

ASFALT MET VERHOOGDE STIJFHEID (AVS) OP DE PROEFBANK IN BELGIË

**ir. CLAUDE DE BACKER, dr. ir. JOËLLE DE VISSCHER, LIEVE GLORIE,
dr. ANN VANELSTRAETE, dr. STEFAN VANSTEENKISTE, dr.ir. JOHAN MAECK,
dr. FREDERIK VERVAECKE, dr. KATLEEN DENOLF
Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw**

**ir. LUCIEN HELEVEN, Ing. RENÉ REYNAERT
Agentschap Wegen en Verkeer – afdeling Wegenbouwkunde**

In april 2006 werden op de autosnelweg Brussel-Antwerpen (E19) proefvakken van asfalt met verhoogde stijfheid (AVS) aangelegd. Negen varianten van AVS en één klassiek asfaltbetonmengsel (als referentie) werden daarbij in de onderlaag toegepast. De parameters waarin de beproefde varianten verschillen, zijn de mengselsoort (steen- of zandskelet), het type van bindmiddel, het bindmiddelgehalte en het al of niet toevoegen van asfaltpuingranulaat (apg). De varianten werden gekozen na uitgebreid laboratoriumonderzoek naar de effecten van de verschillende parameters op de prestaties van het mengsel. Na drie jaar verkeren de proefvakken nog in perfecte staat. Uit de gegevens die verzameld werden bij het onderzoek en tijdens de werkzaamheden, kunnen aanbevelingen en voorschriften worden gedistilleerd voor een goede toepassing van AVS in België.

En avril 2006, des planches expérimentales en enrobés à module élevé (EME) ont été réalisées sur l'autoroute Bruxelles-Anvers (E19). Neuf variantes d'EME et un béton bitumineux classique (servant de référence) ont été utilisés pour les couches de liaison. Les paramètres variant d'un mélange à l'autre sont le type de mélange (squelette pierreux ou sableux), le type de liant, la teneur en liant et l'ajout ou non de granulats de débris bitumineux (gdb). Les variantes ont été sélectionnées après une étude approfondie en laboratoire des effets des différents paramètres sur les performances du mélange. Après trois ans, les planches expérimentales sont toujours en parfait état. Les données collectées au cours de l'étude et lors du chantier ont permis de formuler des recommandations et des prescriptions pour une bonne application des EME en Belgique.

1. Inleiding

Door de voortdurende toename van het vrachtverkeer blijft spoorvorming een van de voornaamste schadeverschijnselen op de Belgische wegen. In de wetenschap dat de grootste spanningen optreden in onderlagen die zich tussen 5 en 12 cm onder het wegoppervlak bevinden, besliste het OCW zich toe te leggen op de ontwikkeling van mengsels voor onderlagen met een zeer grote weerstand tegen blijvende vervorming. Hoge stijfheid is wellicht de belangrijkste eis die aan zulke mengsels wordt gesteld; vandaar de naam "asfalt met verhoogde stijfheid (AVS)".

Voor dit onderwerp werd een vierjarig onderzoeksproject opgezet, dat de volgende aspecten omvatte:

- mengselontwerp en laboratoriumonderzoek, om verschillende varianten te vergelijken en de invloed van materiaalkenmerken en mengselsamenstelling op de prestaties van het mengsel na te gaan;
- aanleg van proefvakken, om kennis op te doen over de bereiding en verwerking en om de prestaties van verschillende AVS-mengsels in gelijke omstandigheden te vergelijken;
- volgen van het gedrag van de proefvakken, om de prestaties van de verschillende varianten in de weg te vergelijken;
- opstellen van aanbevelingen en voorschriften, om de toepassing van dergelijke mengsels te stimuleren.

2. Keuze van de varianten

De proefvakken boden ruimte voor een vergelijking van tien verschillende mengsels. Er werd een voorselectie van de interessantste varianten gemaakt (zie tabel 1), voor optimalisering in het laboratoriumonderzoek (ref. 1). Daarbij kwamen twee soorten van AVS-mengsels in aanmerking. De eerste soort bestond uit mengsels met een steenskelet, die gelijkenis vertoonden met het Franse EME (“enrobé à module élevé”). Tot de tweede soort behoorden mengsels met een zandskelet. De bindmiddelen werden gekozen nadat aan de bitumenproducenten was gevraagd een geschikt bindmiddel met verhoogde stijfheid voor dit project voor te stellen.

Variant	Type	Bindmiddel	Variant	Type	Bindmiddel	
1	Referentiemengsel: asfaltbeton AB-3A (+ 40 % apg)	B50/70	6	AVS steenskelet	Bindm. 2	
	2		AVS zandskelet	Bindm. 3		
	3		AVS zandskelet (+ 25 % apg)	8	AVS steenskelet	Bindm. 4
	4		AVS steenskelet	9	AVS (iets gevoeliger voor spoorvorming)	Bindm. 1
	5		AVS steenskelet (+ 25 % apg)	10	AVS (iets gevoeliger voor scheurvorming)	Bindm. 1

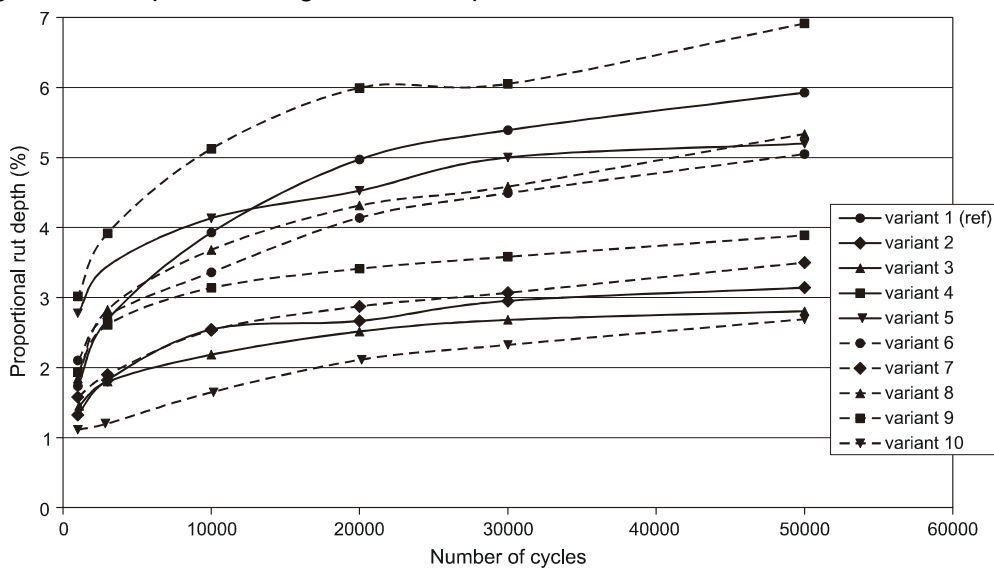
Tabel 1 – Keuze van de tien varianten voor de proefvakken

3. Mengselontwerp en laboratoriumonderzoek

De minerale aggregaten (kalksteen) voor de proefvakken werden door de aannemer gekozen. Het apg kwam uit de oude onderlaag, die voor de aanleg van de proefvakken werd uitgefreesd. Het OCW mat de kenmerken van alle bestanddelen en gebruikte ze als invoergegevens voor het mengselontwerp met het PradoWinprogramma. De met dit programma berekende volumesamenstelling van de mengselvarianten werd beproefd in de gyratorverdichter. Het mengselontwerp beoogde een lage holle ruimte (2,5 tot 4,5 % na honderd gyraties), om een goede vermoeiingsweerstand en duurzaamheid te verkrijgen.

3.1 Weerstand tegen blijvende vervorming

De weerstand tegen blijvende vervorming werd gemeten met de wielspoorproef volgens NBN EN 12697-22 (groot apparaat), bij een temperatuur van 50 °C. Mengsels met minder dan 5 % proportionele spoordiepte na 30 000 cycli vallen in de beste categorie voor weerstand tegen blijvende vervorming. Zoals figuur 1 laat zien, geldt dat voor alle varianten – behalve voor het referentiemengsel AB-3A en het AVS-mengsel dat met een iets hogere gevoeligheid voor spoorvorming was ontworpen.



Figuur 1 – Wielspoorproeven op de varianten voor de proefvakken

[Proportional rut depth = Proportionele spoordiepte; Number of cycles = Aantal cycli]

3.2 Watergevoeligheid

De watergevoeligheid werd bepaald uit metingen van de splijttreksterkte (“indirect tensile strength”, of ITS) volgens NBN EN 12697-23, respectievelijk aan niet-geconditioneerde proefstukken en aan proefstukken die in water waren geconditioneerd volgens NBN EN 12697-12. De verhouding tussen de ITS van geconditioneerde proefstukken en de ITS van niet-geconditioneerde proefstukken wordt als een maat voor de watergevoeligheid beschouwd.

Alle varianten die voor de proefvakken waren ontworpen, vertoonden een zeer hoge ITS-verhouding (> 89 %), behalve het referentiemengsel AB-3A (76 %) en het

scheurvormingsgevoelige AVS (67 %). Dit is te verklaren door de minder goede omhulling van de aggregaten als gevolg van het lagere bindmiddelgehalte. Ook de holle ruimte is een belangrijke invloedsfactor: de ITS-verhouding daalt aanzienlijk als de monsters minder goed verdicht zijn. Slechte verdichting geeft een hogere holle ruimte, waardoor het mengsel meer blootstaat aan de inwerking van water. Een andere belangrijke conclusie was dat toevoeging van apg de watergevoeligheid niet ongunstig beïnvloedt.

3.3 Stijfheid

De stijfheid werd bij verschillende temperaturen (van -20 tot 30 °C) en verschillende frequenties (van 1 tot 30 Hz) gemeten met de tweepuntsbuigproef op trapeziumvormige proefstukken, volgens bijlage A bij NBN EN12697-26.

Het verschil tussen het referentiemengsel AB-3A en AVS was bij 30 °C aanzienlijk; bij 15 °C was het kleiner. In de wetenschap dat 30 °C ook voor blijvende vervorming en voor draagvermogen een kritische temperatuur is, zou het beter zijn voor AVS stijfheden bij 30 °C voor te schrijven dan bij 15 °C.

Het Franse voorschrift voor "EME classe 2" ($E^* \geq 14\,000$ MPa bij 15 °C en 10 Hz) werd niet altijd gehaald. Dit kwam vermoedelijk door de gebruikte steensoort (kalksteen), aangezien in bijkomende proeven met porfier als steensoort in het mengsel (waarover deze bijdrage niet bericht) wél aan dit voorschrift werd voldaan. Voorts blijkt dat de bovengenoemde grenswaarde met steenskeletmengsels gemakkelijker te bereiken is dan met zandskeletmengsels; de Franse "EME classe 2" bestaat trouwens uitsluitend uit steenskeletmengsels.

Een hoger bindmiddelgehalte geeft een lagere stijfheid. Ook het type van bindmiddel beïnvloedt de stijfheid van het mengsel.

Bij de varianten voor de proefvakken verhoogde de toepassing van apg de stijfheid. Het verdiepende laboratoriumonderzoek wees echter uit dat dit geen algemene regel is: een en ander is afhankelijk van de eigenschappen van het apg en het bindmiddel dat het bevat, en van de mengverhouding tussen nieuw en oud bindmiddel.

3.4 Vermoeiing

De weerstand tegen vermoeiing werd bepaald bij 15 °C en 30 Hz, volgens de methode van het OCW. Deze beproevingsmethode verschilt van NBN EN12697-24 (bijlage A) door de grotere proefstukken en doordat de proeven bij voorgeschreven spanning worden uitgevoerd. De resultaten zijn daarom niet rechtstreeks te toetsen aan de waarden die NBN EN13108-1 aangeeft, noch aan de Franse voorschriften.

Alle AVS-mengsels presteerden in de vermoeiingsproef veel beter dan klassieke AB-3A-mengsels. Zoals verwacht, was het mengsel dat met een grotere gevoeligheid voor scheurvorming was ontworpen het minst goede van de AVS-varianten. De zandskeletmengsels deden het doorgaans beter dan de steenskeletmengsels. Een hoger bindmiddelgehalte vergroot de weerstand tegen vermoeiing.

Proeven op AVS-mengsels met porfiersteenslag gaven lagere waarden voor de weerstand tegen vermoeiing dan bij de varianten voor de proefvakken, die allemaal met kalksteen zijn samengesteld. Dit vindt zijn verklaring in de hechting tussen bindmiddel en aggregaat, die bij kalksteen sterker is.

Bij de proefvakvarianten had toevoeging van apg een nadelige invloed op de vermoeiingsweerstand. Het verdiepende laboratoriumonderzoek wees echter uit dat dit geen algemene regels is: een en ander is afhankelijk van de eigenschappen van het apg en het bindmiddel dat het bevat, en van de mengverhouding tussen nieuw en oud bindmiddel.

4. Aanleg van de proefvakken (zie ook ref. 2)

4.1 Project

Er werden tien proefvakken aangelegd, om de prestaties van verschillende AVS-mengsels in gelijke, realistische verkeers- en klimaatomstandigheden te vergelijken en om na te gaan of veelbelovende prestaties uit het laboratoriumonderzoek in situ worden bewaarheid. Aanvullend moest dit experiment nuttige informatie opleveren over mogelijke problemen met de bereiding en verwerking van de beproefde asfaltmengsels.

Als locatie voor de proefvakken werd een 2 km lang gedeelte van autosnelweg E19 (Brussel-Antwerpen) gekozen, ter hoogte van Kontich. Dit weggedeelte vertoonde een aantal kenmerken die nodig waren om het experiment te doen slagen: druk, zwaar en met een constante snelheid rijdend verkeer en een correct gedimensioneerde verharding met een gelijk blijvende opbouw.



Figuur 2 – Overzicht van de locatie met de proefvakken

Het project bestond in het aanbrengen van een 12 cm dikke “inlay” op de rechterrijstrook van de autosnelweg (waarop bijna al het vrachtverkeer rijdt), samengesteld uit een 9 cm dikke onderlaag in tien varianten (negen AVS-mengsels en één referentiemengsel) en een 3 cm dikke toplaag van SMA-6.3 type 2. Elke variant werd toegepast in een vak van 140 m lengte. De mengselontwerpen voor de varianten kwamen uit het laboratoriumonderzoek (zie § 3).

4.2 Aanleg

De werkzaamheden werden uitgevoerd van 3 tot en met 21 april 2006 en begonnen met freeswerk in twee fasen. Bij de eerste daarvan werd de toplaag verwijderd tot een diepte van 5 cm, bij de tweede de onderlaag tot een diepte van 12 cm. Het apg voor toepassing in sommige AVS-mengsels werd “gewonnen” uit de onderlaag.

De AVS-mengsels werden bereid in een chargemenginstallatie en verwerkt met een klassieke asfaltspreidmachine (gemiddelde voortbewegingssnelheid: 5,5 m/min). Tijdens de verwerking bedroeg de luchttemperatuur tussen 5 en 12,5 °C en de mengseltemperatuur tussen 163 en 190 °C.

De AVS-mengsels werden verdicht met een bandenwals en een tandemwals met horizontaal trilmechanisme. De nucleaire dichtheidsmetingen tijdens en na het aanbrengen van de onderlagen in de eerste drie proefvakken met AVS wezen op een zeer lage holle ruimte. Deze indruk werd bevestigd door de dichte textuur en het soms vettige aanzien van bepaalde vakken. Er werd dan ook beslist het oorspronkelijke walsenplan aan te passen door het aantal trillende tochten van de tandemwals te verminderen.

De toplaag van SMA werd tegelijk over de twee rijstroken van de rijbaan aangebracht, met twee gestaffeld werkende spreidmachines.

4.3 Kenmerken van de AVS-lagen

In elk vak werden metingen verricht met een rij van drie meter. De resultaten waren bevredigend: de individuele onvlakheden waren nergens groter dan 5,5 mm.

Het bindmiddelgehalte en de korrelverdeling, bepaald aan op de bouwplaats genomen monsters van de AVS-mengsels, bleven – ten opzichte van het vooronderzoek naar het mengselontwerp – voor alle mengsels binnen de grenzen van de afwijkingen die het bestek toestond.

Het onderzoek aan boorkernen (negen per vak) wees uit dat de laag over de hele hoogte goed homogeen was, ondanks de grote laagdikte (90 tot 99 mm).

Behalve bij het zandskeletmengsel met apg bedraagt de gemiddelde holle ruimte in alle vakken tussen 2,8 and 5,2 %, waardoor zij voldoet aan de Belgische voorschriften voor onderlagen. Toevoeging van apg resulteert in lagere holle ruimten.

De verdichtingsgraad is overal hoger dan 99 %, behalve in één vak.

De weerstand tegen spoorvorming werd bepaald aan boorkernen met een doorsnede van 400 cm², beproefd bij 50 °C (NBN EN 12697-22). Behalve in één vak blijven alle AVS-mengsels met een normaal bindmiddelgehalte beneden de bovengrens (5 %) die in België

voor zwaar belaste wegen geldt en presteren zij beter dan het asfaltbeton (met bindmiddel B50/70) van het referentievak. Toevoeging van apg verhoogt de gevoeligheid voor spoorvorming. Steen- en zandskeletmengsels presteren nagenoeg gelijk wat spoorvorming betreft.

4.4 Volgen van het gedrag van de proefvakken

De gevolgde gedragskenmerken zijn de staat van het oppervlak, de langsvlakheid en de spoorvorming. De waarnemingen en metingen vinden om de zes maanden plaats (in de lente en in de herfst). Bij het schrijven van deze bijdrage waren ze zesmaal verricht.

Totnogtoe kon geen schade (scheurvorming, vervorming, uitrukking) worden geconstateerd. De VC-waarden (vlakheidscoëfficiënten) voor de golflengten van 2,5 en 10 m, gemeten met de APL of de ARAN, zijn sinds de aanleg nauwelijks veranderd en blijven beneden de limieten (35 en 70) die in de Belgische voorschriften zijn gesteld.

Vooralsnog kan niet van echte spoorvorming worden gesproken. De gemiddelde spoordiepten die in oktober 2008 zijn gemeten, liggen voor alle vakken met AVS tussen 4 en 6 mm. De proefvakken presteren daarmee beter dan het referentievak (gemiddelde spoordiepte = 8,5 mm).

5. Aanbevelingen en voorschriften

Om AVS in opdrachten voor openbare wegenwerken te kunnen introduceren, zijn voorschriften nodig. Steunend op de ervaring uit het experiment zijn, in samenwerking met de bevoegde overheden van het Vlaamse, het Brusselse en het Waalse Gewest, voorschriften opgesteld voor opname in de standaardbestekken (SB250, TB2000 and RW99).

Het zijn prestatievoorschriften, in de lijn van de Europese normen (uit de reeksen EN 13697 en 13108). Zij gelden voor lagen met een constante dikte tussen 70 tot 110 mm.

Er worden geen bijzondere eisen gesteld aan de bestanddelen van het mengsel, behalve dat het bindmiddel een hard bitumen of een bitumen met een positief indringingsgetal moet zijn. De aannemer mag zijn mengselontwerp vrij kiezen (voor zover het bindmiddelgehalte ten opzichte van het mengsel niet kleiner is dan 5,2 %), maar het mengsel moet voldoen aan een reeks eisen in verband met holle ruimte, stijfheidsmodulus (alleen SB250 en TB2000), watergevoeligheid, weerstand tegen spoorvorming en weerstand tegen vermoeiing (alleen SB250 en TB2000). Toevoeging van apg is tot nader order verboden. Elk mengselontwerpvoorstel moet door de opdrachtgevende overheid worden goedgekeurd na een onderzoek met proeven ter toetsing aan de bovengenoemde prestatie-eisen.

6. Conclusies

Op één van de zwaarst bereden autosnelwegen in België zijn met succes tien proefvakken met negen varianten van AVS en één klassiek asfaltbetonmengsel (als referentie)

aangelegd. De varianten werden gekozen na uitgebreid laboratoriumonderzoek. De parameters waarin de beproefde varianten verschillen, zijn de mengselsoort (steen- of zandskelet), het type van bindmiddel, het bindmiddelgehalte en het al of niet toevoegen van apg.

De bereiding en verwerking van de verschillende mengsels gaven geen bijzondere moeilijkheden. Voor de verdichting werd klassiek materieel gebruikt. De grenswaarden voor de mengseltemperatuur, die afhankelijk zijn van de gebruikte speciale bindmiddelen, moeten echter strikt worden nageleefd.

Uit de verrichte metingen en analyses blijkt dat de kenmerken (meer bepaald de holle ruimte en de vlakheid) van de AVS-lagen voldoen aan de eisen in de Belgische voorschriften voor klassieke onderlagen.

Na meer dan 2 ½ jaar verkeer gedragen de verhardingen zich nog perfect. Tot dusver zijn geen significante verschillen tussen de proefvakken opgemerkt.

Met de ervaring uit vier jaar onderzoek en het geslaagde experiment mag worden gesteld, dat AVS misschien hét aanbevolen mengsel voor onderlagen van zwaar belaste wegverhardingen in België wordt. Op basis van essentiële eisen zijn voorschriften voor de standaardbestekken opgesteld, die de toepassing van deze mengsels in de toekomst mogelijk moeten maken.

Ref. 3 beschrijft uitvoerig de resultaten van het onderzoek naar AVS, dat het OCW met financiële steun van het IWT heeft verricht.

7. Literatuur

- [1] De Visscher, J, Vansteenkiste, S, Vanelstraete, A “Test sections in high-modulus asphalt: mix design and laboratory performance testing” 4th *Eurasphalt & Eurobitume Congress “Asphalt – Roads For Life”, EAPA/Eurobitume, Copenhagen, May 21-23, 2008.*
- [2] De Backer, C, Glorie, L, Reynaert, R. “Test sections in high-modulus asphalt: a comparative experiment with ten variants” 4th *Eurasphalt & Eurobitume Congress “Asphalt – Roads For Life”, EAPA/Eurobitume, Copenhagen, May 21-23, 2008*
- [3] “Asfalt met verhoogde stijfheid: van ontwerp tot aanbrenging op de weg” *Researchverslag RV43/07, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, Brussel, 2007.*