

De ontwikkeling van hoog PR asfaltmengsels met verjongingsmiddelen

Maarten M.J. Jacobs
BAM Wegen, Afdeling TMA/A&O, Utrecht (m.jacobs@bamwegen.nl)

David J.C. Broere
Arizona Chemical, Almere (david.broere@azchem.com)

.

Samenvatting

In Nederland is men gewend asfaltbetonmengsels te produceren met asfaltgranulaat als belangrijke bouwstof. Tegenwoordig is 60% PR in onder- of tussenlagen geen uitzondering meer. Hogere percentages hergebruik levert echter problemen op, zowel wat de productie van het asfaltmengsel als de eigenschappen van het eindproduct betreft. Een van de problemen wordt veroorzaakt door het bitumen: een hoger percentage PR betekent het doseren van minder nieuw bitumen, waardoor de menging van het oude en het nieuwe bitumen problematisch wordt en het mengproduct schraal en hard zal blijven. Dit probleem kan opgelost worden door toevoeging van een echt verjongingsproduct in het mengsel met hoog PR.

In de bijdrage wordt ingegaan op de zin en onzin van verjongingsproducten en andere problemen die de kop op steken bij het produceren van asfaltmengsels met een extra hoog percentage asfaltgranulaat.

1. Inleiding

Vanuit het oogpunt van duurzaam bouwen is het wenselijk asfaltmengsels te produceren waarin een hoog percentage asfaltgranulaat wordt verwerkt. In Nederland is het al haast gebruikelijk om in onder- en tussenlagen asfaltmengsels toe te passen met 60% PR. Deze mengsels kunnen geproduceerd worden met eigenschappen die gelijkwaardig zijn (en in sommige gevallen zelfs beter) dan asfaltmengsels zonder recycling. Hogere percentages hergebruik zijn wenselijk, maar in de praktijk levert dit een aantal problemen op:

- De meeste Nederlandse asfaltcentrales kunnen hogere percentages freesmateriaal om verschillende redenen niet aan:
 - het freesmateriaal kan in de zwarte trommel opgewarmd worden tot ongeveer 130°C. Wordt een hogere temperatuur nagestreefd, dan ontstaan er problemen met het aankoken van de zwarte trommel en wordt er ‘blue smoke’ gegenereerd. Dit laatste heeft tot gevolg dat er emissienormen overschreden worden;
 - Om een goede verwerkbaarheid te krijgen moet de temperatuur van het uiteindelijke asfaltmengsel ongeveer 160°C zijn. Om deze temperatuur te realiseren en om de relatief lage temperatuur van het asfaltgranulaat uit de zwarte trommel te compenseren moet de temperatuur van de bouwstoffen in de witte trommel dus aanzienlijk omhoog. Bij bijvoorbeeld 80% PR moet de witte trommel tot ongeveer tot 280°C (!) worden opgestookt om een goede verwerkbaarheid te realiseren. Veel witte trommels kunnen deze hoge temperatuur niet aan. Bovendien mag verondersteld worden dat deze opwarming tot verbranding zal leiden van het nieuw te doseren bitumen tijdens het mengproces;
- De samenstelling van het asfaltmengsel voldoet zonder aanpassingen niet meer op grond van de ervaringen die we tot nu toe hebben met onder- en tussenlagen:
 - Door de toepassing van hogere percentages freesmateriaal zal de korrelverdeling van het uiteindelijke asfaltmengsel af gaan wijken van de gewenste korrelverdeling: er zal een overschot aan fijn materiaal (kleiner dan 2 mm) en een tekort aan de grove fractie ontstaan. De vraag is of deze afwijkingen relevant zijn als asfaltmengsels beoordeeld worden op functionele eigenschappen;
 - Het mengbitumen zal in veel gevallen te hard zijn, waardoor de healingfactor van het asfaltmengsel reduceert tot 1,0. Bij 80% PR met freesmateriaal met een penetratie van 18 dmm zal toevoeging van een bitumen 70/100 met een penetratie van 100 dmm leiden tot een mengpenetratie van 24 dmm (!). Om een acceptabele penetratie van het mengbitumen te krijgen (bijvoorbeeld 40 dmm) moet een nieuw bitumen gedoseerd worden met een penetratie van ongeveer 1000 dmm (!). Dit soort bitumen wordt niet geleverd door de bitumenproducenten. Zelfs als zo'n zeer zacht bitumen leverbaar zou zijn, zullen er in de praktijk mengproblemen optreden tussen het oude bitumen uit het freesmateriaal en het nieuwe bindmiddel. Dit zal er uiteindelijk toe leiden dat de kwaliteit van het asfaltmengsel tegenvalt;
- Bij hogere percentages hergebruik wordt de kwaliteit van het eindproduct vooral bepaald door de eigenschappen van het gebruikte asfaltgranulaat. Als er dus grote spreiding in de eigenschappen van het asfaltgranulaat zit, zullen er ook grote spreidingen in de kwaliteit van het eindproduct zitten. Dit is zeer onwenselijk in het kader van het leveren van de gewenste kwaliteit aan een klant, bij projecten met langere garantieverplichtingen en in het kader van de geldigheid van type-onderzoeken in relatie tot CE-markering. Er moet dus zeer veel aandacht besteed worden aan de homogeniteit van het asfaltgranulaat dat gebruikt wordt bij de hoog PR mengsels. Daarnaast moeten de eigenschappen van de partij asfaltgranulaat die nu gebruikt wordt identiek zijn aan de eigenschappen van het asfaltgranulaat dat over 3 maanden of 3 jaar wordt toegepast zodat onderzoek in het kader van

CE-markering nog steeds geldig zal blijven.

Door de grote variatie in asfaltmengsels en mengselsamenstelling en met de huidige freesprocedures, waarbij er slechts sporadisch onderscheid gemaakt wordt tussen de diverse asfaltsoorten in onder-, tussen- en deklagen, is het haast onmogelijk om de gewenste constantheid van het asfaltgranulaat in de loop der tijd te realiseren. Dus ook het produceren van kwalitatief hoogwaardige asfaltmengsels met een hoog percentage PR is met de huidige inzamelwijze haast onmogelijk. Een aangepaste inzamel- en verwerkingwijze is bij het realiseren van hoogwaardige asfaltmengsels met een hoog percentage hergebruik dan ook noodzakelijk.

Om asfaltmengsels met een hoog percentage hergebruik te kunnen realiseren is een andere aanpak nodig. Dit betreft zowel de productie als de samenstelling van het asfaltmengsel. Een belangrijke randvoorwaarde bij de realisatie van asfaltmengsels met een hoog percentage asfaltgranulaat is dat de eigenschappen van de hoog PR mengsels vergelijkbaar zijn met die van de huidige mengsels. Lukt dit niet dan worden de milieuvoordelen van hoog PR mengsels teniet gedaan door dikkere asfaltlagen om dezelfde draagkracht van een asfaltverharding te realiseren.

In deze bijdrage wordt ingegaan op de ontwikkeling en toepassing van een verjongingsproduct in asfaltmengsels met hoog PR-percentages. Het doel van zo'n product is het geschetste probleem van de hardheid van het mengbitumen op te lossen. In dit artikel wordt de ontwikkeling en de toepassing van zo'n product beschreven.

2. Verjongingsproducten voor bitumen en asfalt

Bitumen verouderd onder invloed van zuurstof, UV-licht, zout en de uitstoot van auto's (vet, olie, brandstoffen). In grote lijnen neemt bij veroudering van bitumen het percentage lichte bestanddelen (maltenen, aromaten, harsen) af en het percentage zware bestanddelen (asfaltene) toe. Wat mechanische eigenschappen betreft wordt asfalt in de loop der tijd brosser.

Begin jaren 90 van de vorige eeuw werd dit al geconstateerd [1] en sindsdien zijn er talrijke studies over de toepassing van verjongingsproducten in asfalt uitgevoerd. In eerste instantie is geprobeerd verouderd bitumen te reactiveren door toevoeging van zachte bitumina, oliën, wassen en harsen. In de begintijd zijn zelfs brandstoffen toegepast. Dit was in het algemeen géén succesvolle aanpak. In de loop der tijd is men steeds gericht en diepgaander op zoek gegaan naar beter presterende verjongingsproducten. Belangrijke randvoorwaarden bij het ontwikkelen van verjongingsproducten zijn weergegeven in onderstaande tabel [2]:

Eigenschap	Probleem analyse	Additief eigenschap
Veiligheid	Veilig voor gebruikers en omgeving	Additief is geclassificeerd als ongevaarlijk in REACH regelgeving
Vlampunt	Risico op explosie	Vlampunt hoger dan 280°C
Volatiliteit	Additief mag niet verdampen tijdens asfaltproductie	Additief heeft minder gewichtsverlies dan bitumen
Consistentie	Additief moet van constante kwaliteit zijn	Additief is geproduceerd door middel van raffinage van grondstoffen en verder gereageerd om constante specificaties te waarborgen

Eigenschap	Probleem analyse	Additief eigenschap
Bruikbaarheid	Gemakkelijk in gebruik	Additief heeft een lage viscositeit waardoor het gemakkelijk te pompen is
Mengbaarheid	Additief moet goed mengbaar zijn bij alle concentraties, temperaturen en levensduur van het asfalt	Spot studies op marmeren platen tonen aan dat het additief goed mengbaar is en niet uitzweet vanuit asfalt
Thermische stabiliteit	Additief mag niet afbreken tijdens productie, aanleg of levensduur	Additief breekt niet af bij de gebruikte temperaturen en blijft nadien stabiel
Water oplosbaarheid	Additief mag niet in water oplosbaar zijn	Additief is niet water oplosbaar
Rookpunt	Additief mag geen rook genereren tijdens gebruik	Additief heeft een rookpunt hoger dan 180°C
Duurzaamheid	Additief moet afgeleid zijn van duurzame grondstoffen	Additief is voor 90% gebaseerd op hernieuwbare grondstoffen
	Recyclebaarheid met het oog op een volgende generatie hergebruik	Additief mag productieproces niet verstoren
	Kwaliteit van het nieuwe product, zowel op korte als op langere termijn	Additief is verjonger, geen verweker
Non-food	Additief moet niet afgeleid zijn van levensmiddelgrondstoffen	Grondstoffen zijn niet afkomstig vanuit de levensmiddelenindustrie

Tabel 1: Eigenschappen van verjongingsmiddelen.

Daarnaast zijn kostenaspecten en beschikbaarheid van het additief natuurlijk ook belangrijke zaken. Uit deze randvoorwaarden blijkt al dat het ontwikkelen van goed presterende verjongingsproducten voor bitumina geen eenvoudige zaak is. Werden in eerste instantie alleen eenvoudige analysetechnieken toegepast (o.a. penetratie, verwekingspunt $T_{R\&K}$, marshalleigenschappen) of werd op basis van empirie ervaring opgedaan, in de loop der tijd zijn steeds geavanceerdere analysetechnieken (SARA, GPC, FTIR, IATRO, DSR) toegepast [2, 3].

Tegenwoordig is er een groot aantal verjongingsproducten beschikbaar, waarbij de ene leverancier een nog beter product claimt te leveren dan zijn concurrent. Als aannemer wordt hierdoor de keuze dus niet gemakkelijk. Bij een juiste afweging dienen bovengenoemde randvoorwaarden gehanteerd te worden, waarbij met name de duurzaamheid van het verjongingsproduct belangrijk is. Aandacht voor het duurzaamheidsaspect moet er voor zorgen dat er geen verwekers (met een beperkte verjongende werking) worden toegepast, maar dat er verjongingsproducten worden toegepast die over een langere periode actief blijven. Het nadeel is echter dat er op laboratoriumschaal geen representatieve verouderingsprocedures beschikbaar zijn. Het inschatten van de duurzaamheid blijft dus een gevoelig punt bij de keuze van verjongingsproducten.

3. De ontwikkeling van een effectief verjongingsproduct voor bitumen

De ontwikkeling van een effectief verjongingsproduct voor verouderd bitumen kan gebaseerd zijn op het dispergeren van hoog polaire fracties en het versterken van het oplossend vermogen van de maltene fractie.

Verskillende potentiële chemische alternatieven zijn onderzocht met als doel de meest effectieve methode te vinden om de eigenschappen van verouderd bitumen te herstellen. Om verbeteringen aan te tonen is gebruik gemaakt van de Dynamic Shear Rheometer (DSR) en het meten van penetratie en verwekingspunt. De inspanningen van dit onderzoek waren gericht op het behalen van een maximaal effect met minimale dosering om eventuele negatieve bijeffecten van te hoge concentraties (zoals mengbaarheidsproblemen) te verminderen. Een aantal factoren werd onderzocht tijdens de ontwikkeling van het verjongingsproduct.

Experimenteel

Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende testmethodes, van EN standaard testmethoden, penetratie en verwekingspunt, tot meer fundamentele testen met DSR.

De standaard eigenschappen van de gedoseerde bitumina zijn bepaald volgens EN 12591 met inachtneming van de volgende testmethoden:

- Penetratie bij 25°C volgens EN 1426;
- Verwekingspunt volgens EN 1427;
- Viscositeit bij 90, 135, 150 en 180°C volgens EN 13302.

De monstervoorbereiding is gedaan volgens testmethoden EN 12594 en ASTM D4887. Hierin wordt beschreven hoe bitumen opgewarmd, verwerkt en gegoten dient te worden. Het verjongingsmiddel wordt aan bitumen toegevoegd als deze in vloeibare fase is. Na opwarmen van de bitumen tot 130°C wordt het verjongingsmiddel al roerend toegevoegd tot er een homogeen monster ontstaat. Het mengsel wordt gedurende 5 minuten met rust gelaten alvorens het door te roeren en uit te gieten in de benodigde testmallen.

Voor het fundamentele onderzoek is gebruik gemaakt van een DSR. Voor deze proeven is gebruik gemaakt van een spleetafstand van 2,5 mm en een 10 mm plaat bij een vaste frequentie (10 rad/s) binnen een temperatuur gebied van -30°C tot 70°C. Met deze procedure is het mogelijk om de eigenschappen op zowel lage, gemiddelde en hoge temperaturen te beoordelen. Dit geeft een goede indicatie van de eigenschappen van een asfaltmengsel met betrekking tot scheurvorming, stijfheid en permanente deformatie.

Omdat verouderd bitumen van recyclingmateriaal in kwaliteit verschilt is er voor gekozen om laboratorium verouderd bitumen te gebruiken. Dit kunstmatige bitumen is verkregen door vers bitumen in twee stappen te verouderen. De eerste verouderingsstap is uitgevoerd met de rolling thin film oven (RTFOT) en de tweede stap met de pressure aging vessel (PAV).

Bepaling van het effect van het verjongingsmiddel

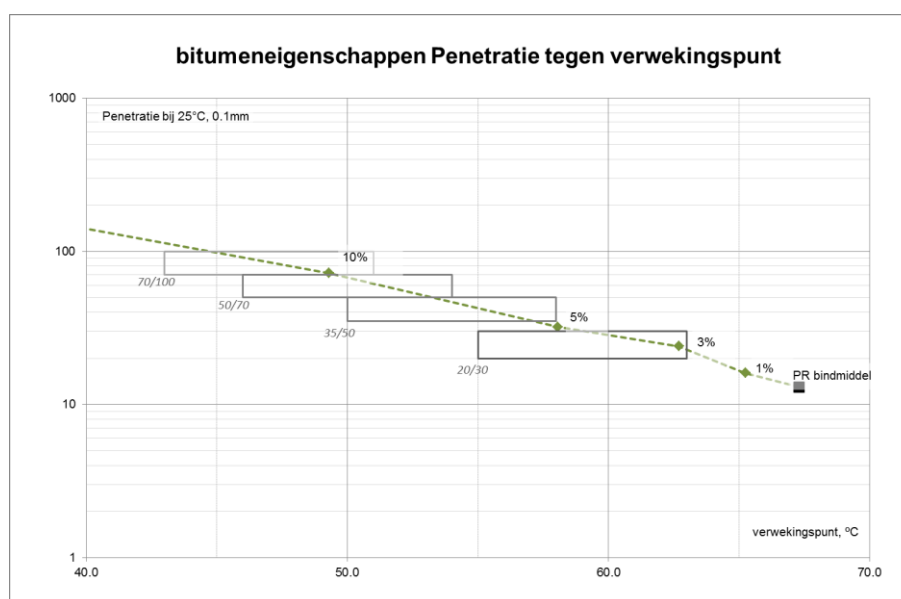
Om het verjongingseffect te kunnen bepalen is er gebruik gemaakt van een doseringsstudie. Met de doseringsstudie is de invloed van het verjongingsproduct op de eigenschappen van verouderd bitumen en de hoeveelheid benodigde verjongingsproduct geëvalueerd.

Om de juiste dosering te bepalen zijn de penetraties en verwekingspunten bepaald van verouderd bitumen en gedoseerd verjongd bitumen. De tabel hieronder toont de verkregen resultaten waarbij een verjongingsproduct in een reeks van 1 tot 15% is gedoseerd. Als verjongingsproduct is in het onderzoek *SYLVAROAD™ RP1000 performance additive* toegepast.

Dosering verjongings- product	Penetratie	Verwekingspunt	PI [-]	Viscositeit			
	[dmm]	[°C]		90 °C	135 °C	150 °C	180 °C
	EN 1426	EN 1427		EN 13302			
0%	13	67,3	-0,4	90400	1858	850	213
1%	16	65,3	-0,4	70080	1625	693	195
3%	24	62,7	-0,1	43750	1340	620	170
5%	32	58,1	-0,4	32130	1160	545	153
10%	72	49,3	-0,5	13230	755	310	105
15%	145	39,5	-1,6	5542	435	228	75

Tabel 2: Testwaarden verouderd bitumen in vergelijking met gedoseerd verouderd bitumen

Bij de analyse van de resultaten is de penetratie uitgezet als functie van het verwekingspunt. Dit is een standaard methode om de penetratiegradering te laten zien.



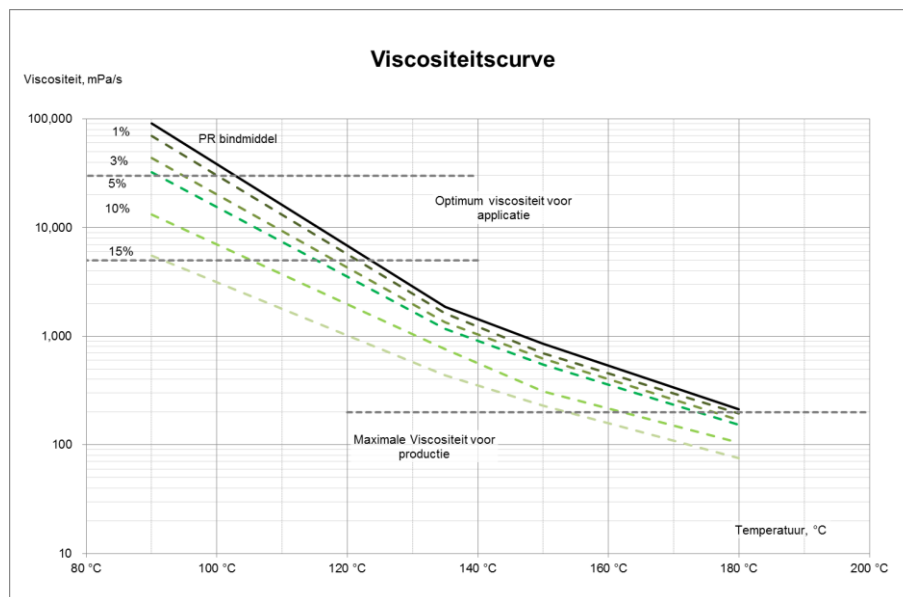
Figuur 1: Bitumenpenetratie als functie van het verwekingspunt

De waarden van de verouderde bitumen laten zien dat het hier om een zeer hard bitumen ($T_{R\&K} = 67,3^{\circ}\text{C}$) gaat. In figuur 1 is te zien dat door middel van het doseren van het verjongingsmiddel het mogelijk is om de waarden terug te brengen tot niveaus die overeenkomen met standaard penetratiebitumen. Zoals te zien bij een 5% dosering bedraagt het verwekingspunt $58,1^{\circ}\text{C}$ hetgeen overeenkomt met een standaard 35/50 bitumen en bij 10% dosering bedraagt het verwekingspunt $49,3^{\circ}\text{C}$ wat overeenkomt met de waarde van met een standaard 70/100 bitumen.

In figuur 2 is de viscositeit uitgezet als functie van de temperatuur. De viscositeit geeft een indicatie bij welke temperatuur het bitumen gebruikt kan worden tijdens productie en verwerkingsdoeleinden. De horizontale lijnen in de grafiek hierboven zijn een indicatie van de optimale temperatuur voor applicatie en de maximale temperatuur voor productie.

De dichte zwarte lijn in figuur 2 is de viscositeitscurve van het verouderd bitumen. De groene gestippelde lijnen zijn de viscositeitscurven van het gedoseerd verouderd bitumen, waarbij 1% dosering donker gekleurd is en de kleur intensiteit afneemt naarmate het doseringspercentage toeneemt. De hoogte van de curve geeft aan dat hogere temperaturen nodig zijn

om het materiaal verwerkbaar te krijgen. Door het toevoegen van het additief is het mogelijk om lagere temperaturen in productie (150-170°C) in plaats van 180°C of hoger te bewerkstelligen. Ook voor applicatiedoeleinden is het mogelijk lagere temperaturen (90-105°C) in plaats van 105°C te bewerkstelligen.



Figuur 2: Viscositeitscurven

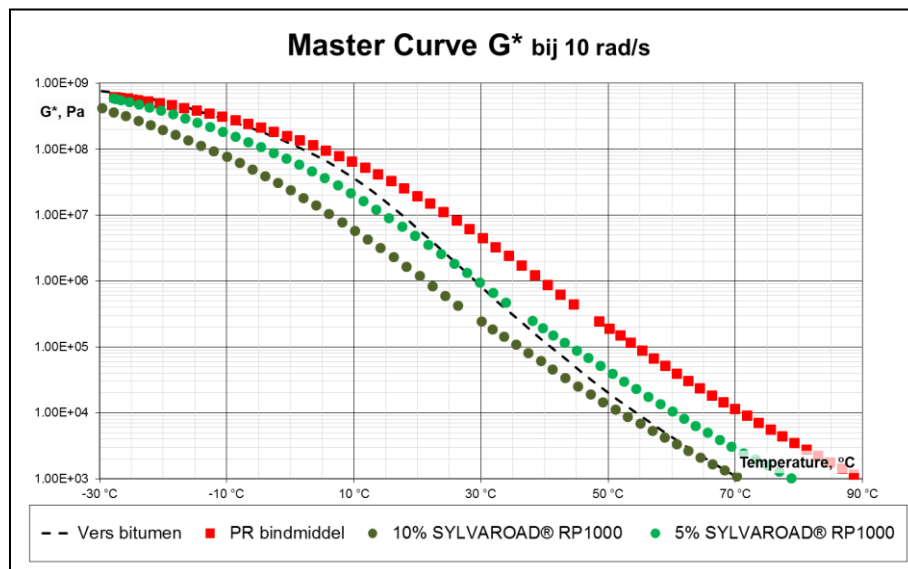
Het effect van het additief is verder onderzocht met DSR-onderzoek om het rheologisch gedrag te evalueren. Hiervoor is gebruikt gemaakt van verouderd bitumen en twee gedoseerde verouderde bitumen met respectievelijk 5% en 10% verjongingsproduct. Een standaard 35/50 bitumen is gebruikt voor vergelijkingsdoeleinden. De data kunnen op verschillende manieren geanalyseerd worden. Vaak wordt hiervoor de complex modulus (of G^*) gebruikt als functie van temperatuur bij een vaste frequentie van 10 rad/s. In de Verenigde Staten wordt gebruik gemaakt van de SUPERPAVE™ methodologie, waarbij de parameters voor vermoeiing $G^* \sin(\delta)$ en permanente deformatie $G^* / \sin(\delta)$ worden bepaald, waarbij met δ de fasehoek wordt aangeduid.

In figuur 3 is G^* als functie van de temperatuur uitgezet voor beide doseringen (respectievelijk 5% en 10%) in vergelijking met het verouderd bitumen en een controle monster. Deze grafiek geeft een indicatie van de stijfheid van het materiaal.

Uit figuur 3 blijkt dat er een significant effect is van het additief op het gedrag van het verouderde bitumen. Het verouderde bitumen wordt weergegeven met de rode geblokte lijn, het verse bitumen 35/50 met de zwarte gestreepte lijn en het gedoseerd verouderd bitumen met de groene stippellijn. Het toevoegen van 5% verjongingsproduct (licht groene stippellijn) in verouderd bitumen resulteert in het terugbrengen van de eigenschappen die vergeleken kunnen worden met die van vers bitumen in het gebied tussen de 10°C tot 40°C. Het gebied onder de 10°C is moeilijker te interpreteren met de gebruikte techniek: de stijfheid van voornamelijk het verouderde bitumen wordt te hoog waardoor de gemeten waarde niet overeenkomt met de werkelijkheid.

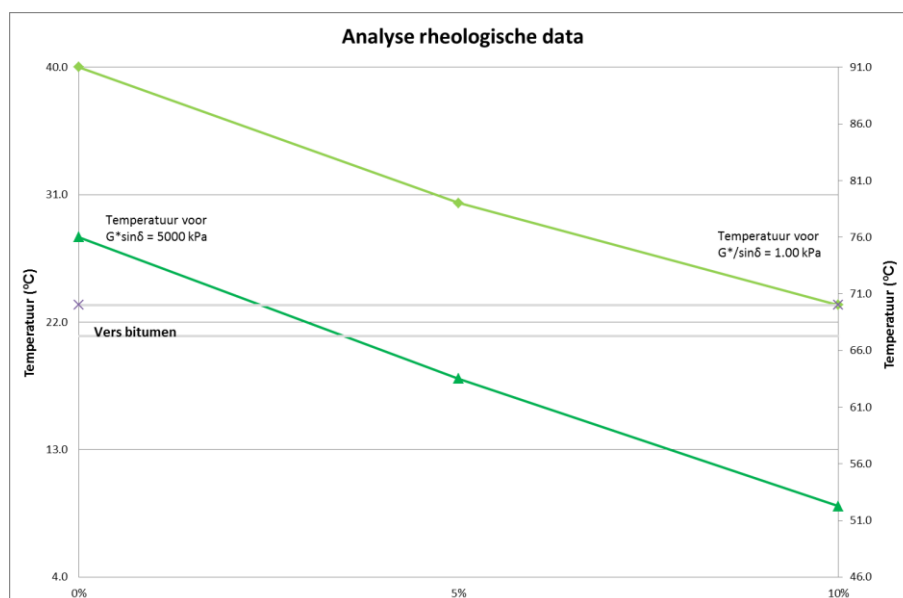
Bij een hoge temperatuur (70°C) is de shear modulus van het verouderd bitumen tienmaal hoger vergeleken met vers bitumen. Bij deze temperatuur is het mogelijk om met 10% additief de modulus terug te brengen. Bij de tussenliggende temperaturen is de modulus

achtmaal hoger. Hier is ongeveer 5% additief nodig om de eigenschappen terug te brengen tot het niveau van vers bitumen.



Figuur 3: Mastercurve bij 10 rad/s

Uit figuur 3 is de temperatuursafhankelijkheid, of te wel de mogelijkheid van bitumen om van gedrag te veranderen onder wisselende temperaturen vast te stellen. Voor verouderd bitumen lijkt het erop dat de stijfheid minder zal veranderen bij temperatuurvariatie. Deze eigenschap blijft behouden bij gebruik van het verjongingsproduct, terwijl de overige eigenschappen bij lage temperatuur wel hersteld worden. De gevoeligheid tot scheurvorming door lage temperaturen wordt verbeterd, waardoor het minder snel scheurt.



Figuur 4: Het effect van het verjongingsproduct op verouderd bitumen volgens Superpave®

Figuur 4 laat de resultaten zien van permanente deformatie en vermoeiingseigenschappen volgens het SUPERPAVE® model. Dit is gebaseerd op extrapolatie van data, gegenereerd met de DSR meting. $G^*/\sin(\delta)$ wordt gebruikt om de kritische hoge temperatuur te bepalen waarbij het materiaal meer gevoelig is voor permanente deformatie. Deze temperatuur wordt

bepaald wanneer $G^*/\sin(\delta)$ hoger is dan 1 kPa voor vers bitumen zonder RTFOT veroudering. $G^*\sin(\delta)$ is de rheologische relaxatie parameter, welke representatief is voor vermoeiingseigenschappen. Dit wordt bepaald door de temperatuur waarbij $G^*\sin(\delta)$ lager is dan 5000 kPa. Deze waarde wordt bepaald nadat de bitumen verouderd is met RTFOT en PAV.

Uit figuur 4 kan worden bepaald dat voor het herstellen van de vermoeiingseigenschappen 3% verjongingsproduct nodig zal zijn (het kruispunt van $G^*\sin(\delta)$ met de 21°C lijn). Om permanente deformatie terug te brengen is ongeveer 10% verjongingsproduct nodig wat afgelezen kan worden op het kruispunt van $G^*/\sin(\delta)$ met de grijze lijn met marker op 71°C.

De analyse van de rheologische data toont aan dat met het verjongingsproduct de eigenschappen van het verouderde bindmiddel op een effectieve manier hersteld kunnen worden. Daarnaast is aangetoond dat het verouderd bitumen gedoseerd met het verjongingsproduct de temperatuurgevoeligheid zal behouden, waardoor het lage temperatuur en permanente deformatiegedrag verbeterd zullen zijn.

Voor het verjongingsproduct is het van belang dat het actief blijft tijdens het verouderen. Om dit aan te tonen zijn vier verschillende bitumen monsters verouderd met RTFOT en PAV. De vier bitumen monster zijn:

- Verouderd bitumen;
- Controle monster met 40/60 bitumen;
- Het verouderde monster met 5% verjongingsproduct;
- 75% verouderd bitumen met 5% verjongingsproduct en 25% 40/60 bitumen.

	Eenheid	Verouderd bitumen	40/60 bitumen	RA + 5% verjongingsproduct	RA + 40/60 + 5% verjongingsproduct
Niet verouderd					
Penetratie	dmm	21	47	42	41
Verwekingspunt	°C	66	52	56	56
PI		0.22	-0.98	-0.16	-0.25
Verouderd met RTFOT					
Penetratie	dmm	NA	35	36	35
Verwekingspunt	°C	NA	57	59	58
PI		NA	-0.35	0.01	-0.18
Gewichtsafname	%	NA	-0.36	-0.62	-0.55
Verlies in penetratie	%	NA	76	86	84
Δ verwekingspunt	°C	NA	6	2	2
Verouderd met RTFOT + PAV					
Penetratie	dmm	NA	28.3	29.5	29.2
Verwekingspunt	°C	NA	64	64	64
PI		NA	0.43	0.50	0.52
Gewichtsafname	%	NA	-0.47	-0.47	-0.46
Verlies in Penetratie	%	NA	60	71	71
Δ verwekingspunt	°C	NA	12	7	8

Tabel 3: Verouderingsdata van verouderd en gedoseerd bitumen. NA = niet geanalyseerd

De resultaten laten zien dat het additief zowel op de penetratie- als verwekingswaarden geen neveneffecten heeft.

Samenvattend kan gesteld worden dat de mix van verouderd bitumen met SYLVAROAD™ RP1000 performance additive in combinatie met vers bitumen minder vatbaar is voor veroudering vergeleken met vers bitumen. Het effect dat SYLVAROAD™ RP1000 performance additive heeft op verouderd bitumen is te detecteren. De procentuele toename van het verwekingspunt en afname van de penetratie zijn lager ten opzichte van vers bitumen.

4. Het toepassen van het verjongingsproduct in hoog PR asfalt

Een van de belangrijkste randvoorwaarden bij het produceren van asfalt met een hoog percentage hergebruik is dat de uiteindelijke mengsels vergelijkbare functionele eigenschappen moeten hebben als asfaltmengsels met 50 of 60% PR. Als aan deze eis niet wordt voldaan zullen alle economische en milieutechnische voordelen die hoog PR mengsels hebben, teniet gedaan worden door extra aan te brengen asfaltlaagdikte om een gelijkwaardige draagkracht of levensduur van verhardingsconstructies te realiseren.

In principe wordt er door de wegenbouwmarkt gestreefd naar 100% hergebruik van asfaltgranulaat in nieuw asfalt, maar in de praktijk is dit niet realiseerbaar:

- Door het frezen van asfalt en een eventuele nabehandeling van het freesmateriaal treedt er verbrijzeling van het mineraal aggregaat op. In de praktijk betekent dit dat er aan asfaltmengsels met 100% PR altijd grove steenslag moet worden toegevoegd om een goed gegradeerd asfaltmengsel te maken. Een alternatief is om van asfaltgranulaat van een 0/16 mengsel een nieuw asfaltmengsel 0/14 of 0/11 te maken;
- Er zal een overdaad aan fijne fractie (kleiner dan 2 mm en kleiner dan 63 µm) in het nieuwe asfaltmengsel aanwezig zijn;
- Er moet altijd een verjongingsproduct en/of nieuw bitumen worden toegevoegd om een gewenste hardheid of flexibiliteit van het gemengde bindmiddel te genereren;

Overigens kunnen de hierboven geschetste graderingsproblemen (te weinig grove fractie en een overschot aan fijne fractie) ook opgelost worden door al onze ervaringen met mengselrecepten, zoals verwoordt in de Standaard RAW Bepalingen 2005, los te laten. In beperkte mate zal dit ook wel mogelijk zijn, maar al onze ervaringen hebben niet voor niets uiteindelijk geleid tot de mengselrecepten voor AC-, SMA- en ZOAB-mengsels zoals we die nu hanteren.

Daarnaast speelt er bij het streven naar asfaltmengsels met 100% PR nog een belangrijke zaak: de kwaliteitskwestie. Een wegbeheerder verlangt een asfaltmengsel dat iedere dag van de week dezelfde kwaliteit heeft, ongeacht de kwaliteit en de spreiding van de toegepaste bouwstoffen. Bij het streven naar 100% recycling is het beperken van de spreiding in de samenstelling van het asfaltgranulaat alleen mogelijk als freesmateriaal uit AC-deklagen hergebruikt wordt in nieuwe AC-deklagen en freesmateriaal uit onder- en tussenlagen in nieuwe tussen- en onderlaagmengsels. Freesmateriaal uit deklagen hergebruiken in onder- of tussenlagen is een laagwaardigere manier van hergebruik: het is niet duurzaam en het leidt tot kapitaalvernietiging (in veel deklagen zit tenslotte steenslag 3) en tot spreiding in asfaltkwaliteit. Dus ‘horizontaal recyclen’ is wenselijk.

In deze bijdrage wordt kort het onderzoekstraject beschreven van de toepassing van het verjongingsproduct SYLVAROAD™ RP1000 performance additive bij de ontwikkeling van een asfaltmengsel met 75% m/m PR. Uitgangspunt bij de ontwikkeling is dat er uiteindelijk een asfaltmengsel wordt gevonden met gelijkwaardige functionele eigenschappen (verdicht-

baarheid, watergevoeligheid, stijfheid en weerstand tegen vermoeiing, permanente deformatie en scheurdoorgroei) als een asfaltmengsel met 50% PR.

De eigenschappen van het asfaltgranulaat zijn samengevat in de volgende tabel.

Eigenschap	Grootte
Bitumengehalte [% m/m 'in']	4,7
Soort bitumen	penetratiebitumen
Penetratie [dmm]	17
Verwekingspunt $T_{R\&K}$ [°C]	66,6
Dichtheid [kg/m ³]	2476
Gradering [% m/m 'door']	
Zeef C22,4	99,9
Zeef C16	97,1
Zeef C11,2	87,0
Zeef C8	75,5
Zeef C5,6	62,1
Zeef 2 mm	44,5
Zeef 500 µm	31,2
Zeef 125 µm	12,4
Zeef 63 µm	9,5

Tabel 4: Samenstelling asfalt granulaat

De verhoudingen van de verschillende bouwstoffen zijn in de volgende tabel weergegeven:

Bouwstof	Mengselcode			
	Mengsel 1	Mengsel 2	Mengsel 3	Mengsel 4
Algemene eigenschappen				
Hoeveelheid PR [in %]	50	75	75	75
Aandeel bouwstof in het mengsel [in %m/m]				
Bitumen 70/100	2,00	0,95	0,85	0,88
Verjongingsmiddel	0,00	0,00	0,10	0,07
Wigras 40K	1,47	0,00	0,00	0,00
Eigen stof	0,80	0,52	0,52	0,52
Natuurlijk zand	19,33	13,06	13,06	13,06
Steenlag 6/10	13,60	0,00	0,00	0,00
Steenlag 10/14	12,80	10,47	10,47	10,47
Totaal alle bouwstoffen	100,0	100,0	100,0	100,0
Gradering				
Door C22,4 [%m/m]	99,8		99,8	
Door C16 [%m/m]	97,7		97,2	
Door C8 [%m/m]	69,0		68,7	
Door 2 mm [%m/m]	43,0		45,0	
Door 125 µm [%m/m]	8,5		10,2	
Door 63 µm [%m/m]	6,5		7,9	
Bitumen en verjongingsmiddel				
Totale hoeveelheid bitumen in het mengsel [in %m/m]	4,3	4,4	4,4	4,4
Hoeveelheid bitumen uit het asfaltgranulaat [in %m/m]	2,35	3,53	3,53	3,53

Percentage verjongingsmiddel in totale bitumen [%]	0,0	0,0	2,3	1,6
Percentage verjongingsmiddel t.o.v. bitumen uit asfaltgranulaat [%]	0,0	0,0	2,8	2,0

Tabel 5: Mengseleigenschappen

Uit tabel 5 kan geconcludeerd worden dat bij een asfaltmengsel met 75% PR de eis van 43,0 %m/m door de 2 mm zeef niet gerealiseerd kan worden. Daarnaast blijkt dat de hoeveelheid stof (<63 μm) in het 75% PR mengsel nadrukkelijk hoger is dan gewenst. Hier wordt het probleem van teveel fijn in een hoog PR-mengsel duidelijk. De vraag is echter of dit probleem daadwerkelijk reëel is en aanleiding zal zijn tot ongewenste functionele eigenschappen.

Om het probleem van de overmaat aan fijne deeltjes op te lossen is in eerste instantie gedacht aan de optie om meer bitumen in het mengsel te stoppen. Door meer bitumen te doseren in het mengsel met 75% PR zou de verhouding bitumen/zand/vulstof in beide mengsels volumetrisch identiek zijn ('rijkheid van de mastiek') en dus werd verwacht dat de verwerking van alle mengsels identiek zou zijn. Achteraf blijkt deze compensatie niet nodig te zijn om toch goede functionele eigenschappen van het asfaltmengsel te krijgen.

Met de gevonden mengselsamenstellingen zijn per mengsel 16 gyrotortabletten en één asfaltplaat gemaakt. Verondersteld is dat de streefdichtheid van alle asfaltmengsels hetzelfde is. Uit de plaat zijn 6 proefbalkjes gezaagd voor een beperkt stijfheids- en vermoeiingsonderzoek. De andere proeven zijn uitgevoerd zoals gebruikelijk is in een typeonderzoek. In tabel 6 zijn de resultaten van alle proeven samengevat.

Eigenschap	Eenheid	Mix	Mix 2	Mix 3	Mix 4
Berekende penetratie	[dmm]	35	23	34	30
Gemeten penetratie	[dmm]	-	17	28	-
Gemeten $T_{R\&B}$	[°C]	-	66,2	60,6	-
Verdichtbaarheid	[gyraties]	50	25	10	10
ITS geretainde proefstukken	[MPa]	2,524	2,860	2,579	2,662
ITS niet geretainde proefstukken	[MPa]	3,305	3,669	2,670	2,781
Watergevoeligheid (ITSR)	[%]	76	73	97	92
Stijfheid @ 20°C en 8Hz	[MPa]	8456	9132	8217	8647
ϵ_6 (gebaseerd op 6 balken)	[$\mu\text{m}/\text{m}$]	110	95	127	121
f_{cmax}	[$\mu\text{m}/\text{m}/\text{N}$]	0,16	0,16	0,58	0,46
K_{Ic} @ 0°C	[N/mm ^{1,5}]	30,1	29,2	32,4	29,7
K_{Ic} @ 20°C	[N/mm ^{1,5}]	18,5	20,2	15,3	16,4

Tabel 6: Resultaten functionele asfaltproeven

Op basis van deze resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De berekende penetratie op basis van de log-penregel komt niet overeen met de daadwerkelijk gerealiseerde gemeten penetratie. Hetzelfde geldt voor het verwekingspunt ring en kogel. Bij de berekening van de mengpen en $-T_{R\&K}$ is de invloed van het verjongingsmiddel verdisconteerd conform de procedure die omschreven is in tabel 2 van deze bijdrage;
2. Het is opvallend dat het asfaltmengsel met 75% PR beter te verdichten is dan een mengsel met 50% PR;

3. Het gekozen verjongingsproduct functioneert naar verwachting. Op basis van de f_{cmax} -waarde kan zelfs geconcludeerd worden dat het product zijn werk te goed doet;
4. Het is onduidelijk of de dosering van verjongingsproducten bepaald kan worden op basis van de huidige rekenregels voor bitumen. Op basis van bitumendoseringen en uit de gerapporteerde onderzoeken blijkt dat de deze rekenregels mogelijk tot onjuiste doseringen van het verjongingsproduct kunnen leiden.

Aanvullende proeven met een aanpassing van het bitumenpercentage in het mengsel hebben aangetoond dat het uiteindelijk mogelijk is een asfaltmengsel met 75% PR én verjongingsproduct te maken met gelijkwaardige functionele eigenschappen als een mengsel met 50% PR zonder verjongingsproduct.

5. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kunnen de volgende conclusies en aanbevelingen worden geformuleerd:

1. Bij het produceren van asfaltmengsels met een hoog percentage PR (hoger dan de huidige grens van 60%) is het gebruik van een verjongingsmiddel noodzakelijk om een product te maken met vergelijkbare functionele eigenschappen als het 60% PR mengsel;
2. Bij het ontwikkelen en beoordelen van verjongingsproducten is het onvoldoende om alleen te kijken naar de verandering van bitumeneigenschappen. Op basis van onderzoek naar bitumeneigenschappen blijkt dat een hogere dosering noodzakelijk is dan wat er uit de mengseleigenschappen naar voren komt. Het is maar de vraag of de huidige rekenregels voor bitumina (die gebaseerd zijn op mengsel met 50% PR) wel bruikbaar zijn bij asfaltmengsels met een hoog % PR en/of verjongingsmiddelen. Uit deze studie komt naar voren dat verder onderzoek noodzakelijk is naar de huidige rekenregels en -modellen voor bitumina, aangezien er verschillen in berekende en gerealiseerde bitumeneigenschappen zijn tussen de doseringen in bitumina en asfaltmengsels;
3. Bij het mengselontwerp voor asfaltmengsels met een hoog % PR is het maar de vraag of de huidige mengselberekeningen (op basis van de gewenste korrelverdeling) nog wel gebruikt moeten worden. Afwijkingen van deze mengselrecepten hebben tot nu toe nog niet geleid tot substantiële wijzigingen van de functionele eigenschappen van het uiteindelijke asfaltmengsel. Additioneel onderzoek kan uitwijzen of de huidige mengselberekeningen op basis van gewenste korrelverdeling nog wel gebruikt kunnen worden;
4. Er zou ook onderzoek gedaan moeten worden naar de mengbaarheid van het bitumen uit het asfaltgranulaat, een eventueel verjongingsproduct en een nieuw te doseren bitumen. Mogelijk is er sprake van ‘black rock’ en draagt een deel van het oude bitumen niet bij tot de functionele eigenschappen van het asfaltmengsel. Anderzijds kan een verjongingsproduct positief werken bij het mengen van het ouden met het nieuwe bitumen.

Referenties

- [1] Bahia H.U. en Anderson D.A., “Physical hardening of paving grade asphalts as related to compositional characteristics”, Symposium on Chemistry and characterization of asphalts, 200th National Meeting American Chemical Society - Washington D.C., pp.26-31, Augustus 1992;
- [2] Van de Ven, M.F.C., “Developments with rejuvenators: Applications and Testing Methods”, presentatie 15e International Flexible Pavement Conference, AAPA, Brisbane, Australië, September 2013;
- [3] Tanghe T. e.a., “Influence of rejuvenating additives on recycled asphalt (RAP) properties”, Proceedings 5e E&E-congres, juni 2012, Istanbul.