

SPOORVORMING EEN PROBLEEM?

J. Eikelboom¹, H. van den Top², J. Voskuilen¹

¹Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Postbus 5044, 2600 GA Delft

² Rijkswaterstaat, Directie Oost Nederland
Postbus 9070, 6800 ED Arnhem

Samenvatting

Om het spoorvormingsprobleem beter beheersbaar te maken en verrassingen zoals in de zomers van 1994 en 1995 te voorkomen, is een uitgebreid onderzoek naar de ernst en omvang van de spoorvorming in de directie Oost Nederland uitgevoerd. Tevens is een beperkt asfalttechnologisch onderzoek naar de oorzaak van de spoorvorming verricht. Gebleken is dat wegvakken met een ZOAB-deklaag en met een voldoende stabiele onderlaag qua spoorvorming goed bestand zijn tegen de huidige zware belasting. Door een gerichte aanpak van de locaties die spoorvormingsgevoelig zijn, kan het spoorvormingsprobleem goed beheerst worden. Aanbevolen wordt om de volumetrie van asfaltmengsels in het gehele proces van kwaliteitszorg mee te nemen. Tevens wordt aanbevolen voor de bepaling van de referentie dichtheid een betere verdichtingsmethode toe te passen.

Summary

To control the phenomenon of rutting and to prevent unexpected maintenance after a hot summer extensive research has been carried out in the eastern part of the Netherlands. This research consists of an investigation of the gravity and extent of rutting and a limited investigation of the asphaltic parameters that are responsible for rutting. An important conclusion is that constructions with a wearing course of Porous Asphalt based on a stable substratum are performing well with respect to rutting. Another conclusion is that a check on the volumetric mix composition during quality control can be a useful method to recognize mixtures that are sensitive for rutting. A better compaction method than the Marshall compaction method with 50 blows is recommended. All sections that are sensitive to rutting were determined. The rutting problem can be controlled by carrying out special maintenance on these sections.

Inhoud

1. Inleiding
 2. Globale opzet en uitgevoerde analyses
 3. Luchttemperaturen en verkeersbelasting
 - 3.1 Luchttemperaturen
 - 3.2 Verkeersbelasting
 4. Initiële spoorvorming
 5. Spoorvorming in de tijd
 6. Spoorvormingsgroei in "normale" zomers
 7. Spoorvormingsgroei in warme zomers
 8. Ernst en omvang spoorvorming
 9. Samenvatting asfalttechnologisch onderzoek
 - 9.1 Inleiding
 - 9.2 Selectie asfaltmengsels voor onderzoek
 - 9.3 Onderzoek
 - 9.4 Resultaten
 - 9.5 Discussie
 10. Conclusies en aanbevelingen
- Stellingen
- Referenties

1. Inleiding

Op grond van de spoorvormingsontwikkeling in de relatief warme zomers van 1994 en 1995 zijn in beide jaren onvoorziene onderhoudsmaatregelen nodig gebleken. Dit extra onderhoud moet dan in een korte periode worden voorbereid, zowel bestekstechnisch als financieel. Dit is om meerdere redenen geen gewenste situatie. Bovendien is de beschikbare tijd dan veelal onvoldoende om de meest optimale maatregelen te selecteren. Daarom is RWS Directie Oost Nederland (ON) een onderzoek gestart met als primair doel het probleem van spoorvorming beter beheersbaar te krijgen. Het secundaire doel van het onderzoek is na te gaan of asfaltverhardingen nog wel voldoende bestand zijn tegen de huidige verkeersbelasting - denk aan het groeiend aantal vrachtwagen, de toename van het aantal breedbanden en het toenemend aantal files - in combinatie met de optredende temperaturen.

In het onderzoek staat niet de spoordiepte op zich centraal maar de spoorvormingsgroei van elk individueel 100 m vak. Met dit resultaat is het meer dan voorheen mogelijk om vast te stellen, welke wegvakken spoorvormingsgevoelig zijn. Door een meer gericht aanpak van de spoorvormingsgevoelige vakken kan het genoemde spoorvormingsprobleem gereduceerd en beter beheerd worden. Bovendien kan met dit resultaat beter worden voorspeld, wanneer de norm voor spoorvorming bereikt zal worden, waardoor verrassingen voorkomen kunnen worden. Het onderzoek heeft ook inzicht gegeven in de initiële spoorvorming en de beperkingen van zogenaamde orgelboringen.

Tenslotte is in dit onderzoek zowel het belang van de controle op de het volumetrische samenstelling van asfalt als de toepassing van een betere verdichtingsmethode voor de bepaling van de referentie dichtheid naar voren gekomen.

In deze bijdrage worden van het uitgebreide onderzoek [1, 2] alleen de belangrijkste zaken weergegeven.

2. Globale opzet en uitgevoerde analyses

In het onderzoek is onderscheid gemaakt in wegvakken met een ZOAB-deklaag en overige bitumineuze wegvakken met een dichte deklaag, zoals dicht asfaltbeton, steenmastiekasfalt en emulsiestasfaltbeton. Gezien de beschikbare informatie is het mogelijk gebleken om de spoorvormingsgroei van wegvakken met ZOAB te bepalen voor de periode met "normale" zomers (periode vóór 1994) en voor de periode met relatief warme zomers (periode 1994-1995). Voor de overige wegvakken is alleen de spoorvormingsgroei in de periode 1994-1995 bepaald, daar er onvoldoende gegevens voorhanden waren met betrekking tot het uitgevoerde onderhoud in de periode vóór 1994. Hiermee is inzicht gekregen in de invloed van de relatief warme zomers op de spoorvormingsontwikkeling.

Om na te gaan of de spoorvorming in de tijd toeneemt, zijn de gemiddelde spoordiepten - gemeten in het voorjaar van 1990 en 1994 en het najaar van 1995 - bepaald en met elkaar vergeleken.

Gezien de resultaten is extra aandacht besteed aan het fenomeen initiële spoorvorming. Dit is in dit onderzoek de spoorvormingsontwikkeling, die relatief kort na aanleg optreedt in een periode zonder hoge temperaturen.

Gezien het RWS-beleid om ZOAB op het gehele hoofdwegennet aan te brengen is speciale aandacht gegeven aan de spoorvormingsontwikkeling van ZOAB in relatie tot de uitgevoerde onderhoudsmaatregelen voordat een wegvak werd overlaagd door ZOAB.

Op een beperkt aantal plaatsen is op grond van orgelboringen nagegaan welke laag of lagen bepalend zijn voor de opgetreden spoorvorming en zijn de spoorvormingsgevoelige lagen asfalttechnologisch nader onderzocht om de oorzaak van de spoorvorming te bepalen.

De spoorvormingsgroei in de periode 1994-1995 is in het algemeen bepaald op basis van de voorjaarsmetingen uit 1994 en de najaarsmetingen in 1995. De spoorvormingsgroei van wegvakken met ZOAB in de periode voor de warme zomers is bepaald aan de hand van het jaar van aanleg (rekening houdend met voor of na de zomer van het betreffende jaar) en de voorjaarsmeting van 1994. Voor wegvakken, die na de meting van 1994 zijn gerepareerd of overlaagd is aangenomen, dat de spoorvorming na het onderhoud tot nul is gereduceerd. Vakken, die na de zomer 1994 zijn onderhouden hebben dan één zomer meegemaakt. Indien het onderhoud heeft bestaan uit het frezen van opstaande randen, dan zijn deze vakken buiten beschouwing gelaten, daar de spoorvorming dan niet tot nul is gereduceerd.

De initiële spoorvorming is bepaald van de wegvakken, die zijn aangelegd in het najaar van 1993. De initiële spoorvorming is in die gevallen gelijk aan de spoordiepte, die is gevonden in het voorjaar van 1994. Tevens is de initiële spoorvorming bepaald van wegvakken, die in het najaar van 1995 doch voor de meting in het najaar 1995 zijn onderhouden.

Om na te gaan in welke mate de zomers van 1994 en 1995 afwijken van het gemiddelde beeld is het aantal dagen met een maximum luchttemperatuur in deze periode beschouwd.

De verkeersbelasting, uitgedrukt in het aantal vrachtwagens in ON, is vergeleken met het gemiddelde van het Nederlandse hoofdwegennet.

Tenslotte is in [1] de adviesstrategie verwoord in een onderhoudsmatrix, waarin het uit te voeren onderhoud in relatie tot de spoorvormingsgroei is aangegeven.

3. Luchttemperaturen en verkeersbelasting

3.1 Luchttemperaturen

In tabel 1 is het gemiddeld aantal dagen in de zomerperiode, dat een bepaalde minimale luchttemperatuur is bereikt, voor de periode 1961-1990 weergegeven [3]. Voor de 1994 en 1995 zijn het betreffend aantal dagen in de periode juni, juli en augustus in deze tabel opgenomen.

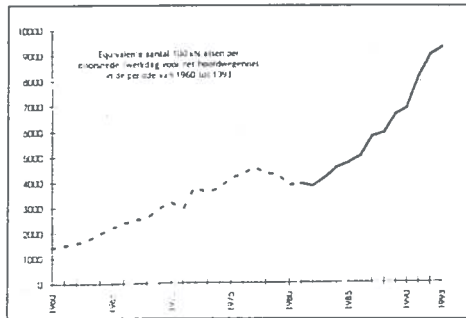
periode	aantal dagen met een bepaalde minimale luchttemperatuur	
	≥ 25 C	≥ 30 C
1961 - 1990	gemiddeld 16	gemiddeld 2
1994	29	8
1995	32	10

Tabel 1: Aantal dagen met een bepaalde minimale luchttemperatuur

Uit dit overzicht blijkt, duidelijk dat de zomers 1994 en 1995 relatief warm waren. Bovendien is het aantal warme dagen in de zomer 1995 groter dan in 1994. Ook kan geconcludeerd worden, dat een oordeel over spoorvorming niet alleen gebaseerd dient te zijn op de spoorvormingsgroei zoals deze is geconstateerd in de jaren 1994 en 1995, daar deze zomers niet maatgevend zijn voor de spoorvormingsgroei gedurende de levensduur van een constructie of deklaag.

3.2 Verkeersbelasting

In figuur 1 is de gemiddelde groei op het hoofdwegennet van het aantal equivalente 100 kN assen per werkdag (te samen in twee richtingen) in de periode 1960-1993 weergegeven.



Figuur 1 Ontwikkeling verkeersbelasting

Omdat vóór 1980 slechts in zeer beperkte mate beschikt kan worden over aslastmetingen is de ontwikkeling in die periode tamelijk onzeker. Desalniettemin kan geconcludeerd worden dat de groei tamelijk explosief is. Dit in combinatie met het toenemend aantal breedbanden en files kan de vraag gesteld worden of de ervaring in het verleden wel toereikend is om de problemen van morgen op te lossen?

In tabel 2 is de verkeersbelasting, uitgedrukt in het aantal vrachtwagens, op het hoofdwegennet en in ON weergegeven. Hoewel volgens eigen

waarnemingen van ON de verkeersbelasting hoger is, is deze hier niet gepresenteerd, omdat de basis hiervoor afwijkt van de weergegeven informatie.

Hoofdwegennet	gemiddeld aantal vrachtauto's	percentuele verdeling van het aantal vrachtauto's (va) in klassen met een minimale aantal va						
		≥2500	≥4000	≥5500	≥7000	≥8500	≥10000	≥11500
Nederland	6441	72	56	47	41	31	22	16
Oost Nederland	6273	74	60	56	53	34	16	9

Tabel 2: Aantal vrachtauto's in twee richtingen en percentuele verdeling in Nederland en directie Oost Nederland

Het gemiddeld aantal vrachtwagens op het wegennet in de ON wijkt niet wezenlijk af van het landelijk gemiddelde. Het aantal zeer zwaar belaste (zwaar in aantal) wegvakken is echter wel minder. In hoeverre het resultaat van het spoorvormingsonderzoek hiermee vertaalbaar is naar het landelijke beeld is niet zondermeer te zeggen.

4. Initiële spoorvorming

Uit het onderzoek is bevestigd, dat relatief kort na aanleg - ook in periodes met relatief lage temperaturen - reeds enige spoorvorming ontstaat. Deze spoorvorming is gedefinieerd als initiële spoorvorming. Bij de voorspelling wanneer een vak de norm voor spoorvorming bereikt, is rekening gehouden met deze eenmalige initiële spoorvorming.

De gemiddelde initiële spoorvorming bij wegvakken met een ZOAB-deklaag blijkt 2.7 mm te zijn. Dit gemiddelde is bepaald aan totaal 885 vakken van 100 m. Het verschil tussen vakken aangelegd in het najaar van 1993 met een meting in het voorjaar van 1994 en aangelegd in het najaar van 1995 en voor de metingen van het najaar 1995 is verwaarloosbaar. Minimaal is een initiële spoorvorming van 1 mm en maximaal van 5 mm aangetroffen.

Het verschil in initiële spoorvorming voor de wegvakken met een verschillende onderlaag zijn gering. Het "beste type" heeft een gemiddelde initiële spoordiepte van 2.5 mm (bepaald over 79 vakken) en het "slechtste type" heeft een gemiddelde van 3.3 mm (bepaald over 72 vakken).

Voor wegvakken zonder ZOAB-deklaag is geen onderscheid gemaakt in beide periodes. De gemiddelde initiële spoorvorming bepaald aan 1952 vakken is 4 mm. De spreiding is echter vrij groot. Het merendeel ligt echter tussen 2 en 6 mm.

Hieruit blijkt, dat de gemiddelde initiële spoorvorming tussen wegvakken met en zonder ZOAB in absolute zin niet erg verschilt. Bovendien blijkt deze goed overeen te komen met de waarde, die in het Informatiesysteem Verhardingsonderhoud van de DWV wordt gehanteerd.

5. Spoorvorming in de tijd

In tabel 3 is de gemiddelde spoorvorming in de Directie Oost Nederland vermeld zoals deze is aangetroffen in het voorjaar van 1990 en 1994 en in het najaar van 1995. De meting najaar 1995 is bij benadering te beschouwen als voorjaarsmeting 1996. Daar het geanalyseerd aantal meetvakken van 100 m verschilt, is tevens het aantal meetvakken aangegeven.

Jaar	Aantal meetvakken	Gemiddelde spoorvorming [mm]
1990	5710	7,0
1994	9618	6,2
1995	12520	7,2

Tabel 3: Gemiddelde spoorvorming in de tijd

Hoewel bedacht dient te worden, dat met name in 1990 vooral de tweecijferige wegen zijn gemeten en dat na de meting 1995 nog een aantal vakken, die de norm hadden bereikt, zijn hersteld, kan geconcludeerd worden dat het gemiddelde beeld in de loop der jaren niet al te veel verschilt. In hoeverre dit vrijwel gelijke niveau ten koste gaat van wezenlijk meer onderhoud in de afgelopen jaren is niet onderzocht. Wel is bekend dat de hoeveelheid ZOAB is toegenomen van 39,4 km baanlengte in begin 1990 tot 312,7 km eind 1995.

6. Spoorvormingsgroei in "normale" zomers

Voor wegvakken met een ZOAB-deklaag kon de spoorvormingsgroei in een periode met "normale" zomers worden bepaald, omdat op die vakken geen onderhoud voor spoorvorming heeft plaats gevonden. Daar op de vakken zonder ZOAB wel onderhoud heeft plaatsgevonden en dit onderhoud onvoldoende goed bekend is, is deze analyse voor die vakken niet uitgevoerd.

De gemiddelde spoorvormingsgroei per jaar, bepaald aan 1331 meetvakken van ZOAB met een gemiddelde leeftijd van ca. 3,5 jaar, blijkt maximaal 0,5 mm per jaar te zijn! Hieruit blijkt, dat de gemiddelde groei zodanig laag is, dat wegvakken met ZOAB - mede gezien de levensduur van ZOAB (gemiddeld ca. 10 á 11 jaar; [7]) - zelden de norm voor spoorvorming zullen bereiken of overschrijden.

7. Spoorvormingsgroei in warme zomers

Van het areaal aan wegvakken met een ZOAB-deklaag zijn 2626 vakken ofwel 93,2% en van wegvakken zonder ZOAB zijn 7404 vakken ofwel 75,2% geanalyseerd. De gemiddelde spoorvormingsgroei per jaar in deze periode met twee warme zomers is voor wegvakken:

- met ZOAB 1,2 mm per jaar en

- zonder ZOAB 1,5 mm per jaar.

De volgende conclusies zijn te trekken:

- het verschil in vakken met en zonder ZOAB is lager dan verwacht [4, 5]
- het absolute niveau is lager dan verwacht op grond van eerder onderzoek (steekproef van het hoofdwegennet na zomer 1994 en 1995)
- de spoorvormingsgroei op ZOAB-vakken ca. 2,5 maal die in normale zomers.

De analyse van de spoorvormingsgroei op ZOAB-vakken met verschillende type onderlagen geeft relatief grote verschillen. Het "beste type" heeft een gemiddelde spoorvormingsgroei van 0,45 mm (63 vakken) en het "slechtste type" een gemiddelde van 1,5 mm (810 vakken). Het verschil tussen de diverse "typen" is vrij groot. Het resultaat is niet conform de verwachting en lijkt niet consistent en niet in lijn met de ranking qua initiële spoorvorming.

8. Ernst en omvang spoorvorming

In onderstaande tabel 4 zijn de belangrijkste resultaten betreffende de spoorvormingsgroei en omvang in de periode 1994-1995 met relatief warme zomers samengevat.

Spoorvormings- groei in 94/95 mm/jaar	Vakken zonder ZOAB-deklaag		Vakken met ZOAB-deklaag	
	aantal meetvakken	[%]	aantal meetvakken	[%]
≥ 0	7404	100	2626	100
≥ 2	2462	33,2	487	18,5
≥ 4	593	8,0	76	2,9
≥ 6	186	2,5	7	0,3
≥ 8	68	0,9	3	0,1

Tabel 4: Spoorvormingsgroei en omvang

Meetvakken met een groei van ≥ 4 mm per jaar in de warme zomers zijn gedefinieerd als spoorvormingsgevoelig. In normale zomers zal de groei dan ca. 2 mm per jaar zijn. Rekening houdend met de initiële spoorvorming bereikt een spoorvormingsgevoelig vak bij normale zomers derhalve binnen 7 jaar de norm van 18 mm.

Het aantal spoorvormingsgevoelige vakken bij wegvakken zonder ZOAB is 8% en bij vakken met ZOAB 2,9%. De omvang van spoorgevoelige vakken is zeker bij ZOAB niet hoog. Het betere gedrag van wegvakken met ZOAB komt duidelijk naar voren. Dit betere gedrag wordt nog versterkt door het gegeven dat de zwaarst belaste vakken voor een groter deel zijn voorzien van ZOAB.

9. Samenvatting asfalttechnologisch onderzoek.

9.1 Inleiding

Het hier geresumeerde onderzoek heeft betrekking op het asfalttechnologisch onderzoek naar de oorzaak van de opgetreden primaire spoorvorming. Het onderzoek is gericht op de samenstelling, de aard van de bouwstoffen en de eigenschappen van de spoorvormingsgevoelige asfaltlagen in de betreffende constructies. Voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar [2]. Hierin zijn de specifieke wegvakken, locaties, constructies en spoorvormingsgevoelige asfaltlagen alsmede

alle resultaten van het uitgevoerde asfaltechnologisch onderzoek te vinden.

9.2 Selectie asfaltmengsels voor onderzoek

Voor onderzoek zijn 5 spoorvormingsgevoelige wegvakken geselecteerd. Rekening houdend met toekomstige constructies zijn 3 vakken geselecteerd met zoab als deklaag en 2 vakken met dab als deklaag. Per wegvak zijn, ter vaststelling in welke asfaltlaag of -lagen zich de oorzaak van de ontstane spoorvorming bevindt, 2 orgels geboord. Tevens is per wegvak 1 orgel geboord op een locatie met wat minder spoorvorming. Gebleken is dat de orgels moeilijk waren te interpreteren. Door de orgelgegevens op een alternatieve wijze grafisch uit te zetten en met kennis van de historie zijn de spoorvormingsgevoelige asfaltlagen met een zekere mate van betrouwbaarheid te traceren. Voor het asfaltechnologisch onderzoek zijn uiteindelijk 15 meer of minder spoorvormingsgevoelige asfaltlagen geselecteerd, te weten 4 zoabmengsels, 2 dabmengsels, 5 oabmengsels, 1 stabmengsel en 1 gabmengsel.

9.3 Onderzoek

De spoorvormingsgevoelige mengsels zijn onderzocht op korrelverdeling, bitumengehalte, holle ruimte, verdichtings- en vullingsgraad (uitgezonderd zoab), bitumeneigenschappen, aard van de bouwstoffen en mortelstijfheid. D.m.v. volumetrische berekeningen is de mate van vulling van alle zgn. zandskeletmengsels berekend met de vullingsratio. Deze is gedefinieerd als de verhouding tussen het volume aan mortel (bitumen + vulstof) en het beschikbare volume aan holle ruimte in het optimaal verdichte steenzandmengsel. Bij zandskeletmengsels wordt de mortel als het bindmiddel beschouwd. Een negatieve respectievelijk positieve vullingsratio geeft aan dat een asfaltmengsel bij optimale verdichting van het zandskelet is onder- of overvuld met mortel. De belangrijkste invoerparameter voor de berekening van de vullingsratio is de holle ruimte van het optimaal verdichte zandskelet bepaald met de gemodificeerde stampvolumemeter volgens Engelsmann.

9.4 Resultaten

Indien alle mengsels op de standaardwijze worden beoordeeld zoals gebruikelijk is bij de kwaliteitsbeoordeling (laagdikte, bitumengehalte, holle ruimte, korrelverdeling en verdichtingsgraad) voldoen nagenoeg alle onderzochte spoorvormingsgevoelige asfaltmengsels aan de eisen. Het hier uitgevoerde onderzoek is echter veel uitgebreider. Uit het onderzoek is gebleken, dat in meerdere gevallen andere steen- en bitumensoorten in de asfaltmengsels zijn aangetroffen dan er op basis van de betreffende vooronderzoeken in hadden moeten zitten. Indien er andere dan in het vooronderzoek vastgestelde bouwstoffen worden toegepast, kan de volumetrische samenstelling zodanig negatief worden beïnvloed dat er spoorvormingsgevoelige mengsels kunnen ontstaan. Bij controle op de vullingsgraad bleek dat acht van de elf onderzochte zandskeletmengsels een "te hoge" vullingsgraad hadden (indien dezelfde eisen worden gesteld als gelden voor Marshallverdichte proefstukken). Bij oplevering voldeden de asfaltmengsels over het algemeen aan de samenstellingseisen en waren de mengsels mogelijk nog niet overvuld (bij de eindcontrole wordt hier niet op gecontroleerd!). De overvulling is waarschijnlijk na openstelling ontstaan door naverdichting onder invloed van de zware verkeersbelasting in combinatie met hoge asfalttemperaturen.

Uit volumetrische berekeningen blijken 7 van de 11 onderzochte asfaltmengsels overvuld te zijn. Dat 4 asfaltmengsels (1 * stab en 3 * gab), ondanks een negatieve vullingsratio, toch spoorvormingsgevoelig zijn is mogelijk te verklaren uit het feit dat het toegepaste natuurlijke rondkorrelige zand een slechte stabiliteit heeft (kogellagereffect).

Daar is gebleken dat ook zoab een bijdrage heeft geleverd aan de ontstane spoorvorming, is

onderzocht of er naverdichting van het steenskelet heeft plaatsgevonden. Uit onderzoek van boorkernen, in en naast de rijsporen geboord, is gebleken dat het zoab in de rijsporen onder invloed van zware verkeersbelasting en mogelijk in combinatie met hoge asfalttemperaturen is naverdicht. Daar het volume van de mastiek (= zand + vulstof + bitumen) constant blijft, kan worden geconcludeerd dat er een heroriëntatie van de steenkorrels heeft plaatsgevonden. Deze heroriëntatie kan enerzijds plaatsvinden door een betere stapeling van het steenskelet waardoor minder holle ruimte beschikbaar is voor de mastiek en anderzijds kan de mindere holle ruimte ontstaan zijn door verbrijzeling van de stenen onder invloed van de verkeersbelasting. De afname van de holle ruimte in de zoab is een gedeeltelijke verklaring voor de ontstane spoorvorming. Vijf van de tien onderzochte mortels hebben een te lage stijfheid (gedefinieerd volgens OCW-mededelingen 25), wat nadelig is voor de weerstand tegen spoorvorming.

Uit vergelijkend onderzoek aan meer en minder spoorvormingsgevoelige asfaltmengsels uit hetzelfde wegvak kwam naar voren dat de ontstane spoorvorming o.a. werd veroorzaakt door een hogere mate van vulling van de asfaltmengsels, het toepassen van een andere steensoort dan in het vooronderzoek, een slechtere verdichting en het toepassen van steenslag met een te hoog percentage 100% rond.

Daar er meerdere oorzaken zijn gevonden is er niet eenduidig één oorzaak voor de ontstane spoorvorming aan te wijzen.

9.5 Discussie

Gebleken is dat de huidige mengselontwerpmethode en procedures m.b.t. de kwaliteit van asfalt niet in alle gevallen potentiële spoorvormingsgevoelige asfaltmengsels onderkennen. Verbetering van de ontwerpmethode en/of de betreffende procedures is dus gewenst.

Uit onderzoek van P.Verbert [6] is gebleken dat het zandskelet met de standaard Marshallverdichting niet optimaal wordt verdicht. Dit is een belangrijk punt, want de Marshall-dichtheid wordt tevens gebruikt als referentiedichtheid voor de praktijkverdichting. Dit betekent dat de zandskeletmengsels in de praktijk soms onvoldoende verdicht kunnen zijn en dat er naverdichting kan optreden.

Wijziging van de bouwstoffen heeft per definitie gevolgen voor de volumetrie van het mengsel. Gezien het belang van de volumetrie is bewaking van deze volumetrie nodig om te voorkomen dat spoorvormingsgevoelig asfalt wordt aangebracht. Een andere mogelijkheid is om in aansluiting op wat in sommige landen wordt gehanteerd een minimale eis voor de holle ruimte voor alle asfaltmengsels op te nemen.

Om de weerstand tegen spoorvorming te verbeteren zouden derhalve in het gehele traject van vooronderzoek, kwaliteitsborging en kwaliteitsbeoordeling de mengsels op de mate van vulling gecontroleerd moeten worden. Dit zou de huidige vullingsgraad kunnen zijn, maar ook de vullingsratio.

Tevens is aan te bevelen om een verbeterde verdichtingsmethode toe te passen om een hogere referentie dichtheid te krijgen.

10. Conclusies en aanbevelingen

1. De gemiddelde spoordiepte in de directie Oost Nederland is (mede op basis van het uitgevoerde onderhoud) in de tijd vrij constant.
2. Aan de hand van de spoorvormingsgroei zijn spoorvormingsgevoelige wegvakken te detecteren en is de ernst en omvang van spoorvorming vast te stellen.

3. Wegvakken met een zoab-deklaag en stabiele onderlaag zullen de norm voor spoorvorming niet bereiken.
4. Met de juiste maatregelen zijn bitumineuze verhardingen voldoende spoorvormingsresistent te maken.
5. Interpretatie van orgelboringen om spoorvormingsgevoelige lagen te detecteren vraagt om een aangepaste uitwerking en historische kennis van het wegvak.
6. Om de weerstand tegen spoorvorming te verbeteren is aanpassing van de mengselontwerpmethode en kwaliteitssystematiek nodig.
7. Aanbevolen wordt om voor zandskeletmengsels een betere verdichtingsmethode toe te passen om een hogere referentie dichtheid te verkrijgen.
8. Tevens wordt aanbevolen om de volumetrie in de gehele procesvoering van asfalt mee te nemen.
9. Tenslotte wordt aanbevolen onderzoek te doen naar de invloed op de stabiliteit van rond natuurlijk zand op de spoorvormingsgevoeligheid van zandskeletmengsels.

Stellingen

1. De spoordiepte is bepalend voor het moment van onderhoud en de spoorvormingsgroei is bepalend voor het type maatregel.
2. Spoorvormingsproblemen kunnen effectief bestreden worden met ZOAB met een voldoende stabiele onderlaag.
3. Bij het ontwerp van asfaltmengsels zal een betere laboratoriumverdichting toegepast moeten worden en zal gebruik gemaakt moeten worden van de volumetrische ontwerpmethode.
4. Bouwstoffen kunnen niet ongestraft gewijzigd worden zonder controle op de gevolgen!

Referenties

1. Over spoorvorming! Spoorvorming over?
Rapport W-DWW- 97-060/ON-rapport-97-001
2. Oorzaak van spoorvorming in de directie Oost-Nederland
Rapport W-DWW-97-063
3. Normalen en extreme waarden van de 15 hoofdstations voor het tijdvak 1961-1990.
Klimatologische gegevens van Nederlandse stations
KNMI publicatie nr. 150-27
4. Zomereffect op de rijspoorvorming van het hoofdwegennet
DWW WXA-N-94-67 d.d. 08-09-94
5. Zomereffect 1995 op de rijspoorvorming van het hoofdwegennet
Notitie IR-N-95-241
6. Invloed van de vullingsgraad op de weerstand tegen het vervormen van asfaltmengsels
(zandskeletmengsels)
Bitumeninfo 37/1979
7. ZOAB, hoe lang gaat het mee.
Werkdokument W-DWW-97-049 d.d. 16 mei 1997