



Polytechnic

College

Instituut voor hoger beroepsonderwijs

Instituut voor hoger beroepsonderwijs in Suriname
Infrastructuur
2012 - 2013

PRAKTIJKONDERZOEK NAAR HET GEDRAG VAN LOKALE VULSTOFFEN IN ASFALTBETON VAN SURINAME



**Afstudeerverslag ter verkrijging van de graad van
Bachelor of Applied Technology (BTech.)
in de studierichting Infrastructuur**

X. Baldew
Paramaribo, september 2013

Instituut voor hoger beroepsonderwijs in Suriname
Infrastructuur
2012 - 2013

PRAKTIJKONDERZOEK NAAR HET GEDRAG VAN LOKALE VULSTOFFEN IN ASFALTBETON VAN SURINAME



Naam student + studentenreg. nr:
Docent-begeleider:
Bedrijfsbegeleider:
Richtingscoördinator:

Xavier Baldew 10758
S. Kishoen Misier Msc.
J. Koornaar Msc.
R. Tjong A Hung Ir.

Paramaribo, 30 september 2013

Samenvatting

In Suriname zijn er veel wegen die te kampen hebben met het bleeding-/flushingverschijnsel. Bleeding is het fenomeen dat zich voordoet wanneer bij hoge temperaturen de mastiek door zware belastingen uit het mengsel naar het oppervlak van het wegdek wordt geperst. Dit verschijnsel kan zich voordoen uit een aantal oorzaken zoals overmatig bitumen in het asfaltmengsel, laag gehalte aan holle ruimte in het mengsel, overgevolde mengsels en ook bij het niet professioneel aanbrengen van prime/tack coat op het wegdek. Vulstoffen spelen hierbij een belangrijke rol om het verschijnsel van bleeding te kunnen minimaliseren. In Suriname zijn er tot nu toe vijf asfalteringsbedrijven die met het oog op de ontwikkeling van de infrastructuur een kwalitatief goed asfaltproduct streven te realiseren. Door het merendeel van deze bedrijven wordt natuurlijke vulstof in het asfaltmengsel opgenomen en bij een gebrek aan vulstof van de aggregaten een aanvullende fabrieksvulstof. Vulstoffen zijn van groot belang bij het functioneren van een asfaltmengsel. Vulstoffen zorgen er niet alleen voor dat de ruimten tussen de grotere steen- en zandkorrels opgevuld worden, maar zorgen er ook voor dat het bitumen een bepaalde stijfheid en een beter hechtvermogen verkrijgt.

Tegenwoordig wordt er in Suriname slechts met twee lokale vulstoffen gewerkt, te weten natuurlijke vulstof en cement, en wordt er steeds naar gestreefd kwalitatieve en economisch gunstige alternatieven te ontwikkelen. Zo worden er onder meer proeven uitgevoerd op gecalcineerd kaolien in asfalt. Eigenlijk klinkt het gebruik van kaolien als vulstof in asfalt vreemd in de oren, omdat kaolien van nature een kleiproduct is. Aangezien de wateropname bij klei vrij groot is, zou het op het eerste gezicht niet het meest ideale materiaal zijn om in de wegebouw toe te passen.

In dit geval gaat het om het kleimineraal kaoliniet dat afkomstig is uit kaolien. In een recent onderzoek (Hirosemito, 2013) is aangetoond dat dit mineraal microscopisch gezien een plaatjesstructuur heeft, waarbij de plaatjes geneigd zijn uit te zetten bij contact met water (zweleffect). Bij het calcineren naar metakaolien worden deze plaatjes zodanig verbrand (verbrandingseffect), dat ze worden omgezet in ronde kogelvormige deeltjes. Hoewel de vochtopname vrij hoog blijft, wordt het zwelvermogen grotendeels teruggedrongen door de omvorming van plaatdeeltjes naar ronde kogelvormige deeltjes.

Aangezien het onderzoek van vulstoffen heeft bewezen dat metakaolien een lage testwaarde heeft bij de methyleenblauwproef, kan worden geconcludeerd dat het ook als vulstof gebruikt kan worden.

In dit onderzoek is gewerkt met één mengselsamenstelling van wat betreft het aggregaat gevormd door vier verschillende vulstoffen. Het refererende mengsel, de mengselsamenstelling met uitsluitend aggregaatvulstof voldoet niet aan de stabiliteitseisen, maar dan op zijn beurt voldoet het mengsel met cement als aanvullende vulstof, makkelijk aan de eisen voor een



Polytechnic

College

Instituut voor hoger beroepsonderwijs

deklaag van asfaltbeton die binnen het casusproject worden gesteld. De twee laatste vulstoffen zijn kaolienproducten die door het bedrijf Moengo Minerals worden geleverd, te weten A-Course en B-Fine.

Uit de resultaten van de A-Courseproeven is gebleken dat de A-Course kaolien niet als vulstof in de deklaag geplaatst kan worden, vanwege het feit dat A-Course niet voldoet aan de classificatie-eisen van vulstoffen. De resultaten van B-Fine voldoen in dit casusproject niet aan het gestelde programma van eisen op zowel mechanisch als volumetrisch gebied.

Voorwoord

Voor u ligt het definitieve verslag over de resultaten en conclusies van mijn afstudeeronderzoek over het gedrag van vulstoffen in asfalt. Het onderzoek heeft mijn kennis over hoe asfalt zich kan gedragen behoorlijk vergroot, maar ik ben mij ervan bewust dat het onderzoek niet hierbij eindigt. Het is slechts een eerste stap om te kunnen zien hoe bepaalde eigenschappen van asfalt kunnen worden beïnvloed door slechts één variabele, te weten de aard van de gebruikte vulstof binnen een gestandaardiseerde toplaagsamenstelling. Nader onderzoek betreffende de verhoudingen van aggregaten en vulstoffen kan uitwijzen welke impact de vulstof op de eigenschappen van asfalt (in dit geval de toplaag) kan hebben.

Men zegt wel eens dat een keten even sterk is als de zwakste schakel, hetgeen ook geldt voor vulstoffen in asfalt. Daar de impact van vulstoffen in asfalt nog niet zo bekend is in Suriname, wordt met dit onderzoek getracht meer kennis te vergaren hieromtrent en bij te dragen aan de verbetering van de asfaltkwaliteit. Ondanks het feit dat het vulstofgehalte in asfalt in percentages zeer minimaal is, is de impact van vulstoffen in asfalt opmerkelijk groot.

Mijn dank bij dit onderzoek gaat uit naar de heer Koornaar J. Msc., de heer Tjong A Hung R. Ir., de heer Bakker H. Ing., de heer Kishoen Misier S. Msc., de heer Engelenburg B. Ing., de heer Hirosemito M. Bsc., de heer Cameron R. Ir., mevrouw Kaseroen M. en mijn overige collega's binnen het laboratorium die mij hebben bijgestaan binnen dit onderzoek.

Paramaribo, 30 september 2013

Baldew Xavier

Inhoudsopgave

SAMENVATTING

VOORWOORD

LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

LIJST VAN FIGUREN

LIJST VAN TABELLEN

INLEIDING	13
1.1 Inleiding	13
1.2 Probleembeschrijving.....	15
1.3 Probleemstelling.....	15
1.4 Doelstelling	15
1.5 Afbakening.....	15
1.6 Programma van Eisen.....	16
1.7 Onderzoeksopzet	17
1.8 Plan van aanpak.....	17
2 LITERATUURONDERZOEK	18
2.1 Asfalt	18
2.1.1 Asfaltmengsels	18
2.1.2 Onderverdeling asfaltmengsel in grote lijnen	19
2.2 Toeslagmaterialen (aggregaten)	22

2.2.1	Het grove toeslagmateriaal	22
2.2.2	Fijn toeslagmateriaal.....	23
2.2.3	Vulstoffen	23
2.3	Bitumen	27
2.4	Samenstellen van asfaltbeton	29
2.5	Bleeding	30
3	VELDORIËNTATIE	32
3.1	Inleiding	32
3.2	Steenslagwinning in Suriname	32
3.2.1	Vulstoffen in Suriname	33
3.3	Bitumen in Suriname.....	34
3.4	Asfaltbeton in Suriname.....	34
3.5	Oriëntatie van bleedingvoorkomens op Surinaamse wegen	35
4	UITVOERING VAN HET VULSTOFONDERZOEK	40
4.1	Onderzoeksplan.....	40
4.1.1	Schema onderzoeksplan.....	43
4.2	Beschrijving van laboratoriumtesten.....	48
4.2.1	Testen op grove minerale toeslagstoffen	48
4.2.2	Testen op fijne minerale toeslagstoffen	52
4.2.3	Testen op vulstoffen.....	52
4.2.4	Testen op bitumen.....	54
4.2.5	Testen op asfaltbeton	56



4.3	Monstername	59
4.3.1	Berekening van de mengverhouding	60
5	RESULTATEN EN ANALYSE.....	63
5.1	Inleiding	63
5.2	Overzicht resultaten uit het onderzoek op minerale aggregaten	63
5.3	Overzicht resultaten uit het onderzoek op lokale vulstoffen.....	66
6	KARAKTERISERING VAN DE TOEGEPASTE VULSTOFFEN	68
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	711
	Literatuurlijst	733
	Bijlage.....	75

LIJST VAN AFKORTINGEN EN SYMBOLEN

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: American Society for Testing and Materials
CDIG	: China Dalian International Group
EN	: Europese Norm
NEN	: <i>NE</i> ederlandse Norm
PTC	: Polytechnic College
ISTS	: Institutional Strengthening Of The Transport Sector
ΔR&B test	: Delta Ring and Ball test (Delta Ring en Kogel proef)
ITSR	: Indirect Tensile Strength Ratio
AC 16	: Asphalt Concrete 16 mm (Asfaltbeton van 16 mm naar beneden)
μm	: micrometer
mm	: millimeter
%	: procent
UV- stralen	: Ultraviolette stralen
Afb	: afbeelding
Fig.	: figuur
P.V.E.	: programma van eisen
L.A. test	: Los Angeles Abrasion test

LIJST VAN FIGUREN

<i>Fig.1</i>	<i>Vullingsgraad asfaltmengsel</i>	19
<i>Fig. 2</i>	<i>Koudasfalt per pak</i>	20
<i>Fig. 3</i>	<i>Emulsieasfaltbeton (eab)</i>	20
<i>Fig.4</i>	<i>ZOAB</i>	22
<i>Fig. 5a</i>	<i>Calcineren kaoliniet naar metakaolien</i>	27
<i>Fig. 5b</i>	<i>Details bij het calcineerproces</i>	27
<i>Fig.6</i>	<i>Bitumen in vaste toestand</i>	28
<i>Fig.7</i>	<i>Situatieschets indeling kaolien</i>	33
<i>Fig.8a</i>	<i>Bleeding Einsteinstraat</i>	36
<i>Fig.8b</i>	<i>Bleeding Einsteinstraat</i>	36
<i>Fig.9</i>	<i>Bleeding Twee kinderenweg</i>	36
<i>Fig.10</i>	<i>Bleeding Picassostraat</i>	36
<i>Fig.11</i>	<i>Bleeding Topaasstraat</i>	37
<i>Fig.12</i>	<i>Een zeefkromme extractie deklaag Topaasstraat</i>	39
<i>Fig. 13</i>	<i>Het Los Angeles Abrasion testapparaat</i>	48
<i>Fig. 14</i>	<i>Stalen balen (steel spheres)</i>	49
<i>Fig. 15a</i>	<i>Elongation gauge in action</i>	49
<i>Fig. 15b</i>	<i>Flakiness index gauge in action</i>	49
<i>Fig. 16</i>	<i>Zeefset op mechanische shaker</i>	51
<i>Fig. 17a</i>	<i>Pyknometerfles met materiaal</i>	52
<i>Fig. 17b</i>	<i>Pyknometerfles + materiaal+ water</i>	52
<i>Fig. 18</i>	<i>Penetratietest</i>	54
<i>Fig. 19</i>	<i>Ring & Kogeltest</i>	55
<i>Fig. 20</i>	<i>Briquette voor ductility test</i>	55
<i>Fig. 21</i>	<i>Schematische weergave Marshallgrafiek</i>	56
<i>Fig. 22</i>	<i>Bepaling afmetingen van de Marshalltabletten</i>	57
<i>Fig. 23</i>	<i>Temperatuur afmeting waterbad</i>	57
<i>Fig. 24</i>	<i>Weging Marshalltablet, onder en boven water (bulk density met ingesloten lucht)</i>	57
<i>Fig. 25</i>	<i>Plaatsing van de Marshalltabletten in een waterbad met een temperatuur van $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ en drukken van de tabletten</i>	58
<i>Fig. 26</i>	<i>Marshalldiagram afbeelding op de monitor van de drukbank</i>	58
<i>Fig. 27</i>	<i>Conditionering van Marshalltabletten</i>	59

<i>Fig. 28</i>	<i>Plaatsing van de Marshalltabletten in waterbad op temperatuur van 25°C en drukken van de tabletten</i>	59
<i>Fig. 29</i>	<i>Grafisch overzicht lokale vulstoffen</i>	62

LIJST VAN TABELLEN

<i>Tabel 1</i>	<i>Eigenschappen van vulstoffen conform NEN 6240</i>	25
<i>Tabel 2</i>	<i>Dalian resultaten Einsteinstraat</i>	37
<i>Tabel 3</i>	<i>Dalian resultaten Twee kinderenweg</i>	37
<i>Tabel 4</i>	<i>Dalian resultaten Picassostraat</i>	38
<i>Tabel 5</i>	<i>Dalian resultaten Topaasstraat</i>	38
<i>Tabel 6</i>	<i>Samenstelling van de mengsels</i>	41
<i>Tabel 7</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel bemonsteren mineraalaggregaat</i>	43
<i>Tabel 8</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel classificeren mineraalaggregaat</i>	44
<i>Tabel 9</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel classificeren op hardheid mineraalaggregaat</i>	45
<i>Tabel 10</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel classificeren op vlakheid mineraalaggregaat</i>	45
<i>Tabel 11</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel samenstellen van asfaltmengsels</i>	46
<i>Tabel 12</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel bepaling van mengsel-dichtheden zonder ingesloten lucht</i>	47
<i>Tabel 13</i>	<i>Onderzoeksplan onderdeel onderzoek vulstoffen t.b.v. referentie</i>	47
<i>Tabel 14</i>	<i>Berekend Jobmix eigen stof getoetst op graderingseisen</i>	61
<i>Tabel 15</i>	<i>Toetsing van overige mengsels t.o.v. Jobmix eigen stof</i>	61
<i>Tabel 16</i>	<i>Overzicht gemiddelde korrelverdeling steenslagaggregaat en specific gravity</i>	64
<i>Tabel 17</i>	<i>Overzicht Los Angeles test</i>	64
<i>Tabel 18</i>	<i>Overzicht flakiness index</i>	65
<i>Tabel 19</i>	<i>Overzicht elongation index</i>	65
<i>Tabel 20</i>	<i>Overzicht gemiddelde korrelverdeling vulstoffen en specific gravity</i>	66
<i>Tabel 21</i>	<i>Overzicht vulstofclassificatie</i>	67
<i>Tabel 22</i>	<i>Overzicht karakterisering lokale vulstoffen</i>	68

INLEIDING

1.1 Inleiding

In Suriname worden de grootste asfalteringsprojecten uitgevoerd door de aannemers CDIG (China Dalian International Group) afgekort Dalian, MNO-Vervat, Baitali en Tjonalanga en Caremco. Elk van deze asfalteringsbedrijven heeft zijn eigen asfaltmengsels. De vraag is welke stoffen deze bedrijven in hun asfaltmengsels opnemen om een kwalitatief goed product te leveren.

Vulstof is een belangrijke component welke in een asfaltmengsel aanwezig dient te zijn. Deze zorgt ervoor dat de holle ruimten binnen het steenskelet van het mengsel worden opgevuld en vormt samen met het bitumen een mortel die als bindmiddel fungeert tussen de aggregaten onderling. Vulstoffen hebben een verstijvende werking op het bindmiddel, waardoor de stabiliteit van het asfalt verhoogd wordt.

Er zijn verschillende soorten vulstoffen die aan asfaltmengsel toegevoegd kunnen worden. Eigen stof is de steenslagfractie met een korrelgrootte kleiner dan 75 micrometer, die vrijkomt bij het verbrekingsproces van steenachtig mineraal. Vulstof van oorspronkelijk steenslag is een materiaal dat in Suriname over het algemeen wordt gebruikt in asfalt. De locatie waar het steenslag wordt ontgonnen is van groot belang, vanwege het onderscheid tussen zacht steenslag en hard steenslag.

Het voordeel van zacht steenslag is dat er vrij eenvoudig fijn materiaal uit gewonnen kan worden, omdat het makkelijk verbrijzelt. Doordat de concentratie aan vulstof hoog wordt, resulteert zacht steenslag in overvulling van het mengsel dat op zijn beurt resulteert in bleeding. Dit wordt veroorzaakt door een tekort aan holle ruimte in het asfalt, hetgeen nodig is voor bitumen om in te “bewegen” bij toename van temperatuur en druk uit verkeersbelasting.

Het nadeel van zacht steenslag is echter dat het de potentie heeft een te hoge Los Angeles Abrasion (L.A.) waarde te hebben, wat het asfalt uiteindelijk tot een onstabiel mengsel maakt.

Het voordeel van hard steenslag is dat het een lage L.A.-waarde heeft, wat dan weer nadelig uitkomt voor het crushen van materiaal kleiner dan 75 micrometer. Een bijkomend nadeel van hard steenslag is dat het meer energie kost om de gewenste korrelstructuur te krijgen. De kans is dus groot dat er platte steentjes worden geproduceerd, wat nadelig is voor het korrelskelet. Maar omdat dit steenslag al gebruikt wordt voor de grovere aggregaten in een mengsel, zou het economisch zeer nadelig uitkomen nog meer van dit steenslag te crushen om de eigen stof te verkrijgen.

In de Standaard Specificaties 1998 worden eisen gesteld aan het minimum- en maximumpercentage vulstof en bitumen. In de aggregaten die gebruikt worden, zit er een zeker percentage

aan “eigen stof” en deze vulstof ontstaat ook tijdens het productieproces van asfalt (slijtage tijdens het drogen en zeven). Tijdens het productieproces wordt dit percentage aan vulstof dat ontstaat, afgezogen en opgeslagen in een aparte silo (vulstofsilo). De “eigen stof” wordt gebufferd, maar uiteindelijk aan het mengsel toegevoegd. Het kwalitatieve en kwantitatieve probleem met vulstoffen die gewonnen worden uit de steengroeve van Pokigron is dat het percentage aan “eigen stof” te gering is om het vereiste bitumenpercentage te binden en het asfaltmengsel te laten voldoen aan de mechanische en volumetrische eisen van de Standaard.

Wat de meeste bedrijven dan doen, is de bestaande vulstoffractie (eigenstof) aanvullen met fabrieksvulstof, door deze toe te voegen aan de inhoud van de drummixer tijdens het asfaltproductieproces. Door het inwendig zeven van aggregaten in de drummix ontstaat er “eigen stof” wat al als vulstof in het mengsel wordt bijgevoegd.

Terugkomend op de term bleeding, rijst nu de vraag: “Wat is bleeding?”

Bleeding bij asfalt is het fenomeen dat zich voordoet wanneer bij hoge temperaturen de mastiek door zware belastingen uit het mengsel naar het oppervlak van het wegdek wordt geperst. (In hoofdstuk 2.5 wordt er iets uitgebreider “besproken” over bleeding).

Mogelijke oorzaken van asfaltbleeding:

- overmatig bitumen in het asfaltmengsel
- laag gehalte aan holle ruimte in het asfaltmengsel
- overgevolde mengsels

Moengo Minerals

Moengo Minerals is een nieuw Surinaams bedrijf dat zich bezighoudt met het delven van kaolien in het oosten van ons land. Exploratieonderzoeken hebben aangetoond dat er grote kaolienvoorkomens aanwezig zijn in de uitgemijnde bauxietgebieden.

Kaolien is een witte grondstof dat zijn toepassingen vindt bij de productie van verf, inkt, beton plastic, glasvezels, keramiek, cosmetica, wasmiddelen, medicijnen en katalisatoren.

Momenteel is het bedrijf in de productietestfase om metakaolien en andere kaolienproducten als vulstof te laten gebruiken in de asfaltwereld. Middels dit onderzoek wordt nagegaan of deze kaolienproducten daadwerkelijk in de asfaltindustrie gebruikt kunnen worden.

1.2 Probleembeschrijving

In Suriname zijn er veel wegen die te kampen hebben met het bleedingverschijnsel. Visueel gezien is dit niet erg aantrekkelijk en daarenboven qua sterkte, duurzaamheid en rijveiligheid erg ongewenst. Duidelijk is, dat asfaltbetonmengsels, welke in de afgelopen jaren ontworpen zijn voor Surinaamse wegen, veelal niet voldoen op het gebied van visuele beoordeling naar textuur.

1.3 Probleemstelling

Doordat er weinig kennis is van de bijdrage die vulstoffen hebben in asfaltbeton, is de werkingseffectiviteit ervan in de Surinaamse asfaltpraktijk onbekend, waardoor men de beoogde mengseleigenschappen vaak niet in de hand heeft.

1.4 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is het gedrag van de verschillende lokale vulstoffen in de asfaltdeklaag te onderzoeken op de mate waarin deze in staat is om “bleeding” te voorkomen en als zodanig deze ten opzichte van elkaar te kunnen rangschikken naar werkingssterkte.

1.5 Afbakening

- Binnen dit onderzoek wordt er gewerkt met de verschillende normen. In de literatuur wordt er precies verwezen om welke normen het gaat.

- De resultaten ten aanzien van de classificatie van vulstoffen zijn ontleend aan *“Vulstoffen in de Surinaamse asfalt industrie: een onderzoek naar de invloed van Surinaamse vulstoffen op kenmerkende eigenschappen van asfaltbeton”*.
De testen die in dat onderzoek op de vulstoffen (eigen stof, cement, metakoalien van Moengo Minerals, airfloated kaolien van Moengo Minerals) uitgevoerd zijn betreffen:
 - het bitumengetal (NEN – EN 13179 – 2)
 - Delta Ring & Kogel (NEN – EN 13179 – 1)
 - Rigden Voids test (NEN – EN 1097 – 4)

- Proeven die op het minerale aggregaat worden uitgevoerd:
 - zeefanalyse (AASHTO T 27)
 - Los Angeles Abrasientest (ASTM C131)
 - Flakiness en Elongation index test (BS 812-105.1 / BS 812-105.2)

- specific gravity met behulp van de pyknometer (EN 1097-7)
- Bitumen van Staatsolie Maatschappij N.V. met een penetratiegetal van 60/70
- Testen op asfaltmengsel:
 - Bulk density proef (ASTM D2726)
 - Marshall proef (ASTM D6927)
 - ITSR proef (EN 12697 – 23)
 - specific gravity met behulp van pyknometer (EN 1097-7)
- Alle materiaal dat voor een asfaltmengsel nodig is wordt bemonsterd op de plant van Dalian. De minerale aggregaten zijn afkomstig uit de steengroeve van Pokigron van CDIG (op km 55 vanuit Berg & Dal).
- Kaolienproducten zijn ter beschikking gesteld door Moengo Minerals N.V.

1.6 Programma van Eisen

Eisen ten aanzien van ontwerpen van het deklaagmengsel

De berekening en bepaling van de mengverhouding worden bepaald middels:

- de mineraleaggregaatwaarden van AC16 (deklaag) die in het bestek van Dalian worden aangegeven (zie tabel 10).
- mengsels ontworpen met een bitumen “op” percentage van 5.5% en een bitumen “in” percentage van 5.2%
- Marshall stabiliteit $\geq 8000N$
- vloeiwwaarden tussen 2.0 - 5.0 mm
- holle ruimte met een percentage tussen 3% - 5%
- vullingsgraad $\leq 80\%$
- holle ruimte in mineraal aggregaat $\geq 14\%$
- extractietolerantiewaarden bitumen “op” tussen 5.0 – 6.0%
“in” tussen 4.75 – 5.65%

1.7 Onderzoeksopzet

In dit verslag zullen er dus op basis van eigen stof (referentie asfaltmengsel) naar drie andere vulstoffen gekeken worden die in een asfaltmengsel verwerkt worden.

De toegepaste vulstoffen in Suriname betreffen:

- fijn materiaal uit steenslag (natuurlijke vulstof)
- cement
- kaolienproduct van Moengo Minerals type B-fine
- kaolienproduct van Moengo Minerals type A-course

Allereerst moet het karakter van deze vulstoffen worden bepaald. Als deze vulstoffen gekarakteriseerd zijn, kan er al een beeld gevormd worden om te zien hoe ze als vulstof zich gedragen.

Dit wordt bereikt door de volgende stappen:

- vaststellen van de mechanismen die leiden tot bleeding;
- vaststelling van de eigenschappen van vulstoffen in asfaltbetonmix;
- beproeven van enkele asfaltbetonsamenstellingen op basis van toepassing van standaard toegepaste en potentiële vulstofsoorten naar hun mechanische en volumetrische eigenschappen;
- vaststelling van de toepasbaarheid/effectiviteit van vulstoffen bij de preventie van het optreden van bleeding.

Uiteindelijk zal duidelijk worden, welke van de vulstoffen het meest voordelig uitkomen qua duurzaamheid.

1.8 Opbouw van het verslag

Dit verslag is als volgt opgebouwd

In hoofdstuk 2 wordt het literatuuronderzoek weergegeven. In hoofdstuk 3 wordt de veldoriëntatie behandeld. In hoofdstuk 4 wordt de uitvoering van het onderzoek uiteengezet waarna in hoofdstuk 5 de resultaten en analyse worden aangegeven. Hoofdstuk 6 behandelt de karakterisering van de toegepaste vulstoffen. En ten slotte worden in hoofdstuk 7 de conclusie en aanbevelingen weergegeven.

2 Literatuuronderzoek

De voornaamste bron bij dit hoofdstuk is *Asfalt in Weg- en Waterbouw*, publicatie 285 C.R.O.W (2010).

2.1 Asfalt

Asfaltmengsels zijn opgebouwd uit minerale grondstoffen van verschillende aard en afmetingen, die door een bitumineus bindmiddel worden omhuld en aaneengeplakt. De korrels vormen een korrelskelet. De rest (vulstoffen) zorgt voor vulling van de holle ruimte in dat korrelskelet.

De eigenschappen van het korrelskelet zijn afhankelijk van de:

- aard van de samenstellende materialen
- korrelvorm
- korrelverdeling
- mengverhouding van de grondstoffen

Het gehele korrelskelet met vulstof wordt bijeengehouden door bitumen.

De omschrijvingen en voorschriften voor asfalt staan in de Standard Specification 1998 en projectbestekken. In deze bepalingen worden voor elke grondstof die in asfalt voorkomt (steenslag, vulstoffen en bitumen) verwezen naar ASTM- en AASHTO-normen.

2.1.1 Asfaltmengsels

Asfalt bestaat uit een mengsel van mineraal aggregaat, vulstof en bindmiddel. Het mineraalskelet zorgt voor het draagvermogen van het asfaltmengsel. De vulling bestaat uit mortel of mastiek.

Mortel is bitumen gemixt met vulstof en mastiek is bitumen gemixt met vulstof en zand.

De vullingsgraad speelt een zeer belangrijke rol in het asfaltmengsel.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie verschillende typen mengsel naar vullingsgraad:

- Ondervulde mengsels: bij deze mengsels zijn de holle ruimten niet volledig gevuld. De poriën staan in contact met elkaar (zie afb. A).
Voorbeeld hiervan is zeer open asfaltbeton
- Gevulde mengsels: grof aggregaat vormt een skelet, maar holle ruimten worden geheel gevuld met mortel of mastiek. Er komen in dit mengsel nog wat poriën voor, maar ze staan niet in contact met elkaar. Voorbeeld hiervan is steenmastiakasfalt (zie afb. B).
- Overvulde mengsels: overvloed aan mortel in dit mengsel, waardoor het aggregaatskelet uit elkaar wordt gedrukt en “zwemt” in de mortel. Bij dit type asfalt heeft het vulmateriaal het dragend vermogen. Nadeel hierbij is, dat als de belasting die werkt op dit type asfalt groot is, er bleeding kan optreden.

Voorbeeld van dit type asfalt is gietasfalt (surface treatment) (zie afb. C).

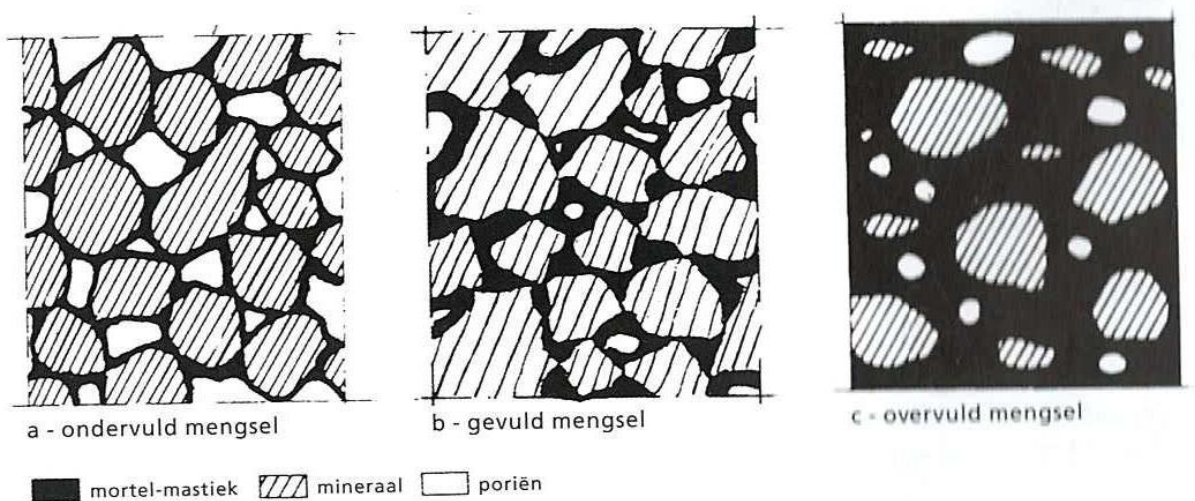


Fig. 1 Vullingsgraad mengsels

2.1.2 Onderverdeling asfaltmengsel in grote lijnen

Asfalt kan dan in grote lijnen worden onderverdeeld naar functies in:

- Koud asfalt:
 - warm bereid koud asfalt
 - emulsie asfaltbeton
- Warm asfalt:
 - continu gegradeerd:
 - dicht asfaltbeton (DAB)
 - discontinu gegradeerd:
 - open asfaltbeton (OAB)
 - zeer open asfaltbeton (ZOAB)
 - steenmastiek asfalt

Koud asfalt

Koud asfalt is asfalt dat bij omgevingstemperatuur verwerkt kan worden doordat de bitumenviscositeit bij die temperatuur laag is. De bekendste voorbeelden van koud asfalt zijn warm bereid koud asfalt en emulsieasfaltbeton.

Warm bereid koud asfalt

De viscositeit bij dit type wordt verlaagd door fluxolie erin te verwerken. Het proces is ongeveer hetzelfde als bij een normale asfaltmenginstallatie: de minerale aggregaten worden gedroogd,

daarna in een koeltrommel gekoeld totdat de mengtemperatuur van het vloeibitumen varieert tussen 80 °C en 100 °C en vervolgens gemixt. De verwerkingstemperatuur op de weg ligt tussen 60 en 80 °C.

Toepassingen van dit type zijn voor wegverhardingen met lichte tot matige verkeersbelastingen en reparatiewerkzaamheden. Tegenwoordig worden ze ook per pakken van 25 kg geleverd (zie fig. 2).



Fig. 2 Koud asfalt per pak

Emulsieasfaltbeton

Dit type koud asfalt (zie fig.3) bestaat uit steenslag, brekerzand (waste), vulstof en bitumenemulsie. Om de verwerkbaarheid van het mengsel te bevorderen worden er stabilisatoren of cement in het mengsel toegevoegd. Afhankelijk van het doel wordt emulsieasfaltbeton onderscheiden in drie soorten mengsels namelijk:

- emulsieasfaltbeton 0/3 voor microdeklagen (als conservering);
- emulsieasfaltbeton 0/6 voor microdeklagen, spoorvullingen en profileerlagen;
- emulsieasfaltbeton 0/8 voor spoorvullingen, profileerlagen en microdeklagen.



Fig. 3 Emulsieasfaltbeton (eab)

Warm asfalt

Warm asfalt: continu gegradeerd asfalt

Deze mengsels worden overal ter wereld toegepast. Ze bezitten een vrijblijvende continue gradering, waardoor er een dichte pakking ontstaat. Hierbij bevordert dit soort mengsel de stabiliteit van het asfalt. Het percentage aan holle ruimten is bij dit type asfalt relatief klein. Continu gegradeerd asfalt wordt ook wel dichtasfaltbeton (DAB) genoemd omdat men bij dit mengsel een betonprincipe toepast.

Warm asfalt: discontinu gegradeerd asfalt

Deze mengsels zijn zeer grof, doordat de holle ruimten binnen dit type mengsels geheel schaars gevuld zijn. De vervorming binnen dit asfalt is zeer klein doordat het steengehalte een hoge weerstand biedt.

Er bestaan verschillende soorten discontinu gegradeerd asfaltbeton:

- open asfaltbeton (OAB)
- zeer open asfaltbeton (ZOAB)
- steenmastiekasfalt

Open (OAB) en Zeer open asfaltbeton (ZOAB)

In Nederland ook wel fluisterasfalt in de volkstaal genoemd. Open asfaltbeton heeft een open structuur vandaar de naam. Het heeft een iets minder percentage holle ruimte dan bij zeer open asfaltbeton (zie fig. 4). Het laatstgenoemde bestaat uit ongeveer 20% holle ruimten. Het zeer open effect wordt bereikt door veel grove minerale aggregaten te gebruiken en een laag percentage aan fijn materiaal waardoor het gehalte aan holle ruimte toeneemt. Het voordeel van ZOAB is dat het opspatten van water (aquaplaning) vermeden wordt en het geluid dat ontstaat door het rolwerk tussen de autoband en het asfalt door de vele holle ruimten wordt geabsorbeerd waardoor het geluid wordt gereduceerd op de weg. Spoorvorming op ZOAB is ook heel gering doordat dit type niet makkelijk vervormt door de verkeersbelasting.

Het nadeel van ZOAB is dat door de vele holle ruimten die er zijn, de grote aggregaten van een bitumenlaagje voorzien zijn, waardoor bij het remmen een langere remweg ontstaat.

Een ander nadeel is: doordat dit type poreuzer is, is de neiging naar rafeling groter.



Fig. 4 ZOAB

Steenmastiëkasfalt

Steenmastiëkasfalt is een discontinu gegradeerd mengsel dat vaak wordt gebruikt voor deklagen (toplagen). De holle ruimten (4-5%) worden bij dit mengsel gevuld met mastiek.

Het voordeel van steenmastiëkasfalt (sma) is de duurzaamheid en de grote weerstand tegen vervorming.

Het nadeel daarentegen is dat dit mengsel een relatief duurder mengsel is, omdat er een hoger bitumenpercentage is ($\pm 7\%$) en toevoeging van afdruiptremmende stoffen voor het bitumen.

2.2 Toeslagmaterialen (aggregaten)

Het minerale aggregaat in asfalt wordt naar korrelgrootte verdeeld in:

- grof toeslagmateriaal (steenslag groter dan 2 mm);
- fijn toeslagmateriaal (zand tussen 75 μ m en 2 mm);
- vulstof (materiaal $\leq 75\mu$ m).

2.2.1 Het grove toeslagmateriaal

Fysische eigenschappen

Het korrelskelet in het asfaltmengsel bestaat geheel uit steenslag. Deze grove materialen moeten de grootste krachten kunnen opvangen; dat gebeurt doordat het krachtenoverdrachtverloop van steen naar steen gaat, waarop er hoge contactdrukken kunnen optreden. Deze korrels moeten zodanig van vorm zijn dat er een sterk skelet kan worden gevormd en dat er een bepaalde holle ruimte aanwezig is om het bitumen toe te laten. Echter dient er ook rekening mee te worden gehouden dat het skelet niet overvuld raakt.

Voor een goede duurzaamheid moet de steenslag voldoen aan de volgende eisen:

- geen verontreiniging in het materiaal;
- een goede affiniteit met bitumen;

- bestand zijn tegen de inwerking van het weer en de omgeving;
- grote weerstand tegen polijsten (slijtage) voor steenslag in de deklaag.

2.2.2 Fijn toeslagmateriaal

Fysische eigenschappen

Fijn toeslagmateriaal is materiaal dat als zand in het asfalt wordt gezien. De korrelgrootte varieert tussen $75\mu\text{m}$ en 2 mm. Het materiaal kan ongebroken zijn (natuurlijk zand) of gebroken (brekerzand). De stabiliteit van het korrelskelet in asfalt wordt mede bepaald door de bijdrage van zand aan de inwendige wrijving van dat skelet. Hoe uniformer, minder hoekig de korrels van het zand des te lager de stabiliteit van het mengsel.

Het bitumen moet een groter oppervlak omhullen bij fijner zand. Er wordt dan een schraal asfaltmengsel verkregen dat minder goed verwerkbaar is wat resulteert in een korte duurzaamheid van het constructieproduct. Er moet ook rekening mee gehouden worden dat er met fijn zand een dichtere korrelpakking verkregen wordt (laag percentage holle ruimten). Bij het verhogen van het bitumengehalte is het niet altijd mogelijk en economisch voordelig om de verwerkbaarheid en duurzaamheid te verbeteren. Want hoe hoger het bitumengehalte des te hoger de vloeivaarde. Een hogere vloeivaarde kan resulteren in bleeding.

2.2.3 Vulstoffen

Vulstof is mineraal aggregaat dat overwegend kleiner is dan $75\ \mu\text{m}$ (ASTM-zeef No. 200) of kleiner dan $63\ \mu\text{m}$ (Europese normen).

Naar de herkomst kan vulstof voor asfaltmengsels worden onderscheiden in:

- natuurlijke vulstof;
- de fractie door zeef $75\ \mu\text{m}$ van het minerale aggregaat.
- fabrieksvulstof speciaal geproduceerd voor toepassing in asfalt (75% - 95% materiaal $< 75\ \mu\text{m}$)

De vulstoffractie van een asfaltmengsel is de fractie kleiner dan $75\ \mu\text{m}$.

Eigen stof is het materiaal dat al in het aangevoerde mineraal aggregaat aanwezig is, de natuurlijke vulstof, en een deel dat uit materiaal dat tijdens het asfaltproductieproces door slijtage van dat minerale aggregaat ontstaat in de droogtrommel, de zeefstraat, de opslagsilo's en tijdens het droge mengen.

Bij voorkeur moet de eigen stof in aparte silo's worden opgeslagen en worden afgewogen, zodat er goed gemonitord kan worden bij het doseren bij de mix. Als dat niet het geval is, dan is de

kans groot dat het mengsel of te veel of te weinig vulstof bevat, waardoor de vereiste eigenschappen van het mengsel mogelijk niet gehaald kunnen worden en niet constant zijn.

Door het gebruik van de term ‘eigen stof’ in zowel technologische zin (fractie $< 75 \mu m$ uit het minerale aggregaat) als productietechnische zin (afgezogen materiaal dat in de eigenstofsilo in de asfaltmenginstallatie wordt opgeslagen) wordt er vaak verwarring gebracht. Deze twee termen worden makkelijk door elkaar gehaald.

De korrelverdeling van de vulstof heeft een grote invloed op de gewenste constantheid van de eigenschappen. Voor de ASTM-normen (ASTM D 242, grading for added fillers) zijn bij fabrieksvulstof bepaalde eisen gesteld aan de korrelverdeling:

- de doorval door zeef $75 \mu m$ tussen 70% en 100%;
- door zeef $150 \mu m$ tussen 95% en 100%;
- door zeef $300 \mu m$ tussen 97% en 100%;
- door zeef 1.18 mm 100%;
- door zeef 2.36 mm 100%.

Fysische eigenschappen

Vulstoffen hebben op de volgende manieren een belangrijke invloed op mengselsamenstellingen en mengseleigenschappen:

- Vulstof vult de holle ruimten in het steen/zandmengsel en completeert de korrelverdeling van het minerale aggregaat tot in de allerkleinste afmetingen.
- Vulstof met bitumen vormt een mortel, dat als bindmiddel wordt beschouwd en de hechting tussen mineraal aggregaat en bindmiddel verbetert.
- Vulstof absorbeert bitumen en voorkomt dus bleeding in het asfalt, waardoor het mengsel stabiel blijft.
- Vulstof heeft een verstijvende werking op het bindmiddel; hierdoor wordt het viskeuze gedrag van het bindmiddel verbeterd, waardoor de stabiliteit van het asfaltmengsel wordt verhoogd.

Niet alle vulstoffen hebben dezelfde uitwerking op een mengsel; dit kan ertoe leiden dat de ene vulstof het bitumen viskeuzer maakt dan de andere. Vulstoffen worden daarom naar hun viscositeitbeïnvloedend effect herverdeeld.

Aan de hand van hun opneemvermogen van bitumen worden vulstoffen in toenemend bitumen-opneemvermogen verdeeld in:

- zeer zwak
- zwak
- zwak met hydroxide
- middelsoort
- middelsoort met hydroxide

In de onderstaande tabel van de norm NEN 6240 worden de grenzen toegelicht middels de waarden van de eigenschappen van de vulstoffen.

Tabel 1 Eigenschappen van vulstoffen conform NEN 6240

Eigenschap	Norm	Eenheid	Vulstof				
			Zeer zwak	Zwak	Zwak met hydroxide	Middelsoort	Middelsoort met hydroxide
Korrelverdeling door zeef 2 mm door zeef 125 µm	NEN-EN 933-10	% (m/m)	100	100	100	100	100
		% (m/m)	85 - 100	85 - 100	85 - 100	85 - 100	85 - 100
		% (m/m)	70 - 100	70 - 100	70 - 100	70 - 100	70 - 100
Bitumengetal	NEN-EN 13179-2		BN _{28/39}	BN _{40/52}	BN _{40/52}	BN _{53/62}	BN _{53/62}
Holle ruimte	NEN-EN 1097-4	% (v/v)	V _{28/38}	V _{28/45}	V _{28/46}	V _{44/55}	V _{44/56}
Watergehalte	NEN-EN 1097-5	% (m/m)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Oplosbaarheid in water	NEN-EN 1744-1	% (m/m)	WS ₁₀	WS ₁₀	WS ₁₃	WS ₁₀	WS ₁₅
Methyleenblauwwaar de	NEN-EN 933-9	g/kg	MB _{F25}	MB _{F25}	MB _{F25}	MB _{F25}	MB _{F25}
Gehalte calcium- carbonaat	NEN-EN 196-21	% (m/m)	CC _{≥60}	CC _{≥60}	CC _{NR}	CC _{NR}	CC _{NR}
Gehalte calcium- hydroxide	NEN-EN 459-2	% (m/m)	KaNR	KaNR	Ka10	KaNR	Ka25

BN_{28/39}= geeft aan dat het bitumengetal moet liggen tussen 28% en 39%

V_{28/38}= geeft aan dat de holle ruimte moet liggen tussen 28% en 38%

WS₁₀= geeft aan dat die vulstof maximaal tot 10% oplosbaar mag zijn in water

MB_{F25}= de methyleenblauw waarde mag niet hoger zijn dan 25%

Het opneemvermogen van de vulstof wordt op twee manieren gekarakteriseerd namelijk:

- door het bitumengetal (hoeveel water nodig is om een vulstof/watermengsel een bepaalde viscositeit te geven) (oude methode, ook methode Van der Baan genoemd; zie bijlage 1B proefbeschrijving; norm: NEN-EN 13179-2);
- door de holle ruimte van een droog verdicht monster vulstof, verdicht volgens de methode van Rigden (nieuwe methode; zie bijlage 1B proefbeschrijving; norm: NEN-EN 1097-4:1999).

Invloeden van vulstoffen

De korrelvorm van de vulstof heeft veel invloed op de uiteindelijke dichtheid van het steen/zandmengsel in asfalt. Een vergelijkend voorbeeld is dat kalksteenvulstof uit ronde korrels bestaat die een kogellagerwerking hebben die de verdichtingsgraad van het steen/zandmengsel positief beïnvloeden. Bij vliegaskvulstoffen verzetten de vliegaskdeeltjes juist de verdichting waardoor de dichtingpakking wordt verhinderd.

Ook de verschillen in gedrag tussen vulstoffen zijn afhankelijk van de dichtheden van de materialen. Het gedrag van de asfaltmengsels is afhankelijk van de volumetrische verhoudingen van de grondstoffen. Het verschil van het gewichtmatig samenstellen van een mengsel heeft geen grote impact indien de dichtheden van de grondstoffen niet ver van elkaar verschillen.

Zwelling en watergevoeligheid van vulstoffen kunnen ervoor zorgen dat het uiteindelijke asfaltmengsel zich onstabiel gedraagt. Doordat de vulstof in staat is water op te nemen (als er zich veel kleideeltjes in de vulstof bevinden) veroorzaakt dit fenomeen een volumevergroting waardoor de hele samenhang van het asfalt verloren gaat. Hierdoor gaan de sterkte en stabiliteit van het asfalt achteruit, waardoor de constructie bezwijkt. Volgens de norm NEN 6240 mogen vulstoffen die zeer zwak, zwak, zwak met hydroxide, middelsoort en middelsoort met hydroxide zijn, een bepaalde waarde aan zwelling en watergevoeligheid hebben. Deze wordt bepaald door de vulstoffen bloot te stellen aan mytheleenblauw.

Groepen vulstoffen

Portlandcement als vulstof

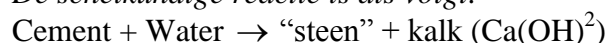
Doordat cement heel goed bindt en kleiner is dan 75 µm kan het als vulstof worden gebruikt in asfalt.

Kaolien als vulstof

Metakaolien is een hoog reactief puzzolaan. Een puzzolaan is een silica of silica- en aluminarijk materiaal dat, in fijnverdeelde vorm en in aanwezigheid van water, chemisch reageert met calciumhydroxyde (gebluste kalk) tot verbindingen met bindende eigenschappen. Puzzolanen worden toegepast als (deel)vervangers van klinker in cement voor het maken van sterk en duurzaam beton.

Het bijproduct (kalk) wordt omgezet in steenachtig materiaal na in contactoming met metakaolien.

De scheikundige reactie is als volgt:



In deze reactie is de kalk die ontstaat een bijproduct. Hij heeft geen bindkracht.
 Kalk + Puzzolaan (metakaolien) → “steen”

Metakaolien wordt bij hoge temperaturen verhit en daarna verpulverd. Dat wordt met een mooi woord “calcineren” genoemd.

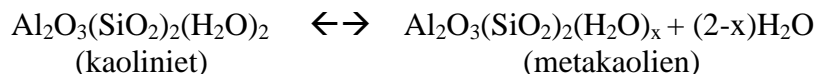
Er zijn twee manieren van calcineren namelijk:

- soak calcination
- flash calcination

Bij “soak calcination” wordt kaoliniet gedurende vijf uren verhit bij een temperatuur van 700 °C en vervolgens verpulverd.

Bij “flash calcination” wordt kaoliniet binnen een paar seconden verhit bij een temperatuur van 700 °C.

De scheikundige reactie is als volgt:



In Suriname wordt gekozen voor “flash calcination” omdat de reactiviteit van metakaolien hoger is (zie fig. 5a en 5b).

Kaoliniet

Metakaolien

Kaoliniet

Metakaolien

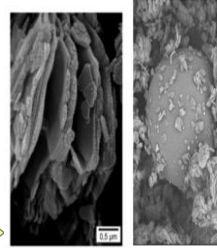
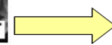
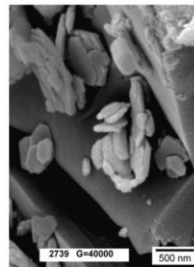
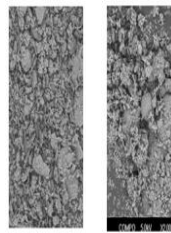
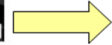
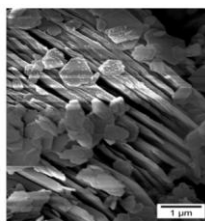


Fig. 5a Calcineren kaoliniet naar metakaolien

Fig.5b Details bij het calcineerproces

(na het calcineren)

2.3 Bitumen

Bitumen is een viskeuze vloeistof/vaste stof die hoofdzakelijk bestaat uit koolwaterstoffen. In de wegenbouw kennen wij het als een bindmiddel in asfalt. Het is niet vluchtig en verweert geleidelijk bij hoge temperaturen. De kleur is zwart of bruin en het heeft een dichtings- en hechtingsvermogen.



Fig. 6 Bitumen in vaste toestand

Bitumen kan onderscheiden worden in:

- Natuurlijk bitumen: dit wordt verkregen uit natuurlijke afzettingen;
- Fabrieksmatig bereid bitumen: dit wordt verkregen uit raffinage van aardolie.

Samenstelling en structuur

Bitumen bestaat uit overwegend organische koolwaterstoffen. Tijdens het destilleren verdwijnen de lichtere koolwaterstoffen en resteert een grote hoeveelheid aan ketenmoleculen: paraffinen, oleofinen, naftenen, benzeenverbindingen enz. Bitumen is een restproduct van het olieraffinageproces, omdat de lichte bestanddelen (brandstof) meer waard zijn dan de zware restdelen (bitumen).

Het reologisch gedrag van bitumen wordt bepaald door de hoeveelheid en aard van de asfaltenen en maltenen. Indien het gehalte aan asfaltenen laag is, dan neemt de temperatuurgevoeligheid van bitumen toe.

Fysische eigenschappen van bitumen

- Bij kamertemperatuur is het dik vloeibaar tot vast. Bij hoge temperaturen wordt het een vloeistof en bij lage temperaturen wordt het hard en broos.
- Het is niet oplosbaar in water.
- Het is chemisch inert: het reageert niet makkelijk met andere stoffen.
- Het is oplosbaar in zwavelkoolstof, 1-1-1-trichloorethaan en methyleenchloride.
- Het heeft een goed dicht- en hechtvermogen.
- Onder belasting gedraagt het zich zowel viskeus als elastisch (tot plastisch) en wordt sterk beïnvloed door de temperatuur en de duur van de belasting.
- Om verwerkt te kunnen worden moet het vloeibaar zijn en dit wordt bereikt door het:
 - te verhitten bij temperaturen tussen 150 °C en 180 °C;
 - verdunnen met oplosmiddelen tot vloeibitumen;

- emulgeren in water tot een bitumenemulsie (primecoat en tack coat),

Eigenschappen van bitumen na veroudering

Elke keer dat het bitumen verhit wordt, treedt er veroudering van het bitumen op. Bij het verhitten van het bitumen tijdens het mengen met hete mineraalaggregaten in de asfaltmolen ontstaat er een verharding (de viscositeit van het bitumen neemt toe en in gebruiktoestand in het asfalt wordt het stijver). Deze verharding is het gevolg van verdamping van lichte bitumendeeltjes. Er ontstaat naast deze verharding ook oxidatie door inwerking van zuurstof op het bitumen; deze inwerking van zuurstof zorgt ervoor dat het bitumen verder verhardt. Verharding en veroudering moeten zo veel mogelijk tegengewerkt worden door vertraging, omdat ze beide impact hebben op de degeneratie van de asfaltverharding. Deze gevallen kunnen minder sterk optreden als de bitumenfilm voldoende om de aggregaten is omhuld en de holle ruimte in het asfaltmengsel niet te groot is.

Om de gevoeligheid van het bitumen tijdens de asfaltproductie en verwerking en veroudering te bepalen wordt de “Rolling Thin Film Oven Test” (RTFOT) uitgevoerd. De norm die verwijst naar deze test is NEN-EN 12607-1 en bijlage I-4.1.

In deze proef worden de bitumensamples in glazen flesjes langzaam in de oven gedraaid bij een temperatuur van 160 °C. De oxidatie wordt gesimuleerd doordat er een warme luchtstroom wordt geblazen over het bitumen. Doordat de viscositeit vóór en ná de test wordt gemeten, kan de mate van veroudering worden bepaald.

2.4 Samenstellen van asfaltbeton

Het ontwerpen van een goed asfaltmengsel is afhankelijk van de selectie en begrenzing van het benodigde materiaal om de beoogde eigenschappen van het constructieproduct te behalen. Het is de bedoeling om een asfaltmengsel zodanig te ontwerpen (binnen de grenzen van de projectspecificaties) dat het financieel heel effectief en voordelig uitkomt voor het project.

Bij het ontwerpen van een dergelijk mengsel dient er rekening te worden gehouden met een aantal aspecten:

- Er moet voldoende bitumen aanwezig zijn voor het in zekerheid stellen van een duurzaam product.
- Er moet rekening mee worden gehouden dat van het asfalt een hoge stabiliteit krijgt voor het dragen van de verkeersbelastingen zonder dat er bezwijkingen in het asfalt optreden
- er moet zodanig rekening worden gehouden dat in het totale verdichte mengsel er voldoende holle ruimten aanwezig zijn doordat met het naverdichten door verkeersbelastingen en expansie van de mastiek door temperatuurverhoging de mogelijkheid bestaat op “flushing”/ “bleeding” en stabiliteitverlies.

- Aan de andere kant dient er ook weer rekening mee gehouden te worden dat er niet te veel aan holle ruimte aanwezig is voor het limiteren van de permeabiliteit van lucht en water.
- Het mengsel moet voldoende bewerkbaar zijn zodanig dat bij het plaatsen van het mengsel op de weg geen scheiding en onstabielheid optreedt.
- Bij deklagen moet ervoor gezorgd worden dat voor het juiste aggregaat textuur en hardheid worden geselecteerd voor voldoende weerstand in slechte weersomstandigheden.

Het uiteindelijke streven is een dusdanig ontwerp te creëren dat er een balans is met de beoogde eigenschappen. Kortweg probeert men een asfaltontwerp te creëren dat duurzaam, ondoordringbaar, sterk, stabiel, stijf, flexibel, vermoeiingsbestendig en verwerkbaar is.

2.5 Bleeding

Bleeding is de opwaartse beweging van mortel/mastiek in de deklaag die resulteert als een bitumenlaagje aan de oppervlakte van de weg. Het geval doet zich voor bij een overvloed van bitumen in de holle ruimten van de onderlaag en deklaag die opwaarts worden gedrukt door zware verkeersbelastingen gecombineerd met temperatuurverhoging door weersomstandigheden (felle zon) in een niet-omkeerbaar en cumulatief proces.

Visuele identificatie bleeding en flushing

Het wegoppervlak ziet er verlept zwart tot glanzend zwart en spiegelachtig uit.

Verkeer dat door een wegstrekking gaat die onderworpen wordt aan de invloed van bleeding maakt een “klapperig”geluid (hetzelfde geluid dat veroorzaakt wordt door het rijden door de regen) of een zingend geluid.

Bij flushing ziet het wegdek op plaatselijke delen van de weg er donker uit, door verlies van oppervlaktetextuur. Vaak is er een glanzend bandenspoor over het gehele wegdek te zien in hete weersomstandigheden. Wegen die flushing vertonen, kunnen ervoor zorgen dat er spoorvorming ontstaat en eventueel leiden tot bleeding.

Bleedingasfalt blijft plakken aan het aggregaat en de banden van het voertuig wat voor spoorvorming zorgt. Indien de weg in zo een staat achtergelaten wordt, is de kans groot dat er hompjes asfalt uit het wegdek getrokken worden doordat het aggregaat erover rolt. Het gevaar bij bleeding- en flushingasfalt is ook dat het slipgevaar toeneemt bij regenachtig weer. Bleedingasfalt ontstaat wanneer de onderlaag nog niet helemaal is verhard.

Flushing daarentegen is hetzelfde effect als bleeding, maar deze ontstaat wanneer de onderlaag al verhard is.

Oorzaken van bleeding en flushing

Oorzaken die ervoor kunnen zorgen dat het mengsel blootgesteld wordt aan bleeding en flushing kunnen liggen aan vijf factoren namelijk:

- aggregaat
- onderlaag
- verkeersbelasting
- milieu
- constructie

Ad1

Als het mengsel te veel heeft aan aggregaten, verontreinigingen in de aggregaten of gebruik van zacht steenslag resulteert dit in steenverlies. Steenverlies zorgt ervoor dat het bitumen eruit gedrukt wordt.

Ad2

Verkeerde keuze van bitumen, slechte kwaliteit, en niet voldoende verduurzamen resulteren in bleeding en flushing.

Ad3

Zware belastingen van het verkeer, verkeersbeweging (stoppen, doorrijden) bij kruispunten en hoeken kunnen ervoor zorgen dat er bleeding en flushing ontstaat.

Ad4

Hoge temperaturen en luchtvochtigheid hebben een diepgaand effect op het ontstaan van bleeding en flushing.

Ad5

Ook constructiefactoren spelen een rol zoals onjuiste aanlegtechnieken van prime/tack coat op het wegdek.

(Bron: http://www.depts.ttu.edu/techmrtweb/Reports/Products/5230_P1.pdf)

3 Veldoriëntatie

3.1 Inleiding

Voor het onderzoek moet er allemaal dus aangekaart worden welke materialen voorhanden zijn in Suriname. Van waar het materiaal afkomstig is, speelt een heel belangrijke rol in de uiteindelijke kwaliteit van de mengsels. In de komende paragrafen wordt er aangegeven in welke locaties van Suriname er steenslag gewonnen wordt, welke mogelijke vulstoffen er allemaal aanwezig zijn in de regio, wie de enige bitumenproducent is in Suriname en wat voor type asfalt er in ons land wordt toegepast als deklaag.

3.2 Steenslagwinning in Suriname

In Suriname wordt op verschillende locaties aan steenslagwinning gedaan. Van de tot nu toe bekende locaties worden niet allemaal voor de wegenbouw gebruikt. Winplaatsen waar er steenslag wordt gewonnen voor de wegenbouw zijn:

- West-Suriname, langs de weg naar Apoera. De steenslag van onder andere Baitali N.V. is daarvan afkomstig.
- Langs de weg naar Pokigron naar het zuiden toe. Dat is het gebied waar Dalian zijn steenslag ontgint.
- Het steenslag van M.N.O. is afkomstig van een gebied langs de Suriname rivier, Suhoza.

Andere plekken waar er steenslag gewonnen wordt zijn:

- Phedra langs de Afobakkaweg (maar dat is niet meer in productie)
- Een doloriet bij Berg & Dal
- Bij Baling Soela
- Grassalco op de plant van Iam Gold NV. (project is pas van start)
- Tegenover het gebied waar Dalian ontgint
- Oost-Suriname in Moengo, Albina en Patamacca (geen steenslag activiteiten meer)

De meeste crushers die men hier in Suriname gebruikt, zijn een combinatie van de Jaw crushers, Cone crushers en of impactcrushers.

De Jaw crusher zorgt hoofdzakelijk ervoor dat de grote boulders steen gebroken worden in grove hoekige stukken steen van groot naar klein.

De Cone crusher zorgt voor het afronden van de afgebroken stukken. Het resultaat is dat er mooie afgeronde stukken steenslag ontstaan.

3.2.1 Vulstoffen in Suriname

De vulstoffen die in Suriname worden gebruikt voor de asfaltindustrie zijn tot nu toe eigen stof dat uit de crushers bij steenslagwinning wordt gewonnen. Omdat het economisch niet voordelig zou zijn om speciaal alleen fijn materiaal ($< 75 \mu\text{m}$) te winnen gebruikt men aanvullende fabrieksvulstof. Er zou dan bij het steenslag van Pokigron heel veel materiaal gecrusht moeten worden om apart veel vulstof op te slaan. Het steenslag van Pokigron is een harde soort materiaal (zie tabel 13 overzicht Los Angeles Abrasion test), waardoor het moeilijk is om speciaal steenslag te crushen. Dalian gebruikt voor zijn aanvullende fabrieksvulstof portlandcement. Een ander alternatief waarmee men momenteel bezig is met vooronderzoek in Suriname is het gebruik van gecalcineerd kaolien als vulstof.

Kaolienproducten

De kaolienproducten die door Moengo Minerals in de testfase geproduceerd werden, worden in twee soorten onderverdeeld namelijk:

- A-Course kaolien
- B-Fine kaolien

Procesbeschrijving

Kaolien in grond bestaat uit pure klei en zand (blokken klei). Deze wordt ontgonnen en vervolgens gedroogd bij een temperatuur van $\pm 120^\circ\text{C}$ en verpulverd naar droge kaolienpoeder. Deze poeder bestaat gedeeltelijk uit kleipoeder en zand (zie onderstaande figuur).

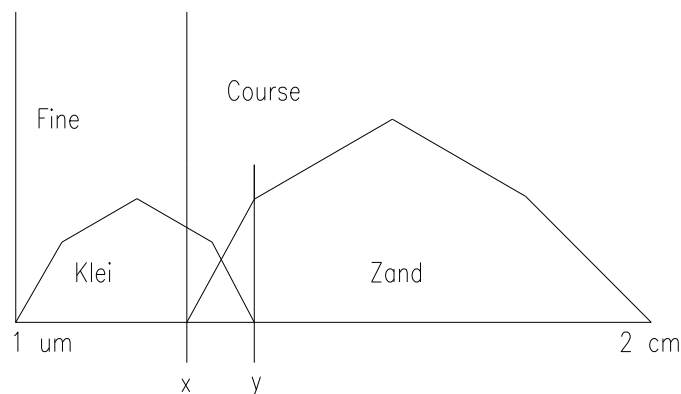


Fig.7 Situatieschets indeling kaolien

Het doel is nu zoveel mogelijk 100% gedroogd en verpulverende fijne klei te verkrijgen door de grovere deeltjes (course) te scheiden van het fijnere gedeelte (fine). Dit wordt gedaan middels een centrifugale werking, waarbij de zwaardere deeltjes (zand/course) naar beneden getrokken

worden en de lichtere deeltjes kleiner dan de x-lijn met de lucht naar boven worden opgezogen en opgeslagen op een andere plek. De deeltjes die met de lucht opgezogen worden, worden air-floated kaolien genoemd of B-Fine kaolien.

De zwaardere kaoliendeeltjes worden A-Course kaolien genoemd.

Dit onderzoek beperkt zich tot het gebruik van deze twee typen kaolienproducten in asfalt.

(Bron: Interview met de heer Cameron R. Ir. (Augustus 2013))

Een derde alternatief van kaolienproducten in asfalt is het gebruik van metakoalien. Moengo Minerals levert uiteindelijk dit product met de handelsnaam Power Pimba.

3.3 Bitumen in Suriname

Bitumen in Suriname wordt geleverd door Staatsolie Maatschappij Suriname. Staatsolie produceert Saramacca Crude van het Tambaredjo Olieveld en Calcutta Olieveld. Deze olievelden zijn gestationeerd in het district Saramacca ongeveer 55 km ten westen van Paramaribo. De Saramacca Crude wordt via hogedrukpijpen gepompt naar de Raffinaderij te Tout Li Fout. Het bitumen is afkomstig als restmateriaal van de Saramacca Crude. Staatsolie kan een bitumen-penetratie tussen 40 en 150 leveren.

De specificaties van bitumen dat Staatsolie levert (zie <http://www.staatsolie.com/products.html>):

API Gravity => 8.8 ° API

Penetration at 25°C => 63

Softening Point => 47.2 °C

3.4 Asfaltbeton in Suriname

In Suriname wordt voornamelijk het mengsel type DAB (dicht asfaltbeton) gebruikt. Het mengsel behoort tot het continu gegradeerd asfalt en wordt conform de Marshallmethode ontworpen. Het voordeel bij dit type is dat het een langere levensduur heeft en dat de remvertraging gunstiger is in vergelijking met ZOAB (zeer open asfaltbeton).

Andere typen van dicht asfaltbeton zijn:

- deklaag (surface course mixtures);
- tussenlaag (binder course mixtures);
- onderlaag (base course mixtures);
- zandasfalt (sand-asphalt mixes).

De deklagen die in Suriname worden ontworpen, variëren tussen 16 mm en 19 mm. Ze worden zodanig ontworpen dat ze in staat zijn voldoende stabiliteit en duurzaamheid te handhaven om de toenemende verkeersbelasting en weersinvloeden (lucht, water en temperatuurverschillen) weerstand te bieden. Deze asfaltdeklagen hebben vaak een groter gehalte aan bitumen dan binder en onderlagen.

In Suriname worden de tussenlagen oftewel onderlagen ook wel AC25 genoemd. Ze worden aangelegd tussen de base course (steenslag-fundering) en de deklaag. De maximale korrelgrootte van het aggregaat ligt tussen 19 mm en 25 mm ($\frac{3}{4}$ " en 1"). Opmerkelijk is dat het bitumengehalte van de binderlaag lager is dan bij de topklaag.

In Suriname plaatst men een base course van steenslag zonder bitumen bij te mengen. De maximale korrelgrootte voor base course in Suriname is 50 mm (2").

In Suriname zijn er niet veel gevallen bekend waarbij er zandasfalt is gebruikt. Maar deze mengsels zijn onderlaag-mengsels die bestaan uit fabriekszand of natuurlijk zand of een combinatie van beide. Het verschil tussen de base en het zandasfalt is dat in elk een ander gehalte aan bitumen is verwerkt. Zandasfalt is ook niet bedoeld voor zware verkeersbelastingen. De beste toepassing voor dit mengsel is om het te gebruiken als fietspad en voor oppervlaktebehandeling bij beschadigde wegen.

3.5 Oriëntatie van bleedingvoorkomens op Surinaamse wegen

De meeste wegen in Suriname hebben te kampen met flushing/bleeding. Deze kunnen veroorzaakt worden door tal van factoren die een rol kunnen spelen waaronder:

- te veel aanbrengen van de kleeflaag (prime & tack coat);
- overmatig bitumen in het asfaltmengsel.

Geconstateerd is dat de meeste wegen flushingverschijnselen vertonen. Door een combinatie van het zware verkeer en de hete temperatuur door de dag heen is het best wel mogelijk dat deze wegen op zo'n manier onderworpen zijn aan dit probleem. Een ander probleem kan liggen bij de constructie van de weg en dan wordt de nadruk gelegd op het aanleggen van de binder (onderlaag) en de topklaag. Voordat deze lagen worden aangelegd, wordt er een kleeflaag op de verhardingen geplaatst. Als de prime/tackcoatwagen niet op het juiste instelspuitsysteem wordt gesteld kunnen deze kleeflagen of te veel of te min worden aangebracht. Ook het niet in één keer afsputten van deze kleeflagen kan ervoor zorgen dat er dubbel op de plek gespoten wordt, waardoor er een te veel aan prime coat/tackcoat op het wegdekgedeelte aanwezig is. Dit alles resulteert in flushing-en bleedingverschijnselen op de weg.

Enkele wegen in Paramaribo die blootgesteld zijn aan bleeding (zie fig. 8a, 8b, 9, 10 en 11):

- Einsteinstraat (Paramaribo Noord)
- Twee kinderenweg (Paramaribo Noord)
- Picassostraat
- Topaasstraat
- Gravenstraat



Fig. 8a Bleeding Einsteinstraat



Fig. 8b Bleeding Einsteinstraat



Fig.9 Bleeding Twee kinderenweg



Fig. 10 Bleeding Picassostraat



Fig.11 Bleeding Topaasstraat

Analyse mogelijke oorzaken

Einsteinstraat:

Tabel 2 Dalianresultaten Einsteinstraat

	AC 16			Dalian 3 Eis
Productiedatum (nr.)	6-5-2012 (01)	7-5-2012 (02)	8-5-2012 (03)	
Bitumen “in”	5	5.3	5.4	4.76 – 5.66%
Holle ruimte	4.7	2.5	3.5	3 – 5%
Vullingsgraad	70.3	82.8	77.5	

Bij het percentage holle ruimte is te zien dat het mengsel bij productiedatum 7-5-2012 (02) onder de benedengrens ligt van de holle ruimte. Dit verhoogt de kans op bleeding. Een andere mogelijkheid zou zijn indien de tackcoat te veel op de binderlaag is geplaatst vanwege onoplettendheid.

Twee kinderenweg:

Tabel 3 Dalianresultaten Twee kinderenweg

	AC 16			Dalian 3 Eis
Productiedatum (nr.)	9-5-2012 (01)	23-5-2012 (02)	24-5-2012 (03)	
Bitumen “in”	5.1	5.2	5.5	4.76 – 5.66%
Holle ruimte	2.8	3	2.2	3 – 5%
Vullingsgraad	81.5	80.3	85.6	

Het percentage aan holle ruimte bij de productiedatum 24-5-2012 (03) ligt relatief heel laag waarbij dit ook een mogelijke oorzaak is van het ontstaan van bleeding.

Picassostraat

Tabel 4 Dalianresultaten Picassostraat

AC 16			Dalian 3 Eis
Productiedatum (nr.)	25-3-2012		
Bitumen "in"	5.5		4.76 – 5.66%
Holle ruimte	3.8		3 – 5%
Vullingsgraad	77.2		

Deze resultaten liggen wel binnen de eis maar visueel komen er op de weg nogal wat bleedingverschijnselen voor. Dit kan liggen aan een overvloed van tackcoatbespuiting.

Toppaasstraat

Tabel 5 Dalianresultaten Toppaasstraat

AC 16			Dalian 3 Eis
Productiedatum (nr.)	10-4-2012	15-5-2012	16-5-2012
Bitumen "in"	5.2	4.9	4.9
Holle ruimte	3.8	3.5	4.1
Vullingsgraad	75.3	75.8	72.8

Ook uit deze resultaten zou geconcludeerd kunnen worden dat de kans op bleeding heel laag is. Maar op het veld blijken er duidelijke sporen van bleeding. Vooral op het gebied van het kruispunt.

Picassostraat – Toppaasstraat.

In de onderstaande figuur wordt er een voorbeeld van een extractiemonstertje van de deklaag die aan de Toppaasstraat is aangebracht, verbeeld. De curve valt bij het gedeelte bij de fracties 2 mm, 600 µm en 300 µm beneden de ondergrens van de jobmix. In deze kromme hoeft er geen sprake te zijn van bleedinggevoeligheid, omdat er dan iets minder steenfracties in het mengsel voorkomen waarbij er meer holle ruimtes ontstaan. Het bitumen is dan voldoende geacommodeerd qua ruimte.

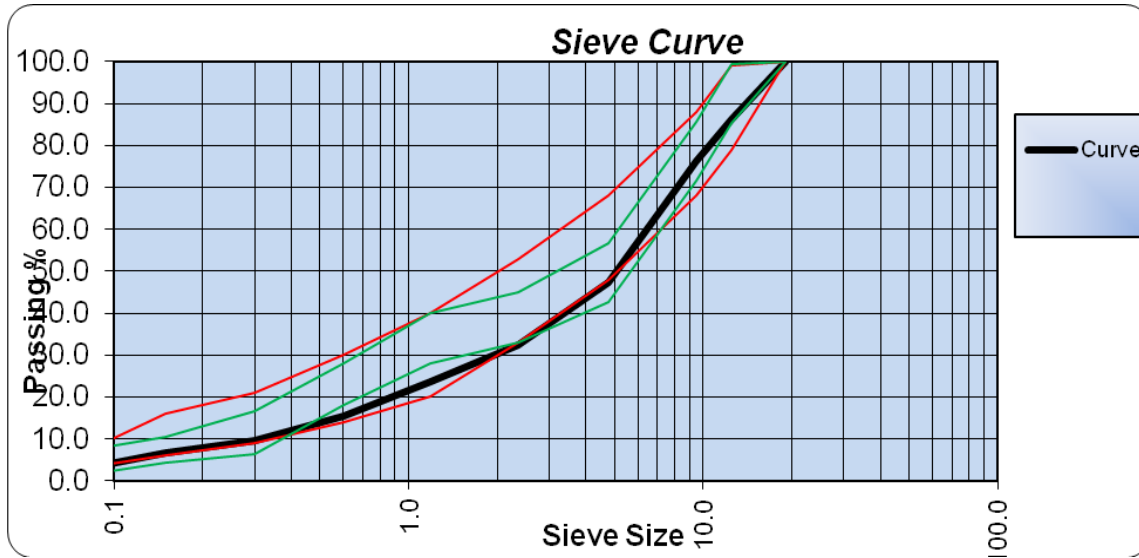


Fig. 12 Een zeefkromme extractiedeklaag Topaasstraat

4 Uitvoering van het vulstofonderzoek

4.1 Onderzoeksplan

Voorgaand aan dit onderzoek is er al een onderzoek uitgevoerd over het gedrag van lokale vulstoffen in bitumen. Dit onderzoek genaamd “*Vulstoffen in de Surinaamse asfalt industrie: een onderzoek naar de invloed van Surinaamse vulstoffen op kenmerkende eigenschappen van asfaltbeton*” is uitgevoerd door de heer Hirosemito. In dat onderzoek is er een exacte conclusie getrokken dat de kaolienproducten in asfalt wel goed werken maar met een bepaalde verhouding minerale vulstoffen – kaolienproduct.

In dit project “*Praktijkonderzoek naar het gedrag van lokale vulstoffen in asfaltbeton van Suriname*” worden de voornoemde vulstoffen ook onderzocht maar op de traditionele manier door het incorporeren van deze vulstoffen in een voorbepaalde verhouding steen-aggregaat en vulstof.

Doordat deze projecten ongeveer op dezelfde tijd zijn begonnen, kon er geen aansluiting plaatsvinden van deze twee onderzoeken.

Het enige wat er binnen dit onderzoek overlapt, zijn de gegevens die met toestemming van de vorige afstudeerder, de heer Hirosemito, zijn geplaatst bij het classificeren van de lokale vulstoffen.

In dit onderzoek zijn er vier mengsels ontworpen waarbij het type aanvullende vulstof steeds gevarieerd is (zie tabel 2)

- Mengsel 1: aggregaten (12-20), (6-12), (0-6), rivierzand en volledige vulstof: eigen stof.
- Mengsel 2: aggregaten (12-20), (6-12), (0-6), rivierzand, eigen stof en aanvullende vulstof: cement
- Mengsel 3: aggregaten (12-20), (6-12), (0-6), rivierzand, eigen stof en aanvullende vulstof: A-Course
- Mengsel 4: aggregaten (12-20), (6-12), (0-6), rivierzand, eigen stof en aanvullende vulstof: B-Fine

Per mengsel zijn er 18 proefstukken vervaardigd, waardoor er in totaal voor het gehele onderzoek, 72 proefstukken zijn vervaardigd en onderzocht. Het referentieasfaltbeton is een mengsel bestaande uit aggregaat, rivierzand en als vulstof, volkomen natuurlijke vulstof. De hoeveelheid van 8.8% voor natuurlijke vulstof in het mengsel in bijlage 8 komt door het apart zeven van waste materiaal (0-6) door zeef No. 200.

Met dezelfde mengselverhoudingen worden er aanvullende vulstoffen gebruikt om zodoende onderscheid tussen de verschillende resultaten te maken en conclusies te trekken.

Tabel 6 Samenstelling van de mengsels

	Fractie			Aanvullende vulstoffractie = 5%				Opmerkingen
	*12_20	*6_12	*0_6	eigen stof	cement	B-Fine	A-Course	
mengsel 1	10%	25%	60%	3.8%+5%				18 blokken
mengsel 2	10%	25%	60%	3.8%	5%			18 blokken
mengsel 3	10%	25%	60%	3.8%		5%		18 blokken
mengsel 4	10%	25%	60%	3.8%			1.3%	18 blokken
Totaal								72 blokken

*In par. 4.3 wordt er nader ingegaan op wat er wordt bedoeld met fractie (12-20), (6-12) en (0-6).

Van alle fracties die nodig zijn voor het onderzoek wordt er uiteraard eerst onderzoek gepleegd of de afzonderlijke bouwstoffen (aggregaten, rivierzand, bitumen en vulstoffen) aan de daaraan gestelde eisen voldoen. Deze eisen aan bouwstoffen kunnen algemeen geldende standardeisen zijn of speciaal voorgeschreven contracteisen.

In dit onderzoek zijn de eisen merendeels overgenomen van het Dalian-project.

De korrelverdeling/gradering moet dan binnen een bepaalde standaard zeefband liggen.

Aan de hand van de resultaten van de korrelverdeling van de vier bouwstoffen (steenslag 12-20, steenslag 6-12, waste en vulstof) wordt er een matrixberekening gemaakt waarbinnen het mengsel in de zeefband moet passen.

In de tussentijd worden de bouwstoffen geclassificeerd door de dichtheid per fractie te bepalen middels de Specific Gravitytest waarbij er gebruik wordt gemaakt van een pyknometer. De hardheid en vlakheidsmetingen worden gedaan middels het Los Angeles Abrasion-apparaat en de Flakiness & Elongationtest.

Samenstellen van de mengsels

De eerste series zijn samengesteld uit de fracties 10% (12-20), 25% (6-12), 60% (0-6) en 5% eigen stof. Deze mengsels zijn genomen als de referentieasfaltmengsels. Het referentieasfalt is een mengsel bestaande uit aggregaat, rivierzand en als vulstof, volkomen natuurlijke vulstof. De hoeveelheid van 8.8% voor eigen stof in het mengsel in bijlage 8 komt door het apart zeven van waste materiaal (0-6) door zeef No. 200.

De volgende mengsels zijn mengsels waarbij de steenslagfracties constant blijven en de vulstoffen worden bijgevoegd (zie bovenstaande tabel 2).

Per mengsel zijn er dan 18 proefstukken vervaardigd, wat resulteert in een totaal van 72 proefstukken voor het gehele onderzoek.

Elk mengsel heeft 6 proefstukken voor het uitvoeren van de Marshalltest en twee series van 6 (dus 12 proefstukken) voor het uitvoeren van de ITSr-test.

De overige proef (Specific Gravity) is uitgevoerd op de tabletten die gedrukt zijn na de Marshalltest en de ITR-test.

Paragraaf 4.1.1 (tabel 7 t/m 13) geeft een beter inzicht in hoe het onderzoek wordt ingedeeld, in vier stappen waaronder:

- A. Bemonsteren (tabel 7)
- B. Classificeren:
 - a. Zeefanalyse (AASHTO T27) (tabel 8)
 - b. Specific Gravity (EN 1097-7) (tabel 8)
 - c. Los Angeles Abrasiontest (ASTM C131) (tabel 9)
 - d. Flakiness & elongation index (BS 812-105.1 / BS 812-105.2) (tabel 10)
- C. Samenstellen en beproeven:
 - a. Marshalltest (ASTM D6927) (tabel 11)
 - b. Indirect Tensile Strength Ratio (EN 12697 – 23) (tabel 11)
- D. Dichtheidsbepalingen mengsels en referentievulstofdata:
 - a. Specific Gravity (EN 1097 – 7) (tabel 12)
 - b. Rigden Voids (EN 1097 – 4) (tabel 13)
 - c. Bitumengetal (NEN – EN 13179 – 2: 2000) (tabel 13)
 - d. Delta Ring & Kogel (NEN-EN 13179-1) (tabel 13)

4.1.1 Schema onderzoeksplan

Tabel 7 Onderzoeksplan: onderdeel bemonsteren mineraal aggregaat

A. Bemonsteren mineraal aggregaat

Onderzoeksplan afstudeerproject: Praktijkonderzoek naar het gedrag van lokale vulstoffen in asfaltwerken in Suriname				
Samplen minerale aggregaten				
#	Materiaal	Norm	Aantal	Uitvoeringsplek
1	Pile fractie 12_20	ASTM D 75 - 03	4	Plant Beekhuizen Dalian
2	Pile fractie 6_12	ASTM D 75 - 03	4	
3	Pile fractie 0_6	ASTM D 75 - 03	4	
4	Pile rivierzand	ASTM D 75 - 03	4	
5	Cement (vulstof 1)		1	
6	Kaolien type A - course (vulstof 2)		1	
7	Kaolien type B - fine (vulstof 3)		1	
8	Eigen stof		1	

Tabel 8 Onderzoeksplan: onderdeel classificeren mineraal aggregaat
B1. Classificeren mineraal aggregaat

Classificeren minerale aggregaten					
#	Materiaal	Proef	Norm	Aantal	Uitvoeringsplek
9	fractie 12_20	zeefanalyse	AASHTO T 27	3	Plant Beekhuizen Dalian
10	fractie 6_12	zeefanalyse	AASHTO T 27	3	
11	fractie 0_6	zeefanalyse	AASHTO T 27	3	
12	rivierzand	zeefanalyse	AASHTO T 27	3	
13	vulstof Cement	zeefanalyse	ASTM D546	1	
14	vulstof A-course kaolien	zeefanalyse	ASTM D546	1	
15	vulstof B-fine kaolien	zeefanalyse	ASTM D546	1	
16	eigen stof	zeefanalyse	ASTM D546	1	
17	fractie 12_20	specific gravity	EN 1097-7	2	
18	fractie 6_12	specific gravity	EN 1097-7	2	
19	fractie 0_6	specific gravity	EN 1097-7	2	
20	rivierzand	specific gravity	EN 1097-7	2	
21	vulstof 1	specific gravity	EN 1097-7	2	
22	vulstof 2	specific gravity	EN 1097-7	2	
23	vulstof 3	specific gravity	EN 1097-7	2	
24	eigen stof	specific gravity	EN 1097-7	2	

Tabel 9 Onderzoeksplan: onderdeel classificeren op hardheid mineraal aggregaat

B2. Classificeren op hardheid mineraal aggregaat

Bepaling hardheid minerale aggregaten					
#	Materiaal	Proef	Norm	Aantal	Uitvoeringsplek
25	fractie 12_20	L.A. abrasiontest	ASTM C131	2	Plant Beekhuizen Dalian
	fractie 6_12	L.A. abrasiontest			

Tabel 10 Onderzoeksplan: onderdeel classificeren op vlakheid mineraal aggregaat

B3. Classificeren op vlakheid mineraal aggregaat

Bepaling flakiness index en elongation index van minerale aggregaten					
#	Materiaal	Proef	Norm	Aantal	Uitvoeringsplek
26	fractie 12_20	Particle Shape	BS 812-105.1 / BS 812-105.2	2	MNO- Vervat
27	fractie 6_12	Particle Shape	BS 812-105.1 / BS 812-105.2	2	

Tabel 11 Onderzoeksplan: onderdeel samenstellen van asfaltmengsels

C. Samenstellen van asfaltmengsels

Samenstellen / wegen proefstukken					
#	Type vulstof cement	Proef	Norm	Aantal	Uitvoeringsplek
28		ITSR	EN 12697 - 23	12	Plant Beekhuizen Dalian
29		Marshall	ASTM D6927	6	
#	Type vulstof kaolien A - course				
30		ITSR	EN 12697 - 23	12	
31		Marshall	ASTM D6927	6	
#	Type vulstof kaolien B - fine				
32		ITSR	EN 12697 - 23	12	
33		Marshall	ASTM D6927	6	
#	Type eigen stof				
34		ITSR	EN 12697 - 23	12	
35		Marshall	ASTM D6927	6	

Tabel 12 Onderzoeksplan: onderdeel bepaling van mengsel-dichtheden zonder ingesloten lucht
D1. Bepalingen dichtheid zonder ingesloten luchtmengsels

Bepaling dichtheid asfaltmengsels					
#	Materiaal	Methode	Norm	Aantal	Uitvoeringsplek
36	cement	specific gravity	EN 1097-7	2	Plant Beekhuizen Dalian
37	Moengo Minerals: kaolien A-course	specific gravity	EN 1097-7	2	
38	kaolien B-fine	specific gravity	EN 1097-7	2	
39	natuurlijke vulstof	specific gravity	EN 1097-7	2	

Tabel 13 Onderzoeksplan: onderdeel onderzoek vulstoffen t.b.v. referentie
D2. Onderzoek vulstoffen ten behoeve van referentie

Bepaling asfaltmortel					
#	Materiaal	Methode	Norm	Aantal	Literatuurverwijzing
40	Vulstoffen (natuurlijke vulstof, Moengo Minerals en cement)	Rigden Voids	EN – 1097 – 4		“Vulstoffen in de Surinaamse asfaltindustrie: een onderzoek naar de invloed van Surinaamse vulstoffen op kenmerkende eigenschappen van asfaltbeton”
41	Vulstoffen (natuurlijke vulstof, Moengo Minerals en cement)	Bitumengetal	NEN – EN 13179 – 2: 2000		
42	Vulstoffen (natuurlijke vulstof, Moengo Minerals en cement)	Delta Ring & Kogel	NEN-EN 13179-1		

4.2 Beschrijving van laboratoriumtesten

4.2.1 Testen op grove minerale toeslagstoffen

Ter classificering zijn de uitgevoerde testen op steenslag binnen dit onderzoek:

- Los Angeles Abrasion test
- Flakiness & elongation index
- Zeefanalyses
- Specific gravity

Los Angeles Abrasion test (L.A.-test) (ASTM C131 – 01)

Deze test wordt gebruikt voor het bepalen van de sterkte-kwaliteit van grofkorrelige materialen. De afslijting van het steenslag is heel belangrijk, omdat het samengestelde steenslag in het asfaltmengsel een bepaalde weerstand moet bieden tegen verbrijzeling en degradatie, om zodoende een hoge kwaliteit te behalen in het asfaltmengsel.

In deze test worden de grove korrels onderhevig gesteld aan zeer extreme omstandigheden van vermaling, uitschuring, hoge druk, slag en stoot. Het is een simulator waarbij de stenen die gebruikt worden in de top laag (in dit geval steenslagfracties 12-20 en 6-12) worden belast door de verkeersbelasting.

Het doel is daarom om een inzicht te verkrijgen in de relatieve korrelsterkte van het grofkorrelige materiaal door het bloot te stellen aan extreme dynamische belastingen.



Fig. 13 Het Los Angeles Abrasiontestapparaat

Testconcept

De L.A.-test meet de degradatie en verbrijzeling door het steenslagmonster te plaatsen in de roterende trommel met stalen ballen (steel spheres: fig. 11). Doordat de trommel roteert, worden de steenslagdeeltjes verbrijzeld door de stalen ballen. Als de test is voldaan, wordt het gewicht van de gebroken deeltjes berekend ten opzichte van het totale gewicht voordat het monster in de trommel werd gelegd. Op die manier kan men het percentage aan verlies (loss) vaststellen. Bij steenslag mag het niet meer zijn dan 40% (Dalian 3-contract). Overschrijdt het die waarde, wil dat zeggen dat het steenslag te zacht is en niet geschikt is om zware belastingen te dragen.



Fig. 14 Stalen ballen (steel spheres)

Flakiness & elongation index (BS 812 – 105.1 en 105.2)

De flakiness index test is van belang om na te gaan hoeveel vlakke stukken het materiaal bezit na het crushen (zie fig. 15b). Zo ook voor de elongation index, die test wordt uitgevoerd voor het bepalen van het aantal te lange stukken in het steenslagmateriaal (zie fig. 15a). Als het mengsel te lange en te vlakke stukken heeft, kunnen deze fracties makkelijk verbrijzelen in het mengsel bij zware verkeersbelastingen, waardoor de kans op stabiliteit in het mengsel laag is. Los van dit alles verhindert het ook de optimale pakking van het korrelskelet.



Fig. 15a Elongation gauge in action



Fig. 15b Flakiness index gauge in action

Testconcept

De elongation test meet het percentage lange stukken aggregaat ten opzichte van het totaal gesampled steenslagmateriaal. Afhankelijk van welke steenslagfractie wordt de nominale waarde van de steenslagfractie vermenigvuldigd met honderd (100) en dat gewicht van steenslagfractie wordt gezeefd door de zeefmaat die door de norm wordt aangegeven. De steenfractie die op elk van de zeven achterblijft, wordt dan op de aangegeven grootte van de lengte gauge in zijn lengte geschoven door de staafjes. Indien de stenen niet door de staven gaan, wil dat zeggen dat die steentjes te lang zijn voor die fractie.

Hetzelfde geldt voor de flakiness index test. Het principe hierbij is dat wanneer de stenen door de thickness gauge gaan, dat aan geeft dat het om zeer vlakke stenen voor die fractie gaat.

Zeefanalyse (AASHTO T 27)

Voor het aanleggen van wegen, vliegvelden, steigers, dammen, dijken en andere civiel-technische werkzaamheden is het altijd nodig om te weten hoe de samenstelling en korrelverdeling van de grond eruitzien. Een grondmonster is opgebouwd uit verschillende korrelgrootten. Als de grond een gelijkmatige opbouw heeft van verschillende korrelgrootten vormt deze in de meeste gevallen een goed draagkrachtige fundering.

Grondsoorten worden op basis van hun grootte onderverdeeld volgens AASHTO:

Boulders		: > 75 mm
Gravel		: No.4 (4.75 mm) – 75 mm
Sand	Course	: No.40 (425 um) – No.4 (4.75 mm)
	Fine	: No.200 (75 um) – No.40 (425 um)
Silt and Clay		: < 75 um

In dit onderzoek is de zeefanalyse voor steenslag uitgevoerd om een gemiddeld passeerpercentage te bepalen van elk van de steenslagfracties, om zodoende de mengselberekeningen van de jobmix te kunnen bepalen.



Fig. 16 Zeefset op mechanische shaker

Testconcept

Voordat er een mengselverhouding voor het asfalt wordt bepaald, wordt er een aantal zeefanalyses uitgevoerd om zodoende een gemiddelde van elk van de fracties te bepalen (zie fig. 16). Dit onderzoek richt zich op het maken van toplaagtabletten. Dus de grootste fracties bij AC 16 zijn fracties 12 – 20 (12mm-20mm). Hierbij werden er drie zeefanalyses uitgevoerd om daaruit een gemiddelde te bepalen. De zeven die voor toplaag gebruikt worden zijn: 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No. 4 (4.75 mm), No. 8 (2,36 mm), No. 16 (1.18 mm), No. 30 (600 μm), No. 50 (300 μm), No. 100 (150 μm), No. 200 (75 μm) en pan. Hetzelfde geldt voor de fracties 6 – 12 en 0 – 6.

Specific Gravity (EN 1097 – 7)

Om een Marshallonderzoek te beginnen is het bepalen van de dichtheid van elk der fracties heel belangrijk. Op zo'n manier kunnen de dichtheden van de monsters afzonderlijk worden bepaald. Dit wordt gedaan middels een formule (bepaling maximum theoretische dichtheid). De test die hiervoor uitgevoerd wordt, heet de Specific Gravity Pycnometer test.

Testconcept

Het materiaal wordt middels gekookt gedestilleerd water in een pyknometer onder een bepaalde temperatuur ondergebracht en vervolgens wordt middels een natuurkundige formule de dichtheid van het desbetreffende materiaal bepaald (zie fig. 17a en 17b).



Fig. 17a Pycnometerfles met materiaal



Fig. 17b Pycnometerfles + materiaal+ water

4.2.2 Testen op fijne minerale toeslagstoffen

Testen die op fijne minerale toeslagstoffen binnen dit onderzoek worden uitgevoerd zijn:

- Zeefanalyses (AASHTO T 27)
- Specific gravity (EN 1097-7)

4.2.3 Testen op vulstoffen

Testen die op fijne minerale toeslagstoffen binnen dit onderzoek worden uitgevoerd zijn:

- Zeefanalyses (AASHTO T 27)
- Specific gravity (EN 1097-7)

Zeefanalyse

Voor de bepaling van de korrelverdeling van de vulstoffen zijn er afhankelijk van het type vulstof verschillende zeefmaten gebruikt:

- Cement => No.100 (150 μm) en No.200 (75 μm)
- Kaolien B-fine => No.30 (600 μm), No.50 (300 μm), No.100 (150 μm) en No.200 (75 μm)
- A-course => No.30 (600 μm), No.50 (300 μm), No.100 (150 μm) en No.200 (75 μm)

Overige testen op vulstoffen die normaal ook op vulstoffen dienen worden uitgevoerd zijn:

- Methyleenblauwproef (NEN – EN 993 – 9)

- Rigden Voids (NEN – EN 1097 – 4)
- Delta Ring en kogel (NEN – EN 13179 – 1)
- Bitumengetal (NEN – EN 13179 – 2)

In dit onderzoek zijn deze testen niet uitgevoerd vanwege het ontbreken van de benodigde apparatuur in het laboratorium.

Methyleenblauwproef (NEN – EN 993 – 9)

Deze proef wordt uitgevoerd ter bepaling van actieve kleideeltjes die in een vulstof kunnen voorkomen. Actieve kleideeltjes zijn kleideeltjes die onder invloed van water gaan zwellen. Deze kleideeltjes kunnen dan een nadelig effect hebben op de eigenschappen van het asfaltmengsel. Methyleenblauw is een poederachtige stof die een blauwe oplossing geeft wanneer het in contact komt met water. De kleideeltjes adsorberen de methyleenblauwionen, dat wil zeggen dat de methyleenblauwionen aan de oppervlakte van de kleideeltjes komen te liggen. Voor een asfaltmengsel zijn er grenzen aangegeven (NEN 6240) hoeveel gr/kg methyleenblauw er in de vulstof mag voorkomen.

Ridgen Voids (holleruimtebepaling in vulstoffen) (NEN – EN 1097 – 4)

De holle ruimte wordt bepaald in de vulstof middels het Ridgen-verdichtingsapparaat. Vervolgens kan het volume van de verdichte vulstof gemeten worden. Doordat de inmiddels bepaalde dichtheid van de vulstof bekend is, kunnen uiteindelijk de holle ruimten van de vulstof berekend worden.

Delta Ring en kogelproef (NEN – EN 13179 – 1)

Het mengsel van vulstof en bitumen wordt de mortel van een asfaltmengsel genoemd. Deze mortel heeft als functie een binding te vormen tussen de steenslagaggregaten door het stijfheidseffect.

Om de viscositeit van deze mortel te bepalen wordt de Delta Ring en kogelproef uitgevoerd.

Deze proef wordt uitgevoerd door het verwekingpunt te bepalen van bitumen zelf en vervolgens daarna het verwekingpunt van de mortel (bitumen/vulstof). Het verwekingpunt is het moment dat door de toenemende temperatuur ervoor wordt gezorgd dat het bindmiddel onder een belasting van een stalen bal over een genormaliseerde afstand uitzakt. De Delta Ring en kogelwaarde is het verschil tussen het verwekingpunt van de mortel en van het bitumen.

Bitumengetal (NEN – EN 13179 – 2)

Bij deze proef wordt er een schijnbare viscositeit bepaald van een mengsel van vulstof met water. Het mengsel wordt in een standaard cilindrische beker geplaatst; het bitumengetal

wordt bepaald door de hoeveelheid water die nodig is om een standaardstaaf gedurende 5 seconde tussen 50 en 70 (x0,1 mm) in het vulstof/watermengsel te doen zakken.

4.2.4 Testen op bitumen

Binnen dit onderzoek zijn er geen testen gedaan op bitumen.

Standaardtesten op bitumen

- Penetratietest (ASTM D5)
- Ring en kogel (ASTM D36)
- Ductility (ASTM D113-07)
- Solubility (ASTM D2042 – 09)
- Thin-film oven test (ASTM D2872)

Penetratietest (ASTM D5)

De consistentie van penetratie in bitumen wordt bepaald door de penetratietest. De test wordt uitgevoerd doordat een naald met een bepaald gewicht (100 gram) het oppervlak van het bitumen doordringt bij een temperatuur van 25 °C binnen een gegeven tijd (per 5 seconde).

De diepte van de penetratie van de naald in het bitumen wordt uitgedrukt als “penetration” en wordt gemeten in een lengte-eenheid van 0,1 mm.

De naald penetreert dieper bij zacht bitumen en minder diep in hard bitumen (zie fig. 18). Deze test is de basis voor de classificatie van bitumensoorten.

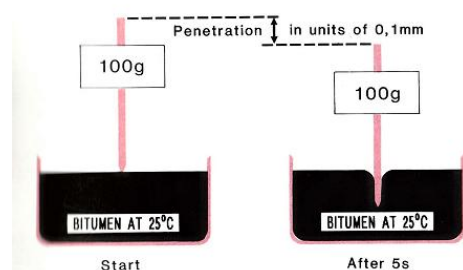


Fig. 18 Penetratietest

Ring en kogelproef (ASTM D36)

De consistentie van een penetratie in bitumen kan ook bepaald worden door het bepalen van het weekpunt (softening point). De Ring en kogeltest wordt toegepast voor het bepalen van het

moment dat het thermoplastische materiaal verzacht wordt. Het proefstuk wordt geplaatst in een metalen ring met een binnendiameter van 15.875 mm dat 2.38 mm dik en 6.35 mm breed. De ring wordt geplaatst boven een metalen plaat in een bekersglas met water, waarbij een stalen bal van 9.5 mm diameter met een gewicht van 3.5 gr wordt geplaatst in het centrum van het proefstuk. De temperatuur van het water wordt in een voorgeschreven tempo verhoogd en het verwekingspunt is de temperatuur van het water, waarbij de uitstulping met de bal de onderste plaat heeft bereikt (zie fig. 19).

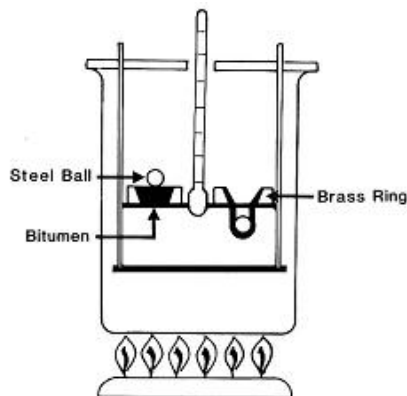
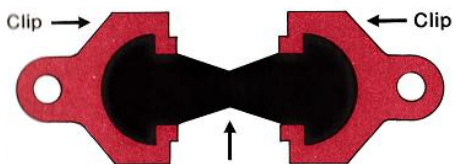


Fig. 19 Ring en kogeltest

Ductility (ASTM D113-07)

De ductility van bitumen wordt bepaald door een extensionproef. Een bitumenmonstertje wordt in een mal geplaatst onder standaardvoorwaarden en specifieke dimensies. Vervolgens wordt het onder een standaardtemperatuur (25 °C) uit elkaar getrokken totdat het monstertje in tweeën uit elkaar gaat (zie fig.20).



Briquette: minimum cross-sectional area 100mm²

Fig. 20 Briquette voor ductility test

Solubility (ASTM D2042 – 09)

Bitumen is oplosbaar in koolstof disulfide (CS₂), behalve carbene wat in heel kleine hoeveelheden voorkomt. Deze oplossingsmiddelen zijn heel handig voor het vaststellen van de aanwezigheid van coke-deeltjes (bij oververhitting van bitumen). Hoe dan ook, carbon

disulphide is heel erg vlambaar en carbon tetrachloride is heel erg giftig. Het meest gangbare is trichloorethyleen.

Thin-film oventest (ASTM D2872)

Deze proef geeft een benaderende indicatie over hoe de eigenschappen in bitumen veranderen tijdens een normale verhitting van asfalt bij een temperatuur van ± 150 °C gericht op de viscositeit en andere rheologische eigenschappen.

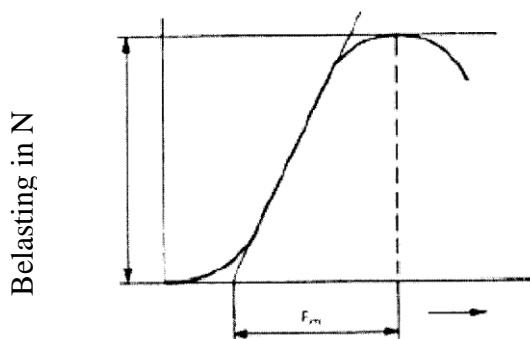
4.2.5 Testen op asfaltbeton

De testen die uitgevoerd zijn in dit onderzoek zijn:

- Marshall test (ASTM D6927 – 06)
- ITR (EN 12697 – 12 en 12697 – 23)

Marshallonderzoek (ASTM D6927 – 06)

De Marshallproef wordt uitgevoerd voor een vooronderzoek, waarbij asfaltproefstukken (cilindrisch asfaltmonster met een mm corrigeren voor hoogte en diameter) gedurende 30 – 40 minuten ondergedompeld worden in een waterbad met een temperatuur 60 ± 1 °C. De proefstukken worden daarna op de drukbank geperst door de marshall piston waarna de kracht en de vloeivalue middels de Marshallgrafiek (zie fig. 21) op de monitor worden afgelezen waarmee het proefstuk bezwijkt.



Vloei in mm

Fig. 21 Schematische weergave Marshallgrafiek

De proefopstelling Marshalltest:



Fig. 22 Bepaling afmetingen van de Marshalltabletten



Fig. 23 Temperatuurafmeting van het waterbad



Fig. 24 Weging Marshalltablet, onder en boven water (bulk density met ingesloten lucht)



Fig.25 Plaatsing van de Marshalltabletten in een waterbad met een temperatuur van 60 ± 1 °C en drukken van de tabletten



Fig. 26 Marshalldiagramafbeelding op de monitor van de drukbank

ITS (spleijtproof) en ITSR (watergevoeligheid) (EN 12697 – 12 en 12697 – 23)

De duurzaamheid van een asfaltmengsel wordt mede bepaald door de watergevoeligheid. De bepaling van de spleijtsterkte van bitumineuze proefstukken richt zich op de watergevoeligheid van bitumineuze mengsels.

De proef voor het bepalen van de spleijttreksterkte wordt de ITS (Indirect Tensile Strength) oftewel indirecte treksterkte genoemd. Hierbij worden de Marshallproefstukken voor en na geconditioneerd door de proefstukken onder te dompelen in water bij een temperatuur van 25 °C. Bij de natte toestand worden de proefstukken volgens norm (NEN 12697 – 12) vier dagen ondergedompeld in een waterbad met een constante watertemperatuur van 25 °C. En bij de droge toestand worden de proefstukken volgens norm (NEN 12697 – 12) vier dagen in een ruimte bij kamertemperatuur (25 °C) opgeslagen. Na de vier dagen worden al deze proefstukken op de drukbank beproefd. De ITSR kan dan bepaald worden door het gemiddelde resultaat van de indirecte treksterkte van de natte proefstukken te delen door het gemiddelde resultaat van indirecte treksterkte van de droge proefstukken.

De proefopstelling ziet er als volgt uit (zie fig. 27 en 28):



Fig.27 Conditionering van de ITSР-tabletten



Fig.28 Plaatsing van de Marshalltabletten in waterbad op temperatuur van 25°C en drukken van de tabletten

De droge toestand: hierbij wordt de helft van dezelfde proefset voor vier dagen op kamertemperatuur opgeslagen in een ruimte.

Vervolgens worden deze tabletten onder een drukbank geplaatst om gedrukt te worden totdat ze bezwijken.

De eis tegenwoordig voor deklagen (onafhankelijk van de bouwklasse) is een ITSР $\geq 70\%$

4.3 Monstername

Het materiaal dat in een toplaag voorkomt, is steenslag, scherpzand, vulstof en bitumen. Het steenslag wordt gewonnen door CDIG te Pokigron door “blasting” en vervolgens in crushers verbrijzeld in verschillende gradaties. De crushersgradaties voor de toplaag die bij CDIG gebruikt zijn:

- 12-20 (nominale waarden van steenslag tussen 12 mm en 20 mm)
- 6-12 (nominale waarden van steenslag tussen 6 mm en 12 mm)
- 0-6 (nominale waarden van steenslag tussen vulstof en 6 mm)

De L.A.-waarde van het steenslag moet een maximale waarde van 40% hebben.

4.3.1 Berekening van de mengverhouding

Bij het samenstellen van de mengselverhoudingen zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- Er zijn zeefanalyses uitgevoerd (AASHTO T 27) van elke fractie om een gemiddelde te bepalen.
- Er zijn berekeningen van de jobmix met natuurlijke vulstof gemaakt aan de hand van testresultaten van de zeefanalyses van de minerale aggregaten en de deklaag design limits.

De mengselsamenstelling is: 10% van 12 – 20

25% van 6 – 12

60% van 0 – 6

5% vulstof

De massaverhouding van rivierzand met 0 – 6 (waste) is 1:3

- De jobmix met eigen stof als totale vulstof is als basisjobmixdesign voor dit onderzoek aangehouden (zie tabel 14).
- Er zijn ook zeefanalyses van cement en Moengo Mineralsproducten uitgevoerd om de korrelverdeling van die vulstoffen te bepalen.
- Mengsels met dezelfde percentageverhoudingen zijn aangehouden, alleen wordt het type vulstof vervangen met de bovenstaande vulstoffen.
- Het mengsel wordt daarna getoetst op de toleranties van de referentie-jobmix (met natuurlijke vulstof)

Opmerking: In de bijlage is er een volledig overzicht hoe te zijn gekomen aan de mengselverhouding.

Tabel 14 Berekende Jobmix eigen stof getoetst op graderingseisen

Zeefset		AC 16 design limits			Jobmix
Inch	mm	Ondergrens	Bovengrens	Ideale lijn	
1"	25 mm	-	-	-	100
¾ "	19 mm	100	100	100	100
½ "	12,5 mm	90	100	95	93.8
⅜ "	9,5 mm	-	-	-	85.8
No. 4	4,75 mm	44	74	59	59.7
No. 8	2,36 mm	28	58	43	43.6
No. 16	1,18 mm	-	-	-	31.6
No. 30	600 µm	-	-	-	21.6
No. 50	300 µm	5	21	13	15.1
No. 100	150 µm	-	-	-	11.3
No. 200	75 µm	2	10	6	8.8

Tabel 15 Toetsing van overige mengsels ten opzichte van Jobmix eigen stof

Zeefset		Mengselsamenstellingen						
		Jobmix design eigen stof (referentie asfalt)					Jobmix design Moengo Minerals	
		Jobmix eigen stof	Toleranties volgens bestek	Ondergrens	Bovengrens	Jobmix cement	Jobmix A-Course	Jobmix B-Fine
2"	25 mm	100	-	100	100	100	100	100
¾ "	19 mm	100	± 7	100	100	100	100	100
½ "	12,5 mm	93.8	± 7	86.8	100.8	93.8	93.8	93.8
⅜ "	9,5 mm	85.8	± 7	78.8	92.8	85.8	85.8	85.8
No. 4	4,75 mm	59.7	± 7	52.7	66.7	59.7	59.7	59.7
No. 8	2,36 mm	43.6	± 6	37.6	49.6	43.6	43.6	43.6
No. 16	1,18 mm	31.6	± 6	25.6	37.6	31.6	31.6	31.6
No. 30	600 µm	21.6	± 5	16.6	26.6	21.6	21.6	21.6
No. 50	300 µm	15.1	± 5	10.1	20.1	15.1	13.5	15.1
No. 100	150 µm	11.3	± 3	8.3	14.3	11.3	8.2	11.3
No. 200	75 µm	8.8	± 3	5.8	11.8	8.8	5.1	8.8

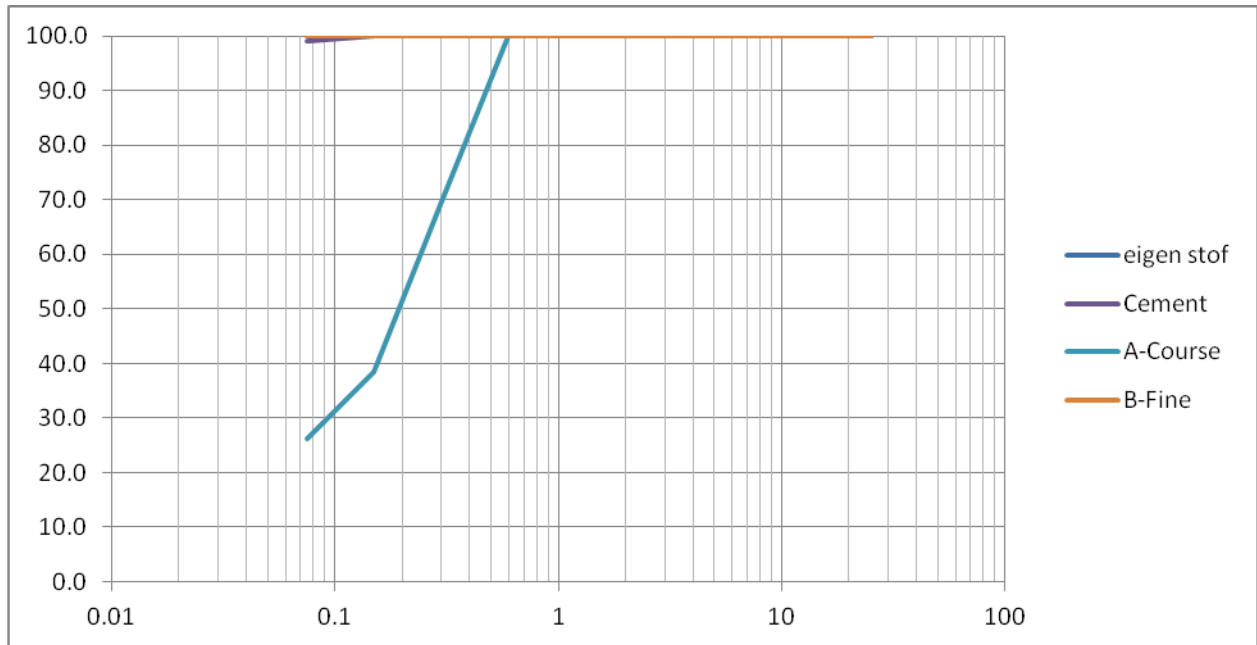


Fig. 29 Grafisch overzicht lokale vulstoffen

x-as : zeefopeningen in millimeters
y-as : passeerpercentages

5 Resultaten en analyse

5.1 Inleiding

Voor het berekenen van de samenstelling moet er eerst worden onderzocht hoe de afzonderlijke bouwstoffracties zijn onderverdeeld middels het uitvoeren van zeefanalyses. De hardheid van het steenslag en de vlakheidsmeting spelen ook een heel belangrijke rol voor de continuering van het onderzoek. De overzichten van de verschillende proeven op steenslag en vulstof worden in dit hoofdstuk weergegeven.

5.2 Overzicht resultaten uit het onderzoek op minerale aggregaten

De zeefanalyse geeft aan hoe de korrels binnen elk der fracties zijn onderverdeeld (zie tabel 16). Middels deze proef wordt er een beeld gegeven welke korrelgrootte het meest voorkomt in elk van de fracties. Er kan dan een bepaald percentage van de meest voorkomende korrelgrootte en de minst voorkomende korrelgrootte in de mengselberekening worden samengesteld.

De hardheid en de vlakheid van de bouwstoffen spelen ook een belangrijke rol in het samenstellen van een mengsel. De verbrijzelingswaarde en de vlakheidswaarde mogen niet te hoog zijn (zie tabel 17).

Tabel 16 Overzicht gemiddelde korrelverdeling steenslagaggregaat en specific gravity

1. Zeefanalyse:

Zeefset		Overzicht gemiddelde korrelverdeling minerale aggregaten			
		Average Passing (%) steenslag 12 - 20	Average Passing (%) steenslag 6 - 12	Average Passing (%) 0 - 6	Average Passing (%) Rivier zand
1"	25 mm	100	100	100	100
3/4 "	19 mm	100	100	100	100
1/2 "	12,5 mm	41.2	98.7	100	100
3/8 "	9,5 mm	15.6	77.1	99.9	99.8
No. 4	4,75 mm	3.9	12.5	81.0	98.2
No. 8	2,36 mm	2.1	5.2	51.9	91.4
No. 16	1,18 mm	1.7	3.7	34.2	67.5
No. 30	600 µm	1.5	3.2	23.8	33
No. 50	300 µm	1.3	2.9	17	10.3
No. 100	150 µm	1.2	2.4	12	0.9
No. 200	75 µm	0.9	1.8	7.2	0.3
Specific Gravity	(kg/m³)	2715.4	2704.7	2576.7	2626.2

Tabel 17 Overzicht L.A.-test

2. Los Angeles Abrasion test

Overzicht Los Angeles Abrasion test (ASTM C 131)		
Steenslag	Percent loss (%)	Eis voor deklaag
12 - 20	17.5	≤ 40%
6 - 12		

Analyse:

Het gemiddelde percentage van de verbrijzelingsgraad van het steenslag dat in dit onderzoek wordt gebruikt, voldoet. Het steenslag heeft een lage verbrijzelingswaarde.

Tabel 18 Overzicht flakiness index

3. Flakiness en Elongation index

Overzicht Flakiness index (BS 812 – 105.1)		
Steenslag	Vlakte (%)	Eis voor deklaag
12 - 20	29.1	< 35%
6 - 12	28.9	<35%

Tabel 19 Overzicht elongation index

Overzicht elongation index (BS 812 – 105.2)		
Steenslag	Lengte (%)	Eis voor deklaag
12 - 20	70.4	Geen eis
6 - 12	77.8	Geen eis

Analyse:

In het Dalianbestek zijn er geen flakiness en elongation index eisen opgenomen. Maar volgens roadnote 19 geldt voor zowel deklaag als binderlaag dat de flakiness index < 35% moet zijn.

5.3 Overzicht resultaten uit het onderzoek op lokale vulstoffen

Ook bij vulstoffen geeft de zeefanalyse aan hoe de korrels onderling zijn onderverdeeld. Middels deze proef wordt er een beeld gegeven welke korrelgrootte het meest voorkomt om zodoende te kunnen classificeren of het desbetreffende materiaal als vulstof kan worden aangenomen conform ASTM D 242.

Tabel 20 Overzicht korrelverdeling vulstoffen en specific gravity
Zeefanalyse

Zeefset		Overzicht gemiddelde korrelverdeling Vulstoffen				
		Average Passing (%) eigen stof	Average Passing (%) Cement	Average Passing (%) A-Course	Average Passing (%) B-Fine	Eisen Passing ASTM D 242
1"	25 mm	100	100	100	100	
¾ "	19 mm	100	100	100	100	
½ "	12,5 mm	100	100	100	100	
⅜ "	9,5 mm	100	100	100	100	
No. 4	4,75 mm	100	100	100	100	
No. 8	2,36 mm	100	100	100	100	100
No. 16	1,18 mm	100	100	100	100	100
No. 30	600 µm	100	100	100	100	
No. 50	300 µm	100	100	69.6	100	97 - 100
No. 100	150 µm	100	100	38.5	100	95 - 100
No. 200	75 µm	100	99.0	26.3	100	70 - 100
Specific Gravity	(kg/m³)	2718.0	3092.0	2633.2	2676.6	

Analyse

A-Course voldoet niet aan de eisen voor vulstof volgens ASTM-norm (ASTM D 242). De korrelverdeling is vergelijkbaar met een fijn zand met veel materiaal door zeef No. 200. De resterende vulstoffen voldoen allemaal conform de norm ASTM D 242.

Tabel 21 Overzicht Vulstof Classificatie Onderzoek

Overzicht classificatie lokale vulstoffen

	Rigden Voids (%)	Bitumen getal	Δ Ring & Kogel (°C)	Methyleenblauw	Type vulstof
Eigen stof	35	36.4	15.5	3.3	Zeer zwak
Cement	37	36	15.5	1.7	Zeer zwak
A-Course	-	-	-	-	-
Airfloated (gelijkgesteld aan B-Fine)	68	86.4	-	5	Zeer sterk

Bron: "Vulstoffen in de Surinaamse asfalt industrie: een onderzoek naar de invloed van Surinaamse vulstoffen op kenmerkende eigenschappen van asfaltbeton"

6 Karakterisering van de toegepaste vulstoffen

Het karakteriseren van de toegepaste vulstoffen is tot stand gekomen door de mengselverhouding constant te houden en steeds een ander vulstof toe te voegen om te zien welk gedrag de desbetreffende vulstof heeft op de gehele samenstelling door middel van de Marshallproef en de Indirect Tensile Strength test.

In de onderstaande tabel wordt aan de hand van de gemiddelde waarden, indicatief aangegeven hoe het mengsel bij elke vulstof zich gedraagt.

Tabel 22 Overzicht van de resultaten ter karakterisering lokale vulstoffen

Aanvullende (fabrieks)vulstof	Eigen stof	Cement	A-Course	B-Fine	P.V.E
Mengverhouding					
10% (12-20), 25% (6-12), 60% (0-6)	5%	5%	*5%	5%	
Zeefset					
No.50	100	100	69.6	100	97 – 100
No.100	100	100	38.5	100	95 - 100
No.200	100	99.0	26.3	100	70 - 100
Rigden Voids	35	37	-	68	
Bitumengetal	36.4	36	-	86.4	
ΔRing&Kogel	15.5	15.5	-	-	
Methyleenblauw	3.3	1.7	-	5	
Type	Zeer Zwak	Zeer Zwak	-	Zeer Sterk	
Marshall					
Holle ruimte	3.4	3.3	7.3	2.9	3 – 5%
Vullingsgraad	78.2	78.6	61.4	80.9	≤ 80%
Stabiliteit	7.8	9.5	6.6	8.7	≥ 8000 N
Vloei	3.5	3.9	2.4	4.5	2 – 5 mm
Quotiënt	2229	2436	2750	1933	
ITSR	111.5	119.6	107.7	99.9	≥ 70 %
Specific Gravity	2450.1	2434.8	2426.6	2444.7	

Analyse:

1. Bij eigen stof is het percentage aan holle ruimte binnen de grenzen van de eis. De vullingsgraad is 78.2%, (kleiner 80%). De stabiliteit is iets lager dan het minimum-criterium. De vloeivaarde van 3.5 mm, ligt binnen de grenzen. Volgens deze resultaten zou het mengsel met eigen stof bezwijken voor een heavy traffic verkeer.
2. De holle ruimte bij het mengsel met cement is 3.27% en valt binnen de grenzen van de eis waardoor de vullingsgraad ook beneden het vereiste valt (78.6% < 80%). De stabiliteit is hoog ten opzichte van het vorige mengsel namelijk 9.5 kN. De vloeit is 3.9 mm. De kans op bleeding, spoorvorming en permanente deformaties in dit mengsel is ook gering.
3. *Van A-Course draagt er uiteindelijk maar 1.2% vulstof bij in de jobmix met A-Course. De rest is afkomstig van het "eigen stof".
Het gebruik van A-Course kaolien in het mengsel voldoet **niet** aan alle volumetrische eigenschappen. De holle ruimte in dit mengsel is gemiddeld 7.38%, deze valt buiten de bovengrens van de eis. Er zijn dus te veel holle ruimten binnen dit mengsel. De vullingsgraad is 61.4%, deze valt binnen de bovengrens van 80%. De stabiliteit van 6.6 kN is ten opzichte van de twee vorige mengsels zeer laag, met het gevolg dat dit mengsel aan de stabiliteit zou bezwijken. De vloeivaarde: 2.4 mm is net boven de onderste grens. Het probleem bij dit mengsel is, dat de A-Course veel zandfracties heeft, waardoor er weinig aan echte vulstof aanwezig is. Deze zandfracties vullen de holle ruimte binnen dit mengsel niet en er ontstaat een grote hoeveelheid aan holle ruimte in dit asfaltmengsel. Dit mengsel is een heel slechte samenstelling, aangezien het vroegtijdig zou kunnen bezwijken. Op het gebied van bleeding is dit mengsel volgens de resultaten goed doordat deze samenstelling een hoog percentage aan holle ruimten heeft. Er is genoeg plek voor expansie van bitumen bij optredende verhoogde temperatuur. Maar het nadeel kan zijn dat door dit hoge percentage holle ruimten de kans op bezwijken (scheuren) heel groot is, doordat lucht en het water een beschadigende invloed hebben op dit mengsel.
4. Aan de hand van de resultaten van de volumetrische eigenschappen van B-Fine als vulstof zou er een lichte uitspraak gedaan kunnen worden dat er een lichte bleeding kan ontstaan door het iets lage percentage aan holle ruimte binnen dit mengsel. De vullingsgraad is 80.9%, deze komt iets hoger dan de eis van vullingsgraad. Het mengsel is dus lichtelijk overvuld. Op cement na als aanvullende vulstof levert dit mengsel een hoge stabiliteit. Door de hoge vloeivaarde blijft het mengsel flexibel. Maar "overall" zou zo een mengsel niet als slecht worden gekarakteriseerd. Opgemerkt wordt dat het mengen van de van de samenstelling met B-Fine heel moeizaam verliep. Ook bij de extractie was het nogal hard om de tabletten uit elkaar te halen doordat de vulstof veel bitumen opzuigt. Het mengen ging heel stug en bij het mixen onder de Marshallmixer bleven er altijd wat grotere stenen over die niet helemaal omringd waren met bitumen. Dit zorgde ervoor dat het mengsel niet te vet was, maar ook niet te schraal. Ondanks deze visuele benadering wijzen de resultaten dat het mengsel er vet uit zou moeten zien. Er zouden testvakken

van dit mengsel gemaakt moeten worden om te zien hoe dit mengsel zich gedraagt ten opzichte van bleeding, spoorvorming en vermoeiing.

7 Conclusies en aanbevelingen

Conclusie

- Blijkens tabel 18 is de rangschikking naar sterkte van de mengsels ten opzichte van het referentieasfalt van heel stabiel naar minder stabiel:
 - Cement
 - B-Fine
 - A-Course
- De resultaten van het mengsel met minerale vulstof (referentieasfalt) geven een goed evenwichtig mengsel, dat aan alle eisen voldoet. Volgens deze resultaten zou er geen sprake zijn van bleeding, spoorvorming en permanente deformatie in de deklaag.
- De resultaten van het mengsel met aanvullend cement geven een nog evenwichtigere samenstelling. De resultaten geven aan dat cement dit mengsel versterkt. Ook bij dit mengsel hoeft er geen sprake van bleeding te zijn.
- De Marshallresultaten van het mengsel met aanvullende vulstof A-Course voldoen niet aan de holle ruimten; dit mengsel is minder stabiel dan het mengsel met minerale vulstof. Alhoewel dit mengsel een hoge stijfheid heeft, ligt het Marshallquotiënt hoger dan 2229 N/mm.
De A-Course vulstof kan conform ASTM D 242 niet worden gerekend tot fabrieksvulstof; van A-Course draagt er uiteindelijk maar 1.2% als vulstof bij in de jobmix. De rest is afkomstig van het “eigen stof”. Eindconclusie is dat het kaolienproduct als zandfracties kan worden gebruikt.
- De resultaten met aanvullend B-Fine geven een matig tot goed mengsel. De Marshallstabiliteit ligt hoger dan minerale vulstoffen en is een opvolger van de resultaten van cement. Dit mengsel zou afgekeurd worden op basis van de hoge vullingsgraad.

Aanbevelingen

- De kaolienproducten A-Course en B-Fine moeten worden geclassificeerd op de resterende proeven:
 - Rigden Voids
 - Bitumengetal
 - Δ Ring & Kogel
 - Methyleen blauw

Middels deze proeven kan er met behulp van NEN 6240 (zie tabel 1) worden aangegeven of het materiaal een zeer zwak, zwak, middelsoort, middelsoort met hydroxide of sterke vulstof is.

- Getracht dient te worden om bij een volgend onderzoek de korrelskelet constant te houden en het percentage aan B-Fine te verminderen en te mengen met de resterende minerale vulstof.
- Een ander alternatief om te kunnen onderzoeken hoe het mengsel minder bleedinggevoelig te maken is het aanpassen van het percentage steenslag door de mengselverhouding te veranderen.
- Ten slotte moeten er testvakken gemaakt worden met de percentages van de mengverhouding die in dit project zijn uitgevoerd ter monitoring van het praktische gedrag op het veld in een redelijk drukbezochte gebied.

Literatuurlijst

- Asphalt Institute Lexington, Kentucky (n.d.) *Mix Design Methods For Asphalt Concrete (MS-2) and Other Hot-Mix Types, Sixth Edition*
- Gulp (KOAC·NPC), C.A.P.M dr. Ir., Jacobs (BAM Wegen B.V.), M.M.J. dr. ir., Jager (CROW), J.H.J. ir. & Jong de (VBW-Asfalt), E.J. ing. (2010) *Asfalt in Weg- en Waterbouw*, publicatie 285 C.R.O.W
- (1998, November) *Standard Specifications for the Construction of Roads in Suriname*
- (n.d.) *CML (Central Materials Laboratory) Laboratory Testing manual 2000*
- Hirosemito, M. (2013) *Afstudeerverslag: “Vulstoffen in de Surinaamse asfaltindustrie: een onderzoek naar de invloed van Surinaamse vulstoffen op kenmerkende eigenschappen van asfaltbeton”*
- (Augustus 2013) *Interview met de heer Cameron R. Ir.*

Normbladen

- *AASHTO T27-93 Sieve Analysis of Fine and Course Aggregates*
- *ASTM D 242 grading for added fillers*
- *EN – 1097 – 7 Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of the particle density of filler - Pycnometer method*
- *ASTM C 131 – 06. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine*
- *Determination of particle shape. BS 812-105.1, Flakiness index.*
- *Determination of particle shape. BS 812-105.2, Elongation index*
- *NEN-EN 12697-23 (nl), Bitumineuze mengsels – Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Deel 23: Bepaling van de splijttreksterkte van bitumineuze proefstukken, augustus 2003*

- *ASTM D6927 Bitumineuze mengsels*
Beproevingmethoden voor warm bereid asfalt - Marshallproef
- *AASHTO T 164 – 86 Quantitative Extraction of Bitumen from Bituminous Paving*

Internetpagina's

- History of asphalt (n.d.)
https://www.asphaltpavement.org/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=41; geraadpleegd juli 2013
- Wikipedia (2013) Zeer Open Asfalt
http://nl.wikipedia.org/wiki/Zeer_Open_Asfalt; geraadpleegd juli 2013
- Wikipedia (2013) Steenmastiekasfalt
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Steenmastiekasfalt>; geraadpleegd juli 2013
- Staatsolie Maatschappij (n.d.)
<http://www.staatsolie.com/products.html>; geraadpleegd augustus 2013
- Maintenance solutions for bleeding and flushed pavements
http://www.depts.ttu.edu/techrtrweb/Reports/Products/5230_P1.pdf; geraadpleegd augustus 2013

BIJLAGE
BEREKENING MENGSELVERHOUDINGEN

Verhouding rivierzand met crusherzand is 3 staat op 1					
rivierzand				Fractie 0_6	
	Riv	Breker			Mengsel rivierzand brekerzand
<i>Verhouding</i>	<i>1</i>	<i>3</i>			
Gemiddelde Passing (%)				Gemiddelde Passing (%)	
100.0	<i>100.0</i>	<i>300.0</i>		100.0	100.0
100.0	<i>100.0</i>	<i>300.0</i>		100.0	100.0
100.0	<i>100.0</i>	<i>300.0</i>		100.0	100.0
99.8	<i>99.8</i>	<i>299.8</i>		99.9	99.9
98.2	<i>98.2</i>	<i>243.0</i>		81.0	85.3
91.4	<i>91.4</i>	<i>155.6</i>		51.9	61.7
67.5	<i>67.5</i>	<i>102.5</i>		34.2	42.5
33.0	<i>33.0</i>	<i>71.4</i>		23.8	26.1
10.3	<i>10.3</i>	<i>51.0</i>		17.0	15.3
0.9	<i>0.9</i>	<i>36.0</i>		12.0	9.2
0.3	<i>0.3</i>	<i>21.5</i>		7.2	5.5
0.2	<i>0.2</i>	<i>2.0</i>		0.7	0.5

Percentage mengsel 1													Toplaag AC16		
	Fractie 12_20			Fractie 6_12			Mengsel rivierzand brekerzand			Vulstof natuurlijk			Standard Specifications		
	Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Jobmix		
	Gemiddelde Pas 4.5%,44.5%,46%,5%			Gemiddelde Pas: 4.5%,44.5%,46%,5%			Passing (%)			Passing (%)			(mediaan)		
25	100.0	4.5		100.0	44.5		100.0	46.0		100.0	5.0		100.0		
19	100.0	4.5		100.0	44.5		100.0	46.0		100.0	5.0		100.0	100	100
12.5	41.2	1.9		98.7	43.9		100.0	46.0		100.0	5.0		96.8	95	90 - 100
9.5	15.6	0.7		77.1	34.3		99.9	45.9		100.0	5.0		86.0		
4.75	3.9	0.2		12.5	5.6		85.3	39.2		100.0	5.0		50.0	59	44 - 74
2.36	2.1	0.1		5.2	2.3		61.7	28.4		100.0	5.0		35.8	43	28 - 58
1.18	1.7	0.1		3.7	1.7		42.5	19.5		100.0	5.0		26.3		
0.6	1.5	0.1		3.2	1.4		26.1	12.0		100.0	5.0		18.5		
0.3	1.3	0.1		2.9	1.3		15.3	7.1		100.0	5.0		13.4	13	5 - 21
0.15	1.2	0.1		2.4	1.1		9.2	4.2		100.0	5.0		10.4		
0.075	0.9	0.0		1.8	0.8		5.5	2.5		100.0	5.0		8.3	6	2 - 10
pan	0.2	0.0		0.3	0.1		0.5	0.3		0.0	0.0		0.4		

Percentage mengsel 2												Toplaag AC16	
Fractie 12_20			Fractie 6_12			Mengsel rivierzand brekerzand			Vulstof natuurlijk			Standard Specifications	
Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Jobmix	(mediaan)
Gemiddelde Pas: 5%, 45%, 5%, 0%			Gemiddelde Pas: 5%, 45%, 5%, 0%			Passing (%)			Passing (%)				
25	100.0	5.0	100.0	45.0	100.0	50.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0		
19	100.0	5.0	100.0	45.0	100.0	50.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100	100
12.5	41.2	2.1	98.7	44.4	100.0	50.0	100.0	0.0	100.0	0.0	96.5	95	90 - 100
9.5	15.6	0.8	77.1	34.7	99.9	49.9	100.0	0.0	100.0	0.0	85.4		
4.75	3.9	0.2	12.5	5.6	85.3	42.6	100.0	0.0	100.0	0.0	48.5	59	44 - 74
2.36	2.1	0.1	5.2	2.3	61.7	30.9	100.0	0.0	100.0	0.0	33.3	43	28 - 58
1.18	1.7	0.1	3.7	1.7	42.5	21.2	100.0	0.0	100.0	0.0	23.0		
0.6	1.5	0.1	3.2	1.5	26.1	13.1	100.0	0.0	100.0	0.0	14.6		
0.3	1.3	0.1	2.9	1.3	15.3	7.7	100.0	0.0	100.0	0.0	9.0	13	5_21
0.15	1.2	0.1	2.4	1.1	9.2	4.6	100.0	0.0	100.0	0.0	5.8		
0.075	0.9	0.0	1.8	0.8	5.5	2.7	100.0	0.0	100.0	0.0	3.6	6	2_10
pan	0.2	0.0	0.3	0.1	0.5	0.3		0.0	0.0		0.4		

Percentage mengsel 3												Toplaag AC16	
Fractie 12_20			Fractie 6_12			Mengsel rivierzand brekerzand			Vulstof natuurlijk			Standard Specifications	
Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Jobmix	(mediaan)
Gemiddelde Pas: 10%, 24%, 60%, 6%			Gemiddelde Pas: 0%, 24%, 60%, 6%			Passing (%)			Passing (%)				
25	100.0	10.0	100.0	24.0	100.0	60.0	100.0	6.0	100.0	6.0	100.0		
19	100.0	10.0	100.0	24.0	100.0	60.0	100.0	6.0	100.0	6.0	100.0	100	100
12.5	41.2	4.1	98.7	23.7	100.0	60.0	100.0	6.0	100.0	6.0	93.8	95	90 - 100
9.5	15.6	1.6	77.1	18.5	99.9	59.9	100.0	6.0	100.0	6.0	86.0		
4.75	3.9	0.4	12.5	3.0	85.3	51.2	100.0	6.0	100.0	6.0	60.6	59	44 - 74
2.36	2.1	0.2	5.2	1.2	61.7	37.0	100.0	6.0	100.0	6.0	44.5	43	28 - 58
1.18	1.7	0.2	3.7	0.9	42.5	25.5	100.0	6.0	100.0	6.0	32.6		
0.6	1.5	0.2	3.2	0.8	26.1	15.7	100.0	6.0	100.0	6.0	22.6		
0.3	1.3	0.1	2.9	0.7	15.3	9.2	100.0	6.0	100.0	6.0	16.0	13	5_21
0.15	1.2	0.1	2.4	0.6	9.2	5.5	100.0	6.0	100.0	6.0	12.2		
0.075	0.9	0.1	1.8	0.4	5.5	3.3	100.0	6.0	100.0	6.0	9.8	6	2_10
pan	0.2	0.0	0.3	0.1	0.5	0.3		0.0	0.0		0.4		

Percentage mengsel 4											Toplaag AC16		
Fractie 12_20			Fractie 6_12			Mengsel rivierzand brekerzand			Vulstof natuurlijk		Jobmix	Standard Specifications (mediaan)	
Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond				
Gemiddelde Pas	15%, 20%, 60%, 5%		Gemiddelde Passi	15%, 20%, 60%, 5%		Passing (%)	15%, 20%, 60%, 5%		Passing (%)	15%, 20%, 60%, 5%			
25	100.0	15.0	100.0	20.0		100.0	60.0		100.0	5.0		100.0	
19	100.0	15.0	100.0	20.0		100.0	60.0		100.0	5.0		100.0	100
12.5	41.2	6.2	98.7	19.7		100.0	60.0		100.0	5.0		90.9	95
9.5	15.6	2.3	77.1	15.4		99.9	59.9		100.0	5.0		82.7	
4.75	3.9	0.6	12.5	2.5		85.3	51.2		100.0	5.0		59.3	59
2.36	2.1	0.3	5.2	1.0		61.7	37.0		100.0	5.0		43.4	43
1.18	1.7	0.3	3.7	0.7		42.5	25.5		100.0	5.0		31.5	
0.6	1.5	0.2	3.2	0.6		26.1	15.7		100.0	5.0		21.5	
0.3	1.3	0.2	2.9	0.6		15.3	9.2		100.0	5.0		15.0	13
0.15	1.2	0.2	2.4	0.5		9.2	5.5		100.0	5.0		11.2	
0.075	0.9	0.1	1.8	0.4		5.5	3.3		100.0	5.0		8.8	6
pan	0.2	0.0	0.3	0.1		0.5	0.3		0.0	0.0		0.4	

Percentage mengsel 5											Toplaag AC16		
Fractie 12_20			Fractie 6_12			Mengsel rivierzand brekerzand			Vulstof cement		Jobmix	Standard Specifications (mediaan)	
Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond				
Gemiddelde Pas	10%, 25%, 60%, 5%		Gemiddelde Passi	10%, 25%, 60%, 5%		Passing (%)	10%, 25%, 60%, 5%		Passing (%)	10%, 25%, 60%, 5%			
25	100.0	10.0	100.0	25.0		100.0	60.0		100.0	5.0		100.0	
19	100.0	10.0	100.0	25.0		100.0	60.0		100.0	5.0		100.0	100
12.5	41.2	4.1	98.7	24.7		100.0	60.0		100.0	5.0		93.8	95
9.5	15.6	1.6	77.1	19.3		99.9	59.9		100.0	5.0		85.8	
4.75	3.9	0.4	12.5	3.1		85.3	51.2		100.0	5.0		59.7	59
2.36	2.1	0.2	5.2	1.3		61.7	37.0		100.0	5.0		43.6	43
1.18	1.7	0.2	3.7	0.9		42.5	25.5		100.0	5.0		31.6	
0.6	1.5	0.2	3.2	0.8		26.1	15.7		100.0	5.0		21.6	
0.3	1.3	0.1	2.9	0.7		15.3	9.2		100.0	5.0		15.1	13
0.15	1.2	0.1	2.4	0.6		9.2	5.5		100.0	5.0		11.3	
0.075	0.9	0.1	1.8	0.4		5.5	3.3		100.0	5.0		8.8	6
pan	0.2	0.0	0.3	0.1		0.5	0.3		0.0	0.0		0.4	

Percentage mengsel 5

	Fractie 12_20			Fractie 6_12		Mengsel rivierzand brekerzand		Vulstof Natuurlijke vulstof		Jobmix	Toplaag AC16 Standard Specifications (mediaan)			Tolleranties	
	Afst. Ond			Afst. Ond		Afst. Ond		Afst. Ond							
	Gemiddeld 10%, 25%, 60%, 5%			Gemiddelde Passing (%)		Passing (%)		Passing (%)							
25	100.0	10.0		100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0					25
19	100.0	10.0		100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0	100	100	93 - 107		19
12.5	41.2	4.1		98.7	24.7	100.0	60.0	100.0	5.0	93.8	95	90 - 100	86.8 - 100.8		12.5
9.5	15.6	1.6		77.1	19.3	99.9	59.9	100.0	5.0	85.8			78.8 - 92.8		9.5
4.75	3.9	0.4		12.5	3.1	85.3	51.2	100.0	5.0	59.7	59	44 - 74	52.7 - 66.7		4.75
2.36	2.1	0.2		5.2	1.3	61.7	37.0	100.0	5.0	43.6	43	28 - 58	37.6 - 49.6		2.36
1.18	1.7	0.2		3.7	0.9	42.5	25.5	100.0	5.0	31.6			25.6 - 37.6		1.18
0.6	1.5	0.2		3.2	0.8	26.1	15.7	100.0	5.0	21.6			16.6 - 26.6		0.6
0.3	1.3	0.1		2.9	0.7	15.3	9.2	100.0	5.0	15.1	13	5_21	10.1 - 20.1		0.3
0.15	1.2	0.1		2.4	0.6	9.2	5.5	100.0	5.0	11.3			8.3 - 14.3		0.15
0.075	0.9	0.1		1.8	0.4	5.5	3.3	100.0	5.0	8.8	6	2_10	5.8 - 11.8		0.075
pan	0.2	0.0		0.3	0.1	0.5	0.3	0.0	0.0	0.4					pan

Jobmix natuurlijke vulstof

Percentage mengsel 5

Fractie 12_20			Fractie 6_12		Mengsel rivierzand brekerzand		Vulstof A-course		Toplaag AC16 Standard Specifications				Tolleranties	
Afst. Ond			Afst. Ond		Afst. Ond		Afst. Ond		Jobmix	(mediaan)				
Gemiddeld	10%, 25%, 60%, 5%		Gemiddelde	Passing (%)	Passing (%)		Passing (%)							
25	100.0	10.0	100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0				25	
19	100.0	10.0	100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0	100	100	93 - 107	19	
12.5	41.2	4.1	98.7	24.7	100.0	60.0	100.0	5.0	93.8	95	90 - 100	86.8 - 100.8	12.5	
9.5	15.6	1.6	77.1	19.3	99.9	59.9	100.0	5.0	85.8			78.8 - 92.8	9.5	
4.75	3.9	0.4	12.5	3.1	85.3	51.2	100.0	5.0	59.7	59	44 - 74	52.7 - 66.7	4.75	
2.36	2.1	0.2	5.2	1.3	61.7	37.0	100.0	5.0	43.6	43	28 - 58	37.6 - 49.6	2.36	
1.18	1.7	0.2	3.7	0.9	42.5	25.5	100.0	5.0	31.6			25.6 - 37.6	1.18	
0.6	1.5	0.2	3.2	0.8	26.1	15.7	100.0	5.0	21.6			16.6 - 26.6	0.6	
0.3	1.3	0.1	2.9	0.7	15.3	9.2	69.6	3.5	13.5	13	5_21	10.1 - 20.1	0.3	
0.15	1.2	0.1	2.4	0.6	9.2	5.5	38.5	1.9	8.2			8.3 - 14.3	0.15	
0.075	0.9	0.1	1.8	0.4	5.5	3.3	26.3	1.3	5.1	6	2_10	5.8 - 11.8	0.075	
pan	0.2	0.0	0.3	0.1	0.5	0.3	26.3	1.3	1.7				pan	

Jobmix A-Course

Percentage mengsel 5

	Fractie 12_20			Fractie 6_12		Mengsel rivierzand brekerzand		Vulstof B-fine		Toplaag AC16				
	Afst. Ond			Afst. Ond		Afst. Ond		Afst. Ond		Jobmix	Standard Specifications (mediaan)		Tolleranties	
	Gemiddeld	10%, 25%, 60%, 5%		Gemiddelde	Passing (%)	Passing (%)	Passing (%)	Passing (%)						
25	100.0	10.0		100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0				25
19	100.0	10.0		100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0	100	100	93 - 107	19
12.5	41.2	4.1		98.7	24.7	100.0	60.0	100.0	5.0	93.8	95	90 - 100	86.8 - 100.8	12.5
9.5	15.6	1.6		77.1	19.3	99.9	59.9	100.0	5.0	85.8			78.8 - 92.8	9.5
4.75	3.9	0.4		12.5	3.1	85.3	51.2	100.0	5.0	59.7	59	44 - 74	52.7 - 66.7	4.75
2.36	2.1	0.2		5.2	1.3	61.7	37.0	100.0	5.0	43.6	43	28 - 58	37.6 - 49.6	2.36
1.18	1.7	0.2		3.7	0.9	42.5	25.5	100.0	5.0	31.6			25.6 - 37.6	1.18
0.6	1.5	0.2		3.2	0.8	26.1	15.7	100.0	5.0	21.6			16.6 - 26.6	0.6
0.3	1.3	0.1		2.9	0.7	15.3	9.2	100.0	5.0	15.1	13	5_21	10.1 - 20.1	0.3
0.15	1.2	0.1		2.4	0.6	9.2	5.5	100.0	5.0	11.3			8.3 - 14.3	0.15
0.075	0.9	0.1		1.8	0.4	5.5	3.3	100.0	5.0	8.8	6	2_10	5.8 - 11.8	0.075
pan	0.2	0.0		0.3	0.1	0.5	0.3	0.0	0.0	0.4				pan

Jobmix B-Fine

Percentage mengsel 5													
Fractie 12_20			Fractie 6_12			Mengsel rivierzand brekerzand Vulstof cement				Toplaag AC16			
Afst. Ond			Afst. Ond			Afst. Ond		Afst. Ond		Jobmix	Standard Specifications (mediaan)		Tolleranties
Gemiddel	10%, 25%, 60%, 5%		Gemiddelde Passing (%)		Passing (%)		Passing (%)						
25	100.0	10.0	100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0				25
19	100.0	10.0	100.0	25.0	100.0	60.0	100.0	5.0	100.0	100	100	93 - 107	19
12.5	41.2	4.1	98.7	24.7	100.0	60.0	100.0	5.0	93.8	95	90 - 100	86.8 - 100.8	12.5
9.5	15.6	1.6	77.1	19.3	99.9	59.9	100.0	5.0	85.8			78.8 - 92.8	9.5
4.75	3.9	0.4	12.5	3.1	85.3	51.2	100.0	5.0	59.7	59	44 - 74	52.7 - 66.7	4.75
2.36	2.1	0.2	5.2	1.3	61.7	37.0	100.0	5.0	43.6	43	28 - 58	37.6 - 49.6	2.36
1.18	1.7	0.2	3.7	0.9	42.5	25.5	100.0	5.0	31.6			25.6 - 37.6	1.18
0.6	1.5	0.2	3.2	0.8	26.1	15.7	100.0	5.0	21.6			16.6 - 26.6	0.6
0.3	1.3	0.1	2.9	0.7	15.3	9.2	100.0	5.0	15.1	13	5_21	10.1 - 20.1	0.3
0.15	1.2	0.1	2.4	0.6	9.2	5.5	100.0	5.0	11.3			8.3 - 14.3	0.15
0.075	0.9	0.1	1.8	0.4	5.5	3.3	99.0	5.0	8.8	6	2_10	5.8 - 11.8	0.075
pan	0.2	0.0	0.3	0.1	0.5	0.3	1.0	0.0	0.5				pan

Jobmix cement