

De Risicoanalyse HSL Zuid

Onderzoeksaanpak
Beton degeneratie en zettingen/verplaatsingen HSL zuid

Klant: Ministerie Milieu & Infrastructuur

Referentie: T&PBF4341R001F1.0

Versie: 1.0/Finale versie

Datum: 4 oktober 2017

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Leidseveer 4
3511 SB Utrecht
Netherlands
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 55 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderzoeksaanpak Risicoanalyse HSL Zuid

Ondertitel: betondegeneratie en zettingen/verplaatsingen
Referentie: T&PBF4341R001D0.3
Versie: 1.0/Finale versie
Datum: 4 oktober 2017
Projectnaam: RA HSL Zuid
Projectnummer: BF4341
Auteur(s):

Opgesteld door: _____
Gecontroleerd door: _____
Datum/Initialen: _____
Goedgekeurd door: _____
Datum/Initialen: _____



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoudsopgave

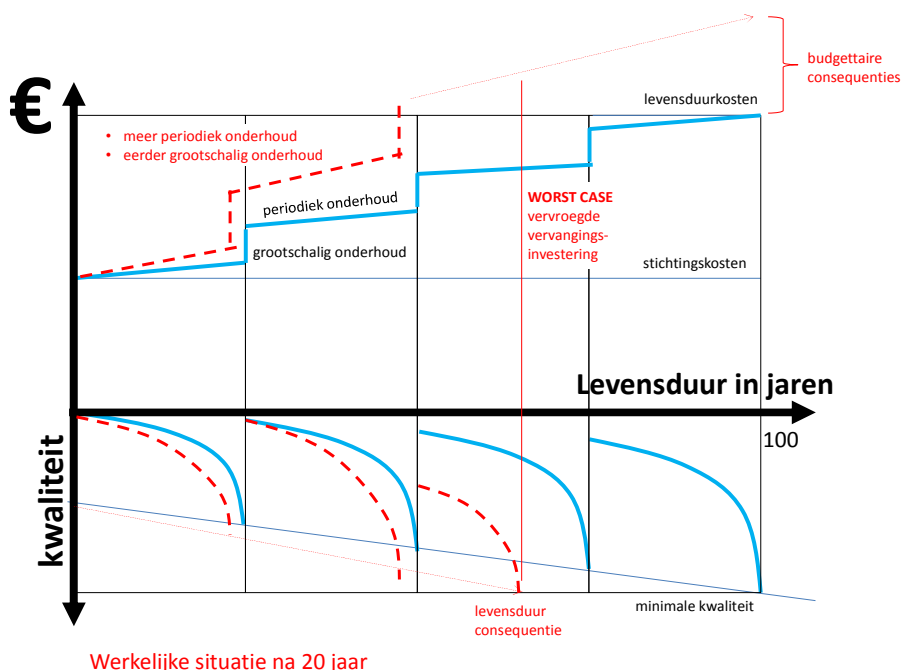
1	Inleiding	2
2	Methodebeschrijving risicoanalyse	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Uitwerking	3
2.3	Onderzochte informatie	4
2.4	Stappenplan Risico analyse	4
2.4.1	Classificatie kunstwerken	5
2.4.2	Inventarisatie schade	6
2.4.3	Risico classificatie	7
2.4.4	Maatregelen	8
2.4.5	Restrisico's	9
2.4.6	Risico database	9
2.5	Verwerken onderzoeksresultaten	10
2.6	Werksessies	10
2.7	Rapportage	11

1 Inleiding

Aan de HSL Zuid baan zijn gebreken geconstateerd, die bestaan uit ongewenste verplaatsingen/zettingen van kunstwerken en uit degeneratie van beton. De oorzaak en de omvang van de gebreken zijn slechts voor een deel bekend, waardoor ook de kosten die voor herstelwerkzaamheden nodig kunnen zijn, niet te bepalen zijn.

RHDHV heeft van het ministerie van I&M opdracht gekregen om op basis van de beschikbare gegevens een risicoanalyse te maken en op basis daarvan een schatting te maken van de kosten. De methode waarop uitvoering wordt gegeven aan de opdracht wordt in dit rapport beschreven.

Het doel van de opdracht is in de volgende figuur schematisch is weergegeven.



figuur 1 Effect van versnelde degeneratie en verplaatsingen op levensduur en kosten van een kunstwerk

2 Methodebeschrijving risicoanalyse

2.1 Inleiding

De wijze waarop risico's en kosten worden bepaald zonder dat volledig inzicht bestaat over de achterliggende schade en de noodzakelijke maatregelen vereist een bijzondere aanpak. Bij een traditionele opzet van een risico evaluatie is te verwachten dat er geen duidelijke resultaten worden bereikt. Dit kan zich uiten in een (te) grote bandbreedte of zelfs geen resultaat bijvoorbeeld als niet kan worden bepaald hoe een beheersmaatregel of herstelwerk uitgevoerd kan worden terwijl de HSL in gebruik is.

Het voorgaande is ook in de aanvraag onderkend, zodat I&M voorstelt het door RWS gebruikte Issue model toe te passen voor Vervanging & Renovatie (V&R).

Centraal in de Issue Analyse Methode staan de 'hoe' en 'waarom' vragen. Deze methode helpt om een logische ordening aan te brengen tussen de verschillende aspecten, de reeds aanwezige informatie en mogelijke resultaten van de lopende onderzoeken.

- het gebrek aan duidelijkheid over de schade zelf (voorafgaand aan de risicoanalyse en op basis van de beschikbare informatie en kennis) en de oorzaak van de schade.
- de gevolgen van de schade; de verschillende risico's die er zijn door betonschade en verplaatsingen; constructief falen en/of losraken van betondelen tijdens de exploitatie.
- het formuleren van mogelijke beheersmaatregelen en deze te classificeren naar effectiviteit op de reductie van schade, kosten en uitvoerbaarheid.
- de impact van het uitvoeren van de beheersmaatregelen op de bedrijfsvoering van de HSL-Zuid te beoordelen, die te kwantificeren in tijd en kosten en die vervolgens onderdeel te maken van de risico analyse.

Hoewel de "schade" mechanismes verschillend zijn, wordt de methode zowel voor zettingen/verplaatsingen als voor beton degeneratie toegepast.

2.2 Uitwerking

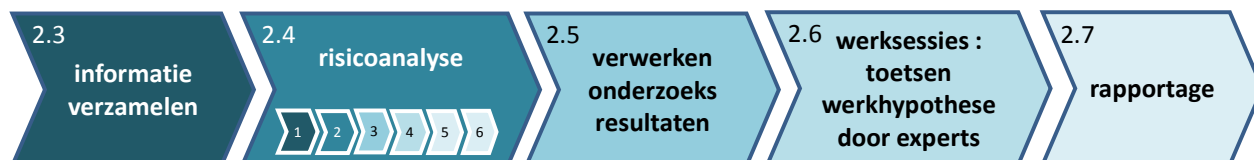
RHDHV heeft de methode uitgewerkt en daarbij rekening gehouden met de door I&M aangegeven tranches voor de uitvoering. Voor de verplaatsingen wordt uitgegaan van één tranche (tranche 1), voor de beton degeneratie zijn de volgende tranches van toepassing:

- tranche 1 betreft het voorbereiden van de risicoanalyse, het formuleren van een eerste initiële werkhypothese betreffende TRN¹ en deze toetsen met een expertgroep in een interactieve sessie.
- tranche 2 betreft het aanscherpen van de initiële werkhypothese en het onderzoek en de risicoanalyse verder uitbreiden naar 5 garantieobjecten. Deze tranche wordt afgesloten met een rapportage.
- tranche 3 betreft het verder uitbreiden van de risicoanalyse naar andere objecten van HSL Zuid.

De scope van het huidige onderzoek omvat tranche 1 en 2. De voorgestelde aanpak is er op gericht dat tranche 3 op vergelijkbare wijze kan worden uitgewerkt en wordt toegevoegd aan de resultaten van tranche 1 en 2.

¹ TRN = Tunnel Rotterdam Noord

De stappen in het onderzoek zijn voor elke tranche vergelijkbaar, de diepgang en scope kunnen veranderen, afhankelijk van de onderzoeksresultaten. Deze stappen zijn in figuur 2 schematisch weergegeven en zijn in de volgende hoofdstukken nader uitgewerkt. De risicoanalyse is nog weer onderverdeeld in 6 stappen welke nader zijn uitgewerkt in hoofdstuk 2.4.



figuur 2 onderzoek stappen betondegeneratie

2.3 Onderzochte informatie

Omdat er zeer veel informatie beschikbaar is en er tal van lopende onderzoeken zijn is besloten geen nieuwe technische onderzoeken te starten. Op basis van bestaande onderzoeken en rapporten is de aanpak in dit hoofdstuk nader uitgewerkt.

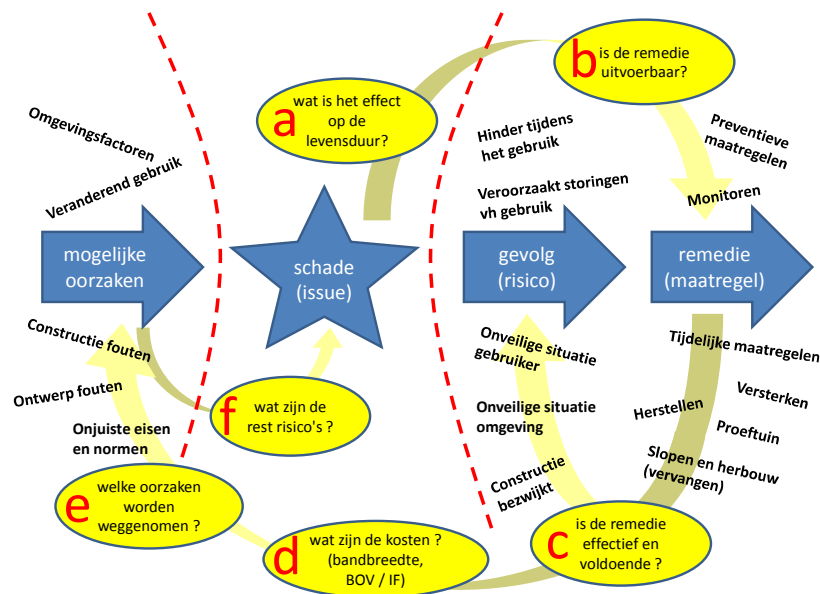
De resultaten van de lopende onderzoeken van ProRail en TNO worden in het najaar van 2017 verwacht. Daarnaast is een vervolg onderzoek voorzien naar de betonkwaliteit van kunstwerken in de HSL. Dit onderzoek is thans in voorbereiding en afronding wordt verwacht medio 2018.

2.4 Stappenplan Risico analyse

RHDHV heeft het volgende concept neergelegd voor de risicoanalyse, zie figuur 3. De risicoanalyse gaat uit van de centrale vraag 'welke kosten zijn nodig om de schade te herstellen en indien mogelijk de oorzaken zoveel mogelijk weg te nemen of te reduceren en wat is het effect hiervan op het in de begroting gereserveerde budget?'

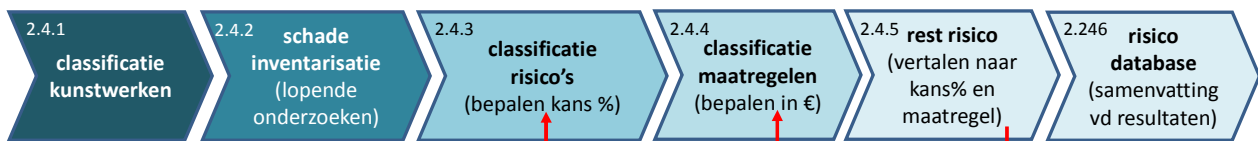
Afhankelijk van de aard, ernst en omvang van de schade worden maatregelen geformuleerd die bij een schadebeeld horen. Elke maatregel wordt beoordeeld op uitvoerbaarheid en effectiviteit. De uitvoerbaarheid wordt in sterke mate bepaald door de bedrijfsvoering en dienstregeling van de HSL waarbij beperkte "tijd slots" beschikbaar zijn voor het uitvoeren van maatregelen. Met de toets op effectiviteit wordt onderzocht of de maatregel daadwerkelijk verdere schade voorkomt of beperkt en welke restrisico's er over blijven.

Als de maatregel uitvoerbaar en effectief is kunnen de kosten in kaart worden gebracht met een inschatting van de bandbreedte en informatie of het periodieke of eenmalige kosten zijn. Tegelijk kan worden gekeken of er mogelijke oorzaken met de maatregel in verband kunnen worden gebracht, of deze mogelijke oorzaken geheel of gedeeltelijk kunnen worden weggenomen en welke restrisico's overblijven. Waarna de cyclus zich weer herhaalt met de vraag 'wat is het effect op het te reserveren budget?'



figuur 3 concept risicoanalyse

Het voorgaande concept is vertaald in onderstaande stappen, zie figuur 4. Deze stappen zijn in de volgende hoofdstukken nader uitgewerkt.



figuur 4 stappen risicoanalyse

De resultaten van deze analyse worden per stap systematisch verzameld en vastgelegd in een risico database.

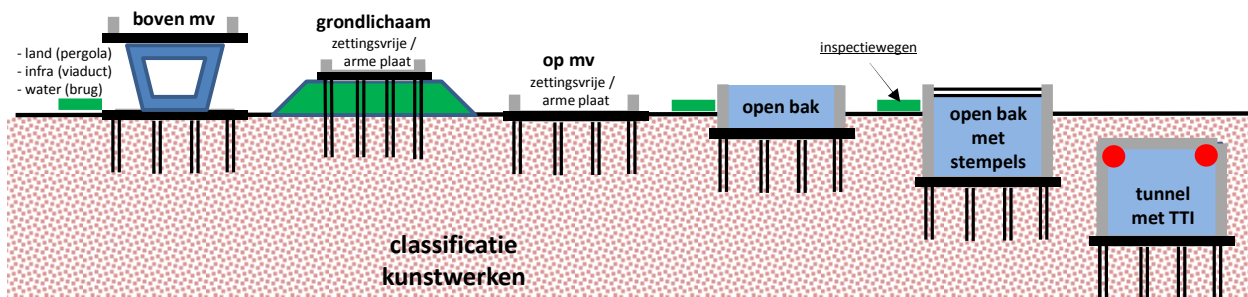
2.4.1 Classificatie kunstwerken

Voor het uitwerken van de beton degeneratie wordt in eerste aanleg een beperkt aantal kunstwerken onderzocht², maar het einddoel is om voor de gehele HSL-Zuid een risicoanalyse te maken. Daartoe is het nodig de kunstwerken en onderdelen van kunstwerken te classificeren. Dit vereenvoudigt de risicoanalyse en maakt het statistisch mogelijk te onderzoeken of er correlaties zijn tussen schadebeelden en (onderdelen) van kunstwerken.

De classificatie van de kunstwerken is in figuur 5 schematisch weergegeven.

Voor verplaatsingen/ zettingen zijn zowel de kunstwerken als de schade mechanismes zo verschillend dat de 3 betrokken kunstwerken elk afzonderlijk worden behandeld.

² In tranche 1 wordt alleen TRN onderzocht en in tranche 2 worden 5 garantie objecten toegevoegd. In tranche 3 worden meer objecten toegevoegd, maar die vallen buiten de scope van de huidige opdracht. In de opzet van de analyse is rekening gehouden met het uitbreiden van het aantal objecten.



figuur 5 schema kunstwerk classificatie

Als voorbeeld bestaat de tunnel Rotterdam Noord (TRN) samengesteld uit 3 verschillende classificaties, (i) open bak, (ii) open bak met stempels en (iii) het gesloten deel (tunnel) met de tunnel technische installaties (TTI). Er kan schade zijn aan de wanden, de stempels, het dek/dak, de Tunnel Technische Installatie (TTI) of aan de omgeving zoals de inspectiepaden etc.

In de risico database zijn de volgende labels opgenomen:

- naam of identificatie van het kunstwerk
- type kunstwerk
- onderdeel van het kunstwerk

Voor de overige objecten geldt dezelfde aanpak.

2.4.2 Inventarisatie schade

Er zijn een aantal lopende onderzoeken van TNO en ProRail naar schadebeelden en eventuele mogelijke oorzaken. Deze onderzoeken zijn nog gaande.

De volgende onderzoeken zijn gaande of in voorbereiding en waar bekend is aangegeven wat de verwachte datum is waarop de gegevens beschikbaar zullen zijn:

- onderzoek door TNO naar betondegeneratie in opdracht van ProRail
- Onderzoek kwaliteit van de betonnen stempels in de TRN, deels in overleg met de aannemer (2016 en 2017). Onderdeel van dit werk is een analyse van mogelijke herstel-werkzaamheden.
- De resultaten van de vorige acties zijn input voor het eventueel opzetten van proeftuintjes. Dat zijn methoden om de herstelwerkzaamheden in de praktijk te testen. In de werksessies wordt onderzocht of proeven nodig zijn.
- In de praktijk te testen kap Barendrecht voor zover het de buizen voor de HSL betreft. Dit onderzoek start begin september 2017 in opdracht van ProRail. Afronding is voorzien voor in 2017.
- Grootschalig onderzoek naar geselecteerde objecten van HSL Zuid. De eerste resultaten worden in de eerste helft van jaar van 2018 verwacht.
- Onderzoek door SBR-CURnet in opdracht van ProRail naar de oorzaken van mosgroei. De afronding is rond december 2017 voorzien. Dit onderzoek heeft geen primaire focus voor de risicoanalyse, maar kan secundair inzicht geven op het effect van de voorgestelde maatregelen op mosgroei.

Uit de lopende onderzoeken moet blijken welke onderdelen van de kunstwerken zijn aangetast en wat de mate van aantasting is. De plaats, ernst en omvang van de aantasting zijn van invloed op het risico van het schadebeeld.

De mate van aantasting zal verder worden gestandaardiseerd bij het bestuderen van de onderzoeken. Te denken valt aan de volgende indeling:

- vervuild, geen/geringe oppervlakte schade
- mosgroei, geen/geringe oppervlakte schade
- matig schade: zichtbare scheuren (geen afbreuk aan functionaliteit)
- serieuze schade: beton is geschilderd (functionaliteit kan in gevaar komen als er geen maatregelen worden genomen)
- ernstige oppervlakte schade, de wapening of roestvorming is zichtbaar (functionaliteit in gevaar)

Ook de omvang van de schade is van belang. In de NEN2767 wordt de volgende indeling aangehouden:

Omvangscore	Percentage	Beschrijving
Omvang 1	<2 %	Het gebrek komt <u>incidenteel</u> voor
Omvang 2	2 % tot 10 %	Het gebrek komt <u>plaatselijk</u> voor
Omvang 3	10 % tot 30 %	Het gebrek komt <u>regelmatig</u> voor
Omvang 4	30 % tot 70 %	Het gebrek komt <u>aanzienlijk</u> voor
Omvang 5	≥ 70 %	Het gebrek komt <u>algemeen</u> voor

figuur 6 classificatie schade omvang

In de risico-database zullen de volgende labels worden opgenomen:

- omschrijving van de schade (vervuild, mosgroei, scheuren, afschilvering, wapening zichtbaar etc)
- ernst van aantasting (variërend van geen tot functionaliteit in gevaar in 5 schaalstappen)
- omvang van de aantasting (variërend tussen < 2% en > 70% van het oppervlak in 5 schaalstappen)

2.4.3 Risico classificatie

In de bestaande rapporten voor TRN worden verschillende risico's en maatregelen genoemd. Deze zijn voor de betongeneratie in onderstaande tabel samengevat.

risicogroep	risico	mogelijke gevolg	mogelijke maatregelen
veiligheid		scheuren	monitoren, schoonmaken, coaten
		aantasting dekking	onderhoud, beton inpakken, reparatie
		betonrot, kans op bezwijken	vervangen, constructief verzwaren
bedrijfsvoering	vergruizen en afbrokkelen beton	losse delen die op trein vallen	inpakken beton
	vergruizen en afbrokkelen beton	Stof in TTI waardoor extra storingen in TTI	inpakken beton betere filters TTI of vaker vervangen
	ARBO veiligheid	gladheid inspectiepaden door gruis	inpakken beton, schoonspuiten paden
	kortere levensduur	hierdoor meer Buiten Dienst (BD) stellingen a.g.v. extra onderhoud	plannen onderhoud buiten dienstregeling onderdeel eerder vervangen
imago schade	State of the art	verlies vertrouwen HSL omzetting	kwaliteit boven geld stellen beperken BD stellingen
	Schoon, geen mos geen graffiti	toename klachten, claims, toename kosten	frequentie onderhoud/schoonmaken vergroten
	Verkeerde interpretatie onderzoeksresultaten	emotie versus ratio	uitvoeren second opinion

figuur 7 risicogroepen

Het is van belang te weten in welke risicogroep een geconstateerde schade zit. Imago schade is hinderlijk en kost geld maar is nog altijd indirect en heeft geen effect op de bedrijfsvoering of veiligheid.

Schade die invloed heeft op de bedrijfsvoering heeft al een hoger risicoprofiel omdat een verstoring op de dienstregeling tot mogelijke claims kan leiden en schade die invloed heeft op veiligheid heeft het grootste risicoprofiel omdat er naast claims ook een grotere kans op ongevallen is.

In de risico-database zullende volgende labels worden opgenomen:

- risicogroep
- omschrijving van het risico

2.4.4 Maatregelen

De aard van de maatregelen is afhankelijk van de ernst en omvang van de schade en het risicoprofiel. Uit de in 2.4.2³ genoemde onderzoeken komen maatregelen naar voren, die in de risicoanalyse verder geconcretiseerd worden. De kosten van de maatregel kunnen worden bepaald evenals de bandbreedte van de onzekerheid van de kosten.

Dan wordt ook inzicht verkregen in de effectiviteit van een maatregel. Als de effectiviteit beperkt is, dan is het rest risico hoger.

In deze paragraaf wordt de classificatie van de maatregelen uitgewerkt.

maatregel	frequentie	betondegeneratie	effectiviteit	kosten
inspectie	niets doen	periodiek opstellen rapportage	gering	gering
monitoren	periodiek	vergelijkbaar vervolg onderzoek doen	gering	gering
schoonmaken	periodiek	verwijderen vuil en begroeiing	beperkt	matig
coaten	periodiek	schoonmaken en waterdicht maken	matig	matig
inpakken	eenmalig	beton inpakken met kunststof of epoxy	goed	aanzienlijk
reparatie	eenmalig	beton uithakken en gaten vullen	goed	aanzienlijk
versterken	eenmalig	bestaande onderdelen conserveren en constructieve functie op een alternatieve wijze borgen	maximaal	hoog
vervangen	eenmalig	buiten scope	nvt	nvt
reconstructie	eenmalig	buiten scope	nvt	nvt

figuur 8 overzicht maatregelen

In de risico-database zullen de volgende labels worden opgenomen:

- type maatregel
- frequentie
- effectiviteit
- kosten

³ Noodzaak voor het uitvoeren van proeftuintjes is nog niet gebleken, zodat daar nog geen informatie over bekend zal zijn voor dit project

in de bandbreedte van de totale kosten (de variatie coëfficiënt) van de risicoanalyse. De resultaten worden uiteindelijk op de volgende wijze gepresenteerd, waarbij in de tabel fictieve getallen zijn opgenomen.

Samenvatting kostenraming Risico Analyse Verplaatsingen	eenmalige kosten				rest risico's		Totaal
	Directe kosten Benoemd	Directe kosten Nader te detailleren	Indirecte kosten (opdrachtnemer)	Voorziena kosten	Risicoreservering		
Investeringskosten							
Maatregelen (eenmalige kosten)	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-
Engineeringskosten (ON en OG)	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-
Overige bijkomende kosten (verzekeringen etc)	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-
Subtotaal investeringskosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-
Objectoverstijgende risico's investeringskosten					€ -	€ -	-
Investeringskosten deterministisch	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	-
Scheefte investeringskosten					€ -	€ -	-
Totaal investeringskosten deterministisch (exclusief BTW)				€ -	€ -	€ -	-
BTW 0%	Inclusief			€ -	€ -	€ -	-
Investeringskosten inclusief BTW				€ -	€ -	€ -	-
Investeringskosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,0% en looptijd van 100 Jaar							€ -
Bandbreedte: met 70% zekerheid liggen de investeringskosten tussen: (Inclusief BTW)				€ (1.559.678)	en	€ 2.828.485	
Variatiecoëfficiënt						346%	
Periodieke kosten							
Subtotaal periodieke kosten	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	0
Objectoverstijgende risico's periodieke kosten					€ 0	€ 0	0
Periodieke kosten deterministisch	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	0
Scheefte periodieke kosten					€ -	€ -	-
Periodieke kosten exclusief BTW				€ 0	€ 0	€ 0	0
BTW 0%				€ -	€ -	€ -	-
Periodieke kosten inclusief BTW				€ 0	€ 0	€ 0	0
Periodieke kosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 100 Jaar							€ 0
Bandbreedte: met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten tussen: (Inclusief BTW)				€ (140.000)	en	€ 140.000	
Variatiecoëfficiënt						88338013040%	
Projectkosten inclusief BTW				€ 0	€ 0	€ 0	0
Projectkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 5,5% en looptijd van 100 Jaar							€ 0

figuur 10 samenvatting kostenraming en Monte Carlo simulatie (fictieve getallen voor presentatie Methode)

2.5 Verwerken onderzoeksresultaten

Nadat de onderzoeken zijn opgeleverd kan per object (TRN, de 5 garantieobjecten en verplaatsingen) een inventarisatie van de schade worden gemaakt. De schades worden in kaart gebracht en geclassificeerd zoals hierboven omschreven. De maatregelen worden verder geconcretiseerd, zowel technisch als financieel zodat ook een beeld ontstaat van de restrisico's. Deze resultaten worden opgenomen in de risico database, zie figuur 9 (a en b). Dit alles resulteert in een eerste initiële inschatting van de kosten (zie figuur 10).

Deze informatie (schade beelden, maatregelen, restrisico en kosten) zijn input voor de expertmeeting. Voor de verplaatsingen zijn geen expertmeetings voorzien.

2.6 Werksessies

Er zijn twee werksessies voorzien met experts.

1^e werksessie, tranche 1

- Toelichten aanpak en methodiek risico analyse
- Resultaten van de TRN onderzoeken afstemmen met deskundigen
- Bespreken maatregelen en bandbreedte (onzekerheid) van de effectiviteit

- Bespreken restrisico's en bandbreedte
- 2^e inschatting kosten + probabilistische doorrekening

In de eerste werksessie dient TRN als pilot om de werkmethode te toetsen. Mogelijk dat als resultaat de methode nog zal worden verfijnd of aangepast. Inhoudelijk zullen ook de schadebeelden van TRN besproken worden evenals de effectiviteit van de voorgestelde maatregelen en restrisico's.

Deze bevindingen worden meegenomen in de tweede sessie. In de periode tussen sessie 1 en 2 wordt de risicoanalyse van de 5 garantie objecten (tranche 2) uitgevoerd. Dit vormt de input voor de tweede expertsessie.

2^e werksessie, tranche 2

- Terugkoppeling van de 1^e sessie
- Resultaten onderzoek en risicoanalyse van de 5 garantie objecten afstemmen met deskundigen
- Bespreken mogelijke scenario's van maatregelen
- Voorbereiden eindrapportage, samenvatting en conclusies

2.7 Rapportage

De risicoanalyse en de rapportage ontstaan in een dynamisch proces. De rapportage gaat in stappen. De resultaten van TRN hebben een voorlopig karakter. Uitkomsten van nog lopend onderzoek en van de tranches 2 en 3 kunnen nog tot bijstellingen leiden van tranche 1.