

ITT-standaardprotocol voor asfaltmengsels met verjongers.

TANGHE, Tine

Belgian Road Research Centre (BRRC)

Vansteenkiste, Stefan, Vanelstraete, Ann

Belgian Road Research Centre (BRRC)

Samenvatting

In de EU wordt de goedkeuring en CE-markering van asfaltmengsels voorafgegaan door een verplichte voorstudie of ‘Initial Type Testing’ (ITT) studie volgens EN13108-20. Bovendien is het volgens de productnormen voor asfaltmengsels (EN 13108-serie) toegestaan additieven zoals verjongers toe te passen, mits een bewijs van geschiktheid wordt aangetoond. Er wordt echter geen verdere gedetailleerde informatie over de te hanteren ITT-procedures verstrekt.

In het onderzoeksproject 'Re-RACE' (Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in a Circular Economy), wordt onderzoek verricht naar de ontwikkeling van ITT-testprocedures voor asfaltmengsels bij het gebruik van verjongers in combinatie met hergebruikt asfaltgranulaat (AG). Hierbij wordt onder meer nagegaan of er verschillen zijn in de proefresultaten naar gelang de wijze van toediening van de verjonger en de duur van inwerking. De protocollen moeten een weerspiegeling zijn van de werking van de verjonger tijdens de echte productie in een asfaltplant.

Dit artikel bespreekt de resultaten verkregen aan de hand van een reeks prestatieproeven zoals de verdichtbaarheid, de watergevoeligheid, de weerstand tegen spoorvorming, de stijfheid en het vermoeiingsgedrag van eenzelfde asfaltmengsel waarin verschillende verjongers werden toegevoegd. Aangezien de huidige praktijk het gebruik van zachte bindmiddelen omvat, werden laatstgenoemde ook ter vergelijking in het onderzoek opgenomen.

Steekwoorden

Verjonger, voorstudie of ‘Initial Type Testing’ , asfaltgranulaat (AG), recyclage

1. Inleiding

In België wordt recycling al meer dan veertig jaar met succes toegepast; het land is hiermee een van de koplopers in Europa [3, 13]. Vanwege dit succes is er veel kans dat asfaltgranulaat (AG) een tweede keer wordt gebruikt; in de toekomst zouden we met 'meervoudige recycling' van AG kunnen worden geconfronteerd [4]. Het vermoeiingsgedrag en het hechtvermogen van dit materiaal worden beschouwd als de meest kritische parameters om het hergebruik van AG in de toekomst voort te zetten of zelfs te verhogen met behoud van de prestaties. In dit opzicht wordt het wellicht nodig om verjongers te gebruiken.

Er is dan ook behoefte aan een standaardprotocol om de impact van de verjonger op prestaties van asfaltmengsels te beoordelen. Toevoeging van verjongers bij de productie van asfalt is volgens de huidige Europese productnormen voor verschillende asfaltsoorten (NBN EN 13108-1 tot 7) toegestaan. Zij worden beschreven en beschouwd als additieven, die in kleine hoeveelheden worden toegevoegd. Voordat additieven in asfalt kunnen worden toegepast, is een 'vaststelling van geschiktheid' vereist. Dit kan worden vastgelegd in een Europese norm, leidraad of procedures, die gebaseerd zijn op een aantoonbaar 'bevredigend gebruik' van het product. Dit laatste moet steunen op onderzoek en/of een succesvolle toepassing in de praktijk.

In dit artikel wordt een deel van het Re-RACE-project ('Rejuvenation of Reclaimed Asphalt in a Circular Economy') gepresenteerd dat door het OCW werd uitgevoerd. Het project bestaat uit verscheidene delen, waaronder onderzoek op bindmiddel- en mengselniveau en validatie aan de hand van proefvakken op de weg. Dit artikel presenteert het onderzoek op het niveau van asfaltmengsels, dat drie doelstellingen had:

- opstellen van een geschikte, representatieve procedure voor het uitvoeren van de initiële typebeproeving (ITT) in het laboratorium volgens NBN EN 13108-20 bij toepassing van AG in combinatie met verjongers; het is wenselijk dat de procedure voor het mengen en verdichten van monsters in het laboratorium representatief is voor de reële productie in de asfaltmenginstallatie en de verwerking op de bouwplaats.
- validatie van deze procedure door vergelijking met de resultaten van een asfaltmengsel dat in een asfaltmenginstallatie werd geproduceerd tijdens de aanleg van proefsecties;
- impact of effect van verjongers op asfaltprestaties.

In een asfaltmenginstallatie zijn er meerdere mogelijkheden om verjongers toe te voegen [6, 7]. Twee frequent toegepaste werkwijzen zijn:

- Het verjongingsmiddel wordt bij omgevingstemperatuur gelijkmatig over het asfaltgranulaat verdeeld, op de transportband die het AG naar de paralleltrommel brengt.
- Het verjongingsmiddel wordt direct in de menger toegevoegd.

De verschillende meng- en blootstellingstijden spelen mogelijk een belangrijke rol, aangezien deze belangrijke factoren zijn tijdens de meng- en diffusieprocessen die optreden bij een welbepaalde temperatuur. In dit onderzoek worden daarom verschillende blootstellingstijden en toevoegingswijzen geëvalueerd. De invloed die zij op de mengselprestaties uitoefenen, wordt vergeleken voor verschillende varianten. Voor één type verjongingsmiddel werden de resultaten ook vergeleken met de resultaten in situ.[1]

2. Proeven

Alle proeven werden uitgevoerd op een AC 14 base mengsel, namelijk een APO-B met 70 % AG, dat voldeed aan de (fundamentele) prestatie-eisen voor de hoogste bouwklasse (B1-B2) volgens standaardbestek SB250 [11]. De beoogde bindmiddelklasse was een 35/50. Het ging om hetzelfde mengsel dat als onderlaag werd toegepast in de proefvakken en gebruikt werd voor de validatie van de laboratoriumproeven in het kader van het Re-RACE-project met één bepaald verjongingsmiddel (verjonger 1) [1,2]. Hierdoor werd door de asfaltproducent alle grondstoffen evenals het bulkmateriaal ter beschikking gesteld voor de uitvoering van dit onderzoek.

Het mengsel zonder toevoeging van verjongingsmiddel en met een nieuw bindmiddel 50/70 werd als referentiemengsel genomen. Drie verschillende varianten werden onderzocht: hetzelfde mengsel met bitumen 50/70 in combinatie met een verjongingsmiddel (twee types) en hetzelfde mengsel met een zachter bitumen 70/100 zonder verjongingsmiddel. Dit laatste simuleert de huidige praktijk, waarbij de lagere penetratiewaarde van het verouderde bindmiddel wordt gecompenseerd door de hogere penetratiewaarde van het nieuwe bindmiddel om de gewenste eindpenetratiewaarde te verkrijgen. Tabel 1 geeft een overzicht van de algemene samenstelling van het mengsel, en tabel 2 informatie over het AG en de verjongers.

Tabel 1 - Samenstelling van het mengsel

Fractie	Hoeveelheid (m-%)
Steenfractie (> 2 mm)	59,1
Zandfractie (2 mm - 0,063 mm)	32,9
Vulstof - Fijne bestanddelen (< 0,063 mm)	8,0
	100
Totaal bindmiddel in het mengsel (beoogd: 35/50)	4,21
Totaal bindmiddel t.o.v. aggregaten (beoogd: 35/50)	4,40

Tabel 2 - Informatie over het AG en de verjongers

AG	Hoeveelheid in APO-B-mengsel	70 % toegevoegd (66,67 % AG + 3,33 % bindmiddel)
Bindmiddel in AG	Hoeveelheid	4,76 % in AG → 3,19 % in mengsel / 3,33 % t.o.v. aggregaten
	Penetratie (10 ⁻¹ mm)	21
	Verwekingspunt (°C)	62,8
Nieuw bindmiddel 50/70	Hoeveelheid (m-%)	1,07 % t.o.v. aggregaten
	Penetratie (10 ⁻¹ mm)	60
	Verwekingspunt (°C)	50,3
Verjonger 1	Type/Leverancier	Sylvaroad RP1000® (Kraton Chemicals)
	Type verjonger	Bio-based (talloliederivaat)
	Toe te voegen hoeveelheid (m-%)	3,4 % t.o.v. oud bindmiddel (info leverancier)
Verjonger 2	Type/Leverancier	Lynpave® (AKC)
	Type verjonger	Lijnzaadolie (plantaardige olie)
	Toe te voegen hoeveelheid (m-%)	3,45 % t.o.v. oud bindmiddel (info leverancier)

Van alle varianten werden monsters bereid voor de volgende prestatieproeven, die volgens Standaardbestek 250 versie 4.1 [12] vereist zijn voor het uitvoeren van een ITT-studie, nl.:

- bepaling van de dichtheid en holle ruimte bij gyratorverdichting (NBN EN 12697-31);

- bepaling van de watergevoeligheid (NBN EN 12697-23 + NBN EN 12697-12);
- bepaling van de weerstand tegen blijvende vervorming (NBN EN 12697-22);
- bepaling van de stijfheid (NBN EN 12697-26 Bijlage A);
- bepaling van de weerstand tegen vermoeiingsscheurvorming (NBN EN 12697-24 Bijlage A).

In het geval van proeven met een verjongingsmiddel werden twee methoden van toevoegen toegepast:

- de ‘koude’ methode: het verjongingsmiddel werd over het koude AG verspreid voordat het AG werd verwarmd (methode 1)
- de ‘warme’ methode: het verjongingsmiddel werd in de laboratoriummenger toegevoegd, wanneer het warme AG aan het mengsel werd toegevoegd (methode 2).

Bij de menging in het laboratorium moest aandacht worden besteed aan volgende punten:

- om de zeer kleine hoeveelheid verjongingsmiddel (grootte orde van enkele g per kg asfalt) over het AG te verspreiden, bleek een druppelfles met een grotere dop de efficiëntste en nauwkeurigste manier te zijn. Afhankelijk van het soort verjongingsmiddel raden leveranciers aan om het additief te verwarmen tot 60 °C, om de viscositeit licht te verlagen. Bij de vervaardiging van gyratorproefstukken (in dit geval ± 1500 g) is de benodigde hoeveelheid slechts enkele grammen, wat overeenkomt met vijftig tot honderd druppels. Een weging is echter noodzakelijk om de exacte hoeveelheid te bepalen;
- voor de menging van het asfalt werd de Europese methode NBN EN 12697-35 gevolgd. In tabel 1 en hoofdstuk 6 van deze norm staat vermeld dat het AG gedurende 2,5 ± 0,5 h moet worden verwarmd tot de temperatuur die in de asfaltmenginstallatie wordt gebruikt. In dit project was dat 130 °C. Bij aanzienlijke hoeveelheden AG (> 20 %), wat in ons project het geval was (70 %), moet de temperatuur van de nieuwe aggregaten worden aangepast om de gewenste referentieverdichtingstemperatuur te verkrijgen. Deze temperatuur moet in overeenstemming zijn met de relevante productnorm, waarbij gebruik wordt gemaakt van de totale penetratie of verwekingspunt berekend uit de penetraties of de verwekingspunten en de mengverhoudingen van zowel het toegevoegde verse bindmiddel als het bindmiddel dat uit het asfaltgranulaat wordt teruggewonnen. Voor ons AC 14 basemengsel is dit in overeenstemming met NBN EN 13108-1. De beoogde bindmiddelpenetratie was 35/50, maar bleek ongeveer 30 pen te zijn
- door de zeer grote hoeveelheid AG en de toepassing van een verjongingsmiddel, en op basis van de feedback van het proefdraaien in de asfaltmenginstallatie, werd het noodzakelijk enkele afwijkingen in te voeren voor de temperatuur van de materialen. De temperaturen van de materialen bij het mengen en verdichten waren:

AG	130 °C (hetzelfde als in de menginstallatie); (gedurende 2,5 ± 0,5 h)
nieuw materiaal (aggregaten)	270 °C (overnacht)
bitumen en vulstof	160 °C
mengtemperatuur	180 ± 5 °C
temperatuur bij aanvang verdichting	170 ± 5 °C;

- voor de totale mengtijd en de volgorde van toevoegen van alle materialen konden we binnen het kader en de beperkingen van NBN EN 12697-35 werken:
 - voor alle varianten bedroeg de mengtijd in totaal 4 min en 30 s (in EN12697-35 is dat maximaal 5 min);
 - de volgorde van toevoegen van de verschillende materialen verschilde tussen de ‘koude’ en de ‘warme’ methode. Bij de ‘warme methode’ verschilde de volgorde enigszins van de standaardmethode. Er werd begonnen met het AG en de toevoeging van het verjongingsmiddel. Vervolgens werden de verse aggregaten toegevoegd, gevolgd door het bindmiddel en de vulstof. Dit betekent dat de volgorde van toevoegen van AG en verse aggregaten werd veranderd ten opzichte van het referentiemengsel en het mengsel met koude toevoeging van een verjonger.

Het effect van twee verschillende blootstellingstijden werd bestudeerd:

- 15 min tussen mengen en verdichten. Dit kwam overeen met wat in het lab normaal gesproken voor ITT wordt gevolgd: als de verdichtingstemperatuur bereikt is, volgt de verdichting onmiddellijk na het mengen. Zo niet, dan wordt het mengsel afgekoeld of kortstondig in de oven gezet tot de juiste temperatuur is bereikt. Om dit voor alle varianten beter te kunnen controleren, besloten wij het mengsel in een gyrator mal te doen en deze voor elk monster gedurende een vaste tijd van 15 min in een oven op verdichtingstemperatuur te plaatsen. Vervolgens werd het monster tot het gewenste aantal gyraties verdicht;
- 1 h tussen mengen en verdichten, om de tijd tussen het mengen en de plaatsinglevering van het mengsel op de bouwplaats te simuleren en zo de verjonging er gedurende deze hele periode te laten werken. We merken op dat dit ook nog steeds kan voldoen aan NBN EN12697-31 voor gyratorverdichting, waarin staat dat men het mengsel gedurende 30 min tot 2 h terug in de oven moet plaatsen indien de referentieverdichtingstemperatuur niet wordt bereikt. Hiertoe werd het mengsel in een blik met deksel in de oven gezet, samen met de gyrator mal. Na 1 h werd het blik overgegoten in de mal, zodat het mengsel weer losser werd (een uur in een gyrator mal kan leiden tot een zekere structurering en verstijving van het mengsel, terwijl in de praktijk het mengsel toch ook uit de vrachtwagen in de asfaltspreidmachine wordt gestort). De proefstukken werden vervolgens aangemaakt bij verdichtingstemperatuur.

3. Resultaten en bespreking

3.1 Verdichtbaarheid met de gyratorverdichter

De verdichtbaarheid werd onderzocht door vergelijking van proefstukken verdicht met de gyrator volgens NBN EN 12697-31. Deze proef maakt het mogelijk de evolutie van de geometrisch bepaalde holle ruimte te volgen als functie van het aantal gyraties.

Tabel 3 vat de resultaten (gemiddelde en standaardafwijking van 3 metingen) voor de holle ruimte na 60 gyraties samen.

In tabel 4 worden de resultaten voor bulkmateriaal van de proefvakken [1] voor sommige mengsels samengevat zoals die door de asfaltcentrale zijn verstrekt. Deze tabel bevat ook gegevens over de controle en vergelijking tussen de twee laboratoria, om ervoor te zorgen dat de gegevens kunnen worden vergeleken.

Tabel 3 - Resultaten na 60 gyroties (OCW-resultaten) – AC 14 base 70% AG

	referentie met 50/70	+ verjonger 1	+ verjonger 1	referentie met 70/100	+ verjonger 2	+ verjonger 2
		methode 1 koud	methode 2 warm		methode 1 koud	methode 2 warm
	15 min wachten vóór verdichting					
Holle ruimte (%)	5,1 %	4,9 %	5,0 %	5,6 %	4,5 %	4,4 %
St. afw. σ	0,7 %	0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,4 %	0,6 %
	1 h in blik vóór verdichting					
Holle ruimte (%)	5,9 %	5,8%	6,1 %	5,8 %	5,7 %	4,9 %
St. afw. σ	0,4 %	0,3 %	0,1 %	0,4 %	0,1%	0,1 %

Tabel 4 - Resultaten na 60 gyroties, op bulkmateriaal AC 14 Base 70 % AG

	OCW	Asfaltcentrale	Resultaten proefvakken	
	Controlemengsel lab	Controlemengsel lab	Op bulk materiaal door asfaltcentrale	
	Referentie 50/70	Referentie 50/70	Referentie 50/70	+ verjonger 1
Holle ruimte (%)	4,9 %	5,0 %	5,0 %	5,1 %
St. afw. σ	0,4 %	0,4 %	0,4 %	0,5 %

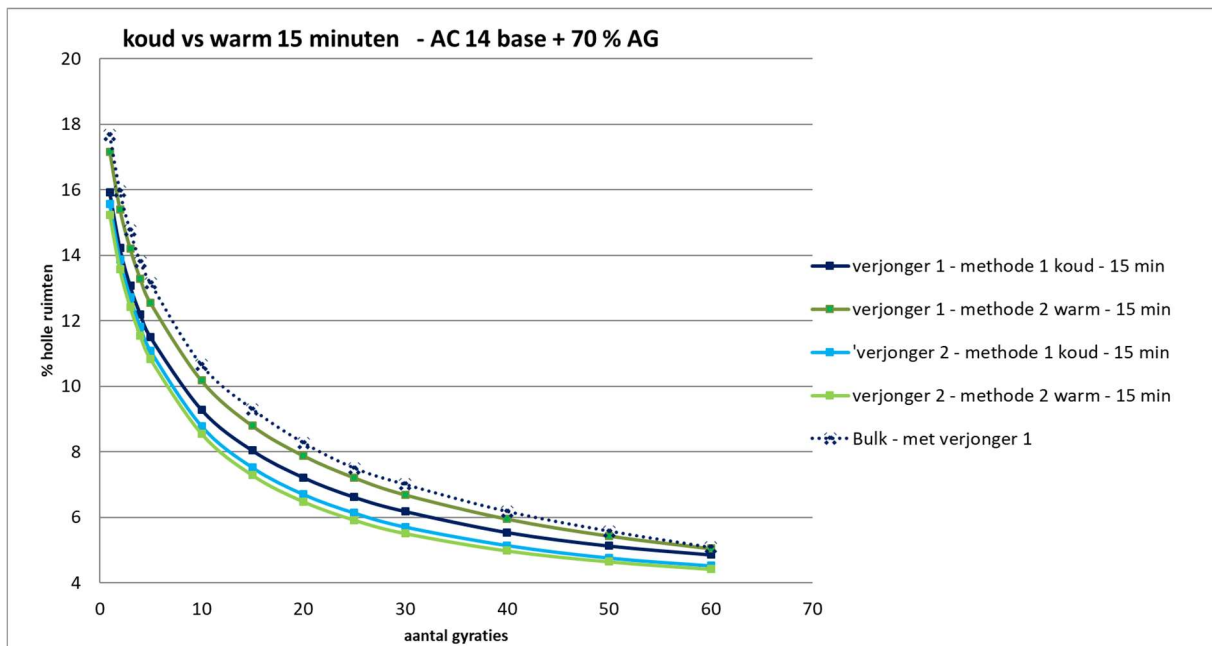
Het referentiemengsel met 50/70 voldoet aan de eis volgens Standaardbestek 250 (versie 4.1) voor dit type mengsel: na 60 gyroties minimaal 5 % en maximaal 10 % voor de hoogste verkeersklassen (bouwklassen B1 tot B5), en 4 tot 9 % voor de lagere verkeersklassen (bouwklassen B6 tot B10).

Aan de hand van deze resultaten in de tabellen 3 en 4 werden de verschillende bestudeerde items en parameters geanalyseerd. Om de verschillende varianten te beoordelen en te bespreken, worden de resultaten en de volledige krommen tot 60 gyroties weergegeven (figuren 1 en 2). De data stemmen overeen met telkens slechts een aantal parameters tegelijk, om alles overzichtelijk en duidelijk te houden.

Wijze van toevoegen: koude versus warme toevoeging van verjongingsmiddel

Voor beide verjongers bevelen de leveranciers warme toevoeging aan in geval van laboratoriumonderzoek.

In figuur 1 worden de mengsels met verjongingsmiddel vergeleken voor koude en warme toevoeging (alleen voor variant met 15 min) en vergeleken met de gyrotorkrommen van het verdichte bulkmateriaal van de bouwplaats.



Figuur 1 - Gyratorkrommen - 15 min wachttijd - koude versus warme toevoeging

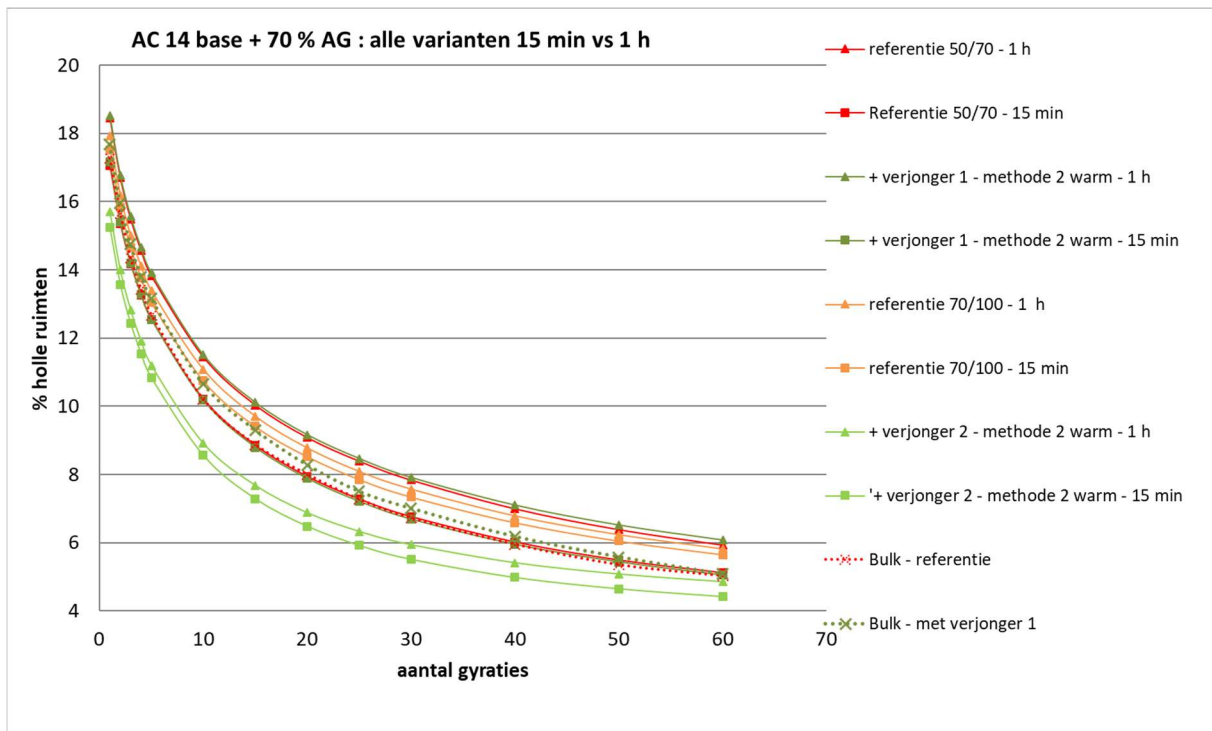
De vergelijking van koude en warme toevoeging geeft aan dat bij verdichten kort na het mengen (figuur 1) er een klein verschil is waar te nemen voor verjongingsmiddel 1, maar niet voor verjongingsmiddel 2. Voor dit laatste zien we geen verschil. Bij toetsing aan de proefstukken verdicht bulkmateriaal stemt de warme methode voor verjongingsmiddel 1 het best overeen. Eenzelfde oefening voor een wachttijd van 1 h voor verdichting levert een gelijkaardig resultaat, met uitzondering van verjongingsmiddel 2 dat bij warme toevoeging een betere verdichtbaarheid oplevert.

Op basis van deze resultaten en rekening houdend met de herhaalbaarheid van deze proef, kunnen we niet stellen dat de ene methode beter is dan de andere. Op basis van de precisie van de proef, zijn er geen verschillen bepaald. Dit brengt ons tot de aanbeveling om voor verdere initiële typebeproeving warme toevoeging toe te passen. Dit bevestigt eerdere gerapporteerde bevindingen [11]. Als er enige tijd verstrijkt voordat het mengsel kan worden verdicht, lijkt het ook iets minder gevoelig.

Blootstellingstijd: wachttijd tussen mengen en verdichten: 15 min versus 1 h in blik en overgieten

Zoals eerder vermeld, staat NBN EN 12697-31 een wachttijd tot 2 h tussen mengen en verdichten toe als de verdichtingstemperatuur niet wordt bereikt. Vooral bij gebruik van verjongers mag worden aangenomen dat dit van invloed kan zijn op het resultaat. Blijft het verjongingsmiddel inwerken, of treedt enkel oxidatie van het mengsel op als men wacht?

In figuur 2 zijn voor de referentiemengsels (50/70 en 70/100 bitumen) en voor de mengsels met de verjongers 1 en 2 gyratorkrommen uitgezet, voor beide blootstellingstijden: 15 min versus 1 h (enkel warme methode).



Figuur 2 - Gyrotorkrommen voor verschillende varianten: 15 min versus 1 h blootstellingstijd

Uit deze resultaten is het volgende op te maken:

- in alle gevallen heeft de wachttijd van 1 h veeleer een negatief dan een positief effect. Er is een afname van de verdichtbaarheid in vergelijking met 15 min wachttijd: alle lijnen na 1 h (Δ -symbool) liggen voor dezelfde mengselvariant hoger dan de lijnen na 15 min (\square -symbool);
- de blootstellingstijd van 15 min komt zeer goed overeen met de in situ verkregen resultaten (zie de tabellen 3 en 4 en figuur 2 voor het referentiemengsel en het mengsel met verjongingsmiddel 1).

Uit deze studie kunnen we dus concluderen dat het verjongingsmiddel geen 1 h wachttijd tussen mengen en verdichten nodig heeft om in te werken. Dit heeft een negatief effect op het resultaat en levert ook geen extra informatie op voor de beoordeling van de efficiëntie of het nut van het verjongingsmiddel. Voor uitvoering van de ITT-studie met inzet van verjongers adviseerden wij dan ook om direct na het mengen te verdichten en zelfs de wachttijd te beperken. De in de Europese norm toegestane wachttijd blijkt vrij lang te zijn en heeft duidelijk een negatieve invloed op de verdichtbaarheid.

Efficiëntie van verjongers in vergelijking met referentiemengsels zonder

Uit de ITT-proeven in het laboratorium blijkt moeilijk aan te tonen hoezeer de toepassing van een verjongingsmiddel een mengsel beter verdichtbaar maakt. De twee referentiemengsels geven de hoogste lijnen, maar aan het einde (na 60 gyraties) is het verschil weinig significant. In het algemeen kunnen we zeggen dat we een trend zien waarbij verjongers de verdichtbaarheid in de beginfase van de verdichting kunnen verbeteren en/of mengsels met verjongingsmiddel eerder hun uiteindelijke dichtheid vroeger bereiken dan mengsels zonder. In alle gevallen kon echter ongeveer dezelfde verdichting na 60 gyraties worden bereikt, of er nu een verjongingsmiddel was toegevoegd of niet.

Vergelijking van de twee verjongers

Aan de hand van figuur 1 en 2 kunnen we ook de impact van de twee verjongers vergelijken. Er werd een klein verschil bepaald. Verjongingsmiddel 2 lijkt meer invloed te hebben op deze eigenschap dan verjongingsmiddel 1 en lijkt minder beïnvloed door de blootstellingstijd (geen indicaties van oxidatie of afname van de verdichtbaarheid na een uur).

3.2. Watergevoeligheid volgens de ITS-R-proef

In België wordt de Europese norm NBN EN 12697-12, gecombineerd met NBN EN 12697-23, gebruikt om de watergevoeligheid van een bitumineus mengsel te bepalen.

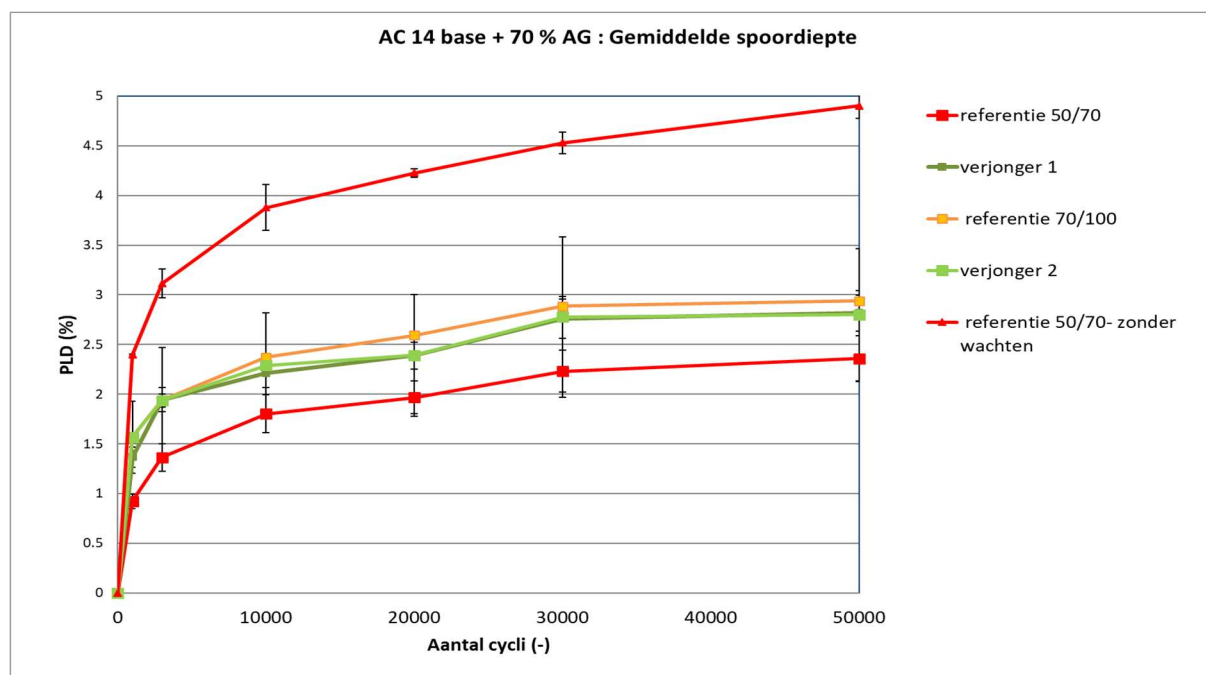
Alle monsters hadden een (volgens methode B in NBN EN 12697-6 bepaalde) holle ruimte van $4,3 \pm 0,5$ % waardoor de holle ruimte geen effect kon hebben op de watergevoeligheid.

De watergevoeligheid voldeed in alle proeven ruimschoots ($> 80\%$) aan de eis van Standaardbestek 250 versie 4.1 voor dit type mengsel (> 70 %). Er was ook geen significant verschil tussen de verschillende varianten (rekening houdend met de herhaalbaarheid van de proef volgens NBN EN 12697-12: $r = 15$ %). Voor meer gedetailleerde resultaten wordt verwezen naar [2].

3.3. Spoorvorming

De weerstand tegen spoorvorming werd bepaald volgens NBN EN 12697-22: Wielspoorproef. De proef wordt uitgevoerd met het grote apparaat (large size device) bij een temperatuur van 50 °C.

De wielspoorproeven werden uitgevoerd op de mengsels met een uur wachttijd bij verdichtingstemperatuur tussen mengen en verdichten, maar de mengsels werden in die tussentijd wel geregeld geroerd (om verstijving en structurering van het losse mengsel te voorkomen). De referentie met 50/70 werd eveneens getest met 15 min wachttijd tussen mengen en verdichten. De verjongers werden volgens de warme methode toegevoegd. De resultaten zijn samengevat in figuur 3.



Figuur 3- Resultaten wielspoorproef voor verschillende varianten

Uit deze studie kan worden geconcludeerd dat:

- alle varianten een hoge weerstand tegen spoorvorming hebben. Ze voldoen aan de eis van Standaardbestek 250 versie 4.1 voor de hoogste bouwklasse: maximale spoordiepte 5 % na 30000 cycli;
- er geen significante verschillen tussen de verschillende varianten zijn, rekening houdend met de herhaalbaarheid van deze proef (NBN EN 12697-22: $r = 1,11$ % voor een 'testresultaatniveau' $P_{iLD} = 7$ %). Daarom wordt gesteld dat toevoeging van een verjongingsmiddel voor dit mengsel geen negatief effect heeft op de weerstand tegen spoorvorming of blijvende vervorming. Toch zit er een trend in de resultaten: mengsels met verjongingsmiddel, geven een grotere spoordiepte. Het hardste mengsel, namelijk AC 14 base 70 % AG referentie met 50/70 (zonder verjongingsmiddel), geeft het beste resultaat. Het referentiemengsel AC 14 base 70 % AG met 70/100 geeft dezelfde resultaten als de mengsels met verjongingsmiddel. De twee mengsels met verjongingsmiddel laten precies hetzelfde resultaat zien;
- het referentiemengsel AC 14 base 70 % AG met 50/70 dat direct na het mengen (15 min wachttijd) verdicht werd, vertoont de grootste vervorming. Het voldoet nog steeds aan eis voor de hoogste bouwklasse ($< 5\%$), maar ook hier is er duidelijk sprake van invloed van de wachttijd. Ook hier moet de wachttijd in toekomstige proeven tot een minimum worden beperkt om te voorkomen dat het resultaat beïnvloed wordt.

3.4 Stijfheid

De stijfheid werd bepaald door middel van een tweepuntsbuigproef op trapeziumvormige proefstukken bij 15 °C en met een frequentie van 10 Hz, volgens NBN EN 12697-26 bijlage A.

De stijfheid werd bepaald aan proefstukken die gezaagd werden uit asfaltplaten die in het lab waren verdicht met een bandenwals volgens NBN EN 12697-33. De verdichting vond kort (15 min) na het mengen plaats; van twee varianten werden ook proefstukken vervaardigd met 1 h wachttijd tussen mengen en verdichten. De verjongers werden volgens de warme methode toegevoegd. Tabel 5 vat de resultaten samen.

Tabel 5 - Resultaten voor stijfheid – AC 14 base 70 % AG

[E*] 15 °C-10 Hz	referentie met 50/70	verjonger 1	referentie met 70/100	verjonger 2	referentie met 50/70	verjonger 1
	15 min	15 min	15 min	15 min	1 h	1 h
[E*] gem. (MPa)	16 760	13 470	15 240	13 640	16 950	16 480
[E*] St. afw. (MPa)	810	310	200	380	410	70
[E*] rel. st. afw. (%)	4.9	2.3	1.3	2.8	2.4	0.4
ϕ (°) - gem.	10.5	14	11.2	13	9.1	10.7
ϕ (°) - st. afw.	1.1	0.9	0.3	0.5	0.8	0.1

Alle mengsels voldoen aan de eis in Standaardbestek 250 versie 4.1 ($> 9\ 000$ MPa bij 15 °C en 10 Hz) en hebben een hoge stijfheidswaarde. Er is een klein verschil waargenomen tussen de verschillende varianten: de mengsels met verjongingsmiddel hebben een lagere waarde dan de referentiemengsels met respectievelijk 50/70 en 70/100 als het mengsel onmiddellijk werd verdicht. Bij verdichten na 1 h zijn de stijfheidswaarden van de twee geteste mengsels met en zonder verjongingsmiddel echter vergelijkbaar. De fazehoeken zijn na 1h ook wat lager dan na

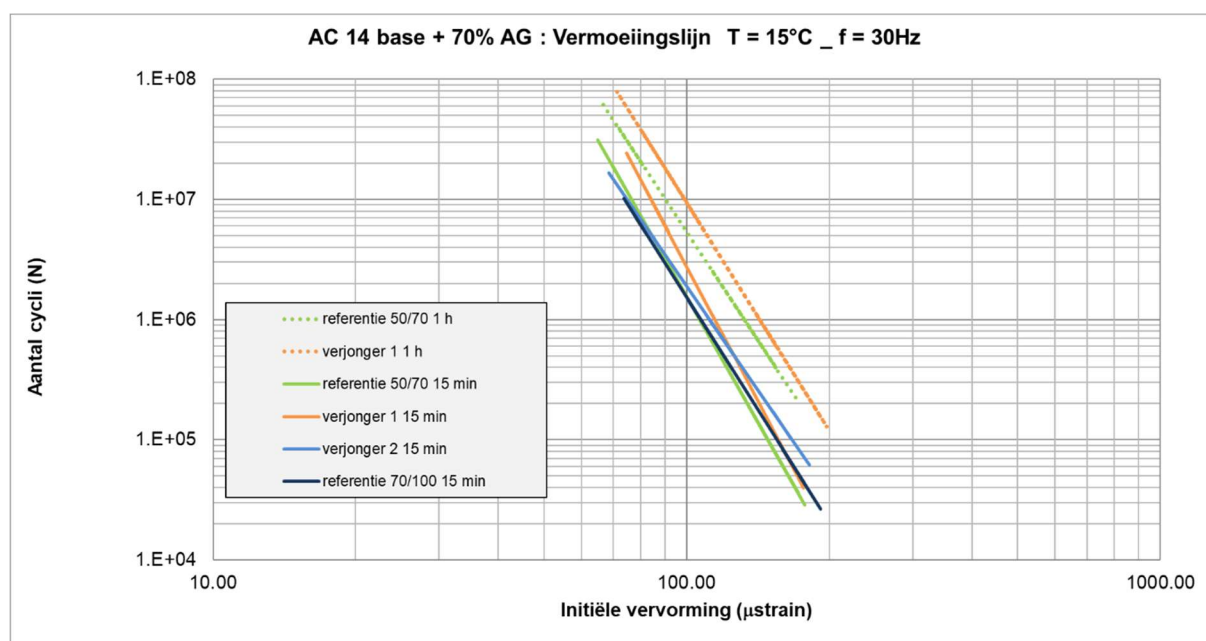
15 minuten. Dit effect kan worden toegeschreven aan de oxidatieve veroudering van de proefstukken tijdens het uur wachten.

3.5 Weerstand tegen vermoeiing

De weerstand tegen scheurvorming door vermoeiing wordt bepaald bij 15 °C en 30 Hz, volgens Bijlage A bij NBN EN 12697-24 (dezelfde trapeziumvormige proefstukken als voor stijfheid). De verdichting werd voor twee varianten uitgevoerd met 1 h wachttijd tussen mengen en verdichten. De verjongers werden volgens de warme methode toegevoegd. Vanwege het waargenomen negatieve effect van 1 h wachttijd, werden alle proeven van de verschillende varianten hernomen met verdichting kort (15 min) na het mengen. Tabel 6 en figuur 4 vat de resultaten samen.

Tabel 6 - Resultaten voor vermoeiing – AC 14 base 70 %AG

	referentie 50/70	verjonger 1	referentie 70/100	verjonger 2	referentie 50/70	verjonger 1
	15 min	15 min	15 min	15 min	1 h	1 h
e6 (µstrain)	106.6	114.6	107	111.7	132.3	142.6
Δ e6 (µstrain)	7.7	3.8	4.6	4.0	9.5	14.7
1/b	-6.944	-7.443	-6.228	-5.735	-6.005	-6.303
r	0.872	0.946	0.930	0.940	0.812	0.690
[E*] 15°C- 30Hz (MPa)	16270	14450	17150	15170	18120	17960
n / 18	18	18	18	18	18	18



Figuur 4- Vermoeiingscurves voor verschillende varianten

Op basis van de bovenstaande resultaten kunnen de volgende conclusies worden geformuleerd:

- Alle mengsels voldoen aan de eis in het Standaardbestek 250 versie 4.1 voor dit type AC 14 base mengsel (min 80 µS) .

- Er kunnen 2 groepen of families van resultaten worden onderscheiden: enerzijds AC 14 base mengsels verdicht na 1 uur en anderzijds na 15 minuten. De resultaten voor ϵ_6 zijn duidelijk verschillend tussen deze 2 families. De toename van ϵ_6 in het geval dat 1 uur wordt geconditioneerd voor het aanmaken van de proefstukken, is hier ook toe te schrijven aan het verouderen van het asfalt.
- Anderzijds zijn de prestaties van de AC 14 base mengsels verdicht na 15 minuten en rekening houdend met de waarden van $\Delta\epsilon_6$, niet significant verschillend van elkaar wat betreft de ϵ_6 waarde. Desalniettemin zien we op de lange termijn een kleine verbetering van de vermoeiingsprestaties met verjonger 1. De vermoeiingslijn van het mengsel met verjonger 1 is iets steiler dan van de andere varianten.
- Bij vergelijking van de 2 varianten die verdicht werden na 1 uur, zien we ook geen significant verschil, rekening houdend met de waarden van $\Delta\epsilon_6$.

4. Conclusies

Op basis van alle prestatieproeven voor een ITT-onderzoek en toetsing aan de werfgegevens van een AC 14-base mengsel met en zonder verjongingsmiddel volgen volgende conclusies en aanbevelingen:

- Met betrekking tot de methode voor het toevoegen van het verjongingsmiddel: de laboratoriumresultaten toonden geen significant verschil aan tussen de twee methoden. In overeenstemming met de aanbeveling van de leveranciers en enkele geconstateerde trends bevelen wij voor toekomstige ITT-proeven aan om het verjongingsmiddel volgens de warme methode toe te voegen;
- Met betrekking tot de blootstellings- of wachttijd tussen mengen en verdichten: het is niet nodig te wachten met de verdichting van een mengsel om de efficiëntie en werking van het verjongingsmiddel duidelijker aan te tonen. Integendeel, wachten heeft veeleer een negatief effect. De evaluatie van de resultaten is correcter als de verdichting zo snel mogelijk na de menging volgt, met inachtneming van de vereiste referentieverdichtingstemperatuur.
- Er wordt aangeraden om deze wachttijd in de huidige norm EN12697-35 te beperken. Voorlopig mag men 30 min tot 2 h wachten met het verdichten van het mengsel, om de juiste referentieverdichtingstemperatuur te bereiken. Als men naar de verkregen resultaten kijkt, ziet men vooral voor de referentiemengsels zonder verjongingsmiddel (maar ook met verjongingsmiddel) een effect van veroudering. In de meeste gevallen worden significante verschillen in de resultaten waargenomen.
- Bij het toevoegen van verjongers aan dit AC-mengsel met grote hoeveelheden AG, is in dit onderzoek met 2 type verjongers bleek een voordeel hier moeilijk aan te tonen op asfaltniveau, vooral als de penetratiewaarden van het verouderde bindmiddel in het AG niet extreem laag zijn ($\pm 20 \cdot 10^{-1}$ mm). Voor de meeste uitgevoerde proeven zijn de verschillen klein en blijven zij binnen de herhaalbaarheid van de proef. Enkel voor verdichtbaarheid en vermoeiing is een gering positief effect waargenomen. Op de stijfheid werd een geringe afname waargenomen. We merken op dat bij deze studie geen koude temperatuur gedrag werd geëvalueerd.
- Bij toetsing van de ITT-resultaten van het laboratorium aan de resultaten op het bulkmateriaal van de asfaltmenginstallatie gaven de proeven met warme toevoeging van het verjongingsmiddel en met verdichting kort na het mengen de beste overeenstemming.

5. Dankbetuiging

We bedanken het Belgisch Bureau voor Normalisatie (NBN) voor de financiële steun van het project Re-RACE (overeenkomst CCN/NBN/PN17A05). Onze dank gaat ook uit naar de asfaltwegenvouwer nv Stadsbader en de leveranciers van verjongers Kraton Chemicals SA en AKC . Tot slot wensen we ook het technische personeel van de afdeling BAC van het OCW te bedanken.

6. Literatuur

- [1] Vansteenkiste, Stefan; Tanghe, Tine; et al: Impact of bio-based rejuvenator on bitumen and asphalt mix performance - laboratory and field evaluation. E&E Madrid, 2020.
- [2] Tanghe, Tine; Vansteenkiste, Stefan; Vanelstraete, Ann: Development of a protocol for the initial type testing of asphalt mixtures with the use of rejuvenators . E&E Madrid, 2020.
- [3] Re-road – End of life strategies of asphalt pavements, Deliverable 3.1 ; February 2010 - zie <http://re-road.fehrl.org/>
- [4] Poirier, Jean-Éric; Pouget, Simon; Leroy, Christine; Delaporte, Brice (2016): Projets Mure et Improvmure: bilan à mi-parcours. In: Revue générale des routes et de l'aménagement (RGRA) (937), pp. 38-40.
- [5] Tabatabaee, Hassan Ali; Kurth, Todd L. (2017): Analytical investigation of the impact of a novel bio-based recycling agent on the colloidal stability of aged bitumen. In: Road materials and pavement design 18 (Supplement 2), pp. 131–140.
- [6] Zaumanis, Martins; Cavalli, Chiara Maria; Poulikakos, Lily D.: Effect of rejuvenator addition location in plant on mechanical and chemical properties of RAP binder. In: International Journal of pavement engineering.
- [7] Zaumanis, Martins; Cavalli, Chiara Maria; Poulikakos, Lily D. (2018): Comparing different rejuvenator addition locations in asphalt plant based on mechanical and chemical properties of binder. In: 97th annual meeting TRB. Washington, January 7-11, 2018. Washington: Transportation Research Board (TRB)
- [8] Broere, David J.C.; Porot, Laurent; Wistuba, Michael P.; Grönniger, Jens (2016): Evaluatie van het lage temperatuur gedrag van een 70% PR asfaltmengsel. In: CROW infradagen. Paus, Nederland, 22-23 juni 2016. Ede (Nederland): Kennisplatform voor Infrastructuur Verkeer Vervoer en Openbare Ruimte (CROW).
- [9] Porot, Laurent; Broere, David J.C.; Wistuba, Michael P.; Grönniger, Jens (2017): Asphalt and binder evaluation of asphalt mix with 70% reclaimed asphalt. In: Road materials and pavement design 18 (Supplement 2), pp. 66-75.
- [10] Goos, Derk; Landa, Paul; Moolenaar, Hans; Tabatabaee, Hassan Ali (2016): Re-activeren van sterk verouderd bitumen (black rock). In: CROW infradagen. Paus, Nederland, 22-23 juni 2016. Ede (Nederland): Kennisplatform voor Infrastructuur Verkeer Vervoer en Openbare Ruimte (CROW).
- [11] Turner, Pamela; Taylor, Adam Joel; Tran, Nam H. (2015): Laboratory evaluation of SYLVAROAD RP 1000 rejuvenator. Phase I. Edited by Auburn University - National Center for Asphalt Technology. Auburn (VS) (NCAT Report).
- [12] <https://wegenenverkeer.be/standaardbestek-250-versie-41>: SB250 vs 4.1, 2019 - AWW - laatst bezocht 25/7/2019.
- [13] <https://eapa.org/asphalt-in-figures>