RAPPORT

Lekkage brug Neckerstraat

Oorzaak lekkage + hersteladvies

Klant: Combinatie VOC

Referentie: T&PBF5872R001F2.1
Versie: 2.1/Finale versie
Datum: 26 februari 2018

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Netherlands
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document:	Lekkage brug Neckerstraat
Ondertitel:	Onderzoeksrapport
Referentie:	T&PBF5872R001F2.1
Versie:	2.1/Finale versie
Datum:	26 februari 2018
Projectnaam:	Neckerstraat
Projectnummer:	BF5872
Auteur(s):	Bouke Baars
Opgesteld door:	Bouke Baars
Gecontroleerd door:	Rob Vergoossen
Datum/Initialen:	26 februari 2018 i/o b/a
Goedgekeurd door:	Carlos Genders
Datum/Initialen:	26 februari 2018

Classificatie

Alleen voor intern gebruik

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.

Inhoud

1 Situatie, onderzoeksvraag en aanpak 1

2 Resultaten infofase, brainstorm, en interviews 4

3 Analyse situatie 6

3.1 Analyse originele constructie en situatie 2017 6

3.2 Analyse voorbereiding en uitvoering werkzaamheden 7

3.3 Analyse lekkage(sporen) 8

3.4 Analyse asfaltverharding 8

3.5 Analyse voegconstructie 10

4 Oorzaken lekkage en onderbouwing 12

4.1 Prioritering oorzaken 12

4.2 Primaire lekkageoorzaken 14

4.3 Secundaire lekkageoorzaken 15

4.4 Wel onderzocht maar geen oorzaak 16

4.5 Open eindjes 17

4.6 Haalbaarheid waterdichtheid 17

5 Hersteladvies 18

5.1 Uitgangspunten herstel 18

5.2 Herstelmaatregel: vervangen asfalt en goten 19

5.3 Relatie tussen herstelmaatregelen en wegnemen oorzaak lekkage 20

5.4 Conclusie en vervolgstappen 21

6 Samenvatting 22

Bijlagen

1 Excelbestand met informatie

2 Tijdlijn

3 Foutenboom met mogelijke oorzaken

4 Scoring foutenboom

5 Memo van de brainstorm

6 Verslagen van de 3 interviews

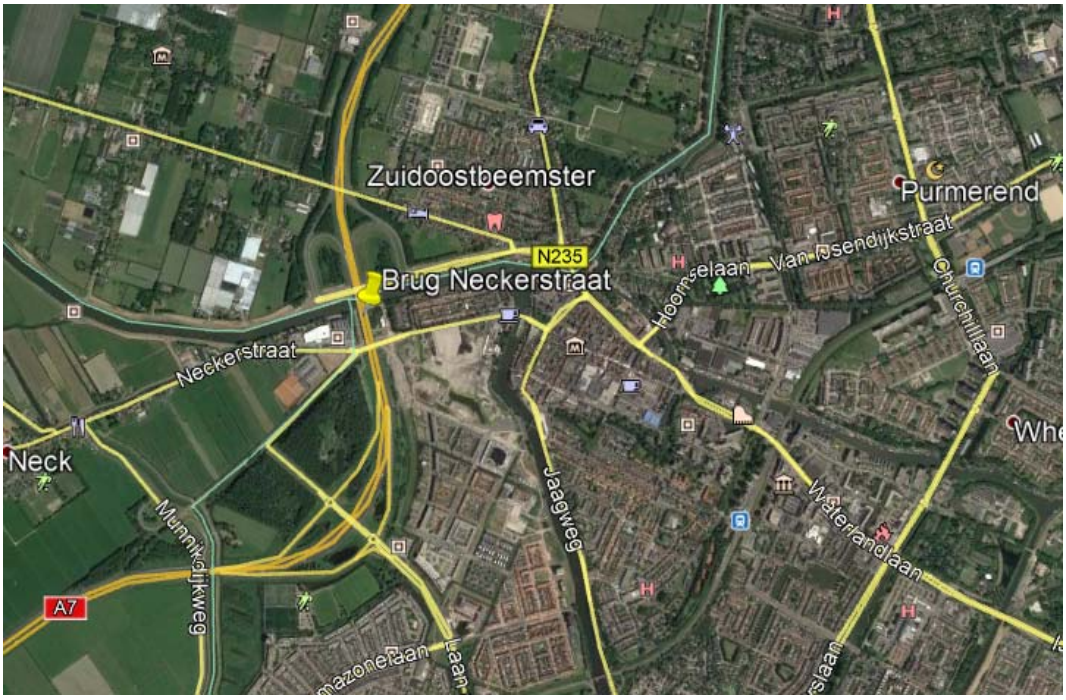
7 Presentatie oorzaken aan VOC en RWS

8 Overzichtstekening object

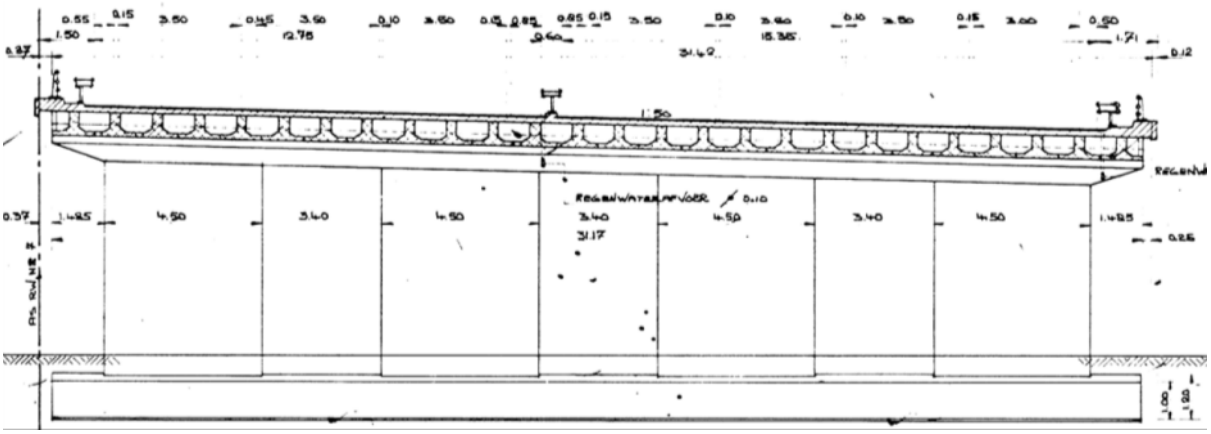
1 Situatie, onderzoeksvraag en aanpak

Situatie

In 2012 heeft de Combinatie VOC (VOC) opdracht gekregen van Rijkswaterstaat (RWS) voor het uitvoeren van (variabel) onderhoud aan de infrastructuur in beheersgebied Noord-Holland Noord. Hieronder valt ook het groot onderhoud aan brug Neckerstraat in de A7 bij Purmerend met topcode 19G-102-01, zie figuur 1.1 en 1.2. Het doel van dit groot onderhoud was onder andere het duurzaam waterdicht maken van de voegovergangen. In 2012-2013 hebben er asfalteringswerkzaamheden op de brug plaatsgevonden en zijn alle 18 voeg vervangen door een geluidsreducerend model (type 1.2b2). Ondanks de uitgevoerde maatregelen blijft er lekkage bij de voegovergangen optreden, zichtbaar aan de onderzijde. Met andere woorden: de waterafvoerende functie faalt. In 2013-2016 heeft VOC tal van aanvullende maatregelen uitgevoerd om deze lekkage te stoppen, maar helaas met onvoldoende resultaat.



Figuur 1.1: Ligging brug Neckerstraat (bron Google).



Figuur 1.2: Dwarsdoorsnede brug.

De brug is voorzien van tafels bij de steunpunten met tand-nok opleggingen (zie figuur 1.3), welke zeer gevoelig zijn voor chloridegeïnitieerde wapeningscorrosie. Tijdens de inlichtingenbijeenkomst heeft RWS aangegeven dat er nu nog geen sprake is van een constructief risico. Het spreekt voor zich dat de lekkage zo snel mogelijk duurzaam aangepakt moet worden om chloridebelasting op het meest kritieke onderdeel van de constructie te stoppen.

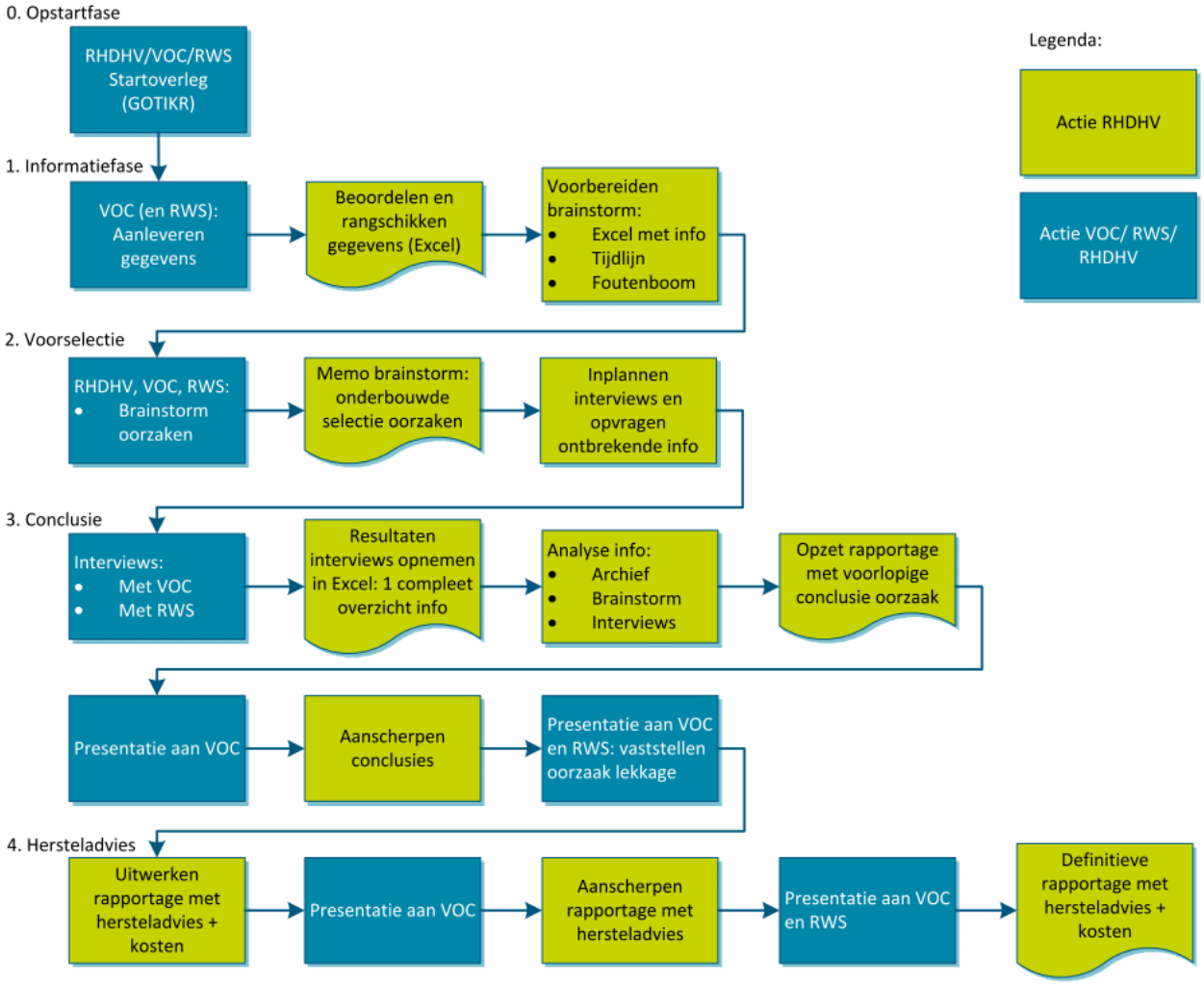


Figuur 1.3: Langsdoorsnede brug Neckerstraat met tafelconstructies.

Onderzoeksvraag
VOC heeft aan Royal HaskoningDHV (RHDHV) gevraagd te onderzoeken wat de oorzaak van de lekkage is en hoe de lekkage permanent kan worden opgelost. Het onderzoeken van gevolgschade van de lekkage is op dit moment niet gevraagd.

Aanpak
Voor een volledige beschrijving van onze aanpak verwijzen wij naar ons Plan van Aanpak met kenmerk T&PBF5872-100-100P001F2.0, d.d. 12-10-2017. In figuur 1.4 is het processchema uit dit PvA opgenomen. De doorlopen stappen staan beschreven in hoofdstuk 6.

De scope van het onderzoek betreft alle 18 voegovergangen. Omdat de voegovergangen ter plaatse van de landhoofden tijdens het onderzoek reeds duurzaam waterdicht zijn bevonden, en dit wordt onderkend door VOC en RWS, heeft de focus van het onderzoek bij de 16 voegen in de tafels gelegen. In het onderzoek zijn wel de verschillen tussen de voegovergangen in de landhoofden en de tafels beschouwd, om inzicht in de lekwegen te krijgen.



Figuur 1.4: Processchema onderzoek.

2 Resultaten infofase, brainstorm, en interviews

In dit hoofdstuk beschrijven wij de doorlopen stappen die voorafgingen aan het formuleren van de conclusies. Het verkrijgen van de benodigde informatie vormt hierbij de rode draad. Door in de verschillende fases met steeds meer diepgang naar de situatie te kijken hebben wij uiteindelijk een duidelijk beeld van de constructie en de mogelijke lekkageoorzaken gekregen.

Informatiefase
In de informatiefase is alle relevante en beschikbare informatie door VOC en RWS aangeleverd. Er heeft tevens een aanvullend overleg plaatsgevonden, samen met VOC en RWS, om af te stemmen welke informatie er (nog) nodig was. In totaal zijn er ruim 3.000 stukken aangeleverd. Enkele specifieke stukken zijn naar aanleiding van de interviews nog na geleverd door VOC en RWS. Alle stukken zijn opgenomen in het ‘informatiebestand’ in een Excel met hyperlinks.
De relevante stukken zijn geanalyseerd en bij het onderzoek betrokken. Vanuit het onderzoek verwijzen wij hiernaar middels het ‘documentnummer’. Dit betreft een uniek nummer per informatiedrager in het informatiebestand.
Het informatiebestand is separaat digitaal opgenomen bij dit rapport als bijlage 1.

Op basis van de aangeleverde stukken hebben wij een eerste analyse uitgevoerd en hiermee de opzet voor de tijdlijn en de foutenboom opgesteld. De tijdlijn (zie bijlage 2) geeft een indruk van alle relevante gebeurtenissen, zoals op hoofdlijnen:

- 1973-1974 De aanleg.
- 1986 Het vervangen van de 'voegloze overgang' door prefab platen en rubbervoeg. Tevens vervanging van het gehele asfalt (door DAB).
- Rond 2003 Aanleg van het geluidsscherm en verlichting.
- 2007 Overlaging (of vervanging?) van het asfalt.
- 2012 Vervanging van het asfalt + voegen landhoofden.
- 2013 Vervanging 16 tussenvoegovergangen met verschuiving voegspleet.
- 2014-2016 Onderzoeken en diverse herstelacties met betrekking tot de waterdichtheid.
- Eind 2017 Uitvoering van het onderliggende onderzoek.

De foutenboom betreft een zo breed mogelijke opsomming van alle mogelijke schadeoorzaken, gepresenteerd op overzichtelijke wijze en voorzien van uniek nummer per oorzaak. De foutenboom is opgenomen in bijlage 3 en de scoring van de foutenboom is opgenomen in bijlage 4.

Brainstorm (fase ‘voorselectie’)
Op 11 november 2017 heeft de brainstormsessie plaatsgevonden met het projectteam van RHDHV, 2 man van RWS en ca. 8 man van VOC (inclusief onderaannemer voegen ROWIJ). De aanwezigen bij de brainstorm zijn grotendeels nauw betrokken geweest bij de uitvoering van de herstelmaatrelen, onder andere in de rol van werkvoorbereider, bedrijfsleider en adviseur kunstwerken.
Bij de brainstorm is het volgende programma doorlopen:

- Inleiding onderzoek en object
- Opdracht: alle aanwezigen schrijven de 5 meest waarschijnlijke oorzaken op
- Presentatie opzet foutenboom
- Completeren foutenboom
- Plenair bespreken en scoren van lekkageoorzaken (kans per oorzaak op basis van expert judgement)
- Samenvatting resultaat brainstorm

Het doel van de brainstorm was het trechteren van de mogelijke oorzaken door deze onderbouwd weg te strepen of juist te markeren als kanshebber. Uit de samenvatting van de resultaten bleek dat er qua oorzaken veel kanshebbers zijn die nog nader bekeken moeten worden.
Tijdens de brainstorm is uitgebreid stilgestaan bij de situatie op locatie: wat was de nul-situatie, hoe heeft de uitvoering precies plaatsgevonden en hoe zijn verschillende details uitgevoerd. Dit gaf waardevolle nieuwe aanwijzingen voor het onderzoek. Een memo met de resultaten uit de brainstorm is opgenomen in bijlage 5.

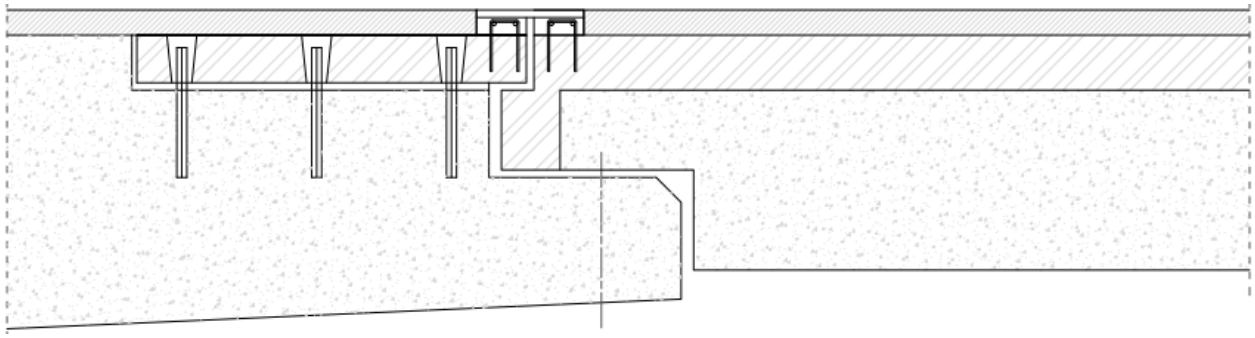
Interviews
Eind november en begin december 2017 hebben de interviews plaatsgevonden: twee met VOC en één interview met RWS. Tijdens de interviews is in dialoog de laatste informatie verkregen, welke onder andere is gebruikt om as built informatie te verifiëren. De verslagen van de drie interviews zijn door de aanwezigen gecontroleerd en waar nodig aangepast. De aangepaste verslagen zijn opgenomen in bijlage 6.

3 Analyse situatie

In dit hoofdstuk geven we een samenvatting van de analyse in onderzoek. Zie ook de presentatie aan VOC en RWS in bijlage 7. Een overzichtstekening is opgenomen in bijlage 8.

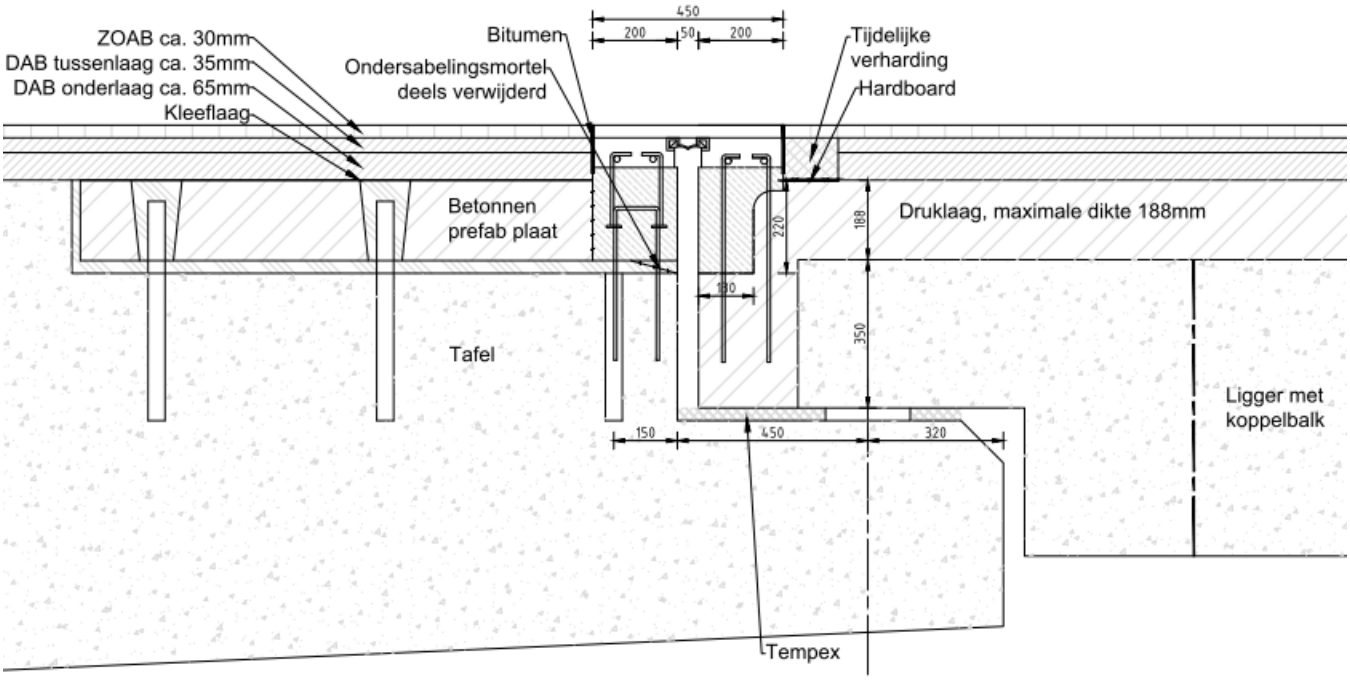
3.1 Analyse originele constructie en situatie 2017

Brug Neckerstraat is een bijzonder object. Door de toegepaste voegloze overgang, die in 1985 vervangen is door een prefab plaat, is een unieke situatie ontstaan met een verspringende voegspleet. Zie figuur 3.1.



Figuur 3.1: As built situatie voeg in 1985 (na vervangen voegloze overgang door prefab platen).

Uit inspectieresultaten blijkt dat de voegen al sinds 1989 lek zijn. In figuur 3.2 is een doorsnede van de huidige voegconstructie (anno 2017) opgenomen.



Figuur 3.2: As built situatie voeg 2013 (asfaltdiktes zijn onderbouwd ingeschat).

3.2 Analyse voorbereiding en uitvoering werkzaamheden

Hieronder volgt overzicht van de uitvoeringsfasering op hooflijnen en de bijzonderheden bij de voorbereiding en de uitvoering van het groot onderhoud. Zie ook de tijdlijn in bijlage 2.

2012

- Het asfalt is rijbaanbreed vervangen, één weekend per rijrichting.
- Beide eindvoegovergangen zijn vervangen.
- De tussenvoegovergangen zijn verwijderd en met behulp van een plaat hardboard de bestaande (versprongen) voegspleet overbrugd. Hierop is (tijdelijk) asfalt aangebracht. Het asfalt is tussen de eindopleggingen bij de landhoofden over het hele dek en de voegspleten 'doorgedraaid'.
- Ter plaatse van de tussenvoegovergangen zijn tijdelijke 'Carifalt' voegen (inzagen en afgieten met bitumen) aangebracht ter overbrugging tot het aanbrengen van de nieuwe voegovergangen.

2013

- In twee fasen zijn de nieuwe voegen aangebracht: beide buitenzijden in fase 1 en de binnenzijde (aan weerszijden van de middenberm) in fase 2. Zie figuur 3.3.



Figuur 3.3: Fasering aanbrengen nieuwe voegovergangen met fase grens en rijstroken

2014-2016

- Uitvoeren onderzoek en aanvullende maatregelen om de brug waterdicht te krijgen.

Bijzonderheden voorbereiding, uitvoering en fasering

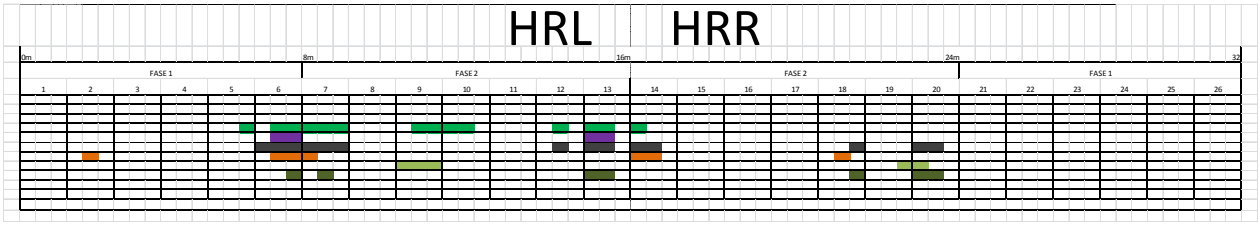
- Er was beperkte tijd voor de engineering beschikbaar. Door een kort geding is de opdracht uitgesteld tot eind mei 2012, terwijl voor dat jaar de eerste 4 timeslots voor de uitvoering (+ 2 reserve) al klaarstonden.
- In de engineeringsfase is de complexiteit van het object door de verspringende voeg niet erkend. Dit is ook niet nadrukkelijk aangegeven door RWS. De verspringende voeg kwam in 2012 voor het eerst aan het licht bij het verwijderen van de bestaande voegen.
- In de engineeringsfase was een voeg van Smits Neuchatel voorzien. Later is gekozen hiervan af te zien een voeg van Rowij toe te passen.
- Aanvankelijk was voorzien het asfalt en de gietasfalt goten volledig te verwijderen, maar omdat het asfalt te vast zat zijn het bestaande asfalt en de goten grotendeels gehandhaafd (afwijking).
- Aan de veld zijde van de oplegging is een strook met het tijdelijk asfalt en hardboard blijven zitten ten gevolge van het opschuiven van de voegspleet in de nieuwe situatie. Er was sprake van een verspringende voegspleet, maar deze loopt nu weer recht. Zie figuren 3.1 en 3.2.
- Door de fasering van aanbrengen van de voegen zijn er in het midden van de beide rijbanen voegfaseringen aanwezig. Deze bevinden zich precies onder de zwaarst belaste rijstroken. Ook in de middenberm is een voegfasering aanwezig bij de tussenvoegovergangen (niet bij de landhoofden). Zie figuur 3.3.
- De prefab plaat bleek te 'zacht' om de nieuwe voeg in te verankeren en daarom is deze ter plaatse van de voegen compleet afgezaagd. Hierbij is de achterblijvende stelmortel niet consequent verwijderd.

3.3 Analyse lekkage(sporen)

Hieronder volgt de analyse van de lekkagesporen die tussen 15-4-2016 en 22-2-2017 zijn gemonitord. Zie voor een volledig overzicht document 497 in bijlage1. Ter illustratie is in figuur 3.4 een weergave van deze opnames voor één voegovergang opgenomen.

Enkele observaties:

- Bij 12 van de 18 voegen nemen de lekkages niet af in de tijd.
- De meeste en grootste lekkagesporen zitten benedenstrooms van de middenberm: 11 van de 27 lekplekken.
- De lekkage naast de voegfasering is tussen HRL en HRR evenredig verdeeld: totaal 10 van de 27 lekplekken (geen verschil tussen HRL en HRR).
- Bij 4 voegen is er sprake van lekkagesporen benedenstrooms van de hoge schampkant (HRR).
- Bij 2 voegen is er sprake van lekkagesporen bovenstrooms van de lage schampkant (HRL): het is ook mogelijk dat deze lekkage vanaf de voegfasering komt en verderop pas uittreedt.



Figuur 3.4: Opname lekkagesporen per voegovergang (aparte regel per opnamemoment).

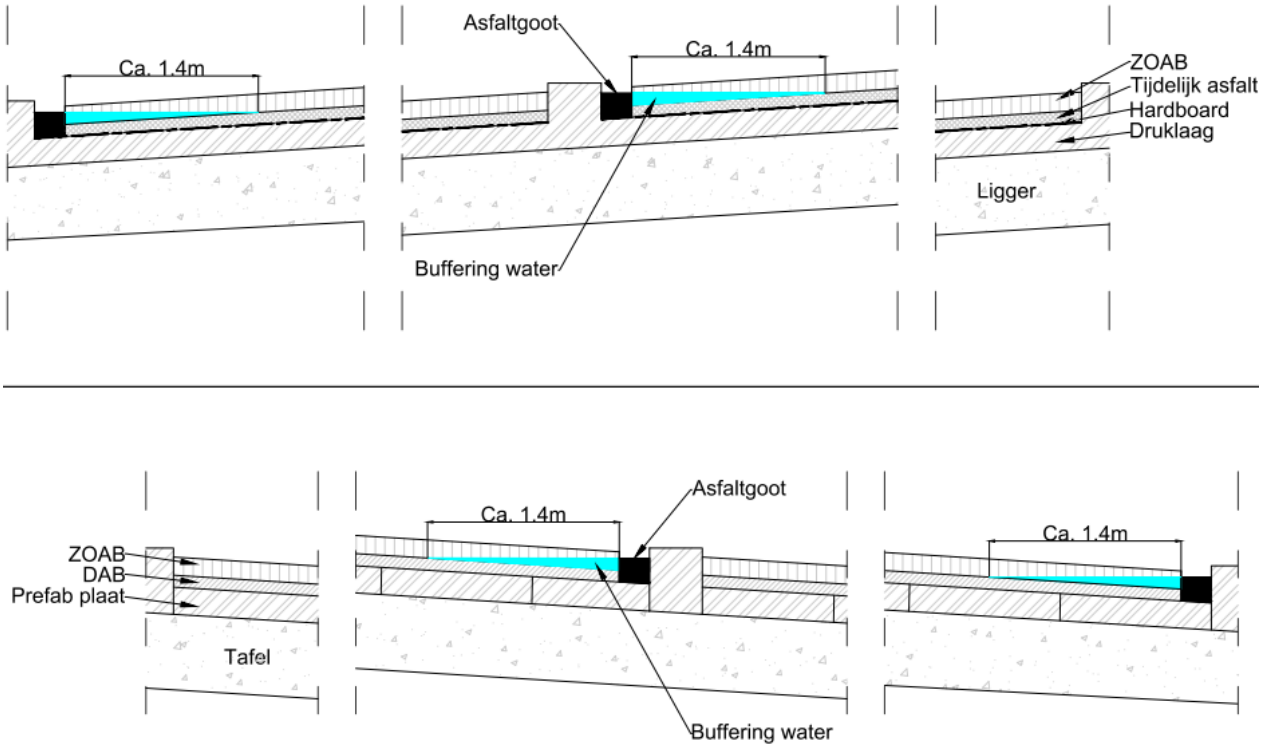
Naast de lekkagesporen zijn ook de volgende zaken relevant voor de analyse:

- De lekkage komt langzaam op gang. Lekkagesporen zijn pas na enkele uren zichtbaar.
- Aan het einde van een natte periode kunnen ‘lekken de voegen nog enkele dagen na’.
- Na de uitvoering van een herstelactie is er doorgaans tijdelijk minder lekkage, maar de lekkage komt later weer op gang.

3.4 Analyse asfaltverharding

Hieronder volgt de analyse van de aanwezige asfaltverharding.

- Het asfalt heeft een grote diversiteit. Onder andere in laagdiktes in langs- en dwarsrichting als gevolg van het uitvullen van de langs- en dwarsonvlakheid, veroorzaakt door de prefab liggers.
- HRR is deels geript. In ieder geval is er op 7 locaties mee begonnen ter plaatse van de voegen. Bij HRL is er bij 1 vak getracht te rippen. Het overige oppervlak is op niveau gefreesd: 3 cm eraf ten behoeve van de ZOAB deklaag (na poging tot rippen). Er is tijdens zeer slecht weer geasfalteerd, waardoor de naden tussen oud en nieuw asfalt niet 100% waterdicht zijn uitgevoerd (voornamelijk bij HRR). Water in het ZOAB kan via deze naden zijn weg in langs- en dwarsrichting naar de voegen vinden (via de naden tussen de prefab platen en het tijdelijke asfalt).
  Doordat niet (overal) de gehele verharding verwijderd is, is het op dit moment niet exact bekend waar welk asfalt, met welke ouderdom en laagdikte ligt en hoe de verschillende lagen op elkaar aansluiten.
- Van de gietasfalt goten is totaal 50-100 m^1 vervangen, het overige deel is gehandhaafd. Ten gevolge van het frezen liggen de goten nu hoger dan de onderzijde van de ZOAB deklaag. Hierdoor wordt er water gebufferd in het ZOAB, tegen de middenberm en de lage zijde, over een breedte van ca. 1,4 m. Zie Figuur 3.5. Mogelijk wordt er over een grotere breedte water gebufferd ten gevolge van vervuiling van de goten. Tijdens de interviews is aangegeven dat er regelmatig plassen met breedte van circa 1,5 m aan het oppervlak van het ZOAB zichtbaar zijn.



Figuur 3.5: Buffering water in ZOAB deklaag.

- Over de hele breedte is een strook tijdelijk asfalt met hardboard (2012) blijven zitten aan de veldzijde als gevolg van de verspringende voeg. Zie Figuur 3.6. Uit analyse van boorkernen ter plaatse van dit tijdelijke asfalt, blijkt dat de waterdichtheidseis niet aan een maximale porositeit van 4% voldoet. Zie document 2995 en 2998 in bijlage 1.



Figuur 3.6: Strook tijdelijk asfalt met hardboard plaat aan veldzijde.

3.5 Analyse voegconstructie

Hieronder volgt de analyse van de voegovergangsconstructies.

- De toegepaste voegconstructie wijkt af van het standaard detail in de factsheet (zie document 509 in bijlage 1):
  - Stekken zijn berekend op een voeghoogte van 135mm, deze is nu ruim 300 mm.
  - Er zijn voor het eerst haken toegepast om de stekken aan de tafelzijde te verlengen, zie Figuur 3.7.
  - Deze haken zijn met hechtlassen gefixeerd aan de langswapening van de voeg, zie Figuur 3.7. Doordat de wapening gelast is, kan deze minder vermoeiing opnemen.



Figuur 3.7: Haken zijn op langswapening van voegen gelast

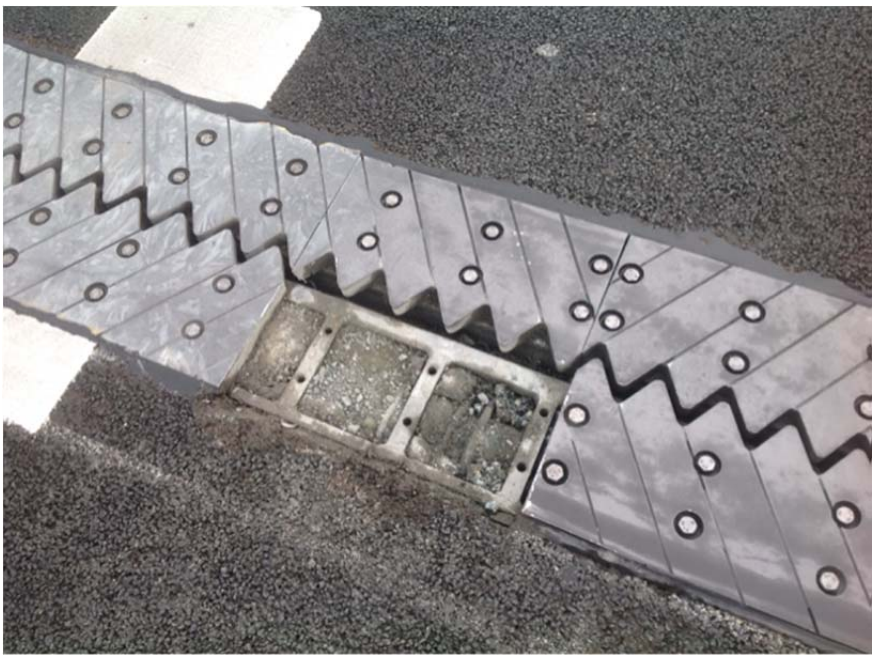
- Aan de bovenzijde van de voegovergangen zijn veel (herstel)maatregelen uitgevoerd, zoals:
  - Het afdichten van de voegen in de schampkanten aan hoge zijde met een combiflexband.
  - De voegrubbers van voeg 2 tot en met 17 in de middenbermen waterdicht doorverbinden door middel van gevulkaniseerd. (Op deze locaties waren aanvankelijk afdekkappen aangebracht tijdens de herstelmaatregelen, maar deze zijn later weer verwijderd. Het doel van de kappen was het afschermen van de naad in de voegrubbers voor vocht van bovenaf, maar dit bleek onvoldoende te werken.)
  - Ter plaatse van de voegovergangen in de landhoofden (voeg 1 en 18) loopt het voegrubber over de gehele breedte van het object door, dus was doorverbinden van de voegrubbers niet nodig. Wel is er naderhand nog ergens één las in het voegrubber bij de landhoofden gevulkaniseerd, omdat dit aanvankelijk was vergeten.
  - De strook met tijdelijk asfalt is na geïnjecteerd met een star middel.
  - Het staalvezelbeton van de voegconstructies, onder en tussen de stalen randprofielen is na geïnjecteerd, evenals de dwarsnaden in de voegen ter plaatse van de voegfaseringen.
  - De aansluitingen tussen het nieuwe ZOAB en de voegplaten zijn ingezaagd en afgegoten met bitumen.
  - Ter plaatse van de middenberm zijn de gietasfalt goten lokaal hersteld bij de aansluitingen op de voegconstructies.
  - De sinusplaten ter plaatse van de voegfaseringen (pasplaten) zijn open geklapt en de onderliggende constructie is geïnspecteerd (naar aanleiding van de 1^{e} calamiteit).
  - Enkele voegspleten zijn met een endoscoop geïnspecteerd.

- Er zit een faseringslas in de voegbalken, direct onder het meest bereden rijspoor. Zie Figuur 3.8. De langswapening van de voeg loopt bij deze fasering niet door. Doorverbinding van de voeg vindt nu enkel plaats door middel van hechtlassen op de pasplaten. In de middenberm van voeg 2 t/m 17 is deze onderbreking in de voegconstructie eveneens aanwezig. Ter plaatse van de landhoofden loopt de voegconstructie in de middenberm door. Bij de landhoofden is geen fasering aanwezig in de rijbaan in verband met een andere uitvoeringsfasering.



Figuur 3.8: Faseringslas in voegovergang in meest bereden spoor HRL en HRR

- De pasplaten zijn op 2 locaties gaan klapperen en zijn losgekomen, zie Figuur 3.9.
- De pasplaten zijn relatief kort (in langsrichting van de voeg) en zitten met maar 6 bouten vast.



Figuur 3.9: Losgekomen pasplaat ter plaatse van voegfasering

4 Oorzaken lekkage en onderbouwing

In dit hoofdstuk komen we tot de conclusies van het onderzoek. Deze conclusies zijn tijdens de presentatie op 20 december 2017 reeds met VOC en RWS gedeeld. De ‘PowerPoint’ van deze presentatie is opgenomen in bijlage 7. Verduidelijkende tekeningen zijn opgenomen in paragraaf 4.2 en bijlage 8.
Aan het einde van de presentatie hebben we geconstateerd dat er consensus is bereikt bij RHDHV, VOC en RWS over de oorzaken van de lekkageproblematiek.

4.1 Prioritering oorzaken

De foutenboom is zo breed mogelijk opgezet om geen potentiële oorzaken buiten beschouwing te laten. In figuur 4.1 is een overzicht opgenomen van de beschouwde potentiële oorzaken. In dit overzicht staan de oorzaken die daadwerkelijk een rol spelen gemarkeerd. De complete onderbouwing bij de oorzaken en ‘weggestreepte’ potentiële oorzaken, inclusief verwijzing naar de bewijsdocumenten, is opgenomen in bijlage 4.

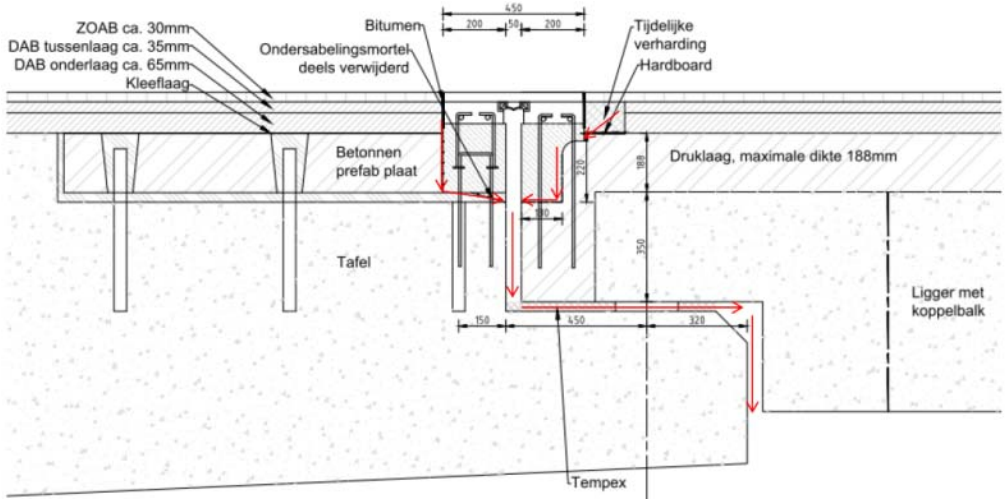
1. Faalwijze (primair)	2. Faalwijze (secundair)	3. Hoofdgroep (oorzaak)	4. Subgroep (oorzaak)
1a. Voegconstructie faalt	2a. Het voegrubber faalt	3a. Voegrubber is lek	
1a. Voegconstructie faalt	2a. Het voegrubber faalt	3b. Voegrubber is onderbroken/ ondeugdelijk 'doorgelast'	
1a. Voegconstructie faalt	2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt	3c. Afwijking rubber	
1a. Voegconstructie faalt	2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt	3d. Vervuiling	
1a. Voegconstructie faalt	2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt/ 2c. Het klauwprofiel faalt	3e. Afwijking klauwprofiel	
1a. Voegconstructie faalt	2d. Aansluiting klauwprofiel op randprofiel faalt	3f. Niet (duurzaam) doorgelast over gehele lengte	
1a. Voegconstructie faalt	2e. Het randprofiel faalt	3g. Afwijking randprofiel	4a. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast
1a. Voegconstructie faalt	2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt/ 2g. Staalvezelbeton faalt	3h1. Ontwerpfout	4b1. Onjuiste mengselkeuze met veel krimp
1a. Voegconstructie faalt	2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt/ 2g. Staalvezelbeton faalt	3h2. Uitvoeringsfout	4b2. Staalvezelbeton onvoldoende verdicht (poreus)
1a. Voegconstructie faalt	2g. Staalvezelbeton faalt	3i. Open naden t.g.v. krimp **en/of scheuren**	
1a. Voegconstructie faalt	2g. Staalvezelbeton faalt	3j. Instabiel: onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening	
1a. Voegconstructie faalt	2h. Bitumineuze afdichting faalt	3k. Hechting onvoldoende (open naden)	
1a. Voegconstructie faalt	2h. Bitumineuze afdichting faalt	3L. Niet volledig aangebracht	
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor	3m. Verkeersbelasting wordt onvoldoende gespreid	4c. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor	3n. Extreme verkeersbelasting (rijspoor boven naad fasering)	
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor	3p. Extra verkeersbelasting door onvlakheid sinusplaten	
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor		4d. Onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening
1b. Dek lekt	2j. Verharding is instabiel	3q. T.g.v. vervuiling/ tijdelijk asfalt is draagkracht asfalt onvoldoende	4e. Asfalt bezwijkt (locaal) en/of is niet meer waterdicht
1b. Dek lekt	2k. Waterdichtheid verharding faalt	3r1. Dichtheid oud DAB is onvoldoende (porositeit)	
1b. Dek lekt	2k. Waterdichtheid verharding faalt	3r2. Dichtheid nieuw DAB is onvoldoende (porositeit)	
1b. Dek lekt	2L. Hydrofobeerlaag faalt	3s. Hydrofobeerlaag faalt of is afwezig	
1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt	2m. Beton <2012 is niet waterdicht	3t. Beton is poreus (materiaal niet waterdicht)	
1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt	2m. Beton <2012 is niet waterdicht	3u. Open naden bij aansluiting (bijv. prefab plaat)	
1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt		3ac. Lekweg via schampkant (evt. icm geluidscherm)	4g. Aansluiting schampkant-voeg
1c. HWA constructie faalt	2n. Staalvezelbeton voeg is niet waterdicht	3v. Beton is poreus (materiaal niet waterdicht)	
1c. HWA constructie faalt	2n. Staalvezelbeton voeg is niet waterdicht	3w. Open naden bij aansluiting	
1c. HWA constructie faalt	2p. Gootconstructie is niet waterdicht		
1c. HWA constructie faalt	2q. Aansluiting goot-dek faalt		
1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3x. HWA capaciteit is onvoldoende (ontwerp)	4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie
1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3y. HWA wordt belemmerd (vuil/ asfalt)	4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie
1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3z. Verhang HWA onjuist	4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie
1d. Externe invloed (buiten constructie)		3aa. Water komt van onder de voegconstructie	
1d. Externe invloed (buiten constructie)		3ab. Reeds aanwezig vocht in constructie < 2012	

Figuur 4.1: Beschouwde (potentiële) oorzaken (gemarkeerde cellen spelen een belangrijke rol bij de lekkage)

4.2 Primaire lekkageoorzaken

Hieronder volgt een overzicht van de primaire lekkageoorzaken. Deze oorzaken hebben het grootste effect op de lekkage.

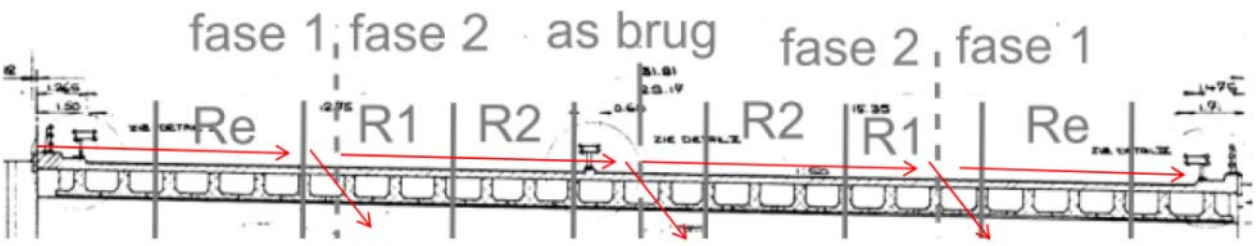
Via verticale zaagsneden aan buitenzijden van de voegconstructie
Door de grote hoogte van de voeg en de gladde zaagsneden aan weerszijden van de voeg ontstaat er ten gevolge van verkeersbelasting en vervorming vanuit de constructie een open naad over de gehele hoogte van de voegconstructie. Deze naad is aan de bovenzijde niet zichtbaar, omdat daar de bitumenafdichting zit. Het water loopt onderaan de zaagsnede, over de stortnaad en/of door de restanten van de stelmortel richting de voegspleet. Vervuiling en losse delen onderin de voegsparing zorgen voor een grotere waterdoorvoer op deze plek. Zie figuur 4.2.



Figuur 4.2: Primaire lekwegen via zaagsneden (langsdoorsnede)

Dit gaat vooral op voor de zijde van de prefab plaat (tafelzijde). De voeg aan de veldzijde is door de kortere steklengte van de helft van de stekken iets stijver en daarnaast is de zaagsnede aan de asfaltzijde minder hoog. Aan deze zijde is echter wel een hoger vochtaanbod door de aansluiting op het tijdelijk asfalt en hardboard plaat. Het tijdelijk asfalt is na-geïnjecteerd, maar via het hardboard en poriën zal het water toch langs het staalvezelbeton gaan lopen.

Stortnaden ter plaatse van voegfaseringen
Water loopt in dwarsrichting (via de verticale naad tussen voeg en prefab plaat en/of via het tijdelijk asfalt met hardboard) naar de plek waar het uit kan treden: ter plaatse van de voegfaseringen in het midden van HRL en HRR en in middenberm. Zie figuur 4.3.



Figuur 4.3: Primaire lekwegen via voegfaseringslassen (dwarsdoorsnede)

4.3 Secundaire lekkageoorzaken

Hieronder volgt een overzicht van de secundaire lekkage oorzaken. Deze secundaire oorzaken zijn op zich geen verklaring voor de lekkage, maar zorgen wel voor het vochtaanbod op de primaire lekkageplekken. Zie de secundaire lekwegen in figuur 4.4.
Er is momenteel geen keihard bewijs dat de waterdichtheid van het asfalt onvoldoende is en/of dat er sprake is van open naden bij de prefab platen. Het onderzoek geeft echter wel voldoende argumenten om de waterdichtheid bij deze onderdelen in twijfel te trekken.

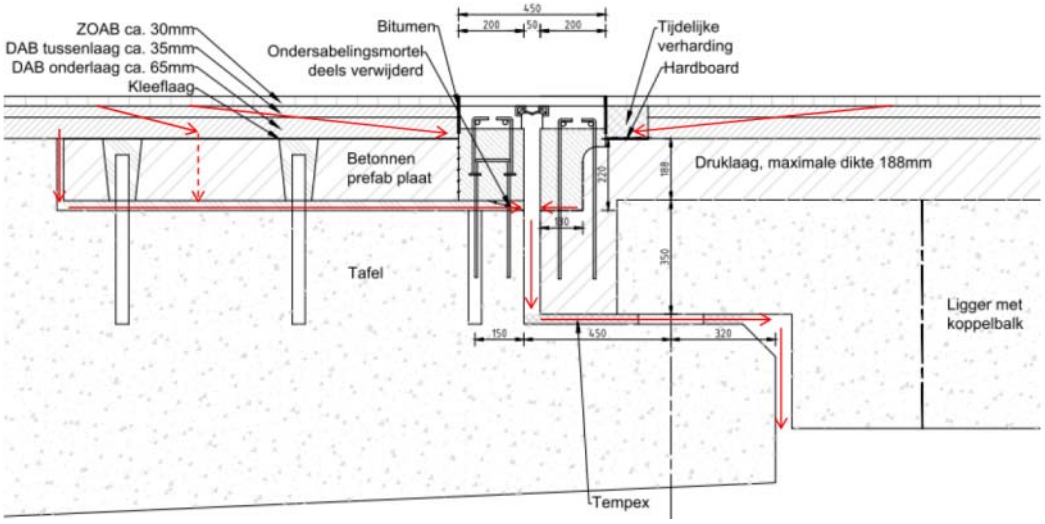
Extra vochtbelasting op de kwetsbare plekken
Op het kunstwerk is sprake van een groter vochtaanbod dan normaal om de volgende redenen:

- Onvoldoende capaciteit HWA-systeem (doc. 1833).
- Hierdoor en door de hoge ligging van de goten wordt er water gebufferd in de ZOAB deklaag.
- De bovenzijden van de afvoerbuizen zitten in het ZOAB en zijn niet zichtbaar: het instroomniveau van de afvoerbuizen is onbekend.
- Goten en afvoeren zijn vervuild.

De staat van het ‘waterkerende asfalt’ onder het ZOAB
Uit het onderzoek blijkt dat de waterdichtheid van het asfaltpakket twijfelachtig is om de volgende redenen:

- Vermoedelijk is deels het originele asfalt uit 1986 nog aanwezig.
- Er zijn naden aanwezig tussen bestaand en nieuw asfalt (met name HRR) door het deels rippen van het bestaande asfalt. Deze naden zijn bij zeer slechte weersomstandigheden gerealiseerd en niet 100% waterdicht.
- De verticale naden tussen de prefab platen kunnen scheuren in het asfalt inleiden.

Via horizontale en verticale naden langs de prefab platen
Het is niet bekend wat de waterdichtheid van de naden langs de prefab platen is. Uit tekeningen blijkt dat hier tempex en/of een gietmortel voor is toegepast. Het is goed mogelijk dat deze naden wel constructief sterk genoeg zijn, maar niet waterdicht. Zelfs als deze in 1985 wel waterdicht zijn uitgevoerd, is de waterdichtheid na 30 jaar twijfelachtig.



Figuur 4.4: Secundaire lekwegen via (naden in) asfalt en prefab plaat.

4.4 Wel onderzocht maar geen oorzaak

De volgende potentiële oorzaken zijn wel onderzocht, maar geven geen aanleiding voor de lekkage:

- De kabelkokers zijn gesitueerd in de buitenzijde van de schampkanten. Eventuele lekkage kan door deze ligging niet op de oplegnok terecht komen. Zie figuren 4.5 (doc. 2265) en 4.7.
- Lichtmasten: deze staan helemaal op de rand van het object. Mochten deze een lekkage inleiden, dan zou dit direct aan de rand van het object zichtbaar moeten zijn. Zie figuur 4.6. Omdat de lichtmasten in het hart van de tafels gesitueerd zijn, staan deze bovendien relatief ver van de voegovergangen af (in langsrichting van het kunstwerk).

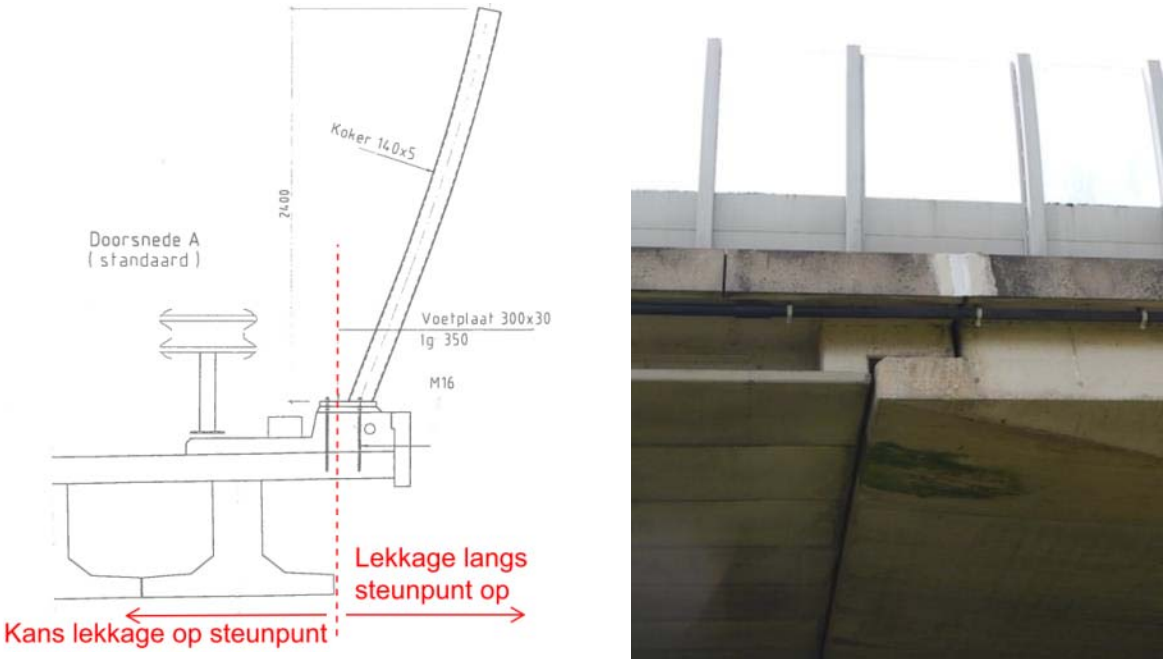


Figuur 4.5: Kabelkoker (foto betreft de lage zijde, maar deze is gelijk aan hoge zijde)



Figuur 4.6: Lichtmast op rand object

- Geluidsscherm:
  - Het scherm vangt (zeker bij westenwind) veel regenwater en zorgt zodoende voor extra regenwater op de constructie (terwijl de afvoer voor de plaatsing van het scherm al ondermaats was). Zie figuur 4.7.
  - Stel dat het scherm voor overbelasting op de constructie zorgt, dan zou deze een scheur inleiden in de druklaag. Vermoedelijk net vóór de eerste langsligger. Het is niet logisch dat deze scheur door en door is en een groot lekdebiet heeft. Daarnaast zal het water aan de onderzijde niet op de tafels terecht komen door de locatie van het scherm.



Figuur 4.7: Geluidscherm en kabelkoker op hoge schampkant + foto oplegnok

4.5 Open eindjes

Ondanks dat er tijdens het onderzoek heel veel informatie geanalyseerd is blijven er nog enkele open eindjes, namelijk:

- De opbouw en waterdichtheid van het asfalt zijn onduidelijk.
- De waterdichtheid van de naden langs de prefab platen is onbekend.
- Sterkte en stijfheid van de toegepaste voegconstructie zijn niet aangetoond.

Omdat het onderzoek een bureaustudie betreft, voeren wij geen aanvullend onderzoek uit om deze informatie boven tafel te krijgen. Daarnaast is het onwaarschijnlijk dat aanvullende informatie met betrekking tot de ‘open eindjes’ zal leiden tot een ander hersteladvies. Nader onderzoek achten wij daarom ook niet nodig.

4.6 Haalbaarheid waterdichtheid

Door het ontwerp en de geschiedenis van het object is het onwaarschijnlijk dat de brug ooit 100% waterdicht wordt, tenzij de bovenzijde van het object (onder andere de voegconstructie en de daarop aansluitende elementen, zoals asfalt, goten en prefab platen) compleet wordt herontworpen/ herbouwd. Verbetering ten opzichte van de huidige situatie is wel mogelijk. Een waterdichtheid van 90% zou haalbaar moeten zijn.

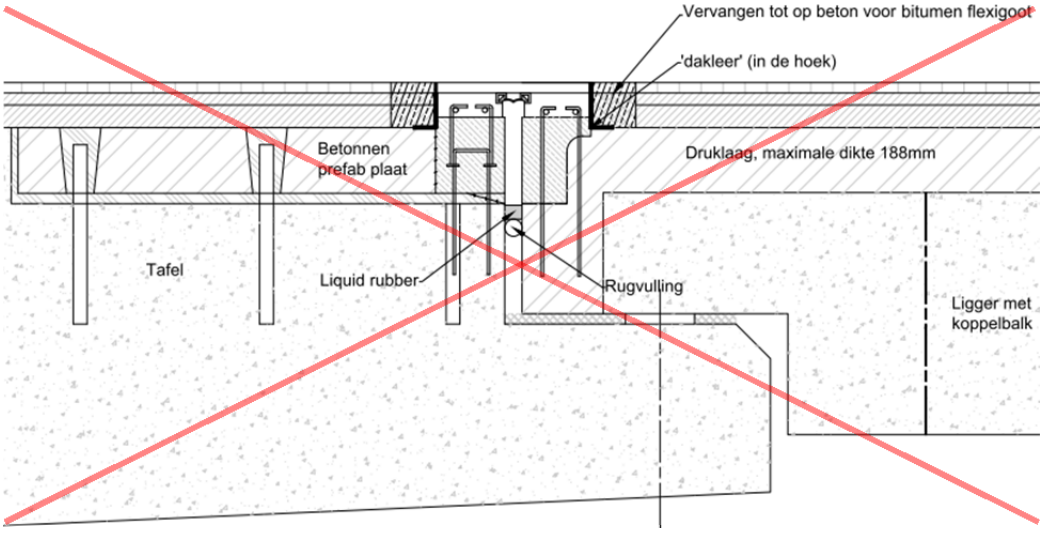
5 Hersteladvies

5.1 Uitgangspunten herstel

Tijdens het overleg van 7 februari 2018 zijn de uitgangspunten voor de herstelmaatregelen afgestemd tussen VOC, RWS en RHDHV. RWS gaf hierbij aan dat sloop van het object voorlopig niet in de planning zit en dat de deklaag binnen enkele jaren vervangen moet worden.
In het overleg was er discussie over wat nu een ‘waterdichte’ voeg is, maar daarover is gezamenlijk niets concreets vastgesteld. Wél is gezamenlijk besloten dat wanneer de voorgestelde herstelmaatregelen in voldoende mate zijn uitgevoerd de werkzaamheden van VOC als afgerond worden beschouwd. Ook is besloten kathodische bescherming vanwege de moeilijke applicatie niet te beschouwen als uitvoerbare optie.

Tijdens het overleg van 21 februari 2018 is er wederom stilgestaan bij de herstelmaatregelen en de bijbehorende uitgangspunten. Tijdens dit overleg zijn de primaire en secundaire schadeoorzaken, zoals beschreven in hoofdstuk 4 van deze rapportage, gezamenlijk door VOC en RWS vastgesteld. Deze oorzaken vormen de basis voor het hersteladvies. Het hersteladvies sluit daarmee optimaal aan bij de actuele situatie.

Tijdens het overleg van 7 februari is de optie ‘liquid rubber goot in voegspleet’ als een alternatieve maatregel geïntroduceerd door RWS. Zie figuur 5.1. VOC heeft deze optie onderzocht. Tijdens het overleg van 21 februari is door VOC, RWS en RHDHV gezamenlijk besloten deze optie niet verder te beschouwen, omdat de slagingskans van deze optie te klein is. Dit heeft meerdere oorzaken waaronder de bereikbaarheid en de nauwkeurige locatie van aanbrengen. Ook het afdoende schoonmaken van de ondergrond vormt een probleem hierbij. De liquid rubber goot maakt daarom geen onderdeel uit van het geadviseerde herstel.

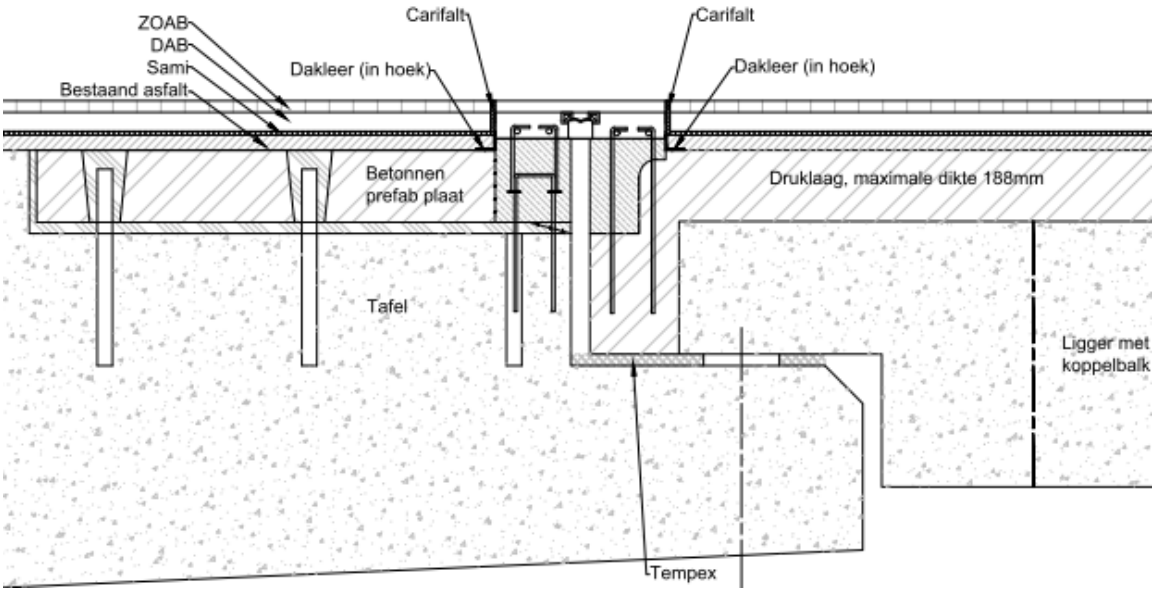


Figuur 5.1: Geschrapt alternatief ‘liquid rubber goot’ met bitumen flexigoot

5.2 Herstelmaatregel: vervangen asfalt en goten

De volgende werkzaamheden vallen binnen het herstel (zie figuur 5.2):

- Frezen van minimaal 1+5+3 cm asfalt (over het gehele dek)
- Aanbrengen van een waterdichte laag SAMI (1cm), minimaal 5 cm DAB (met maximale luchtgehalte van 4%) met daarop 3 cm ZOAB.
- Overige werkzaamheden conform de memo bij afwijking 27: na frezen loszittend asfalt verwijderen, alles afkloppen en eventuele betonschade herstellen.
- 100% vervangen van gietasfalt goten en bovenzijde goot op juiste niveau terug brengen (lager of gelijk aan bovenzijde DAB).
- Bij voorkeur het verruimen van de doorvoeren van de HWA buizen, voor buizen met een grotere diameter.
- Verbeteren van de aansluitingen op de voegovergangen door:
    - al het ‘tijdelijke asfalt’ met hardboard verwijderen;
    - aan tafelzijde ook een strookje asfalt verwijderen, tot op beton prefab plaat (t.b.v. ‘dakleer’)
    - de aansluiting op de voegconstructie reinigen en afdichten met ‘dakleer’ (over de gehele breedte van de voeg);
    - het aanbrengen van een ‘Carifalt voeg’ tussen asfalt en voegconstructie.



Figuur 5.2: Herstelmaatregel: vervangen asfalt + goten en verbeteren aansluiting op voeg

Uitgangspunten bij herstelmaatregel:

- Vanwege aanvragen slots (>26 weken van te voren) en beperking hinder is het onzeker of de werkzaamheden in de bouwvak van 2018 kunnen worden uitgevoerd. VOC en RWS stemmen hier nader over af, ook in relatie tot mogelijkheden voor een volledige afsluiting per rijrichting.
- Voldoende aandacht voor- en borging van een goede uitvoering (voldoende tijd, goed weer, compleet en goedgekeurd werkplan, et cetera). Bijvoorbeeld door in de planning rekening te houden met een ‘reserveweekend’.
- Goten en instroomopeningen van het HWA-systeem dienen vrij te blijven van ZOAB en DAB in verband met ongehinderde afvoer van hemelwater en de mogelijkheid om kunnen reinigen.
- Volledige afsluiting per rijbaan is wenselijk, ter voorkoming van langsnaden in asfalt.

- HWA-doorvoeren dienen aan de bovenzijde duurzaam waterdicht aan te sluiten op de omringende constructie (constructiebeton en asfalt).
- Niveau van bovenzijde buis van HWA dusdanig laag kiezen zodat hemelwater gemakkelijk weg kan lopen en er geen plassen blijven liggen.
- Hemelwater dient vanuit de goten zonder hinder naar de afvoeren te kunnen stromen. Hierbij rekening houden met ZOAB en niveau DAB.
- Het nieuwe gietasfalt dient goed aan te sluiten op de DAB-laag, het aansluitende beton en de voegconstructies.
- VOC en RWS bekijken gezamenlijk de mogelijkheden voor het verruimen van de HWA-doorvoeren. Hierbij wordt ook de meerwaarde in relatie tot eventuele extra hinder beschouwd. (Aanpassing van het HWA-systeem is geen onderdeel van het oorspronkelijke contract uit 2012.)
- Er dient zover gefreesd te worden als voor het aanbrengen van de nieuwe verharding nodig is. De dikte van de verharding dient gelijk te blijven. Enerzijds in verband met de statische belasting op het dek en anderzijds in verband met een vlakke aansluiting op de sinusplaten.
- De ‘Carifalt voeg’ aanbrengen tot in de DAB in verband met waterdichte afsluiting. Hierbij rekening houden met risico op beschadiging van ‘dakleer’.
- Buiten de scope van het onderliggende onderzoek en advies worden de sinusplaten nog opgeruwd of vervangen door ruwe exemplaren. Na demontage van de sinusplaten en frezen van asfalt dienen de randprofielen van de voegovergangen ter plaatse van de faseringen (en in de middenberm) constructief aan elkaar te worden vast gelast, aan alle bereikbare zijden. Bijvoorbeeld door de spleet tussen beide randprofielen ‘vol te lassen’. Hiermee wordt de verkeersbelasting op de voeg beter gespreid en verbeterd de waterdichtheid.
- Na het tijdelijk verwijderen van de sinusplaten dienen de voegrubbers op gebreken te worden gecontroleerd en te worden schoon gemaakt.

5.3 Relatie tussen herstelmaatregelen en wegnemen oorzaak lekkage

Zie figuur 5.3 waarin is aangegeven in hoeverre (in %) de maatregelen de lekkageoorzaken verhelpen.

	Oorzaken	Maatregel
Primair	Naden tussen voeg en aansluitende onderdelen aan zijkanten en onderzijde (o.a. t.g.v. onvoldoende sijfheid voeg)	90%
	Tijdelijk asfalt	100%
	Dwarsnaden in voeg (t.p.v. faseringen en middenberm)	50%
Secundair	Capaciteit HWA is onvoldoende	80%
	Slechte afwatering door hoge ligging goten (en instroomopeningen) en vervuiling van goten en afvoerbuizen	100%
	Waterdichtheid van het asfaltpaket is twijfelachtig	100%
	Waterdichtheid van de prefab plaatconstructie (naden) is twijfelachtig	90%

Figuur 5.3: Maatregelen in relatie tot het wegnemen van de lekkageoorzaken

Toelichting op de maatregelen:

- De grootste winst van de maatregelen zit in het wegnemen van het aanbod van hemelwater door het verbeteren van de afwatering en het afdichten van de naden in aansluiting op de voegconstructie.
- De dwarsnaden tussen de voegfaseringen zijn nauwelijks duurzaam te repareren. Door de grote voeghoogte en het ontbreken van onderlinge verbinding (langswapening) tussen de voegdelen van fase 1 en -2, zullen de voegdelen ten opzichte van elkaar blijven bewegen ten gevolge van verkeersbelasting. De aangebrachte hechtlassen tussen de verschillende voegfasen zijn onvoldoende om dit te voorkomen. Door de randprofielen van de voegen constructief te verbinden door de bereikbare delen aan elkaar te lassen, zal dit wel verbeteren.

- Door de waterdichte laag geheel en ononderbroken (in volledige afsluiting) opnieuw aan te brengen wordt geborgd dat het water goed af loopt richting de goten en er geen water via slechte faseringsnaden in het DAB in kan dringen. Bovendien sluit de nieuwe waterdichte asfalt laag de naden in de prefab platen af. Op termijn kunnen de naden tussen de prefab platen alsnog scheurtjes in het nieuwe DAB inleiden, maar bij een goede afwatering zal het lekdebiet zeer beperkt zijn.

5.4 Conclusie en vervolgstappen

Door de afwatering en de aansluiting tussen asfalt en voegconstructies te verbeteren zal het vochtaanbod ter plaatse van de voegspleten flink terug gedrongen worden. Wij verwachten daarom dat de lekkage met de hierboven beschreven maatregelen tot een minimum is terug te brengen, maar 100% waterdichtheid valt niet te garanderen. Wanneer het herstel op de juiste wijze is uitgevoerd, dient een beperkt lekdebiet dus geaccepteerd te worden.

Voorafgaand aan de werkzaamheden dient VOC een formeel voorstel voor de herstelmaatrelen ter goedkeuring in bij de portfoliomanager van RWS. Dit voorstel bevat onder andere uitgangspunten ten aanzien van planning, uitvoering en toetsing en is gebaseerd op de onderliggende rapportage. Wanneer de werkzaamheden conform dit door RWS geaccepteerde voorstel zijn uitgevoerd, worden de werkzaamheden als afgerond beschouwd.
Mocht in de toekomst blijken dat er toch sprake is van een andere of aanvullende schadeoorzaak, dan zal RWS zich hier niet alsnog op beroepen ten behoeve van garantie. Mits uiteraard de voorgestelde herstelmaatregelen goed zijn uitgevoerd. Eén en ander zoals overeengekomen tijdens het overleg van 21 februari.
De herstelmaatregelen dienen te voldoen aan de eisen conform het bestaande 2012 contract. Bij tegenstrijdigheden prevaleert de onderleggende rapportage.

Wij adviseren de beheerder (RWS) frequent vast onderhoud uit te voeren, waaronder het zesmaandelijks reinigen van de goten en de afvoerbuizen, zodat het hemelwater goed afgevoerd kan worden.

6 Samenvatting

Situatie, onderzoeksvraag en aanpak
De Combinatie VOC heeft in 2012 en 2013 groot onderhoud uitgevoerd aan brug Neckerstraat in de A7 bij Purmerend. Tijdens het groot onderhoud zijn onder andere alle voegovergangen vervangen en zijn er asfalteringswerkzaamheden uitgevoerd. Het groot onderhoud heeft niet geleid tot een waterdichte constructie en in 2017 is er nog steeds sprake van lekkage, zichtbaar onder bijna alle voegovergangen. Dit ondanks alle tussen 2014 en 2016 uitgevoerde aanvullende herstelmaatregelen.

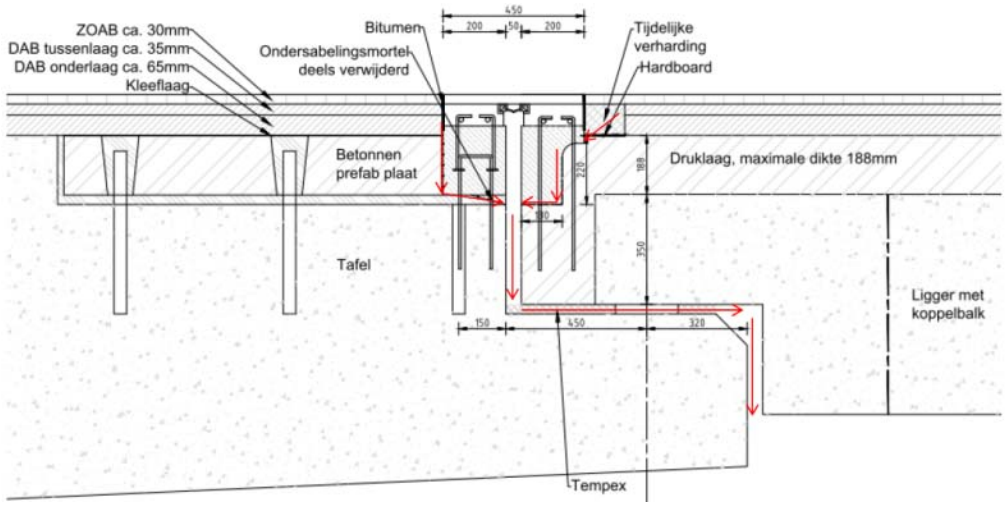
VOC heeft aan Royal HaskoningDHV gevraagd te onderzoeken wat de oorzaak van de lekkage is en hoe de lekkage permanent kan worden opgelost.

RHDHV heeft in een bureaustudie, aangevuld met een brainstormsessie en interviews, de situatie tegen het licht gehouden en onderzocht wat de oorzaak van de lekkage is. Nadat er consensus is bereikt tussen RHDHV, VOC en RWS over de schade oorzaken, is door RHDHV in overleg met VOC een hersteladvies opgesteld.

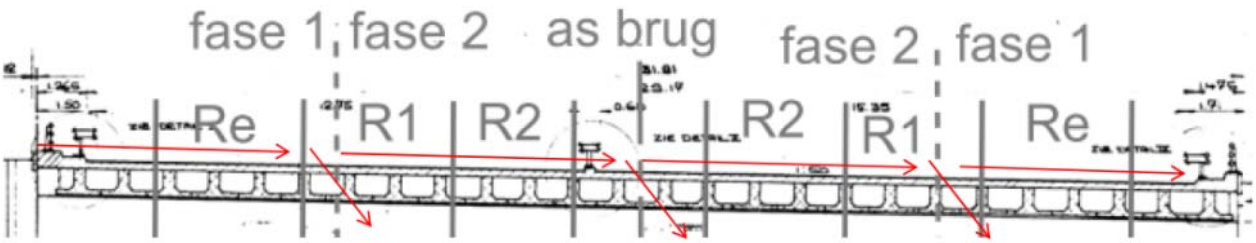
Resultaten infofase, brainstrom en interviews
In de informatiefase is alle relevante data bij VOC en RWS opgevraagd en gerangschikt in een Excelbestand met hyperlinks. Op basis van deze informatie is een tijdlijn opgesteld met relevante gebeurtenissen gedurende de levensduur van de brug. Daarnaast is een foutenboom opgesteld. Dit betreft een zo volledig mogelijke opsomming van alle mogelijke lekkageoorzaken. In de brainstormsessie is de foutenboom besproken en compleet gemaakt. Uit de brainstorm bleek dat er veel potentiële lekkageoorzaken zijn. Deze zijn in het onderzoek allemaal aan bod gekomen.
De interviews zijn benut om het beeld van de exacte situatie helder te krijgen, onder andere door informatie te verifiëren met medewerkers van VOC en RWS. De geïnterviewden betreffen medewerkers die nauw bij de tenderfase, voorbereiding en uitvoering betrokken zijn geweest.

Analyse situatie
In de analyse is de gehele bovenbouw van de brug beschouwd, waarbij extra aandacht is besteed aan de oorspronkelijke constructie, de verharding, de voegovergangen en de lekkagepatronen. Uit de analyse blijkt dat het object uniek is door de oorspronkelijke voegovergang die in 1985 is vervangen door prefab betonnen platen (hierdoor verspringt de voegspleet). Daarnaast blijkt dat er in de uitvoeringsfase keuzes gemaakt zijn die op onderdeelniveau heel logisch lijken, maar die objectniveau (integraal) voor problemen zorgen. Zoals het deels handhaven van de goten, waardoor er regenwater in het ZOAB gebufferd wordt.

Oorzaken lekkage en onderbouwing
De primaire oorzaak van de lekkage zit in de aansluiting van de nieuwe voegconstructie op de aangrenzende elementen. Omdat de voegconstructie veel hoger is dan normaal (ruim 300mm in plaats van 135mm) is deze minder stijf dan voorzien en ontstaat er ten gevolge van verkeersbelasting en beweging in de constructie een open naad aan de tafelzijde. Aan de veld zijde is de voeg stijver, maar hier is een watervoerende strook tijdelijk asfalt met hardboard aanwezig. Via de naad en het tijdelijk asfalt loopt het water in dwarsrichting van het dek naar de naden in de voegfaseringen (onder de meest belaste rijstrook in 1R in HRL en HRR en de middenberm) waar het vervolgens via de voegspleet naar beneden loopt. Zie figuren 6.1 en 6.2. Dit lekpatroon komt overeen met de waargenomen lekkagesporen op het object.



Figuur 6.1: Primaire lekwegen via zaagsneden (langsdoorsnede)



Figuur 6.2: Primaire lekwegen via voegfaseringslassen (dwarsdoorsnede)

Naast de primaire lekkageoorzaken zijn er ook secundaire lekkageoorzaken. Deze zorgen voor een extra vochtbelasting op de kwetsbare plekken, namelijk:

- Extra vochtaanbod door onvoldoende afvoercapaciteit hemelwaterafvoersysteem en buffering van regenwater in het ZOAB (de goten liggen hoger dan onderzijde ZOAB).
- De waterdichtheid van het asfalt is twijfelachtig, omdat het oorspronkelijke asfalt maar deels is vervangen en dit bij zeer slechte weersomstandigheden is uitgevoerd (watervoerende naden in de dichte asfalt laag).
- De waterdichtheid van de stelmortel rondom de prefab platen (ter vervanging voor oorspronkelijke voegloze overgang) is twijfelachtig. Hier is mogelijk ook sprake van watervoerende naden.

Door het ontwerp en de geschiedenis van het object is het onwaarschijnlijk dat de brug ooit 100% waterdicht wordt, tenzij de bovenzijde van het object compleet wordt herontworpen/ herbouwd. Verbetering ten opzichte van de huidige situatie is wel mogelijk. Een waterdichtheid van 90% zou haalbaar moeten zijn.

Hersteladvies

In overleg tussen VOC, RWS en RHDHV kwamen de volgende herstelmaatregelen als best passend uit de bus:

- Frezen van minimaal 1+5+3 cm asfalt (over het gehele dek)
- Aanbrengen van een waterdichte laag SAMI (1cm), 5 cm DAB met daarop 3 cm ZOAB.
- Overige werkzaamheden conform de memo bij afwijking 27: na frezen loszittend asfalt verwijderen, alles afkloppen en eventuele betonschade herstellen.
- 100% vervangen van gietasfalt goten en bovenzijde goot op juiste niveau terug brengen (lager of gelijk aan bovenzijde DAB).
- Vervangen HWA-buizen en verruimen doorvoeren voor buizen met een grotere diameter. Dit betreft geen complete aanpassing van het HWA-systeem conform de nieuwe regelgeving.
- Verbeteren van de aansluitingen op de voegovergangen door verwijderen tijdelijk asfalt en hardboard en aanbrengen ‘dakleer’ en ‘Carifalt voeg’.

VOC dient een formeel herstelvoorstel in bij RWS. Indien de herstelmaatregelen conform dit geaccepteerde voorstel zijn uitgevoerd worden de werkzaamheden door VOC en RWS als afgerond beschouwd.

1 Excelbestand met informatie

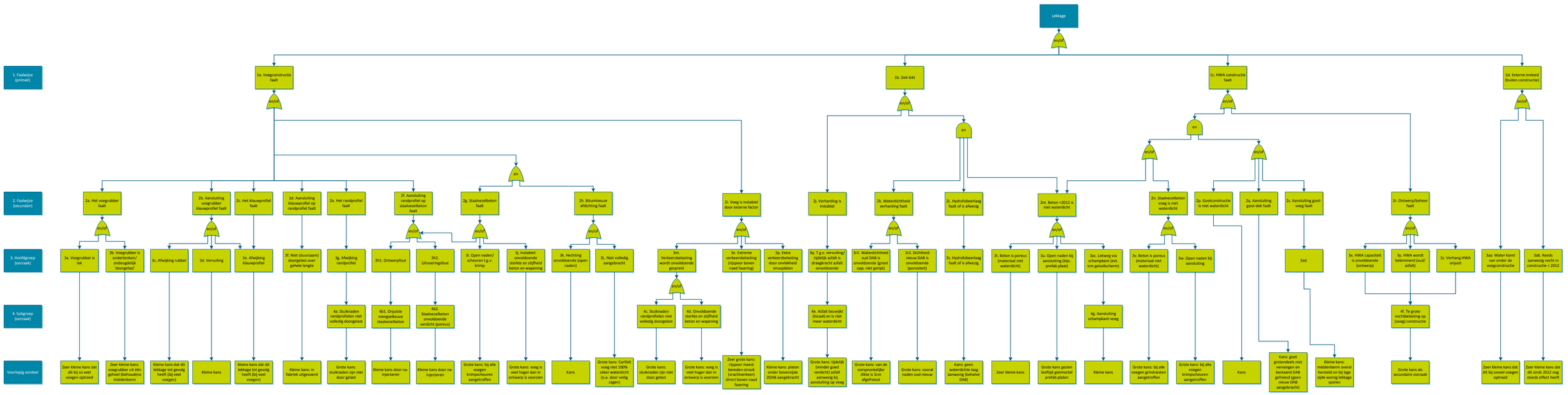
Dit bestand betreft een spreadsheet met alle door VOC en RWS aangeleverde info. Het bestand is separaat digitaal aangeleverd.

2 Tijdlijn

maand	jaar	gebeurtenis	opmerking	doc. Infobestand	toelichting doc.
oktober/mei	1973/ 1974	Aanleg object met 'Voegloze overgang' (STP 02-09) en Rijrooster (STP 01+10)		tekening B. 25533/B. 26698	
augustus	1985	Vervanging voegen door prefab platen		tekening B. 46518	Bestekstekening; Bestek + 2 andere tekeningen waren niet beschikbaar bij aannemer. Inmiddels beschikbaar
eind	1985	vervanging en aanbrengen voegen en asfalt	in apart bestek van leveren platen		
november	1989	Inspectie	het rubber is niet volledig aangebracht tpv alle steunpunten tpv ZB01+02; het rubber dicht niet af tpv STP 01+10	Oude disk	
maart	1992	Inspectie	het rubber is niet volledig aangebracht tpv alle steunpunten tpv ZB01+02; het rubber dicht niet af tpv STP 01+10	Oude disk	
oktober	1998	Overleg RWS (Dienstkring+BWD) met Gemeente Purmerend over aanleg scherm	Berekening Wagemaker aanleg scherm	19G-102.doc-004; Berekening +tekening Wagemaker niet beschikbaar	
maart	1999	Aanmaken blanco rapport in DISK		19G-102.doc-001 & 19G-102.doc-002	
april	2001	programmeringsinspectie	Voegovergang het rubber is verouderd tpv STP01-10 -> vervangen Voegovergang het rubber is niet aanwezig tpv ZB01+02 bij STP01-10 Bouwsteen 07 aangemaakt tbv vervangen voltooien voor 25-04-2006	Oude Disk + 19G-102.doc-003&19G-102.doc-004	
	2002	Aanleg geluidsscherm; Na juni 2001 en voor juni 2003;	Tekening geluidsscherm is uit juni 2000. In de berekeningsmap waarin deze zat was aangegeven dat het niet de definitieve tekening was/is. Dus later aangelegd.	Uit cyclomedia foto's	
augustus	2006	Herberekening kunstwerk	Herberekening 3-1 en 4-0 systeem d.d. 24-08-2006 tbv vervanging asfalt/overlaging		
	2007	overlaging kunstwerk	volgens programmeringsinspectie Movares (2011) uit intakegesprek		
	2010	toestandsinspectie	Alle voegen lek, uitgereden delen asfalt		
	2011	Programmeringsinspectie Movares	Alle voegen ; Advies vervangen asfalt		
eind	2011	aanbestedingsperiode			
mei	2012	opdracht variabel onderhoud		516	presentatie inlichtingen
augustus	2012	contractopname Nebest (20 augustus)			
oktober	2012	vervangen asfalt		516	presentatie inlichtingen
juni	2013	vervangen voegovergangen: fase 1 en 2	weekenden van 1 en 8 juni	516	presentatie inlichtingen
	2014	Afdichten voegen t.p.v. schampkanten (d.m.v. combiflexband)		516	presentatie inlichtingen
	2014	Voegen door zetten in de middenberm (voegen aan elkaar gekoppeld van HRR & HRL)		516	presentatie inlichtingen
	2014	Injecteren asfaltstrook t.p.v. lengte voegovergang brugdekken (voeg is ca. 15cm opgeschoven)		516	presentatie inlichtingen
	2014	Afgieten bitumen t.p.v. aansluiting asfalt - voegconstructie		516	presentatie inlichtingen
	2014	1e calamiteit, mechanische schade, zijnde sinusplaat van voegconstructie los gekomen. (oorzaak, vermoedelijk mechanisch)		516	presentatie inlichtingen
	2014	Openklappen sinusplaat t.h.v. faseringen HRL en HRR (naderonderzoek door calamiteit)		516	presentatie inlichtingen
	2015	Schoonmaken voegflanken		516	presentatie inlichtingen
	2015	2e calamiteit, mechanische schade, zijnde sinusplaat van voegconstructie los gekomen		516	presentatie inlichtingen
	2015	weekend 13 & 14 onderzoek gedaan op voeg 4, 7, 11, 12, 13 & 14		516	presentatie inlichtingen
	2016	video inspectie bij voeg 2, 6, 7 & 12		516	presentatie inlichtingen
	2016	diverse herstel maatregelen conform het opgestelde herstelplan		516	presentatie inlichtingen
maart	2016	Programmeringsinspectie Nebest	helft deksels kabelgoten ZB01+02 ontbreken, goot MB: water blijft staan, trekputdeksels los, lekkagesporen bij alle voegen (behalve STP04+05)	1866	
april	2016	Herstelwerkzaamheden			
april	2016	Opname lekkage onderzijde voegen (3x)	aanhoudende lekkage v.a. 2016, behalve bij voeg 11, 13 en 17	496	

maand	jaar	gebeurtenis	opmerking	doc. Infobestand	toelichting doc.
mei	2016	Opname lekkage onderzijde voegen	aanhoudende lekkage v.a. 2016, behalve bij voeg 11, 13 en 17	496	
juni	2016	Opname lekkage onderzijde voegen	aanhoudende lekkage v.a. 2016, behalve bij voeg 11, 13 en 17	496	
sep	2016	Herstelwerkzaamheden: openklappen voegen + behandelen staalvezelbeton + aangieten 'stalen balk' in middenberm?			
oktober	2016	Opname lekkage onderzijde voegen	aanhoudende lekkage v.a. 2016, behalve bij voeg 11, 13 en 17	496	
november	2016	Opname lekkage onderzijde voegen	aanhoudende lekkage v.a. 2016, behalve bij voeg 11, 13 en 17	496	
november	2016	Herstelwerkzaamheden: openklappen voegen + herstellen aansluiting middenberm-voeg-goot			
februari	2017	Opname lekkage onderzijde voegen (2x)	aanhoudende lekkage v.a. 2016, behalve bij voeg 11, 13 en 17	496	

3 Foutenboom met mogelijke oorzaken


1. Faalwijze (primair)
2. Faalwijze (secundair)
3. Hoofdgroep (oorzaak)
4. Subgroep (oorzaak)
Voorlopig oordeel
Lekkage
en/of
1a. Voegconstructie faalt
1b. Dek lekt
1c. HWA constructie faalt
1d. Externe invloed (buiten constructie)
2a. Het voegrubber faalt
2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt
2c. Het klauwprofiel faalt
2d. Aansluiting klauwprofiel op randprofiel faalt
2e. Het randprofiel faalt
2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt
2g. Staalvezelbeton faalt
2h. Bitumineuze afdichting faalt
2i. Voeg is instabiel door externe factor
2j. Verharding is instabiel
2k. Waterdichtheid verharding faalt
2l. Hydrofobeerlaag faalt of is afwezig
2m. Beton <2012 is niet waterdicht
2n. Staalvezelbeton voeg is niet waterdicht
2o. Gootconstructie is niet waterdicht
2q. Aansluiting goot-dek faalt
2s. Aansluiting goot-voeg faalt
2r. Ontwerp/beheer faalt
3a. Voegrubber is lek
3b. Voegrubber is onderbroken/ ondeugdelijk "doorgelaat".
3c. Afwijking rubber
3d. Vervuiling
3e. Afwijking klauwprofiel
3f. Niet (duurzaam) doorgelast over gehele lengte
3g. Afwijking randprofiel
3h1. Ontwerpfout
3h2. Uitvoeringsfout
3i. Open naden/ scheuren t.g.v. krimp
3j. Instabiel: onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening
3k. Hechting onvoldoende (open naden)
3l. Niet volledig aangebracht
3m. Verkeersbelasting wordt onvoldoende gespreid
3n. Extreme verkeersbelasting (rijpoor boven naad fasering)
3p. Extra verkeersbelasting door onvlakheid sinusplaten
3q. T.g.v. vervuiling/ tijdelijk asfalt is draagkracht asfalt onvoldoende.
3r1. Waterdichtheid oud DAB is onvoldoende (groot opp. niet geript)
3r2. Dichtheid nieuw DAB is onvoldoende (poreusiteit)
3r. Beton is poreus (materiaal niet waterdicht)
3s. Open naden bij aansluiting (bijv. prefab plaat)
3sc. Lekweg vlg schampkant (evt. icm geluidscherm)
3v. Beton is poreus (materiaal niet waterdicht)
3w. Open naden bij aansluiting
3ad.
3x. HWA capaciteit is onvoldoende (ontwerp)
3y. HWA wordt belemmerd (vuil/ asfalt)
3z. Verhang HWA onjuist
3aa. Water komt van onder de voegconstructie
3ab. Reeds aanwezig vocht in constructie < 2012
4a. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast
4b1. Onjuiste mengselkeuze staalvezelbeton
4b2. Staalvezelbeton onvoldoende verdicht (poreus)
4c. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast
4d. Onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening
4e. Asfalt bezwijkt (locaal) en is niet meer waterdicht
4g. Aansluiting schampkant-voeg
4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie
Zeer kleine kans dat dit bij zo veel voegen optreed
Zeer kleine kans: voegrubber uit één geheel (behoudens middenberm
Kleine kans dat dit lekkage tot gevolg heeft (bij veel voegen)
Kleine kans
Kleine kans dat dit lekkage tot gevolg heeft (bij veel voegen)
Kleine kans: in fabriek uitgevoerd
Grote kans: stuiknaden zijn niet door gelast
Kleine kans door na-injecteren
Kleine kans door na-injecteren
Grote kans: bij alle voegen krimpscheuren aangetroffen
Grote kans: voeg is veel hoger dan in ontwerp is voorzien
Kans
Grote kans: Carifalt voeg niet 100% zeker waterdicht (o.a. door veilig zagen)
Grote kans: stuiknaden zijn niet door gelast
Grote kans: voeg is veel hoger dan in ontwerp is voorzien
Zeer grote kans: rijpoor meest bereden strook (vrachtverkeer) direct boven naad fasering
Kleine kans: platen onder bovenste ZDAB aangebracht
Grote kans: tijdelijk (minder goed verdicht) asfalt aanwezig bij aansluiting op voeg
Grote kans: van de oorspronkelijke dikte is 3cm afgefreesd
Grote kans: vooral naden oud-nieuw
Kans: geen waterdichte laag aanwezig (behalve DAB)
Zeer kleine kans
Grote kans gezien leeftijd gietmortel prefab platen
Kleine kans
Grote kans: bij alle voegen grindresten aangetroffen
Grote kans: bij alle voegen krimpscheuren aangetroffen
Kans
Kans: goot grotendeels niet vervangen en bestaand DAB gefreesd (geen nieuw DAB aangebracht)
Kleine kans: middenberm overal hersteld en bij lage zijde weinig lekkage sporen
Grote kans als secundaire oorzaak
Zeer kleine kans dat dit bij zoveel voegen optreed
Zeer kleine kans dat dit sinds 2012 nog steeds effect heeft

4 Scoring foutenboom

Sortering (potentiële) oorzaken: Grote kans naar Zeer kleine kans

1. Faalwijze (primair)	2. Faalwijze (secundair)	3. Hoofdgroep (oorzaak)	4. Subgroep (oorzaak)	kans	argumenten	raakvlak oorzaak	bron docs
1a. Voegconstructie faalt	2e. Het randprofiel faalt	3g. Afwijking randprofiel	4a. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast	grote kans	De naad in dwarsrichting op de voeg is een kwetsbare plek. De kans is groot dat door deze naad direct (van boven) of indirect (vanuit een ander deel van de constructie) water onder de voegconstructie terecht komt. De belasting wordt hier enkel gespreid door de twee langsstaven in de randprofielen die t.p.v. de fasering zijn doorgelast (overstek 10-12 cm). De stuiknaad in tussen beide randprofielen zit direct onder het zwaarst belaste rijspoor. Zodra de voegconstructie hier een klein beetje ruimte heeft (wat erg waarschijnlijk is door de faseringsnaad) zal deze door de verkeersbelasting gaan bewegen, waardoor er (nieuwe) lekwegen door de waterdichte afdichting (bitumen) ontstaan. Dit wordt ook deels onderbouwd door de lekkagesporen die zich bij diverse voegen t.p.v. de voegfasering aftekenen.	4c, 3n	497
1a. Voegconstructie faalt	2g. Staalvezelbeton faalt	3i. Open naden t.g.v. krimp **en/of scheuren**		grote kans	Uit registraties blijkt dat bij alle voegconstructies in meer of mindere mate grindnesten zijn aangetroffen. Het was tijdens de stort erg warm. Omdat het beton van de centrale kwam kon de verwerkbaarheid (plasticiteit) op locatie ook niet worden bijgesteld. De voegbalk heeft een grote dikte van ca. 30 cm. Er is in lagen gestort, maar verdichting van bovenaf blijft lastig door de aanwezige wapening. Ook is er sprake van vervuiling onder de randprofielen (voor de stort) die de homogeniteit en dus de waterdichtheid beperken. De voegconstructie is aan de bovenzijde goed afgesloten, maar holle ruimten in het staalvezelbeton creëren wel een lekweg vanuit andere delen van de constructie.	3u, 3v	1232, 1233
1a. Voegconstructie faalt	2g. Staalvezelbeton faalt	3j. Instabiel: onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening		grote kans	De hoogte van de voegconstructie is veel hoger dan in het ontwerp (factsheet) voorzien: ruim 300mm i.p.v. 135mm. Dit moet volledig door de stekken worden opgevangen, er is geen dwarswapening aanwezig. Er is niet aangetoont dat de voegen in afwijkende uitvoering voldoende stijf zijn.	4d, 3w	509
1a. Voegconstructie faalt	2h. Bitumineuze afdichting faalt	3L. Niet volledig aangebracht		grote kans	Tussen de verharding (DAB en ZOAB) is een bitumineuze 'Carifalt' voeg aangebracht door inzagen en afgieten met bitumen. Deze aansluiting is zeer waarschijnlijk niet 100% waterdicht (interview 2 met VOC). De voeg is 'voorzichtig' gezaagd (niet te diep) om het kunstwerk niet te beschadigen. De voeg heeft als doel een afdichting tussen de stalen en betonnen voegconstructie en de DAB te creëren. Doordat er ZOAB op het DAB aanwezig is, is de aansluiting niet te controleren. Het is niet waarschijnlijk dat door de Carifalt voeg op zich grote hoeveelheden water lekken. Zie ook 3q (tijdelijk asfalt)	3q	
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor	3m. Verkeersbelasting wordt onvoldoende gespreid	4c. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast	grote kans	Zie 4a.	4a, 3n	
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor	3n. Extreme verkeersbelasting (rijspoor boven naad fasering)		grote kans	Zie 4a.	4a, 4c	
1b. Dek lekt	2j. Verharding is instabiel	3q. T.g.v. vervuiling/ tijdelijk asfalt is draagkracht asfalt onvoldoende	4e. Asfalt bezwijkt (locaal) en is niet meer waterdicht	grote kans	Tijdens herstelwerkzaamheden is geen schade/ verzakking van het ZOAB boven het tijdelijke asfalt waargenomen. Het asfalt lijkt dus niet 'te bezwijken' volgens 4e. Door de aanwezigheid van tijdelijk asfalt en hardboard is het wel zeer waarschijnlijk dat de strook tijdelijk asfalt watervoerend is. Het asfalt is geïnjecteerd met een star injectiemiddel. Door rot en/of porositeit van het hardboard ontstaat echter vanzelf weer een nieuwe lekweg.	3L	1833

1. Faalwijze (primair)	2. Faalwijze (secundair)	3. Hoofdgroep (oorzaak)	4. Subgroep (oorzaak)	kans	argumenten	raakvlak oorzaak	bron docs
1b. Dek lekt	2k. Waterdichtheid verharding faalt	3r1. Dichtheid oud DAB is onvoldoende (porositeit)		grote kans	De bestaande waterdichte DAB laag is over het grootste deel van het oppervlak gehandhaafd, omdat deze zeer lastig te rippen was. Het bestaande DAB is enkel volledig verwijderd daar waar gestart is met rippen (in de hoeken, vanuit de gietasfalt goot) en daar waar holklinkende delen zijn geconstateerd (hoeveelheid en locatie onbekend, vermoedelijk niet geconstateerd). Met name t.p.v. de voegen zijn aansluitnaden tussen oud en nieuw DAB (lappendeken). Omdat de weerzomstandigheden tijdens het asfalteren zeer slecht waren is de kans groot dat deze naden watervoerend zijn. Van het gehandhaafde DAB is ca. 3 cm afgefreesd, waardoor de waterdichte laag dunner is geworden dan voorheen. De bestaande gietasfalt goten zijn grotendeels gehandhaafd. Deze zijn enkel vervangen daar waar er gerript is. Omdat het bestaande DAB is afgefreest is het niveau van de goten hoger dan dat van bovenzijde DAB. Dit geldt mogelijk ook voor de HWA doorvoeren (nu niet te beoordelen omdat deze niet in de goten zitten, maar verder 'naar binnen' in het asfalt). T.p.v. de voegovergangen is eveneens sprake van een 'opstaande rand' door aanwezigheid van de voegconstructie. Het ZOAB wordt dus in langs- en dwarsrichting omrind door een opstaande rand. Hierdoor kan hemelwater niet direct afvloeien via het HWA, maar wordt gebufferd boven het DAB. De aanhoudende vochtbelasting op watervoerende naden resulteert in een lekweg richting de voegconstructie.	3r2, 3s, 3x, 2q	1819 en verslagen interviews
1b. Dek lekt	2k. Waterdichtheid verharding faalt	3r2. Dichtheid nieuw DAB is onvoldoende (porositeit)		Grote kans	Zie 3r1. Met name kans op lekkage bij naden tussen oud- en nieuw DAB	3r1	1819
1b. Dek lekt	2L. Hydrofobeerlaag faalt	3s. Hydrofobeerlaag faalt of is afwezig		Grote kans	Hydrofobeerlaag is niet aangebracht (geen onderdeel ontwerp)	3r1, 3r2	verslag interview
1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt	2m. Beton <2012 is niet waterdicht	3u. Open naden bij aansluiting (bijv. prefab plaat)		grote kans	Van de prefab platen is bekend dat deze stevig verankerd zitten. Onder- en tussen de prefabplaten is gietmortel aanwezig. De kans dat deze naden met gietmortel niet 100% waterdicht zijn is zeer aannemelijk. Wanneer het DAB niet waterdicht is, dan loopt lekwater vanaf de tafelzijde via de naden in de prefab platen naar de onderzijde van de voegconstructie.	3r1, 3r2, 3i	-
1c. HWA constructie faalt	2n. Staalvezelbeton voeg is niet waterdicht	3v. Beton is poreus (materiaal niet waterdicht)		Grote kans	Uit controles blijkt dat er sprake is van grindnesten in het beton van de voegconstructies. Daarnaast blijkt uit foto's dat er voor de stort nog vuil onderin de 'kist' aanwezig was. Dit heeft een negatief effect op de waterdichtheid	3i	1232, 1233
1c. HWA constructie faalt	2n. Staalvezelbeton voeg is niet waterdicht	3w. Open naden bij aansluiting		Grote kans	Zie 3j	3j, 4d	
1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3x. HWA capaciteit is onvoldoende (ontwerp)	4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie	grote kans	Uit onderzoek van Aveco de Bondt blijkt dat het HWA onvoldoende afvoercapaciteit heeft.	3y	1833
1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3z. Verhang HWA onjuist	4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie	grote kans	Het is niet bekend of het verhang van het HWA onjuist is. Het is wel bekend dat het niveau van de goten hoger ligt dan bovenzijde van de waterdichte asfalt laag. Dit heeft een belangrijk negatief effect op de afwatering en valt daarom onder dezelfde noemer. Doordat de goten hoger liggen wordt er water gebufferd in het ZOAB en is er een grotere vochtbelasting op de kwetsbare plekken.	alle lekwegen bij voegen	1819
1a. Voegconstructie faalt	2h. Bitumineuze afdichting faalt	3k. Hechting onvoldoende (open naden)		kans	Onbekend of hechting van de bitumineuze afdichting voldoet. Zie ook 3L. Doorde grote voeghoogte is deze relatief slap. Hierdoor komen er onvoorziene krachten op de bitumineuze afdichting en zal de levernsduur korter zijn dan voorzien in het ontwerp, danwel zal de bitumineuze afdichting in onvoldoende mate functioneren als waterdichte afdichting	3L, 3j	
1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3y. HWA wordt belemmerd (vuil/ asfalt)	4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie	Kans	In interviews is aangegeven dat goten en afvoeren flink vervuild zijn: vast onderhoud (reinigen) wordt niet frequent (2x/ jaar) utigevoerd	3x	verslagen interviews
1c. HWA constructie faalt	2q. Aansluiting goot-dek faalt			kans	Er is een redelijke kans dat de aansluiting tussen goot en waterdichte asfaltlaag faalt qua waterdichtheid, deze zijn grotendeels niet vervangen tijdens groot onderhoud. Buiten dit is er geen bewijslast voor lekkage, daarom geen 'grote kans'	2p, 2k	verslagen interviews

1. Faalwijze (primair)	2. Faalwijze (secundair)	3. Hoofdgroep (oorzaak)	4. Subgroep (oorzaak)	kans	argumenten	raakvlak oorzaak	bron docs
1c. HWA constructie faalt	2p. Gootconstructie is niet waterdicht			kans	Er is een redelijke kans dat de goten falen qua waterdichtheid, deze zijn grotendeels niet vervangen tijdens groot onderhoud. Buiten dit is er geen bewijslast voor lekkage, daarom geen 'grote kans'	2q	verslagen interviews
1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt		3ac. Lekweg via schampkant (evt. icm geluidscherm)	4g. Aansluiting schampkant-voeg	kleine kans	Er is veel zorg besteed aan het waterdicht maken van de voegen t.p.v. de schampkanten (en middenberm): o.a. herstellen van alle aansluitingen op de gietasfalt goot in de middenberm en het aanbrengen van de combiflexband aan de hoge zijde (onder het geluidscherm). Hierdoor is de kans op lekkage bij deze aansluiting klein. Er is wel een kans dat er water via de verouderde gietasfalt goot een lekweg vind. Zie verder 2q.	2q	
1a. Voegconstructie faalt	2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt	3d. Vervuiling		kleine kans	Tijdens herstelwerkzaamheden zijn de voegrubbers gecontroleerd. Eén voegrubber is door na-injecteren uit de klauw 'gewipt'. Het schoonmaakregime (conform onderhoudsplan leverancier: 2x/jaar schoonmaken) wordt niet gevolgd. De voeg kan deze vuilbelasting makkelijk 'opvangen', dit is geen reden voor de lekkage.		
1a. Voegconstructie faalt	2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt/ 2g. Staalvezelbeton faalt	3h1. Ontwerpfout	4b1. Onjuiste mengselkeuze met veel krimp	kleine kans	Bij bijna alle voegen is krimp van het staalvezelbeton tussen de stalen randprofielen aangetroffen, dus de kans dat geen optimaal mensel is toegepast is groot. I.v.m. de grote hoeveelheid te verwerken beton is gekozen om dit beton niet op locatie te 'mixen', maar van een betoncentrale te laten komen en met een betonpomp aan te brengen. Hierdoor kon de verwerkbaarheid van dit beton niet gedurende de verwerking worden gefinetuned (water) en is er ook geen zwelmiddel aan het beton toegevoegd om de krimp te compenseren. Echter, tijdens de herstelmaatregelen is het beton tussen de randprofielen geïnjecteerd en is de bovenzijde afgesmeerd met een epoxy. Hierdoor is de kans op lekkage door deze oorzaak klein.		
1a. Voegconstructie faalt	2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt/ 2g. Staalvezelbeton faalt	3h2. Uitvoeringsfout	4b2. Staalvezelbeton onvoldoende verdicht (poreus)	kleine kans	Zie 3i en 4b2. De kans op poreus staalvezelbeton is groot. Echter, tijdens de herstelmaatregelen is het beton tussen de randprofielen geïnjecteerd en is de bovenzijde afgesmeerd met een epoxy. Hierdoor is de kans op lekkage door deze specifieke oorzaak klein.	3i, 4b2	
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor	3p. Extra verkeersbelasting door onvlakheid sinusplaten		kleine kans	Sinusplaten zijn 3mm onder bovenzijde ZOAB aangebracht, om eventuele dwarsonvlakheid in het asfalt op te kunnen vangen. Het is onwaarschijnlijk dat kort na de aanleg sinusplaten boven het asfalt uitsteken en zo een horizontale verkeersbelasting inleiden in de voegconstructie.		interview VOC 2
1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt	2m. Beton <2012 is niet waterdicht	3t. Beton is poreus (materiaal niet waterdicht)		Kleine kans	Het is onwaarschijnlijk dat het constructieve beton van de brug lek is, omdat er alleen onder de voegconstructies sprake is van lekkagesproren. Als er bijvoorbeeld lekwegen in de druklaag hadden gezeten, dan zouden er tussen de liggers ook lekkagesporen zichtbaar moeten zijn.		
1a. Voegconstructie faalt	2a. Het voegrubber faalt	3a. Voegrubber is lek		zeer kleine kans	De kans dat de voegrubbers bij alle 16 voegen falen is zeer klein. De voegrubbers bestaan uit één geheel, behoudens bij de bermen (hier zijn de rubbers verbonden door galvaniseren). De voegrubbers zijn tijdens herstelacties gecontroleerd en vervangen of terug gestopt waar nodig.		
1d. Externe invloed (buiten constructie)		3aa. Water komt van onder de voegconstructie		Zeer kleine kans	Het is zeer onwaarschijnlijk dat dit bij alle voegen optreed. In het onderzoek is hier verder ook geen aanleiding voor gevonden	-	-
1d. Externe invloed (buiten constructie)		3ab. Reeds aanwezig vocht in constructie < 2012		Zeer kleine kans	Tijdens het onderzoek is hier geen enkele aanleiding voor boven water gekomen. Ook is het aannemelijk dat eventueel aanwezig water in de constructie na 5 jaar volledig uitgetreden en/of verdampt is.	-	-
1a. Voegconstructie faalt	2a. Het voegrubber faalt	3b. Voegrubber is onderbroken/ ondeugdelijk 'doorgelast'		zeer kleine kans	0		
1a. Voegconstructie faalt	2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt	3c. Afwijking rubber		zeer kleine kans	De kans dat de voegrubbers afwijken bij alle 16 voegen falen is zeer klein.		
1a. Voegconstructie faalt	2b. Aansluiting voegrubber klauwprofiel faalt/ 2c. Het klauwprofiel faalt	3e. Afwijking klauwprofiel		zeer kleine kans	Klauwprofielen zijn fabrieksmatig vervaardigd en gelast aan de stalen randprofielen. De kans dat een eventuele afwijking bij alle 16 voegen lekkage tot gevolg heeft is erg klein.		

1. Faalwijze (primair)	2. Faalwijze (secundair)	3. Hoofdgroep (oorzaak)	4. Subgroep (oorzaak)	kans	argumenten	raakvlak oorzaak	bron docs
1a. Voegconstructie faalt	2d. Aansluiting klauwprofiel op randprofiel faalt	3f. Niet (duurzaam) doorgelast over gehele lengte		zeer kleine kans	Het is zeer onwaarschijnlijk dat dit bij alle voegen optreed. In het onderzoek is hier verder ook geen aanleiding voor gevonden		
1a. Voegconstructie faalt	2i. Voeg is instabiel door externe factor		4d. Onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening	-	Zie 3j	3j	

5 Memo van de brainstorm

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan:	VOC: M. Hoeke, J. van Huygen, M. Moerke, G. Stepprath, B. Troost, B. van Velden, H.J. de Vries, R. van Wijnen (onderaannemer Rowij) RWS: D. Nellestein, F. van Beek RHDHV: R. Vergoossen, C. Genders
Van:	Bouke Baars
Datum:	27 november 2017
Kopie:	RWS: K. Karstens
Ons kenmerk:	T&PBF5872N001D0.1
Classificatie:	Alleen voor intern gebruik

Onderwerp: **Memo Brainstorm Neckerstraat**

Inleiding
Op dinsdag 21 november 2017 heeft bij het RHDHV kantoor te Amersfoort de brainstorm plaatsgevonden voor het project ‘Onderzoek lekkage brug Neckerstraat’. Het doel van de brainstorm is het trechteren van de mogelijke oorzaken door oorzaken ‘weg te strepen’ of juist te markeren als kanshebber.

Tijdens de brainstorm is benadrukt dat de inbreng van de aanwezigen waardevol is, maar dat deze pas ‘geldig’ is wanneer er voldoende bewijslast bij is. Bijvoorbeeld onderbouwing door foto’s.

Tijdens de brainstorm is het volgende programma doorlopen:

- Inleiding onderzoek en doel brainstorm
- Inleiding object
- Opdracht 1: 5 oorzaken noteren op post-its
- Presentatie foutenboom
- Completeren foutenboom met post-its
- Pauze
- Plenair scoren oorzaken lekkage (kans)
- Samenvatten resultaat brainstorm
- Afsluiting

Bij de brainstorm waren de volgende personen aanwezig:
Zie ‘aan’ in aanhef van deze memo, plus opsteller Bouke Baars.

Aanvullingen en/of aanpassingen op foutenboom

- 3i. Open naden t.g.v. verhardingskrimp en/of scheuren
- 3h. Ontwerpfout en uitvoeringsfout uitsplitsen
- 3ab. Betreft niet enkel reeds aanwezig vocht in constructie maar aanwezige oorzaak in algemene zin van voor 2012

Toelichtingen op oorzaken uit foutenboom v1.0

Relatie met foutenboom	Toelichting
2p. Gootconstructie is niet waterdicht	De HWA goot is tijdens groot onderhoud niet vervangen
3b. Voegrubber is onderbroken/ ondeugdelijk 'doorgelast'	voegrubber uit één stuk: deel 2e fase opgerold onder voegplaat bewaard. In middenberm wel een kitnaad
3d. Vervuiling	klauwprofiel is fabrieksmatig aan randprofiel gelast en als één geheel van 7m1 verzinkt
3e. Afwijking klauwprofiel	werklas in klauwprofiel t.p.v. fasering. Randprofiel is opbebouwd uit delen van 2m die fabrieksmatig gelast zijn tot één deel per fase
3h2. Uitvoeringsfout	staalvezel beton is in lagen van 10cm gestort, wel totaal in één fase (Ron). Hoog reaktief mengsel (veel spanning bij contactvlakken), met vertrager voor stort (Ron). Gewogen rijpheid, mengseltemp. 50-55 graden celcius. Voeg 1 en 18 wijken hiervan af, maar voeg 7 (waar enkel door Nebest lekkagesporen zijn geconstateerd) niet. In fouten boom onderscheid maken tussen chemische krimp en verhardingskrimp en scheuren (Frank RWS)
3j. Instabiel: onvoldoende sterkte en stijfheid beton en wapening	25 kg/m3 staalvezels. Geen dwarswapening/-verbinding aanwezig maar enkel via verticaal ingeboorde stekken (aan zijde prefab plaat is iig geen horizontale verankering mogelijk, omdat plaat dit mogelijk niet op kan nemen). Aan de zijde van oplegtafel extra wapening met opgelaste plaatjes toegepast. Beton voegconstructie is ca. 30 cm. Hoog
3L. Niet volledig aangebracht	Betreft afdichting in de lengterichting van de voegovergang
3m. Verkeersbelasting wordt onvoldoende gespreid 4c. Stuiknaden randprofielen niet volledig doorgelast	Op de grens van de fasering zit een open naad van ca. 5mm (aan de voorzijde van het klauwprofiel), hier zou regenwater achter het voegrubber kunnen komen. Door de relatief kleine opening kan dit echter niet de hoofdoorzaak van de lekkage zijn, daar is het vochtaanbod aan onderzijde te groot voor.
3q. T.g.v. vervuiling/ tijdelijk asfalt is draagkracht asfalt onvoldoende	Hier is nog hardboard aanwezig dat na 'na injecteren' op den duur weer voor nieuwe speling/ ruimte zorgt ('rotten')
3r1. Dichtheid oud DAB is onvoldoende (porositeit)	Het oude asfalt is grotendeels blijven zitten tijdens het rippen (Jan Huygen)
3u. Open naden bij aansluiting (bijv. prefab plaat)	Prefab platen zijn stabiel: zitten goed vast
3x. HWA capaciteit is onvoldoende (ontwerp) 4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie	Afvoercapaciteit HWA is 'beschouwd' en niet 'getoetst': goten hebben onvoldoende bergingscapaciteit. Bas: water blijft lang in de constructie zitten. Bas en Gunther: water lijkt soms pas enkele dagen later uit constructie te komen (lekkage). Plassen blijven staan op wegdek
3y. HWA wordt belemmerd (vuil/ asfalt) 4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie	Zichtbare HWA 'gaten' zijn opgeboord om 'vervuiling' door asfalt te verwijderen. Geen HWA bij alle oplegtafels aanwezig
3aa. Water komt van onder de voegconstructie	(t.p.v. steunpunt voeg 13-14 zit een oude leiding ('pijpje') Lekkage via kabelkokers? Kleine kans want kabelkoker was het intredepunt van de videoinspectie en hier is niets bijzonders aangetroffen.

Opmerkingen aanvullend op foutenboom v1.0

- Schampkanten betrekken bij potentiële lekweg, met name bij aansluitingen op voegovergangen. Combiflexband is alleen aanwezig aan de hoge zijde (t.p.v. geluidscherm) en deze sluit niet waterdicht aan op het voegrubber. Omdat het de hoge zijde van het dek betreft is het onwaarschijnlijk dat hier water onder de combiflexband, over het opstaande voegrubber loopt.
- T.p.v. de schampkant in de middenberm en aan de lage zijde is het voegprofiel later doorgezet in de schamkant (Gunther). Betreft hoekprofiel en zwelkit (Ron).
- Geluidschermen toevoegen als initiator van lekkage.
- De middenberm is na de aanleg een stukje opgeschoven. Wat is er met de HWA doorvoeren in de middenberm gebeurt?
- Diverse aanpassingen aan de brug van voor 2012 zijn niet (volledig) gedocumenteerd. Mogelijk is er sprake van oude onbekende fouten en zijn de huidige lekkages het gevolg van een oud probleem.

Top 10 van oorzaken met grote kans als (mede) oorzaak voor de lekkage
De onderstaande top 10 is gebaseerd op de ‘stem ronde’ aan het einde van de brainstorm.

	1. Faalwijze (primair)	2. Faalwijze (secundair)	3. Hoofdgroep (oorzaak) en evt. subgroep
1	1a. Voegconstructie faalt	2q. Aansluiting goot-dek faalt	
2	1c. HWA constructie faalt	2r. Ontwerp/beheer faalt	3x. HWA capaciteit is onvoldoende (ontwerp) 4f. Te grote vochtbelasting op (voeg) constructie
3	1c. HWA constructie faalt	2p. Gootconstructie is niet waterdicht	
4	1c. HWA constructie faalt	2j. Verharding is instabiel	3q. T.g.v. vervuiling/ tijdelijk asfalt is draagkracht asfalt onvoldoende
5	1b. Dek lekt	2m. Beton <2012 is niet waterdicht	3u. Open naden bij aansluiting (bijv. prefab plaat)
6	1b. Dek lekt/ 1c. HWA constructie faalt	2g. Staalvezelbeton faalt	3i. Open naden t.g.v. krimp en/of scheuren
7	1a. Voegconstructie faalt	2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt/ 2g. Staalvezelbeton faalt	3h2. Uitvoeringsfout
8	1a. Voegconstructie faalt	2k. Waterdichtheid verharding faalt	3r1. Dichtheid oud DAB is onvoldoende (porositeit)
9	1b. Dek lekt	2f. Aansluiting randprofiel op staalvezelbeton faalt/ 2g. Staalvezelbeton faalt	3h1. Ontwerpfout 4b. Staalvezelbeton onvoldoende verdicht (poreus)
10	1a. Voegconstructie faalt	2k. Waterdichtheid verharding faalt	3r2. Dichtheid nieuw DAB is onvoldoende (porositeit)

6 Verslagen van de 3 interviews

Notulen

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aanwezig:	VOC: Max Moerke, Biem Troost RHDHV: Rob Vergoossen, Bouke Baars
Afwezig:	VOC: Frank Groot
Van:	Bouke Baars
Datum:	28 november 2017
Locatie:	Kantoor RWS te Haarlem
Kopie:	VOC: Gunther Stepprath, RHDHV: Carlos Genders
Ons kenmerk:	T&PZFGAM001F1.1
Classificatie:	Alleen voor intern gebruik
Bijlagen:	-

Onderwerp: **Brug Neckerstraat: Interview 1 met VOC (aangepaste versie, zie aanpassingen in blauw)**

Nummer Details

1 **Algemeen**

- Biem is binnen het project betrokken in naam van VOC (en niet van Aveco)
- Biem is betrokken vanaf zomer 2012
- Het interview heeft gezamenlijk met Max en Biem plaatsgevonden, niet individueel.
- Biem was ontwerpleider en heeft zich ook bezig gehouden met eisen in Relatics.
- Voor start uitvoering in 2012 was het voegontwerp al bekend. Johan Beum (Van Kessel STEP, onderaannemer VOC) heeft hier samen met Biem aan gewerkt. (Johan evt. betrekken bij interview 2: **actie RHDHV**).
- Gor Luijkx is eveneens veel betrokken geweest bij de werkzaamheden op locatie: betrekken bij interview 2: **actie RHDHV**.
- Biem: Ontwerp en realisatie stonden onder hoge druk. Voor start werk waren de 4 timeslots (plus 2 reserve) al bekend. VOC was bezig in 2012 bezig met het ontwerp aan ca 150 kunstwerken (ca. 100 in Noord-Holland Noord en 50 in Zeeland). In 2012 is daarvan maar een klein deel in uitvoering gegaan
- Biem/ Max: tussen start neerslag en het ontstaan van lekkagesporen zit een vertraging. Mogelijk wordt regenwater gebufferd in het object.
- Indien nodig neemt RHDHV nog contact op voor (aanvullende) boorkerngegevens asfalt (**actie RHDHV**).
- Biem: Verschil tussen voegen landhoofden en voegen 2 t/m 17: voegspleet versprong niet bij landhoofden (in verticale richting). Er was wel veel vochtbelasting op de voegen van de landhoofden.
- Max: Binnen het contract zijn de verschillende scoperegels beschouwd en er is gekeken naar de onderlinge raakvlakken. Er heeft vermoedelijk geen integrale beschouwing van het gehele kunstwerk plaatsgevonden ten aanzien van het onderhoud.
- De geest van het contract heeft geresulteerd in de uitvoering van verschillende afgebakende delen werk. Het object (en de raak vlakken tussen verschillende werkzaamheden) zijn niet integraal beschouwd.
- Biem: Achter de kabelkoker onder het geluidscherm op de hoge zijde blijft veel vuil zitten.
- Sander van Domselaar was realisatiemanager VOC 2014-2016. Hij heeft zijn kennis

Nummer	Details
	overgedragen aan Gunther Stepprath.
2	**Ontwerpfase** • Max: Initieel was het idee om direct met het asfalt de voegovergangen te vervangen in 2012. Na het verwijderen van de oude voegen was toen al wel het plan alles dicht te zetten met asfalt en voor montage van de voegen weer open te zagen (om niveau bovenzijde sinusplaten optimaal op asfalt af te stemmen). • 2011 programmeringsinspectie Movares. Daarna contractopname door Nebest (levert Biem tijdens interview digitaal aan). • In de ontwerpfase is in eerste instantie het ontwerp gemaakt door Smits Neuchatel. Het ontwerp is voor aanbieding van het werkpakket gewijzigd in een voeg van Rowij. • Max: scopeanalyse (doc. 1830 RHDHV) en onderhoudsmaatregelen zijn onder grote tijdsdruk uitgevoerd.

3	**Uitvoeringsfase**
	• Biem: Bij de overige objecten zijn wel direct de voegen vervangen. Bij object Neckerstraat niet i.v.m. de prefab plaat. Deze was vanuit de ontwerpfase onbekend en kwam pas gedurende de sloop van de bestaande voegen in beeld: er werd 'alarm' geslagen.
	• Biem: ankers van oorspronkelijke voegen zaten prefab ingestort in de prefab platen, omdat de platen 'zo zacht waren als peperkoek'. Dit was ook één van de redenen om de nieuwe voegen niet in de prefab plaat te verankeren, naast de holle ruimten onder de plaat (zichtbaar aan de rand).
	• Biem: Voor het asfalt op kunstwerken waren er twee mogelijkheden:
	  • Maartregel 1: Verwijderen, aanbrengen asfalt verharding op kunstwerk incl. benodigde betonreparatie op dek. Dit is inclusief de goten.
	  • Maatregel 7, 8 of 9: GO Verwijderen en aanbrengen asfalt verharding. Het betreft hier alleen de deklaag. In deze post zitten geen raakvlakken met het kunstwerk, deze separaat aanbieden.
	Maatregel 1 was in ontwerpfase gepland uit te voeren, zie ook doc. *Werkplan 19G-102-01 Neckerstraat V 3.0* (tijdens interview digitaal aangeleverd door Biem). Bij reactie op het verslag is tevens een overzicht van de betaalposten aangeleverd door Biem.
	• Max: Omdat de oorspronkelijke waterdichte asfaltlaag te vast zat op het dek is deze slechts deels geript (check afwijking bij Frank Groot: **actie RHDHV.** Max heeft hier enkel een concept memo van Frank Groot van). Zie ook risico 89: 'generiek rippen lukt niet'. Max ontvangt tijdens het interview een bericht van Frank Groot: totaal is voor het gehele object ca. 5x30m geript. De oorspronkelijke DAB laag is vervolgens afgeklopt. T.p.v. betonschades in bovenzijde rijdek is selectief geript (hoeveelheid betonschades en selectief 'ripwerk' is niet besproken). Het overige deel (oude DAB) is gefreesd: er is bijna geen nieuw DAB toegepast. De HWA gietgoten zijn deels gesloopt, deels gehandhaafd.
	• Max: Het voegtype is vaker succesvol toegepast. Biem: Hierbij is wel altijd een andere, krimparme, betonmortel toegepast en is deze met de hand aangebracht.
	• Biem: Onder de voegconstructie is de stelmortel van de prefab plaat nog deels aanwezig. Deze had weg gezaagd moeten worden tot op het constructieve beton. Biem heeft hier foto's van gezien en Gunther Stepprath heeft dit eveneens aan Biem

Nummer	Details
	bevestigd. De hoeveelheid van de achter gebleven mortel is onbekend bij Biem.
4	**Herstelfase (na groot onderhoud)** • Biem: Geen lekkagesporen tussen liggers zichtbaar, maar enkel onder voegen. • Max: Onderzoek Westenberg: stuk uit gietasfalt goot gehakt (lage kant middenberm) en hier indicatorvloeistof ingegoten. Vloeistof loopt weg naar onderzijde voegen/ vrijwel direct zichtbaar onder kunstwerk. Kernen voor het onderzoek zijn geboord (2 á 3 stk) aan de veldzijde van de voegovergangen, tot in de tijdelijke strook asfalt met hardboard plaat. Geboorde kern voldeden aan de waterdoorlatendheid norm (vermoedelijk max. 4% waterdoorlatendheid). • Max en Biem kunnen zich niet herinneren of er HWA doorvoeren zichtbaar waren t.p.v. de middenberm. Aan onderzijde kunstwerk zitten hier wel HWA-buizen. • HWA doorvoeren zitten (i.i.g. aan de lage zijde) buiten de goot (generiek?): net in de asfalt deklaag, zie foto… • Middenberm: 'stalen doosje' over de uiteinden van de voegen is tijdelijk. Dit had tot doel de opening tussen opstaande voeg van HRL en HRR af te schermen voor vocht van boven. Er kon wel water onderdoor lopen. Doosjes zijn later weer verwijderd en voegrubbers van HRL en HRR zijn later d.m.v. vulkaniseren met elkaar verbonden om een waterdichte afsluiting te creëren. • Check afwijking 027 (**actie RHDHV**). • Max: ZOAB deklaag boven het gehandhaafde tijdelijke asfalt vertoonde tijdens herstelwerkzaamheden geen scheurvorming en/of verzakking. • Bouke: waarmee is tijdelijk asfalt geïnjecteerd? Met een blijvend flexibel middel? Vragen aan Gunther: **actie RHDHV**. • Max: Tijdens de herstel acties zijn alle pasplaten verwijdert en weer terug gebracht (overige sinusplaten zijn blijven zitten). Hierbij is de bitumen naad (Carifalt) tussen DAB en de voegconstructie niet gecontroleerd. • Max: In de tijd dat Max realisatiemanager was zijn de voegen altijd lek geweest. Dit is later hersteld, waarbij de primaire focus op de voegen heeft gelegen als bron van de lekkage. Na herstelmaatregel met injecteren was het tijdelijk beter, maar op termijn kwam was er weer sprake van lekkage.

Notulen

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aanwezig:	RWS: Derk Nellestein, Ko Karstens RHDHV: Rob Vergoossen, Bouke Baars
Afwezig:	RWS: Frank van Beek
Van:	Bouke Baars
Datum:	28 november 2017
Locatie:	Kantoor RWS te Haarlem
Kopie:	VOC: Gunther Stepprath, RHDHV: Carlos Genders
Ons kenmerk:	T&PZFGAM002F1.0
Classificatie:	Alleen voor intern gebruik
Bijlagen:	-

Onderwerp: **Brug Neckerstraat: Interview 1 met RWS**

Nummer Details

1 **Algemeen**

- De middenberm lijkt in de tijd niet te zijn verplaatst, zie tekening 46517.
- In ’76 is het object geopend met 2x2 rijstroken. De bouw is vertraagd door deels instorten van de brug.
- Derk gaat nog na of er tekeningen zijn van afdichtingen van voegovergangen t.p.v. schampkanten (**actie Derk**). De voegovergangen lijken voorheen niet te zijn doorgezet in de schampkanten.
- Derk: Water loopt ‘door’ de laag ZOAB en komt waarschijnlijk via de strook tijdelijk asfalt onder de nieuwe voegconstructie uit.
- Derk: Mocht het tijdelijke asfalt niet stabiel zijn, dan is dit niet zichtbaar, omdat er ZOAB overheen zit.
- Ko: Het contract bestond uit verschillende ‘potjes’ onder de hoofdgroepen ‘vervangen’ en ‘functioneel herstel’: o.a. vervangen asfalt, flexibele voeg en harde voeg.
- Derk: Het tijdelijke asfalt werkt als een goot in dwarsrichting. Water loopt hierdoor naar de lage kant en komt naar buiten waar dat het makkelijkste gaat. Hierdoor is de aansluiting van fase 1 op 2 een kwetsbaar punt.

2 **Ontwerpfase**

- Derk: In principe is de voegconstructie, ook met een hoogte van 30cm., stijf genoeg: deze wordt ‘zonder beton’ uitgerekend.
- Derk: Het is RWS onbekend waarom is gekozen voor stalen voegen in de tafels. De levensduur eis voor bitumineuze voegen was 7 jaaren de voegbewegingen zijn dusdanig dat bitumineuze voegen mogelijk zijn. Voor stalen voegen geldt een levensduureis van 25 jaar.
- Ko: In de tenderfase is ingeschreven met voegen van Smits Neuchatel. Dit was een gevalideerd ontwerp. Bij de tafels was reeds een risico voorzien i.r.t. hakken (in ontwerp Smits Neuchatel. Derk stuurt versie 1.0 en 2.0 van dit ontwerp nog toe: **actie Derk**.) Derk: VOC had dus mogelijk wel kunnen weten dat er prefab platen in de tafels aanwezig waren. Mogelijk betreft het hier een communicatiefout tussen tender- en uitvoeringsfase.
- Rowij is pas na gunning betrokken bij het groot onderhoud.

Nummer	Details
	• Ko: De toegepaste voeg van Rowij is na inbouw met terugwerkende kracht door RWS goedgekeurd. Derk: De harde voeg van Rowij was qua life cycle costs duurder dan een flexibele voeg, maar is ook onderhoudsarmer.
3	**Uitvoeringsfase**
	• Derk: Ter plaatse van de landhoofden is de oude voeg niet volledig verwijderd. • Derk: Op de faseringsgrens is veel vuil in de voegspleten aanwezig. • Derk: De plaatankers (ter verlenging van de stekken aan de tafel zijde) zijn op verzoek van RWS toegepast omdat er anders ‘bij vervanging na 25 jaar te veel gesloopt moest worden. • Onder de wapening (in langsrichting van de voegen) is veel rommel/ grote stukken los puin aanwezig. Deze stukken zijn te groot om na het aanbrengen van de stalen randprofielen met wapening nog te kunnen verwijderen en blijven dus in het beton van de voegconstructie zitten. Zie foto 0742. • Ko: RWS gaat er vanuit dat de gietasfalt goten bij de schampkanten aan de buitenzijde en aan weerszijden van de schampstrook in de middenberm volledig zijn vervangen. Dit behoorde tot de scope van de opdracht. • Derk: Tijdens de stort van de staalvezelbeton voor de voegen was het erg warm. • Ko: In 2012 zijn wel voeg 1 en 18 bij de landhoofden aangebracht. • Ko: In 2013 waren er per rijrichting 4 weekenden beschikbaar voor het inbouwen van de voegen.
4	**Herstelfase (na groot onderhoud)**
	• Derk: Water komt onder de voegconstructie terecht en loopt vervolgens over de bovenzijde van de oplegnok (in dwarsrichting) naar het punt waar het niet verder kan. Bijvoorbeeld bij een opeenhoping van vuil in de voegspleet. Daar ontstaat een plas en loopt het vervolgens over de rand van de oplegnok naar beneden en wordt het zichtbaar. Hierdoor zegt de locatie van de lekkagesporen aan de onderzijde van het dek niet direct iets over locatie van de lekkage. • Derk: Uit de video inspectie blijkt dat de combiflex band (hoge zijde) waterdicht is. • De spleet tussen de stalen randprofielen van fase 1 en 2 is kwetsbaar. • Afwijkingen beton voeg t.o.v. normaal: betonhoogte van de voegconstructie is relatief hoog (ca. 30 cm.) en het beton is ‘minder gemodificeerd’ (niet krimparm). Doch alles is na-geïnjecteerd, dus dan zouden de betonnen delen (en aansluiting op de stalen randprofielen) waterdicht moeten zijn.

Notulen

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aanwezig:	VOC: Gunther Stepprath, Jan Huygen, Gor Luijkx Rowij: Ron van Wijnen RHDHV: Rob Vergoossen, Bouke Baars
Afwezig:	-
Van:	Bouke Baars
Datum:	5 december 2017
Locatie:	Kantoor Gebr. van Kessel te Buren
Kopie:	RHDHV: Carlos Genders
Ons kenmerk:	T&PZFGAM001F1.1
Classificatie:	Alleen voor intern gebruik
Bijlagen:	-

Onderwerp: **Brug Neckerstraat: Interview 2 met VOC (aangepaste versie, zie aanpassingen in blauw)**

Nummer Details

1 **Algemeen**

- Allen zijn gedurende het gehele interview gezamenlijk aanwezig, er is geen behoefte aan 1:1 overleg met Ron.
- Eventueel aanvullende vragen per email aan Gunther richten.
- Indien nodig zal RHDHV Frank van Doorn (RWS) nog telefonisch betrekken (**actie RHDHV**). Frank was niet betrokken bij het interview met RWS dat reeds heeft plaatsgevonden.
- Gunther: In de middenberm zijn HWA afvoeren aanwezig t.p.v. de tafels.
- Ron/ Jan: de HWA doorvoeren zitten regelmatig volledig dicht met vuil. Er is ook veel vuilophoping in de voegrubbers (vooral t.p.v. aansluiting op goten). Dit is het gevolg van onvoldoende onderhoud. Daarnaast voldoet het afschot m.b.t. HWA vermoedelijk ook niet.
- Ron: Vervuiling van voegrubbers heeft geen effect op de waterdichtheid bij Neckerstraat (dit gebeurd enkel als water in het vuil opvriest en bereden wordt). Volgens het door Rowij geleverde onderhoudsplan dienen de voegen 2x per jaar gereinigd te worden: vóór en na de winter. In de praktijk gebeurt dit nooit.
- (Gunter/) Ron: Bij neerslag duurt 1,5 á 2 uur voor lekkagesporen zich aan de onderzijde aftekenen. Het ‘na lekken’ kan dagenlang aanhouden. Dit is o.a. afhankelijk van de wind. De meeste lekkagesporen zijn zichtbaar t.p.v. de middenberm.
- Bouke: in de Excel met opname lekkagesporen (doc. 497 informatiebestand) lijkt het alsof HRL en HRR zijn omgedraaid, omdat de lekkagesporen aan de hoge zijde van de middenberm zichtbaar zijn. Gunther: Dit is geen fout, tijdens opnames is goed gelet op de juiste richting.
- Gunther: Voeg 4 lekt ‘altijd’. Aan deze voeg zijn alle denkbare herstelmaatregelen door VOC uitgevoerd. Bij sommige locaties zijn lekkagesporen altijd aanwezig. Op andere locaties soms wel, soms niet.
- Jan: Tegen de middenberm en schampkant lage zijde staan soms plassen tot 1,5m breed. Regenwater loopt aan de lage zijde niet over de schampkant heen. Regenwater loopt langs de lage zijde af, in langs richting van het object, naar de bermen achter de

Nummer	Details

landhoofden. Deze zijn vaak drassig.

- Gunther: Er is ook sprake van lekkagesporen onder de voegen aan de hoge zijde, zelfs bij voegen waar de combiflex band voor de zekerheid opnieuw is aangebracht.
- Gor: Het geluidscherm op de hoge zijde vangt veel water, dat vervolgens op de schampkant terecht komt.
- Gunther: was tot twee weken geleden nog niet bekend met het grotendeels ontbreken van een nieuwe dichte asfaltlaag (zie ook punt 3).

2 Ontwerpfase

- Jan: Er moest snel gestart worden met de uitvoering. Vanwege een kort geding was de opdracht uitgesteld tot mei 2012 en er stonden voor dat jaar reeds twee time slots gepland. RWS heeft nadrukkelijk aangegeven dat deze slots benut dienden te worden. Ook zodat er in 2012 reeds een deel betaald kon worden.
- Jan: In het contract was aanvankelijk maar 50m harde voeg en 50m flexibele voeg opgenomen.
- Ron/Gor: Grens fase 1 en 2 wordt normaal niet onder een rijspoor gepositioneerd. Dit is nu wel gedaan i.v.m. de verkeersfasering en met de maximale sinusplaatlengte.
- Ron is ca. 6 weken voor start uitvoering betrokken (is dit juist? **Actie Ron**)
- Jan: Vanuit het contract moest er 10 jaar garantie gegeven worden op een bitumineuze voeg. Omdat dit niet haalbaar was viel dit voegtype af.

3 Uitvoeringsfase

- Het voegtype bij brug Neckerstraat is bij andere objecten binnen contracten Noord Brabant en Utrecht succesvol toegepast. De belangrijkste verschillen met de voegovergang 2 t/m 17 bij Neckerstraat zijn:
  - Andere betonmortel i.v.m. grote hoeveelheid m1 en m3 (van betoncentrale): geen zwelmiddel om krimp te compenseren
  - Betonmortel is in verschillende gangen met een pomp aangebracht, de laatste gang met de hand (hierdoor was de verwerkbaarheid niet bij te stellen, wat normaal wel kan door meer of minder water toe te voegen)
  - Aanwezigheid prefab plaat, waardoor beton met een grotere dikte (ca. 30 cm.) en haken zijn toegepast
  - Verspringende voegspleet
  - Grens fasering onder rijspoor
  - Tijdelijk asfalt niet volledig verwijderd door verschuiving as voeg.

- De meetresultaten van de gewogen rijpheid bij het beton in de voegconstructie week niet af van normaal
- Gor: in voegconstructie meer stekken en haken toegepast i.v.m. de grotere hoogte.
- Ron: het toepassen van haken, naast de normale stekken, is een nieuw concept dat voor het eerst bij brug Neckerstraat is toegepast. De ‘losse’ haken zijn toegepast, zodat de voegconstructie na einde levensduur van 25 jaar makkelijker te verwijderen is en schade aan de tafels beperkt blijft.
- Ron: de twee staven in langs richting van de voegconstructie lopen t.p.v. de fasering ca. 10 tot 12 cm door en zijn doorgelast. Op de twee locaties van de calamiteiten zijn dezelassen gebroken.

Nummer Details

- Ron: T.p.v. 2 calamiteiten is mogelijk sprake geweest van een ‘klapperende’ sinusplaat. Door het klapperen ontstaat steeds meer ruimte en vergruisd het beton lokaal. De pasplaten t.p.v. de fasering zitten maar met 6 bouten vast, waardoor het lastiger is deze platen vlak aan te brengen en er een grotere kans is op klapperen.
- Gunther: Tijdens herstel acties zijn alle pasplaten met hechtlassen aan elkaar (en de naastgelegen sinusplaten?) doorverbonden. Tijdens herstelacties en inspecties nadien zijn geen schades aan deze hechtlassen waargenomen.
- Gunter: In middenberm komen beide voegen 10-15 cm. omhoog. In de ‘natte hoek’ zijn geen lassen in het voegrubber aanwezig. Doordat het niveau van de HWA goot hoger ligt dan de voeg op deze plek (voeg loopt omlaag t.p.v. HWA goot), blijft hier ca. 2cm. water staan.
- Gor: De gietasfalt goten zijn enkel vervangen t.p.v. geript asfalt. Bij het rippen is doorgaans begonnen in de hoek voegovergang-goot, omdat hier makkelijk een begin te maken was. Aan de hoge zijde is maximaal 25-50m goot vervangen. Er is tegelijk met ca. 7 machines gewerkt, dus op 7 locaties.
- Gunther: Bij alle aansluitingen HWA goot middenberm op voegovergangen (HRL en HRR) is de HWA goot lokaal hersteld (eind 2016): 10-15 cm. uithakken, vullen met warme steenslag en afgieten met bitumen. Ron: Dit was o.a. nodig, omdat deze hoeken lastig te zagen waren voor het aanbrengen van de nieuwe voegen. Aan de lage zijde heeft geen herstel t.p.v. aansluiting goot-voeg plaatsgevonden, omdat lekkagesporen hier beperkt waren en/of niet structureel aanwezig.
- Ron: Voeg 2 t/m 17 zijn allemaal op dezelfde wijze uitgevoerd.
- Ron: Sinusplaten zijn bewust 3mm onder bovenzijde asfalt aangebracht om horizontale verkeersbelasting op de voegconstructie te voorkomen. Dit treedt later alsnog op, o.a. door spoorvorming.
- Gunther: Van het dek tussen voeg 16 en 17 is ca. de helft geript.
- Gor: Per overspanning zijn er hoekjes van ca. 10 m2 geript. Fase 1: totaal 100-200m2. Fase 2: maar bij één overspanning.
- Gunther en Gor: tijdens het asfaltteren (DAB) was het erg slecht weer (veel regen). Er is enkel nieuw DAB aangebracht op de oppervlakken die geript zijn. Op de overige delen, waar bestaand DAB is gehandhaafd, is het DAB enkel op niveau gefreesd. Direct hierop is de ZOAB deklaag aangebracht. Onder het ZOAB is dus een soort ‘lappendeken’ van stukjes nieuw DAB en afgefreesd oud DAB aanwezig.
- Gor: Richting Amsterdam (HRL) ca. 3 cm afgefreesd en afgeklopt (betonschades). Tijdens het interview is het niet zeker hoeveel asfalt er op het dek aanwezig was, vermoedelijk 10-12 cm. (Ron: dit klinkt logisch: bij een kleinere laagdikte zou het gekozen voegtype niet mogelijk zijn.) Het groot onderhoud had ook als doel dat het asfalt zou ‘zakken’: gewichtsbesparing. Er is 3 cm. ZOAB terug gebracht als deklaag.
- Rob: 10 cm. minus 3 cm. frezen is 7cm. dichte laag. Dit is theoretisch voldoende voor een waterdichte afsluiting (los van eventuele naden bij aansluiting oud-nieuw DAB). RHDHV gaat na of dit te onderbouwen is met boorkernen (laagdikten en porositeit, **actie RHDHV**).
- Ron: De gietgoten zijn op circa 50 m¹ na blijven zitten. Deze zitten op het niveau bovenkant oude DAB. De DAB is vervangen door ZOAB, maar de goothoogte is gebleven. Oftewel het water staat vol in de ZOAB, en bereikt de goot pas bij overstromen van het ZOAB asfalt. Tevens bevindt de inlaat van de HWA zich op het

Nummer	Details
	niveau bovenkant goot, terwijl dit natuurlijk onderkant ZOAB hoort te zijn, in plaats van bovenkant ZOAB, oftewel de ZOAB is volledig verzadigd alvorens de HWA's gaan functioneren. • RWS heeft bij de uitvraag/ opdracht geen informatie over aanwezige laagdikten van de verharding aangeleverd. Dit heeft VOC d.m.v. asfaltboringen zelf uitgezocht. • Jan: bij asfalteren is een gemodificeerde kleeflaag toegepast. voor zover bekend is geen waterdichte laag aangebracht. Eventuele vragen over asfalt stellen aan Frank Groot (**actie RHDHV**). • Gor: Het is onbekend of er tijdens het asfalteren sprake was van opmerkelijke zaken (los van het slechte weer). Evt. nagaan bij Frank Groot (**actie RHDHV**). • Ron: Het tempex in de voegspleten is na uitharding van het beton verwijderd door dit op te lossen met vernevelde 'euro loodvrij' en de restanten weg te gloeien. • Carifalt voeg tussen ZOAB en sinusplaat: b is ca. 2 cm. h is vermoedelijk 10-12 cm. Toegepaste zaagdiepte was aan de veilige kant. Ron/ Gunther: 100% waterdichtheid is hier niet te garanderen. • Gunther: in de betonnen vulling van de stalen randprofielen van de voeg zijn geen scheuren aangetroffen. Wel open naadjes bij aansluiting op staal. Het beton is na-geïnjecteerd en afgesmeerd met epoxy. T.p.v. 1 voeg is injectievloeistof uitgetreden bij voegrubber. Na verharding heeft dit het voegrubber uit de klauw gewipt. Dit is hersteld en met de hand gecontroleerd (voelen of injectievloeistof aanwezig is). • Gunther: Voeg 18 (landhoofd) was lek door een onderbroken voegrubber dat niet gevulkaniseerd was. Dit is duurzaam hersteld en nu is de voeg dicht. Bij voeg 1 geen lekkage bekend.
4	**Herstelfase (na groot onderhoud)** • De aansluiting tussen het oude en/of nieuwe DAB op de voegconstructie is niet zichtbaar. Enkel het bovenliggende ZOAB met de 'Carifalt' voeg, die aansluit op de sinusplaten. • Gunther/ Gor: het tijdelijke asfalt is met een 'star' middel geïnjecteerd (epoxy '4170'), dat geschikt is voor een natte ondergrond. De vullingsgraad is vermoedelijk gecontroleerd m.b.v. 'contact vlakken': injectievloeistof komt bij een volgend boorgat naar buiten. De injectiedruk of hoeveelheid vloeistof per injectiegat is niet bijgehouden. • Ron: Pasplaten die zijn losgekomen bij calamiteiten (2x): bouten breken deels af en trillen deels uit de pasplaten (komen naar boven door trilling). Op de 1^{e} losgekomen pasplaat is schade aanwezig die wijst op een 'aanrijding'. Tijdens de 'natrek actie', waarbij alle bouten van de sinusplaten zijn na getrokken met een momentsleutel, bleek het aandraaimoment maar bij enkele bouten niet te voldoen (niet bijzonder bij dergelijke voegconstructies).

7 Presentatie oorzaken aan VOC en RWS

Problematiek lekkage brug Neckerstraat

Presentatie oorzaken aan VOC en RWS

Bouke Baars

20 december 2017

Internal use only

Doel en agenda

Doel:

- Rijkswaterstaat, VOC en Royal HaskoningDHV op één lijn over de meest waarschijnlijke (combinatie van) schadeoorzaken en deze vaststellen.

Agenda:

- Tijdlijn voor en vanaf tenderfase
- Analyse per onderdeel
- Toelichting meest logische lekwegen en oorzaak
- Vragen/discussie

Tijdlijn voor Tenderfase

- ’73/’74 Aanleg object met 'Voegloze overgang' (STP 02-09) en Rijrooster (STP 01+10)
- 1985 Vervanging voegen door prefab platen
- 1985 Vervanging en aanbrengen voegen en asfalt
- 1989 Inspectie
- 1992 Inspectie
- 1998 Overleg RWS (Dienstkring+BWD) met Gemeente Purmerend over aanleg scherm
- 2001 Programmeringsinspectie
- 2002 Aanleg geluidsscherm (na juni 2001 en voor juni 2003). Scherm voldeed eerst rekentechnisch niet, maar is later toch toegepast (initiator lekkage?)
- 2006 Herberekening kunstwerk
- 2007 Overlaging kunstwerk
- 2010 Toestandsinspectie
- 2011 Programmeringsinspectie Movares

Tijdlijn vanaf Tenderfase

- 2011 Aanbestedingsperiode
- 2012 Vertraging opdracht door kort geding (januari – mei)
- 2012 Opdracht variabel onderhoud (mei)
- 2012 Contractopname Nebest (20 augustus)
- 2012 Vervangen asfalt
- 2013 Vervangen voegovergangen: fase 1 en 2
- 2014 Afdichten voegen t.p.v. schampkanten (d.m.v. combiflexband)
- 2014 Voegen doorzetten in middenberm (voeg HRR & HRL gekoppeld)
- 2014 Injecteren (tijdelijk) asfaltstrook t.p.v. lengte voegovergang brugdekken (voeg is ca. 15cm opgeschoven)
- 2014 Afgieten bitumen t.p.v. aansluiting asfalt - voegconstructie
- 2014 1e calamiteit, mechanische schade, zijnde sinusplaat van voegconstructie losgekomen. (oorzaak, vermoedelijk mechanisch)
- 2014 Openklappen sinusplaat t.h.v. faseringen HRL en HRR (nader onderzoek i.v.m. calamiteit)
- 2015 Schoonmaken voegflanken

Tijdlijn vanaf Tenderfase

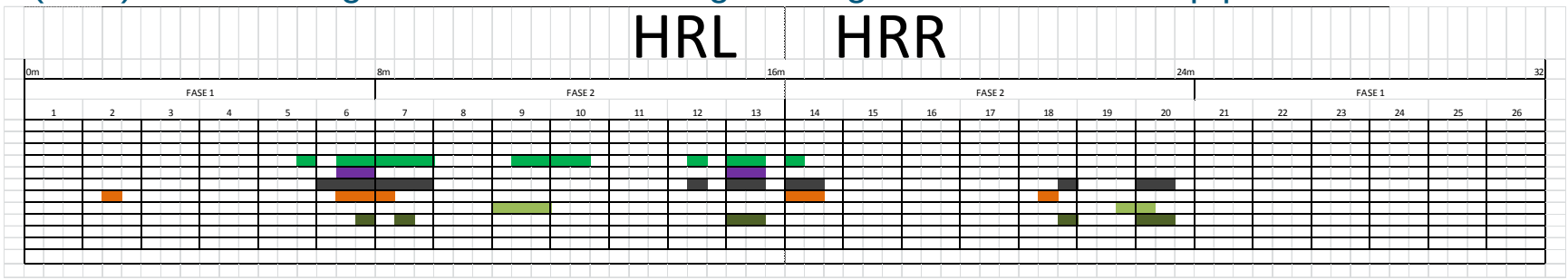
- 2015 2e calamiteit, mechanische schade, zijnde sinusplaat van voegconstructie losgekomen
- 2015 Weekend 13 & 14 onderzoek gedaan op voeg 4, 7, 11, 12, 13 & 14
- 2016 Video-inspectie bij voeg 2, 6, 7 & 12
- 2016 Diverse herstelmaatregelen gedurende het jaar
- 2016 Programmeringsinspectie Nebest
- 2016 Herstelwerkzaamheden
- 2016 Opname lekkage onderzijde voegen (diverse malen gedurende het jaar)
- 2016 Herstelwerkzaamheden: openklappen voegen + behandelen staalvezelbeton + aangieten 'stalen plaat' in middenberm
- 2016 Herstelwerkzaamheden: openklappen voegen + herstellen aansluiting middenberm-voeg-goot
- 2017 Opname lekkage onderzijde voegen (2x)

Analyse originele constructie

- Object is uniek, o.a. door de voegloze overgang (versprongen voeg)
- Uit inspectieresultaten blijken de voegen nagenoeg de gehele levensduur al lek te zijn
- …

Analyse: lekkagesporen

- Bij 12 van de 18 voegen nemen de lekkages niet af in de tijd (15-4-'16 tot 22-2-'17)
- De meeste en grootste lekkagesporen zitten benedenstrooms van de middenberm: 11 van de 27 lekplekken
- Lekkage naast de voegfasering is tussen HRL en HRR evenredig verdeeld: totaal 10 van de 27 lekplekken (geen verschil tussen HRL en HRR)
- Bij 4 voegen is er sprake van lekkagesporen benedenstrooms van de hoge schampkant (HRR)
- Bij 2 voegen is er sprake van lekkagesporen bovenstrooms van de lage schampkant (HRL): deze lekkage kan ook vanaf voegfasering komen en verderop pas uittreden



Royal HaskoningDHV

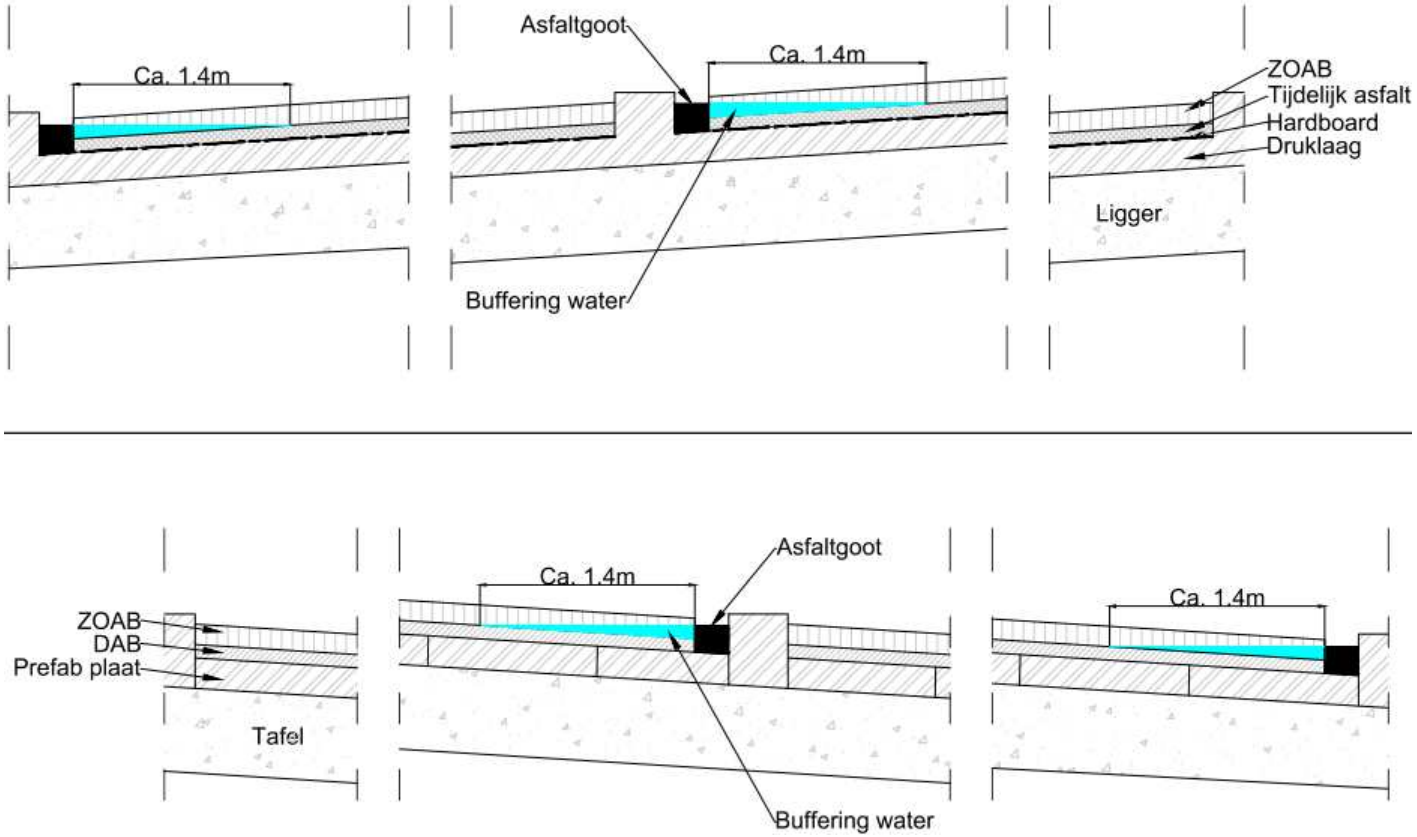
Analyse: asfaltverharding

- Geen duidelijk beeld van de aanwezige typen, laagdiktes en kwaliteit (boorkernonderzoek van 2012 en 2017 is te beperkt om dit af te leiden). Dit lijkt het meest logisch:
  - De meest logische waarde is dat er een DAB onderlaag (via een kleeflaag op het beton) ligt uit 1986 (waarschijnlijk) van een dikte van ca. 55-65 mm nabij de voeg
  - Vervolgens een tussenlaag (uit 2007?) van DAB met dikte van ca. 30-35 mm
  - Tot slot een toplaag ZOAB uit 2012 (door VOC aangebracht) van minimaal ca. 30 mm
  - Totaal ligt er bij de voeg dus een 120 mm tot ruim 140 mm dik asfaltpakket
  - De aansluitende schampkant is slechts 100 mm hoog
- Als er in 2007 echt overlaagd is, zou je verwachten dat ze toen ook de voegen hebben aangepast/verhoogd, anders is dat niet mogelijk
- Het bovenstaande resulteert in een minimale DAB asfaltdikte van ca. 65 mm en dat is meer dan de theoretische maat van 50 mm resp. 55 mm vanuit ontwerp 1973/1986

Analyse: asfaltverharding

- Grote diversiteit, o.a. in laagdiktes (in langs- en dwarsrichting, gevolg van uitvullen langs- en dwarsonvlakheid door prefab liggers?)
- HRR is deels geript, i.i.g. is er op 7 locaties mee begonnen t.p.v. voegen. Bij HRL is er bij 1 vak gepoogd te rippen. Het overige oppervlak is op niveau gefreesd: 3 cm eraf t.b.v. ZOAB (na poging tot rippen). Er is tijdens zeer slecht weer geasfalteerd, waardoor de naden tussen oud en nieuw asfalt vermoedelijk niet 100% waterdicht zijn uitgevoerd (voornamelijk bij HRR). Water in het ZOAB kan via deze naden zijn weg in langs- en dwarsrichting naar de voegen vinden (via naden prefab platen en tijdelijk asfalt)
- Van gietasfalt goten is totaal 50-100m vervangen, overige deel is gehandhaafd. T.g.v. frezen liggen de goten nu hoger dan onderzijde ZOAB. Hierdoor wordt er water gebufferd in het ZOAB, tegen de middenberm en lage zijde, over een breedte van ca. 1,4m. Mogelijk meer t.g.v. vervuiling van de goten

Analyse: asfaltverharding



Analyse asfaltverharding

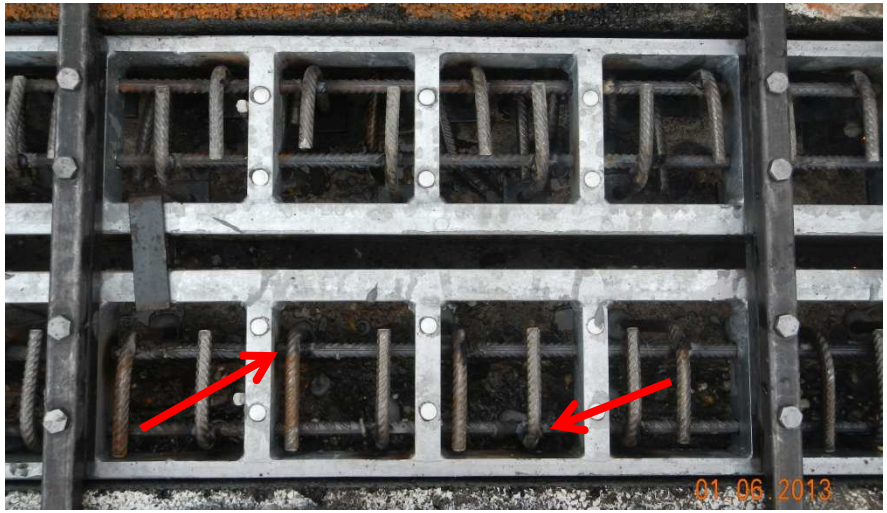
- Over de hele breedte is een strook tijdelijk asfalt met hardboard (2012) blijven zitten aan de veldzijde (gevolg van verspringen voeg)





Analyse voegconstructie

- De toegepaste voegconstructie wijkt af van het standaard detail (factsheet):
  - Stekken zijn berekend op een voeghoogte van 135mm, deze is nu ruim 300mm
  - Er zijn voor het eerst haken toegepast om de stekken aan de tafelzijde te verlengen
  - Deze haken zijn gefixeerd met hechtlassen, waardoor de langswapening in de voeg en de haken een factor 3 minder vermoeiing op kunnen nemen





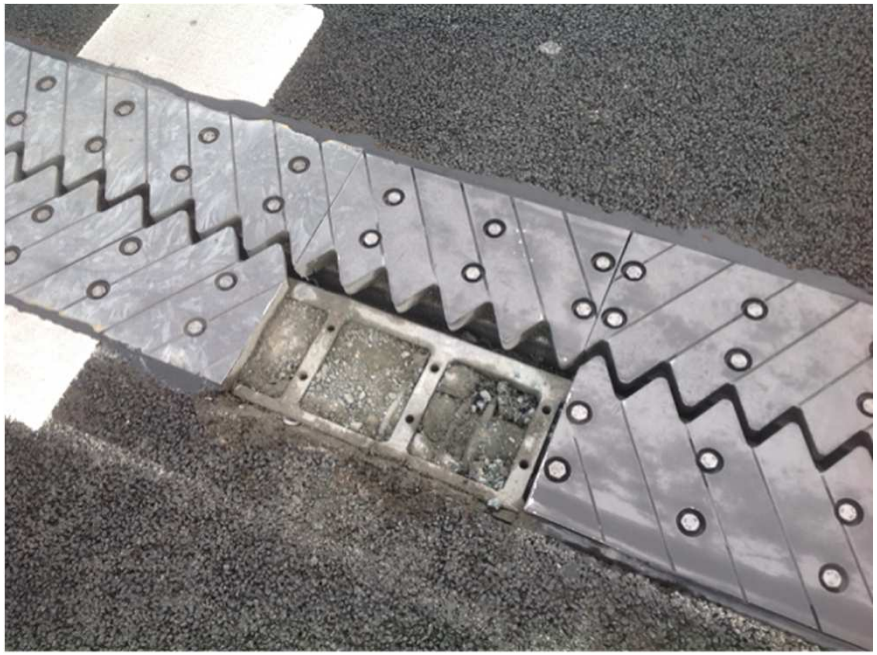
Analyse voegconstructie

- Aan bovenzijde zijn nagenoeg alle denkbare (herstel)maatregelen uitgevoerd
- Er zit een faseringslas in de voegbalken, direct onder het meest bereden rijspoor. Langswapening van de voeg loopt bij deze fasering niet door. Doorverbinding van de voeg vindt nu enkel plaats d.m.v. hechtlassen op de pasplaten

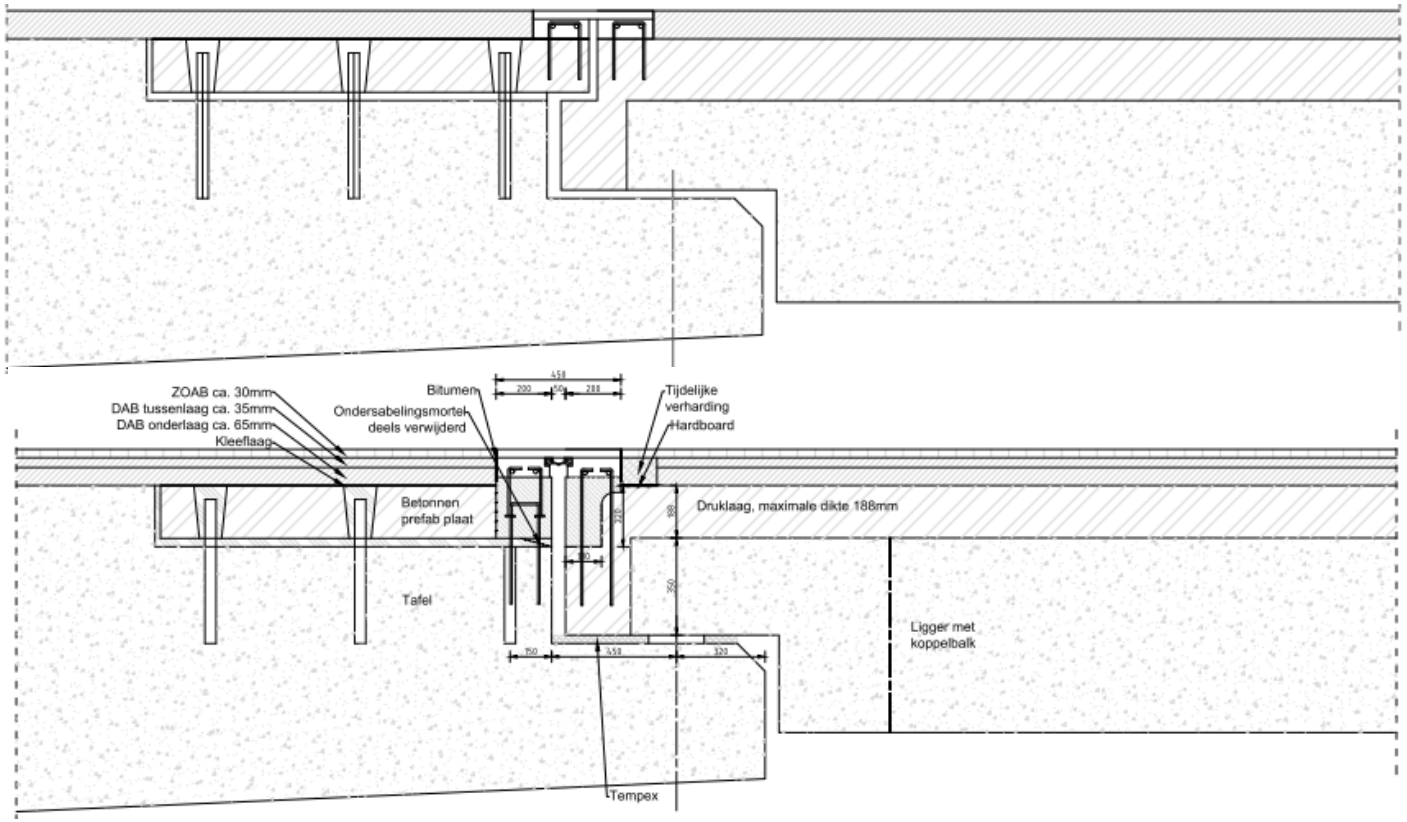


Analyse voegconstructie

- De pasplaten zijn op 2 locaties gaan klapperen en zijn losgekomen
- De pasplaten zijn relatief kort

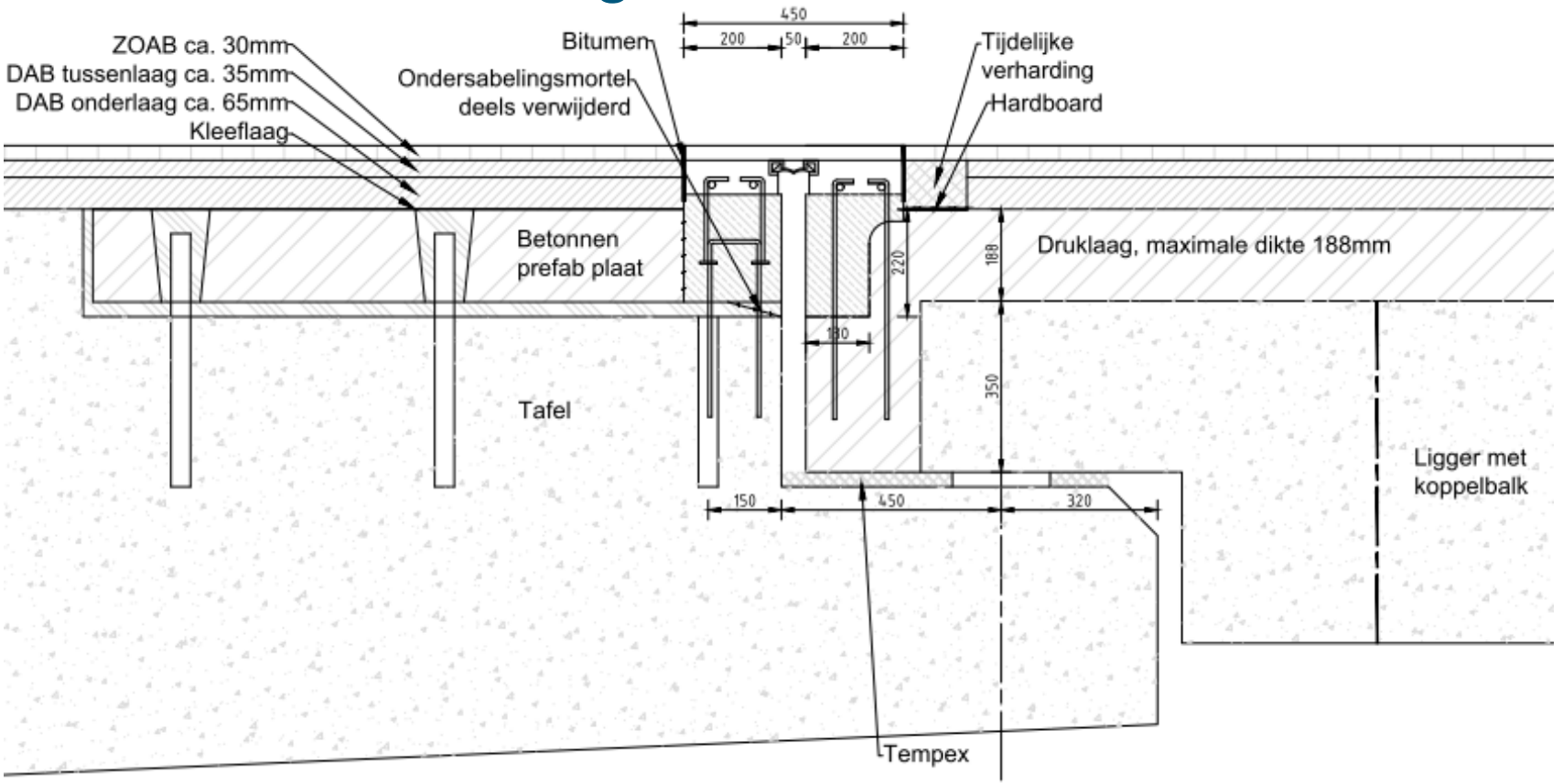


As built situatie voeg: 1985 en 2013 (asfaltdiktes ingeschat)



Royal HaskoningDHV

As built situatie voeg: 2013 (asfaltdiktes zijn onderbouwd ingeschat)

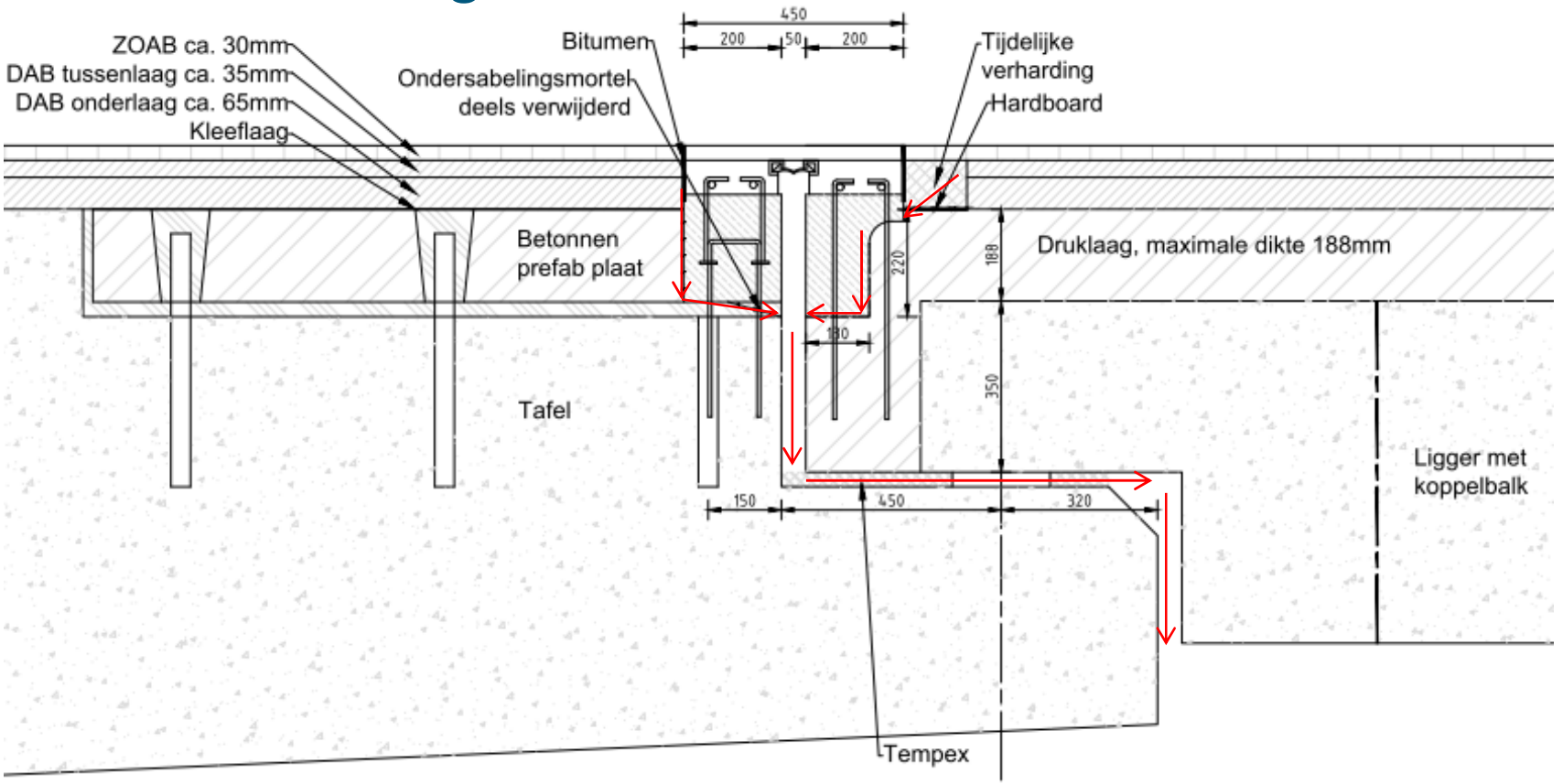


Royal HaskoningDHV

Primaire oorzaken (meest waarschijnlijke combinatie)

- Via verticale naden aan buitenzijden van betonnen voegconstructies
  - Door de grote hoogte van de voeg en de gladde zaagsnedes aan weerszijden van de voeg ontstaat er t.g.v. verkeersbelasting en vervorming vanuit de constructie een open naad over de gehele hoogte van de voegconstructie. Deze naad is aan de bovenzijde niet zichtbaar, omdat daar de bitumenafdichting zit. Het water loopt onderaan de zaagsnede, over de stortnaad en/of door de restanten van de stelmortel richting de voegspleet. Vervuiling en losse delen onderin de voegsparing zorgen voor een grotere waterdoorvoer op deze plek
  - Dit gaat met name op voor de zijde van de prefab plaat (tafelzijde). De voeg aan de veldzijde is door de kortere steklengte van de helft van de stekken iets stijver en daarnaast is de zaagsnede aan de asfaltzijde minder hoog. Aan deze zijde is echter wel een hoger vochtaanbod door de aansluiting op het tijdelijk asfalt en hardboard plaat. Het tijdelijk asfalt is na-geïnjecteerd, maar via het hardboard en poriën zal het water toch langs het staalvezelbeton gaan lopen
- Water loopt in dwarsrichting (verticale naad voeg/prefab plaat of tijdelijk asfalt met hardboard) naar de plek waar het uit kan treden: de voegfaseringen en in middenberm

Primaire lekwegen



Royal HaskoningDHV

Primaire lekwegen



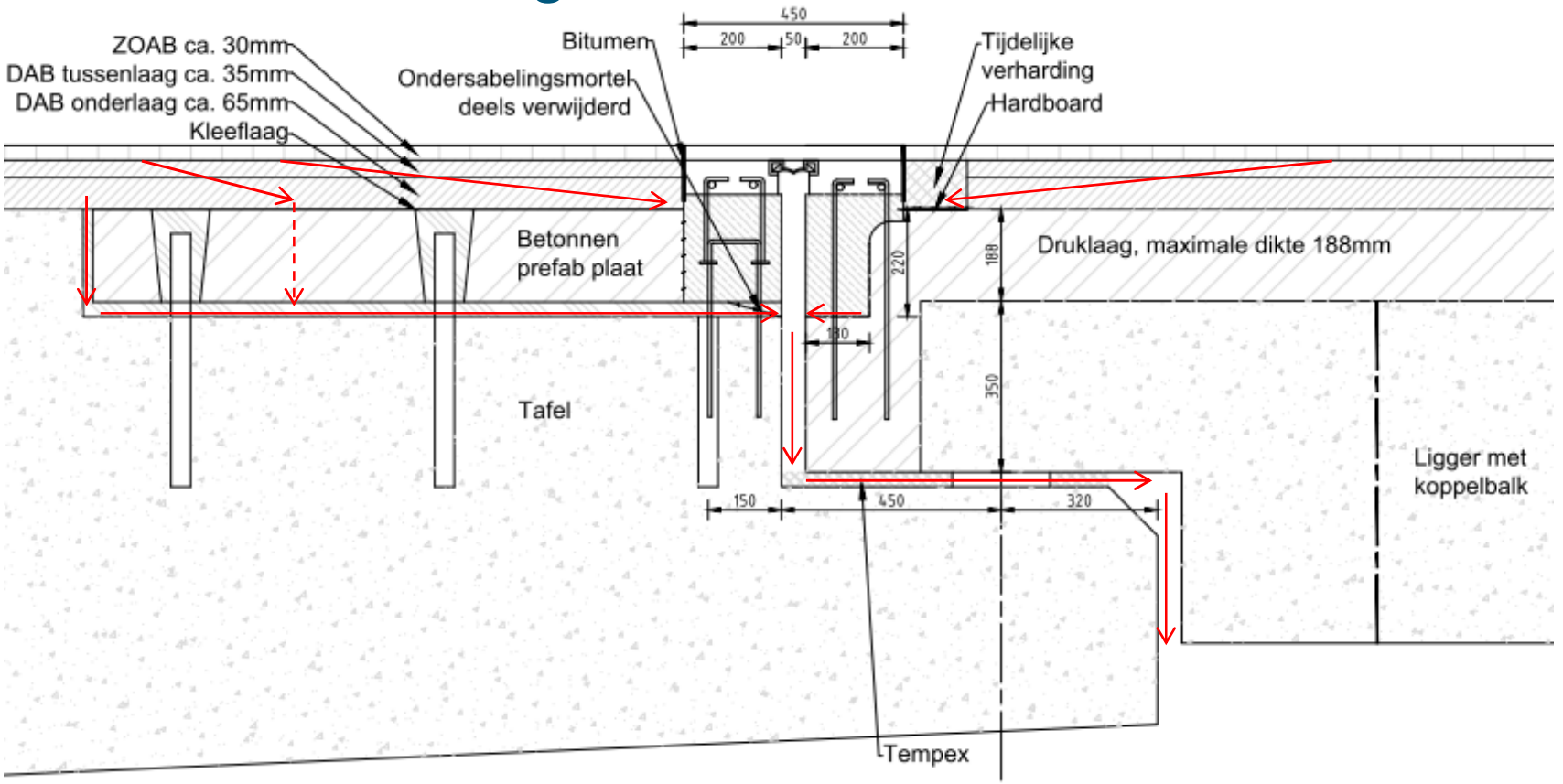
Secundaire oorzaken

- Extra vochtbelasting op de kwetsbare plekken t.g.v.:
  - Onvoldoende capaciteit HWA-systeem (onderzoek Aveco)
  - Hierdoor en door hoge ligging van de goten wordt water gebufferd in ZOAB
  - Bovenzijde afvoerbuizen zitten in het ZOAB en zijn niet zichtbaar: instroomniveau is onbekend
  - Goten en afvoeren zijn vervuild
- De staat van het ‘waterkerende asfalt’ onder het ZOAB is onbekend. Het is aannemelijk dat de waterdichtheid twijfelachtig is:
  - Vermoedelijk deels nog het originele asfalt
  - Naden tussen bestaand en nieuw asfalt (HRR) door deels rippen. Naden zijn bij zeer slechte weersomstandigheden gerealiseerd
  - Naden in prefab platen kunnen scheuren in het asfalt inleiden

Secundaire oorzaken

- Via horizontale en verticale naden langs de prefab platen:
  - Het is niet bekend wat de waterdichtheid van de naden langs de prefab platen is. Uit tekeningen blijkt, dat hier tempex en/of een gietmortel voor is toegepast. Het is goed mogelijk dat deze naden wel constructief sterk genoeg zijn, maar niet waterdicht. Zelfs als deze in 1985 wel waterdicht zijn uitgevoerd, is de waterdichtheid na 30 jaar twijfelachtig

Secundaire lekwegen



Royal HaskoningDHV

Wel onderzocht, geen aannemelijke oorzaak

- Lichtmasten: deze staan helemaal op de rand van het object. Mochten deze een lekkage inleiden, dan zou dit direct aan de rand van het object zichtbaar moeten zijn
- Kabelkokers: idem
- Geluidsscherm:
  - Het scherm vangt (zeker bij westenwind) veel regenwater en zorgt zodoende voor extra regenwater (terwijl de afvoer voor de plaatsing van het scherm al ondermaats was)
  - Stel dat het scherm voor overbelasting op de constructie zorgt, dan zou deze een scheur inleiden in de druklaag. Vermoedelijk net voor de eerste langsligger. Het is niet logisch dat deze scheur door en door is en een groot lekdebiet heeft. Daarnaast zal het water aan de onderzijde niet op de tafels terecht komen door de locatie van het scherm

Open eindjes

- Opbouw en waterdichtheid asfalt zijn onduidelijk
- Waterdichtheid naden prefab platen is onbekend
- Sterkte en stijfheid toegepaste voegconstructie zijn niet aangetoond

- Aanvullende informatie m.b.t. de ‘open eindjes’ zal niet leiden tot een ander hersteladvies en wordt daarom niet nodig geacht

Haalbaarheid waterdichtheid

- Door het ontwerp en de geschiedenis van het object is het onwaarschijnlijk dat de brug ooit 100% waterdicht wordt, tenzij deze compleet wordt herontworpen/ herbouwd
- Verbetering t.o.v. de huidige situatie is wel mogelijk. Een waterdichtheid van 90% zou haalbaar moeten zijn

Vragen/ discussie

8 Overzichtstekening object

B 21470

Laagste punt

Hoogste punt

Laagste punt

VOORAANZICHT

BOVENAANZICHT

STP 1 STP 2 STP 3 STP 4 STP 5 STP 6 STP 7 STP 8 STP 9 STP 10

voeg 1 voeg 2 voeg 3 voeg 4 voeg 5 voeg 6 voeg 7 voeg 8 voeg 9 voeg 10 voeg 11 voeg 12 voeg 13 voeg 14 voeg 15 voeg 16 voeg 17 voeg 18

Lage kant

Amsterdam ← HRL

HRR → Hoorn

Hoge kant

fase 1
fase 2
as brug
fase 2
fase 1

HRR HRL

DOORSNEDE B-B

fase 1, fase 2 as brug fase 2, fase 1

Re R1 R2 R2 R1 Re

DETAIL I

DETAIL II

DETAIL III

DOORSNEDE C-C

DOORSNEDE F-F

VERKEERSBELASTING KLASSE 60 V.O.S.B. 1963

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE BRUGGEN

CODE Nº RW NR 7 GEDEELTE OMLEGGING PURMEREND
BRUG OVER HET NOORDHOLLANDSCH KANAAL
— KW XXI — (OVERZICHT)

BEHOORT BIJ BRIEF D.D. N° RDV-2 GEWIJZIGD D.D.
V.D. HOOFDINGENIEUR DIRECTEUR V.D. RIJKSWATERSTAAT DIR. DR DIR BRUGGEN.

BESTEK NR. BR / 6430
DIENST 1975 - 1975

SCHAAL 1:200 | 1:25 | 1:10 | 1:100 | 1:50

IN 3 BLADEN | BLAD NR 1

REG. Nº B 21.473 | MAP Nº

C7 72 4 20 81 - 07 - 29 NW