

De meerwaarde van structureel, langjarig bemonsteren

Sandra Erkens

Rijkswaterstaat en Technische Universiteit Delft

Dave van Vliet

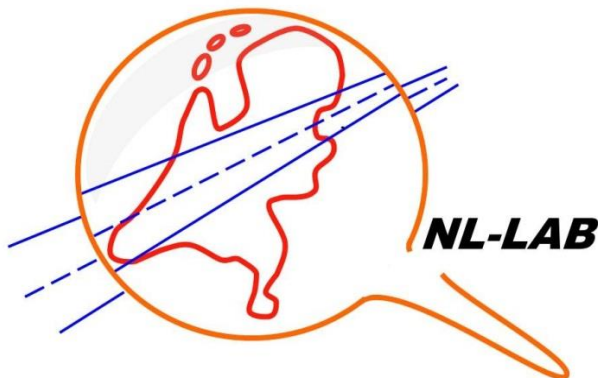
TNO

Samenvatting

Vanwege het grote aantal variabelen dat een rol speelt bij het gedrag van asfaltverhardingen, is het cruciaal om bij het volgen van het gedrag in de tijd gedetailleerde gegevens te hebben over de samenstelling, aanlegcondities en het gedrag en verloop in eigenschappen in de tijd. Op basis van ervaringen uit het verleden, kan men lessen leren over hoe het gedrag van materialen het beste gemonitord kan worden. Puntsgewijs incidenteel of structureel meerjarig bemonsteren? Het kan tot verrassende conclusies leiden. Deze paper gaat in op de ervaring die is opgedaan met de opzet en uitvoering van het monitoren van de veroudering van de ZEBRA vakken bij het Innovatie Programma Geluid.

1. Inleiding

Naar aanleiding van de soms verrassende ervaringen met de functionele eigenschappen voor asfalt in de afgelopen jaren, heeft de Werkgroep Asfalt (WGA) het NL-LAB onderzoeksprogramma geïnitieerd. In dit programma worden AC mengsels uit uitvoeringprojecten gevolgd. De mengsels worden getypet op proefstukken uit het lab, uit de weg en een combinatie daarvan om de invloed van de wijze van mengen en verdichten te onderzoeken. Ook wordt het verloop van de eigenschappen van de proefstukken uit de weg in de tijd gevolgd en wordt het gedrag van het materiaal in de weg gemonitord. Voor een uitgebreidere omschrijving van het onderzoeksprogramma, de aanleiding ervoor en de opzet ervan, kunt u de publicatie hierover lezen (Erkens et al, 2014).



Nederlands programma voor Langjarige Asfalt Bemonstering

Figuur 1: Het NL-LAB programma gebruikt het Nederlandswegennet als laboratorium

Een belangrijk uitgangspunt binnen het programma, is dat het vanwege het grote aantal variabelen dat een rol speelt bij het gedrag van asfaltverhardingen, cruciaal is om bij het volgen van het gedrag in de tijd gedetailleerde gegevens te hebben over de samenstelling, aanlegcondities en het gedrag en verloop in eigenschappen in de tijd. Dit komt terug in de opzet van het programma en in deze bijdrage wordt ingegaan op de achtergronden bij deze opzet aan de hand van eerdere ervaringen bij onder andere het monitoren van de ZEBRA vakken bij het Innovatie Programma Geluid.

2. Praktijkvalidatie

2.1 Ervaringen uit het verleden

Dat het uiteindelijke bewijs of een eigenschap relevant is in de praktijk, of dat een nieuw product of een nieuwe ontwerpmethodologie voldoet op de weg geleverd moet worden, is een bekend verschijnsel in de wegenbouw. Tenslotte zijn veel van de vandaag de dag nog gebruikte principes, zoals de equivalente wiellast en het uitdrukken van de staat van de weg in de ernst van (oppervlakte)schades terug te voeren op de moeder aller praktijkproeven, de AASHTO Road Test. Deze proef van de American Association of State Highway and Transportation Officials werd eind jaren vijftig uitgevoerd om het gedrag van wegconstructies onder invloed van bekende verkeersbelasting te kunnen vast stellen.

Ook in Nederland hebben we lesgeleerd betaald rond het belang van praktijkvalidatie van veranderingen in ontwerpmethoden en gebruikte materialen. In een reactie op

spoorvormingsschade in warme zomers van 1975 en 1976, werden de asfalt mengsels aangepast in de Eisen 1978 (Rijkswaterstaat, 1978) , waarbij ze schraler werden, wat inhoudt dat er minder en hardere bitumen in werd toegepast. In dezelfde periode werd het mechanistisch-empirische wegontwerp volgens de Shell Pavement Design Manual (Shell, 1978) ingevoerd. Met deze ontwerpmethode viel de asfaltdikte bij gelijke belastingen en ontwerplevensduur ca 10 cm dunner uit dan met de daarvoor gebruikte Shell Design Charts. Rijkswaterstaat volgde deze niet geheel en hield voor de zekerheid een extra laag toe aan de constructiedikte uit de SPDM, maar dit gaf toch ca. 5 cm afname in de ontwerpdikte. Tenslotte werd in dezelfde periode het toepassen van meer marginale, ongebonden steenmengsels als funderingsmateriaal gebruikelijk zoals lava, silex en stol, waarbij de stijfheid en daarmee de bijdrage van deze funderingen aan de draagkracht van de wegconstructie, oorspronkelijk behoorlijk werd overschat.

Deze drie aanpassingen, schralere asfaltmengsels, dunnere wegen en minder sterke funderingen, werden relatief snel en zonder goede praktijk validatie doorgevoerd. Dit leidde begin jaren tot snel optredende, onverwachte structurele schade aan snelwegen aangelegd in of na 1978. Begin jaren tachtig is daarom voor ca. honderd miljoen gulden gerepareerd en versterkt (Figuur 2) en op grond van die praktijkervaring zijn de ontwerpmethode en materiaaleisen weer aangepast.

Miljoenenstrop door bezuiniging op wegeaanleg

door Bert Voorthuysen

DEN HAAG, zaterdag

De nieuwe funderingen van autosnelwegen, die de laatste jaren uit bezuinigingsoverwegingen zijn toegepast, hebben Rijkswaterstaat voor ernstige problemen geplaatst. Door deze verkeerde bezuiniging is een strop ontstaan van vele miljoenen gulden.

Het herstellen van het wegdek van een 10 kilometer lang traject, dat ruim twee jaar geleden is aangelegd tussen Utrecht en de nieuwe brug over de Lek (rijksweg 27), gaat alleen al een bedrag van f 7 tot f 10 miljoen kosten. Het wegdek vertoont grote scheuren in de toplaag en dreigt voor het wegverkeer levensgevaarlijk te worden.

De ernstige problemen worden veroorzaakt doordat bij de aanleg van nieuwe wegen lavasteen als fundering is gebruikt, in plaats van slakken van de Hoogovens. De besparing met lavasteen zou 210.000 gulden per kilometer bedragen.

De hoofddirectie van Rijkswaterstaat heeft deze week alle regionale directies gesignaleerd over de problemen.

Geadviseerd wordt uiterst zorgvuldig de wegfundering te selecteren en voorlopig geen of terughoudend te zijn met het gebruik van lavasteen. De hoofddirectie in Den Haag wil eerst de resultaten afwachten van een onderzoek dat in verschillende delen van het land op autosnelwegen wordt gehouden.

Ingenieur J.W. Antes, hoofd van het laboratorium

van de stichting Noordelijk Wegenbouwlaboratorium in Groningen, zegt dat de problemen met de lavasteenfundering mogelijk te wijten is aan een drietal factoren:

■ Er is de laatste jaren een tendens gaande om een steeds dunner fundering en toplaag aan te brengen, mede uit kostenoverwegingen;

■ Een mogelijke misrekening wat betreft de eigenschappen van lavasteen in onze bodem;

■ Een verkeerde samenstelling van het asfaltmengsel dat is gebruikt voor de bovenste laag, want daar is de laatste 15 jaar ook verandering in gekomen. Na de grote problemen van de warme zomers toen toplagen begonnen te smelten, is geëxperimenteerd met nieuwe asfaltmengsels.

Schaarste

Volgens de heer Antes kan mogelijk ook de schaarste in Hoogovenslakken mede van invloed zijn geweest op het toenemend gebruik van lavasteen.

Naast rijksweg 27, waar op dit moment hard wordt gewerkt om het wegdek weer in orde te maken, zijn er ook scheuren ontdekt in rijksweg 6 bij Lelystad en op andere autosnelwegen.

De hoofddirectie van Rijkswaterstaat heeft aan de regionale directies om gegevens gevraagd over de conditie van wegen die zijn aangelegd met lavasteen als fundering. De wegenbouwkundige dienst van Rijkswaterstaat in Delft en het Stadsingenieursbureau in Arnhem hopen binnen aanstaande tijd duidelijkheid te krijgen over de omvang van de moeilijkheden.

Zaterdag 7 april 1984

De Telegraaf

Figuur 2: Media aandacht voor schade aan snelwegen

Vele landen hebben dergelijke ervaringen, die vaak samenhangen met de specifieke plaatselijke omstandigheden, zoals de ondergrond, waterstand, weer en verkeerssituaties of combinaties daarvan. Het effect van die invloeden is lastig vooraf te voorspellen en daarom is het versneld testen van wegconstructies (Accelerated Pavement Testing, APT) en het gebruik van proefvakken een gebruikelijke onderzoeks- en validatie techniek. Tot eind jaren negentig van de vorige eeuw werd APT vooral in Europa, de VS en Zuid Afrika gebruikt maar sinds die tijd is het een wereldwijd fenomeen geworden (Sharp, Jones et al, 2012).

Met de groeiende variatie in materialen (gemodificeerd asfalt, hogere percentages hergebruik, rubberasfalt), verkeersbelasting (toename/afname verkeer, verschillende bandtypes, LZV's) en weersomstandigheden (extreem heet/koud weer, extreme neerslag, stijgende grondwater

niveau's), ligt het voor de hand dat APT en proefvakken ook naar de toekomst toe een belangrijke rol zullen spelen. Tegelijkertijd roepen ze juist vaak veel discussie op, omdat het bij APT nooit alle voor de praktijkprestatie relevante aspecten worden meegenomen, terwijl het bij proefvakken gaat om een of een beperkt aantal resultaten met een zeer lange doorlooptijd.

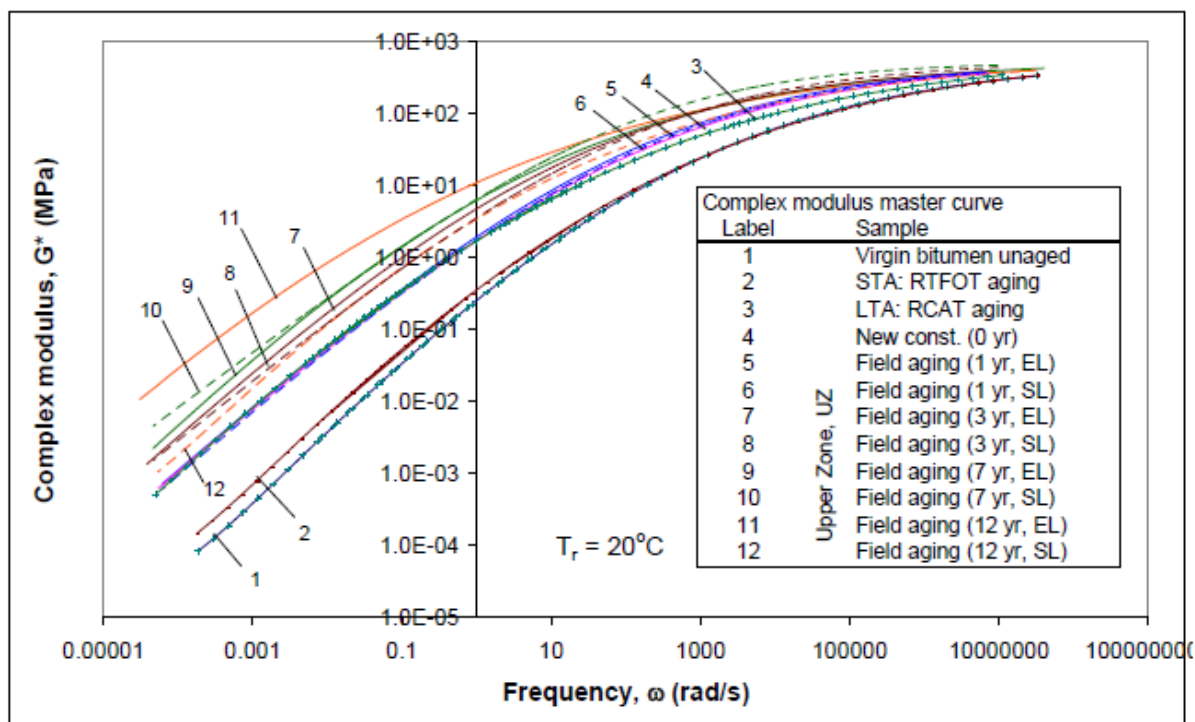
In sommige projecten wordt geprobeerd die nadelen te ondervangen door de keuze van proefvakken als validatie. Voor het verouderingsonderzoek van Hagos (Hagos, 2008), bijvoorbeeld, is voor de praktijkvalidatie gebruik gemaakt van bestaande ZOAB deklagen van verschillende leeftijden en restlevensduren (Tabel 1). Hierdoor vermeed hij het lange wachten tot proefvakken de gewenste leeftijd hadden bereikt en doordat alle kernen behalve die van het nieuw aangelegde ZOAB uit dezelfde weg kwamen was geprobeerd variatie in ondergrond, verkeer en klimaat zoveel mogelijk te elimineren. Toch zal daar een zekere variatie zijn opgetreden en nog belangrijker, omdat deze vakken niet waren aangelegd als proefvak was er niets bekend over de bouwmaterialen en aanleg condities.

Tabel 1: Proefvakken uit het onderzoek van Hagos (uit: Hagos et al, 2008)

Service period, yr	Section	Road condition	Lane	Remaining ^{**} Serv. life, yr	Location	Traffic, vpd (veh./day)
0	G	Good	EL	11.1	A13, 7.5 - 7.7	TT* HT*
1	A	Good	EL	10.1	A15, 38.8 - 39.0	TT HT
			SL			
3	B	Good	EL	8.1	A15, 45.6 - 45.8	TT 111,439 HT 20,616
			SL			
7	C	Good/Fair	EL	4.7	A15, 52.8 - 53.0	TT 11,978 HT 20,716
			SL			
	D	Poor		4.3	A15, 52.1 - 52.3	TT HT
			SL			
12	E	Good/Fair	EL	4.9	A15, 71.7 - 71.9	TT 134,250 HT 18,795
			SL			
	F	Poor	EL	3.1	A15, 71.3 - 71.8	TT HT
			SL			

NB: * TT = Total Traffic, HT = Heavy Traffic
 ** Predicted using ravelling model (CROW 2002)

Het gevolg is dat de resultaten vaak wel grofweg aansluiten bij de verwachting, maar dat eventuele onverwachte resultaten niet te verklaren zijn. Ze kunnen samenhangen met het verouderingsfenomeen zelf, maar ze kunnen ook het gevolg zijn van verschillen in de bouwstoffen, verwerking of gebruiksfase van het proefvak. Zo is in de stijfheidsdata van de bitumen bij Hagos over het geheel de grotere trend te zien dat hoe de stijfheid toeneemt met de leeftijd van het vak. Maar juist voor de oudste monsters, vertoont het monster uit het rechterrijspoor juist een stijfheid die in buurt ligt van het jongste praktijkmonster! En hoewel de monsters voor vluchtstrook en rechterrijspoor van dezelfde leeftijd in dezelfde dwarsraai zijn geboord, heeft het vluchtstrook monster wel de verwachte hogere stijfheid. Waren vluchtstrook en rijstrook dan toch niet van het zelfde materiaal, of in elk geval niet van dezelfde batch? Of is dit de natuurlijke variatie in eigenschappen? Of is er hier iets gek aan de hand of iets mis gegaan?



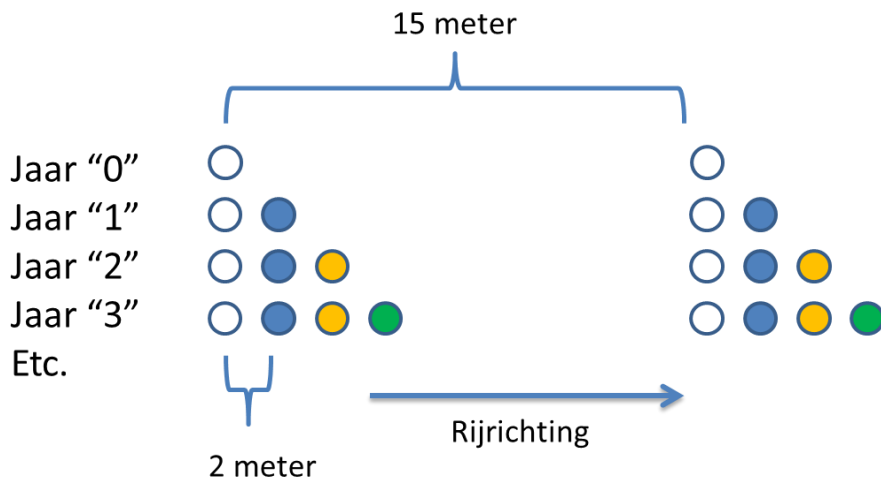
Figuur 3: Resultaten van praktijkvakken uit Hagos (uit: Hagos, 2008, figuur 5.31)

3. Verouderingsmonitoring IPG ZEBRA vakken

3.1 Opzet bemonstering

Kort na het onderzoek van Hagos, besloot Rijkswaterstaat het verouderingsverloop in de ZEBRA vakken (proefvakken 2 laag ZOAB, Bennis et al., 2008) ook te volgen omdat het verouderingsverloop in de PMB-toplagen van tweelaags ZOAB anders zou kunnen zijn dan dat van gewoon ZOAB. Bij de aanleg van de ZEBRA vakken waren aanlegomstandigheden vastgelegd en ook de gebruikte bouwstoffen waren bekend. Door de opzet van de proefvakken, was de verkeersbelasting per set proefvakken ook bekend en gelijk.

Dat maakte dit tot ideale vakken om te volgen in de tijd. Voor het boorschema werd gezocht naar een aanpak die de optredende variatie tussen batches en tussen opeenvolgende dwarsraaien in de gebruiksfase zou minimaliseren. In navolging van het werk van Hagos is er gekozen voor het bemonsteren van het rechterrijspoor en de vluchtstrook, steeds op dezelfde positie in de dwarsraai. De kernen worden in langsricting op 15 meter afstand genomen en elk jaar dat er bemonsterd wordt schuift het geheel 2 meter op (Figuur 4). Daardoor zijn de kernen elk jaar op gelijke onderlinge afstand geboord en bestaan de monsters van elk jaar uit kernen die zoveel mogelijk op dezelfde plaats geboord zijn, zodat de materiaalvariatie over de jaren heen zo veel mogelijk gelijk is.



Figuur 4 : Boorschema bemonstering proefvakken

De bovengenoemde opzet is zodanig geweest dat het inzicht biedt in de effecten van verschillen in materialen (2laags ZOAB deklaag type); verschillen in verkeersbelasting (RR versus VL/wel versus geen verkeer), de tijd (wegvakken zijn meerdere jaren gevolgd), initiële verschillen bij aanleg. Tevens is er onderscheid gemaakt in de bovenlaag en onderlaag van het 2laags ZOAB (kernen worden gesplitst in de 2 lagen).

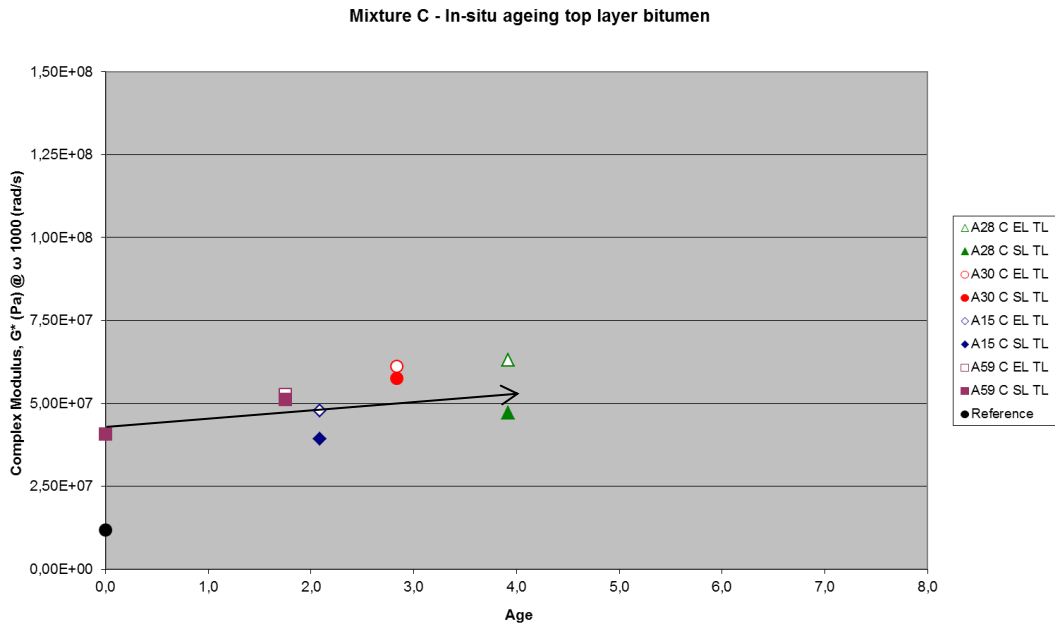
Er is een keuze gemaakt voor het boren van 7 boorkernen per jaar, per locatie (diverse Zebra vakken), per mengsel, per positie (RR/VL). Dit aantal is een minimum geweest in verband met de benodigde hoeveelheid materiaal voor de verschillende proeven. De keuze voor 7 boorkernen is praktisch gezien ook een maximum, omdat anders door de herhalingen over jaren de proefvakken te zwaar worden bemonsterd. Het materiaal van 6 boorkernen (uiteeraard alleen van dezelfde laag, rijspoor, proefvak, jaar) is samengevoegd en vervolgens is het bitumen teruggewonnen voor de verschillende proeven. Op deze wijze is het effect van de tijd (veroudering) zo min mogelijk vertroebeld door eventuele verschillen tussen locaties binnen het proefvak. Alle bitumeneigenschappen worden door middel van de diverse bitumentesten dan bepaald op een gehomogeniseerd bitumenmonster. Dit is mogelijk, omdat hier alleen naar bitumeneigenschappen is gekeken.

De keerzijde van deze aanpak is dat er geen herhalingen zijn. Er is uit de proef zelf geen informatie over spreiding waartegen het verschil tussen meetwaarden in opeenvolgende jaren kan worden getoetst. Een oplossing hiervoor is om voor de spreiding de herhaalbaarheidsspreiding te hanteren, die bijvoorbeeld uit ringonderzoek of andere bronnen bekend is. Dit is een onderschatting van de spreiding: dus als hiermee geen significant verschil wordt gevonden tussen 2 meetwaarden uit opeenvolgende jaren, dan is dit verschil zeker niet significant. Indien er naar asfalteigenschappen gekeken zou worden, dan is samenvoegen niet mogelijk. De informatie over de spreiding in het materiaal kan dan worden verkregen door het verschil tussen de herhaalde asfaltproeven (1 meetresultaat per boorkern voor een asfalteigenschap).

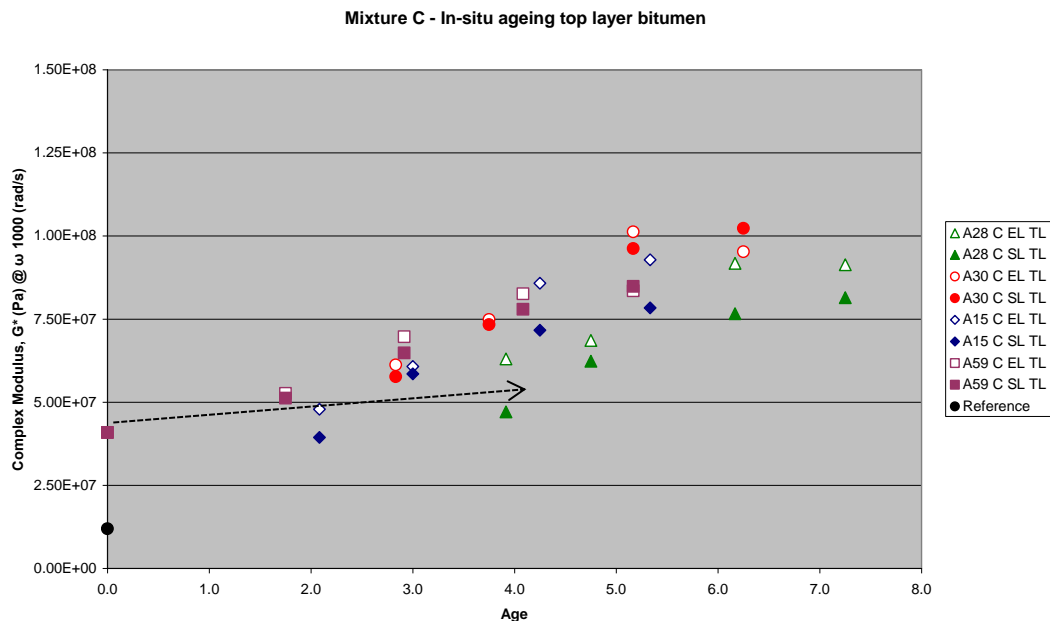
3.2 Langjarige bemonstering

De ZEBRA vakken zijn aangelegd tussen 2002 en 2004. Het bemonsteringsprogramma is uiteindelijk gestart in 2006, in dit opzicht werd afgeweken van de oorspronkelijke opzet om de vakken ook voor veroudering vanaf het begin te volgen. De bemonstering is doorgegaan

tot en met 2009. Het voordeel van langjarige bemonstering is dat er trends zichtbaar worden. Figuur 5 geeft het resultaat weer van DSR metingen na 1 ronde bemonsteren (dit voor 1 mengsel, de toplaag, zowel de vluchtstrook als rechterrijstrook). Op basis van deze figuur zou men een conclusie kunnen trekken dat de eigenschap van het mengsel weinig veranderd met toenemende leeftijd. De getrokken lijn is handmatig getrokken als indicatie voor het verloop.



Figuur 5: Verkregen data na 1 jaar bemonstering



Figuur 6: Verkregen data na 4 jaar bemonstering

Figuur 6 geeft het resultaat weer van DSR metingen na 4 rondes over 4 jaar bemonsteren voor hetzelfde mengsel. Het mag duidelijk zijn dat voor de verschillende locaties de trend niet gelijk oploopt en dat er wel degelijk een significante toename van de eigenschap is met toenemende leeftijd. De basis van de proefopzet is hiermee van essentieel belang en kan, indien niet zorgvuldig opgezet, leiden tot het trekken van de verkeerde conclusies. Het

meerjarig bemonsteren binnen het verouderingsonderzoek heeft geleerd dat er hierdoor valide conclusies getrokken kunnen worden, anders dan bijvoorbeeld het vergelijk van enkele puntmetingen waar de achtergrondinformatie (grotendeels) ontbreekt.

Doordat niet van alle proefvakken de bemonstering direct na aanleg is gestart ontbreekt er essentiële informatie over het startpunt van het verloop van eigenschappen in de tijd. Uit de proefvakken waar wel direct na aanleg is bemonsterd en waar de verse bitumen is onderzocht, blijkt dat deze “startwaarde” cruciaal zijn voor het analyseren van het verloop in de tijd.

De lessen die zijn geleerd van het structureel bemonsteren, zouden de randvoorwaarden moeten zijn bij het volgen van het materiaalgedrag in de tijd om valide conclusies te kunnen trekken. Dit vereist dus:

- Bepalen startwaarde (initiële) eigenschap; direct na aanleg en in geval van bitumen ook bemonsteren uit de silo
- Bemonstering zodanig inrichten dat variatie in samenstelling zoveel mogelijk constant is in de tijd, bijvoorbeeld conform figuur 4.
- Frequentie bemonsteren zodanig kiezen dat het verloop in de tijd gevolgd kan worden. In het geval van het 2laagsZOAB bitumenonderzoek blijkt een frequentie van 1 keer per jaar te volstaan als de startwaarde bekend is.
- Looptijd kiezen op basis van verwacht verloop van eigenschap(pen). Dit kan indien benodigd worden bijgesteld aan de hand van de waarnemingen. In het geval van het 2laagsZOAB bitumenonderzoek was 3 jaar monitoring gepland en is op grond van de resultaten 1 jaar langer gemonitord.

4. Literatuur

Bennis, Thijs en Hofman, Rob, “*Eindrapportage IPG wegdekken –Monitoring*”, Rapportnummer DVS-2008-046, Juli 2008

Erkens, Sandra, Stigter, Jan, Sluer, Berwich, Khedoe, Radjan, Wall, Alex van der en Bondt, Arian, “*NL-LAB: onderzoek naar de voorspellende waarde van proef 62*”, bijdrage ingediend voor de CROW InfraDagen 2014

Hagos, E.T., “*the Effect of Aging on Binder Properties of Porous Asphalt Concrete*”, PhD thesis Delft University of Technology, ISBN 978-90-8570-331-0, 2008

Jones, Harvey, Mateos and Al-Qadi (Eds), “*Advances in Pavement Design through Full-scale accelerated pavement testing*”, Taylor & Francis group, London, ISBN 978-0-415-62138-0, 2012

Rijkswaterstaat, “Eisen door de rijkswaterstaat gesteld aan bouwstoffen voor de wegenbouw”, 1978

Sharp, K.G., “*Full Scale Accelerated Pavement Testing: A Southern Hemisphere and Asian Perspective*”, Proceedings of the 2nd International Conference on Accelerated Pavement Testing, Minneapolis, Minn., September 26-29, 2004

Shell International Petroleum Company, “Shell Pavement Design Manual: Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic”, 1978

Bennis, Thijs en Hofman, Rob, “*Eindrapportage IPG wegdekken –Monitoring*”, Rapportnummer DVS-2008-046, Juli 2008