

## **Advies faalkansen.**

### **Inleiding**

#### *Aanleiding*

In de verlengde 3<sup>e</sup> toetsronde is een faalkansmethodiek opgesteld voor leidingen in de nabijheid van waterkeringen. RoyalhaskoningDHV (RHDHV) heeft de Helpdesk Water gevraagd te beoordelen of deze faalkansmethodiek in lijn is met het vigerende Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen 2006 (VTV2006). In de eerste instantie heeft de Helpdesk Water aan Deltares om advies gevraagd. Op 5 december 2013 heeft Deltares advies uitgebracht aan de Helpdesk Water. De Helpdesk Water heeft dit advies niet als antwoord richting RHDHV gestuurd, omdat de vraag te specialistisch was van karakter en binnen WVW geen kennis aanwezig was om het advies van Deltares te beoordelen.

Daarom is de vraag voorgelegd aan de voormalige STOWA Studiegroep Pijpleidingen, de voorganger van het Expertisenetwerk Leidingen in Waterstaatswerken (ELW). Het advies van het ELW kan gezien worden als een onafhankelijke toets door specialisten op het gebied van leidingen in en nabij waterstaatswerken.

#### *Doel*

Het doel is een onafhankelijk advies uit te brengen aan Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (WVW) over de geavanceerde toetsing van leidingen in de nabijheid van waterkeringen volgens de restprofiel/faalkansbenadering, zoals deze beschreven staat in de notitie 'Discussie-notitie m.b.t. aanpak geavanceerde toetsing van leidingen in de nabijheid van waterkeringen volgens de restprofiel/faalkansbenadering'.

#### *Vraagstelling*

De vraagstelling richt zich met name op het toepassingsgebied van de faalkansmethodiek:

- Betreft de door RHDHV voorgestelde faalkansanalyse voor leidingen in de nabijheid van waterkeringen een volwaardige toetssystematiek die past in de vigerende toetssystematiek (WTI2006) en aansluit op het nieuwe Wettelijke Beoordelingsinstrumentarium 2017 WBI2017?
- Kan de door RHDHV voorgestelde faalkansanalyse voor leidingen in de nabijheid van waterkeringen worden toegepast bij het ontwerp van dijkversterkingen en sluit deze aan op het Ontwerp Instrumentarium 2017 (OI2017)?

## Beschikbare gegevens

- [SP-14-008a] Notitie 'Faalkansenanalyse Dijkkring 80 Clauscentrale Maasbracht/ Brachterbeek; Sluitstukkaden Cluster E' (kenmerk STD88-1/zeir/016) van d.d. 21 augustus 2013 opgesteld door Witteveen & Bos
- [SP-14-008b] Notulen 'Overleg omtrent voorgestelde toetsmethodiek m.b.v. faalkansenanalyse' (kenmerk 9X5037.C0/C0008/903254/MJANS/Nijm) van d.d. 16 september 2013 opgesteld door Royal HaskoningDHV
- [SP-14-008c] Notitie 'Discussie-notitie m.b.t. aanpak geavanceerde toetsing van leidingen in de nabijheid van waterkeringen volgens de restprofiel/faalkansenbenadering' (kenmerk BC1054-100/N0001/AWI/MJANS/Nijm) van d.d. 25 juni 2013 opgesteld door Royal HaskoningDHV
- [SP-14-008d] Brief 'Beoordeling van de nieuwe toetsmethode voor leidingen in en nabij de waterkering' (kenmerk 1208692-000-GEO-0004) van d.d. 5 december 2013 opgesteld door Deltares
- [SP-14-013] Notulen 'Kort verslag vergadering no. 161' van d.d. 27 maart 2014 opgesteld door STOWA Studiegroep Pijpleidingen
- [SP-14-025] 'Opzet voor advies van de Stowa-Studiegroep Pijpleidingen n.a.v. overleg werkgroep Faalkansenanalyse op 17 juni 2014
- [-] Presentatie 'Toetsmethodiek leidingen Studiegroep Pijpleidingen' van d.d. 27 maart 2014 opgesteld door Royal HaskoningDHV

## Randvoorwaarden

Om te kunnen beoordelen of de faalkansenmethodiek een volwaardige toetsystematiek is en gehanteerd kan worden bij het ontwerp van dijkversterkingen, dient de methodiek:

- voor zowel hoge als lagedrukleidingen geschikt te zijn;
- in heel Nederland op identieke wijze uitgevoerd te kunnen worden;
- rekening te houden met de belangrijkste faalmechanismen van waterkeringen en verstoringszones van leidingen

## Uitgangspunten

Om te beoordelen of de faalkansenanalyse voor leidingen in of in de nabijheid van waterkeringen in lijn is met de huidige toetsystematiek zijn de volgende documenten als uitgangspunt gehanteerd:

- Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen 2006 (VTV2006) van d.d. september 2007 opgesteld door Ministerie van Verkeer en Waterstaat
- NEN3650-serie uit 2012, uitgebracht door Nederland Normalisatie Instituut

Om te beoordelen of de faalkansenanalyse voor leidingen in de nabijheid van waterkeringen aansluit op het WBI2017 en het OI2017 is gebruik gemaakt van het OI2014

## Korte omschrijving methodiek

In bijlage I is de aanleiding van de totstandkoming van de methodiek beschreven. De methodiek betreft een faalkansenanalyse waarbij in het geval van falen van een leiding, er een restprofiel van de waterkering overblijft. Vervolgens wordt getoetst of dit restprofiel het hoogwater nog veilig kan keren. De methodiek voorziet dus niet in een risicoanalyse, waarbij de gevolgen beschouwd worden.

Het restprofiel wordt aan de hand van veilig geachte vuistregels geconstrueerd, rekening houdend met overloop/overslag, piping, macrostabiliteit en microstabiliteit. Aan de hand van dit restprofiel kan bepaald worden welke (hoog)waterstand het profiel nog kan keren en wat de overschrijdingsfrequentie van deze hoogwaterstand betreft. Deze overschrijdingsfrequentie wordt uitgedrukt in een kans per jaar dat deze (hoog)waterstand wordt overschreden ( $P_{HW}$ )

Op basis van de duur van het herstel van een schade aan de waterkering na een calamiteit en de statistische verwachting per jaar van hoogwater, kan bepaald worden wat de kans per jaar is dat er een calamiteit aan de leiding optreedt gedurende een hoogwater ( $P_{\text{herstel}}$ )

De kans dat er een calamiteit aan een leiding optreedt, wordt bepaald aan de hand van de faalfrequenties van leidingen per lengte-eenheid per jaar afkomstig uit NPR3659:1996/A1 en de lengte waarover de leiding parallel ligt aan de waterkering ( $P_{\text{calam}}$ ).

Dit resulteert in een tweetal formules:

- $P_{\text{additioneel leiding}} \leq P_{\text{eis}}$
- $P_{\text{additioneel leiding}} = P_{\text{HW}} \cdot P_{\text{calam}} \cdot P_{\text{inst|calm|HW}} \cdot P_{\text{herstel}} \cdot f_{\text{correlatie}}$

Voor verdere uitleg en detaillering van de methodiek wordt verwezen naar de documenten beschreven in de beschikbare gegevens

## Resultaten

### *Toepassingsgebied*

De toetsmethodiek zoals deze wordt voorgesteld door RHDHV:

- a) heeft met name betrekking op langsliggende leidingen aan de binnenzijde van de waterkering, waardoor deze niet toepasbaar is voor alle leidingen;
- b) gaat uit van faalfrequenties van leidingen en sluit daarbij niet aan op de huidige veiligheidsbenadering van leidingen conform NEN3650-serie;

De huidige toetsmethodiek gaat er vanuit dat een leiding in of nabij een waterkering voldoende sterk moet zijn om de inwendige en uitwendige belastingen te kunnen weerstaan. De methodiek om te bepalen of de leiding hiertoe in staat is, staat beschreven in de NEN3650-serie. In deze methodiek wordt rekening gehouden met de materiaaleigenschappen van de leiding, maar ook de grondgesteldheid en de hieruit eventueel optredende zettingen vanuit de ondergrond. De uiteindelijke toets of de leiding voldoende sterk is bestaat uit het vergelijken van de optredende spanningen in het materiaal met de toelaatbare spanningen in het materiaal. Bij deze methodiek wordt gebruik gemaakt van deterministische veiligheidsfactoren (o.a. de verstoringszones en de importantiefactor) en semi-probabilistische partiële veiligheidsfactoren (o.a. grondeigenschappen in verband met ruimtelijke spreiding).

In de door RHDHV voorgestelde toetsmethodiek maakt de sterkte van de leiding, zoals deze berekend wordt conform NEN3650-serie, geen onderdeel uit van de faalkansanalyse. De faalkansanalyse wordt gebaseerd op faalfrequenties van leidingen afgeleid uit incidentendatabases in Europa en Amerika, waarin met name faalincidenten van veldstrekkingen zijn gerapporteerd. De grootste oorzaak van falende leidingen betreft beschadiging door derden. De link tussen de rekenmethodiek conform de NEN3650-serie (sterkteberekening) en de voorgestelde faalkansmethodiek ontbreekt hiermee volledig.

Om deze link te kunnen maken, zou de kans op falen van de leiding ( $P_{\text{calam}}$ ) ook moeten worden bepaald op basis van de kans op falen op basis van de sterkte van de leiding. De voorgestelde methodiek kan daarom ook niet als een vervanging voor de huidige toetsystematiek conform het VTV2006 worden gezien.

- c) betreft geen volledige (semi)probabilistische toetsmethodiek, waardoor deze niet toepasbaar is binnen het nieuwe WBI 2017 en OI2017;

In het komende WBI2017 en het OI2017 is voor overige faalmechanismen per dijktraject een faalkansruimte van 30% gereserveerd. Binnen deze 30% vallen een vijftal faalmechanismen, waaronder niet-waterkerende objecten. Deze niet-waterkerende objecten zijn op te delen in begroeiing, bebouwing, kabels & leidingen en overig. Indien bijvoorbeeld de faalkansruimte gelijk verdeeld wordt, krijgen kabels & leidingen 1,5% van de beschikbare faalkansruimte toegewezen. Om aan te kunnen tonen dat de leidingen vallen binnen deze 1,5% faalkansruimte, dient hier een volledig (semi)probabilistische faalkansmethodiek aan ten grondslag te liggen, die rekening houdt met de sterkte van de leiding. De beschreven methodiek voldoet hier niet aan.

#### OPMERKING:

Uitgangspunt van het komende WBI2017 is dat leidingen op een soortgelijke wijze beoordeeld zullen worden als in het VTV2006. Uitgangspunt bij een dergelijke gedachte is dat leidingen die voldoen aan NEN3650-serie een kleine faalkans hebben. Dit is echter nog niet aangetoond, omdat er nog geen faalkanssystematiek beschikbaar is, die gebaseerd is op de sterkte van de leiding. Hier is in de Kennisagenda Waterkeringen aandacht voor gevraagd door de STOWA Studiegroep Pijpleidingen.

#### *Compleetheid methodiek*

De STOWA Studiegroep Pijpleidingen sluit zich qua compleetheid van de methodiek aan bij het advies van Deltares wat betreft:

- Piping
- Gasleidingen
- Vrij verval riolering
- Parallele leidingen en kruisende leidingen
- Hellingshoeken
- Verkeersbelasting
- Kans falen leiding onafhankelijk kan falen van de waterkering
- Omrekenen stabiliteitsfactor naar faalkans waterkering
- Berekening van de additionele disfunctiekans

Aanvullend hierop merkt de ELW het volgende nog op:

- **Bundeling leidingen:**  
In de methodiek wordt de onderlinge beïnvloeding van leidingen niet meegenomen. Per situatie zal hierover een oordeel gevormd moeten worden.
- **Sluipend lek:**  
Bij een sluipende lekkage ontstaat geen ontgrondingskuil, maar kan wel (ongemerkt) verweking van de ondergrond ontstaan. Het is op dit moment onbekend wanneer er sprake is van een sluipende lekkage en wanneer en sprake is van het ontstaan van een verstoringszone.

Bij het afronden van het definitieve ontwerp van NEN3651:2012 is door Deltares nog een methodiek ingebracht om ook sluipende lekkage een plaats te geven. Doordat de tijd te kort was om de impact van deze methodiek te overzien (voor zowel leidingbeheerder als ook waterkeringbeheerder) en consultatie door de brancheverenigingen naar de leden niet meer plaats kon vinden, heeft deze methodiek geen plaats gekregen in NEN3651:2012. Wel is o.a. door de toenmalige STOWA-Studiegroep Pijpleidingen aangegeven dat het goed zou zijn deze methodiek gezamenlijk met de brancheverenigingen te onderzoeken om de impact hiervan te overzien. Uiteindelijk kan dit leiden tot een geaccepteerde methodiek die bij een komende herziening van NEN3650-serie kan worden ingebracht.

- **Ontgroning bij vrij verval leidingen:**  
De helling van een ontgrondingskuil is geen vaste waarde maar afhankelijk van de grondslag ter plaatste. In de voorgestelde beoordelingsmethodiek wordt voor de

“ontgrondingskuil” van een vrij vervalleiding als een veilige aanname de leidingdiameter vermeerderd met 2 maal de natuurlijke hellingshoek van de grond (zie figuur 1). Deze ontgrondingskuil kan ontstaan indien door lekkage van de leiding langzaam zand wordt meegevoerd door de leiding. Bij beoordeling van de leiding ten aanzien van piping/heave dienen de rekenregels te worden gebruikt, die van toepassing zijn waterkeringen.

- Beoordeling invloed falende leiding op faalmechanismen waterkering:  
De methodiek is nu alleen beperkt tot de faalmechanismen macro-instabiliteit binnenwaarts en overloop, maar dient voor de compleetheid te worden aangevuld met minimaal de directe faalmechanismen golfoverslag, macro-instabiliteit buitenwaarts, situatie met opdrijven en piping en heave

## Conclusies

Als we teruggaan naar de vraagstelling, dan kunnen we de volgende conclusies trekken:

1. De door RHDHV voorgestelde faalkansanalyse voor leidingen in de nabijheid van waterkeringen is geen volwaardige toetsystematiek die past in de vigerende toetsystematiek (WTI2006) en aansluit op het nieuwe WBI2017.
2. De door RHDHV voorgestelde faalkansanalyse voor leidingen in de nabijheid van waterkeringen kan niet worden toegepast bij het ontwerp van dijkversterkingen en aansluit op het OI2017

Dit komt doordat de voorgestelde faalkansanalyse:

- a. niet compleet en generiek toepasbaar is;
- b. geen volledige (semi-)probabilistische rekenmethodiek betreft;
- a. niet past in de veiligheidsbenadering van leidingen in waterkeringen, zoals deze verwoord is in de NEN3650-serie. Dit komt doordat de link met de sterkte van de leiding ontbreekt. Daardoor kan deze faalkansanalyse niet als een vervanging van het ontwerp conform NEN3650-serie worden gebruikt.
- b. in de berekeningsmethodiek de link met de sterkte van de leiding conform NEN3650-serie ontbreekt, waardoor deze methodiek niet als vervanging van het ontwerp conform NEN3650-serie kan worden gebruikt.

Kortom de methodiek kan niet als een volwaardige methodiek gebruikt worden voor het beoordelen van bestaande leidingen bij dijkversterkingen of nieuw te ontwerpen leidingen in of nabij waterkeringen. In dat geval dienen de leidingen te voldoen aan de NEN3650-serie.

Tenslotte wordt wel opgemerkt dat de methodiek wel een link met de gevolgen voor de waterkering door een verstoringzone van een vloeistofleiding heeft. Daarmee zou de methodiek een bijdrage kunnen leveren als filterstap voor de prioritering van toetsen van leidingen en zou hij mogelijk toepasbaar zijn bij het toetsen van leidingen in het kader van de wettelijke toetsing

### **Advies en aanbevelingen**

Bij de bepaling van de faalkans van de leiding dient aansluiting gevonden te worden bij de huidige ontwerpmethodiek van leidingen. STOWA Studiegroep Pijpleidingen heeft hier ook factsheets voor aangeleverd aan de Kennisagenda Waterkeringen [zie hiervoor SP-15-048 en SP-15-049], waarin zij e.e.a. heeft uitgewerkt. Hierin heeft de STOWA Studiegroep Pijpleidingen uitgewerkt hoe zij mogelijkheden ziet om de bestaande ontwerpmethodiek aan te passen, waardoor deze kan aansluiten op de nieuwe normering.

Door de Vereniging van waterbedrijven in Nederland (VEWIN) is aan KWR Watercycle Research Institute gevraagd onderzoek te doen naar ontgrondingskuilen in diverse grondsoorten. De huidige bepaling van de ontgrondingskuil gaat conservatief uit van zand, waardoor grote ontgrondingskuilen kunnen ontstaan. Geadviseerd wordt om aansluiting te zoeken bij deze studie om de voorgestelde methodiek verder uit te kunnen werken. Onderzocht zou moeten worden waar de grens ligt tussen een het ontstaan van een sluipende lekkage en een ontgrondingskuil.

De faalkansmethodiek dient compleet te worden gemaakt, zodat deze voor alle leidingen kan worden toegepast en ook generiek kan worden toegepast.

## BIJLAGE 1

### Aanleiding adviesaanvraag

In het kader van de versterking van de primaire waterkeringen in Maastricht is in opdracht van het waterschap Roer en Overmaas door BT Geoconsult in samenwerking met Deltares in 2013 een toetsmethodiek voor lagedrukleidingen in waterkeringen ontwikkeld. Deze 'slimme toetsing' is beschreven in het rapport Sluitstuk kaden cluster D Maastricht, rapportage leidingentoetsingen van 20 maart 2013 en gepubliceerd in Land + Water nr. 6 van juni 2013, SP-13-033).

Met deze methodiek is voor het waterschap voor een pilotproject een beoordeling uitgevoerd van de invloed van 40 bestaande lagedruk vloeistofleidingen nabij de nieuw aan te leggen waterkering. Het 'slimme' aan deze methodiek is het efficiënte toetsproces, waarbij de inspanning om de leiding te toetsen afhankelijk is van het risico van de leiding op de waterkering.

De slimme toetsing bestaat, in lijn met de opzet uit het VTV2006, uit:

- een eenvoudige toets (slimme regels en richtlijnen, o.a. de vuistregels die zijn ontwikkeld t.b.v. het toetsen van NWO's in het kader van de (verlengde) derde toetsronde);
- een gedetailleerde toets (er wordt vanuit gegaan dat de leiding faalt en er een ontgrondingskuil ontstaat en vervolgens wordt gecontroleerd of er nog een voldoende groot en stabiel restprofiel overblijft) en
- een geavanceerde toetsing (globale faalkansanalyse, waarbij de kans op het falen van de leiding wordt gecombineerd met de kans op falen van de kerende hoogte of de kans op afschuiving binnenwaarts).

Op basis van de 'slimme toetsing' is door Witteveen + Bos een faalkansanalyse opgesteld en vastgelegd in de notitie Faalkansanalyse dijkkring 80 Clauscentrale Maasbracht/Brachterbeek van 21 augustus 2013. (zie SP-14-008a). Deze analyse heeft betrekking op 8 pijpleidingen, waarvan 2 lagedruk rioleringen (6 ato), 1 hogedruk vloeistofleiding (40 bar) en 5 hogedruk (4 st 66,2 bar en 1 st 68 bar).

Door RoyalHaskoningDHV (RHDHV) is vervolgens voor een leidingbeheerder een risicoanalyse in het kader van de verlengde derde toetsronde uitgevoerd. In de door RHDHV opgestelde 'Discussie-notitie m.b.t. de aanpak geavanceerde toetsing van leidingen in de nabijheid van waterkeringen volgens de restprofiel/faalkansanalyse' (zie SP-14-008c) van 25 juni 2013 wordt voorgesteld om de faalkansanalyse ontwikkeld in de 'slimme toetsing' toe te passen. De methodiek gebruikt hierbij het principe van een restprofielbenadering. De notitie beschrijft ook welke stappen genomen kunnen worden om een faalkansanalyse toe te passen bij de veiligheidsbeoordeling van leidingen in waterkeringen.

Op 16 september 2013 is deze methodiek besproken bij waterschap Peel en Maasvallei. Bij dit overleg waren RHDHV, Deltares, waterschap Peel en Maasvallei en waterschap Roer en Overmaas en de STOWA-Studiegroep Pijpleidingen vertegenwoordigd. Het doel van het overleg was om draagvlak te krijgen voor de voorgestelde toetsmethodiek m.b.v. faalkansanalyse en vervolgstappen vast te stellen voor de toetsingen van waterschap Roer en Overmaas en waterschap Peel en Maasvallei. (zie SP-14-008b). Belangrijkste conclusies uit dit overleg waren:

- de methodiek is in grote lijnen akkoord, maar dient op enkele punten nog wel te worden aangevuld en aangepast;
- de methodiek wordt voorgelegd aan de Helpdesk Water en de STOWA Studiegroep Pijpleidingen, om het draagvlak te vergroten;
- indien deze methodiek landelijk moet gaan gelden als toetsmethodiek (als onderdeel van NEN 3651 bijlage E en van het VTV2017), zal eerst draagvlak gecreëerd moeten worden bij waterschappen, beheerders en andere brancheverenigingen.

Door RHDHV is op 24 september 2013 aan de Helpdesk Water gevraagd om te beoordelen of de beschreven aanpak in lijn is met het vigerende Voorschrift Toetsen op Veiligheid. De vraag is vervolgens bij Deltares terecht gekomen, die daarover op 5 december 2013 advies heeft uitgebracht aan RWS-WVL (zie SP-14-008d). In het advies van Deltares wordt geconcludeerd dat:

- de nieuwe toetsmethode, die is gebaseerd op kans schattingen zeer effectief is en kan worden toegepast als extra filter tussen de eenvoudige en de gedetailleerde toetsmethode;
- deze op een aantal punten nog moet worden aangepast of aangescherpt, waaronder
  - explosie van hogedruk gasleidingen
  - rioleringen gelegen onder de freatische lijn
  - leidingen in de kruin
  - hellingshoeken restprofielen en taluds van kraters
  - verkeersbelasting

- kans falen leiding onafhankelijk kans falen van de waterkering
- overschrijdingsfrequentie bepaling fictieve kruinhoogte
- omrekenen stabiliteitsfactor naar faalkans waterkering
- berekening van de additionele disfunctie kans, vaststelling van een taakstellende eis);
- het mechanisme sluipend lek in afwachting van aanpassing van NEN3651 m.b.t. sluipend lek in een later stadium nog aan de faalkansmethode dient te worden toegevoegd;
- wordt aanbevolen om de methode eerst uit te testen op een aantal pilotlocaties, voordat deze breder wordt toegepast.

De reactie van RWS-WVL op het advies van Deltares is dat zij deze vraag aan de Helpdesk Water niet kunnen beantwoorden vanwege het specialistische karakter daarvan. De reden daarvan is dat er bij RWS-WVL geen kennis aanwezig is om dit te beoordelen. Om toch een antwoord van RWS-WVL op de Helpdeskvraag te krijgen is door Deltares voorgesteld om deze vraag ook voor te leggen aan de STOWA Studiegroep Pijpleidingen met het verzoek om daarover advies uit te brengen. Dat advies kan dan worden gezien als een onafhankelijke toets door specialisten op leidingengebied, die door RWS-WVL bij de beantwoording van de Helpdeskvraag tezamen met het advies van Deltares van 5 december 2013 kan worden betrokken. In afwachting van het beschikbaar komen van advies van de STOWA Studiegroep Pijpleidingen heeft de Helpdesk Water het antwoord op de door RHDHV gestelde vraag uitgesteld.

Daarom is in de STOWA Studiegroep Pijpleidingen van 27 maart 2013 de methodiek gepresenteerd door waterschap Roer en Overmaas en waterschap Peel en Maasvallei. In het volgende hoofdstuk staat het inhoudelijke advies van de STOWA Studiegroep Pijpleidingen, dat bestaat uit een aantal kanttekeningen en oplossingsrichtingen voor verder doorontwikkeling van de methodiek. Dit advies kan als aanvulling worden gezien op het advies van Deltares van 5 december 2015.