nominatie staat om verbeterd te worden. Bij de toetsing redt dit vak het niet op basis van zijn leeftijd. De beheerder twijfelt dan ook aan het berekende resultaat, dat relatief goed is ($\beta = 5,2$). Vak bestaat deels uit asfalt en deels uit steen. Beide typen zouden doorgerekend moeten worden.
- De beheerder heeft aangegeven dat overgangsconstructies vaak een zwakke plek vormen. VNK rekent deze niet door.

Dijkvak	Oordeel beheerder (o.b.v. voorlopige resultaten toeting 2005)	VNK resultaat berekend voor:
7002 - 024-Dp7	Steenbekleding na nader onderzoek goed	Gras
7023 - 006a-Dp10	Steenbekleding niet goed	Steen
7024 - 006a-Dp11	Steenbekleding niet goed	Asfalt
7025 - 006a-Dp15	Steenbekleding niet goed	Asfalt
7042 - 138-Dp2	Steenbekleding geavanceerd	Steen
7071 - 133a-Dp67	Gras geavanceerd	Steen
7074 - 132a-Dp74	Gras geavanceerd	Steen
7075 - 131-Dp7	Gras geavanceerd	Steen
7111 - 122-Dp16	Bekleding geavanceerd	Steen
7129 - 111a-Dp12	Gras geavanceerd	Steen
7136 - 105-Dp10	Bekleding geavanceerd	Steen
7139 - 103-Dp23	Gras geavanceerd	Steen
7159 - 099a-Dp319	Asfalt onvoldoende	Steen
7163 - 098b-Dp304	Asfalt onvoldoende	Steen

Tabel 3-5 Beheerdersoordeel bekleding nav voorlopige resultaten toetsing 05

Afschuiven binnentalud

- VNK kijkt naar afschuiven van het binnentalud. Dit mechanisme is voor 1 vak (7249 - 076-Dp124) op de goede manier doorgerekend, waarbij een grote faalkans wordt berekend. Ook andere indicatieve sommen wijzen op grote faalkansen (β 's rond de 2).
- Beheerder heeft wel afschuiven van het buitentalud gezien, maar met binnentalud zijn er nog nooit echt problemen geweest.
- De oorzaak voor de slechte resultaten kan worden gezocht in de conservatieve gegevens die voor de 1^e toetsing zijn gebruikt (door gebrek aan informatie). Deze gegevens zijn ook voor VNK gebruikt. Dit geeft een pessimistisch beeld.
- Op dit moment is men voor de 2^e toetsing bezig met extra grondonderzoek (proevenverzamelings (boringen), metingen van waterspanningen, grondslag). Hiermee wordt de ondergrond beter in kaart gebracht. Verwacht wordt dat dit zal leiden tot betere resultaten voor afschuiven. Ook het model van de onderlagen, dat is gebruikt voor de Mstabsommen lijkt conservatief. Op langere termijn verwacht

de beheerder dit ook beter mee te kunnen nemen (en daardoor ook betere resultaten te berekenen).

- Daarnaast moet wel worden opgemerkt dat de dijken rondom dijkkring 32 hoog en steil zijn en dat bovendien de ondergrond niet heel goed is (er zijn slappe lagen aanwezig). Op basis daarvan is het niet vreemd dat afschuiven naar voren komt als een relatief zwak mechanisme. Ook bij minder conservatieve gegevens wordt verwacht dat dit mechanisme relatief slecht zal scoren (bèta rond de 2,5 – 3).
 - Voor de vakken 7012 (019a-dp20), 7052 (137a-dp23), 7079 (130-dp16) heeft de beheerder apart aangegeven dat deze goed scoren voor het mechanisme afschuiven in de (voorlopige) resultaten van de toetsing van 2005. Voor de vakken 7226 (080-dp169) en 7249 (076-dp124) geldt dat ze geavanceerd getoetst worden voor het mechanisme afschuiven. Dit zijn vakken die horen bij de geselecteerde dwarsprofielen en dus (m.u.v. het laatste vak) niet bij de 33 dijkvakken die zijn geselecteerd om door te rekenen (zie ook Tabel 2-3).
 - Ook voor het vak 7025 (006a-dp15) geeft de beheerder aan dat het geavanceerd wordt getoetst voor het mechanisme afschuiven binnentalud. Het profiel van dit vak is binnen VNK niet bekeken voor dit mechanisme.
 - Bij de toetsing van 2000 scoorde geen van de geselecteerde vakken onvoldoende voor het mechanisme afschuiven binnentalud.
 - Aanbevolen wordt om de andere geselecteerde profielen, die niet overeenkomen met de geselecteerde vakken, in PC Ring te hangen bij het juiste vak (vak dat dus niet in de selectie zit). Het gaat om de vakken 7012 (019a-Dp20), 7014 (013-Dp8), 7052 (137a-Dp23), 7079 (130-Dp16), 7204 (084-Dp199), 7226 (080-Dp169). Daarnaast wordt aanbevolen om bij deze berekeningen gebruik te maken van de resultaten van het extra grondonderzoek.
- *Beheerder vindt dat de huidige resultaten niet meegenomen moeten worden in de berekening van de overstromingskans, aangezien op dit moment onderzoek wordt gedaan om de invoergegevens te verbeteren.*

Duinen

- Met de nieuwe zwaardere randvoorwaarden voor de golven (zie ook paragraaf 2.9) scoort geen enkel duinvak onvoldoende in de toetsing van 2005. De resultaten van de 4 vakken die VNK heeft doorgerekend (met de oude minder zware randvoorwaarden), lijken wel te kloppen (bèta 4,37 tot 5,26).
- Langs de gehele Noordzeekust geldt een suppletiebeleid voor zowel de duinen als de dijken om de basiskustlijn te handhaven. VNK kan dergelijke dijken niet direct doorrekenen. Je zou moeten uitgaan van een gekoppeld faalmechanisme; dijk wordt pas aangesproken als het duin is weggeslagen.

Afschuiven buitentalud

- Buitendijkse stabiliteit (dijk- en oevervallen) wordt niet meegenomen bij VNK. Beheerder verwacht dat dit mechanisme juist een bedreiging voor de veiligheid van het dijkkringgebied 32 is (en daarmee veel invloed heeft op de overstromingskans).

- Afschuiven van het buitentalud vindt plaats bij laagwater. Afhankelijk van hoe ver het dijklichaam afschuift, leidt dit tot een gevaar voor de veiligheid of niet.
- Beheerder geeft aan dat dijkkring 32 een gesloten systeem van regionale keringen met afsluitbare constructies heeft om dit fenomeen tegen te gaan. Dit systeem wordt beheerd en onderhouden door het waterschap.

3.4 Resultaten per kunstwerk

In Tabel 3-6 staan de resultaten per kunstwerk. Ook hier zijn de resultaten die naar aanleiding van het overleg met de beheerder buiten beschouwing gelaten kunnen worden, grijs gearceerd.

PC Ring benaming	Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	Niet-sluiten van afsluitmiddelen	Constructief falen
VNK.32.02.001	Gemaal Cadzand	4,39	6,00	4,48
VNK.32.02.003	Gemaal Nieuwe Sluis	Nvt	5,85	6,09
VNK.32.02.004	Gemaal Nummer Eén	Nvt	5,95	4,94
VNK.32.08.003	Uitwateringssluis Nol Zeven	4,57	4,47	4,50
VNK.32.08.001	Uitwateringssluis Braakman	4,72	4,32	4,46
VNK.32.06.003	Terneuzen Westsluis, schutsluis	3,85	5,25	5,24
VNK.32.06.003	Terneuzen Westsluis, spuirool	Nvt	5,25	5,24
VNK.32.06.002	Terneuzen Middensluis, schutsluis	3,93	4,83	4,27
VNK.32.06.002	Terneuzen Middensluis, spuirool	Nvt	5,06	4,27
VNK.32.06.001	Terneuzen Oostsluis	4,06	6,61	5,34
VNK.32.02.005	Gemaal Othene	4,10	3,50	1,69
VNK.32.02.002	Gemaal Campen	Nvt	5,49	4,38
VNK.32.02.006	Gemaal Paal	4,96	5,81	4,65
VNK.32.08.002	Uitwateringssluis H.Hedwigepolder	4,00	4,68	5,18

Tabel 3-6 Resultaten beoordeelde kunstwerken in dijkkring 32

Kunstwerken

- Het gemaal Othene scoort zeer slecht voor het mechanisme constructief falen (bèta van 1,69, faalkans 1/22). Dit had te maken met het mechanisme opbarsten en piping. Dit blijkt een probleem als er van uit gegaan wordt dat de storte- en ontvangstbedden niet volledig waterdicht zijn. Indien kan worden aangetoond dat dit wel het geval is, of als fysieke maatregelen worden getroffen om dit te bereiken, kan wel worden voldaan aan de norm.
- In overleg met GeoDelft is dit kunstwerk ondertussen (geavanceerd) goed getoetst. Het resultaat kan dus buiten beschouwing gelaten worden.
- Voor het mechanisme niet-sluiten scoort het gemaal Othene relatief slecht (bèta van 3,5, faalkans 1/4300). Niet-sluiten levert een hoge faalkans door enerzijds het grote aantal sluitvragen (vrijwel dagelijks) en anderzijds de aanwezigheid van 2 keermiddelen. De faalsituatie betreft het blokkeren van de puntdeuren door aanzanding of obstakels, waarna niet tijdig de noodsluif wordt gesloten. Het verbeteren van de situatie is mogelijk door het aanbrengen van een extra stel puntdeuren. Daarnaast kan worden gedacht aan het nader beoordelen van het faalkansen voor niet-sluiten (geavanceerde

methode), wellicht in combinatie met het optimaliseren van de bediening.

→ *Bij nadere inspectie is gebleken dat deze instroming niet mogelijk is, waardoor een kleinere faalkans verwacht mag worden dan nu berekend is. Dit resultaat kan dus buiten beschouwing gelaten worden.*

- Voor het gemaal Cadzand lijkt het resultaat van VNK voor het mechanisme overloop en golfoverslag te goed (bèta is 4,39, faalkans < 1/100.000). Uit het kunstwerkenrapport volgt het volgende: VNK berekent voor dit kunstwerk een grote faalkans, maar deze faalkans is bijgesteld tot een veel lagere overstromingskans. Bij falen slaat water (golven) over het schuivenhuis. Dit overslagdebiet leidt niet direct tot een verlies van standzekerheid van het kunstwerk en dus tot een overstroming. Het overslagdebiet komt op de verharding achter het schuivenhuis terecht en loopt aan weerszijden het achterliggende uitwateringskanaal in. De standzekerheid van het kunstwerk gaat pas verloren als er een debiet overslaat dat hoort bij een veel hogere waterstand (en daarmee een veel kleinere faalkans) dan de waterstand waarbij falen (overslag) van het kunstwerk optreedt.

3.5 Overstromingskans dijkkring 32

Als alle resultaten uit tabel Tabel 3-2 en Tabel 3-6 worden meegenomen, wordt voor dijkkringgebied 32, Zeeuws-Vlaanderen een (voorlopige) overstromingskans berekend van > 1/11 per jaar (COMBIN 1). Dit zou betekenen dat voor dijkkringgebied 32 vaker dan eens per 11 jaar een overstroming te verwachten is. Aangezien de resultaten nog niet uitgebreid geanalyseerd zijn, kan hier niet gesproken worden over de zogenaamde referentiesom van dijkkring 32.

Mechanisme	COMBIN 1	COMBIN 2
	(1/kans)	(1/kans)
Overloop/golfoverslag	1/794	1/11312
Opbarsten en piping	1/30211	1/30211
Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/22	1/574713
Afschuiven binnetalud		
Duinafslag		
Kunstwerken overloop en golfoverslag	1/16920	1/16920
Kunstwerken niet-sluiten afsluitmiddelen	1/3984	1/3984
Kunstwerken constructief falen	1/22	1/34364
Gecombineerde faalkans over de faalmechanismen	1/11	1/1996

Tabel 3-7 Overstromingskans dijkkring 32

Als de 6 zwakste plekken voor de dijken (7167-097-Dp290 voor overloop en golfoverslag, 7002-024-Dp7, 7009-020-Dp16, 7028-004-Dp25, 7258-074-Dp99 en 7271-072-Dp69 voor beschadiging bekleding en erosie dijklichaam) en de zwakste plek voor de kunstwerken (constructief falen van gemaal Othene) buiten beschouwing worden gelaten wordt een kans berekend van 1/2000 per jaar (COMBIN 2). Volgens de beheerder komt dit in de richting van wat hij zou verwachten.

In beide gevallen is het mechanisme afschuiven nog niet meegenomen in de berekende kans, terwijl wel duidelijk is dat stabiliteitsproblemen hier een reëel risico vormen, omdat de dijken hoog en steil zijn en op slappe lagen in de ondergrond staan.

Om deze reden is in het hoofdrapport en de managementsamenvatting van het project VNK voor dijkring 32 een overstromingskans $>1/100$ gepresenteerd. Hierbij is aangegeven dat de overstromingskans vooral bepaald wordt door stabiliteitsproblemen bij een gemaal en bij de dijken. Met betrekking tot het gemaal is vervolgens ook aangegeven dat dit op basis van recente informatie bij de tweede toetsing wel goedgekeurd kan worden.

3.6 Mogelijkheden van gevoeligheidsanalyses

Voor dijkring 32 zijn nog geen gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. In deze paragraaf wordt ingegaan op de manier waarop bepaald kan worden welke gevoeligheidsanalyses interessant kunnen zijn.

De berekende overstromingskans van de dijkring wordt bepaald door een groot aantal dijkvakken, duinvakken en kunstwerken, verschillende faalmechanismen en een groot aantal stochasten per faalmechanisme. Het aantal mogelijke gevoeligheidsanalyses is daarmee bijna eindeloos. Het is dan ook belangrijk de gevoeligheidsanalyse toe te spitsen op die factoren die het meest bepalend zijn voor de grootte van de overstromingskans. Voor de dijkvakken gaat het dan om de relatief zwakke dijkvakken. Bij die dijkvakken gaat vervolgens de aandacht uit naar de faalmechanisme(n) die het meest bijdragen aan de overstromingskans. En voor die faalmechanismen wordt vervolgens gekeken naar de stochasten die de grootste bijdrage leveren aan de overstromingskans. Daarbij is bovendien belangrijk dat deze stochasten met behulp van nader onderzoek binnen een redelijke termijn en met een redelijke inspanning kunnen worden verkleind. Dit laatste is een belangrijke inperking bij dijkring 32 draagt de stochast "Waterstand Vlissingen" verreweg het meeste bij aan de faalkans voor het mechanisme overloop en golfoverslag. Het is echter ook een stochast waar nader onderzoek weinig nieuwe inzichten zal opleveren. Zelfs 10 jaar extra waarnemingen zal slechts beperkt van invloed zijn op de statistische onzekerheid waarmee deze stochast is behept. Het verkleinen van de overstromingskans door het reduceren van onzekerheden met behulp van nader onderzoek zal zich dus op andere stochasten moeten richten.

Informatie over de meest invloedrijke stochasten kan ontleend worden aan PC-Ring. PC-Ring berekent per stochast een invloedscoëfficiënt (alfa), ook wel gevoeligheidscoëfficiënt genoemd. De grootte van de alfa-waarde wordt bepaald door een combinatie van de invloed van de gemiddelde waarde en de grootte van de standaardafwijking (of variatiecoëfficiënt). Een lage alfa-waarde voor een parameter betekent niet per definitie dat deze parameter weinig invloed heeft op het resultaat. Bij een kleine variatiecoëfficiënt (of standaardafwijking), kan variatie van de gemiddelde waarde nog aanzienlijke invloed hebben op het resultaat. Echter bij een parameter met een kleine variatiecoëfficiënt is de waarde van deze

parameter relatief "zeker". Dit betekent dat niet verwacht wordt dat de gemiddelde waarde veel zal veranderen als gevolg van nieuwe inzichten. Voor het doorrekenen van maatregelen is het variëren van de gemiddeld waarde van dergelijke parameters mogelijk wel interessant. De alfa-waarden (invloedscoëfficiënten) zijn niet zaligmakend. Gevoeligheidsanalyses en invloedscoëfficiënten dienen "samen" te worden bekeken.

De alfa's staan dus voor de bijdrage van de stochast aan de faalkans voor een deelmechanisme. Deze kunnen zowel aan de belasting kant (negatieve alfa's) als aan de positieve kant (alfa's positief) werken.

4 Overstromingsschade en overstromingsrisico

4.1 Overstromingsrisico dijkkring 32 (Zeeuws-Vlaanderen)

In het project VNK worden kansen en gevolgen van een overstroming berekend per dijkkring. De kans op en het gevolg van een overstroming bepalen samen het overstromingsrisico. Het berekende risico voor dijkkring 32 (Zeeuws-Vlaanderen) bedraagt meer dan 140 miljoen € per jaar en is als volgt opgebouwd:

Overstromingskans hele dijkkring	> 1/100	[kans per jaar]
Schadebedrag door een overstroming	14.000	[miljoen €]
Overstromingsrisico	>140	[miljoen € per jaar]

In hoofdstuk 3 van dit rapport is de overstromingskans onderbouwd van deze dijkkring. De berekeningsmethode voor het bepalen van het globale schadebedrag is gegeven in paragraaf 4.2. Gebiedsspecifieke kenmerken zijn weergegeven in paragraaf 4.3. Resultaten en een beknopte analyse zijn weergegeven in paragraaf 4.4.

4.2 Berekeningsmethode

4.2.1 Algemeen

In VNK zijn twee methoden toegepast om gevolgen van overstromingen te definiëren. Deze methoden worden aangeduid met "globaal" en "gedetailleerd". In de gedetailleerde methode wordt met behulp van een hydrodynamisch model diverse overstromingspatronen berekend. Dit is een betrekkelijk arbeidsintensieve benadering, daarom is deze aanpak beperkt tot drie dijkkringgebieden (de zogeheten risicocases: dijkkring 7, 14 en 36). In dijkkring 32 is gebruik gemaakt van de globale benadering. In de globale aanpak wordt een "worst case" overstromingsscenario gedefinieerd, waarmee op een eenvoudige manier de schade bepaald kan worden.

Vervolgens wordt de schade berekend door de verwachte maximale waterdiepte te combineren met het grondgebruik. Het bepalen van gevolgen van overstromingen richt zich op de monetair waardeerbare schade. Milieurisico's, risico's aan Landschap Natuur en Cultuurhistorie (LNC-risico's) en andere niet-monetair waardeerbare risico's worden in deze dijkkring verder niet beschouwd.

4.2.2 Beschrijving globale methode

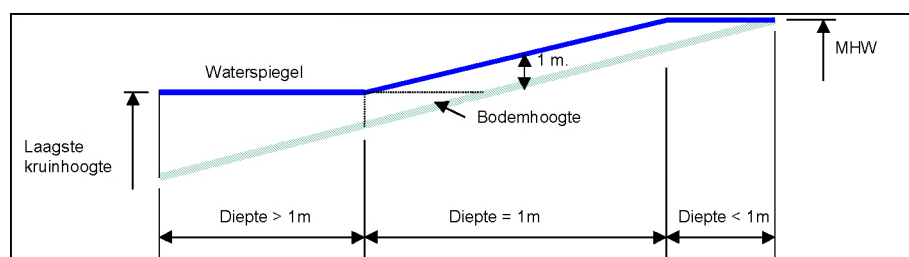
In de globale aanpak wordt dus een "worst case" overstromingsscenario gedefinieerd, waarmee op een eenvoudige manier de schade bepaald kan worden. Hierbij wordt aangenomen dat er genoeg water is om het hele dijkkringgebied onder water te zetten ("bakje"). Vanwege het ontbreken van essentiële hydrodynamische parameters (bijvoorbeeld de stijgsnelheid

van het water) kan in deze aanpak niet het aantal slachtoffers bepaald worden.

Voor het bepalen van de overstromingsdiepte wordt uitgegaan van de volgende aannames:

- Het dijkkringgebied is als één geheel beschouwd (dus geen aparte compartimenten).
- Het volume binnenstromend water is onbeperkt (dijkkring komt geheel onder water te staan).
- Per dijkkringgebied wordt een waterspiegel opgelegd die gelijk is aan de laagste kruin van de dijkkring (of in speciale gevallen het hoogste toetspeil binnen het dijkkringgebied).

In gebieden met een groot verhang kan het voorkomen dat de bodemhoogte bovenstrooms hoger is dan de laagste kruinhoogte. Als er in deze gebieden bovenstrooms dijkdoorbraak is, dan zal het water naar de laagst gelegen gebieden stromen. Van de waterstroom van de bres naar het laagst gelegen gebieden wordt een waterdiepte van 1 m aangehouden. Om te voorkomen dat in de hoger gelegen gebieden een waterspiegel voorkomt die hoger is dan de maatgevende hoogwaterstand (bijvoorbeeld bij duinen), wordt daar de waterspiegel afgekapt op de maatgevende hoogwaterstand. Dit komt tot uitdrukking in de zone waarde waterdiepte kleiner is dan 1 m. In *Figuur 4-1* is weergegeven hoe deze aannames resulteren in het verloop van de waterspiegel.



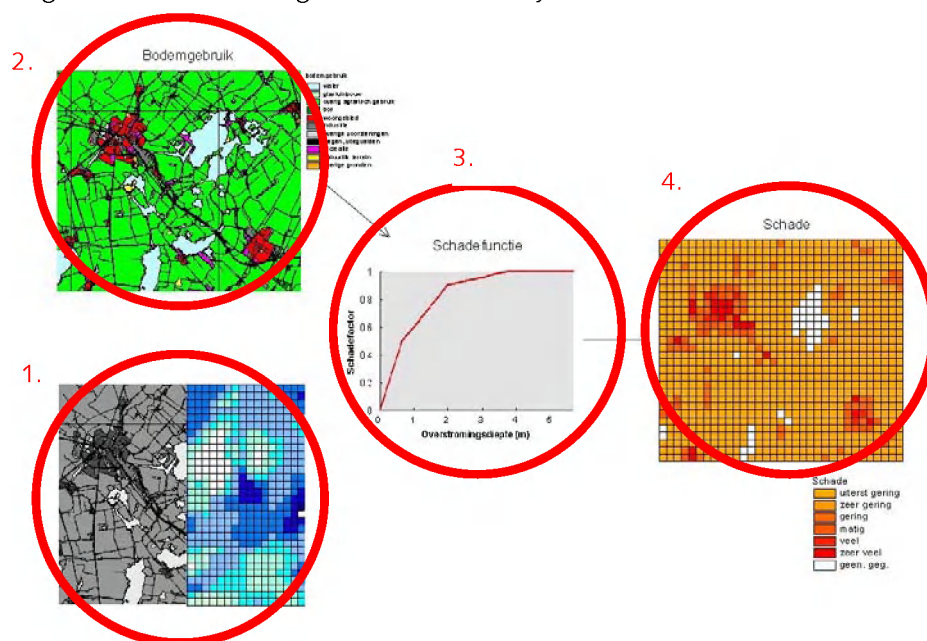
Figuur 4-1 Schematische weergave van bepaling van overstromingsdiepte bij globale gevolgen

Opgemerkt wordt dat de overstromingsdiepte met de globale methode een (soms ruime) bovengrens van deze diepte geeft, omdat uit VNK onderzoek gebleken is dat het langs de dijkkringgebieden langs de kust en de meren het zeer onwaarschijnlijk is dat zoveel water het gebied binnenstroomt als is aangenomen in dit scenario. Wel geeft deze aanpak een indruk van de kwetsbare locaties, en dat zijn veelal de diepere gebieden.

4.2.3 Bepaling economische schade

De uitkomsten van de overstromingsberekeningen worden gebruikt om de economische schade als gevolg van een overstroming te berekenen. De overstromingsdiepte is de belangrijkste parameter die de schade bepaalt. Binnen VNK is gebruik gemaakt van de zogenaamde HIS Schade en Slachtoffermodule (versie 2.1), waarbij HIS staat voor Hoogwater Informatie Systeem. Voor elke locatie is de schade bepaald aan de hand van het grondgebruik en een schadefunctie. Deze functie schrijft voor welke schade optreedt als functie van overstromingsdiepte.

De methode is schematisch weergegeven in Figuur 4-2. Zoals uit deze figuur blijkt is de methode gebaseerd op geografische informatie, en voor de bepaling van de schade per dijkkringgebied wordt dan ook gebruik gemaakt van een Geografisch Informatie Systeem (GIS).



Figuur 4-2 Methode schadeberekening HIS-SSM

De schade wordt bepaald op de volgende wijze:

1. Bepaling van het overstromingsscenario: als invoer in de HIS Schade en Slachtoffermodule is de overstromingsdiepte benodigd, of de waterstand en de maaiveldhoogte.
2. Bepaling van het grondgebruik: voor Nederland zijn de verschillende bodemgebruiksvormen in de HIS Schade en Slachtoffermodule middels de standaardmethode gedefinieerd.
3. Voor alle soorten grondgebruik zijn schadefuncties gedefinieerd. Elke schadefunctie bestaat uit een maximaal schadebedrag en een schadefactor. Het maximale schadebedrag is de maximale schade die bij een overstromingsgebeurtenis kan optreden en is in principe gebaseerd op de vervangingswaarde. De schadefactor is een getal tussen 0 en 1 en is een functie van de overstromingsdiepte en –snelheid.
4. De schade wordt berekend door per bodemgebruiksvorm in een rekenel de waterdiepte, stroomsnelheid en de schadefunctie te combineren.

Bij het bepalen van de schade wordt rekening gehouden met drie verschillende categorieën schade:

1. Directe schade - materieel:

Onder directe materiële schade verstaan we de schade die optreedt aan objecten, kapitaalgoederen en roerende goederen vanwege het directe contact met water. Hiertoe behoren:

 - Herstelschade aan onroerende goederen in eigendom of huur: erven en opstallen.
 - Herstelschade aan productiemiddelen, zoals machinerie, apparatuur, procesinstallaties en transportmiddelen.
 - Schade aan inboedels.

- Schade door het verloren gaan van roerende goederen, zoals grondstoffen, hulpstoffen en producten (inclusief schade aan oogst).
2. Directe schade - door bedrijfsuitval
De tweede categorie directe schade is gedefinieerd als de schade vanwege bedrijfsuitval, d.w.z. de zakelijke verliezen door productiestilstand.
 3. Indirecte schade
De indirecte schade bestaat uit de schade bij toeleverende en afnemende bedrijven buiten het overstroomde gebied, en reistijdverlies door uitval van (spoor)wegen in het overstroomde gebied.

Uitvoer van de HIS Schade en Slachtoffermodule zijn kaarten die per overstromingsscenario de schade aangeven.

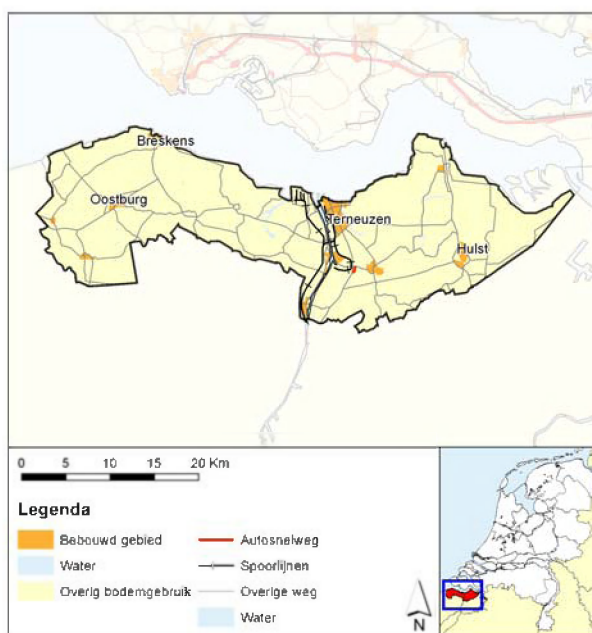
Voor meer informatie over het berekenen van globale gevolgen wordt verwezen naar het rapport globale gevolgen [12].

4.3 Beschrijving kenmerken van dijkkring 32

In paragraaf 2.1 worden kort de ligging en de kenmerken van dijkkring 32 beschreven. In deze paragraaf zijn enkele extra kenmerken weergegeven, die van belang zijn voor het inschatten van de schade.

4.3.1 Gebiedsbeschrijving

Zeeuws-Vlaanderen ligt tussen de Westerschelde en België. De ligging ervan is nogmaals weergegeven in Figuur 4-3. In dit gebied liggen tal van secundaire waterkeringen die voor compartimenten zorgen. Door deze dijkkring loopt het kanaal Gent-Terneuzen. De voornaamste plaatsen in dit gebied zijn Terneuzen, Sluis en Hulst.



Figuur 4-3 Ligging dijkkring 32 (Zeeuws-Vlaanderen)

4.3.2 Hoogteligging

Het maaiveld ligt rond NAP +1 m en verloopt nauwelijks over het hele gebied.

4.3.3 Beschrijving landgebruik

In dit gebied wordt voornamelijk landbouw bedreven. Bij Terneuzen is industrie aanwezig, maar die ligt voor een deel op een opgehoogd terrein.

4.3.4 Beschrijving waterstandbepaling

De laagste kruinhoogte van de dijkkring bedraagt NAP +5,5 m. Met de globale werkwijze wordt er vanuit gegaan dat de waterstand in het dijkkringgebied gelijk is aan NAP +5,5 m.

4.4 Analyse economische schade

4.4.1 Schadebedragen

De schade die is berekend met de globale methode is weergegeven in Tabel 4-1. De schade bedraagt 14.000 miljoen euro. De schade wordt voornamelijk veroorzaakt door de steden Terneuzen en Hulst en de vele kleine dorpen in dit gebied. Door het gebied lopen enkele rijkswegen. Deze veroorzaken ook een deel van de schade.

In Tabel 4-1 is ook de schade weergegeven per hectare en per inwoner. De schade per hectare is ten opzichte van andere dijkkringgebieden erg laag. Het bedraagt ongeveer 10% ten opzichte van het gemiddelde van alle dijkkringgebieden. Dit komt door het agrarisch landgebruik. Het maximale schadebedrag van landbouw is namelijk relatief laag. De schade per inwoner is veel groter dan het gemiddelde van alle dijkkringgebieden. Dat komt omdat er weinig mensen wonen, waardoor de schade per persoon hoog wordt.

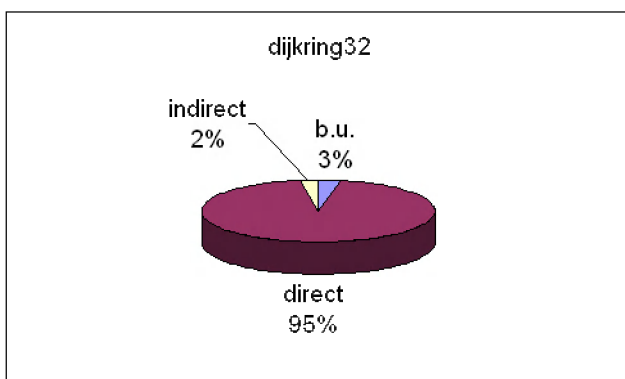
	Dijkkring 32	Gemiddeld alle dijkkringen
Totale schade	14.000 [miljoen euro]	-
Schade per hectare	20.000 [euro per hectare]	380.000 [euro per hectare]
Schade per inwoner	134.000 [euro per inwoner]	72.000 [euro per inwoner]

Tabel 4-1 Schadebedragen

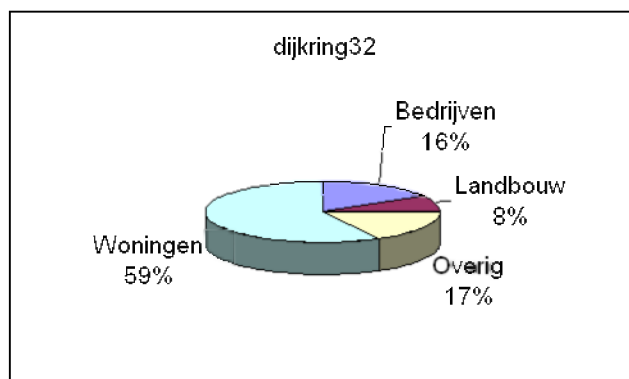
In Figuur 4-4 is het aandeel van de schade weergegeven van de directe schade, de indirecte schade en de schade door bedrijfsuitval. De directe schade is uiteraard het grootst (95%), aangezien dit de schade is die wordt veroorzaakt aan goederen en opstallen in de dijkkring. De indirecte schade bedraagt 2%. Dat is de schade die buiten deze dijkkring optreedt door bijvoorbeeld afnemers die geen producten meer ontvangen die worden geproduceerd in het gebied dat is ondergelopen. De categorie bedrijfsuitval (3%) bevat de schade die wordt veroorzaakt door het niet kunnen produceren omdat het bedrijf stil ligt. In vergelijking met andere dijkkringen zijn deze percentages gebruikelijke waarden.

In Figuur 4-5 is de totale schade onderverdeeld tussen woningen, bedrijven, landbouw en overig. Tot de categorie overig behoren onder

andere snelwegen, spoorlijnen en gemalen. Deze verhouding is vergelijkbaar met de verhouding van andere dijkkringgebieden.



Figuur 4-4 Schade onderverdeeld in directe schade, indirecte schade en bedrijfsuitval



Figuur 4-5 Schade onderverdeeld in schade aan woningen, bedrijven, landbouw en overig

4.4.2 Interpretatie

De schade die is berekend met de globale methode is conservatief en kan worden gezien als een bovengrens. Zeeuws-Vlaanderen wordt gekenmerkt door vele secundaire waterkeringen. Bij een doorbraak van de primaire kering zal het achterliggende gebied compartimentsgewijs overstromen. De aanname dat deze dijkkring geheel gevuld zal worden met een vlakke waterspiegel tot aan de laagste kruin is daarmee onmogelijk.

Daarnaast wordt de duur van een overstroming voornamelijk bepaald door de duur van de windopzet op zee. De duur van de windopzet is vaak zo kort dat één enkele doorbraak er niet voor kan zorgen dat de hele dijkkring zal overstromen.

De schade die wordt berekend met de globale methode is een dus overschatting van de schade. Het berekende risico is daarmee eveneens ruim overschat.

Het wordt aanbevolen om voor deze dijkkring meer gedetailleerde overstromingsberekeningen te maken.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Voor dijkkringgebied 32 zijn 33 dijkvakken, 4 duinvakken en 14 kunstwerken beschouwd.

Bij de berekeningen van dijkkring 32 is men tegen veel problemen met o.a. de schematisatie, de complexiteit van de dijkprofielen, de variatie in de belastingen en de programmatuur aangelopen, waardoor het moeilijk bleek om voor deze dijkkring goede berekeningen te maken. Er is geen tijd geweest voor een uitgebreide analyse van de resultaten. De berekeningen van dijkkring 32 zijn dan ook minder ver gekomen dan in de andere dijkringen.

De overstromingskans van het dijkkringgebied 32, Zeeuws-Vlaanderen is (voorlopig) berekend op een kans $> 1/100$ per jaar. Dit betekent dat voor dijkkringgebied 32 vaker dan eens per 100 jaar een overstroming te verwachten is. De overstromingskans wordt vooral bepaald door stabiliteitsproblemen bij een gemaal en bij de dijken.

Voor de tweede toetsing van de waterkeringen verzamelt het waterschap meer informatie. Daaruit is recentelijk gebleken dat het gemaal bij de tweede toetsing goedgekeurd kan worden.

Voor de dijken zijn de gegevens voor de toetsing nog niet beschikbaar. Mogelijk hebben deze gegevens wel invloed op de resultaten van VNK. Dit kan onder andere gelden voor het mechanisme afschuiven binnentalud. De oorzaak voor de slechte resultaten kan daar namelijk deels worden gezocht in de conservatieve gegevens die voor de 1^e toetsing zijn gebruikt (door gebrek aan informatie). Dit geeft een te pessimistisch beeld. Daarnaast moet wel worden opgemerkt dat de dijken rondom dijkkring 32 hoog en steil zijn en dat bovendien de ondergrond niet heel goed is (er zijn slappe lagen aanwezig). Op basis daarvan is het niet vreemd dat afschuiven naar voren komt als een relatief zwak mechanisme. Ook bij minder conservatieve gegevens wordt verwacht dat dit mechanisme relatief slecht zal scoren. De berekende kans kan dus een overschatting zijn. Het is wel duidelijk dat stabiliteitsproblemen hier een reëel risico vormen, omdat de dijken hoog en steil zijn en op slappe lagen in de ondergrond staan.

In Zeeuws-Vlaanderen (dijkkring 32) is de maximale overstromingsschade € 14.000 miljoen, berekend met de globale methode. Hiermee is het economisch risico groter dan € 140 miljoen per jaar. De schade die is berekend met de globale methode is conservatief en kan worden gezien als een bovengrens. Secundaire keringen zullen het water tegenhouden. Daarnaast zal de duur van een overstroming (storm) te kort zijn om de hele ring te laten volstromen. De schade die wordt berekend met de globale

methode is een dus overschatting van de schade. Het berekende risico is daarmee eveneens ruim overschat.

5.2 Aanbevelingen

Bij de berekeningen van dijkring 32 is men tegen veel problemen met o.a. de schematisatie, de complexiteit van de dijkprofielen, de variatie in de belastingen en de programmatuur aangelopen, waardoor het moeilijk bleek om voor deze dijkring goede berekeningen te maken. Er is geen tijd geweest voor een uitgebreide analyse van de resultaten. Dit zal in de toekomst nog wel moeten gebeuren. Een nadere analyse van de voorlopig relatief zwakke plekken zal meer inzicht geven in de oorzaken en de invloed van onzekerheden. Mogelijk komt er bij deze analyse extra informatie naar voren, die ook nog van invloed is op de resultaten. Aan de hand hiervan kan bepaald worden welke maatregelen genomen kunnen worden of dat nader onderzoek nodig is

Bij een aantal vakken komen de resultaten van VNK niet overeen met de resultaten van de toetsing. Deze vakken zullen nader geanalyseerd moeten worden. Het kan ook zijn dat de slechte vakken niet in de selectie van 33 vakken zitten.

Bij het uitvoeren van de berekeningen heeft DHV diverse aanpassingen gedaan aan de oorspronkelijke schematisatie van het waterschap. Naast de aanpassing van de dijkvakselectie (van 287 vakken naar 33 dijkvakken en 4 duinvakken), zijn de dijkprofielen aangepast aan recent gemeten dwarsprofielen van de beheerder. Het lijkt nuttig om de selectie en de schematisatie van bijbehorende profielen in PC Ring nog eens door te lopen met de beheerder (ook aan de hand van de resultaten van de nieuwe toetsing). Ook de keuze voor dijk- of duinvakken verdient de aandacht.

In dijkring 32 zijn vaak meerdere soorten bekleding op een dijkvak aanwezig. PC Ring kan geen meerdere soorten tegelijk op een dijkvak doorrekenen. Bij de resultaten voor het mechanisme beschadiging bekleding en erosie dijklichaam kunnen kanttekeningen geplaatst worden. Nader onderzoek naar de diverse soorten bekleding (dijk is altijd opgebouwd uit een combinatie van meerdere soorten bekleding (breuksteen, steen, asfalt en gras) die op een dijkvak aanwezig zijn lijkt nodig. Alle soorten zullen apart doorgerekend moeten worden en vervolgens moet gekeken worden welk soort maatgevend is (ook in relatie tot bijbehorende ontwerppunten). Het zou nog beter zijn als met PC Ring meerdere soorten tegelijk op een dijkvak doorgerekend kunnen worden

Voor het mechanisme afschuiven binnentalud wordt een beperkt aantal vakken doorgerekend. De oorspronkelijk geselecteerde vakken/profielen voor dit mechanisme, kwamen niet overeen met de 33 geselecteerde vakken voor de dijkring. Juist omdat het mechanisme afschuiven binnentalud maatgevend lijkt voor de resultaten, zal hier meer aandacht aan besteed moeten worden.

De beheerder heeft aangegeven dat overgangsconstructies vaak een zwakke plek vormen. VNK rekent deze niet door. Dit geldt ook voor het faalmechanisme buitendijkse stabiliteit (dijk- en oevervallen). Als dit maatgevend blijkt voor de veiligheid van dijkringgebied 32, zal hier beter nader naar gekeken moeten worden.

Bijlage A Literatuurlijst

.....

[1] Berekeningen dijken duinen, Handleiding voor het berekenen van overstromingskansen (Bijlage 2), 21 januari 2004

[2] PC Ring 4.3 Gebruikershandleiding, QQQ Delft & Demis bv, September 2004, versie 4.2a

[3] Schematisering en gegevensverzameling van dijken en duinen; handleiding ten behoeve van de bepaling van overstromingskansen van dijkringen, Projectbureau VNK, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, 1 september 2002.

[4] Gegevensverzameling van kunstwerken in primaire waterkeringen; Projectbureau VNK, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, december 2002.

[5] Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het toetsen van primaire waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Delft, december 2001.

[6] Leidraad kunstwerken; TAW – Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, mei 2003.

[7] Dijkkring 16, Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, Projectbureau VNK, 20 december 2004.

[8] Schematisering en gegevensverzameling dijkkring 32, Waterschap Zeeuws-Vlaanderen, 23 maart 2004.

[9] Rapport Basiskustlijn 2004
(<http://www.rikz.nl/projecten/kustlijnkaart/kustlijnen/klk2004/rapport/rapport2004.html>)

[10] Verslag terugkomdag PC Ring, d.d. 23 september 2004

[11] Eerste berekeningen Dijken en Duinen dijkkring 25 Goeree Overflakkee, Tauw, R002-4358300ACN-jmb-V01-nl, 3 maart 2005

[12] Globale Schadeberekening. Achtergrondrapport, RWS Dienst Weg- en Waterbouwkunde, maart 2005

Bijlage B Begrippenlijst

.....

5-jaarlijkse toetsing	Periodieke beoordeling van de veiligheid en sterkte van een dijkkring. Dat wil zeggen het controleren of de momentane toestand van de constructie nog voldoet aan de vigerende functionele en wettelijke eisen. De Leidraad Toetsen op Veiligheid geeft aan hoe een toetsing kan worden uitgevoerd en is gericht op een uniforme maatstaf voor de beoordeling van de kwaliteit van de waterkeringen.
Aansluitconstructie	Het gehele dwars- en lengteprofiel van een grondconstructie in zijn afwijkende vorm, bij de overgang naar een duin, hoge gronden of een kunstwerk.
Afschuiving	Het verplaatsen van een deel van een grondlichaam door overschrijding van het evenwichtsdragvermogen.
Bandijk	De rivierdijk die het winterbed omsluit.
Beheer	Het geheel van activiteiten dat noodzakelijk is om te waarborgen dat de functies van de waterkering blijven voldoen aan de daarvoor vastgestelde eisen en normen.
Beheerder	De overheid waarbij de (primaire) waterkering in beheer is.
Beheersgebied	Het in de legger gespecificeerd areaal, dat als waterkering wordt aangemerkt en door de waterkeringbeheerder wordt beheerd.
Beheersregister	Beschrijving van de feitelijke toestand van de waterkering, met de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie.
Bekleding	Zie "taludbekleding".
Belasting	Op een constructie (een waterkering) uitgeoefende in- en uitwendige krachten, ofwel de mate waarin een constructie door in- en uitwendige krachten wordt aangesproken, uitgedrukt in een fysische grootheid
Benedenrivierengebied	Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten westen van de lijn Schoonhoven – Werkendam – Dongemond, inclusief Hollands Diep en Haringvliet, zonder de Hollandsche IJssel. Op deze benedenstroomse takken van de Rijn en de Maas ondervinden de waterstanden tijdens grote afvoergolven een significante invloed van de stormen op de Noordzee. De getijhoogwaterstijging is hier van belang.
Bezwijken	Het optreden van verlies van inwendig evenwicht (b.v. afschuiven) en/of het optreden van verlies van samenhang in materiaal (b.v. verweken) en/of het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen.
Bezwijkmechanisme	De wijze waarop een constructie bezwijkt (bijvoorbeeld afschuiven, piping).

Binnenberm	Een extra verbreding aan de binnendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden en/of om zandmeevoerende wellen te voorkomen.
Binnendijks	Aan de kant van het land of het binnenwater.
Binnentalud	Het hellend vlak van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk.
Binnenteen	De onderrand van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld).
Bovenrivierengebied	Het door Rijn en Maas gevoede rivierengebied ten oosten van de lijn Schoonhoven - Werkendam – Dongemond. De waterstanden worden daar niet beïnvloed door het getij van de Noordzee. De getijhoogwaterstijging op zee speelt in dit gebied geen rol.
Bres	Een gat in de waterkering.
Bui-oscillaties	Onregelmatige schommelingen van de waterspiegel met wisselende periodes, die vooral bij zware storm optreden.
Buistoot	Een afzonderlijk optredende vrij kort durende waterspiegelverheffing ten gevolge van een zware bui.
Buitenberm	Een extra verbreding aan de buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, om zandmeevoerende wellen te voorkomen en/of om de effecten van golfploop te reduceren.
Buitendijks	Aan de kant van de kerende zijde.
Buitentalud	Hellend vlak van het dijklichaam aan de kerende zijde.
Buitenteen	De onderrand van het dijklichaam aan de buitendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld en/of voorland).
Buitenwater	Het oppervlaktewater waarvan de waterstand direct onder invloed staat van een hoge stormvloed, van hoog opperwater van een van de grote rivieren, van hoog water van het IJsselmeer of Markermeer of bij een combinatie daarvan.
Cohesie	Wederzijdse aantrekking tussen de fijne gronddeeltjes van sommige grondsoorten, waardoor deze bij elkaar worden gehouden tot een vaste massa zonder externe krachten.
Conditionele kans op belasting	Dit is een kans op een bepaalde belasting gegeven dat daarvóór een andere kering gefaald heeft.
Consolidatie	Het uitpersen van water uit de poriën van het korrelskelet van slecht doorlatende samendrukbare grond onder invloed van belastingverhoging ten gevolge waarvan een volumeverkleining zal optreden.
Coupure	Een onderbreking in de waterkering voor de doorvoer van een (water)weg of spoorweg die bij hoge waterstanden afsluitbaar is.

Decimeringhoogte	De peilvariatie die behoort bij een vergroting of verkleining van de overschrijdingsfrequentie met een factor 10.
Dijk	Een waterkerend grondlichaam.
Dijkring	Stelsel van waterkeringen, of hoge gronden, dat een dijkringgebied omsluit en beveiligt tegen overstromingen.
Dijkringgebied	Een gebied dat door een stelsel van waterkeringen, of hoge gronden beveiligd moet zijn tegen overstroming, in het bijzonder bij hoge stormvloed, bij hoog oppervlaktewater van een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of Markermeer of bij een combinatie daarvan.
Dijkvak	Een deel van een waterkering met min of meer gelijke sterkte-eigenschappen en belasting
Duin	Zandlichaam (al dan niet verdedigd) bestemd tot het keren van water op basis van inhoud.
Duinafslag	Zie "ontwerpafslagzone".
Duinvoet	De overgang van strand naar duin. De positie van de duinvoet in een dwarsprofiel wordt door veel beheerders gedefinieerd met behulp van een in de tijd constante hoogtelijn (bijvoorbeeld NAP + 3m).
Estuarium	Een wijde riviermond.
Faalmechanisme	De opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen.
Falen	Het niet meer vervullen van de primaire functie (water keren) en/of het niet meer voldoen aan de vastgestelde criteria.
Filter	Een tussenlaag in de taludbekleding die uitspoeling van fijnkorrelig materiaal uit de ondergrond door de bovenliggende laag van de bekleding voorkomt.
Freatisch vlak	De vrije grondwaterspiegel.
Gemiddelde waarde	De verwachtingswaarde (\square) van een stochast
Golfoploop	De hoogte boven de stilwaterstand tot waar een tegen het talud oplopende golf reikt (de 2% golfoploop wordt door 2% van de golven overschreden).
Golfoverslag	De hoeveelheid water die door golven per strekkende meter gemiddeld per tijdseensheid over de waterkering slaat.
Grensprofiel	Het profiel dat na afslag tijdens ontwerpomstandigheden nog minimaal als waterkering aanwezig moet zijn.
Grenstoestand	De toestand waarin de sterkte van een constructie of een onderdeel daarvan nog juist evenwicht maakt met de daarop werkende belastingen.

Havenslingering	Het resonantieverschijnsel in bekkens (o.a. havens) ten gevolge van laag frequente variaties van de buitenwaterstand (ook wel seiche genoemd).
Heave	De situatie waarbij verticale korrelspanningen in een zandlaag wegvallen onder invloed van een verticale grondwaterstroming; ook fluïdisatie of de vorming van drijfzand genoemd.
Hoge gronden	De natuurlijke hoge delen van Nederland. Deze zijn in bijlage 2 bij de Wet op de waterkering aangegeven als de NAP + 1m lijn bij bedreiging vanaf het IJsselmeer en het Markermeer, de NAP + 2m lijn bij bedreiging vanaf zee of, indien hoger langs de rivieren, als de uiterst verwachte overstromingslijn verlopend van de maatgevende hoogwaterstand (MHW) aan de bovenstroomse zijde van het dijkkringgebied tot de laagste kruinhoogte van de primaire waterkering aan de benedenstroomse zijde van het dijkkringgebied, vermeerderd met 1m.
Hydraulische grondbreuk	Het verlies van korrelcontact in de grond als gevolg van te hoge wateroverspanningen; in geval van een cohesieve afdekkende grondlaag leidt dit tot opdrijven en opbarsten, in geval van een niet-cohesieve grondlaag tot heave.
Intreepunt	Het (theoretisch) punt waar het buitenwater tot de aquifer toetreedt, als gevolg van het verval over de waterkering.
Inundatie	Het laten overstromen.
Inundatielijn	De maximale waterstand bij overstroming in een dijkkringgebied.
JARKUS	Het landelijk bestand met jaarlijkse diepte- en hoogtemetingen van de Nederlandse zandige kust.
Kansverdelingsfunctie	Een functie die van een stochastische variabele aangeeft wat de kans is dat deze variabele kleiner dan of gelijk aan een bepaalde waarde is.
Karakteristieke waarde	Een op basis van een statistische analyse bepaalde waarde met een kleine onder- of overschrijdingskans . In de praktijk wordt voor materiaal-eigenschappen vaak uitgegaan van een onderschrijdingspercentage van 5%.
Kruin	De strook tussen buitenkruinlijn en binnenkruinlijn.
Kruinhoogte	De hoogte van de buitenkruinlijn.
Kunstwerk	Een civieltechnisch(e) werk of installatie rond de natte en/of droge infrastructuur dat een of meer functies vervult.
Kwel	Het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogte buiten het beschouwde gebied.
Kwelkade	Een in het direct ad dijk grenzende achterland aangebrachte kade om afstromen van kwelwater te verminderen daarmee wordt getreacht het optreden van pipingverschijnselen te voorkomen alsmede wateroverlast binnendijks tijdens hoge rivierafvoeren te beperken.

Kwelscherm	Een ondoorlatende, in de regel verticale, constructie voor verlenging van de kwelweg.
Kwelsloot	Een sloot aan de binnenzijde van de dijk die tot doel heeft kwelwater op te vangen en af te voeren.
Kwelweg	Een mogelijk pad in de grond die het kwelwater aflegt, van het intreepunt naar het uittreepunt.
Kwelweglengte	De afstand die het kwelwater in de grond aflegt.
Legger	De beschrijving van de minimale eisen waaraan de (primaire) waterkering moet voldoen naar richting, vorm, afmeting en constructie en waarin de keurbegrenzingsen worden aangegeven.
Lokale opwaaiing	Opwaaiing tussen de locatie waarvoor de hydraulische randvoorwaarde wordt gegeven en de waterkering.
Lengte-effect	De mate waarin de kans op het optreden van een mechanisme afhankelijk is van de lengte van de waterkering.
Maatgevend Hoogwater	Het ontwerppeil.
Macrostabieleit	De weerstand tegen het optreden van een glijvlak in het talud en de ondergrond.
Marsroute	Voorloper van het onderzoeksprogramma "Overstromingsrisico's: een studie naar kansen en gevolgen".
Materiaalfactoren	De partiële factoren, die op de karakteristieke materiaalparameters worden toegepast om onzekerheden in de grondeigenschappen te verdisconteren.
Meerdijk	Een primaire waterkering, gelegen langs in het algemeen grote wateren, anders dan rivieren, zonder getijdewerking.
MHW xxxx	Het ontwerppeil, vastgesteld in het jaar xxxx. Het ontwerppeil is gelijk aan het Toetspeil vermeerderd met de verwachte hoogwaterstijging (inclusief NAP-daling) tot aan het eind van de planperiode.
Microstabieleit	De weerstand tegen erosie van het talud ten gevolge van uittredend water.
Modelfactor	De partiële factor waarin onzekerheden in de berekeningsmethoden zijn verdisconteerd.
NAP	Het Normaal Amsterdams Peil.
NAP-daling	De daling van het NAP-vlak als gevolg van onderlinge bewegingen in de aardkorst. Wegens het ontbreken van een meetbaar referentiepunt is deze daling niet te kwantificeren en kan alleen in combinatie met de zeespiegelstijging gekwantificeerd worden.
Niet-waterkerend object	Een object op of in de dijk dat geen waterkerende functie heeft, zoals leidingen, woningen, gemalen en bomen.
Niet-primaire (water)kering	Zie "regionale (water)kering".

Ontwerpafslagzone	Het gedeelte van het duingebied dat tijdens ontwerpomstandigheden (ontwerpstormvloed) zal afslaan.
Ontwerppeil	Extreme hoogwaterstand met een voorgeschreven overschrijdingsfrequentie.
Opbarsten	Het bezwijken van de grond, door het ontbreken van verticaal evenwicht in de grond, onder invloed van wateroverdrukken.
Oprijfzone	De zone achter de dijk waar de grenspotentiaal wordt bereikt bij maatgevende omstandigheden.
Oprijven	Het opdrukken van het afdekkend pakket door het bereiken van de grenspotentiaal.
Opdrukveiligheid	De verhouding tussen het gewicht van het afdekkend pakket slecht doorlatende lagen (klei / veen) en de stijghoogte van het grondwater direct er onder, uitgedrukt in de parameter "n".
Overbelasting	Het overschrijden van het vastgestelde overslagcriterium.
Overhoogte	Een extra hoeveelheid grond die wordt aangebracht met het doel om na zetting van de ondergrond en klink van de aangebrachte grond het gewenste profiel te bereiken.
Overloop	Het verschijnsel waarbij water over de kruin van de dijk het achterland in loopt, omdat de waterstand in de rivier hoger is dan de kruin.
Overschrijdingsfrequentie	Het gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd een verschijnsel een zekere waarde bereikt of overschrijdt.
Overschrijdingskans	De kans dat de ontwerpwaterstand bereikt of overschreden wordt.
Overslag	Zie "golfoverslag".
Overstromingskans	De kans dat een gebied overstroomt doordat de waterkering rondom dat gebied (de dijkring) op één of meer plaatsen faalt
Overstromingsrisico	Overstromingskans × gevolg
Piping	Het verschijnsel waarbij onder een waterkering een holle pijpvormige ruimte ontstaat doordat het erosieproces van een zandmeevoerende wel niet stopt.
Polder	Een op de boezem uitslaand of lozend gebied.
Polderpeil	Het peil van het oppervlaktewater binnen een beheersgebied.
Potentiaal	De stijghoogte in een aquifer.
Primaire waterkering	Een waterkering, die beveiliging biedt tegen overstroming doordat deze ofwel behoort tot het stelsel dat een dijkringgebied - al dan niet met hoge gronden - omsluit, ofwel vóór een dijkringgebied is gelegen, zoals

vastgelegd in de wet. Primaire waterkeringen kunnen worden verdeeld in de volgende categorieën:

oud	nieuw	omschrijving
1	a	dijkringgebied omsluitende kering, keert buitenwater
2	c	dijkringgebied omsluitende kering, keert geen buitenwater
3	b	voorliggende of verbindende kering, keert buitenwater
4	b	voorliggende of verbindende kering, keert geen buitenwater
5	d	kering ligt in het buitenland

Proevenverzameling (lokaal)	Proevenverzameling op grond van een steekproef van grondeigenschappen uit een gebied tot 100m uit de te beschouwen dwarsdoorsnede in langsricting van de waterkering.
Proevenverzameling (regionaal)	Proevenverzameling op grond van een steekproef van grondeigenschappen uit afzettingen die op gelijke wijze zijn ontstaan en een vergelijkbare belastinghistorie kennen.
Proevenverzameling	Een verzameling / steekproef van in het terrein gemeten of in het laboratorium bepaalde waarden van grondeigenschappen, ingedeeld naar geologische / geotechnische formatie.
Regionale (water)kering	Niet-primaire waterkeringen.
Ringdijk	Zie "dijkring".
Risicoanalyse	Het nagaan van de kans op een ongewenste gebeurtenis en de gevolgen daarvan.
Rivierdijk	De rivierdijk die het winterbed omsluit.
Schaardijk	Een rivierdijk die onmiddellijk aan het zomerbed grenst.
Schadefactor	De partiële factor waarin de gevolgen van bezwijken zijn betrokken.
Seiche	Zie "havenslingering".
Secundaire waterkering	Zie "regionale (water)kering".
Strijk lengte	De lengte van het voor de waterkering gelegen wateroppervlak waarover de wind waait.
Stabiliteitsfactor	De Factor waarin het verschil tussen sterkte en belasting wordt uitgedrukt.
Standaardafwijking	Een maat voor de spreiding rond het gemiddelde
Stijghoogte	Het niveau tot waar het water zou stijgen in een peilbuis met filter ter plaatse van het punt; wordt uitgedrukt in meters waterkolom ten opzichte van een referentievlak.
Stilwaterstand	De waterstand zonder de effecten van golfoploop, maar met toeslagen. Onder toeslagen wordt verstaan: lokale opwaaiing, bui-oscillaties en buistoten.

Stochast	Zie stochastische variabele
Stochastische variabele	Bij veel experimenten letten we speciaal op waarden die bepaalde grootheden in die experimenten aannemen. We zijn bijvoorbeeld geïnteresseerd in de hoogste waterstand op een bepaalde locatie of het totaal aantal personen in een dijkkringgebied. Zo'n waarde wordt een stochastische variabele genoemd en wordt gedefinieerd door zijn kansverdeling.
Stormopzet	De waterstandverhoging op zee ten gevolge van de door de storm op de watermassa van de zee uitgeoefende kracht.
Stormvloed	Een hoogwaterperiode waarbij te Hoek van Holland het grenspeil (met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 0,5 per jaar) wordt bereikt of overschreden (voor het grenspeil: zie getijdetafel).
Talud	De schuimte van het zijvlak van aardwerken, dijken, spoorbanen, vestingwerken.
Taludbekleding	De afdekking van de kern van een dijk ter bescherming tegen golfaanvallen en langstromend water. De taludbekleding bestaat uit een erosiebestendige top laag, inclusief de onderliggende vlij laag, filter laag, klei laag en/of geotextiel.
Toetspeil yyyy	De waterstand met een overschrijdingsfrequentie conform bijlage II bij de Wet op de waterkering die gebruikt wordt voor het beoordelen van de toestand van de waterkeringen, waarover in het jaar yyyy aan de minister van Verkeer en Waterstaat wordt gerapporteerd. In het Toetspeil is de verwachte hoogwaterstijging (inclusief NAP-daling) tot en met het jaar yyyy verwerkt. De Toetspeilen voor rivieren zijn gegeven op de as van de rivier; voor meren op enige afstand uit de teen van de waterkering (meestal 200m), voor duinen op de NAP -20m dieptelijn en voor de overige waterkeringen langs de kust en estuaria meestal nabij de teen van de waterkering.
Uiterwaard	Zie "winterbed".
Uittreepunt	De locatie aan de landzijde waar kwelwater het eerst aan het oppervlak treedt.
Uittreeverhang	Het verhang in het grondwater ter plaatse van het uittreepunt.
Variatiecoëfficiënt (V)	De relatieve waarde van de standaardafwijking (σ) ten opzichte van de verwachtingswaarde (μ), dus $V = \sigma/\mu$
Veiligheidsnorm	De eis waaraan een primaire waterkering moet voldoen, aangegeven als de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren.
Verhang	De verhouding tussen het verschil in stijghoogte tussen twee punten en de afstand tussen die punten; wordt ook gradiënt genoemd.

Verval	Het verschil in stijghoogte tussen twee punten, bijvoorbeeld de twee zijden van een waterkering.
Verwachtingswaarde	Het gewogen gemiddelde van een stochast, ook wel het eerste moment genoemd.
Verweking	Het verlies aan samenhang van het korrelskelet als gevolg van toename van de waterspanning (in de poriën).
Voorland	Het buitendijks gebied.
Waakhoogte	De waakhoogte op enige moment is het verschil tussen de gemeten of verwachte kruinhoogte op dat moment en een stilwaterstand op dat zelfde moment.
Waterkering	Kunstmatige hoogten en die (gedeelten van) natuurlijke hoogten of hooggelegen gronden, met inbegrip van daarin of daaraan aangebrachte werken, die een waterkerende of mede een waterkerende functie hebben, en die als zodanig in de legger van het waterschap zijn aangegeven.
Waterover- /onderspanning	Verskil tussen de aanwezige waterspanning en de hydrostatische waterspanning.
Waterspanning	De druk in het grondwater.
Waterstandsnorm	Zie "veiligheidsnorm".
Wel	Geconcentreerde uitstroming van kwelwater.
Werklijn	De relatie tussen de rivierafvoer en de statistisch bepaalde overschrijdingsfrequentie van de rivierafvoer, zoals deze door de Minister van Verkeer en Waterstaat wordt gehanteerd voor het bepalen van de ontwerpafvoer voor de versterking van dijken.
Wiel	Een ontgrondingskuil direct achter of voor een dijk die is ontstaan bij een oude dijkdoorbraak waar nu vaak de dijk in een kronkel omheen ligt. Het is dan een klein meertje geworden.
Windopzet	De lokale waterstandverhoging ten gevolge van de door de wind op een watermassa uitgeoefende kracht.
Winterbed	Het deel van de rivierbedding tussen zomerbed en bandijk.
Zandmeevoerende wel	Een wel die zand meevoert uit de ondergrond.
Zeedijk	Een primaire waterkering van de categorie a, die zout water keert.
Zeespiegelstijging	De stijging van de gemiddelde zeestand ten opzichte van NAP.
Zetting	De verticale vervorming van grondlagen, hoofdzakelijk ten gevolge van een bovenbelasting.
Zettingsvloeiing	Het verschijnsel dat een verzadigde zandmassa zich gedraagt als een vloeistof als gevolg van het wegvallen van de korrelspanning.

Zomerbed	Het dwarsprofiel van de rivier waar bij normale en lagere waterstanden de rivierafvoer plaatsvindt.
Zomerdijk	Zie "zomerkade".
Zomerkade	Begrenzing van zomer- en winterbed van de rivier.

Selectie dijkvakken

- In overleg met het waterschap zijn twee zwakke schakels in de dijken toegevoegd aan de selectie van DHV. Het betreft zwakke schakels nabij:
 - Hm 72.000: dit vak zat al in de oorspronkelijke schematisatie (vak 7023)
 - Hm 83.000: dit vak is uiteindelijk toegevoegd als vak 7009 (in eerste instantie was dijkvak 7008 gekozen. Dit is veranderd omdat volgens de beheerder de keuze voor 7008 of 7009 niet zoveel uit maakte (beide zwak) en 7008 later is omgebouwd naar een duin).
- Zodoende is het aantal dijkvakken uitgekomen op 33;

Aanpassen profielen

- De in de eerste berekening gebruikte profielen in PC Ring waren gebaseerd op oude metingen van het waterschap. Daarnaast zijn in de eerste berekening diverse aanpassingen aan het profiel gedaan, om deze door te kunnen rekenen in PC Ring, zonder dat er gegevens van het waterschap voorhanden waren om de aanpassingen in de profielen te controleren. Daarom zijn de ingevoerde profielen alsnog vergeleken met door het waterschap aangeleverde recente meetgegevens;
- De recente metingen van het Waterschap zijn gebaseerd op een hectometrering van de dijk (na een recente fusie is het waterschap overgestapt van een dijkpaalnummering naar een hectometrering);
 - De dijkpaalnummering is aan de hand van een omrekening (aangeleverd door het Waterschap) omgenummerd naar een hectometrering. Hierbij treedt een verschil op in exacte ligging van de dijkprofielen van minder dan 50 meter. Op een locatie treedt een verschil op van 80 meter;
- Uit het vergelijk bleek dat er op diverse punten verschillen waren in de schematisering en de recente profielmetingen:
 - Bij meerdere profielen verschillen de kruinhoogtes 20 tot 70 cm;
 - Bij meerder profielen waren er verschillen in de taludhelling;
 - Op een aantal punten kwam het profieltype in PC Ring niet goed overeen met de werkelijkheid.
- In overleg met VNK is besloten alle 33 profielen in PC Ring aan te passen en in te voeren op basis van de recente metingen van het waterschap;
- Aanpassing van profielen heeft ertoe geleid dat de profielen die gebruikt zijn voor de berekeningen in dit rapport verschillen van de profielen gebruikt bij de eerste berekening.
- Bij de nieuwe schematisatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

-
- Voor de teen van de dijk is uitgegaan van de zandlijn;
 - Als er geen voorland is, is het 2^e punt de teen. Er komt dan een extra punt voor, welke 2 meter voor de teen ligt, op dezelfde hoogte als de teen;
 - De keuze voor wel of geen knik op de kruin is gemaakt op basis van een visuele inschatting;
 - Als er een berm is aangegeven in het bestand van het waterschap, maar dat steiler is dan 1 op 15 moet deze voor de schematisatie worden aangepast. In PC Ring moet een talud steiler zijn dan 1 op 8 en een berm flauwer dan 1 op 15. Alles steiler dan 1 op 10 wordt een beschouwd als een talud. Hierbij verdwijnt berm en krijg je een talud met een knik. Alles flauwer dan 1 op 10 wordt een berm. Hierbij is tot 1 cijfer achter de komma gekeken;
 - Bij het verflauwen naar een berm wordt een aanpassing in de hoogte gemaakt van het onderste punt op de berm. Op deze manier blijft de helling van het aangevallen boventalud gelijk. De verschuiving wordt niet in de lijn van het talud gedaan. Het y punt wordt verticaal verhoogd of verlaagd. (het is het een of ander, want bij doortrekken van de lijn van het ondertalud verandert de bermbreedte, het is beter om de helling van het ondertalud te veranderen);
 - Bij het aanbrengen van een knik in het buitentalud wordt dit zodanig gedaan dat de helling van het boventalud niet verandert. Als knikpunt is het bovenbermpunt genomen. Dit is gedaan bij Dvnummers 7094 en 7159;
 - Voor het punt op het binnentalud wordt uitgegaan van het eerste punt op het binnentalud dat door het waterschap is gegeven;
 - Van Dvnummer 7028 is de aanpassing anders gedaan om het profiel in een van de schematisaties onder te kunnen brengen. De berm is langer gemaakt, waardoor de helling van het boventalud steiler wordt en als talud kan worden gezien. Andere opties voor aanpassen zouden op meerdere punten aanpassingen betekenen, waardoor het profiel nog meer van de werkelijkheid af zou wijken;
 - Dvnummer 0747 kan geen categorie 8b worden, omdat bij een extra punt op de kruin de hellingen van de kruin te steil zijn. Dus is toch gekozen voor een categorie 7a;
 - Van de vakken 7047, 7094, 7139 zou je zeggen dat in de kruin een knik zit. 1 op 1 overnemen betekent echter dat de helling van de kruinvlakken dan te steil worden (steiler dan 1 op 15). Om de helling flauwer te krijgen dan 1 op 15 betekent echter dat je de punten zodanig aan moet passen dat het of niet wil, of de knik vrijwel nihil wordt. In deze gevallen is gekozen voor een vlakke kruin, en zijn de hoogtes zodanig aangepast dat de schematisatie conservatief is.

Duinen

- In eerste instantie is afgesproken om 5 duinraaien door te rekenen. Hierbij is afgesproken de duinraaien van 2004 door te rekenen. Deze geven een conservatief beeld, omdat in 2005 de eerstvolgende (5-jaarlijkse) suppletie wordt uitgevoerd;
- De keuze voor de door te rekenen duinraaien is gemaakt op basis van het Basiskustlijn Rapport van het RIKZ. De keuze is gebaseerd op een

vergelijking van de basiskustlijn (BKL), de te toetsen kustlijn (TKL) en de trend die de BKL heeft. Wanneer een faalkans wordt uitgerekend die veel bijdraagt aan de totale overstromingskans van de dijkkring, kunnen op basis van informatie uit het rapport over de basiskustlijn mogelijk nuancerings worden gemaakt. Het berekende profiel geeft namelijk een ondergrens van de faalkans van het betreffende duin (duinen worden berekend op basis van raaimetingen van een zwak jaar;

- Voor de ligging van de duinraaien is gekeken naar de kaarten bij het Basiskustlijn Rapport en kaarten van het Waterschap met daarop de ligging van de dijken en duinen. Ook is gekeken hoe de dijkkring schematisatie in PC Ring eruit ziet (waar is een dijk en waar is een duin geschematiseerd);
- Uiteindelijk heeft dit gezien de aanwezige schematisatie in PC Ring geleid tot de keuze van 4 door te rekenen duinraaien. Om 4 duinraaien door te kunnen rekenen is in overleg met VNK ervoor gekozen om 2 profielen welke in PC Ring in eerste instantie als dijk waren geschematiseerd om te bouwen naar een duinprofiel. Eventueel had een 5-de duinraai doorgerekend kunnen worden, als een duinraai was opgedeeld in twee duinraaien. In overleg met VNK is ervoor gekozen dit niet te doen;
- Hiervan zijn 3 raaien zwak en 1 raai is een sterke raai. De sterke raai is gekozen om te kijken of de uitkomsten in PC Ring hetzelfde beeld geven van de veiligheid als de huidige toestand van de raai;
- Uiteindelijk zijn de vakken 7008, 7010, 7013 en 7027 doorgerekend als duinvak. Zie ook de volgende schematisatie:

Vak in PC Ring	Schematisatie in PC Ring		Definitief gekozen raai	Sterk/ zwak	Opmerking
	Oorspronkelijk	Momenteel			
7004 7005 7006 7007	Duin	Duin	-		Op dit traject ligt een voorland voor de duin, waardoor dit geen zwakke plek is. Daarnaast zijn op dit traject geen raaien gemeten.
7008	Dijk	Duin	Raai 1401	Zwak	Dijkvak omgebouwd naar duinvak. Raai 1401 heeft de negatiefste TKL-BKL en de grootste negatieve trend.
7010 7011	Duin	Duin	Raai 1241	Zwak	Keuze gemaakt o.b.v. jaar van insnijding. Deze raai behoort tot de raaien waar het vroegst insnijding plaatsvindt. Raai 1241 heeft een gemiddelde TKL-BKL en trend en valt midden in het traject.
7013 7014	Dijk	Duin	Raai 851	Zwak	Deze raai is gekozen in plaats van 877, omdat uit communicatie met beheerder bleek dat bij raai 877 een dijk aanwezig is achter de duinen. Deze dijk geldt daar als waterkering. De dijk begint bij raai 870.
7015 7016 7018	Duin	Duin	-		Op de kaarten van het Waterschap ligt achter de duinen een steendijk wat de feitelijke waterkering is.
7027	Dijk	Duin	Raai 230	Sterk	Dijkvak omgebouwd naar duinvak. Raai en in dit traject zijn in goede staat. Raai 230 heeft een gemiddelde TKL-BKL en trend en valt midden in het traject.

- Hierbij wordt opgemerkt dat:
 - In eerste instantie was ook gekozen om raai 71 (Breskens) door te rekenen, aangezien dit een zwakke raai is (wat ook door de beheerder is aangegeven). In overleg met VNK is echter besloten deze raai niet door te rekenen, omdat de raai (en de rest van het duintraject waar raai 71 in valt) niet goed geschematiseerd kan worden. Traject ligt tussen twee havendammen, die een sterk reducerend effect op de golven hebben. Voor duinen wordt gebruik gemaakt van golfcondities die als invoer dienen voor de SWAN-berekeningen. Bij de Westerschelde zijn dit de golfcondities voor platform EUR. Dit is een diepwaterlocatie op aanzienlijke afstand van de kust. In praktijk betekent dit dat de windrichtingen W t/m NNO maatgevend zijn voor de duinen. Er is hiervan uitgegaan omdat andere conservatieve belastingen nog niet beschikbaar waren. De diepwatervolven zullen in werkelijkheid de voet van de duin niet bereiken als gevolg van bescherming door de dammen en mogelijk ook doordat de kust in de schaduw van Walcheren ligt (oriëntatie van duin is noordelijk, nul graden). **Verwachting is dan ook de golfbelastingen minder zijn dan volgen uit de berekening.** Daarnaast is aan de voet van de duin een steenbekleding aanwezig. Al met al kan raai 71 op dit moment nog

- niet goed worden meegenomen in de sommen, hoewel het wel een zwakke raai is;
- Ook raai 1354 was gekozen. Na overleg met de beheerder bleek dit een dijk te zijn.
 - Duinraai 1401 is ingevoerd op het oorspronkelijk dijkvak 7008. Oorspronkelijk zijn in de schematisatie van dijkkring 32 in PC Ring voor 7008 de x-y coördinaten van dijkpaal 020-dp15 gebruikt. Deze dijkpaal ligt ca. 500 meter ten oosten van raai 1401. Hierdoor is voor raai 1401 gerekend met golfcondities die zijn bepaald voor een locatie 500 meter oostelijker.
- Naar aanleiding van de schematisatie zijn een aantal aanpassingen aan PC Ring gedaan:
- Twee dijkvakken zijn omgebouwd naar een duin, door:
 - Voor DV type 2 in te vullen;
 - Profieltype is 7;
 - Riviernormaal 999;
 - Alle strijkvakken aan, ook binnendijks;
 - Locatiecodes zijn aangepast;
 - Profiel overschreven met de Jarkusprofielen.
 - Voor de vier duinvakken zijn de juiste locatiecodes ingevoerd in de tabel dijkvak (hierbij is ook belastingmodel 10 toegevoegd);

(raai)	loc.code	loc.code 1	loc.code 2	intpolatie%
(230)	7770028	7770028	7770029	85%
(851)	7770028	7770028	7770029	40%
(1242)	7770028	7770028	7770029	15%
(1401)	7770028	7770028	7770029	5%

- M.b.t de randvoorwaarden geldt dat de duinen van dijkkring 32 gekoppeld moeten worden aan het belastingmodel van de Westerschelde. Hiervoor zijn invoerbestanden toegevoegd aan de bestaande invoerbestanden voor de zandige kust.
- Er zijn twee bestanden met locatienummer toegevoegd in de **directorie C:\VNK\PC-RING\HQdataBasis\Zandige kust** (aangeleverd door Steenbergen/Diermanse);
 - Er is een nieuw bestand met de naam HqZK.dat toegevoegd, dat het oude gelijknamige bestand heeft vervangen in de **directorie C:\VNK\PC-RING\Invoer** (aangeleverd door Steenbergen/Diermanse);
 - Met de toevoeging van bovenstaande drie bestanden zijn er twee locaties toegevoegd. Dit betreffen de locaties:
 - **7770028 Breskens coördinaten 27502 380752 toetspeil = 5,25 m + NAP**
 - **7770029 't Zwin coördinaten 15013 378273 toetspeil = 5,05 m + NAP**
 - In de database is in tabel PROTOTYPEBESTANDEN, regel met tagnummer 13 in de kolom AscDUIN gevuld, omdat deze leeg was.

MHW controle

- Bij de MHW controle van DHV is een fout in de locatiecodes in PC Ring geconstateerd. Naar aanleiding hiervan de goede locatiecodes ingevuld. De MHW-controle is door VNK opnieuw gedaan (zie bijlage D).

Berekeningen DHV

- De landeninstelling van de computer is op Engels ingesteld om zodoende te garanderen dat de waarden die in de database worden ingevuld correct worden ingelezen door PC-Ring. Decimale waarden moeten met een punt worden ingevuld, dus 0.4 i.p.v. 0,4;
- De stochasten voor de berekening met bekledingen zijn allen aangezet met uitzondering van de afwijking in de golfrichting;
- Alle berekeningen voor de overstromingskansen worden uitgevoerd met de FORM*DS rekenmethode; VNK heeft later ook andere technieken gebruikt.
- Voor de bekledingsberekeningen zijn de onderstaande modelinstellingen gebruikt. Eventuele wijzigingen zijn door VNK aangegeven in bijlage D.

Modelinstelling	Gras	Steen	Asfalt
Bekledingsmodel	n.v.t. (0)	steenopzetting op filter (3)	vol gepenetreerde breuksteen (waterbouwasfalt met ondergrond zand) (4)
Reststerktemodel	gras rudimentair (4)	steen op granulaire filter (6)	n.v.t. ¹ (0)

¹ Volgens PC-Ring (VNK) moet voor het reststerktemodel altijd asfalt worden gekozen, echter dit levert geen resultaten op. Bij dijkkring 25 is met dezelfde modelinstelling als hierboven vermeld gerekend

- DHV heeft een groot aantal windrichtingen uitgezet (door het aantal strijkvakken op nul te zetten) om tot resultaten te komen voor de steenbekledingen. Dit leidde ertoe dat soms slechts drie tot zeven windrichtingen werden meegenomen bij het berekenen van de faalkansen, Dit is in principe niet juist. VNK heeft bij de start van zijn berekeningen al deze windrichtingen weer aangezet. Voor de resultaten voor de steenbekledingen maakte dit geen groot verschil. Bij de overloop/golfoverslag had het wat meer invloed.
- M.b.v. het programma MProStab zijn berekeningen gemaakt waaruit faalkansen volgen voor het mechanisme afschuiving welke gecombineerd kunnen worden met de andere faalmechanismen;
- De kansen bij de kunstwerken zijn met een handmatige methode bepaald. De zo verkregen sto.files dienen als invoer voor PC-Ring welke de alfa's en beta's berekend. De invloedscoëfficiënten zijn zowel voor het mechanisme constructief falen en niet-sluiten van afsluitmiddelen gewogen op basis van kansbijdragen van het betreffende mechanisme en de reststerkte. Voor het mechanisme overloop en golfoverslag en de overige mechanismen worden waarden gebruikt die gebaseerd zijn op de ISO-norm. De sto.files dienen als invoer voor PC-Ring die de waarden voor de alfa's, bèta's en

faalkansen berekend. Deze waarden worden vervolgens gecombineerd met de andere kansen om de totale overstromingskans van de dijkkring te bepalen.

- Na het bestuderen van de waarden in de inwingspreadsheet van het Waterschap Zeeuws-Vlaanderen bleek dat de kwelweglengte niet correct was weergegeven. Aan de hand van de geometrie van de dijk voor de verschillende dijkvakken is de aanzienlijk grotere kwelweglengte bepaald (er is aangenomen dat de kwelweglengte minimaal van teen tot teen is).

DVNummer	Naam	Kwelweglengte WS	Kwelweglengte geometrie
1320007002	024-Dp7	53,8	88,2
1320007009	020-Dp16	61,5	98,4
1320007023	006a-Dp10	42,2	120,5
1320007024	006a-Dp11	42,3	124,7
1320007025	006a-Dp15	50,3	101,6
1320007028	004-Dp25	40	108,2
1320007038	139a-Dp17	26,2	85,9
1320007042	138-Dp2	26,6	79,3
1320007047	137b-Dp7	19,9	191,4
1320007053	137a-Dp24	18,7	188,8
1320007071	133a-Dp67	23,8	77,4
1320007074	132a-Dp74	17,8	62,0
1320007075	131-Dp7	16,4	52,2
1320007094	127c-Dp69	28,6	69,4
1320007109	123-Dp26	26,8	81,3
1320007111	122-Dp16	25,4	84,9
1320007116	121a-Dp9	24,4	73,8
1320007124	113-Dp87	25,2	147,5
1320007129	111a-Dp12	33,3	99,0
1320007136	105-Dp10	30,6	86,1
1320007139	103-Dp23	29,3	79,7
1320007152	100a-Dp330	26,9	73,5
1320007159	099a-Dp319	26,5	84,2
1320007163	098b-Dp304	25,8	68,6
1320007167	097-Dp290	20,2	75,9
1320007185	090-Dp248	14,4	58,4
1320007202	085a-Dp201	18,9	74,7
1320007211	083a-Dp186	15,8	63,8
1320007220	081a-Dp175	15,8	58,1
1320007233	078-Dp148	16,3	63,0
1320007249	076-Dp124	16,0	61,6
1320007258	074-Dp99	15,1	63,8
1320007271	072-Dp69	14,7	61,1

.....
.....

VNK heeft alle berekeningen opnieuw gedaan (aan de hand van de database van DHV). In onderstaand schema is per vak aangegeven wat gewijzigd is ten opzichte van de database die door DHV was aangeleverd.

Vak Acties/opmerkingen m.b.t. database na oplevering door DHV

20 juli Acties AS + Henri

Alle Bij berekeningen van DHV zijn zeer veel windrichtingen uitgezet omdat deze niet van toepassing zouden zijn voor het mechanisme overloop/golfoverslag (dit zou gelden bij afluiddige wind).

In het riviereengebied mag afluiddige wind verwaarloosd worden (daar wordt gebruik gemaakt van Bretsneider). Aan de kust zijn de randvoorwaarden bepaald met SWAN (daarin zitten ook deining en diffractie e.d.). Hierbij kan het zijn dat 1 of 2 windrichtingen niet convergeren. Deze windrichtingen kunnen dan eventueel uitgezet worden. Hierbij moet eerst nagegaan worden of deze windrichtingen voor overloop/golfoverslag niet maatgevend zijn. **Actie 1: alle windrichtingen zijn voor alle geselecteerde vakken weer aangezet.**

Bij het land van Saeflinghe is een voorland van 5 kilometer ingevoerd. De SWAN-punten liggen echter op 100 meter voor de kust (en 300 m uit elkaar). Voorland van 5 kilometer heeft geen zin. Voorland is in de berekeningen van VNK uitgezet.

Als het voorland > 4 meter ligt, dan zijn er geen golven en dus geen resultaat

Bij MHW controle zijn waterstanden gerelateerd aan het RVW-boek. Dit is niet goed. Er zijn andere waarden waaraan gecontroleerd moet worden. Hier is door Henri ooit een bestand voor aangeleverd. Aan de kust wordt ipc geen opzet verwacht. De getallen uit tabe 4 kloppen dus niet. **Actie 2: alle windopzet is verwijderd.** (in database is de dijkvakopzet overal op nul gezet, net als het aantal vakken i.v.m. nieuwe MHW-controle. Wijzigingen opslaan doe je niet (want dan wordt nieuwe sortering niet opgeslagen, maar gewijzigde getallen wel).

Alle MHW-controle uitgevoerd volgens de voorgeschreven procedure. Voorland is uitgezet uit bij de vakken 211, 220, 233, 249, 258, 271)). Zie tabblad MHW-controle. --> 2.pcr

Nieuwe PCR-file gemaakt --> resultaten VNK --> alles laten rekenen met FORM-DS met 1 voorlandpunt. Als er geen goed resultaat uitkwam is gekeken of dit opgelost kan worden door verschillende dingen aan te passen

249 Resultaat lijkt te komen door een sterke bekleding. Bij DS som is aantal samples 5000 te weinig bij de hogere bèta waarden. Deze sommen moeten dus opnieuw gedraaid worden met 100000 samples. Vakken zullen niet ineens zwak worden.

109 Geen resultaat voor overloop/golfoverslag --> startwaarde veranderd (van 8 nr 1) en doorgerekend met 6DS*FI i.p.v. 8FORM*DS

-
- 38 Geen gegevens ingevoerd over de steenbekleding --> dus geen resultaat
- 24, 25 Hoogte GWS stond op 5,35. Dit hoort 0 te zijn (is zee). Is aangepast.
Factor fmGWS stond op 0,15 Rivier, is aangepast in 0,25 Zee.
- 42 Bekleding: bij windrichting 330 crasht de reststerkte. 330 is maatgevende windrichting bij golfoverslag, mag niet uitgezet worden. Startmethode is aangepast van 8 --> 1. Ov/ov blijft het doen.
- 74 Bekleding: crasht op de reststerkte bij de Combin som. Startmethode aangepast van 8 -> 1. Ov/ov blijft het doen.
- 116 Bekleding: crash bij reststerkte. Startmethode is aangepast van 8 --> 1. Resultaat voor bekleding, maar nu doet ov/ov het niet goed. Zuidelijke windrichting (180 graden) uitgezet. Nu wel resultaat voor beide mechanismen
- 139 Loopt vast op reststerkte. Startmethode aangepast van 8 --> 1. Dit geeft een bèta van 36. Bekleding lijkt heel dik. Mogelijk moet een grote aantal sampels doorgerekend worden. Ov/ov blijft het doen.
- Bij een geringe reststerkte worden er geen resultaten voor het mechanisme bekleding berekend als gekozen wordt voor startmethode 8.
- 152 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Resultaat voor bekleding, maar nu doet ov/ov het niet goed. Zuidelijke windrichting (180 graden) uitgezet. Nu wel resultaat voor beide mechanismen.
- 159 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Resultaat voor bekleding, maar nu doet ov/ov het niet goed. Noordelijke windrichting mag niet uitgezet worden en ook met 6DS*FI volgt er geen goed resultaat. Dit moet handmatige opgelost worden. Dus ov/ov met startwaarde 8 en bekleding met startwaarde 1. --> **beide met FORM-DS**
- 163 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Dit geeft nog geen resultaat voor de bekleding. Ov/ov gaat nog wel goed. Windrichtingen noord, 30, 60, 90 uitgezet (niet maatgevend voor ov/ov) --> nu resultaat voor beide mechanismen
- 167 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Resultaat voor bekleding, maar nu doet ov/ov het niet goed. Windrichting 60 graden mag niet uitgezet en ook met 6DS*FI volgt er geen goed resultaat. Dit moet handmatige opgelost worden. Dus ov/ov met startwaarde 8 en bekleding met startwaarde 1. --> beide met FORM-DS.
- 185 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Ov/ov blijft het doen. Nu wel resultaat voor bekleding
- 202 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Nog geen resultaat voor bekleding, stopt bij 150. Ov/ov blijft het doen. Zuidelijke windrichting uitgezet --> nu wel een resultaat voor bekleding.
- 211 Startwaarde aangepast van 8 --> 1. Voor zowel bekleding als overloop/golfoverslag volgt er een resultaat.
-

25 en 27 juli acties AS

- 23 Bekleding: crasht. Startmethode aangepast van 8 --> 1. Ov/ov blijft het doen.
- 124 Bekleding: crasht. Startmethode aangepast van 8 --> 1. Ov/ov blijft het doen.
- 129 Bekleding: crasht. Startmethode aangepast van 8 --> 1. Ov/ov blijft het doen.
- 233 Bekleding: crasht. Startmethode aangepast van 8 --> 1. Ov/ov blijft het doen.
- Alle Aantal samples aangepast van 5000 --> 10.000 voor alle vakken
- Selectie Voor geselecteerde vakken gecontroleerd of hoogte GWS en Factor fmGWS op juiste manier zijn ingevuld. Bleek vaak niet het geval. Aangepast als dat nodig was.
Hoogte GWS stond op 5,35. Dit hoort 0 te zijn (is zee). Is aangepast.
Factor fmGWS stond op 0,15 Rivier, is aangepast in 0,25 Zee.
- 28, 38 Voor deze vakken zijn geen bekledinggegevens ingevoerd.
- 28 Voor 28 gegevens ingevuld o.b.v. vak 42.
breedte steen 0 --> 0,2
lengte steen 0 --> 0,2
porositeit filter 0 --> 0,35
Dit geeft een bèta van 0,2
Vak 28 heeft een hele hoge teen
- Alle Alle vakken doorrekenen voor alle mechanismen. In eerste instantie alles met FORM*DS, startwaarde 8 of 1 (n.a.v. actie Henri en ikzelf hierboven: voor 23, 42, 74, 116, 124, 129, 139, 152, 159, 163, 167, 185, 202, 211 en 233)
- Voor de volgende vakken is er geen of een vreemd resultaat berekend:
- 28 bekleding bèta is 0,2057
- 109 bekleding
- 136 overloop/golfoverslag + bekleding
- 159 overloop/golfoverslag
- 167 overloop/golfoverslag
- 159, 167 Startwaarde aanpassen van 1 --> 8, dan wel een resultaat voor overloop/golfoverslag (klopt met verhaal Henri); handmatig aanpassen per mechanisme. Dus bekleding met startwaarde 1 en overloop/golfoverslag met startwaarde 8.
- 109, 136 Doorrekenen met DS*FI met startwaarde 8 geeft een resultaat voor alle mechanismen
- 28 Als voor het type nummer van het reststerkte model voor 3 (reststerkte n.v.t.) gekozen wordt i.p.v. 6 wordt dezelfde bèta berekend. Er zitten dus geen gegevens mbt reststerkte in som
O.b.v. 42 nog meer gegevens aangepast
maat voor versnelling van de erosie in de dijk kern: 1 (gelijk aan afdeklaag) --> 3 (zandkern)
spleetbreedte: 0,001 ---> 0,015 (is standaard in de inwinspreadsheet, was voor 28 niet

ingevoerd)

relatieve dichtheid steen (gemiddelde waarde): 1 --> 1,8

dikte granulaire filterlaag: 0,04 --> 0,1

korrelgrootte 15% fractie van het filtermateriaal: 0,001 --> 0,02 (is standaard in de
inwingspreadsheet, was voor 28 niet ingevoerd)

Reststerktemodel --> 6 net als bij 42

4.pcr file

Bijlage E Conversie Mstab naar Mprostab

.....