

NIEUWE PRESTATIEGERICHTE ASFALTPROEVEN VOOR ASFALTMENGSELS : LAGE TEMPERATUUR SCHEURVORMING EN STIJFHEIDSMODULUS

Dr. FREDERIK VERVAECKE, Dr. ir. JOHAN MAECK, Dr. ANN VANELSTRAETE,

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Op Europees niveau is er momenteel een evolutie waarbij men zo veel mogelijk dans la mesure du possible, de faire la probeert over te stappen naar transition vers des essais performantiels prestatiegerichte proeven om de prestaties pour tester les performances des mélanges van asfaltmengsels te toetsen. In dat kader bitumineux. Dans ce contexte, le laboratoire werd het OCW-laboratorium recent uitgerust du CRR s'est ainsi récemment doté de deux met 2 nieuwe proef is de zogenaamde "Thermal Stress de ces essais est le "Thermal Stress retained Restrained Specimen Test" voor het testen Specimen Test" permettant de déterminer la van de weerstand tegen lage résistance à la fissuration à basse temperatuurscheurvorming van asfalt- température des enrobés. Le second est mengsels ; de tweede proef is de "Indirecte « l'Essai de traction indirecte sur des Trekproef op Cilindrische proefstukken" voor éprouvettes cylindriques » visant a de bepaling van de stijfheid van déterminer la rigidité des enrobés. Ces deux asfaltmengsels. Beide worden hier essais, ainsi que leurs premiers résultats, voorgesteld en de eerste resultaten worden font l'objet de la présente contribution. weergegeven.

1 Inleiding

Op Europees niveau wenst men voor de tweede generatie van Europese normen te evolueren naar prestatiegerichte proeven om de eigenschappen van asfaltmengsels te toetsen. Het OCW neemt als lid van CEN comité CEN TC227 WG1 en via laboratoriumstudie in verschillende onderzoeksprojecten actief deel aan dit proces. Voor het koude temperatuursgedrag van asfaltmengsels is er momenteel een eerste Europees ontwerp van proefmethode beschikbaar namelijk prEN 12697-46(2008).

In dat kader werd het OCW-laboratorium recent uitgebreid met twee nieuwe prestatieproeven. De eerste proef is de "Thermal Stress Restrained Specimen Test (TSRST)" voor de studie van het lage temperatuursgedrag van asfaltmengsels. De tweede proef is de "Indirect Tensile Test on Cylindrical Specimens (IT-CY)" of de "Indirecte Trekproef op Cilindrische proefstukken" voor de bepaling van de stijfheidsmodulus van asfaltmengsels. Deze proef is beschreven in EN 12697-26 annex C.

2 Thermal stress restrained specimen test (TSRST)

Tot voor kort was er op Europees niveau geen proef beschikbaar voor de evaluatie van het lage temperatuursgedrag van een asfaltmengsel. In de Verenigde Staten bestaat wel de norm AASHTO TP10-93 waarin de zogenaamde “Thermal Stress Restrained Specimen Test” wordt beschreven. Hierbij wordt een proefstuk onderworpen aan een temperatuursdaling terwijl het proefstuk wordt ingeklemd. De spanning wordt gevolgd in functie van de temperatuur tot de breuk van het proefstuk. Sinds de zomer van 2008 is er een ontwerp van Europese proefmethode prEN 12697-46 voor het toetsen van het lage temperatuursgedrag van asfaltmengsels. Deze norm beschrijft een 6-tal proeven waarvan de eerste drie zich concentreren op het lage temperatuursgedrag :

- De eerste proef is een trekproef waarbij verschillende proefstukken bij verschillende temperaturen op trek belast worden tot breuk. Bij deze proef wordt de spanning en rek gevolgd en wordt een maximale spanning en rek bij breuk bepaald.
- Een tweede proef is de “Thermal Stress Restrained Specimen Test” (TSRST), gebaseerd op de AASHTO-proefmethode.
- Een derde proef is de combinatie van beide voorgaande waarbij de resultaten van beide proeven vergeleken worden voor de bepaling van een treksterktelimiet.

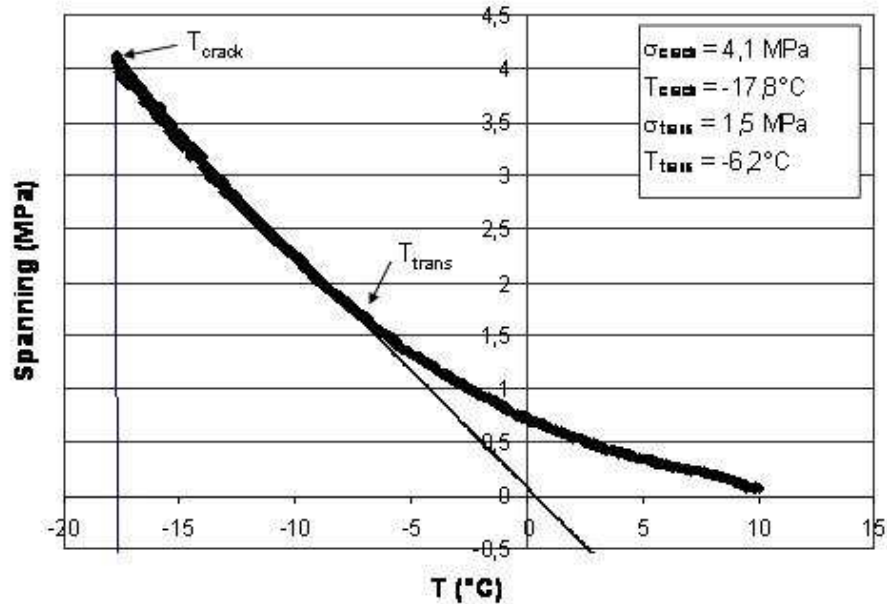
Het OCW is sedert april 2007 operationeel voor het uitvoeren van deze 3 proeven. We concentreerden ons hierbij vooral op de tweede methode, namelijk de “Thermal Stress Restrained Specimen Test” (TSRST). In de TSRST-proef wordt een asfaltproefstuk onderworpen aan een temperatuursdaling. Door de temperatuursdaling nemen de dimensies van het proefstuk af en is er dus krimp. De krimp wordt gemeten door twee verplaatsingsopnemers die op het proefstuk gemonteerd worden. Tijdens de proef wordt de krimp op 0 gehouden door het aanleggen van een trekkracht. Hierdoor is er een spanningopbouw in het proefstuk tot het barst. Dit punt is dan een kritisch punt voor de lage temperatuurscheurvorming van het asfaltmengsel.

Om dit experimenteel te realiseren, wordt een cilinder- of balkvormig proefstuk (dimensies afhankelijk van de korrelmaat van de aggregaten) vastgeklemd in een hydraulische pers. Het proefstuk wordt voorzien van twee rekmeters (die tegenover elkaar geplaatst worden) om de rek in het proefstuk te bepalen. Het signaal van beide sensoren wordt gemiddeld en zo ingelezen op de pers. Een mobiele klimaatkast wordt op de pers geïnstalleerd om het proefstuk af te koelen. Deze temperatuurskast heeft een bereik van -40°C tot +120°C en kan volledig automatisch gestuurd worden. De uitlijning van het proefstuk is cruciaal in de proef. Daarom worden de proefstukken gekleefd in een uitlijneenheid die onder- en bodemplaat perfect centreren ten opzichte van elkaar. Bovendien wordt, om eventuele torsie in het proefstuk op te vangen, de bovenkant van het proefstuk aan de pers vastgemaakt met een ketting die fungeert als een 3-dimensionele scharnier. Figuur 1 toont de proefopstelling.



Figuur 1: Asfaltproefstuk geïnstalleerd voor het uitvoeren van de TSRST-proef.

Het proefstuk wordt onderworpen aan een constante temperatuursgradiënt van $-10^{\circ}\text{C}/\text{u}$ (deze kan eventueel aangepast worden), terwijl de lengte van het proefstuk constant gehouden wordt. Hierdoor zal er spanning in het proefstuk opgebouwd worden waardoor het abrupt scheurt bij een bepaalde kritische temperatuur (T_{crack}). Daarnaast wordt een bijkomende kritische temperatuur bepaald, namelijk de transitietemperatuur (T_{trans}), waarbij de spanning-temperatuurcurve overgaat naar volledig lineair gedrag. Beide worden voorgesteld in figuur 2. Doorgaans wordt de kritische temperatuur T_{crack} vergeleken met de laagste temperatuur die in de verharding wordt gemeten. Indien T_{crack} lager is dan de laagst voorkomende temperatuur van de asfaltverharding, dan wordt aangenomen dat er in de praktijk geen risico bestaat dat lage temperatuurscheurvorming zal optreden. (ref. 2)



Figuur 2: Spanning in functie van de temperatuur tijdens een TSRST-proef. De rechte stelt de raaklijn voor aan het lineaire deel van de spanning-temperatuurcurve net voor breuk.

Tijdens de proef dient ook rekening gehouden te worden met een correctie op de gemeten rek door de rekmeters. Door de temperatuursgradiënt ondergaan de rekmeters immers zelf ook een krimp en zal er een afwijking ontstaan op het elektronisch signaal. In de literatuur werd gemeld dat dit effect een verlaging van de kritische temperatuur van ongeveer 5°C kan opleveren (ref.1). Deze afwijking werd gecontroleerd door de studie van een referentiemateriaal (aluminum) met een bekende thermische krimp (thermische expansiecoëfficiënt van $24 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$). Het proefstuk werd gemonteerd op de pers en de thermische krimp werd gemeten bij een constante kracht, en dit 4 keer. Dit leidt tot een correctie van $4.4 \times 10^{-7} \text{ m}/^\circ\text{C}$ op de rek. Alle proeven werden uitgevoerd rekening houdend met deze compensatie, dit wordt de gecorrigeerde TSRST genoemd.

Deze nieuwe proefmethode werd uitgevoerd om het risico van lage temperatuur scheurvorming van asfalt te onderzoeken. Eenzelfde asfaltmengsel AB-4 werd met verschillende bindmiddelen bereid. Daarna werden de verschillende asfaltmengsels met de TSRST getest. De resultaten worden weergegeven in tabel 1. Het valt op dat de kritische temperaturen zeer laag zijn en het risico voor lage temperatuur scheurvorming dus zeer gering is. We stellen tevens vast dat de kritische temperatuur toeneemt naarmate het bindmiddel harder wordt.

Bitumen	Pen (mm/10)	$T_{R\&K}$ (°C)	σ_{crack} (MPa)	T_{crack} (°C)
B20/30	21	57.9	4.2 ± 0.6	-15.7 ± 1.5
B35/50	47	50.5	4.6 ± 0.5	-19.9 ± 1.5
B50/70	58	48.1	5.2 ± 0.5	-24.4 ± 0.3
B70/100	80	47.6	5.1 ± 0.5	-26.1 ± 0.9
B90/120	110	44.3	5.5 ± 0.5	-28.4 ± 0.5
PMB 1 - EVA	56	62.7	6.9 ± 0.3	-29.0 ± 0.5
PMB 2 - SBS	54	59.1	5.3 ± 0.4	-24.7 ± 0.3
PMB 3 - EVA	61	60.5	6.8 ± 0.4	-27.2 ± 0.7
PMB 4 - SBS	66	77.0	5.2 ± 0.8	-27 ± 1

Tabel 1: TSRST-Resultaten voor een asfaltmengsel dat met verschillende bindmiddelen werd bereid.

3. Indirecte trekproef op cilindrische proefstukken

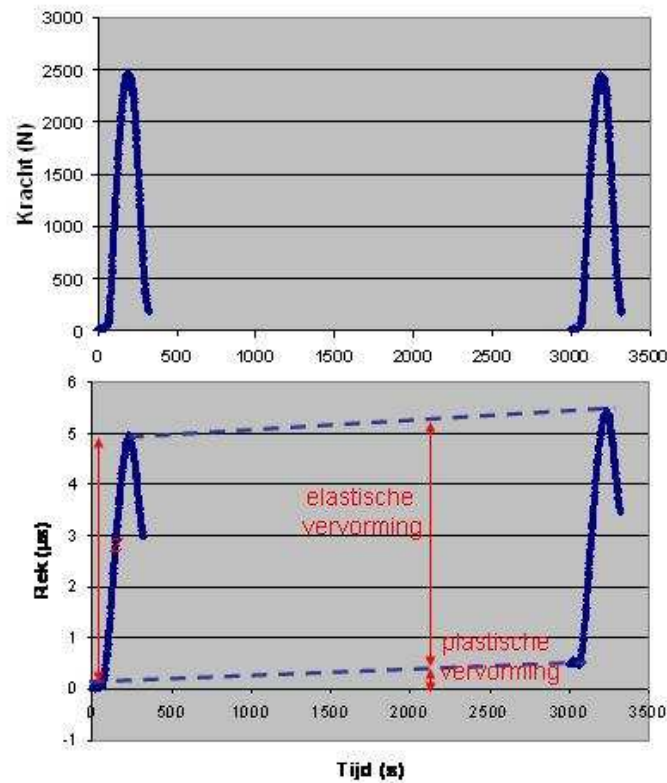
De indirecte trekproef op cilindrische proefstukken (IT-CY-proef) wordt beschreven in de Europese proefmethode EN 12697-26 Annex C. Deze proef is een alternatief voor de bepaling van de stijfheid op trapezoidale proefstukken beschreven in annex A van dezelfde norm. In deze proef wordt een cilindrisch proefstuk belast zoals voorgesteld in figuur 3. De horizontale vervorming wordt daarbij gemeten door twee LVDT-sensoren. Uit de relatie van de aangelegde kracht en de gemeten horizontale vervorming wordt de stijfheidsmodulus van het asfaltmengsel bepaald. Deze proef gebeurt in een klimaatkast zodat de stijfheid van het asfaltmengsel in functie van de temperatuur kan bepaald worden. Het voordeel van deze proef is de snelheid waarmee deze uitgevoerd wordt en de eenvoud van de proefstukbereiding. Zowel kernen bereid in het laboratorium als kernen afkomstig van de weg kunnen onmiddellijk beproefd worden.



Figuur 3: Cilindrisch proefstuk geïnstalleerd in de IT-CY proef.

De cilindrische proefstukken hebben een diameter van 100 of 150 mm en een dikte tussen 30 en 75 mm). Tijdens de proef worden de proefstukken herhaaldelijk krachtgestuurd belast met tussenpauzen tot 3s. De kracht volgt een haversinus ((124 ± 4) ms opgaand tot de maximale kracht) en wordt aangepast zodat de proef in het lineair gebied van het materiaal gebeurt en er dus geen blijvende vervorming optreedt in het proefstuk. De kracht wordt zo geregeld dat de totale horizontale rek $(5 \pm 2)\mu\text{s}$ bedraagt. De horizontale vervorming wordt gemeten en samen met de maximale kracht en poisson coëfficiënt kan de stijfheid van het asfaltmengsel bepaald worden. De proef bestaat uit 10 conditioneringscycli voor het bepalen van de juiste kracht. Nadien wordt het proefstuk 5 keer belast en wordt de gemiddelde stijfheid berekend over die 5 metingen.

Een voorbeeld van twee cycli van een meting wordt gegeven in figuur 4 .



Figuur 4: Principe van de IT-CY proef. De bovenste grafiek toont de aangelegde kracht en de onderste grafiek de totale horizontale verplaatsing.

De stijfheidsmodulus wordt berekend met de volgende formule:

$$S_m = \frac{F \times (v + 0.27)}{(z \times h)};$$

met S_m de gemeten stijfheidsmodulus (MPa), F de maximale kracht (N), z de amplitude van de totale horizontale vervorming (mm), h de gemiddelde hoogte van het proefstuk (mm), en poissonratio v (indien deze niet werd bepaald, dient men 0.35 te gebruiken).

Deze stijfheidsmodulus dient gecorrigeerd te worden naar een oppervlakte onder de belastingscurve. Deze correctie gebeurt als volgt:

$$S'_m = S_m \times (1 - 0.322 \times (\log(S_m) - 1.82) \times (0.60 - k));$$

met S'_m de gecorrigeerde stijfheidsmodulus (MPa) rekening houdende met de werkelijk gemeten belastingsfactor k , die een maat is voor de oppervlakte onder de kracht-tijd-curve.

Klassiek wordt deze proef uitgevoerd voor twee loodrechte posities van het proefstuk, bij 3 verschillende temperaturen en bij een vaste frequentie van 4Hz.

Bij het opstellen van een nieuwe proefmethode is het van belang om de precisie en de herhaalbaarheid na te gaan. Daarvoor werden twee AVS-mengsels onderzocht met een

verschillend skelet (steen- en zandskelet). De proefstukken werden geboord uit een plaat asfalt die met de plaatverdichter aangemaakt werd conform NBN EN 12697-33.

In eerste instantie werd de precisie en de herhaalbaarheid van de methode bepaald bij de standaardcondities, namelijk 4Hz en 3 verschillende temperaturen. Daarvoor werden voor 2 mengsels telkens 3 proefstukken beproefd. De standaardafwijking voor de individuele metingen is weergegeven in de respectievelijke kolom van het proefstuk in tabel 2. Deze werd bepaald uit 6 metingen op 1 proefstuk, 3 in de eerste richting en 3 in de tweede richting. We zien dat ze varieert tussen 2 en 5% voor de verschillende temperaturen en proefstukken. Dit is een heel goede waarde.

Daarnaast werd eveneens de herhaalbaarheid bepaald aan de hand van de vergelijking van de resultaten van 3 proefstukken van een zelfde mengsel, en bovendien werd deze proef ook op verschillende momenten herhaald. Deze resultaten zijn gegeven in tabel 2, in de laatste kolom van het respectievelijke proefstuk. De herhaalbaarheid werd bepaald als 1.4 keer de standaarddeviatie van alle resultaten. De herhaalbaarheid ligt tussen 5 en 7% over de verschillende temperaturen. Ook dit is een heel goed resultaat en is volledig conform met de norm.

T (°C)	Standaardafwijking en herhaalbaarheid AVS 465 <i>steenskelet</i>				Standaardafwijking en herhaalbaarheid AVS 466 <i>Zandskelet</i>			
	σ (Nr 1)	σ (Nr 2)	σ (Nr 3)	herhaalb.	σ (Nr 1)	σ (Nr 2)	σ (Nr 3)	herhaalb.
10	2%	4%	4%	5%	4%	3%	2%	7%
0	2%	5%	4%	5%	2%	5%	5%	7%
-10	4%	2%	4%	5%	5%	2%	5%	5%

Tabel 2: Standaardafwijking (in %) van de stijfheidsmodulus bepaald op 2 verschillende asfaltmengsels, 3 temperaturen, en vaste frequentie van 4Hz. De laatste kolom geeft telkens de herhaalbaarheid weer, bepaald als 1.4 keer de standaardafwijking

Daarnaast werd de precisie en herhaalbaarheid van de proef nagegaan voor een groter bereik van temperaturen en frequenties. De resultaten voor 3 proefstukken van 2 verschillende mengsels zijn gegeven in tabel 3. De precisie schommelt tussen de 2 en maximaal 18%. Voor de meeste gevallen is de precisie van de orde van 5%. Bij hoge temperaturen (35°C) vinden we veel hogere waarden (18%). Deze afwijking kan mogelijks verklaard worden door de grotere plastische vervorming van asfalt bij deze temperaturen. Er werd dan ook beslist om die hoge temperatuur niet meer te herhalen om de proefstukken niet nodeloos te vervormen. Bijkomend stellen we vast dat hoge frequenties in bepaalde gevallen ook minder goede resultaten opleveren (precisie van 10%). Dit kan mogelijk verklaard worden door de te hoge stijfheid van het asfalt en een vervorming van de aangelegde haversinus die veroorzaakt wordt door de limieten van het hydraulisch systeem.

Als we vervolgens naar de herhaalbaarheid kijken, zien we dat deze goed is voor alle onderzochte frequenties en temperaturen. De herhaalbaarheid schommelt tussen de 5 en 9%.

We zien dus dat zowel de precisie als de herhaalbaarheid goed (van de orde van 5%) is voor een gewoon temperatuurs- en frequentiebereik. Volgens de Europese norm moet deze kleiner zijn dan 9%.

Frequentie (Hz)	T (°C)	Standaardafwijking en herhaalbaarheid voor AVS 465 Steenskelet				Standaardafwijking en herhaalbaarheid voor AVS 466 Zandskelet			
		σ (Nr 1)	σ (Nr 2)	σ (Nr 3)	Herhaalb.	σ (Nr 1)	σ (Nr 2)	σ (Nr 3)	Herhaalb.
15.9	35	18%	/	/	/	/	/	/	/
8	35	18%	/	/	/	/	/	/	/
15.9	10	3%	5%	/	5%	3%	2%	7%	7%
8	10	2%	5%	/	5%	3%	3%	7%	7%
4	10	2%	4%	4%	5%	4%	3%	2%	7%
2	10	2%	6%	/	6%	2%	4%	2%	5%
15.9	0	2%	5%	4%	6%	8%	5%	6%	7%
8	0	1%	7%	5%	5%	2%	5%	7%	5%
4	0	1%	7%	4%	5%	2%	5%	5%	7%
2	0	1%	7%	5%	5%	2%	6%	6%	7%
15.9	-10	5%	12%	3%	9%	6%	2%	/	4%
8	-10	2%	2%	3%	5%	6%	1%	/	5%
4	-10	4%	2%	4%	5%	5%	2%	5%	5%
2	-10	5%	1%	5%	4%	6%	1%	/	5%

Tabel 3: Standaardafwijking (in %) van de stijfheidsmodulus bepaald op 2 verschillende asfaltmengsels, 3 temperaturen, en 4 frequenties. De laatste kolom geeft telkens de herhaalbaarheid weer, gemeten over 3 verschillende proefstukken.

Voor verschillende asfaltmengsels werd ook een vergelijking gemaakt van de stijfheidsmodulus bekomen met deze nieuwe proef en deze bekomen met de tweepuntsbuigproef op trapezoïdale proefstukken volgens NBN EN 12697-26 annex A. De resultaten van beide metingen zijn, binnen de precisie, zeer goed vergelijkbaar [ref. 3]. De nieuwe methode heeft het voordeel dat de geometrie van de proefstukken eenvoudiger is, waardoor minder voorbereidingswerk dient te gebeuren en waardoor ook boorkernen rechtstreeks kunnen beproefd worden.

Conclusie

Op Europees niveau wenst men voor de tweede generatie van Europese normen te evolueren naar prestatiegerichte proeven om de eigenschappen van asfaltmengsels te toetsen. Het OCW neemt als lid van CEN comité CEN TC227 WG1 en via laboratoriumstudie in verschillende onderzoeksprojecten actief deel aan dit proces. In dat kader werd het OCW-laboratorium recent uitgebreid met twee nieuwe prestatieproeven. De eerste proef is de “Thermal Stress Restrained Specimen Test (TSRST)” voor de studie van de weerstand tegen lage temperatuur scheurvorming. De tweede proef is de “Indirecte Trekproef op Cilindrische proefstukken” (IT-CY) voor de bepaling van de stijfheidsmodulus van asfaltmengsels. Deze proef is beschreven in EN 12697-26 annex C. Deze proef biedt het voordeel uitvoerbaar te zijn op cilindrische proefstukken, en dus op boorkernen. Dit was niet het geval met de tweepuntsbuigproef die tot nu toe werd gebruikt voor de bepaling van de stijfheidsmodulus. Beide proefmethodes worden hier uitvoerig voorgesteld en de eerste resultaten worden weergegeven. Zo werd voor beide proeven een goede herhaalbaarheid bekomen. Tevens werd het risico op lage temperatuur scheurvorming van AVS (Asfalt met Verhoogde Stijfheid) bepaald op AVS-mengsels waarbij verschillende types van bindmiddelen werden toegepast. Er werd geen risico op lage temperatuur scheurvorming voor deze mengsels vastgesteld.

Dankbetuigingen

De auteurs danken A. Fondu, P. Peaureaux en P. Vanerven voor hun hulp bij het uitvoeren van de proeven. Dank aan het Bureau voor Normalisatie (NBN) voor de financiële steun van dit onderzoek, uitgevoerd in het kader van project CC-CCN/PN/NBN 357.

Referenties

- [1] Olard, F., Di Benedetto, H., Eckmann, B., and Vaniscote J.-C., “Failure behavior of bituminous binders and mixes at low temperatures”, *3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress*, Vienna, Austria, 2004.
- [2] Kanerva, H.K., Vinson, T.S., Zeng, H., « Low temperature cracking : Field validation of the thermal stress restrained specimen test », SHRP-A-401, Washington DC, 1994.
- [3] Vanelstraete, A., De Visscher J., Maeck J., Piérard N., Vansteenkiste S., Vervaecke F., “Eindverslag project CC-NBN 357: Prestatie-gerichte proeven voor bitumineuze materialen: validatie van Europese proefmethodes voor bindmiddelen en ontwikkeling van duurzaamheidsproeven”, November 2008.