

Handreiking NWO's in de veiligheidsanalyse van primaire waterkeringen in LBO1

Datum	28 mei 2021
Versie	2.0
Status	DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat WVL
Auteurs	Geeralt van den Ham, Theo Stoutjesdijk, Peter Kraaijenbrink
Review	Han Knoeff, Timo Schweckendiek, Reindert Stellingwerff, Nisa Nurmohamed, Arnold van der Kraan, Marike Olieman, Maurits Kampen
Informatie	Astrid Labrujere
Telefoon	
E-mail	
Datum	28 mei 2021
Versie	1.0
Status	DEFINITIEF

Samenvatting

Onder Niet Waterkerende Objecten (NWO's) op waterkeringen worden bomen, bebouwing, kabels en leidingen en overige objecten verstaan. In de praktijk blijkt dat het nog steeds lastig is om met deze niet waterkerende objecten om te gaan, waarbij het vaak gaat om grote(re) hoeveelheden objecten en locatiespecifieke situaties. Met generieke regels is het in veel gevallen al mogelijk om de invloed van deze objecten op de veiligheid van de waterkering te beoordelen. Echter voor meer specifieke situaties en/of locaties zijn geavanceerdere methoden nodig om tot een oordeel te komen.

Met deze Handreiking Niet Waterkerende Objecten in de Veiligheidsanalyse (zowel beoordeling als ontwerp) van primaire waterkeringen wordt beoogd een handelingsperspectief te geven voor beheerders en ingenieursbureaus die met deze "problematiek" te maken hebben. In de samenstelling van deze handreiking wordt een logische opbouw op basis van (veelal reeds bekend) materiaal gehanteerd, waarbij grote delen van deze memo's en rapporten hier worden herhaald om een totaaloverzicht te bieden.

Daarnaast is ook de wens achter deze handreiking, dat deze praktijk zich steeds verder uitbreidt, dat beheerders en anderen ervaringen uitwisselen en dat zich gaandeweg een praktijk ontwikkelt die geïncorporeerd is in de veiligheidsanalyse voor zowel beoordelen als ontwerpen van primaire waterkeringen.

Hoofdstuk 1 bevat de inleiding, waarna in hoofdstuk 2 de eerste bron, bestaande uit de Factsheet 'Niet Waterkerende Objecten' versie 1.0, publicatiedatum 25-11-2020, van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, behandeld wordt. Dit geeft in een zevental stappen een beslisschema waarmee wordt aangegeven hoe met niet waterkerende objecten in de veiligheidsanalyse en de huidige beoordeling (LBO1) kan worden omgegaan. De tekst van de factsheet is vrijwel integraal opgenomen, omdat dit een helder handelingsperspectief presenteert.

Aan het eind (stap 7) van het schema uit de factsheet kan de conclusie zijn dat het nodig is de invloed van de NWO's in de veiligheidsanalyse nader te beschouwen.

In hoofdstuk 3 wordt het rapport: WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen van mei 2018 behandeld. Daarin zijn de generieke uitgangspunten voor een veiligheidsraamwerk voor kruisende leidingen en langsleidingen in de nieuwe overstromingskansenbenadering op papier gezet. Het hiertoe opgezette veiligheidsraamwerk kan ook voor andere typen NWO's worden toegepast. Derhalve is het veiligheidsraamwerk, enigszins in bewerkte vorm, in hoofdstuk 3 opgenomen.

In hoofdstuk 4 is een uitbreiding hiervan voor zowel kruisende leidingen als langsleidingen van de POV Kabels & Leidingen gegeven. Deze uitbreiding kan ook voor andere typen NWO's worden toegepast.

Hoofdstuk 5 kan gezien worden als een aanvulling op wat er in hoofdstukken 3 en 4 is gepresenteerd. Zo wordt ingegaan op de definities van NWO's (niet alleen leidingen) en indirecte faalmechanismen en hoe hiermee wordt omgegaan in WBI2017, het instrumentarium voor LBO1. Ook wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de relatie 'falen NWO' versus "falen waterkering", hoe om te gaan met niet-gefaalde NWO's en de relatie met het beheer van waterkeringen.

Naast wat er in de voorgaande hoofdstukken aan kader is gepresenteerd is dit het gedeelte waar, in combinatie met hoofdstukken 6 en 7, zo praktisch mogelijke handreikingen en handvatten worden gegeven.

In hoofdstuk 6 wordt op hoofdlijnen de methode uiteengezet die in de POV Kabels en Leidingen is gebruikt om filters af te leiden voor langsleidingen op basis van probabilistische faalkansanalyses. Idee hierachter is dat deze methode in de toekomst ook toegepast kan worden voor het afleiden van filters voor andere NWO's. Dit hoofdstuk is wellicht minder relevant voor gebruikers, maar wel voor ontwikkelaars.

In hoofdstuk 7 wordt een overzicht gegeven van literatuur waarnaar in de voorgaande hoofdstukken wordt verwezen alsmede een aantal illustratieve voorbeelden die vanuit waterschappen zijn aangeleverd. Deze voorbeelden zijn mogelijk niet altijd geheel in lijn met wat in hoofdstukken 2 t/m 5 van deze Handreiking staat (een gevolg van de parallel lopende ontwikkelingen), maar kunnen wel ter inspiratie dienen voor een veiligheidsanalyse.

Inhoud

Samenvatting 3

Inhoud 5

1 Inleiding 7

2 Factsheet Beoordeling Niet Waterkerende Objecten volgens WBI2017 9

- 2.1 Inleiding 9
- 2.2 Algemeen 9
- 2.3 Beschouwen NWO's binnen LBO1 11
 - 2.3.1 Stap 1. Traject scoort categorie C of D vanwege één of meerdere directe mechanismen (zonder NWO's) 13
 - 2.3.2 Stap 2. Keuze Voorlopig Veiligheidsoordeel (A+, A, B of C verwacht). Kwalitatieve beschouwing NWO's. 13
 - 2.3.3 Stap 3. Inventariseren relevante NWO's. 15
 - 2.3.4 Stap 4. Risico's NWO's monitoren en beheersen via reguliere activiteiten in de Zorgplicht. 15
 - 2.3.4.1 Crisismanagement, assetmanagement 16
 - 2.3.4.2 Inspectie, onderhoud, vergunningverlening en handhaving 16
 - 2.3.5 Stap 5 Toepassen eenvoudige toets/beslisregels. 17
 - 2.3.6 Stap 6. Toepassen gedetailleerde toetsregels of onderbouwing Toets op Maat 18
 - 2.3.7 Stap 7. Uitvoeren scenario-analyse 18

3 WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen 20

- 3.1 Inleiding 20
- 3.2 Invloed NWO's op directe faalmechanismen 20
- 3.3 Toetsen kabels en leidingen in WBI 21
- 3.4 Veiligheidsraamwerk 21
 - 3.4.1 Faalpad (gebeurtenissenboom) 22
 - 3.4.2 Boordelingsniveaus 26
 - 3.4.3 Toets op maat 27
 - 3.4.3.1 Integrale faalkansanalyse 27
 - 3.4.3.2 Schatten van kansen 27
 - 3.4.4 Gedetailleerde toets 28
 - 3.4.5 Eenvoudige toets (filters) 28
 - 3.4.6 Faalkanseisen 29

4 Doorontwikkeling BOI veiligheidsraamwerk K&L - faalkanseisen 30

- 4.1 Inleiding 30
- 4.2 Faalkanseisen 30
 - 4.2.1 Faalkanseisen optie 1 – falen NWO als direct faalmechanisme 31
 - 4.2.1.1 Basis principe 31
 - 4.2.1.2 Faalkanseisen voor kruisende en parallelle leidingen 31
 - 4.2.1.3 Optredingscriterium 32
 - 4.2.2 Faalkanseisen optie 2 – falen NWO als indirect faalmechanisme 32
 - 4.2.2.1 Basis principe 32
 - 4.2.2.2 Invloed van meerdere leidingen op de faalkanseisen 34
 - 4.2.3 Beschouwing faalkanseisen 34

5 Overige aspecten Niet Waterkerende Objecten (NWO's) 36

5.1	Definities 36
5.2	Falen van NWO versus falen van waterkering 36
5.3	NWO's in relatie tot beheer waterkering 37
5.4	Relevante documenten 39
6	Filters 40
6.1	Inleiding 40
6.2	Methodiek bepaling filters 40
7	Relevante literatuur en cases 42
7.1	Referenties 42
7.2	Overzicht beschikbare/uitgevoerde cases NWO's 43
7.3	Opbrengst werkdagen en workshops 44
7.4	Overige documenten 44

1 Inleiding

In, op en langs de primaire waterkeringen bevinden zich vele Niet Waterkerende Objecten (NWO's). Het beschouwen van de invloed van al deze NWO's op de overstromingskans van de primaire waterkering vergt een grote inspanning; het gaat vaak om grote(re) hoeveelheden objecten en locatie specifieke situaties. Met generieke regels is het in veel gevallen al mogelijk om de invloed van deze objecten op de veiligheid van de waterkering te beoordelen. Echter voor meer specifieke situaties en/of locaties zijn geavanceerdere methoden nodig om tot een oordeel te komen.

Met onderhavige Handreiking wordt beoogd een handelingsperspectief te geven voor beheerders en ingenieursbureaus die met deze "problematiek" te maken hebben. Het gaat in de beoordeling niet om het wel of niet 'voldoen' van een NWO, maar om een antwoord op de vraag wat de bijdrage van een (falend) NWO aan de overstromingskans is. Dit betekent niet dat van elk NWO de *getalsmatige overstromingskansbijdrage* bepaald hoeft te worden. Door toepassen van conservatieve filter- en rekenregels kan de bijdrage aan de overstromingskans immers als verwaarloosbaar of voldoende klein worden verondersteld, zonder dat exact bekend is hoe groot die bijdrage is.

Het toetsspoor NWO's wordt een indirect mechanisme genoemd omdat het falen van NWO's niet direct hoogwater gerelateerd is. . In paragraaf 25, Bijlage III van de Ministeriële Regeling Primaire Waterkeringen 2017 (MR, WBI2017) staat:

"Een niet waterkerend object op of nabij een waterkering kan leiden tot schade aan de waterkering. Het ontwortelen van een boom kan bijvoorbeeld het dijkprofiel dusdanig aantasten dat de veiligheid van de waterkering daardoor wordt gereduceerd." Alleen de ontgrondingskuil leidt niet altijd tot een overstroming. Doorgaande erosie vanuit de kuil als gevolg van overslag, of een afschuiving die wordt getriggerd door de kuil kunnen wél tot een overstroming leiden. In de directe mechanismen moet het effect van de ontgrondingskuil dan worden meegenomen. Overigens kan de aanwezigheid van een NWO ook zonder dat dat object faalt invloed hebben op de directe mechanismen, door eigen gewicht, windbelasting of door bijvoorbeeld kruipruimtes onder woningen die invloed hebben op de pipinglengte. Die invloed van niet-falende objecten is onderdeel van de analyse van de overstromingskans bij de directe faalmechanismen. In hoofdstuk 5 is hier wat meer tekst aan gewijd.

Vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (DG Water en Bodem) en BOI (Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium) worden generieke instrumenten beschikbaar gesteld om de invloed van NWO's op de overstromingskans te bepalen. De Ministeriële Regeling Primaire Waterkeringen 2017 (MR, WBI2017) biedt mogelijkheden om NWO's in de lopende beoordelingsronde (LBO1) in zijn geheel niet te beschouwen en filters toe te passen om te focussen op die NWO's die er daadwerkelijk toe doen. Waterkeringbeheerders geven aan dat het voor meerdere typen NWO's een beoordeling van de invloed op de overstromingskans lastig is en het ontbreekt aan voldoende kennis en goede analysemogelijkheden. Ook geven zij aan dat een dergelijke analyse relatief veel inspanning kost, ten opzichte van de directe mechanismen.

De *procesmatige* Factsheet NWO's (zie verder Hoofdstuk 2) heeft als doel om, in aanvulling op hetgeen in de Ministeriële Regeling (met name Bijlage III) staat, focus aan te brengen in de analyse van NWO's in de lopende beoordelingsronde (LBO1) en

aan te geven in welke gevallen NWO's niet in LBO1 hoeven te worden beschouwd. De factsheet biedt de beheerder hulp bij het trechteren/filteren van NWO's, met als doel de inspanningen bij de lopende beoordeling te kunnen prioriteren.

Deze factsheet is geen *technisch-inhoudelijke* handleiding of handreiking en biedt dan ook geen concrete methoden of regels waarmee de beheerder kan onderbouwen dat een specifiek type NWO wel of geen significant effect heeft op de overstromingskans.

Voor de *technisch inhoudelijke uitwerkingen* wordt gewezen op Hoofdstuk 3 en 4. Hierin wordt een raamwerk geschetst voor het (probabilistisch) rekenen in termen van faalkansen, faalkansruimte en het werken met faalpaden. Een belangrijk deel komt hier voor rekening van de POV Kabels & Leidingen, maar het raamwerk is bruikbaar als basis voor alle NWO's. Gesteld mag wel worden dat dit een lopende ontwikkeling is. Er is gewerkt aan het opstellen van eenvoudige filters en –waar nodig– rekenmethoden per type NWO, maar deze zijn nog onvoldoende gevalideerd voor brede praktijktoepassing. Ook voor andere NWO's zou hier aan gewerkt kunnen worden, maar deze eenvoudige onderbouwde filterregels zijn thans nog niet beschikbaar. Indien een NWO door een dergelijk filter 'valt' moet op een niveau dieper (tweede filter of rekenregel) worden gekeken naar de faalkansbijdrage.

De hierboven genoemde procesmatige factsheet en technisch-inhoudelijke initiatieven zijn in dit rapport gebundeld tot één integrale Handreiking NWO's, waarin, naast het omgaan met NWO's bij het beoordelen, ook NWO's in relatie tot versterken van waterkeringen en de zorgplicht aan bod komen. Deltares heeft deze handreiking NWO's samengesteld in opdracht van DGWB/RWS WVL. Zo ontstaat een eerste versie van een gezamenlijk (beheerders, DGWB, ILT, HWBP) gedragen aanpak voor het omgaan met NWO's in relatie tot de overstromingskans. Daarbij is de bedoeling achter deze Handreiking, dat deze praktijk zich verder uitbreidt, dat beheerders en anderen ervaringen uitwisselen en dat er zich gaandeweg een praktijk ontwikkelt die geïncorporeerd is in de veiligheidsanalyse voor zowel het beoordelen als ontwerpen van primaire waterkeringen.

2 Factsheet Beoordeling Niet Waterkerende Objecten volgens WBI2017

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bestaat in hoofdzaak uit de tekst van de factsheet Beoordeling Niet Waterkerende Objecten (RWS IenMm 2020). Hier en daar zijn kleine aanpassingen of aanvullingen gedaan ten behoeve van de samenhang met de overige hoofdstukken van deze Handreiking.

2.2 Algemeen

In de Regeling Primaire Waterkeringen 2017 (WBI2017), Bijlage 1 (procedure) is in paragraaf 6.5 opgenomen hoe met NWO's om dient te worden gegaan bij het uitvoeren van de beoordeling. Zie de tekst in het kader hieronder.

6.5 Niet waterkerende objecten (Bijlage 1 bij Ministeriële Regeling)

Niet-waterkerende objecten zijn objecten in of op de kering die geen waterkerende functie hebben. Een niet-waterkerend object draagt daarom in principe niet bij aan de veiligheid van de kering. NWO's kunnen wel de sterkte van de waterkering reduceren. De eerste vraag bij de beoordeling van NWO's is dan ook of het object bijdraagt aan de overstromingskans of dat deze bijdrage verwaarloosbaar is.

De beoordeling begint met het identificeren van de mogelijk risicovolle NWO's. Daarvoor is een beoordelingsmethode opgenomen in Bijlage III Sterkte en veiligheid.

De beheerder kan kiezen om de beoordeling van de NWO's uit te stellen tot de volgende beoordelingsperiode, als deze keuze voldoet aan de voorwaarden om de beoordeling te beëindigen (zie paragraaf 3.2.5 van bijlage 1 van de Ministeriële Regeling).

De beoordelingsmethode voor NWO's in Bijlage III Sterkte en veiligheid bevat drie stappen:

1. *Eenvoudige toets: Bij voldoen aan de eenvoudige toets is de bijdrage van de NWO aan de overstromingskans verwaarloosbaar klein.*
2. *Gedetailleerde toets: op basis van modellen wordt bepaald of de bijdrage van de potentieel risicovolle NWO's aan de overstromingskans klein is ten opzichte van de overige faalmechanismen van de waterkering.*
3. *Toets op maat: op basis van scenario's wordt de bijdrage in rekening gebracht van het NWO aan de overstromingskans.*

Zoals uit het bovenstaande kader volgt, bestaat de wettelijke beoordeling op hoofdlijnen uit drie stappen. In de eerste twee stappen wordt aan de hand van *generieke regels* bepaald of de bijdrage van het beschouwde NWO aan de faalkans van de waterkering verwaarloosbaar verondersteld mag worden, of dat verder beoordeeld moet worden. De eenvoudige toets is een *eerste filter*. De gedetailleerde toets is feitelijk een *tweede filter*, waarbij rekenregels (in plaats van beslisregels) worden gebruikt. Als uit toepassing van de eerste twee filters volgt dat de faalkansbijdrage van het falen van NWO's niet als verwaarloosbaar mag worden verondersteld, moet verder beoordeeld worden (derde stap). In de terminologie van

het WBI is dan sprake van een toets op maat (TOM), aangezien het om niet voorgeschreven analyses gaat.

In bijlage 3 van de Ministeriële Regeling zijn de stappen verder uitgewerkt. Voor de eenvoudige toets (stap 1) worden generieke kenmerken van het NWO beschreven op basis waarvan direct kan worden gesteld dat de bijdrage van het NWO aan de overstromingskans verwaarloosbaar is. Ook wordt in de Ministeriële Regeling aangegeven dat het niet nodig is het effect van een NWO voor het optreden van een mechanisme te bepalen als de kans op het mechanisme zonder de aanwezigheid van het NWO al te groot is. In de gedetailleerde toets (stap 2) zijn voor een aantal NWO's (de facto alleen de kabels en leidingen) (reken)regels gegeven op basis waarvan kan worden bepaald of het NWO een noemenswaardige invloed heeft op de overstromingskans.

Voor de uitvoering van de Toets op Maat worden in het WBI, Bijlage III, twee mogelijkheden gegeven:

1. Met een *alternatieve analyse of redenering* kan onderbouwd worden dat de bijdrage van het NWO (of groep van NWO's) aan de overstromingskans verwaarloosbaar is;
Een voorbeeld is een faalpadenanalyse, waarin zowel uitkomsten van filters, rekenmodellen als expert-judgment zijn te gebruiken. Bij grotere leidingen is vaker een geavanceerde faalkans/risicoanalyse uitgevoerd.
2. De bijdrage aan de overstromingskans kan met *scenario's* in beeld worden gebracht, analoog aan de wijze waarop binnen de beoordeling met ondergrondscenario's wordt gerekend voor macrostabiliteit en piping. De analyse gaat uit van een situatie met een gefaald (bijvoorbeeld een ontgrondingskuil door een omgevallen boom of extra waterspanning en interne erosie door een gesprongen leiding, et cetera) en een situatie met een intact NWO (bijvoorbeeld belasting door eigen gewicht, windbelasting of open ruimte onder een huis). Aan beide scenario's wordt een kans gehangen, gegeven de hoogwatersituatie (conditioneel). Bij beide scenario's hoort een schematisatie van de relevante directe mechanismen. Bijvoorbeeld:
 - Piping: intredepunt of uitredepunt verplaatst door (gefaald) NWO.
 - Macrostabiliteit: wel of geen ontgrondingskuil door gefaald NWO.
 - Graserosie: wel of niet bloot komen te liggen van de onderlaag door (gefaald) NWO.

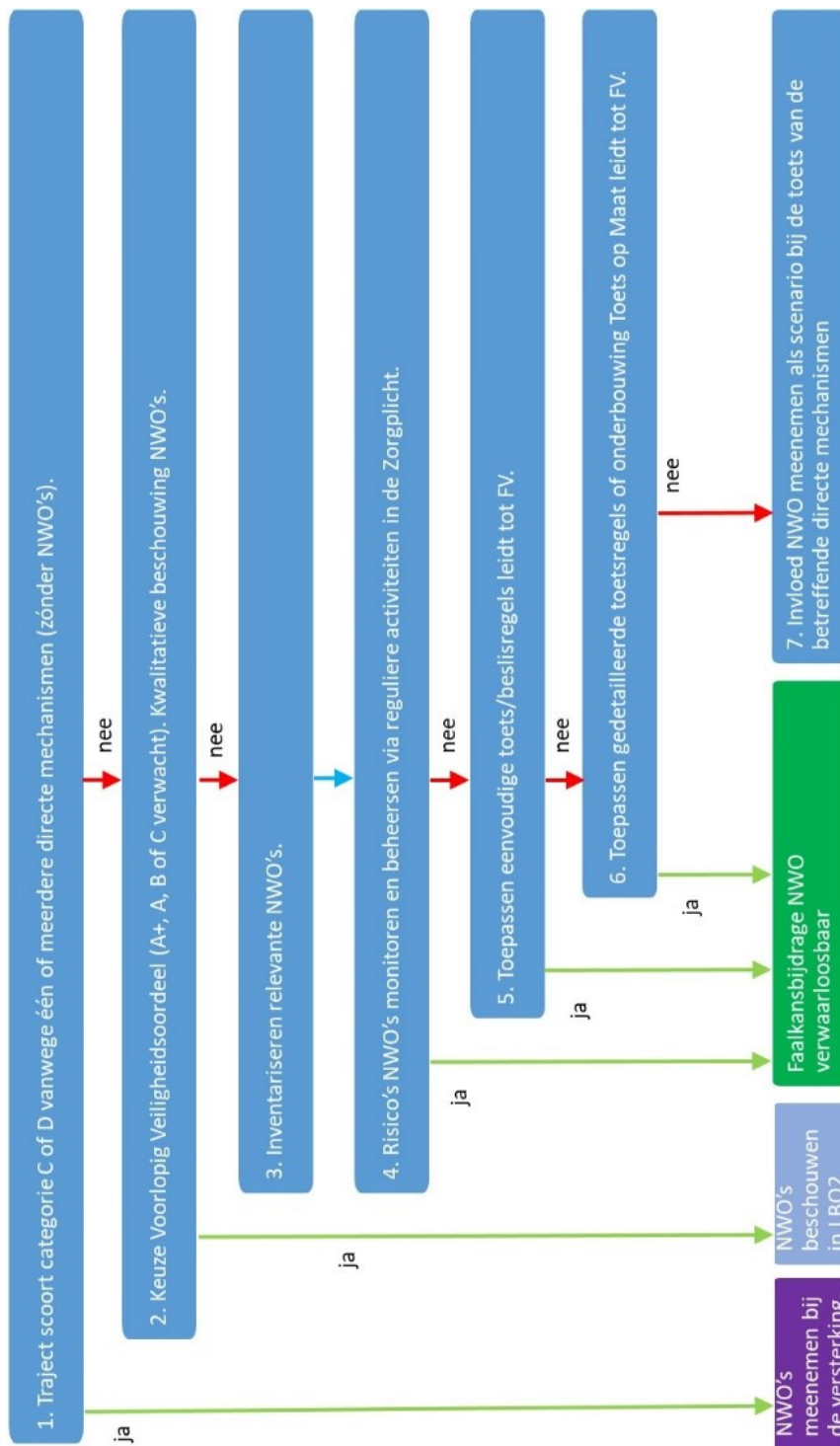
Alle genoemde stappen kunnen in verschillende volgorden worden uitgevoerd. Via het algemeen filter op vakniveau kan, indien effectief en efficiënt, bijvoorbeeld direct een Toets op Maat (alternatieve analyse) worden uitgevoerd. De eenvoudige en gedetailleerde rekenregels hoeven dan dus niet te worden doorlopen als er een goed onderbouwd alternatief voorhanden is. Het door scenario's in beeld brengen van de bijdrage aan de overstromingskans is relatief ingewikkeld en wordt alleen aanbevolen als er geen andere mogelijkheden meer zijn om de invloed van een NWO te beoordelen.

De huidige eenvoudige en/of gedetailleerde rekenregels voor NWO's zijn nog niet volledig afgestemd op de overstromingskansbenadering en is er (naast de beoogde filters) ook nog geen adequate alternatieve methode beschikbaar (uitvoerbaar, betaalbaar) om de impact van het betreffende type NWO (of groep van NWO's) te bepalen. In deze gevallen resteert dan alleen een kwalitatieve beschouwing (redenering), waarbij de onzekerheden in beeld worden gebracht en op basis van expert judgment wordt ingeschat of de NWO's kunnen leiden tot een andere (lees

slechtere) categorie van het traject. Voor parallelle leidingen zijn in het kader van de POV K&L concept filters afgeleid die wel zijn afgestemd op de overstromingskansbenadering, maar deze zijn nog concept (zie Hoofdstuk 6).

2.3 Beschouwen NWO's binnen LBO1

In Figuur 1 is, mede op basis van het voorgaande, een *mogelijke* invulling gegeven van het werkproces voor de beoordeling van niet waterkerende objecten. Dit is expliciet *geen voorschrift*. De volgorde van stappen staat niet vast en kan al naar gelang de situatie anders zijn.



Figuur 1 Mogelijke werkwijze beoordelen niet waterkerende objecten

Onderstaand is voor de 7 stappen/activiteiten (■) uit Figuur 1 een toelichting gegeven en zijn handvatten aangereikt om de betreffende stap uit te voeren. Daarbij wordt opgemerkt dat verschillende waterschappen al een soortgelijke aanpak volgen (vooral stap 1, 2 en 4).

2.3.1 Stap 1. Traject scoort categorie C of D vanwege één of meerdere directe mechanismen (zónder NWO's)

NWO's hoeven niet te worden beschouwd (en dus ook niet geïnventariseerd) in de beoordeling wanneer zij een verwaarloosbare invloed hebben op de overstromingskansen van de waterkering óf wanneer de kans op de betreffende directe mechanismen zonder de aanwezigheid van het NWO al te groot is. Zie hiervoor paragraaf 25 van Bijlage III van de MR (*Stap E.1 Waterkering voldoet zonder NWO*). Voldoet een traject niet, dan hoeven de NWO's in dat traject niet te worden beschouwd. De strategie om éérst de directe sporen te beoordelen lijkt voor het prioriteren van werkzaamheden daarom verstandig. Voor de directe mechanismen moet vanzelfsprekend wel aan de stopcriteria zijn voldaan (zie paragraaf 3.2.5 van bijlage 1 van de Ministeriële Regeling).

2.3.2 Stap 2. Keuze Voorlopig Veiligheidsoordeel (A+, A, B of C verwacht). Kwalitatieve beschouwing NWO's.

De Ministeriële Regeling biedt de mogelijkheid om in LBO1 een traject van een Voorlopig Veiligheidsoordeel te voorzien. Zie hiervoor de procedure (MR, Bijlage I) en de *factsheet Voorlopig Veiligheidsoordeel*. Essentie is dat als de beheerder kan onderbouwen dat een traject *zeker niet in categorie D* zal vallen (categorie D betekent 'voldoet ruimschoots niet aan de ondergrens'), de beoordeling in LBO2 kan worden afgerond. Het Voorlopig Veiligheidsoordeel is een volwaardig oordeel, echter niet van dezelfde diepgang als een Volledig Veiligheidsoordeel. Indien een beheerder een Voorlopig Veiligheidsoordeel geeft, verwacht hij ook dat de invloed van NWO's niet tot categorie D zullen leiden, hetgeen hij in elk geval kwalitatief onderbouwt. De invloed van NWO's wordt dan als onderdeel van het Volledig Veiligheidsoordeel in LBO-2 beschouwd.

Indien de beheerder categorie A+, A of B verwacht *zonder de invloed van NWO's* en hij wel een Volledig Veiligheidsoordeel opstelt, dienen NWO's conform de regeling beschouwd te worden. Immers, de invloed van NWO's kan in theorie leiden tot categorie C of D. In dat geval is een slimme aanpak nodig waarbij snel getrechterd wordt naar de NWO's die er ook echt toe doen, gebruik makend van beschikbare instrumenten, filters, rekenregels en expert judgment. Zie ook Tabel 1.

	Trajecten met volledig veiligheidsoordeel	Trajecten met voorlopig veiligheidsoordeel
Voldoet (zeker) niet aan maximaal toelaatbare overstromingskansen op trajectniveau zonder NWO's: Categorie C of D	NWO's niet beoordelen, conform MR. Aandachtspunten beheerder: • Benoemen in het beoordelingsrapport dat NWO's niet zijn beschouwd. • Organisatorisch borgen dat in de vakken die niet voldoen NWO's nader worden beschouwd bij het versterkingsproject. • De (verwaarloosbare) invloed van NWO's eerst vaststellen en daarna beheersbaar houden, bijvoorbeeld met activiteiten uit het Kader Zorgplicht.	Nvt.
Voldoet (waarschijnlijk) aan maximaal toelaatbare overstromingskansen op trajectniveau zonder NWO's: Categorie A+, A of B.	NWO's slim beschouwen, focussen op de grote en risicovolle, gebruik makend van o.a.: • Filters die zijn afgestemd op de overstromingskansenbenadering. • GIS-automatiseringen om invloed NWO uit te kunnen sluiten vanwege te grote afstand tot invloedsgebied. • Faalpaden analyse. • Aanpak diverse waterschappen, met onderbouwing over aansluiting op overstromingskansenbenadering. Door naar Stap 3.	NWO's (in elk geval) kwalitatief beschouwen, motiveren dat NWO's niet leiden tot categorie D. Toelichten in hoofdrapport.

Tabel 1 Te beschouwen NWO's bij Volledig en Voorlopig Veiligheidsoordeel

2.3.3 Stap 3. Inventariseren relevante NWO's.

In deze stap worden gegevens van die NWO's in/op/nabij de waterkering geïnventariseerd waarvan op voorhand nog niet duidelijk of en zo ja welke negatieve invloed ze hebben op de waterkering. Hiervoor kunnen naast de eigen systemen bijvoorbeeld bestanden gebruikt worden als de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT), Basisregistratie adressen en gebouwen (BAG), Nationaal Bomenregister, KLIC Melding¹ etc. Het is aan te bevelen om de gegevens vast te leggen in een Geografisch Informatiesysteem (GIS) om het vervolgproces te optimaliseren. Veel geografische informatie is beschikbaar via Publieke Dienstverlening Op de Kaart (www.pdok.nl).

2.3.4 Stap 4. Risico's NWO's monitoren en beheersen via reguliere activiteiten in de Zorgplicht.

Zorgplicht en wettelijke beoordeling

De beheerder heeft de wettelijke taak om de veiligheid tegen overstromingen te borgen door de primaire keringen aan de veiligheidseisen te laten voldoen en voert daarvoor het noodzakelijke beheer en onderhoud uit (instandhouding). Dit wordt de zorgplicht genoemd. Vergunningverlening en handhaving vormen onderdeel van de zorgplicht. Het toezicht op de zorgplicht voor de primaire waterkeringen wordt, namens de minister van Infrastructuur en Milieu, uitgeoefend door de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT). Daarvoor is het Kader Zorgplicht

Primaire Waterkeringen van toepassing. Dit kader bestaat uit proceseisen.

Het is mogelijk dat een slecht onderhouden dijk toch voldoet aan de norm en dat een uitstekend onderhouden dijk juist niet voldoet, bijvoorbeeld doordat de hydraulische belastingen in de loop van de tijd zijn toegenomen. Het blijft daarom belangrijk om periodiek te beoordelen of de waterkeringen nog voldoen aan de normen. De Waterwet schrijft voor dat dit eens in de twaalf jaar gebeurt.

Figuur 2 Zorgplicht en Beoordelen, Grondslagen voor Hoogwaterbescherming (ENW, 2016)

Aan een NWO kunnen door de beheerder, bijvoorbeeld via de vergunningverlening, eisen worden gesteld. Idealiter zijn de eisen zodanig gesteld dat de bijdrage van het NWO aan de overstromingskansen van de waterkering *verwaarloosbaar* blijft. Om dit te kunnen vaststellen is een inhoudelijke 'beoordeling' (analyse) nodig. Wat verwaarloosbaar precies is moet dan ook zijn gedefinieerd én de (verwaarloosbare) impact op de overstromingskansen moet kunnen worden onderbouwd met bijvoorbeeld filterregels, rekenregels en/of modellen. Dit kan als onderdeel van de wettelijke beoordeling, maar ook tussentijds op basis van dezelfde regels en/of modellen als bij de wettelijke beoordeling.

Met reguliere activiteiten binnen de zorgplicht, zoals inspectie, dijkbewaking (crisismanagement) en het daarbinnen reageren op falende NWO's, kunnen de effecten van NWO's vervolgens worden gemonitord en beheerst. Het gaat hierbij om reguliere maatregelen die al jaren gemeengoed zijn.

In theorie is het dus mogelijk om via de zorgplichtprocessen te monitoren of de effecten van NWO's beheersbaar blijven en zo nodig maatregelen te treffen om de gevolgen te beperken. De praktijk is echter vaak anders. NWO's liggen lang niet altijd vergund in/op/nabij een primaire waterkering. Bij kabels en leidingen liggen er vaak zeer oude leidingen, zonder vergunning. Ook bij bijvoorbeeld begroeiing (bomen) is dat meestal niet het geval. Indien een NWO vergund in de waterkering ligt, is deze vergunning niet gebaseerd op de overstromingskansnorm, maar op regels van de waterkeringbeheerder, veelal opgenomen in Keur, algemene regels en

¹ De KLIC-melding is geschikt om de ligging van kabels en leidingen te achterhalen. Het medium dat door de leiding gaat en de voltage klasse van een kabel wordt vaak weergegeven. Leiding gegevens en drukken zijn vaak niet aanwezig of onbetrouwbaar.

beleidsregels. Deze zijn in het gunstigste geval gebaseerd op de overschrijdingskansbenadering. Het is aan de waterkeringbeheerder om de regels vast te stellen.

Met de huidige rekenmethoden is het niet eenvoudig om de daadwerkelijk (of voldoende kleine) bijdrage van NWO's aan de overstromingskans te bepalen. De (reken)regels voor de diverse typen NWO's, zoals gegeven in Bijlage III, zijn niet (allemaal) afgeleid vanuit de overstromingskansbenadering. Deze Handreiking NWO's beoogt meer inhoudelijk handelingsperspectief geven (zie volgende hoofdstukken).

Analyse NWO's bij beoordelen, ontwerpen en in de vergunningverlening

Bij bijvoorbeeld een dijkversterking of vergunningverlening moet de overstromingskans door NWO's net als bij de beoordeling worden onderbouwd. In de verschillende processen wordt van hetzelfde (reken)instrumentarium gebruik gemaakt. In elk van deze processen vindt een 'verificatie van de toelaatbare overstromingskans' plaats. In de basis is de inhoudelijke analyse grotendeels gebaseerd op dezelfde rekenregels en modellen, maar er zijn belangrijke verschillen: bij de beoordeling gaat het over een relatief korte periode (12 jaar) en gaat het erom aan te tonen dat de waterkering nog voldoende veilig is. De wetgever kan een specifieke methode voorschrijven (eenvoudige en gedetailleerde toets). Bij versterken gaat het om een (economische) afweging waarbij de levensduur van de dijkversterking een belangrijke rol speelt. Voor ontwerp zijn geen wettelijke regels vastgelegd, evenmin voor andere processen van de waterkeringbeheerder.

Enkele voorbeelden om binnen de zorgplicht de invloed van een NWO op de overstromingskans te beheersen volgen hierna. Voor veel NWO's is het mogelijk mogelijk om voor een voldoende kleine dan wel verwaarloosbare invloed op de overstromingskans te verwijzen naar zorgplichtactiviteiten.

2.3.4.1 Crisismanagement, assetmanagement

In (hoogwater) inspectiedraaiboeken kan worden aangegeven op welke wijze de effecten door de aanwezigheid van NWO's worden beheerst. Dit kan bijvoorbeeld door het uitvoeren van inspecties en regulier beheer en onderhoud aan de waterkering in samenwerking met de kabel- en leidingbeheerders. Ook kunnen bijvoorbeeld (nood)maatregelen zoals een maximale hersteltijd bij leidingbreuk in calamiteitenplannen worden opgenomen, opgesteld door de waterkering- én leidingbeheerder. Op deze manier wordt heel direct gebruik gemaakt van de kennis en ervaring van zowel de waterkeringbeheerder als de kabel/leidingbeheerder.

Faalt een NWO (in een hoogwatersituatie), maar kan worden onderbouwd dat dit geen negatief effect op de overstromingskans van de waterkering heeft, dan kan de beheerder dit als argument gebruiken voor een verwaarloosbare faalkansbijdrage. Een voorbeeld hiervan is een boom in het (verre) achterland die bij hoogwater omwaait. Het gat dat hierbij ontstaat levert geen gevaar op voor de veiligheid van de waterkering. Het omwaaien zal niet leiden tot een overstroming, omdat de gevolgen beheersbaar zijn.

2.3.4.2 Inspectie, onderhoud, vergunningverlening en handhaving

In de vergunningvoorschriften voor NWO's kunnen voorwaarden worden opgenomen om een verwaarloosbare of acceptabel kleine bijdrage aan de overstromingskans te garanderen. Aandachtspunt is dat bestaande eisen vaak (nog) niet zijn afgestemd

op de overstromingskansbenadering. Dit geldt bijvoorbeeld voor de eisen aan leidingen zoals opgenomen in de NEN 3650 reeks.

De effecten van NWO's kunnen in de zorgplicht-activiteiten worden gemonitord en mogelijk worden beheerst door het uitvoeren van reguliere inspecties en onderhoud. Toezicht op NWO's binnen de Zorgplicht-activiteiten kan op deze manier een vinger aan de pols zijn. Het *volledig* wegnemen van een negatief effect van een NWO door beheermaatregelen is echter niet mogelijk, maar ook niet altijd nodig.

Net als bij de beoordeling ziet de ILT ook toe op de invulling (en naleving) van de zorgplicht-activiteiten van waterkeringbeheerders en evalueren waterkeringbeheerders hun zorgplichtactiviteiten in een jaarlijkse Waterveiligheidsrapportage. Daarmee wordt de verbinding tussen de beoordeling en zorgplicht sterker gelegd.

2.3.5 Stap 5 Toepassen eenvoudige toets/beslisregels.

Stap 5 is in deze aanpak de eerste stap waarin daadwerkelijk een 'technische' analyse plaatsvindt. In deze stap kunnen de regels van de eenvoudige toets (MR, Bijlage III) gebruikt worden om per type NWO na te gaan of deze geen noemenswaardig effect heeft op de overstromingskans van de waterkering (faalkans verwaarloosbaar; FV), of dat de invloed van het NWO verder getoetst dient te worden. Indien er sprake is van nieuwe inzichten, zoals bij parallelle leidingen, wordt aanbevolen daar gebruik van te maken. In deze stap kan gebruik worden gemaakt van een aantal filters waarmee relatief eenvoudig, bijvoorbeeld in GIS (zie Figuur 3), een schifting gemaakt kan worden tussen NWO's waarvan de faalkansbijdrage verwaarloosbaar is en die niet nader beschouwd hoeven te worden en NWO's die verder getoetst moeten worden en waarvan mogelijk meer gegevens verzameld moeten worden.

Bij grote aantallen NWO's kan het filteren van de risicovolle objecten voordat aan een gedetailleerde toets of toets op maat wordt begonnen overigens nog steeds de nodige tijd en inspanning kosten.



Figuur 3 Voorbeeld eerste filtering in GIS aan de hand van regels uit de eenvoudige toets

Bij het toepassen van de eenvoudige toetsregels wordt aangeraden om eerst te beginnen met de regels die relatief eenvoudig toe te passen zijn met de beschikbare gegevens, zodat van grof naar fijn gewerkt wordt en sneller tot een (eerste) filtering gekomen kan worden. Bij de stappen waarvoor extra gegevens nodig zijn kan dan eerst het antwoord "nee" gegeven worden en doorgedaan worden naar de volgende stap uit de eenvoudige toets.

Er zijn al goede voorbeelden waarbij de beheerder per type object, per locatie in/op/nabij de waterkering en op basis van GIS-analyses en faalkansbomen met scenariokansen heeft gewerkt.

2.3.6 Stap 6. Toepassen gedetailleerde toetsregels of onderbouwing Toets op Maat

In stap 6 wordt met een analyse conform de gedetailleerde toets, een alternatieve analyse of een redenering (faalpadanalyse, expert-judgment) in de Toets op Maat onderbouwd of de bijdrage van het NWO aan de overstromingskans verwaarloosbaar is. Het gaat hier om de invloed van een NWO op de directe faalmechanismen (piping, macrostabiliteit, graserosie kruin- en binnentalud, bekleding buitentalud). Hoe groter ontgrondingskuilen, scheuren of erosie van de bekleding, hoe groter de bijdrage aan de overstromingskans. In deze stap is het gebruik van casuïstiek (mits beschikbaar) verstandig. Denk aan informatie over (de kans op en gevolgen van) falen van kabels- en leidingen of bomen onder specifieke omstandigheden zoals langdurig hoge waterstanden of harde wind. Zie ook de opmerkingen hierover in hoofdstuk 5 van deze Handreiking.

Hier biedt de procedure (Bijlage I van de Regeling veiligheid primaire waterkering) juist ook de ruimte voor: *"Als het toetsoordeel niet in overeenstemming is met de kennis en ervaring van de beheerder, dan kan de toets op maat bestaan uit een oordeel, onderbouwd op basis van de kennis en ervaring van de beheerder (beheerdersoordeel)".*

Deze analyse levert beslisinformatie op of de bijdrage van het beschouwde NWO als *verwaarloosbaar* verondersteld mag worden of dat de bijdrage als *substantieel* gezien moet worden. Feitelijk bevat deze stap regels voor een tweede filtering van NWO's die geen nadere aandacht nodig (FV) hebben en NWO's die verder beschouwd moeten worden.

2.3.7 Stap 7. Uitvoeren scenario-analyse

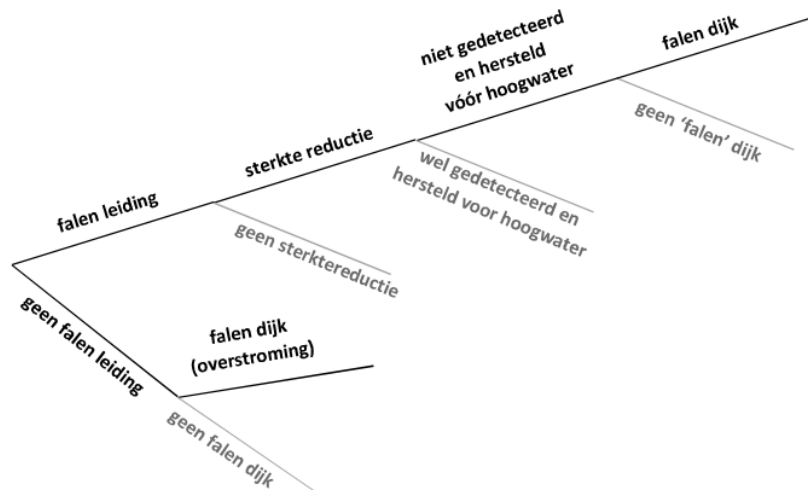
Voor NWO's waarbij in stap 4-6 niet kan worden onderbouwd dat de faalkans verwaarloosbaar is, dient het effect van het NWO meegenomen te worden als scenario bij de desbetreffende directe sporen waar het NWO een substantiële invloed op heeft.

Een beschrijving van een keten van gebeurtenissen die leidt tot de ongewenste gebeurtenis (falen van de waterkeringen in een dijktraject. In de beoordeling kunnen alle onzekerheden die niet als nette/continue kansverdeling zijn weer te geven, kunnen in de beoordeling als scenario's worden weergegeven, daarbij kan gedacht worden aan onzekerheden in ondergrond en dijkopbouw, de al dan niet daaraan gerelateerde waterspanningen of situaties met falen van NWO's en/of al dan niet aangetaste voorlanden en havendammen.

Figuur 4 definitie scenario volgens MR

Voor de uitwerking van deze stap kan worden uitgegaan van een gebeurtenissenboom (zie Figuur 5 waarin als voorbeeld het conceptuele

veiligheidsraamwerk *WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen (Deltares, 2018)* is gegeven, zie ook hoofdstuk 3 van deze Handreiking).



Figuur 5 Generieke gebeurtenissenboom (hier voor leidingen) voor het beoordelen van een waterkering met invloed van een falende leiding/NWO en beschouwing van de gelijktijdigheid van leiding-/NWO-falen en hoogwater. (Bron: WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen, zie ook hoofdstuk 3 van deze Handreiking)

De generieke gebeurtenissenboom dient voor elke relevante combinatie van direct faalmechanisme en (type en plaats van) het NWO uitgewerkt te worden. Het meenemen van (kans op) detectie en (kans op succes van) herstelmaatregelen kan kansrijk zijn.

Na uitwerking van een integrale gebeurtenissenboom kan een conclusie getrokken worden over verwaarloosbaarheid van de invloed van (het) NWO('s).

3 WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is in sterke mate gebaseerd op het WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen (POV K&L / Deltares (2018)). Veel paragrafen zijn integraal overgenomen en hier en daar zijn aanvullingen gedaan.

Desalniettemin is dit veiligheidsraamwerk zeker ook toepasbaar voor andere NWO's dan kabels en leidingen.

Met name in de recente case van Waterschap Rivierenland (WSRL): NWO's i.r.t. waterveiligheid; Faalkansbijdrage van NWO's-2021 is een uitwerking gegeven van de beoordeling van begroeiing en bebouwing, zie paragraaf 7.2.

Hierbij is gebruik gemaakt van het veiligheidsraamwerk zoals opgesteld door de POV K&L. Op een gestructureerde manier worden de faalkansbijdragen van begroeiing en bebouwing, in alle zones en voor alle faalmechanisme, ingeschat door een groot aantal gebeurtenissenbomen op te stellen en te analyseren. Bij deze analyse is op basis van een aantal filters vastgesteld of een gebeurtenis wel of geen verwaarloosbare faalkansbijdrage aan de waterveiligheid heeft. Indien de bijdrage niet als verwaarloosbaar kan worden aangemerkt is aangegeven hoe, door middel van een faalpadanalyse, de grootte van de bijdrage kan worden bepaald.

3.2 Invloed NWO's op directe faalmechanismen

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) definieert een aantal directe faalmechanismen. Leidingen, maar ook andere NWO's hebben vooral invloed op:

- Macroinstabiliteit binnenwaarts
- Piping
- Erosie kruin en binnentalud door overslag en overloop
- Erosie buitentalud door golfklap

In geval van leidingen komt deze invloed bijvoorbeeld tot uiting door verhoogde waterspanningen in een dijk door een lekkende vloeistofleiding (sluipend lek) of door aantasting van de stabiliteit als gevolg van een erosiekrater (gapend lek). Niet alleen falende leidingen zijn van invloed op de veiligheid van een waterkering, ook kan het noodzakelijk zijn om met de aanwezigheid van intacte leidingen in de schematisering rekening te houden (bv. interne erosie langs leidingen). De invloed van leidingen op de faalkans van een waterkering is sterk situatieafhankelijk.

In onderstaande tabel is globaal aangegeven of er, met name bij falen van een NWO, al dan niet een sterke relatie met een bepaald (direct) faalmechanisme is. Dit is in onderstaande tabel weergegeven met een plus (sterke relatie), een nul (een niet sterke relatie) of een min (geen relatie).

Direct faalmechanisme	Aanwezigheid of falen NWO				
	Begroeiing	Bebouwing	Leidingen	Overigen (groot)	Overigen (Klein)
Erosie kruin & binnentalud door overloop/overslag	0/-	+ / 0	+ / 0 ¹⁾	+ / 0	0 / -
Opbarsten / piping / heave	+	+ / 0	+	+ / 0	-

Direct faalmechanisme	Aanwezigheid of falen NWO				
	Begroeiing	Bebouwing	Leidingen	Overigen (groot)	Overigen (Klein)
Macroinstabiliteit binnenwaarts	+	+	+	+/-	-
Erosie buitentalud door golfklap (e/o stroming)	+	+	+/-	+/-	+/-
Macroinstabiliteit buitenwaarts (indirect mechanisme)	+/-	+	+/-	+/-	-
Voorland (indirect mechanisme)	0	0/-	0	+/- ²⁾	-
1) geldt met name voor kruisende leidingen 2) denk bijvoorbeeld aan windturbines of andere grote objecten zoals brugpijlers die bijvoorbeeld voor ontgrondingen kunnen zorgen en/of zettingsvloeiingen initiëren					

Tabel 1: Relatie NWO's met directe faalmechanismen

3.3 Toetsen kabels en leidingen in WBI

In het WBI (IenM, 2017) worden kabels en leidingen behandeld als NWO ('object op of nabij een waterkering' welke 'kan leiden tot schade aan de waterkering'), waarbij schade moet worden opgevat als nadelige invloed op het waterkerend vermogen. Dit is in lijn met de behandeling van andere NWO's en indirecte faalmechanismen zoals ook beschreven in de factsheet Indirecte mechanismen (Deltares, 2017) en de factsheet post "overig" in de faalkansbegroting en indirecte mechanismen (KPR, 2016).

Op hoofdlijnen voorziet het WBI voor kabels en leidingen in de volgende drie toetsniveaus, in lijn met de beoordeling van andere faalmechanismen:

- Eenvoudige toets (o.b.v. leidingkenmerken; bv. materiaal, inwendige druk, diameter).
- Gedetailleerde toets (rekenmodellen volgens bijlage E, paragraaf E.2 van NEN 3651).
- Toets op maat (faalkans/risicoanalyse, in-situ metingen; tevens NEN 3651 paragraaf 10.5.2.3)².

In tegenstelling tot directe faalmechanismen zijn de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets voor kabels en leidingen gericht op het aantonen van een verwaarloosbare kansbijdrage van het falen van de leiding (optredingscriterium) of op een verwaarloosbaar effect (schadecriterium; bv. stabiliteits- versus invloedszone); voor directe faalmechanismen zijn de toetsen gericht zijn op de toelaatbare kans van het mechanisme zelf.

3.4 Veiligheidsraamwerk

Deze paragraaf beschrijft een generiek veiligheidsraamwerk waarmee kan worden aangetoond dat een situatie (waterkering met invloed leiding) aan de overstromingskanseisen vanuit de Waterwet voldoet. Startpunt is een integrale faalkansanalyse, op basis waarvan tevens vereenvoudigingen in termen van semi-

² Opgemerkt wordt dat, paragraaf E.2.3 in bijlage E van NEN 3651 (Geavanceerde toetsing ("toets op maat" volgens WBI): Faalkans of risicoanalyse), niet correct is.

probabilistische toetsen of eenvoudige filters onderbouwd kunnen worden. Ook voor de vereenvoudigingen en het opstellen van filters worden suggesties gegeven.

In een gezamenlijke studie van TNO & Deltares (2017) heeft een inventarisatie plaats gevonden van de vigerende regelgeving voor (pijp)leidingen in de nabijheid van waterkeringen. In deze studie is ook een grof beeld geschetst hoe de veiligheid van waterkeringen onder invloed van pijpleidingen kan worden aangetoond op verschillende niveaus. Hieronder wordt deze aanpak verder geconcretiseerd voor toepassing in WBI kader, gebruik makend van de in de voorgaande paragrafen beschreven mogelijkheid om direct of indirect aan te tonen of aannemelijk te maken dat aan de overstromingskanseisen vanuit de Waterwet wordt voldaan (of dat de faalkansbijdrage als gevolg van potentieel falen van de leiding verwaarloosbaar is).

Ook al is er een grote verscheidenheid aan leidingen, faaloorzaken en faalverschijningen zoals bijvoorbeeld:

- Lekkage van vloeistofleidingen (sluipend lek), soms leidend tot verhoging van waterspanningen.
- Barsten van vloeistofleidingen (gapend lek) met erosie als gevolg.
- Explosie van gasleidingen.
- Erosie langs het vulmateriaal (door verkeerd materiaal of geen verdichting) etc.

Deze dienen als basis voor het opstellen van de generieke gebeurtenissenboom en verdere uitwerking in deze paragraaf. De verwachting is dat ondanks de grote verscheidenheid op het merendeel van de situaties dezelfde aanpak toepasbaar zal zijn.

3.4.1 Faalpad (gebeurtenissenboom)

De generieke gebeurtenissenboom (soms ook 'faalpaden' genoemd) is weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, dient als basis voor alle verdere beschouwingen en vormt hiermee de basis van het voorgestelde veiligheidsraamwerk. De aparte takken zijn beschreven in Tabel 2.



Figuur 6 Generieke gebeurtenissenboom voor het beoordelen van een waterkering met invloed van een falend NWO en beschouwing van de gelijktijdigheid van NWO-falen en hoogwater

Tak	Beschrijving	Kans
Falen NWO	'Falen NWO' betreft de kans op een initiële gebeurtenis, waarbij het betreffende NWO faalt (bv. ontworteling boom, instorten bebouwing, sluipend lek of barsten/explosie leiding).	P_{lf}
Geen falen NWO	Bij 'geen falen NWO' wordt alleen met de aanwezigheid van een intact NWO in de schematisering rekening gehouden (reguliere beoordeling zonder invloed van falen NWO)	$1 - P_{lf}$
Sterkte reductie	'Sterkte reductie' betreft de schematisering van de (negatieve invloed) van het gefaalde NWO op de waterkering. In gedetailleerde analyses kan dit gevat worden in continue kansverdelingen (bv. verhoging waterspanning door sluipend lek) of discrete scenario's met een kans. Deze knoop kan ook als eenvoudige filter worden gebruikt (bv. geen overlap invloeds-zone en stabiliteitszone, zoals bekend in de huidige systematiek).	<i>(verwerkt in schematisering faalmechanisme, bv. als scenario)</i>
Niet gedetecteerd en hersteld voor hoogwater	De sterktereductie in de vorige tak betekent feitelijk dat de dijk beschadigd is in de zin dat het waterkerend vermogen is aangetast. Deze schade leidt niet noodzakelijkerwijs tot overstroming. Deze tak betreft de kans dat een relevante (hoge) waterstand voor, of tijdens, de herstelperiode optreedt.	$P_{hw lf}$
Falen dijk	'Falen dijk' is vervolgens een conventionele analyse van een faalmechanisme, inclusief de geschematiseerde sterkte reductie, al dan niet in vorm van een scenario. Een voorbeeld is de schematisering van een dijk voor macrostabiliteit inclusief erosiekrater van een gebarsten leiding. <i>Gezien het hier om falen binnen de detectie en herstelperiode gaat betreft het in gevallen waar deze periode duidelijk korter is dan 1 jaar niet de klassieke definitie van hoogwater waarbij de jaarmaxima van de hydraulische randvoorwaarden worden toegepast. Idealiter worden hier dus de hydraulische randvoorwaarden voor de detectie en herstelperiode toegepast. Omdat deze echter moeilijk te bepalen zijn kunnen de statistieken van de jaarmaxima als conservatieve benadering worden gebruikt.</i>	$P_{f hw,lf}$

Tabel 2 Definities generieke gebeurtenissenboom (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**)

In formulevorm kan de gebeurtenissenboom als combinatie van de in Tabel 2 gedefinieerde overgangskansen worden weergegeven:

$$P_f = P_{f|hw,lf} \cdot P_{hw|lf} \cdot P_{lf} + P_{f|\bar{lf}} \cdot (1 - P_{lf})$$

Waarin $P_{f|\bar{lf}}$ de conditionele faalkans van de dijk is zonder invloed van leidingfalen.

Dit raamwerk werkt de algemene werkwijze in het WBI uit door leidingfalen expliciet als scenario te beschouwen, naast het scenario van de intacte leiding. De kansen op leidingfalen en hoogwater tijdens de herstelperiode geven dan invulling aan de totale scenariokans. De sterktereductie maakt onderdeel uit van de schematisering en soms ook van de scenariokans.

De middels deze generieke foutenboom (blauwdruk) uitgewerkte aanpak heeft betrekking op één direct faalmechanisme (bv. macrostabiliteit binnenwaarts). Afhankelijk van het faalscenario kan het nodig zijn om meerdere directe faalmechanismen te beschouwen als het leidingfalen hier invloed op heeft.

Voor de praktische invulling en handhaving van de gebeurtenissenboom zijn de volgende kanttekeningen te plaatsen:

1. De kans op falen van de leiding kan ingevuld worden volgens de bekende methodes uit de NEN 3650 serie, of door gebruik te maken van eventueel beschikbare empirische gegevens. Soms kan het in een beoordelingscontext ook voldoende zijn om een hoge schatting van de faalkans van de leiding te hanteren als hiermee kan worden aangetoond dat de leiding geen significante invloed heeft op de overstromingskans (werkwijze 'van grof naar fijn'). Opgemerkt wordt dat in 2020 in de POV K&L de faalkanstabellen uit de NEN 3650 serie zijn geupdate, zie POV K&L (2020a).
2. Soms zijn meerdere faalscenario's voor een leiding denkbaar (bv. sluipend en gapend lek), met verschillende kans van optreden en gevolgen. In dat geval kunnen meerdere takken startend met 'falen leiding' in de gebeurtenissenboom aanwezig zijn. De uitwerking is verder analoog voor alle takken.
3. De opbouw van de gebeurtenissenboom veronderstelt in principe dat falen van de leiding onafhankelijk van hoogwater optreedt. In de praktijk betekent dit dat een toepassingsvoorwaarde is dat de waterkering tijdens hoogwater niet zodanig vervormt dat de leiding bezwijkt. Mocht er toch een afhankelijkheid bestaan kan deze in de kans op leidingfalen en de gelijktijdigheid met hoogwater ('hoogwater tijdens herstel periode') in rekening worden gebracht.
4. Bij hoogwater moet voor sommige faalscenario's niet aan hoogwaters in de klassieke zin worden gedacht waarbij de statistieken van de jaarextremen van toepassing zijn, maar aan hoogwaters binnen de detectie en herstelperiode, die mogelijk veel korter is. Idealiter wordt dan ook de statistiek van de belastingextremen voor een kortere periode toegepast. Als de beschikbare tools deze mogelijkheid niet bieden is het wel hanteren van belastingstatistieken op jaarbasis een conservatief uitgangspunt (werkwijze 'van grof naar fijn').
5. Schade aan de waterkering door een falende leiding kan al dan niet worden gedetecteerd. De informatie over mogelijke detectie kan in de kans op 'hoogwater tijdens herstel periode' worden verwerkt. Zo kan voor explosies en gapende lekken van detectie worden uitgegaan, terwijl voor sluipende lekken doorgaans zal gelden dat deze onopgemerkt blijven en de kans op samenvallen met hoogwater praktisch gelijk aan één zal zijn.

6. Detectie door middel van monitoring kan in combinatie met beheersmaatregelen (bv. afsluiten vloeistofleiding) worden ingezet om anderszins onvoldoende veilige situaties te beheersen. Indien handig kunnen hiervoor de takken in de generieke foutenboom nog verder worden opgesplitst (bv. 'detectie lek', 'beheersmaatregel succesvol' etc.).
7. Reststerkte zoals weergegeven met de laatste tak 'overstroming' wordt hier niet nader uitgewerkt, kan echter in een toets op maat worden meegenomen indien nodig of doelmatig.

Het generieke raamwerk dient als kader voor de veiligheidsbeoordeling. De gebeurtenissenboom kan in een integrale faalkaansanalyse in een toets op maat als blauwdruk worden gebruikt en direct worden ingevuld; op andere toetsniveaus dient het raamwerk ter structurering van de toetsstappen ('van grof naar fijn') en ter onderbouwing van de veiligheidseisen, zoals beschreven in de volgende secties.

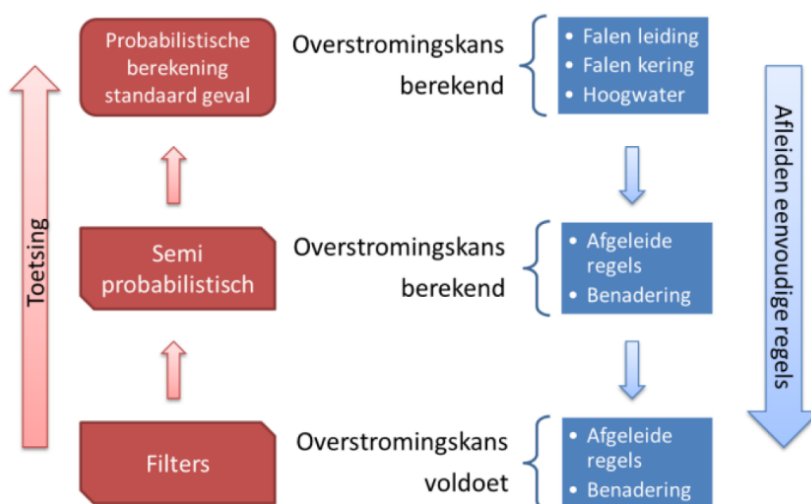
3.4.2 Boordelingsniveaus

De beoordeling in het WBI kent verschillende niveaus, te weten de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets en de toets op maat ('van grof naar fijn'; zie sectie 3.3). Deze niveaus kunnen ook op kabels en leidingen of andere NWO's worden toegepast. Naast de bestaande uitwerking in bijlage 3 van de Ministeriele Regeling (IenM, 2017), die vooral op de sterkte van de leiding is gericht, kan bovenstaand uitgewerkt raamwerk tot andere vereenvoudigde toetscriteria of rekenregels leiden.

Een algemeen uitgangspunt is dat toetscriteria op een lager beoordelingsniveau zodanig onderbouwd of gekozen moeten zijn dat bij voldoen aan de criteria aannemelijk is dat aan de toetscriteria van een hoger niveau (ruim) wordt voldaan. Idealiter liggen aan deze criteria kansbeschouwingen ten grondslag, ook al zal dat niet altijd mogelijk zijn.

De onderbouwing van semi probabilistische regels en filters werkt van fijn naar grof, in tegenstelling tot de toepassing ervan (zie Figuur 7).

In de POV K&L zijn in 2020 op deze manier filters afgeleid voor parallelle leidingen, zie hoofdstuk 6 van deze Handreiking en POV K&L (2020a).



Figuur 7: Samenhang toetsniveaus (grof naar fijn) en de afleiding daarvan (fijn naar grof)

De volgende secties bevatten suggesties en aandachtspunten voor de nadere invulling per niveau beschreven.

3.4.3 Toets op maat

Op basis van scenario's wordt de bijdrage in rekening gebracht van het NWO aan de overstromingskans.

3.4.3.1 Integrale faalkansanalyse

Een toets op maat kan worden ingevuld met een integrale faalkansanalyse van falen van de leiding, invloed van het falen op de waterkering tot aan bezwijken en/of overstroming toe. De gebeurtenissenboom in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en de bijbehorende beschrijving in paragraaf 3.4.1 geven hier blauwdruk voor, die in de gepresenteerde of in licht aangepaste vorm direct kan worden toegepast. Hiermee wordt ook invulling gegeven aan het berekenen van de 'additionele dysfunctiekans' die in bijlage E van NEN 3651 in het kader van een geavanceerde toetsing wordt genoemd.

In het kader van de POV K&L zijn verschillende voorbeelden van een dergelijke integrale faalkansanalyses uitgewerkt, voor zowel kruisende als parallelle leidingen. Dit betreft de dijkversterking WOS (Wolferen-Sprok) en de primaire waterkering Nieuwendam (zie POV K&L 2020b, 2020c).

3.4.3.2 Schatten van kansen

Het schatten van de aparte (conditionele) kansen in een integrale faalkansanalyse kan op verschillende manieren worden vormgegeven:

1. Beschikbare statistiek van bijvoorbeeld het falen van objecten (bv. Windturbines) of statistiek van (bijvoorbeeld windbelasting, hoog- /laagwater)
2. Kwantitatieve analyses (bv. faalkansberekeningen met grenstoestand modellen).
3. Expert elicitation (het schatten van kansen d.m.v. gestructureerde expert bevraging; dit wordt regelmatig door het USACE in de VS gebruikt voor risicoanalyses van waterkeringen en is door de Prof. Cooke van de TU Delft voor veel en zeer uiteenlopende gevallen toegepast). Voor de Nederlandse praktijk is dit beschreven in de DOT handreiking (RWS, 2020): [Handreiking DOT - Helpdesk water.](#)

In een beoordelings- of toetssituatie is het niet altijd nodig om kansen zo accuraat mogelijk te schatten. Het gaat tenslotte om de beoordeling of de onderzochte situatie al dan niet voldoende veiligheid is gezien de eisen resulterend uit de Waterwet. Er kunnen dus ook in een toets op maat op onderdelen grove conservatieve inschattingen worden gemaakt waar nauwkeurige schattingen moeilijk verkrijgbaar en voor het aantonen van de veiligheid niet nodig zijn, bijvoorbeeld door:

1. Uitgaan van (aannemelijke) bovengrenzen.
2. Werken met (conservatieve) kansinschattingen.

Het heeft bijvoorbeeld puur voor het verkrijgen van het toetsoordeel weinig zin om veel te investeren in het goed schatten van de kans op een hoogwater tijdens de herstelperiode als de situatie al voldoet ook al is die kans gelijk aan een. Voor een mogelijke prioritering van maatregelen of in een risicoanalyse context is het soms

juist wel wenselijk om een zo goed mogelijke schatting van de faalkans te verkrijgen.

3.4.4 Gedetailleerde toets

Op basis van modellen en modelschematisaties wordt locatie-specifiek bepaald of de bijdrage van de potentieel risicovolle NWO's aan de overstromingskans klein is ten opzichte van de overige faalmechanismen van de waterkering. Van grof naar fijn.

Zoals in sectie 3.3 beschreven is het toetsen van waterkeringen met kabels en leidingen gebaseerd op de relevante directe faalmechanismen, met de invloed van potentieel falende kabels en leidingen als verzwarende omstandigheid in de schematisering.

Van grof naar fijn

In eerste instantie kan hierbij worden nagegaan (i) of de kans op falen al dan niet verwaarloosbaar is (zie volgende paragraaf), of dat het effect van leidingfalen al dan niet verwaarloosbaar is (schadecriterium). Laatste kan bijvoorbeeld worden onderbouwd door het effect van leidingfalen in de schematisering van het directe faalmechanisme te verwerken (bv. erosiekrater als gevolg van gapend lek) en na te gaan of de invloed op de veiligheid of faalkans al dan niet significant is. Het voordeel van deze werkwijze is dat als de kans van leidingfalen verwaarloosbaar klein is, het niet meer nodig is om de schematisering van het directe faalmechanisme aan te passen, en andersom, het niet nodig is om de faalkans van de leiding te bepalen als het effect als verwaarloosbaar kan worden beschouwd.

Scenario's

Indien dat na beschouwing van optredingscriterium en schadecriterium nog nodig is, kan leidingfalen als scenario met kans van optreden in de beoordeling van het directe faalmechanisme worden meegenomen. Voor het bepalen van de kans van optreden kunnen de in paragraaf 3.4.1 beschreven concepten en handvatten worden gebruikt, inclusief de kans op detectie en de kans op hoogwater na schade. In de WBI systematiek komt men in een beoordeling uit op dergelijke scenario analyses in een toets op maat voor NWO's.

3.4.5 Eenvoudige toets (filters)

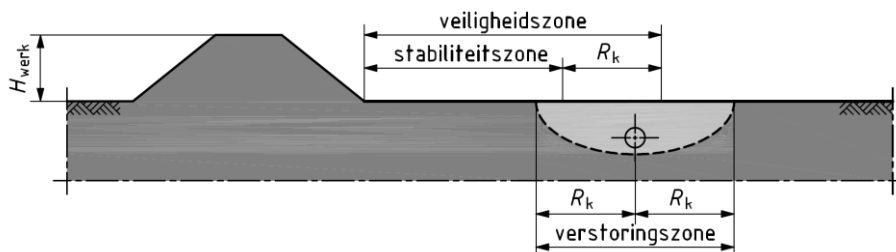
Bij voldoen aan de eenvoudige toets is de bijdrage van het NWO aan de overstromingskans verwaarloosbaar klein → filters.

De eenvoudige toets heeft als doel om nadere analyse te voorkomen als met eenvoudige middelen de situatie evident veilig is. Dat wil zeggen, dat met eenvoudige middelen (filters) bepaald kan worden, dat de bijdrage van het NWO aan de overstromingskans verwaarloosbaar klein is.

De huidige bepalingen in het WBI (IenM, 2017) en de NEN 3651 gaan hierbij vooral in op de leidingsterkte en daarmee op de kans op falen van de leiding. Dat is in feite een invulling van het in de vorige sectie beschreven optredingscriterium. Als de kans op leidingfalen (of falen NWO) verwaarloosbaar klein is hoeft geen integrale analyse van leidingfalen en invloed op optreden van een direct faalmechanisme te gebeuren (zie ook 4.2.1.3 van deze Handreiking).

Andere filters kunnen ook worden gezocht in het effect van falen van de leiding op de waterkering (schadecriterium). Deels wordt dit al ingevuld door het concept van de veiligheidszone, ofwel dat de stabiliteitszone van een waterkering al dan niet overlapt met de verstoringszone van de leiding (zie Figuur 8). Terwijl de verstoringszone met de NEN 3651 goed te bepalen is, zou het overigens aan te

bevelen zijn om de bepaling van de stabiliteitszone eenduidig te beschrijven. De tegenwoordig in de praktijk gehanteerde aanpak is de stabiliteitszone te bepalen met het uittredepunt van de kritieke glijcirkel. Deze aanpak gaat eraan voorbij dat de ligging van de kritieke glijcirkel kan veranderen met bijvoorbeeld de aanwezigheid van een erosiekrater, maar ook aan het driedimensionale karakter van taludafschuivingen waardoor kleine erosiekraters waarschijnlijk verwaarloosbaar zijn.



Figuur 8 Parallelle leiding ligt binnen de veiligheidszone (NEN 3651)

Naast de stabiliteitszone zijn er mogelijk andere eenvoudige kenmerken of criteria te ontwikkelen om situaties te filteren waarbij falen van de leiding evident verwaarloosbaar is voor de overstromingskans.

Zoals in TNO & Deltares (2017) aangegeven behoeven ook de bestaande filters beschreven in de eenvoudige toets schema's van de NEN 3651 nadere onderbouwing voor toepassing met WBI 2017. Het is nu niet duidelijk of voor alle filters voldoende aannemelijk is dat bij voldoen aan het criterium de bijdrage aan de overstromingskans verwaarloosbaar is.

In hoofdstuk 6 wordt een methodiek beschreven die in de POV K&L is ontwikkeld, waarmee op basis van integrale faalkansanalyses eenvoudige filters voor parallelle gas- en drinkwaterleidingen afgeleid zijn. Hierbij zijn ook de leidingfaalkansen (voor leidingen tot 10 bar) opnieuw afgeleid ter vervanging van Tabel 1 uit de NPR3659 (2006). Verwachting is dat de beschreven methodiek op analoge wijze kan worden toegepast voor andere NWO's.

3.4.6 Faalkanseisen

In de praktische uitwerking van alle toetssporen (behalve de integrale faalkansanalyse) is het voor het gebruik van het optredingscriterium noodzakelijk om te weten wanneer de faalkans van een leiding als verwaarloosbaar mag worden geacht. Ook voor de onderbouwing van kwalitatieve of semi-kwantitatieve filters moet een dergelijk getal worden gehanteerd.

Faalkanseisen in relatie tot NWO's zijn nog onderwerp van discussie. In de het POV document "Doorontwikkeling van het veiligheidsraamwerk" (POV K&L, 2020) is hier een hoofdstuk aan gewijd met daarin de meest recente inzichten. Dit is in hoofdstuk 4 van deze Handreiking opgenomen, hier en daar aangevuld vanuit andere documenten. In dat hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen kruisende en parallelle leidingen. Ook wordt ingegaan op hoe lengte-effecten in de faalkanseis verwerkt kunnen worden en hoe omgegaan kan worden met meerdere leidingen.

4 Doorontwikkeling BOI veiligheidsraamwerk K&L - faalkanseisen

4.1 Inleiding

In de POV Kabels en Leidingen heeft het veiligheidsraamwerk zoals uiteengezet in Hoofdstuk 3 een doorontwikkeling gekregen en is vervolgens toegepast in meerdere praktijkcases. Voor meer details over de ervaringen, uiteraard sterk gericht op leidingen, wordt verwezen naar [POV K&L, december 2020, Doorontwikkeling Veiligheidsraamwerk K&L] en de website van de POV K&L:

<https://povkabelsenleidingen.nl/>. Een belangrijke doorontwikkeling heeft plaatsgevonden op het gebied van de faalkanseisen. De betreffende paragrafen zijn in dit hoofdstuk van de handreiking grotendeels overgenomen en hier en daar aangevuld, o.a. op basis van de KPR factsheet "post "overig" in de faalkansbegroting en indirecte mechanismen" (KPR, 2016) en het KPR memo Windturbines op of nabij primaire waterkeringen (KPR, 2018). Dit hoofdstuk is dus een aanvulling op paragraaf 3.4.6 van deze handreiking.

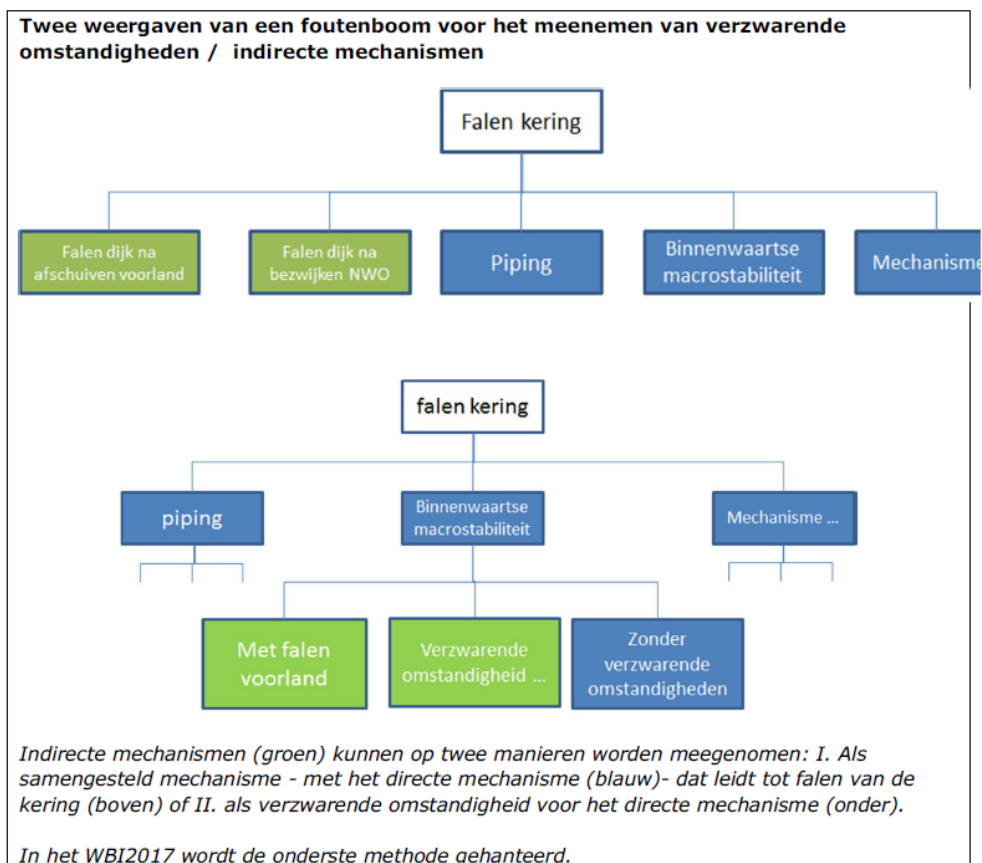
4.2 Faalkanseisen

De kans op het falen van een NWO kan op verschillende manieren worden gerelateerd aan een maximaal toelaatbare overstromingskans. In onderstaande figuur, afkomstig uit het KPR factsheet "post "overig" in de faalkansbegroting en indirecte mechanismen" (KPR, 2016), worden twee opties weergegeven:

1. In optie 1 wordt het falen van het NWO als direct faalmechanisme beschouwd
2. In optie 2 wordt het falen van het NWO als een indirect faalmechanisme (verzwarende omstandigheid) beschouwd.

Zie ook onderstaande figuur. In de volgende twee paragrafen worden beide opties verder toegelicht.

In hoofdstuk 5 van deze Handreiking wordt nog wat verder ingegaan op de definitie van indirecte faalmechanismen. In WBI2017 wordt optie 2 gevolgd.



Figuur 9: Opties om kans falen NWO te relateren aan toelaatbare overstromingskans (KPR, 2016)

4.2.1 Faalkanseisen optie 1 – falen NWO als direct faalmechanisme

4.2.1.1 Basis principe

Bij Optie 1 wordt leidingfalen als een direct faalmechanisme beschouwd. De kans op een overstroming door het falen van het NWO moet kleiner zijn dan x% van de norm. Onderwerp van discussie is welke waarde voor x genomen kan worden. Tot op heden werd vaak een waarde van 1% gehanteerd, waarmee de bijdrage van falen van het NWO verwaarloosbaar mag worden beschouwd. Hier wordt voorgesteld de faalkanseis ten laste te brengen van de post 30% "Overige" van de toelaatbare faalkans van een dijktraject ($P_{\max}$). Daarvoor is in de casussen van de POV K&L maximaal 2% ($\approx$ faalkansruimte factor $\omega = 0,02$) gereserveerd voor het falen van alle leidingen in een dijktraject. Dit is uiteraard geen percentage dat in beton gegoten is.

4.2.1.2 Faalkanseisen voor kruisende en parallelle leidingen

Voor directe faalmechanismen van dijken wordt met het lengte-effect rekening gehouden in het afleiden van de faalkanseis per doorsnede. Ook leidingen kennen als lijninfrastructuur zelf een lengte-effect waarmee rekening te houden is. Voor de bepaling van de faalkanseis per individuele leiding dient in verband met de verdiscontering van het lengte-effect onderscheid te worden gemaakt in kruisende leidingen (puntconstructies) en parallelle leidingen (langsconstructies).

Kruisende leidingen

Bij kruisende leidingen kan voor de bepaling van de faalkanseis per individuele leidingkruising, in analogie met de benadering bij waterkerende kunstwerken, worden uitgegaan van een equivalent aantal kruisingen of $N_{EQ} = 10$. Uitgaande van $\omega = 0,01$ als startwaarde (de helft van de beschikbare ruimte voor leidingen) geeft dit per individuele kruisende leiding een faalkanseis van $\omega \times P_{max} / N_{EQ} = 0,01 \times P_{max} / 10 = 0,1\%$ van P_{max} .

Bij de bepaling van $N_{EQ} = 10$ wordt er impliciet van uitgegaan dat het falen van maximaal 10 leidingkruisingen een substantiële bijdrage levert aan de toelaatbare kans op overstroming, zie bijvoorbeeld [POV K&L 2020b]. Hiermee is het uitgangspunt dat het lengte-effect van falen geïnitieerd door leidingfalen van alle leidingen samen in het beschouwde traject niet groter is dan een factor 10. Ook dit zijn getallen die niet in beton gegoten zijn. Verificatie van N_{EQ} is nog wel nodig op basis van:

- Inventarisatie van alle kruisende leidingen in een dijktraject
- Uitsplitsing daarvan naar leidingkenmerken, zoals: medium (gas of vloeistof), materiaal (staal of niet-staal), inwendige druk (hogedruk of lagedruk)

Parallele leidingen

Bij parallelle leidingen kan voor de bepaling van de faalkanseis per individuele parallelle leiding rekening worden gehouden met de lengte-effect factor N op basis van de volgende formule: $N = a \times L_{leiding} / b$

met:

$a = 0,01$: deel van de leidingen dat een significante bijdrage levert aan de kans op overstroming

$L_{leiding} = 50.000$ m: totale lengte van alle parallelle leidingen in een dijktraject.

$b = 50$ m: autocorrelatielengte van een leiding

Dit resulteert in een factor $N = 10$, wat $\omega = 0,01$ als startwaarde per individuele parallelle leiding overeenkomt met een faalkanseis op doorsnedeniveau van $\omega \times P_{max} / N = 0,01 \times P_{max} / 10 = 0,1\%$ van P_{max} .

Ook hier is verificatie van N nog wel nodig op basis van:

- Inventarisatie van alle parallelle leidingen in een dijktraject
- Uitsplitsing daarvan naar leidingkenmerken, zoals: positie in de waterkering, lengte, medium (gas of vloeistof), materiaal (staal of niet-staal), inwendige druk (hogedruk of lagedruk)
- Nadere onderbouwing van de factoren a en $L_{leiding}$

4.2.1.3 Optredingscriterium

Indien alleen een optredingscriterium wordt gebruikt, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk, (dus geen integrale faalkansanalyse) kan gesteld worden dat als de faalkans van een leiding kleiner is dan 10% van de faalkanseis per doorsnede per direct mechanisme, het praktisch onmogelijk is dat de bijdrage aan de faalkans door het beschouwde faalscenario doorslaggevend wordt in het niet voldoen aan de eis, zelfs al voldoet de situatie zonder leidingfalen maar nipt. Hierbij wordt opgemerkt dat als er meerdere scenario's voor het leidingfalen zelf denkbaar zijn deze 10% verdeeld zou moeten worden over de scenario's om de dezelfde maat van veiligheid te hanteren.

4.2.2 Faalkanseisen optie 2 – falen NWO als indirect faalmechanisme

4.2.2.1 Basis principe

Bij Optie 2 wordt leidingfalen als verzwarende omstandigheid bij een direct faalmechanisme meegenomen. Dat betekent dat de som van de faalkansen van alle scenario's van leidingfalen moet passen binnen de daarvoor binnen een dijktraject beschikbare faalkansruimte van een dijkfaalmechanisme. Voor de belangrijkste, dominant veronderstelde dijkfaalmechanismen, zijn de daaruit voortvloeiende faalkanseisen weergegeven in tabel 4.1.

Dijkfaalmechanisme		Faalkansruimte factor ω	Lengte-effect factor N
Golfoverslag, erosie kruin/binnentalud	(GEKB)	0,24	1, 2 of 3 2)
Graserosie buitentalud	(GEBU)	$0,10 \times 0,9 \times 0,5 = 0,045$	1, 2 of 3 2)
Piping	(STPH)	0,24	$1 + (a L_{\text{traject}} / b)$ 3)
Macro-instabiliteit binnenwaarts	(STBI)	0,04	$1 + (a L_{\text{traject}} / b)$ 4)
Macro-instabiliteit buitenwaarts	(STBU)	0,4	$1 + (a L_{\text{traject}} / b)$ 4)
1) P_{max} = maximaal toelaatbare faalkans [1/jaar] 2) N is afhankelijk van dijktraject en watersysteem 3) L_{traject} is lengte dijktraject [m] en $a = 0,9$ (bovenrivieren) of $0,4$ (overige) 4) L_{traject} is lengte dijktraject [m] en $a = 0,033$ en $b = 50$ [m]			

Tabel 4.1: Faalkanseisen per dijkfaalmechanisme (optie 2)

De toelaatbare faalkans op doorsnedeniveau volgt uit $P_{\text{eis,dsn}} = \omega \times P_{\text{max}} / N$. Daarin is P_{max} de maximaal toelaatbare kans op falen van een dijktraject. Die is gelijk aan de toelaatbare kans op overstroming conform de Waterwet, waarin daarvoor een signaleringswaarde (voor de veiligheidsbeoordeling van een bestaande situatie) en een ondergrens (voor de veiligheidsbeoordeling van een ontwerp) wordt gedefinieerd.

Uit tabel 4.1 blijkt dat de lengte-effect factor per dijkfaalmechanisme verschillend is. Dat geldt ook voor de bijbehorende autocorrelatielengte. Indien bijvoorbeeld wordt uitgegaan van een dijktraject met $P_{\text{max}} = 1/10.000$ per jaar (ondergrens norm) in het bovenrivierengebied met een lengte van 25,8 km gelden de in tabel 4.2 vermelde waarden.

Dijkfaalmechanisme		Faalkansruimte factor ω	Lengte-effect factor N	Faalkanseis $P_{eis,dsn}$ [% van P_{max}]	Auto-correlatie-lengte [m]
Golfoverslag, erosie kruin/binnentalud	(GEKB)	0,24	1	24%	n.v.t. 1)
Graserosie buitentalud	(GEBU)	$0,10 \times 0,9 \times 0,5 = 0,045$	1	4,5%	n.v.t. 1)
Piping	(STPH)	0,24	78,4	0,31%	300 2)
Macro-instabiliteit binnenwaarts	(STBI)	0,04	18,0	0,22%	50 3)
Macro-instabiliteit buitenwaarts	(STBU)	0,4	18,0	2,2%	50 3)
1) Een lengte-effect factor van $N=1$ impliceert dat de autocorrelatie-lengte minimaal in de orde van de trajectlengte ligt 2) Factor $b = 300$ m in formule voor N (faalkans wordt gedomineerd door sterkte) 3) Factor $b = 50$ m in formule voor N (faalkans wordt gedomineerd door sterkte)					

Tabel 4.2: Voorbeeld van faalkanseisen per dijkfaalmechanisme (optie 2)

Uit het voorbeeld van tabel 4.2 blijkt dat de faalkanseisen per dijkfaalmechanismen en de bijbehorende autocorrelatielengten verschillend zijn. Bovendien is daarbij nog geen rekening gehouden met de consequenties van de aanwezigheid van meerdere leidingen in een dijktraject en hoe daarmee om te gaan als er meerdere leidingen in een mechanismevak liggen. Opgemerkt wordt dat de aanwezigheid van meerdere leidingen in plaats van in de eis ook in de faalkans verwerkt kunnen worden.

4.2.2.2 Invloed van meerdere leidingen op de faalkanseisen

Om faalkanseis per individuele leiding te kunnen bepalen moet er rekening worden gehouden met de invloed van meerdere leidingen in een dijkvak dat representatief is voor een dijkfaalmechanisme. In feite is dat de autocorrelatie-lengte, zoals weergegeven in tabel 4.2.

Dat betekent voor het rekenvoorbeeld dat voor het dijkfaalmechanisme GEKB rekening moet worden gehouden met een autocorrelatie-lengte, die gelijk is aan de lengte van het dijktraject. Er moet dan net als bij Optie 1 rekening worden gehouden met $N_{EQ} = 10$ voor kruisende leidingen en een lengte-effect factor van $N = 10$ voor parallelle leidingen, wat tot een forse verzwaring leidt van de faalkanseis op doorsnedeniveau. Bij een keuze voor optie 2 is het dus belangrijk om te beseffen dat de faalkanseisen van faalmechanismen met weinig lengte-effect zonder NWO's (aanzienlijk) strenger worden. Gezien de faalkanseisen op trajectniveau worden gehanteerd, zijn de aangescherpte eisen dan ook voor andere locaties zonder NWO's van toepassing, wat in de praktijk problematisch kan zijn.

4.2.3 Beschouwing faalkanseisen

Voor de bepaling van de faalkanseisen zijn er in principe twee opties mogelijk, namelijk Optie 1 of Optie 2 (zie ook paragrafen 4.2.1 en 4.2.2). Gedurende de toepassing daarvan bij de in de POV K&L uitgevoerde praktijkcasussen zijn, als gevolg van voortschrijdend inzicht, verschillende opties toegepast en is er ook

discussie ontstaan over de verdiscontering van de lengte-effecten. Het onderscheid tussen kruisende en parallelle leidingen speelt daarbij ook een rol.

5 Overige aspecten Niet Waterkerende Objecten (NWO's)

5.1 Definities

In het WBI2017 (MR, WBI2017) wordt onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte (faal)mechanismen. Indirecte mechanismen zijn processen die kunnen leiden tot verzwarende omstandigheden of schade die zich onafhankelijk van het beheertype kunnen voordoen. De indirecte mechanismen, die in bijlage III van WBI2017 worden onderscheiden, zijn: golfafslag voorland, afschuiving voorland, zettingsvloeiing voorland, havendammen en NWO's (bebouwing, begroeiing, kabels en leidingen en overige constructies).

NWO's betreffen alle permanente objecten op of rond een kering en kunnen om die reden een breed scala aan verschijningsvormen hebben. In WBI2017 worden de volgende objectclusters van NWO's onderscheiden:

- Bebouwing (NWObe), in het algemeen woningen en bedrijfspanden
- Begroeiing (NWObo), met name grotere bomen en struiken kunnen een extra risico vormen
- Kabels en leidingen (NWOkl), zowel dijk kruisend als parallel, het risico bij leidingen zal in het algemeen aanzienlijk groter zijn dan de aanwezigheid van kabels.
- Overige constructies (NWOoc), zoals grote objecten (bv. windturbines, hoogspanningsmasten, landhoofden, brugpijlers afmeervoorzieningen e.d.), maar ook kleine objecten (dijk- en wegmeubilair zoals taludtrappen, dijkpalen, lantarenpalen, bankjes e.d.).

5.2 Falen van NWO versus falen van waterkering

Een belangrijke kwestie die voor veel verwarring kan zorgen is de vraag wat precies wordt beschouwd:

- Het falen van een NWO (bijvoorbeeld een leiding of woning);
- Het falen van de waterkering als gevolg van falen van een NWO; het falen van een NWO heeft dan invloed op een direct mechanisme.
- Het falen van de waterkering door de invloed van de aanwezigheid van een NWO; de aanwezigheid van een NWO heeft invloed op een direct mechanisme door bijvoorbeeld eigen gewicht, windbelasting, open ruimte onder een woning of stromingsconcentratie rondom een NWO bij overslag.

Het gaat in de veiligheidsbenadering van primaire waterkeringen niet om het eerste punt. Het gaat uitsluitend om de veiligheidsanalyse van de waterkering.

Het tweede punt is in dit hoofdstuk en het voorgaande hoofdstuk uitputtend behandeld.

Het derde punt moet echter wel degelijk ook worden beschouwd. Het effect van niet-gefaalde NWO's dient te worden meegenomen in de analyse van de directe faalmechanismen. Voor de bijdrage van niet-gefaalde NWO's is dan ook geen aparte faalkansruimte voorzien (zoals dat wel het geval is voor het falen van NWO's, indien deze als directe faalmechanismen worden beschouwd, zie optie 1 in hoofdstuk 4). Er wordt vanuit gegaan dat de eventuele ongunstige invloed van het NWO in de schematisering van de directe mechanismen is te verwerken. Dit is ook als zodanig, soms summier, opgenomen in de diverse schematiseringshandleidingen (WBI 2017). Zie bijvoorbeeld:

- schematiseringshandleiding macrostabiliteit; par. 3.4.1 – Windbelasting
- schematiseringshandleiding piping; par. 6.4 (Keuze dwarsprofiel) en par. 7.2 (Parameters).
- Schematiseringshandleiding grasbekleding/achtergrondrapport OI-2014; hierin is aangegeven, dat met invloedsfactoren voor de belasting en de sterkte (α_M en α_S), de aanwezigheid van objecten (NWO's) mee kan worden genomen in de analyse van graserosie. Dit dient echter nog verder te worden uitgewerkt.

5.3 NWO's in relatie tot beheer waterkering

Niet alleen bij toetsen, maar ook bij dijkversterkingsprojecten of veiligheidsbeschouwingen in het algemeen spelen indirecte faalmechanismen vaak een belangrijke rol. Bij versterkingsprojecten speelt het bijvoorbeeld bij de vraag of een bestaand NWO verplaatst of verwijderd moet worden als een versterking wordt uitgevoerd, of dat de overstromingskans wordt beheerst door mitigerende voorzieningen, zoals een vervangende waterkering. Met locatie-specifieke analyses kan hierbij vaak worden onderbouwd dat de overstromingskans voldoende klein is, en kunnen verregaande voorzieningen en de daarmee gemoeide kosten worden voorkomen. Dergelijke mogelijkheden zijn ook in de POV Kabels en Leidingen onderzocht. Het veiligheidsraamwerk van het WBI biedt voldoende ruimte voor nieuwe instrumenten waarmee in de toekomst scherpere analyses kunnen worden uitgevoerd.

In de Factsheet (RWS IenM (2020)), zoals deze is opgenomen in Hoofdstuk 2, wordt ook nadrukkelijker een relatie met de zorgplicht van de beheerder gelegd. Bij beoordeling en ontwerp wordt ervan uitgegaan dat in de zorgplicht de staat van NWO's wordt geborgd, waardoor de kans op falen van het NWO klein wordt gehouden. Bomen, die niet gezond zijn en op plekken staan waar de invloed op de waterkering te groot is, vormen een risico, zeker wanneer ze omwaaien. Bouwbeleid dient te worden gehandhaafd. Met netwerkbeheerders dient te worden nagegaan of de leidingen nog in voldoende goede staat zijn. Eén en ander zal in de komende jaren steeds meer geïntegreerd worden in beheerinstrumenten als Keur, bouwbeleid, etcetera.

Naarmate de kennis en ervaring met NWO's toeneemt zal dit vanzelfsprekender worden. Op dit moment zijn de kaders hiervoor nog in beweging.

Belangrijk is dat met de faalpadanalyse ook een plek is ingeruimd voor maatregelen die in het kader van calamiteitenbeheersing kunnen worden getroffen om grotere gevolgen te voorkomen. Als in de faalpaden 'de kans op detectie en herstel' wordt opgenomen, dan dient dit in beheer en calamiteitenorganisatie te worden geborgd. Is er bijvoorbeeld voldoende doek aanwezig om ontstane erosiegaten af te dekken? Een ander voorbeeld is dat binnendijks omgewaaide bomen met kluit niet dienen te worden weggehaald zonder eerst het ontstane gat op te vullen met aarde. Op die manier blijft het gewicht van boom plus kluit aanwezig en zal de invloed van de omgewaaide boom op de macrostabiliteit klein blijven. Een laatste voorbeeld dat hier genoemd wordt is het in paragraaf 3.4 reeds genoemde afsluiten van vloeistofleidingen indien door monitoring gedetecteerd wordt dat sprake is van lekkage. Het beheer en handelen tijdens dreigende situaties heeft zo invloed op de faalkansen.

De NWO's vallen in het BOI onder de indirecte faalmechanismen, waarvoor in de standaard faalkansbegroting in principe geen faalkansruimte is gereserveerd (zie ook paragraaf 4.2). Er geldt:

- Niet-Waterkerende Objecten horen bij waterkeringen, ze hebben vaak cultuurhistorische waarde, recreatieve waarde en ook praktisch nut. Het is dan ook niet de bedoeling om ze te weren van de waterkering.
- Integrale zorgplicht van de waterkeringen zorgt voor continu goede waterkeringen nu en in de toekomst. Inspectie, beheer en onderhoud (continu) en beoordelen (elke 12 jaar) en versterken/aanleg (zo snel het gaat) vullen elkaar daarin aan.
- Niet alle NWO's leiden tot gevaar. Het gaat er om, of het falen van een NWO, of de aanwezigheid van een NWO, al dan niet in extreme omstandigheden, het functioneren van de waterkering in gevaar brengt.
- In het veiligheidsraamwerk is de rol van inspectie, detectie en reparatie in de daar opgezette generieke gebeurtenissenboom benoemd. Dit zijn processen die bij de waterschappen in de staande organisatie standaard zijn. Die processen moeten zo goed mogelijk benut worden.



Figuur 10: Asset management van de waterkering en de rol van informatie in het geheel

Kabels en dijk- en wegmeubilair (kleine objecten) hebben, mede gezien hun omvang, in de meeste gevallen een relatief geringe invloed op de meeste (directe) faalmechanismen. Een uitzondering hierop vormt het faalmechanisme 'beschadigen bekleding en erosie'. Dergelijke objecten vormen bij stroming, golfaanval en overslag vaak een aangrijpingspunt (initiatie) voor het optreden van erosie, wat vergaande consequenties kan hebben, afhankelijk van de belasting, locatie en opbouw van de waterkering.

Dit is vaak nog een onderbelicht aspect waar bij beoordelen en ontwerpen (te) weinig aandacht voor is, maar vaak ook met eenvoudig te treffen maatregelen en goed beheer voorkomen kan worden. Beheerders van waterkeringen wordt

aanbevolen om hier aandacht voor te hebben en om 'best practices', hoe dit opgelost kan worden, te delen.

5.4 Relevante documenten

In hoofdstuk 7 zijn, naast de referenties en relevante cases, ook een aantal belangrijke documenten genoemd die bruikbaar zijn voor een toets op maat. Tevens is een referentie opgenomen naar een separaat verslag met de opbrengsten van de KKP-werkdagen en de workshop gehouden tijdens de landelijke beoordelingsdag 2018.

6 Filters

6.1 Inleiding

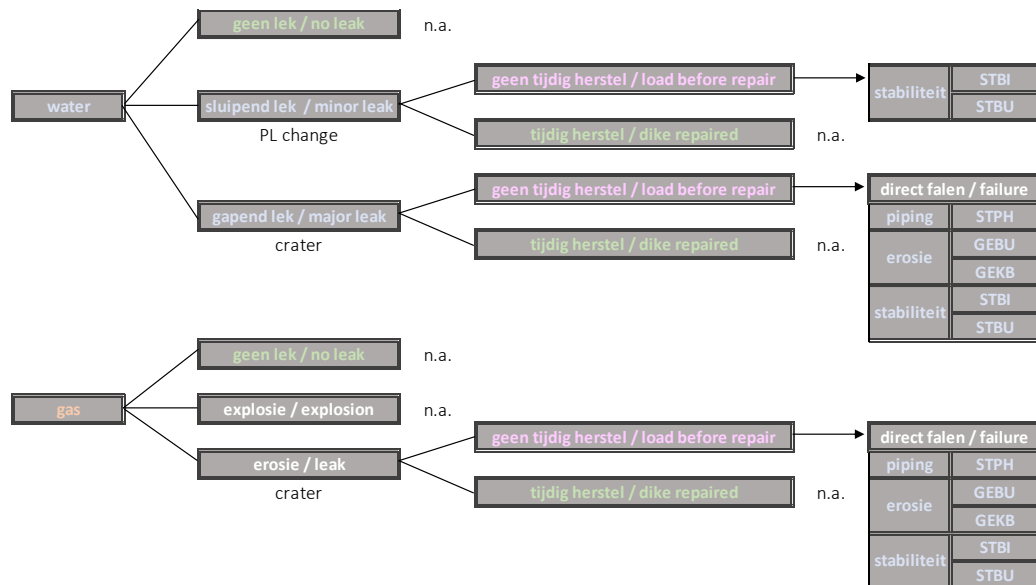
In het vigerende WBI2017 is voor bebouwing, begroeiing en kabels & leidingen een eenvoudige toets beschikbaar. De eenvoudige toets is in de beoordelingssystematiek dusdanig ingericht dat op basis van eenvoudig vast te stellen criteria (geometrie, plaats ten opzichte van de waterkering of andere kenmerken) aangetoond kan worden dat de bijdrage van falen van de NWO's aan de overstromingskans verwaarloosbaar is. Vanwege de soms grote hoeveelheid aan NWO's is er grote behoefte aan eenvoudige filters die echter wel zo scherp mogelijk zijn, opdat de hoeveelheid NWO's die gedetailleerd of in een toets op maat beschouwd moeten worden zo klein mogelijk is.

Uit vrijwel alle risicodossiers blijkt dat in dijkversterkingsprojecten kabels en leidingen hoog scoren als het gaat om risico op vertraging en aanvullende kosten. Voor de POV K&L was dit aanleiding om voor deze leidingen (nieuwe) filters af te leiden (zie POV K&L 2020a). In december 2020 is het eindproduct opgeleverd. Hierin zijn filters afgeleid die twee mogelijke uitkomsten hebben: "bijdrage falen van de leiding aan overstromingskans is verwaarloosbaar" of "verder beoordelen". De besliscriteria zijn eenvoudig door de gebruiker te bepalen kenmerken van de leiding, de waterkering en de ondergrond.

Door de beperkingen in tijd en budget zijn de ontwikkelde filters in de huidige vorm nog niet rijp om te worden toegepast in de praktijk. De beslisbomen zelf zijn dan ook niet in deze Handreiking opgenomen. Wel wordt hier de methodiek beschreven waarmee de filters zijn ontwikkeld, zodat deze (indien er aanleiding voor is) ook kan worden toegepast voor andere NWO's. Dit is informatief bedoeld. Voor een uitgebreide beschrijving van de methodiek en de beslisbomen zelf wordt verwezen naar het rapport *Filters voor parallelle gas- en drinkwaterleidingen in en bij primaire waterkeringen* (POV K&L 2020a).

6.2 Methodiek bepaling filters

De methodiek bestaat er op hoofdlijnen uit dat (geautomatiseerd) een groot aantal geïntegreerde faalkansanalyses van leidingfalen en dijkfalen is uitgevoerd voor een reeks dijkdoorsneden. Deze faalkansanalyses zijn uitgevoerd conform de methode beschreven in het Veiligheidsraamwerk K&L (Deltares 2018) zoals toegepast in meerdere referentieprojecten van de POV K&L. Dit houdt in dat eerst faalpaden zijn opgesteld voor de verschillende directe faalmechanismen, zie Figuur 11. Vervolgens is per knoop/gebeurtenis een methode of model is geselecteerd of ontwikkeld om de overgangskans te berekenen. In de methodiek wordt beschreven hoe de faalkansbijdrage door leidingfalen is berekend. In principe is dit een generieke aanpak en daarmee ook toepasbaar voor ontwikkeling van filters voor andere NWO's.



Figuur 11: Uitgewerkte faalpaden per faalmechanisme voor parallelle leidingen

De dijkdoorsneden hebben een verschillende geometrie en samenstelling van de ondergrond en het dijklichaam. Er is bij het uitwerken van de methodiek en het opstellen van filters gebruik gemaakt van een set bestaande dijkdoorsneden in het beheergebied van Waterschap Rivierenland. Er zijn verschillende leidingtypen en posities van de leidingen ten opzichte van de dijk beschouwd. In totaal levert dit ruim 14.000 combinaties op.

Alle geselecteerde dijkdoorsneden voldeden zonder leidingfalen voor alle beschouwde dijkfaalmechanismen juist aan de toelaatbare faalkans volgens de norm (die varieert binnen het beheergebied). Per combinatie is getoetst of de toename van de overstromingskans door leidingfalen wel of niet verwaarloosbaar is. In deze studie is dat kleiner of groter dan 1% van de toelaatbare overstromingskans volgens de norm.

In de methodiek wordt beschreven hoe deze toelaatbare kans (de faalkanseis) is bepaald. Hierin speelt het lengte-effect een belangrijke rol. In principe is ook dit een generieke aanpak en daarmee ook toepasbaar voor ontwikkeling van filters voor andere NWO's.

Ondersteund door Machine Learning technieken zijn op basis van de beschikbare set resultaten uit de faalkansanalyses filters c.q. beslisbomen opgesteld met dijk- en leidingkenmerken, die door de beheerder redelijk eenvoudig bepaald kunnen worden. De resultaten van de geïntegreerde faalkansanalyses betreffen geen volledig probabilistische analyses en in meerdere gebeurtenissen in de beschouwde faalpaden zijn conservatieve inschattingen gedaan. Hiermee kunnen de via de methodiek afgeleide filters als enigszins conservatief worden beschouwd.

7 Relevante literatuur en cases

In dit hoofdstuk zijn de referenties weergegeven en worden een aantal illustratieve voorbeelden opgesomd voor de beoordeling of ontwerp van een waterkering met NWO's. Tevens wordt er een link gelegd naar de resultaten van de in dit kader gehouden werkdagen en workshop op de Landelijke Beoordelingsdag 2018 en enkele relevante rapportages die gebruikt kunnen worden voor het beoordelen van NWO's.

De diverse rapportages vanuit de POV K&L zijn te vinden in de kennisbank van HWBP (<https://www.hwbp.nl/kennisbank/pov-kabels-en-leidingen/documenten>) of op de wegwijzer van de POV: <https://povkabelsenleidingen.nl>

7.1 Referenties

Op deze handreiking zijn de volgende referenties van toepassing:

Deltares (2013). Interactie indirecte faalmechanismen en directe faalmechanismen. Deltares rapport, kenmerk 1207813-007-GEO-0001, oktober 2013

Deltares (2016). Analyse faalkans dijk met naburige waterleiding, Deltares rapport 1210950-000. (auteurs: Nugroho, D., & Greeuw, G).

Deltares (2017). Factsheet indirecte mechanismen. Deltares memo, kenmerk 11200574-007-GEO-0001, 18 september 2017 (auteur: Han Knoeff).

Deltares (2021). Verslag workshops KKP NWO's. Deltares memo kenmerk 11206818-008-GEO-0001, 2 maart 2021.

IenM (2017). Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. Bijlage III Sterkte en veiligheid. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

KPR (2016). Factsheet post "overig" in de faalkansbegroting en indirecte mechanismen. 9 november 2016.

KPR (2016b), Memo Het lengte-effect. 6 juni 2016.

KPR (2018). Windturbines op of nabij primaire waterkeringen (473). 19 juli 2018.

KPR (2018b). Beantwoording helpdeskvraag 17 10 0639 omtrent de bepaling van de faalkanseis bij afschuiving voorland (VLAF). 1 februari 2018

RWS IenM (2020). Factsheet Beoordelen 'Niet Waterkerende Objecten' versie 1.0, 26 augustus 2020, gepubliceerd 25 november 2020

POV K&L / Deltares (2018). WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen. Generieke uitgangspunten als vertrekpunt voor nadere uitwerking in (pilot)projecten. Deltares rapport, kenmerk 11202225-005-GEO-0001-v01, mei 2018.

POV K&L (2020a). Filters voor parallelle gas- en drinkwaterleidingen in en bij primaire waterkeringen, Deltares 11205513-002-GEO-0004, d.d. 3 december 2020.

POV K&L (2020b). Faalkansanalyse dijkontwerp Wolferen-Sprok met kruisende gasleiding A-505. Deltares rapport kenmerk 11203959-000-GEO-0001, december 2020

POV K&L (2020c). Faalkansanalyse primaire waterkering Nieuwendam met parallelle waterleiding. Deltares rapport kenmerk 11205719-002-GEO-0001, december 2020
POV K&L (2020). Doorontwikkeling Veiligheidsraamwerk K&L. Versie 2de concept., 8 december 2020.

RWS (2020). [Handreiking DOT – Groene versie](#). Deskundigen Oordeel voor de Toets op maat. Versie 1.0, juni 2020.

TNO & Deltares (2017). Methodiek "Falen waterkering als gevolg van falen pijpleiding", fase 1. TNO 2016 R11806A, 23 juni 2017.

7.2 Overzicht beschikbare/uitgevoerde cases NWO's

Zoals eerder in deze Handreiking aangegeven is de kennisontwikkeling en opbouw van ervaring ten aanzien van NWO's nog in volle gang. Een aantal van de cases is nog zeer vers. Daarom is ervoor gekozen alleen de referenties te geven en in steekwoorden de gevolgde aanpak aan te geven.

Indien nodig kan de tabel met meer (recente) voorbeelden worden aangevuld.

Bron	Referentie	Inhoud
POV K&L	Deltares (2020a). Filters voor parallelle gas- en drinkwaterleidingen in en bij primaire waterkeringen. Deltares rapport kenmerk 11205513-002-GEO-0004.	Methodiek bepaling filterregels voor beoordeling en ontwerp voor parallelle gas- en waterleidingen op basis van integrale faalkansanalyse.
	POV K&L (2018). Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding. Deltares rapport kenmerk 11202871-002-GEO-0001	Ontwerp o.b.v. integrale faalkansanalyse voor parallelle gasleiding
	POV K&L (2020b). Faalkansanalyse dijkontwerp Wolferen-Sprok met kruisende gasleiding A-505. Deltares rapport kenmerk 11203959-000-GEO-0001, december 2020	Ontwerp o.b.v. integrale faalkansanalyse voor kruisende gasleiding
	POV K&L (2020c). Faalkansanalyse primaire waterkering Nieuwendam met parallelle waterleiding. Deltares rapport kenmerk 11205719-002-GEO-0001, december 2020	
Waterschap Hollandsche Delta	Achtergrondrapport niet-waterkerende objecten (NWO's) Normtraject 20-2 – Geervliet-Brielse Maasdam. Waterschap Hollandsche Delta rapport, 20 mei 2019, concept v02	Beoordeling NWO bebouwing op basis van gebeurtenissenbomen/ faalpaden

Bron	Referentie	Inhoud
Waterschap Rivierenland	WSRL - NWO's i.r.t. waterveiligheid - Faalkansbijdrage van Niet-Waterkerende Objecten (NWO's) (2021). Definitieve versie beschikbaar in juni 2021. Contactpersoon WSRL: Marike Olieman / Cor Bisschop.	Beoordeling NWO's bebouwing en begroeiing op basis van gebeurtenissenbomen/faalpaden
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier		Beoordeling NWO's in combinatie met zorgplicht
Waterschap Vallei en Veluwe / TU-Twente	Stabiliteitsbeoordeling van de IJsseldijk (traject 52-2) ter plaatse van dijkwoningen; 18 januari 2018; Afstudeeronderzoek H. Wevers	Beoordeling NWO bebouwing op basis van gebeurtenissenbomen/faalpaden en rekentechnieken
Waterschap Limburg	Analyse bomen op en nabij Waterkeringen, 2019-D67849 – v0.1, d.d. 26 juli 2019	Invloed van beplanting op de dijkveiligheid, waarin o.a. ook de Bomen-T methode aan de orde komt

7.3 Opbrengst werkdagen en workshops

Naast de in paragraaf 7.2 genoemde illustratieve cases/voorbeelden heeft er, tijdens de door KKP georganiseerde werkdagen en de workshops tijdens de Landelijke Beoordelingsdag van 2018, kennisuitwisseling plaats gevonden.

Een overzicht van de opbrengst van deze "kennisdagen" is weergegeven in een separaat verslag: (Deltares 2021); Verslag workshops KKP NWO's. Kenmerk 11206818-008-GEO-0001, 2 maart 2021.

7.4 Overige documenten

Ten behoeve van het toetsen van NWO's zijn in het verleden vele rapportages verschenen. Onderstaand zijn enkele nog relevante en vrij recente rapportages genoemd, die bruikbaar zijn voor bijvoorbeeld een toets op maat.

- DHV Bomen-T fase 3, gedetailleerde toets; BB4073 - LW-AF20122371-definitief, Deltares 20 december 2012.
- STOWA, Handreiking windturbines en waterkeringen – Techniek; 2018-53 (serie bevat ook deel 51-Bestuur en deel 52-Wetgeving)
- Deltares 2012; Achtergrondrapportage Technisch deel VTV, Juli 2012; Hst. 19 NWO's, pagina 49 t/m 73 en referenties op pagina 81