

Samengestelde appels als referentie voor dichte peren?

Stigter, J; Erkens, Sandra; Sluer, B

Publication date
2016

Document Version
Accepted author manuscript

Published in
CROW InfraDagen 2016

Citation (APA)

Stigter, J., Erkens, S., & Sluer, B. (2016). Samengestelde appels als referentie voor dichte peren? In *CROW InfraDagen 2016* (pp. 1-11) https://www.crow.nl/downloads/pdf/bijeenkomsten-congressen/2016/crow-infradagen/papers/14_samengestelde-appels-als-referentie-voor-dichte.aspx

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Samengestelde appels als referentie voor dichte peren?

Jan Stigter
Boskalis Nederland B.V.

Sandra Erkens
RWS/TU Delft

Berwich Sluer
Boskalis Nederland B.V.

Samenvatting

Tussen de Eisen 1978 en Standaard 2015 is de regelgeving vele malen aangepast. Proeven, definities, eisen en toleranties zijn allen aangepast. Maar nog veel belangrijker is dat gestart is met het vervangen van het vertrouwde empirische technisch kader voor asfaltverhardingen door een nieuw functioneel kader. Voor asfaltbeton is hiermee in 2008 begonnen en met de nieuwe versie van de Europese Normen volgen mogelijk ZOAB en SMA.

De Werkgroep Asfaltverhardingen (WGA) van CROW beheert de regelgeving voor asfalt in de Standaard RAW Bepalingen en heeft de interne afspraak dat wijzigingen in de regelgeving alleen worden doorgevoerd als deze door middel van onderzoeksresultaten onderbouwd kunnen worden

Voor het beoordelingskader van asfalt is het van belang de relatie te kennen tussen de doelsamenstelling voor het typeonderzoek, de samenstelling voor de productiecontrole en de samenstelling voor de controle van gerealiseerde werk. Evenzo is de relatie tussen de streefdichtheid voor het typeonderzoek, de dichtheid van proefstukken in warme toestand tijdens de proefstukvervaardiging in het laboratorium en de dichtheid van proefstukken voor controle van gerealiseerd werk van groot belang. De huidige kluwen van doelsamenstelling, samenstelling na extractie en referentiesamenstelling en van streefdichtheid en referentiedichtheid, platen, balkjes, gyrotortabletten, gyrotorproefstukken en boorkernen wordt in deze bijdrage beschreven evenals de knelpunten die hiervan momenteel in de praktijk het gevolg zijn.

Vanuit een integrale veiligheidsbeschouwing voor asfaltverhardingen van ontwerp tot en met realisatie moet herijking plaatsvinden van toleranties voor samenstellingen ten opzichte van de doelsamenstelling en van dichtheden ten opzichte van de streefdichtheid voor de beheersing van de kwaliteit van asfalt bij productie en verwerking. Op basis van een theoretische analyse wordt hier een voorzet voor gegeven en wordt een aanpak voorgesteld voor de validatie van de voorgestelde wijzigingen.

Steekwoorden: Asfalt, RAW, toekomst, functioneel, onderzoek

1. Probleemstelling

Tussen de Eisen 1978 en Standaard 2015 is de regelgeving vele malen aangepast. Proeven, definities, eisen en toleranties zijn allen aangepast. Als er ergens een lek werd ontdekt, werd het gedicht. Was er een probleem, dan werd een regel toegevoegd op basis van inzicht en ervaring. Maar nog veel belangrijker is dat in 2008 gestart is met het vervangen van dit vertrouwde empirische technisch kader voor asfaltverhardingen door een nieuw functioneel kader. Voor asfaltbeton is hiermee begonnen en met de nieuwe versie van de Europese Normen volgen mogelijk ZOAB en SMA.

De Werkgroep Asfaltverhardingen (WGA) van CROW beheert de regelgeving voor asfalt in de Standaard RAW Bepalingen en heeft de interne afspraak dat wijzigingen in de regelgeving alleen worden doorgevoerd als deze door middel van data of onderzoeksresultaten onderbouwd kunnen worden.

Om praktische redenen keuren we nu het product in de weg behalve op laagdikte nog traditioneel op dichtheid (verdichtingsgraad en holle ruimte) en samenstelling (korrelverdeling en bitumengehalte). De cijfermatige onderbouwing van het effect van bijvoorbeeld een verschil in dichtheid op de functionele levensduur van een verhardingslaag ontbreekt of is flinterdun. Tegelijkertijd is de volumetrische samenstelling als indicator van de asfalteigenschappen de basis van het Ugé nomogram [1] en PRADO [2]. Het gebruik van dichtheid en samenstelling is dan ook niet zozeer gebaseerd op een directe relatie met de functionele levensduur, maar op het koppelen van de in het typeonderzoek bepaalde eigenschappen aan die van het gerealiseerde product. Het typeonderzoek wordt immers niet voor een specifiek project gedaan en is soms al jaren oud en een gevalideerde toets op functionele eigenschappen in de weg is er nog niet.

Het is dus tijd voor een herijking van ons asfaltdenken. Enerzijds kan ingezet worden op het uitvoeren van functionele proeven op materiaal uit de weg. Anderzijds kunnen op basis van beschikbare gegevens en een stroomlijning van de regelgeving de verbinding met de traditionele werkwijze, en dus de kennis uit het verleden, worden behouden.

De regelgeving bestaat nu uit een kluwen van doelsamenstelling, samenstelling na extractie en referentiesamenstelling en van streefdichtheid en referentiedichtheid, platen, balkjes, gyratortabletten, gyratorproefstukken en boorkernen. Dat leidt tot verwarring, onbegrip, discussies en geschillen.

Idealiter is er sprake van één mengselbeschrijving en één dichtheid. En afhankelijk van hoe en waar de samenstelling of de dichtheid worden bepaald gelden eventueel verschillende eisen in de vorm van marges ten opzichte van deze éne mengselbeschrijving en dichtheid. Om dergelijke eisen op te kunnen stellen is kennis nodig van de proeffouten, productie- en uitvoeringsomstandigheden, maar vooral ook van het effect van afwijkingen op de functionele eigenschappen van de laag.

2. Samenstelling

In de Europese Normen wordt gesproken over een mix formulation (mengselbeschrijving) die kan worden beschreven als een input target composition (in te wegen doelsamenstelling) of een output target composition (te produceren doelsamenstelling). En hier begint de verwarring al, want in de productnormen (NEN-EN-13108-1 t/m 13109-7) geven alleen twee opmerkingen (notes) informatie waaruit blijkt in welke situatie welke doelsamenstelling moet worden gebruikt. NEN-EN 13108-20 stelt echter onomwonden dat als het typeonderzoek wordt gedaan op laboratorium gemengd materiaal en laboratorium vervaardigde proefstukken de input target composition moet worden verklaard. Hoe en waar deze samenstelling moet

worden verklaard is dan weer niet 100% duidelijk. NEN-EN 13108-20 beschrijft immers alleen de inhoud van het typetest rapport. Welke mengselbeschrijving op de Declaration of Performance (DoP) of de CE-markering komt is niet eenduidig vastgelegd.

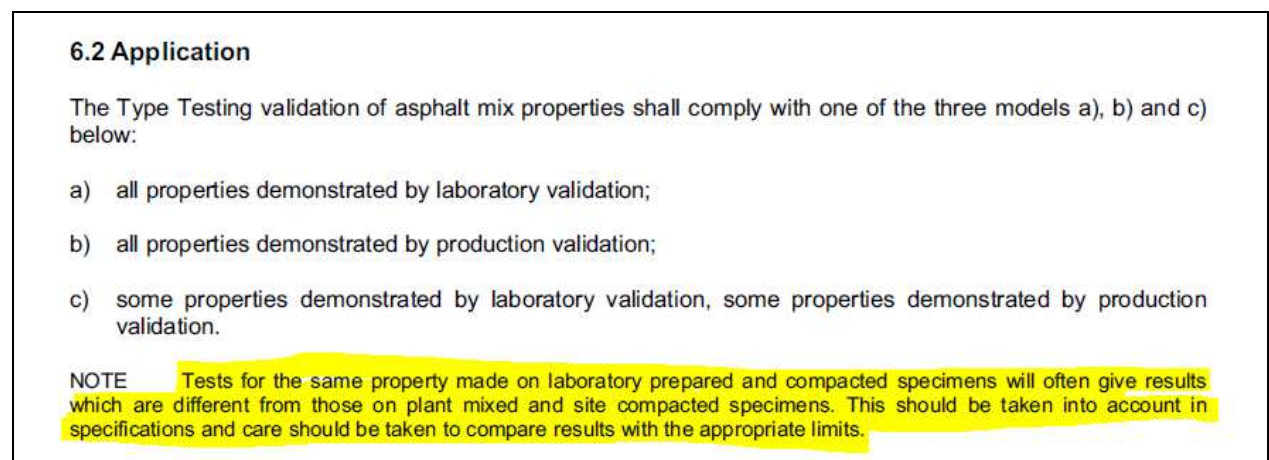
Maar wat moet de asfaltcentrale nu maken? Dat is dan toch een te produceren doelsamenstelling? Deze verwarring wordt voornamelijk veroorzaakt door de (foute) vertaling in de Nederlandstalige versie van de norm. ‘Geproduceerde doelsamenstelling’ is waarschijnlijk een betere vertaling dan ‘te produceren doelsamenstelling’, want uit de NEN-EN-13108-20 blijkt duidelijk (*Figuur 1*) dat de herkomst van de samenstelling bepalend is voor de naamgeving en niet de fase in het productieproces. De input target composition wordt gebruikt bij mengselontwerp en validatie in het lab. De output target composition is de samenstelling die vastgesteld wordt op basis van de analyse van asfalt bij de centrale of proefstukken uit een proefvak.

EN 13108-20:2006 (E)	
3 Terms and definitions	
For the purposes of this European Standard, the following terms and definitions apply.	
3.1	technical specifications
harmonised European Standards and European Technical Approvals for asphalt mixtures	
3.2	mix formulation
composition of a single mixture expressed as a target composition	
NOTE	A target composition can be expressed in two ways, see 3.3 and 3.4.
3.3	input target composition
expression of a mix formulation in terms of the constituent materials, the grading curve and the percentage of bitumen added to the mixture	
NOTE	This will usually be the result of a laboratory mix design and validation.
3.4	output target composition
expression of a mix formulation in terms of the constituent materials and the mid point grading and soluble binder content to be found on analysis	
NOTE	This will usually be the result of a production validation.

Figuur 1 Originele, Engelse, definities van input en output target composition

Alles leuk en aardig, maar voor de Factory Production Control worden monsters van het gemengde product gebruikt en uit de weg halen we boorkernen. Hoe zit dat dan? De asfaltcentrale toetst de samenstelling van monsters van gemengd, maar onverdicht product. Tijdens de productie vindt enige verbrijzeling plaats. De samenstelling van molengemengd materiaal kan dus afwijken van de ingewogen samenstelling. NEN-EN 13108-21 maakt echter geen onderscheid in de toleranties voor de FPC voor een toets aan een input target composition of een toets aan een output target composition. Dat is vreemd, want een output target composition is gebaseerd op monsters uit een proefvak, waarbij sprake kan zijn van verbrijzeling door transport en verdichting, maar zeker ook verfijning door boren en zagen optreedt.

De Standaard RAW Bepalingen noemen de output target composition of te produceren doelsamenstelling nergens. Voor de mengselbeschrijving wordt uitsluitend de in te wegen doelsamenstelling gedefinieerd. Maar er wordt wel een referentiesamenstelling gedefinieerd. Deze samenstelling wordt door de aannemer gekozen op basis van de samenstelling na extractie van een gyratortablet die door de producent bij het typeonderzoek is bepaald. Deze referentiesamenstelling geldt vervolgens als referentie voor de beoordeling van boorkernen. Maar wat nu als we hoppermonsters nemen? Dat is toch eigenlijk hetzelfde als een monster bij de asfaltcentrale? Moeten we die dan toetsen volgens de FPC-norm aan de in te wegen doelsamenstelling? En wat zijn in al die gevallen acceptabele marges om uit te kunnen blijven gaan van de in het typeonderzoek bepaalde eigenschappen? In de typeonderzoek norm (EN 13108-20, note bij paragraaf 6.2) wordt erkend dat dezelfde proeven op verschillend geproduceerde monsters verschillende resultaten kunnen geven en dat de gebruikte limieten moeten passen bij de herkomst. Er wordt echter geen invulling gegeven aan de te verwachten verschillen en de manier om daar mee om te gaan van ontwerp, via productie naar constructie.



Figuur 2: De note bij paragraaf 6.2 in EN 13108-20

3. Dichtheid

Bij het typeonderzoek volgens NEN-EN 13108-20 moeten alle proefstukken de streefdichtheid hebben met een marge van 30 kg/m³. Maar wat is de streefdichtheid? Het mengsel is immers meestal nog niet eerder geproduceerd. Op basis van de samenstelling en de dichtheid van de bouwstoffen kan de dichtheid mengsel worden berekend, maar niet de verwachte dichtheid proefstuk. Het berekenen van de theoretische holle ruimte in het mineraal aggregaat is te onnauwkeurig om de uiteindelijke holle ruimte te berekenen en bovendien wordt deze ook nog sterk beïnvloed door bijvoorbeeld de mate waarin het mengsel zich laat verdichten. Een aantal proefmengsels maken en verdichten met bijvoorbeeld de gyrator geeft inzicht in de mogelijke dichtheid en benodigde verdichtingsenergie. Maar over welke dichtheid hebben we het dan? Is dat dezelfde dichtheid als de streefdichtheid van alle proefstukken? Ook de balkjes en kernen uit de weg?

Voor het bepalen van de dichtheid proefstuk zijn in NEN-EN 12697-6 meerdere proeven opgenomen, waarvan in de Standaard RAW Bepalingen gekozen wordt uit procedure B (onder en boven water wegen), procedure C (sealen) of procedure D (opmeting). Afhankelijk van het percentage toegankelijke holle ruimte en de textuur van het onbewerkte oppervlak leiden deze methodes tot verschillende uitkomsten. De Standaard bepaalt dan ook

voor elke situatie welke procedure gebruikt moet worden, waarbij het sealen in de praktijk niet voorkomt.

Bij opmeting wordt het volume bepaald door de hoogte en de diameter van een droog proefstuk op meerdere plaatsen te meten en te middelen. Onvolkomenheden in het oppervlak door afgebroken materiaal of door de textuur van het oppervlak leiden tot een overschatting van het volume en dus een onderschatting van de dichtheid.

Bij onder- en boven water wegen wordt het volume bepaald door het bepalen van het volume van het verplaatste water. Holle ruimte die zich aan de buitenkant van het proefstuk bevindt wordt niet bij het totale volume meegenomen en de dichtheid wordt dus overschat.

In het bovenstaande gaan we nog maar even voorbij aan het verschil tussen de warme en koude dichtheid. Dat probleem speelt met name bij de proefstukvervaardiging een rol. Het is bekend dat de dichtheid van een proefplaat/proefstuk in afgekoelde toestand hoger is dan de dichtheid bij productietemperatuur van de specie. Om tot een gewenste dichtheid van een proefplaat in afgekoelde toestand te komen moet er momenteel enigszins creatief worden gehandeld bij mengsels waarvoor de benodigde ‘correctie’ bij de vervaardiging van proefplaten niet bekend is.

4. Proefstukvorm en afmetingen

Een gyratortablet heeft een andere verhouding tussen oppervlakte en volume dan een gyratorproefstuk en een gyratorproefstuk is aan twee zijden bewerkt. Het verschil tussen een plaat en een balkje is nog veel groter. Ook tussen een gyratorproefstuk en een balkje zijn duidelijke verschillen. Een gyratorproefstuk heeft altijd een kleinere oppervlakte per volume-eenheid en een lager percentage bewerkt oppervlak dan een balkje. Toch moeten alle proefstukken aan dezelfde eis voor de dichtheid voldoen.

Tabel 1 Dimensies proefstukken

	Diameter [mm]	Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]	Oppervlakte [mm ²]	Volume [mm ³]	Oppervlakte per volume [mm ² /mm ³]	Bewerkte oppervlakte [mm ²]	Bewerkte oppervlakte [%]
gyratortablet	100			77	39.898	604.757	0,066	0	0%
gyratortablet	100			115	51.836	903.208	0,057	0	0%
gyratorproefstuk	100			50	31.416	392.699	0,080	15.708	50%
gyratorproefstuk	100			60	34.558	471.239	0,073	15.708	45%
gyratorproefstuk	100			80	40.841	628.319	0,065	15.708	38%
gyratorproefstuk	150			50	58.905	883.573	0,067	35.343	60%
gyratorproefstuk	150			60	63.617	1.060.288	0,060	35.343	56%
gyratorproefstuk	150			80	73.042	1.413.717	0,052	35.343	48%
plaat		500	500	70	640.000	17.500.000	0,037	0	0%
balkje		450	50	50	95.000	1.125.000	0,084	95.000	100%
boorkern onderlaag	100			60	34.558	471.239	0,073	26.704	77%
boorkern tussenlaag	100			50	31.416	392.699	0,080	31.416	100%
boorkern deklaag	100			35	26.704	274.889	0,097	18.850	71%
boorkern dunne deklaag	100			20	21.991	157.080	0,140	14.137	64%

Ook de samenstelling van de proefstukken wordt beïnvloed door de wijze van produceren en de bewerking die het proefstuk heeft ondergaan, doordat het zagen en boren door de grovere aggregaten heen gaat en daarmee de gradering beïnvloed [3]. Het gyratorproefstuk dat wordt gebruikt voor de extractie tijdens het typeonderzoek heeft altijd een lager percentage bewerkt oppervlak dan een deel van een boorkern.

5. Eisen en tolerantie

Eisen en toleranties voor asfalt moeten aansluiten bij de veiligheidsfilosofie zoals die in OIA is opgenomen. Dat vergt niet alleen kennis van de effecten van individuele afwijkingen, maar ook van de combinatie van meerdere afwijkingen. Immers in OIA wordt gewerkt met partiële factoren op slechts een paar aspecten en wordt niet gerekend met een veiligheidsmarge op bijvoorbeeld het bitumengehalte. De eisen en toleranties moeten zodanig worden opgesteld dat de afkeur- en goedkeurrisico's goed verdeeld zijn. Onterechte afkeur en onterechte goedkeur moeten worden voorkomen. Als een gerealiseerde constructie voldoet aan de oorspronkelijke functionele vraagspecificatie is het opdrachtgeversrisico nihil en zou een afwijking op een individuele eigenschap niet tot afkeur moeten leiden. Omgekeerd is het niet de bedoeling dat een constructie die binnen de toegestane toleranties aan alle individuele eisen voldoet, functioneel faalt. Uiteraard moet de vraagspecificatie dekkend zijn voor alle cruciale eigenschappen.

6. Beschikbare data

Gelukkig is er meer dan we vaak beseffen aan gegevens beschikbaar. Sinds 2008 worden de functionele eigenschappen bepaald van alle asfaltbetonmengsels. Van elk mengsel zijn de toegepaste bouwstoffen, mengselsamenstelling, dichtheid en functionele eigenschappen bekend. Salil Mohan [4] heeft formules ontwikkeld waarmee op basis van de bouwstoffen en de samenstelling de functionele eigenschappen kunnen worden bepaald. Deze formules kunnen op basis van de volledige dataset worden getoetst en zo nodig verbeterd.

De dichtheid van proefstukken voor asfaltbeton en SMA wordt tijdens het type-onderzoek gemeten door middel van onder- en boven water wegen, maar de afmetingen en het droge gewicht worden ook vastgelegd. De kans op beschadiging van de proefstukken is erg klein en beschadigde proefstukken worden normaal gesproken niet verder onderzocht. Het lijkt zeer interessant om deze data eens naast elkaar te leggen.

Nadeel is dat dit alleen min of meer ideale proefstukken omvat die binnen een nauwe bandbreedte liggen. De resultaten zijn dus niet 1:1 bruikbaar voor eisenstelling.

Vanaf het typeonderzoek tot de opleveringscontrole wordt de samenstelling op meerdere manieren onderzocht en vastgelegd. De samenstellingsgegevens van typeonderzoek, molenregistraties, molenextracties en boorkernen uit de weg vergelijken geeft inzicht in verschuivingen in de samenstelling.

Bovenstaande onderzoeken vergen niet meer dan het bijeenbrengen van bestaande data en het analyseren daarvan. De onderzoeken winnen daarbij aan kracht naarmate de hoeveelheid data groter is en de bron van de data diverser.

7. Onderzoek

Helemaal ontkomen we niet aan onderzoek. Met een relatief eenvoudige uitbreiding van de normale onderzoeksinspanning is van boorkernmonsters van SMA en asfaltbeton eenvoudig ook de dichtheid door opmeting te bepalen.

Daarnaast is onderzoek naar het effect van de dichtheid en de samenstelling op de functionele eigenschappen nodig. Diverse aannemers zijn al bezig met het uitvoeren van functionele

proeven op boorkernen. Dit onderzoek levert, samen met de typeonderzoeksresultaten, de dichtheidsbepaling en de bepaling van de samenstelling, waardevolle informatie om het effect van afwijkingen te bepalen. Maar ook hier geldt dat hoe meer onderzoeksresultaten er beschikbaar zijn des te betrouwbaarder zijn de conclusies.

Een ander aspect dat alleen uit onderzoek kan volgen is het beproeven van monsters die buiten de huidige toleranties vallen. Anders beperkt de informatie zich tot de huidige kaders en blijft het onduidelijk of en zo ja hoeveel afwijking er mogelijk of zelfs nodig is.

8. Voorbeeld

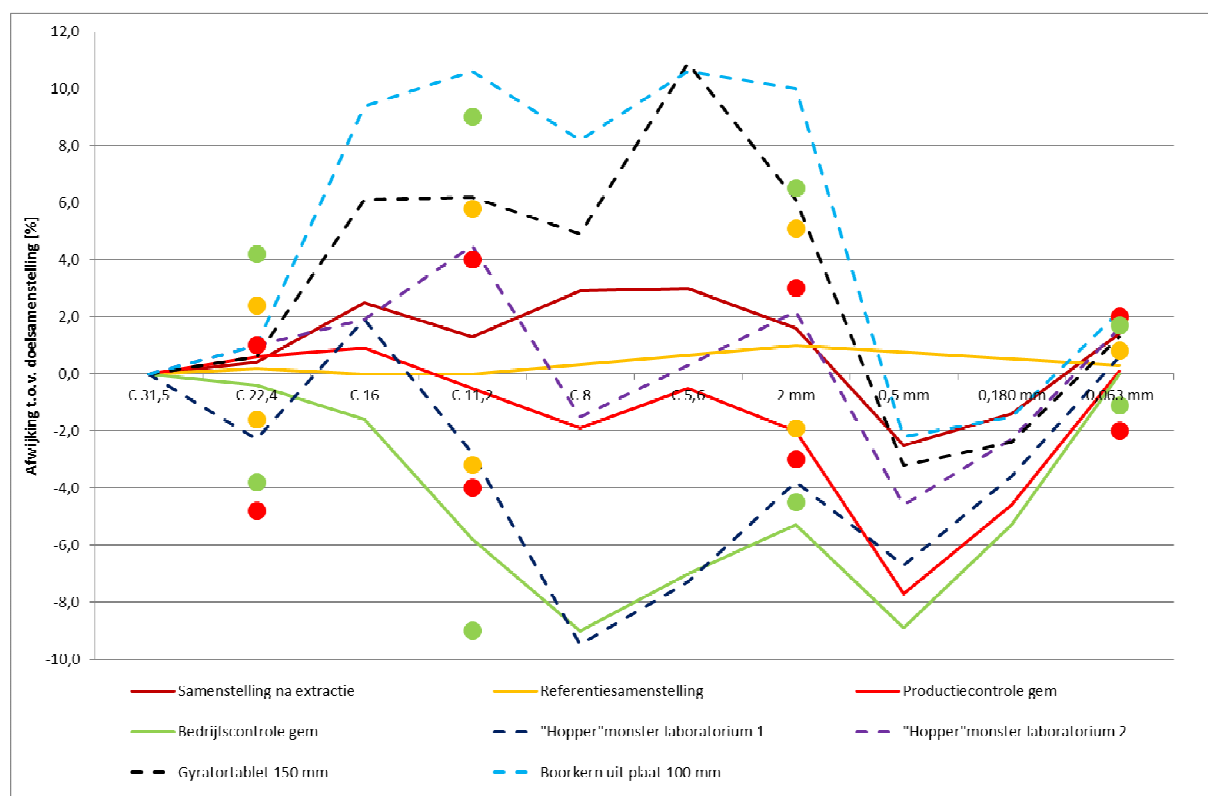
Wat het simpelweg bijeenrapen van alle beschikbare data kan opleveren, blijkt als gegevens van een van de onderzoeken in het kader van FEC 2.0 (thans NL-LAB) worden gebruikt. De hier gepresenteerde gegevens zijn zowel afkomstig uit het officieel gerapporteerd onderzoek als een intern aanvullend onderzoek. Bewust worden de gegevens alleen gepresenteerd en vergeleken om te laten zien welke mogelijkheden dit biedt. Alle vragen die ze oproepen, en zeker de mogelijke antwoorden daarop, blijven voor deze paper buiten beschouwing.

In tabel 2 zijn de gevonden samenstellingen vermeld. Als deze samenstellingen grafisch worden weergegeven als het verschil ten opzichte van de doelsamenstelling ontstaat het beeld in figuur 1.

Tabel 2 Samenstelling

Zeef	Doel-samen-stelling	"Hopper" monster laboratorium 1	"Hopper" monster laboratorium 2	Gyrator-tablet 150 mm	Boorkern 100 mm uit plaat	Samen-stelling na extractie	Referentie-samen-stelling	Productie-controle gem (n=2)	Bedrijfs-controle gem (n=2)
C 31,5	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
C 22,4	99	96,7	100,0	99,6	100,0	99,4	99,2	99,6	98,6
C 16	90	91,9	91,9	96,1	99,4	92,5		90,9	88,4
C 11,2	78	75,2	82,5	84,2	88,6	79,3	78,0	77,5	72,2
C 8	65	55,5	63,5	69,9	73,2	67,9		63,1	56,0
C 5,6	55	47,7	55,3	65,9	65,6	58,0		54,5	48,0
2 mm	43	39,2	45,2	49,1	53,0	44,6	44,0	41,0	37,7
0,5 mm	33	26,3	28,4	29,8	30,8	30,5		25,3	24,1
0,180 mm	15	11,4	12,7	12,6	13,5	13,6		10,4	9,7
0,063 mm	6	6,6	7,6	7,3	8,2	7,4	6,3	6,1	6,0
Bitumen	4,3	4,3	4,6	4,9	4,9	4,4	4,3	4,4	4,1

De stippen duiden de toleranties volgens de NEN-EN 13108-21 resp. de Standaard RAW Bepalingen aan. Duidelijk is te zien dat de ononderbroken lijnen min of meer het zelfde verloop hebben en op soortgelijke wijze afwijken van de doelsamenstelling, maar ook dat de toetszeven een grote afwijking op zeef 0,5 mm mogelijk maken. Of dit effect heeft op de functionele eigenschappen is niet uit de beschikbare gegevens te bepalen.



Figuur 3 Afwijking samenstelling t.o.v. doelsamenstelling

Bij alle verschillende onderzoeken van de functionele eigenschappen zijn daarbij de in tabel 3 vermelde functionele eigenschappen gevonden.

Tabel 3 Functionele eigenschappen

Productiewijze	Verdichting	Dichtheid [kg/m ³]	Stijfheid [MPa]	ϵ_6 [$\mu\text{m/m}$]	K2 [-]	ITS [MPa]	ITSR [%]	fc [$\mu\text{m/m/n}$]	Asfalt dikte [mm]
ref	ref	2355	8402	102,6	-5,968	-	86	0,1	312
Lab	Lab	2378	9397	91	-5,163	2,33	96	0,1	309
Lab	Lab	2393	10002	69,1	-4,059	2,51	78	0,4	459
Molen	Lab	2383	8611	96,9	-5,798	2,62	93	0,1	278
Molen	Lab	2392	8750	110,7	-4,92	-	-	-	276
Molen	Lab	2398	9592	108,3	-6,997	2,61	87	0,2	223
Molen	Werk	2417	9850	106,9	-5,315	3,02	106	0,2	260
Molen	Werk	2418	9781	110,8	-4,968	2,6	93	0,2	276

Aangezien al voor het maken van de proefstukken duidelijk was dat de oorspronkelijke streefdichtheid te laag was, is de streefdichtheid van de proefstukken hoger gekozen en de referentiedichtheid in het werk eveneens aangepast.

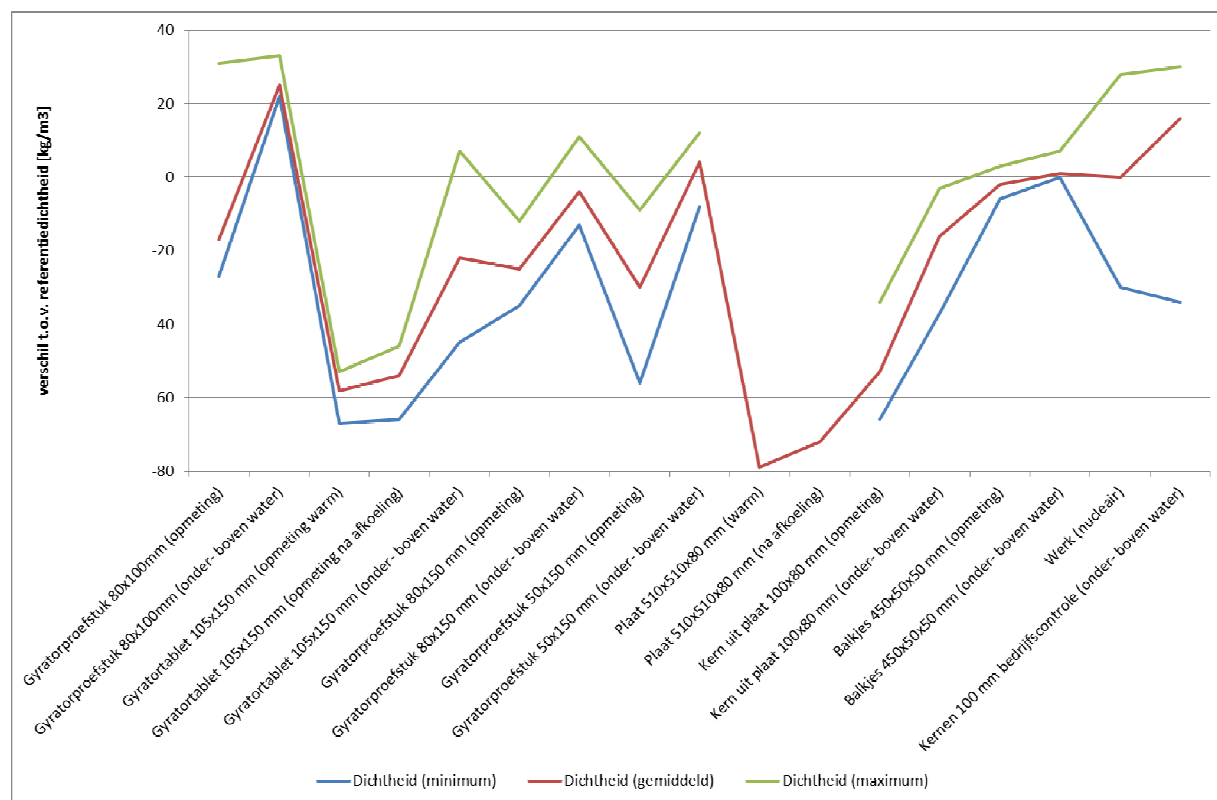
Bij de voorbereiding van het onderzoek zijn twee proefplaten gemaakt met verschillende warme dichtheden om te bepalen welke warme dichtheid van de platen moet worden gebruikt om de juiste afgekoelde dichtheid van de proefstukken te bereiken, maar zelfs dan blijkt het bijzonder lastig om proefstukken met de juiste dichtheid te produceren. Het later reproduceren van gelijkwaardige proefstukken is nog lastiger.

Uiteindelijk zijn in een aanvullend intern onderzoek de in tabel 4 vermelde dichtheden vastgesteld.

Tabel 4 *Dichtheid*

	Dichtheid (minimum)	Dichtheid (gemiddeld)	Dichtheid (maximum)
Gyratorproefstuk 80x100mm (opmeting)	2343	2353	2401
Gyratorproefstuk 80x100mm (onder- boven water)	2392	2395	2403
Gyratortablet 105x150 mm (opmeting warm)	2303	2312	2317
Gyratortablet 105x150 mm (opmeting na afkoeling)	2304	2316	2324
Gyratortablet 105x150 mm (onder- boven water)	2325	2348	2377
Gyratorproefstuk 80x150 mm (opmeting)	2335	2345	2358
Gyratorproefstuk 80x150 mm (onder- boven water)	2357	2366	2381
Gyratorproefstuk 50x150 mm (opmeting)	2314	2340	2361
Gyratorproefstuk 50x150 mm (onder- boven water)	2362	2374	2382
Plaat 510x510x80 mm (warm)		2291	
Plaat 510x510x80 mm (na afkoeling)		2298	
Kern uit plaat 100x80 mm (opmeting)	2304	2317	2336
Kern uit plaat 100x80 mm (onder- boven water)	2333	2354	2367
Balkjes 450x50x50 mm (opmeting)	2364	2368	2373
Balkjes 450x50x50 mm (onder- boven water)	2370	2371	2377
Werk (nucleair)	2340	2370	2398
Kernen 100 mm bedrijfscontrole (onder- boven water)	2336	2386	2400

Als grafisch het verschil ten opzichte van de streefdichtheid (2370 kg/m³) wordt uitgezet ontstaat het beeld in figuur 4.



Figuur 4 *Verskil dichtheid ten opzichte van streefdichtheid*

In de grafiek valt direct op dat er zowel verschil in gemiddelde waarde als in spreiding tussen de verschillende monsters en de wijze van bepalen van de dichtheid optreedt.

9. Nieuwe regels

De huidige toleranties op samenstelling en dichtheid zijn erop gericht deze voor de proefstukken waarop de eigenschappen bepaald worden voldoende dicht bij die in de weg te houden. Tot dat er een gevalideerd systeem voor het functioneel verifiëren [6] is, blijft die link cruciaal. Het gaat er dan dus om de samenstelling in de weg en die in de laboratorium proefstukken te koppelen, rekening houdende met alle verschillen als gevolg van wijze van bepalen (inwegen/extractie), proefstukafmeting etc. Dus één samenstelling die de kapstok wordt voor het ontwerpen, produceren en controleren van asfalmengsels. Uit onderzoek moet blijken welke toleranties ten opzichte van deze samenstelling mogelijk zijn met behoud van de functionele eigenschappen.

Bij een functionele benadering van het asfaltontwerp behoort echter uiteindelijk een toets van de functionele eigenschappen in de weg. Dat betekent dat ervaring opgedaan moet worden met het bepalen van functionele eigenschappen op de weg of op monsters uit de weg. De functionele eigenschappen van monsters uit de weg kunnen pas na enkele weken betrouwbaar en vergelijkbaar met het typeonderzoek worden bepaald. Om direct na afkoeling toch de functionele eigenschappen te kunnen inschatten kan gebruik gemaakt worden van de samenstelling en de formules van Salil Mohan. Dit is met name van belang als de samenstelling afwijkt van de gewenste samenstelling. De individuele afwijkingen in de samenstelling zijn daarbij niet meer van belang, want op basis van de werkelijk aanwezige samenstelling worden de functionele eigenschappen ingeschat. Op soortgelijke wijze kan het effect van de dichtheid worden bepaald.

Op basis van alle onderzoeksresultaten kan de WGA de relevante eigenschappen definiëren en de juiste eisen en toleranties bepalen. Daarbij moet (en zal) voorop staan dat de betrouwbaarheid van gerealiseerde constructie overeen moet komen met de betrouwbaarheid van het gemaakte ontwerp. Het streven is om te komen tot een eenduidige, consistente, onderbouwde set eigenschappen, eisen en toleranties.

10. Aanbevelingen

1. Gegevens afmetingen proefstukken en dichtheidsbepaling typeonderzoek verzamelen. Uit de gegevens van de proefstukken die zijn gebruikt van asfaltbeton en steenmastiekasfalt moet eenvoudig een eventueel verschil tussen procedure B en D kunnen worden bepaald.
2. Afmetingen proefstuk vastleggen bij bedrijfscontrole
Bij de bedrijfscontrole worden van asfaltbeton en steenmastiekasfalt de afmetingen van het proefstuk waarvan de dichtheid wordt bepaald de afmetingen niet (altijd) vastgelegd. Door deze wel te registreren kunnen ook hier procedure B en D worden vergeleken en kunnen de uitkomsten van aanbeveling 1 worden uitgebreid.
3. Samenstellingsgegevens en dichtheden uit typeonderzoek, molenregistratie en molenextracties, bedrijfscontrole en opleveringscontrole per mengsel verzamelen en analyseren.
4. Op basis van samenstellingsonderzoeken voor verschillende mengsels in het lab, bij de molen en uit de weg verkennen of standaard verschuivingen en marges per fase van het proces te bepalen zijn

5. Op basis van samenstellingsonderzoeken en functionele eigenschappen van boorkernen formules van Salil Mohan controleren en zonodig verbeteren.

Literatuur

1. A New Method of Predicting the Stiffness of Asphalt Paving Mixtures, Bonnaure, F., Gest, G. and Uge, P.A., Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, vol. 46. Pp 64-104, Annual meeting of the Ass. of Asph. Paving Techn., Seattle, USA, 1977
2. Handleiding voor de Formulering van bitumineuze mengsels, opgesteld door de werkgroep DRD-1 "Bitumineuze materialen en formulering", J. Steuperaert, A. Vanelstraete, L. Heleven, G. Lefèbvre, R. Tison, J. Dabin, F. Choquet, C. De Backer, L. Francken, E. Ista, A. Verhasselt en J. Verstraeten, BRRC, OCW, BRRC-PUB-A69_97
3. De invloed van boor- en zaagwerkzaamheden op de korrelverdeling van gap-graded mengsels, Bert Gaarkeuken en Jan van de Water, CROW Infradagen 2014
4. Stageverslag, Salil Mohan, BAM-TU Delft, februari 2010
5. FEC 2.0 - mengsel APRR251, MNO-Vervat, april 2013
6. Starten met functioneel verifiëren van asfaltverhardingen, B. Sluer, N. Poeran, M. Mohajeri, CROW Infradagen 2016