

Systematische vastlegging productiedata 2Laags-ZOAB

Samenspel tussen ervaring, sensordata, en IT voor het bereiken van een goede kwaliteit 2Laags-ZOAB tijdens het realisatieproces voor de verlenging van de levensduur.



Systematische vastlegging productiedata 2Laags-ZOAB

Samenspel tussen ervaring, sensordata en IT voor het bereiken van een goede kwaliteit
2Laags-ZOAB tijdens het realisatieproces voor de verlenging van de levensduur.

Auteur: R. Goijarts

Studentnummer: 0835112

Geboren op 1 september 1991, te Rotterdam, Nederland

E-mail1: r.goijarts@outlook.com

E-mail 2: 0835112@hr.nl

Bachelor scriptie

Opleiding: Civiele Techniek

Organisatie: Hogeschool Rotterdam

Eerste begeleider: Dhr. ir. E.A. Broeders (MSc)

Tweede begeleider: Mrs. Koljenovic

Bedrijfsbegeleider: Dhr. ing. P.M. Groen

Bedrijf: VolkerInfra

Project: SAAone

Adres: Eekholt 54, Diemen, Nederland

Datum: 10-06-2015

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Voorwoord

Voor u ligt het eindresultaat van het 18 weken durende afstudeeronderzoek naar de systematische vastlegging van productiedata tweelaags Zeer Open Asfalt Beton (2L-ZOAB). Dit verslag is geschreven in het kader van de afstudeerscriptie Civiele Techniek. Dit rapport is het sluitstuk van mijn vijf jaar durende HBO studie Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam. Deze afstudeerscriptie is opgesteld om een bachelor en ingenieursgraad te behalen in de Civiele Techniek.

De afstudeeropdracht is uitgevoerd in opdracht van VolkerInfra, een bedrijf van KWS Infra, van Hattum en Blankevoort, VolkerRail en Vialis waarmee zij samen grote integrale multifunctionele infraprojecten tenderen en aansturen. In dit rapport is het onderzoek naar de systematische vastlegging van productiedata van 2L-ZOAB beschreven en het proces toegelicht. De relevante productiedata die onderkend zijn worden vastgelegd en in de toekomst vergeleken met schades aan het 2L-ZOAB zodat er een model voor het degeneratiegedrag kan worden gemaakt. Daarnaast hoopt de auteur dat zijn onderzoek een positieve bijdrage levert aan de professionalisering en perfectie van de uitvoeringsmethodiek van 2L-ZOAB.

Tijdens de afstudeerperiode heb ik kennis gemaakt met de wereld van de wegenbouw. Hoewel mijn voorkeur uitging naar het specialisme waterbouw, bleek de asfaltwegenbouw minstens zo interessant te zijn. De afstudeerperiode heeft een compleet nieuwe wereld voor mij geopend en een schat aan ervaringen opgeleverd.

Vijf jaar geleden, toen ik als Havist de Hogeschool Rotterdam binnenstapte voor de studie Civiele Techniek had ik nooit gedacht hoeveel ik zou leren om mijn bachelor te halen. Nu, vele ervaringen en kennis rijker kijk ik met veel plezier terug op de afgelopen vijf jaar. Natuurlijk heb ik de nodige tegenslagen, maar ook overwinningen meegemaakt en vervult het halen van de eindstreep mij met trots.

Ten eerste wil ik het gehele kernteam van Civiele Techniek docenten bedanken voor het geduld om hun kennis en ervaring met mij en mijn studiegenoten te delen. Het is niet gemakkelijk om een paar wilde studenten iets bij te brengen en toch bent u er allemaal in geslaagd dit te doen. Ieder op zijn eigen manier.

Vervolgens wil ik Dhr. Broeders in het bijzonder bedanken voor zijn ongelooflijk goede begeleiding, scherpe oog voor de rapporten en de interessante discussies na afloop van de tussentijdse presentatie. Met vragen kon ik altijd bij dhr. Broeders terecht en in goed overleg kwamen wij er altijd uit.

Vervolgens wil ik mijn bedrijfsbegeleider Dhr. Groen bedanken voor het delen van zijn kennis en inzichten en de zeer levendige discussies naar aanleiding van de bevindingen uit het onderzoek. Daarnaast wil ik Dhr. Groen bedanken voor het vrijmaken van tijd om mij te begeleiden tijdens het gehele onderzoek en zijn vele schrijf- en timemanagement tips.

Ten slotte wil ik de heren van vakgroep 1: R. Dekkers, P. Kaars, A. Bosch, W. Lammers, H. de Jonge bedanken voor het delen van hun schat aan kennis, ervaring en medewerking tijdens de risico-inventarisatie en het waarderen van de parameters. Verder wil ik de heren G. Cuppens, H.J. van Straaten en R.J. Post bedanken voor het vrijmaken van tijd voor een interview. Zonder hun bijdragen was dit onderzoek nooit tot stand gekomen.

Rotterdam, 10 juni 2015, Robin Goijarts

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Samenvatting

Tot op heden was de toegevoegde waarde van systematische vastlegging van productiedata met betrekking tot tweelaags Zeer Open Asfalt Beton (hierna 2L-ZOAB) niet volledig onderkend in de wegenbouw. Dit kwam doordat niet de aannemer verantwoordelijk was voor het resultaat van zijn product, maar de opdrachtgever het werk opgeleverd kreeg en ging beheren. Met de introductie van prestatiegerichte (onderhoud)contracten zoals het Design, Build, Finance & Maintain contract (hierna DBFM-contract) is deze verantwoordelijkheid bij de aannemer komen te liggen. Brancheonderzoek heeft aangetoond dat de wijze waarop asfalt wordt geproduceerd en verwerkt sterk bepalend is voor de levensverwachting van het product. Daardoor veranderen de eisen die aan het werk gesteld worden en verschuift het keuringsproces van na het werk naar tijdens het werk. De aannemer wil direct inzicht hebben in de kwaliteit van het geleverde werk zodat er geen eerdere vervanging benodigd is dan gepland. Het kwaliteitsproces kan worden verbeterd door een nauwgezette vastlegging van de parameters tijdens de uitvoering waardoor op locatie gestuurd kan worden op een optimaal resultaat.

Voor deze systematische vastlegging van productiedata zijn vele onderzoeken en pilots gedaan om het asfalteringsproces te versoepelen en te analyseren. Voorbeelden hiervan zijn het ALIS (Asfalt Logistiek Informatiesysteem) voor het traceren van asfaltwagens, de onderzoeken van Asfalt Sector Professionalisering, Research & Innovatie (Hierna ASPARi) en de Process Quality Improvement-methode (PQi-methode). die laatste ontwierp een raamwerk om de productiedata tijdens de uitvoer te registreren en deze later met asfaltteams te evalueren. Deze methoden kunnen samengevoegd bijdragen aan een verbeterd uitvoeringsproces en leiden tot een hogere kwaliteit.

De parameters die nu in de praktijk vastgelegd worden zijn vooral gericht op het aantonen dat het werk volgens specificatie geleverd is. Hierbij is kwaliteitsborging maar oppervlakkig aanwezig. Het inmeten van het werk en de testen voor holle ruimte en stroefheid van een wegdek wordt wel gedaan. Echter, deze metingen zijn niet voldoende om de uiteindelijke kwaliteit en de beoogde levensduur van het asfalt te garanderen. Wanneer een asfaltmengsel wordt getest gebeurt dit onder optimale gecontroleerde omstandigheden. Echter, tijdens de verwerking is er veel variabiliteit in de parameters en kan nooit 100% van de eigenschappen van asfalt worden behaald.

Van de vastgestelde top-10 parameters die een grote invloed hebben op de levensduur van 2L-ZOAB komen maar drie parameters terug in de verificaties en werkinstructies, namelijk de weersomstandigheden (vooral wind), naden en asfalttemperatuur in de verschillende stadia van het productieproces. De overige zeven parameters, zijn niet afgedekt terwijl deze een grote impact hebben op de levensduur van 2L-ZOAB. Dit geeft aan dat het kwaliteit borgingsproces nog kan worden aangescherpt in de wegenbouw om binnen een prestatie- of DBFM-contract een gegarandeerde kwaliteit te halen.

De werkwijze voor de vastlegging en het gebruik van gegevens tijdens de productie zal getest worden op het project SAAone. In de toekomst kunnen deze gegevens gecombineerd worden met informatie van andere proefvakken en schadebeelden. De vastgelegde gegevens vormen de input voor een model dat de degeneratie van 2L-ZOAB kan voorspellen. Gebruikmakend van een database en de bijbehorende ICT-systemen kunnen de gegevens tevens worden gebruikt om tijdens de uitvoering te sturen op kwaliteit. Vastlegging van data en daar op sturen is met de huidige technologieën heel goed mogelijk.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Summary

Until recently the added value of the systematic registration of production data from double layered hot mix asphalt wasn't acknowledged in the road construction industry. The contractor didn't carry the responsibility for the sustenance of the end result of a contract until recently, this was the responsibility of the client. With the introduction performance based contracts like the Design, Build, Finance and maintain-contract (DBFM-contract) the responsibility for the end result of a project is transferred to the contractor. Recently, research in the field of the road construction industry shows that the asphalt production- and processing phase are strongly influencing the lifespan of the product. With the new contracts came a shift in the requirements and the way these got validated. The procedure of measuring the quality to get the requirements approved after the as-built situation shifts to the measuring of the quality during the production- and processing phase. The contractor directly wants to receive information on the quality of the asphalt during operations. With this information the quality of asphalt can be improved and optimized by guiding the work on-site.

Nowadays a lot of research and pilots to optimize the asphalt construction process has been conducted. Some examples of these researches are the Asphalt Logistics Information System (ALIS) that traces asphalt trucks. Another research conducted by the Asphalt Sector Professionalising, Research and Innovation (ASPARi) is the Quality Improvement method (PQi-method), this method gives a framework for measuring and processing parameters during the road construction works. Both researches have delivered systems that are already in use during road construction works. When both systems are being combined this leads to an improved processing phase and a higher level of quality.

The current parameters that get registered are mainly focussed on proving that the work has been delivered as was agreed on in the contract. This results in a sketchy quality assurance. Currently only the surveying of the work, the testing of the cavity and skid resistance of the pavement is being done. However, these measurements are nowhere near acceptable to determine and guaranty the quality and lifespan of the asphalt pavement. The testing of the asphalt mixture in the laboratories is conducted under optimal regulated conditions and most of the time 100% of the desired properties are being measured. However, there is a lot of variation during the processing of the asphalt mixture, so an optimal result will never be reached on-site.

The top-10 parameters with a big influence on the lifespan of asphalt that have been determined during the research show that the current quality approval methods are a poor substitute to determine the quality and lifespan of asphalt paving. From the registered parameters nowadays, only 3 parameters are measured. These parameters are the wind speed (wheater conditions), seams and temperature of the asphalt by delivery on-site. The remainder of 7 parameters aren't measured or registered, but still have a big impact on the lifespan of 2L-ZOAB. This in turn shows that the process of quality assurance can still be improved to meet the required level of quality that is needed to be in compliance with the performance based contracts.

The method for registering parameters during the asphalt paving process will be tested during the SAAone project. In the future these data can be combined with data from other projects to determine the cause of early failure of 2L-ZOAB (double layered hot mix asphalt). These data can provide input for a degeneration model for asphalt. This can all be reached by setting up a database and using new technologies to provide real-time information to actively steer the asphalt process and analyse the causes of early failure to improve the construction method for 2L-ZOAB.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	4
1.0 Inleiding	1
§1.1 Algemeen.....	1
§1.2 Aanleiding.....	1
§1.3 Probleemstelling en deelvragen.....	2
§1.4 Doelstelling.....	3
§1.5 Belang	3
§1.6 Aanpak.....	3
§1.6.1 onderzoeksmethodiek.....	3
§ 1.6.2 Literatuuronderzoek.....	4
§1.6.3 Interviews	5
§1.6.4 Betrouwbaarheid.....	5
§1.7 Leeswijzer	6
2.0 Asfalt wat maakt men ervan?.....	7
§2.1 Asfalt, méér dan een zwart product in de weg	7
§2.2 Achtergrond: Parameters, schades en de onderlinge relatie.....	8
§2.3 Methoden.....	9
§2.4 Resultaten: Materiaal, Productie, Schades, eigenschappen en parameters	10
§2.4.1 Mogelijke Schadebeelden	11
§2.4.2 Functionele eigenschappen.....	13
§2.4.3 Parameters tijdens productie en verwerking.....	14
§2.4.4 Relatieel overzicht schaden en parameters.....	16
§2.5 Discussie en reflectie	18
§2.6 Conclusie	18
3.0 Asfalt, risicovol of robuuste oplossing.....	19
§3.1 Risico gestuurd onderzoek naar de levensduur van 2L-ZOAB.....	19
§3.2 Achtergrond: Eerder onderzoek naar risico's in het asfalteringsproces	19
§3.3 Methoden.....	20
§3.4 Resultaten: Risico's, beheersing en vast te leggen parameters.....	21
§3.4.1 Risico's met invloed op de levensduur 2L-ZOAB	21
§3.4.2 Risico parameters met invloed op de levensduur van 2L-ZOAB	22

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§3.5 Discussie en reflectie	23
§3.6 Conclusie	24
4.0 Vastlegging van 2L-ZOAB, nu en in de toekomst.....	25
§4.1 Intro: Nieuwe contractvormen - Nieuwe technologieën	25
§4.2 Achtergrond: Systematische vastlegging van 2L-ZOAB, waarom?	26
§4.3 Methoden	27
§4.4 Resultaten: Implementatie voor de systematische vastlegging van 2L-ZOAB	28
§4.4.1 Huidige systemen voor vastlegging en informatiewinning binnen SAAone	28
§4.4.2 Hoe worden de gegevens uit de realisatiefase vastgelegd	29
§4.4.4 Welke meetmethoden kunnen worden gebruikt?	30
§4.5 Discussie en reflectie	33
§4.6 Conclusie vastlegging 2L-ZOAB.....	34
5.0 Overzicht Conclusies.....	34
6.0 Aanbevelingen	35
Bibliografie	36
Bijlagen.....	37

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

1.0 Inleiding

§1.1 Algemeen

Huidige situatie asfaltbranche

Europa heeft 5 miljoen km aan wegen waarvan 90% geasfalteerd is, alleen al in de periode 2008-2013 is er 277,3 miljoen ton aan asfalt in Europa geproduceerd (Özcan, 2013). Wegtransport is de meest gebruikte vorm van transport. In 2011 werd 72% van de goederen en 83% van het dagelijkse personentransport over de weg vervoerd, waarbij het overige deel over het spoor, luchtvaart of waterwegen werd vervoerd (EAPA & Eurobitumen, 2011). Het ontwerpen, verbeteren en onderhouden van een wegennet dat zorgt voor een ongehinderde en veilige doorreis tijdens verschillende weersomstandigheden en situaties is een belangrijke taak. Het draagt bij aan welvaart, productiviteit en slagkracht van de Europese gemeenschap in de wereldmarkt.

Mensen hebben wegen nodig en de meeste wegen hebben asfalt nodig. De asfaltindustrie is zich bewust van de uitdaging om aan de toekomstige behoeften van de gebruikers maar ook de duurzaamheid van asfalt te voldoen. Het is belangrijk om onderzoeken uit te voeren om oplossingen voor veiligheid, comfort en duurzaamheid te waarborgen en de concurrentie voor te blijven.

§1.2 Aanleiding

Het SAAone project is een DBFM-contract (Design, Build, Finance and Maintain-contract) met een looptijd van 30 jaar. Het project is door Rijkswaterstaat (hierna RWS) als deelproject in de markt gezet om de snelwegen A1/A6 tussen Schiphol-Amsterdam-Almere (SAA) te verbreden. De wegwitbreiding loopt over een afstand van 20 km. De A1 en de A6 worden beiden 2x5 rijstroken breed. De A6 bij Almere wordt 2x4 rijstroken breed. Verder wordt er een wisselbaan aangelegd en loopt de A1 ter hoogte van de Vecht door een aquaduct en worden er twee knooppunten aangepast.

Tijdens dit DBFM-contract is de SAAone organisatie verantwoordelijk voor het ontwerp, de realisatie en de financiering. Verder is SAAone gedurende de looptijd (30 jaar) van het contract verantwoordelijk voor het onderhoud aan het areaal A1/A6. Vanaf de start van het SAAone project is de afdeling instandhouding van SAAone verantwoordelijk voor de bestaande infra. Na de realisatie wordt er een Maintenance –agreement, een onderhoudscontract, met de nog op te richten Maintenance Company (hierna MCo) gesloten. De MCo is na de realisatie verantwoordelijk voor het 25 jaar durende routineonderhoud aan de nieuwe infrastructuur. Het groot onderhoud blijft de verantwoordelijkheid van de projectorganisatie (SPC). Na deze periode wordt de infrastructuur overgedragen aan RWS.

Wanneer het onderhoud van SAAone aan de weg niet conform de door RWS gestelde eisen is kan RWS boetepunten of prestatiekortingen opleggen. Hiervoor heeft RWS categorie A- en B-eisen opgesteld waaraan voldaan moet worden. Deze cat. A- en B-eisen zijn bijvoorbeeld, het voldoen aan een bepaalde mate van vlakheid, asfaltkwaliteit en stroefheid.

SAAone is contractueel verplicht om uiteenlopende data zoals objecttype, geometrie in het rijks driehoekstelsel en mengseltype vast te leggen. Met deze data dienen de cat. A- en B-eisen aantoonbaar te worden gemaakt. SAAone gaat deze data gebruiken om een beter inzicht in de gedragingen van tweelaags Zeer Open Asfaltbeton (hierna 2L-ZOAB) te krijgen. Dit moet leiden tot een beter begrip voor de degradatiecurve en de levensduur van 2L-ZOAB.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Het proces van de systematische vastlegging van gegevens tijdens de productie, het transport en de verwerking van 2L-ZOAB is een nieuw concept voor wegenbouwers. Het vastleggen van gegevens tijdens het onderhoud valt niet binnen dit onderzoek maar wordt in een parallel onderzoek bij KWS Infra ontwikkeld. Hierbij wordt vooral ingegaan op de invloed van rafeling op de levensduur van 2L-ZOAB.

Sinds enkele jaren worden er systemen ontwikkeld voor het registreren van parameters tijdens de productie tot en met de gebruiksfase, maar deze systemen zijn niet gericht op het beoordelen van de kwaliteit van 2L-ZOAB. Met het opzetten van een soortgelijk systeem dat de kwaliteit van 2L-ZOAB registreert kan een verbetering in het kwaliteitsmanagement worden doorgevoerd.

Daarnaast zijn de kwaliteit specificaties voor het aanbrengen van tweelaags ZOAB nog vrij ruim zonder dat er enige vastgelegde onderbouwing voor is. Een systematische registratie kan in de toekomst zorgen voor een beter inzicht in de grenzen voor het aanbrengen van tweelaags ZOAB.

§1.3 Probleemstelling en deelvragen

De probleemstelling en tevens de hoofdvraag van dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

Hoe kan een systematische vastlegging van gegevens tijdens de realisatie van 2L-ZOAB bijdragen aan beter inzicht in de faalmechanismen en de mogelijke oorzaken daarvan bij infrastructurele werken?

Deze scriptie is gebaseerd op de volgende deelvragen:

1. Op welke wijze kunnen de toplaag en onderlaag van 2L-ZOAB falen tijdens de productie, transport en verwerking?
 - I. Welke schadebeelden zijn er voor tweelaags ZOAB?
 - II. Welke functionele eigenschappen bepalen de kwaliteit van 2L-ZOAB?
 - III. Welke parameters zijn van invloed op de kwaliteit van 2L-ZOAB?
 - IV. Hoe beïnvloeden deze parameters de functionele eigenschappen en de schadebeelden?
2. Welke risico's worden er onderkend binnen de organisatie van Realisatie GWW SAAone?
 - I. Welke risico's hebben de grootste invloed op het asfalteringsproces voor de SAAone organisatie?
 - II. Welke parameters hebben de grootste invloed op de levensduur van 2L-ZOAB voor de realisatiefase?
3. Met welke middelen kan de registratie van data over de 2L-ZOAB tijdens het transport en de verwerking worden vastgelegd?
 - I. Welke systemen voor de vastlegging en informatiewinning zijn er beschikbaar binnen SAAone?
 - II. Zijn er algemene voorschriften met betrekking tot de vastlegging van gegevens?
 - III. Hoe worden deze gegevens vanuit productie, verwerking en inspectie vastgelegd (praktisch werkbaar)?
 - IV. Welke meetmethoden kunnen worden gebruikt?

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§1.4 Doelstelling

De hoofddoelstelling voor SAAone, en de betrokken wegenbouwers KWS Infra en MNO is het creëren van inzicht in de faalmechanismen van 2L-ZOAB om tot een foutvrije en perfecte uitvoering te komen. Deze vastlegging moet leiden tot de opzet van een praktisch toegankelijke database waarin uitvoeringsgegevens worden opgeslagen. Met deze informatie over oorzaken van toekomstige schadebeelden kan lering worden getrokken uit de productie- en verwerkingsmethode van 2L-ZOAB. Opdat er een optimalisatie in de kwaliteitsborging en de levensduur kan worden toegepast bij andere projecten. Deze optimalisatie wordt gedreven door de realtime vastlegging in de uitvoeringsprocessen zodat hierop gestuurd kan worden.

§1.5 Belang

De vastlegging van gegevens tijdens de productie- en verwerkingsfase (asfaltrealisatiefase) van 2L-ZOAB geeft op de lange termijn, bij eventuele schades, een mogelijk inzicht in de oorzaak van deze schades. Met dit inzicht kunnen er verbeteringen worden aangebracht tijdens de productie, transport en verwerking van 2L-ZOAB. Hierdoor kan er in de toekomst een langere levensduur, garantieperiode en kwaliteitsborging voor 2L-ZOAB worden bereikt. De langere levensduur resulteert in minder groot onderhoud en een hogere beschikbaarheid (uitgedrukt in voertuigverliesuren) tijdens de exploitatiefase.

§1.6 Aanpak

§1.6.1 onderzoeksmethodiek

Dit afstudeeronderzoek vindt plaats op het SAAone project. Het onderwerp zit in de initiatie fase, de systematische vastlegging van 2L-ZOAB wordt pas in september 2015 geïmplementeerd. De initiatie fase is uitgevoerd in 18 weken, van 2 februari 2015 tot 16 juni 2015. Dit onderzoek wordt kwalitatief uitgevoerd. Het onderzoek betreft een opzet voor de vastlegging van de productiedata van 2L-ZOAB. Het is de bedoeling om een zo breed mogelijk inzicht in de beïnvloeding van de asfalteigenschappen door de parameters en de schadebeelden tijdens de verwerkingsfase te krijgen. Op basis van deze parameters kan een systematische vastlegging worden opgezet. Dit onderzoek zal bestaan uit literatuuronderzoek, een risicoanalyse en interviews met specialisten.

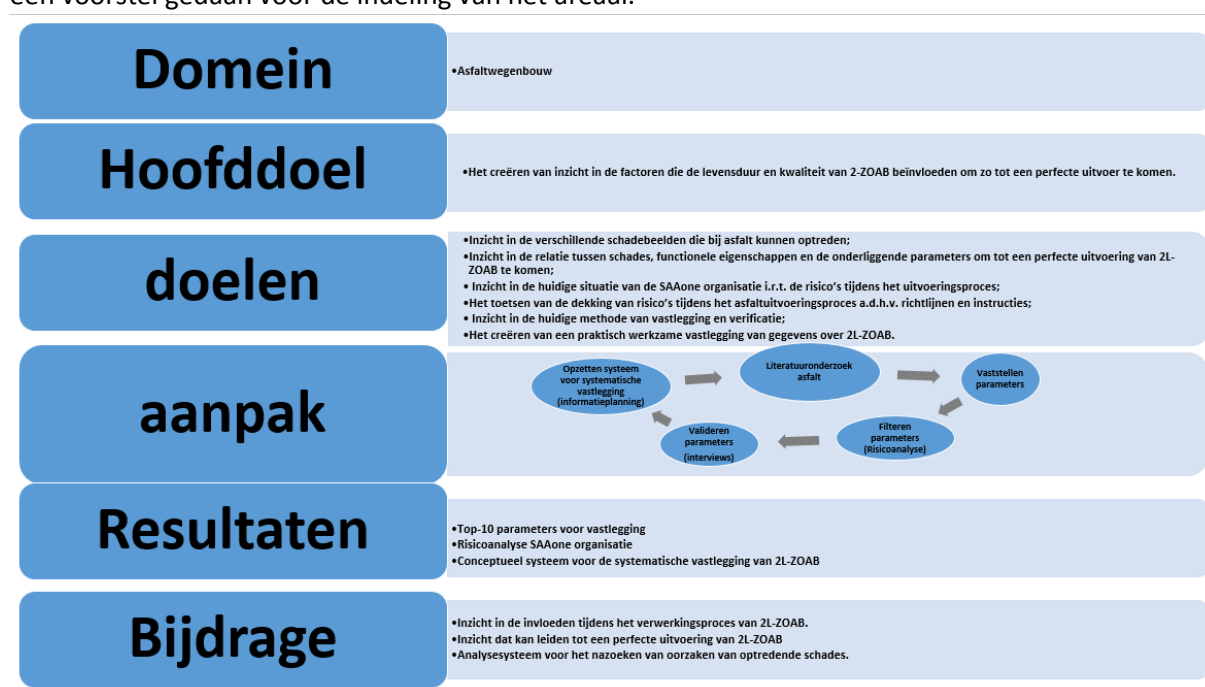
Er zal onderzoek gedaan worden naar de faalmechanismen van asfalt om een beeld te vormen van parameters/oorzaken die de levensduur van 2L-ZOAB beïnvloeden. De gevonden parameters uit de literatuurstudie worden als raamwerk gebruikt voor de risico analyse. Deze parameters worden verdeeld over de verschillende fasen van het asfaltrealisatieproces en kunnen individueel voorzien worden van risico's. Dit gebeurt met deelnemers vanuit verschillende functies. Denk hierbij aan een KAM-manager, Maintenance Engineer, Disciplineleider GWW (Grond Water Wegen), een asfaltadviseur, asfaltcoördinator en asfaltontwerper.

Tijdens de risicoanalyse worden de risico's voor de projectorganisatie geïnventariseerd. De hieruit voortvloeiende risico's worden gevalideerd met asfaltadviseurs, managers en uitvoerend personeel. Deze specialisten prioriteren de risico's naar kans x impact waardoor de belangrijkste risico's naar voren komen. Van deze risico's wordt vastgesteld of hier al een richtlijn of een andere vorm van kwaliteitsborging voor bestaat. De richtlijnen en kwaliteitsborging worden op basis van een analyse van de interne bedrijfsdocumenten (werkinstructies en deels kwaliteitsplannen) uitgevoerd. Deze worden aangevuld met informatie vanaf het internet op basis van de nog niet afgedekte parameters.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Wanneer de te registreren parameters bekend zijn wordt de inzet en het gebruik van materieel behandeld. Voor de inzet van materieel en technieken wordt een informatieanalyse gedaan. Deze informatieanalyse gebeurt op basis van de SDM-methode (System Development Methodology). De SDM-methode is een methode om het ontwikkelingsproces van systemen te beheersen. De SDM-methode bestaat uit 7 fasen, voor dit onderzoek is alleen fase 0, de informatieplanning, opgezet. De overige fasen zijn vooral geënt op het ontwerpen en testen van het systeem. Deze fasen zullen pas na de afstudeerperiode kunnen worden uitgevoerd, want in september vangt de eerste asfalteringswerkzaamheden aan.

Het informatieplan behandelt de uitgangspunten, de huidige organisatie en de beschikbare middelen en informatiesystemen die binnen de SAAone organisatie aanwezig zijn. Dit onderzoek gaat over de systemen, afdelingen en inspectie middelen. Hierna wordt onderzoek gedaan naar de verschillende methoden van inspectie die toegepast kunnen worden. Dit onderzoek is opgezet om in de risicoanalyse vastgestelde parameters te registreren. Naast deze verschillende methoden wordt ook een voorstel gedaan voor de indeling van het areaal.



Figuur 1 Onderzoeksoepzet

§ 1.6.2 Literatuuronderzoek

Bij het onderzoek zal gebruikt worden gemaakt van een literatuurstudie naar de schadebeelden, functionele eigenschappen, de parameters en de relaties die invloed op de schades en eigenschappen hebben. De literatuurstudie is een hulpmiddel om zoveel mogelijk informatie over het onderwerp asfalt te vinden en hier ervaring mee te ontwikkelen.

Literatuuronderzoek dient als startpunt voor het uiteindelijke onderzoek. Met literatuuronderzoek wordt de benodigde kennis van het onderwerp verkregen om de opdracht met goed gevolg af te ronden. De gevonden literatuur vormt de opzet van het onderzoek.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Internet

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van meerdere informatiebronnen, zoals boeken, internet en interne plannen bij SAAone. Het internet is de grootste vrij toegankelijke informatiebron ter wereld. Voordelen hiervan zijn de directe beschikking over de meest actuele informatie, vrije toegang tot jarenlang onderzoek en het gericht kunnen zoeken. voorbeelden hiervan zijn:

- www.asfaltblij.nl – site van branchevereniging VBW asfalt, met veel actuele en kennisgerichte informatie en artikelen.
- www.aspari.nl - Asfalt Sector Professionalisering, Research & Innovatie, Nederlands netwerk voor innovatie in de asfaltwegenbouw.

Op de site van ASPARI is veel informatie gevonden in de vorm van artikelen en doctorale papers die de vastlegging van asfalt behandelen. Hier is veel informatie van gebruikt en uitgebouwd.

Boeken

Het boek “asfalt in wegen- en waterbouw” van de Vereniging Bitumineuze Werken (VBW asfalt) is gebruikt voor het verkrijgen van inzicht in het asfalteringsproces en de gedragingen van asfalt. Hiermee zijn ook de gevonden parameters nagecheckt.

§1.6.3 Interviews

Voor de bepaling van de grootste risico's en de gevonden parameters voor de levensduur van 2L-ZOAB is gebruik gemaakt van een interview. Met dit onderzoek wordt in de eerste instantie gevalideerd of de gevonden parameters daadwerkelijk invloed hebben op de levensduur van 2L-ZOAB. Nadat de validatie was uitgevoerd werd met dezelfde geïnterviewde specialisten een filtering aangebracht in de parameterlijst om een selectie van een aantal belangrijke parameters te krijgen.

De interviews zullen volgens het “open” type worden gehouden, dit betekent dat vragen niet met ja of nee kunnen worden beantwoord en dat de redenering duidelijk onderbouwd moet zijn. De vragenlijst is globaal opgesteld aan het begin van het interview maar laat ruimte om onduidelijkheden in het antwoord verder uit te diepen. Er is voor de geïnterviewde groep gekozen voor een plenair interview met engineers en managers tijdens de risico-inventarisatie. Verder zijn er 1 op 1 interviews gehouden met asfaltcoördinatoren en asfaltontwerpers uit de praktijk.

§1.6.4 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van het onderzoek is belangrijk omdat het herhaald moet kunnen worden. De onderzoekstappen moeten navolgbaar zijn en door een externe lezer herhaald kunnen worden. Per onderzoeksmethode wordt uitgelegd hoe de betrouwbaarheid wordt gewaarborgd.

Internet

Het internet is een bron van informatie die voor iedereen toegankelijk is. Doordat het internet vrij toegankelijk is kan iedereen hier informatie aan toevoegen. Dit heeft tot gevolg dat niet alle informatie betrouwbaar is. Dit kan het onderzoek schaden. De betrouwbaarheid van het onderzoek wordt gewaarborgd door het gebruik van informatie van brancheorganisaties en universiteiten. Brancheorganisaties verstrekken nauwelijks foutieve informatie over hun specialisme en opleidingsinstituten zijn aan een ethische code van de overheid gehouden. Wanneer andere bronnen worden gebruikt worden deze gecontroleerd met meerdere onafhankelijke sites.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Boeken

Boeken van brancheorganisaties en doctorale papers hebben een belangrijke functie in de ontwikkelingen van asfalt. Hierdoor is het belangrijk dat deze boeken ook uitgegeven worden door deze organisaties en dit gebeurt alleen na goedkeuring, dit is een borging op zich.

Interview

Om de betrouwbaarheid van interviews te waarborgen wordt het interview uitgewerkt op papier en opgestuurd naar de geïnterviewde. Hierdoor kunnen verkeerde interpretaties of beweringen nog worden afgestemd of bijgesteld. Daarnaast zijn interviews subjectief, de geïnterviewde handelt vanuit een bepaald oogpunt en uit ervaring. Ervaring kan variëren en het perspectief zorgt voor een eenzijdige kijk op het onderwerp. Om verschillende perspectieven te onderkennen zijn er meerdere personen uit verschillende functies geïnterviewd zodat de resultaten gemiddeld kunnen worden.

§1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 1: Introductie	• Algemene informatie asfaltbranche • Aanleiding voor de wens om 2L-ZOAB systematisch vast te leggen • Probleemomschrijving en deelvragen • Onderzoeksdoelstelling (hoofddoelstelling) • Belang van de systematische vastlegging van 2L-ZOAB • Aanpak, globale onderzoeksmethodiek en onderzoek vormen • Betrouwbaarheid van bronnen
Hoofdstuk 2: literatuuronderzoek naar 2L-ZOAB	• Wat is asfalt? • Te beantwoorden deelvraag en sub vragen • Doelstellingen van dit hoofdstuk, inzicht in de factoren die zorgen voor het falen van 2L-ZOAB • Gedetailleerde onderzoeksmethodiek • Achtergronden van soortgelijke onderzoeken of het ontbreken van deze onderzoeken • Resultaten van literatuuronderzoek, asfaltrealisatieproces, schadebeelden, functionele eigenschappen en parameters en de relaties hiertussen • Discussie en reflectie • Conclusie en aanbevelingen
Hoofdstuk 3: Risicoanalyse	• Wat is een risicoanalyse? • Te beantwoorden deelvraag en sub vragen • Doelstellingen van dit hoofdstuk, inzicht in de risico's voor de realisatie GWW SAAone afdeling • Gedetailleerde onderzoeksmethodiek • Achtergronden van soortgelijke onderzoeken of het ontbreken van deze onderzoeken • Resultaten van risico-inventarisatie en interviews, zowel technisch als organisatie (top-10 risico's en top-10 parameters) • Discussie en reflectie • Conclusie en aanbevelingen
Hoofdstuk 4: Informatieplan systematische vastlegging 2L-ZOAB	• Waarom systematische vastlegging? • Te beantwoorden deelvraag en sub vragen • Doelstellingen van dit hoofdstuk, inzicht in huidige methode van vastlegging en verificatie en deze verbeteren & praktisch werkbaar vastlegging ontwerpen • Gedetailleerde onderzoeksmethodiek • Achtergronden van soortgelijke onderzoeken of het ontbreken van deze onderzoeken • Resultaten van risico-inventarisatie, literatuurstudie en interviews, samengevoegd tot te meten parameters, ontwerp van het systeem, communicatie van het systeem en gebruik van gegevens • Discussie en reflectie • Conclusie en aanbevelingen
Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen	• Review van conclusies alle hoofdstukken, • Beantwoording hoofdvraag • Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

2.0 Asfalt wat maakt men ervan?

§2.1 Asfalt, méér dan een zwart product in de weg

Dit hoofdstuk behandelt de parameters en schades die van invloed zijn op de levensduur van 2L-ZOAB in relatie tot de functionele eigenschappen waaraan de weg moet voldoen. Dit onderzoek is gebaseerd op literatuurstukken en geeft een inventarisatie van de relatie tussen deze schadebeelden, factoren en eigenschappen. 2L-ZOAB is een type asfaltmengsel dat uit twee lagen bestaat. De onderlaag bestaat uit een grove steenslag met bitumen en zand. Deze grove steenslag zorgt voor een goede waterdoorlatendheid. De bovenlaag is dunner en van een fijner soort steenslag met hetzelfde bitumen maar is eveneens waterdoorlatend. Maar wat is asfalt nu eigenlijk?

Het materiaal asfalt bestaat volgens (VBW asfalt, 2014) uit een mengsel van zand, steenslag en vulstof dat met bitumen (olieachtige substantie) aan elkaar gekleefd wordt. Het bitumen is door zijn eigenschappen het bindmiddel tussen de minerale aggregaten. Deze hechting ontstaat door het volledig omhullen van het aggregaat waardoor raakvlakken worden gecreëerd.

Asfalt is een veel gebruikt materiaal in de wegenbouw en hierdoor zijn de functionele en mechanische eigenschappen van een asfaltmengsel vrijwel allemaal bekend. Er is veel onderzoek gedaan naar de materiaaleigenschappen maar er is nog weinig inzicht in hoe deze eigenschappen beïnvloed worden door factoren in de uitvoeringsfase (Ter Huerne, Miller, & Dorée, 2007). Daarnaast is er onvoldoende kennis van de relaties tussen de eigenschappen, schadebeelden en onderliggende oorzaken die zorgen voor een verkorte levensduur van 2L-ZOAB.

Er zijn externe onderzoeken uitgevoerd naar de factoren met invloed op het falen van asfalt. Deze factoren worden geregistreerd tijdens het uitvoeringsproces. Deze onderzoeken zijn echter gericht op één factor, terwijl een combinatie van verschillende factoren vaak zorgt voor het falen van 2L-ZOAB. Enkele voorbeelden van onderzoek naar één enkele factor zijn de factoren “Verdichting” (Ormel, Ter Huerne, Magnanimo, & Luding, 2012) en “Verwerking temperatuur” (Bijleveld, Asfaltwegenbouw op weg naar professionalisering, 2010), deze onderzoeken behandelen één parameter en brengen dit in verband met laboratoriumproeven die de uitvoeringsmethode dupliceren. De temperatuur en de verdichting zijn afhankelijk van meerdere factoren. Onderzoek doen naar één factor geeft niet het gewenste beeld.

Het ASPARi-netwerk heeft op 29 projecten een pilot gestart voor de vastlegging van uitvoeringsgegevens, maar een praktisch toepasbare methode voor commercieel gebruik is nog niet doorgevoerd binnen de wegenbouw. Dit komt doordat de technologie zijn waarde nog niet heeft bewezen waardoor de benodigde investeringen niet worden gedaan.

Deze literatuurstudie dient als invulling voor de risicosessie die eveneens in het kader van dit onderzoek is gedaan. De gevonden parameters zullen worden geprioriteerd naar de grote van de kans en de impact op de levensduur van 2L-ZOAB.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§2.2 Achtergrond: Parameters, schades en de onderlinge relatie

Onderzoeken naar de invloedparameters van asfalt tijdens het realisatieproces

Asfalt is al jaren een onderwerp waar vooral constructief onderzoek naar wordt gedaan. De onderzoeken richtten zich vooral op het perfectioneren van het materiaal asfalt door nieuwe materialen toe te voegen (Transportation Research Board of The National Academies, 2011). Ook worden Laboratorium proeven gedaan om de verwerking- en verdichting parameters van asfalt te ontdekken (De Bruin, Jacobs, & Rering, 2012) en onderzoek naar de invloed van de constructiematerialen op de weerstand tegen schades zoals rafeling en scheurvorming (Schulte, 1996); (Redmijnweg, 2015) e.a.

Onderzoek naar het uitvoeringsproces van asfalt en de beïnvloeding van de kwaliteit van asfalt was onderbelicht. Dit terwijl er op dit vlak veel gewonnen kan worden. Een van de grote uitdagingen is om de aanwezige ervaring van de asfaltteams expliciet vast te leggen. Deze ervaring kan dan onderbouwd worden met harde data. Hiermee verandert het impliciete werken op ervaring en kan er een verbetering van het uitvoeringsproces worden behaald. Dit expliceren van ervaring kan worden gedaan door een combinatie van systematische vastlegging en bevindingen van uitvoerend personeel.

Het ASPARi-netwerk, een samenwerkingsverband tussen Nederlandse wegebouwers voor de professionalisering van de asfaltsector, heeft de laatste jaren onderzoek verricht naar het verbeteren van de huidige uitvoeringsmethoden. Het onderzoek van (Miller, Hartmann, & Dorée, 2011) heeft een raamwerk opgeleverd voor methoden om asfaltparameters te registreren en hiermee asfaltteams te onderrichten. Dit raamwerk wordt de Process Quality Improvement-methode (hierna PQi-methode) genoemd. (Bijleveld, Asfaltwegbouw op weg naar professionalisering, 2010) deed onderzoek naar de relatie tussen verdichting en verwerkingstemperatuur in de praktijk en vergeleek dit met laboratorium onderzoek. Verder is een onderzoek van Vassenev (2015) gericht op het ontwikkelen van een systeem dat de realtime vastlegging van de parameters, bepaald in de PQi-methode, kan visualiseren.

Relaties tussen schades en uitvoeringsparameters en toekomstig gebruik van deze informatie

Zoals hiervoor gesteld is er weinig onderzoek gedaan naar relaties tussen uitvoeringsfactoren en een kortere standtijd. Veelal omdat dit veel relaties heeft met andere factoren en de schades deels afhangen van de inschatting van toekomstige verkeerstromen waardoor er een grijs gebied ontstaat.

Begonnen kan worden met het vastleggen van de oorzaken van schadebeelden tijdens het uitvoeringsproces. Deze oorzaken zijn de bovengenoemde uitvoeringsfactoren die de kwaliteit van asfalt beïnvloeden. Hiervoor is inzicht nodig in de relaties tussen uitvoeringsfactoren, welke factoren versterken elkaar en hoe zijn deze afhankelijk van elkaar. Hiermee is de uitvoering afgedekt en blijft de toekomstige verkeersintensiteit de enige onbekende. Combineer dit met Big Data van de in gebruik zijnde meetapparatuur in de weg en de oorzaken van het ontstaan van schades zal duidelijk worden. Deze kennis kan gebruikt worden op toekomstige projecten. In de volgende paragraaf wordt een overzicht gegeven van de deelvragen, doelen en aanpak van dit onderzoek naar de schadebeelden, parameters en eigenschappen van asfalt.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§2.3 Methoden

Uitdagingen en doelen

De uitdaging of deelvraag die in dit hoofdstuk wordt behandeld is:

- Op welke wijze kunnen de toplaag en onderlaag van 2L-ZOAB falen tijdens de productie, transport en verwerking?

Voor het vinden van het antwoord op deze uitdaging zijn de onderstaande deelvragen opgesteld:

- (1) Welke schadebeelden zijn er voor 2L-ZOAB?
- (2) Welke functionele eigenschappen bepalen de kwaliteit van 2L-ZOAB?
- (3) Welke parameters zijn van invloed op de kwaliteit van 2L-ZOAB?
- (4) Hoe beïnvloeden deze parameters de functionele eigenschappen en de schadebeelden?

De doelen van dit hoofdstuk zijn:

- a) Het verkrijgen van inzicht in de verschillende schadebeelden die bij asfalt kunnen optreden;
- b) Het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen schades, functionele eigenschappen en de onderliggende parameters om hiermee tot een perfecte uitvoering van 2L-ZOAB te komen.

De huidige insteek van zowel opdrachtgever als aannemer is dat de vastlegging tijdens het aanbrengen van asfalt niet wordt gezien als een manier om de kwaliteit van asfalt te kunnen aantonen. De kwaliteit voldoet wanneer de functionele eigenschappen en prestatiekenmerken na aanleg zijn aangetoond.

Methode en aanpak

Dit onderzoek naar de parameters en schades die de levensduur van 2L-ZOAB beïnvloeden is uitgevoerd om een beter begrip te krijgen van het materiaal asfalt. Het toegepaste perspectief is een combinatie van instandhouding, Life Cycle Costing (hierna LCC) en uitvoering. Het ontwerp is buiten beschouwing gelaten omdat het asfaltmengsel al is vastgesteld. Het onderzoek gaat ervanuit dat een goede kwaliteit gelijk staat aan een lange standtijd (levensduur). Kwaliteit wordt in dit onderzoek gedefinieerd als “kwaliteit is omgekeerd evenredig met variabiliteit, hoe meer er gevarieerd wordt hoe minder de kwaliteit”. Kwaliteit begint al tijdens de productie en niet na de realisatie van het asfalt, hoe meer variatie in het proces des te slechter de kwaliteit. De beste methode om dit onderzoek te valideren zou het monitoren van de parameters tijdens de uitvoering zijn, helaas starten de werkzaamheden aan 2L-ZOAB pas in september 2015.

De gebruikte methode voor dit onderzoek was een literatuurstudie naar het asfaltrealisatie proces, het materiaal asfalt en de functionele eigenschappen, schades en onderliggende oorzaken. Hiervoor zijn artikelen van het ASPARi-netwerk, de Universiteit Twente en de Europese asfaltbranche gebruikt. Op basis van de onderzoeken is een globale inventarisatie gemaakt van de parameters.

Het onderzoek is gestart met het in kaart brengen van het asfaltrealisatieproces, hiermee wordt bedoeld; de productie, het transport en de verwerking van asfalt. Vervolgens is er onderzoek gedaan naar de verschillende schadebeelden die optreden bij asfalt. Aanvullend is er onderzoek gedaan naar invloeden tijdens de exploitatiefase. Het is niet mogelijk deze invloeden nu reeds te monitoren. Vervolgens worden de schades die optreden bij asfalt onderzocht. Daarna worden de invloeden vanuit de schades maar ook de productie en verwerkingsfase verder uitgewerkt. Ten slotte worden de relaties tussen de oorzaken, schadebeelden en prestatie eisen uiteengezet.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

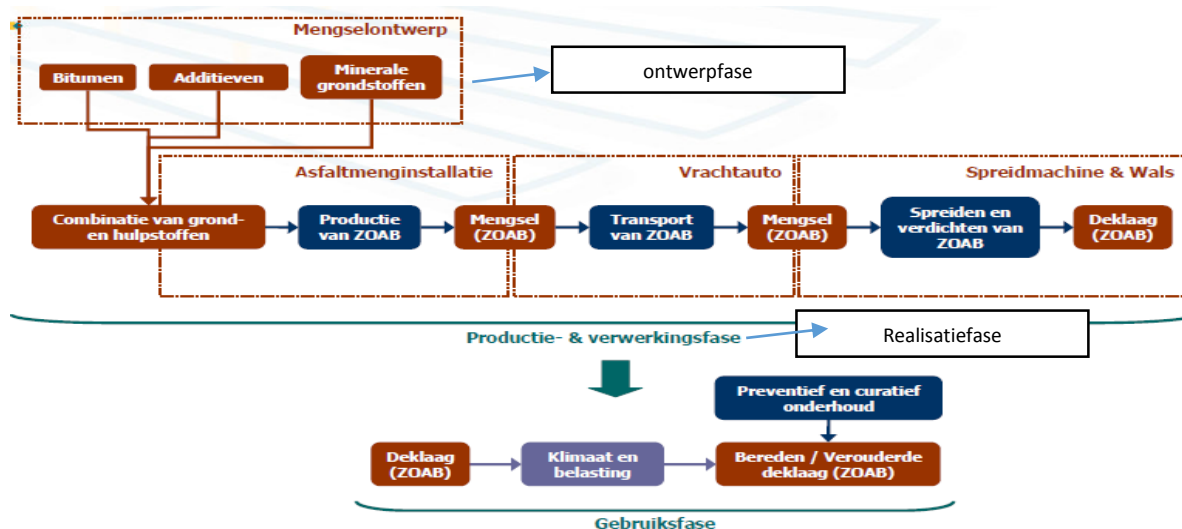
§2.4 Resultaten: Materiaal, Productie, Schades, eigenschappen en parameters

Dit hoofdstuk behandelt de bij het literatuuronderzoek gevonden resultaten van de oorzaken van schades en de relatie tussen deze schades, oorzaken en functionele eigenschappen. Daarnaast geeft dit hoofdstuk een algemeen beeld van het gehele asfaltrealisatieproces.

Het asfaltrealisatieproces

Ten eerste is er onderzoek gedaan naar het asfaltrealisatieproces. Het onderzoek is gedaan om de kennis te vergaren over de productie tot en met de verwerking van asfalt. Er is begonnen met het uitzoeken van de fasen waaruit het asfaltrealisatieproces bestaat. Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan naar de stappen per fase. Nadat de stappen zijn beschreven kunnen de parameters die de kwaliteit van asfalt bepalen worden gefilterd. Door deze aanpak is een volledig beeld ontstaan van de fasen van het asfaltrealisatieproces, de onderlinge stappen en de parameters die de kwaliteit van asfalt bepalen. Hieronder een korte beschrijving van het proces.

Het asfaltproductieproces vindt plaats in een asfaltcentrale. Hier worden de componenten van het asfaltmengsel samengevoegd en verwerkt. Vanuit de asfaltcentrale wordt het asfaltmengsel getransporteerd naar de projectlocatie. Dit transport gebeurt met vrachtwagens die zijn uitgerust met een geïsoleerde, afsluitbare en afgeronde bak. Het asfalt wordt vanuit de silo in de bak gestort. Eenmaal aangekomen op locatie wordt het asfalt in een (shuttle buggy) spreidmachine verladen. Een spreidmachine is een voertuig op (rups)banden, voorzien van een opvangbak voor asfalt, een spreidworm (schoep) en een verdichtingsplaat. De temperatuur moet tijdens het overladen minimaal 150 graden Celsius zijn. Het asfalt wordt in de spreidmachine met een loopband naar achteren getransporteerd en via de spreidworm in een balk over de wegbreedte verdeeld. Tijdens het aanbrengen van het asfalt wordt door de spreidmachine het asfalt reeds verdicht. Aansluitend wordt het asfalt met walsen bereiden totdat de gewenste verdichtingsgraad is bereikt.



Figuur 2 Het asfaltproductieproces (Erkens, van Reisen, v.d. Ven, Voskuilen, & Hofman, 2008)

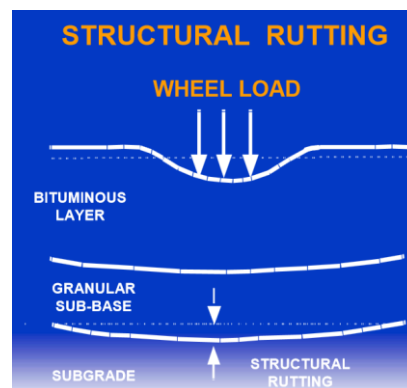
	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§2.4.1 Mogelijke Schadebeelden

De systematische vastlegging van gegevens met betrekking tot 2L-ZOAB wordt gebaseerd op parameters die een rol spelen in de levensduur van asfalt. Om deze parameters te ontwaren dient wel kennis genomen te worden van de schadebeelden die kunnen optreden bij asfalt. Door een literatuurstudie van artikelen, websites, en papers uit te voeren ontstaat inzicht in de mogelijke schadebeelden. Op basis van deze schadebeelden kunnen de parameters die de levensduur van 2L-ZOAB beïnvloeden worden bepaald.

Spoorvorming

Spoorvorming is een permanente vervorming in de weg veroorzaakt door herhalingen van verkeersbelastingen die diepe sporen in de langs- of dwarsrichting van de asfaltverharding achterlaten (KOAC-NPC, 2015). Spoorvorming ontstaat vaak op de rechter baan, hier rijden de zwaarste voertuigen zoals vrachtwagens. Het asfalt wil niet altijd volledig herstellen naar zijn oude vorm, er zal dan een kleine vervorming achterblijven. Bij warm weer is die vervorming van asfalt groter omdat het asfalt viskeuzer wordt naarmate de temperatuur stijgt.



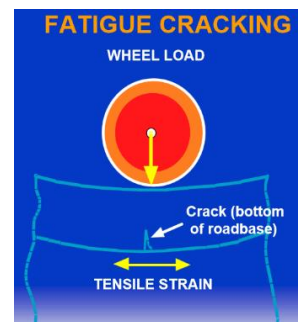
Figuur 3 spoorvorming door verkeer (Transportation Research Board of The National Academies, 2011)

Veroudering

Bitumen in asfalt verouderd waarbij de opbouw en eigenschappen veranderen. De verouderingsprocessen in bitumen zijn de oxidatie en kristallisatie van het bindmiddel. De oxidatie vindt plaats in de lichte delen van bitumen (verzadigde koolwaterstoffen en aromaten). Voor een deel verdwijnen deze bitumineuze delen als gevolg van lucht en U.V.-straling. In de zwaardere delen vindt kristallisatie plaats. In de bitumen ontstaan steeds langere molecuulketens die zwaar en bros worden (Molenberg, 2011).

Scheurvorming door vermoeiing

Evenals spoorvorming ontstaat scheurvorming door verkeersbelastingen in de tijd. Scheurvorming treedt op wanneer een wegdek een gemiddelde temperatuur heeft. Asfalt is bij lagere temperaturen stijver dan wanneer het warmer is. Het zal niet echt vervormen en daardoor scheuren wanneer het regelmatig belast wordt. Door scheurvorming kan een verminderde langsvlakheid (oneffenheden in de lengterichting) en verminderde lastenspreiding, de afdracht van belasting van voertuigen naar de fundering optreden.



Figuur 4 scheurvorming door verkeer (Transportation Research Board of The National Academies, 2011)

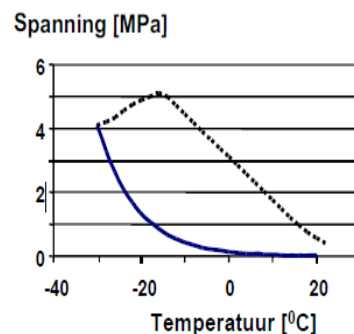
	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Scheurvorming koud weer

Temperatuur heeft een groot effect op bindmiddelen (bitumen) in asfalt. Bij temperaturen onder de -20 °C worden de bindmiddelen erg bros. De viscositeit (stroperigheid) van asfalt wordt beïnvloed door de temperatuur.

Wanneer ZOAB afkoelt krimpt het. ZOAB heeft geen uitzet- of krimpnaden en het hele wegdek ontwikkelt bij krimp trekspanningen. Wanneer de temperatuur snel daalt, ontstaan door krimp trekkrachten in het wegdek die resulteren in scheurtjes. Deze scheuren zullen naar verloop van tijd groter worden en de prestaties van de weg beïnvloeden (Transportation Research Board of The National

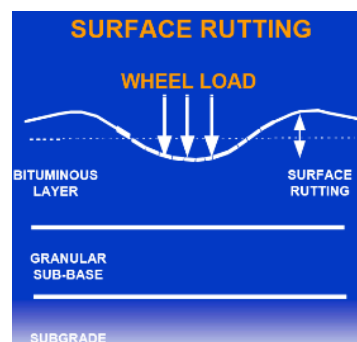
Academies, 2011). Doordat materiaaleigenschappen nogal variëren in asfalt, vertoont de dwarsscheurafstand nogal wat variatie. Er geldt dan ook, hoe groter de sterkte van het mengsel, hoe groter de scheurafstanden, maar ook de scheurwijdte (Technische Universiteit Delft, 2014).



Figuur 5 Relatie temperatuurspanning en treksterkte als functie van de temperatuur (KOAC-NPC, 2006)

Rafeling

Een schadebeeld dat vooral bij ZOAB deklagen voorkomt is rafeling. In Nederland is volgens Erkens (2008) rafeling in 90% van de gevallen de aanleiding om tot onderhoud over te gaan. Rafeling treedt op wanneer banden aggregaat deeltjes lostrekken uit het wegdek. De parameters die bijdragen aan vermoeiing van het wegdek dragen ook bij aan het rafelen. Wanneer het oppervlak wordt blootgesteld aan regen of sneeuw(schuivers) kan dit proces versterkt worden (Transportation Research Board of The National Academies, 2011). Rafeling kan eveneens ontstaan door veroudering van het wegdek. De bitumen die de deeltjes deels bij elkaar dienen te houden wordt zwakker waardoor de steenslag los raakt (redmijnweg, 2014).



Figuur 6 rafeling van het wegdek door verkeer (Transportation Research Board of The National Academies, 2011)

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§2.4.2 Functionele eigenschappen

Het falen van een asfaltverharding (bijv. 2L-ZOAB) wordt getoetst aan de hand van criteria. Welke criteria worden hiervoor gehanteerd? De criteria bestaan uit functionele eigenschappen waaraan een weg moet voldoen om veilig, duurzaam en comfortabel gebruikt te worden. Om kennis te nemen van deze functionele eigenschappen is een onderzoek gedaan naar welke eigenschappen een weg moet hebben. Door het uitvoeren van een literatuurstudie van de eisen die aan SAAone gesteld worden en aan de eigenschappen waaraan een weg moet voldoen zijn de functionele eigenschappen bepaald. Deze paragraaf behandelt wat functionele eigenschappen zijn.

Wat zijn functionele eigenschappen?

Met de invoering van nieuwe Europese regelgeving voor asfalt in 2008 is er in Nederland gekozen voor de functionele benadering van asfaltbeton. Vroeger werd er gespecificeerd op de bestandsdelen van het asfalt die bepalend zijn voor het mechanisch gedrag en vormde dan ook de enige kwaliteitscontrole. Deze controle was geregeld met een CE-markering maar gaf een garantie tot aan de poort van de asfaltcentrale. Echter, een asfaltverharding beschikt pas over de gewenste kwaliteit indien het asfalt de juiste laagdikte heeft en correct verwerkt is (Sluer, 2014).

Bij de nieuwe prestatiecontracten wordt de asfaltverharding gecontroleerd op functionele eigenschappen. Waar vroeger de mechanische eigenschappen leidend waren zijn dat nu de eigenschappen die tijdens de exploitatiefase zorgen voor een stabiele, veilige, en duurzame weg. Het asfalt wordt beoordeeld op basis van eigenschappen als stijfheid, vermoeiingsweerstand, weerstand tegen vervorming en draagkracht.

Tijdens het onderzoek is gekozen voor het inventariseren en specificeren van de functionele eigenschappen van asfaltverhardingen. Deze eigenschappen worden beïnvloed door verschillende parameters, zoals de mengsamenstelling, laagdikte, temperatuur, wals regime en verkeersbelastingen. Door de functionele eigenschappen te specificeren is een inzicht ontstaan in de parameters die de kwaliteit van de asfaltverharding kunnen verminderen. Wanneer niet aan de functionele eigenschappen wordt voldaan is de kwaliteit ontoereikend. Doordat een asfaltverharding zijn functie niet meer voldoende kan vervullen wordt de kwaliteit aangetast en kan gesteld worden dat de asfaltverharding aan het einde van de levensduur is.

In onderstaande tabel staat een samenvatting van de functionele eigenschappen volgens (KOAC-NPC, 2006), (Redmijnweg, 2015) en (Transportation Research Board of The National Academies, 2011):

Tabel 1 Overzicht gevonden functionele eigenschappen

Algemene functionele eigenschappen	Bijzondere functionele eigenschappen
Stijfheid	Weerstand tegen puntbelasting
Draagkracht	Weerstand tegen reflectiescheurvorming
Weerstand tegen vermoeiing	Water afvoerend vermogen
Weerstand thermische scheurvorming	Gevoeligheid voor gladheid
Weerstand tegen vervorming	Weerstand tegen chemische aantasting
Weerstand tegen rafeling	Geluidsabsorptie- en reductie
Stroefheid	
Ondoorlatendheid	
Samenhang	
Vlakheid	

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

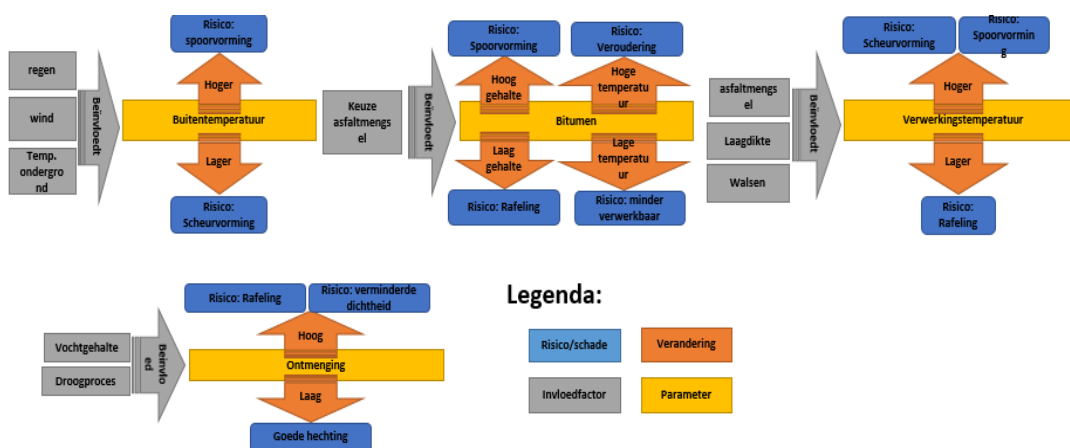
§2.4.3 Parameters tijdens productie en verwerking

Het ontwerp van het asfaltmengsel is bepalend voor de kwaliteit, maar de verwerking hiervan heeft eveneens invloed op de eindkwaliteit. Wanneer het mengsel niet correct wordt verwerkt, worden de in het laboratorium bepaalde mechanische eigenschappen niet voor 100% gehaald. Dit komt doordat er in een laboratorium onder 100% geregelde omstandigheden wordt gewerkt. Hieronder is een voorbeeld gegeven van enkele parameters die de levensduur van asfalt beïnvloeden. Voor een uitgebreide lijst van alle 37 parameters wordt verwezen naar bijlage F.

Verwerkbaarheid

Met de verwerkbaarheid van asfalt wordt de spreidbaarheid, de hoeveelheid energie die nodig is voor het spreiden van asfalt bedoeld (De Bruin, Jacobs, & Rering, 2012). Een asfaltmengsel moet op een normaal tijdstip na de productie en in normale weersomstandigheden met een asfaltspreidmachine kunnen worden verwerkt. De verwerkbaarheid van asfalt is afhankelijk van:

- *Mengselsamenstelling*
- *Ontmenging (homogeniteit)*
- *Handwerk of machinaal aanbrengen¹*
- *Weersomstandigheden*
- *Temperatuur asfalt (in fabriek, transport en verwerking, laagdikte, homogeniteit)*



Figuur 7 Voorbeelden van beïnvloeding parameters

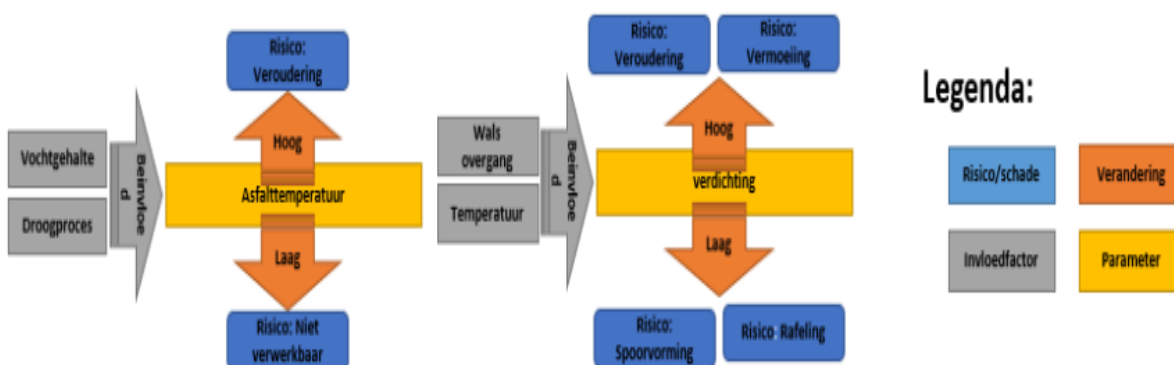
¹ Handwerk beïnvloedt de afkoeling dit is echter niet maatgevend bij 2L-ZOAB, niet in scope

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Verdichtbaarheid

Om een goede kwaliteit asfaltverharding te garanderen is het belangrijk dat het op de juiste manier verdicht wordt. Een goede verdichting zorgt voor een betere weerstand tegen spoorvorming (De Bruin, Jacobs, & Rering, 2012). Onvoldoende verdichting leidt tot een afname van 40% op de scheurtaaiheid en een versnelling van 30% op de scheursnelheid (Bijleveld, Asfaltwegenbouw op weg naar professionalisering, 2010). De Verdichtbaarheid wordt bepaald door:

- Verwerkingstemperatuur asfalt (hopper, afwerkbalk)
- Mengsamenstelling
- Scheuren in onderlaag



Figuur 8 Beïnvloeding van parameters op de verdichtbaarheid

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§2.4.4 Relatieve overzicht schade en parameters

Inzicht in de relatie tussen schadebeelden en parameters en hoe deze de functionele eigenschappen aantasten is vereist. Door de relatie te leggen kunnen vaak terugkomende parameters geselecteerd worden. Op basis hiervan kan de systematische vastlegging worden ontwikkeld. Door de schade en parameters over elkaar heen te leggen en deze te verbinden met de functionele eigenschappen is een beeld ontstaan over de relatie tussen deze verschillende onderdelen.

Invloed parameters spoorvorming

Spoorvorming ontstaat in de exploitatiefase en is herkenbaar aan de geulen in het wegdek. Het ontstaat door de vervorming van de asfaltlaag door de belasting van passerend en stilstaand verkeer. Dit is een kwestie van de mate waarin een asfaltlaag stijf is.

De leverings- en verwerkingstemperatuur van het asfaltmengsel speelt tijdens de gehele cyclus van het realiseren van een asfaltverharding een grote rol in de levensduur. Hoe warmer het asfalt hoe minder stijf, hoe kouder het asfalt hoe brozer het wordt. Wanneer het asfalt verwerkt wordt op locatie zijn de weersparameters zoals de buitentemperatuur, neerslag, wind en bewolking van belang. Wanneer de omstandigheden niet ideaal zijn worden de functionele eigenschappen verwerkbaarheid, stijfheid en de weerstand tegen spoorvorming minder.

Invloed parameters scheurvorming door vermoeiing

Scheurvorming door vermoeiing ontstaat net zoals spoorvorming in de exploitatiefase en is tijdens het ontstaan niet direct zichtbaar omdat de scheurvorming vaak in de onderkant van de asfaltlagen begint. De scheuren komen naar het oppervlak en uit zich eerst als kleine scheurtjes die geleidelijk doorgroeien en in elkaar over gaan. Volgens (Redmijnweg, 2015) leidt scheurvorming uiteindelijk tot overmatige vochtindringing waardoor de tussenlagen en fundering aangetast kunnen worden. Het asfalt verliest zijn hechting waardoor de functionele eigenschappen samenhang en het draagvermogen sterk afnemen.

Zowel de samenstelling van asfaltmengsels als de externe parameters, zoals de temperatuur, belasting en de belastingtijd hebben invloed op de scheurvorming van asfalt (Schulte, 1996). Het aggregaat in asfaltmengsels zorgt voor een dragende functie, als dit niet voldoende sterk is bezwijkt het asfalt onder de belastingen door verkeer. De belastinggrootte en de belastingtijd op het asfalt bepalen voor het grootste deel de mate van scheurvorming, de functionele eigenschap weerstand tegen vermoeiing neemt af.

Naast de temperatuur is de verdichting (functionele eigenschap verdichtbaarheid, tevens parameter) van het asfaltmengsel van groot belang. Voor de verdichting en de levensduur van asfalt zijn het aantal wals overgangen, de verwerkingstemperatuur en de weersomstandigheden bepalend. De transporttemperatuur van asfalt heeft eveneens invloed op de functionele eigenschappen verdichtbaarheid en verwerkbaarheid. De hechting is eveneens van invloed op de scheurvorming. Wanneer lagen niet goed hechten kunnen deze los gaan liggen wat zorgt voor extra spanningen in zowel de fundering als de andere lagen, hierdoor wordt de weerstand tegen vermoeiing minder.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Invloed parameters thermische scheurvorming

Thermische scheurvorming is een schadebeeld dat zich ontwikkelt wanneer de buitentemperaturen snel lager worden. Hierdoor wordt het asfalt brozer en treedt onder belasting scheurvorming op. Tijdens een snelle afkoeling van asfalt treedt er krimp op. Krimp is het samentrekken of uitzetten van een materiaal onder wisselende temperaturen. Asfalt wil bij lagere temperaturen krimpen en dit zorgt voor een trekspanning in de asfaltlaag. Wanneer deze spanning de spanningsgrens van asfalt overschrijdt, ontstaan er scheuren in de weg. Thermische scheurvorming is afhankelijk van de temperatuur, de asfaltsamenstelling en de sterkte van het asfalmengsel. De functionele eigenschap vlakheid en weerstand tegen vermoeiing worden hierdoor aangetast.

Invloed parameters rafeling

Bij ZOAB is rafeling maatgevend door de grote holle ruimte tussen de steentjes (KOAC-NPC, 2015). De parameters die van invloed zijn op de mate van rafeling van de asfaltconstructie zijn de verkeersbelasting, de weersomstandigheden, vochtindringing en de mengselsamenstelling (bitumengehalte en hoeveelheid vulstof).

De weersomstandigheden die inwerken op het asfalt dragen bij aan de mate van rafeling aan het wegdek. Wanneer het bitumen niet voldoende hechting kan opbrengen door bijvoorbeeld te hoge temperaturen zal rafeling versneld optreden. Het bitumen is bij hogere temperaturen viskeuzer waardoor de hechting tussen de verschillende componenten van het asfalmengsel minder wordt. Wanneer de hechting vermindert nemen de functionele eigenschappen weerstand tegen rafeling en samenhang af.

Vochtindringing versterkt de onthechting door de uitloging van het bitumen, hierdoor vermindert de opname van spanningen door de constructie. Opvriezen versterkt de onthechting door bijkomende drukspanningen vanuit het uitzettende water naar ijs.

De mengselsamenstelling en vooral de verhouding van bitumen, vulstof en aggregaat dragen bij aan de weerstand tegen rafeling. Wanneer de hechting en dekking tussen deze twee componenten voldoende is zal rafeling minder snel optreden. De dikte van de bitumenfilm bepaalt een deel van de levensduur. Verder heeft de hoeveelheid bitumen invloed op de weerstand tegen rafeling of spoorvorming, minder bitumen zorgt voor een afname van de spoorvorming maar een toename van de rafeling.

Tevens is de verdichting van het 2L-ZOAB mengsel van groot belang tijdens de aanleg van deze laag. Daarnaast is het verdichten bij een te lage of hoge temperatuur niet optimaal voor de levensduur van het 2L-laags ZOAB.

Invloed parameters veroudering

De veroudering van asfalt is op te splitsen in twee typen verouderingsverschijnselen, dit zijn de fysische- en chemische veroudering. Volgens (Schulte, 1996) treedt fysische veroudering op door de afname van het volume van het materiaal, dit heeft echter een minimale impact op de veroudering van asfalt. De chemische veroudering van asfalt heeft invloed op de functionele eigenschap samenhang, wanneer de samenhang niet voldoet treedt er versneld rafeling op.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§2.5 Discussie en reflectie

Tijdens het onderzoek zijn 5 schadebeelden geïdentificeerd. Daarnaast zijn de prestatiekenmerken gekoppeld aan deze schadebeelden. Op basis van deze prestatiekenmerken zijn 37 parameters gevonden. Het valt op dat sommige parameters bij meerdere schadebeelden terugkomen.

Schades zijn afhankelijk van veel externe en interne parameters. De literatuur geeft veel losse informatie over het ontstaan van schades en de invloed op de levensduur. Deze informatie is erg gesegmenteerd. Hierdoor moeten veel relaties gelegd worden op basis van meerdere literatuurstukken. Juist door het gebruik van meerdere literatuurstukken is de validiteit van het onderzoek vergroot, doordat verschillende bronnen zijn gebruikt en vergeleken.

Het is lastig om een goed beeld te krijgen van de relaties van parameters onderling omdat sommige parameters invloed hebben op andere parameters. Deze parameters kunnen vaak naar meerdere kanten uitslaan (bijv. hoge of lage temperatuur) en veroorzaken dan een ander schadebeeld. Door deze grote variabiliteit is het vooralsnog lastig om alle relaties en invloeden uit te werken. Het moet mogelijk zijn om met de gemeten data op de locatie in te schatten welke kwaliteit kan worden verwacht. Op die inschatting kunnen 'go / no go'-beslissingen worden gebaseerd of beheermaatregelen worden toegepast.

§2.6 Conclusie

Het onderzoek is gedaan om de parameters en schadebeelden die invloed hebben op de kwaliteit en levensduur van 2L-ZOAB te inventariseren. Hierbij was de deelvraag: Op welke wijze kunnen de toplaag en de onderlaag van 2L-ZOAB falen tijdens de productie, transport en verwerkingsfase?

Uit het onderzoek blijkt dat er verschillende schadebeelden zijn die de kwaliteit van 2L-ZOAB beïnvloeden. De kwaliteit van asfalt werd vroeger bepaald door de mechanische eigenschappen van een mengsel. Tegenwoordig wordt dit bij prestatiecontracten gedaan op de functionele eigenschappen van een asfaltverharding. De gedachte hierachter is dat een mengsel in een laboratorium getest wordt onder ideale omstandigheden. Het mengsel in het laboratorium voldoet voor 100%, maar wanneer de verwerkingsomstandigheden niet ideaal zijn zorgt dit voor een vermindering in kwaliteit. Er zijn veel kruislingse relaties tussen parameters en schadebeelden maar ook de beïnvloeding van de functionele eigenschappen. Daarnaast worden parameters beïnvloed door andere parameters.

Er kan worden gesteld dat rafeling het maatgevende schadebeeld is voor 2L-ZOAB. Rafeling en scheurvorming zorgen voor slechte afwatering, gaten en instabiliteit van het wegdek. Hierbij worden de functionele eigenschappen vlakheid, stroefheid, afwatering en geluid reductie niet meer behaald en heeft de asfaltverharding volgens het contract gefaald.

Doelstelling voor het onderzoek was het verkrijgen van inzicht in de parameters die de kwaliteit en levensduur van 2L-ZOAB beïnvloeden. Het onderzoek heeft tot een overzicht en beter begrip van de gedragingen van asfalt geleid en heeft de relaties tussen parameters en schades die de kwaliteit beïnvloeden vastgesteld.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

3.0 Asfalt, risicovol of robuuste oplossing

§3.1 Risico gestuurd onderzoek naar de levensduur van 2L-ZOAB

Een risicoanalyse en –inventarisatie wordt gedaan om organisatie breed risico's in kaart te brengen. Door het in kaart brengen van deze risico's kunnen beheersmaatregelen worden getroffen voor wanneer een ongewenste gebeurtenis plaats vindt. Door deze risico's goed in beeld te hebben staat de organisatie bijna nooit meer voor onverwachte situaties, want de organisatie is in staat om op tijd te anticiperen. Vanuit de risico-inventarisatie kan bepaald worden welke risico's de organisatie buiten de verantwoordelijkheid wil plaatsen (verzekeren), te verminderen (beheersen) en accepteren.

Na 10-15 jaar staat groot onderhoud aan de asfaltverhardingen op het SAAone areaal gepland. Dit groot onderhoud is één keer ingepland tijdens de gehele instandhoudingsperiode en bestaat uit een grote vervanging van alle asfaltverhardingen. De effecten van invloeden tijdens de realisatiefase op de levensduur van 2L-ZOAB zijn vrijwel onbekend, hierdoor loopt de SAAone organisatie een financieel risico. Wanneer blijkt dat de aannames tijdens het ontwerp te licht zijn ingeschat en asfalt eerder dan de voorspelde standtijd vervangen moet worden, brengt dit kosten en een verminderde beschikbaarheid met zich mee. Deze verminderde beschikbaarheid leidt eveneens tot meer kosten wanneer dat ingehouden wordt op de beschikbaarheidsvergoeding. Het is daarom cruciaal om de mogelijke risico's die kunnen leiden tot een verkorte levensduur van 2L-ZOAB op tijd te onderkennen en hier maatregelen voor te treffen.

De risicoanalyse kan naast het in beeld brengen van de huidige risico's voor de organisatie ook toegepast worden als een filter op de 37 parameters lange lijst. Het kan gebruikt worden om een X aantal parameters met een grote kans en impact op de levensduur van 2L-ZOAB te onderscheiden. Wanneer dit X aantal parameters bekend is wordt de keuze voor benodigde technologieën en de systematische vastlegging ontwikkeld. Er zijn enkele risicoanalyses gemaakt voor proefvakken van KWS Infra, helaas zijn deze vooral gericht op de invloeden tijdens de exploitatiefase en niet op de invloeden tijdens de realisatiefase.

Om aan de functionele toetsing te voldoen dient het gehele proces continue gemonitord te worden op variabiliteit van de methode van uitvoering, maar welke parameters zijn belangrijk om te registreren en welke niet? Dit wordt bepaald door de parameters te waarderen op kans x impact. Deze risicoanalyse levert uiteindelijk een X aantal parameters voor registratie op die in de toekomst wordt gebruikt om de levensduur en kwaliteit te verbeteren.

§3.2 Achtergrond: Eerder onderzoek naar risico's in het asfalteringsproces

Voorgaand onderzoek naar de risico's van het asfalteringsproces

Om een beeld te krijgen van de risico's en onderdelen waar het asfaltproces uit bestaat is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de schadebeelden, functionele eigenschappen en de parameters die bovengenoemde veroorzaken. Op basis van deze parameters en fasen is het raamwerk voor de risicoanalyse ingedeeld. Verder is er nog een onderzoek uitgevoerd door een afstudeerder van KWS Infra naar de parameters die de rafeling van asfalt beïnvloeden. In dit onderzoek worden de parameters tijdens de exploitatiefase in meerdere proefvakken gemeten. Deze inzichten kunnen eventueel worden aangesloten op het literatuuronderzoek. Het samenvoegen van deze gegevens leidt tot een accuraat model voor de voorspelling van de levensduur van 2L-ZOAB.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§3.3 Methoden

Uitdagingen en doelen

De uitdaging waarop dit hoofdstuk antwoord geeft is:

- Welke risico's worden er onderkend binnen de organisatie van Realisatie GWW SAAone?

Hiervoor zijn de volgende vragen gesteld tijdens de risicoanalyse:

- 1) Welke risico's hebben de grootste invloed op de levensduur van 2L-ZOAB voor de SAAone organisatie;
- 2) Welke parameters hebben de grootste invloed op de levensduur van 2L-ZOAB voor de realisatiefase;

De doelen van dit hoofdstuk zijn:

- a) Het creëren van inzicht in de huidige situatie van de SAAone organisatie in relatie tot de risico's tijdens de realisatiefase;

Methode en aanpak

Dit onderzoek is uitgevoerd vanuit het perspectief van het personeel dat werkzaam is in het asfaltuitvoeringsproces en vanuit het perspectief van het kwaliteitsmanagement. Het gaat bij de risico-inventarisatie vooral om risico's die de levensduur van 2L-ZOAB verkorten. Om de scope op de systematische vastlegging tijdens de uitvoering te houden wordt in de gemaakte risicoanalyse alleen de productie, transport en verwerkingsfase beschouwd.

De risico-inventarisatie is gebaseerd op eerder uitgevoerd literatuuronderzoek. Hierbij is een raamwerk opgesteld met parameters per fase van het asfalteringsproces waaraan risico's kunnen worden gekoppeld. Op basis van dit raamwerk zijn posters met een matrix verdeeld over verschillende invalshoeken (financieel, technisch, etc.) gemaakt waarna een groep van 6 deelnemers. De deelnemers waren allen asfaltspecialisten. De risico's werden op "post it's" genoteerd en bij de goede fase en parameter gehangen.

Vervolgens werden oorzaken, gevolgen en beheersmaatregelen doorgesproken en gekoppeld. Na afloop van de risico-inventarisatie werden de risico's onderverdeeld in meerdere generieke risico's. Waarna een oorzaak gevolg diagram werd opgesteld.

Hierna werden de risico's plenair behandeld als eerste filtering, waarbij iedere deelnemer 10 punten kreeg om vrij te verdelen over de risico's. Hieruit ontstond een top-10 risicolijst. Voor deze top-10 risico's werden verdere beheersmaatregelen opgesteld en werd onderzoek gedaan naar de mogelijk aanwezige richtlijnen. De beheersmaatregelen zijn omwille van een verminderde relevantie voor dit onderzoek uit deze scriptie gelaten, deze zijn wel terug te vinden in de risicoanalyse en het oorzaak gevolg diagram in bijlagen D & E.

De top-10 bestond voor een gedeelte uit risico's die van toepassing waren op het onvoldoende borgen en invullen van het kwaliteitssysteem en het niet naleven van de richtlijnen. Deze risico's zijn echter niet fysiek meetbare oorzaken tijdens de uitvoering. Voor de systematische vastlegging is er een filtering doorgevoerd tot meetbare risico's.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§3.4 Resultaten: Risico's, beheersing en vast te leggen parameters

§3.4.1 Risico's met invloed op de levensduur 2L-ZOAB

De risico-inventarisatie is gedaan om het beeld dat de SAAone organisatie bij de risico's met de grootste invloed op de levensduur van 2L-ZOAB heeft te ontwaren. Hierbij is in een plenaire sessie met 6 asfalt specialisten een aantal risico's geïnventariseerd. Het overgrote deel van de hieruit voortvloeiende risico's bestaat uit organisatorische risico's met betrekking op de kwaliteit en het naleven van de richtlijnen. De onderstaande risico's zijn de samenvatting van de grootste risico's die tijdens de productie en verwerkingsfase worden onderkend. Onderstaande risico's werden als grootste uitdaging voor de asfaltverhardingen van de SAAone organisatie gezien.

Onjuist gehanteerde uitgangspunten

Uit de top-10 (bijlage H) volgt als belangrijkste risico voor de levensduur van 2L-ZOAB dat er nog onvoldoende ervaring en onderbouwde kennis is met betrekking tot de te hanteren parameters om tot een goed model te komen. Verkeerde aannames tijdens het ontwerp leiden in de gebruiksfase tot een verkorte levensduur van 2L-ZOAB. Denk aan de volledigheid van grondgegevens, ontwerptekeningen die nog gewijzigd worden, onjuiste uitgangspunten voor de levensduur van het mengsel e.d. Het gevolg hiervan is een kortere praktijklevensduur dan verwacht.

Kwaliteitsborging

Het onvoldoende naleven of van toepassing zijn van richtlijnen of het kwaliteitssysteem bij de producent of aannemer is een van de oorzaken dat de kwaliteit per situatie verschilt. Men laat ervaring en eigen inzicht soms voor vastgelegde kwaliteitsdocumenten gaan. Bij een DBFM-contract moet de aannemer meer sturen op het naleven van de instructies wat leidt tot een betere aanvang kwaliteit die resulteert in een langere levensduur. Door het oprekken van de standtijd hoeft SAAone slechts 1 keer groot onderhoud te plegen tijdens de contractperiode en dat scheelt veel geld en resulteert in een grotere beschikbaarheid. Belangrijkste risico bij de productie van het mengsel is de beheersing van temperatuur en vochtgehalte. Bij onvoldoende beheersing zal het asfaltmengsel een lagere kwaliteit hebben.

Te grote bandbreedte in richtlijnen

De richtlijnen voor de verwerking van 2L-ZOAB zijn te generiek opgezet waardoor er ruimte blijft om binnen de bandbreedte te variëren. Hierbij moet gedacht worden aan verwerkingstemperatuur maar ook aan de mengselsamenstelling. Dit is een gevolg van het ontbreken van onderbouwde kennis van 2L-ZOAB. Dit kan niet meer met de huidige inzichten en financiële risico's bij prestatie contracten.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§3.4.2 Risico parameters met invloed op de levensduur van 2L-ZOAB

De systematische vastlegging van data betreffende 2L-ZOAB is afhankelijk van de meetbaarheid van de risico's en hun parameters. Niet-meetbare risico's hebben geen relevantie voor de systematische vastlegging. Doordat de lijst uit 37 parameters bestaat (ook exploitatiefase) moet een voorselectie worden gemaakt zodat de te meten gegevens nog praktisch werkzaam blijven. Op basis van de scoring van asfaltspecialisten is een voorselectie van de top-10 parameters opgesteld. Na de voorselectie van de top-10 parameters wordt deze lijst gevalideerd met collega's uit de praktijk. Dit proces heeft geleid tot de hieronder beschreven top 10 van meetbare parameters.

1. Verdichting

De verdichting wordt bepaald door de weersomstandigheden, het wals regime en de verwerkingstemperatuur. Wanneer een asfaltmengsel niet voldoende is verdicht leidt dit tot eerder optredende schades. Onvoldoende verdichting resulteert in het vervroegd falen van 2L-ZOAB.

2. Verwerkingstemperatuur

De verwerkingstemperatuur is de bandbreedte van temperatuur vanaf de spreidmachine tot de laatste fase van de verdichting met de wals. Zodra asfalt uit de spreidmachine komt begint de afkoeling. Hoe lager de asfalt temperatuur wordt hoe stugger het mengsel en hoe meer de potentiële verdichtingsgraad afneemt. Eenmaal onder de 70 graden Celsius kan niet verder verdicht worden zonder bijkomende permanente schade zoals het vergruizen van de steenslag of geulen door wals materieel. De plekken die gewalst zijn bij een te lage temperatuur zullen altijd zichtbaar blijven en eerder rafeling gaan vertonen.

3. Discontinue aanvoer

Wanneer tijdens de verwerking de aanvoer van het asfalt onderbroken wordt, zorgt dit voor plekken die van een lagere kwaliteit zijn doordat zij afkoelen en niet tijdig gewalst worden. Wanneer de spreidmachine weer verder kan asfalteren wordt warm asfalt op koud asfalt aangesloten wat zorgt voor zwakke plekken in de verharding.

4. Asfalttemperatuur

De asfalttemperatuur wordt beïnvloed tijdens de productie en het transport. Wanneer het granulaat en het bitumen niet voldoende worden voorverhit komt er een slechtere kwaliteit mengsel uit de asfaltcentrale. De asfalttemperatuur wordt beïnvloed door het vochtgehalte in het granulaat. Veel vocht onttrekt warmte en zorgt voor een lagere temperatuur. De asfalttemperatuur neemt ook af tijdens het transport van de centrale naar het werk. Een goed geïsoleerde asfaltwagen beperkt de temperatuurdaling. Een transporttijd van een uur (globaal 60 km) is nog verantwoord. Hierna is de afkoeling en de ontmenging te groot om nog een goede verwerking te verkrijgen. Echter, ontmenging kan worden opgevangen met een shuttle buggy.

5. Ontmenging & 9 Opslagduur

Het te lang in voorraad houden van een asfaltmengsel leidt tot veroudering, ontmenging en een afname van de asfalttemperatuur. Wanneer een asfaltmengsel langer dan een half uur opgeslagen wordt, treedt ontmenging op. Dit is het naar beneden zakken van bitumen in een asfaltmengsel. Het vermindert de hechting tijdens het aanbrengen en is een van de oorzaken van rafeling. Doordat het asfaltmengsel te lang wordt vastgehouden neemt de asfalttemperatuur af over tijd. de hechting van het asfalt wordt ook slechter wat rafeling in de hand werkt.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

6. Uitvoering onder ongeschikte (weer)omstandigheden

Het uitvoeren van asfalteringswerkzaamheden onder ongunstige weersomstandigheden heeft gevolgen voor de verdichting en de verwerkingstemperatuur. In de parameterlijst staat dat van de verschillende weersomstandigheden de wind maatgevend is. Neerslag wordt gezien als van ongeschikt belang en staat niet in de top-10 parameters. Wind zorgt voor afkoeling van het asfalt waar lichte regen slechts hinderlijk is.

7. Wals regime

Het wals regime is bepalend voor de mate waarin asfalt verdicht wordt. Wanneer asfalt slecht verdicht wordt is deze van mindere kwaliteit en heeft deze een kortere levensduur. Het wals regime bestaat uit de keuze voor het correcte materieel en het aantal wals overgangen. Wanneer het verkeerde wals type, een wals die trillend verdicht, wordt gekozen ontstaat er schade aan het asfalt in de vorm van een verbrijzeld asfaltskelet. Dit leidt tot eerdere vermoeiing. Verder is het aantal wals gangen bepalend voor de uiteindelijke verdichting. Het aantal gangen heeft te maken met de laagdikte, weersomstandigheden en het contactoppervlak van de wals.

8. Kleine batches/productie tussendoor

Wanneer een asfaltcentrale een kleine hoeveelheid asfalt moet produceren is het controleren van de kwaliteit niet goed uit te voeren. Hierdoor kan het zijn dat er een afwijkend mengsel (binnen bandbreedte) wordt verwerkt. Dit zorgt voor zwakke plekken in het asfalt.

10. Naden

Waar de spreidmachine is gestopt of waar de breedte van de weg groter is dan die van de spreidbalk ontstaan naden. Deze ontstaan door het aansluiten van warm op koud asfalt. Toepassing van twee spreidmachines naast elkaar voorkomt een langснаad. Bij stopplekken moet een deel van het reeds verwerkte asfalt eruit worden gehaald. Vaak worden naden opgevuld met asfaltemulsie (sealen) dit is echter niet van dezelfde kwaliteit als het asfaltemengsel.

§3.5 Discussie en reflectie

Welke risico's en parameters zijn van invloed op de levensduur van 2L-ZOAB? Dit was de vraag die beantwoord werd door middel van deze risicoanalyse. Na enkele risicosessies is een beeld ontstaan van de grootste knelpunten voor de levensduur van 2L-ZOAB.

Het blijkt nodig te zijn om een monitoringssysteem op te zetten voor het verwerkingsproces van het asfalt ter verlenging van de levensduur van 2L-ZOAB. Opgemerkt wordt dat de geselecteerde factoren voor vastlegging uitwisselbaar zijn. De mogelijkheid bestaat de selectie aan te passen naargelang de kennisontwikkeling vordert. Sterk wisselende factoren zoals asfalttemperatuur dienen continue en automatisch vastgelegd te worden zodat het verloop beter gemonitord kan worden.

De kennisontwikkeling kan worden opgestart door een systematische vastlegging van parameters, schadebeelden en gevolgen. Op basis van deze kennis kan een model gemaakt worden om het degeneratieproces en de gevolgen voor de levensduur beter te voorspellen. Daarnaast levert de ontwikkeling input aan de kwaliteitssystemen waardoor scherper getoetst kan worden. Wanneer de gevolgen bekend zijn onder het uitvoerende personeel ontstaat er een beter begrip.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§3.6 Conclusie

Welke risico's worden er door de SAAone organisatie onderkend die invloed hebben op de levensduur van 2L-ZOAB? Om deze vraag te beantwoorden is een risico-inventarisatie opgezet met enkele specialisten uit de asfaltbranche.

Als 2L-ZOAB eerder faalt dan de levensduur van 10-15 jaar bestaat de kans dat er twee keer groot onderhoud plaats moet vinden met alle gevolgen voor de beschikbaarheid en kosten van dien. Er is dus een groot financieel risico.

Uit de risico-inventarisatie en evaluatie (RI&E) kwam naar voren dat het huidige kwaliteitssysteem niet voldoende borging geeft om aan SAAone haar eigen strenge DBFM-eisen te voldoen. Door beter te controleren op de kwaliteit tijdens de uitvoering kan een langere levensduur gegarandeerd worden. Dat het kwaliteitssysteem momenteel niet voldoet om een onderbouwde levensduurgarantie te geven komt vooral doordat er te weinig onderbouwde kennis en ervaring beschikbaar is over degeneratie van 2L-ZOAB.

Tijdens het ontwerp bestaat het risico van onjuiste aannames. Het gaat hierbij om de aannames voor de verkeersbelastingen in de toekomst. De veiligheidsfactoren worden gekozen door de ontwerper en zijn niet wetenschappelijk onderbouwd met vastgelegde gegevens over het gebruik en het onderhoud van het oude areaal en voorspelde gegevens over toekomstig gebruik en onderhoud. De verkeersintensiteit in de toekomst kan variëren en ook de onderhoudsmethoden kunnen veranderen. Hierdoor kan een te lichte of zware factor worden gekozen.

De meeste risico's liggen in de verwerkingsfase. De verdichting, weersomstandigheden en een discontinue aanvoer van asfalt worden als grootste risico's beschouwd. Deze parameters zijn gewaardeerd op kans x impact en op basis van de ervaring van zowel managers als uitvoerend personeel. Verdichting en kwaliteit gaan hand in hand, de verdichting is afhankelijk van weer, temperatuur en wals regime. Een discontinue aanvoer en slecht weer zorgen voor een snellere afkoeling en een verminderde verdichting.

Met de RI&E is een goed beeld ontstaan van zowel de organisatorische risico's als de invloed parameters. De bandbreedte binnen de richtlijnen kan alleen versmald worden wanneer er meer kennis opgedaan wordt. Met deze informatie is de hoofdvraag beantwoord door het opstellen van een top-10 risico's en een top-10 parameters voor vastlegging. Met deze top-10 parameters worden in het volgende hoofdstuk de benodigde technologieën en de systematische vastlegging vastgesteld.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

4.0 Vastlegging van 2L-ZOAB, nu en in de toekomst

§4.1 Intro: Nieuwe contractvormen - Nieuwe technologieën

Met de komst van nieuwe contractvormen zoals DBFM-contracten worden door de opdrachtgever meer risico's bij de opdrachtnemer gelegd. De opdrachtnemer wordt verantwoordelijk gehouden voor het ontwerp, de bouw, het financieren en het onderhoud van projecten. Doordat de opdrachtnemer ook verantwoordelijk wordt gehouden voor het onderhouden van de wegen op het areaal wordt het leveren van een goede kwaliteit asfalt een stuk belangrijker.

Uit de risicoanalyse blijkt dat het kwaliteitssysteem onvoldoende garantie biedt voor het voldoen aan de strengere normen van DBFM-contracten. Doordat het kwaliteitssysteem gevoed wordt met kennis en bewezen best practices en deze nog niet aanwezig zijn binnen de organisatie schiet het kwaliteitssysteem tekort. Het is daarom wenselijk om de kennisontwikkeling over de parameters die de levensduur en kwaliteit van 2L-ZOAB beïnvloeden te concretiseren.

SAAone heeft besloten een pilot te houden met de systematische vastlegging van 2L-ZOAB. De vastlegging van vooraf bepaalde parameters geeft meer inzicht in de kwaliteit en het gedrag van asfalt. Deze kennis kan gebruikt worden om de kwaliteit en het kwaliteitssysteem te verbeteren voor aankomende projecten. Om deze vastlegging mogelijk te maken is een raamwerk van 10 parameters opgesteld (Hoofdstuk 3) die met nieuwe technologieën vastgelegd gaan worden.

In de aannemerij wordt de kwaliteit van asfalt gemeten door de gebouwde situatie te toetsen door te controleren of voldaan wordt aan de gestelde eisen. Hierdoor worden alleen de parameters voor de gestelde eisen gemeten aan de hand van vooraf bepaalde verificaties (RAW standaard, BO.10A, Beckermethode). Wanneer de bouw al afgerond is en afwijkingen worden geconstateerd zijn vaak dure maatregelen nodig om deze te corrigeren. De gegevens worden handmatig maar niet systematisch geregistreerd. Verder wordt er weinig gedaan met de verzameling en opslag van afwijkende gegevens tijdens de uitvoering van asfalt. Die gegevens zijn van groot belang, omdat daarmee de oorzaak van asfalt dat de levensduur niet haalt kan worden geanalyseerd.

Terwijl er meer en meer technieken beschikbaar komen om metingen aan de weg of het proces te verrichten, blijkt dat de asfaltsector deze nog niet grootschalig geadopteerd heeft. Het invoeren van nieuwe technieken komt traag op gang doordat de meerwaarde nog niet bewezen is in de praktijk. Daarnaast is het lastig om de bruikbaarheid op de korte termijn aan te tonen doordat schades pas na enkele jaren optreden. Dit hoofdstuk behandelt de benodigde nieuwe technieken, de vastlegging van de parameters, het gebruik van de gegevens en de proefopstelling voor de pilot.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§4.2 Achtergrond: Systematische vastlegging van 2L-ZOAB, waarom?

Waarom systematisch vastleggen?

Met de veranderende verantwoordelijkheden in de infrastructurele sector is het verbeteren van de kwaliteit een belangrijk onderdeel geworden van vele grote projecten. De aannemer is verantwoordelijk voor het gehele proces van ontwerp tot onderhoud van het project en moet voldoen aan de strengere DBFM-eisen. Om de kosten te verlagen en de beschikbaarheid te vergroten is het leveren van goede kwaliteit belangrijker dan ooit. Het waarborgen van een goede kwaliteit begint al bij het kiezen van het goede asfaltmengsel, het verminderen van de variabiliteit tijdens het asfaltverwerkingsproces en het analyseren van de toekomstige stukken weg en de tijdens de uitvoer opgetreden anomalieën op plaatsen waar asfalt eerder is uitgevallen dan de voorspelde levensduur.

Introduceren nieuwe technologieën

Voor de systematische vastlegging van 2L-ZOAB worden nieuwe technologieën toegepast waardoor een groot deel van de kwaliteitsborging geautomatiseerd kan worden. Deze automatisering met nieuwe technologieën is al ingezet met enkele onderzoeken binnen het ASPARi-netwerk. Het ASPARi-netwerk bestaat uit een aantal Nederlandse wegenbouwers die samen het asfaltproces willen professionaliseren.

Als partner binnen ASPARi is KWS Infra gestart met het ontwikkelen van een pilot voor de systematische vastlegging van asfalt. Deze pilot wordt opgezet en getest bij het SAAone project. Het ASPARi netwerk heeft enkele innovatieve systemen opgeleverd. Voorbeelden hiervan zijn het PQi framework, een methode om de proceskwaliteit te verbeteren, en het ALIS (Asfalt Logistiek Informatiesysteem) dat asfaltwagens volgt en deze informatie doorgeeft aan operators op de projectlocatie en tegelijkertijd de asfalttemperatuur en vorderingen bijhoudt.

De volgende stap is het ontwikkelen van een praktisch toepasbaar framework voor SAAone waarbij zowel de PQi-methodiek en het ALIS-systeem worden ingezet en gecombineerd om een verbetering in het kwaliteitsmanagement, de uitvoering en de kennisontwikkeling over 2L-ZOAB te bewerkstelligen.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§4.3 Methoden

Uitdagingen en doelen

De uitdaging in dit hoofdstuk bestaat uit:

- Met welke middelen kan de registratie van data over de 2L ZOAB tijdens het transport en de verwerking worden vastgelegd?

Om deze uitdaging op te lossen zijn de volgende onderwerpen onderzocht:

- (1) Welke systemen voor de vastlegging en informatiewinning zijn er beschikbaar binnen SAAone?
- (2) Hoe worden deze gegevens vanuit productie, verwerking en inspectie vastgelegd (praktisch werkbaar)?
- (3) Zijn er algemene voorschriften met betrekking tot de vastlegging van gegevens?
- (4) Welke meetmethoden kunnen worden gebruikt?

Dit hoofdstuk heeft als doelstellingen:

- a) Een inzicht te geven in de huidige methode van vastlegging en verificatie en deze verbeteren;
- b) Een praktisch werkzame vastlegging van gegevens over 2L-ZOAB te ontwikkelen.

Voordat veranderingen worden doorgevoerd binnen een organisatie is het belangrijk om de huidige situatie te analyseren. De vastlegging van gegevens dient gemakkelijk te gebeuren en praktisch werkbaar te zijn. De organisatie werkt met een al opgesteld verificatieplan dat contractueel goedgekeurd is, hierdoor is het van belang om te weten of er naast de parameters voor vastlegging nog andere verificatiemetingen toegevoegd moeten worden.

Methode en aanpak

De systematische vastlegging is bruikbaar voor zowel de uitvoering, het kwaliteitsmanagement en de instandhouding. Het is van belang dat de vastlegging vanuit al deze perspectieven wordt benaderd om een zo uniform mogelijke vastleggingsmethode voor de organisatie te ontwikkelen.

Om het nieuwe vastleggingssysteem te voeden zijn gegevens nodig. Deze informatie moet in overeenstemming zijn met de verificatieplannen en de nieuwe vast te leggen parameters. Het in beeld krijgen van de huidige situatie wordt gedaan door middel van het deelkwaliteitsplan wegen GWW SAAone (Tadema, 2015) door te nemen. Hierin staan de verificaties en toleranties met de bijbehorende meetmethoden voor de vastlegging van asfaltverhardingen. Op basis van de gevonden verificaties worden deze verificatiemethoden vergeleken met de top -10 parameters. Vervolgens wordt een voorstel gedaan om de huidige verificatiemethoden te vervangen door een realtime vastleggingsmethode voor de parameters en de verificatie eisen. Vervolgens wordt de nieuwe opzet met de nieuwe technologieën beschreven.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

PQi-methode

De PQi-methode registreert de weersomstandigheden met weerstations. Daarnaast wordt oppervlakte temperatuur en de afkoeling van het asfalt achter de balk gemeten met een laser line scanner, thermokoppels en een infrarood camera. Bijkomend worden de bewegingen van materieel op de projectlocatie gemonitord. Ten slotte wordt de dichtheid gemeten met een nucleaire dichtheidsmeter na iedere wals overgang (Bijleveld, van Hintem, Oosterveld, Dekkers, & Dorée, 2012). Hierna worden verzamelde data geanalyseerd en gevisualiseerd. Met deze data wordt feedback gegeven en worden verbetervoorstellen gedaan.

Wals navigatie

Dit systeem bestaat uit 3 onderdelen. In de eerste instantie een wals navigatiesysteem in de wals dat de situatie door GPS en temperatuurmeting vastlegt. Dit systeem wordt uitgebreid met software die gegevens over asfaltmengsels en hun gewenste verdichting omzet naar wals modellen. Als tweede kan het project digitaal worden ingevoerd waarbij de wals resultaten in real time worden weergegeven. Ten derde is er een database waarmee over de gehele oppervlakte van de asfaltverharding en de uitgevoerde wals procedure kan worden beoordeeld ten opzichte van het wals model (Heijmans, 2015).

§4.4.2 Hoe worden de gegevens uit de realisatiefase vastgelegd

Deze paragraaf beantwoordt sub vraag 2: Hoe worden deze gegevens vanuit productie, verwerking en inspectie vastgelegd (praktisch werkbaar)? Deze vraag is tot stand gekomen doordat er geen zicht was op wat er nu al wordt vastgelegd en met welke frequentie deze vastlegging wordt gecontroleerd. Hierbij wordt de huidige vastlegging vergeleken met de beoogde vastlegging van parameters. Op basis van deze vergelijking wordt een nieuwe meetmethode opgezet.

Huidige situatie

In overeenstemming met het Deelkwaliteitsplanwegen (DKP wegen) van GWW SAAone (Tadema, 2015), worden enkele keuringen uitgevoerd om de kwaliteit van het asfalt te borgen. Voor deze keuringen zijn enkele parameters benoemd die geverifieerd moeten worden. Deze parameters zijn:

- | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| - <i>Naden / lassen</i> | - <i>Weersgesteldheid</i> | - <i>Aansluiting</i> |
| - <i>Bouwstoffen</i> | - <i>Tolerantie X Y</i> | - <i>voegovergangen</i> |
| - <i>Kleef</i> | - <i>Temperatuur</i> | - <i>Holle ruimte</i> |
| - <i>Laagdikte</i> | - <i>Walsen</i> | - <i>Stroefheid</i> |
| - <i>Verdichting</i> | | |

Vergelijking algemene voorschriften vastlegging en toekomstige vastlegging

De top-10 parameters die tijdens de risicoanalyse zijn vastgesteld worden in deze paragraaf vergeleken met de huidige verificatiemethoden. Deze vergelijking wordt gedaan om te achterhalen wat SAAone al vastlegt en welke parameters aanvullend dienen te worden gemeten. Uit deze vergelijking volgt dat 3 van de 10 parameters daadwerkelijk navolgbaar worden geregistreerd. Deze parameters zijn de asfalttemperatuur, naden en weersomstandigheden. De overige verificaties zijn meer gericht op het toetsen van de gebouwde situatie. De voorschriften voor de huidige verificaties kunnen worden gevonden in de standaard RAW of de contractdocumenten, voor een specifiekere omschrijving zie bijlage I.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Tabel 2 Huidige en toekomstige vastleggingsmethode i.r.t. eisen

Verificatie	Methode (Huidig)	Methode (Toekomst)	Eis (min.)	Eis (Max.)
Type mengsel (verificatie)	CE-markering, Afleverbon,	Kwaliteitsborging centrale, frequent auditeren centrale	Te specificeren in ontwerp	Te specificeren in ontwerp
Holle ruimte (verificatie)	Beckermethode	Beckermethode	< minder dan 17 sec uitstroom, gem. niet hoger dan 20 sec.	""
Hoogteverschillen & tolerantie XY (verificatie)	Meting onder rei (3 m) en uitmeting GPS	Laser en GPS + datatransfer	< 5 mm over 2 m < 70 mm t.o.v. wegberm	< 150 mm t.o.v. wegberm
Laagdikte (verificatie)	Hoeveelheid / oppervlak geasfalteerd	GPS + datatransfer	Te specificeren in ontwerp	Te specificeren in ontwerp
Remvertraging & stroefheid (verificatie)	Referentie mengsel / remproef	Lasermeting ruwheid + datatransfer	>5.2 m/s ²	n.v.t.
Verdichting, verwerkingstemperatuur & walsregime (top-10 parameters)	n.v.t.	IR-sensor, verdichtingsmeter, GPS-tracer + datatransfer	Verdichting: n.v.t. Temp: >60 Celsius Wals: n.v.t.	Verdichting: n.v.t. Temp: <180 C Wals: n.v.t.
Discontinue aanvoer, asfalttemperatuur (v) en ontmenging (top-10 en verificatie)	Disc: n.v.t. Temp: meting in vrachtwagen Ontmeng: n.v.t.	GPS, IR-sensor/RFID chip + data transfer	Disc: geen uitval Temp: >130 C Ontmeng: <30 min stilstand	Disc: " Temp: >150 C Ontmeng: <1 uur
Opslagduur (top-10 parameters)	n.v.t.	Audits, RFID + datatransfer	<30 min.	< 1 uur
Weer (top-10 en verificatie)	Ervaring uitvoerder	Weermodellen/weerstation	gespecificeerd in werkinstructie	""

Wat gaat vastgelegd worden?

Het SAAone project wordt gebruikt als een pilot voor de systematische vastlegging van 2L-ZOAB. Het onderhoudsconcept van SAAone gaat uit van een eenmalige vervanging of overlaging van het aangebrachte 2L-ZOAB. Wanneer het 2L-ZOAB een kortere standtijd heeft dan de aangenomen 10-15 jaar zorgt dit voor vervroegd groot onderhoud. Daarbij komt de mogelijkheid van het twee keer moeten plegen van groot onderhoud, met een groot financieel risico voor SAAone als gevolg. Om dit risico te verminderen en de geleverde kwaliteit aan te tonen wil SAAone een systematische vastlegging opzetten. Deze paragraaf gaat in op de parameters die minimaal vastgelegd moeten worden en met welke systemen dit kan gebeuren.

Met het introduceren van het ALIS-systeem door KWS Infra is de eerste stap gezet richting een verbeterde kwaliteit van asfalt. Het ALIS-systeem heeft het logistieke gedeelte van het asfaltrealisatieproces deels afgedekt. Het systeem registreert de reistijd, de asfalttemperatuur tijdens het laden vanuit de silo, het verladen en het aantal tonnen asfalt. Met ALIS is de meting van de asfalttemperatuur geautomatiseerd en wordt deze accuraat vastgelegd. Het mengseltype wordt getraceerd en de balkman wordt gewaarschuwd wanneer een asfaltwagen met het verkeerde mengsel of bij de verkeerde spreidmachine staat. Doordat de asfaltwagens goed traceerbaar zijn voor zowel de uitvoerder als de operators is het risico van discontinue aanvoer uit de top-10 parameters grotendeels verholpen. De spreidmachinist kan de snelheid van de spreidmachine aanpassen op de aankomsttijd van de asfaltwagen.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

De PQi-methode meet de oppervlakte temperatuur van het asfalt achter de balk met een laser line scanner. Infraroodcamera's meten de afkoeling van het asfaltoppervlakte. Weerstations meten de weersomstandigheden (voornamelijk wind). Daarnaast vinden er metingen plaats met een nucleaire dichtheidsmeter om de verdichting van het asfalt tijdens het walsen te registreren. Hiervan worden visualisaties en 4D modellen gemaakt.

Voor de systematische vastlegging van het uitvoeringsproces van 2L-ZOAB wordt voorgesteld de PQi-methode, wals navigatie- en het ALIS-systeem met elkaar te integreren. Hierbij dient de realtime vastlegging doorgetrokken te worden naar de PQi-methode die nu vooral evaluatief gebruikt wordt. Personeel op locatie krijgt direct de juiste informatie in realtime om het uitvoeringsproces te verbeteren. Op basis van deze informatie kan tevens direct gestuurd worden op de verbetering van de kwaliteit van het 2L-ZOAB.

De uitvoerder

De uitvoerder dient vooral informatie te krijgen over de asfalttemperatuur, het type asfalt en de hoeveelheid asfalt die verwerkt en geleverd gaat worden. De asfalttemperatuur heeft een relatie met de transporttijd, duurt transport te lang dan koelt asfalt verder af en ontmengt het. Met bovengenoemde gegevens kan de uitvoerder de vordering van het werk monitoren en tevens kan het dagrapport automatisch worden ingevuld.

De spreidmachinist

De spreidmachinist kan gebruik maken van de verwachte aankomsttijd van de asfaltwagen. Wanneer de transporttijd oploopt kan de spreidmachinist de snelheid van de machine aanpassen. De spreidmachine is uitgerust met een GPS systeem, met de GPS kan de machinist de locatie monitoren en de temperatuur en onvlakheden op de locatie achter de balk vastleggen.

De wals machinist

De wals machinist heeft genoeg informatie aan de oppervlaktetemperatuur achter de balk en voor de wals. Met metingen van infraroodcamera's kan de machinist koude plekken snel identificeren en het wals regime hierop aanpassen. Dichtheidsmetingen kunnen worden uitgevoerd om de mate de verdichting te bepalen. Wanneer de benodigde dichtheid is behaald kan de wals verder. Dit vermindert de kans op vergruizing (zie walsregime: top-10 parameters) en zorgt voor een snellere verwerking. De snellere verwerking komt tot stand doordat er geen onnodige wals overgangen meer hoeven te worden uitgevoerd. Het installeren van een GPS systeem op de wals kan het aantal wals gangen en de locaties waar de wals is geweest vastleggen.

Vastlegging parameters

In de onderzochte literatuur wordt de kwaliteit hoofdzakelijk bepaald door de verdichting. De verdichting is afhankelijk van temperatuur en het walsregime. Wanneer de temperatuur niet optimaal is wordt de verdichting van asfalt lastiger door een verminderde verwerkbaarheid. Is asfalt te koud dan wordt het taai en kan de steenslag niet langs elkaar schuiven om een stevig skelet te vormen. Dit skelet is benodigd voor een goede draagkracht. De oppervlaktetemperatuur is onder meer afhankelijk van de buitentemperatuur, weersomstandigheden (wind) en de temperatuur van de ondergrond.

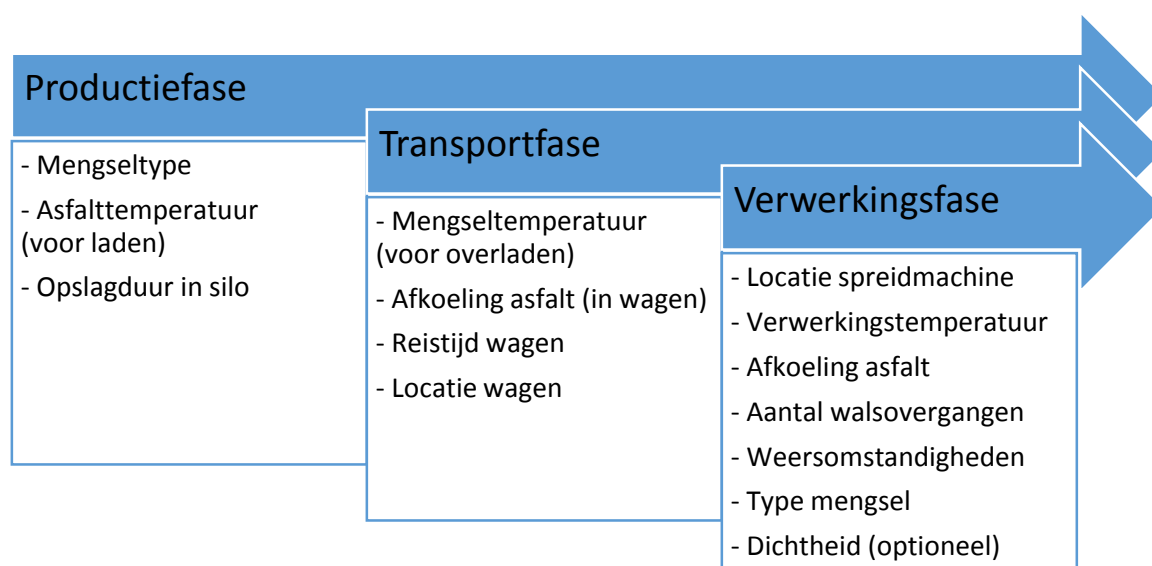
	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Wanneer het asfalt te warm is, wordt het opgestuwd door de walsrol, levert microscheurvorming op en verhoogt het risico op spoorvorming. Het verkeerd gebruiken van een wals, bijv. het trillend verdichten of het overmatig verdichten van 2L-ZOAB leidt tot vergruizing en afname in de verdichting en draagkracht.

De volgende set parameters moet minimaal worden vastgelegd:

- Asfalttemperatuur²
- Opslagduur in silo
-
- Reistijd asfaltwagen
- Locatie asfaltwagen & spreidmachine
-
- Afkoelingsgraad asfalt tijdens verwerken en transport
- Weersomstandigheden (vooral windsnelheid i.v.m. afkoeling)
-
- Verwerkingstemperatuur
- Aantal wals overgangen
-
- Type mengsel (mengselcode)

Aanvullend kan de dichtheid worden gemeten. De dichtheid is uit de selectie gelaten omdat er geen eis bestaat voor de verdichting van 2L-ZOAB en er geen controle kan worden uitgevoerd.



Figuur 11 Metingen per fase

² De asfalttemperatuur wordt tijdens laden op de centrale en het verladen gemeten. Echter, het meten van de asfalttemperatuur tijdens het verladen is al te laat als dit te koud is. (mits er een shuttlebuggy wordt gebruikt)

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§4.4.4 Welke meetmethoden kunnen worden gebruikt?

Het inventariseren van de mogelijke meetmethoden die hedendaags ontwikkeld zijn en toegepast kunnen worden heeft geleid tot een aantal te gebruiken technieken. Hoe moeten deze worden geïnstalleerd en gebruikt? Deze paragraaf behandelt het informatiesysteem en de uitrusting van het materieel.

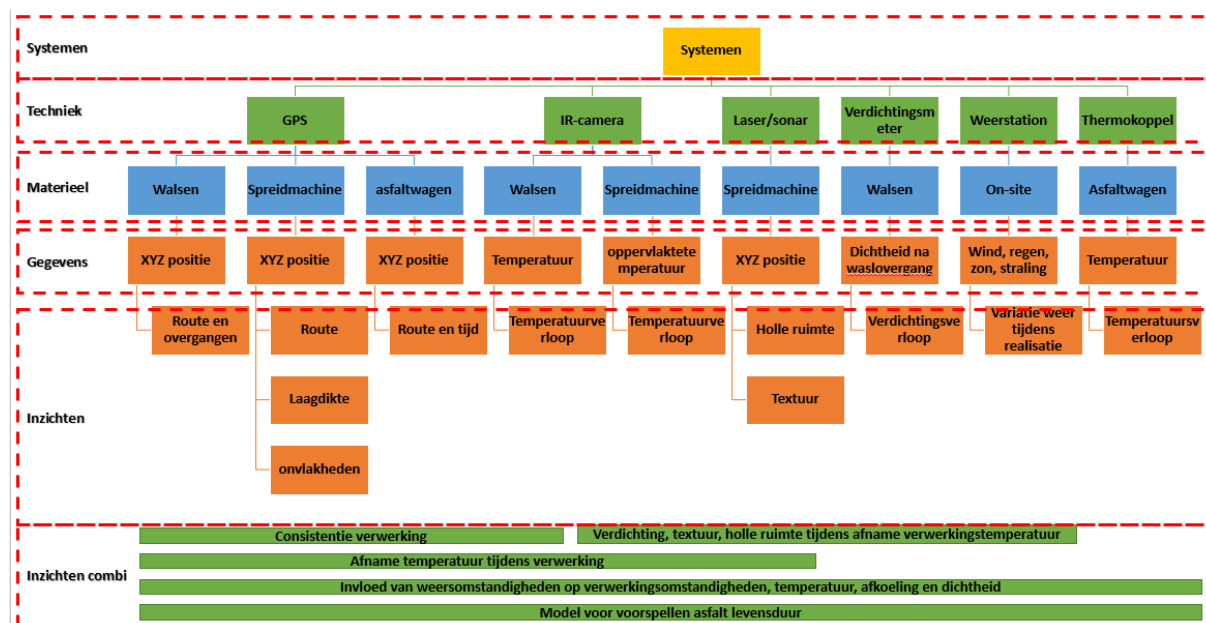
Uitrusting materieel

Voor de systematische vastlegging en de uitwisseling van real time informatie is de installatie van enkele technieken op het materieel benodigd. Deze uitrusting bestaat uit een GPS systeem, Infrarood camera's, lasers, dichtheidsmeters en weerstations. Met deze apparatuur kunnen de bewegingen van het materieel, afkoeling van het asfalt per locatie en uitmetingen plaatsvinden die direct gebruikt kunnen worden om te sturen en aan te tonen dat aan de eisen is voldaan.

Tabel 3 Uitrusting materieel met nieuwe technieken

Materieel	Technologie
Spreidmachine	D-GPS+ IR-camera + Line laser
Walsen	D-GPS + IR-camera
Asfaltwagen	D-GPS
Op locatie	Weerstation, tri-pod met IR-camera, nucleaire dichtheidsmeter

Hieronder een schema met de technieken die per materieelsoort zijn geïnstalleerd en welke gegevens zij vastleggen. Daaronder is aangegeven welke systemen gegevens kunnen combineren om het uitvoeringsproces te optimaliseren.



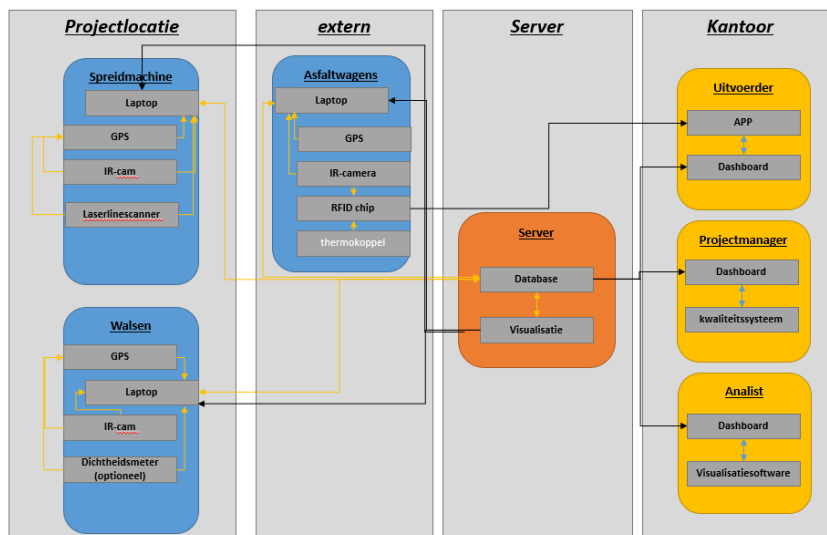
Figuur 12 Toe te passen technieken en installatie op materieel met vast te leggen data en het gebruik hiervan

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Opzet informatiesysteem

Het informatiesysteem zal worden gebruikt door verschillende lagen in de organisatie. Dit zorgt ervoor dat de informatie die wordt weergegeven moet worden aangepast aan de doelgroep die de informatie opvraagt. Hiervoor moet de informatie uit de database via een server gefilterd worden naar een bruikbare interface voor de verschillende niveaus in de organisatie.

De informatiebehoefte per organisatie laag verschilt. De uitvoerder op de projectlocatie wil direct een overzicht hebben van vordering en kwaliteit van het werk op de locatie. Deze informatie zal close-to-realtime en visueel ingesteld moeten zijn zodat direct geanticipeerd kan worden op problemen. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van een app die gevoed wordt door de externe server.



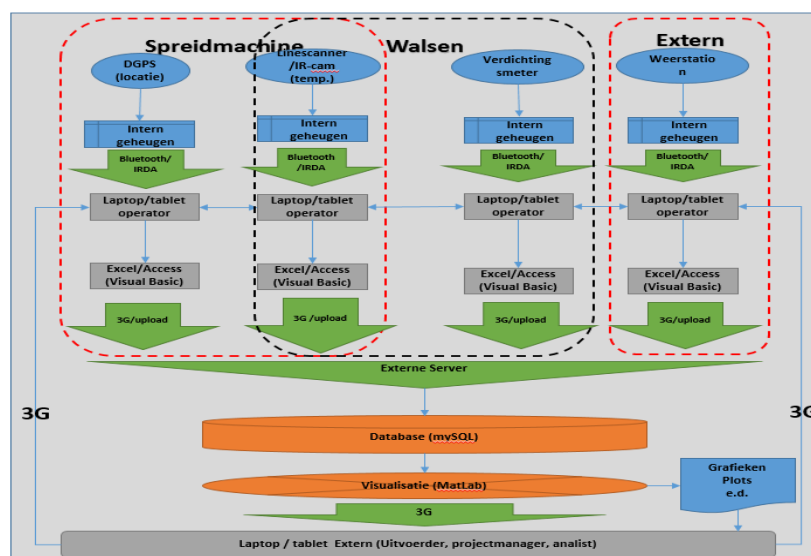
Figuur 13 Concept opzet informatiesysteem en gegevensuitwisseling

De projectmanager is geïnteresseerd in de vordering van het grotere geheel, loopt het asfalteren nog op planning en wordt er geleverd wat er gevraagd wordt. Hierbij is de eindkwaliteit vooral leidend. De metingen zouden kunnen dienen als verificatie voor een eis.

De analist wil weten waar asfalt beschadigd is en of dit eerder is dan de voorspelde standtijd. Wanneer deze constatering wordt gedaan kan de analist de afwijkingen in het verwerkingsproces terugvinden en conclusies trekken om het proces te verbeteren.

Communicatie tussen systemen

De data en informatie-uitwisseling op de projectlocatie wordt gedaan met behulp van bluetooth en RFID om een verbinding tussen een laptop en de geïnstalleerde technologie te maken. De gegevens worden vastgelegd met een vooraf vastgestelde interval. Gegevens worden voor de operator gevisualiseerd zodat deze hierop kan handelen.



Figuur 14 Communicatiemethoden tussen materieel, server en operators

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Tevens worden de gegevens opgeslagen in een Excel of Access bestand met Visual Basic (VBA) waarna dit doorgezet wordt naar een externe server met behulp van 3G. De database op de externe server visualiseert de informatie voor de uitvoerder en stuurt deze terug naar het dashboard van de uitvoerder.

De uitdaging is het vinden van een goed detailniveau dat nuttig en snel omgezet kan worden naar realtime visualisaties, zonder dat de hoeveelheid informatie zorgt voor het verlies aan overzicht. Om dit te bereiken dienen de gegevens vroegtijdig gefilterd te worden zodat de data snel en volledig over de bandverbinding kan worden verzonden. Het opslaan van een grote hoeveelheid gegevens is handig voor het analyseren van knelpunten met betrekking tot de levensduur van 2L-ZOAB maar niet voor operationeel en strategisch beheer. Er dient een balans te worden gevonden tussen beide uitgangspunten.

Voorstel voor het duidelijk vastleggen van relevante gegevens zonder dat het overzicht verloren raakt is het selectief filteren en opslaan van gegevens. Het vastleggen van uitzonderlijke gegevens buiten de gestelde grenswaarden van parameters zorgt voor een verminderd detailniveau, verminderde benodigde geheugencapaciteit en meer relevantie

Voorbeelden van combinatie en gebruik gegevens

Door de combinatie van de meetgegevens kunnen verschillende inzichten en visualisaties worden gemaakt. Onderstaande alinea's geven een paar voorbeelden van de inzichten die de gecombineerde gegevens kunnen opleveren.

Invloed buitentemperatuur op afkoeling asfalt en verdichting

Het in kaart brengen van de afkoeling van asfalt onder verschillende omstandigheden kan op eenzelfde manier worden gedaan. Wanneer de windsnelheid en buitentemperatuur worden gemeten en hiertegenover de afkoeling van asfalt wordt gezet over een bepaald tijdsverloop kan snel worden gezien welke omstandigheden de temperatuur van het asfalt bepalen. De uitvoerder op locatie kan daarnaast controleren of er nog binnen de norm wordt gewerkt. Wanneer dit niet het geval is kan de uitvoerder opschalen naar de disciplineleider GWW om te overleggen of er verder gewerkt wordt of dat er gestopt wordt. Bij het gebruik van weermodellen kan de go of no-go worden onderbouwd. De gegevens die bij het werken onder afwijkende omstandigheden worden geregistreerd dienen in de database te worden opgeslagen voor verdere analyse.

Locatie gebonden informatie over asfaltdichtheid

Het samenbrengen van meerdere factoren die de operaties op de projectlocatie beïnvloeden kan worden gedaan door het toevoegen van locatie gerelateerde data zoals coördinaten van waar de wals is geweest na de eerste overgang. Het verdichtingsverloop kan worden gemonitord over de tijd en op de locatie. Dynamische afbeeldingen kunnen worden gemaakt om de begindichtheid te vergelijken met de behaalde einddichtheid. Hier kunnen plekken waar de wals (nog) niet voldoende is geweest worden opgespoord en wanneer dergelijke locatie (coördinaten) eerder schades gaat vertonen dan de rondom liggende stukken kan dit worden herleid.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§4.5 Discussie en reflectie

Consequenties voor de wegenbouw

De systematische vastlegging van 2L-ZOAB brengt veel veranderingen met zich mee. De kwaliteitssystemen van aannemers zullen op een andere manier ingericht moeten worden om met de grotere variatie in gegevens om te gaan. De verificaties worden niet meer gedaan nadat de verharding gebouwd is maar kunnen tijdens de uitvoering worden gedaan, afwijkingen kunnen bijgestuurd worden en zijn ook duidelijker te herleiden. Door de systematische vastlegging wordt het grijze gebied waarin de aannemer nu nog speling heeft drastisch ingeperkt. De instandhoudingsafdeling kan in de toekomst de kwaliteit monitoren en mogelijk relateren aan de wijze waarop het asfalt verwerkt is. De wegenbouw als branche kan leren van de gegevens die zijn verzameld met de systematische vastlegging om het asfalteringsproces te verbeteren.

Een stap verder zou ook gedacht kunnen worden aan de volledige automatisering van het asfaltproductieproces, door bijvoorbeeld een 3D model met gps- coördinaten te maken en deze in de computer van de spreidmachine te stoppen. Hiermee kan de spreidmachine worden bestuurd en zo een wegvak aanleggen dat voldoet aan de gestelde eisen.

Uitvoerbaarheid

De systematische vastlegging van 2L-ZOAB lijkt uitvoerbaar te zijn. Met een basis uit het ALIS programma en de PQi-methode is al aangetoond dat de technologie geen belemmering vormt voor de vastlegging van verschillende asfaltparameters. In de kwaliteitssystemen moeten een aantal onderdelen worden aangepast om deze nieuwe ontwikkeling te ondersteunen, dit draagt bij aan een verbeterde kwaliteit. Met de hedendaagse communicatie en visualisatie technieken kan gegevensoverdracht snel en accuraat tot stand komen. Hoe deze gegevens in een database moeten worden gestopt heeft enig aanvullend onderzoek.

Frequentie metingen en detailniveau metingen

De vastgelegde gegevens liggen in het gebied van "big data". De datasets kunnen gigantisch zijn en bevatten veel gegevens. Het kan hierbij optreden dat de grootte van de datasets ervoor zorgt dat er een vertraging in de real time visualisatie voor de operator en uitvoerders plaatsvindt. Het voorkomen van vertraging kan worden gedaan door filtering in een programma om de benodigde informatie per functie te verzenden. Een andere overweging zou het selectief vastleggen van uitzonderlijke parameters (buiten bandbreedte) kunnen zijn. Hierdoor wordt de dataset kleiner.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

§4.6 Conclusie vastlegging 2L-ZOAB

De vraag die dit hoofdstuk beantwoordt is: Met welke middelen kan de registratie van data voor 2L-ZOAB tijdens het transport en de verwerkingsfase worden vastgelegd? Er is nog weinig onderbouwde kennis over 2L-ZOAB en de ervaring van personeel is vooral expliciet aanwezig en gebaseerd op best practices.

Tijdens het onderzoek werd al snel duidelijk dat de huidige vastlegging niet voldoet. Kwaliteit wordt gemeten aan de mate waarmee aan de eisen voldaan is. Dit gebeurt vaak na de bouw. Terwijl de verwerking de uiteindelijke kwaliteit van het 2L-ZOAB beïnvloedt. Hierdoor kan moeilijk worden gestuurd op optimale kwaliteit. De huidige verificatiemethoden zijn gebaseerd op de standaard RAW.

De middelen die ingezet moeten worden voor de systematische vastlegging van 2L-ZOAB zijn deels al aanwezig in de vorm van systemen zoals ALIS en de PQi methode. Op andere projecten zijn pilots uitgevoerd om de systemen te testen en de resultaten zijn veelbelovend. Met enkele aanpassingen kan een gelijktijdige realtime vastlegging en analyse voor toekomstige schades worden uitgevoerd. Om dit systeem toe te passen bij SAAone is het benodigd om materieel uit te rusten met D-GPS, IR-camera's, laser line scanners, dichtheidsmeters en weerstations. Hiervoor zijn in dit hoofdstuk enkele voorstellen gedaan voor zowel de uitrusting als de meetfrequentie.

Of het doel, inzicht krijgen in het asfalteringsproces gehaald wordt kan alleen met toekomstige tests op SAAone worden aangetoond. Het opzetten van een conceptstelsel is op hoofdlijnen gedaan maar de ICT inrichting moet verder uitgewerkt worden.

5.0 Overzicht Conclusies

Deze scriptie is opgesteld om uit te zoeken of het mogelijk is om de systematische vastlegging van gegevens tijdens de realisatie van 2L-ZOAB bijdragen aan een beter inzicht in de faalmechanismen en mogelijke oorzaken hiervan bij infrastructurele werken te in beeld te krijgen. Dit onderzoek is gedaan omdat blijkt dat er nog onvoldoende kennis is van de invloed van parameters en schades op de levensduur van 2L-ZOAB. Er zijn enkele onderzoeken geweest naar de vastlegging van 2L-ZOAB maar deze waren vooral gericht op het evalueren van de uitvoeringsmethode en niet direct ingestoken om te sturen op kwaliteit.

Tijdens het onderzoek waren de volgende bevindingen opvallend. ***Veel parameters kunnen op meerdere manieren de levensduur van 2L-ZOAB beïnvloeden.*** Temperatuur is bijvoorbeeld tweezijdig, deze kan laag uitvallen en zorgt voor rafeling door onvoldoende samenhang of hoog uitvallen waardoor scheuren en spoorvorming ontstaan.

Tijdens de risicosessie viel het op dat de kwaliteitsborging verbeterd kan worden. De kwaliteit van asfalt wordt gemeten door het voldoen aan de gestelde eisen en dit goed aan te kunnen tonen in verificaties nadat het project is gerealiseerd. Dit is in het kader van het verbeteren van de levensduur van 2L-ZOAB de verkeerde aanpak. De kwaliteit en de levensduur worden niet aangetoond op basis van de gebouwde situatie, maar op basis van de eigenschappen die meegegeven worden tijdens de verwerking van het asfalt en het mengselontwerp.

Het gebruik van nieuwe technieken om het asfaltrealisatieproces vast te leggen is goed mogelijk. Vele praktijk onderzoeken zijn al uitgevoerd naar het gebruik van deze technologieën. Resultaten hiervan zijn de PQi-methode en het ALIS. Deze systemen zijn al operationeel en toepasbaar bij SAAone.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

6.0 Aanbevelingen

Dit uitkomsten van dit onderzoek laten zien dat de werkzaamheden tijdens het uitvoeringsproces een grote invloed hebben op de uiteindelijke kwaliteit en daarmee de levensduur van 2L-ZOAB. Daarnaast bleek dat ook de benadering van de kwaliteitsborging voor 2L-ZOAB onvoldoende concreet is verwekt in de keuringsprocessen (verificaties) van de SAAone organisatie. De onvoldoende concrete kwaliteitsborging komt voort uit en gebrek aan voldoende onderbouwde kennis en ervaring. Het is dan ook aan te raden om naast de in de praktijk uitgevoerde vastlegging van de parameters tijdens het asfaltrealisatieproces tevens onderzoek te blijven doen naar het verkleinen van de bandbreedtes van een asfaltmengsel. Dit kan worden gedaan door de vastlegging van de optredende schadebeelden, de parameters en de invloeden uit de exploitatiefase te combineren en te analyseren.

Aanbevelingen voor verder onderzoek

- Het gebruik en de vastlegging van big data tijdens de exploitatiefase van de 2L-ZOAB asfaltverharding. Bijvoorbeeld het wegen van het passerende verkeer, het vastleggen van de gemiddelde snelheid, schades en verkeersintensiteit. Maar ook de weersomstandigheden en onderhoudswerkzaamheden. Deze gegevens hebben eveneens invloed op de levensduur van 2L-ZOAB.
- Het analyseren van het benodigde aantal wals overgangen in relatie tot de verwerkingstemperatuur om tot een juiste verdichting te komen. Er is veel variatie in het aantal wals overgangen dat benodigd is bij variërende temperaturen en mengsels. Inzicht in deze gegevens zorgt voor een verbeterde verdichting en dus kwaliteit.
- Het versmallen van de bandbreedte in de richtlijnen en werkinstructies door de vastgelegde gegevens uit de asfaltrealisatiefase te analyseren en te optimaliseren. De richtlijnen zijn nu nog te breed om een gegarandeerde kwaliteit voor een DBFM-contract te leveren.

Aanbevelingen voor de SAAone organisatie

- Integreer nieuwe technologieën in het asfaltrealisatieproces om productiedata vast te leggen. Hiertoe wordt aanbevolen om de asfaltsets die het 2L-ZOAB gaan aanbrengen uit te rusten met een DGPS-systeem, Infraroodcamera(spreidmachine, wals en on-site), laser line scanner (spreidmachine) en weerstations (on-site). Denk bij de vastlegging aan verwerkingstemperatuur, directe uitmeting van het werk, de laagdikte en de afkoeling.
- Er dient een database te worden opgericht waarin al deze gegevens kunnen worden opgeslagen. Deze database moet ook in staat zijn schadebeelden en gegevens uit andere databases kunnen kopiëren waardoor uitwisseling van gegevens ontstaat. Deze database kan al input dienen voor de BIM-omgeving. Hieruit kunnen modellen en real time systemen gevoed om het proces te visualiseren. Deze gegevens kunnen tevens door instandhouding worden gebruikt om het areaal en de schades in beeld te krijgen d.m.v. GIS.
- Het samenvoegen van de systemen (ALIS, PQi-methode) die ontwikkeld zijn binnen het ASPARi-netwerk is een van de eerste stappen die leidt tot een verbeterde systematische vastlegging en daarmee uitvoeringsmethode.

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Bibliografie

- Bijleveld, F. (2010). *Asfaltwegenbouw op weg naar professionalisering*. Scharwoude: Universiteit Twente.
- Bijleveld, F., van Hintem, P., Oosterveld, M., Dekkers, R., & Dorée, A. (2012). *Brede inpassing van de PQI-methode in de praktijk*. Enschede: TU Twente.
- De Bruin, B., Jacobs, M., & Rering, J. (2012). *Bepaling verwerkbaarheids- en verdichtingsparameters asfaltmengsels*. Ede, Utrecht: CROW en BAM Wegen.
- EAPA & Eurobitumen. (2011). *Fit for tomorrow: Asphalt paving*. EAPA. Opgehaald van www.eapa.org.
- Eg, M. (2014). *Deelkwaliteitsplan wegen*. Diemen: SAAone.
- Erkens, S., van Reisen, F., v.d. Ven, M., Voskuilen, J., & Hofman, R. (2008). *Verbetering levensduur tweelaags ZOAB*. Onbekend: Rijkswaterstaat DGP & VROM.
- Heijmans. (2015). *Walsnavigatie voor betere asfaltkwaliteit*. Opgehaald van www.heijmans.nl: <http://www.heijmans.nl/nl/nieuws/walsnavigatie-voor-betere-asfaltkwaliteit/>
- KOAC-NPC. (2006). *Asfaltkunde*. onbekend: KOAC-NPC.
- KOAC-NPC. (2015, februari 23). *Rafeling*. Opgehaald van www.koac-npc.com: <http://www.koac-npc.com/Flex/Site/Page.aspx?PageID=26502>
- KOAC-NPC. (2015). *Spoorvorming*. Opgehaald van www.koac-npc.com: <http://www.koac-npc.com/Flex/Site/Page.aspx?PageID=26498>
- Miller, S., Hartmann, T., & Dorée, A. (2011). Measuring and visualising hot mix asphalt concrete paving operations. . *Automation in construction, volume 20, issue 4*, 474-481.
- Molenberg, E. (2011). Volledig duurzaam hergebruik van asfalt. *Asfalt nr. 2*, 4.
- Ormel, T., Ter Huerne, H., Magnanimo, V., & Luding, S. (2012). *Modelleren van asfaltverdichting met discrete elementen methode en laboratorium onderzoek*. Enschede: TU Twente.
- Özcan, A. (2013). *Key figures of the European asphalt industry in 2013*. -: EAPA.
- redmijnweg. (2014). *Rafeling*. Opgehaald van www.redmijnweg.nl: <http://www.redmijnweg.nl/schadebeelden/rafeling>
- Redmijnweg. (2015). *Scheurvorming*. Opgehaald van www.redmijnweg.nl: <http://www.redmijnweg.nl/schadebeelden/scheurvorming>
- Schulte, J. (1996). *Scheurgroei-analyse van asfalt*. Delft: TU Delft.
- Sluer, B. (2014). Functioneel verifiëren en de CROW contractbepalingen 2020. *Asfaltblij*, 18-19.
- Tadema, A. (2015). *Deelkwaliteitsplan wegen*. Diemen: SAAone.
- Technische Universiteit Delft. (2014). *Hoofdstuk 7 Asfaltverhardingen*. Opgehaald van www.citg.tudelft.nl: http://www.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CITG/Over_de_faculteit/Afdelingen/Afdeling_Bouw/_Secties/Sectie_Weg_en_Railbouwkunde/_Leerstoelen/Leerstoel_Wegbouwkunde/_Onderwijs/_College_Dictaten/doc/CT3041_Hoofdstuk_7.pdf
- Ter Huerne, H., Miller, S., & Dorée, A. (2007). *New Technologies In The Paving Process Need To Be Based On Common Practice And Operators Heuristics*. Enschede: TU Twente.
- Transportation Research Board of The National Academies. (2011). *A manual for design of hot mix asphalt with commentary*. Washington, D.C.: Advanced Asphalt Technologies,LCC.
- VBW asfalt. (2014, februari 11). *Wat is Asfalt*. Opgehaald van www.asfaltblij.nl: <http://www.asfaltblij.nl/wat-is-asfalt>

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	

Bijlagen

- A. Plan van Aanpak systematische vastlegging 2L-ZOAB
- B. Onderzoeksrapport oriëntatie 2L-ZOAB (literatuurstudie)
- C. Relatieschema falen en factoren
- D. Risico inventarisatie
- E. Oorzaak-gevolg diagrammen risico-inventarisatie
- F. Scoringlijst risicoanalyse (parameters)
- G. Interviews KWS naar aanleiding van scoringslijst
- H. Risico analyse
- I. Informatieplan systematische vastlegging 2L-ZOAB
- J. Planning
- K. Bedrijfsbeoordeling
- L. Procesverslag

	Naam:	Systematische vastlegging van productiedata 2L-ZOAB	
	Versie:	1.0	
	Datum:	15-06-2015	