

Hergebruik Laagtemperatuurasfalt

Naam: Maurice Scherpenhuyzen
Student Nr. 0833676
Klas: Civ 4.2
Module: Afstuderen
Modulecode: civAFS40
Docent(en): R. Rolloos (W. de Ruijter)
Datum: Juni 2014

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeeronderzoek “Hergerbruik laagtemperatuurasfalt”. Het onderzoek is uitgevoerd door vierdejaars student Maurice Scherpenhuyzen die de opleiding Civiele Techniek heeft gevolgd aan de Hogeschool Rotterdam. Dit onderzoek dient als afsluiting van deze vierjarige hbo-opleiding.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Infralinq wat onderdeel is van KWS Infra. KWS Infra is een aannemer en de grootste wegenbouwer van Nederland. De kern van het werk wordt gevormd door aanleg, reconstructie en onderhoud van wegverhardingen, riolering en grondverzet. KWS Infra produceert ongeveer 25% van al het asfalt in Nederland. Dat gebeurt in 14 eigen asfaltinstallaties en in een aantal centrales die gedeeld worden met andere aannemers. Binnen KWS Infra is Infralinq een objectieve en onafhankelijke organisatie die onderzoek doet naar asfalt in eigen laboratorium. Infralinq is voortgekomen uit de afdeling Keuring & Advies van KWS en is nog steeds een onderdeel van KWS Infra.

Mijn dank gaat allereerst uit naar heel Infralinq. Hier is mij de kans geboden om mijn afstudeeronderzoek uit te voeren. Daarom wil ik alle werknemers van Infralinq Hoogblokland bedanken voor de hulp en kennis die zij mij geboden hebben gedurende het onderzoek. In het bijzonder bedank ik mijn begeleider Alex van de Wall en Eric van Oosterhout. Met Alex van de Wall had ik tweewekelijks mijn voortgangsoverleg waardoor hij erop toezag dat het onderzoek in de goede richting ging. Ook zorgde hij regelmatig voor deskundige inbreng wat ten goede kwam aan de kwaliteit van het onderzoek. Eric van Oosterhout heeft mij veel geholpen met het uitvoeren van de proeven op het laboratorium en was daar ook mijn eerste aanspreekpunt.

Verder wil ik mijn begeleider van de Hogeschool Rotterdam, Rolin Rolloos, bedanken voor de geboden ondersteuning en begeleiding vanuit de opleiding.

Ik heb het afgelopen halfjaar met veel plezier aan mijn afstudeeropdracht gewerkt waarbij ik veel kennis en inzicht heb verkregen van en over asfalt.

Maurice Scherpenhuyzen
Hoogblokland, 13 juni 2014

Samenvatting

In Nederland wordt al jaren asfalt hergebruikt en sinds het begin van deze eeuw wordt ook asfalt geproduceerd bij lagere temperaturen. Dit wordt laagtemperatuurasfalt genoemd. Het eerste laagtemperatuurasfalt is in de komende decennia aan vervanging toe. Omdat laagtemperatuurasfalt relatief nieuw is in Nederland is de vraag of hergebruik van laagtemperatuurasfalt mogelijk is.

Laagtemperatuurasfalt wordt in principe op dezelfde wijze geproduceerd als traditioneel asfalt, maar er worden of stoffen aan het mengsel toegevoegd of er wordt gebruik van gemaakt van andere soorten bitumen. Hierdoor kan de productietemperatuur van het asfalt worden verlaagd.

In dit onderzoek is de 'Rheofhalt LT-70 was' aan een asfaltmengsel toegevoegd. Dit mengsel betreft een 'AC 16 bind' welke kan dienen als tussenlaag en eventueel als onderlaag kan worden toegepast. Dit mengsel bevat zelf al 50% gerecycled asfalt. Een kenmerk van de was is dat deze tussen de 70 °C en 80 °C zal oplossen in het mengsel. Hierdoor wordt de viscositeit van het bindmiddel verlaagd, wat leidt tot een verlaging van de productietemperatuur met ongeveer 30 °C.

Omdat het onderzoek op 'hergebruik' is gebaseerd wordt het asfalt in eerste instantie kunstmatig verouderd. Deze veroudering staat gelijk aan ongeveer 10 jaar. Dit verouderde asfalt dient vervolgens weer als 50% (gerecycled asfalt) van het definitieve mengsel en wordt dus gemengd met 50% 'nieuw' asfalt. Het definitieve mengsel heeft dezelfde samenstelling als het 'beginmengsel' voor de veroudering.

Zowel van het verouderde mengsel als van het definitieve mengsel zijn monsters genomen om verschillende proeven uit te voeren. Zo is het bitumen bijvoorbeeld getest op viscositeit en penetratie en het definitieve mengsel getest op stijfheid en vervorming. De viscositeit zegt iets over de stroperigheid van het bitumen terwijl de penetratie wat zegt over de hardheid van het bitumen. Op basis van de viscositeit kan de menging van het oude asfalt met het nieuwe asfalt worden bepaald. Hieruit blijkt dat de menging van oud laagtemperatuurasfalt met nieuw asfalt niet optimaal is. Verder is het bitumen van het asfaltmengsel met was na hergebruik harder dan het bitumen van hergebruikt asfalt zonder was. Dit komt omdat de was een verhardende werking heeft op het bindmiddel.

Wanneer het asfalt met was wordt hergebruikt heeft de was nog minimaal effect op het gehele mengsel. Dit blijkt uit de viscositeit welke nagenoeg gelijk is aan de viscositeit van het verouderde asfalt met was en het hergebruikte asfalt zonder was.

Het gehele asfaltmengsel is getest op twee technische eigenschappen. De stijfheid van het mengsel met was is iets groter dan het mengsel zonder was. Dit komt doordat de was een verstijvende werking heeft. Op basis van vermoeiing scoort het mengsel met was iets minder. De maximaal toelaatbare rek is bij één miljoen lastherhaling iets lager dan het mengsel zonder was.

Wanneer het (laagtemperatuur)asfalt wordt toegepast als onderlaag in een asfaltconstructie blijkt dat er van het asfalt met was 1% tot 2% meer asfalt zal moeten worden aangelegd. Dit komt door de kleinere maximaal toelaatbare rek van het asfalt met was. Echter komt bij zwaar belaste asfaltconstructies het asfalt met was beter tot uiting.

Verder blijkt dat meer onderzoek benodigd is om zo vooral het visceuze gedrag van het bindmiddel met was beter te analyseren. Mogelijk kan hieruit worden geconcludeerd waarom het mengsel met was bij hergebruik niet optimaal mengt.

Summary

For many years asphalt has been re-used in the Netherlands and since the beginning of this century the production of asphalt also takes place under low temperatures. This type of asphalt is called 'low-temperature asphalt'. At some locations this low-temperature asphalt is up for replacement in the coming decade. Because this kind of asphalt is relatively new in the Netherlands it is not certain if it can be recycled.

Low-temperature asphalt is produced according to the same principle as 'traditional' asphalt, but after adding some additional substances or using different kinds of bitumen it can be produced at lower temperatures.

This research covers an asphaltmixture where the substance 'Rheofhalt LT-70 wax' has been added to the mixture. This mixture, called AC 16, can serve as a interlayer and eventually be used as a substratum. The mixture consists for 50% out of recycled asphalt. A characteristic of the Rheofhalt LT-70 wax is that it dissolves in the mixture at temperatures between 70 °C and 80 °C. Because of this the viscosity of the mixture will be lowered, which in its turn will lead to lower productiontemperatus of about 30 °C.

Because of the fact that this research is focused on the 're-use' of low-temperature asphalt, the asphalt is artificially aged. This aging equals to a mixture that has been in use for 10 years. This aged mixture is for 50% part of the eventuel mixture, which consists of 50% re-used asphalt and for 50% out of new asphalt. The final mixture has the same composition as the asphaltmixture before it was artificially aged.

Samples have been taken form both the aged mixture and the final mixture, to perform multiple tests. The bitumen for example have been tested for viscosity and penetration, while teh final mengsel has been tested for stiffness and deformation. De viscosity tells something about the fluidity of the bitumen and the penetration says something about hardness of the bitumen. Based on the viscosity of the old mixture the mixture of the new asphalt can be determined. Out of this test can be concluded that mixing old low-temperature asphalt with new asphalt doesnt result in an optimal mixture. Furthermore the bitumen of the asphalt mixture containing the Rheofhalt LT-70 wax is an harder mixture then traditionally recycled asphalt. This is caused by the wax, which has an hardening effect on the bitumen.

When the asphalt containing wax is re-used the working effect of the wax in the new mixture is minimal. This results out a test with the viscosity, which has virtually the same viscosity as the aged asphalt containing wax and a tradionally re-used asphalt mixture.

The enitre asphaltmixture is tested on two technical properties. The stiffness of the mixture containing wax is a little larger then the mixture without the wax. This is because of the wax, which has a stiffening effect. Based on the fatigue the mixture containing wax scores a little bit less. The maximum permissable stretch is with one million load repetitions a little bit lower then the mixture without wax. When the (low temperature)asphalt is applied as a substratum in an asphaltconstruction apperas that the asphalmixture with wax has between 1% and 2% more asphalt then necessary. Which is cause by the smaller maximum permissable stretch. At constructions which are under heavy loads the mixture containing wax has the best results.

Furthermore it appears that more research is necessary to analyze the viscosity of the bitumen. It is possible that this new research can find the cause why the mixture containing wax doesnt mix optimal when it is re-used.

Inhoud

Voorwoord	1
Samenvatting	2
Summary	3
Begrippenlijst	6
1. Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Draagvlak.....	8
1.3 Probleemstelling	9
1.3.1 Hoofdvraag:.....	9
1.3.2 Deelvragen:	9
1.4 Doelstelling	9
1.5 Leeswijzer.....	9
2 Onderzoek.....	10
3 Asfalt	11
3.1 Viscositeit	12
3.2 Laagtemperatuurasfalt	12
3.2.1 Schuimbitumen	13
3.2.2 Additief.....	14
3.2.3 Bitumenemulsie	16
4 Referentie	17
4.1 Zeoliet	17
5 Mengselkeuze	18
5.1 Onderzoeksopbouw	19
6 Menging hergebruikt Ita-granulaat.....	21
6.1 Hypothese	21
6.2 Uitvoering.....	22
6.3 Resultaten	23
6.4 Analyse.....	23
6.4.1 Zonder was.....	23
6.4.2 Met was.....	24
6.5 Foutenanalyse.....	24
7 Heractivering additief	26
7.1 Hypothese	26
7.2 Uitvoering.....	27
7.3 Resultaten	28
7.4 Analyse.....	28

7.5	Foutenanalyse.....	29
8	Technische Eigenschappen asfaltmengsel.....	30
8.1	Hypothese	30
8.2	Uitvoering.....	30
8.3	Resultaten	31
8.3.1	Resultaten Stijfheid	31
8.3.2	Resultaten vermoeiing.....	32
8.4	Analyse.....	34
8.4.1	Stijfheid	34
8.4.2	Vermoeiing.....	34
8.5	Foutenanalyse.....	35
9	Conclusie/Aanbevelingen	36
9.1	Conclusie	36
9.2	Aanbevelingen	37
	Literatuur	38
	Bijlage.....	39

Begrippenlijst

(Asfalt)granulaat	Oud-asfalt wat wordt verkregen door het breken of frezen van asfaltverhardingen.
AC (<i>eng.</i>)	Asphalt Concrete.
AC (<i>ned.</i>)	Asfaltcentrale.
Additief	Stoffen die toegevoegd worden om het verwerkingsgedrag te beïnvloeden.
Afvloeien	Wegstromen
Bindmiddel	Verbind het mineraal aggregaat; in dit onderzoek betreft dit bitumen.
CE-markering	Geeft aan dat het product voldoet aan de wettelijke eisen.
DSR	Dynamic Shear Rheometer; karakteriseert het elastische en visceuze gedrag van bitumen.
Emissies	Uitstoot of lozing van verontreinigde lucht/water/grond etc.
EMVI	Economisch Meest Voordelige Inschrijving.
Extractie	Een methode om een mengsel van verschillende stoffen te scheiden op basis van verschil in oplosbaarheid.
GPC	Gel Permeatie Chromatografie; scheidt moleculen op basis van molecuulgrootte
Levenscyclus	Gehele levensduur van asfalt; van productie tot en met hergebruik
Lta	Laagtemperatuurasfalt.
Mineraal aggregaat	Steen, zand en vulstof.
MJA-convenant	Meerjarenafspraken Energie-efficiency.
Nozzles	Spray Mondstuk.
Penetratie Index (PI)	Temperatuurgevoeligheid.
PR	Partcieel Recycling (gerecycled asfalt).
SMA	Steensmaskietasfalt.
STAB	Steenslagasfaltbeton.
Verwekingspunt	Geeft de temperatuur aan waarbij een het bitumen onder voorgeschreven belasting. een bepaalde vervorming vertoont.
ZOAB	Zeer Open Asfalt Beton.

1. Inleiding

Het onderwerp “Hergebruik Laagtemperatuurasfalt” wordt kort geïntroduceerd.

1.1 Aanleiding

De aanleiding voor dit onderzoek is de hoge mate hergebruik van oud asfalt. Ook wordt asfalt vaker geproduceerd bij lagere temperaturen wat leidt tot onder andere een lagere CO₂-uitstoot. Asfalt wat bij deze lagere temperaturen wordt geproduceerd wordt laagtemperatuurasfalt genoemd. Omdat het toepassen van laagtemperatuurasfalt nog niet lang in Nederland wordt gedaan is er met het hergebruik van laagtemperatuurasfalt nog geen ervaring in Nederland opgedaan.

De wegen in Nederland vallen onder de verantwoordelijkheid van de overheid. De budgetten welke daarvoor beschikbaar zijn moeten worden verantwoord. Deze verantwoording vindt plaats via openbare inschrijving op basis van prijs. De laagste prijs betekend zeker niet dat dit ook de beste keus is. Tegenwoordig wordt er via het zogeheten EMVI (Economisch Meest Voordelige Inschrijving) ook andere aspecten, waaronder CO₂ besparing en duurzaamheid, meegewogen. De overheid heeft hier speciale rekenmodellen voor ontwikkeld.

Wanneer de EMVI niet aangehouden wordt betekend dit dat de prijs van laagtemperatuurasfalt op of onder het prijsniveau van traditioneel asfalt moet liggen. Het produceren en toepassen van laagtemperatuurasfalt en de daarbij horende energiewinst kunnen wel bijdragen aan een hogere positie op de zogeheten CO₂-prestatieladder voor bedrijven.

Als de hele levenscyclus van asfalt wordt bekeken, dus vanaf de winning van grondstoffen tot aan de sloop van het asfalt, dan zorgt één ton asfalt voor een uitstoot van ongeveer 50 kg aan CO₂. Voor alleen de productie van één ton heet asfalt is de CO₂ uitstoot al ongeveer 16 kg. Het spreekt voor zich dat wanneer de productietemperatuur wordt verlaagd dit leidt tot een kleinere uitstoot van CO₂. Het verlagen van de productie- en verwerkingstemperatuur heeft meerdere voordelen:

- Minder emissies bij de productie;
- Minder emissies bij de verwerking;
- Lager energieverbruik van de asfaltcentrale;
- Minder geurproductie bij productie en verwerking;
- Betere arbeidsomstandigheden bij de verwerking;
- Snellere openstelling van de weg;
- Minder invloed van lagere buitentemperaturen;

1.2 Draagvlak

De maatschappij vraagt al om jarenlang om initiatieven welke op allerlei gebieden energie kunnen besparen. De belangrijkste aspecten hierbij zijn het verminderen van het brandstofverbruik en de uitstoot van emissies zoals CO₂ terugdringen. Enkele doelen zijn er gesteld door de overheid om dit te bereiken:

- Een reductie van 20% CO₂ in 2020 ten opzichte van 1980;
- Vanaf 2015 koopt de overheid 100% duurzaam in;
- Vele gemeentes hebben het doel om in 2020 'energieneutraal' te zijn.

Als stimulans voor bedrijven is er een zogeheten CO₂-prestatieladder ontwikkeld waarbij bedrijven een voordeel kunnen krijgen bij de gunning van projecten wanneer men goed scoort op deze ladder. Deze initiatieven zijn er natuurlijk ook in de asfaltindustrie. In het zogeheten MJA-convenant (Meerjarenafspraken Energie-efficiency) welke is gesloten tussen de overheid en het bedrijfsleven, heeft ook de asfaltindustrie zich verplicht gesteld zich extra in te spannen op het gebied van energiebesparing. Zo wordt er jaarlijks, tot 2020, elk jaar 2% energie bespaard bij de asfaltproductie.

Bij de productie van asfalt wordt al tijden winst geboekt o.a. door lager energieverbruik en optimalisatie van het productieproces. Ook wordt in Nederland al een hoog percentage oud asfalt in nieuw asfalt verwerkt. Een lager energieverbruik ontstaat door het produceren van asfalt bij lagere temperaturen wat ook tot een lagere CO₂ uitstoot leidt. Wanneer het hergebruik van laagtemperatuurasfalt mogelijk is, is dit voor aannemers aantrekkelijk om dit in de wegebouw te gaan toepassen en zo rekening te houden met het milieu.

1.3 Probleemstelling

Laagtemperatuurasfalt is in het begin van deze eeuw geïntroduceerd in Nederland. Aangezien dit asfalt de komende jaren aan vervanging toe is wil men graag weten of dit asfalt ook hergebruikt kan worden. Omdat dit type asfalt pas relatief kort wordt toegepast in Nederland is het nog onbekend of dit type asfalt kan worden hergebruikt. Een onderbouwd onderzoek naar deze (on)mogelijkheid bied hier duidelijkheid over.

1.3.1 Hoofdvraag:

“Is hergebruik van laagtemperatuurasfalt in nieuw asfalt mogelijk?”

1.3.2 Deelvragen:

Als basis van het onderzoek zal er moeten worden vastgesteld wat laagtemperatuurasfalt (Ita) is. Hierbij zullen de ervaringen, eigenschappen en het belang van (hergebruik van) laagtemperatuurasfalt moeten worden beschreven.

1. *“Wat is laagtemperatuurasfalt?”*

Wanneer oud asfalt (granulaat) wordt hergebruikt in een nieuw asfalmengsel wordt er aangenomen dat de vermenging hiertussen goed moet zijn zodat het nieuwe asfalmengsel aan de eisen kan voldoen. Echter is het niet bekend of deze vermenging optreedt.

2. *“Treed er vermenging op wanneer Ita-granulaat wordt hergebruikt?”*

Om de temperatuur tijdens de productie van asfalt te verlagen kan de viscositeit van het bitumen worden verlaagd middels een additief (toevoeging). Een additief kan bijvoorbeeld een zogeheten was (temperatuurverlager) zijn. Heeft deze zijn functie nog steeds wanneer het laagtemperatuurasfalt, waarin de additief zit, wordt hergebruikt?

3. *“Wordt de additief opnieuw geactiveerd bij hergebruik?”*

1.4 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is om op basis van een aantal kenmerken het asfalmengsel met washoudend asfaltgranulaat te toetsen. Hierdoor kan er inzicht worden verkregen in gedrag en het effect van asfalt met een was bij hergebruik. Om goed te kunnen vergelijken zal er ook een referentiemengsel worden gemaakt.

1.5 Leeswijzer

Dit onderzoeksrapport is opgebouwd uit 9 verschillende hoofdstukken. Hoofdstuk 1 vormt de inleiding van het onderzoek waarin de onder andere de aanleiding en probleemstelling worden besproken. Hoofdstuk 2 dient als korte uitleg hoe het onderzoek is aangepakt. Dit wordt later in het rapport verder uitgelicht. In hoofdstuk 3 wordt laagtemperatuurasfalt uitgelicht, dit moet antwoord geven op de eerste deelvraag. Hieruit volgende wordt in hoofdstuk 4 een referentie besproken.

Hoofdstuk 5 geeft vervolgens een uitleg hoe het onderzoek verder is opgebouwd en worden de uitgangspunten benoemd. In hoofdstuk 6 wordt vervolgens de menging van het granulaat met het nieuwe asfalt besproken wat leidt tot de beantwoording van de tweede deelvraag.

Vervolgens wordt er in hoofdstuk 7 gekeken naar de heractivering van de was (deelvraag 3) en worden in hoofdstuk 8 de technische eigenschappen van het mengsel onderzocht. Tenslotte dient hoofdstuk 9 als conclusie en aanbeveling.

2 Onderzoek

Om de opleiding Civiele Techniek van de Hogeschool Rotterdam af te kunnen ronden dient er een onderzoek te worden uitgevoerd welke ook gerapporteerd moet worden. In dit geval beschrijft het rapport de (on)mogelijkheid tot het hergebruik van laagtemperatuurasfalt. Om het onderzoek overzichtelijk te houden en goed te kunnen afronden is het onderzoek opgedeeld in één hoofdvraag en drie deelvragen. De antwoorden op de drie deelvragen leiden tot de beantwoording van de hoofdvraag.

Deelvraag 1 betreft een theoretisch onderzoek naar laagtemperatuurasfalt. Hierin wordt onderzoek gedaan naar de kenmerken en eigenschappen van laagtemperatuurasfalt.

Een ander onderdeel van het afstudeeronderzoek “Hergebruik laagtemperatuurasfalt” is het uitvoeren van een aantal proeven in het laboratorium. Hierbij worden proeven gedaan met betrekking tot de vermenging wanneer (laagtemperatuur)asfalt-granulaat wordt hergebruikt (deelvraag 2) en het heractiveren van een additief (deelvraag 3). De proeven worden verricht op twee nagenoeg identieke mengsels. Het enige verschil tussen de mengsels is de toevoeging van een additief.

De proeven worden verricht in het (asfalt)laboratorium van KWS Infra onder de naam Infraling te Hoogblokland. Hierbij zal de student onder begeleiding staan van een ervaren laborant.

Wanneer (laagtemperatuur)asfalt wordt hergebruikt in een nieuw asfaltmengsel dient er gekeken te worden naar de vermenging (van het bitumen) tussen het oude en nieuwe asfalt. Het is echter niet bekend of deze vermenging optreedt. De menging tussen oud en nieuw bitumen kan worden gekarakteriseerd met door middel van het uitvoeren van de zogeheten afpelproof. Hiermee wordt er gekeken of er vermenging optreedt en hoe goed deze dan is. Dit gebeurt op basis van viscositeit van het bitumen.

Ook moet het definitieve asfaltmengsel natuurlijk voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen. Hiervoor zal het getest worden op minimaal twee functionele eigenschappen. Deze proeven worden uitgevoerd op het mengsel met en zonder was. Hierdoor kunnen de mogelijke effecten van de was bij hergebruik worden gekarakteriseerd.

3 Asfalt

Asfalt is een mengsel van bitumen, steen, zand en vulstof waarbij het bindmiddel (bitumen) het mineraal aggregaat (steen, zand en vulstof) bij elkaar bindt.

De grotere delen van het mineraal aggregaat vormen samen het zogeheten mineraal skelet. Dit zorgt voor het dragend vermogen van het asfaltmengsel. Het mineraal skelet kan worden opgebouwd uit steenslag of grind, dit hangt af van het soort asfalt.

Omdat er poriën in het mineraal zitten worden er vulstoffen en bindmiddelen toegepast welke deze poriën opvullen. De bitumen zorgen samen met de vulstoffen voor de samenhang van het mengsel. De verdere vulling van het mengsel wordt verzorgd door bitumen en vulstof (bijvoorbeeld vliegias of kalksteenmeel), wat eventueel aangevuld kan worden met zand.

Bij omgevingstemperatuur is het bitumen een vaste en harde stof. Wanneer dit verwarmt wordt neemt de vloeibaarheid toe. Hierdoor neemt de zogeheten viscositeit (stroperigheid) af. Oftewel, hoe lager de viscositeit hoe hoger de vloeibaarheid. Heet, traditioneel, asfalt wordt veelal geproduceerd bij 160 °C tot 180 °C omdat dan de bitumen vloeibaar is (viscositeit) zodat deze goed het aggregaat kan benatten en verbinden. Aan de hand van de productietemperaturen zijn de asfaltmengsels onder te verdelen in:

Mengsel		Productie en verwerkingstemperatuur [°C]	Energie benodigd [MJ/ton]	CO ₂ uitstoot [kg/ton]
Koud asfalt	$\overline{\sigma}$	Omgevingstemperatuur	33 - 170	2,2 - 9,2
Half warm asfalt		< 110	170 - 210	9,2 - 11,4
Warm asfalt		110 - 140	210 - 290	11,4 - 15,8
Heet asfalt		> 140	290 - 320	15,8 - 17,4

Tabel 1 Benodigde energie Asfaltmengsels (CROW, 2012)

Verruit de meeste energie is benodigd om het aggregaat te verwarmen tot de juiste temperatuur. De verhouding hiervan is afhankelijk van het vochtgehalte in het aggregaat. Bij het verwarmen van het aggregaat zijn drie verschillende fases van elkaar te onderscheiden:

Fase:	Omschrijving
< 100 °C	Aggregaat wordt gedroogd, water wordt licht verdampt
± 100 °C	Het overgebleven water wordt gekookt en verdamt volledig
> 100 °C	Verder verwarmen van het aggregaat

Tabel 2 Verwarm-fases aggregaat (CROW, 2012)

Er moet worden opgemerkt dat in de fase rond 100 °C de meeste energie benodigd is om het water te laten koken. De temperatuur zal in deze fase in verhouding minder toenemen dan in de andere fases.

3.1 Viscositeit

De viscositeit van een stof zegt iets over de traagvloeibaarheid of de stroperigheid van de stof. Bitumen heeft zo ook een viscositeit welke wordt beschreven in de zogeheten reologie. Dit beschrijft de relatie tussen de opgelegde kracht (spanning) op een stof en de vervormingen welke hierdoor worden veroorzaakt.

Bitumen moet goed vloeibaar zijn om te kunnen verwerken. Dit betekent dat de viscositeit laag moet zijn. Wanneer dit het geval is kan het bitumen de steentjes van het aggregaat goed omhullen waardoor er een goede hechting ontstaat. Het spreekt voor zich wanneer de viscositeit hoger is dat deze hechting moeizamer gaat.

De viscositeit van bitumen speelt ook een rol bij het verdichten van het asfalt. Hierbij heeft het bitumen de functie van 'smeermiddel' wat ervoor zorgt dat het asfalt verwerkbaar is. Wanneer de viscositeit hoog is zal ook het verdichten moeizaam gaan.

3.2 Laagtemperatuurasfalt

In Nederland wordt jaarlijks bijna tien miljoen ton heet asfalt geproduceerd waarbij veel CO₂ wordt geproduceerd. De productietemperaturen liggen hierbij boven de 140 °C waarbij temperaturen van 160 °C tot 180 °C geen uitzondering zijn. Wanneer asfalt bij een temperatuur wordt geproduceerd die lager is dan 140 °C spreekt men van laagtemperatuurasfalt.

Omdat de productietemperatuur van laagtemperatuurasfalt lager is zal de temperatuur van het bitumen dus ook lager moeten zijn. Maar wanneer de temperatuur van het bitumen wordt verlaagd neemt de viscositeit toe waardoor het vermengen van het bitumen en het aggregaat moeizamer gaat. Hierom wordt bij lagere productietemperaturen verschillende manieren toegepast om deze temperatuur te verlagen. Deze manieren zorgen ervoor dat de viscositeit van het bitumen wordt verlaagd waardoor het mengen toch goed mogelijk is.

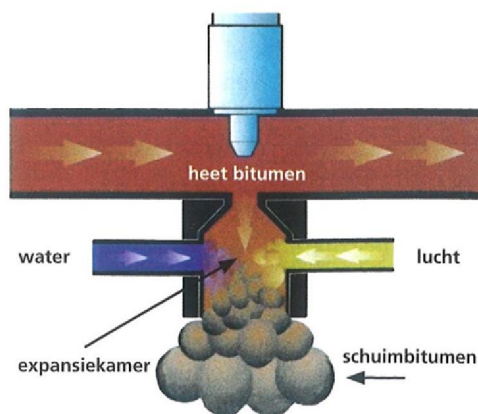
Laagtemperatuurasfalt kan op verschillende manieren worden geproduceerd. Zo zijn er vier verschillende methodes, namelijk het toepassen van:

- Schuimbitumen
- Was (additief)
- Chemische Additief
- Bitumenemulsie

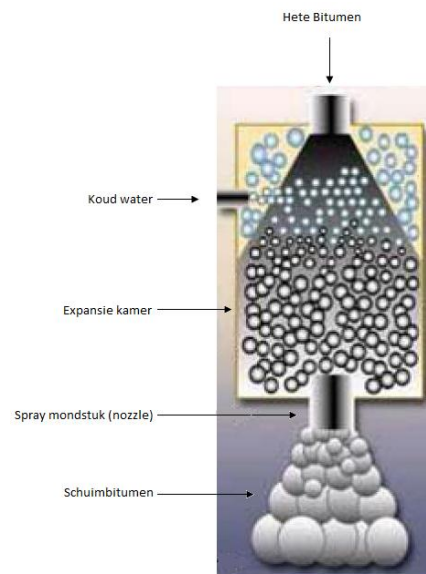
Door het gebruik van laagtemperatuurasfalt is het ook mogelijk om de weg, waaraan gewerkt wordt, eerder open te stellen voor verkeer. Door de vereenvoudiging van de verdichting van het asfalt is er minder walsverdichting vereist en kan het verwerkingstempo worden verhoogt.

3.2.1 Schuimbitumen

Bij het produceren van halfwarme asfaltmengsels wordt gebruikt gemaakt van schuimbitumen om zo de viscositeit van de bitumen te verlagen. Het schuimbitumen ontstaat door een kleine hoeveelheid water te injecteren in de hete bitumenstroom welke een temperatuur heeft tussen de 170 °C tot 180 °C. Doordat het water in contact komt met de hete bitumen verdampt het explosief waardoor er heel snel miljoenen kleine bitumenbolletjes ontstaan. Het volume wordt hierdoor 17 maal zo groot. Om schuimbitumen te kunnen maken dient de asfaltcentrale een speciale schuimbitumen generator aan te schaffen van ongeveer € 75.000,-. De totale investering kost € 150.000 - € 175.000. De inzet van schuimbitumen vermindert het energieverbruik met 18 %. Schuimbitumen bevat echter ook cement. Hierdoor wordt de milieuwinst enigszins beperkt omdat dit cement zorgt voor 10% van de CO₂ uitstoot tijdens de productie van schuimbitumenasfalt. De Schuimbitumen wordt met speciale nozzles opgeschuimd en gedoseerd in mengkamer.



Figuur 1 Productie van schuimbitumen (CROW, 2012)



Figuur 2 Productie schuimbitumen (Dries Leyssens, 2013)

	Schuimbitumen in AC
Verlaging temperatuur	50 – 70 °C
Productie temperatuur	100 – 120 °C
Effect	Verlaging productietemperatuur
Toepasbaarheid	Aanpassing aan centrale vereist
Extra kosten	Investering € 150.000 - € 175.000
Risico's	- Levensduur - Vocht - Maximaal PR percentage 50 % - Cement in schuimbitumen
Mengsels	Alle mengsels, behalve open mengsels
Energiebesparing AC	18 %
Omslagpunt transport	25 km

Tabel 3 Eigenschappen productie schuimbitumen (Wall, 2013)

Het "Omslagpunt transport" is een indicatie voor de maximale transportafstand van het asfalt van de asfaltcentrale naar de projectlocatie. Dit in verband met de lagere productietemperatuur en de daarbij horende afkoeling tijdens het transport.

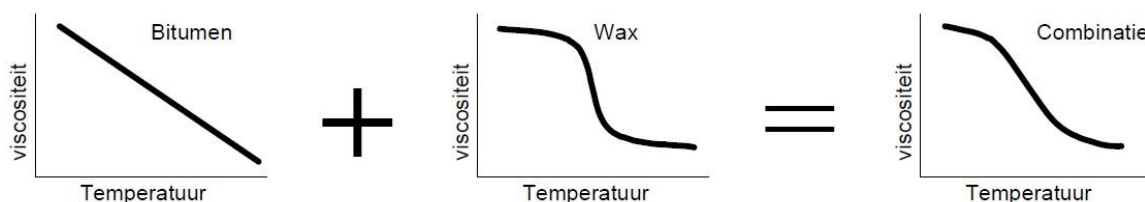
3.2.2 Additief

Laagtemperatuurasfalt kan ook worden geproduceerd door het toevoegen van een additief aan het asfaltmengsel.

3.2.2.1 Was

Bij warme asfaltmengsels wordt gebruikt gemaakt van additieven welke de viscositeit van het bitumen verlaagt. Echter is de temperatuurverlaging minder dan bij schuimbitumen. In Nederland worden twee verschillende additieven gebruikt, namelijk: wassen en chemische additieven (paragraaf 3.2.2.2).

Een was is vaste stof in de vorm van korrels welke smelt boven een bepaalde temperatuur. Door de was wordt de viscositeit van het bitumen verlaagd wanneer dit, in enkele percentages, aan het mengsel wordt toegevoegd. Een was gaat tussen de 70 °C en 80 °C over van de vaste fase naar de vloeibare fase. Hierdoor kan de productietemperatuur worden verlaagd met circa 30 °C. Een andere eigenschap van een was is dat het een betere weerstand biedt tegen permanente vervorming en zorgt voor een grotere stijfheid van het asfalt. Hierdoor kan de levensduur van een asfaltverharding mogelijk worden verlengd.



Figuur 3 Schematische weergave verhouding viscositeit en temperatuur van bitumen in combinatie met een was. (CROW, 2012)

Al jaren worden wassen in de hele wereld toegepast om de bitumeneigenschappen aan te passen in de wegenbouw. Een was wordt niet alleen toegepast in het asfaltmengsel voor wegen maar ook voor bijzondere projecten zoals busbanen, containeropslagplaatsen en start- en landingsbanen op vliegvelden. Het belangrijkste doel van het toevoegen van een was aan het mengsel is om de bitumeneigenschappen te veranderen voor een duurzame verbetering van de functionele eigenschappen van de asfaltverharding.

Eigenschap	Eenheid	Toevoeging was aan mengsel [%]			
		0,0	1,5	3,0	4,5
Penetratie	[0,1 mm]	70-100	48	42	37
Verwekings punt	[°C]	43-51	52	76	96

Tabel 4 Effect op eigenschappen bitumen 70/100 na toevoeging FT-was. (Arnold, 2010)

De twee meest toegepaste soorten was in Nederland zijn de Rheophalt LT-70 van Ventraco en de Sasobit van Sasol.

	Rheophalt LT-70	Sasobit
Verlaging temperatuur	20 - 50 °C	20 - 30 °C
Productie temperatuur	120 - 140 °C	140 - 145 °C
Effect	- Hogere stijfheid	- Betere weerstand tegen spoorvorming - Ook te gebruiken voor versnellen van verdichtingproces
Toepasbaarheid	Alle asfaltcentrales	Alle asfaltcentrales
Extra kosten (per ton asfalt)	€ 3,00 / ton	€ 2,00 - 3,00 / ton
Risico's	- Hechting - Kleiner tijdsvenster voor verwerking	- Hechting - Kleiner tijdsvenster voor verwerking
Mengsels	Alle mengsels, wel opletten met open mengsels	Alle mengsels, wel opletten met open mengsels
Energiebesparing AC	6 %	6 %
Omslagpunt transport	43 km	43 km

Tabel 5 Eigenschappen was. (Wall, 2013)

3.2.2.2 Zeoliet

Een andere manier om schuimbitumen te verkrijgen is het gebruik van zeoliet als additief. Zeoliet is een fijne witte poederstof welke bestaat uit 21% water. Het wordt dan ook een chemische additief genoemd. Bij een temperatuur boven de 85 °C komt het water van de zeoliet vrij. Wanneer dit op hetzelfde moment wordt toegevoegd als het bitumen aan het aggregaat ontstaan er verschuimde bitumen die zorgen voor een goede omhulling van het aggregaat. De hoeveelheid water wat in het mengsel wordt gebracht is gering omdat de hoeveelheid zeoliet slechts ongeveer 0,25-0,30 % op de massa van het mengsel bedraagt.

Op dit moment kost zeoliet circa € 500 per ton. Bij een dosering van 0,25% betekent dit dat het asfaltmengsel qua bouwgrondstoffen circa € 1,25 per ton duurder wordt. Hier staat een geringe verlaging van de stookkosten en vulstofkosten tegenover van € 0,10 – € 0,20 per ton. Op termijn kan er wel een voordeel ontstaan vanwege de zogenaamde CO₂-emissiehandel. De impact hiervan is op dit moment echter nog zeer gering.

Ten opzichte van wassen zijn de meerkosten van zeoliet lager. Bij het gebruik van schuimbitumen moet de investering in de schuimunit en de mogelijke aanpassingen aan de asfaltcentrale mee worden genomen. Omdat die kosten afgeschreven kunnen worden is een vergelijk lastig. Uitgangspunt is dat het gedurende de eerste jaren, dat een schuimunit wordt ingezet, de kosten niet lager zijn dan bij het gebruik van de eerstgenoemde additieven.

Chemische additieven hebben feitelijk dezelfde eigenschappen als een was. Echter bestaat de werking van een chemische additief uit een combinatie van:

- Een verlaging van de viscositeit van het bitumen;
- Een verlaging van de oppervlaktespanning van het bitumen;
- Een betere hechting tussen de bitumen en het aggregaat.

Zeoliet	
Verlaging temperatuur	20 - 30 °C
Productie temperatuur	140 - 145 °C
Effect	Verlaging productietemperatuur. Na afkoeling als vulstof
Toepasbaarheid	Alle centrales
Extra kosten (per ton asfalt)	€ 1,00 - € 2,50 / ton
Risico's	- Verdichting
Mengsels	Alle mengsels, wel opletten met open mengsels

Tabel 6 Eigenschappen zeoliet (Wall, 2013)

3.2.3 Bitumenemulsie

Een andere manier om de viscositeit te verlagen is het gebruiken van bitumenemulsie. Dit kan worden verkregen door emulgeren in water. Emulgeren is een techniek voor het mengen van stoffen die in eerste instantie niet kunnen mengen.

Bij emulgeren wordt ervoor gezorgd dat kleine bolletjes bitumen een elektrische lading krijgen en elkaar vervolgens in het water afstoten. Zo kunnen de bolletjes niet aan elkaar gaan klonteren. Het mengen met een nat mineraal aggregaat is bij omgevingstemperatuur dan goed mogelijk omdat de bitumenemulsie een lage viscositeit heeft. Gedurende het daaropvolgende breekproces komt het water vrij uit de emulsie. Het bitumen uit de emulsie hecht zich vervolgens aan het aggregaat. Het breekproces is enerzijds het gevolg van de binding van de bitumenbolletjes aan het aggregaat en anderzijds door verdamping van water. Nadat het bitumen is afgescheiden uit de emulsie moet het water door afvloeïing en verdamping verdwijnen.

Bitumenemulsie zijn systemen waarbij zeer kleine bitumendeeltjes (1 tot 10 µm) in water verdeeld zijn.

Bitumenemulsies hebben bij kamertemperatuur een zodanig lage viscositeit dat verpompen en versproeien mogelijk is. De bitumenemulsies zijn bestendig tussen 0 °C en 100 °C.

4 Referentie

De afgelopen jaren zijn al een paar projecten uitgevoerd waarbij een temperatuurverlager is toegepast. Een aantal hiervan zijn ook samengevat in CROW-publicatie 319; “Laagtemperatuurasfalt (Ita) voor een duurzame verharding”.

4.1 Zeoliet

KWS Infra heeft in november 2011 een proefvak aangelegd in Eijsden waarbij als temperatuurverlager zeoliet (aluminium silicaat) is toegepast. Het proefvak was gelegen op het terrein van het bedrijf PQ. Gedurende het hele asfaltproces (productie, transport en verwerking) zijn er verschillende metingen verricht. De grootste aandacht ging hierbij uit naar de temperatuur. Ook zijn de dichtheden en het aantal walsovergangen bepaald. Ten slotte zijn er ook vragen gesteld aan de betrokken medewerkers met betrekking tot hun ervaringen met dit asfalt.

PQ heeft zelf de zeoliet onder de naam Advera WMA geleverd. Deze zeoliet maakt het mogelijk de productie/ en verwerkingstemperatuur van het asfalt te verlagen met 20 - 30 °C.



Afbeelding 1 Aanleg laagtemperatuurasfalt Eijsden (KWS)

De productie- en verwerkingscontrole is uitgevoerd door het centraal laboratorium van KWS in Hoogblokland. Hier zijn de boorkernen en proefstukken onderzocht. De gegevens van de (weers)omstandigheden waren afkomstig van vliegveld Maastricht-Aachen Airport.

Vanwege de staat van het terrein is er een onderlaag en een deklaag aangelegd. Deze lagen bestonden uit:

Laag	Laagdikte [cm]	AC	PR	Hoeveelheid [Ton]
Onderlaag	6	16 Base	50%	140
Deklaag	4	11 Surf	0%	110

Tabel 7 Asfaltlagen proefvak Eijsden

Er is bewust gekozen om een laag met PR en een laag zonder PR aan te brengen. Hierdoor kan er worden gekeken of dit invloed heeft op het energieverbruik van de asfaltcentrale.

Uit de proeven is gebleken dat het mengsel langer goed verwerkbaar is. Dit komt deels door de microstoombolletjes, wat zeoliet veroorzaakt, die zorgen voor een lagere viscositeit van de bitumen. De langere verwerkbaarheid komt ook door de lagere verwerkingstemperatuur. Doordat het temperatuurverschil met de omgeving kleiner is, zal het asfalt minder snel afkoelen. Hierdoor kan er langer gewalst worden waardoor het zogeheten verwerkingsvenster groter is.

Uit het laboratoriumonderzoek bleek verder dat er nagenoeg geen verschillen zijn tussen het mengsel met zeoliet en het referentiemengsel zonder zeoliet, op basis van watergevoeligheid en vervorming.

Daarnaast is o.a. in Beuningen gebruikt gemaakt van een was. Op dit moment wordt deze vooral toegepast als de opdrachtgever daarom vraagt of om te compenseren voor “slechte” weersomstandigheden.

5 Mengselkeuze

Voor het onderzoek wordt een bestaand mengsel gebruikt waarover Infralinq de beschikking heeft. Dit mengsel dient als basis en hieraan wordt dan ook een additief aan toegevoegd. Het mengsel dient als tussenlaag welke een kenmerk heeft om als tijdelijke deklaag gebruikt te worden. Ook kan het mengsel eventueel als onderlaag uitgevoerd worden.

Deze tussenlaag kan zich bevinden in:

- Asfaltconstructie voor zwaarbelaste verhardingen met langzaamrijdend (< 15 km/h) en stilstaand verkeer;
- Asfaltconstructie voor gebiedsontsluitingswegen;
- Asfaltconstructie voor stroomwegen.

Verder bevat het mengsel een hoog PR-waarde wat goed bijdraagt aan de relevantie en de belangen van dit onderzoek.

Het mengsel welk gebruikt wordt voor het onderzoek heeft de code: AC 16 TDL 40/60 50% pr.

Eigenschap	Verklaring
AC	Asphalt Concrete (asfaltbeton)
16	Maximale nominale korreldiameter van het toeslagmateriaal [mm]
TDL	Tijdelijke deklaag
40/60	Bitumensoort
50 % PR	Percentage Partieel Recycling (PR)

Tabel 8 Gebruikt asfaltmengsel

Binnen Infralinq wordt van elk mengsel een zogeheten typetest (TT) gemaakt. Dit mengsel heeft het typetest nummer 552-12. Een typetest is een rapport die de toegepaste onderzoeksmethodiek en de onderzoeksresultaten beschrijft van een AC asfaltmengsel wat onderzocht is ten behoeve van de CE-markering voor het betreffende mengsel. (Bijlage A)

Om een lagere mengtemperatuur te krijgen wordt er aan het mengsel een was toegevoegd. Er is voor een was gekozen omdat dit op laboratoriumniveau toe te passen is, dit in tegenstelling tot schuimbitumen. In vergelijking met het toevoegen van zeoliet kan er met een was een lagere mengtemperatuur bereikt worden. Omdat er over het gebruik van een was minder bekend is dan over het gebruik van bitumenemulsie is er gekozen voor het gebruik van de was.



Afbeelding 2 Rheofalt LT-70 was (eigen foto)

Omdat met de Rheofalt LT-70 een lagere productietemperatuur bereikt kan worden dan met de Sasobit, wordt deze toegepast.

In het totale onderzoek worden dus twee verschillende mengsels gemaakt:

- Mengsel 552-12
- Mengsel 552-12 + LT-70

De was wordt, conform advies van Ventraco, in een hoeveelheid van 4% op het bindmiddel toegevoegd.

Mengseleigenschappen	
Typetest nummer	552-12
Laag	Tussenlaag (Bind)
Steenslag	Morene (AC 0/16)
Percentage Partieel Recycling (PR)	50 %
Bitumen	40/60
Percentage Bitumen	4,7 %

Tabel 9 Mengseleigenschappen

5.1 Onderzoeksopbouw

Het onderzoek berust op twee verschillende mengsels. Omdat er twee mengsels zijn gemaakt, waarbij in één mengsel een additief zit verwerkt, kunnen de resultaten goed met elkaar worden vergeleken. Het mengsel zonder was dient dus als referentie.

Het mengsel 552-12 is tweemaal ingewogen conform NEN-EN 13108-1 (Bijlage B). Aan één mengsel wordt een additief, de LT-70 was, toegevoegd. Verder zijn alle parameters gelijk gedurende het onderzoek; denk hierbij aan de voorverwarmtemperatuur, mengtemperatuur en de mengtijd (Bijlage C).

Om over 'hergebruik' te kunnen spreken dient er de beschikking te zijn over 'oud' freesasfalt. Ondanks dat er voldoende freesasfalt beschikbaar is, is er voor gekozen om nieuw asfalt te gaan gebruiken (*stap 1, figuur 4*). Dit omdat er van freesasfalt niet duidelijk is of er een additief in is verwerkt. Een was is na toevoeging namelijk niet meer terug te vinden omdat deze bij 70 °C tot 80 °C oplost in het mengsel. Het mengsel 552-12 bestaat zelf daarentegen wel voor 50 % uit gerecycled asfalt.

Om dus toch over 'hergebruik' te kunnen spreken is het gemaakte asfalt verouderd (*stap 2, figuur 4*) middels een simulatie. Deze simulatie houdt in dat het asfalt gedurende een week in een stoof op 90 °C ligt. Deze simulatie staat gelijk aan ongeveer 10 jaar veroudering (Thesis, 2010). Hierna kan er dus gesproken worden over verouderd asfaltgranulaat oftewel PR. Hierbij was één verouderd mengsel zonder was en één verouderd mengsel met was. Van beide mengsels worden de bitumen gekarakteriseerd (*stap 3, figuur 4*). Deze resultaten zullen dienen als referentie ten opzichte van de bitumen van het definitieve mengsel die ook worden gekarakteriseerd.

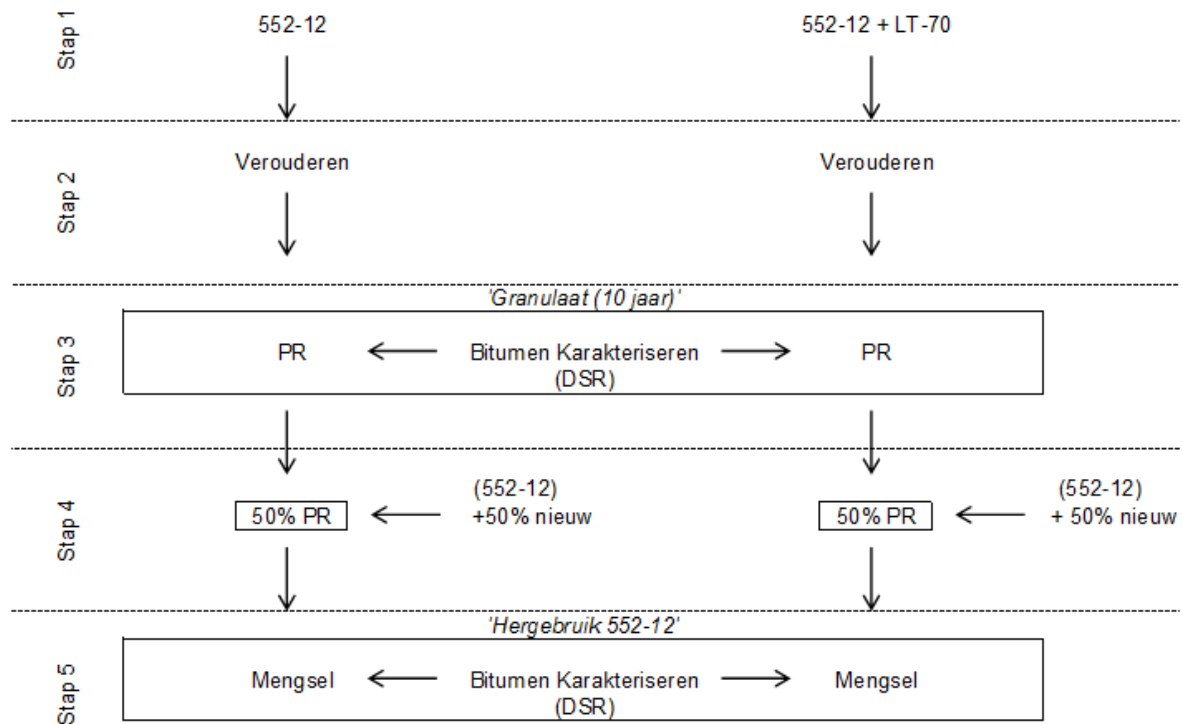
Als definitief (eind)mengsel wordt opnieuw de samenstelling van het mengsel 552-12 aangehouden. Van dit mengsel was 50 % PR. Deze 50 % wordt opnieuw aangehouden maar wordt nu gewonnen uit het verouderde asfalt van het onderzoek (*stap 3, figuur 4*). De samenstelling van het definitieve mengsel is opgenomen in Bijlage D. (*Stap 4, figuur 4*)

Van het definitieve mengsel worden net als bij *stap 3 (figuur 4)* de bitumen gekarakteriseerd (*stap 5, figuur 4*) om zo de eventuele verschillen te kunnen bepalen. Uit deze verschillen kan vervolgens wat worden verteld over de menging van het granulaat en het nieuwe asfalt. Ook kan er worden nagegaan of de was opnieuw wordt 'geactiveerd' bij hergebruik. De proeven die dit kunnen aantonen, zijn opgenomen in Bijlage E. Niet alle beschreven proeven zijn uitgevoerd. Zo wordt er geen GPC en FT-IR analyse uitgevoerd en wordt de vervorming niet getest.

De GPC en FT-IR analyse moet worden uitbesteed omdat Infralinq niet de beschikking heeft over deze apparatuur. Door deze uitbesteding zal veel kostbare tijd verloren gaan. Infralinq heeft wel de beschikking over een DSR apparaat. De DSR analyse geeft ook een goed inzicht over de viscositeit van het bitumen.

Verder wordt het definitieve mengsel nog getoetst op een aantal technische eigenschappen zoals vermoeiing en stijfheid (Bijlage F-H). De vervorming is niet getest omdat de vermoeiing en stijfheid meer inzicht geven in de sterkte van het asfaltmengsel en gemakkelijk leiden tot een dimensioneringsberekening (Bijlage O).

Van elk mengsel wordt een asfaltplaat (± 60 kg) gemaakt zodat er voldoende materiaal is om proeven uit te kunnen voeren.



Figuur 4 Schematische weergave onderzoekopbouw

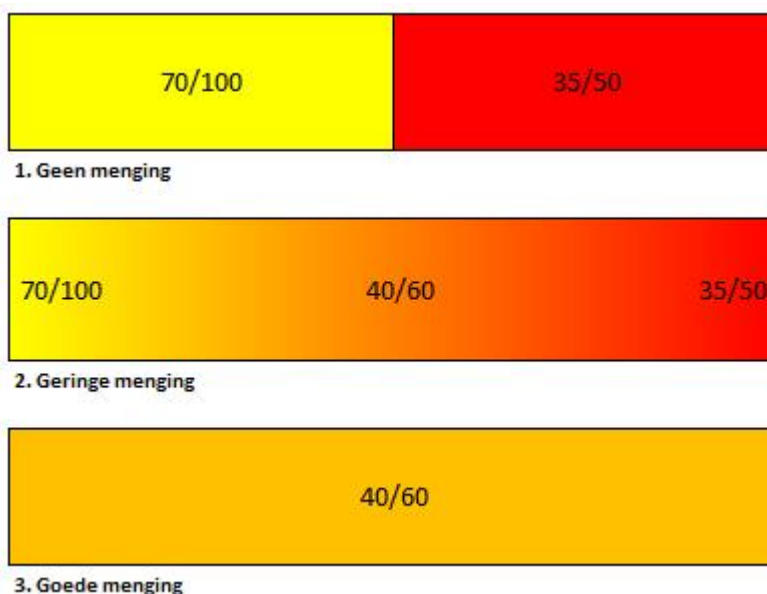
6 Menging hergebruikt lta-granulaat

De Nederlandse ontwerpmethodiek gaat uit van een homogeen mengsel met één homogeen bindmiddel. In het geval van PR gaat men er dus vanuit dat het oude en het nieuwe bindmiddel goed, volledig, gemengd zijn. Wanneer oud asfalt (granulaat) wordt hergebruikt in een nieuw asfaltmengsel zal de vermenging hiertussen, volgens de ontwerpmethodiek, dus altijd goed moeten zijn zodat het nieuwe asfaltmengsel aan de eisen kan voldoen. Echter is het niet bekend of deze vermenging optreedt.

6.1 Hypothese

Als er wordt gekeken naar de menging van het (lta)-granulaat bij hergebruik, zal het mengsel zonder was naar verwachting goed mengen met het nieuwe asfalt. Er wordt immers al jaren asfalt hergebruikt wat niet leidt tot problemen of aantoonbare mindere kwaliteit.

De proef wordt uitgevoerd in vijf verschillende bakken. De menging is af te leiden uit de bitumeneigenschappen welke worden teruggevonden in de vijf bakken. In deze situatie wordt dit getest op basis van de viscositeit van het bitumen. Wanneer deze viscositeit in de vijf bakken gelijk zijn (*figuur 5.3*), wordt er gesproken van een goede menging. Zijn er verschillen in de eigenschappen, dan is er sprake van geen (*figuur 5.1*) of geringe (*figuur 5.2*) menging. Een homogene menging zorgt nu eenmaal voor gelijke eigenschappen. Er kan dus gesteld worden: hoe groter de verschillen in bitumeneigenschappen, des te mindere menging.

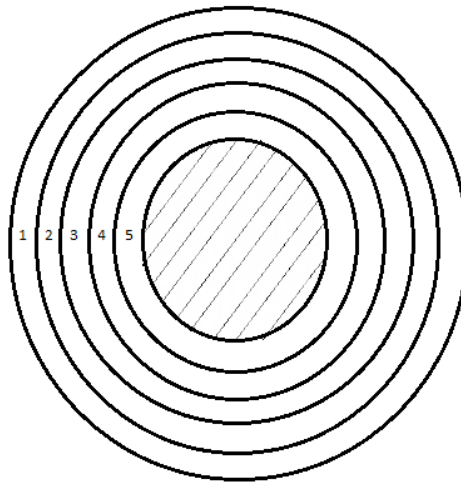


Figuur 5 Menging bindmiddelen

Een eigenschap van de was is dat het de viscositeit verlaagd wat mengen (bij lage temperaturen) gemakkelijker maakt. Ondanks dat er weinig bekend is over het hergebruik van lta-asfalt is de verwachting dat het opnieuw mengen van lta-granulaat met was geen problemen op zal leveren. Laagtemperatuurasfalt met een was wordt immers al geproduceerd waarbij de was in het asfalt oplost. Hierdoor is er geen verschil meer zichtbaar en zou het hetzelfde moeten presteren al traditioneel asfalt.

6.2 Uitvoering

In deze proef (Bijlage E) wordt een het asfaltmonster achtereenvolgens steeds 1 minuut in 5 verschillende bakken met methyleen (dichloormethaan CH_2Cl_2) ondergedompeld. Het bitumen wordt teruggewonnen middels een koude extractie. Bak 1 bevat de buitenste 'schil' bitumen, bak 5 het bitumen die het dichtst tegen de steen aan zit. Als er geen of gebrekkige vermenging op treedt zullen de eigenschappen van het bindmiddel in de 5 bakken van elkaar verschillen. Elke bak met bitumen stelt dus een bitumenlaag voor.

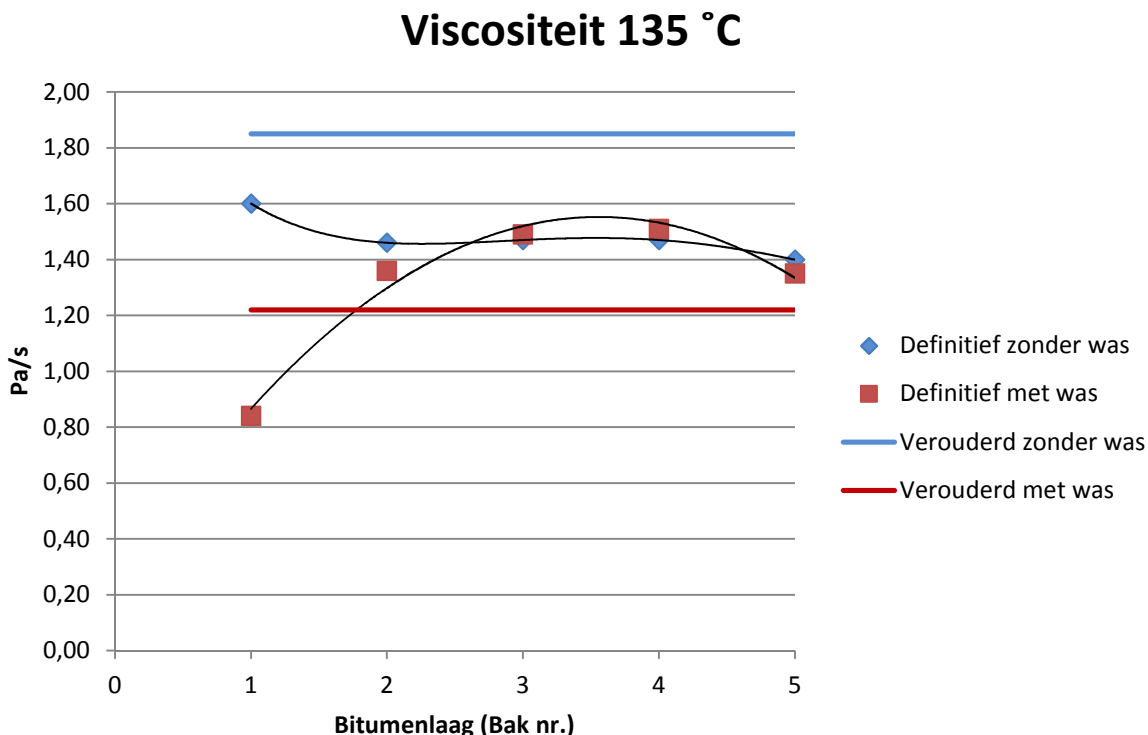


Figuur 6 Schets bitumenlagen



Afbeelding 3 Uitvoering afpelproof (eigen foto)

6.3 Resultaten



Grafiek 1 Viscositeit bitumen bij 135 °C.

De viscositeit van de verschillende bitumenlagen is bepaald bij drie verschillende temperaturen (100 °C , 135 °C en 150 °C) conform NEN-EN 13702 en NEN-EN14770. Omdat de mengtemperatuur van het 552-12 + LT-70 tussen de 130 °C en 140 °C is, is de viscositeit bij 135 °C het meest representatief. De resultaten van de overige viscositeiten, bepaald bij de andere temperaturen, zijn opgenomen in Bijlage H.

6.4 Analyse

Uit de grafiek worden verschillende gegevens geanalyseerd.

Er moet worden opgemerkt dat de viscositeit van het verouderd bitumen een gemiddelde is omdat dit één meting betreft. Een vergelijking tussen de vijf verschillende viscositeiten en het vooronderzoek is dus niet representatief!

6.4.1 Zonder was

De grafiek toont een kleine verlaging van het bitumen zonder was (blauw). Dit betekent dat de bitumenlaag rondom het steentje zachter zijn dan de buitenste bitumenlaag. Deze lichte verharding aan de buitenrand is te verklaren door een kleine aantasting door licht (UV-straling) en lucht gedurende het onderzoek. Doordat er geen sprake is van grove veroudering is deze 'verharding' maar in kleine mate.

Wanneer er wordt gekeken naar de menging van het uiteindelijke mengsel (*stap 5, figuur 4*) valt op dat de viscositeit van bak 2 t/m 5 nagenoeg gelijk is. Dit duidt op een goede menging van de oude en nieuwe bitumen.

Ondanks dat de viscositeit van bak 1 hoger is dan bak 2 t/m 4, wat wordt veroorzaakt door de eerder genoemde veroudering, mag de vermenging van het granulaat (*stap 3, figuur 4*) met het nieuwe asfalt (*stap 4, figuur 4*) goed worden genoemd. Dit omdat het een redelijk klein verschil betreft.

Bij het opnieuw mengen van het granulaat is 50 % 'nieuw' asfalt toegevoegd (*stap 4, figuur 4*). Hierdoor kwamen de oude (harde) bitumen in contact met nieuwe (zachte) bitumen. Dit leidt tot een lagere viscositeit van het uiteindelijke mengsel, wat in de grafiek duidelijk te zien is.

6.4.2 Met was

De grafiek toont bij het bitumen met was duidelijk een lage viscositeit in bak 1. Dit betekent dat het bitumen dichter naar het steentje toe, stugger/harder is. Dit is het tegenovergestelde beeld van het mengsel zonder was en dus ook tegengesteld op basis van de verwachting.

Bij het hergebruik van het Ita-granulaat is bitumen 70/100 toegevoegd. Hierbij geeft '70/100' de penetratie aan in de bitumen (Bijlage J). Doordat de viscositeit in de buitenste 'lagen' lager is, kan dit erop wijzen dat de nieuwe bitumen niet goed met de oude bitumen gemengd zijn. De lage viscositeit van bitumen 70/100 vindt men dus als eerst. Dit kan de lage(re) viscositeit in bak 1 verklaren. Echter is het verschil zodanig groot dat een meetfout ook mogelijk is.

Een andere verklaring voor de lage viscositeit in bak 1 zou kunnen zijn dat bij het opnieuw mengen de was naar de buitenste bitumenlagen 'trekt', wat merkwaardig zou zijn. Dit 'gedrag' zou met een GPC of infrarood kunnen worden geanalyseerd.

Omdat voor de afwijkende viscositeit van bak 1 geen duidelijke verklaring gegeven kan worden, wordt deze buiten beschouwing gelaten. Omdat de verschillen in de overige 4 bakken relatief klein zijn, maar groter dan bij het mengsel zonder was, kan er worden gezegd dat er een redelijke menging optreedt bij hergebruik van Ita-granulaat.

Verder is het opvallend dat de viscositeit van bak 3 t/m 5 hoger is dan de viscositeit van het verouderd bitumen. Dit betekent dat de bitumen na hergebruik harder is dan direct na veroudering. Maar omdat dit is gebaseerd op één globale meting (gemiddelde) valt over deze waarneming niks te zeggen.

6.5 Foutenanalyse

Gedurende deze proef kunnen er verschillende fouten gemaakt zijn welke invloed kunnen hebben op de resultaten.

De samenstelling van het mengsel is volgens een zogeheten inweegstaat (Bijlage B+D) en is officieel berekend. Het inwegen is uitgevoerd op een nauwkeurigheid van 1/10 gram en daarom mag er vanuit worden gegaan dat hierbij geen fouten zijn gemaakt. Ook de voorgeschreven hoeveelheid was (4%) is aangehouden.

Na het verouderen is het (definitieve) mengsel opnieuw berekend en ingewogen, ook hierbij geldt dat dezelfde nauwkeurigheid is aangenomen en dat de samenstelling van het mengsel dus goed is uitgevoerd. Ook bij het opnieuw mengen zijn alle voorschriften/normen aangehouden. Wel zijn er verschillen gevonden in de temperatuur direct na het mengen (Bijlage C). Echter zijn deze verschillen zo klein ($1\text{ }^{\circ}\text{C}$ op $\pm 160\text{ }^{\circ}\text{C}$) dat dit geen invloed kan hebben op het mengsel.

Aangezien het verdichten met een 'walssegmentverdichter' is uitgevoerd (NEN-EN 12697), mag er vanuit gegaan worden dat het mengsel goed is verdicht.

Tijdens de afpelproof moet elke minuut een handeling worden uitgevoerd en kan het zijn dat dit niet altijd na één minuut wordt verricht. Zo kan het voorkomen dat er bijvoorbeeld de ene keer het asfalt 58 seconden is afgepeld terwijl het misschien ook mogelijk is dat het asfalt 62 seconden in de methyleen heeft gelegen. Hierbij is dan ook afwijking van 5% acceptabel. Hierdoor kunnen de eventueel gemaakte tijdsverschillen niet voor noemenswaardige verschillen zorgen.

De viscositeit van het verouderde asfalt is gebaseerd op één meting en is dus eigenlijk een gemiddelde van de vijf bitumenlaagjes. Hierdoor is niet na te gaan of er verschillen zijn in de viscositeit van het verouderde bitumen. Daarom is een verklaring voor de hogere viscositeit van het mengsel met was (bak 2 t/m 5) moeilijk vast te stellen!

Omdat in de bitumen-methyleen oplossing nog fijne stofdeeltjes kunnen zitten, is dit steeds eerst schoongespoeld in een machine (Analysor). Vervolgens is de methyleen m.b.v. een rotatieverdamer (Bijlage J) uit het de oplossing verdampt waardoor alleen het bitumen overblijft. Dit gebeurt bij een temperatuur van 80 °C en 150 °C en met een onderdruk van 20 millibar. Omdat methyleen een kookpunt heeft van 40 °C mag er gesteld worden dat alle methyleen uit het bitumen is verdampt. Dit alles is conform NEN-EN 12697-3. Mogelijk dat in het bitumenmonster (met was) van laag 1 nog wat viezigheid (vuil, vet) vanuit de rotatieverdamer is meegegaan, wat de viscositeit kan verlagen.

Na het terugwinnen is het bitumen in proefstukjes gegoten, afgekoeld en in de koeling gezet om veroudering tegen te gaan. Tijdens het gieten kan er niet gegarandeerd worden dat het bitumen steeds dezelfde temperatuur heeft. Dit omdat de duur van het gieten verschillend kan zijn waardoor het bitumen vervolgens meer/minder kan afkoelen. Maar omdat dit steeds zo snel mogelijk is gebeurd en gezien de resultaten kan er gesteld worden dat dit minimale invloed heeft op de bitumeneigenschappen.

Hierna zijn de proefstukken voor onbepaalde tijd in de koeling gezet tot dat deze beproefd werden. Het kan dus zijn dat de proefstukken een verschillende tijd in de koeling hebben gestaan. Dit heeft echter geen invloed omdat het bitumen onder 10 °C nauwelijks verouderd. De viscositeitsmeting (DSR) is heel nauwkeurig (μm). Hierdoor kunnen er relatief grote verschillen in de resultaten ontstaan. Wanneer er bijvoorbeeld een fijn korreltje zand in het proefmonster zit, kan dit leiden tot een andere viscositeit.



Afbeelding 4 Walssegmentverdichter (eigen foto)

7 Heractivering additief

Om de temperatuur tijdens de productie van asfalt te verlagen kan de viscositeit van het bitumen worden verlaagd middels een additief (toevoeging). Een additief kan bijvoorbeeld een zogeheten was (temperatuurverlager) zijn. Heeft deze zijn functie nog steeds wanneer het laagtemperatuurasfalt, waarin de additief zit, wordt hergebruikt?

7.1 Hypothese

Van elke bitumensoort zijn de bindmiddeleigenschappen bekend en bepaald. (Bijlage J) De bitumeneigenschappen worden direct na veroudering en na het opnieuw mengen beproefd (*stap 3 + 5, figuur 4*). Dit om zo de verschillen tussen het Ita-granulaat en het definitieve mengsel aan te tonen. Direct na de veroudering zal de penetratie veel kleiner zijn dan bij aanvang. Het bitumen is immers verouderd waardoor het harder is geworden. Het verwekingspunt zal dan ook hoger liggen dan de standaardwaarden van het bitumen.

Na het toevoegen van 70/100 bitumen (opnieuw mengen *stap 4, figuur 4*) zou de penetratie van het definitieve mengsel gelijk moeten zijn als 40/60 bitumen (Bijlage A). Volgens de berekening in Bijlage J zou de penetratie ongeveer 39 moeten zijn. Deze waarde licht dus lager dan de standaardpenetratie (40-60) van het bitumen. Dit komt doordat het hele onderzoek een simulatie is waardoor de berekende penetratie iets lager zal zijn dan de 'standaardpenetratie'.

Omdat de was de viscositeit verlaagt zou de penetratie van het bitumen met was groter moeten zijn omdat deze zachter is. Echter treedt deze verlaging van de viscositeit alleen op rondom de mengtemperatuur (100 °C - 140°C). Buiten dit temperatuurgebied is de penetratie lager vanwege verhardende werking van de was.

Het is onbekend of de 'werking' van de was na 10 jaar nog zichtbaar is. Wanneer het 10 jaar oude asfalt wordt hergebruikt en dus opnieuw wordt gemengd, zou de was effect kunnen hebben op het mengsel. Dit moet dan blijken uit de bitumeneigenschappen van het definitieve mengsel (*stap 5, figuur 4*) d.m.v. een lagere penetratie en een hoger verwekingspunt t.o.v. het mengsel zonder was.

Eigenschap	Eenheid	Bitumensoort					
		30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150
Penetratie	[0,1 mm]	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150
Verwekings punt	[°C]	52-60	50-58	48-56	46-54	43-51	39-47

Tabel 10 Eigenschappen bitumen (Lubbers, 1985)

De LT-70 was is tijdens het mengen, in voorgeschreven hoeveelheid (4%), toegevoegd aan het asfalt. Conform de voorgeschreven mengtijd (Bijlage C) mag ervan uit worden gegaan dat de was homogeen is gemengd. Omdat 50% van dit mengsel wordt hergebruikt kan er gezegd worden dat ook maar 50% van de was wordt hergebruikt. Echter is het onbekend hoelang het effect van de was (verlaging van de viscositeit van de bitumen) nog doorwerkt bij hergebruik en of de was überhaupt effect heeft bij hergebruik. Mogelijk is het effect al na één keer mengen (*stap 1, figuur 4*) 'uitgewerkt'.

Omdat de was is opgelost in het mengsel valt deze niet meer terug te vinden wanneer er opnieuw wordt gemengd. Hierdoor is er weinig bekend over het gedrag van de was.

7.2 Uitvoering

Om wat te kunnen zeggen over de eventuele werking van de was na hergebruik zullen de bitumeneigenschappen moeten worden bepaald. Hiervoor worden asfaltmonsters genomen direct na veroudering (*stap 3, figuur 4*) en van het definitieve mengsel (*stap 5, figuur 4*). Door het asfaltmonster onder te dompelen in methyleenchloride lost het bitumen hierin op waardoor de steentjes en het bitumen van elkaar worden gescheiden. De bitumen worden vervolgens teruggewonnen conform NEN-EN 12596-3.

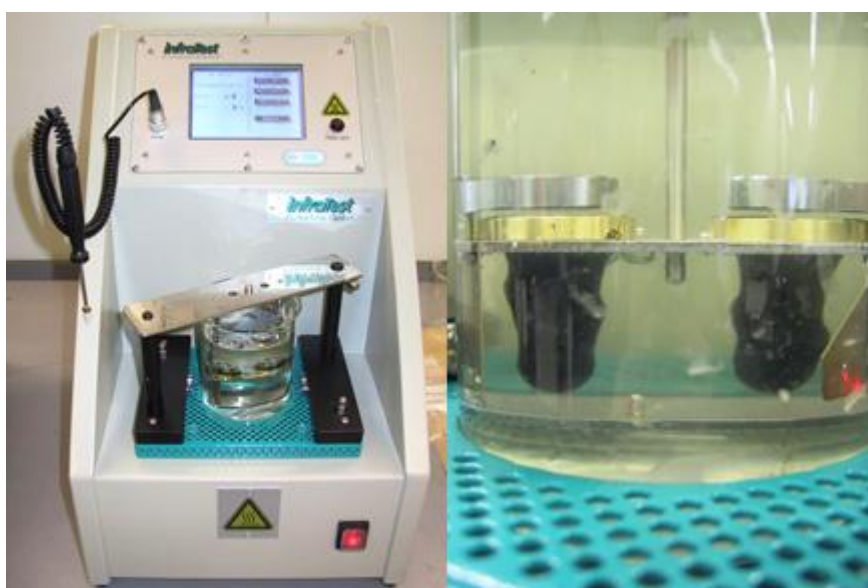
Bij de bepaling van de penetratie van bitumen wordt bij de temperatuur van 25 °C de indringing, in 0,1 mm, van een naald in het bitumen weergegeven. De naald heeft een gewicht van 100 gram en penetreert gedurende 5 seconde in het bitumenmonster. De proefopstelling kan in een bad met water staan om zo de temperatuur van 25 °C te garanderen. Wanneer een bitumen een hoge penetratiewaarde heeft is het zachter dan een bitumen met een lage penetratiewaarde.

Het verwekingspunt Ring & Kogel ($T_{R\&K}$) geeft de temperatuur aan waarbij het bitumen bij een voorgeschreven belasting een bepaalde vervorming geeft. De proefopstelling bestaat uit een ringetje met een bitumenschijfje welke een diameter heeft van ongeveer 20 mm en 6,4 mm dik is. Hierop rust een kogel met een diameter van 9,5 mm en een gewicht van 3,5 gram. Onder het monster bevindt zich op 25,4 mm (= 1 inch) een bodemplaat. Het verwekingspunt is bereikt wanneer het bitumen de lager gelegen bodemplaat raakt.

De opstelling staat in een waterbad waarvan de temperatuur geleidelijk wordt opgevoerd met een snelheid van 5 °C per minuut. Het waterbad heeft een aanvangstemperatuur van 5 °C. Wanneer het kogeltje door het verweken van de bitumen de bodemplaat raakt wordt de temperatuur gemeten. Dit is het verwekingspunt.

Bij het verwekingspunt geldt hoe hoger het verwekingspunt hoe harder het bitumen is oftewel hoe lager het verwekingspunt is hoe zachter het bitumen.

De bitumeneigenschappen worden getest op basis van penetratie conform NEN-EN 1426 en het verwekingspunt conform NEN-EN 1427.



Afbeelding 5 Meting verwekingspunt (Asfalt proeven CE-markering, 2014)

7.3 Resultaten

Eigenschap	Eenheid	70/100 bitumen	Na veroudering	Definitieve mengsel
Penetratie	[0,1 mm]	84	15	46
Verwekingspunt	[°C]	47	66,8	54
PI		-0,7	-0,2	-0,4

Tabel 11 Bitumeneigenschappen mengsel zonder was

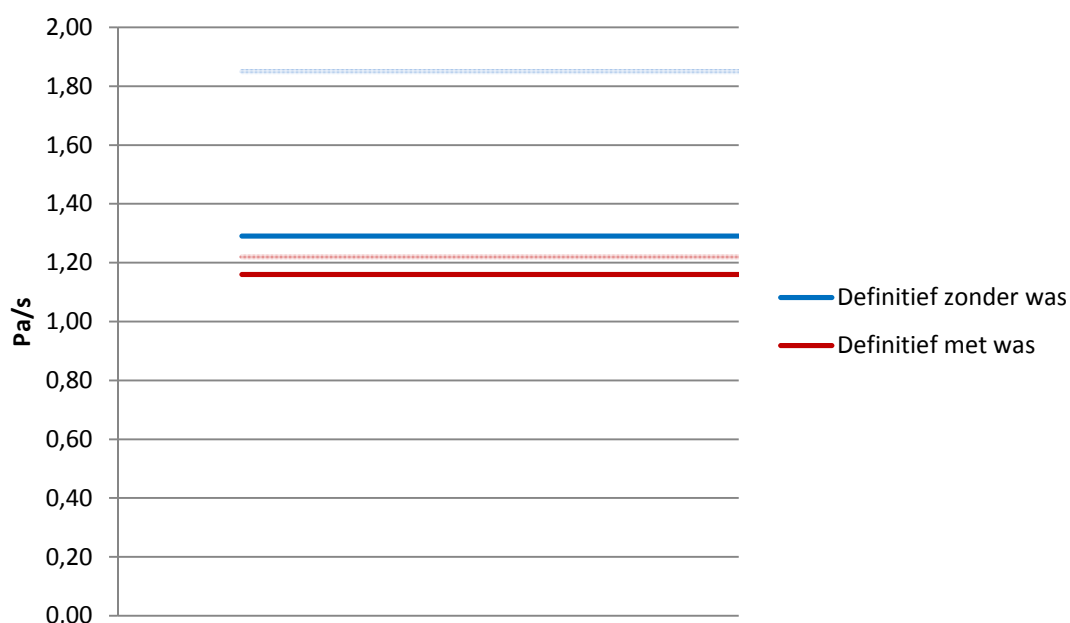
De penetratie van het definitieve mengsel zonder was zou volgens berekening (Bijlage J) 39 moeten zijn.

Eigenschap	Eenheid	70/100 bitumen	Na veroudering	Definitieve mengsel
Penetratie	[0,1 mm]	-	14	27
Verwekingspunt	[°C]	-	64,4	59,7
PI		-	-0,7	-0,4

Tabel 12 Bitumeneigenschappen mengsel met was

Een penetratie index (PI) (Bijlage J) tussen 1,0 en -1,0 is in Nederland voor de wegenbouw benodigd. (CROW, 2010) Waarbij een positieve (+) PI staat voor een mindere temperatuurgevoeligheid van het bitumen. En een negatieve (-) PI staat voor een meer temperatuurgevoeligheid van het bitumen.

Viscositeit 135 °C



Grafiek 2 Viscositeit bitumen van de mengsels

Uit de gemeten viscositeit van het bitumen van zowel het verouderde monster als het definitieve monster blijkt dat de viscositeit van het bitumen met was iets lager is. De viscositeit van het bitumen met was neemt na hergebruik zelfs nog iets af (Bijlage H).

7.4 Analyse

Wanneer er naar de bindmideleigenschappen van het verouderde asfalt wordt gekeken kan er gezegd worden dat de penetratie nagenoeg gelijk is (pen 15 om pen 14). Aangezien het verouderd asfalt betreft klopt het dat de penetratie laag is. De bitumen zijn namelijk, gedurende de veroudering, hard(er) geworden.

Het verwekingspunt van het mengsel met was is bij veroudering wel opvallend. Een hard bitumen (= lage penetratie) zou moeten leiden tot een hoger verwekingspunt. Het verwekingspunt is hier echter lager terwijl het bitumen iets harder is dan het mengsel zonder was. Dit kan het gevolg zijn van de grotere temperatuurgevoeligheid (PI) van het verouderde bitumen met was. Waarschijnlijk is de was al (licht) in werking getreden bij een temperatuur van 64 °C (de was lost zelf op bij 70 °C – 80 °C) waardoor het bitumen dus zachter wordt. De was heeft bij omgevingstemperatuur een verhardende werking op het bitumen, hierdoor is de penetratie (gemeten bij 25 °C) lager.

De penetratie van het definitieve mengsel zonder was is te hoog volgens berekening (Bijlage J). Dit is merkwaardig omdat dit mengsel geen speciale kenmerken heeft. Een hogere penetratie zou betekenen dat het bitumen verouderd is. Maar omdat dit onderzoek relatief kort is, is een grote veroudering onwaarschijnlijk. Waardoor deze hoge penetratie wordt veroorzaakt is dan ook onbekend.

Bij het definitieve mengsel is de penetratie logischerwijs hoger dan bij het verouderde mengsel. Dit komt doordat er bij het hergebruik nieuwe, zachtere, bitumen zijn toegevoegd. De penetratie van het mengsel met was laat duidelijk de verhardende werking van de was zien. Ook het verwekingspunt laat zien dat het bitumen met was harder is dan het bitumen zonder was.

Op basis van viscositeit (*grafiek 2*) komt de verwachting m.b.t. het bitumen zonder was overeen met de gevonden resultaten. De viscositeit van het definitieve bitumen is lager dan het verouderde bitumen. Dit is het gevolg van het hergebruik waarbij nieuwe, zachtere, bitumen zijn toegevoegd. De viscositeit van het bitumen met was neemt lichtelijk af na hergebruik. Dit zou betekenen dat de was bij hergebruik zijn werking behoudt en de viscositeit dus nog iets verlaagt. Maar omdat deze daling van de viscositeit zo klein is (4,9%) kan er gesteld worden dat de viscositeit hetzelfde niveau heeft als het verouderde bitumen met was. Ook heeft het definitieve bitumen met was nagenoeg dezelfde viscositeit als het definitieve bitumen zonder was. Hierdoor kan er worden aangenomen dat de was bij hergebruik op basis van deze viscositeit (nagenoeg) geen werking meer heeft.

7.5 Foutenanalyse

Bij de meting van de penetratie wordt de penetratienaald (met de hand) op het bitumen geplaatst. Hierbij bestaat de mogelijkheid dat de naald misschien net niet of net in het bitumen zit. Deze onnauwkeurigheid kan leiden tot een afwijking van enkele tiende millimeters. Maar omdat de meting van de penetratie, net als die van het verwekingspunt, wordt uitgevoerd in meervoud kan er gesteld worden dat het 'gemiddelde' leidend is. Omdat de gevonden resultaten binnen de voorgeschreven onnauwkeurigheid vallen (NEN-EN 1426 + NEN-EN 1427), kan er worden aangenomen dat de meetfouten geen invloed hebben op de resultaten.

Deze viscositeit is alleen gemeten bij 135 °C omdat de viscositeit al eerder (Hoofdstuk 6) is aangehouden. Aangezien er minimale verschillen zijn tussen drie asfaltmengsels zou een viscositeitsmeting bij 150 °C mogelijk meer duidelijkheid geven, zeker omdat het definitieve mengsel is gemengd bij 160 °C. *Door tijdgebrek is deze meting bij 150 °C niet (meer) uitgevoerd.*

Voor deze proefstukken geldt verder dezelfde foutenanalyse als paragraaf 6.5.

8 Technische Eigenschappen asfaltmengsel

Het gehele mengsel wordt ook getoetst op een aantal technische eigenschappen. De technische eigenschappen van het mengsel zijn bepaald door het uitvoeren van de zogeheten vierpuntsbuigproef. Hierbij is het mengsel op stijfheid en vermoeiing getoetst.

8.1 Hypothese

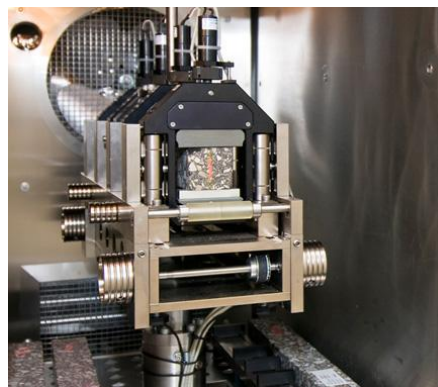
Een eigenschap van de was is dat deze voor een verstijvende werking zorgt. Dit zou dan moeten blijken uit het stijfheidsdiagram. Over de vermoeiing van hergebruikt laagtemperatuurasfalt is verder niks bekend. Hierbij is wel verwachting dat het asfalt met was nagenoeg dezelfde vermoeiing heeft.

8.2 Uitvoering

Om de stijfheid en de vermoeiing van het mengsel te kunnen bepalen wordt de vierpuntsbuigproef uitgevoerd. De stijfheid wordt bepaald conform NEN-EN 12697-26 en de vermoeiing wordt bepaald conform NEN-EN 12697-24. De bepaling van de stijfheid vindt plaats door het meten van een kleine verplaatsing van het proefstuk bij een frequentie van 30 Hz.

Het proefstuk wordt op vier punten ingeklemd. Hierna bewegen de middelste steunpunten verticaal op en neer. Een vijzel brengt het middenstuk in beweging volgens de voorgeschreven tien verschillende frequentie (0,1-30Hz). De benodigde kracht wordt gemeten met een zogeheten krachtmeetdoos wat zich onder de proefopstelling bevindt. De verplaatsing van het midden van de balk wordt, door middel van een opnamer bovenop het proefstuk, gemeten. Deze verplaatsing van de balk wordt gedurende de proef constant gehouden. Wanneer de opgelegde verplaatsing, benodigde kracht, de afmetingen van de balk en de afmetingen van de opstelling bekend zijn kan de stijfheid van het asfalt worden berekend.

De vermoeiingsweerstand wordt normaliter gemeten bij drie zogeheten verplaatsingsniveaus, een frequentie van 30 Hz en een temperatuur van 20 °C. Door de verplaatsing van het midden van het proefstuk ontstaat er een toelaatbare rek in de uiterste vezels van het asfalt. Het spreekt voor zich dat grotere verplaatsingen grotere rekken veroorzaakt waardoor de levensduur van het asfalt wordt verkort. Deze levensduur wordt gedefinieerd als het aantal lastherhalingen waarbij de stijfheid is gereduceerd tot 50% (Bijlage G).



Afbeelding 6 Proefopstelling vierpuntsbuigproef (Asfalt proeven CE-markering, 2014)

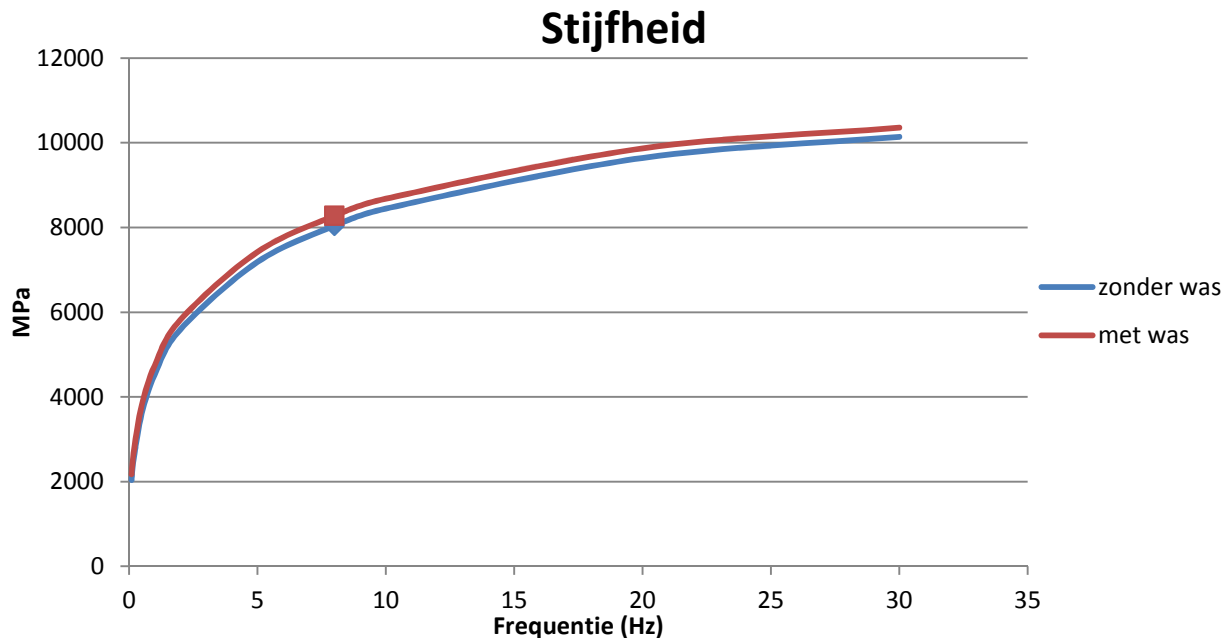
De drie verplaatsingsniveaus moeten in principe elk zesmaal worden herhaald wat neerkomt op 18 vermoeiingsproeven per asfaltmengsel. Voor de bepaling van de vermoeiing en de betrouwbaarheid hiervan is één verplaatsingsniveau, de 'middelste' serie, niet relevant. Om die reden wordt deze dan ook niet uitgevoerd. Dit is vooruitlopend op de verwachte wijzigingen in de regelgeving. Hierbij worden de vermoeiingsproeven per asfaltmengsel gereduceerd tot 12 (zie Bijlage E).

Aan de hand van de stijfheid en vermoeiing kunnen dimensioneringsberekeningen voor een asfaltconstructie worden uitgevoerd.

8.3 Resultaten

De resultaten van de vierpuntsbuigproef zijn onderverdeeld in stijfheid en vermoeiing.

8.3.1 Resultaten Stijfheid



Grafiek 3 Stijfheidsdiagram

Zonder Was	Stijfheid (8 Hz)	Norm (RAW)	Voldoet
Stijfheid	8.041 MPa	5.500-14.000 MPa	Voldoet

Tabel 13 Stijfheid mengsel zonder was

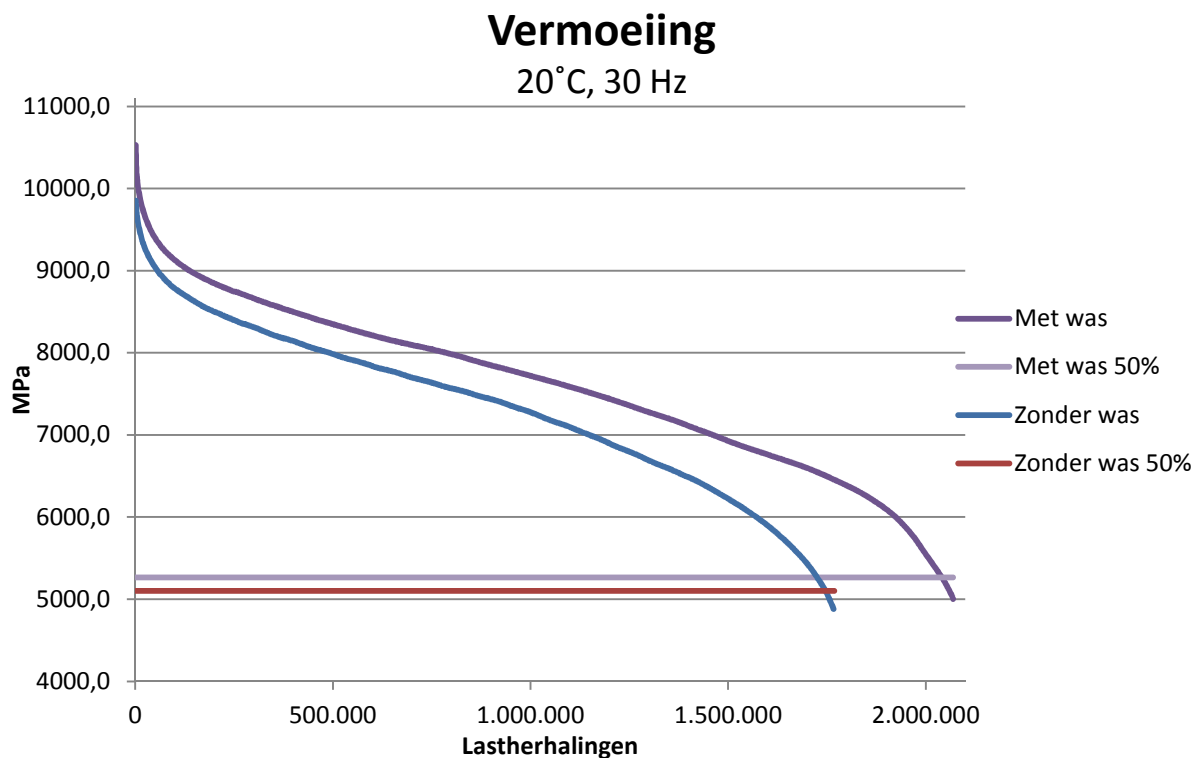
Met Was	Stijfheid (8 Hz)	Norm (RAW)	Voldoet
Stijfheid	8.277 MPa	5.500-14.000 MPa	Voldoet

Tabel 14 Stijfheid mengsel met was

De stijfheid wordt getoetst op basis van een frequentie van 8 Hertz en 20 °C conform NEN-EN 12697-26. Dit omdat deze frequentie ongeveer gelijk staat aan de frequentie die een vrachtwagen veroorzaakt op de weg.

Verdere uitwerking resultaten zie bijlage F.

8.3.2 Resultaten vermoeiing



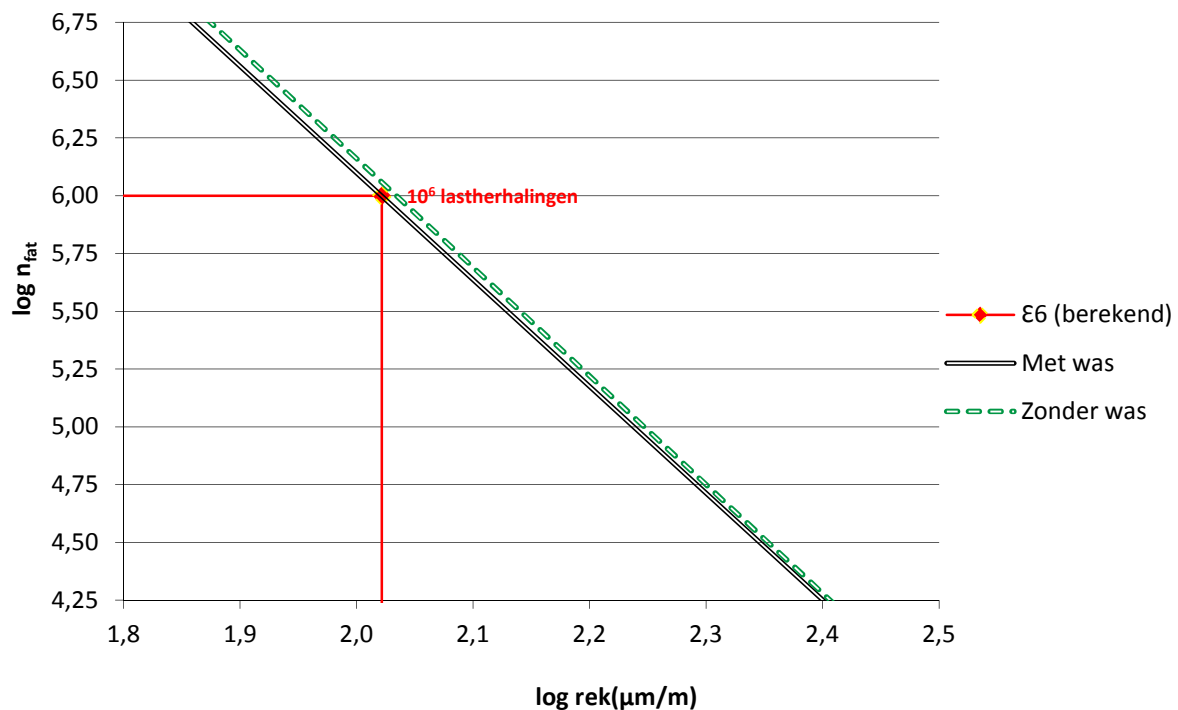
Grafiek 4 Vermoeiingsdiagram Lastherhalingen

Grafiek 4 geeft de vermoeiing op basis van spanning (stijfheid MPa) weer. Hierbij bezwijkt het balkje op 50% van de bepaalde spanning. Deze bezwijking staat voor het einde van de levensduur van het asfalt.

	Spanning 100% [MPa]	Spanning 50% [MPa]	Lastherhalingen
Zonder Was	10.205 (1000 lastherhalingen)	5.102,3	1.768.566
Met Was	10.530 (1000 lastherhalingen)	5.265,0	2.040.664

Tabel 15 Vermoeiing (Grafiek 4)

Vermoeiing



Grafiek 5 Vermoeiingsdiagram rek

De toelaatbare rek wordt getoetst op basis van één miljoen lastherhalingen NEN-EN 12797-24.

Zonder Was	Maximaal toelaatbare rek	Norm (RAW 2010)	Voldoet
Rek	108,2 $\mu\text{m/m}$	> 90 $\mu\text{m/m}$	Voldoet

Tabel 16 Rek mengsel zonder was (Grafiek 5)

Met Was	Maximaal toelaatbare rek	Norm (RAW 2010)	Voldoet
Rek	105,1 $\mu\text{m/m}$	> 90 $\mu\text{m/m}$	Voldoet

Tabel 17 Rek mengsel met was (Grafiek 5)

De rek wordt bepaald bij een lastherhaling van één miljoen (10^6). De rek is op logaritmische schaal af te lezen waarbij 108,2 $\mu\text{m/m}$ gelijk staat aan $10^{2,02}$ en 105,1 gelijk staat aan $10^{2,0216}$.

Verdere uitwerking resultaten zie bijlage G.

8.4 Analyse

Aan de hand van de gevonden resultaten kunnen er een aantal zaken gezegd worden.

8.4.1 Stijfheid

Uit de grafiek blijkt dat het mengsel met was een grotere stijfheid heeft dan het mengsel zonder was. Dit is te verklaren doordat een was een verstijvende werking heeft. Maar omdat het verschil in stijfheid minimaal is kan er worden gesteld dat het toevoegen van de was (nagenoeg) geen invloed heeft op de stijfheid. Verder blijkt dat de stijfheid voor beide mengsel voldoet.

8.4.2 Vermoeiing

Het mengsel zonder was heeft zijn 'einde levensduur' bereikt bij een lastherhaling van ruim 1,75 miljoen. Bij het mengsel met was ligt dit ongeveer 20% hoger op een lastherhaling heeft van ruim 2 miljoen. Hier komt dus duidelijk de verstijvende werking van de was tot uiting die in de stijfheidsgrafiek (*grafiek 4*) was gevonden.

Uit het vermoeiingsdiagram valt af te leiden dat het mengsel zonder was een iets grotere vermoeiing heeft. De miljoen lastherhalingen geven dus een iets grotere rek. Op basis van deze miljoen lastherhalingen kan er dus gesteld worden dat het hergebruik van laagtemperatuurasfalt met een was nagenoeg geen effect heeft op de vermoeiing. Aan de hand van *grafiek 4* en de helling van *grafiek 5* kan gesteld worden dat het mengsel met was een lagere rek heeft bij meer lastherhalingen (zwaar belaste weg), terwijl het een grotere rek zal hebben bij minder lastherhalingen.

De verschillen in stijfheid en vermoeiing hebben invloed op het ontwerp van een asfaltconstructie. Uit een proefberekening (Bijlage K) blijkt dat op basis van laagdikte tussen beide mengsels nauwelijks verschil is. Dit komt deels doordat het mengsel een tussenlaag betreft. Maar omdat de het mengsel eventueel ook als onderlaag kan dienen is het daarom als onderlaag berekend. De kleine verschillen in laagdikte worden veroorzaakt door het verschil in de maximaal toelaatbare rek. (tabel 15 + 16)

Laag	1.000 mvt/dag/richting		10.000 mvt/dag/richting	
	Materiaal	Dikte [mm]	Materiaal	Dikte [mm]
Onderlaag	AC 16 (552-12)	160	AC 16 (552-12)	246
Ongebonden fundering	Mengranulaat	250	Mengranulaat	250
Onderfundering	Zand	500	Zand	500
Ondergrond	Klei	-	Klei	-

Tabel 18 Laagopbouw mengsel zonder was

Laag	1.000 mvt/dag/richting		10.000 mvt/dag/richting	
	Materiaal	Dikte [mm]	Materiaal	Dikte [mm]
Onderlaag	AC 16 (552-12)	162	AC 16 (552-12)	251
Ongebonden fundering	Mengranulaat	250	Mengranulaat	250
Onderfundering	Zand	500	Zand	500
Ondergrond	Klei	-	Klei	-

Tabel 19 Laagopbouw mengsel met was

8.5 Foutenanalyse

De vermoeiingsgrafiek is tot stand gekomen bij een frequentie van 30 Hertz, wat de Nederlandse standaard is. Dit terwijl de stijfheid wordt getoetst op basis van 8 Hertz omdat dit staat voor de frequentie in het asfalt die een vrachtwagen op de weg veroorzaakt.

Verder is het mengsel conform de inweegstaat (Bijlage B+D) ingewogen en is goed verdicht. Omdat er geen opvallende resultaten zijn bij zowel het stijfheidsdiagram als het vermoeiingsdiagram kan er van uit worden gegaan dat de proef goed is verlopen.

9 Conclusie/Aanbevelingen

Uit het onderzoek zijn een aantal conclusies en aanbevelingen gekomen.

9.1 Conclusie

Laagtemperatuurasfalt is asfalt wat bij lagere temperaturen wordt geproduceerd dan conventioneel asfalt wat bij 170 °C - 180 °C wordt geproduceerd. Deze temperaturen liggen onder de 140 °C en er kunnen zelfs productietemperaturen van 100 °C gehaald worden. De productie van laagtemperatuurasfalt bestaat uit vier verschillende methodes. Zo kan er gebruik worden gemaakt van schuimbitumen, een was, een chemische additief en bitumenemulsie. Hierbij wordt een was en een chemische additief toegevoegd aan het asfaltmengsel terwijl schuimbitumen en bitumenemulsie varianten zijn van bindmiddelen.

Een was is vaste stof in de vorm van korrels welke smelt tussen de 70 °C en 80 °C waarmee het de viscositeit van het bindmiddel verlaagt. Hierdoor kan de productietemperatuur van het asfalt worden verlaagd met ongeveer 30 °C. Ook heeft de was een betere weerstand tegen permanente vervorming en biedt het een grotere stijfheid. Een was wordt in enkele procenten aan het asfaltmengsel toegevoegd wat leidt tot een prijsstename van ongeveer 5% van het asfalt.

Het is opvallend dat het mengsel met was niet optimaal mengt bij hergebruik. Omdat de menging bij het mengsel zonder was wel goed is, kan er gesteld worden dat hergebruik van een was leidt tot een geringe menging. Het is echter niet bekend waarom de menging niet goed is. Dit zal verder onderzocht moeten worden.

Wanneer er naar de heractivering van de was wordt gekeken kan er gesteld worden dat deze op basis van viscositeit een minimale werking heeft wanneer er laagtemperatuurasfalt wordt hergebruikt. De viscositeit van het hergebruikte laagtemperatuurasfalt is nagenoeg hetzelfde als het hergebruikte asfalt zonder was. Dit is deels te verklaren omdat het aandeel was in het asfalt gehalveerd is bij het hergebruik. Op basis van penetratie en verwekingspunt heeft de was nog wel invloed bij hergebruik.

Op basis van stijfheid scoort het asfalt met was net iets beter dan het asfalt zonder. De stijfheden zijn 8.277 MPa en 8.041 MPa. Beide stijfheden voldoen conform RAW 2010. Ook de maximale toelaatbare rek (vermoeiing) voldoet ook aan de eisen en is van het asfalt met was nagenoeg gelijk aan het asfalt zonder was.

Op basis van de stijfheid en vermoeiing kan er dus gesteld worden dat het hergebruik van laagtemperatuurasfalt met een was geen nadelig effect heeft op de stijfheid en vermoeiing in vergelijking met conventioneel asfalt en in principe dus mogelijk zou moeten zijn.

Kortom, op basis van het gedrag van het asfalt (gehele mengsel) kan er gesteld worden dat hergebruik van laagtemperatuurasfalt mogelijk is. Echter is op basis van het bindmiddel nog verder onderzoek benodigd om te kunnen concluderen of hergebruik mogelijk is.

9.2 Aanbevelingen

Aan de hand van dit onderzoek is een aantal effecten van de was aangetoond. Echter om (nog) meer te weten te komen over deze effecten kan het gedrag van de was worden geanalyseerd. Dit kan bijvoorbeeld met een GPC en Infrarood. Hierdoor kan misschien worden achterhaald waarom de menging niet optimaal is. Verder kan het mengsel nog worden getoetst op vervorming en watergevoeligheid.

Omdat dit onderzoek op laboratoriumniveau is, is de veroudering gesimuleerd. Omdat de aangehouden veroudering (10 jaar) gebaseerd is op ZOAB zal deze veroudering niet geheel overeenkomen met verouderde onder-/tussenlagen, omdat deze een langere levensduur hebben dan ZOAB. Onderzoek met PR uit de weg geniet dan ook de voorkeur. Dit levert ook tijdsbesparing op zodat er niet eerst handmatig asfalt-granulaat gemaakt moet worden om de veroudering te kunnen simuleren.

Wanneer er verder onderzoek uitgevoerd wordt, zal dit op grotere schaal moeten gebeuren dan dit onderzoek. Met name de viscositeitsmetingen zullen veelvuldig herhaald moeten worden om een goed beeld te krijgen van het gedrag van het bindmiddel. Dit zal veel tijd in beslag nemen. In dit onderzoek zijn de meeste metingen slechts in enkelvoud uitgevoerd.

Ook is het belangrijk dat van al het gebruikte asfalt het bindmiddel wordt beproefd. Zo zijn van alle verschillende bindmiddelen onder andere de penetratie en viscositeit beschikbaar. Dit geeft meer duidelijkheid over het gedrag van het bindmiddel gedurende het hergebruik. In dit onderzoek is dat niet uitgevoerd waardoor enkele conclusies niet getrokken kunnen worden.

Literatuur

- Aggregaat (Mineralogie)*. (2014, Februari 22). Opgehaald van Wikipedia: [http://nl.wikipedia.org/wiki/Aggregaat_\(mineralogie\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Aggregaat_(mineralogie))
- Arnold, S. M. (2010). Met was gemodificeerd asfalt een bewezen innovatie. *Asfalt*, 10-11.
- Asfalt*. (2014, Februari 6). Opgehaald van Wikipedia: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Asfalt>
- Asfalt proeven CE-markering*. (2014, Maart 12). Opgehaald van Ooms: http://www.ooms.nl/nl/1/300/asfalt_en_ce.aspx
- Bitumen*. (2014, Februari 20). Opgehaald van Wikipedia: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Bitumen>
- CROW. (2010). *Asfalt in weg- en waterbouw*. CROW Publicatie 285.
- CROW. (2010). *Standaard RAW bepalingen 2010*. CROW.
- CROW. (2012). *Laagtemperatuurasfalt (lta) voor een duurzame verharding*. CROW publicatie 319.
- Dichlooraanmethaan*. (2014, April 3). Opgehaald van Wikipedia: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Dichloormethaan>
- Dries Leyssens, B. V. (2013). *Beste Beschikbare Technieken voor asfaltcentrales*. Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (VITO).
- Erik Molenberg; Rasenberg Wegenbouw B.V. (2011). Volledig duurzaam hergebruik asfalt. *Asfalt*, 7.
- Google Maps*. (2014, Mei 19).
- H. ter Huerne, E. H. (2014). *Ingangscntrole Bitumen*. Vianen: Infralinq (intern).
- Het productieproces van asfalt*. (2014, Februari 5). Opgehaald van TME: <http://www.tme.nl/asfaltproductieproces/>
- Het verhardingsontwerp en de CE-markering (2). (nr 3. 2009). *Asfalt*, 8-11.
- LEAB. (2014, Maart 6). Opgehaald van BAM: <http://bamwegen.nl/duurzaamheid/leab>
- Lubbers, H. E. (1985). *Bitumen in de weg- en waterbouw*. Gouda: ReproForm bv, Groningen.
- Met was modificeerd asfalt een bewezen innovatie. (2010). *Afalt*, 10-11.
- Peter Leeman; CivilTec Consult. (2013). *Handleiding bij het asfaltonderzoek*. Zwolle: CivilTec Consult.
- Proef met 'koud asfalt' in Rotterdam*. (2010, Oktober 26). Opgehaald van Dura Vermeer BV: <https://www.duravermeer.nl/nieuws/artikel/503/proef-met-koud-asfalt-in-rotterdam/>
- Rasenberg Wegenbouw ontwikkelt 100% gerecycled asfalt*. (2014, Februari 27). Opgehaald van Rasenberg Wegenbouw B.V.: <http://www.rasenberg.nl/action/newsitem/298>
- S. Jorritsma Infralinq. (2012). *Pilot asfalt met zeoliet PQ Eijsden*.
- Standaard Asfaltmengsels*. (2014, Mei 12). Opgehaald van Van Kessel: http://www.kessel.nl.production.cluster03.flinkinternet.nl/dynamics/modules/SFIL0200/view.php?fil_Id=5756
- Thesis, M. (2010). *DEVELOPMENT OF A LABORATORY AGEING METHOD FOR BITUMEN IN POROUS ASPHALT*. Delft: Delft University of Technology.
- VBW Asfalt. (1991). *Richtlijn vooronderzoek van asfalt*. VBW uitgave.
- VBW-Asfalt / BECO. (2012). *Rapport Voorstudie Asfaltsector*. Rotterdam: BECO Groep.
- Wall, A. v. (2013). *Opties kouder asfalt bij KWS Infra*. Vianen.

Bijlage

Bij dit rapport zijn de volgende bijlage toegevoegd:

- | | |
|---|---|
| A | Typetest 552-12 |
| B | Inweegstaat 552-12 |
| C | Mengen (temp, tijd etc.) |
| D | Berekening Definitief mengsel |
| E | Proevenplan |
| F | Stijfheid |
| G | Vermoeiing |
| H | Viscositeit(en) |
| I | Beschrijving rotatieverdamer |
| J | Bindmiddeleigenschappen |
| K | Ontwerpinstrumentarium Asfaltverhardingen |
| L | Mijn ontwikkeling van competenties |
| M | Plan van Aanpak |