

Duurzaamheidsvoordelen van polymeer gemodificeerd bitumen voor wegen

Porot Laurent, Erik Scholten, Bas Govers

Kraton Polymers Nederland B.V., Amsterdam, he Netherlands

SAMENVATTING

Polymeer gemodificeerd Bitumen, PmB, wordt al meer dan 40 jaar gebruikt in de asfalt industrie. Het biedt voordelen voor wegen en luchthavenverhardingen, met name door een hogere weerstand tegen spoorvorming en scheurvorming. Hoewel de technische voordelen breed erkend zijn, zijn de milieuvordelen nog niet volledig gedocumenteerd. Door verschillende casestudies zijn evaluaties uitgevoerd, van het bindmiddel, via het asfaltmengsel bij het verlaten van de asfaltinstallatie, tot aan het asfalt wegdek gedurende de levensduur op de weg. Een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd op de aannames en ook is een verschillende alternatieve bitumenmodificaties doorerekend. In het algemeen kan polymeermodificatie de carbon footprint (CO₂ voetafdruk) van het bindmiddel vergroten. Afhankelijk van de levensduur van de weg en de criteria voor het einde van de levensduur, kan polymeer de milieu voetafdruk verkleinen bij een 'cradle to grave'-benadering. Met een weloverwogen gemiddelde levensduurverlenging van +25% bij SBS-modificatie, zal de milieu voetafdruk al 10% lager zijn in vergelijking met een standaard wegconstructie met conventionele Pen grade-bitumen, hetgeen leidt tot een duurzamere toepassing.

Trefwoorden: Bitumen, Polymeer gemodificeerd Bitumen, duurzaamheid, asfalt

1 INTRODUCTIE

De beoordeling van de milieueffecten van producten en werkzaamheden wordt steeds meer onderdeel van het dagelijks leven en bedrijfsleven. De bouwsector heeft algemene kaders ontwikkeld om productcategorieregels, "Product Category Rules", PCR, vast te stellen. In Europa biedt de EN15804+A2 [1] de kerncriteria voor productcategorieën en wordt gebruikt als referentie in elke PCR voor het wegenbestand. Nederland en Scandinavië lopen voorop in het toepassen van milieuprestatie-indicatoren voor inkoopprocessen. Meer specifiek heeft de Nederlandse bouwsector Product Category Rules voor bitumineuze materialen vastgesteld [2]. Waar tot nu toe de focus lag op cradle-to-gate voor asfaltmaterialen, kunnen de PCR's doorgaan naar de cradle-to-gravebenadering. Deze benadering maakt het mogelijk om de volledige levenscyclus van producten te beschouwen via gebruik, instandhouding en einde levensduur. Een product met een lage footprint aan de poort van de productielocatie levert op de lange termijn geen milieuvordelen op als het vaker moet worden vervangen dan een product dat langer meegaat.

Polymeer gemodificeerd bitumen, PmB, werd in de jaren 80 ontwikkeld om in te spelen op de toegenomen verkeersbelasting en -omvang. Het gebruik in asfaltmengsels verbetert de weerstand tegen spoorvorming en zorgt voor een duurzame oppervlakte-bestendigheid tegen rafeling en oppervlaktescheuren [3]. De levensduur is beoordeeld en vastgesteld op een levensduurverlenging van +25 % [4]. De technische voordelen zijn algemeen geaccepteerd en en het gebruik ervan is geregeld in specificaties en toepasbaar voor instandhoudingsbeheer. Het leidt tot economische voordelen, gebaseerd op een kostenanalyse voor de gehele levensduur.

De milieuvordelen van PmB zijn bepaald, maar nog niet uitvoerig vanwege gebrekkige primaire gegevens. Eurobitume, gaf in zijn levenscyclusinventarisatie, LCI, uitgebracht in 2011, een schatting voor een PmB-standaardformulering [5]. Er werden ook enkele pogingen ondernomen om het voordeel van PmB voor asfaltverhardingswegen te bepalen en het break-evenpunt vast te stellen dat PmB nodig zou hebben om een vergelijkbare footprint te hebben als een standaard asfaltmengsel [6]. De weinige LCA-onderzoeken waarin asfaltverhardingen gemaakt met PmB worden vergeleken met standaard bitumen, verwijzen meestal naar de

dataset van Eurobitume 2011 [7]. Het vertoont, zoals verwacht, een grotere footprint aan de poort van de asfaltinstallatie, maar een lagere footprint in de asfaltverharding in de weg, gedurende de levensduur.

Voor Life Cycle Assessment, LCA, studies, zijn er veel ontwikkelingen en evaluaties gedaan op het gebied van “groene” technologieën, danwel hergebruik van asfalt granulaat PR, danwel recycling van afvalstromen, danwel het gebruik van biobased materialen, om gedeeltelijk of volledig bitumen te vervangen. Ervan uitgaande dat de prestaties van deze technologieën op zijn minst gelijk zijn aan de huidige toepassing, op een 'cradle to gate'-basis, kan dit de ecologische footprint verbeteren. De uitbreiding naar de 'cradle to grave'-benadering vereist aanvullende bepalingen, waaronder de levensduur van dergelijke technologieën en de herbruikbaarheid aan het einde van hun levensduur.

Het doel van het artikel is om de potentiële impact van het gebruik van PmB voor de asfaltverharding te bepalen door middel van verschillende casestudies. De analyse is gebaseerd op “Global Warming Potential”, uitgedrukt in equivalent van kooldioxide, als belangrijkste indicator bij het bepalen van de MilieuKostIndicator. Het beoordeelt verschillende hypothesen, beschikbaar in het publieke domein, of met primaire gegevens, en de methodologie. Het zal de resultaten en effecten op het bindmiddel, op asfaltmaterialen en op de asfaltdeklaag verder ontwikkelen. Om de levensduur volledig in kaart te brengen, wordt in de analyse gebruik gemaakt van een genormaliseerd effect over de verwachte levensduur. Ten slotte zal de gevoeligheidsanalyse worden besproken om de variabiliteit van aannames vast te stellen en ook ter vergelijking met alternatieve technologieën voor gemodificeerd asfalt.

2 DOELSTELLINGEN EN METHODOLOGIE

Een levenscyclusbenadering van ‘cradle-to-grave’ is cruciaal om de volledige milieueffecten van het gebruik van polymeer gemodificeerde asfaltverharding te evalueren, inclusief de duurzaamheid en technische prestaties. Dit kan worden gedaan volgens de Life Cycle Assessment-methodologie zoals gedefinieerd in ISO 1040 en ISO 14044.

2.1 Doel en afbakening

Het doel van deze studie was om de carbon footprint te bepalen van verschillende casestudies voor de asfaltdeklaag met gebruik van Polymeer gemodificeerde Bitumen, PmB, evenals in combinatie met asfalt granulaat PR, en om te vergelijken met een referentie asfaltdeklaag met niet-gemodificeerd bitumen. Alle mengsels hadden hetzelfde bindmiddelgehalte van 5%. De drie verschillende gevallen waren:

- Case A, een referentiecasi, asfalt gemaakt met standaard 40/60 pengrade bitumen met alleen nieuwe materialen, zonder PR
- Case B, een case study van asfalt dat gelijkwaardig is aan case A met een polymeer gemodificeerd bitumen, als vers 45-80/65, waarvan werd aangenomen dat er 3,5% SBS-polymeer is toegepast
- Case C, een asfaltmengsel voor een asfaltdeklaag met 50% PR en PmB, als vers bindmiddel 65-105 / 80

Voor Case C werd gebruik gemaakt van een hoog gemodificeerd bitumen met 6% SBS-polymeer, om het gebrek aan actief polymeer van het PR-bindmiddel te compenseren, en een zachtere bitumengrade om de flexibiliteit van het PR-bindmiddel aan te vullen. Met een dergelijk hoog polymeergehalte wordt een speciale SBS grade toegepast met een hoog vinylgehalte, die de viscositeit bij hogere temperatuur van het PmB beperkt,

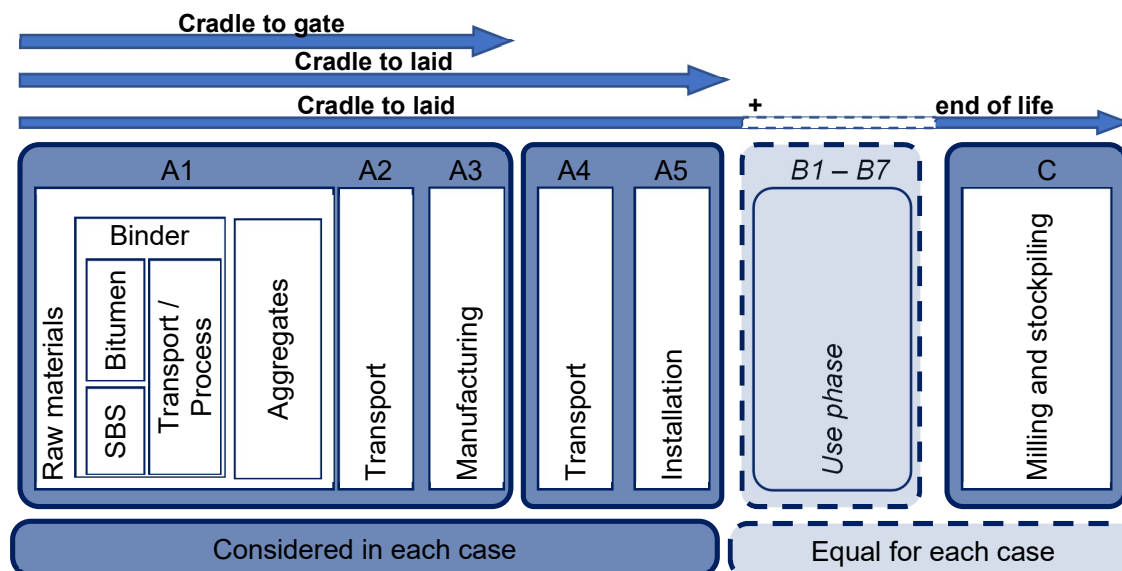
Voor de keuze van het SBS-polymeer zijn primaire gegevens gebruikt van een LCA uitgevoerd op Kraton SBS D1101 als standaard SBS [8]. Voor de hoog-SBS-gehalte PmB was de Kraton D0243 toegepast met hoog vinylgehalte waarvoor LCA-gegevens werden geëxtrapoleerd.

2.2 Referentie eenheden

Verschillende tussenstappen zijn bekeken vanaf het polymeer zelf, bij de formulering van het polymeer gemodificeerde bitumen, , in het Asfaltmengsel (HMA), en tot slot de uiteindelijke toepassing van de asfaltdeklaag. Voor de materialen werden eenheden kg voor het polymeer, en ton voor het bindmiddel en het asfaltmengsel gebruikt. Als functionele eenheid werd km gebruikt voor de asfaltwegconstructie, rekening houdend met een 4 cm dikke asfaltlaag over een breedte van 7,5 m en een dichtheid voor asfalt van 2,5 t/m³.

2.3 Aanpak

De aanpak was gebaseerd op het concept “Cradle to Lay + end-of-life” inclusief productie van asfaltmengsel, transport naar de bouwplaats, toepassing op de weg en verwerking aan het einde van de levensduur. Figuur 1 toont de systeemgrenzen zoals gedefinieerd door EN 15804.



Figuur 1. System boundaries

Voor de gebruiksfase, stage-B, is het moeilijk te definiëren omdat deze kan afhangen van de wegtype, verkeersklasse en klimaatomstandigheden. Voor elk van de gevallen is uitgegaan van hetzelfde type en/of categorie wegdek. Bovendien werd in alle gevallen aangenomen dat ze hetzelfde routine-onderhoud hebben tot aan de verwachte levensduur. Het periodiek of groot onderhoud zou toegepast worden na de levensduur. Uiteindelijk werd een relatief genormaliseerd impactconcept toegepast, namelijk de totale milieu-impact over de verwachte levensduur van de deklaagmaterialen en uitgedrukt per km per jaar.

Bij het bepalen van milieueffecten en LCA zijn er verschillende effectcategorieën die worden bepaald en die afhankelijk kunnen zijn van het gebruik van specifieke milieucalculators [9]. Het Global Warming Potential, GWP, blijft echter een van de belangrijkste indicatoren. De GWP beschouwt de potentiële impact van broeikasgassen, die vrijkomen in de atmosfeer en in de troposfeer, op de temperatuurstijging, die bijdragen aan veranderingen in het mondiale klimaat. Het wordt uitgedrukt in koolstofdioxide-equivalent zoals veroorzaakt door menselijke of natuurlijke activiteiten.

2.4 Aannames en basisgegevens

Er zijn al tal van LCA-onderzoeken gedaan naar bitumen- en asfaltmengsels. Voor polymeren, zoals Styreen-Butadien-Styreen, SBS, zijn er echter beperkt tot geen gegevens beschikbaar in het publieke domein. Eurobitume heeft in zijn LCI van 2011 [5] gebruik gemaakt van gegevens die beschikbaar zijn uit "Eco-profile of SBS" door Boustead & Cooper, opgezet voor het International Institute of Synthetic Rubber Producers in juli 1998. Hierbij is gepoogd om primaire gegevens vast te stellen voor SBS gebruikt in asfalttoepassingen. LCA-expert

Brands&Values voerde in 2018 specifieke LCA's uit op Kraton SBS met behulp van Gabi-software.

Voor bitumen zijn verschillende gegevensbronnen beschikbaar, afhankelijk van de regio of database. Eurobitume heeft in zijn LCI het representatieve cijfer voor bitumen zoals geproduceerd in Europa bijgewerkt [10]. Het Asphalt Institute in de VS heeft ook de CO₂-footprint van bitumen vrijgegeven, representatief voor Noord-Amerika [11]. Onlangs stelde AfPA, uit Australië, in zijn LCA-calculator voor om gegevens van Ecolnvent te gebruiken [12]. Omdat deze laatste in het midden tussen de waarden van Eurobitume en Asphalt Institute ligt, werd het als standaardwaarde gebruikt en wordt later een gevoeligheidsanalyse opgenomen.

Bij asfaltmengsels worden aan de poort van de asfaltinstallatie verschillende waarden gerapporteerd in de literatuur variërend tussen 35 en 90 kgCO₂eq per t [13] [14] met een gemiddelde van 50 kgCO₂eq per t. Het productieproces wordt gerapporteerd in het bereik van 20 tot 30 kg CO₂eq, afhankelijk van het type installatie en de gebruikte energiesoort.

De transportcomponent varieert ook middels het type en de belading. Voor deze studie zijn de "UK emission factors" gebruikt als een publiek beschikbare informatie [15] en vaak gebruikt in de LCA-calculator [16]. Het transport voor bitumen is gesteld op 200 km en voor aggregaat op 50 km, met "rigid truck, 50 % geladen" (lege terugrit).

Voor de asfalttoepassing werd aangenomen dat het transport van de asfaltinstallatie naar de bouwplaats in alle gevallen gelijk was aan 60 km. Bovendien werd voor het asfalteren en verdichten, in lijn met eerdere projecten [13], rekening gehouden met een waarde van 5 kgCO₂eq per ton asfalt.

Bij het einde van de levensduur, aangezien asfaltverhardingsmaterialen 100% recyclebaar zijn, werd er in het onderzoek geen rekening gehouden met verbranding of verwijdering. Het einde van de levensduur omvatte het frees-proces en het aanleggen van voorraden. Het transport en de volgende bewerking met breken en zeven voor toekomstig hergebruik in nieuwe asfaltmengsels is uitgesloten van de scope omdat dit wordt toegewezen aan de volgende cyclus. Er werd een gemiddelde waarde van 1,0 kgCO₂eq per t gebruikt [13]. Tabel 1 geeft een overzicht van de belangrijkste gehanteerde aannames en de gegevensbron.

Tabel 1. Asfaltmengsel veronderstelling

Item	Assumption	GWP footprint	Data source
A1-A3 asphalt mix production			
Bitumen	5 % binder content	380 kgCO ₂ eq per t	Ecolnvent – AfPA tool
Aggregates / RA	Local quarry	4.5 kgCO ₂ eq per t	EARN project
Transport, raw material	1000 km for SBS	0.0584 kgCO ₂ eq t.km	UK emission factor
	200 kg for binder 50km for aggregate	0.227 kgCO ₂ eq t.km truck 50% laden	
Mixing process	Heavy fuel oil	19.6 kgCO ₂ eq per t	EARN project
A4-A5 Installation			
Transportation, HMA	60 km from mix plant	0.227 kgCO ₂ eq t.km truck 50% laden	UK emission factor
Laying compaction		5 kgCO ₂ eq per t	EARN project
D end of life			
Milling stockpiling	Surface milling 4cm	1.0 kgCO ₂ eq per t	EARN project

3 UITKOMSTEN

3.1 GWP voor SBS

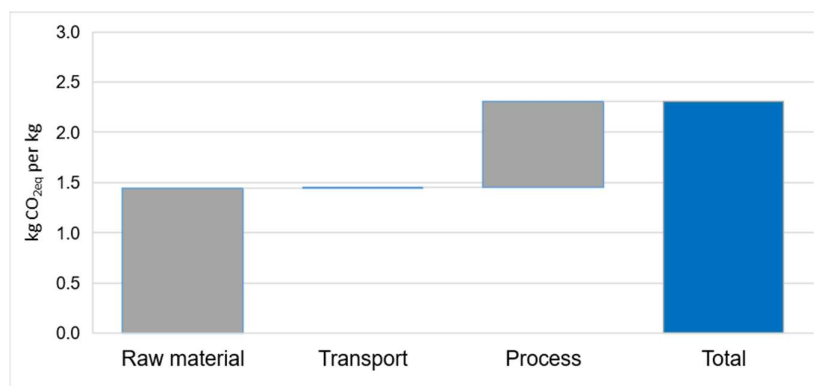
Brands&values heeft een specifiek Life Cycle Assessment-onderzoek uitgevoerd op Kraton™ D1101 SBS [8]. Het is een elastomeer blockcopolymeer bestaande uit styreen en butadiëen

Duurzaamheidsvoordelen van polymeer gemodificeerd bitumen voor wegen

dat wordt gebruikt voor compounding, modificatie van bitumen en lijmen, geproduceerd in Wesseling, Duitsland. De gebruikte functionele eenheid was een kg product aan de poort van de fabriek exclusief verpakking.

De belangrijkste componenten van de SBS zijn styreenmonomeer inclusief transport, en butadieenmonomeer dat ter plaatse via pijpleidingen wordt geleverd. Het productieproces van een typische SBS-grade bestaat uit vijf hoofdfasen: polymerisatie, mengen, oplosmiddelverwijdering, ontwatering en drogen, en bepoederen en verpakken. De toewijzing van de energievraag werd gedaan aan de hand van de dagelijkse energieconsumptie en productiesnelheid.

De bron van de gegevens kwam uit de Gabi-database die geldig was op de datum van het onderzoek, 2018, en het interne totale energieverbruik dat intern in de fabriek in Wesseling voor het jaar 2016 werd gebruikt. Er is geprobeerd om het gebruik van afsplitsingen zoveel mogelijk te vermijden. De grootste inputstromen, waarvoor afsplitsingen zijn toegepast, hadden een inputaandeel van ongeveer 0,25%. Figuur 2 toont de uitsplitsing van de SBS GWP.



Figuur 2. GWP voor de productie van 1kg SBS D1101 ex Wesseling

Het totale GWP werd aan de poort van de fabriek geschat op 2,3 kgCO₂eq per kg SBS. De belangrijkste bijdrage waren de grondstoffen, terwijl het transport verwaarloosbaar is vanwege de ligging van de fabriek dicht bij de productie van grondstof. Deze waarde ligt in de orde van grootte van andere waarden die in de literatuur of database [5] worden vermeld, ongeveer 3,5 kgCO₂eq per kg.

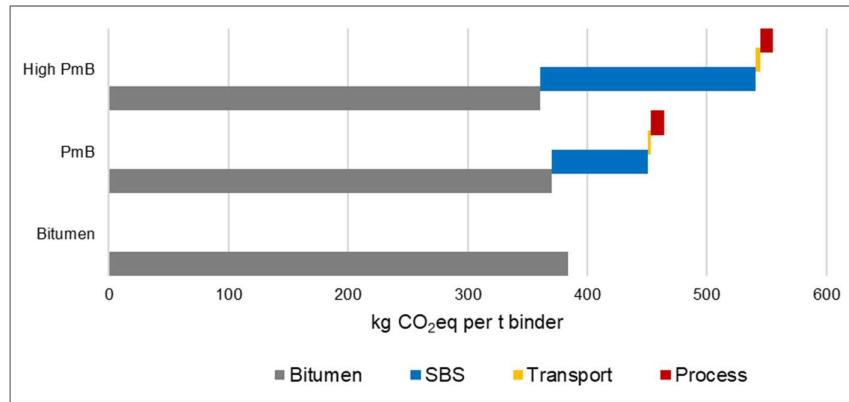
Voor andere Kraton SBS grades is dit cijfer geëxtrapoleerd in een gevoeligheidsanalyse afhankelijk van de complexiteit van het proces in een bandbreedte van maximaal +30 %. Deze bovengrens werd gebruikt voor andere SBS-soorten met 3 kgCO₂eq per kg aan de poort van de fabriek.

3.2 GWP voor bitumineuze bindmiddelen

Voor bitumen kan de GWP-waarde per ton aan de poort van de raffinaderij variëren tussen 150 kgCO₂eq [10] en 640 kgCO₂eq [11], afhankelijk van de regio en database. Er is een gemiddelde waarde van 384 kgCO₂eq gebruikt, zoals geselecteerd door AfPA uit de EcoInvent-database.

Voor transport is rekening gehouden met een afstand tot de PmB-installatie van 1000 km voor de SBS, ervan uitgaande dat de SBS-modificatie op de bitumenproductielocatie plaatsvindt. De Eurobitume LCI van 2011 schatte de impact van het PmB-proces op 11 kgCO₂eq per ton. Figuur 3 geeft de gedetailleerde berekening voor de Global Warming Potential voor één ton bitumineuze bindmiddelen aan de poort van de raffinaderij of PmB-installatie, van cradle to gate benadering. Terwijl het bitumen een koolstoffootprint heeft van 384 kgCO₂eq, is de standaard PmB met 3,5 % SBS 464 kgCO₂eq, een toename van +21 % en voor het hoog gemodificeerde bitumen 555 kgCO₂eq, +45 % in vergelijking met niet-gemodificeerd bitumen.

De SBS-modificatie heeft een significante toename van de koolstoffootprint van het bindmiddel aan de poort van de fabriek.

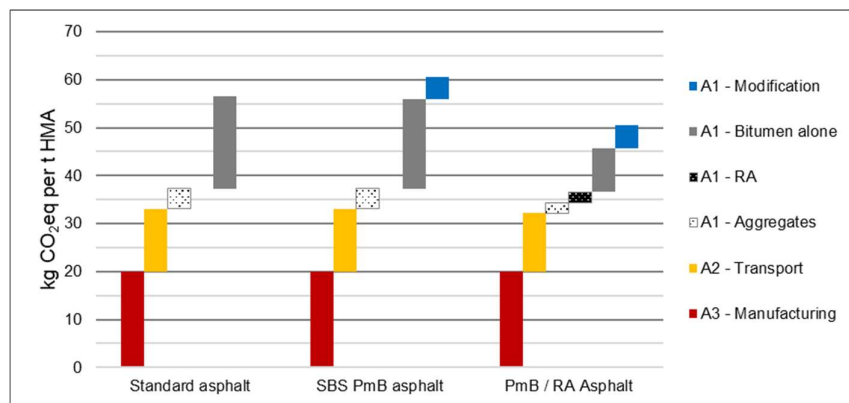


Figuur 3. GWP bijdrage voor bindmiddel, kgCO₂eq per t

3.3 GWP voor asfaltmengsels

Bij het toepassen van asfaltmengsels zijn veel parameters van invloed op de totaalresultaat, met als belangrijkste transport, afstand voor aggregaat en productie, energiesoort, en mengseltemperatuur. Om een eerlijke vergelijking te maken, werden dezelfde aannames gebruikt, behalve voor het type bindmiddel en het gebruik van RA. Alle andere parameters, zoals transport of proces, werden gelijk gehouden. Er is uitgegaan van het productieproces met een asfaltmenginstallatie met stookolie en een mengtemperatuur van 165 °C.

Figuur 4 geeft de uitsplitsing voor de Global Warming Potential voor één ton gemengd asfalt aan de poort van de asfaltinstallatie, met cradle to gate benadering. De belangrijkste bijdragen zijn productie, transport en bitumen. De drie cases vallen binnen de orde van grootte van de gerapporteerde footprint. De referentiecasi is 56,5 kgCO₂eq. Met het PmB-asfalt leidt dit tot 60,5 kgCO₂eq, een stijging van ongeveer 7 % door de SBS-modificatie. En in het geval van het PmB/PR asfalt is de footprint verminderd tot 50,5 kgCO₂eq, een reductie van 11 % in vergelijking met de referentiecasi, voornamelijk vanwege de geringere hoeveelheid benodigd bitumen.



Figuur 4. GWP bijdrage voor de asfaltmengsels, kgCO₂eq per t

3.4 GWP voor asfaltmengsels in de wegconstructie

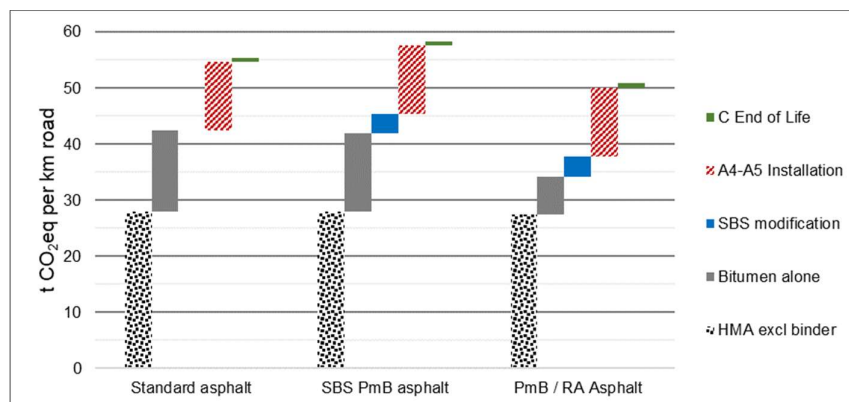
Er is een poging gedaan om de “cradle to application + end of life” te benaderen. Tabel 2 geeft de gedetailleerde berekening voor elke fase van A1 tot A5 en C einde levensduur. Per ton asfalt leidt tot een verhoging voor het PmB-asfalt van +5 % en voor het PmB/PR asfalt van - 8 % ten opzichte van het standaardasfalt.

Tabel 2. GWP voor de asftmengsels op de weg, kgCO₂eq per t

Stage		Standard asphalt	PmB asphalt	PmB / RA asphalt
Product stage – Hot Mix Asphalt				
A1	Raw materials	23.5	27.5	18.3
	Bitumen alone	19.2	18.5	9.0
	SBS contribution		4.7	4.9
	Aggregates + RA	4.3	4.3	2.1 + 2.3
A2	Transport of raw materials	13.0		12.2
A3	Process for asphalt mix	20		
Construction stage – Asphalt mix surface layer				
A4	Transport of HMA	11.3		
A5	Installation, HMA on job site	5.0		
End of Life – Removal surface layer for reuse				
C	Milling and stockpiling	1.0		
Grand total		73.9 kgCO ₂ eq	77.9 kgCO ₂ eq	67.8 kgCO ₂ eq

3.5 Einde levensduur impact voor asfaltdeklaag

De vorige berekening is gemaakt per ton asfaltmengsel. Op de weg wordt gekeken naar de functionele eenheid per weglengte. De voorgaande cijfers uit Tabel 2 zijn geëxtrapoleerd voor 1 km tweebaansweg, 7,50 m breed en een deklaag van 4 cm dikte. Dit leidt voor 1 km wegdek tot ongeveer 750 ton asfaltmengsel, 37,5 ton bindmiddel en 1,3 ton SBS per km. Figuur 5 toont de uitsplitsing voor 1 km asfaltdeklaag van de koolstoffootprint in t CO₂eq voor de drie gevallen. De bijdrage van de SBS-modificatie vertegenwoordigt telkens ongeveer 6 % van de totale footprint. En in het geval van PR en PmB wordt dit grotendeels gecompenseerd door de vermindering van bitumengebruik.



Figuur 5. GWP uitsplitsing voor de wegdek, t CO₂eq per km

3.6 Genormaliseerde Global Warming Potential impact

Alle voorgaande berekeningen zijn gemaakt zonder rekening te houden met de verwachte levensduur van de deklaag en het potentiële verschil bij gebruik van polymeergemodificeerd bitumen. PmB wordt al 40 jaar gebruikt in wegeninfrastructuur en heeft een gemiddelde verlenging van de levensduur laten zien. Een onderzoek van het Asphalt Institute in de VS kwantificeerde deze verlenging van de levensduur met 25 % [4]. Met andere woorden, voor een asfaltdeklaag met niet-gemodificeerde bitumen met een levensduur van 10 jaar onder zwaar verkeer, wordt deze door het gebruik van PmB verlengd tot 12 jaar. Om rekening te houden met deze verlenging van de levensduur is een genormaliseerde GWP-indicator bepaald door de totale GWP berekend van fase A1 tot A5 en C te delen door de verwachte

levensduur en uitgedrukt in tCO₂eq per km.jaar. Tabel 3 toont de uiteindelijke genormaliseerde GWP met het verschil in vergelijking met de referentiecasse.

Tabel 3. Genormaliseerde GWP voor de asfaltwegdeck

	Standard case	PmB case	PmB RA case
Total GWP	55.4 tCO ₂ eq per km	58.4 tCO ₂ eq per km +5 %	50.9 tCO ₂ eq per km -8 %
Expected service life	10 years	12 years	12 years
Normalised GWP km.year	5.5 tCO ₂ eq per km.year	4.9 tCO ₂ eq per km.year -12%	4.2 tCO ₂ eq per km.year -23%

Voor het bindmiddel zelf, verhoogt de PmB-asfaltcase de absolute waarde van de GWP (zie Figuur 3). Rekening houdend met de levensduur van het wegdek vermindert het de GWP. In combinatie met PR is deze reductie bijna 25% tov de referentiecasse.

4 GEVOELIGHEIDS ANALYSE

Alle berekeningen zijn gebaseerd op verschillende aannames, die de algehele resultaten kunnen beïnvloeden. Gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd om de belangrijkste parameters vast te stellen die bijdragen leveren en om de hotspots te identificeren. De onderstaande gevoeligheidsanalyse is gemaakt waarbij één parameter tegelijk wordt gevarieerd en rekening wordt gehouden met de impact op de productie van asfalt.

4.1 Variatie bitumen footprint

Voor Bitumen kunnen verschillende gegevens worden gebruikt. De gevoeligheidsanalyse is gemaakt met behulp van het Eurobitume 2020-cijfer van 150 kgCO₂eq per ton en het Asphalt Institute 2019 cijfer van 637 kgCO₂eq per ton. Dit is respectievelijk een verschil van -234 en +253 kgCO₂eq per ton tov het Ecolnvent-cijfer, oftewel een relatief verschil van -61 % en +66 %. Met 5 % bindmiddelgehalte in het asfaltmengsel leidt dit tot een absoluut verschil per ton asfaltmengsel van +/- 12 kgCO₂eq per ton HMA op een gemiddelde van 55, wat neerkomt op een relatieve variatie van ongeveer +/- 20 %. Deze variabiliteit is zelfs meer dan de incrementele bijdrage van SBS-modificatie zoals te zien is in Figuur 4, die slechts +7 % was.

4.2 Variatie van asfaltmengsel parameters

Gezien de parameters van het asfaltmengsel zijn er veel combinaties mogelijk. De geïdentificeerde hotspots voor asfalt zijn productie en transport.

Het asfaltmengproces is complex om te analyseren, omdat het afhangt van het type asfaltmenginstallatie, batch of continu, het soort energie, stookolie of gas, de mengvolgorde, temperatuur, tijd en zelfs vochtgehalte van het aggregaat. Met willekeurige parametervariëaties kan de uiteindelijke footprint van het proces variëren van 15 tot 30 kgCO₂eq/t ten opzichte van 20 zoals gebruikt.

Een andere belangrijke bijdrage was het transport, zowel voor het aggregaat, van de steengroeve naar de asfaltinstallatie, als voor het asfaltmengsel van de asfaltinstallatie naar de bouwplaats. Uitgaande van een variatie van 50 km in transport, wat betekent dat de asfaltinstallatie zich op de locatie van de steengroeve of op 100 km van de steengroeve bevindt, leidt dit tot een variatie van +/- 10 kgCO₂eq per ton asfaltmengsel. Opnieuw een variatie van bijna 20 %, veel meer dan de incrementele bijdrage van polymeermodificatie.

4.3 Alternatieve modificaties

In de afgelopen decennia zijn er andere alternatieven voor bitumenmodificatie ontstaan met potentiële milieuvoordelen, vooral met afvalstromen zoals rubberbanden en plastic afval. Het recyclen van deze materialen in een asfaltmengsel heeft als voordeel het voorkomen dat deze afvalstromen in het milieu en op de vuilstort terecht komen. Wegen worden dan gebruikt als

afvalput voor het einde van de levensduur van deze afvalstromen. De technische prestaties op de weg zouden op zijn minst gelijk moeten zijn aan standaard asfalt. Wat betreft de milieu-impact, aangezien ze als afval worden beschouwd, hebben ze niet de milieu-impact van het oorspronkelijke product. Meestal wordt alleen rekening gehouden met de aanvullende verwerking en het transport.

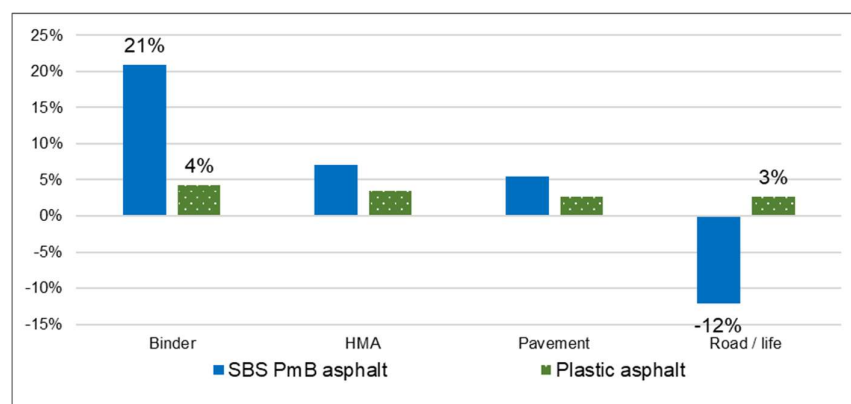
Een alternatief dat belangstelling krijgt, hoewel nog in technische evaluatie, is het recycleren van plastic afval in een asfaltmengsel. Er is nog steeds discussie en onderzoek gaande naar de beste manier om het te verwerken en naar de uiteindelijke prestaties voor de lange termijn op de weg. Tot nu toe lijkt het zich niet te dispergeren in de bitumen maar meer als vulmiddel te werken. Ongeacht de technische vragen, heeft dit alternatief als doel om de wegen als afvalput te gebruiken en te voorkomen dat deze afvalstoffen mogelijk in het milieu of in de zee terechtkomen. Er zijn al enkele LCA's uitgevoerd [17] en de CO₂-footprint is vastgesteld op ongeveer 0,43 kgCO₂eq per kg, aangezien de footprint van het plastic zelf is toegewezen aan de eerste toepassing. De impact op de global warming potential van asfaltmengsels is voor dit alternatief op dezelfde manier geëvalueerd als de verschillende cases. Tabel 4 geeft de belangrijkste parameters die zijn gebruikt voor de evaluatie en de belangrijkste resultaten bij vergelijking met de standaard bitumen- en de PmB-cases.

Tabel 4. Alternatieve opties met avalstoffen

Scenario	Reference	PmB	Plastic waste
Modifier footprint		2.3	0.43
Modifier %		3.5 %	5 %
Binder content	5 %	5 %	5.3 %*
GWP – binder	384 kgCO ₂ eq / t	464 kgCO ₂ eq / t	400 kgCO ₂ eq / t
GWP – HMA at mix plant	56.5 kgCO ₂ eq / t	60.5 kgCO ₂ eq / t	58.5 kgCO ₂ eq / t
Service life	10 years	12 years	10 years
Normalised GWP	5.5 tCO ₂ eq / km	4.9 tCO ₂ eq / km	5.7 tCO ₂ eq / km

De footprint van de modificatie ligt in dezelfde range als voor het bitumen zelf. Hoewel het bindmiddel bij een gehalte van 5 % modificatie nog steeds enige bewerking vereist, is de impact minimaal en nog steeds minder dan de PmB-voetafdruk. Voor het asfaltmengsel en op de weg zijn standaard- en plasticasfalt vergelijkbaar, terwijl het PmB-asfalt een iets grotere footprint heeft. Wanneer echter rekening wordt gehouden met de levensduur van het wegdek, blijft de plastic case vergelijkbaar met het standaard asfalt, terwijl voor de PmB-case de impact aanzienlijk vermindert. Over het algemeen heeft het plastic afval de laagste relatieve impact op het bindmiddel en beperkt op het asfaltmengsel, maar kan het op een genormaliseerde manier geen significant voordeel opleveren voor het wegdek.

Figuur 6 geeft een samenvatting van de relatieve impact van de verschillende modificaties op het bindmiddel, op het asfaltmengsel, op de asfaltdeklaag en voor de asfaltverharding over de levensduur.



Figuur 6. Relatieve effecten modificatie vs. standard asfalt

Voor het plastic alternatief is de levensduur beschouwd als vergelijkbaar met het standaardgeval, uitgaande van potentieel volledig hergebruik aan het einde van de levensduur. Dit moet nog worden aangetoond en er is gebrek aan informatie over de potentiële recycleerbaarheid aan het einde van de levensduur. Er bestaat dus de mogelijkheid dat het oude plastic asfalt moet worden gestort of gedegradéerd.

5 CONCLUSIE

PmBs worden al meer dan 40 jaar gebruikt en de technische voordelen voor een langere levensduur zijn uitgebreid gedocumenteerd. Dit brengt economische voordelen van het gebruik van met polymeer gemodificeerd bitumen in asfaltverhardingen gedurende de gehele levenscyclus van wegen met zich mee. De milieuvoordelen zijn echter minder onderzocht.

Milieueffecten en Life Cycle Analysis (LCA) zijn standaardmethoden geworden bij de algemene beoordeling van elke technologie. Deze studie richtte zich specifiek op de werkelijke impact van SBS-modificatie in het PmB op het Global Warming Potential. De insteek is “cradle to lay + end of life” om rekening te houden met de levensduur. Het is gebaseerd op primaire gegevens zoals die beschikbaar zijn voor een specifieke Kraton polymeer-grade geproduceerd in Europa.

De GWP van het bitumen wordt verhoogd met 21 % door de toevoeging van SBS. Deze impact is sterk afhankelijk van de initiële footprint van de bitumen zelf. Hoe hoger de bitumenfootprint, hoe lager de impact van SBS.

In het asfaltmengsel, wordt de impact van SBS op de GWP teruggebracht tot minder dan 10 % aan de poort van de asfaltmenginstallatie. De belangrijkste bijdragen zijn het transport van aggregaat, het proces van de menginstallatie en bitumen. De bijdrage van SBS is minder dan het effect van 50 km variatie in de transportafstand voor het aggregaat of het asfaltmengsel..

Specifiek het geval waarin PR en PmB worden gecombineerd, toont een aanzienlijke vermindering van de CO₂-footprint aan. In dat geval moet het bindmiddel worden aangepast met een hogere gehalte aan SBS om hetzelfde verwachte prestatieniveau van het mengsel te behouden. De incrementele voetafdruk van het bindmiddel zelf wordt hiermee verhoogd met 45 %. Deze toename wordt echter grotendeels gecompenseerd door het verminderd gebruik van vers bindmiddel in de mix, waardoor voor het asfaltmengsel een reductie met meer dan 10 % van de footprint aan de poort van de asfaltinstallatie gerealiseerd wordt.

Er is een genormaliseerde aanpak ontwikkeld voor de totale GWP van cradle to end of life voor de gehele levensduur. Aangezien het gebruik van PmB een 25 % langere levensduur geeft, wordt de totale genormaliseerde GWP met 12 % verlaagd in vergelijking met een standaardasfalt met niet-gemodificeerd bitumen. Bij combinatie van PR en PmB is de GWP reductie zelfs bijna 25 %.

Ter vergelijking is ook alternatieve modificatie met plastic afval vergeleken. Bij een dergelijke stroom wordt de weg gebruikt als een afvoerput voor afval. Het effect op de GWP gedurende de hele levensduur is echter niet zo vanzelfsprekend als het lijkt.

Deze studie toont aan hoe belangrijk het is om bij het uitvoeren van milieu-evaluaties en LCA rekening te houden met de gehele levenscyclus, van cradle to grave. Een aanvankelijk hogere footprint aan de poort van de productieinstallatie betekent niet noodzakelijk een hogere footprint voor de toekomst. Een hogere Global Warming Potential aan het begin kan meer dan gecompenseerd worden met een langere levensduur.

REFERENTIES

- [1] EN 15804+A2 Sustainability of construction works – Environmental products declarations – Cores rule for the product category of construction products, November 2019
- [2] Product Category Rules voor bitumineuze materialen in verkeersdragers en waterwerken in Nederland ("PCR Asphalt"), https://www.bouwendnederland.nl/media/7631/pcr_10-definitief_versie-2020-06-29.pdf
- [3] Lu, X., and U. Isacsson. 1995. Testing and appraisal of polymer modified road bitumens - state of the art, Materials & Structures 28: pp 139-159, <https://doi.org/10.1007/BF02473221>
- [4] Asphalt Institute, ER-215 Engineer's Report: Quantification of the Effects of PMA for Reducing Pavement Distress, 2005
- [5] Eurobitume Life Cycle Inventory for bitumen, 2011
- [6] A. Azhar Butt, Life Cycle Assessment of Asphalt Roads, Doctorat thesis, 2014 KTH, Sweden, <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A763875&dswid=-449>
- [7] M. Espinoza, N. Campos, R. Yang, H. Ozer, J. Aguiar-Moya, A. Baldi, L. Loria-Salazar, I. ArIQadi, Carbon Footprint Estimation in Road Construction: La Abundancia–Florenia Case Study, Sustainability, 2019, <https://doi.org/10.3390/su11082276>
- [8] LCA Report - Life Cycle Assessment for the Production of Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) & Creation of a GaBi-Dataset, brands&values for KRATON POLYMERS LLC, October 2018, confidential report
- [9] PIARC, Reducing the Life Cycle Carbon Footprint of Pavements, 2019, <https://www.piarc.org/en/order-library/31426-en-Reducing%20the%20Life%20Cycle%20Carbon%20Footprint%20of%20Pavements>
- [10] Eurobitume Life Cycle Inventory for bitumen, 2020, https://www.eurobitume.eu/fileadmin/Feature/LCI/EB.LCI.Report.Jan2020.Pages_Interactive.pdf
- [11] Asphalt Institute, Life Cycle Assessment of asphalt binder, March 2019, US, <http://www.asphaltinstitute.org/engineering/lca-study-on-asphalt-binders>
- [12] AfPA LCA Calculator for Asphalt version 1.2, star2see, September 2021, <https://www.start2see.com.au/afpa-lca-calculator-for-asphalt/>
- [13] EARN CEDR project Cost and Co2 modelling of lower temperature materials with recycled content deliverable D5 – Modelling D6, December 2014, https://www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2012/recycling/earn/earn_d5_modelling.pdf
- [14] AllBack2Pave project, Economic and environmental impact of the AllBack2Pave technologies – Deliverable D5.2, 2013-2015 <https://allback2pave.fehrl.org>
- [15] Greenhouse gas reporting: conversion factors 2020, gov.uk Department for Business, Energy & Industrial Strategy, June 2020, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020>
- [16] S.Reeves, A. Hewitt, A. Pepler, Review and update of the asPECT carbon footprinting tool for asphalt road pavements, TRL report PPR960, July 2020, <https://trl.co.uk/publications/review-and-update-of-the-aspect-carbon-footprinting-tool>
- [17] Recycling waste plastics in roads: A life-cycle assessment study using primary data, J. Santos, A. Pham, P. Stasinopoulos, F. Giustozzi Science of the total environment Volume 751, January 2021, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141842>