

Asfalt Wegdek Test voor SMA

Mastiekeigenschappen en de levensduur van SMA

Bert Gaarkeuken
Asfaltnu

Remco Hermsen
Provincie Gelderland

Rien Hurman
Asfaltnu

Samenvatting

Het maatgevende schadebeeld voor SMA is rafeling. Bij wegbeheerders en aannemers is er grote behoefte aan een levensduurmodel voor SMA. De Provincies, BAM Infra Asfalt en Asfaltnu hebben onderzocht in hoeverre de functionele eigenschappen van de mastiek in de SMA (in de weg), een zogenaamde Asfalt Wegdek Test, het optreden van rafeling kan voorspellen en daarmee een goede tool kan zijn om bijvoorbeeld een LVO-maatregel te plannen. De bestaande Asfalt Wegdek Test voor ZOAB is als basis gebruikt voor de te ontwikkelen Asfalt Wegdek Test voor SMA. Een nieuwe, meer robuuste methode van terugwinning van mastiek uit boorkernen met de toepassing van de granulator is ontwikkeld. Deze granulatormethode resulteert in een teruggewonnen mastiek die in samenstelling dicht ligt bij de mastieksamenstelling in het mengsel. Aanvullend op de DSR-frequency sweep test is een DSR-relaxatieproef ontwikkeld die de voor het ontstaan van rafeling maatgevende belasting (dag-nacht temperatuurvervormingen) beter simuleert.

De Asfalt Wegdek Test is uitgevoerd op 6 SMA 11 wegvakken met variabele ouderdom en mate van rafeling. De wegvakken zijn beschikbaar gesteld door de Provincie Gelderland. Bij SMA blijkt vooral de mastiek bovenin de deklaag te verouderen. Het verschil in functionele eigenschappen tussen de mastiek teruggewonnen uit de bovenste 20 mm en mastiek teruggewonnen uit de hele SMA-laag neemt met de ouderdom toe. In tegenstelling tot ZOAB is de Asfalt Wegdek Test bij de 6 SMA-wegvakken uitgevoerd op mastiek teruggewonnen uit de bovenste 20 mm van de deklaag. Het functioneel gedrag van de mastieken van niet gerafelde wegvakken wijkt af van de mastieken van wel gerafelde wegvakken. In niet gerafelde SMA-vakken is de mastiek flexibeler. Net als bij ZOAB lijkt er dus ook bij SMA een grenswaarde voor de G^* (-10°C , 1.10^{-5} Hz) en de relaxatietijd te zijn waarop rafeling gaat ontstaan. De mate van rafeling kan daarentegen niet worden verklaard uit de functionele eigenschappen alleen. Een relatief jong SMA-vak (9 jaar oud) met slechts lichte rafeling (categorie L1) blijkt de minst flexibele mastiek te hebben. In betreffend wegvak kan een mindere kwaliteit bitumen zijn toegepast, met meer korte en/of lange termijn verouderingsgevoeligheid (productie- en in situ veroudering).

Het gebruiksdoel van de Asfalt Wegdek Test zit vooral in de periode voordat de eerste rafeling is ontstaan om zo het optimale moment van een LVO-maatregel te kunnen bepalen.

Steekwoorden

SMA, rafeling, Asfalt Wegdek Test, mastiek, DSR, mastercurve, relaxatie, LVO

1. Inleiding

Het maatgevende schadebeeld voor SMA is rafeling. Bij wegbeheerders is er grote behoefte aan een levensduurmodel voor SMA. De Provincies, BAM Infra Asphalt en Asphaltnu hebben onderzocht in hoeverre de functionele eigenschappen van de mastiek in de SMA (in de weg) het ontstaan van rafeling kunnen verklaren. Gedurende de eerste jaren zal rafeling nog niet aan de orde zijn, maar er ontstaat een moment waarop de eerste steentjes uit de sporen worden gereden. Bij ZOAB is aangetoond dat het moment waarop dit gebeurt in belangrijke mate wordt bepaald door de flexibiliteit van de mastiek. Door veroudering wordt de mastiek steeds harder en brosser.

De steentjes in SMA zijn hard en onvervormbaar. De vervorming die aan de SMA in een koude winternacht wordt opgelegd (temperatuurkrimp) moet dus worden opgenomen door de mastiek. Gelukkig gedraagt een goede, jonge mastiek zich als kauwgom. De mastiek kan hierdoor de vervormingen die ontstaan door afkoeling gemakkelijk opnemen waardoor krimpspanningen snel relaxeren.

De kauwgomeigenschappen van mastiek zijn te danken aan de juiste combinatie van mineraal (stof en zand) met bitumen. Net als de steentjes zijn ook zand- en minerale stof-korreltjes niet vervormbaar. Bitumen is echter een zeer zware olie die wel kan vervormen zonder te barsten. Het is door het bitumen dat de mastiek als geheel haar kauwgomgedrag (flexibiliteit) krijgt. Helaas is bitumen een materiaal dat zal verouderen onder invloed van de omgeving/weer en wind (UV-straling en warmte in combinatie met zuurstof). Bitumen zal door veroudering harder worden, waardoor de mastiek haar flexibiliteit met het verloop van de leeftijd steeds meer kwijtraakt en harder en brosser wordt.

Deklagen verouderen vooral in de zomer en verliezen zo elke zomer een stukje van hun flexibiliteit. De gevolgen van de door de jaren heen accumuleerde veroudering worden vooral in de winter merkbaar omdat het laatste restje flexibiliteit dan met de kou verdwijnt.

Over de veroudering van mastiek in ZOAB-deklagen en de gevolgen van veroudering op winterschade en rafeling is de laatste decennia al veel gepubliceerd (1, 2, 3, 6, 7). Door de TU-Delft en BAM Infra Asphalt is een Asphalt Wegdek Test (AWT) ontwikkeld waarmee de kwaliteit van de mastiek in ZOAB kan worden beoordeeld en het risico op winterschade kan worden getoetst. Deze paper behandelt het onderzoek naar de toepassing van de AWT voor SMA.

Hypothese:

De flexibiliteit van de mastiek in een SMA-deklaag geeft een goede indicatie voor het risico op het ontstaan van rafeling. Door de ontwikkeling van de flexibiliteit met de tijd te volgen kan onderhoud beter gepland worden en kan zelfs worden overgegaan tot het in-situ verjongen van de deklaag zodat de mastiek haar flexibiliteit terugkrijgt en de levensduur van de deklaag wordt verlengd. Bovendien, als de ontwikkeling van de AWT bevestigt dat SMA-deklagen (net als ZOAB) falen door een gebrek aan flexibiliteit van de mastiek dan geeft dat asphaltproducenten de mogelijkheid om SMA's te ontwikkelen met mastiek die haar flexibiliteit langer vasthoudt.

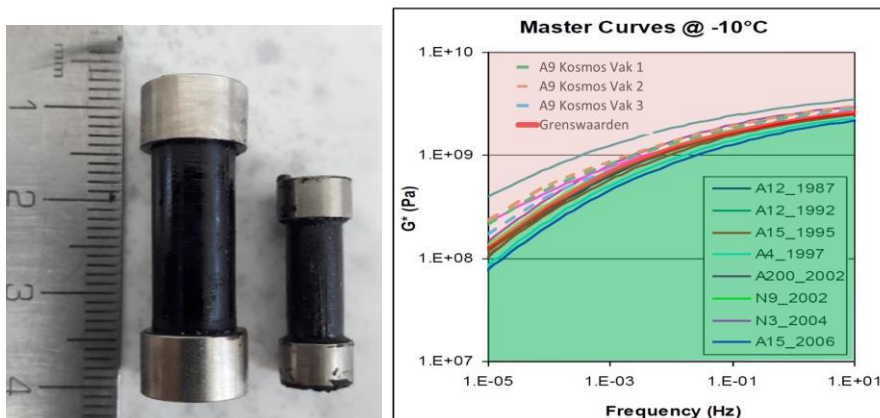
2. Asphalt Wegdek Test

Sinds 2007 is een AWT beschikbaar waarmee de kwaliteit van mastiek nauwkeurig kan worden bepaald (2, 3, 4, 5, 6) en getoetst. Deze test is oorspronkelijk aan de TU Delft ontwikkeld voor ZOAB-mengsels en in het afgelopen decennium door BAM Infra Asphalt verder geperfectioneerd tot een AWT voor ZOAB-achtige materialen. De AWT is gebaseerd op de

bepaling en toetsing van de afschuifstijfheid (G^*) van de mastiek. Als de mastiek door veroudering te veel van haar flexibiliteit is kwijtgeraakt (door veroudering een te hoge G^* heeft gekregen), resulteert dit in een verhoogd risico op rafeling. Krimpspanningen die door afkoeling ontstaan, ebben nu niet snel genoeg weg en stapelen zich daardoor op. Er blijft daardoor minder sterkte over om wiellasten te kunnen dragen. Als gevolg hiervan zal de deklaag niet meer buigen, maar letterlijk barsten. Deze barstjes vormen het begin van het einde. De deklaag wordt nu steeds vatbaarder voor de inwerking van vocht, de vijand van asfalt. Vocht kan er bijvoorbeeld toe leiden dat de hechting tussen steen en mastiek verloren gaat of, in combinatie met vorst-dooi-cycli, leiden tot vorstschade. Het gevolg hiervan is dat de deklaag verschraalt en haar consistentie verliest.

Door de resultaten van mastiekonderzoeken op ZOAB-boorkernen te vergelijken met de aanwezige rafelingschade in situ, zijn door BAM Infra Asfalt voor ZOAB grenswaarden ontwikkeld. De gemeten mastiekeigenschappen in de AWT kunnen hieraan worden getoetst. Resultaat van een dergelijk AWT is een beoordeling van het risico op het ontstaan van de eerste rafeling in de ZOAB-deklaag.

De AWT begint ermee dat boorkernen uit de weg genomen worden. In het laboratorium worden van de ZOAB-boorkernen de steentjes gescheiden van de mastiek. Van de mastiek worden vervolgens DSR-mastiekkolommetjes gemaakt zodat er DSR-proeven gedaan kunnen worden op de lijm in ZOAB, zie linkerdeel van figuur hieronder. Tijdens de test wordt een frequency sweep opgelegd (-10°C tot 50°C , 0,1 Hz tot 60 Hz) en wordt de afschuifstijfheid G^* gemeten. De resultaten worden met behulp van Tijd-Temperatuur Superpositie (TTS) omgerekend naar een mastercurve voor de G^* bij -10°C .



Links: Mastiek proefstukjes. Rechts: Mastercurve van ZOAB-mastiek

Het rechterdeel van de figuur geeft de resultaten van een aantal wegvakken. Op de horizontale as staat de belastingfrequentie in het relevante frequentiegebied voor krimpspanningen (ca. $1 \cdot 10^{-5}$ Hz) en verkeer (ca. 10 Hz). Op basis van de in het verleden onderzochte wegvakken is een grenswaarde voor de schuifstijfheid (G^*) van ZOAB-mastiek bepaald. In het groene gebied (onder de grenswaarde) zijn de ZOAB-mastieken met voldoende flexibiliteit gesitueerd. Deze wegvakken hebben nog geen rafeling. In het roze gebied zitten juist de ZOAB-mastieken met onvoldoende flexibiliteit en in die deklagen is de rafeling reeds aangevangen en/of verder gevorderd.

Om te beoordelen of de AWT ook bruikbaar is voor SMA, moet bewezen worden dat ook bij SMA een directe relatie is tussen het ontstaan van rafeling en de flexibiliteit van de mastiek. Daarnaast moet worden vastgesteld hoe de flexibiliteit van de mastiek in SMA zich ontwikkelt met het verlopen van de jaren en bij welke grenswaarde voor mastiekeigenschappen bij SMA

rafeling gaat ontstaan. De ontwikkeling van de AWT voor SMA concentreert zich op twee zaken:

1. Hoe verloopt het verlies van flexibiliteit van mastiek in SMA met de tijd;
2. Wat is de minimale flexibiliteit die nodig is om deklaagschade te voorkomen.

Als aan deze twee punten invulling wordt geven, ontstaat kennis die nu niet voorhanden is. Deze kennis levert direct inzichten op die voor de wegbeheerder en de aannemer van groot belang zijn. Hierbij kan bijvoorbeeld, maar niet uitsluitend, gedacht worden aan:

1. Effectieve planning en inzet van verjongingsmiddelen waarmee de mastiek van bestaande SMA-deklagen in-situ haar flexibiliteit geheel of gedeeltelijk terugkrijgt met een verlenging van de levensduur als gevolg.
2. Betere mogelijkheden voor planning van onderhoud. Als immers bekend is wat de mate van flexibiliteit van de mastiek in een bestaande SMA (nog) is, kan op basis hiervan een uitspraak worden gedaan over de restlevensduur.
3. Aannemers kunnen inzetten op de ontwikkeling van mastiek die haar flexibiliteit langer vasthoudt, zodat toekomstige deklagen langer zullen meegaan dan huidige deklagen. Dit type eisen wordt belangrijk omdat SMA in toenemende mate oud asfalt zal bevatten. Hierdoor komt oude mastiek terecht in nieuwe deklagen. Om de kwaliteit van deze deklagen met recycling te kunnen garanderen is een tool nodig die helpt bij het ontwerp van de mastiek in deze mengsels. Opdrachtgevers zullen mogelijk zelfs kwaliteitseisen gaan stellen aan de mastiek van (SMA-)deklagen met recycling
4. Door klimaatverandering worden de zomers warmer. Hierdoor zullen deklagen in de toekomst waarschijnlijk sneller verouderen dan nu. Aan de andere kant zullen de winters minder koud zijn waardoor de gevolgen van die veroudering minder ernstig kunnen zijn. Dit roept de vraag op welk effect het zal winnen: versnelde veroudering en dus een kortere levensduur of minder strenge winters en dus een verlengde levensduur. De AWT kan een belangrijke rol spelen om inzicht te krijgen.

Op dit moment zijn daar voor SMA geen testen beschikbaar, een lacune die door de AWT kan worden opgevuld. De AWT vertaalt zich dus in zowel financiële als duurzaamheid-voordelen.

3. Terugwinnen van mastiek uit boorkernen

De AWT is gebaseerd op het meten en toetsen van de mastiekeigenschappen in een mengsel. De terugwinning van mastiek uit een deklaag (ZOAB, SMA, DGD) ten behoeve van een AWT is tot op heden uitgevoerd door het proefstuk te verwarmen en te verbrokkelen en vervolgens met een spatel de hete specie uit te strijken en de mastiek terug te winnen. Deze methode van terugwinning is tijdrovend en vraagt nauwkeurig werken. Er bestaat een risico dat laborant A een mastiek met een net iets andere samenstelling terugwint dan laborant B.



Figuur 1 Terugwinning van mastiek met behulp van een spatel

Door Asfaltnu is er een alternatief ontwikkeld door de granulator te gebruiken om mastiek terug te winnen. De granulator wordt normaal gesproken gebruikt om asfaltproefstukken te verkrummelen om zo een goede dichtheid mengsel te kunnen bepalen (ingesloten lucht te voorkomen). De granulator bestaat uit een kom met 3 roterende bladen die er voor zorgen dat de asfaltspecie tegen de wand van de kom aan wordt geslagen en uit elkaar valt.



Figuur 2 Granulator

Allereerst wordt de SMA-kern verwarmd tot een temperatuur van 50°C waarna het met de hand kan worden verbrokeld. Vervolgens wordt de verbrokkelde specie op een specifieke temperatuur gebracht en gedurende een specifieke tijd in de granulator gegranuleerd. De gewenste temperatuur en granuleertijd zijn nog nader te bepalen. Door de gegranuleerde asfaltspecie vervolgens te zeven over de zeef 2 mm wordt de steenslag gescheiden van de mastiek. Er zijn 2 belangrijke variabelen die nader zijn onderzocht:

1. De gewenste temperatuur van de specie die in de granulator wordt gebracht;
2. De gewenste granuleertijd

Na het uitzeven van de gegranuleerde specie, is de wens dat de verkregen mastiek een samenstelling heeft die zo goed mogelijk overeenkomt met de samenstelling van de mastiek in het mengsel. Om de invloed van temperatuur en granuleertijd te onderzoeken zijn 12 marshalltabletten SMA-NL 11B vervaardigd. Van 2 kernen is de mengselsamenstelling en het bitumengehalte bepaald. Van 2 kernen is de mastiek met de klassieke spatelmethode teruggewonnen. Van de overige kernen is de mastiek teruggewonnen met de granulator. De temperatuur van de asfaltspecie en granuleertijd zijn gevarieerd (1.5°C tot 50°C, 20 sec tot 120 sec) en de samenstelling van de uitgezeefde mastiek is vergeleken met de samenstelling van de mastiek in de SMA. Uit het onderzoek bleek al snel dat koude specie beter granuleert. Is de specie te warm, gaat de mastiek ‘sneuwballen’ vormen gedurende het granuleren die op de zeef 2 mm blijven liggen. Een specietemperatuur van 1.5°C wordt daarom toegepast. Verder blijkt dat met een granuleertijd van 20 sec een mastiek wordt teruggewonnen die zo dicht mogelijk bij de mastieksamenstelling in het mengsel ligt. In Tabel 1 staan de mastieksamenstellingen van respectievelijk marshalltablet, teruggewonnen mastiek met de spatel en teruggewonnen mastiek met de granulator (1.5°C, 20 sec). De granulatorenmastiek is iets schraler dan de mastiek in het mengsel, terwijl de spatelmastiek veel vetter is.

De granulatorenmethode heeft 3 voordelen ten opzichte van de spatelmethode:

1. De methode levert een mastiek met een samenstelling die dichter ligt bij de samenstelling van de mastiek in de SMA;
2. De methode is robuust. Laborant A levert dezelfde resultaten als Laborant B.

3. Er wordt per kern meer mastiek teruggewonnen.



Figuur 3 Drie gegranuleerde en gezeefde speciemonsters

Tabel 1 Samenstelling mastiek marshalltablet en teruggewonnen mastiek

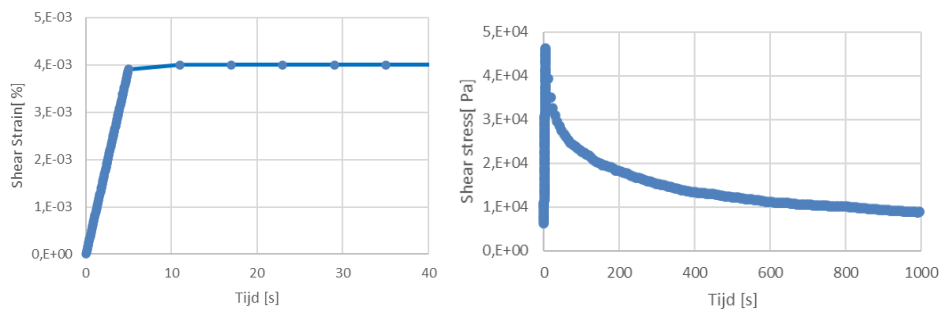
	Marshalltablet [%m/m]	Spatel [%m/m]	Granulator (1.5°C, 20 sec) [%m/m]
Zand	49,7	40,9	55,6
Stof	29,0	25,8	25,8
Bitumen	21,2	33,3	18,6

4. DSR Relaxatieproef

De flexibiliteit van mastiek speelt een belangrijke rol om krimpspanningen door dag/nacht temperatuurwisselingen beperkt te houden. Uit onderzoek (2, 3, 6) blijkt dat bij ZOAB een sterke relatie bestaat tussen het ontstaan van winterschade en de eigenschappen van de mastiek bij de belastingtijd die hoort bij de dag/nacht temperatuurschommelingen (i.e., 24 uur wat overeenkomt met $1/(24 \times 3600) \approx 1.10^{-5}$ Hz)). Deze studie was uitgevoerd op basis van een DSR-frekuensi sweep en een daaruit resulterende mastercurve voor de afschuifstijfheid G^* op $T_{ref} = -10^\circ\text{C}$. De verstijvende werking door veroudering is bij mastiek goed zichtbaar bij -10°C en 1.10^{-5} Hz. Gebaseerd op de frequency sweep test en mastercurve is er een AWT ontwikkeld voor ZOAB mengsels. Er wordt nu gestreefd naar een simpelere, nauwkeurige proef om te kwaliteit van verouderde mastiek te kunnen beoordelen. De mastercurve bevat veel meer informatie dan nodig is om de gevoeligheid voor winterschade te beoordelen. De alternatieve proef is de relaxatieproef.

In een relaxatieproef wordt in de DSR een schuifrek opgelegd op een mastiekproefstuk en deze rek wordt vastgehouden. De spanning in het proefstuk wordt gemeten. Hoe sneller de spanningen wegebben, des te flexibeler is de mastiek. De relaxatieproef heeft als voordeel dat de proef de maatgevende belasting voor winterschade/rafeling, namelijk een opgelegde vervorming, beter simuleert. Idealiter wordt de rek(verplaatsing) initieel opgelegd. In de praktijk hebben DSR-machines daar moeite mee, en dat kan uitdagend zijn, vooral bij lagere temperaturen. Om de beperkingen in de machines te ondervangen wordt de rek langzaam opgebouwd tot het benodigd niveau. Eerder opgedane ervaring leert dat een rise-time van 5 seconden volstaat voor mastiekproeven. Het rekniveau moet zo laag mogelijk zijn om schade in het proefstuk te voorkomen. Tegelijkertijd moet het ook hoog genoeg zijn om met de DSR-

machine nauwkeurige resultaten te generen. Rek niveaus van 0.003 tot 0.008% worden aanbevolen. In het proefprotocol wordt een rek van 0.004% toegepast. Deze rek wordt lineair vanaf 0 opgebouwd in 5 seconden.



Figuur 4 Opgelegde rek en gemeten spanningen in relaxatieproef

Het doel van de proef is om inzicht te krijgen in het relaxatiegedrag van de mastiek bij -10°C en over een periode/belastingtijd (relaxatietijd) die bij dag-nacht temperatuurschommeling hoort. Dat is een hele lange proefduur. Dit heeft consequenties voor de inzet van de DSR machine. Een kortere relaxatietijd is gewenst. Het is juist de bedoeling om deze informatie sneller en op simpeler manier te krijgen. Om de tijd-parameter hier te optimaliseren is het Tijd-Temperatuur Superpositie (TTS) principe gebruikt. Op basis van de TTS shift-factors van de mastercurve is de relaxatietijd benodigd om een relaxatieproef uit te voeren bij -10°C met een relaxatietijd van 6 uur, vertaald naar een gereduceerde relaxatietijd bij respectievelijk -5°C , 0°C en 5°C . Deze relaxatietijden zijn weergegeven in Tabel 2. Geconcludeerd wordt dat aanpassing van de temperatuur tot een significante reductie van de relaxatietijd leidt. Om zo dicht mogelijk bij de maatgevende temperatuur van -10°C te blijven, is besloten om de temperatuur maar beperkt te verhogen tot -5°C . Hiermee zou een berekende proefduur van 2400 seconden (40 minuten) volstaan. Er is gekozen voor een proefduur van 1 uur (3600 sec).

Tabel 2 Shiftfactors en gereduceerde relaxatietijden

Temperatuur [$^{\circ}\text{C}$]	a_T [-]	Relaxatietijd [uur]	Relaxatietijd [sec]	Keuze relaxatietijd [sec]
-10 (referentie)	1	6	21600	
-5	0,1104405	0,6626431	2386	3600
0	0,0142084	0,0852507	307	
5	0,002097	0,012582	45	

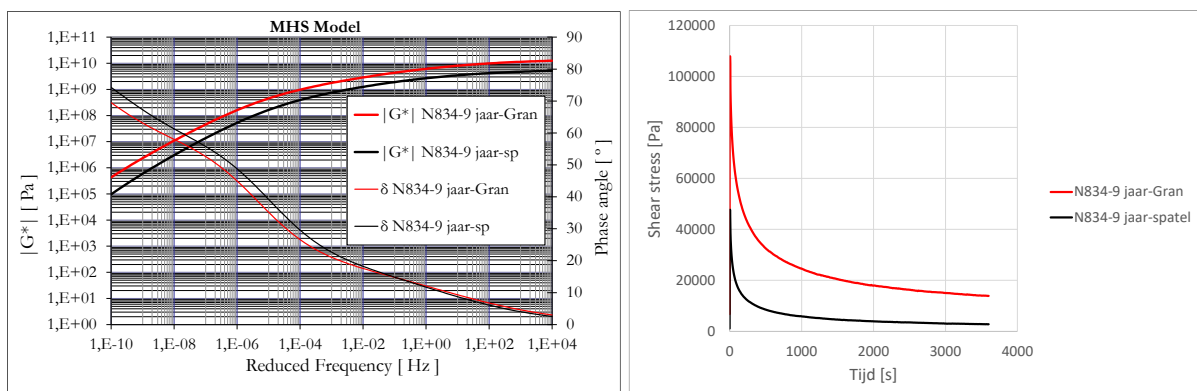
5. Uitgevoerde Asfalt Wegdek testen op 6 SMA wegvakken

Door de Provincie Gelderland zijn boorkernen aangeleverd uit 6 wegvakken met een SMA 11 deklaag met variabele ouderdom en mate van rafeling. Het betreft allen SMA-NL 11B en/of SMA 0/11 type 2 deklagen. In alle wegvakken is bitumen 40/60 in de SMA toegepast, wat gebruikelijk is voor de Provincie Gelderland. Van de teruggewonnen mastieken zijn per wegvak en per terugwinmethode (spatel- en granulatormethode) 5 DSR-mastiekkolommen $\varnothing 9$ mm vervaardigd waarvan er 3 zijn onderzocht. Er is zowel een frequency sweep (0,1 Hz tot 60 Hz, -10°C tot 50°C) als een relaxatieproef (-5°C , rek = 0.004%, relaxatietijd 3600 sec) uitgevoerd.

Tabel 3 Onderzochte wegvakken

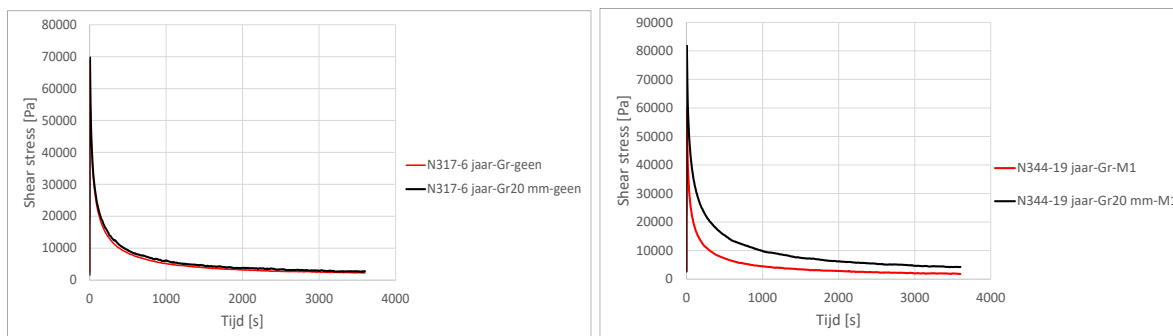
Wegvak	Weg	Ouderdom [jaar]	Rafeling [-]
1	N830	1	Geen
2	N317	6	Geen
3	N834	9	L1
4	N344	19	M1
5	N315	23	E1
6	N785	13	M1

De wegvakken 1 t/m 4 zijn onderzocht met teruggewonnen mastiek uit de hele laagdikte van de SMA. Er is mastiek teruggewonnen met de spatel- alsook met de granulatiemethode. De vettere spatelmastiek resulteert in lagere stijfheden en een beter relaxatiegedrag dan de granulatiemethode. De ranking van de 4 wegvakken is voor de spatelmastiek dezelfde als voor de granulatiemastiek. Verder onderzoek is daarom uitgevoerd met granulatiemastiek.



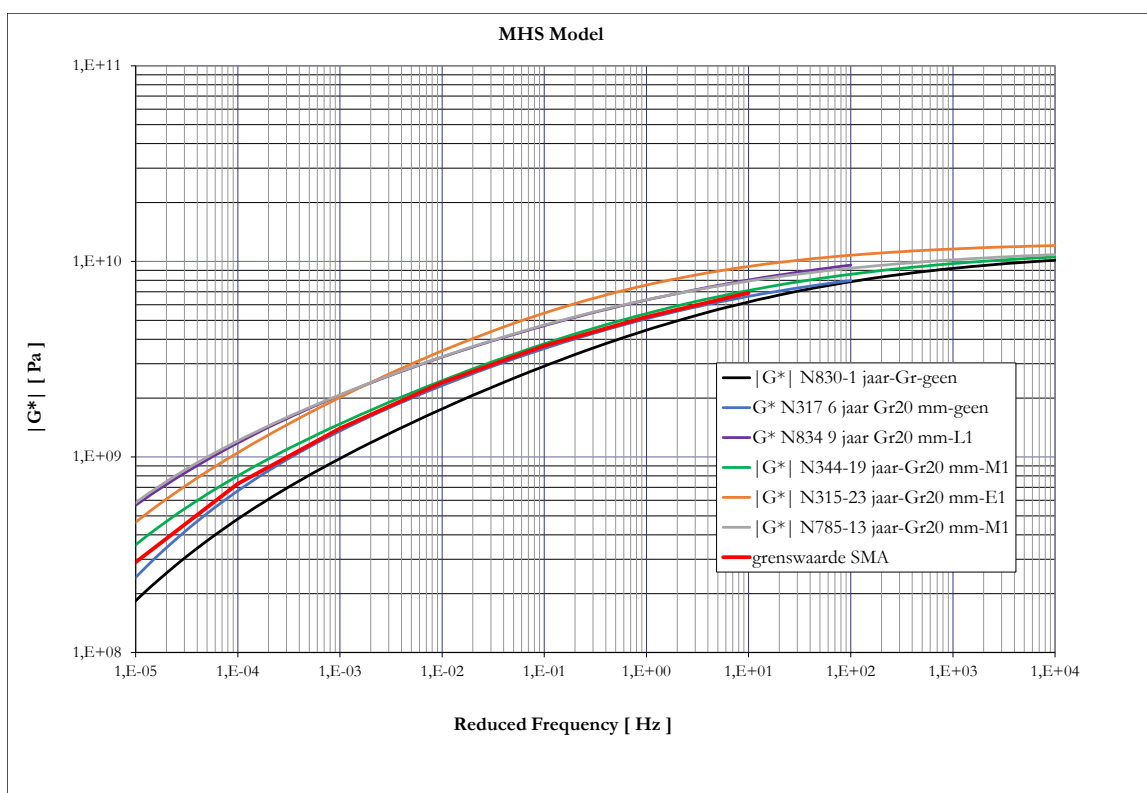
Figuur 5 Mastercurve en relaxatiekromme spatel- en granulatiemastiek

Het oudere wegvak (wegvak 4, N344, 19 jaar oud) met matige rafeling was bij zowel de frequency sweep als de relaxatieproef ten opzichte van de jongere wegvakken nog relatief flexibel en weinig onderscheidend. De AWT is uitgevoerd op teruggewonnen mastiek uit de hele laagdikte van de deklaag, net als bij ZOAB gebruikelijk. In tegenstelling tot ZOAB is SMA een dichte deklaag waardoor warmte en UV waarschijnlijk minder diepe invloed op de bindmiddelkarakteristieken hebben. Om dit te onderzoeken is van de resterende proefstukken de mastiek alleen teruggewonnen over de bovenste 20 mm van de SMA 11. Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat het verschil tussen de functionele eigenschappen (G^* en relaxatie) van de mastiek voor de hele laag versus de functionele eigenschappen van de mastiek van de bovenste 20 mm met de ouderdom van de deklaag steeds groter wordt (zie figuur 6). Dit bevestigt de hypothese dat veroudering van de mastiek in een SMA vooral bovenin de deklaag zit en veroudering met de leeftijd toeneemt. Verder onderzoek is daarom uitgevoerd op met de granulator teruggewonnen mastiek uit de bovenste 20 mm van de deklaag. Om voldoende volume aan specie in de granulator te stoppen wordt de verbrokkelde asfaltspecie van 2 x 20 mm SMA in één keer granuleerd.



Figuur 6 Relaxatiekromme op basis van mastiek uit hele kern versus mastiek uit de bovenste 20 mm ; wegvak 2 van 6 jaar oud (links) en wegvak 4 van 19 jaar oud (rechts)

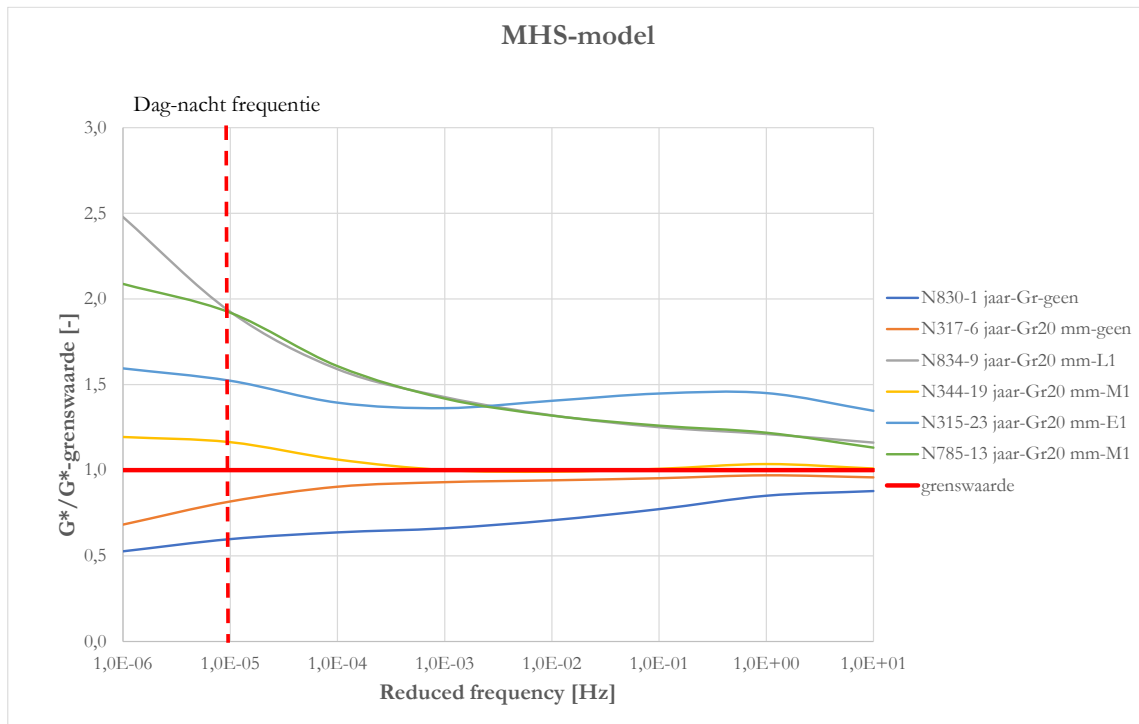
In figuur 7 is de mastercurve@-10°C weergegeven van de teruggewonnen mastiek uit de bovenste 20 mm voor alle 6 de wegvakken. Het glaspunt (G^* bij hoge frequentie) is voor alle wegvakken nagenoeg dezelfde, wat er op duidt dat de mastieksamenstelling van de 6 wegvakken vergelijkbaar is. Met het afnemen van de frequentie wordt de G^* steeds meer beïnvloed door de eigenschappen van de viskeuze bitumen en wordt de invloed van veroudering steeds meer zichtbaar. Tussen de ongerafelde wegvakken (N830 en N317) en de gerafelde wegvakken ligt de grenswaarde waarbij rafeling gaat ontstaan. Deze grenswaarde is in figuur 7 rood ingetekend in het relevante frequentiebereik van $1 \cdot 10^{-5}$ Hz tot 10 Hz.



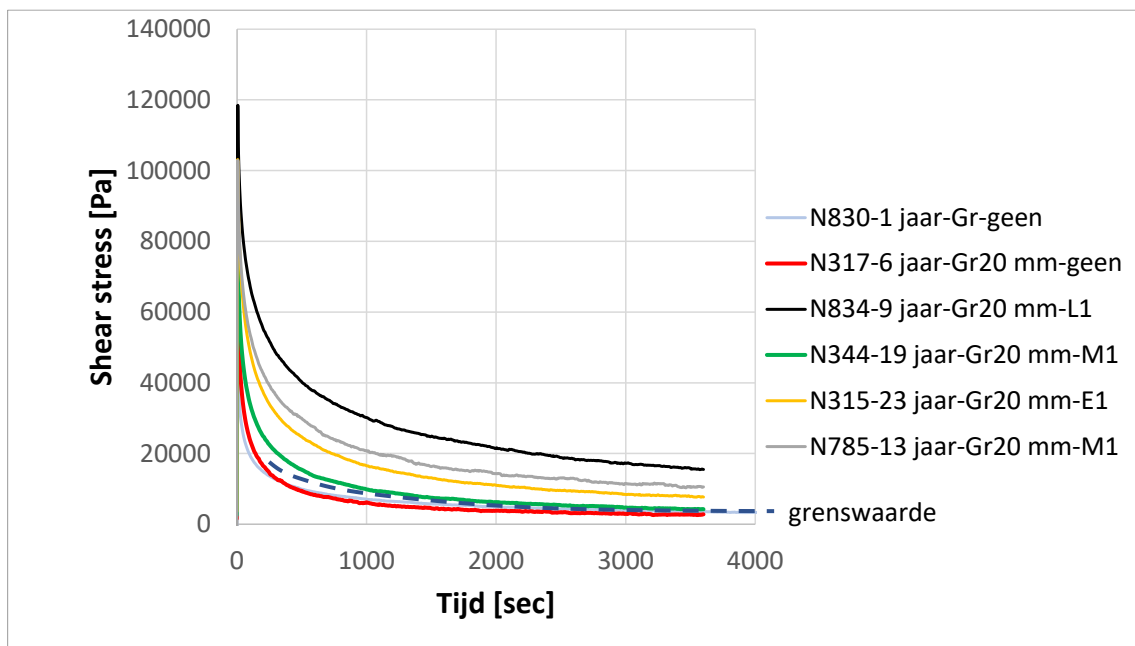
Figuur 7 Mastercurves@-10°C granulatormastiek uit bovenste 20 mm van de deklaag

In figuur 8 staan dezelfde resultaten, maar is de G^* relatief gemaakt ten opzichte van de grenswaarde. Bij een frequentie van $1 \cdot 10^{-5}$ Hz zijn de mastieken in de wegvakken met rafeling (N834, N344, N315 en N785) een factor 1,2 tot 1,9 keer stijver dan de grenswaarde. In figuur 9 is de relaxatiekromme weergegeven van de 6 wegvakken. De relaxatieproef levert dezelfde ranking op tussen de verschillende wegvakken. De grenswaarde voor G^* (-10°C, $1 \cdot 10^{-5}$ Hz) en relaxatie bevindt zich tussen de ongerafelde wegvakken (N830 en N317) en de andere

wegvakken. Onderzoek aan meer wegvakken moeten de posities van de grenswaarden voor G^* en relaxatie verder bevestigen en nauwkeuriger maken.



Figuur 8 Relatieve mastercurves@-10°C ten opzichte van de grenswaarde



Figuur 9 Relaxatiekrommen granulatomastiek uit bovenste 20 mm van de deklaag

6. Conclusies

Het primaire doel van een AWT voor SMA is (net als bij ZOAB) om in de gebruiksfase van een deklaag de flexibiliteit van de mastiek te monitoren om zo te kunnen voorspellen wanneer

de eerste rafeling kan worden verwacht. Door de flexibiliteit periodiek te monitoren, kan het risico op het ontstaan van rafeling worden getoetst aan de grenswaarde en een correctie van de flexibiliteit van de mastiek (een LVO-maatregel) goed worden gepland. De meerwaarde van de AWT voor SMA zit dus vooral in de periode vóórdat de eerste rafeling is opgetreden om zo een LVO-maatregel te kunnen plannen. Op het moment dat rafeling eenmaal is ontstaan heeft de wegbeheerder de klassieke tools (Visuele inspectie en gedragsmodellen) om deklaagvervanging te kunnen plannen.

Het secundaire doel van het ontwikkelen van een AWT voor SMA is het ontwikkelen van kennis in materiaalgedrag, om zo in de toekomst SMA-mengsels verder te kunnen optimaliseren. Zeker nu er steeds meer SMA-mengsels komen met hergebruikte materialen is aandacht voor voldoende flexibiliteit van de mastiek een must.

De AWT zoals tot op heden uitgevoerd op ZOAB-mengsels is voor SMA enigszins aangepast:

1. De mastiek wordt teruggewonnen uit de bovenste 20 mm van de SMA 11. De bovenste 20 mm wordt losgezaagd van de rest van de deklaag. Terugwinning vindt niet plaats met de spatelmethode, maar met behulp van een granulator
2. Er wordt (ook) een DSR-relaxatieproef uitgevoerd waarbij een vervorming van 0,004% wordt opgelegd en gedurende 3600 sec wordt vastgehouden. De resulterende schuifspanningen in het proefstuk worden gemeten. Een snellere afname van de schuifspanningen duidt op meer flexibiliteit van de mastiek.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek (6 SMA 11 wegvakken met variabele leeftijd en schadebeeld) wordt het volgende geconcludeerd:

1. Ook bij SMA 11 is aangetoond dat veroudering van de mastiek door warmte en UV plaatsvindt. In tegenstelling tot (D)ZOAB zit de veroudering vooral bovenin de deklaag. Het verschil in flexibiliteit tussen de mastiek uit de bovenste 20 mm en de mastiek uit de hele laagdikte van de deklaag neemt toe met de leeftijd. De veroudering van de mastiek neemt dus toe met de leeftijd van de deklaag.
2. Er is een duidelijk verschil in mastiekeigenschappen zichtbaar tussen de wegvakken zonder rafeling (N830 en N317) en de wegvakken met rafeling. Er lijkt net als bij (D)ZOAB een grenswaarde voor de flexibiliteit van de mastiek te zijn waarbij rafeling gaat ontstaan. De AWT heeft als doel om het ontstaan van rafeling te voorspellen en een eventuele correctie middels een LVO te kunnen plannen. Op basis van de onderzochte 6 wegvakken lijkt de tool kansrijk.
3. Van de 4 SMA-wegvakken met rafeling, kan de mate van rafeling niet (alleen) verklaard worden uit de mastiekeigenschappen. De SMA op de N834 (9 jaar oud, rafeling L1) laat bijvoorbeeld het minst flexibele gedrag zien, terwijl er in het betreffende wegvak slechts lichte rafeling aanwezig is. De SMA op de wegvakken N344, N315 en N785 hebben daarentegen een meer flexibele mastiek, maar zijn matig of ernstig gerafeld.
4. De frequency sweep en de relaxatieproef geven dezelfde ranking van de wegvakken. De frequency sweep lijkt wel iets meer onderscheidend te zijn.

Met name punt 3 van de opsomming vraagt om een verklaring die op basis van de huidige dataset niet kan worden gegeven. Op basis van engineering judgement kunnen wel verklaringen worden gevonden:

- De SMA in alle 6 de wegvakken hebben een mastiek met om en nabij hetzelfde glaspoint (G^* bij hoge frequentie). Dit duidt er op dat de samenstellingen van de mastieken vergelijkbaar is. De verschillen tussen de mastieken bij lagere frequenties

worden vooral veroorzaakt door de viskeuze eigenschappen van de bitumen. De G^* van de mastiek op tijdstip t wordt bepaald door de initiële stijfheid van de bitumen direct na aanleg op $t=0$ (afhankelijk van de penetratie en productieveroudering) en van de in situ veroudering van de bitumen na aanleg (vanaf $t=0$ tot heden). De toegepaste bitumen 40/60 (initiële stijfheid en verouderingsgevoeligheid) zal niet in alle wegvakken van dezelfde kwaliteit zijn. Het gedrag van de mastiek kan worden gemonitord door na aanleg en daarna periodiek na aanleg een AWT uit te voeren.

- Vanaf het moment dat de grenswaarde voor rafeling wordt overschreden, gaat rafeling optreden en met de leeftijd verder propageren. De mastiek in de SMA op het wegvak op de N834 is weliswaar stijf, maar nog relatief jong. De periode (jaren) dat de grenswaarde is overschreden is daardoor waarschijnlijk nog relatief kort. Bijvoorbeeld het wegvak op de N315 heeft een lagere stijfheid, maar is al 23 jaar oud en heeft waarschijnlijk een langere periode (jaren) achter de rug met een mastiekstijfheid boven de grenswaarde.

Genoemde verklaring zijn gebaseerd op engineering judgement en kunnen niet op basis van de data van slechts 6 wegvakken worden bevestigd. Meer wegvakken zullen moeten worden onderzocht. De AWT is voor SMA dus zeker kansrijk, maar onderzoek van meer wegvakken zal meer zekerheid geven en zal resulteren in nauwkeurigere grenswaarden.

Tenslotte:

Bij zowel wegbeheerders als aannemers is er grote behoefte aan een levensduurmodel voor SMA. In het project LAM – Levensduurvoorspellend Asfalt Model wordt onderzocht in hoeverre de levensduur van SMA kan worden voorspeld aan de hand van o.a. opleverdata van de realisatie van het werk (Holle ruimte, bitumengehalte, korrelverdeling en verdichtingsgraad). Dit onderzoek loopt nog. In onderhavig project is juist gekozen voor een model op basis van functionele gedrag. Gecontroleerd is of de functionele eigenschappen van de mastiek in de SMA tot een levensduurvoorspellend model kan leiden.

Referenties

1. Huurman, M. Lifetime Optimisation Tool, LOT, Main Report. 2008: Delft;
2. Huurman, M., Mo, L.T., Woldekidan, M.F., Ont-rafeling van zoab, LOT, Lifetime Optimisation Tool, CROW Infradagen 2008, Delft
3. Huurman, M., Jacobs, M. en Mohan, S., LOT en de verklaring van winterschade, CROW Infradagen 2012;
4. Huurman, M. Mo, L., Woldekidan, M.F., Testing and modeling of bituminous mortar response, Wuhan 2010;
5. Woldekidan, M.F., Response Modelling of Bitumen, Bituminous Mastic and Mortar, Delft, 2011;
6. Huurman, M. Mo, L., Woldekidan, M.F., Porous asphalt ravelling in cold weather conditions, Warsaw, 2009;
7. Huurman, M. Mo, L., Woldekidan, M.F., Mechanistic Design of Silent Asphalt Mixtures, 2010;