

Nóg meer investeren, een brug te ver?

Proportioneel veiligheidsbeleid voor beweegbare bruggen in Nederland



Ira Helsloot
Koen Heijndijk

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland, Groningen en de gemeente Rotterdam.

Auteurs

prof. dr. Ira Helsloot
Koen Heijndijk MSc

Maart, 2022

Crisislab is de onderzoeksgroep die het onderzoek van de leeropdracht Besturen van Veiligheid van de Radboud Universiteit Nijmegen ondersteunt. De doelstelling van Crisislab is de ontwikkeling en verspreiding van kennis op het domein van crisisbeheersing en veiligheidszorg. Voor Crisislab is een kernactiviteit het verrichten van empirisch gefundeerd onderzoek op het veiligheidsdomein, omdat momenteel feiten vaak ontbreken bij beleidsvorming en discussies op het terrein van het besturen van veiligheid. Op basis van dit onderzoek adviseren we overheden en bedrijven om tot redelijk en proportioneel veiligheidsbeleid te komen. De oefeningen en trainingen die wij verzorgen zijn gericht op het realistisch leren omgaan met crisismechanismen en met de veerkrachtige samenleving.

Crisislab
Dashorsterweg 1
3927 CN Renswoude
www.crisislab.nl

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Ons onderzoek in perspectief	6
1.3 Leeswijzer	7
2 Kansen & risico's van beweegbare bruggen	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Incidenthistorie in vier scenario's	9
2.3 Het risico per brug per jaar in Nederland	11
2.4 Het individueel risico	13
2.5 Samengevat	18
3 Implicaties kosten voor maatregelen	20
3.1 Inleiding	20
3.2 Beschikbaar budget op basis van risico's	20
3.3 Huidige beheersmaatregelen	21
4 Aanbevelingen veiligheidsbeleid bruggen	23
Bijlagen	
B1 Incidenthistorie in beeld (2000 - 2020)	28
B2 Deelnemers expertsessies	34

Managementsamenvatting

Voor het geheel aan beweegbare bruggen in Nederland geldt dat de reguliere veiligheidsnorm van een individueel overlijdensrisico (IR) van een op de honderdduizend jaar (10^{-5}) ruim gehaald wordt. De feitelijke onveiligheid ligt honderdmaal lager, rondom de 10^{-7} .

Wij constateren in groepsgesprekken met experts van de diverse opdrachtgevers dat er bij vele professionals een drive is de bruggen steeds veiliger te maken vanuit o.a. een onjuiste interpretatie dat de Machinerichtlijn uit zou gaan van een nul-*risico*. Bij het steeds veiliger maken wordt dan geen kwantitatieve risicoanalyse toegepast maar uitgegaan van worstcase aannames die vervolgens met nieuwe maatregelen moeten worden beheerst.

We constateren dat de brugbedienaar gezien wordt als de beslisser over de veiligheid ter plaatse en daarmee een zware last op de schouder ervaart. Dit leidt er bijvoorbeeld toe dat de bedienaar zo proactief denkt over het risico dat een aanstormende fietser niet stopt, dat de brug voor de zekerheid nog maar niet wordt opengedaan. Diezelfde fietser weet na een aantal keer dat de bedienaar op hem zal wachten en zal daarom misbruik maken van de situatie. Het is duidelijk dat dit consequenties heeft voor de beschikbaarheid maar ook dat dit een heel eigen risico veroorzaakt doordat verkeersdeelnemers een andere verwachting van het bedienen van een brug krijgen dan bijvoorbeeld bij het oversteken van een spoorbaan. Bij het sluiten van de bomen van een spoorbaan weet men immers dat er binnen afzienbare tijd een trein op hoge snelheid voorbij zal komen, zonder dat er iemand meekijkt die de afsluitbomen of de trein nog tegen kan houden.

Onze aanbevelingen zijn op hoofdlijnen:

Stel bestuurlijk vast dat net als op andere domeinen in Nederland een IR van 10^{-5} de te behalen norm is. Dit rapport geeft een voorgestelde berekeningswijze daarvoor.

Investeer niet in aanvullend veiligheidsbeleid tenzij kan worden aangetoond dat de gebruikelijke maatstaf van €80.000 per gewonnen gezond levensjaar behaald wordt. Een terugkerend voorbeeld zijn de kostbare aanpassingen aan de hoogte van hekwerken waarvan de veiligheidsopbrengst zeer gering is. Dit geldt ook voor maatregelen in de machineruimte die het werken zo belasten dat feitelijk iedereen weet dat de maatregelen omzeilt worden in de praktijk.

Onderzoek en overweeg om het verkeersregime op beweegbare bruggen aan te passen richting het gebruikelijke verkeersregime waar er geen bediening is maar de acties van verkeerssystemen automatisch gebeuren.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de Europese Richtlijn 2006/42/EG, ofwel de machinerichtlijn, wordt 'machine' gedefinieerd als *"een samenstel, voorzien van of bestemd om te worden voorzien van een aandrijfsysteem – maar niet op basis van rechtstreeks gebruikte menselijke of dierlijke spierkracht –, van onderling verbonden onderdelen of componenten waarvan er ten minste één kan bewegen, en die samengevoegd worden voor een bepaalde toepassing."*¹ Daarmee is deze richtlijn van toepassing op beweegbare bruggen, wat de vraag oproept wat dat betekent voor (de proportionaliteit of redelijkheid van) het veiligheidsbeleid van brugbeheerders in Nederland. De richtlijn vraagt namelijk om een analyse van en (bestuurlijk) besluit over wanneer een brug voldoende veilig is. Zo is onder meer opgenomen dat de beheerder van de machine de aan de machine verbonden risico's dient in te schatten *"...met inachtneming van de ernst van het mogelijke letsel of de aantasting van de gezondheid en de waarschijnlijkheid dat deze zich voordoet."*, dat de beheerder risico's dient te beoordelen *"...teneinde, overeenkomstig de doelstelling van deze richtlijn, te bepalen of risicoreductie vereist is."*, en dat de beheerder gevaren dient *"...weg te nemen of de aan deze gevaren verbonden risico's te verminderen door de toepassing van beschermende maatregelen..."*. Daarnaast benadrukken recente incidenten met beweegbare bruggen die zijn onderzocht door de Onderzoeksraad voor Veiligheid de urgentie van een dergelijke analyse om beargumenteerd te kunnen besluiten wanneer investeringen noodzakelijk zijn en wanneer niet.

Over het karakter van de Machinerichtlijn

Er bestaat een hardnekkig misverstand bij vele van de deskundigen waarmee we mochten spreken in het kader van dit onderzoek, namelijk dat de Machinerichtlijn zou bepalen dat machines geen gevaar mogen opleveren. Het is daarom goed om naar de letterlijke tekst te kijken van bijlage 1, artikel 1 waarin de 'essentiële veiligheids- en gezondheidseisen betreffende het ontwerp en de bouw van machines' worden uitgelegd:

1. De fabrikant van een machine of diens gemachtigde garandeert dat een risicobeoordeling wordt uitgevoerd om na te gaan welke veiligheids- en gezondheidseisen op die machine van toepassing zijn; bij ontwerp en bouw van de machine moet vervolgens rekening worden gehouden met de resultaten van deze risicobeoordeling.

Via het herhalen van bovenbedoelde risicobeoordeling en -beperking dient de fabrikant of diens gemachtigde:

- de grenzen van de machines te bepalen, zowel uitgaande van het beoogde gebruik als van elk redelijker- wijs voorzienbare verkeerde gebruik daarvan,

¹ Europese Unie (2006). *Richtlijn 2006/42/EG van het Europees Parlement en de Raad betreffende machines en tot wijziging van Richtlijn 95/16/EG (herschikking)*.

- na te gaan welke gevaren door de machines kunnen worden veroorzaakt en welke gevaarlijke situaties daaraan verbonden zijn,
- de risico's in te schatten met inachtneming van de ernst van het mogelijke letsel of de aantasting van de gezondheid en de waarschijnlijkheid dat deze zich voordoet,
- de risico's te beoordelen teneinde, overeenkomstig de doelstelling van deze richtlijn, te bepalen of risicoreductie vereist is,
- de gevaren weg te nemen of de aan deze gevaren verbonden risico's te verminderen door de toepassing van beschermende maatregelen in de in punt 1.1.2, onder b) vastgestelde volgorde.

Met andere woorden, de Machinerichtlijn geeft aan dat een risico beperkt moet worden tot, gezien het karakter van de richtlijn, een nationaal te bepalen redelijk grens.

Om te komen tot redelijk veiligheidsbeleid voor beweegbare bruggen hebben de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland en Groningen en de gemeente Rotterdam, aan Crisislab gevraagd om tot een onderbouwd advies te komen over de omgang met risico's passend bij de machinerichtlijn. Dit advies over de proportionaliteit van het veiligheidsbeleid is onder meer gebaseerd op berekeningen van de kans op incidenten waarbij bedienaars, monteurs en verkeersdeelnemers letsel kunnen oplopen, alsook op de confrontatie van die kans aan de gangbare norm voor het individueel risico in Nederland en de normen die gelden voor proportionele veiligheidsinvesteringen.

1.2 Ons onderzoek in perspectief

Naast dit onderzoek van Crisislab naar de proportionaliteit van veiligheidsbeleid van beweegbare bruggen lopen er tijdens het schrijven van dit rapport meerdere trajecten, in opdracht van diverse brugbeheerders (o.a. beheerders van de provincies Noord- en Zuid-Holland, Groningen, Drenthe en Overijssel en de gemeenten Rotterdam en Amsterdam). Het onderzoek moet daarom gezien worden als onderdeel van een grotere beweging van brugbeheerders in Nederland om tot een gedeelde visie en aanpak te komen (ofwel harmonisatie) om daarmee een meer onderbouwde invulling te geven aan de machinerichtlijn en de daaruit voortkomende wet- en regelgeving. Andere trajecten die lopen gaan bijvoorbeeld over de juridische ruimte om onderbouwd af te wijken van de machinerichtlijn, de wijze waarop brugbeheerders omgaan met risicobeoordelingen en de manier waarop brugbeheerders de machinerichtlijn interpreteren.

Op initiatief van de opdrachtgevers is dit rapport officieel gereviewd door em. prof. ir. J.K. Vrijling van adviesbureau Horvat en Partners. Ook heeft MAAK Advocaten een juridisch oordeel gegeven over de door ons voorgestelde methodiek om risico's te beoordelen in het licht van de MRL. Verder is op informele wijze gesproken met de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) over onze conclusies en aanbevelingen. De begeleidingscommissie van het onderzoek bestond daarnaast uit diverse professionals van de vier verschillende opdrachtgevers.

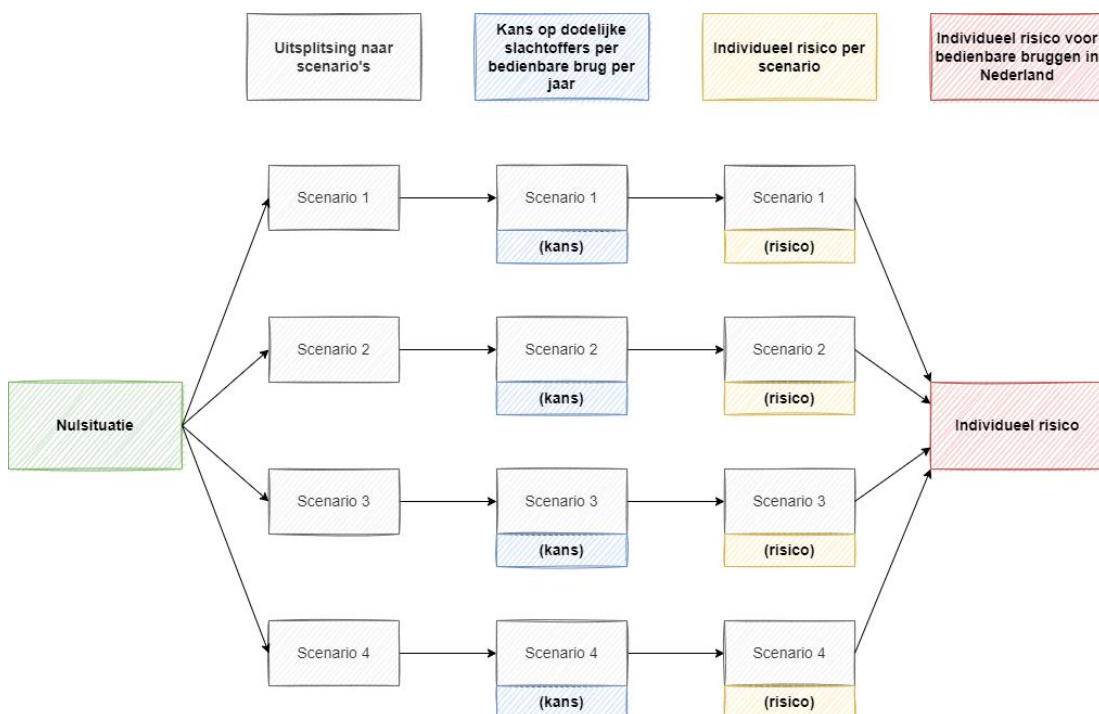
1.3 Leeswijzer

Het rapport is opgebouwd uit vier hoofdstukken.

Na dit inleidende hoofdstuk volgt hoofdstuk twee, waarin we ingaan op de kans op dodelijke slachtoffers en het individueel risico van beweegbare bruggen in Nederland. Aan de hand van vier 'hoofdscenario's' beschrijven we de incidenthistorie van de afgelopen twintig jaar, waarbij we de gebeurtenissenboom uit figuur 1.1 per hoofdstuk aanvullen.

Vervolgens gaan we in hoofdstuk drie in op de implicaties die de verschillende risico's uit hoofdstuk twee hebben voor (de kosten van) beheersmaatregelen die brugbeheerders (niet) zouden moeten nemen. Deze implicaties zijn gebaseerd op de geldende normen voor proportionele veiligheidsinvesteringen, maar ook op de georganiseerde sessies met een serie aan experts van de vier brugbeheerders waarmee we in gesprek zijn gegaan over de nut en noodzaak van diezelfde veiligheidsinvesteringen.

In het vierde hoofdstuk komen we met onze aanbevelingen die volgen uit de eerdere hoofdstukken.



Figuur 1.1: Opzet gebeurtenissenboom.

2 Kansen & risico's van beweegbare bruggen

2.1 Inleiding

Op basis van een analyse van incidenten met beweegbare bruggen tussen 2000 en 2020 hebben we vier hoofdscenario's afgeleid van gebeurtenissen die zwaar of dodelijk letsel tot gevolg hadden. Daarbij is aangenomen dat incidenten met beweegbare bruggen in Nederland met een afloop waarbij zwaar of dodelijk letsel wordt opgelopen, gelden als exotische risico's. Dat wil zeggen dat het gebeurtenissen zijn die dusdanig zeldzaam zijn dat ze 'de krant halen' en daarmee logischerwijs terug te vinden zijn in kranten en/of op webpagina's.²

Over de ongevalanalyse op basis van mediaberichten

Onze aanname dat incidenten met beweegbare bruggen in Nederland gelden als een exotisch risico en dus de krant halen, wordt bevestigd doordat de bevroegde experts binnen dit onderzoek slechts één incident hebben aangedragen die ontbrak in onze analyse en er wel in had moeten zitten. Daarbij geldt dat het incident een aantoonbaar verlies aan levensjaren betrof maar vanwege de keuze in zoektermen in databases niet in onze analyse naar voren is gekomen.

Overigens laten we in dit hoofdstuk door middel van een gevoeligheidsanalyse zien dat, ook als de onderbouwde aannames die we in dit rapport doen enkele factoren van de werkelijkheid af zouden zitten, dit voor de ordegrrootte van het uiteindelijke risico (en dus voor onze conclusies over de proportionaliteit van het veiligheidsbeleid) geen verschil zal maken.

In dit hoofdstuk rekenen we voor elk van de vier scenario's uit hoe groot de kans is op dodelijke slachtoffers per brug per jaar in Nederland, alsook hoe groot het individueel risico is voor individuen die worden blootgesteld aan de vier scenario's. Om het individueel risico te beoordelen vergelijken we deze met de (inter)nationaal gangbare norm daarvoor van 'één op de honderdduizend' doden per jaar van het aantal blootgestelden, vaak kortweg '10⁻⁵' genoemd.³ Deze norm voor het individueel risico is in Nederland voor het eerst in 1989 vastgelegd in de nota *Omgaan met Risico's* en sindsdien de basis voor veel wetgeving op veiligheidsgebied zoals voor het Deltabesluit over overstromingsrisico's, het Arbobesluit waar het gaat over de blootstelling aan stoffen of het Bouwbesluit waar het gaat over het risico van instortingen. Wij hanteren die norm dus ook voor de risico's die samenhangen met beweegbare bruggen. In het 'normale' verkeer ligt het risico daar overigens boven, namelijk ongeveer 'vijf op honderdduizend'

² Voor deze analyse is gebruik gemaakt van de database van LexisNexis, die voor Nederland informatie weergeeft uit meer dan tweehonderd landelijke en regionale kranten, opiniebladen en websites.

³ Voor een literatuuranalyse zie: Helsloot, Pieterman & Hanekamp (2010). *Risico's en redelijkheid: verkenning naar een rijksbreed beoordelingskader voor de toelaatbaarheid van risico's*.

($5 * 10^{-5}$). Belangrijk om te vermelden is dat deze standaard wordt voorgesteld als streefwaarde met als doel een harmonisatie van het veiligheidsbeleid. De standaard moet daarmee dus gezien worden als een indicatieve meetlat voor beleidsontwikkeling.

2.2 Incidenthistorie in vier scenario's

Tijdens de analyse van de incidenthistorie van 2000 tot 2020 zijn eenenvijftig gebeurtenissen gevonden waarin sprake is van een incident of ongeval met beweegbare bruggen die 'de krant' hebben gehaald.⁴ Van deze zeventenveertig gebeurtenissen is bij negentwintig gebeurtenissen sprake van (verwacht) zwaar of dodelijk letsel, bij tien gebeurtenissen is sprake van (verwachte) lichte verwondingen, en bij twaalf gebeurtenissen is enkel sprake van schade aan voer- en/of vaartuigen.

Er zijn enkel gebeurtenissen meegenomen in de analyse die inherent zijn aan het beweegbare karakter van bruggen, met als gevolg dat 'normale' verkeersongevallen niet zijn meegenomen. Hoewel een beweegbare brug vaak een versmalling van de weg betekent, nemen we dit type ongevallen niet mee vanwege de onmogelijkheid om te achterhalen of een 'normaal' verkeersongeval het gevolg was van een versmalling van de weg.

Naast het onderscheid in letselschade en materiële schade maken we geen onderscheid in economische schade, omdat we van mening zijn dat de beschikbaarheid van een beweegbare brug fundamenteel verschilt van de veiligheid op een beweegbare brug (zie ook aanbeveling 10 in hoofdstuk 3). Een nadere onderbouwing en uitleg van de rekenmethode volgt in paragraaf 2.3.

Scenario 1: insluiting tussen afsluitbomen

Van de vier hoofdscenario's zijn de meeste gebeurtenissen met zwaar of dodelijk letsel tot gevolg in te delen als scenario waarbij één of meerdere personen zijn ingesloten tussen de afsluitbomen van een beweegbare brug. Na insluiting door de afsluitbomen en het opengaan van de brug valt men al dan niet met een vervoersmiddel van de brug, zonder daarbij tijdens de schouw die voorafgaand aan het openen van de brug plaatsvindt opgemerkt te zijn door de bedienaar (al dan niet op afstand).

In sommige situaties hadden de slachtoffers door dat zij zich op het beweegbare deel van de brug bevonden, maar ook komen in de analyse gebeurtenissen naar voren waarin de slachtoffers zich gedroegen alsof zij zich (nog) niet op het beweegbare deel bevonden. Een voorbeeld hiervan is het ongeval op de Den Uylbrug in Zaandam, waarbij het slachtoffer tot stilstand kwam bij de voor haar tweede afsluitboom en van haar fiets afstapte om te wachten, zoals men dat bij de eerste afsluitboom zou doen.⁵

⁴ Voor inzicht in de incidenthistorie, zie bijlage 1.

⁵ Onderzoeksraad voor Veiligheid (2016). *Ongeval Den Uylbrug, Zaandam. Meer dan de som der delen.*

Scenario 2: beklemming

Een tweede scenario dat is af te leiden uit de reeks gebeurtenissen is een situatie waarbij voornamelijk passanten ((brom)fietsers en voetgangers), maar in enkele gevallen ook een monteur of bedienaar, beklemd komen te zitten tussen beweegbare delen van een brug. Waar het de monteur of bedienaar betreft, gaat het om beklemming in de machinekamer van de brug, waarbij de directe oorzaak moeilijk te achterhalen is. Voor passanten geldt dat zij in dit scenario bekneld raken doordat zij bijvoorbeeld op een verkeerde plaats wachten bij een open brug, waardoor zij geraakt kunnen worden en daarmee beklemd kunnen raken door het beweegbare deel van de brug. Ook zijn situaties gevonden waarin het dalen van een afsluitboom tot beklemming heeft geleid, wederom omdat – in dit geval een fietser – niet op de juiste plek stond tijdens het wachten op het opengaan van de brug.

Scenario 3: botsing met afsluitboom

Anders dan beklemming als gevolg van een afsluitboom zijn er voor het derde scenario verschillende gebeurtenissen af te leiden waar passanten tegen afsluitbomen botsen, met zwaar of dodelijk letsel tot gevolg. Passanten zijn in dit scenario motorrijders, (brom)fietsers, scooters en wandelaars. Ook komt het geregeld voor dat automobilisten botsen met een afsluitboom, maar daarbij vanwege de bescherming door het voertuig geen of nauwelijks letsel ondervinden. Voorbeelden van dit scenario zijn momenten waarop passanten de afsluitboom naderen, maar vanwege factoren als verblinding door een lage zon of een (te) hoge snelheid niet kunnen anticiperen op het neergaan van een afsluitboom. Ook is het enkele keren voorgekomen dat een afsluitboom vanwege een storing plotseling omlaag kwam, zonder dat passanten daarvoor gewaarschuwd werden en daarop konden anticiperen.

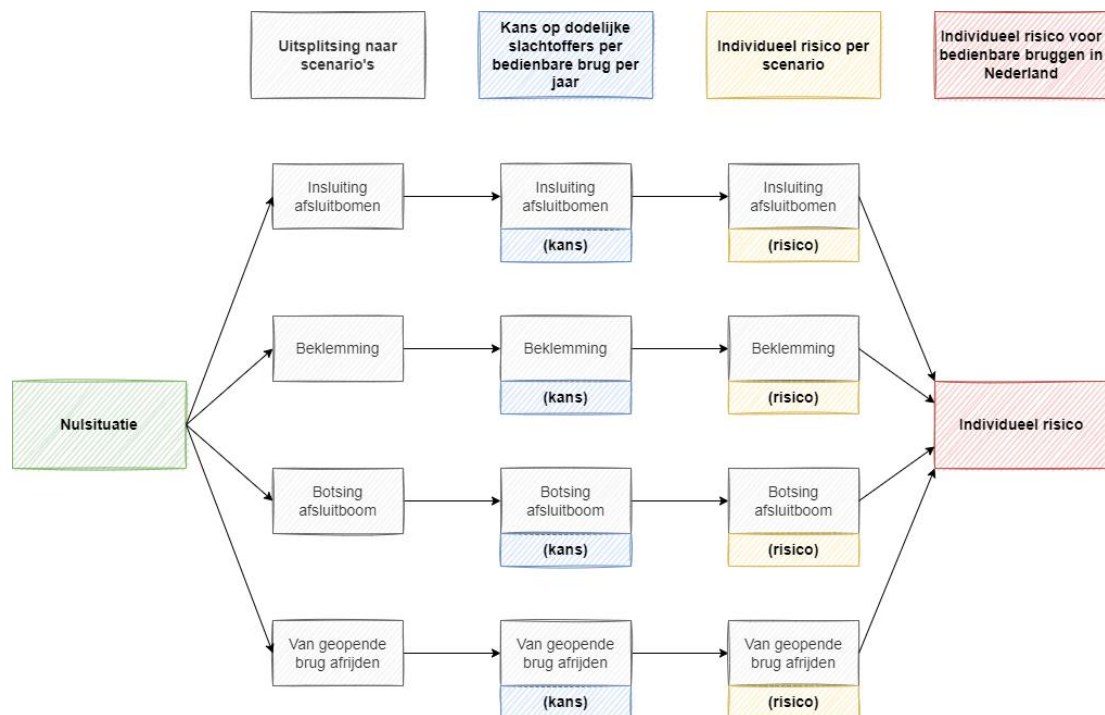
Scenario 4: van geopende brug afrijden

Het vierde en laatste scenario betreft gebeurtenissen waarbij automobilisten door de afsluitbomen heen het water in zijn gereden, met zwaar of dodelijk letsel tot gevolg.

Een belangrijke kanttekening bij dit scenario is dat drie van de vijf gebeurtenissen die we gevonden hebben, plaats hebben gevonden op dezelfde brug, rond hetzelfde tijdstip ('s nachts) in het weekend, binnen drie jaar tijd. Volgens de experts die we gesproken hebben is, hoewel we niet hebben kunnen achterhalen hoe precies, de situatie op de brug aangepast na het laatste ongeval. Vijf jaar na het laatste ongeval is deze brug overigens vervangen door een geheel nieuwe brug.⁶ In die vijf jaar na het laatste ongeval maar ook in de vijf jaar na het vervangen van de brug heeft dit scenario zich niet meer voorgedaan.

⁶ Rijkswaterstaat (2021). *Aanpak Botlekbrug*. <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegenoverzicht>

Wanneer we bovenstaande scenario's verwerken in de gebeurtenissenboom, levert dat het beeld op zoals te zien in figuur 2.1.



Figuur 2.1: Gebeurtenissenboom met vier hoofdsenario's.

2.3 De kans op dodelijke slachtoffers per brug per jaar in Nederland

Rekenmethode

Om voor de scenario's uit te rekenen wat de kans op dodelijke slachtoffers per beweegbare brug in Nederland is, delen we het aantal dodelijke slachtoffers uit de scenario's door twintig jaar en vervolgens door vijftienhonderd bruggen in Nederland.⁷

Hoewel we in onze ongevalanalyse en in hoofdstuk 3 naast dodelijk letsel ook ingaan op zwaar letsel, kijken we voor het berekenen van de risico's enkel naar dodelijk letsel. Deze normstelling in het rijksbeleid is vanwege onder meer de mate van berekenbaarheid tot stand gekomen. In onze kosten- en batenanalyse in hoofdstuk 3 nemen we dus (vanwege de evidente kosten die aan zwaar letsel verbonden zijn) wel het verlies aan gezonde levensjaren als gevolg van zwaar letsel mee, omdat schade in een dergelijke analyse uit (veel) meer bestaat dan slechts het aantal overlijdens.

⁷ Waterkaart. De bruggen en sluizen van Nederland. <https://waterkaart.net/gids/brug-en-sluistijden.php>

Scenario 1: insluiting tussen afsluitbomen

Als gevolg van het eerste scenario zijn tussen 2000 en 2020 drie mensen overleden. De kans op dodelijke slachtoffers per beweegbare brug per jaar in Nederland als gevolg van insluiting tussen afsluitbomen komt daarmee uit op $1,0 * 10^{-4}$, een kans van één op tienduizend.

Scenario 2: beklemming

Als gevolg van het tweede scenario zijn tussen 2000 en 2020 drie mensen overleden. De kans op dodelijke slachtoffers per beweegbare brug per jaar in Nederland als gevolg van beklemming komt daarmee uit op $1,0 * 10^{-4}$, een kans van één op tienduizend.

Scenario 3: botsing met afsluitbomen

Als gevolg van het derde scenario zijn tussen 2000 en 2020 twee mensen overleden. De kans op dodelijke slachtoffers per beweegbare brug per jaar in Nederland als gevolg van een botsing met afsluitbomen komt daarmee uit op $6,7 * 10^{-5}$, een kans van zes-en-half op honderdduizend.

Scenario 4: van geopende brug afrijden

Als gevolg van het vierde scenario zijn tussen 2000 en 2020 vijf mensen overleden. De kans op dodelijke slachtoffers per beweegbare brug per jaar in Nederland als gevolg van het afrijden van een geopende brug komt daarmee uit op $1,7 * 10^{-4}$, een kans van anderhalf op tienduizend.

Wanneer we bovenstaande kansen van de vier scenario's opnemen in de gebeurtenissenboom, levert dat het beeld op zoals te zien in figuur 2.2.

Vergelijk met uitkomsten expertonderzoek Harmonisatie Machinerichtlijn

In opdracht van de provincie Noord-Holland heeft IV-infra een kwantitatief expertmeningenonderzoek gedaan naar de veiligheidsrisico's van beweegbare bruggen.⁸ Het doel van het onderzoek was om kansen te bepalen van het optreden van risico's, aan de hand van expertmeningen. Daar zijn diverse scenario's uitgekomen waarin risico's voor beweegbare bruggen een kans van optreden wordt toebedeeld. In onderstaande opsomming is weergegeven hoe deze risico's zich verhouden tot de risico's waar wij met onze berekeningen op uit zijn gekomen.

Scenario: insluiting tussen afsluitbomen

- Crisislab: $1,0 * 10^{-4}$
- IV-infra: $8,5 * 10^{-5}$

⁸ IV-infra (2021). *Expertonderzoek Harmonisatie Machinerichtlijn: eindrapport van het kwantitatief expertmeningenonderzoek naar de veiligheidsrisico's van beweegbare bruggen.*

Scenario: beklemming

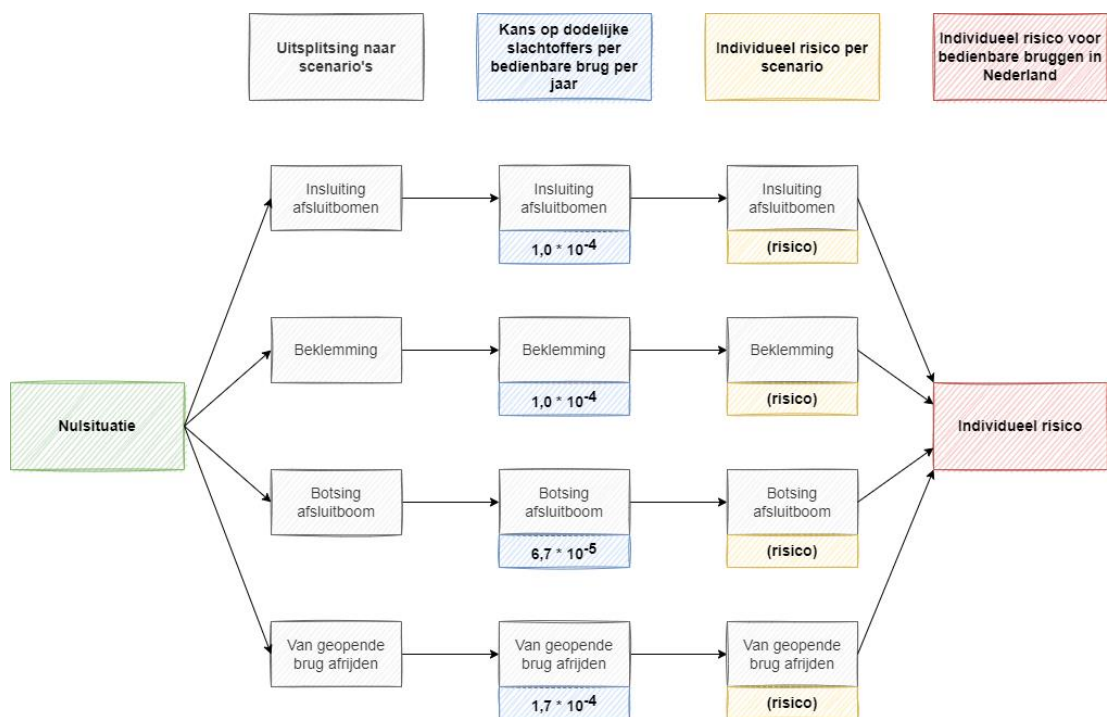
- Crisislab: $1,0 * 10^{-4}$
- IV-infra: $1,3 * 10^{-5}$

Scenario: botsing met afsluitboom

- Crisislab: $6,7 * 10^{-5}$
- IV-infra: $6,8 * 10^{-5}$

Scenario: van geopende brug afrijden

- Crisislab: $1,7 * 10^{-4}$
- IV-infra: $1,3 * 10^{-4}$



Figuur 2.2: Gebeurtenissenboom met vier hoofdscenario's en kansen.

2.4 Het individueel risico

Rekenmethode

Het individueel risico voor beweegbare bruggen bestaat uit het risico per persoon per blootstelling aan het risico, vermenigvuldigd met het aantal keren dat een persoon wordt blootgesteld aan het risico. Om voor de vier scenario's uit te rekenen wat het individueel risico is, is daarom allereerst van belang om uit te rekenen hoeveel mensen worden blootgesteld aan de risico's uit de vier scenario's.

Voor blootgestelden maken we onderscheid in motorvoertuigen, fietsers, snor- en bromfietsers en wandelaars. We kiezen er bewust voor om monteurs en bedienaars niet apart mee te nemen als categorie, omdat gebeurtenissen waarin zij zwaar of dodelijk letsel oplopen in twintig jaar niet vaker dan twee keer is voorgekomen, waardoor het risico nagenoeg verwaarloosbaar is.

Zoals we in het inleidende hoofdstuk omschreven gaan we voor het individueel risico uit van een norm van één dodelijk slachtoffer per honderdduizend blootgestelden aan het risico (10^{-5}). Om statistiek te kunnen toepassen doen we (conservatieve) aannames over (het gebruik van) beweegbare bruggen in Nederland, waar (zoals altijd) uitzonderingen op kunnen zijn. Om aan te geven dat de onzekerheidsmarge van deze aannames voor onze conclusie geen (groot) verschil maken, doen we in dit hoofdstuk tevens een gevoeligheidsanalyse.

Blootstelling aan het risico

Voor de blootstelling aan het risico voor motorvoertuigen rekenen we uit dat een motorvoertuig gemiddeld iedere drieënnegentig kilometer een beweegbare brug tegenkomt, door het totale aantal kilometer van het wegennet te delen door het aantal beweegbare bruggen.⁹ Ieder motorvoertuig rijdt per jaar gemiddeld zeventienduizend kilometer, gebaseerd op het totale aantal afgelegde kilometers¹⁰ en het totale aantal motorvoertuigen¹¹. Door het aantal kilometer per jaar per motorvoertuig te delen door het aantal kilometer dat men moet rijden om een beweegbare brug tegen te komen, rekenen we uit dat een gemiddeld motorvoertuig per jaar honderddrieëntachtig beweegbare bruggen tegenkomt. Vervolgens vermenigvuldigen we dat aantal met het aantal motorvoertuigen, waarmee we uitrekenen dat per jaar iets meer dan anderhalf miljard motorvoertuigen over beweegbare bruggen in Nederland rijden. Hoewel er soms meerdere personen in een auto plaatsnemen, gaan we ervan uit dat ieder motorvoertuig (inclusief motoren) gelijk staat aan één blootgesteld persoon. Omdat de vier hoofdsenario's zich enkel voordoen bij het open- en dichtgaan van de beweegbare brug, rekenen we uit dat een gemiddelde beweegbare brug in Nederland gemiddeld 2,9% van de tijd aan het opengaan is, open staat of dicht aan het gaan is.¹² Daarmee worden van die anderhalf miljard motorvoertuigen ongeveer drieënveertig miljoen motorvoertuigen blootgesteld aan de vier hoofdsenario's.

Voor de blootstelling aan het risico voor fietsers rekenen we uit dat een fietser iedere eenenvijftig kilometer een beweegbare brug tegenkomt, door het aantal kilometer fietspad¹³ te delen door het aantal beweegbare bruggen met een fietspad. Daarbij nemen we

⁹ CBS (2018). *Hoeveel wegen zijn er in Nederland?* <https://www.cbs.nl>.

¹⁰ CBS (2020). *Kilometers afgelegd door Nederlandse motorvoertuigen.* <https://www.cbs.nl>.

¹¹ CBS (2021). *Hoeveel personenauto's zijn er in Nederland?* <https://www.cbs.nl>. CBS (2021). *Hoeveel motorfietsen zijn er in Nederland?* <https://www.cbs.nl>.

¹² Op basis van een dataset die we hebben ontvangen van www.isdebrugopen.nl stellen we vast dat een gemiddelde beweegbare brug in Nederland per dag bijna elf keer open en dicht gaat en vier minuten per keer open staat.

¹³ Fietsersbond (2013). *Hoeveel kilometer fietspad is er in Nederland?* <https://www.fietsersbond.nl>.

aan dat dit bij ongeveer de helft, zevenhonderdvijftig, van de beweegbare bruggen het geval is. Iedere fietser rijdt per jaar gemiddeld elfhonderd kilometer, gebaseerd op het aantal afgelegde kilometer per jaar door fietsers en het aantal fietsers in Nederland.¹⁴ Door het aantal kilometer per jaar per fietser te delen door het aantal kilometer dat men moet fietsen om een beweegbare brug tegen te komen, rekenen we uit dat een gemiddelde fietser tweeëntwintig beweegbare bruggen per jaar tegenkomt. Vervolgens vermenigvuldigen we dat aantal met het aantal fietsers, waarmee we uitrekenen dat per jaar ongeveer driehonderdmiljoen fietsers over beweegbare bruggen in Nederland fietsen. Ook voor fietsers geldt dat zij enkel worden blootgesteld aan de risico's wanneer een brug aan het opengaan is, open staat of dicht aan het gaan is. Daarmee worden van die driehonderd miljoen fietsers ongeveer achtenhalf miljoen fietsers blootgesteld aan de vier hoofdscenario's.

Voor de blootstelling aan het risico voor snor- en bromfietsers rekenen we uit dat een snor- of bromfietser, net als fietsers, iedere eenenvijftig kilometer een beweegbare brug tegenkomt, door het aantal kilometer fietspad te delen door het aantal beweegbare bruggen met een fietspad. Daarbij nemen we aan dat dit bij ongeveer de helft, zevenhonderdvijftig, van de beweegbare bruggen het geval is en dat zowel snor- als bromfietsers enkel gebruik maken van het fietspad. Iedere snor- of bromfietser rijdt per jaar gemiddeld achthonderd kilometer, gebaseerd op het aantal afgelegde kilometer per jaar door snor- en bromfietsers¹⁵ en het aantal snor- en bromfietsen in Nederland¹⁶. Door het aantal kilometer per jaar per snor- of bromfietser te delen door het aantal kilometer dat men moet rijden om een beweegbare brug tegen te komen, rekenen we uit dat een gemiddelde snor- of bromfietser zestien beweegbare bruggen per jaar tegenkomt. Vervolgens vermenigvuldigen we dat aantal met het aantal snor- en bromfietsen, waarmee we uitrekenen dat per jaar ongeveer twintig miljoen snor- en bromfietsers over beweegbare bruggen in Nederland rijden. Ook voor snor- en bromfietsers geldt dat zij enkel worden blootgesteld aan de risico's wanneer een brug aan het opengaan is, open staat of dicht aan het gaan is. Daarmee worden van die twintig miljoen snor- en bromfietsers ongeveer vijfhonderdtachtigduizend snor- en bromfietsers blootgesteld aan de vier hoofdscenario's.

Voor de blootstelling aan het risico voor wandelaars rekenen we uit dat een wandelaar iedere eenenvijftig kilometer een beweegbare brug tegenkomt, door het aantal kilometer wandelpad te delen door het aantal beweegbare bruggen met een wandelpad. Daarbij nemen we aan dat dit bij ongeveer de helft, zevenhonderdvijftig, van de beweegbare bruggen het geval is en dat het aantal kilometer wandelpad bij deelname aan het verkeer gelijk staat aan het aantal kilometer fietspad. Iedere wandelaar wandelt per jaar gemiddeld tweehonderdzeventig kilometer, gebaseerd op het aantal afgelegde kilometer per jaar door wandelaars en het aantal wandelaars in Nederland.¹⁷ Door het aantal kilometer per jaar per wandelaar te delen door het aantal kilometer dat men moet

¹⁴ CBS (2019). *Hoeveel fietsen inwoners van Nederland?* <https://www.cbs.nl>.

¹⁵ CBS (2016). *Totaal afgelegde kilometers van Motor- en bromfietsen.* <https://www.cbs.nl>.

¹⁶ CBS (2019). *Weer meer snorfietsen, minder bromfietsen.* <https://www.cbs.nl>.

¹⁷ Wandelnet (2020). *Infoblad kerncijfers wandelen 2020: wandelen in cijfers.*

wandelen om een beweegbare brug tegen te komen, rekenen we uit dat een gemiddelde wandelaar vijf beweegbare bruggen per jaar tegenkomt. Vervolgens vermenigvuldigen we dat aantal met het aantal wandelaars waarmee we uitrekenen dat per jaar ongeveer vijfenvijftig miljoen wandelaars over beweegbare bruggen in Nederland wandelen. Ook voor wandelaars geldt dat zij enkel worden blootgesteld aan de risico's wanneer een brug aan het open gaan is, open staat of dicht aan het gaan is. Daarmee worden van die vijfenvijftig miljoen wandelaars ongeveer anderhalf miljoen wandelaars blootgesteld aan de vier hoofdscenario's.

Scenario 1: insluiting tussen afsluitbomen

Uit de ongevalanalyse blijkt dat voor insluiting tussen afsluitbomen op een beweegbare brug geldt dat motorvoertuigen, fietsers, snor- en bromfietsers, en wandelaars zijn blootgesteld aan het risico. Dit betekent dat er per jaar ongeveer vierenvijftig miljoen personen worden blootgesteld aan het risico, wat neerkomt op ongeveer zesendertigduizend blootgestelden per brug. Eerder rekenden we voor dit scenario uit dat de kans op dodelijke slachtoffers per brug per jaar een kans van één op tienduizend is. Om het risico per brug per jaar per blootgestelde uit te rekenen, delen we die kans door het aantal blootgestelden per brug. Daaruit volgt dat het risico per jaar per blootgestelde uitkomt op $2,7 * 10^{-9}$. Het individueel risico is het risico per jaar per blootgestelde, vermenigvuldigd met het aantal bewegingen over een beweegbare brug van een blootgestelde per jaar. Hieruit blijkt dat het individueel risico voor motorvoertuigen met honderddrieëntachtig bruggen per jaar uitkomt op $5,1 * 10^{-7}$, voor fietsers met tweeëntwintig bruggen per jaar op $6,1 * 10^{-8}$, voor snor- en bromfietsers met zestien bruggen per jaar op $4,4 * 10^{-8}$, en voor wandelaars met vijf bruggen per jaar op $1,4 * 10^{-8}$. Een gemiddeld individueel risico voor blootgestelden op overlijden op een beweegbare brug als gevolg van insluiting tussen afsluitbomen is daarmee $1,6 * 10^{-7}$.

Scenario 2: beklemming

Voor beklemming op een beweegbare brug geldt dat fietsers, snor- en bromfietsers, en wandelaars zijn blootgesteld aan het risico. Daarbij nemen we aan dat mogelijke blootgestelde motorvoertuigen een verwaarloosbare kans hebben op zwaar of dodelijk letsel als gevolg van dit scenario, gebaseerd op de ongevalanalyse in bijlage 1 van dit rapport. Dit betekent dat er per jaar iets meer dan tien miljoen personen worden blootgesteld aan het risico, wat neerkomt op ongeveer zeventienduizend blootgestelden per brug. Eerder rekenden we voor dit scenario uit dat de kans op dodelijke slachtoffers per brug per jaar een kans van één op tienduizend is. Om het risico per brug per jaar per blootgestelde uit te rekenen, delen we die kans door het aantal blootgestelden per brug. Daaruit volgt dat het risico per jaar per blootgestelde uitkomt op $1,4 * 10^{-8}$. Door het risico per jaar per blootgestelde te vermenigvuldigen met het aantal bewegingen over een beweegbare brug van een blootgestelde per jaar, blijkt dat het individueel risico voor fietsers met tweeëntwintig bruggen per jaar uitkomt op $3,1 * 10^{-7}$, voor snor- en bromfietsers met zestien bruggen per jaar op $2,2 * 10^{-7}$, en voor wandelaars met vijf

bruggen per jaar op $7,1 * 10^{-8}$. Een gemiddeld individueel risico voor blootgestelden op overlijden op een beweegbare brug als gevolg van beklemming is daarmee $2,0 * 10^{-7}$.

Scenario 3: botsing met afsluitbomen

Voor botsing met afsluitbomen op een beweegbare brug geldt wederom dat fietsers, snor- en bromfietsers, en wandelaars zijn blootgesteld aan het risico. Daarbij nemen we aan dat mogelijke blootgestelde motorvoertuigen een verwaarloosbare kans hebben op zwaar of dodelijk letsel als gevolg van dit scenario, gebaseerd op de ongevalanalyse in bijlage 1 van dit rapport. Dit betekent dat er per jaar iets meer dan tien miljoen personen worden blootgesteld aan het risico, wat neerkomt op ongeveer zeventien duizend blootgestelden per brug. Eerder rekenden we voor dit scenario uit dat de kans op dodelijke slachtoffers per brug per jaar een kans van zes en een half op honderdduizend is. Om het risico per brug per jaar per blootgestelde uit te rekenen, delen we die kans door het aantal blootgestelden per brug. Daaruit volgt dat het risico per jaar per blootgestelde uitkomt op $9,6 * 10^{-9}$. Door het risico per jaar per blootgestelde te vermenigvuldigen met het aantal bewegingen over een beweegbare brug van een blootgestelde per jaar, blijkt dat het individueel risico voor fietsers met tweeëntwintig bruggen per jaar uitkomt op $2,1 * 10^{-7}$, voor snor- en bromfietsers met zestien bruggen per jaar op $1,5 * 10^{-7}$, en voor wandelaars met vijf bruggen per jaar op $4,8 * 10^{-8}$. Een gemiddeld individueel risico voor blootgestelden op overlijden op een beweegbare brug als gevolg van een botsing met afsluitbomen is daarmee $1,4 * 10^{-7}$.

Scenario 4: van geopende brug afrijden

Voor het van een geopende beweegbare brug afrijden geldt dat motorvoertuigen, fietsers, en snor- en bromfietsers zijn blootgesteld aan het risico. Daarbij nemen we aan dat mogelijke blootgestelde wandelaars een verwaarloosbare kans hebben op zwaar of dodelijk letsel als gevolg van dit scenario, gebaseerd op de ongevalanalyse in bijlage 1 van dit rapport. Dit betekent dat er per jaar ongeveer tweeënvijftig miljoen personen worden blootgesteld aan het risico, wat neerkomt op bijna vijfendertigduizend blootgestelden per brug. Eerder rekenden we voor dit scenario uit dat de kans op dodelijke slachtoffers per brug per jaar een kans van anderhalf op tienduizend is. Om het risico per brug per jaar per blootgestelde uit te rekenen, delen we die kans door het aantal blootgestelden. Daaruit volgt dat het risico per jaar per blootgestelde uitkomt op $4,9 * 10^{-9}$. Door het risico per jaar per blootgestelde te vermenigvuldigen met het aantal bewegingen over een beweegbare brug van een blootgestelde per jaar, blijkt dat het individueel risico voor motorvoertuigen met honderddrieëntachtig bruggen per jaar uitkomt op $8,9 * 10^{-7}$, voor fietsers met tweeëntwintig bruggen per jaar op $1,1 * 10^{-7}$, en voor snor- en bromfietsers met zestien bruggen per jaar op $7,8 * 10^{-8}$. Een gemiddeld individueel risico voor blootgestelden op overlijden als gevolg van het van een geopende beweegbare brug afrijden is $3,4 * 10^{-7}$.

2.5 Samengevat

In onderstaande gebeurtenissenboom (figuur 2.3) hebben we de informatie zoals besproken in dit hoofdstuk schematisch weergegeven. Omdat een blootgestelde op een beweegbare brug achtereenvolgens wordt blootgesteld aan de verschillende risico's (en dus niet op hetzelfde moment) nemen we aan dat gedurende de tijd dat de brug open is, dat men wordt blootgesteld aan het gemiddelde risico. N.B. herinner dat we gehele periode van opengaan, open zijn en sluiten van de brug conservatief hebben aangenomen als blootstellingsperiode terwijl in werkelijkheid het risico minder zal zijn in de periode dat de brug open is (en niet in beweging is) en er al voertuigen voor de brug aan het wachten zijn (dan immers kunnen voor de aankomende voertuigen de scenario's niet plaatsvinden). In de tabel hieronder is inzichtelijk gemaakt waar de blootstelling per risico ongeveer plaatsvindt.

Scenario	Risico	Plaats
Insluiting tussen afsluitboom	$1,6 * 10^{-7}$	Midden van het brugdek, alleen blootgesteld bij beweging van de brug en als eerste (paar) blootgestelde(n) bij aankomst.
Beklemming	$2,0 * 10^{-7}$	Bij afsluitbomen en bij brugopening, alleen blootgesteld bij beweging van de brug.
Botsing met afsluitbomen	$1,4 * 10^{-7}$	Vóór en bij passeren afsluitbomen, alleen blootgesteld bij beweging van de afsluitbomen.
Van geopende brug afrijden	$3,4 * 10^{-7}$	Ná passeren afsluitbomen, alleen blootgesteld als eerste (paar) blootgestelde(n) bij aankomst.

Tabel 2.1: Plaats van blootstelling per risico.

We hanteren daarom in de berekening van het individueel risico voor beweegbare bruggen in Nederland het gemiddelde van de deelkansen per periode, dat wil zeggen dat het individueel risico uitkomt op $2,1 * 10^{-7}$. Voor het geheel aan beweegbare bruggen in Nederland geldt daarom dat de reguliere veiligheidsnorm van een individueel overlijdensrisico (IR) van een op de honderdduizend jaar (10^{-5}) ruim gehaald wordt. De feitelijke onveiligheid ligt dus rondom de 10^{-7} .

Gevoeligheidsanalyse: de aannames in perspectief

Om onze eerder onderbouwde aannames in perspectief te plaatsen willen we laten zien dat, ook als we in dit rapport een aantal factoren van de werkelijkheid af zouden zetten met onze aannames, dit voor het uiteindelijke risico (en dus voor onze conclusies over de proportionaliteit van het veiligheidsbeleid) weinig verschil zal maken.

Zo nemen we voor de analyse als uitgangspunt dat we de volgende aspecten hebben over- of onderschat en daarvoor een nieuwe regel hanteren:

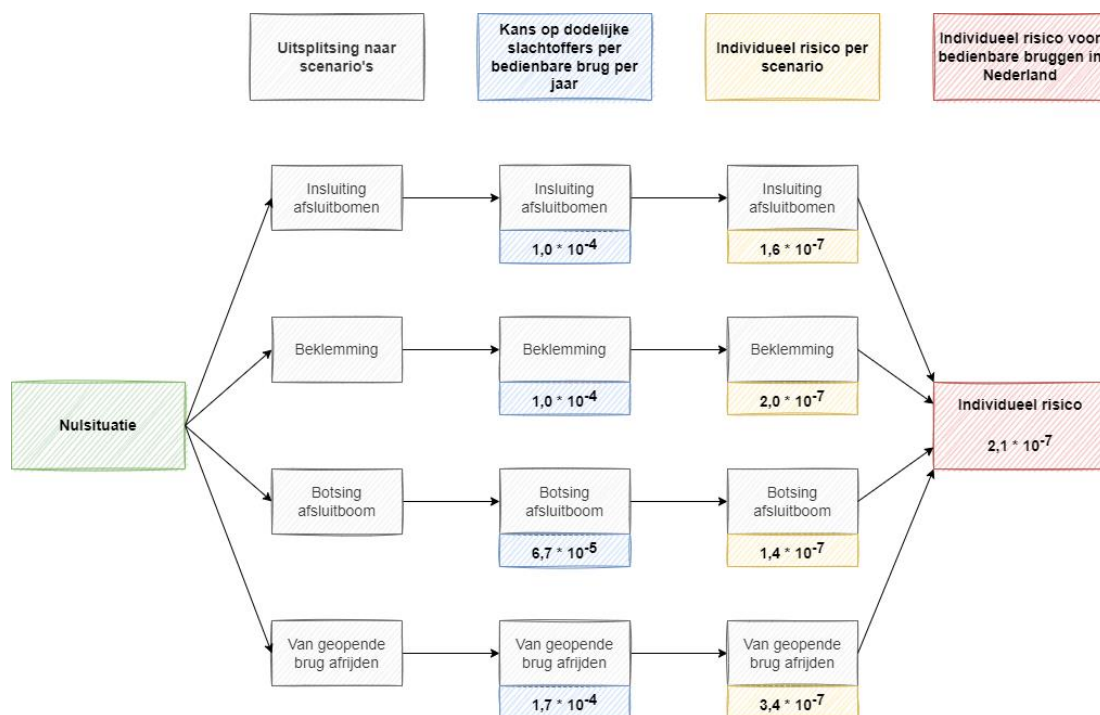
- er zijn tweemaal zoveel ongevallen op beweegbare bruggen met een evenredig verlies aan gezonde levensjaren als dat wij hebben aangenomen.

- men komt als passant vijfmaal zo vaak een beweegbare brug tegen als dat wij hebben aangenomen.
- iedere beweegbare brug in Nederland heeft een fiets- en looppad.

Gebaseerd op bovenstaande regels rekenen we volgens dezelfde methode uit dat het individueel risico per scenario (nog steeds) voldoet aan de reguliere veiligheidsnorm van een individueel overlijdensrisico van een op de honderdduizend jaar (10^{-5}):

- scenario 1: $1,8 * 10^{-6}$ (onze regels: $1,6 * 10^{-7}$)
- scenario 2: $3,3 * 10^{-6}$ (onze regels: $2,0 * 10^{-7}$)
- scenario 3: $2,2 * 10^{-6}$ (onze regels: $1,4 * 10^{-7}$)
- scenario 4: $3,8 * 10^{-6}$ (onze regels: $3,4 * 10^{-7}$)

Het gemiddelde individueel risico voor overlijden op beweegbare bruggen in Nederland is op basis van deze over- of onderschattingen een kans van $2,8 * 10^{-6}$, waarmee de norm van een individueel overlijdensrisico van een op de honderdduizend jaar (10^{-5}) nog steeds gehaald wordt. Deze uitkomst onderschrijft dus onze conclusie dat gezien de grootte van de risico's van beweegbare bruggen geen extra investeringen in beheersmaatregelen *noodzakelijk* zijn.



Figuur 2.3: Gebeurtenissenboom met vier hoofdsenario's, kansen en individueel risico.

3 Implicaties kosten voor maatregelen

3.1 Inleiding

De risico's van beweegbare bruggen in Nederland uit voorgaand hoofdstuk zijn met de vier opdrachtgevers besproken in diverse expertsessies.¹⁸ Tijdens deze sessies zijn we met de experts ingegaan op de grootte van de risico's en wat dit impliceert voor het veiligheidsbeleid voor de beweegbare bruggen. Ook hebben we de experts gevraagd om met een inschatting te komen van de kosten die verbonden zijn aan de huidige beheersmaatregelen, om op basis daarvan uitspraken te kunnen doen over de redelijkheid van de beheersmaatregelen in verhouding tot de omschreven risico's. We gebruiken dit hoofdstuk als input voor het volgende hoofdstuk met aanbevelingen voor proportioneel veiligheidsbeleid voor beweegbare bruggen in Nederland.

3.2 Beschikbaar budget op basis van risico's

Het berekenen van proportionaliteit van maatregelen doen we door de verwachte (of ten minste wenselijke) gezondheidswinst van veiligheidsmaatregelen af te zetten tegen een vaste investeringsnorm die maximaal geïnvesteerd mag worden om één gezond levensjaar te winnen. Een gebruikelijke maatstaf per gewonnen gezond levensjaar (DALY)¹⁹ is een bedrag van €80.000,-. Deze norm komt overeen met de door de Raad voor Volksgezondheid geadviseerde norm en is gebaseerd op de rationale dat we met dit bedrag uitkomen op de waarde van een statistisch mensenleven van € 6 miljoen.²⁰

Om iets te kunnen zeggen over de proportionaliteit van maatregelen voor de vier scenario's is dus van belang om uit te rekenen hoeveel gezonde levensjaren (DALY's) er in de twintig jaar per jaar verloren zijn gegaan als gevolg van de scenario's. Het aantal gezonde levensjaren vermenigvuldigen we dan met de maatstaf van €80.000,-, waarmee we uitrekenen welk budget er jaarlijks beschikbaar is om te investeren in extra maatregelen voor beweegbare bruggen in Nederland. Met andere woorden: indien de 10^{-5} norm al gehaald wordt, zoals bij beweegbare bruggen in Nederland het geval is, is de maatstaf van € 80.000,- per DALY te hanteren als richtlijn voor investeringen die aantoonbaar tot extra veiligheid leiden.

¹⁸ Voor een overzicht van de deelnemers aan de expertsessies per opdrachtgever, zie bijlage 2.

¹⁹ Disability Adjusted Life Years (DALY's) is een meeteenheid om verloren gezonde levensjaren uit te drukken. Mensen van jonge leeftijd die komen te overleden wegen daarmee zwaarder dan oudere mensen die komen te overlijden, omdat zij meer gezonde levensjaren verliezen. Ook zijn bijvoorbeeld rugletsel, een gebroken been en andere vormen van zwaar letsel uit te drukken in DALY's, waarmee gezondheidsschade van (zwaar)gewonden en overledenen bij elkaar opgeteld kan worden.

²⁰ Zie voor een literatuuranalyse: Helsloot, Pieterman & Hanekamp (2010). *Risico's en redelijkheid: verkenning naar een rijksbreed beoordelingskader voor de toelaatbaarheid van risico's*.

Als gevolg van het eerste scenario (zie bijlage 1) zijn tussen 2000 en 2020 vierenzeventig gezonde levensjaren verloren gegaan. Als gevolg van het tweede scenario zijn tussen 2000 en 2020 honderddrieëntachtig gezonde levensjaren verloren gegaan. Als gevolg van het derde scenario zijn tussen 2000 en 2020 zevenenvijftig gezonde levensjaren verloren gegaan. Als gevolg van het vierde scenario zijn tussen 2000 en 2020 tweehonderddrieëndertig gezonde levensjaren verloren gegaan. Dit betekent dat er vanwege de vier scenario's in twintig jaar vijfhonderdzevenenveertig gezonde levensjaren verloren zijn gegaan op beweegbare bruggen in Nederland, wat neerkomt op een verlies aan 27,3 gezonde levensjaren per jaar.

Wanneer we het aantal verloren gezonde levensjaren per jaar vermenigvuldigen met €80.000,-, blijkt dat er op basis van de verloren levensjaren als gevolg van de risico's jaarlijks een budget beschikbaar is van €2.184.000,- voor beweegbare bruggen in Nederland. Dit komt neer op een budget van ongeveer €1500,- per brug per jaar. In theorie is dit bedrag beschikbaar om veiligheidsmaatregelen te treffen die het aantal verloren gezonde levensjaren verder omlaag kunnen brengen.

Nogmaals, omdat we in dit rapport aanbevelen om bestuurlijk vast te stellen dat in Nederland een individueel risico van 10^{-5} ook voor beweegbare bruggen de te behalen norm is, concluderen we dat gezien de grootte van de risico's uit het voorgaande hoofdstuk (rondom 10^{-7}) geen extra investeringen in beheersmaatregelen *noodzakelijk* zijn. Juist, omdat de risico's (ruim) onder de norm uitkomen bekijken we in dit rapport of er mogelijkheden zijn om de investeringen die nu al in die maatregelen gedaan worden op een meer proportionele wijze vorm te geven.

3.3 Huidige beheersmaatregelen

Vanwege het (ruim) behalen van de 10^{-5} -norm, zijn we met experts van de opdrachtgevers in gesprek gegaan om gedachten uit te wisselen over de manier waarop veiligheidsbeleid van beweegbare bruggen proportioneel vormgegeven kan worden. Onze conclusie is immers dat de huidige risico's geen investeringsruimte bieden voor nóg meer veiligheidsbeleid. Daarvoor is het van belang om eerst na te gaan welke beheersmaatregelen men momenteel op een gemiddelde brug treft om de in dit rapport omschreven risico's te beheersen.

Uit gesprekken met de experts is duidelijk geworden dat er momenteel meerdere beheersmaatregelen van toepassing zijn op beweegbare bruggen die positief maar ook negatief van invloed (kunnen) zijn op de vier hoofdscenario's. Denk daarbij aan het plaatsen van verkeersborden, landverkeersseinen, voorwaarschuwingen, afsluitbomen, werkschakelaars en maatregelen in de machinekamer (zoals hekjes, antislip strips, sleutelplannen, etc. om het risico op beknelling te verkleinen). Op basis van de inschatting van de bevroegde experts nemen we aan dat er per brug gemiddeld vier verkeersborden geplaatst worden, zes dubbele landverkeersseinen, één voorwaarschuwing, vier afsluitbomen en vier werkschakelaars. Overige maatregelen zoals hekjes en antislip

strips zijn dusdanig afhankelijk van het type brug dat we de gemiddelde aantallen buiten beschouwing laten. Naast de aantallen van bovenstaande beheersmaatregelen per brug hebben we de experts ook gevraagd een inschatting te maken van de kosten van deze maatregelen. Op basis van die inschatting nemen we (ruwweg) aan dat maatregelen die specifiek zijn genomen om de risico's waar we in dit rapport over spreken te verkleinen per brug ongeveer €275.000,- kosten.

Samen met de experts hebben we van gedachten gewisseld over mogelijke oplossingsrichtingen om tot (meer) proportioneel veiligheidsbeleid te komen. In het volgende hoofdstuk doen we verschillende aanbevelingen om verschillende inzichten van de experts nader te onderzoeken om te bezien of het al dan niet rendabele denkrichtingen zijn. We merken nadrukkelijk op dat wij geen verkeerskundige inzichten naar voren brengen in de aanbevelingen, maar slechts adviseren om een andere (meer) proportionele aanpak te onderzoeken en te overwegen, gelet op de eerdere conclusies over de huidige proportionaliteit van het veiligheidsbeleid.

4 Aanbevelingen veiligheidsbeleid bruggen

In algemene zin

Zoals we in de vorige hoofdstukken hebben aangetoond zijn beweegbare bruggen in Nederland op dit moment (zeer) veilig en is het vanwege de grootte van de verschillende risico's niet *noodzakelijk* om nóg meer te investeren in veiligheidsmaatregelen, maar kunnen juist kosten bespaard worden. Wij constateren echter ook in de groeps gesprekken dat er bij professionals toch een drive is om de bruggen steeds veiliger te maken, onder meer door de onjuiste interpretatie van de Machinerichtlijn. Bij het steeds veiliger maken wordt dan geen kwantitatieve risicoanalyse toegepast maar uitgegaan van worstcase aannames die vervolgens met nieuwe maatregelen moeten worden beheerst. Daarom is het van belang om bij de aanleg van nieuwe beweegbare bruggen de gebruikelijke (maar ook huidige) manier van investeren te heroverwegen, met dit adviesrapport als basis voor het gesprek met bestuurders.

Om het gesprek over de proportionaliteit van maatregelen te kunnen voeren is het nodig om vast te leggen wanneer 'veilig, veilig genoeg is':

Hoofdaanbeveling 1: Stel bestuurlijk vast dat net als op andere domeinen in Nederland een IR van 10^{-5} de te behalen norm is. Dit rapport geeft een voorgestelde berekeningswijze daarvoor.

Hoofdaanbeveling 2: Investeer niet in aanvullend veiligheidsbeleid boven de norm tenzij kan worden aangetoond dat de gebruikelijke maatstaf van €80.000 per gewonnen gezond levensjaar behaald wordt.

Geen aanbeveling van ons maar wel een reguliere bestuurlijk praktijk is om boven op het bovenstaande het zogenaamde 'stand still'-principe te hanteren: een verandering in veiligheidsbeleid mag niet leiden tot achteruitgang van het bestaande veiligheidsniveau.

In onderstaande paragrafen geven we verschillende 'overwegingen' om te onderzoeken hoe op meer proportionele wijze met risico's om kan worden gegaan, gebaseerd op de inzichten van de experts met wie we gesproken hebben. We adviseren dus niet om 'morgen' al deze aanbevelingen in te voeren, maar om met elkaar (en dus ook met bestuurders) het gesprek aan te gaan over de proportionaliteit van de huidige veiligheidsmaatregelen en de implicaties die dat heeft voor toekomstig veiligheidsbeleid.

Signalering van gevaar

Uit gesprekken met experts en uit onze ongevalanalyse stellen we vast dat niemand met zekerheid kan stellen dat afsluitbomen bijdragen aan veiligheid op beweegbare bruggen. Passanten weten dat een opening van een brug lang kan duren, waardoor het op veel bruggen dagelijks voorkomt dat mensen nog snel onder de afsluitboom kruipen nadat deze zijn gedaald. Ook komt het regelmatig voor dat auto's of fietsers nog tussen de dalende afsluitbomen slalommen. Daar komt bij dat afsluitbomen op sommige bruggen bijna wekelijks kapot worden gereden. Verder blijkt uit onze ongevalanalyse dat afsluitbomen in twee van de vier hoofdsenario's oorzaak kunnen zijn van zwaar of dodelijk letsel, bijvoorbeeld door insluiting door of een botsing met afsluitbomen. Ook houdt een afsluitboom een auto die met behoorlijke snelheid op een geopende brug af komt rijden niet tegen. Verder geven de experts aan dat ze vermoeden dat voorwaarschuwingen, verkeersborden en landverkeersseinen maar beperkt waardevol zijn in de signalering van gevaar, omdat deze seinen veelal afwijken van een 'normale' verkeerssituatie. Een herkenbare verkeersregelinstantie (inclusief schouw van een bedienaar) zou kunnen helpen voor de herkenbaarheid en dus de veiligheid van de verkeerssituatie op de beweegbare brug: rood is altijd stoppen, groen is altijd rijden.

Overweging 1: Onderzoek de voor- en nadelen van het vervangen van het systeem met afsluitbomen en akoestische belsignalen met een 'normale' en dus herkenbare verkeersregelinstantie (verkeerslicht), met de kleuren rood, oranje en groen.

Overweging 2: Onderzoek de mogelijkheden om in samenwerking met het Openbaar Ministerie een flitspaal te plaatsen bij de verkeersregelinstantie, met als doel dat het gepercipieerde nadeel van een boete zwaarder weegt voor verkeersdeelnemers dan het gepercipieerde nadeel om voor een opengaande brug te wachten.

De geraadpleegde experts hebben overigens meer alternatieve maatregelen voor ogen die op effectiviteit en proportionaliteit onderzocht kunnen worden zoals het op technische wijze aan de wachtenden kenbaar te maken hoe lang de wachttijd nog bedraagt in de verwachting dat dit net als bij stoplichten een bijdrage levert aan veiliger gedrag van passanten.

Het wegdek

Eerder in dit rapport zijn scenario's besproken waarin personen zich op het beweegbare deel van de brug begeven zonder dit door te hebben. Door op de boven- en onderkant van het beweegbare deel van de brug een duidelijke markering aan te brengen, verwachten de experts dat er bij passanten veel minder twijfel kan zijn over het gedeelte van de brug waar zij zich op bevinden. In combinatie met een duidelijke stopstreep zonder andere belijning die voor verwarring kan zorgen, is de verwachting dat het aantal mensen dat zich per ongeluk op het beweegbare deel bevinden zal afnemen.

Overweging 3: Onderzoek de voor- en nadelen van het aanbrengen van een geel-zwarte (reflecterende) markering, op zowel de boven- als de onderkant van het beweegbare deel van de brug. Zie hiervoor ook het rapport van 'Intergo' naar het effect van 'nudging' met behulp van geel-zwarte markering op het gedrag van passanten van beweegbare bruggen.²¹

Overweging 4: Onderzoek de voor- en nadelen van het aanbrengen van een herkenbare stopstreep op het niet-beweegbare deel van de brug terwijl overige belijning zo veel als mogelijk beperkt wordt, vergelijkbaar met de verkeerssituatie van een 'normale' kruising.

De machinekamer

Uit gesprekken met de experts blijkt ook dat er veel kosten worden gemaakt als gevolg van de drang om de machinekamer 'veiliger' te maken, al dan niet aangespoord door de eerder genoemde Machinerichtlijn. Zoals eerder uiteengezet leidt het tot op de letter volgen van de Machinerichtlijn tot werkbaarheidsproblemen. Daarom gaat veel geld uit naar het plaatsen of verhogen van hekjes, of zelfs het in breedte of hoogte uitbouwen van de machinekamer, terwijl uit een kwantitatieve risicoanalyse zou kunnen blijken dat het aan veiligheid weinig bijdraagt.

Een andere maatregel die vaak terugkomt is een werkschakelaar die de bewegende delen in de machinekamer stillegt, op het moment dat bijvoorbeeld een monteur de deur opent van de machinekamer. Het ongewenste gevolg van deze maatregel kan zijn dat er een tie-wrap of iets dergelijks wordt aangebracht waardoor deze werkschakelaar niet meer werkt, omdat een monteur vaak de bewegende delen in de machinekamer moet kunnen zien om zijn werk uit te voeren. Mocht toch besloten worden om te investeren in maatregelen voor het beknellingsgevaar in de machinekamer, bevelen we aan om te onderzoeken of dat geld niet beter besteedt kan worden aan een geel-zwarte markering op de vloer, doorzichtige kappen over beweegbare delen zodat een monteur er nog steeds zicht op heeft, of een sticker/bord met een aanduiding 'beknellingsgevaar'.

Overweging 5: Onderzoek de voor- en nadelen van het aanbrengen van geel-zwarte markering op plekken in de machinekamer waar je niet moet staan wanneer de brug in beweging is.

Overweging 6: Onderzoek de voor- en nadelen van werkschakelaars die niet afhankelijk zijn van een open deur of iets dergelijks terwijl de machine handmatig in- en uitgeschakeld kan worden door de persoon ter plaatse (bijvoorbeeld een schakelaar op de kap van een afsluitboomkast of een deurschakelaar bij de machinekamer).

²¹ Intergo (2020). *Veilig gedrag bij beweegbare bruggen: gebruik van nudges om veilig gedrag te stimuleren.*

Bediening van de brug

Zoals bij de aanbevelingen over de signalering van gevaar al is besproken, komt het dagelijks voor dat mensen na het sluiten van afsluitbomen alsnog onder de boom doorkruipen om de brug snel over te steken voordat deze opengaat. Het gevolg hiervan is dat een bedienaar (begrijpelijkerwijs) rekening houdt met passanten op een brug, waardoor hij of zij zich genoodzaakt voelt om alsnog te wachten met het openen van de brug tot zij de brug zijn overgestoken. De bedienaar ervaart hierdoor een zware last op de schouder, omdat hij of zij gezien wordt als dé beslisser over veiligheid ter plaatse. Passanten weten over het algemeen dat er iemand meekijkt, waardoor zij sneller geneigd zijn om een risico te nemen in het oversteken van de brug. Hetzelfde geldt voor het sluiten van de afsluitbomen op het moment dat er een fietser of scooter hard aan komt rijden. De bedienaar voelt zich geneigd om rekening te houden met het verkeer, waardoor het verkeer daar misbruik van zal maken. Hierdoor ontstaat een raar spel tussen de bedienaar en de passanten wat een heel eigen risico veroorzaakt doordat verkeersdeelnemers een andere verwachting van het bedienen van een brug krijgen dan bijvoorbeeld bij het oversteken van een spoorbaan.

Om bovengenoemde redenen bevelen we aan om, net als de bruggen onder beheer van Rijkswaterstaat, te onderzoeken wat de voor- en nadelen zijn om met een automatisch systeem te werken. Zodra de bedienaar een schouw heeft uitgevoerd en vaststelt dat de situatie veilig is, zet hij of zij het openen van de brug geautomatiseerd in gang. Dit openen kan enkel verbroken worden door een noodstop van de bedienaar, of een noodstop op de brug zelf mits hiervan de kosten- en batenanalyse positief uitpakt. Hiermee kan een bedienaar nog steeds verantwoordelijkheid nemen voor de veiligheid op de brug, maar hoeft dat pas te doen op het moment dat er daadwerkelijk iets misgaat. Dit voorkomt naar verwachting dat een bedienaar te veel aandacht moet besteden aan het uitvoeren van alle verschillende stappen (zoals het bedienen van de seinen, afsluitbomen, geluidssignalen en de brug), terwijl de focus zou moeten liggen op het constateren van passanten op een brug. Deze maatregel zou aangevuld kunnen worden met een bord waarop staat: 'brug opent automatisch'. Door bedienaars daarnaast te laten rouleren met het bedienen van verschillende bruggen verwachten de experts dat de gewenning afneemt, waardoor bedienaars (nog) beter in staat moeten zijn om met frisheid en scherpte een brug te beoordelen en te bedienen.

Overweging 7: Onderzoek de voor- en nadelen van het openen van bruggen op een vergelijkbare wijze als de bruggen onder beheer van Rijkswaterstaat.

Overweging 8: Onderzoek de mogelijkheden om bedienaars (meer) te rouleren tussen verschillende bruggen, om gewenning in de bediening te voorkomen.

Overweging 9: Doe onderzoek naar kosten van een noodstop voor passanten van een brug in verhouding tot de baten die een dergelijke maatregel oplevert.

Overweging 10: Doe onderzoek naar de kosten van automatische brugdetectie van personen en voertuigen, in verhouding tot de baten die een dergelijke maatregel oplevert.

Beoordeling van risico's

In de huidige risicobeoordelingen van beweegbare bruggen zijn verschillende risico's opgenomen die afwisselend iets zeggen over de veiligheid of beschikbaarheid van de brug. Omdat veiligheidsrisico's vanwege mogelijk overlijden tot gevolg fundamenteel verschillen van beschikbaarheidsrisico's en dus niet op dezelfde schaal met elkaar te vergelijken zijn, bevelen we aan om deze risico's en ook het budget voor deze risico's van elkaar te scheiden.

Verder hebben we met de experts gesproken over het verschil tussen de functionele veiligheid waar de risicobeoordeling zich op focust, tegenover de constructieve veiligheid wat iets zegt over de faalkans van een constructie. Omdat constructieve risico's vaak niet acuut zijn, nemen we aan dat deze met een periodieke (ongeveer eens per kwartaal) schouw te ondervangen zijn. De intensiteit van het schouwprogramma is dus van belang voor de constructieve veiligheid van de brug.

Overweging 11: Maak in de risicobeoordeling duidelijker onderscheid tussen (functionele) veiligheidsrisico's enerzijds, en beschikbaarheidsrisico's anderzijds.

B1 Incidenthistorie in beeld (2000 – 2020)

In deze bijlage is een overzicht gegeven van ongevallen met beweegbare bruggen tussen 2000 en 2020. Het gaat hierbij nadrukkelijk om ongevallen die inherent zijn aan het beweegbare karakter van de brug. 'Normale' verkeersongevallen die op een brug plaatsvinden maar niet te herleiden zijn naar het (kunnen) bewegen van de brug worden daarmee dus buiten beschouwing gelaten.

Rood: overlijdens.
Oranje: zwaar tot iets minder zwaargewond.
Groen: lichte verwondingen.

	Jaartal	Brug	Informatie voor DALY	Korte beschrijving
1	2000	Diemen	Man (57)	Klem komen te zitten tussen brug en pleziervaarttuig, man gooide lichaam in strijd toen brug op zijn boot terecht dreigde te komen: gewond aan zijn benen.
2	2001	Amsterdamse Baan	Vrouw (21)	Scooter botst frontaal op neergelaten afsluitboom, door ondergaande zon niet gezien.
3	2003	Spijkenisserbrug	Vijf gewonden (2 kleuters, 9-jarige, twee volwassenen)	Vanwege technische storing kwam de brug onaangekondigd omhoog; de voorste auto klapte tegen de brug waardoor de vier inzittenden naar het ziekenhuis werden gebracht, vijfde gewonde kwam met schaaftwonden vanaf.
4	2003	Appingedam	Meisje (10)	Meisje leunde over een hekje en merkte niet dat de brug alweer naar beneden kwam, kreeg de brug tegen haar hoofd en overleed later aan verwondingen.
5	2003	Kampen	Jongen (17)	Bromfietser tegen afsluitboom aangereden, meerdere verwondingen aan hoofd, kin en lichaam.
6	2003	Aduard	Meisje (11)	Meisje tussen brug en muurtje terecht gekomen en overleden aan verwondingen, stond op toegestane plek naar schip te kijken maar er was geen veilige afscherming.

7	2003	Hefbrug Zuidhorn	Vrouw (77)	Ingesloten tussen afsluitbomen, van de brug af gevallen.
8	2004	Sluiskil	Man (onbekend) Schipschade	Zware aanvaring omdat brugwachter enkel afging op radar en niet naar buiten had gekeken, brug ging dicht terwijl een vaartuig met 'niet geringe' snelheid naderde en botste op de brug. Een van de stempels van de brug verwoeste het stuurhuis van het schip/de boot. Schipper liep zwaar rugletsel op.
9	2005	Uitwellingerga	Man (26)	Afsluitbomen gingen al dicht maar bestuurder dacht er nog onderdoor te kunnen, ramde twee afsluitbomen en belande aan de andere kant in de berm. Schrammen en een stijve nek voor de bestuurder.
10	2005	Twistvlietbrug Zwolle	Vrouw (76)	Bleef aan verkeerde kant wachten van afsluitbomen, viel met invalidewagen van brug af op het asfalt.
11	2006	Maastricht	Vrouw (52)	Kreeg afsluitboom op haar hoofd tijdens het wachten.
12	2006	Zwijndrecht	Man (76)	Bestuurder door rood gereden en ingesloten tussen bomen, kwam op onderliggend wegdek terecht en raakte gewond.
13	2006	Dinteloord	Man (82)	Bleef op brug staan om naar vaartuig te kijken, viel van brug bij het openen ervan en kwam om het leven. Man bleek zo goed als doof te zijn.
14	2006	Spijkenisserbrug	Man	Scotterrijder ging onderuit toen de brug naar beneden kwam, viel over de rand van de brug waarbij zijn arm bleef steken tussen het dichtgaande deel en de vaste weg. Heeft twee uur beklemd gezeten.
15	2006	Spijkenisserbrug	Man (44)	Motorrijder klapte tegen een afsluitboom aan die plotseling dicht ging na eerder open te gaan.
16	2007	A6 Ketelbrug I	Vrouw (64)	Kwam tussen afsluitbomen terecht, reed achteruit maar viel in het gat dat openging en is verdronken.

17	2007	Botlekbrug I	Vrouw (49)	Vrouw is door gesloten afsluitboom heengereden en reed van de geopende brug af het water in, overleden.
18	2009	A6 Ketelbrug II	3 personen met lichte verwondingen Diverse auto's met schade	Vanwege een fout in het besturingssysteem kon de brug met noodbediening opengaan zonder waarschuwing vooraf aan weggebruikers.
19	2010	Botlekbrug II	Vrouw (29)	Vrouw is door gesloten afsluitboom heengereden en reed van de geopende brug af het water in, overleden.
20	2010	Botlekbrug III	Man (33)	Man is door gesloten afsluitboom heengereden en reed van de geopende brug af het water in, overleden.
21	2011	Afsluitdijk	Man (onbekend)	Reed met zeer hoge snelheid door de gesloten afsluitbomen heen en reed vijf meter lager het water in, overleden.
22	2011	Gorinchem	Man (80)	Kreeg afsluitboom op zijn hoofd tijdens het fietsen, overleden aan gevolgen van het ongeval.
23	2012	Sint Servaasbrug	Meisje (6)	Meisje kwam klem te zitten met haar been toen het op afstand bediende beweegbare deel van de brug weer naar beneden kwam. Raakte gewond aan haar been.
24	2012	Erasmusbrug Rotterdam	Man (42)	Scotterijder om het leven gekomen na een botsing met een gesloten afsluitboom.
25	2012	Emtenbroekerdijk	Brugwachter (56)	Door onbekende oorzaak is hij tijdens het bedienen van de brug bekneld geraakt en overleden.
26	2013	A6 Ketelbrug III	Monteur	Monteur breekt enkel in controleruimte tijdens werkzaamheden aan brug.
27	2014	Termeerbrug	Man (27)	Roerganger is hard met zijn hoofd tegen de brug gekomen tijdens het varen, overleden aan de gevolgen.
28	2015	Zaanstad I	Vrouw (57)	Kwam tussen afsluitbomen terecht, is omlaag gevallen en overleden toen het brugdek in beweging kwam, niet gezien door operator.

29	2015	Hefbrug Wad-dinxveen	Man (onbekend)	Werkschip kwam klem te zitten onder de brug, persoon op schip werd geraakt door metaal maar. Oorzaak is niet bekend.
30	2015	Grevelingensluis	Man (56)	Man reed van open brug af, was in eerste instantie ongedeerd maar raakte na een poging om op een betonnen rand te springen gewond.
31	2016	Gouda Haastrechtsebrug	Monteur (57)	Monteur kwam bij werkzaamheden tussen twee tandwielen klem te zitten, raakte zwaargewond.
32	2017	Spijkenisserbrug	Man (41)	Fietste 's nachts aan de verkeerde kant van de brug, is naar beneden gevallen bij een brugopening en overleden.
33	2017	Weert Stadsbrug	Vrouw (90)	Vrouw met rollator op brug toen deze omhoog kwam, viel van de rand van de brug en werd gered door omstander. Vrouw was lichtgewond.
34	2017	Ouderkerk aan den Amstel	Man (onbekend)	Man overleden nadat hij met zijn hoofd tegen het gesloten brugdek aanvoer.
35	2018	Zaanstad II	Ouder echtpaar (77, 78)	Echtpaar stond op beweegbare deel van brug, niet opgemerkt door brugwachter, beiden gevallen van de geopende brug en raakten zwaargewond.
36	2018	Koningin Maximabrug Alphen aan de Rijn	Schip Schipper Brug	Een vrachtschip tegen de brug gevaren, vermoedelijk verkeerd ingeschat door schipper. Stuurhut compleet vernield, schipper gewond geraakt en schade aan brug.
37	2018	Albert Schweitzerbrug	Bejaarde man	Met scootmobiel tegen afsluitbomen aangereden, vermoedelijk verblind door de zon. Door het ongeval kon de brug niet open, verkeer gestremd. Man voor controle naar ziekenhuis.
38	2018	Gouda Juliana-sluis	Man (62)	Stond tussen afsluitbomen in, dacht goed te staan bij het wachten maar viel bij openen van brug enkele meters naar beneden en raakte

				zwaargewond: verbrijzelde pols, veel schrammen en bul-ten.
39	2019	Parkhavenbrug Rotterdam	Twee lichtge-wonden, gege-vens onbekend.	Een binnenschip is tegen de brug gevaren, waarbij het stuurhuis zwaar beschadigd raakte en twee mensen licht gewond raakte.

Tabel B1.1: Gebeurtenissen met licht, zwaar of dodelijk letsel tot gevolg.

Blauw: schade aan voertuigen.

	Jaartal	Brug	Informatie voor DALY	Korte beschrijving
40	2003	Calandbrug Rotterdam	Autoschade	Automobilist tussen afsluitbomen terecht gekomen, auto 18 meter naar beneden, bestuurder ongedeerd.
41	2004	Postbrug Kapelle	Autoschade	Brug ging open zonder waarschuwing of gebruik van lichten/bomen, auto werd opgetild en voorbumper werd vernield. Geen letsel voor bestuurders.
42	2005	Korgerolderbrug West-Grafdijk	Autoschade	Brug ging open met een auto nog op het brugdek, auto viel naar beneden in het water, bestuurder ongedeerd.
43	2006	Onbekend	Autoschade	Ingesloten tussen afsluitbomen, ongedeerd uitgekomen. Afsluitboom kapot door auto.
44	2013	Urkersluis	Schipschade	Als gevolg van wisselend bedieningspersoneel en afwijkend ontwerp van de noodknop is er een schip met de stuurhut klem komen te zitten onder de brug.
45	2015	Van Ketwich Verschuibrug	Auto te water, twee inzittenden zonder letsel	Extreme temperatuur, brug blijven hangen en niet meer ondersteund door kabels, afsluitbomen gingen onbedoeld open waardoor auto het water in kon rijden.
46	2016	Lage Erfbrug Rotterdam	Autoschade	Automobilist dacht nog over de brug te kunnen rijden toen deze al open ging.
47	2017	Koppelbrug	Autoschade	Auto heeft afsluitboom omvergereden, auto raakte zwaar beschadigd, andere auto lichte

				schade, verder niemand gewond. Toedracht onbekend.
48	2017	Noordhorn	Schipschade	Brug naar beneden gezakt terwijl het schip eronderdoor wilde varen, oorzaak onduidelijk, geen gewonden.
49	2017	Schiphol-Oost	Autoschade Schipschade	Auto kwam klem te zitten tussen brug en weg, een paar dagen eerder werd de brug te vroeg gesloten waardoor een schip werd geraakt.
50	2018	Gouda	Autoschade	Stond met achterste assen op beweegbare deel van brug, brug kwam omhoog maar bestuurder gaf gas en kwam weer terug op wegdek. Enkel autoschade, geen letsel.
51	2020	Tafelbrug Zuidhorn	Autoschade	Vrouw door afsluitboom heen gereden op brug, bestuurder heeft geen letsel opgelopen, voertuig is zwaar beschadigd.

Tabel B1.2: Gebeurtenissen met enkel schade aan voertuigen.

B2 Deelnemers expertsessies

Expert	Functie
Madiha Ahammout	Adviseur
Ronald Zandbergen	Afdelingshoofd, projectmanager
Mohamed Kaddouri	Adviseur
Mozafar Said	Assetmanager
Ilkay Gul	Adviseur
Jaco Reusink	Adviseur
Diederik van Zanten	Adviseur

Tabel B2.1: deelnemers expertsessie gemeente Rotterdam (7 oktober 2021).

Expert	Functie
Jan Hiddingh	Specialist Werktuigbouw
Gert Lammers	Specialist Industriële automatisering

Tabel B2.2: deelnemers expertsessie provincie Groningen (1 november 2021).

Expert	Functie
Paul Waarts	Strategisch adviseur
Han Buijze	Technisch manager
Frank van de Vosse	Ingenieur automatisering
Mike Backers	Operationeel medewerker, Bediendeskundige
Rob Houweling	Kostendeskundige
Martijn Morcus	Elektrotechnisch ingenieur
Arjen Mink	Ingenieur werktuigbouwkunde
Tino van As	Technisch adviseur
Gerrit Jansen	Projectmanager centrale brugbediening
Ben Enters	Objectbeheerder

Tabel B2.3: deelnemers expertsessie provincie Noord-Holland (2 november 2021).

Expert	Functie
Thomas de Graaf	Adviseur Assetmanagement
Adrie Verheul	Senior adviseur Beweegbare Kunstwerken
Wilbert Baak	Adviseur technische automatisering en elektrotechniek
Marcel van Leeuwen	Adviseur Beweegbare Kunstwerken

Tabel B2.4: deelnemers expertsessie provincie Zuid-Holland (16 november 2021).