



Re-recycling asfalt met nieuwe bouwstoffen

Dakleer

Rijkswaterstaat

24 maart 2023

Project	Re-recycling asfalt met nieuwe bouwstoffen
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Document	Dakleer
Status	Definitief
Datum	24 maart 2023
Referentie	134239/23-004.939
Projectcode	134239
Projectleider	Ir. S.H.L. Lamerichs
Projectdirecteur	Ir. J.F. Kramer
Auteur(s)	Dr. P. Wu-van Lent, ir. C.H. Huurman
Gecontroleerd door	Ir. R.L.T. Oppers, ing. S. Hasperhoven, ir. S.H.L. Lamerichs
Goedgekeurd door	Ir. S.H.L. Lamerichs
Paraaf	
Adres	Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. Leeuwenbrug 8 Postbus 233 7400 AE Deventer +31 (0)570 69 79 11 www.witteveenbos.com KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
2	BESCHRIJVING MATERIAAL	5
2.1	Dakleer als restproduct	5
2.2	Materialen in dakleer	5
3	MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN	7
3.1	Laboratoriumonderzoek	7
3.2	Praktijkonderzoek	8
4	TOEPASSEN VAN DAKLEER	10
4.1	Hergebruik in asfaltverhardingen	10
4.2	Proces	10
4.3	Kwaliteit en procedure	11
5	DISCUSSIE	12
6	INTERVIEWS	13
7	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	15
	BIBLIOGRAFIE	17
	Laatste pagina	17
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
	-	

1

INLEIDING

Aanleiding

Rijkswaterstaat werkt toe naar klimaatneutrale en circulaire wegverhardingen in 2030. Bij de inkoop van asfalt wordt gestuurd op het verduurzamen van asfalt(verhardingen). Dit betekent dat Rijkswaterstaat innovatieve asfaltmengsels krijgt aangeboden waarin steeds hogere percentages hergebruik (PR-asfalt¹) worden toegepast. Hierbij wordt tevens steeds meer gebruik gemaakt van asfalt-vreemde secundaire materialen in verschillende samenstellingen.

Conventioneel asfalt kan, onder voorwaarden, zeer goed en meermaals hergebruikt worden, zonder dat dit ten koste gaat van de prestaties. Hierdoor blijft het asfalt 'in de keten' en wordt de milieu-impact beperkt. De impact van het vaker en in grotere percentage toepassen van secundaire materialen is onbekend. Rijkswaterstaat wenst inzicht te krijgen in wat bekend is over het gebruik van asfalt met asfaltvreemde secundaire materialen en het hergebruik ('re-recycling') van datzelfde asfalt naar verloop van tijd.

Rijkswaterstaat werkt toe naar sturing op het aandeel PR-asfalt en asfaltvreemde stoffen in de asfaltverhardingen. Hiermee kan voorkomen worden dat het hergebruik van asfalt binnen de eigen keten in de toekomst ingewikkeld of zelfs onmogelijk wordt. Echter, om tot goede sturing te komen, is veel onderzoek nodig.

Dit rapport

Dit rapport bevat een literatuuronderzoek naar het gebruik van dakleer(granulaat) als (gedeeltelijke) vervanging van bitumen. Dit onderzoek maakt onderdeel uit van een breder literatuuronderzoek dat zich richt op een viertal asfaltvreemde stoffen:

- 1 *dakleer(granulaat) als (gedeeltelijke) vervanging van bitumen;*
- 2 epoxy modificaties;
- 3 rubbergranulaat toevoegingen;
- 4 plastic toevoegingen/modificaties.

Methodiek

De literatuur die in dit onderzoek gebruikt is, is voor een deel afkomstig uit documentatie van Rijkswaterstaat. De literatuur die bij Rijkswaterstaat bekend is, heeft als basis gediend voor dit onderzoek. Naast de bij Rijkswaterstaat beschikbare literatuur, is in literaire databases (o.a. Scopus, Google Scholar) gezocht naar aanvullende vakliteratuur.

In de bibliografie van dit rapport is de literatuur waar expliciet naar gerefereerd is opgesomd. Daarnaast is separaat aan de deelrapporten een overzicht opgesteld met gebruikte zoektermen en een compleet literatuuroverzicht.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de verschillende materialen en samenstelling daarvan in dakleer benoemd. Hoofdstuk 3 beschrijft de mechanische eigenschappen van asfalt met dakleer en hoofdstuk 4 beschrijft de toepassing van dakleer in asfalt en belangrijke aspecten die daarbij komen kijken. Daarna volgt een discussie in hoofdstuk 5 en een conclusie met aanbevelingen in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 toont als laatste de resultaten van de interviews met de onderzoeksinstituten, beheerders en marktpartijen.

¹ pr staat voor 'Partiële Recycling'

2

BESCHRIJVING MATERIAAL

Dakleer is een dakbedekking toepassing voor op voornamelijk platte daken. Het is zwart materiaal dat met rollen op het dak wordt aangebracht. Twee soorten dakbedekkingen worden tegenwoordig geproduceerd, namelijk kunststof en bitumineuze dakbedekkingen. Voor het gebruik van dakleer in asfalt wordt alleen de bitumineuze dakbedekking gebruikt. Dit is mogelijk door de aanwezigheid van bitumen in asfalt (CROW, 2004). In het vervolg van dit rapport wordt met 'dakleer' bitumineuze dakbedekking bedoeld. In dit hoofdstuk is eerst beschreven hoe dakleer vrijkomt, waarna de materialen en samenstelling van dakleer benoemd zijn.

2.1 Dakleer als restproduct

Dakleer kan op verschillende manieren vrijkomen, waarna het in asfalt gebruikt kan worden. Deze reststromen bestaan uit verschillende vormen en samenstellingen en het zijn onder te verdelen in drie categorieën (CROW, 2004):

- productieafval;
- snijafval;
- afval van daken.

Productieafval bevat dakleerrollen en delen van rollen die uit het productieproces zijn gehaald, omdat het dakleer beschadigd is of als restant door overproductie. Omdat de materialen dezelfde samenstelling hebben als het nieuwe product is er de mogelijkheid tot hergebruik in nieuw dakleer. Snijafval is dakleer dat vrijkomt bij het versnijden van nieuwe dakleerrollen bij het leggen van de dakbedekking. De kwaliteit is vergelijkbaar met productieafval, maar vaak komt het in relatief kleine hoeveelheden vrij. De derde categorie is het afval van daken. Als dakleer vervangen moet worden, worden deze vaak overlegd. De verschillende lagen dakleer zijn bij de sloop niet uit elkaar te halen, en deze bevatten vaak andere samenstellingen van bitumineus materiaal. Dit is een nadeel bij het hergebruik van deze afvalstroom ten opzichte van productie- en snijafval.

Bij gebruik van één van deze reststromen van dakleer in asfalt moeten de eigenschappen van de samenstellende materialen goed gedefinieerd en consistent zijn. Aangezien de samenstelling en de eigenschappen van oud, afgescheurd dakleerafval waarschijnlijk vreemde materialen bevat (zoals spijkers, metalen gootstukken en vilt als onderlaag) en sterk kunnen variëren, is het van belang dat deze vreemde materialen worden verwijderd om consistente eigenschappen van het dakleer te verkrijgen. Dakleer met consistentere eigenschappen heeft logischerwijs de voorkeur voor verwerking in asfaltmengsels (FHWA, 2016).

2.2 Materialen in dakleer

Dakleer bestaat naast bitumen uit fijn aggregaat, minerale vulstoffen en vezels. Omdat deze samenstelling vergelijkbaar is met de samenstelling van asfalt (bestaande uit bitumen/bindmiddel, vulstof en aggregaat), heeft dakleer potentie om als gedeeltelijke vervanging van bindmiddel en/of aggregaat in asfaltmengsels te fungeren.

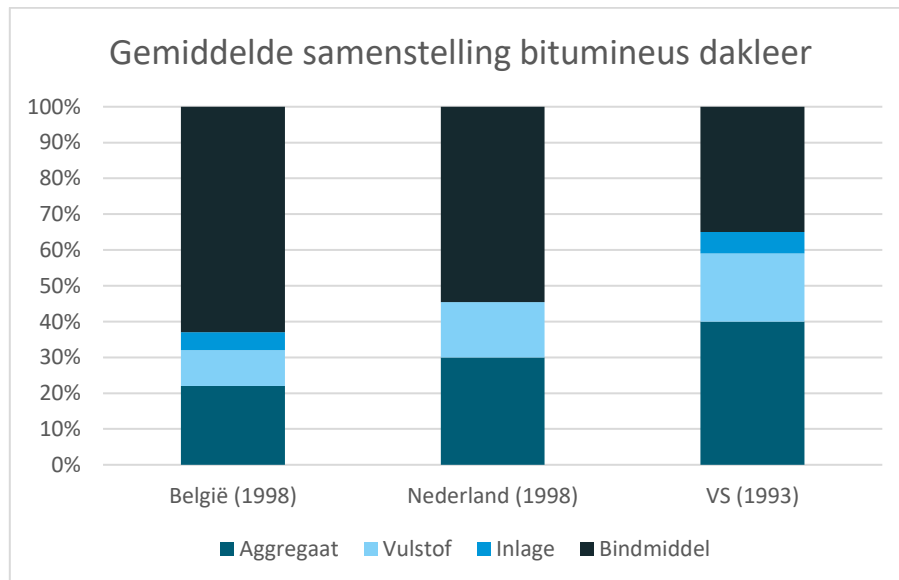
Van de samenstelling is het bitumineuze materiaal het grootste bestandsdeel van dakleer. In Nederland kan dit hoofdzakelijk uit drie verschillende soorten bestaan (CROW, 2004):

- **geblazen bitumen:**
geblazen bitumen is bitumen dat met zuurstof heeft gereageerd. Bij veroudering wordt geblazen bitumen hard door oxidatie. In zonlicht kan de bovenste laag afbreken tot een wateroplosbaar materiaal dat langzaam wegspoelt (erosie). Het vertoont dan ook krimp-scheuren. Geblazen bitumen heeft een hoog verwekingspunt (> 100°C).
- **bitumen, gemodificeerd met SBS (Styreen Butadiëen Styreen blokcopolymeer):**
SBS verhoogt het verwekingspunt van bitumen van circa 40 tot 50°C naar meer dan 120°C en verlaagt het breekpunt (uitgedrukt als Fraass breekpunt) van ongeveer 0°C naar temperaturen van beneden -20°C. De viscositeit wordt hoger en het materiaal wordt elastischer. Verouderd bitumen met SBS behoudt heel lang zijn elastische eigenschappen. Het enige wat hard en bros kan worden is een dun laagje aan het oppervlak. In zonlicht kan het snel verouderen.
- **bitumen, gemodificeerd met APP (Atactisch PolyPropeen):**
APP verhoogt het verwekingspunt van bitumen van circa 40 tot 50°C naar meer dan 150°C en verlaagt het Fraass breekpunt van ongeveer 0°C naar temperaturen van beneden -10°C. De viscositeit gaat omhoog, maar het is wel minder elastisch dan bitumen met SBS. Verouderd bitumen met APP wordt langzaam harder en brosser, maar veel langzamer dan geblazen bitumen. In zonlicht verouderd bitumen met APP minder snel dan bitumen met SBS, en het erodeert langzamer dan geblazen bitumen.

In de loop der tijd is de samenstelling van het bitumineuze materiaal gewijzigd. In het verleden werden vaak geblazen bitumen gebruikt. Tegenwoordig worden veel gemodificeerde bitumen gebruikt, waarvan vooral APP-gemodificeerde bitumen (65 %) (CROW, 2004). Op oudere daken wordt het dakleer als eerst vervangen. Het meeste dakleer dat nu vrijkomt voor gebruik in asfalt is dus voornamelijk geblazen bitumen.

In de Verenigde Staten worden shingles gebruikt voor dakbedekking. Afbeelding 2.1 illustreert de verschillen in gemiddelde samenstelling van alle dakleer in België, Nederland en de Verenigde Staten. Het belangrijkste verschil is dat het bindmiddelgehalte in shingles veel lager is dan in dakleer.

Afbeelding 2.1 Gemiddelde samenstelling bitumineus dakleer (CROW, 2000)



3

MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Dit hoofdstuk beschrijft de mechanische eigenschappen van asfalt met dakleer. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen laboratoriumonderzoek en onderzoek in de praktijk.

3.1 Laboratoriumonderzoek

Sinds 1990 is in de VS een groot aantal laboratoriumstudies en praktijkproeven uitgevoerd om het gebruik van dakleer in asfaltverhardingen te onderzoeken (FHWA, 2016). De algemene conclusie is dat bij een goed ontwerp en uitvoering het gebruik van verwerkt dakleer in warm asfalt kan resulteren in vergelijkbare of betere eigenschappen in vergelijking met standaard asfaltverhardingen. De verbeterde eigenschappen omvatten:

- hogere stabiliteit van het mengsel;
- grotere stijfheid van het asfalt;
- minder gevoelig voor spoorvorming;
- verhoogde weerstand tegen vermoeiing.

Testresultaten van de TU Delft tonen ook aan dat een asfaltmengsel met dakbedekking (3 %) en asfaltgranulaat (30 %) een hogere stijfheid en een lagere fasehoek heeft dan een gelijk asfaltmengsel met alleen asfaltgranulaat (30 %) (Merine et al., 2013). De verhoogde stijfheid is het gevolg van bitumen met een hogere viscositeit in het dakleer samen met het versterkende effect van de vezels en vulstoffen (Zhou et al., 2011). Sommige onderzoeken waarschuwen echter ook dat de verstijvende effecten van dakleer op HMA (Hot Mix Asphalt) grote thermische spanningen kunnen opleveren in koudere klimaten en daardoor kunnen leiden tot thermische scheurvorming (McGraw et al., 2007).

Uit onderzoek van Merine et al. (2013) blijkt ook dat de mengsels met dakleer (3 %) een veel lagere permanente vervorming (50 %-100 %) geven dan de standaard asfaltmengsels. Dit kan worden verklaard door het feit dat een deel van het verse zachtere bindmiddel wordt vervangen door APP gemodificeerd bitumen. Soortgelijke resultaten zijn ook gevonden in Amerikaans onderzoek (Ali, et al., 1995; Newcomb, et al., 1993). Een toename van dakleer (tot 25 %) vermindert daarin de kans op spoorvorming in verhardingen. Asfaltmengsels met een hoge weerstand tegen permanente vervorming hebben de voorkeur voor zwaar belaste verhardingen met langzaam rijdend, wringend en stilstaand verkeer, zoals opstelstroken voor verkeerslichten en kruispunten.

Laboratoriumonderzoek toont aan dat het gebruik van dakleer in asfaltmengsels de vermoeiingslevensduur van HMA-verhardingen verbetert (Ali, et al, 1995). De vierpuntsbuigtestresultaten van de TU Delft (Merine et al., 2013) laten zien dat de toevoeging van dakleer de vermoeiingseigenschappen van het mengsel AC22 base aanzienlijk kan verbeteren. Deze trend wordt echter niet gevonden in de deklaagmengsels. De reden hiervoor zou te maken kunnen hebben met het feit dat deklaagmengsels een hoger bindmiddelgehalte hebben waardoor de invloed van dakleer zou kunnen afnemen. Ook in Amerikaans onderzoek (Ali, et al, 1995) wordt vastgesteld dat de vermoeiingseigenschappen verbeteren wanneer een relatief hoog percentage dakleer wordt toegevoegd. Aangezien vermoeiingsscheurvorming aan de onderkant van de onderlaag een van de belangrijkste schademechanismen is bij asfaltverhardingen, zou het gebruik van dakleer in de onderlaag de trekspanning onder verkeersbelasting kunnen verminderen en zo de levensduur van de verhardingsconstructie kunnen verlengen (Ali, et al, 1995).

Daarnaast zijn er nog andere, meer specifieke, bevindingen. In het algemeen vertoonden de mengsels met dakleer minder gevoeligheid voor temperatuurveranderingen (Newcomb, et al., 1993). In sommige gevallen vertonen mengsels met dakleer ongeveer dezelfde weerstand tegen vochtschade als standaard mengsels. Newcomb et al. (1993) rapporteerden echter dat bij asfalt met een hoger percentage aan dakleer bitumen juist een toenemende vochtgevoeligheid ontstaat.

3.2 Praktijkonderzoek

Nederland

In diverse proefvakken in Nederland is asfalt met gerecycled dakleer verwerkt. Een vaak gerefereerd proefvak is het wegvak verhard met asfalt met dakleer in de Fauststraat in Apeldoorn (2001). 25 % van het bitumen is vervangen door gerecycled dakbitumen. Uitgebreid onderzoek is uitgevoerd naar het asfaltwegvak met en zonder dakleer, en het toont aan dat er geen significante verschillen tussen asfalt met dakleer en asfalt zonder dakleer zijn. De belangrijkste conclusies luiden als volgt (CROW, 2004):

- uit Marshallonderzoek blijkt dat beide mengsels voldoen aan de eisen zoals gesteld aan een weg met verkeersklasse 3;
- beide mengsels zijn met betrekking tot vermoeiingslevensduur gelijkwaardig;
- met triaxiaalonderzoek en SCB-proeven kan geen eenduidige uitspraak worden gedaan over de resultaten door afwijking van de afmetingen van de proefstukken;
- er is geen significant verschil tussen de watergevoeligheid van asfalt met en zonder dakbitumen.

Verenigde Staten

Het Pennsylvania Department of Transportation legde proefvakken aan met en zonder dakleer. In het bindmiddel van de slijtlagen werd vijf procent dakleer gebruikt. Na 4 jaar bleek dat beide trajecten gelijkwaardig presteerden. Geen van de slijtlagen (referentievak zonder dakleer en proefvak met dakleer) vertoonde meetbare spoorvorming of permanente vervorming (Ramirez, 1995). Evaluaties van een proefvak in New Jersey na enkele jaren gebruik, heeft uitgewezen dat prestaties kunnen worden verwacht die vergelijkbaar zijn met die van conventionele asfaltverhardingen, zonder significante verschillen in spoordiepte, scheurvorming of slipweerstand (Baker en Connolly, 1995).

In tegenstelling tot deze bevindingen zijn er ook andere proefvakstudies die wijzen op meer positieve effecten van het toevoegen van dakleer. Williams et al. (2013) voerden tests uit naar de praktijkprestaties van HMA met dakleer. De resultaten van de dynamische modulustest gaven aan dat bij alle projecten de toevoeging van dakleer de weerstand tegen spoorvorming verbeterde. Mengsels met dakleer uit vier van de zes staten vertoonden een iets hogere weerstand tegen vermoeiingsscheuren.

België

De Artesis Hogeschool Antwerpen (2015) in België heeft meerdere proefvakken aangelegd waarin zowel asfaltgranulaat (ca. 50 %) als dakleer (ca. 2 %) is toegepast in de onderlaag. De proefvakken zijn geëvalueerd door het nemen van boorkernen en het uitvoeren van valgewichtdeflectiemetingen (VGD-metingen). De evaluatie van de proefvakken toont aan dat mengsels duurzame eigenschappen vertonen: geen enkele vorm van versnelde (of ongeoorloofde) vermoeiingsschade, verlies aan draagkracht, spoorvorming en verlaagde weerstand voor watergevoeligheid. In dit onderzoek is het verschil in prestatie van proefvakken met en zonder dakleer niet vermeld. Het stelt dat de dikte van een fundering gereduceerd kan worden, of een gebonden fundering vervangen door een ongebonden materiaal dankzij de verhoogde stijfheid en vermoeiingslevensduur.

Vergelijking van onderzoeken

De variatie in de resultaten van de praktijkonderzoeken zoals getoond in deze paragraaf is te verwachten, voornamelijk vanwege het aanlegproces en -invloeden, zoals het niet uniform mengen en verdichten. In het laboratorium kan het vereiste mengselontwerp goed worden voorbereid en bereikt binnen een relatief kleine hoeveelheid, maar in het veld kunnen de mengsels in de proefvakken grote variatie vertonen tijdens het bouwproces, wat resulteert in afwijkende eigenschappen zoals waargenomen in het laboratorium. Vooral wanneer de toe te voegen hoeveelheid dakleer relatief laag is en de invloed niet duidelijk in de veldprestaties kan worden aangetoond. Verder is een vergelijking tussen de verschillende landen niet een-op-een mogelijk, omdat verschillende samenstellingen van dakleer worden gebruikt.

4

TOEPASSEN VAN DAKLEER

Dit hoofdstuk behandelt de toepassing van dakleer in de praktijk. Eerst is het hergebruik in de asfaltverhardingen beschreven. Daarna is het proces van het gebruik van dakleer behandeld. Als laatste is beschreven wat de kwaliteit en procedures van dakleer in asfalt inhoudt. Het re-recycling van dakleer in asfalt is niet beschreven in dit hoofdstuk, omdat hier geen literatuur over gevonden is.

4.1 Hergebruik in asfaltverhardingen

Het gebruik van dakbitumen in asfaltverhardingen trekt steeds meer belangstelling van aannemers. Gerecyclede dakbitumen kunnen een percentage nieuw bindmiddel en/of aggregaat vervangen, waardoor de hoeveelheid primaire grondstoffen van nieuwe verharding verminderd kan worden. Een asfaltverharding bestaat uit verschillende lagen asfalt op een funderingslaag. Onderscheid wordt gemaakt tussen de deklaag, de tussenlaag en de onderlaag. Deze lagen hebben verschillende functies en vereisen verschillende ontwerpcriteria. De mogelijke toepassingen worden als volgt geïllustreerd (CROW, 2004).

Deklagen

Omdat aan de deklaag zeer hoge eisen worden gesteld is toepassing van dakleer in de deklaag niet het meest voor de hand liggend. Een deklaag van ZOAB is bijzonder kritisch vanwege de strenge eisen die aan dit materiaal worden gesteld. Het is vooralsnog niet wenselijk om in ZOAB secundair materiaal toe te passen. Omdat een mengsel van SMA bijzonder gevoelig is voor variaties in de kwaliteit van bouwstoffen is toepassing van dakbitumen hier minder wenselijk dan in AC surf.

Tussenlagen

Dakleer is technisch het meest geschikt om toe te passen in een tussenlaag. In deze toepassing kan dan ook verwacht worden dat asfalt met dakleer een hogere weerstand tegen permanente deformatie heeft.

Onderlagen

Op basis van theoretische modellen wordt aangegeven dat dakleer bij voorkeur niet toegepast dient te worden in onderlagen. Aan de onderzijde van asfaltlagen treden (ook bij een goede aanleg van de verharding) trekspanningen in de asfaltlaag op onder invloed van de verkeersbelasting. Omdat het een herhaalde belasting betreft kan vermoeiing(schade) optreden. Door toepassing van dakleer in asfalt wordt echter verwacht dat de levensduur van dit asfalt korter is, omdat het zelfherstellend vermogen van asfalt met dakleer naar verwachting lager is dan asfalt met alleen nieuw bitumen.

4.2 Proces

Om dakleer in asfalt toe te passen, zijn verschillende stappen te nemen in het proces. Het proces van dakleer naar dakleergranulaat bestaat uit het ingangsmateriaal, het verwerkingsproces, en het uitgangsmateriaal. Dakleergranulaat producerende partijen (Roof2roof en Biturec) pakken het proces in hoofdlijnen op de volgende manier aan (Van Vliet & Van Lent, 2018):

- het ingangsmateriaal bestaat uit zuiver dakleer. Isolatiemateriaal wordt handmatig hiervan verwijderd. Het dakleer komt van afgekeurde nieuwe dakleerrollen, of geselecteerde gemodificeerde bitumineuze dakbedekking welke van gebruikte daken komt. Voor consistentie in het materiaal, wordt alleen

- materiaal vanuit Nederland en België gebruikt. Verder wordt ook gecontroleerd op PAK om vervuiling te voorkomen;
- het verwerkingsproces start met het handmatig verwijderen van onzuiverheden (isolatiemateriaal, nagels, hout, etc.). Het materiaal wordt voorverkleind en via een shredder met magneetband verder verkleind. Metalen wordt eruit gehaald en het materiaal wordt ontvezeld. De laatste stap is het zeven van het materiaal om zo fijn en droog materiaal te verkrijgen;
 - het eindproduct wordt geleverd met CE-markering. Het kan bestaan uit alleen SBS-gemodificeerd materiaal, hoofdzakelijk uit APP-gemodificeerd materiaal, of een mix ervan.

4.3 Kwaliteit en procedure

De kwaliteit van asfalt met dakleer zou net zo goed of zelfs beter moeten kunnen zijn dan standaard asfalt. In Apeldoorn is onderzoek gedaan bij een wegvak verhard met asfalt met dakleer naar visuele afwijkingen na een aantal jaren. De weg vertoonde na 2,5 jaar nog geen afwijkingen bij de visuele inspectie. Dit zou aantonen dat dakleer in asfalt geen problemen geeft. Wel is de periode tussen de aanleg en de inspectie relatief kort. Schade zou in asfalt pas na een aantal gebruiksjaren te zien zijn, waardoor de waarde van deze visuele inspectie beperkt is.

Daarnaast is onderzoek gedaan naar de Arbonormen bij de productie en verwerking van dit asfalt in Apeldoorn. Hierbij is gevonden dat bij de asfaltinstallatie en de asfaltspreidmachine geen enkele Arbonorm is overschreden (CROW, 2004).

Bij een vergelijkbaar onderzoek van de Artesis Hogeschool Antwerpen (2015) is bij visuele inspectie over de proefvakken na 6 jaar gebruik geen tot lichte schade aan het oppervlak gevonden. De lichte schade die te zien is, is mogelijk veroorzaakt door bovenliggende lagen en daarmee niet de proefmengsels. In hetzelfde onderzoek is door VGD-metingen de restlevensduur van deze proefvakken bepaald. Na 6 jaar is berekend dat de restlevensduur nog tussen de 10-20 jaar is. Dit laat zien dat de kwaliteit van het asfalt met dakleer erg goed is.

Om kwaliteit in het dakleer te bereiken, moet aandacht worden besteed aan de keuze van het nieuwe asfalt dat samen met dakleer wordt gebruikt om ervoor te zorgen dat de gewenste gecombineerde kwaliteit voor elke specifieke situatie (d.w.z. klimaat, verkeer, mengtype) wordt bereikt (Zhou et al., 2011). De verwerking van dakleer in HMA verhoogt de viscositeit van het nieuwe asfalt en dus de stijfheid van het mengsel. Het is belangrijk om ervoor te zorgen dat het uiteindelijke bindmiddel met dakleer ook geschikt is voor elke omstandigheid.

Naast kwaliteit dat moet voldoen, moeten ook procedures goed worden uitgevoerd. Een onderzoek van Zhou et al. (2011) laat zien dat de standaard HMA-mengselontwerpprocedures en kwaliteitscontroleprocedures lijken te voldoen voor asfaltmengsels die dakleer bevatten in de Verenigde Staten. Het mengselontwerp en constructie van HMA met asfaltmengsels kunnen worden uitgevoerd met technieken die al zijn vastgesteld voor gerecycled asfaltgranulaat. Voor verduidelijking van het gebruik van dakleer in asfalt zijn in 2009 door de National Asphalt Pavement Association richtlijnen gepubliceerd (Hansen, 2009). Hun beknopte gids behandelt de bronnen van asfalt met dakleer, de samenstelling van asfalt met dakleer, de inspectie en het testen van asfalt met dakleer, de verwerking van shingles, het ontwerp van HMA-mengsels, de productie en aanleg, en de economische aspecten (Zhou et al., 2011).

5

DISCUSSIE

Op basis van dit literatuuronderzoek moeten verschillende technische aspecten nog worden onderzocht voordat dakleer op grote schaal in **wegenbouwmengsels** kan worden gebruikt. De belangrijkste aspecten zijn:

- 1 uit een aantal onderzoeken blijkt dat toevoeging van dakleer de vermoeiingslevensduur van asfaltmengsels verbetert. In laboratoriumtesten (zoals vierpuntsbuigproeven) wordt vaak gezien dat mengsels met een hogere stijfheid ook hogere vermoeiingslevensduur geven. De levensduur van de totale asfaltverhardingsconstructie is echter ook afhankelijk van andere factoren zoals de healingfactor. Aangezien het zelfherstellend vermogen van asfalt met dakleer naar verwachting lager zal zijn, moet de voorspelling van de uiteindelijke vermoeiingslevensduur van verhardingen nog verder worden geëvalueerd;
- 2 dakleer heeft een wisselende verhouding tussen geblazen bitumen, APP en SBS gemodificeerd bitumen. Daarom moet voor elke partij het type bitumen en de verhouding worden bepaald. Het is praktisch onmogelijk om het mengselontwerp af te stemmen op deze uiteenlopende eigenschappen. Bovendien kan bij SBS-polymeer gemodificeerd bitumen (vermoedelijk bij hogere concentraties) een risicokettingreactie optreden, waardoor de functionele eigenschappen van de modificatie veranderen (CROW, 2004);
- 3 het meeste onderzoek aan proefvakken wordt uitgevoerd gedurende de eerste jaren van het weg. Er is een gebrek aan onderzoek naar de prestaties van asfaltverhardingen op lange termijn. Het gebruik van dakleer zou duurzaamheidsproblemen kunnen opleveren. Hierdoor is het belangrijk te verifiëren of te controleren op het gebied van vermoeiing, spoorvorming en thermische scheurvorming;
- 4 in de VS is veel onderzoek gedaan naar dakleer. In Nederland ontbreekt het echter aan voldoende wetenschappelijk onderzoek. Testresultaten uit Amerikaanse studies kunnen niet een-op-een worden overgenomen voor gebruik in Nederland vanwege de andere samenstelling in het dakleer;
- 5 er zijn geen gepubliceerde rapporten over meervoudig gerecycled ('re-recycling') asfalt met dakleer gevonden, en het inzicht in re-recycling is nog beperkt. Net als bij gerecycled asfalt, kunnen sommige vergelijkbare eigenschappen worden verwacht, bijvoorbeeld, verouderd asfalt met dakleer kan leiden tot brosse mengsels met een verminderd ontspanningsgedrag en dus meer kans op scheuren bij lagere temperaturen. Anderzijds kan de toegenomen stijfheid van het gerecyclede materiaal bijdragen aan betere weerstand tegen spoorvorming. Echter moet hier eerst meer onderzoek naar uitgevoerd worden;
- 6 de recentste bron waarin Arbonormen zijn gecontroleerd komt uit 2004. Het is de vraag of de conclusies uit dat onderzoek nog steeds gelden bij de huidige Arbonormen.

6

INTERVIEWS

Dit hoofdstuk beschrijft de bevindingen over het gebruik van dakleer in asfalt die uit de interviews met de onderzoeksinstituten, beheerders en marktpartijen zijn gekomen. In de interviews is onder andere ingegaan op de discussiepunten uit het vorige hoofdstuk. Doordat de informatie vanuit interviews is verkregen, is context en toelichting niet beschikbaar. Voor verdere informatie wordt daarom verwezen naar de betrokken partij(en).

Onderzoeksinstituten

De partijen aanwezig bij het interview waren TU Delft, Universiteit Twente, Universiteit Antwerpen en TNO. De meeste informatie over het gebruik van dakleer in asfalt is gedeeld door de Universiteit Antwerpen. Zij delen dat in Vlaanderen meerdere proefvakken liggen waarin dakleer is verwerkt:

- een eerste proef bestaat uit een proefvak met 50 % normaal RAP, een proefvak met 50 % RAP zonder toegevoegd bindmiddel, en één of twee proefvakken waar dakleer in is verwerkt zonder toegevoegd bindmiddel;
- een andere proef bestaat uit een proefvak met dakleer en RAP, een proefvak met dakleer, RAP en 1 % nieuw bindmiddel en een proefvak met dakleer, RAP en slak;
- een laatste proef bestaat uit een proefvak met geoptimaliseerd dakleer materiaal (getest in het lab), RAP en 1 % nieuw bindmiddel. In deze proef is er geen referentie proefvak.

Bij deze proeven is het dakleer toegevoegd in de onderlaag, waar ook geblazen bitumen zijn toegepast. Vaak bestaat een asfaltverharding in België maar uit twee lagen. Een aandachtspunt is dat bij een asfaltverharding met drie lagen in België de term 'onderlaag' hetzelfde kan betekenen als 'tussenlaag'.

Het asfalt van deze proeven in Vlaanderen tonen goede prestatieresultaten. Scheuren zijn niet zichtbaar van onder of van de zijkant in het asfalt. De proefvakken zijn momenteel nog in gebruik, en hier zou verder onderzoek naar gedaan kunnen worden met betrekking tot het recyclen van asfalt met dakleer. Wel is het de vraag of de omstandigheden in België te vergelijken zijn met Nederlandse asfaltmengsels en -verhardingen.

TNO geeft aan dat er een tekort aan informatie is over de prestaties van dakleer in asfalt op de lange termijn. Ook ontbreekt onderzoek naar de interactie tussen APP- en SBS-gemodificeerd bitumen in combinatie met dakleer.

Beheerders

De partijen aanwezig bij het interview waren de provincies Gelderland, Overijssel en Friesland. Provincie Friesland benoemt een lopend project waarbij een grote hoeveelheid dakleer is toegepast in een tussenlaag met een SMA deklaag. Aansluitend hierop ligt ter referentie een wegvak met standaard asfalt. Dit proefvak is 1,5 jaar geleden aangelegd, en de monitoring loopt nog.

De conclusie van de Provincies Gelderland, Friesland en Overijssel is dat er nog te weinig onderzoek nog is gedaan naar asfalt met dakleer. Re-recycling is dus ook (nog) niet aan de orde. Verder wordt benoemd dat dakleer onderhevig is aan allerlei vervuilingen op het dak. Ondanks materiaal keuringen, is de homogeniteit en kwaliteit onzeker als afvalmateriaal gemengd wordt met asfalt.

Marktpartijen

De partijen aanwezig bij het interview waren Strukton, Ballast Nedam, BAM, BMI group, Roof2road, Dura Vermeer, KWS en AsphaltNu. Meerdere van deze marktpartijen geven aan dat dakleer niet alleen in de tussenlaag, maar ook in deklaag mogelijk is. Met betrekking tot de toepassing van dakleer in asfalt zijn er verschillende meningen van de marktpartijen. Roof2Road geeft aan dat dakleer uitstekend te verwerken is in asfalt doordat dakleer (bitumineuze dakbedekking) bijna volledig uit bitumen bestaat. Positieve ervaringen zijn er vooral met de toepassing van dakleer in combinatie met APP-gemodificeerd bitumen. Aan de andere kant zijn enkele marktpartijen (o.a. BAM, Dura Vermeer en AsphaltNu) voorzichtiger met positieve uitspraken over het gebruik van dakleer in asfalt. Zij geven aan dat er wisselende ervaringen zijn met dakleer in asfalt op basis van de prestaties en de verwerking ervan, en dat conclusies verbinden aan onderzoeken daarom lastig is.

De algemene strekking van de marktpartijen over de verwerking van secundaire materialen in asfalt is dat er nog veel vragen open staan over de effecten, kwaliteit, emissies, blootstelling aan medewerkers tijdens productie/constructie, herbruikbaarheid, benodigde technieken, etc. De marktpartijen zien graag een algemeen toetsingskader voor de toepassing van secundaire materialen in asfalt. Ook vinden marktpartijen het belangrijk om in kaart te brengen wat voor soort asfalt op welke plek in Nederland ligt. Zeker op het moment dat meerdere secundaire materialen in asfalt toegestaan worden.

7

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

De conclusie van dit literatuuronderzoek is dat er geen literatuur is gevonden over het re-recycling van dakleer in asfalt. De meeste beschikbare informatie gaat over het hergebruik van dakleer in asfalt, welke over het algemeen positief is.

Internationaal

In de Verenigde Staten is meer onderzoek gedaan naar dakleer in asfalt in vergelijking tot Nederland. Echter is de samenstelling van het materiaal daar anders dan in Nederland. In de Verenigde Staten wordt dakleer gebruikt wat een lager bindmiddelgehalte heeft dan het Nederlandse dakleer. Ook zijn in de VS sinds 1990 een groot aantal laboratoriumstudies en veldproeven uitgevoerd naar het gebruik van dakleer in asfalt. Op basis van deze onderzoeken is geconcludeerd dat bij een goed ontwerp en uitvoering dakleer in warm asfalt kan leiden tot vergelijkbare of zelfs verbeterde eigenschappen in vergelijking met standaard asfaltverhardingen. Deze eigenschappen zijn: stabiliteit, grotere stijfheid, minder gevoelig voor spoorvorming en verhoogde weerstand tegen vermoeiing. Echter, onderzoeken waarschuwen ook dat de verstijvende effecten van dakleer kan leiden tot grote thermische spanningen in koudere klimaten en dit kan zorgen voor thermische scheurvorming.

Ondanks de beperkte literatuur, is in Nederland in Apeldoorn bij wegproefvakken asfalt met en zonder dakleer getest. Uit dat onderzoek (2,5 jaar naar aanleg) blijkt dat er weinig verschillen zijn tussen de twee soorten asfalt. Een ander onderzoek uit de VS laat dezelfde resultaten zien. Hierbij is vooral gefocust op de prestaties op het gebied van spoordiepte, scheurvorming en slipweerstand. Naast deze resultaten laat een ander onderzoek in de VS juist positievere resultaten zien. Er is hierbij een verbetering te zien op het gebied van de spoorvorming en vermoeiingsscheuren voor asfalt met dakleer.

Toepassing

De toepassing van dakleer is theoretisch mogelijk in drie mengseltypen met elk hun eigen functie in de totale asfaltconstructie: de deklaag, tussenlaag en onderlaag. Voor de deklaag worden hoge eisen gesteld, en is de toepassing van dakleer niet wenselijk. De tussenlaag is het meest technisch geschikt voor asfalt met dakleer en kan hierdoor een hogere weerstand tegen permanente deformatie krijgen. In de onderlaag is het toepassen van dakleer ook niet wenselijk. Het zelfherstellend vermogen van asfalt met dakleer is naar verwachting lager, en in de onderlaag zullen veel trekspanningen voorkomen waarbij dit wel van belang is. Praktisch gezien zou volgens de literatuur het verwerken van dakleer in asfalt dus in de tussenlaag de beste optie zijn. Echter, uit de interviews blijkt dat dakleer toepasbaar is in elke laag.

Kwaliteitscontroles van wegproefvakken in Nederland en de Verenigde Staten laten zien dat asfalt met dakleer erg goede resultaten weergeeft. Om deze kwaliteit te leveren, moet aandacht worden besteed aan de keuze van het nieuwe asfalt dat samen met dakleer wordt gebruikt om ervoor te zorgen dat de gewenste gecombineerde kwaliteit voor elke specifieke situatie wordt bereikt. Volgens de interviews is er nog te weinig bekend over de kwaliteit van asfalt met dakleer. Ook lopen de ervaringen met de prestaties van asfalt met dakleer erg uiteen.

Aanbevelingen

Voordat dakleer in asfalt op grote schaal gebruikt kan worden, zijn er nog een aantal limitaties waar aanbevelingen tot verder onderzoek uit voortkomen. Deze zijn gelinkt aan de discussiepunten benoemd in hoofdstuk 5 en de interviews in hoofdstuk 6:

- 1 aanbevolen wordt verder onderzoek te doen naar het zelfherstellend vermogen van de toevoeging van dakleer en daarmee ook de uiteindelijke vermoeiingslevensduur;
- 2 dakleer heeft een wisselende verhouding tussen geblazen bitumen, SBS- en APP-gemodificeerd bitumen. De verschillende types dakleer hebben uiteenlopende eigenschappen welke op het mengselontwerp afgestemd zouden moeten worden. Geadviseerd wordt om goed in kaart te brengen waar op gelet moet worden bij het gebruik van verschillende soorten bitumen;
- 3 onderzoek moet worden opgezet naar de praktische werking van asfalt met dakleer op de lange termijn;
- 4 met conclusies uit onderzoeken vanuit de VS moet voorzichtig worden omgegaan, omdat dakleer daar een andere samenstelling heeft dan in Nederland;
- 5 onderzoeken naar re-recycling van asfalt met dakleer zijn niet bekend. Het advies is om dakleer in asfalt toe te passen, om daarna verder onderzoek te kunnen doen naar het re-recycling van asfalt. Ook kan worden gekeken naar een re-recycling onderzoek van het wegproefvak met dakleer in Apeldoorn;
- 6 er moet onderzoek worden gedaan of productie en verwerking van dakleer in asfalt nog aan de meest recente Arbonormen voldoet;
- 7 er moet een algemeen toetsingskader opgesteld worden voor de toepassing van secundaire materialen in asfalt;
- 8 er moet in kaart worden gebracht waar er wat voor soort asfalt ligt in Nederland om in de toekomst het asfalt op een goede manier te kunnen hergebruiken.

BIBLIOGRAFIE

Ali, N., Joseph S. Chan, Alex Potyondy, Robert Bushman, and Art Bergan, 'Mechanistic Evaluation of Asphalt Concrete Mixtures Containing Roofing Materials,' presented to the 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January, 1995.

Bergh, W. Van den, Vuye, C. en Swenters, F., Nuttige aanwending van bitumineus dakafdichtingsmateriaal in de wegconstructie, Artesis Hogeschool Antwerpen, 2015.

Baker, R.F. and E. Connolly. 'Ground Bituminous Shingle Mix,' Presented at the January 1995 Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.

CROW, Dakafval: grondstof of stof voor discussie?, Beschrijving van mogelijke verwerkingsroutes, Rapport 04-01, januari 2004

CROW, Hergebruik bitumineuze dakbedekking in de grond-, water- en wegenbouwsector, CROW, Rapport 00-04, 2000

FHWA (Federal Highway Administration), User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction, FHWA-RD-97-148, 2016

Hansen, K., 'Guidelines for the Use of Reclaimed Asphalt Shingles in Asphalt Pavements,' Information Series 136, National Asphalt Pavement Association, Lanham, Maryland, 2009.

Merine, G.M., Hagos, E.T., Ven, M.F.C. van de, Evaluation of the effect of recycled roof membrane on asphalt mixtures performance properties, Paper TRB annual meeting 2013

McGraw, J., A. Zofka, D. Krivit, J. Schroer, R. Olson, and M. Marasteanu, 'Recycled Asphalt Shingles in Hot Mix Asphalt', Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 76, White Bear Lake, Minnesota, 2007, pp. 235–274.

Newcomb, D., M. Stroup-Gardiner, B. Weikle, and A. Drescher, 'Influence of Roofing Shingles on Asphalt Concrete Mixture Properties,' Report No. MN/RC-93/09, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN, 1993.

Ramirez, Timothy L., P.E., 'Fiberglass Asphalt Shingles in ID-2 Binder & Wearing Courses,' Annual Inspection (Year 4), Field report, Research project No. 91-64, August, 1995.

Van Vliet, D., & Van Lent, D. (2018). Dakleer/bitumengranulaatmatrix. *TNO*.

Williams, R., Cascione, A., Yu, J., Haugen, D., Marasteanu, M., and McGraw, J. (2013). 'Performance of Recycled Asphalt Shingles in Hot Mix Asphalt', Technical report, Institute for Transportation Iowa State University

Zhou, F., Joe, W., and Jon, E. (2011). Best Practice for Using Ras in HMA. Technical Report FHWA/TX-12/0-6614-1, Texas Transportation Institute and Texas A&M University.

