

Simuleren van het walsproces in het laboratorium

Frank Bijleveld

Universiteit Twente, Civiele Techniek & Management, f.r.bijleveld@utwente.nl

Laurens Smal

Dura Vermeer Divisie Infra BV

Berwich Sluer

Boskalis Nederland – QRS

Samenvatting

Afgelopen jaren is er in ASPARi-verband uitgebreid gerapporteerd over de variabiliteit in het asfaltwegbouwproces met betrekking tot walsstrategieën, initiële aanlegtemperatuur en afkoeling van het asfalt tijdens het walsproces. Hieruit blijkt dat er veel variabiliteit aanwezig is in keuzes die asfaltploegen maken, en in het bijzonder walsmachinisten, om asfaltwerken uit te voeren. Welke effecten hebben deze verschillende walsstrategieën op de uiteindelijke kwaliteit van het asfalt? Het bepalen van deze effecten in alleen praktijkprojecten is vrijwel onmogelijk, omdat de praktijk weerbarstig en variabel is waardoor het moeilijk is om inzicht in de precieze causale relaties te krijgen. Anderzijds is het ook onwenselijk om praktijkprojecten als ‘oefenterrein’ te gebruiken. Om de relatie tussen de verschillende uitvoeringsprocessen en de eindkwaliteit van het asfalt te bepalen, is in ASPARi-verband onderzoek in het laboratorium uitgevoerd.

In de huidige verdichtingsprocedures in het laboratorium worden de asfaltproefstukken verdicht in een relatief smal temperatuurvenster. In de praktijk worden echter walsovergangen binnen een veel groter temperatuurvenster uitgevoerd. Ook vindt het walsproces in de praktijk vaak plaats met verschillende type walsen, terwijl in het laboratorium veelal een standaardkracht wordt uitgevoerd op de proefstukken. Het doel van dit onderzoek is daarom het inbouwen van afkoeling en de iteratie met walsovergangen in verdichtingsprocedures in het laboratorium.

In het ASPARi-labonderzoek zijn verdichtingsprocedures ontwikkeld voor de walssegmentverdichter en de kleine wals in het laboratorium waarin (1) het afkoelingsproces uit de praktijk en (2) verschillende typen walsen kunnen worden gesimuleerd. Twee asfaltmengsels, een AC16 base/bind en SMA 11B, zijn verdicht binnen verschillende temperatuurvensters en met verschillende (statische) walsstrategieën, waarna vervolgens de asfaltkwaliteit bepaald is. Asfaltplaten van 50 bij 50 cm en 50 bij 70 cm zijn verdicht in 6 verschillende laboratoria met een walssegmentverdichter en een kleine wals. Uit deze platen zijn 12 tot 16 kernen geboord, waarvan de dichtheid is bepaald en slijtproeven op zijn uitgevoerd.

Het onderzoeksframework geeft inzicht in de verschillen tussen lab-verdichting en verdichting in de praktijk. De experimentele data laat zien dat er veel variabiliteit tussen de verschillende verdichtingsmethoden en de verschillende laboratoria aanwezig is in zowel dichtheid als in resultaten van de slijtproef. Deze experimentele data is een eerste stap om walsstrategieën in het laboratorium te kunnen ontwerpen om uiteindelijk verbeterde instructies aan asfaltploegen in de praktijk, in het bijzonder walsmachinisten, te kunnen geven.

Keywords: Asfaltverwerking, verdichting, temperatuur, afkoeling, walssegmentverdichter, slijtproef.

1. Introductie

Uit reeds uitgevoerde metingen in de praktijk (PQi-metingen) blijkt veel variabiliteit in werkmethode en belangrijke parameters voor de verwerking van asfaltmengsels. Zo blijkt er veel variabiliteit te zitten in het aantal walsovergangen dat wordt uitgevoerd, in de initiële aanlegtemperatuur van het asfalt en de temperatuurranges van het verdichtingsproces. Naar aanleiding van deze variabiliteit, rijst de vraag: *“Heeft de ene verdichtingsmethode andere effecten op de asfaltkwaliteit dan een andere verdichtingsmethode, zo ja welke?”* En omdat we deze verschillende effecten niet kennen is het ook moeilijk om gerichte instructies aan asfaltploegen te geven. Het is bijna onmogelijk om deze effecten in praktijkprojecten te bepalen, omdat de praktijk weerbarstig en variabel is, waardoor het moeilijk is om inzicht in de precieze causale relaties te krijgen en omdat het niet wenselijk is de praktijk als ‘oefen- en onderzoeksterrein’ te gebruiken.

Een oplossing zou zijn als de praktijk vooraf in het laboratorium gesimuleerd kan worden om de effecten van verschillende uitvoeringsmethoden te bepalen om zo ‘best practices’ te kunnen vaststellen voor uitvoeringsmethoden voor verschillende asfaltmengsels en eventueel voor verschillende omstandigheden, zodat betere instructies aan asfaltploegen gegeven kunnen worden. In het laboratorium worden echter de verdichtingsprocedures binnen een andere temperatuurrange uitgevoerd dan in de praktijk. Het algemene doel van dit ASPARi-labonderzoek is daarom als volgt geformuleerd:

“Het simuleren van het verdichtingsproces uit de praktijk in het laboratorium om vooraf onderbouwde keuzes te kunnen maken hoe het werk idealiter uitgevoerd moet worden en betere instructies aan asfaltploegen te kunnen geven”.

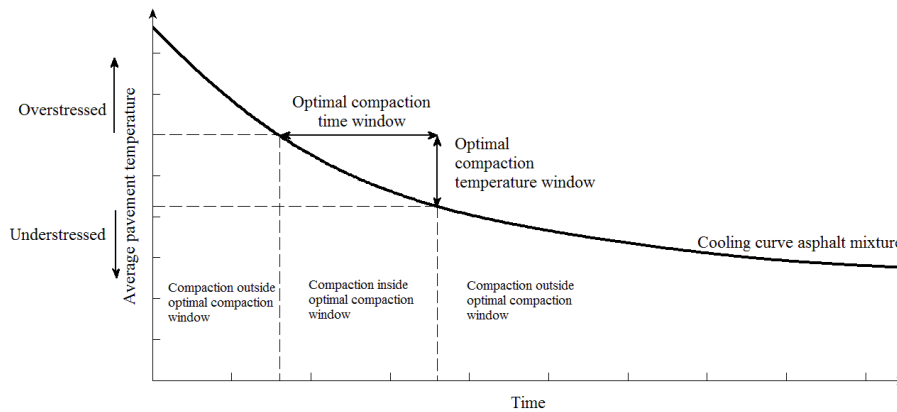
De focus in dit onderzoek lag op het walsproces, omdat dit de laatste stap in het uitvoeringsproces is en dus makkelijker een relatie met kwaliteit bepaald kan worden en omdat hiervoor apparatuur beschikbaar was in de verschillende laboratoria. De algemene veronderstelling die ten grondslag lag aan dit onderzoek was dus:

“Het walsproces heeft invloed op de kwaliteit van het asfalt.”

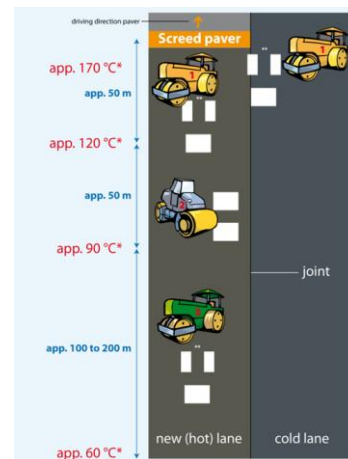
Eerder onderzoek heeft laten zien dat het uitmaakt bij welke temperaturen wordt begonnen met het walsproces (Bijleveld, 2010). Dit onderzoek zoekt naar procedures om het afkoelingsproces tijdens verdichting in de praktijk en in het laboratorium op elkaar aan te laten sluiten en te laten zien hoe verschillende verdichtingsprocedures de asfaltkwaliteit kunnen beïnvloeden. In de volgende paragraaf wordt het doel en de aanpak van het onderzoek beschreven, waarna de gebruikte materialen en verdichtingsprocedures worden weergegeven. Daarna worden de resultaten van de verschillende experimenten beschouwd. Uiteindelijk worden de belangrijkste conclusies geresumeerd en de implicaties van deze resultaten.

1. Doel en aanpak

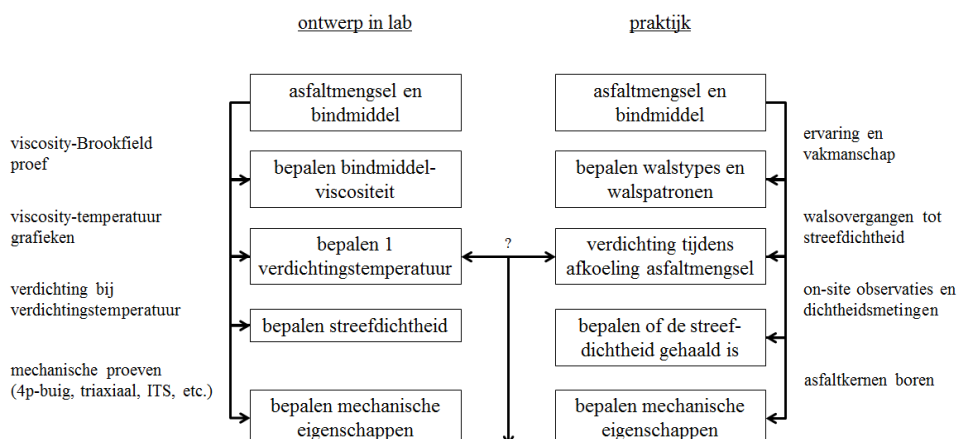
Het walsproces is in dit onderzoek geoperationaliseerd door (1) het aantal walsovergangen en (2) de temperatuur waarbij die walsovergangen uitgevoerd worden. De achterliggende gedachte hiervan is weergegeven in de figuur op de volgende pagina die schematisch de afkoeling van het asfaltmengsel in de loop van de tijd weergeeft (gebaseerd op Timm et al. 2001). Zowel in de praktijk als in de theorie bestaat het idee dat er een optimaal tijd-temperatuurvenster bestaat waarbinnen verdicht moet worden om een optimale kwaliteit te bereiken. Als bij hogere temperaturen verdicht zal worden, zal het asfaltmengsel ‘overstressed’ raken en kan het gaan scheuren en bij lagere temperaturen kan het ‘understressed’ raken, waardoor o.a. microscheuren kunnen ontstaan (Timm et al. 2001).



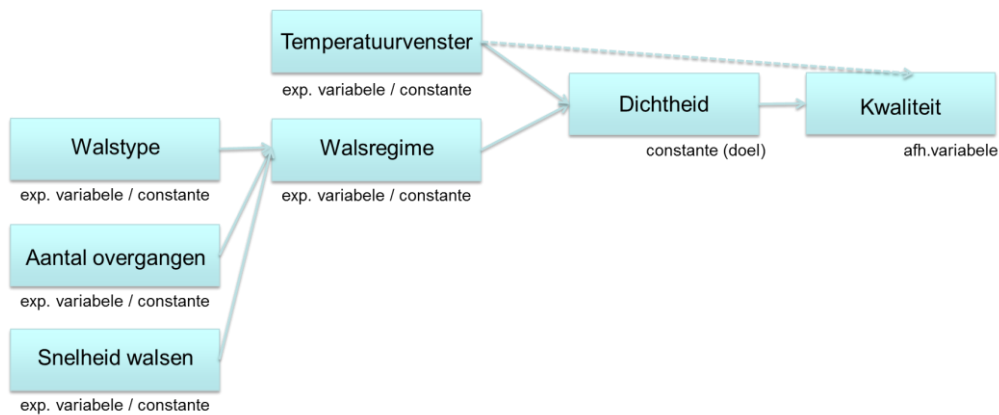
Het aantal walsovergangen en de temperatuur van het asfaltmengsel bij deze walsovergangen zijn dus belangrijk. Uit een eerdere brainstorm is gebleken dat idealiter instructies kunnen worden gegeven aan walsmachinisten over het aantal walsovergangen, het temperatuurvenster waarbinnen ze moeten verdichten, en evt. informatie over het afstandsvenster tot de spreidmachine (afhankelijk van de afkoelsnelheid en de snelheid van de afwerkmachine). Een voorbeeld van zo'n instructie is gevisualiseerd in de figuur hiernaast. Het streven is uiteindelijk om lab-procedures te ontwikkelen om deze instructies aan walsmachinisten te kunnen geven.



Echter, tussen de praktijk en het simuleren van de praktijk in het laboratorium zitten nog een aantal hiaten. Deze hiaten hebben te maken met de schaal (laboratoriumschaal is veel kleiner), maar ook met de procedures in de praktijk en in het laboratorium. Een voorbeeld van een verschil in procedure in de praktijk en in het laboratorium is weergegeven in onderstaande figuur. Hierin is schematisch de procedure voor het bepalen van de mechanische eigenschappen in de praktijk en in het laboratorium weergegeven. Echter, hieruit blijkt dat in het laboratorium, één verdichtingstemperatuur op basis van de bindmiddel-viscositeit wordt bepaald, terwijl in de praktijk wordt verdicht binnen een veel groter temperatuurvenster. Vervolgens worden op basis hiervan de streefdichtheid en de mechanische eigenschappen bepaald, hetgeen in de praktijk tot andere mechanische eigenschappen dan de vooraf in het laboratorium bepaalde eigenschappen kan leiden. Om de praktijk en het laboratoriumwerk beter op elkaar aan te laten sluiten, is het van belang om ook in het laboratorium te verdichten binnen temperatuurvensters die uitsluiten op de praktijk.



Om de verdichtingspraktijk en laboratorium-verdichting qua afkoeling op elkaar aan te laten sluiten, is het belangrijk om eerst het walsproces verder te operationaliseren. Deze operationalisering en de samenhang tussen de verschillende variabelen is weergegeven in onderstaande figuur.



De vraag die centraal staat in dit onderzoek is hoe het temperatuurvenster en het walstype invloed hebben op de uiteindelijke kwaliteit van het asfalt. Het temperatuurvenster is de range van asfalttemperaturen waarbinnen de walsovergangen uitgevoerd worden door een bepaald walstype met een bepaalde snelheid. In deze paper zijn de lab-onderzoeken gerapporteerd waarbij gevarieerd is met (1) het temperatuurvenster voor een AC 16 base/bind-mengsel, (2) het temperatuurvenster voor een SMA 11B mengsel en (3) waar er is gevarieerd met het walsregime voor een SMA 11B mengsel en bij alle onderzoeken is vervolgens de kwaliteit (met behulp van spijtproeven) bepaald. In de volgende paragraaf zijn de gebruikte materialen en de verdichting meer gedetailleerd beschreven.

2. Materialen en onderzoeksontwerp

De materialen voor dit onderzoek zijn besteld in 1 batch om de variabiliteit in materialen zo klein mogelijk te houden. De mengselsamenstelling is weergegeven in tabel 1. De mengsels zijn verdicht met de slab compactor (Ooms, Dura Vermeer, KWS, Ballast Nedam) en de kleine wals in het laboratorium (BAM, NOAP) – weergegeven in onderstaande figuren.

Tabel 1: Materiaalsamenstelling

Materiaal	AC 16 base/bind	SMA 11 surf
Bestone 4/8	-	30.9 %
Bestone 8/11	-	47.3 %
Granite 2/8	22.7 %	-
Granite 8/16	35.0 %	-
Sand	35.8 %	12.0 %
Wigras 40K (filler)	6.5 %	9.8 %
Bitumen 40/60	4.5 %	-
Bitumen 70/100	-	7.0 %



Het onderzoeksontwerp is weergegeven in tabel 2, waarin is weergegeven hoeveel walsovergangen er bij welke temperaturen zijn uitgevoerd. De gevolgde onderzoeksprocedure is weergegeven in tabel 3. Het onderzoeksontwerp en de procedures zijn gebaseerd op:

- Een grote tandemwals en drierolwals zijn statisch gesimuleerd, omdat deze relatief eenvoudig te simuleren zijn (dus geen bandenwals of trilwals). De last van de tandemwals (Hamm DV70) is 26 kg/cm, hetgeen overeenkomt met 14 kN in de segmentverdichter en die van de drierolwals 37 kg/cm, hetgeen overeenkomt met 25 kN in de walssegmentverdichter. Deze krachten zijn omgerekend op basis van de materieel specificaties en omgerekend via de VBW-walsfactor;
- De AC 16 base/bind mengsels zijn verdicht tot 80 mm en geslepen tot 60 mm en de SMA 11 Surf mengsels zijn verdicht tot 60 mm en geslepen tot 50 mm. Deze laagdiktes zijn gekozen ten eerste om bij de praktijk aan te sluiten en ten tweede om voldoende proef-stukhoogte te behalen voor het uitvoeren van de slijtproef;
- In de PQi-metingen wordt een walssnelheid van ca. 4-8 km/h gemeten. De parameter in de segmentverdichter kan echter maximaal op 300 mm/s (1,08 km/h) ingesteld worden. Er is daarom gekozen om de parameter op 240 mm/s (= 0,24 m/s = 0,86 km/h) te laten staan, hetgeen in eerdere onderzoeken tot nu toe de standaard was.
- De pauze tussen de walsovergangen kan op 0,2 – 10,0 seconden worden ingesteld. In het verleden is deze parameter veelal op 0,2s gezet. Er is daarom gekozen om deze pauze op 0,2s te laten staan.

Tabel 2: Onderzoeksontwerp

Experiment 1: AC 16 base/bind		
Procedure 1 (3 slabs in 4 labs)	Procedure 2 (3 slabs in 1 lab)	Procedure 3 (2 slabs in 1 lab)
5x tandem bij 150 °C	5x tandem bij 120 °C	5x tandem bij 120 °C
5x tandem bij 115 °C	5x tandem bij 100 °C	5x tandem bij 80 °C
5x tandem bij 90 °C	5x tandem bij 80 °C	5x tandem bij 60 °C
5x tandem bij 70 °C	5x tandem bij 60 °C	5x tandem bij 40 °C
Experiment 2: SMA 11 surf		
Procedure 1 (3 slabs in 4 labs)	Procedure 2 (3 slabs in 4 labs)	
5x tandem bij 150 °C	5x tandem bij 120 °C	
5x tandem bij 115 °C	5x tandem bij 100 °C	
5x tandem bij 90 °C	5x tandem bij 80 °C	
5x tandem bij 70 °C	5x tandem bij 60 °C	
5x tandem bij 50 °C	5x tandem bij 40 °C	
Experiment 3: SMA 11 surf		
Procedure 1 (3 slabs in 1 lab)	Procedure 2 (3 slabs in 1 lab)	Procedure 3 (2 slabs in 1 lab)
5x 3-rol bij 150 °C	5x tandem bij 150 °C	5x tandem bij 150 °C
5x 3-rol bij 115 °C	5x tandem bij 115 °C	5x tandem bij 115 °C
5x 3-rol bij 90 °C	5x tandem bij 90 °C	5x tandem bij 90 °C
5x tandem bij 70 °C	5x 3-rol bij 70 °C	5x tandem bij 70 °C
5x tandem bij 50 °C	5x 3-rol bij 50 °C	5x tandem bij 50 °C

Tabel 3: Onderzoeksprocedure

Actie	Opmerkingen
Drogen en inwegen materialen	-
Mengen materialen	De mengprocedure is als volgt: Stenen en bitumen opwarmen in de stoof tot 160 °C. Eerst stenen, zand, vulstof in de menger, daarna 15 seconden droog mengen, daarna de bitumen erbij

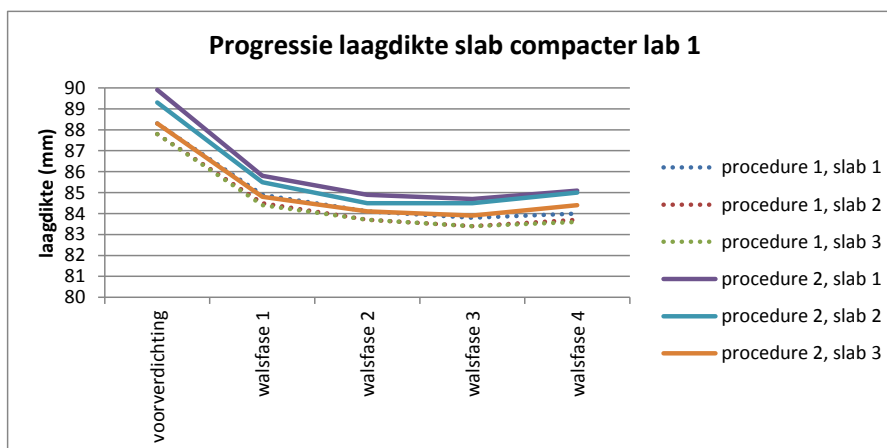
	mengen en vervolgens 3 minuten natte mengtijd.
Verdichten platen walssegmentverdichter en wals-in-lab	Volgens tabel 2. Na het verdichten dient de plaat 3-5 dagen te rusten bij lab-temperatuur (15-25 °C).
Boren proefstukken uit de platen	Diameter van de proefstukken is 100 mm
Dichtheid en afmetingen bepalen	Volgens RAW – boven en onderwater wegen
Slijpen van de proefstukken	-
Dichtheid en afmetingen bepalen	Volgens RAW – boven en onderwater wegen
Conditioneren proefstukken	Conditioneren van de proefstukken op 15 °C voor 3-5 dagen
Splijtproeven	Splijtproeven uitvoeren bij 15 °C. Voor de ‘retained’-proefstukken geldt 70 ±2 uur in het waterbad. Verder is de proef uitgevoerd volgens de procedure van de CE-onderzoeken.

3. Resultaten laboratorium experimenten

Experiment 1: Variëren afkoelingscurve AC 16 base/bind

In drie verschillende temperatuurvensters zijn AC 16 base/bind mengsels verdicht, namelijk bij 150-115-90-70 °C, bij 120-100-80-60 °C en bij 120-80-60-40 °C. Per fase zijn er 5 statische walsovergangen met een tandemwals (DV70) gesimuleerd.

De laagdikteprogressie tijdens het verdichtingsproces wordt automatisch vastgelegd bij de walssegmentverdichters. Bij de kleine wals in het laboratorium is dit met een theodoliet gemeten. Voor de walssegmentverdichters was een consistente trend in de laagdikteprogressie zichtbaar – zoals is weergegeven in onderstaande figuur. Tijdens de voor-verdichting verminderde de laagdikte met ca. 3-4 mm. In de eerste 3 walsfasen verminderde de laagdikte met ca. 0,1-0,6 mm per walsfase. Daarna, in de laatste fase, neemt de laagdikte weer licht toe met 0,2-0,3 mm. Dit is in overeenstemming met andere onderzoeken die ook laten zien dat de laagdikte niet altijd afneemt als de temperatuur van het mengsel afkoelt terwijl walsovergangen worden uitgevoerd (Bijleveld, 2010; Faheem et al. 2007). Als contrast was er bij de kleine wals in het laboratorium veel meer variabiliteit in laagdikteprogressie waardoor geen trend kon worden vastgesteld.

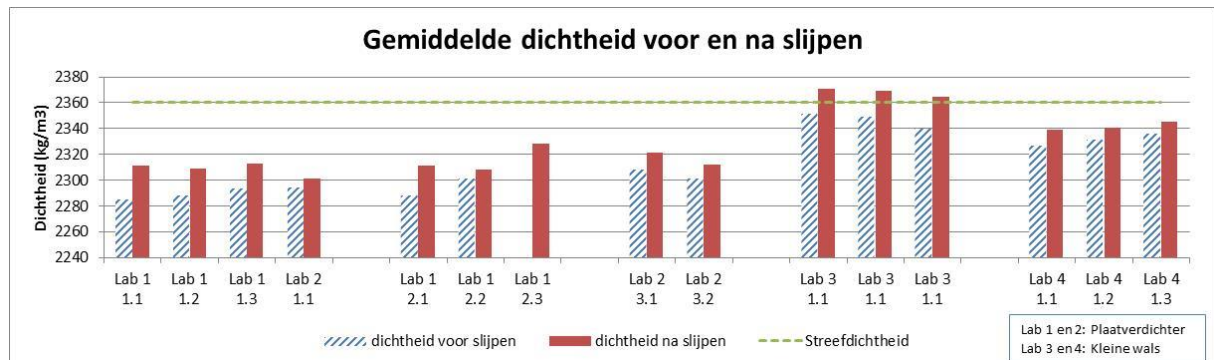


Na verdichting zijn er 16-20 kernen uit de asfaltplaten geboord, waarvan de dichtheid voor en na het slijpen is bepaald – zie onderstaande figuur. Op basis hiervan is geconcludeerd:

- Voor dit mengsel kon geen significant verschil in dichtheid tussen de procedures worden vastgesteld. Wel werden er verschillen tussen de twee verdichtingsmethoden en de laboratoria zichtbaar. De gemiddelde plaatdichtheid voor slijpen verdicht met de

walssegmentverdichters (lab 1 en 2) was 2296 kg/m^3 en de gemiddelde plaatdichtheid van de platen verdicht met de kleine wals (lab 3 en 4) was 2339 kg/m^3 .

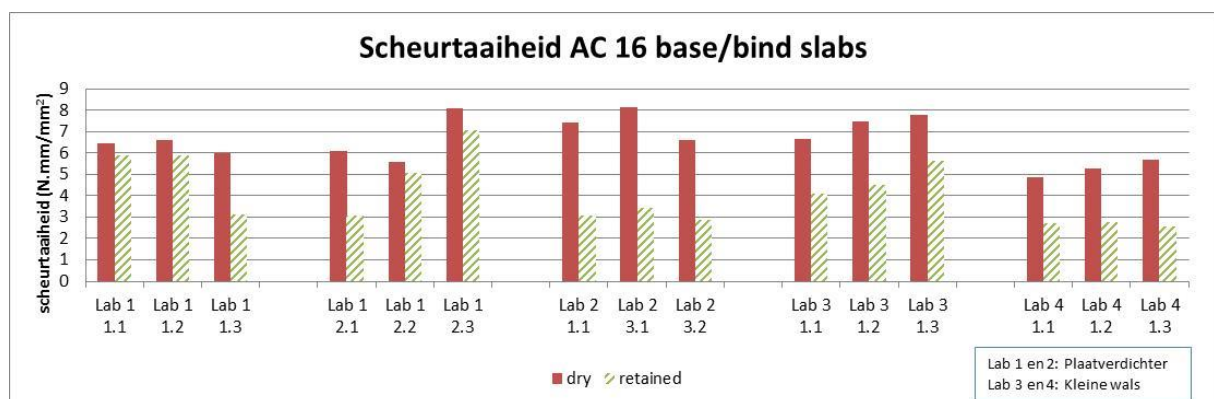
- De gemiddelde dichtheid van de platen na slijpen die volgens dezelfde procedure zijn verdicht (procedure 1) varieert tussen de laboratoria van 2301 kg/m^3 in lab 1 tot 2371 kg/m^3 in lab 3. Na het boren en slijpen van de kernen kan geconcludeerd worden dat de streefdichtheid van 2360 kg/m^3 alleen in lab 3 (wals-in-lab) wordt behaald.
- Verder is er veel spreiding in dichtheid binnen een plaat gevonden. Gemiddeld over alle platen en laboratoria zit er tussen de minimum dichtheid en de maximum dichtheid in een plaat 53 kg/m^3 verschil in dichtheid.



* the codes op de X-as corresponderen met de verdichtingsprocedure (1^{ste} nummer) en het plaatnummer (2^{de} nummer)

Daarna zijn er zowel droog als retained splijtproeven uitgevoerd. De resultaten van de splijtproeven (scheurtaaiheid) zijn weergegeven in onderstaande figuur, waaruit blijkt:

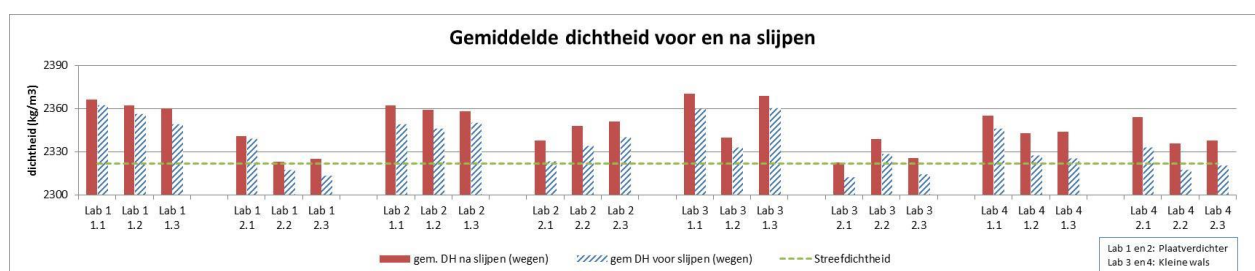
- Er zitten grote verschillen tussen de splijtwaarden van de platen gemaakt in verschillende laboratoria, verdicht volgens dezelfde procedures. Zowel bij de walssegmentverdichter als met de wals-in-lab kunnen deze verschillen oplopen tot ca. $2,8 \text{ N.mm/mm}^2$ (50%). Bijvoorbeeld de droge scheurtaaiheid varieert van 4.9 tot 8.2 Nmm/mm^2 . Door deze grote spreiding is het niet mogelijk gebleken om een significant verschil te bepalen tussen de verschillende afkoelingsprocedures.
- Verder is opgevallen dat de retained splijtwaarden van de lab2-platen en de lab4-platen relatief laag zijn ten opzichte van de andere labs (gem. $1,97 \text{ N.mm/mm}^2$ lager, dat is ca. 40% lager). Dit maakt ook meteen de ratio tussen de dry en retained proefstukken (ITSR) laag (41-56% vs. 52-91%).



Experiment 2: Variëren afkoelingscurve SMA 11 surf

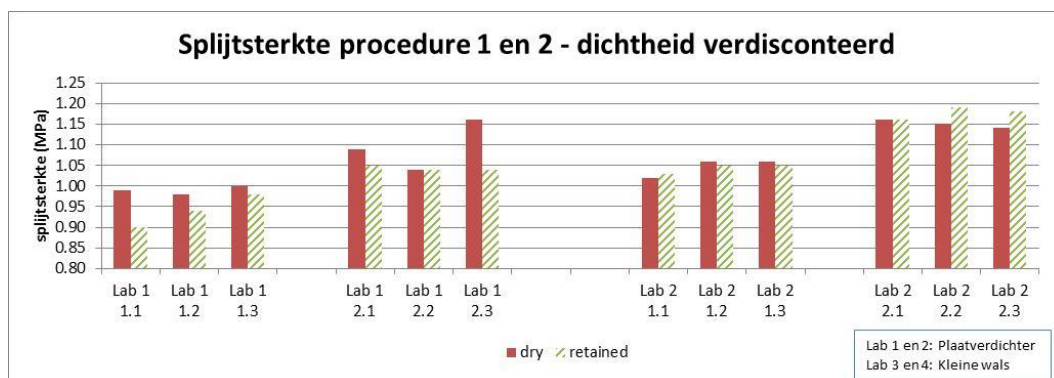
In twee verschillende temperatuurvensters zijn SMA 11B mengsels verdicht, namelijk bij $150-115-90-70-50 \text{ }^\circ\text{C}$ en bij $120-100-80-60-40 \text{ }^\circ\text{C}$. Per fase zijn er 5 statische walsovergangen met een tandemwals (DV70) gesimuleerd. Uit analyse van de resultaten is gebleken dat:

- De laagdikteprogressies van de walssegmentverdichters vertonen dezelfde trend en binnen een marge van maximaal 5 mm ten opzichte van elkaar kunnen de platen worden verdicht. De laagdikteprogressie van de wals-in-lab is wederom meer variabel.
- De platen verdicht volgens procedure 2 lijken moeilijker de beoogde laagdikte te bereiken dan de platen verdicht volgens procedure 1. Dit is ook zichtbaar in de dichtheden – zie onderstaande figuur. Alle kernen hebben na het slijpen weliswaar een dichtheid tussen 100% en 102%, echter de proefstukken gemaakt volgens procedure 2 zijn gemiddeld 30 kg/m³ lager in dichtheid dan de proefstukken verdicht volgens procedure 1 (behalve bij lab 4, wals-in-lab – mogelijk door de hoge walsfactor).
- Wederom is er veel variabiliteit in dichtheid binnen een plaat. Gemiddeld over alle platen en laboratoria zit er tussen de minimum dichtheid en de maximum dichtheid in een plaat 83 kg/m³ verschil in dichtheid. Het midden van de platen is echter constanter en is het gemiddelde verschil tussen de minimum en maximum dichtheid 24 kg/m³.



Vervolgens zijn er zandvlekproeven (textuur) en slijtproeven op de platen en proefstukken uitgevoerd. Hieruit wordt geconcludeerd dat:

- De platen verdicht volgens procedure 2 hebben een grotere textuurdiepte. Gemiddeld is de textuurdiepte 0,12 mm (ca. 10%) dieper bij de platen verdicht volgens procedure 2.
- Voor de platen gemaakt met de walssegmentverdichter lijkt er een verschil tussen de slijtsterkte van de platen verdicht met procedure 1 en de platen verdicht met procedure 2. Wanneer de grootste verschillen in dichtheid verdisconteerd zijn, blijken de slijtsterktes in platen verdicht volgens procedure 1 in de range van 0,91-1,09 MPa te liggen, terwijl de platen verdicht volgens procedure 2 in de range van 1,01-1,20 MPa te liggen – zie onderstaande figuur. Gemiddeld is de slijtsterkte van de platen verdicht volgens procedure 2, 0,11 MPa (ca. 10%) hoger. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat SMA-mengsels niet te heet verdicht kunnen worden. We konden geen relatie tussen de proefstuk-dichtheid en de scheurtaaiheid vinden in de range van 2330 tot 2370 kg/m³.

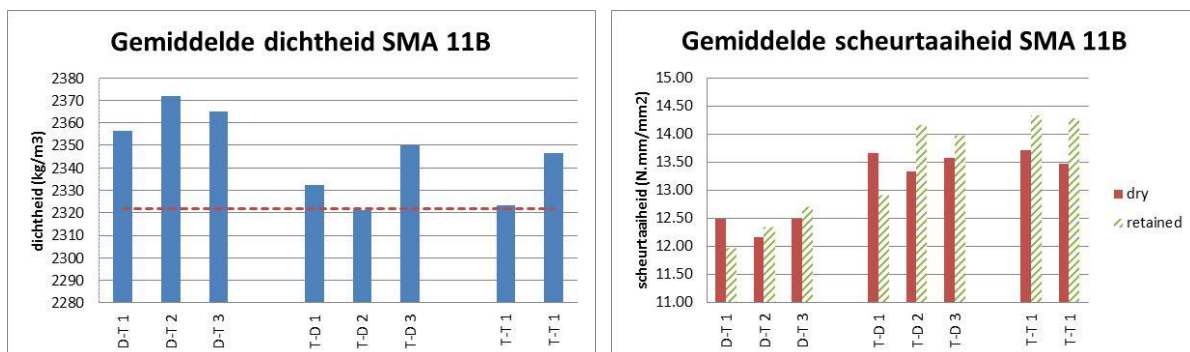


Experiment 3: Variëren belastingregime SMA 11 surf

Met drie verschillende walsregimes zijn SMA 11B mengsels verdicht, namelijk drierol-tandem, tandem-drierol en tandem-tandem. De verdichting heeft plaatsgevonden in 5 fasen bij

de temperaturen 150-115-90-70-50 °C met 5 statische walsovergangen per fase. Uit analyse van de resultaten is gebleken dat:

- Het walsregime met drierol-tandem ten opzichte van tandem-drierol en tandem-tandem na de voorverdichting een snellere laagdikteprogressie heeft.
- Alle platen de streefdichtheid hebben behaald. De kernen in de platen verdicht met het walsregime drierol-tandem een hoge dichtheid hebben (zowel ten opzichte van de streefdichtheid als ten opzichte van de andere walsregimes). Gemiddeld zijn deze kernen 30 kg/m³ hoger.
- Er is veel variabiliteit in dichtheid binnen een plaat is (oplopend tot 100kg/m³). Het midden van de platen is echter constanter, waarbij het verschil tussen de minimum en maximum dichtheid 25 kg/m³ is.
- Het walsregime tandem-drierol leidt tot de grootste textuurdiepte (bepaald met de zandvlekproef). Het walsregime tandem-drierol heeft ca. 0,25 mm meer textuurdiepte dan de andere walsregimes, hetgeen bijna 20% meer textuurdiepte is.
- Er is mogelijk een relatie tussen het walsregime en de scheurtaaiheid: De kernen verdicht volgens de walsprocedure drierol-tandem hebben een lagere scheurtaaiheid (ca. 10%). Het lijkt zo te zijn dat het walsregime met eerst een drierol en dan een tandemwals weliswaar leidt tot een hogere dichtheid, echter tot een lagere scheurtaaiheid. Het mogelijke fenomeen is dat de drierol als eerst al wat kapot maakt door een te hoge last bij een relatief hoge temperatuur. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat de zware drierolwals veel steen-op-steen contact veroorzaakt, waardoor de mastiek meer in de holle ruimte komt te zitten dan bij minder zware walsen. Deze resultaten zijn echter in 1 laboratorium met 1 verdichtingsmethode bepaald. Nader onderzoek in de andere laboratoria zal deze resultaten moeten bevestigen of ontcrachten.



*D en T corresponderen met de gebruikte walstypen (D=drierolwals en T=Tandemwals)

4. Discussie en reflectie

Teruggrijpend op het doel van dit onderzoek om het verdichtingsproces uit de praktijk te simuleren om zo voorafgaand aan de uitvoering onderbouwde keuzes te kunnen maken over de uitvoering, het geven van betere instructies aan walsmachinisten en hoe er bijgestuurd kan worden bij afwijkingen: Daar zijn we nog niet.

Het is in eerste instantie wel gelukt om het walsproces vanuit de praktijk in het laboratorium te simuleren middels een temperatuurvenster in de huidige verdichtingsprocedures in het laboratorium te bouwen. Het is nu mogelijk om volgens een standaard procedure walsovergangen uit te voeren bij bepaalde temperaturen en deze aan te laten sluiten op de uitvoeringspraktijk. Op basis van de huidige resultaten kunnen echter nog geen onderbouwde keuzes voor de uitvoering worden gemaakt en nog geen betere instructies worden gegeven aan asfaltploegen. Er zijn echter wel bevindingen die nieuwe debatten aankaarten.

Ten eerste is er nog veel variabiliteit in de platen met betrekking tot de dichtheid aanwezig. De vraag is of dezelfde variabiliteit ook in de huidige CE-onderzoeken aanwezig is. Een balkdichtheid is immers anders dan een kerndichtheid in die zin dat dichtheidsverschillen in de balken elkaar makkelijker kunnen opheffen. Eerder onderzoek in Duitsland bevestigt de aanzienlijke verschillen in dichtheid bij grotere proefstukken (Paffrath, 2012). De ontwikkelde verdichtingsprocedures zullen daarom verbeterd moeten worden om minder spreiding in dichtheid te veroorzaken en de dichtheid van de platen beter te kunnen sturen. Verder kan het een erg vertekenend beeld geven als alleen naar de gemiddelde dichtheid van de plaat wordt gekeken, omdat die vrij dicht bij elkaar kunnen liggen, terwijl de spreiding in dichtheden binnen de plaat nog erg groot kan zijn. Dit geldt ook voor de splijtwaarden. Eerder onderzoek van Kringos (2011) heeft immers die invloed van de aanzienlijke spreiding in dichtheid en waterinfiltratie bij de splijtproef gedemonstreerd. Het is dus erg belangrijk om niet alleen gemiddelden van platen te analyseren, maar ook de spreiding binnen een plaat in beschouwing te nemen.

Ook is het belangrijk om niet alleen de maximale splijtweerstand en de splijtenergie te analyseren, maar met name de splijtsterkte en scheurtaaiheid te beschouwen. De reden hiervan is dat in de splijtsterkte en de scheurtaaiheid ook de verschillen in hoogte en diameter zijn verdisconteerd, welke zeker verschillen tussen het ene en het andere lab. Daarnaast beïnvloedt de variabiliteit in splijtwaarden ook de ratio tussen de droge en retained splijtwaarden (ITSR). Alleen de ratio als evaluerende parameter gebruiken is daarom erg onverstandig, omdat deze een erg vertekend beeld kan geven.

Er zijn meerdere redenen denkbaar waarom er geen significante verschillen tussen de verschillende verdichtingsprocedures gevonden zijn. Het is mogelijk dat de splijtproef niet onderscheidend genoeg is om verschillen tussen bepaalde temperatuur- en walsregimes zichtbaar te maken, omdat de standaard-variabiliteit in de splijtproef zo groot is dat de verschillen niet zichtbaar worden. Het kan ook zo zijn dat de splijtproef niet het maatgevende schadebeeld beproefd waar het walsproces mogelijk invloed op heeft. Uiteindelijk kan het natuurlijk ook zo zijn dat er variabelen zijn die niet gemeten zijn tijdens verdichting of uitvoering van de proeven die wel degelijk invloed hebben op de dichtheid en splijtweerstand.

Op basis van de discussie en de beperkingen van het uitgevoerde onderzoek, zijn er verschillende vervolgonderzoeken denkbaar. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn:

- Essentieel in vervolgonderzoek is het uitvoeren van proeven met dichtheden en splijtwaarden binnen acceptabele marges die herhaalbaar zijn. Daarna kunnen gerichte experimenten worden uitgevoerd om relaties tussen uitvoeringsprocessen en de asfaltkwaliteit te bepalen om beter instructies aan asfaltploegen te kunnen geven.
- In experiment 3 is er gevarieerd in verschillende walsregimes. Deze lijn zou doorgezet kunnen worden met verschillende asfaltmengsels en verschillende walsregimes, eventueel met extremere krachten van verschillende walsen.
- Verder is het mogelijk om soortgelijk onderzoek uit te voeren door extra variabelen te meten en eventueel andere mechanische proeven uit te voeren.
- Ook is het mogelijk om met andere variaties in het walsproces te experimenteren. Bijvoorbeeld met het variëren van het moment van de eerste walsovergang of het bepalen van het moment wanneer doorwalsen als de dichtheid behaald is kritisch voor de kwaliteit wordt.
- Verder is een praktijkvalidatie van de experimenten uitgevoerd in het laboratorium ook wenselijk. Een mogelijke optie is om voor een bepaald praktijkproject (waar dat mogelijk is) gericht te variëren in bepaalde walsregimes en deze zo precies mogelijk te imiteren in het laboratorium.

Dankbetuiging

Voor het werk en hun inzet in de Lab-werkgroep binnen ASPARi bedanken wij: Maarten Jacobs (BAM Wegen), Henry Schaefer (Heijmans), Jan van de Water (Ballast Nedam), Erik van de Beek (Van Gelder), Radjan Khedoe (Ooms), Evert Scholten (Reef), Eric Zomerdijk (Dura Vermeer), André Bakker (MNO), Alex van de Wall (KWS).

Referenties

- Bijleveld, F.R. 2010. *Temperatuur- en tijdsvensters verdichten asfaltmengsels op basis van mechanische eigenschappen*. Construction Management and Engineering. Enschede, The Netherlands, University of Twente. M.Sc. thesis, 2010.
- Chadborn, B. A., Newcomb, D. E., Voller, V. R., Desombre, R. A., Luoma, J. A., and Timm, D. H. 2001. *An asphalt paving tool for adverse conditions*. Minnesota Dept. of Transportation Final Report MN/RC-1998, 18.
- Faheem, A. F., Kamle, N., and Bahia, H. U. 2007. *Compaction and tenderness of HMA Mixtures: A laboratory study*. Proceedings of the transportation research board 86th Annual Meeting, pp. Washington, D.C., 2007.
- Kringos, N. (2011). *Modelvorming*. Presentatie Asphalt en Bitumendag 2011.
- Kari, W. J. 1967. *Mix properties as they affect compaction*. Asphalt paving technology. Proceedings: Association of Asphalt Paving Technologists Technical Sessions 36. 295-309, 1967.
- Miller, S.R. 2010. *Hot mix asphalt construction: towards a more professional approach*. Construction management and engineering, Enschede, The Netherlands, University of Twente. PhD Thesis, 2010.
- Mollenhauer, K. 2009. *Standard compaction procedure*. Proceedings of the 7th International RILEM Symposium Advanced Testing and Characterization of Bituminous Materials, May 2009, Rhodes, Greece.
- Paffrath, T. D., Beckedahl, H. J., Nussbaum, J. M., Martus, M. 2012. *Laboratory Production of Large-Sized Asphalt Specimens*. Proceedings of the Eurasphalt & Eurobitume congress 2012, A5EE-265, Istanbul, Turkey.
- Renken, P. 2002. *Verdichtung von walzasphalt im Laboratorium und im Felde*. TU Braunschweig, Institut für Strassenwesen, PhD thesis, Braunschweig, 2002.
- ter Huerne, H. L. 2004. *Compaction of asphalt road pavements using finite elements and critical state theory*. Construction Management and Engineering. Enschede, University of Twente. PhD Thesis, 2004.
- Timm, D. H., Voller, V. R., Lee, E., and Harvey, J. 2001. *Calcool: A multi-layer Asphalt Pavement Cooling Tool for Temperature Prediction During Construction*. International Journal of Pavement Engineering 23: 169–185, 2001.