Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

RWS INFORMATIE

Handreiking Verificatiemethode Betrouwbaarheid en Beschikbaarheid

Datum	6 september 2017
Status	Definitief (versie 1.0.7)

Colofon

Naam standaard:	Handreiking Verificatiemethode Betrouwbaarheid en Beschikbaarheid
Beschrijving:	Deze handreiking stel voorwaarden voor de verificatie van eisen mbt betrouwbaarheids- en beschikbaarheid
Status:	Definitief
Datum:	6 september 2017
Versienummer:	1.0.7
Soort:	Handreiking
Verantwoordelijke PE:	Jean-Luc Beguin
Gebruik in proces:	AO en OAM
Netwerk:	HVWM, HWS en HWN
Object:	Alle RWS-infrastructuur
Hoofdkennisveld:	Assetmanagement
Kennisveld:	Risicogestuurd Beheer en Onderhoud (RGBO)
Informatie:	Marien.riemens@rws.nl
Verantwoordelijke afdeling:	RWS GPO – Afdeling Advies Technisch Management (ATM)
WW RWS Nummer:	# 1567

Overzicht wijzigingen

Versie	Wijzigingen
1.0.1	Eerste versie ter vaststelling (19 december 2014)
1.0.2	Toegevoegd colofon, metagegevens en inleiding/leeswijzer conform document *"Aanbevelingen voor het maken en onderhouden van kaders en handreikingen (RWS-WVL, versie 2, 2 februari 2015)".*
1.0.3	Wijzigingen doorgevoerd in het kader van processtap *vrijgave document (inhoudelijke kwaliteit) door lijnverantwoordelijke* (Wil Rene Jansen, AH ATM).
1.0.4	Redactionele wijzigingen doorgevoerd n.a.v. adviezen expertgroepen CM en TM, reviewcommentaar Cop SE en reviewcommentaar proces Omgevings- en Assetmanagement.
1.0.5	Aanvullende eis opgenomen om bronbestanden aan te leveren bij ORA tbv gebruiksvriendelijk en transparantie en herbruikbaarheid van de analyse. Rangorde aangebracht in te gebruiken bronnen voor faaldata. Referenties geüpdatet, verwijzingen naar nieuwe standaarden opgenomen, gebruikservaringen verwerkt, redactionele wijzigen doorgevoerd.
1.0.6	Reviewopmerkingen Steunpunt ProBO i.h.k.v IKB verwerkt
1.0.7	Wijzing voorblad, colofon en inleiding ivm uniformering standaarden

Inhoud

1 Inleiding

1.1 Context en doel

Rijkswaterstaat stelt, afhankelijk van de soort en het belang van de functie(s) van objecten, prestatie-eisen vast. Betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn eigenschappen van een systeem, waarmee beschreven wordt hoe het systeem zijn functie vervult en eisen hieraan worden prestatie-eisen genoemd. Door het vaststellen van prestatie-eisen is Rijkswaterstaat in staat om te sturen op de kwaliteit van de infrastructuur. Betrouwbaarheid- en beschikbaarheidseisen zijn vaak afgeleid uit wet- en regelgeving, bijvoorbeeld de Waterwet, of uit beleidsbepalingen: SLA's, PIN's. Te denken valt aan een afgeleide beschikbaarheidseis vanuit de Waterwet voor het sluiten van een beweegbare kering van 1/100. Of een beschikbaarheidseis van een tunnel van 95%.

Het voorspellen van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van een systeem gebeurt aan de hand van het uitvoeren van een (kwantitatieve) betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse.

De manier waarop zo'n analyse moet worden uitgevoerd is noch nationaal, noch internationaal vastgelegd. Dit document doet dat wel en daarmee wordt op een traceerbare en bewezen manier aangetoond dat aan de kwantitatieve eisen met betrekking tot betrouwbaarheid en beschikbaarheid wordt voldaan. Hiermee wordt een voorspelbare kwaliteit van de werking van infrastructuur gewaarborgd. Dit document stelt dus de voorwaarden vast aan de verificatiemethode voor het kwantitatief aantonen van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van een bepaalde functie.

Deze handreiking is van toepassing op alle onderdelen van het HWN, HVWN, HWS waarvoor kwantitatieve eisen gesteld zijn of moeten worden in termen van betrouwbaarheid en beschikbaarheid.

1.2 Gebruikersgroep

Deze handreiking is primair bedoeld voor technisch managers en contractmanagers. De eisen en randvoorwaarden voor kwantitatieve betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyses uit dit document dienen te worden opgenomen in de contracten door de contractmanager, indien de functie die het systeem dient te vervullen van voldoende belang geacht wordt om daar kwantitatieve eisen aan te stellen. De basisspecificaties geven hier (ook) een handvat voor. Bij de uitvoering van projecten kan de technisch manager producten van de ON toetsen aan de hand van de eisen en randvoorwaarden uit dit kader.

1.3 Koppeling aan proces

Deze handreiking valt in het proces Aanleg en Onderhoud, deelproces Ontwerp, effecten en techniek. Activiteitencluster Opstellen Systeemspecificatie (eisen, ontwerp en ontwerpnotitie).

1.4 Relatie met andere kaders en handreikingen

De Basisspecificaties. Daar waar kwantitatieve eisen gesteld worden in een basisspecificatie in termen van betrouwbaarheid en beschikbaarheid, wordt verwezen naar deze handreiking voor de verificatie van deze eisen.

Handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA), versie 1.0.0, september 2016. Deze handreiking is een samenvoeging van, en vervangt daarmee, de Leidraad RAMS (versie 1.0, 17 maart 2010 en de Leidraad Risicogestuurd Beheer en Onderhoud (versie 1.0, december 2011). De in dit document voorgeschreven verificatie- en analyse methodieken vinden hun oorsprong in de handreiking PRA.

2 Voorwaarden voor de verificatiemethode

In de onderstaande paragrafen zijn de voorwaarden opgenomen die aan de verificatiemethode voor het kwantitatief aantonen van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid zijn gesteld.
De verificatiemethode bestaat enerzijds uit een betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse, waarvoor de volgende fasen worden doorlopen:

1. Kwalitatief modelleren, bestaande uit:
   - Systeem en functieanalyse;
   - Analyse externe gebeurtenissen en FMEA voor Systeemelementen.
2. Kwantitatief modelleren, bestaande uit:
   - Kwantificeren faalwijzen;
   - Opstellen foutenboom.

Anderzijds bestaat deze uit het creëren van een overzicht van de aangenomen parameters, die in de foutenboom zijn toegepast. Waarbij tevens de gekozen onderhoudsstrategie op basis waarvan deze parameters tot stand zijn gekomen inzichtelijk wordt gemaakt. Dit overzicht zal als input worden meegenomen bij het opstellen van een instandhoudingsplan.

Een schematische weergave van het proces dat doorlopen wordt, is te vinden in bijlage A.
De hiernavolgende voorwaarden zijn onderling met elkaar verbonden, waarbij een onderliggende voorwaarde een nadere invulling betreft van de bovenliggende voorwaarde. Hierdoor ontstaat een bepaalde structuur die schematisch is weergegeven in bijlage B.

2.1 Aantonen Betrouwbaarheid en Beschikbaarheid

ID	Aantonen betrouwbaarheid en beschikbaarheid	Bovenliggend	Onderliggend
01	Betrouwbaarheid en beschikbaarheid dienen te worden aangetoond middels: - het opstellen van een betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse, - het opstellen van een overzicht van de gekozen onderhoudsstrategie inclusief alle bijbehorende parameters die input zijn voor het instandhoudingsplan (IHP).	TOP	

2.2 Betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse

2.2.1 Algemene opzet van de rapportage

ID	Gebruiksvriendelijkheid en transparantie	Bovenliggend	Onderliggend
02	De betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse dient zodanig te worden opgezet dat informatie traceerbaar is, de gehanteerde bronmaterialen zijn weergegeven, veranderingen kunnen worden aangebracht en verschillende versies van de analyse kunnen worden opgeslagen. Als onderdeel hiervan dienen de digitale invoerfiles (zoals .rwb, .awb of excel-files), die gebruikt zijn voor het uitvoeren van de analyses (ID 08 en ID18), bij de rapportage geleverd worden zodat deze zelfstandig uit te lezen zijn met het gebruikte programma.	01	

ID	Scope afbakening	Bovenliggend	Onderliggend
03	Opdrachtnemer dient de scope van de analyse, systeemafbakeningen en -grenzen te specificeren en actueel te houden conform Infrastructuur RWS gedurende de verschillende fasen van de Overeenkomst.	01	

2.2.2 Kwalitatief modelleren

ID	Systeem- en functieanalyse	Bovenliggend	Onderliggend
04	Opdrachtnemer dient een systeem- en functieanalyse uit te voeren. Deze analyse dient zodanig te worden uitgewerkt dat de relatie tussen functie en Systeemelementen inzichtelijk wordt gemaakt. Er dient een procesbeschrijving te worden opgesteld, waarmee de functionele werking van het systeem wordt toegelicht.	01	

ID	Opstellen Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)	Bovenliggend	Onderliggend
05	Op basis van de systeem- en functieanalyse (ID 04) dient door Opdrachtnemer een Failure Mode & Effect Analysis (FMEA) te worden opgesteld, die niet strijdig is met de NEN-EN-IEC 60812.	01	06 07 08 09

ID	Toepassingsgebied FMEA	Bovenliggend	Onderliggend
06	De FMEA dient te worden toegepast op alle Systeemelementen die van invloed zijn op de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van Infrastructuur RWS. Hierbij dient gebruik te worden gemaakt van de gidswoorden zoals opgenomen in bijlage C.	05	

ID	Mate van decompositie	Bovenliggend	Onderliggend
07	Het decompositieniveau dient van dien aard te zijn, dat aan de Systeemelementen op het onderste niveau generieke faaldata te koppelen zijn.	05	

ID	Inhoud FMEA	Bovenliggend	Onderliggend

08	De door de Opdrachtnemer op te stellen FMEA[1] dient minimaal de volgende informatie te bevatten:
	- Systeemelement
	- code Systeemelement
	- functie van het onderdeel
	- functioneel falen (op basis van gidswoorden)
	- faalwijze (gidswoorden)
	- code faalwijze
	- faalcode
	- faalmechanisme
	- oorzaak van falen
	- gevolg van falen
	- gevolg in relatie tot de gedefinieerde ongewenste topgebeurtenis
	- type falen. Hierbij dient te worden aangegeven welke van de volgende type falen het betreft:
	  - niet-merkbaar falen
	  - merkbaar falen
	  - falen per vraag
	  - falen tijdens missie
	- afhankelijk (common cause) falen, tenminste bij redundantie
		05	

[1] Rijkswaterstaat stelt een FMEA template beschikbaar, die als hulpmiddel kan worden gebruikt voor het uitvoeren van een Failure Mode & Effect Analysis ten behoeve van een kwantitatieve analyse. Deze template is intern opvraagbaar via de portal van de werkwijzer RWS of via probo@rws.nl.

ID	Codering faalwijzen Systeemelementen	Bovenliggend	Onderliggend
09	Opdrachtnemer dient aan een faalwijze een unieke faalcode toe te kennen, waaraan in iedergeval de combinatie van Systeemelement en faalwijze uit de FMEA terug te vinden is.	05	

ID	Analyse externe gebeurtenissen	Bovenliggend	Onderliggend
10	Opdrachtnemer dient conform bijlage D een overzicht te genereren van externe gebeurtenissen die kunnen leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn.	01	11

ID	Codering faalwijzen externe gebeurtenissen	Bovenliggend	Onderliggend
11	Opdrachtnemer dient aan een faalwijze een unieke faalcode toe te kennen, waaraan in iedergeval het soort externe gebeurtenis te herkennen is.	10	

2.2.3 Kwantitatief modelleren

ID	Kwantificeren faalwijzen voor alle parameters	Bovenliggend	Onderliggend
12	Opdrachtnemer dient alle faalwijzen te kwantificeren voor alle van toepassing zijnde parameters, waaronder: - faalfrequentie - faalkans op vraag - reparatieduur - inspectie-/testinterval, waarbij de kwantificering afhankelijk is van de gekozen onderhoudsstrategie. Van de aangenomen parameters behorende bij de gekozen onderhoudsstrategie dient een overzicht te worden gemaakt conform ID 25.	01	13 14 15 16 17

ID	Kwantificeren hardware falen	Bovenliggend	Onderliggend
13	Opdrachtnemer dient hardware componenten, die kunnen leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS, te kwantificeren. Deze kwantificering dient te worden *onderbouwd*. Faalfrequentie, faalkans op vraag: Opdrachtnemer dient voor de kwantificering uit te gaan van de volgende bronnen in onderstaande rangorde. Er mag alleen een lagere rangorde gebruikt worden, indien de hogere niet beschikbaar is. 1. Statistisch valide onderbouwde praktijkgegevens van het betreffende component 2. Leveranciersgegevens 3. Algemeen geaccepteerde faaldata uit daarop toegesneden wetenschappelijke literatuur of databases, zoals Oreda Handbook of EIReDA met verwijzingen naar versie, paginanummer, etc. en met inachtneming van de voorgestelde onderhoudsstrategie 4. Faaldatabase RWS ON, RWS GPO, versie 1.0 2016[2] 5. Expert judgement; experts vermelden; motivatie gebruikte expertise; bij consultatie meerdere experts een duidelijke rapportage van de gehouden expertsessies en de methode om expertmeningen te combineren. Alle gebruikte bronnen dienen traceerbaar en expliciet opgenomen te worden zodat de gebruikte bronnen los van de rapportage verifieerbaar zijn. In geval van gebruik van bron 1 of 2 dient een kopie van het brondocument meegeleverd te worden in de rapportage. Reparatieduur: De totale reparatieduur van een hardware component wordt gedefinieerd als de tijdspanne tussen het moment van opmerken van een storing en het moment van vrijgave voor gebruik van de gefaalde component. De reparatieduur dient te worden samengesteld uit de volgende aspecten: - responstijd beheerder, - benodigde tijd om te detecteren welke component nu werkelijk in storing is geraakt met bijbehorende oorzaak (eerste analyse), - mobilisatietijd en responstijd van de reparateur van de in storing zijnde component, - tijd benodigd om de storing te diagnosticeren (tweede analyse), - tijd benodigd om de storing te verhelpen, - levertijd en responstijd van een leverancier van componenten die niet op voorraad zijn genomen, - opstarttijd component: tijdspanne benodigd voor operationaliseren en vrijgave van de component, inclusief de benodigde tijd voor testen - de hulpmiddelen die nodig zijn voor het behalen van de berekende reparatieduur. De aanwezigheid van reserve onderdelen om de reparatietijd te verkorten mag in de analyse worden meegenomen[3].	12	

[2] Een handreiking en de database zijn intern opvraagbaar via de portal van de werkwijzer RWS of via probo@rws.nl
[3] Rijkswaterstaat stelt een reservedelenmodel beschikbaar, die als hulpmiddel kan worden gebruikt bij de analyse van reservedelen. Een handreiking en het model zijn intern opvraagbaar via de portal van de werkwijzer RWS of via probo@rws.nl

ID	Kwantificeren menselijk handelen	Bovenliggend	Onderliggend
14	Opdrachtnemer dient menselijk handelen, in relatie tot de Werkzaamheden, dat kan leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS te kwantificeren. De kwantificering dient te worden uitgevoerd conform [Handreiking kwantitatieve analyse menselijk handelen, RWS GPO, versie 1.0.1, 6 juni 2017] en het bijbehorende spreadsheet [RWS Opschepmodel 2013 v2.0].	12	

ID	Kwantificeren software falen	Bovenliggend	Onderliggend
15	Opdrachtnemer dient software, die kan leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS, per module te kwantificeren. De kwantificering dient te worden uitgevoerd conform [Handleiding TOPAAS, Een structurele aanpak voor faalkansanalyse van software intensieve systemen, RWS Dienst Infrastructuur, versie 0.7, 10 januari 2013], [TOPAAS, Een structurele aanpak voor faalkansanalyse van software intensieve systemen, RWS Dienst Infrastructuur, de theorie v2, 1 april 2011] en het bijbehorende spreadsheet [TOPAAS lege scoretabel v2.0, 30-5-2011].	12	

ID	Kwantificeren externe gebeurtenissen	Bovenliggend	Onderliggend
16	Opdrachtnemer dient de externe gebeurtenissen, die kunnen leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS te kwantificeren. Voor de kwantificering wordt verwezen naar bijlage D.	12	

ID	Kwantificeren common cause falen (CCF)	Bovenliggend	Onderliggend
17	Opdrachtnemer dient, daar waar afhankelijkheid bestaat tussen de verschillende faalwijzen, de bijdrage van common cause falen (CCF), te kwantificeren.	12	

ID	Opstellen foutenboom	Bovenliggend	Onderliggend
18	Opdrachtnemer dient een foutenboomanalyse te maken op basis van de FMEA (ID 08) en analyse externe gebeurtenissen (ID10), waarmee de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van het systeem kan worden bepaald. Voor het opstellen van een foutenboom dient Opdrachtnemer FaultTree+ van Isograph, RiskSpectrum van Scandpower, of een gelijkwaardig programma te gebruiken.	01	19 20 21 22 23 24

ID	Codering foutenbomen	Bovenliggend	Onderliggend
19	Opdrachtnemer dient foutenbomen zodanig te coderen dat deze aansluiten op eerder gebruikte coderingen van de faalwijzen uit de FMEA en analyse externe gebeurtenissen.	18	

ID	Basisgebeurtenissen externe gebeurtenis	Bovenliggend	Onderliggend
20	Opdrachtnemer dient de externe gebeurtenissen, die kunnen leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS, in de vorm van aparte basisgebeurtenissen in de foutenbomen op te nemen.	18	

ID	Basisgebeurtenissen menselijk handelen	Bovenliggend	Onderliggend
21	Opdrachtnemer dient menselijk handelen, in relatie tot de Werkzaamheden, dat kan leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS, in de vorm van aparte basisgebeurtenissen in de foutenbomen op te nemen.	18	

ID	Basisgebeurtenissen software falen	Bovenliggend	Onderliggend
22	Opdrachtnemer dient software, die kan leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS, per module in de vorm van aparte basisgebeurtenissen in de foutenbomen op te nemen.	18	

ID	Basisgebeurtenissen hardware falen	Bovenliggend	Onderliggend
23	Opdrachtnemer dient hardware, die kan leiden tot falen of niet-beschikbaar zijn van Infrastructuur RWS, in de vorm van aparte basisgebeurtenissen in de foutenbomen op te nemen.	18	

ID	Common cause falen (CCF)	Bovenliggend	Onderliggend
24	Opdrachtnemer dient het common cause falen (CCF), waarbij afhankelijkheid bestaat tussen verschillende faalwijzen in rekening te brengen. Een voorbeeld van een veelgebruikte methode betreft de beta-factor, zoals beschreven in bijlage E.	18	

2.3 Input instandhoudingsplan

ID	Opstellen overzicht gekozen onderhoudsstrategie met bijbehorende parameters als input voor het instandhoudingsplan (IHP)	Bovenliggend	Onderliggend
25	Opdrachtnemer dient voor alle Systeemelementen, die zijn opgenomen in de betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse, een overzicht van de gekozen onderhoudsstrategie te creëren wat als input dient voor het opstellen van het instandhoudingsplan (IHP). De gekozen onderhoudsstrategie dient om de aangenomen parameters in de betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse te respecteren. Van de gekozen onderhoudsstrategie met bijbehorende parameters dienen de van toepassing zijnde gegevens te worden vastgelegd, waaronder: - inspectie-/testinterval - onderhoudsinterval - reparatieduur De gekozen onderhoudsstrategie met bijbehorende parameters zijn hiermee taakstellend voor beheer en onderhoud.	01	

2.4 Actueel[4] houden

ID	Het in stand houden van de betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse en de daaruit volgende input voor het instandhoudingsplan	Bovenliggend	Onderliggend
26	De Opdrachtnemer dient: - betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse conform ID 01, actueel te houden. - het bijbehorende overzicht van gekozen onderhoudsstrategie met bijbehorende parameters conform ID 01, actueel te houden.	01	

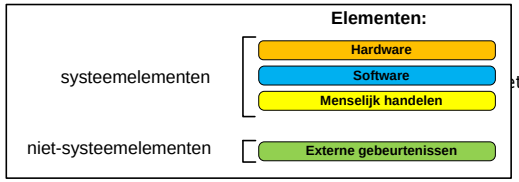
[4] De mate waarin actualisatie van de analyse met bijhorend overzicht plaatsvindt, dient project specifiek te worden bepaald.

3 Begrippen en afkortingen

Begrip	Betekenis
Element	Dit omvat hardware, software, menselijk handelen en externe gebeurtenissen. Deze elementen beïnvloeden de prestatie van een systeem.
Systeemelement	Dit omvat de Elementen die deel uitmaken van een systeem en hiermee een interne invloed hebben op de prestatie van dit systeem. De Systeemelementen betreffen: hardware, software en menselijk handelen.

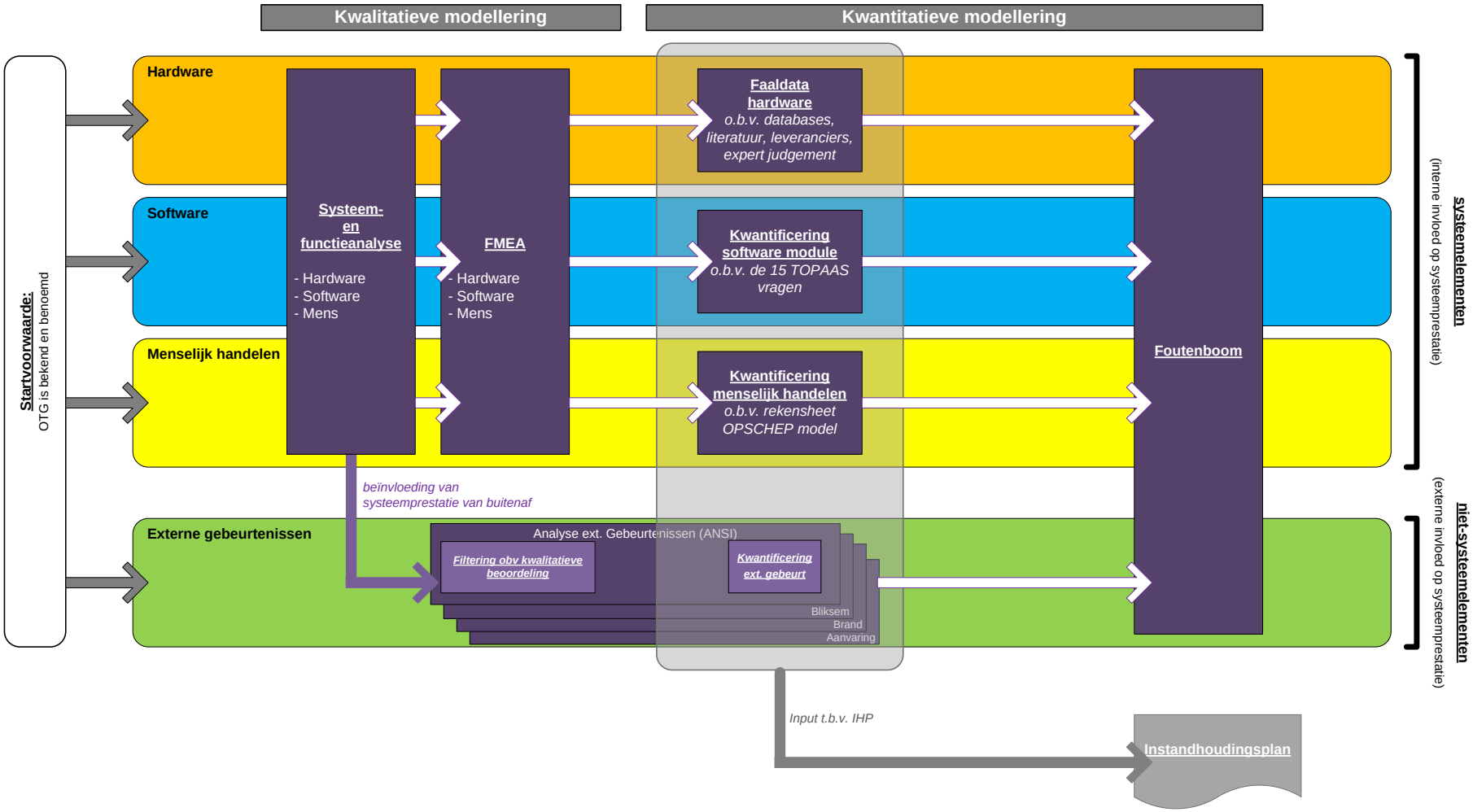
Afkorting	Betekenis
CCF	Common Cause Falen
FMEA	Failure Mode & Effect Analysis
IHP	Instandhoudingsplan
TOPAAS	Task Oriented Probability of Abnormalities Analysis for Software

Bijlage A Processchema verificatiemethode

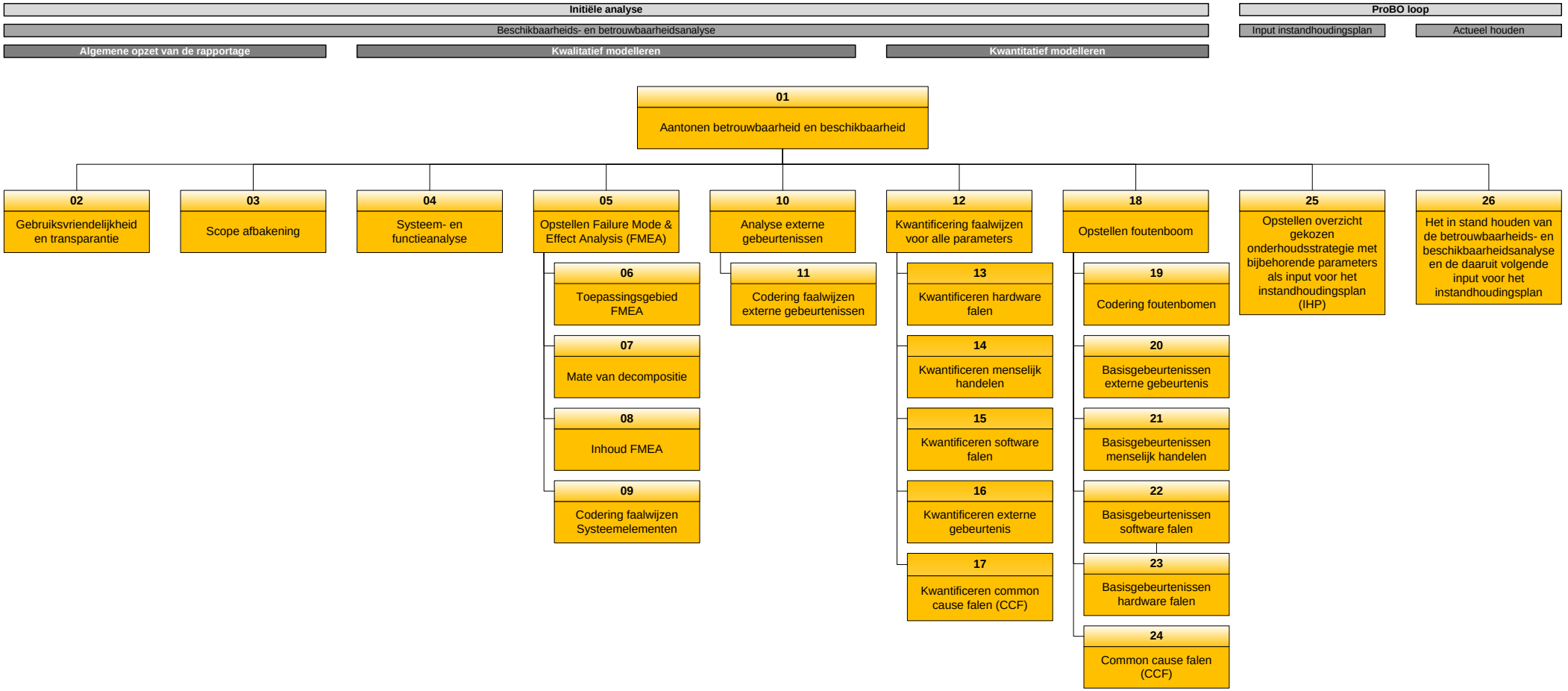


De elementen die een mogelijke invloed kunnen hebben op de prestatie van het systeem zijn te onderscheiden in:

- Systeemgebonden elementen als HW, SW en mens (interne invloed)
- Elementen die geen onderdeel uitmaken van het systeem, maar wel van buitenaf de prestatie hiervan beïnvloeden (externe invloed).



Bijlage B Voorwaarden verificatiemethode


Initiële analyse
ProBO loop
Beschikbaarheids- en betrouwbaarheidsanalyse
Input instandhoudingsplan
Actueel houden
Algemene opzet van de rapportage
Kwalitatief modelleren
Kwantitatief modelleren
01
Aantonen betrouwbaarheid en beschikbaarheid
02
Gebruiksvriendelijkheid en transparantie
03
Scope afbakening
04
Systeem- en functieanalyse
05
Opstellen Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)
06
Toepassingsgebied FMEA
07
Mate van decompositie
08
Inhoud FMEA
09
Codering faalwijzen Systeemelementen
10
Analyse externe gebeurtenissen
11
Codering faalwijzen externe gebeurtenissen
12
Kwantificering faalwijzen voor alle parameters
13
Kwantificeren hardware falen
14
Kwantificeren menselijk handelen
15
Kwantificeren software falen
16
Kwantificeren externe gebeurtenis
17
Kwantificeren common cause falen (CCF)
18
Opstellen foutenboom
19
Codering foutenbomen
20
Basisgebeurtenissen externe gebeurtenis
21
Basisgebeurtenissen menselijk handelen
22
Basisgebeurtenissen software falen
23
Basisgebeurtenissen hardware falen
24
Common cause falen (CCF)
25
Opstellen overzicht gekozen onderhoudsstrategie met bijbehorende parameters als input voor het instandhoudingsplan (IHP)
26
Het in stand houden van de betrouwbaarheids- en beschikbaarheidsanalyse en de daaruit volgende input voor het instandhoudingsplan

Bijlage C Gidswoorden FMEA

Onderstaande tabel geeft de meest voorkomende gidswoorden met hun toepassing.

Gidswoord	**Toepassing**
GEEN of NIET	De toegedachte functie ontbreekt geheel.
MEER of HOGER of LATER of SNELLER	Er is een kwantitatieve toename van de toegedachte functie. Afhankelijk van de aard van de afwijking wordt het meest passende gidswoord gekozen.
MINDER of LAGER of EERDER of LANGZAMER	Er is een kwantitatieve afname van de toegedachte functie. Afhankelijk van de aard van de afwijking wordt het meest passende gidswoord gekozen.
ONVOLDOENDE	De toegedachte functie wordt onvoldoende gerealiseerd.
VERKEERD	In plaats van de toegedachte functie wordt een verkeerde functie gerealiseerd.
GEDEELTELIJK	De toegedachte functie wordt slechts voor een deel verwezenlijkt.
ONREGELMATIG	De toegedachte functie wordt onregelmatig verwezenlijkt.
EVENALS	De toegedachte functie voldoet, terwijl er ook een additioneel effect optreedt.
ONTERECHT	De toegedachte functie wordt op de juiste manier gerealiseerd, echter ten onrechte omdat deze functie niet had moeten plaats hebben.
OMGEKEERD	De toegedachte functie vindt niet plaats maar juist het tegengestelde effect of richting vindt plaats.
ANDERS DAN of WAAR ANDERS	De toegedachte functie wordt helemaal niet gerealiseerd. Er gebeurt iets volkomen anders, mogelijk zelfs op een andere locatie.

Bijlage D Externe gebeurtenissen

Onder een externe gebeurtenis verstaan we een ongewenste gebeurtenis, komende van buiten het beschouwde object/systeem, die mogelijk kan leiden tot falen. Systemen kunnen dus blootgesteld zijn aan diverse risico's die optreden buiten de normale bedrijfsomstandigheden: deze zijn te beschrijven als de 'externe risico's'. In theorie is een veelheid aan deze externe risico's te bedenken. Om deze risico's op een gestructureerde en praktische wijze te behandelen en de relevantie van de risico's te bepalen dient [Handleiding Beslismodel externe gebeurtenissen, versie 1.0, 20 december 2016] en bijbehorende [Tool beslismodel externe gebeurtenissen, versie 1.0, 20 december 2016] gebruikt te worden.

Voor externe risico's die niet in de screening aangewezen worden als verwaarloosbaar, moet noodzakelijkerwijze een kwantitatieve analyse uitgevoerd worden. Voor een aantal van deze externe risico's heeft Rijkswaterstaat standaard methodes ontwikkeld om deze risico's te analyseren en te kwantificeren. Het betreft:

1. Methode kwantificering brandrisico
2. Methode kwantitatieve analyse van bliksemrisico
3. Methode voor het kwantitatief bepalen van het aanvaarrisico van beweegbare objecten in de vaarweg

De vigerende handreikingen en methodes zijn intern verkrijgbaar via de portal van de werkwijzer RWS of via probo@rws.nl. Indien uit de screening van externe gebeurtenissen blijkt dat een van bovenstaande externe gebeurtenissen niet verwaarloosbaar is, dan moet de bijbehorende methode worden gebruikt.

Bijlage E Afhankelijk falen (Common Cause Falen / CCF)

Afhankelijk falen is aan de orde als het optreden van twee of meer gebeurtenissen niet onafhankelijk van elkaar is. Indien het optreden van de gebeurtenissen A en B niet onafhankelijk is, dan is de productregel voor onafhankelijke gebeurtenissen uit de kansrekening **n**iet toepasbaar. Zo kan gesteld worden dat:

$P(A \cap B) \neq P(A) \cdot P(B)$

Het fenomeen afhankelijk falen speelt een essentiële rol bij het falen van redundante componenten. Redundantie wordt toegepast ter verhoging van de betrouwbaarheid van veiligheidssystemen. Dit is een goede manier om de betrouwbaarheid van het systeem te vergroten, mits men rekening houdt met afhankelijkheid. Het simpelweg vermenigvuldigen van de kansen op falen van de afzonderlijke componenten geeft, indien gebeurtenissen afhankelijk zijn, een te gunstig resultaat. Vanwege de afhankelijkheden zal de werkelijke betrouwbaarheid lager uitvallen. Het is daarom essentieel bij een faalkansanalyse de mogelijke afhankelijkheden te identificeren, te analyseren en kwantitatief op de juiste manier in de analyse te verwerken.

Statistische afhankelijkheidsmodellen: de β-factor methode
Deze methode is door K. Fleming in 1975 bedacht, met het doel om CCF te kwantificeren in systemen van m-identieke componenten, waarvoor weinig tot geen data beschikbaar zijn. Door het grote gebruikersgemak wordt de β-factor methode vaak en breed toegepast, ook voor systemen met verschillende componenten en ook bij aanwezigheid van faaldata.

Het model gaat ervan uit dat als een common cause-faaloorzaak optreedt, ook direct alle componenten falen. Het gezamenlijk falen van een deelverzameling wordt dus niet beschreven met het model. De aanname hierbij is dat de common causes, die slechts een deel van de totale verzameling doen falen onwaarschijnlijk zijn en dus verwaarloosd kunnen worden. Een deel van faalfrequentie van een component wordt dus bepaald door een verschijnsel dat bij alle componenten gelijk is en als een component door dat verschijnsel faalt, falen alle componenten in de hele groep. In feite is dit niets anders dan het expliciet moduleren van een aparte "virtuele" component, die een gezamenlijk deel is van alle componenten in de groep.
De common cause-faalfrequentie (afhankelijke faalfrequentie) van deze virtuele component is:

$\lambda_{c,d} = \beta * \lambda_c$

waarin:
λ_c = de faalsnelheid van een component, veelal te vinden in databases
$\lambda_{c,d}$ = het afhankelijke deel van de faalsnelheid van een component
β = de fractie afhankelijk falen.

De onafhankelijke faalfrequentie van een component is:
$\lambda_{c,i} = (1 - \beta) * \lambda_c$

waarin:
$\lambda_{c,i}$ = het onafhankelijke deel van de faalsnelheid van een component is.