

## **WTI 2017 Kunstwerken**

**Achtergrondrapport toetspoot Betrouwbaarheid  
Sluicing IV - Toets op Maat voor demontabele  
keringen**



## **WTI 2017 Kunstwerken**

**Achtergrondrapport toetspooter Betrouwbaarheid Sluiting IV -  
Toets op Maat voor demontabele keringen**

Bob van Bree

1220087-002

Titel  
WTI 2017 Kunstwerken

Opdrachtgever  
RWS

Project  
1220087-002

Kenmerk  
1220087-002-GEO-0008- 22  
jvm

Pagina's

#### Trefwoorden

Demontabele kering, schotbaikkering, klepkering, betrouwbaarheid sluiting, niet-sluiten keermiddelen, lengte-effect praktijkvoorbeeld, rekenvoorbeeld.

#### Samenvatting

Omdat het WTI 2017 niet voorziet in een toetsmethode voor de bepaling van de betrouwbaarheid van de sluiting van demontabele keringen worden in dit rapport handvatten gegeven voor een Toets op maat. Deze sluit zoveel mogelijk aan bij de Leidraad Kunstwerken 2003, het beoordelingsspoor betrouwbaarheid sluiting van het WTI 2017 en de schematiseringshandleiding. Daarbij is gebruik gemaakt van twee praktijkvoorbeelden om de methode te illustreren.

#### Keywords

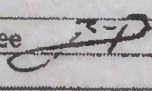
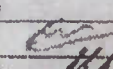
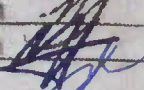
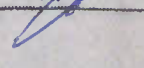

Demountable flood protection, bar barrier, valve barrier, reliability of closure, length-effect, calculation example

#### Summary

Because the WTI2017 doesn't provide a review method to determine the reliability of the closure process of removable flood defences, this report gives recommendations for a Level 3 review (Toets op maat). This approach is in line with the advanced method in the Leidraad Kunstwerken 2003, the WTI2017-report for the failure mechanism 'reliability of closure' and the schematization manual for this failure mechanism. Two calculation examples are used to illustrate the general method presented in this report.

#### Referenties

WTI 2017  
Zie hoofdstuk 5

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
C0	dec. 2015	Harry Scheffhout		Rob Dehez Bob van Bree Ruben Jongejan		Maya Sule	
C1	jan. 2016	Harry Scheffhout		Rob Dehez Bob van Bree Ruben Jongejan		Maya Sule	
D1	feb. 2016	Bob van Bree		Rob Dehez Harry Scheffhout Ruben Jongejan Dirk Pereboom	  	Maya Sule	

Status  
definitief

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Wat zijn demontabele keringen?	1
1.2	Aanleiding	1
1.3	Opzet rapport	1
<b>2</b>	<b>Toets op Maat</b>	<b>2</b>
2.1	Inleiding	2
2.2	Algemeen	2
2.3	Opzet faalkansanalyse	3
2.4	Kans op falen door niet-sluiten ( $P_{fa,ns}$ )	4
2.4.1	Algemene formule	4
2.4.2	Kans op niet sluiten $P_{ns}$	4
2.4.3	Lengte-effect binnen een individuele demontabele kering (onderdeel van $P_{ns}$ )	5
2.4.4	Sluitfrequentie ( $N\{h_{bu}>OKP\}$ )	7
2.4.5	Kans op open staan $P_{open}$	7
2.4.6	Kans op herstel van een gefaalde sluiting $P_{f,herstel}$	7
2.5	Bepaling toelaatbare kans op niet-sluiten	7
<b>3</b>	<b>Voorbeeld I: Schotbalkkering Limburg</b>	<b>9</b>
3.1	Systeembeschrijving	9
3.1.1	Vorbereidende werkzaamheden	9
3.1.2	Plaatsen van de staanders	9
3.1.3	Plaatsen van de schotbalken	10
3.1.4	Eindopname	11
3.2	Risico-analyse	11
3.2.1	Processtappen	11
3.2.2	Belangrijkste risico's	12
3.3	Werkwijze bepaling faalkansen	13
3.4	Conclusies per subsysteem	13
3.4.1	Falen hoogwateralarmering (HAS)	13
3.4.2	Falen mobilisatie (MOB)	14
3.4.3	Falen bediening (BED)	14
3.4.4	Technisch falen (STO)	15
3.5	Invloed van het aantal doorgangen	16
3.6	Uitkomsten faalkansanalyse	17
3.7	Conclusies	18
<b>4</b>	<b>Voorbeeld II: Klepkering Spakenburg</b>	<b>19</b>
4.1	Systeembeschrijving	19
4.2	Faalkansanalyse	19
4.2.1	Kans op niet-sluiten per afzonderlijke doorgang.	19
4.2.2	Kans op niet-sluiten totale systeem.	19
4.3	Conclusies	21
<b>5</b>	<b>Referenties</b>	<b>22</b>

**Bijlage(n)**

<b>A Risicoregister</b>	<b>A-1</b>
<b>B Foutenboom en onderbouwende tabel Alarmering</b>	<b>B-1</b>
<b>C Foutenboom en onderbouwende tabel Mobilisatie</b>	<b>C-1</b>
<b>D Foutenboom en onderbouwende tabel Bediening</b>	<b>D-1</b>
<b>E Foutenboom en onderbouwende tabel Technisch falen</b>	<b>E-1</b>
<b>F Faalkansen <math>P_{ns}</math> ten behoeve van project VNK</b>	<b>F-1</b>
<b>G Verslag veldbezoek</b>	<b>G-1</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Wat zijn demontabele keringen?

Demontabele keringen zijn mobiele keringen die niet permanent aanwezig zijn en die bij dreigend hoogwater worden opgebouwd en na de hoogwaterperiode weer worden verwijderd. Voorbeelden van demontabele keringen zijn schotbalkkeringen en klepkeringen. Bij demontabele keringen is er sprake van een langsconstructie en dient er dus rekening te worden gehouden met een grotere kans op niet-sluiten (lengte-effect) als gevolg van de aanwezigheid van meerdere doorgangen met afsluitmiddelen. Dit in tegenstelling tot korte coupures, waarbij er door de beperkte afmetingen geen rekening hoeft te worden gehouden met een lengte-effect binnen het object.

Naast demontabele keringen zijn er ook andere type keringen waar het lengte-effect mogelijk een rol speelt. Denk hierbij aan tijdelijke keringen die als noodmaatregel op de waterkering worden aangebracht (bijvoorbeeld barriers, big bags of zandzakken). Deze worden in dit rapport buiten beschouwing gelaten. Dat geldt ook voor hydraulische en opdrijvende keringen en stormvloedkeringen zoals balgstuwen, waarvoor maatwerk nodig is. Het voorliggende rapport heeft dus alleen betrekking op demontabele keringen.

## 1.2 Aanleiding

In het kader van het project KPP 2015 Betrouwbaarheid sluiting WTI Kunstwerken BS Betrouwbaarheid Sluiting, onderdeel 6.2C worden in dit rapport voor demontabele keringen handvatten gegeven voor de opzet van een Toets op Maat. Demontabele keringen zijn langsconstructies, waarvoor in het WTI-2017 geen generieke toetsregels zijn ontwikkeld, dus ook niet voor de betrouwbaarheid van de sluiting (toetsspoor BS). Voor dit type langsconstructies is het wel wenselijk dat een Toets op Maat kan worden uitgevoerd.

## 1.3 Opzet rapport

In dit rapport wordt richting gegeven aan de opzet van een Toets op Maat. Daarbij is aangesloten bij de aanpak conform het *Toetsspoorrapport betrouwbaarheid sluiting* [ref. 1] en de *Schematiseringshandleiding faalmechanisme niet sluiten (toetsspoor betrouwbaarheid sluiting)* [ref. 2]. In hoofdstuk 2 wordt een generiek toepasbare methode gegeven voor het uitvoeren van een Toets op Maat voor betrouwbaarheid sluiting bij demontabele keringen. Daarnaast is tevens gebruik gemaakt van praktijkgegevens uit projecten, die in twee voorbeelden worden beschreven (zie hoofdstukken 3 en 4).

## 2 Toets op Maat

### 2.1 Inleiding

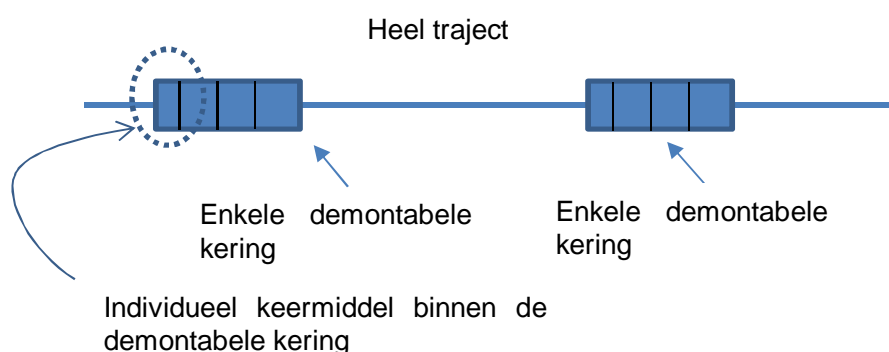
In het WTI-2017 worden toetsregels gegeven voor de beoordeling van de betrouwbaarheid van de sluiting (toetsspoor BS) van puntconstructies met een korte afsluitopening en één of een beperkt aantal afsluitlemmen, zoals bijvoorbeeld sluisen en coupures.

Voor de beoordeling van langsconstructies zijn er geen toetsregels beschikbaar. De in de Leidraad Kunstwerken [ref. 3] beschreven methode voor de beoordeling van de betrouwbaarheid van de sluiting van keermiddelen aan de hand van een eenvoudige of gedetailleerde toets met behulp van scoretabellen is niet geschikt voor demontabele keringen, die in lengterichting bestaan uit meerdere afsluitopeningen en keermiddelen.

Daarom moet voor de beoordeling van de betrouwbaarheid sluiting van demontabele keringen een faalkansanalyse op maat uitgevoerd worden. Dit is in lijn met de Leidraad Kunstwerken [ref.3]. In dit hoofdstuk worden handvatten gegeven om deze faalkansanalyse uit te voeren. Begonnen wordt in paragraaf 2.2 met enkele algemene beschouwingen aangaande demontabele keringen. In paragraaf 2.3 wordt ingegaan op de wijze waarop een dergelijke faalkansanalyse vorm kan worden gegeven. Vervolgens wordt in paragraaf 2.4 de basisformule gepresenteerd en worden aandachtspunten gegeven bij de individuele parameters uit deze basisformule. Met name de bepaling van het lengte-effect is een belangrijk element in de beoordeling van demontabele keringen en daarom wordt daar specifiek aandacht aan besteed. Tot slot wordt in paragraaf 2.5 ingegaan op de bepaling van de maximaal toelaatbare faalkans voor betrouwbaarheid sluiting.

### 2.2 Algemeen

Demontabele keringen zijn onderdeel van een dijktraject. Binnen een dijktraject kan er sprake zijn van meerdere demontabele keringen met verschillende strekkingslengten en doorgangen, die onderbrekingen kunnen hebben in de vorm van bijvoorbeeld gebouwen of andere typen waterkeringen. Waar in dit rapport wordt gesproken van 'demontabele kering' dan wordt hiermee bedoeld een aaneengesloten samenstel van individuele keermiddelen (zie Figuur 2.1). De kans op niet sluiten die in deze Toets op Maat wordt bepaald heeft betrekking op één afzonderlijke demontabele kering. Demontabele keringen die dichtbij elkaar zijn gelegen, (nagenoeg) dezelfde drempelhoogte hebben en gelijktijdig opgebouwd worden kunnen eventueel worden samengenomen en als één kering worden beschouwd.



Figuur 2.1 Een demontabele kering in het systeem van een dijktraject

Voor de bepaling van de kans op niet-sluiten speelt ook het lengte-effect binnen de demontabele kering een rol, dat toeneemt met het aantal doorgangen met afsluitmiddelen. De invloed van de strekkingslengte wordt in dit document apart beschouwd op basis van de resultaten uit de twee praktijkvoorbeelden. Dit lengte-effect wordt uiteindelijk verdisconteerd in de kans op falen door niet-sluiten.

### 2.3 Opzet faalkansanalyse

Voor de uitvoering van een faalkans-/risicoanalyse wordt in de volgende alinea's beschreven hoe dat qua proces kan worden georganiseerd en welke aspecten daarbij van belang zijn. De vorm waarin een dergelijke faalkansanalyse wordt uitgevoerd is vrij. Onderstaand wordt een mogelijke werkwijze aangegeven, en worden belangrijke aandachtspunten aangestipt.

Een geschikte manier om beter inzicht in te krijgen in de faaloorzaken, inclusief de bijbehorende kansbijdragen van demontabele keringen is het uitvoeren van een risicoanalyse van het systeem. Belangrijk is dat daarbij naast de inbreng van specialisten op het gebied van risico-analyse nadrukkelijk ook de kennis en ervaring van de waterkeringbeheerder met de betreffende demontabele kering wordt ingebracht en meegenomen. Met name degene die direct verantwoordelijk is voor de opbouw van de demontabele keringen mag niet ontbreken.

Een dergelijke risicoanalyse kan worden opgedeeld in vijf stappen:

1. Voorbereiding.
2. Uitvoeren van risico-inventarisatie.
3. Vaststellen van risico's en prioritering.
4. Opstellen van beheersmaatregelen.
5. Verslaglegging.

Voor de nadere uitwerking van deze stappen wordt verwezen naar Voorbeeld I (Hoofdstuk 3). De belangrijkste aspecten waar de risicoanalyse van een demontabele kering uitsluitel over dient te geven zijn:

- Vaststellen van de dominante faaloorzaken met betrekking tot de aspecten hoogwateralarmering, mobilisatie, bediening en technische storing.
- Inventarisatie van herstel mogelijkheden.
- Bepalen van (on)afhankelijkheden tussen de beoordelingsaspecten.
- Bepalen van de (on)afhankelijke componenten binnen de beoordelingsaspecten.
- Bepalen van de invloed van het lengte-effect per faaloorzaak als functie van het aantal doorgangen.
- Berekenen van de faalkansen per doorgang/afsluitmiddel en van het totale systeem.

Met name het inschatten van de kans op herstel van een foutieve handeling is maatwerk. Harde data hieromtrent ontbreken, zodat het inschatten van deze kans op herstel in de praktijk neerkomt op expert judgement. Belangrijk hierbij is dat de inschatting die hieromtrent gedaan wordt breed gedragen wordt onder de direct betrokkenen.



## 2.4 Kans op falen door niet-sluiten ( $P_{fa,ns}$ )

### 2.4.1 Algemene formule

In Hoofdstuk 8 Deelmechanisme Z23, Falen sluitproces van WTI 2017 - CTK [ref. 1] wordt het sluitproces nader omschreven. Daarin staat de volgende formule voor de bepaling van de kans op falen door niet-sluiten, die voor een afzonderlijk kunstwerk als volgt kan worden geschreven:

$$P_{fa,ns} = P_{ns} \cdot N\{h_{bu} > OKP\} \cdot P_{open} \cdot P_{f,herstel} \quad (2.1)$$

met:

$P_{fa,ns}$	<b>Kans op falen van het kunstwerk ten gevolge van falende afsluitmiddelen.</b>	[1/jaar]
$P_{ns}$	Kans dat de sluiting van het kunstwerk faalt bij een sluitvraag.	[1/vraag]
$N\{h_{bu} > OKP\}$	Gemiddeld aantal keer per jaar dat een hoogwatergolf passeert met een buitenwaterstand hoger dan het OKP bij een niet gesloten kunstwerk (resultierend in een sluitvraag bij open kunstwerk).	[vragen/jaar]
$OKP$	Het open keerpeil, ofwel de buitenwaterstand waarbij nog juist geen ontoelaatbaar debiet via het geopende kunstwerk naar binnenstroomt.	[m + NAP]
$P_{open,i}$	Kans dat het kunstwerk vanuit de optiek van waterkeren open staat	[-]
$P_{f,herstel}$	Kans dat een eventueel benodigd herstel faalt.	[-]

De bepaling van de parameters uit formule 2.1 gebeurt op het niveau van een individuele demontabele kering. Onderstaand wordt voor iedere parameter uit formule 2.1 aangegeven op welke wijze deze bepaald kan worden.

### 2.4.2 Kans op niet sluiten $P_{ns}$

De bepaling van de kans op niet sluiten ( $P_{ns}$ ) van een demontabele kering geschiedt, net zoals in de Leidraad Kunstwerken [ref. 3], aan de hand van de beoordelingsaspecten voor vier faalgebeurtenissen:

- Falen hoogwateralarmering (HAS).
- Falen mobilisatie van personeel, materieel en materiaal (MOB).
- Bedieningsfout van de afsluitmiddelen (BED).
- Technische storing (STO).

Per gebeurtenis dient een analyse te worden gemaakt, waarbij een bijbehorende faalkans wordt bepaald. Dit kan gebeuren middels een risicoanalyse, waar in paragraaf 2.3 handreikingen voor zijn gegeven. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de opzet, zoals in [ref. 3], waarbij per aspect een score wordt toegekend, die representatief is voor de bijbehorende kans op falen door niet-sluiten.

Score E [-]	Kans op niet-sluiten $P_{ns}$ [1/sluitvraag]
HAS	$10^{-HAS}$
MOB	$10^{-MOB}$
BED	$10^{-BED}$
STO	$10^{-STO}$

Tabel 2.1 Opzet score per subsysteem conform Leidraad Kunstwerken 2003

In [ref. 3] wordt er van uitgegaan dat de eindscore gelijk is aan het beoordelingsaspect met de laagste score respectievelijk de grootste faalkans. Zoals in [ref 3] ook al wordt opgemerkt is dit een niet-conservatieve benadering. Zo is een bedieningsfout onafhankelijk van de hoogwateralarmering en kan het falen van bijvoorbeeld de alarmering niet worden ondervangen door het niet-falen van de bediening. Uitgaande van seriesysteemgedrag en onafhankelijkheid van de gebeurtenissen HAS, MOB, BED en STO kan de kans op niet-sluiten beter als volgt berekend worden:

$$P_{ns} = 1 - \{(1 - 10^{-HAS}) \cdot (1 - 10^{-MOB}) \cdot (1 - 10^{-BED}) \cdot (1 - 10^{-STO})\} \quad (2.2)$$

Bij kleine faalkansen is dit bij benadering gelijk aan de som van de faalkansen van de vier deelsporen.

Voor de Toets op Maat van demontabele keringen kan deze aanpak ook worden gevolgd met dien verstande dat bij de bepaling van de kans op niet-sluiten  $P_{ns}$  per demontabele kering ook rekening moet worden gehouden met het lengte-effect als gevolg van de aanwezigheid van meerdere keermiddelen binnen de demontabele kering. De bepaling van het lengte-effect wordt beschreven in de volgende paragraaf.

#### 2.4.3 Lengte-effect binnen een individuele demontabele kering (onderdeel van $P_{ns}$ )

Voor sommige faalgebeurtenissen die in de risicoanalyse worden geïdentificeerd is de kans op falen afhankelijk van het aantal doorgangen in een individuele demontabele kering, het zogeheten lengte-effect. Zo zal de kans op het foutief plaatsen van een staander toenemen naarmate er meer staanders geplaatst moeten worden. In een faalkansanalyse zoals beschreven in paragraaf 2.3 moet het lengte-effect meegenomen worden. Het lengte-effect komt terug in de beoordelingsaspecten BED en STO. De beoordelingsaspecten HAS en MOB zijn onafhankelijk van de lengte van de kering; voor deze aspecten speelt het lengte-effect dus niet.

Het lengte-effect is afhankelijk van diverse aspecten:

- Het type demontabele kering (schotbalkkering, klepkering).
- De faaloorzaken van niet-sluiten (bediening en technische storing) en de correlaties daartussen; dit wordt bepaald door de constructiewijze en hiermee samenhangend de wijze waarop de kering wordt opgebouwd.
- Het aantal elementen dat geplaatst moet worden en de breedte hiervan.
- De aanwezigheid van wel/niet tilbare obstakels in het tracé van de kering.

Dit betekent dat er voor demontabele keringen geen uniforme methodiek voor de bepaling van het lengte-effect mogelijk is en dat het lengte-effect per geval op basis van een nadere analyse van het betreffende systeem dient te worden bepaald. Ter illustratie worden

onderstaand enkele uitkomsten van nadere analyses naar het lengte-effect bij demontabele keringen gepresenteerd.

In [ref. 5] is voor schotbalkkeringen langs de Maas in Limburg (zie ook hoofdstuk 3) het lengte-effect voor het falen van de Bediening (BED) bepaald als functie van het aantal doorgangen, die allemaal een standaardbreedte van 3 m hebben met daarin een schotbalkkering. De resultaten zijn samengevat in Tabel 2.1. Let op: deze resultaten zijn niet generiek toepasbaar, maar specifiek afgeleid voor dit specifieke geval.

<b>Totale lengte schotbalkkering</b>	<b>Aantal doorgangen van elk 3 m breed</b>	<b>Lengte-effect bij niet-sluiten door falen Bediening (BED)</b>
3 tot 30 m	1 tot 10 st	1,0
30 tot 100 m	10 tot 30 st	1,7
100 tot 300 m	30 tot 100 st	4,1
300 tot 1000 m	100 tot 300 st	11,5
> 1000 m	> 300 st	35,0

Tabel 2.2 Lengte-effectfactor voor het deelspoor falen bediening (BED) bij doorgangen van elk 3 m breed

Volgens Tabel 2.2 begint het lengte-effect in dit geval significant te worden bij een totale lengte van 100 tot 300 m, wat overeenkomt met 30 tot 100 doorgangen.

In [ref. 5] is ook de invloed van het lengte-effect op kans op niet-sluiten door Technische storing (STO) bepaald voor de schotbalkkeringen langs de Maas. Het resultaat is weergegeven in Tabel 2.3. Let op: ook deze resultaten zijn niet generiek toepasbaar, maar specifiek afgeleid voor dit specifieke geval.

<b>Totale lengte schotbalkkering</b>	<b>Aantal doorgangen van elk 3 m breed</b>	<b>Lengte-effect bij niet-sluiten door Technische storing (STO)</b>
3 tot 30 m	1 tot 10 st	1,0
30 tot 100 m	10 tot 30 st	1,3
100 tot 300 m	30 tot 100 st	2,3
300 tot 1000 m	100 tot 300 st	5,5
> 1000 m	> 300 st	14,9

Tabel 2.3 Lengte-effectfactor voor het deelspoor Technische storing (STO) bij doorgangen van elk 3 m breed

Uit tabel 2.3 volgt dat het lengte-effect in dit geval significant begint te worden bij een totale lengte van 100 tot 300 m, wat overeenkomt met 30 tot 100 doorgangen. Het lengte-effect is hier mede afhankelijk van de situatie dat de sluiting wel of niet wordt belemmerd door de aanwezigheid van niet-tilbare obstakels, zoals bijvoorbeeld grote bloembakken en auto's.

Verder is de invloed van het lengte-effect mede afhankelijk van het type demontabele kering. In [ref. 6] is het lengte-effect berekend voor het falen van een demontabele klepkering door Technische storing (STO). Deze demontabele kering heeft een totale lengte van 360 m, waarbij per doorgang en de daarin aanwezige klep de invloed van een standaardbreedte van 2m, 5 m of 10 m is onderzocht. Het resultaat is samengevat in Tabel 2.4.

Doorgang- c.q. klepbreedte	Aantal doorgangen/kleppen	Lengte-effect bij niet-sluiten door Technische storing (STO)
10 m	36 st	2,6
5 m	72 st	4,8
2 m	180 st	11,5

Tabel 2.4 Lengte-effectfactor voor het deelspoor Technische storing (STO) bij verschillende doorgang-/klepbreedten ten opzichte van kering met één doorgang/klep

#### 2.4.4 Sluitfrequentie ( $N\{h_{bu} > OKP\}$ )

Voor de bepaling van het aantal sluitingen waarbij de buitenwaterstand hoger is dan het open keerpeil moet het open keerpeil (OKP) worden bepaald. Voor demontabele keringen is daarbij de drempelhoogte (ook wel open keerhoogte of OKH genoemd) van de doorgangen van belang.

De overschrijdingskans van het OKP kan worden bepaald op basis van de kansverdeling van de buitenwaterstand. Deze kansverdeling kan met Hydra-Ring worden bepaald. Voor de bepaling van het OKP kan een analyse van het kombergend vermogen worden uitgevoerd (gesteld dat de kering bij instroming niet bezwijkt). In het kader van het WBI worden per watersysteem waterstandsverlooptlijnen bepaald. Die kunnen worden gebruikt om tijdens de maatgevende storm het kritieke debiet dat dan in de tijd over de drempel naar binnen stroomt te bepalen.

Als bij de toetsing gebruik wordt gemaakt van Ringtoets, dan hoeft de toetser het OKP en de overschrijdingskans van het OKP niet zelf te bepalen, maar volstaat het invoeren van de drempelhoogte. Het (onzekere) verschil tussen de drempelhoogte en het OKP wordt dan door het probabilistisch instrumentarium meegenomen in de faalkansberekening, op basis van de invoer ten aanzien van het kombergend vermogen.

#### 2.4.5 Kans op open staan $P_{open}$

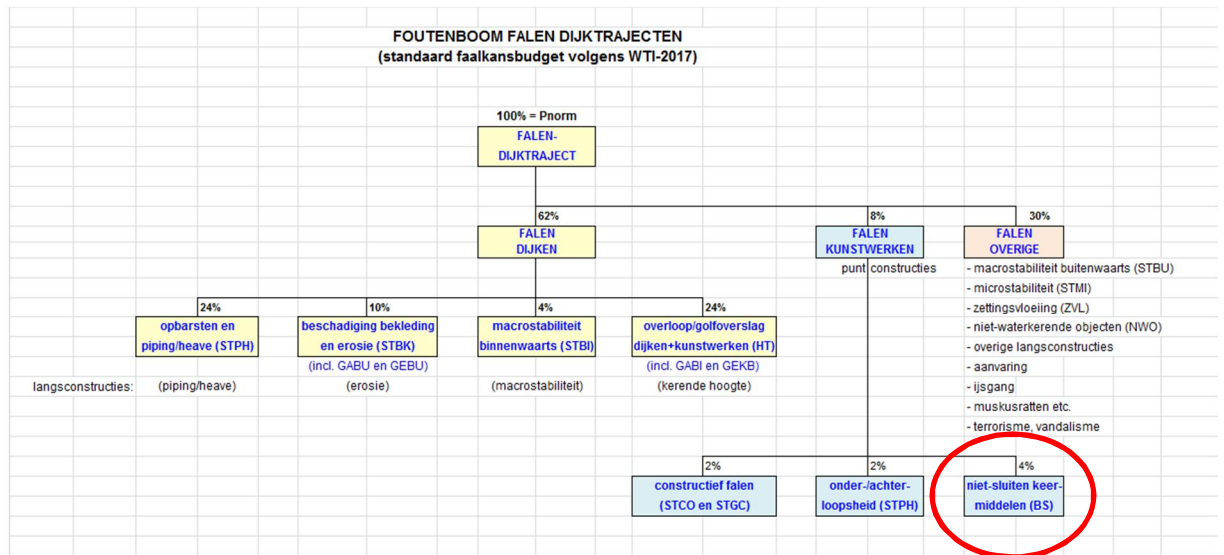
Demontabele keringen staan het hele jaar geopend en worden pas gesloten op het moment dat het hoogwater zich aandient. De kans op open staan voor de demontabele kering is dus gelijk aan 1.

#### 2.4.6 Kans op herstel van een gefaalde sluiting $P_{f,herstel}$

De kans op herstel van fouten in de alarmering, mobilisatie, bediening en technisch falen wordt in principe meegenomen in de faalkansanalyse bij het bepalen van  $P_{ns}$ . Er is in dat geval geen sprake van een generiek toepasbare kans op herstel van een gefaalde sluiting. Voor de parameter  $P_{f,herstel}$  kan daarom een waarde 1 worden aangehouden.

### 2.5 Bepaling toelaatbare kans op niet-sluiten

Het WTI 2017 voorziet in veiligheidseisen voor de betrouwbaarheid van de sluiting van keermiddelen in kunstwerken. Voor demontabele keringen worden geen specifieke veiligheidseisen geformuleerd. Bij de methodiek van het WTI 2017 kan het lengte-effect als gevolg van de invloed van meerdere doorgangen in het rekenmodel impliciet of expliciet worden verdisconteerd. Daarom wordt de voor demontabele keringen benodigde faalkansruimte gezocht onder "niet-sluiten keermiddelen (BS)", waarvoor als vertrekpunt 4% van de toelaatbare kans op overstroming is gereserveerd voor alle kunstwerken tezamen in het betreffende dijktraject (zie Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Standaard verdeling faalkansbudget van een dijktraject op basis van het WTI-2017

Indien bij een bepaald dijktraject blijkt dat bepaalde faalmechanismen geen faalkansbijdrage leveren, of als daarin reserve aanwezig is, kan deze worden benut om de beschikbare faalkansruimte van 4% voor niet-sluiten keermiddelen te vergroten.

### 3 Voorbeeld I: Schotbalkkering Limburg

#### 3.1 Systeembeschrijving

Voor dit voorbeeld is gebruik gemaakt van informatie uit de memo Betrouwbaarheid sluiting demontabele keringen Limburg [ref. 5]. Voorafgaand aan de risicosessie zijn tijdens een veldbezoek meerdere demontabele schotbalkkeringen opgebouwd, die representatief zijn voor de demontabele keringen langs de Maas. In deze paragraaf wordt het systeem



Figuur 3.1 Stapeling van schotbalken op een rek



Figuur 3.2 Detail voetplaat

beschreven en geïllustreerd met foto's zoals dat door de waterschappen Peel en Maasvallei en Roer en Overmars wordt toegepast.

Het systeem bestaat uit aluminium staanders, die op fundaties in de kade met twee tot vier bouten worden vastgezet. Hiertussen worden aluminium schotbalken geplaatst, die handmatig kunnen worden verplaatst en geplaatst. In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de uit te voeren werkzaamheden.

##### 3.1.1 Voorbereidende werkzaamheden

Deze bestaan uit het afzetten van de straat/treffen verkeersmaatregelen, inspectie van het tracé, schoonmaken van de voetplaten (indien nodig) en verwijderen van belemmeringen (indien nodig).

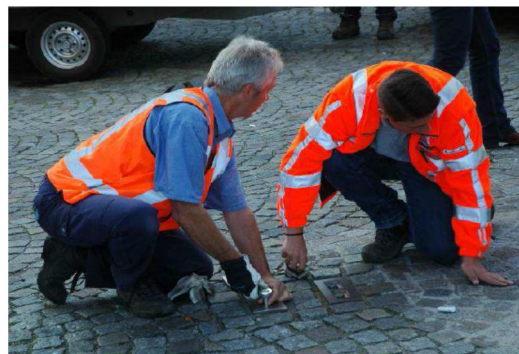
##### 3.1.2 Plaatsen van de staanders

Het plaatsen van de staanders gaat als volgt:

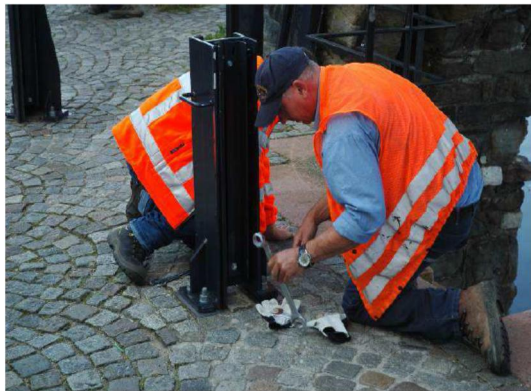
1. Met behulp van een sleutel (ring-, steek-, imbus of dopsleutel) worden per staander de dekseltjes van de bevestigingspunten van de fundatie losgemaakt.
2. De staanders worden op de bevestigingsopeningen geplaatst.
3. De bevestiging bestaat uit twee bouten die in de schroefdraad passen die in de voetplaat is opgenomen.
4. De bouten worden aangedraaid en vastgezet. Dit gebeurt handmatig of met elektrisch aangedreven handgereedschap.



*Figuur 3.3 Verkeersmaatregel*



*Figuur 3.4 Het demonteren van de afdekkapjes van de fundaties*



*Figuur 3.5 Het monteren van een staander*



*Figuur 3.6 Staanders geplaatst*

### 3.1.3 Plaatsen van de schotbalken

Het plaatsen van de schotbalken gaat eenvoudig door middel van mankracht. De schotbalken worden tussen de vastgemaakte staanders gebracht en vervolgens met een klemconstructie in verticale richting geborgd.



Figuur 3.7 Schotbalken geplaatst



Figuur 3.8 Borging van de schotbalken

#### 3.1.4 Eindopname

Nadat de kering gereed is inspecteert iemand namens het waterschap de kering. Die controleert of de demontabele wand op de juiste wijze is geplaatst en of het materiaal goed vast zit. Eventuele onvolkomenheden worden direct verholpen. Het systeem is dusdanig simpel dat het per geconstateerd 'probleem' slechts enkele minuten kost om te herstellen.

### 3.2 Risico-analyse

Ten behoeve van het maken van een inschatting van de belangrijkste risico's die samenhangen met het systeem van demontabele keringen in Limburg is een risico-sessie gehouden, waarin de risico's van het systeem van demontabele keringen inzichtelijk zijn gemaakt. De risico's zijn aangedragen door de waterschappen Peel en Maasvallei en Roer en Overmaas en het projectbureau VNK2. Het projectbureau VNK2 heeft hiertoe een risicosessie georganiseerd en begeleid. De risicoanalyse is door het projectbureau VNK georganiseerd en uitgevoerd volgens de Risman-methodiek onder leiding van een procesbegeleider en ondersteund door een facilitator.

#### 3.2.1 Processtappen

De risicoanalyse is opgedeeld in vijf stappen:

1. Voorbereiding.
2. Uitvoeren van de risico-inventarisatie.
3. Risicosessie deel 1, plenair vaststellen van risico's en prioritering.
4. Risicosessie deel 2, plenair opstellen van beheersmaatregelen.
5. Verslaglegging schotbalkkering.

De vijf processtappen en de belangrijkste risico's worden hierna kort toegelicht.

##### Stap 1: Voorbereiding.

Ter voorbereiding zijn voor de vier beoordelingsaspecten (falen HAS, MOB, BED en STO) foutenbomen opgesteld door het projectbureau VNK. Op basis van deze foutenbomen zijn een groot aantal mogelijke faalgebeurtenissen ingevuld in de risico-inventarisatie, die vervolgens is toegestuurd aan de deelnemers.



Stap 2: Risico-inventarisatie.

Aan de betrokken medewerkers van de waterschappen Peel en Maasvallei en Roer en Overmaas is van tevoren gevraagd om ongewenste gebeurtenissen aan te dragen die leiden tot het niet-gesloten zijn van een demontabele kering (zoals bijvoorbeeld het falen van het meetsysteem of het foutief plaatsen van een staander). Voor dit 'huiswerk' is een Excel-spreadsheet aangeleverd, waarin de faalgebeurtenissen uit de foutenbomen reeds zijn opgenomen.

Stap 3: Risicosessie ten behoeve van prioriteren.

Om tot een prioritering van alle risico's te kunnen komen, zijn door de waterschappen aangedragen faalgebeurtenissen door het projectbureau aan de risicolijst toegevoegd. Hierbij zijn overeenkomende faalgebeurtenissen samengevoegd en waar nodig herschreven. Dit eerste risicoregister vormde de input voor de gezamenlijke risicosessie. Tijdens deze sessie zijn de volgende punten aan bod gekomen:

- Ingediende faalgebeurtenissen. Welke faalgebeurtenissen zijn aangedragen en kan iedereen zich in deze faalgebeurtenissen vinden? Moeten de faalgebeurtenissen verder aangescherpt worden om ze te kunnen beoordelen?
- Missen er nog faalgebeurtenissen? Zijn er nieuwe inzichten die aan het risicoregister moeten worden toegevoegd?
- Prioriteren van de faalgebeurtenissen. Gezamenlijk zijn de faalgebeurtenissen op omvang beoordeeld. Wat is de kans dat de faalgebeurtenis optreedt en hoe groot zijn de gevolgen? Hieruit volgt een prioritering van risico's die absoluut beheerst moeten worden om het systeem voldoende betrouwbaar te maken, tot risico's die acceptabel zijn (dus zonder aanvullende beheersmaatregelen).

Stap 4: Opstellen beheersmaatregelen.

In deze stap zijn gezamenlijk concrete beheersmaatregelen benoemd voor alle risico's. Het was de bedoeling deze stap in een separate sessie gezamenlijk te doorlopen. Voor de toetsing van het bestaande aanwezige systeem kan deze stap in principe worden overgeslagen. Het gaat immers om de toetsing van een bestaande situatie. Indien beheersmaatregel voor einde peildatum geïmplementeerd zijn, kan dit alsnog worden meegenomen.

Stap 5: Verwerking resultaten.

De resultaten van de risico-analyse zijn verwerkt in de reeds opgestelde foutenbomen. Op basis van deze foutenbomen is vervolgens in dit rapport een uitspraak gedaan omtrent de betrouwbaarheid van de sluiting van een demontabele kering die onderdeel uitmaakt van het systeem van demontabele keringen in Limburg.

Het resultaat van de risico-analyse is opgenomen in Bijlage A bij dit rapport. De foutenbomen zijn opgenomen in Bijlage B tot en met E.

## 3.2.2 Belangrijkste risico's

Uit de risico-sessie is gebleken dat de belangrijkste risico's zitten in:

- Mobilisatie van materiaal en personeel (MOB).
- Falen door technische storing (STO).

Het grootste risico dat uit de sessie naar voren is gekomen is het risico van diefstal van een reeds geplaatste kering(sectie). In feite valt dit risico buiten de betrouwbaarheid van de

sluitingsoperatie zelf; immers de kering is dan al succesvol gesloten. Niettemin is dit een belangrijk aandachtspunt voor de beoordeling van de waterkerende functie van demontabele keringen.

### 3.3 Werkwijze bepaling faalkansen

Op basis van de resultaten van de risicosessie zijn faalkansen afgeleid voor gebruik in de systeemanalyse van VNK2. Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat de faalkansen zoals deze bepaald zijn in de risicosessie zijn gebaseerd op het huidige systeem zoals in Limburg is geïmplementeerd. Dat betekent dat wordt uitgegaan van een ingeregeld systeem waarin vanuit een goede, betrokken organisatie reeds een groot aantal specifieke beheersmaatregelen wordt toegepast en is verankerd in beheers- en calamiteitenplannen.

De kansen die zijn ingeschat voor de diverse faalgebeurtenissen zijn ingeschat voor een individuele demontabele kering, dus niet dat het ergens in het systeem van meerdere demontabele keringen en coupures mis gaat. Hiermee wordt bedoeld een object dat op één enkele transporteenheid vervoerd kan worden. Voor sommige faalgebeurtenissen is de kans op falen afhankelijk van het aantal poortjes in een individueel kunstwerk, het zogeheten lengte-effect. Voor faalgebeurtenissen waar lengte-effect een rol speelt is door de auteurs van dit memo een inschatting gemaakt naar de grootte van dit lengte-effect.

Bij het bepalen van de faalkansen voor VNK2 zijn de foutenbomen van onder naar boven doorlopen aan de hand van de faalkansen zoals bepaald in de risicosessie. Dit is gedaan per beoordelingsaspect: alarmering, mobilisatie, bediening en technisch falen. Hierbij is rechttoe-rechtaan te werk gegaan, waarbij ingeval van een EN-poort faalkansen zijn vermenigvuldigd en ingeval van een OF-poort faalkansen zijn opgeteld. In bijlage 2 tot en met 5 zijn de onderbouwende tabellen opgenomen, onderstaand worden de belangrijkste resultaten besproken.

Naast de faalkansen die zijn ingeschat in de risicosessie zijn op diverse plaatsen inschattingen gemaakt door de auteurs van dit rapport. Dit staat ook expliciet vermeld in de onderbouwende tabellen in bijlage 2 tot en met 5. Deze inschattingen zijn door de auteurs op basis van expert judgement gemaakt. Nadrukkelijk zijn de deelnemers aan de risicosessie gevraagd deze faalkansen te beoordelen en aan te geven of deze wellicht bijstelling behoeven. Een enkele bijstelling is verwerkt in de resultaten.

Het spreekt voor zich dat het opstellen van de foutenbomen en het invullen van de bijbehorende tabellen eigenlijk per kunstwerk gedaan moet worden, zodat de specifieke situatie van het kunstwerk in de scores verdisconteerd kan worden. Dit voert echter te ver voor het project VNK. Daarom is gewerkt met foutenbomen die min of meer generiek van toepassing zijn op alle demontabele wanden van de waterschappen Peel en Maasvallei en Roer en Overmaas. Indien nodig moet echter dus maatwerk betracht worden.

### 3.4 Conclusies per subsysteem

#### 3.4.1 Falen hoogwateralarmering (HAS)

Uit de foutenbomen is gebleken dat het falen van de alarmering in de huidige tijd, met de huidige communicatiemiddelen en systemen, geen wezenlijke bijdrage meer levert aan de kans op niet-sluiten (de berekende faalkans is  $1,22E-09$  per vraag). Dit komt mede doordat aan de top van de foutenboom een tweede mogelijkheid tot herstel is toegevoegd naast 'bevolking waarschuwt'. Dit is de mogelijkheid dat het waterschap zelf overgaat tot sluiting,

ondanks dat alarmering door RWS bij stijgende waterstanden is uitgebleven. De kans dat dit niet gebeurt is tijdens de risicosessie door beide waterschappen als 'zeer klein' ingeschat.

### 3.4.2 Falen mobilisatie (MOB)

Uit de foutenbomen volgt dat het falen van de mobilisatie wezenlijk bijdraagt aan de kans op niet-sluiten. Daarbij kan onderscheid wordt gemaakt in twee standaardsituaties, namelijk:

- 1) De demontabele kering is mogelijk niet bereikbaar tijdens hoogwater, de berekende faalkans is dan  $1,40E-03$  (1/700) per vraag.
- 2) De demontabele kering is ook tijdens hoogwater bereikbaar, de berekende faalkans is dan  $3,93E-04$  (1/2500) per vraag.

De faalkans wordt in gelijke mate beïnvloed door de kans dat de mobilisatie van materiaal en menskracht faalt. Als de bereikbaarheid onder hoogwateromstandigheden buiten beschouwing wordt gelaten wordt de kans dat de mobilisatie van materiaal faalt gedomineerd door de kans dat men met te weinig of met het verkeerde materiaal op de betreffende locatie staat. Op de kans dat de mobilisatie van menskracht faalt, is de bereikbaarheid onder hoogwateromstandigheden veel minder van invloed. Deze kans wordt gedomineerd door de gebeurtenis dat te weinig menskracht beschikbaar is, met name door de subgebeurtenis 'uitval van personeel'. De kans op herstel hiervan beïnvloedt direct de berekende faalkans, hetgeen in het volgende nader wordt toegelicht.

#### *Faalkans van de diverse herstelacties*

De berekende faalkans is sterk afhankelijk van de mate waarin de faalkans van de diverse herstelacties wordt meegenomen en de beschikbare hersteltijd. De kans dat aanvoer van reservemateriaal/reservepersoneel faalt ingeschat op basis van expertise. Deze kans neemt af naarmate er meer tijd beschikbaar is voor het uitvoeren van deze herstelactie. Vooralsnog is daarvoor een faalkans van  $2,00E-02$  (1/50) per vraag aangehouden, vanuit de eenvoudige gedachte dat  $1,00E-01$  (1/10) gevoelsmatig te conservatief en  $1,00E-02$  (1/100) wellicht te optimistisch is.

#### *Kans op herstel na falen mobilisatie*

In de foutenboom is ook een kans op herstel opgenomen voor het geval dat de mobilisatie (deels) mislukt. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in drie situaties:

- 1) Het materiaal is aanwezig, maar getraind personeel om op te bouwen ontbreekt.
- 2) Het materiaal ontbreekt, maar getraind personeel om op te bouwen is wel aanwezig.
- 3) Zowel het materiaal als getraind personeel om op te bouwen ontbreken.

Vooralsnog is hiervoor geen kans op herstel meegenomen. Indien de kans op falen van de mobilisatie echter maatgevend blijkt te zijn, zou nagedacht kunnen worden hoe (deels) falen van de mobilisatie niet tot falen van de waterkering hoeft te leiden. Denk hierbij aan het trainen van burgers in opbouw van de kering of het aanwezig hebben in het gebied van (lege) zandzakken om een noodkering te kunnen maken ingeval de aanvoer van materiaal faalt.

### 3.4.3 Falen bediening (BED)

De berekende kans op falen van de bediening wordt met name beïnvloed door de kans op een verkeerde handeling in combinatie met het falen van het herstel hiervan. De kans op een verkeerde handeling neemt toe als het aantal te plaatsen elementen toeneemt (repetitie-effect). Het is het meest logisch dit effect recht evenredig met het aantal doorgangen en dus (omdat de lengte van de elementen overal dezelfde is) met de lengte te verdisconteren. Dus

bij een kering met een totale lengte van 30 meter en doorgangen van 3 meter is de kans op een foutieve handeling 10 keer zo klein als bij een kering met een totale lengte van 300 meter. Hierbij wordt de hoogte van de kering buiten beschouwing gelaten. Deze vereenvoudiging is gedaan vanuit de gedachte dat de plaatsing van de staanders het kritieke onderdeel is bij de opbouw van de demontabele keringen. Foutieve plaatsing van de schotbalken is bijna niet mogelijk in het systeem dat in Limburg wordt toegepast. De kans op een zodanig verkeerde handeling dat de kering deels bezwijkt als deze wordt belast is als volgt ingeschat (rekening houdend met het lengte-effect).

Totale lengte/aantal doorgangen demontabele kering		Kans op verkeerde handeling [1/vraag]		
3 tot 30 m	1 tot 10 st	$10^{-3}$	1,00E-03	1/1000
30 tot 100 m	10 tot 30 st	$10^{-2,5}$	3,16E-03	1/316
100 tot 300 m	30 tot 100 st	$10^{-2}$	1,00E-02	1/100
300 tot 1000 m	100 tot 300 st	$10^{-1,5}$	3,16E-02	1/32
> 1000 m	> 300 st	$10^{-1}$	1,00E-01	1/10

Tabel 3.1 Geschatte kans op verkeerde handeling als functie van de lengte bij doorgangen van 3 m breed

Een verkeerde handeling heeft invloed op de kans op niet sluiten door het falen van de bediening (BED) van de demontabele kering, wat in foutenbomen nader is uitgewerkt. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Totale lengte/aantal doorgangen demontabele kering		Kans op niet-sluiten door falen bediening [1/vraag]	
3 tot 30 m	1 tot 10 st	3,20E-05	1/31.250
30 tot 100 m	10 tot 30 st	5,58E-05	1/17.921
100 tot 300 m	30 tot 100 st	1,31E-04	1/7.634
300 tot 1000 m	100 tot 300 st	3,69E-04	1/2.710
> 1000 m	> 300 st	1,12E-03	1/893

Tabel 3.2 Kans op niet sluiten door falen bediening (BED) als functie van de lengte bij doorgangen van 3 m breed

Daarnaast geldt dat ook voor het deelfaalmecanisme Bediening de berekende faalkans sterk afhankelijk is van de mate waarin de faalkans van de diverse herstelacties wordt meegenomen. Deze faalkans van herstelacties is sterk afhankelijk van de beschikbare hersteltijd. Dus ook hier geldt: hoe meer hersteltijd, des te kleiner de faalkans voor het deelfaalmecanisme. Voor de gehanteerde faalkansen per faalgebeurtenis (en hiermee onderbouwing van de berekende faalkansen) wordt verwezen naar Bijlage D.

#### 3.4.4 Technisch falen (STO)

Ook de faalkans voor Technisch falen is afhankelijk van het lengte-effect. Immers, hoe langer de kering, des te groter bijvoorbeeld de kans is dat een reeds geplaatst element wordt aangereken. Het lengte-effect speelt dus met name op het niveau van een afzonderlijke afsluitopening met de daarin aanwezige staanders en schotbalken. Hierbij zijn voor de gebeurtenissen 'Aanrijden geplaatst element', 'Eerder beschadigd element meegenomen' en 'Element defect tijdens plaatsing' dezelfde waarden gehanteerd als in Tabel 3.1 om het lengte-effect te verdisconteren. Ook nu wordt de invloed van de hoogte van de kering dus verwaarloosd. Voor de gebeurtenis 'Aanrijden geplaatst element' is de hoogte nauwelijks van invloed op de kans van optreden, op de gebeurtenissen 'Eerder beschadigd element

meegenomen' en Element defect tijdens plaatsing' natuurlijk wel omdat het aantal elementen toeneemt. Toch leidt het optreden van deze gebeurtenis nauwelijks tot een toename van het overstromingsrisico. Dit komt doordat het effect klein is; de gebeurtenis leidt ertoe dat de bovenste balk over 1 of enkele secties ontbreekt, hetgeen leidt tot een zeer lokale toename van de golfoverslag en niet tot bezwijken van een deel van de kering. Daarom is verwaarlozing van de hoogte van de kering ook hier verdedigbaar.

In de tak van falen van een vast constructiedeel speelt het lengte-effect minder. In deze tak is de gebeurtenis 'Aanrijding van een sponning' dominant. Het aantal sponningen staat los van de lengte van de kering, dus hier speelt het lengte-effect niet.

Naast het lengte-effect draagt de kans op een belemmering of obstakel op het tracé van de kering en het falen van de herstelactie bij aan de berekende faalkans voor het subsysteem Technisch falen. Indien de locatie niet gevoelig is voor belemmeringen (bijvoorbeeld grote bloembakken, geparkeerde auto's etc.), is de faalkans bij korte keringen ( $L < 30$  m) kleiner dan wanneer de locatie hiervoor wel gevoelig is<sup>1</sup>. Dit effect wordt steeds minder sterk, naarmate de kering langer wordt. De invloed van het lengte-effect op de kans op niet-sluiten door Technisch falen (STO) is weergegeven in Tabel 3.3.

Demontabele kering		Kans op technisch falen (STO) [1/vraag]			
Lengte	Aantal doorgangen	WEL gevoelig voor niet tilbare objecten		NIET gevoelig voor niet tilbare objecten	
3 tot 30 m	1 tot 10 st	2,16E-04	1/4.630	4,13E-05	1/24.213
30 tot 100 m	10 tot 30 st	2,74E-04	1/3.650	5,43E-05	1/18.416
100 tot 300 m	30 tot 100 st	3,16E-04	1/3.165	9,58E-05	1/10.438
300 tot 1000 m	100 tot 300 st	4,47E-04	1/2.237	2,27E-04	1/4.405
> 1000 m	> 300 st	8,61E-04	1/1.161	6,14E-04	1/1.629

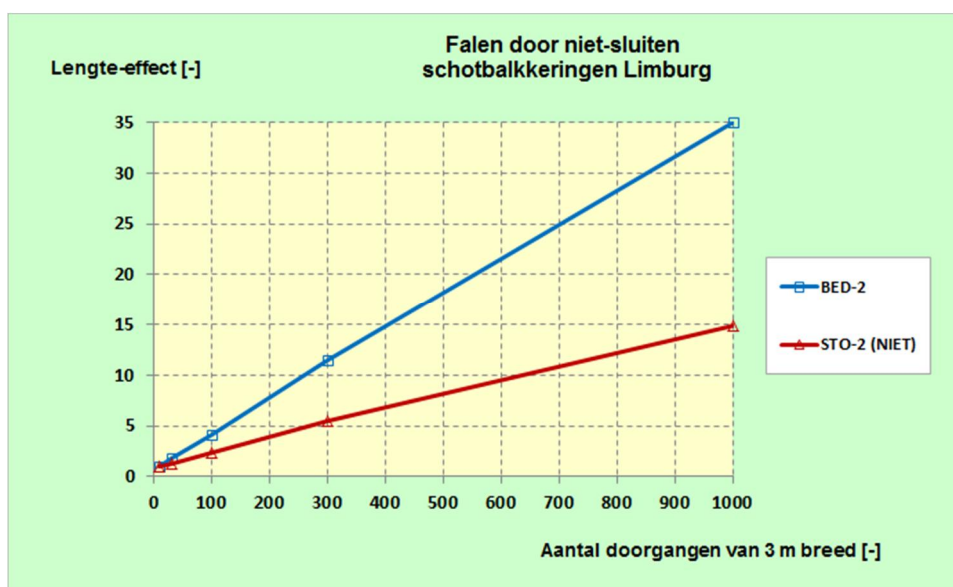
Tabel 3.3 Berekende kans op falen demontabele kering door technisch falen (STO) met doorgangen van 3 m breed

Ook voor Technisch falen geldt: de berekende faalkans is sterk afhankelijk van de faalkans van de diverse herstelacties, die sterk afhankelijk is van de beschikbare hersteltijd. Dus ook hier geldt: hoe meer hersteltijd, des te kleiner de faalkans voor het deelfaalmechanisme.

### 3.5 Invloed van het aantal doorgangen

Uit de analyse blijkt dat de invloed van het aantal doorgangen op de kans op niet sluiten (ook wel 'lengte-effect' genoemd) niet eenduidig is en mede afhankelijk is van het beschouwde subsysteem: Bediening of Technische storting. In Figuur 3.9 is dat inzichtelijk gemaakt.

<sup>1</sup> Een demontabele wand op een keermuur is over het algemeen niet gevoelig voor het plaatsen van niet-tilbare objecten. Een demontabele wand op maaiveld naast een openbare weg is dat wel.



- Lijn BED-2 = Bediening
- Lijn STO-2 (NIET) = Technische storing (NIET gevoelig voor niet tilbare objecten)

Figuur 3.9 Lengte-effect als functie van het aantal doorgangen

### 3.6 Uitkomsten faalkansanalyse

Ter bepaling van de totale faalkans van de demontabele kering zijn de faalkansen van de deelfaalmecanismen gesommeerd. Daarbij is onderscheid gemaakt op basis van twee criteria:

1. Bereikbaarheid tijdens hoogwater.
2. Gevoeligheid voor plaatsing niet-tilbare objecten (auto's, grote bloembakken).

Daarnaast speelt vanwege het lengte-effect de lengte van de kering een rol. De faalkansen zijn berekend inclusief het lengte-effect en de bovengenoemde twee criteria (zie bijlage F). Daarbij is gebleken dat de gevoeligheid voor niet-tilbare objecten op de uiteindelijk berekende faalkansen beperkt is, zodat is voorgesteld om dit effect te verwaarlozen. Verder is gebleken dat de invloed van het wel of niet hoogwatervrij gelegen zijn van de kering ook steeds kleiner wordt naarmate de kering langer wordt. Ter vereenvoudiging is daarom voorgesteld om voor het niet-sluiten van demontabele schotbalkkeringen binnen de systeemanalyse VNK2 de volgende (afgeronde) faalkansen te hanteren:

Bereikbaar tijdens hoogwater?	Kans op niet-sluiten [1/vraag]			
	Lengte < 1000 m		Lengte > 1000 m	
Ja	1,00E-03	1/1.000	3,00E-03	1/300
Nee	2,00E-03	1/500	4,00E-03	1/250

Tabel 3.4 Voorgestelde kans op niet-sluiten schotbalkkering met doorgangen van 3 m breed

De faalkansen van Tabel 3.4 zijn een factor 100 kleiner dan de faalkansen zoals die zouden zijn als deze bepaald worden aan de hand van de scoretabellen uit [ref. 3]. Hierbij moet echter bedacht worden dat die scoretabellen in principe bedoeld zijn voor puntconstructies met vaste keermiddelen. De toepassing voor coupures is al twijfelachtig, voor demontabele

wanden zijn de scoretabellen al helemaal niet bedoeld. Daarnaast wordt in de scoretabellen geen rekening gehouden met de kans op herstel van een falende sluiting. In [ref. 3] wordt wel de mogelijkheid geboden om een kans op herstel in rekening te brengen. Echter deze kans op herstel wordt verder niet gekwantificeerd. Als deze kans op herstel wel in rekening wordt gebracht liggen de faalkansen op basis van [ref. 3] en de hier voorgestelde faalkansen veel dichter bij elkaar.

De uitkomsten van de uitgevoerde faalkansanalyse zijn uiteraard specifiek geldig voor Limburg omdat het systeem zoals dat in Limburg is geïmplementeerd met vaste doorgangen van 3 m breed is gebruikt om de afzonderlijke faalkansen te bepalen. De gehanteerde methodiek is echter generiek toe te passen.

### 3.7 Conclusies

Middels een generiek toepasbare methode, die naadloos aansluit bij de geavanceerde benadering uit de Leidraad Kunstwerken 2003 [ref. 3], zijn faalkansen berekend voor het niet-sluiten van demontabele keringen in Limburg, bestaande uit schotbalkkeringen met doorgangen van 3 m breed. De berekende faalkansen variëren tussen 1/500 en 1/1.000 (lengte < 1000 m) en 1/250 en 1/300 (lengte > 1000 m).

Uit de afleiding van deze faalkansen kan het volgende worden geconcludeerd:

- De kans op falen van het subsysteem alarmering is verwaarloosbaar klein.
- De grootste risico's zitten in de subsystemen mobilisatie en technisch falen.
- Het creëren van hersteltijd verkleint de faalkans van het systeem.
- De kans op herstel kan vergroot worden door op voorhand herstelmogelijkheden en noodoplossingen te bedenken.

De berekende faalkansen op kunstwerkniveau zijn beduidend kleiner dan de faalkansen, zoals die zouden zijn bepaald aan de hand van de scoretabellen uit [ref. 3]. Hierbij moet wel worden bedacht dat de kans op herstel van een falende sluiting in de scoretabellen van [ref. 3] niet is meegenomen.

## 4 Voorbeeld II: Klepkering Spakenburg

### 4.1 Systeembeschrijving

Ten behoeve van het voorontwerp van een flexibele kering zijn in de memo Faalkansanalyse waterkering Spakenburg [ref. 6] de faalkansen berekend van een aantal alternatieven, waaronder een klepkering. De klepkering is een 360 m lange demontabele kering, die bestaat uit 3 secties met verschillende lengten. De secties zijn opgebouwd uit meerdere afzonderlijke doorgangen, die elk zijn voorzien van een handmatig op te zetten klep met een bepaalde standaardbreedte. Het aantal kleppen in één sectie is afhankelijk van de breedte van één doorgang, waarbij in het voorontwerp is uitgegaan van een mogelijke breedte van 2 m, 5 m of 10 m (zie Tabel 4.1).

Sectie	Aantal doorgangen/kleppen		
	2 m	5 m	10 m
VVV (L = 40 m)	20	8	4
Oude Haven (L = 160 m)	80	32	16
Nieuwe Haven (L = 160 m)	80	32	16
Totaal (L = 360 m)	180	72	36

Tabel 4.1 Overzicht van secties en doorgangen/kleppen

De klepkering bestaat uit een vast gedeelte (onderbouw met fundering), waarin de demontabele onderdelen (staanders en kleppen) ter plekke zijn opgeslagen en bij dreigend hoogwater handmatig kunnen worden opgezet.

### 4.2 Faalkansanalyse

#### 4.2.1 Kans op niet-sluiten per afzonderlijke doorgang.

Aangenomen is dat de demontabele kering geen elektrische of anderszins aangedreven onderdelen heeft. De kans op niet-sluiten per doorgang/klep door falen van het hoogwater-alarmeringssysteem (HAS), mobilisatie (MOB), bediening (BED) en technische storing (STO) is bepaald aan de hand van de scoretabellen volgens de gedetailleerde methode van de Leidraad Kunstwerken 2003 [ref. 3].

Kans op niet-sluiten door falen per doorgang/klep [1/vraag]			
HAS	MOB	BED	STO
$10^{-5,5} = 3,16E-06$ (1/316.000)	$10^{-4} = 1,00E-04$ (1/31.600)	$10^{-3,5} = 3,16E-04$ (1/3.160)	$10^{-2,5} = 3,16E-03$ (1/316)

Tabel 4.2 Kans op niet sluiten per doorgang/klep volgens gedetailleerde methode Leidraad Kunstwerken

De kans op falen door technische storing (STO) van de afzonderlijke doorgangen/kleppen, de drie secties en het totale systeem is bepaald op basis van foutenbomen.

#### 4.2.2 Kans op niet-sluiten totale systeem.

Voor het totale systeem zijn drie sets foutenbomen gemaakt voor elementen met een doorgangen/kleppen van 2 m, 5 m en 10 m. Van deze drie sets zijn de faalkansen per sectie



en voor het totale systeem berekend. Daarbij zijn per doorgang de kansen op niet-sluiten van Tabel 4.2 gehanteerd. De uit de foutenbomen voortvloeiende faalkansen voor technische storing (STO) per sectie en voor het totale systeem zijn samengevat in Tabel 4.3.

Breedte doorgange n/ kleppen	Kans op niet-sluiten door Technisch falen (STO) [1/vraag]			
	VVV (L = 40 m)	Oude Haven (L = 160 m)	Nieuwe Haven (L = 160 m)	Totaal (L = 360 m)
2 m	1,98E-02	7,97E-03	7,79E-03	3,63E-02 (1/30)
5 m	7,97E-03	3,20E-03	3,20E-03	1,53E-02 (1/65)
10 m	3,99E-03	1,60E-03	1,60E-03	8,17E-03 (1/120)

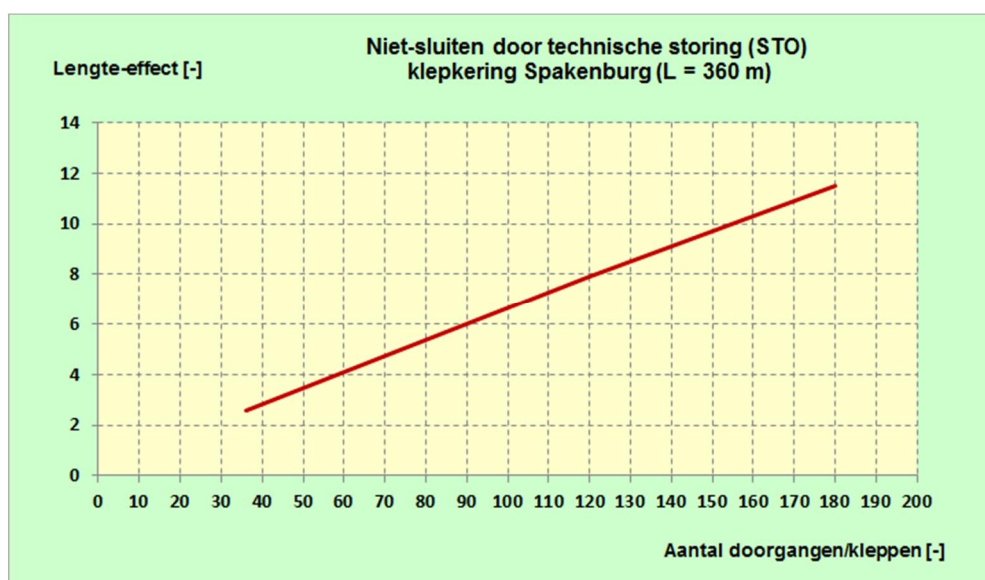
Tabel 4.3 Kans op niet sluiten door technisch falen (STO) inclusief lengte-effect bij verschillende breedten van de doorgangen/kleppen

Op basis van Tabel 4.2 is per doorgang/klepbreedte de bijbehorende factor ter verdiscontering van het lengte-effect berekend. Daarbij is er van uitgegaan dat de kans op falen door technische storing (STO) van één afzonderlijke doorgang/klep gelijk is aan 3,16E-03 (1/316) per vraag. Het resultaat is weergegeven in Tabel 4.4.

Breedte doorgange n/ kleppen	Lengte-effect voor kans op niet-sluiten door Technische storing (STO) [-]			
	VVV (40 m)	Oude Haven (160 m)	Nieuwe Haven (160 m)	Totaal (360 m)
2 m	6,3	2,5	2,5	11,5
5 m	2,5	1,0	1,0	4,8
10 m	1,3	0,5	0,5	2,6

Tabel 4.4 Lengte-effect voor technisch falen (STO) bij verschillende breedten van de doorgangen/kleppen

Het lengte-effect is voor het totale systeem weergegeven als functie van het aantal doorgangen weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Lengte-effect voor technisch falen als functie van het aantal doorgangen

### 4.3 Conclusies

Middels een generiek toepasbare methode die aansluit bij de geavanceerde benadering uit de Leidraad Kunstwerken 2003 [3] zijn faalkansen berekend voor het niet-sluiten van het systeem van demontabele keringen in de kern van Spakenburg met een totale lengte van 360 m. Daarbij zijn drie varianten doorgerekend, met doorgangen met een breedte 2 m, 5 m of 10 m) en met daarin per doorgang een klep met staanders als demontabele kering.

De kans op niet-sluiten door het falen de hoogwateralarmering, mobilisatie, bediening of technische storing van één enkele doorgang is bepaald volgens de gedetailleerde methode van [3]. Vervolgens is met behulp van specifieke software de kans op falen door technische storing van het hele systeem berekend. Daarbij is tevens rekening gehouden met de correlaties tussen (on)afhankelijke gebeurtenissen. De berekende faalkans van het totale systeem varieert tussen 1/30 (180 doorgangen van 2 m), 1/65 (72 doorgangen van 5 m) en 1/120 (36 doorgangen van 10 m) per sluitvraag.

## 5 Referenties

- [1] WTI 2017 Kunstwerken -Toetsspoorrapport Betrouwbaarheid Sluiting  
Deltares rapport 1220087-002-GEO-0009, Versie D1, 30 december 2015, definitief
  
- [2] WTI 2017 Cluster Toetsregels Kunstwerken  
Schematiseringshandleiding faalmechanisme niet sluiten  
Deltares rapport 1220087-002-GEO-0002, Versie D1, 14 december 2015, definitief
  
- [3] Leidraad Kunstwerken  
Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen  
Mei 2003
  
- [4] Demontabele keringen  
Aanbevelingen ter verbetering van de Leidraad Kunstwerken  
Definitief rapport 9W5475.C0  
Royal Haskoning, 8 juli 2011
  
- [5] Betrouwbaarheid sluiting demontabele keringen Limburg –  
faalkansen VNK2 en opmaat WTI2017  
Memo M2014-03-03-4  
Bob van Bree en Rob Delhez, 23 juli 2015
  
- [6] Faalkansanalyse waterkering Spakenburg  
Arcadis, memo 077959661:F  
10 oktober 2014

## A Risicoregister

Risicoregister demontabele keringen Limburg

Versie 1-12-2014  
 Opstellers: William van Ruiten (waterschap Peel en Maasvallei)  
 Bert Smeets (waterschap Peel en Maasvallei)  
 Rinus Potter (waterschap Roer en Overmaas)  
 Yvonne van Kruchten (waterschap Roer en Overmaas)  
 Juus Teensma (waterschap Roer en Overmaas)

Rob Delhez (projectbureau VNK)  
 Fred Havinga (projectbureau VNK)  
 Bob van Bree (projectbureau VNK)

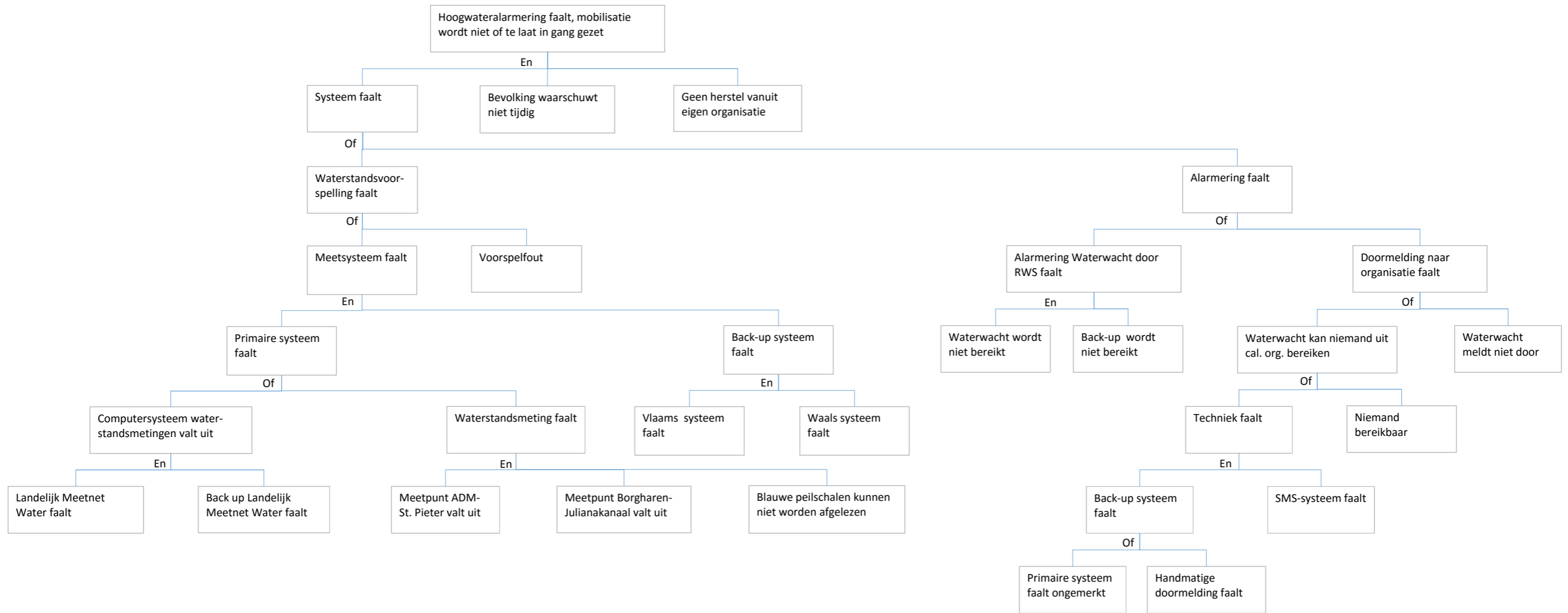
blauw = berekende waarde  
 zwart = in te vullen

Nr.	Aspect	Gebeurtenis	Oorzaak	Gevolg	Kans klasse (k)	Gevolg klasse (g)	Score (kxg)	Rang	Beheersmaatregelen	opmerkingen
A01	Alarmering	Zowel het Landelijk Meetnet Water als de back-up van het Landelijk Meetnet falen	Computerstoring / virus / gehackt / ...	Geen of te late waarschuwing door RWS, mobilisatie wordt niet of later in gang gezet	1	3	3	31	Gebruik maken van meetnet WPM	Meetnet van WPM geeft melding bij 800 m3/sec
A02	Alarmering	SMS-systeem en back-up systeem falen	Storing in systeem / stroomstoring / virus / gehackt / ...	Geen waarschuwing door RWS, mobilisatie wordt niet in gang gezet	1	2	2	35	Volgens mij komt er dan wel een melding van RWS	SMS alert is niet van RWS maar WPM
A03	Alarmering	Waterwacht meldt alarmering niet door	Telefoon uit / batterij leeg / lag te slapen / ...	Mobilisatie wordt niet in gang gezet	2	4	8	11	Hoogwater berichtgeving zelf volgen op actuele waterdata	Coördinator hoogwaterloods volgt altijd de berichtgeving thuis
A04	Alarmering	Waterwacht kan niemand uit de calamiteitenorganisatie bereiken	Carnaval / storing mobiele telefonie / ...	Mobilisatie wordt te laat in gang gezet	1	4	4	24	Belboom opzetten met verplicht karakter (bindingsdienst opleggen en betalen)	Heb ik nog nooit meegemaakt medewerkers zijn erg betrokken bij hoogwater Maas
A05	Alarmering	Alle RWS meetpunten vallen uit	Stroomstoring / ...	Mobilisatie wordt niet of te laat in gang gezet	2		0	37	Contact opnemen met het nautischcentrum van RWS	ten tijde van hoogwater Maas bel ik regelmatig zelf
A06	Alarmering	Blauwe peilschalen kunnen niet worden afgelezen	Niemand beschikbaar	Mobilisatie wordt niet of te laat in gang gezet	1	4	4	24	Peilschalen van WPM aflezen	Dat alle peilschalen n iet kunnen worden afgelezen is geen realistische zaak
A07	Alarmering	Bevolking waarschuwt niet	Kering in landelijk gebied / hoogwater komt 's nachts	Mobilisatie wordt te laat in gang gezet	2	2	4	24		Riolering Maastricht is laatste 'meldpunt' van 1000 m3/s, gaat dus nooit onopgemerkt
A08	Alarmering	Voorspelling onderschat de werkelijke afvoer	Iedere voorspelling kent een bandbreedte	Mobilisatie wordt te laat in gang gezet	3	2	6	15	Calamiteitenorg acteert op voorspelling maar staat gesteld voor maximum	Is al zo
A09	Alarmering	Herstel vanuit eigen organisatie faalt	Waterstanden worden niet actief gevolgd in organisatie	Mobilisatie wordt niet of te laat in gang gezet	1	4	4	24		Waterstanden worden middels diverse apps en nieuwssites gevolgd door velen in de calamiteiten organisatie
M01	Mobilisatie	Locatie niet meer bereikbaar door hoogwater	Mobilisatie te laat in gang gezet	Materiaal kan niet op locatie komen	3	4	12	2	Tijdig starten met alle werkzaamheden Vervoer over water of door lucht stand by	Heb ik nog nooit meegemaakt
M02	Mobilisatie	Locatie niet bereikbaar door wegwerkzaamheden	Wegwerkzaamheden door provincie of gemeente	Materiaal kan niet op locatie komen	2	4	8	11	Tijdig contact opnemen met wegbeheerder Wegbeheerder in hoogwaterseizoen wegwerkzaamheden melden bij waterschap icm actieve monitoring door waterschap Alternatieve routes opnemen in	Heb ik nog nooit meegemaakt gemeente en of provincie hebben ook alle belang bij de waterkering dat die gesloten wordt. Locaties moeten ook bereikbaar zijn voor hulpdiensten.
M03	Mobilisatie	Vrachtwagen vast in verkeer	File / ongeval gebeurd	Materiaal kan niet op locatie komen	2	3	6	15	Direct contact opnemen met de hoogwaterloods daarna reserve materiaal inzetten	We hebben best wel wat reserve materiaal op voorraad liggen voor die situaties. Gelukkig nog nooit meegemaakt
M04	Mobilisatie	Vrachtwagen valt uit door ongeval / defect	Technische storing / ongeluk	Materiaal kan niet op locatie komen	3	3	9	3	Direct contact opnemen met de hoogwaterloods daarna reserve materiaal inzetten	We hebben best wel wat reserve materiaal op voorraad liggen voor die situaties. Gelukkig nog nooit meegemaakt
M05	Mobilisatie	Onvoldoende vrachtwagens of chauffeurs beschikbaar	Waakvlamcontract wordt niet nagekomen door aannemer	Materiaal kan niet op locatie komen	1	3	3	31	Contact opnemen met andere contractant. In geval van nood kan waterschap materieel vorderen	Er zijn gelukkig meer als twee tranporteurs in Nederland / Limburg
M06	Mobilisatie	Verkeerde rek meegenomen of rek op verkeerde plaats gelost	Niet goed gecodeerd / verkeerd meegegeven in loods	Te weinig materiaal op locatie, kering kan slechts ten dele worden opgebouwd	3	3	9	3	Juiste rek als nog nabringen	We hebben voldoende tijd om op te bouwen, dus nabringen moet kunnen.
M07	Mobilisatie	Rek blijkt op locatie te weinig materiaal te bevatten	Rek niet juist gevuld in loods	Te weinig materiaal op locatie, kering kan slechts ten dele worden opgebouwd	2	3	6	15	Ontbrekende materialen nabringen	Is nog nooit voorgekomen rekken zijn tot in den treure gecontroleerd.
M08	Mobilisatie	Materiaal afwijkende keringen wordt niet op juiste locatie afgeleverd	Niet goed gecodeerd / verkeerd meegegeven in loods	Geen materiaal op locatie afwijkende kering en niet op betreffende locatie, kering kan niet worden opgebouwd	3	3	9	3	Reserve materiaal afwijkende keringen nabringen	Ook van dat type kering hebben wij reserve materialen voor handen.
M09	Mobilisatie	Locatie niet meer bereikbaar door hoogwater	Mobilisatie te laat in gang gezet	Personeel kan niet op locatie komen	1	3	3	31	Andere route kiezen of speciaal vervoer regelen dat wel door het water kan rijden of varen.	Wellicht is er een alternatieve route voor handen.
M10	Mobilisatie	Locatie niet bereikbaar door wegwerkzaamheden	Wegwerkzaamheden door provincie of gemeente	Personeel kan niet op locatie komen	2	3	6	15	Andere vervoermiddelen kiezen	Nog nooit meegemaakt.
M11	Mobilisatie	Auto vast in verkeer en te ver om te lopen	File / ongeval gebeurd	Personeel kan niet op locatie komen	2	3	6	15	Aannemer inschakelen	Personeel komt nooit met een auto
M12	Mobilisatie	Personeel valt uit door ongeval / ziekte	Ongeluk, ziekte	Personeel kan niet op locatie komen	2	3	6	15	Aannemer inschakelen idem bouwploegleider	Indien niet anders kan langer doorwerke of leger inzetten
M13	Mobilisatie	Onvoldoende personeel gemobiliseerd	Gebrekkige voorbereiding / massale ziekte	Te weinig personeel op locatie	1	3	3	31	Aannemer en of leger inzetten	Zorgen voor goede contacten met externen
B01	Bediening	Verkeerd geplaatst element wordt niet waargenomen bij afname	Gebrekkige of geen afname	Bezwijken element, kering faalt deels	2	3	6	15	Noodkering plaatsen / aanbrengen Faalkans door slechte afname verkleinen door afname trainen, checklists gebruiken	Lijkt mij praktisch bijna niet mogelijk
B02	Bediening	Gereedschap en/of verlichting niet op orde	Slechte voorbereiding	Opbouw kering duurt langer dan voorzien of is helemaal niet mogelijk	2	1	2	35	Reserve gereedschap ophalen = Creeren hersteltijd	Alle gereedschappen worden jaarlijks gecontroleerd voor het hoogwaterseizoen
B03	Bediening	Te weinig hersteltijd om geconstateerde fouten bij plaatsing te herstellen	Mobilisatie te laat in gang gezet of opbouw heeft te lang geduurd	Deel kering faalt	3	3	9	3	Noodkering plaatsen / aanbrengen Creeren hersteltijd	Alles past maar op een manier we moeten het niet erger doen lijken als het is
B04	Bediening	Te weinig hersteltijd om nieuw gereedschap te bemachtigen	Mobilisatie te laat in gang gezet of opbouw heeft te lang geduurd	Opbouw kering duurt langer dan voorzien of is helemaal niet mogelijk	3	3	9	3	Reserve gereedschap waterschap onmiddellijk laten btregelen. Nieuw gereedschap in de regio halen =Creeren hersteltijd	We beschikken over voldoende gereedschap wat standaard bij iedere vakhandel verkrijgbaar is.
B05	Bediening	personeel weet niet wat te doen (WvR)	Onvoldoende voorbereiding	Opbouw kering duurt langer dan voorzien of lukt helemaal niet	1	4	4	24	Training personeel	Systeem is dermate eenvoudig dat ook een ongetraind persoon de kering op kan bouwen



## **B Foutenboom en onderbouwende tabel Alarmering**

# Hoogwateralarmering





Topgebeurtenis	Faalkans	Bron	Toelichting
Subniveau 1	Subniveau 1		
Subniveau 2	Subniveau 2		
Subniveau 3	Subniveau 3		
Subniveau 4	Subniveau 4		
Subniveau 5	Subniveau 5		
Subniveau 6	Subniveau 6		
Subniveau 7	Subniveau 7		
<b>Hoogwateralarmering faalt, mobilisatie wordt niet in gang gezet</b>	<b>1,22E-09</b>	Berekend	-
System faalt	EN	Berekend	-
Waterstandsvoorspelling faalt	1,22E-02	Berekend	-
Voorspelfout	OF	Berekend	-
Meetsysteem faalt	1,00E-02	Risicosessie	-
Primaire systeem faalt	1,00E-07	Berekend	-
Computersysteem waterstandsmetingen valt uit	EN	Berekend	-
Landelijk Meetnet Water faalt	1,00E-04	Risicosessie	-
Back up Landelijk Meetnet Water faalt	OF	Risicosessie	-
Waterstandsmeting en voorspelling faalt	1,11E-07	Berekend	-
Meetpunt ADM-St. Pieter valt uit	EN	Risicosessie	Kans dat alle meetpunten uitvallen is ingeschat als 10E-04
Meetpunt Borgharen-Julianakanaal valt uit	3,33E-02	Risicosessie	
Blauwe peilschalen kunnen niet worden afgelezen	3,33E-02	Risicosessie	
Back-up systeem faalt	1,00E-04	Risicosessie	
Vlaams systeem faalt	EN	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Waals systeem faalt	OF	-	Bovenliggende gebeurtenis ingeschat, geen faalkans bepaald
Alarmering faalt	2,20E-03	Berekend	-
Alarmering Waterwacht door RWS faalt	OF	Berekend	-
Waterwacht wordt niet bereikt	1,00E-04	Berekend	-
Back-up wordt niet bereikt	EN	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Doormelding naar organisatie faalt	1,00E-03	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Waterwacht kan niemand uit cal. org. bereiken	2,10E-03	Berekend	-
Techniek faalt	OF	Berekend	-
SMS-systeem faalt	1,10E-03	Berekend	-
Back-up systeem faalt	OF	Risicosessie	-
Primaire systeem faalt ongemerkt	1,00E-04	Risicosessie	-
Handmatige doormelding faalt	EN	-	Bovenliggende gebeurtenis ingeschat, geen faalkans bepaald tijdens risicosessie
Niemand bereikbaar	OF	-	Bovenliggende gebeurtenis ingeschat, geen faalkans bepaald tijdens risicosessie
Waterwacht meldt niet door	1,00E-03	Risicosessie	-
Bevolking waarschuwt niet tijdig	1,00E-03	Risicosessie	-
Geen herstel vanuit eigen organisatie	1,00E-04	Risicosessie	-

## **C Foutenboom en onderbouwende tabel Mobilisatie**

# Mobilisatie

Mobilisatie mensen of materiaal faalt,  
dem. gering kan niet worden opgebouwd

Logistiek faalt

Herstel faalt

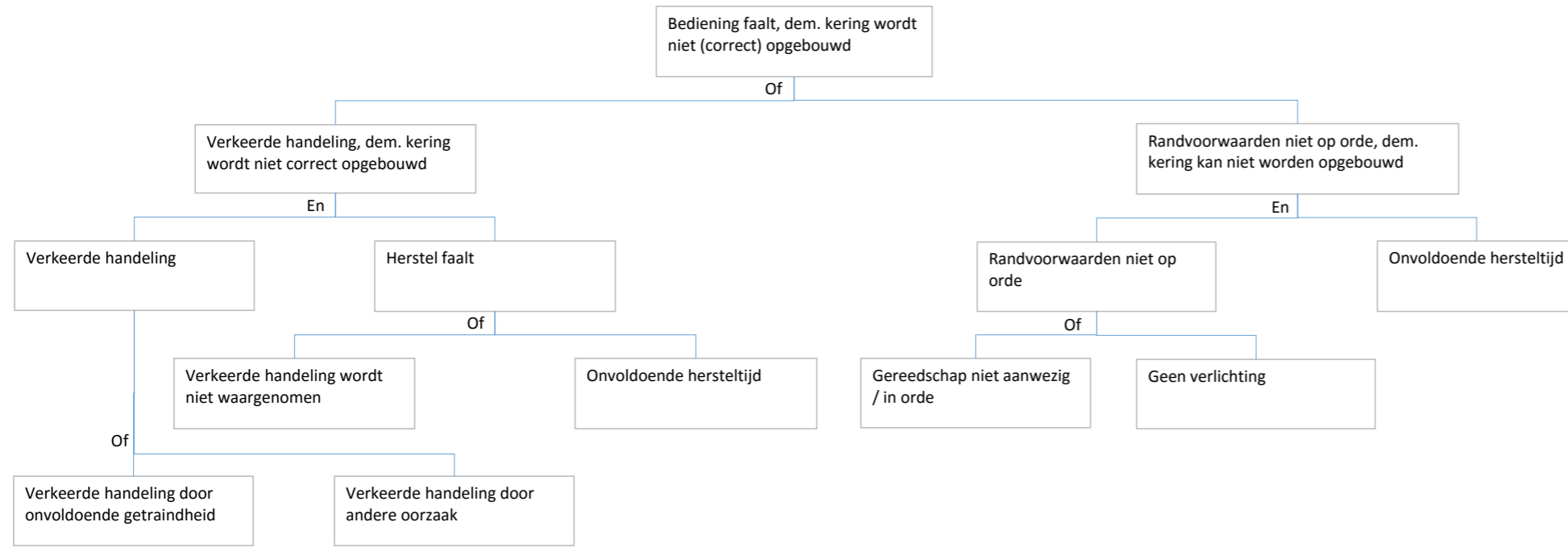
Wel materiaal, geen personeel => herstel mogelijk als opbouw door burgers mogelijk  
Geen materiaal, wel personeel => herstel mogelijk, creatieve oplossingen uitdenken  
Geen materiaal, geen personeel => worst case, herstel mogelijk als opbouw door burgers mogelijk



Topgebeurtenis	Faalkans	Bron	Toelichting
Subniveau 1	Subniveau 1		
Subniveau 2	Subniveau 2		
Subniveau 3	Subniveau 3		
Subniveau 4	Subniveau 4		
Subniveau 5	Subniveau 5		
Subniveau 6	Subniveau 6		
Subniveau 7	Subniveau 7		
<b>Mobilisatie mensen of materiaal faalt, kering kan niet worden opgebouwd</b>	<b>1,40E-03</b>	Berekend	-
Logistiek faalt	EN	Berekend	-
Aanvoer materiaal faalt	1,40E-03 OF	Berekend	-
Geen materiaal op locatie	1,27E-03 OF	Berekend	-
Locatie niet meer bereikbaar door hoogwater	1,03E-03 OF	Berekend	-
Primair transportmiddel strandt vanwege hoogwater	1,00E-03 EN	Risicosessie	-
Alternatief transport faalt	1,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Locatie niet bereikbaar door wegwerkzaamheden	1,00E-01	-	Denk aan boot/amfibievoertuig/legerhelicopter, via Veiligheidsregio te mobiliseren
Primaire route gestremd door wegwerkzaamheden	1,00E-05 EN	Berekend	-
Geen alternatieve route mogelijk	1,00E-03	Risicosessie	-
Locatie niet bereikbaar door verkeersopstopping	1,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Primair transportmiddel vast in verkeer	2,00E-07 EN	Berekend	-
Herstel faalt	1,00E-03	Risicosessie	-
Ontzetten primair transportmiddel faalt	2,00E-04 EN	Berekend	-
Inzet alternatief transportmiddel faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Aanvoer reservemateriaal via alternatieve route faalt	2,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Technisch defect aan primair transportmiddel	2,00E-05 EN	Berekend	-
Primair transportmiddel valt uit door ongeval of defect	1,00E-02	Risicosessie	-
Herstel faalt	2,00E-03 EN	Berekend	-
Inzet alternatief transportmiddel faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Aanvoer reservemateriaal faalt	2,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Te weinig transportmiddelen beschikbaar	1,00E-07 EN	Berekend	-
Onvoldoende vrachtwagens beschikbaar	1,00E-04	Risicosessie	-
Herstel faalt	1,00E-03 EN	Berekend	-
Geen andere vrachtwagens beschikbaar	1,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Geen andere wijzen van transport mogelijk	1,00E-01	-	Waterschap kan materieel vorderen in geval van nood Bijvoorbeeld met personenauto's van personeel waterschappen
Te weinig materiaal op locatie	2,20E-04 EN	Berekend	-
Te weinig/verkeerd materiaal meegenomen	1,10E-02 OF	Berekend	-
Verkeerde rek meegenomen	1,00E-02	Risicosessie	-
Rek niet juist gevuld in loads	1,00E-03	Risicosessie	-
Aanvoer reservemateriaal faalt	2,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Verkeerd materiaal op locatie	2,00E-05 EN	Berekend	-
Materiaal afwijkende keringen niet op juiste locatie	1,00E-02	Risicosessie	-
Herstel faalt	2,00E-03 EN	Berekend	-
Herstelactie aanvoer juiste materiaal faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Aanvoer reservemateriaal faalt	2,00E-02	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Aanvoer benodigde menskracht faalt	1,31E-04 OF	Berekend	-
Locatie niet meer bereikbaar door hoogwater	1,00E-05 EN	Berekend	-
Primair vervoermiddel strandt vanwege hoogwater	1,00E-04	Risicosessie	-
Alternatief vervoer faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Locatie niet bereikbaar door wegwerkzaamheden	1,00E-05 EN	Berekend	-
Primaire route gestremd door wegwerkzaamheden	1,00E-03	Risicosessie	-
Geen alternatieve route mogelijk	1,00E-02	Risicosessie	-
Locatie niet bereikbaar door verkeersopstopping	1,00E-06 EN	Berekend	-
Primair vervoermiddel vast in verkeer	1,00E-03	Risicosessie	-
Herstel faalt	1,00E-03 EN	Berekend	-
Ontzetten primair vervoermiddel faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Inzet alternatief vervoermiddel faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Aanvoer reservepersoneel via alternatieve route faalt	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Technisch defect aan primair vervoermiddel	2,00E-07 EN	Berekend	-
Primair vervoermiddel valt uit door ongeval of defect	1,00E-02	-	Zelfde kans aangehouden als kans op uitval vrachtwagen
Herstel faalt	2,00E-05 EN	Berekend	-
Inzet alternatief vervoermiddel faalt	1,00E-03	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Aanvoer reservepersoneel faalt	2,00E-02	-	Orde kleiner aangehouden dan kans op falen inzet vrachtwagen, personenauto makkelijker te mobiliseren Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Te weinig menskracht beschikbaar	1,10E-04 OF	Berekend	-
Uitval van personeel	1,00E-04 EN	Berekend	-
Personeel valt uit door ongeval of ziekte	1,00E-03	Risicosessie	-
Geen reserveploeg beschikbaar	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Onvoldoende personeel gemobiliseerd	1,00E-05 EN	Berekend	-
Onvoldoende personeel gemobiliseerd	1,00E-04	Risicosessie	-
Geen reserveploeg beschikbaar	1,00E-01	-	Inschatting door auteurs rapport, afhankelijk van beschikbare hersteltijd
Herstel faalt	1,00E+00	-	Geen kans op herstel meegenomen als mobilisatie faalt

## **D Foutenboom en onderbouwende tabel Bediening**

Bediening

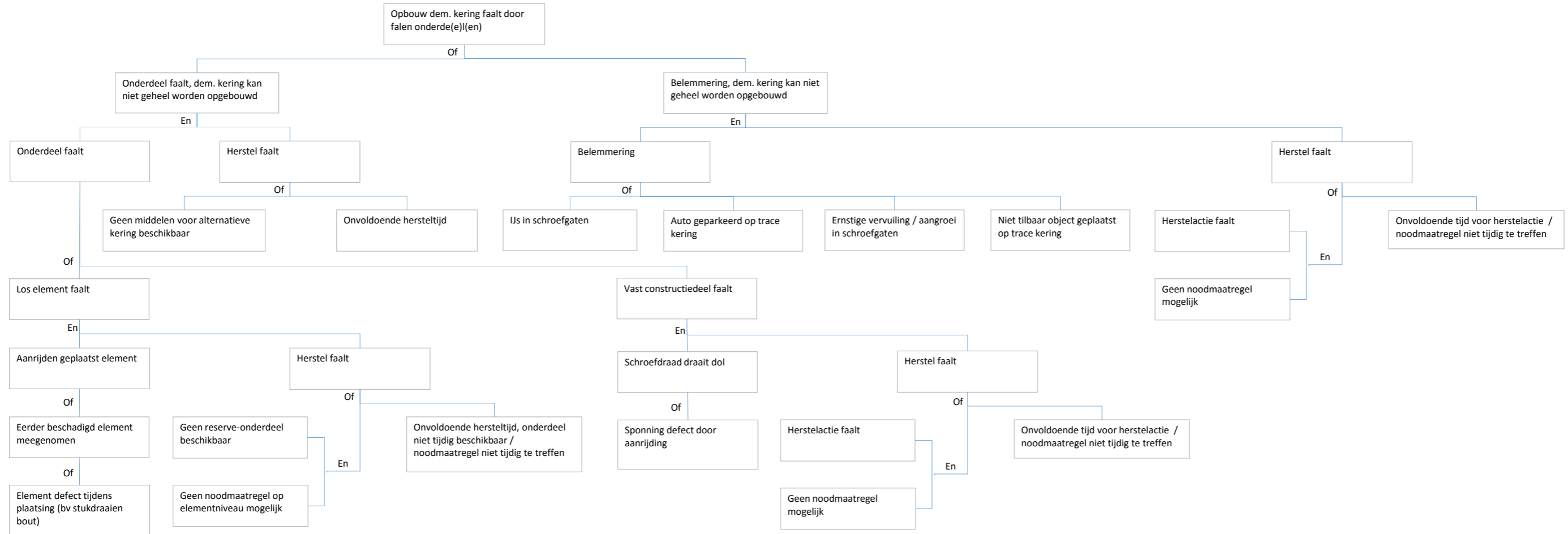


Topgebeurtenis	Faalkans	Bron	Toelichting
Subniveau 1	Subniveau 1		
Subniveau 2	Subniveau 2		
Subniveau 3	Subniveau 3		
Subniveau 4	Subniveau 4		
Subniveau 5	Subniveau 5		
Subniveau 6	Subniveau 6		
Subniveau 7	Subniveau 7		
<b>Bediening faalt, demontabele kering wordt niet (correct) opgebouwd</b>	<b>1,31E-04</b>	Berekend	-
Verkeerde handeling, dem. kering wordt niet correct opgebouwd	<b>OF</b>	Berekend	-
Verkeerde handeling	1,21E-04 EN	Berekend	-
Personeel onvoldoende getraind	1,10E-02 OF	Risicosessie	-
Andere oorzaak	1,00E-03		- Inschatting door auteurs rapport, geen nadere onderbouwing beschikbaar
Herstel faalt	1,00E-02	Berekend	-
Verkeerde handeling wordt niet waargenomen	1,10E-02 OF	Risicosessie	-
Herstel faalt vanwege onvoldoende hersteltijd	1,00E-02	Risicosessie	-
Randvoorwaarden niet op orde, dem. kering kan niet worden opgebouwd	1,00E-05 EN	Berekend	-
Randvoorwaarden niet op orde	1,00E-03	Risicosessie	-
Gereedschap niet aanwezig / op orde		-	Bovenliggende gebeurtenis ingeschat, geen faalkans bepaald tijdens risicosessie
Geen verlichting		-	Bovenliggende gebeurtenis ingeschat, geen faalkans bepaald tijdens risicosessie
Herstel faalt vanwege onvoldoende hersteltijd	1,00E-02	Risicosessie	-

## **E Foutenboom en onderbouwende tabel Technisch falen**



Technisch falen



Topgebeurtenis	Faalkans	Bron	Toelichting
Subniveau 1	Topgebeurtenis		
Subniveau 2	Subniveau 1		
Subniveau 3	Subniveau 2		
Subniveau 4	Subniveau 3		
Subniveau 5	Subniveau 4		
Subniveau 6	Subniveau 5		
Subniveau 7	Subniveau 6		
<b>Opbouw dem. kering faalt door falen onderde(e)l(en)</b>	<b>3,16E-04</b>	Berekend	-
Onderdeel faalt, dem. kering kan niet geheel worden opgebouwd	<b>OF</b>	Berekend	-
Onderdeel faalt	8,48E-05	Berekend	-
Los element faalt	EN	Berekend	-
Element faalt	4,24E-04	Berekend	-
Aanrijden geplaatst element	OF	Berekend	-
Eerder beschadigd element meegenomen	3,03E-04	Berekend	-
Element defect tijdens plaatsing (bv stukdraaien bout)	EN	Berekend	-
Herstel faalt	3,00E-02	Berekend	-
Herstelactie faalt	OF	Berekend	-
Geen reserve-onderdeel beschikbaar	1,00E-02	Risicosessie	-
Geen noodmaatregel op elementniveau mogelijk	1,00E-02	Risicosessie	-
Onvoldoende hersteltijd, onderdeel niet tijdig beschikbaar / noodmaatregel niet tijdig te treffen	1,00E-02	Risicosessie	-
Vast constructiedeel faalt	1,01E-02	Berekend	-
Vast constructiedeel faalt	OF	Berekend	-
Schroefdraad draait dol	1,00E-04	Berekend	-
Sponning defect door aanrijding	EN	Berekend	-
Herstel faalt	1,10E-02	Berekend	-
Herstelactie faalt	OF	Berekend	-
Herstelactie faalt	1,00E-03	Berekend	-
Geen noodmaatregel mogelijk	EN	Berekend	-
Onvoldoende tijd voor herstelmaatregel, noodmaatregel niet tijdig te treffen	1,00E-02	Berekend	-
Herstel faalt	2,00E-01	Berekend	-
Geen middelen voor alternatieve kering beschikbaar	OF	Berekend	-
Onvoldoende hersteltijd	1,00E-01	Berekend	-
Belemmering, dem. kering kan niet geheel worden opgebouwd	2,31E-04	Berekend	-
Belemmering	EN	Berekend	-
IJs in schroefgaten	2,10E-02	Berekend	-
Auto geparkeerd op trace kering	OF	Berekend	-
Ernstige vervuiling / aangroei in schroefgaten	5,00E-04	Risicosessie	Gezamenlijke kans van ijs en vervuiling is ingeschat als 10E-03
Niet tilbaar object geplaatst op trace kering	1,00E-02	Risicosessie	-
Herstel faalt	1,10E-02	Berekend	-
Herstelactie faalt	OF	Berekend	-
Herstelactie faalt	1,00E-03	Berekend	-
Geen noodmaatregel mogelijk	EN	Berekend	-
Onvoldoende tijd voor herstelmaatregel, noodmaatregel niet tijdig te treffen	1,00E-02	Berekend	-

## **F Faalkansen $P_{ns}$ ten behoeve van project VNK**

Lengte	Aspect	Eigenschappen demontabele kering			
		1	2	3	4
l<30 m	Alarmering	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09
	Mobilisatie	1,40E-03	1,40E-03	3,93E-04	3,93E-04
	Bediening	3,20E-05	3,20E-05	3,20E-05	3,20E-05
	Technisch falen	2,16E-04	4,13E-05	2,16E-04	4,13E-05
	<b>Totaal</b>	<b>1,65E-03</b>	<b>1,47E-03</b>	<b>6,41E-04</b>	<b>4,66E-04</b>
30<l<100 m	Alarmering	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09
	Mobilisatie	1,40E-03	1,40E-03	3,93E-04	3,93E-04
	Bediening	5,58E-05	5,58E-05	5,58E-05	5,58E-05
	Technisch falen	2,74E-04	5,43E-05	2,74E-04	5,43E-05
	<b>Totaal</b>	<b>1,73E-03</b>	<b>1,51E-03</b>	<b>7,23E-04</b>	<b>5,03E-04</b>
100<l<300 m	Alarmering	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09
	Mobilisatie	1,40E-03	1,40E-03	3,93E-04	3,93E-04
	Bediening	1,31E-04	1,31E-04	1,31E-04	1,31E-04
	Technisch falen	3,16E-04	9,58E-05	3,16E-04	9,58E-05
	<b>Totaal</b>	<b>1,85E-03</b>	<b>1,63E-03</b>	<b>8,40E-04</b>	<b>6,20E-04</b>
300<l<1000 m	Alarmering	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09
	Mobilisatie	1,40E-03	1,40E-03	3,93E-04	3,93E-04
	Bediening	3,69E-04	3,69E-04	3,69E-04	3,69E-04
	Technisch falen	4,47E-04	2,27E-04	4,47E-04	2,27E-04
	<b>Totaal</b>	<b>2,22E-03</b>	<b>2,00E-03</b>	<b>1,21E-03</b>	<b>9,89E-04</b>
l>1000 m	Alarmering	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09	1,22E-09
	Mobilisatie	1,40E-03	1,40E-03	3,93E-04	3,93E-04
	Bediening	1,12E-03	1,12E-03	1,12E-03	1,12E-03
	Technisch falen	8,61E-04	6,14E-04	8,61E-04	6,14E-04
	<b>Totaal</b>	<b>3,38E-03</b>	<b>3,13E-03</b>	<b>2,37E-03</b>	<b>2,13E-03</b>

- 1 Dem. kering niet hoogwatervrij gelegen, tracé wel gevoelig voor niet-tilbare objecten
- 2 Dem. kering niet hoogwatervrij gelegen, tracé niet gevoelig voor niet-tilbare objecten
- 3 Dem. kering hoogwatervrij gelegen, tracé wel gevoelig voor niet-tilbare objecten
- 4 Dem. kering hoogwatervrij gelegen, tracé niet gevoelig voor niet-tilbare objecten

## **G** Verslag veldbezoek



**Aan:** Projectbureau VNK2 / Ws Peel en Maasvallei /  
Ws Roer en Overmaas

**Van:** Rob Delhez / Bob van Bree

**Onderwerp:** Verslag proefsluitingen demontabele keringen Limburg

**Kenmerk:** -

**Status:** Definitief

**Datum:** 06-10-2014

## Inleiding

Binnen het project VNK2 worden de Limburgse dijkringen ook beschouwd middels een analyse. Onderdeel hiervan is een analyse van het systeem van demontabele keringen zoals toegepast bij de twee Limburgse waterschappen. Deze analyse is gericht op het vaststellen van de parameter  $P_{ns}$ , ofwel de betrouwbaarheid van de sluiting.

Naast het verzamelen van harde data over de demontabele keringen, wordt ook de praktijk van de sluiting van deze keringen meegenomen in de analyse. Onderdeel hiervan is het bijwonen van een tweetal proefsluitingen van het systeem van demontabele keringen. Op 15 september 2014 is een proefsluiting van het waterschap Roer en Overmaas bijgewoond. Op 23 en 24 september 2014 is de proefsluiting van Peel en Maasvallei bezocht.

Per waterschap wordt hieronder verslag gedaan van de proefsluiting, zoals waargenomen door de medewerkers van VNK.

## Roer en Overmaas

Datum: 15 september 2014

Aanwezig vanuit VNK: R. Delhez en B. van Bree

Aanwezig vanuit waterschap: Rinus Potter, Yvonne van Kruchten (en anderen)

## Start

Om 8 uur is er verzameld in de schotbalkloods te Sittard (Rijksweg Noord 305), alwaar eerst een startbespreking met de betrokkenen plaatsvond. Het geheel van alarmering en mobilisatie is niet geoefend, de dag was in de agenda's van betrokkenen vastgelegd. Ook de aannemers waarmee zogenaamde waakvlamcontracten bestaan, waren aanwezig. Zij leverden met name de benodigde handen voor het plaatsen van de demontabele keringen. Bij de bespreking werden de locaties besproken waar sluiting zou plaatsvinden en werden de voormannen aangewezen. Per locatie is in het hoogwaterdraiboek een factsheet aanwezig met locatie-aanduiding, routebeschrijving, benodigde mankracht, benodigd materieel, benodigd materiaal, beschikbare tijd voor transport en opbouw, specifieke detailpunten bij de opbouw van die locatie.

Na de bespreking is het materiaal voor de eerste locatie op een aanhanger geladen en naar de locatie toe gereden.



Door het waterschap is nog een rondleiding in de loods gegeven, waarbij het volgende geconstateerd is:

- Eerst stonden de materialen van de demontabele keringen van het waterschap verspreid over drie locaties. Sinds kort is alles samengebracht in de loods in Sittard.
- Er zijn vele mobiele pompen beschikbaar met verschillende capaciteiten, waarvan sommige vrij frequent en andere zelden worden ingezet.
- De materialen voor de mobiele keringen staan strak geordend in rekken in de loods. Per locatie zijn een aantal rekken aanwezig. De rekken zijn dusdanig gestapeld dat de mobiele keringen die het eerst gesloten moeten worden zich bovenop de stapelingen bevinden. De rekken zijn gelabeld met een locatie-aanduiding en een nummer.
- Er is een werkplaats in de loods aanwezig, waar reparaties ed kunnen worden uitgevoerd
- Voor het hoogwaterseizoen worden alle locaties van demontabele wanden nog eens nagelopen, om eventuele gebreken te herstellen en waar nodig blokkades te verwijderen (bv onkruid, struikgewas).

### Eerste locatie

De eerste locatie betrof de Waterpoort in Maastricht. Over een lengte van circa 64 m is hier een demontabele wand opgebouwd met een hoogte van 80 cm. Het systeem van deze demontabele kering wijkt enigszins af van het systeem wat voor de rest binnen het waterschap Roer en Overmaas wordt toegepast. Dat komt omdat het systeem van de Waterpoort is overgenomen van de gemeente Maastricht. Producent van het systeem is overigens hetzelfde als van de overige demontabele keringen. Op de locatie is een verkeersregelaar aanwezig (ingehuurd door het waterschap), die ervoor zorgt dat voet- fiets (veel aanwezig) en wegverkeer (nauwelijks aanwezig) niet de plaatsing van de demontabele wand verstoort.

Er zijn meerdere bakken met bevestigings-materiaal en materieel aanwezig. Indruk is dat er voldoende reserve is. Het bevestigingsmaterieel (ringsleutel, steeksleutel, dopsleutel) is materieel wat bij elke doe-het-zelf zaak verkregen kan worden. Er is ook nog een gemotoriseerde kruiwagen aanwezig, waarop zich een compressor en generator bevindt. Hiermee kan bijvoorbeeld vervuiling van de fundaties worden weggeblazen.

Het systeem bestaat uit aluminium staanders die op fundaties in de kade worden vastgezet met een viertal bouten. Hiertussen worden aluminium schotbalken geplaatst, welke door menskracht verplaatst en geplaatst kunnen worden. Sommige schotbalken hebben aan de onderzijde een rubberen rand, welke bedoeld is om oneffenheden in het straatwerk op te vangen en te zorgen voor een goede aansluiting met dit straatwerk. Het betreft hier dus de onderste schotbalken. De stapeling van de schotbalken in de rekken is dusdanig dat per laag een drempelbalk aanwezig is en een viertal gewone schotbalken. Middels elke laag op het rek kan een opening van de demontabele wand gesloten worden.



*Figuur 1 Stapeling van schotbalken op een rek*

Als de kerende hoogte mbv de schotbalken is bereikt worden de schotbalken aan weerszijde middels een klemconstructie verticaal verankerd. Aangezien ter plaatse van de Waterpoort een U-vormige knik in lengterichting van de wand aanwezig is, zitten er een aantal elementen bij die specifiek voor deze U-vormige knik bedoeld zijn. Het gaat hierbij om een tweetal staanders, een viertal eindschotten en 20 schotbalken. Deze laatste hebben afwijkende afmetingen en zijn weer onder te verdelen in een tweetal lengten. De afwijkende afmetingen zijn apart gemarkeerd.



*Figuur 2 U-knik in de wand ter plaatse van de Waterpoort. De hoekstaanders zijn afwijkend en er zijn een tweetal eindschotten te zien*

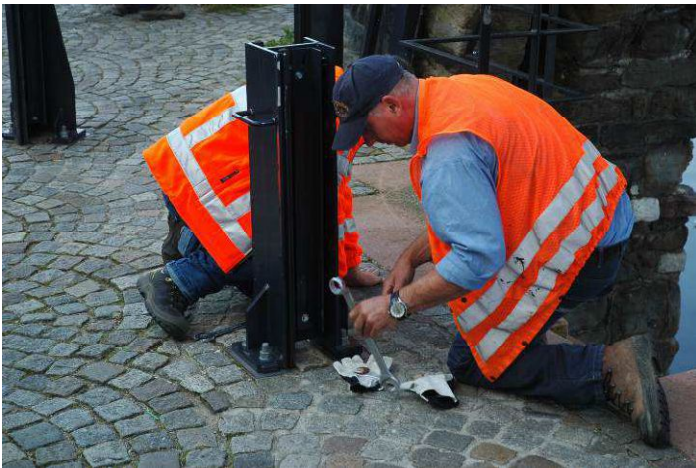
Het plaatsen van de staanders gaat als volgt:

1. Met behulp van een sleutel (ringsleutel, steeksleutel, dopsleutel) worden per staander de dekseltjes van de bevestigingspunten van de fundatie losgemaakt. In meerdere gevallen is het nodig om na het losdraaien van de verbinding nog met een houten hamer op de dekseltjes te slaan om ze los te krijgen. Als gevolg van vuil zitten ze nog wel eens vast, ondanks dat ze vooraf zijn schoongebazen met de compressor.
2. De staanders, waaraan de bevestigingsmiddelen al vanuit de loods aanwezig zijn, worden op de bevestigingsopeningen geplaatst. Hierbij dient een rechthoekig plaatje aan de onderzijde van iedere bout voor elk van de vier bevestigingsbouten in de juiste richting te worden geplaatst.
3. De bevestiging bestaat uit een viertal rechthoekige plaatjes die in de uitsparingen van de fundatie passen en waaraan aluminium draadeinden zijn gelast. Ten einde een goede verbinding te krijgen moeten de draadeinden in de goede richting worden gezet. Hiertoe is op de kopse kant van de draadeinden een inkeping aangebracht, die uiteindelijk haaks op de lengterichting van de wand moet worden gezet.
4. De draadeinden worden met bouten vastgezet die met een sleutel (ringsleutel, steeksleutel, dopsleutel) worden aangedraaid.





*Figuur 3 Het demonteren van de afdekkapjes van de fundaties*



*Figuur 4 Het monteren van een staander*



*Figuur 5 Draadeinden met plaatjes aan onderzijde staanders (links); inkeping aan bovenzijde draadeind die overeenkomt met richting plaatje (rechts)*

Het plaatsen van de schotbalken gaat eenvoudig middels mankracht. De schotbalken worden tussen de vastgemaakte staanders gebracht en vervolgens middels een klemconstructie in verticale richting geborgd.

Nadat de kering gereed is, neemt een verantwoordelijke namens het waterschap de kering af. Dit houdt in dat deze persoon controleert of de demontabele wand op de juiste wijze geplaatst is en of het materiaal goed vast zit. Eventuele onvolkomenheden worden direct verholpen.

De volgende zaken zijn geconstateerd met betrekking tot het plaatsen van de kering:

- A. De organisatie van het plaatsen op locatie oogt enigszins rommelig. Er lijkt geen sprake van een strak takenpakket per persoon, met als gevolg dat de diverse mensen bepaalde taken in brokjes uitvoeren (bv het vrijmaken van de bevestigingen van een aantal fundaties, daarna weer het plaatsen van een enkele staander, daarna weer het vrijmaken van de bevestigingen etc).
- B. Het plaatsen van de staanders gaat redelijk eenvoudig. Alleen het zorgen voor de juiste stand van de draadeinden blijkt af en toe tot een klein oponthoud (ordegrootte één minuut) te leiden.
- C. De aanduiding op de passtukken (eindschotten) ter plaatse van de Waterpoort is niet eenduidig, wat in eerste instantie leidt tot een foutieve plaatsing van deze schotten. Uiteindelijk is het gevolg van deze foutieve plaatsing zeer beperkt, omdat ook bij foutieve plaatsing nog steeds het water afdoende gekeerd kan worden en de foutieve plaatsing hooguit leidt tot wat lekwater bij de aansluitingen.
- D. De beschrijving van de plaatsing van de coupure bleek erg summier. Nu is het systeem dermate eenvoudig dat met een summiere algemene beschrijving volstaan kan worden, echter bijzonderheden per locatie (zoals hier de plaatsing van de passtukken) verdienen meer aandacht.
- E. Het systeem is bijzonder eenvoudig. Ook met onervaren krachten, onder leiding van een ervaren persoon, is de kering snel op te bouwen.
- F. Het in de boeken opgenomen beschikbare tijdsvenster waarbinnen de kering geplaatst moet zijn, is ruimschoots voldoende. Indien het om het een reële hoogwatersituatie zou gaan, is de kering na het bereiken van de locatie in een uur te plaatsen. In de draaiboeken is er ruim drie uur voor opgenomen.
- G. Fouten bij plaatsing van staanders zijn zeer snel en eenvoudig op te lossen. 'Reparatietijd' van dergelijke fouten liggen tussen de 1 en 5 minuten.
- H. Het oefenen heeft veel nut, omdat iedereen weer even de aandachtspuntjes van het systeem in het echt voor zich krijgt.
- I. De verkeersregelaar zorgt ervoor dat de opbouw niet gestoord/gehinderd wordt. Dat is absoluut een meerwaarde op deze locatie.
- J. De afname van de kering is zorgvuldig. Daadwerkelijke tekortkomingen worden geconstateerd. Het gaat hierbij echter om punten van beperkte urgentie, maar wel goed dat ze geconstateerd worden.

#### Tweede locatie

De tweede locatie betreft een kademuur in Itteren (bij aannemer Bours). De bereikbaarheid van deze demontabele kering is minder eenvoudig. Materieel en materiaal moet vanaf de weg met behulp van (gemotoriseerde) kruitwagens en handkracht plaatsvinden. De specifieke plaatsen zijn bereikbaar middels voetpaden (poortjes). De bij deze oefening op te bouwen kering is 72 m lang en 80 cm hoog. De kering wordt opgebouwd op een metselwerkwand welke is voorzien van een stalen fundatieplaat voor de demontabele wand. Het systeem wijkt zeer beperkt af van het systeem van de Waterpoort. Het betreft hier het systeem dat bij al de andere demontabele wanden in het waterschap aanwezig is.

In dit geval is er geen verkeersregelaar bij betrokken, maar gelet op de locatie is dit ook niet nodig. Een punt wat hier wel aandacht verdient is het feit dat de kering in/langs tuinen opgebouwd moet worden, zodat hier en daar struikgewas en/of potten verwijderd/opzij gezet moeten worden.

Het systeem bestaat uit aluminium staanders die met behulp van een tweetal bevestigingspunten worden vastgemaakt op de stalen onderdempel. Om de bevestigingspunten op de fundatie open te maken dient met behulp van sleutels een afdekplaatje te worden verwijderd.



*Figuur 6 Bevestiging staanders*

Het systeem van de bevestiging bestaat net als bij de Waterpoort uit aluminium draadeinden die op een plaatje zijn gelast. De draadeinden dienen ook hier in een specifieke stand te staan, wil de bevestigingsconstructie daadwerkelijk de staanders vastzetten.

Tussen de staanders worden aluminium schotbalken geplaatst met allemaal dezelfde lengte. Per opening is een van een rubberen strip voorziene schotbalk beschikbaar, welke als onderste schotbalk aangebracht moet worden. Deze schotbalken zijn duidelijk herkenbaar. De schotbalken worden met een klemconstructie in verticale richting geborgd.

De volgende zaken zijn geconstateerd met betrekking tot het plaatsen van de kering:

- A. Het plaatsen van de staanders gaat aanmerkelijk sneller dan bij de Waterpoort. Debet hieraan is de werkhoogte (hoger en daarmee gunstiger), het feit dat per staander slechts één afdekplaatje verwijderd hoeft te worden (wat ook nog eens eenvoudiger gaat) en het feit dat elke staander met twee ipv vier bouten vaststaat.
- B. De opbouw verloopt beter georganiseerd dan bij de Waterpoort. Taken worden eenduidiger uitgevoerd (zelfde persoon blijft zelfde taak uitvoeren totdat dit klaar is).
- C. Bij plaatsing kunnen de staanders net even scheef gemonteerd worden als een 'zoekertje' (lokale verdikking aan onderzijde voetplaat van de staander) niet helemaal in de sparing valt. Dit wordt in enkele gevallen pas geconstateerd als men de schotbalken wil aanbrengen (ze passen niet meer). Het verhelpen van dit euvel duurt slechts een paar minuten.
- D. De 'vervuiling' (struiken, potten) van de fundatie is zeer beperkt.
- E. Het uitlopen van de schotbalken kan vanuit het oogpunt van persoonlijke veiligheid nog verder worden geoptimaliseerd. Bij de oefening was soms een reële mogelijkheid op het botsen van personen met schotbalken, omdat ze een korte bocht met weinig uitzicht moesten maken. Desondanks werden geen helmen gedragen.
- F. De klemconstructie tbv de verticale borging van de schotbalken is ingenieus en snel te plaatsen.
- G. Het systeem is bijzonder eenvoudig.
- H. De afname gaat iets minder secuur als bij de Waterpoort.
- I. Het gebruik van normaal handgereedschap is prima en een bewuste keuze om te voorkomen dat de aluminium bouten en draadeinden stukgedraaid worden. Echter bij gebruik van accugereedschap kan het nog een stukje sneller gaan, waarbij de belasting van de medewerkers ook nog eens afneemt. Bij waterschap Peel en Maasvallei wordt dit al gedaan.

## Peel en Maasvallei

Datum: 23 en 24 september 2014

Aanwezig vanuit VNK: R. Delhez (23 september) en B. van Bree (24 september)

Aanwezig vanuit waterschap: Bert Smeets en Martin Heijmans (en anderen)

### Start

Er wordt om 8:30 uur verzameld door het team dat de kering gaat opbouwen. Dit verzamelen vindt plaats op de eerste opbouwlocatie. Er is dus geen briefing van te voren. Het transport van het materiaal wordt door een van de transporteurs uitgevoerd, waarmee het waterschap een waakvlam-overeenkomst heeft. De transporteur is een tijdje terug geïnformeerd dat in september een oefening wordt gehouden, de datum is hierbij echter niet bekend gemaakt. Op de ochtend van de oefening is de transporteur gebeld. Hij is ook daadwerkelijk present en beschikbaar. De ervaringen met de waakvlamovereenkomsten is dan ook goed (B. Smeets).

Bij de oefening is ook de Genie van de landmacht vertegenwoordigd in de persoon van dhr. J. Mekkes. Hij komt kijken of het leger het waterschap zou kunnen helpen bij het plaatsen van demontabele keringen.

Er is ook een aannemer opgetrommeld om te helpen bij het plaatsen van de wanden.

### Eerste locatie (23-09-2014)

De eerste locatie (tevens verzamelpunt) is de Maasstraat te Belfeld. Het gaat om de opbouw van een stukje wand tegen het hekwerk van een tuin, een stukje wand op een betonnen wand bij een slooppand en een stuk wand in de tuin van particulieren. De oefening is van te voren middels een schrijven aangekondigd bij de betrokken bewoners. Toegang tot de percelen is dan ook geen probleem. Het systeem van demontabele kering is hetzelfde als bij Roer en Overmaas. Ook hier is het materiaal per locatie verzameld in een loods en is de stapeling van het materiaal helemaal doordacht met betrekking tot volgorde van sluiten. De rekken zijn gelabeld per locatie en het plaatsen van de kering gebeurt met personeel van het waterschap en een aannemer.



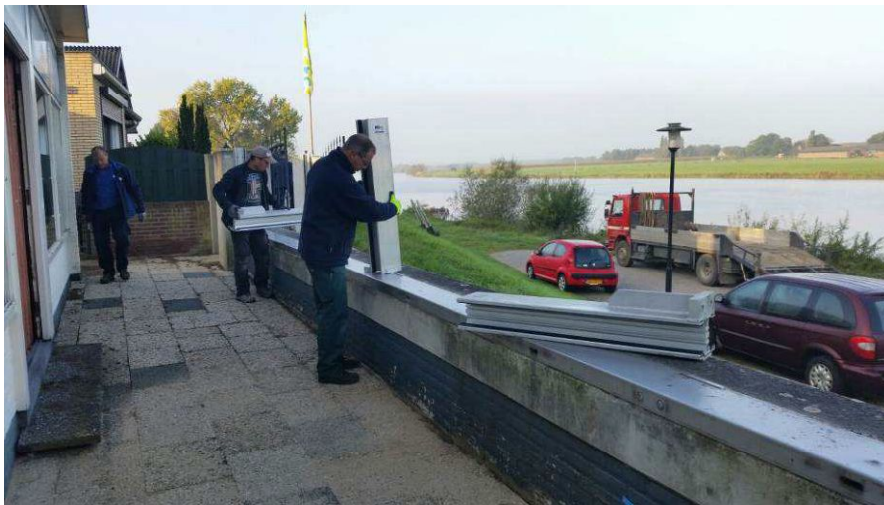
*Figuur 7 Rekken met materiaal*



*Figuur 8 Labels op een rek*

Per locatie is in het hoogwaterdraaiboek een factsheet aanwezig met enkele basale gegevens over de te sluiten wand/coupure. De gegevens betreffen een kaartje, gegevens over hoogte en breedte van wand, het reknummer, de drempelhoogte en het benodigde materiaal.

De staanders worden met een tweetal bouten direct in de stalen fundatie geschroefd. De bouten die worden gebruikt zijn inbusbouten en men gebruikt hierbij accugereedschap. De bevestigingspunten in de stalen fundatiebalk zijn in eerste instantie afgedekt met een inbusbout met hierop een rubber dop. De dop is eenvoudig met een schroevendraaier te verwijderen, de inbusbouten met hetzelfde accugereedschap.



*Figuur 9 Plaatsen van de staanders*

Na het plaatsen van de staanders, worden de schotbalken aangebracht. Er is één maat schotbalken. Per opening is een onderbalk nodig, waarop een rubber profiel is aangebracht met het oog op een goede afsluiting op de drempel. Per opening worden 5 schotbalken aangebracht. Met behulp van een ingenieus klemsysteem worden de schotbalken in verticale richting geborgd.



*Figuur 10 Plaatsen van de schotbalken*

Door de heer B. Smeets worden de volgende punten met betrekking tot de demontabele wanden nog aangegeven:

- Voor geen enkele coupure of wand is nog een kraantje nodig om de schotbalken te plaatsen. Ten eerste door weinig hoge coupures en ten tweede doordat het met behulp van eenvoudige trappen ook met mankracht kan.
- De gehele kering wordt eens in de 6 jaar opgebouwd.
- Voorafgaand aan het hoogwaterseizoen wordt alles nog eens nagelopen en gecontroleerd. Indien er obstakels zijn bv in tuinen worden deze in overleg met de bewoners verwijderd.
- Van elke locatie is een kaartje met routebeschrijving voor de vrachtwagen beschikbaar. Bij het transport gaat niemand van het waterschap mee, vervoerder weet waar hij naar toe moet.
- Bij onverhoopte pech onderweg is er in de loods ruimschoots voldoende materiaal aanwezig om een nieuwe lading sluitingsmateriaal naar de locatie te brengen.
- Indien de bouten niet (meer) passen is er tapmaterieel aanwezig om draad te tappen.
- Er worden komende jaren weer veel dijkwachters opgeleid omdat de hoeveelheid dijkwachters enigszins beperkt was.
- Actualisatie van hoogwaterdraaiboek als gevolg van gewijzigde waterstanden vindt periodiek (om de paar jaar) plaats.

Na plaatsing van de demontabele kering vindt er geen gestructureerde afname plaats.

De volgende zaken zijn geconstateerd met betrekking tot het plaatsen van de kering:

- A. Het plaatsen van de staanders gaat zeer snel. De combinatie van inbusbouten en accugereedschap is hier mede debet aan. Ook het direct bevestigen van de bouten van de staanders in de fundatie bevordert de snelheid.
- B. Het plaatsen verloopt enigszins rommelig. Geen vaste taken ed. Komt wellicht omdat het nu niet onder tijdsdruk gaat.
- C. Toegang tot de percelen van particulieren verloopt goed.
- D. Hier en daar bevinden zich struiken enigszins in de weg van de demontabele wand, maar deze kunnen eenvoudig worden weggebogen.
- E. Op één locatie wil een bout niet helemaal vast. Is niet zorgwekkend.
- F. Het systeem is bijzonder eenvoudig. Een ervaren persoon met daarnaast allemaal onervaren personen moet zeker in staat zijn om de kering ook redelijk snel te plaatsen.

### Tweede locatie (23-9-2014)

De tweede locatie betreft een stuk demontabele wand tussen de Jochumhof en de Veerweg te Steijl. Het gaat hierbij om een wand die op een gemetselde muur moet worden aangebracht. Bij aankomst blijkt dat de toegang tot de locatie geblokkeerd is door een gesloten hekwerk van een eet/drinkgelegenheid. Het waterschap beschikt van meerdere locaties over reservesleutels en deze worden dan ook opgevraagd vanuit de loods. Tegen de tijd dat deze zijn gearriveerd zijn de eigenaars al opgespoord en is het hekwerk open.

Het systeem is hetzelfde als bij Belfeld. Omdat feitelijk alleen via een ingang aan het begin van de wand toegang verkregen kan worden voor de gehele wand, vergt het uitlopen van het materiaal wel de nodige inspanning en tijd.



*Figuur 11 Uitlopen van het materiaal*



*Figuur 12 staanders van de demontabele wand*



Figuur 13 Klemsysteem schotbalken in verticale richting

De volgende zaken zijn geconstateerd met betrekking tot het plaatsen van de kering:

- A. Men is voorbereid op gesloten hekken en poorten
- B. Het uitlopen van materiaal kan soms behoorlijk wat werk zijn.
- C. Het plaatsen van de staanders gaat redelijk georganiseerd (treintje).
- D. Daar waar de demontabele wand zich in tuinen bevindt is de drempel vrij van obstakels.

#### Derde locatie (24-09-2014)

De derde locatie betreft een stuk demontabele wand langs de Pontanusstraat te Blerick. Het gaat hierbij om een wand langs een drukke doorgaande weg, ter hoogte van parkeerplaatsen. Ook hier wordt hetzelfde systeem toegepast.



Figuur 14 Demontabele wand Pontanusstraat Blerick

De volgende zaken zijn geconstateerd met betrekking tot het plaatsen van de kering:

- A. Doordat de locatie langs een weg is gelegen kan met behulp van een tractor het materiaal worden uitgereden. Hierdoor verloopt de plaatsing zeer snel.
- B. Het plaatsen van de staanders gaat mede hierdoor ook goed georganiseerd (treintje). Ieder heeft één taak tegelijkertijd, wat de kans op fouten verkleint.



- C. Er is een bordenwagen aanwezig. Doordat deze stil staat aan het begin van het traject, wordt op een gegeven moment de afstand tussen de tractor die het materiaal uitrijdt en de bordenwagen zo groot dat verkeer tussen de bordenwagen en de tractor komt te rijden. Dit levert een dermate gevaarlijke situatie op dat wordt besloten de oefening na de plaatsing van de standers af te breken. Mogelijke oplossingen zijn:
- Afzetten van één weghelft middels pylonen
  - De bordenwagen direct achter de tractor aan laten rijden
  - Volledige afzetting en omleiding instellen
- D. Slechts een klein deel van de wand wordt geplaatst; dit verloopt probleemloos.
- E. Ter plaatse van de wand staat een auto geparkeerd. De plaatsing van de wand had net gepast, maar als de auto 10 cm naar links had gestaan niet. Is er een beheersmaatregel voorzien voor een dergelijke situatie?



Figuur 15 Bordenwagen aan begin traject demontabele wand (links) en geparkeerde auto (rechts)

### **Belangrijkste bevindingen VNK**

- A. Het systeem van demontabele keringen is bij beide waterschappen zéér eenvoudig, waarbij het systeem van WPM nog eenvoudiger is dan dat van WRO door het ontbreken van voetplaatjes die gericht moeten worden onder aan de draadeinden.
- B. Ook tijdens de oefening worden foutjes gemaakt bij de plaatsing van de elementen. Deze fouten zijn echter goed waarneembaar en in zeer korte tijd te herstellen.
- C. Een goede afname is desondanks belangrijk en verdient hier en daar meer aandacht.
- D. Het opbouwproces kan efficiënter worden ingestoken door meer structuur hieraan aan te brengen. Het vormen van treintjes met ieder lid een eigen taak leidt tot minder foutjes en een snellere plaatsing.
- E. Hoewel het systeem zeer eenvoudig is, verdient het aanbeveling per locatie de bijzonderheden in beeld te brengen en vast te leggen in de opbouw instructie. Hierbij valt te denken aan:
- Persoonlijke veiligheid van de opbouwers. Denk hierbij met name aan bescherming tegen stoten tijdens het uitlopen en snijden in vingers tijdens de plaatsing van de schotbalken.
  - Verkeersmaatregelen. De behoefte hieraan verschilt per locatie.
  - Bijzondere constructieonderdelen. Op locaties waar bijzondere elementen toegepast moeten worden (zoals de passtukken bij Maaspoort Maastricht) moet de plaatsing hiervan uitgebreider worden opgenomen in de beschrijving.
- F. Het betrekken van het leger kan voordelen bieden bij het systeem van demontabele keringen. Het leger voert bijna al hun processen volgens vaststaande protocollen uit en hebben hier ook een systeem voor. Aangezien het aanbrengen van de demontabele keringen veel weg heeft van een militaire operatie, kan het nuttig zijn om het proces een keer met het leger te doorlopen. Daarnaast kan het handig zijn om gebruik te maken van materieel en mankracht die bij het leger beschikbaar is voor degelijke operaties.

Al met al is de eerste indruk dat het systeem van demontabele keringen, onder voorwaarde van voldoende oefening en continue verbetering van het plaatsingsproces (details), voldoende veiligheid biedt tegen overstroming.