

# **Prestaties van vezelversterktasfalt gemeten in het laboratorium in relatie tot vastgesteld prestaties in de praktijk**

Greet Leegwater

*TNO, TU Delft*

Steven Mookhoek

*TNO*

Alex van de Wall

*KWS*

## **Samenvatting**

Empirisch onderzoek heeft aangetoond dat een hoger bitumenpercentage in ZOAB zorgt voor een langere levensduur. Aan ZOAB mengsels met een hoger bitumengehalte (ZOAB+) worden vezels toegevoegd om het afdruipe van bitumen tijdens transport en aanleg te beperken. Standaard worden cellulosevezels gebruikt, maar ook het gebruik van andere typen vezels is mogelijk; zoals de synthetische Panacea vezel. Op basis van analogieën uit de materiaalkunde wordt verwacht dat de toegevoegde vezel, naast het afdruipeffect tijdens aanleg, ook tijdens de gebruiksfase een versterkend effect zal hebben op de mastiek (mengsel van bitumen, vulstof en zand). Het type vezel zal de omvang van dit versterkende effect beïnvloeden. In 2010 heeft KWS Infra een aantal proefvakken aangelegd om de versterkende / wapenende effect van Panacea in ZOAB gestructureerd te evalueren. Deze vakken worden in samenwerking met Rijkswaterstaat gemonitord. In 2012 is door TNO een laboratoriumonderzoek uitgevoerd naar de effecten van cellulose- en Panacea vezel op het mechanische gedrag van mastiek. De hieruit verkregen resultaten tonen aan dat met name de vermoeiingsweerstand (bij overrijdend verkeer) van korte termijn verouderde mastiek door de aanwezigheid van vezels positief wordt beïnvloed. Aangezien rafeling aan ZOAB door verschillende experts in verband wordt gebracht met vermoeiing van de mastiek hechtbruggen, wordt aangenomen dat de betere vermoeiingsweerstand van de mastiek de goede praktijkprestatie van de Panacea vezel, zoals waargenomen in een proefvak op de A15, kan verklaren. In 2013 is vervolgonderzoek gestart om deze aanname te valideren voor de praktijk. In dit onderzoek is het vermoeiingsgedrag van sterk verouderd materiaal teruggewonnen uit de A15 geanalyseerd. Echter, de trends in bezwijkgedrag geobserveerd in het korte termijn verouderde materiaal, komen niet overeen met de vermoeiingsprestaties gemeten op de teruggewonnen verouderde mastiek. Deze resultaten demonstreren opnieuw dat schademechanismen in vers materiaal niet overeenkomen met schademechanismen in verouderd materiaal en meer specifiek dat standaard vermoeiingsbeproevingen niet in staat lijken de levensduurprestaties van ZOAB te bepalen. Er is hierom nog altijd voorzichtigheid geboden bij het extrapoleren van prestaties vastgesteld in laboratoriumproeven naar praktijkprestaties.

## 1. Inleiding

De levensduur van een wegdek heeft een grote invloed op de directe en indirecte kosten van onderhoud. Daarom is er veel interesse in materiaalverbeteringen die de levensduur van een wegdek kunnen verlengen. Open deklagen bezwijken in de praktijk in de meeste gevallen door rafeling; het verlies van stenen uit de toplaag. Het precieze schademechanisme dat optreedt, is echter niet duidelijk, waardoor gerichte materiaalverbetering niet mogelijk is.

Een methode die met regelmaat wordt ingezet, om de invloed van materiaalveranderingen op de prestaties van een wegdek te onderzoeken, is het aanleggen van proefvakken. Er wordt een paar honderd meter wegvak aangelegd van een innovatief materiaal. Het nieuwe materiaal wordt zo getoetst op de werkelijk optredende belastingen afkomstig van klimaatomstandigheden en verkeer, een extreem realistische praktijktest. De prestaties van dergelijke proefvakken wordt goed in de gaten gehouden en vergeleken met de gemiddelde prestatie.

Op de A2 zijn in 2010 een aantal proef- en referentievakken aangelegd die specifiek gericht zijn op het effect van verschillende percentages Panaceavezel op de levensduur van de toplaag van tweelaags zoab te evalueren. Er is gekozen voor een tweelaags zoab omdat dit nog gevoeliger voor rafeling is dan de reguliere ZOAB(+). Aan deze proefvakken zijn een aantal laboratoriumonderzoeken gekoppeld, alsmede een, in samenwerking met RWS opgezet, monitoringsplan dat nog een aantal jaar door zal lopen. Een van de conclusies is dat de vezel het bitumen elastischer maakt (Vliet 2011). Al in 2005 zijn op de A15 een tweetal tweelaags ZOAB (TLZOAB) proefvakken aangelegd met de Panaceavezel in de deklaag. Eén proefvak bevatte een relatief lange vezel (6,4mm) in combinatie met een polymeermodificatie (Cariphalte XS) en één vak een kortere vezel (3,2mm) met een pen-grade 70/100 bitumen. Daarnaast is een proefvak aangelegd met enkel de polymeermodificatie Cariphalte XS. De wegvakken zijn inmiddels 9 jaar oud en inspectiedata laten zien dat het asfaltmengsel met de korte vezels ver bovengemiddeld presteert en dat het mengsel met de lange vezel iets onder gemiddeld presteert. Hierdoor ontstaat de indruk dat toevoeging van de juiste vezels in de juiste verhouding de levensduur van een open deklaag significant kan verlengen.

Dit kan onderzocht worden door nieuwe proefvakken aan te leggen met verschillende vezeltypen in verschillende doseringen, zoals ook gebeurt op de A2. Naast de voordelen van praktijkonderzoek is het nadeel van proefvakken echter dat er relatief lang moet worden gewacht op resultaten en er allerlei externe invloeden een rol spelen. Het is daarom wenselijk om te beschikken over laboratoriumproeven die op voorhand een uitspraak kunnen doen over de levensduur van open deklagen en de bijdrage van additieven, in dit geval de Panaceavezel.

Er zijn een aantal gelijksoortige simulerende laboratoriummethoden die claimen een uitspraak te kunnen doen over de levensduurverwachting van open deklagen, waarvan de Rotation Surface Abrasion Test (RSAT) en de Aachener Rafeling Tester (ARTe) in Nederland het meest bekend zijn. Beide testmethoden zijn gebaseerd op het meten van steenverlies bij zware wringende belasting met een wiel. Op dit moment zijn vooral met de RSAT reeds een groot aantal Nederlandse asfaltmonsters beproefd. De correlatie van het gemeten steenverlies met

de prestatie in de praktijk is echter beperkt (Groenendijk 2012). Daarnaast verschaft deze methode ook weinig inzicht hoe bepaalde wijzigingen in materiaaleigenschap de asfaltprestaties beïnvloeden.

Om meer fundamenteel inzicht te verkrijgen in het effect van materiaalveranderingen op de prestatie van asfalt is TNO in samenwerking met Lambda Furtherance en KWS Infra een onderzoek gestart naar de invloed van vezels op de prestaties asfalt en mastiek in het lab en vervolgens van open deklagen in de praktijk. In dit artikel kunnen we jammer genoeg nog niet de antwoorden geven, maar slechts beschrijven welke uitdagingen we tegen zijn gekomen.

In dit paper wordt eerst toegelicht waarom vezels aan open asfalt worden toegevoegd. Daarna wordt beschreven hoe deze vezels het gedrag van korte termijn verouderde mastiek beïnvloeden. In paragraaf 4 worden verschillende observaties beschreven van het gedrag van asfaltmengsels met vezels in de praktijk. In de volgende paragraaf beschrijven de auteurs een mogelijke verklaring voor het verschil in laboratorium en praktijkgedrag. Om vervolgens af te sluiten met conclusies en aanbevelingen.

## **2. Toepassing van vezels in asfalt**

Statistische analyse van praktijkprestaties heeft aangetoond dat een hoger bitumengehalte in open deklagen leidt tot een langere levensduur (Miradi 2009). Daarom wordt doorgaans gekozen voor een relatief hoog bitumengehalte in open mengsels. Om dit hoge bitumengehalte over de gehele hoogte van het asfalt te borgen zijn maatregelen nodig om afdruipt van bitumen zoveel mogelijk te beperken. Het toevoegen van vezels is een effectieve maatregel om afdruipt te beperken. Uit de materiaalkunde van verschillende typen composietmaterialen is bekend dat het toevoegen van vezels invloed heeft op verschillende materiaaleigenschappen, zoals sterkte, breuktaaiheid, vermoeiing, stijfheid, etc (Kaw 2005). Om deze reden wordt verwacht dat vezel in asfalt, afhankelijk van de aard, grootte en hoeveelheid, niet alleen de afdruipt van bitumen remt, maar ook andere eigenschappen beïnvloedt.

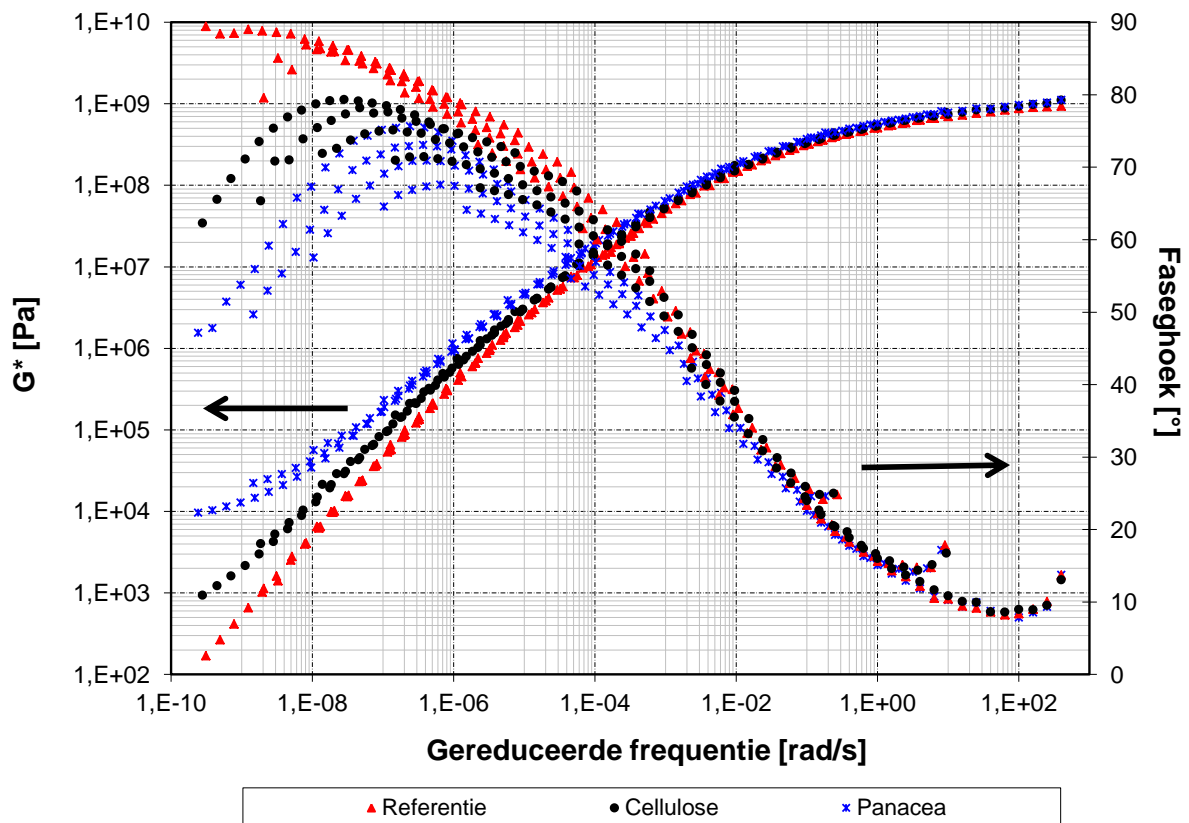
## **3. Prestaties van korte termijn verouderde mastiek met en zonder vezels**

Er is aangenomen dat het mechanische gedrag van de asfaltmortel de prestatie van asfalt in de praktijk beïnvloedt. Om deze reden is onderzoek gedaan naar de mechanische eigenschappen van drie verschillende asfaltmortelsamenstellingen (Mookhoek, Van Vliet 2012). Twee mortels zijn gemaakt met verschillende typen vezels, namelijk de synthetische Panaceavezel en de plantaardige cellulose vezel, daarnaast is een referentiemortel gebruikt zonder vezels. Deze mortels zijn vervaardigd met een kunstmatig verouderde (RTFOT) 70/100 bitumen.

De mortels zijn met behulp van verschillende testmethodes onderzocht om hun mechanische prestaties vast te leggen. Er is gebruik gemaakt van een directe trekproef, een BBR (Bending Beam Rheometer) en een DSR (Dynamic Shear Rheometer). De DSR is gebruikt voor twee bepalingen, namelijk de mastercurves, die de response van het materiaal bij verschillende

belastingsnelheden weergeven en de weerstand tegen vermoeiingsbelasting. De resultaten zullen hierna kort worden besproken.

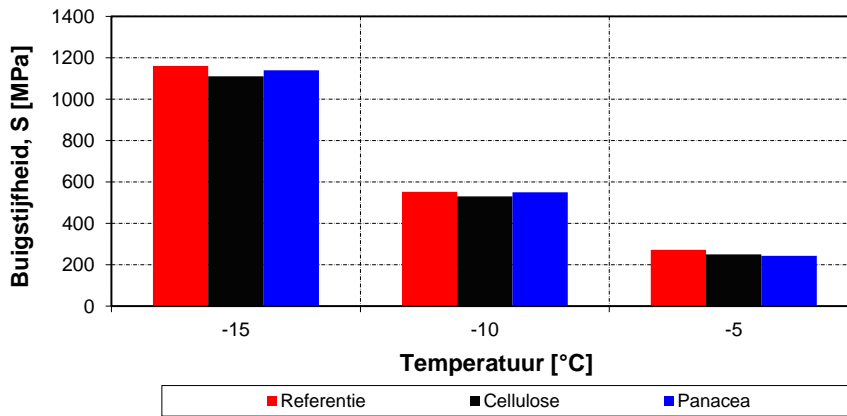
Als eerste worden de mastercurves gepresenteerd aangezien deze een indruk geven van de respons van het materiaal over het gehele belastingspectrum, terwijl de andere testresultaten inzoomen op een specifieke temperatuur en belastingsnelheid. De mastercurve in figuur 1 laat zien dat bij trage belastingsnelheden (of hoge temperaturen) de mortel met vezels een hogere stijfheid heeft in vergelijking tot de referentiemortel. Daarnaast is ook te zien dat bij deze trage belastingsnelheden de vezel de fasehoek verlaagt. Een hogere stijfheid en lagere fasehoek bij trage belastingen betekent dat de vezels ervoor zorgen dat er hogere spanningen op kunnen treden in het materiaal onder invloed van temperatuur fluctuaties. Bij snelle belastingen is het gedrag vrijwel gelijk.



**Figuur 1: Mastercurve voor de 3 materialen welke inzicht geeft in de complexe modulus en de fasehoek bij een referentie temperatuur van -10°C**

De BBR test heeft als doel om de gevoeligheid voor scheurvorming bij lage temperaturen te bepalen. De resultaten van de BBR test laten geen verschillen zien tussen de drie materialen, zie Figuur 2. De reden dat er geen verschillen optreden komt overeen met het gedrag in de mastercurve, in de curve is te zien dat bij deze temperaturen en belastingsnelheid de stijfheid nog gelijk is voor de drie mortels.

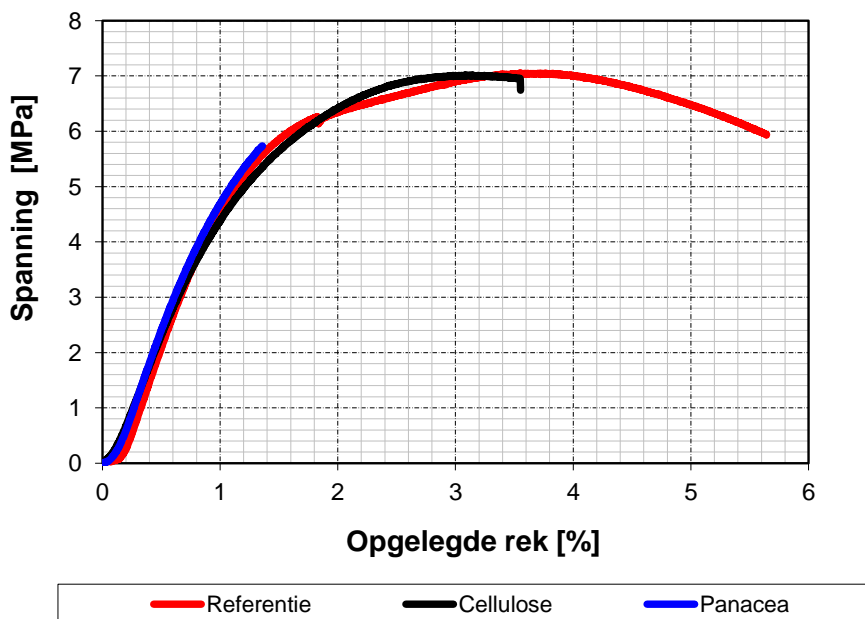
0,98 N, belastingstijd: 60 s



Figuur 2: Samengevate BBR resultaten (buigstijfheid als een functie van temperatuur) bij een belasting van 0,98 N gedurende 60 s.

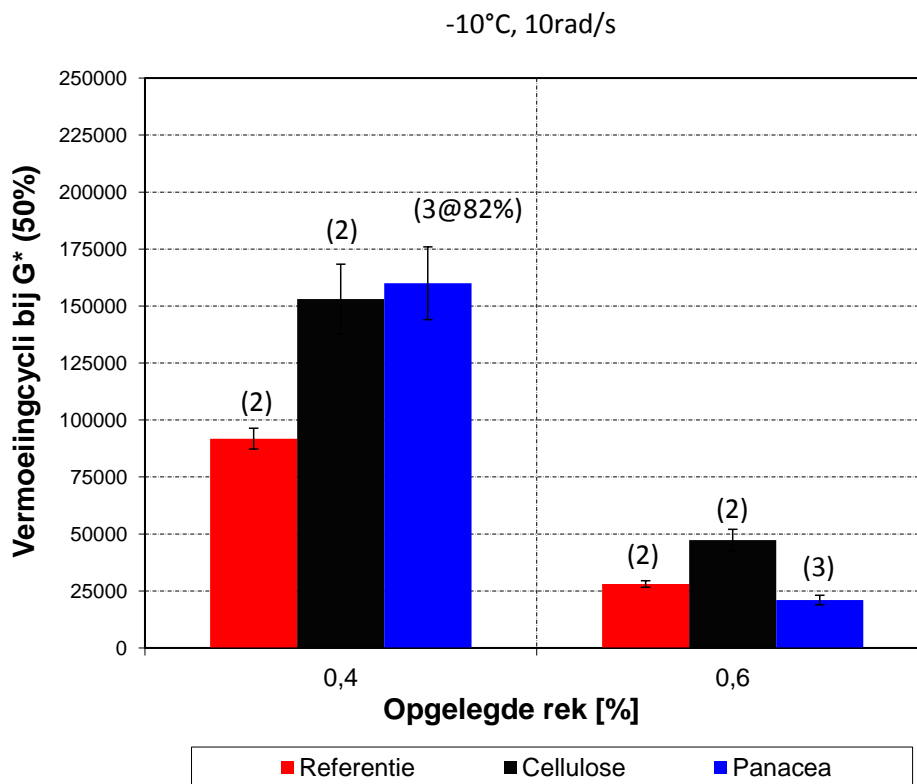
Er zijn directe treksterkte tests (DTT) uitgevoerd op mastiek trekstaven waarbij de spanning is gemeten, terwijl de trekstaven met een bepaalde snelheid uit elkaar zijn getrokken. Er zijn verschillende belastingsnelheden gebruikt bij verschillende temperaturen. De proef is uitgevoerd bij  $-10^{\circ}\text{C}$  en  $10^{\circ}\text{C}$ . Testresultaten laten zien dat bij  $-10^{\circ}\text{C}$  de mortels met vezels brosser reageren in vergelijking met de referentiemortel, Figuur 3 geeft een voorbeeld van een resultaat weer. Echter bij  $10^{\circ}\text{C}$  laat de mortel met vezels juist een hogere treksterkte en meer vervormingscapaciteit zien in vergelijking met de referentie. Het effect van vezels op de treksterkte is dus erg afhankelijk van de belastingcondities.

$-10^{\circ}\text{C}$ , 0,5 mm/min



Figuur 3: Spanningsrekdiagram voor de drie mastieken bij  $-10^{\circ}\text{C}$  en 0,5 mm/min.

Tot slot is het aantal lastherhalingen tot bezwijken onderzocht bij  $-10^{\circ}\text{C}$  en  $10^{\circ}\text{C}$ . De vermoeiing is uitgevoerd bij  $10\text{ rad/s}$ , de belastingsnelheid die correspondeert met het deformatieregime van een passerend wiel. Er bestaat het vermoeden dat vermoeiing van hechtbruggen in open deklagen door middel van passerend verkeer een belangrijk aspect is van het schademechanisme rafeling. De proeven laten zien dat zowel bij  $-10^{\circ}\text{C}$  als bij  $10^{\circ}\text{C}$  de vermoeiingssterkte toeneemt indien vezels aan de mastiek worden toegevoegd. Zoals te zien is in Figuur 4 is het effect afhankelijk van het opgelegde rekniveau.



**Figuur 4:** Vermoeiingsresultaten bepaald met DSR bij  $-10^{\circ}\text{C}$  bij twee rekniveaus, het aantal lasten tot bezwijken was bij het rekniveau van  $0,4\%$  dermate hoog voor de Panacea mastiek dat is besloten om deze test niet af te breken bij  $50\%$ , maar bij  $82\%$ .

Indien als deze resultaten samen worden beschouwd, kan worden geconcludeerd dat het gedrag van de mastiek niet een enkele eenduidige verklaring kan geven voor het verschil in waargenomen prestaties in de weg. Op basis de hierboven gepresenteerde resultaten is de voorlopige conclusie getrokken dat het aannemelijk is dat de betere vermoeiingsprestatie van de mastiek de betere prestaties in de praktijk zou verklaren.

Het mastiekonderzoek was echter enkel uitgevoerd op korte termijn verouderde laboratoriummonsters. In een vervolgstap in het onderzoek zijn daarom teruggewonnen materialen uit de weg bestudeerd.

#### 4. Prestaties van asfaltmonsters uit de weg

Uit de proefvakken van de A15, geïntroduceerd in de inleiding, zijn kernen geboord voor nader onderzoek.

Allereerst is er met behulp van optische microscopie met behulp van slijpplaatjes gekeken naar de structuur van het asfalt (Valcke 2012). Een eerste conclusie is dat de bitumen in de asfaltmengsels met lange en korte vezels homogener is verdeeld over de hoogte in vergelijking met het mengsel waarin enkel een polymeer modificatie is gebruikt. Dit heeft als gevolg dat de hechtbruggen dikker zijn voor de asfaltmengsels met vezels. Een tweede observatie is dat de vezels goed verdeeld zijn over de mastiekbruggen en dat de vezels na 6 jaar nog steeds goed zijn ingebed. Tot slot is te zien dat het mengsel met de korte vezel, die het best presteert in de praktijk, ook het minste microschaadte vertoont aan het bitumenoppervlak.

Vervolgens zijn de geboorde kernen beproefd op vermoeiing met behulp van een Semi Circulaire Bending (SCB) test. Hierbij zijn de kernen belast op vermoeiing bij 60% van de treksterkte met een frequentie van 30 Hz.

Deze proeven lieten in tegenstelling tot de verwachting echter de minste vermoeiingsweerstand zien voor de kern met de korte vezels, terwijl de het polymeergemodificeerde asfaltmengsel het best presteerde gevolgd door het mengsel met de lange vezel. De eerder geobserveerde verbetering in vermoeiingsprestatie van alleen kort verouderde mastiek is dus niet direct te vertalen naar de vermoeiingsweerstand van in de weg verouderd ZOAB.

## **5. Combinatie belastingen**

Gedurende de Infradagen 2012 werd gedemonstreerd dat het waarschijnlijk is dat open deklagen niet enkel bezwijken door belastingen uit voertuigen, maar dat het juist de combinatie was van temperatuurspanningen en voertuigbelastingen die zorgen voor bezwijken (Huurman et al. 2012). Deze theorie geeft aan dat als sterkte of vermoeiingsproeven worden ontworpen om de levensduur van open deklagen te vast te stellen het resultaat afhankelijk is van de opgelegde combinatie van belastingen. Er moet aan de ene kant rekening gehouden worden met belasting uit temperatuurfluctuaties en aan de andere kant belasting uit overrijdend verkeer. Om deze redenen zal specifiek verder worden onderzocht of de materialen uit de wegvakken mogelijk na veroudering in de weg gevoeliger zijn geworden voor temperatuurfluctuaties en of dat het ZOAB met de korte Panaceavezel meer in staat lijkt de temperatuurspanningen af te dragen. Mogelijkerwijs kan uit deze resultaten een bewijs worden gevonden voor de goede rafelingsweerstand van het vezelhoudendmengsel.

Daarnaast staan open deklagen gedurende hun gebruikslevensduur niet alleen bloot aan mechanische belasting. Door de open structuur is er een grote mate van blootstelling aan weer en wind. Als gevolg hiervan verouderd de bitumen en wordt deze stijver en brosser, waardoor ook het vermogen om temperatuurspanningen te relaxeren afneemt. Daarnaast kan er door indringing van vocht onthechting tussen stenen en bitumen ontstaan. Deze onthechting heeft vooral verband met materiaalkeuze, waarbij de affiniteit van stenen met water een belangrijke rol speelt. Het is dus van belang om bij het ontwikkelen van een testmethode ook op een gedegen manier rekening te houden met de belasting uit het milieu, aangezien deze een belangrijke impact heeft op de levensduur.

## 6. Conclusies en vervolg

Omdat we weinig inzicht hebben in het bezwijkmechanisme van open deklagen is het erg moeilijk om gericht de prestaties van het materiaal te verbeteren. De bestaande degradatiemodellen zijn per definitie beperkt tot wat er nu bekend is van de aanwezige degradatiemechanismen. We hebben weet van veel invloedsfactoren, maar het is simpelweg nog altijd onduidelijk aan welke knoppen het beste gedraaid kan worden voor een betere prestatie. Vooral niet omdat sommige van deze “knoppen” elkaar kunnen tegenwerken. Indien er meer inzicht komt in welke parameters van belang zijn voor de levensduur en hoe deze in het lab kunnen worden bepaald, wordt een weg geopend naar snellere innovatie en als gevolg beter presterende wegdekken.

Met dit in ons achterhoofd werken Lambda Furtherance, KWS Infra en TNO aan degradatiemodellen maar ook de ontwikkeling van laboratoriumproeven die in staat zijn om de toegevoegde waarde van wapening door Panaceavezels in open deklagen te onderbouwen. Deze resultaten moeten vervolgens gekoppeld worden aan het gedrag van de verschillende proefvakken die zijn en nog worden aangelegd. Dit is geen eenvoudige opgave en we verwachten in de komende twee jaar geen wonderen, maar wel een flinke stap in de juiste richting. Snellere stappen kunnen enkel worden gemaakt als we met de gehele sector samenwerken aan het valideren van theorieën en het ontwikkelen van praktische testmethoden die onderscheidend zijn in het bepalen van de levensduurprestaties van asfaltmengsels voor open deklagen.

## Referenties

Vliet, D. Van, (2011), intern rapport A2 proefvakken HoMa, TNO.

Groenendijk, J. (2012). Dutch Highways Agency experience with the Rotating Surface Abrasion Test for characterising ravelling susceptibility of asphalt mixes, Rijkswaterstaat Centre for Traffic and Navigation, Delft.

Huurman, M., Jacobs, M.M.J., Mohan, S. (2012). LOT en de verklaring van winterschade, CROW Infradagen 2012.

Kaw Autar K. (2005). Mechanics of Composite Materials (2nd ed.). CRC. ISBN 0-8493-1343-0.

Miradi, M. (2009). Knowledge Discovery and Pavement Performance: Intelligent Data Mining, PhD thesis, Delft.

Mookhoek, S.D. and Van Vliet, D. (2012). Thermo-mechanical properties of fibre reinforced porous asphalt mortars, TNO Report - TNO 2012 R10141, Delft.

Valcke, S.L.A. (2012). Microscopic observations of young and aged fibre reinforced porous asphalt, TNO Report - TNO 2012 R10142 | 1, Delft.



