

# **STOL** **(Stille TOpLagen voor Antwerpen)**

## **Eindrapport**

**14/06/2018**

**Auteurs**

**Prof. dr. Ing. Cedric Vuye**

**ir. A. Bergiers**

**B. Duerinckx**

## Voorwoord & opbouw van het rapport

In dit document wordt een overzicht gegeven van het hele traject dat binnen dit proefproject werd afgelegd: vanaf de selectie van de proeflocaties, over de aanbestedingsprocedure, aanleg van de proefvakken, visuele inspecties tot en met het belangrijkste deel van dit project, nl. de uitgevoerde meetcampagnes en bevragingen van de omwonenden.

Een groot aantal teksten werden (quasi) letterlijk overgenomen uit al eerder gepubliceerde bronnen, zoals tussentijdse rapporten of masterthesissen. Er werd in dit eindrapport steeds naar gestreefd om hieruit de belangrijkste zaken te distilleren en er een overzichtelijk, op zichzelf staand en duidelijk leesbaar document van te maken. In de digitale bijlagen zijn alle relevante bronnen en publicaties beschikbaar voor wie meer informatie wenst over een bepaald onderwerp.

Dit eindrapport is als volgt opgebouwd. Na dit voorwoord is een korte samenvatting van het project toegevoegd, met hierin een kort overzicht van het uitgevoerde onderzoek, aangevuld met de voornaamste conclusies en aanbevelingen. In het eerste hoofdstuk wordt toegelicht wat het doel van dit project is en welke rol UAntwerpen en het OCW hierin hebben gespeeld. Het tweede hoofdstuk beschrijft de gebruikte onderzoeksmethodiek, met inbegrip van de onderzoeksvragen, en geeft een korte samenvatting van de diverse gebruikte meetmethoden.

In het derde hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de gebruikte aanbestedingsprocedure, omdat hieruit ook waardevolle lessen kunnen getrokken worden en bepaalde aspecten hieruit als inspiratie kunnen dienen bij toekomstige projecten. De aanleg van de proefvakken met alle daarbij horende analyses, metingen en observaties wordt in detail besproken in hoofdstuk vier. Hierna wordt een overzicht gegeven van de uitgevoerde visuele controles in hoofdstuk vijf.

Het belangrijkste deel van dit rapport begint in hoofdstuk zes, waarin alle voornaamste objectieve meetresultaten worden samengevat. Omdat hinder door geluid een subjectieve ervaring is, werden de omwonenden bevroegd naar hun ervaringen, zoals neergeschreven in hoofdstuk zeven. Hoofdstuk acht tenslotte is als volgt opgebouwd: per hoofdstuk werden de voornaamste deelconclusies samengevat en herhaald, waarna in § 8.6 de algemene conclusies (gekoppeld aan de onderzoeksvragen), aanbevelingen en suggesties voor verder onderzoek werden opgesteld.

## Samenvatting

In dit proefproject rond stille wegdekken, dat het acroniem “STOLA – Stille TOPlagen voor Antwerpen” kreeg, werd het deel “technische begeleiding en uitvoering monitoringprogramma” na een openbare aanbesteding in juli 2014 toegewezen aan het consortium UAntwerpen en het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). Het doel van dit project is om na te gaan of zogenaamde Dunne Geluidsreducerende Deklagen (DGD), bitumineuze toplagen met een dikte van maximaal 30 mm, in een stedelijke omgeving geschikt kunnen zijn als alternatief voor de standaard top laag type SMA-C2. Hierbij waren de doelstellingen dat de aangelegde DGD initieel een geluidsreductie van minimaal 3 dB zouden hebben, en een minimale levensduur van vijf jaar.

Een eerste stap in dit project was het selecteren van twee proeflocaties om proefvakken aan te leggen en metingen te kunnen uitvoeren met zowel DGD als een SMA-C2 als referentie. Uiteindelijk werden als proeflocaties de Kleine Doornstraat in Wilrijk en de Zandvlietse Dorpstraat in Zandvliet geselecteerd. Dit zijn twee straten met een typisch, maar onderling verschillend, stedelijk karakter. Deze proeflocaties verschillen mogelijk echter sterk van het type straten dat later voorzien zal worden van DGD, namelijk belangrijke verkeersaders die te maken hebben met veel doorstromend (zwaar) verkeer en mogelijk hogere snelheden dan 50 km/u. Dit type straten is echter helemaal niet geschikt om als proeflocatie te dienen omwille van de te grote extra hinder die veroorzaakt zou worden.

Na een innovatieve aanbestedingsprocedure, opgesteld in nauwe samenwerking met de Gemeenschappelijke Aankoopcentrale van Stad Antwerpen, werden tien verschillende proefvakken met vijf verschillende DGD binnen het vooropgestelde budget aangelegd. Hiervoor was ruime interesse vanuit zowel België als Nederland. Uiteindelijk hebben drie aannemers (één Vlaamse en twee Nederlandse), die allen aangetoond hadden over een ruime ervaring met DGD te beschikken, de proefvakken aangelegd. De aanleg van de proefvakken vond plaats tussen 1 en 5 oktober 2015, onder ruime persbelangstelling en in aanwezigheid van schepen van Leefmilieu Nabilla Ait Daoud (N-VA).

De aanleg zelf werd heel nauwgezet opgevolgd door leden van het consortium, aangevuld met leden van de Afdeling Asphaltwegen, Bitumineuze toepassingen en Chemie (BAC) van het OCW, en toezichters van Stad Antwerpen. Tijdens de aanleg werden vooral temperatuurmetingen uitgevoerd, aangevuld met observaties en staalnames. In het labo van het OCW werden de stalen gecontroleerd qua korrelverdeling en bitumengehalte. Alle informatie verzameld tijdens de aanleg werd samengevat in een aantal documenten en een schema met aandachtspunten.

Om de zes maanden volgde dan een visuele inspectie door het OCW waarbij alle aanwezige schade op de proefvakken nauwkeurig gedocumenteerd werd en vergeleken werd met eventuele events bij de aanleg. Het belangrijkste deel van dit project omvat natuurlijk de meetcampagnes die om de zes maanden werden uitgevoerd. Hierbij werden vooral akoestische metingen (*Close ProXimity CPX*-, *Statistical Pass-By SPB*- en *Controlled Pass-By CPB*-methoden) uitgevoerd, maar ook metingen van textuur, rolweerstand en stroefheid. Het merendeel van de metingen werd uitgevoerd door het OCW, behalve de SPB- en CPB-metingen door UAntwerpen en de stroefheidsmetingen door het Agentschap Wegen en Verkeer. Meetresultaten werden vervolgens gekoppeld met bevindingen van visuele inspecties.

Naast de objectieve metingen werden de omwonenden van beide proeflocaties op drie verschillende momenten (voor aanleg, één maand na aanleg en zes maand na aanleg) door UAntwerpen schriftelijk

bevraagd over hun subjectieve ervaringen betreffende de overlast door verkeerslawaai. Hierbij werd rechtstreeks gepeild naar de hinder door (verkeers)lawaai, maar eveneens naar lichamelijke klachten, slaapkwaliteit en activiteiten binnen en buiten. Duidelijke verschillen tussen voor- en nametingen in deze drie domeinen zouden dan in relatie gebracht kunnen worden met de aanleg van de proefvakken.

Als voornaamste conclusies kunnen volgende zaken vermeld worden:

- De kwaliteit en opvolging van de aanleg zelf is van cruciaal belang om de verwachte levensduur en de geluidsreductie effectief te realiseren.
- Het gebruik van DGD in een stedelijke omgeving moet doordacht gebeuren, en is zeker niet in elke straat aangewezen.
- De gewenste geluidsreducties zijn na aanleg gemakkelijk gehaald en ook na twee jaar liggen de meeste gemeten geluidsreducties nog boven de 3 dB.
- De aangelegde DGD zijn niet alleen stiller, maar dankzij lagere megatextuurniveaus geven ze een indicatie van een lagere rolweerstand, wat leidt tot minder energieverbruik en minder CO<sub>2</sub>-emissies tijdens de gebruiksfase.
- Uit de bevragingen kon geconcludeerd worden dat deze interventies leiden tot een merkbare daling van de (subjectief) ervaren geluidsoverlast en dat de ervaren geluidshinder weerslag heeft op de algemene levenskwaliteit.

Dit leidt vervolgens tot een aantal aanbevelingen voor Stad Antwerpen:

- Aangezien zowel een belangrijke objectieve geluidsreductie (> 3 dB) werd opgemeten, als werd aangetoond dat de subjectief ervaren geluidsoverlast merkbaar gedaald is, raden wij aan het gebruik van DGD als akoestische maatregel te overwegen.
- Het is noodzakelijk een grondige analyse uit te voeren van de straten waar het gebruik van een DGD wordt overwogen. De straten die ons het meest geschikt lijken, zijn de wegen en straten die in het stedelijk mobiliteitsplan als ontsluitingswegen worden beschouwd. Typische voorbeelden zijn de Plantin en Moretuslei en de Belgiëlei, m.a.w. wegen met veel doorgaand verkeer en veel bewoners. Wij raden niet aan om DGD toe te passen in een zone 30. Kruispunten of plaatsen met veel “start/stop” of draaiend verkeer zijn niet geschikt.
- Uitgebreidere controle en opvolging bij aanleg (ter plaatse o.a. via temperatuurmetingen en via labo-onderzoek) lijkt ons noodzakelijk om een goede kwaliteit en dito positieve resultaten te garanderen.
- Wij adviseren dat DGD enkel bij droge omstandigheden en bij een minimale temperatuur van 10 °C worden aangebracht. Ook de wind is geen onbelangrijke factor, en dient nauwlettend opgevolgd te worden tijdens de aanleg omwille van de snelle afkoeling van de DGD.
- Overweeg om gestandaardiseerde bevragingen af te nemen vóór en na geplande geluidsinterventies, om zo, samen met akoestische meetresultaten, op termijn, beter gerichte, en daardoor effectievere interventies te kunnen ondernemen.
- Aangezien de aangelegde proefvakken nog aan het begin van hun levensduur zijn en er voorlopig nog niet veel schade werd vastgesteld, is het sterk aanbevolen deze proefvakken te blijven opvolgen met visuele inspecties en metingen. Deze proefvakken kunnen nog veel interessante informatie opleveren. In Nederland worden veel wegen met DGD akoestisch gedurende meerdere jaren opgevolgd. Wij adviseren om dit in Vlaanderen en Antwerpen ook in overweging te nemen.

## Inhoudsopgave

Voorwoord & opbouw van het rapport .....	2
Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave .....	5
1 Doel van het project .....	8
1.1 Context .....	8
1.2 Opdracht UAntwerpen/OCW .....	9
2 Onderzoeksaanpak.....	13
2.1 Algemene onderzoeksmethodologie .....	13
2.2 Gebruikte meetmethoden.....	15
2.2.1 CPX-methode [4] .....	15
2.2.2 SPB-methode [5].....	16
2.2.3 Textuurmeting [4].....	18
2.2.4 Rolweerstand [4] .....	20
2.2.5 Stroefheid [6].....	21
2.3 Bevragingen.....	23
2.3.1 Bevragingwijze .....	23
2.3.2 Populatie.....	23
2.3.3 Lengte .....	24
2.3.4 (Socio-)demografische gegevens.....	24
2.3.5 Volgorde vraagstelling .....	25
2.3.6 Gegevensverwerking .....	25
2.3.7 Vragenlijst.....	26
3 Aanbestedingsprocedure GAC/2014/2694 .....	27
3.1 Selectie proeflocaties .....	27
3.2 Selectie aannemers & mengsels.....	31
3.3 Splitmastiëkasfalt, Dunne Geluidsreducerende Deklagen en Poro-Elastische wegdekken ..	37
3.3.1 SMA .....	37
3.3.2 DGD.....	37
3.3.3 PERS.....	39
3.3.4 Kostprijs DGD vs. SMA .....	39
3.4 Deelconclusies aanbestedingsprocedure .....	41
4 Aanleg van de proefvakken .....	43
4.1 Inleiding .....	43

4.2	Opvolging van de aanleg .....	46
4.2.1	Weersomstandigheden .....	46
4.2.2	Kleeflagen .....	46
4.2.3	Voegbanden .....	47
4.2.4	Stilstand .....	47
4.2.5	Temperatuurmetingen .....	47
4.2.6	Eindrapport Dura Vermeer BV .....	52
4.3	Labo-analyses .....	53
4.4	Deelconclusies en aanbevelingen aanleg .....	56
5	Visuele controles .....	58
5.1	Kleine Doornstraat te Wilrijk [15] .....	58
5.1.1	Microville .....	58
5.1.2	Rugosoft .....	58
5.1.3	Micropave .....	59
5.1.4	Nobelpave .....	60
5.1.5	Decipave .....	61
5.2	Zandvlietse Dorpstraat te Zandvliet [15] .....	62
5.2.1	Microville .....	62
5.2.2	SMA-C2 (referentie) .....	63
5.2.3	Micropave .....	63
5.2.4	Decipave .....	64
5.2.5	SMA-D .....	64
5.3	Deelconclusies visuele controles [15] .....	65
6	Meetresultaten .....	66
6.1	CPX [4] .....	66
6.1.1	Resultaten bij 50 km/u .....	66
6.1.2	Resultaten bij 30 km/u .....	68
6.1.3	Deelconclusies CPX-metingen .....	69
6.2	SPB .....	70
6.2.1	Metingen .....	70
6.2.2	Resultaten .....	70
6.2.3	CPB .....	73
6.2.4	Deelconclusies SPB- & CPB-metingen .....	76
6.3	Textuur [4] .....	77

6.3.1	Textuurspectra .....	77
6.3.2	Mean Profile Depth .....	78
6.3.3	Deelconclusies textuurmetingen.....	79
6.4	Rolweerstand [4] .....	80
6.5	Stroefheid .....	82
6.6	Deelconclusies meetcampagnes .....	84
7	Bevragingen.....	86
7.1	Timing uitgevoerde bevragingen.....	86
7.2	Verkeerstellingen .....	88
7.3	Responsgraad .....	89
7.4	Onderzoeksvragen.....	89
7.5	Geluidsmetingen .....	90
7.6	Socio-demografische gegevens .....	91
7.7	Vragen gerelateerd aan geluid .....	93
7.8	Vragen gekoppeld aan de kwaliteit van leven.....	98
7.9	Deelconclusies bevragingen .....	100
8	Conclusies en aanbevelingen .....	101
8.1	Aanbestedingsprocedure .....	101
8.2	Aanleg.....	102
8.3	Visuele controles .....	102
8.4	Meetcampagnes.....	103
8.5	Bevragingen.....	104
8.6	Algemene conclusies, aanbevelingen en verder onderzoek.....	105
	Dankwoord .....	110
	Literatuurlijst .....	111
	Digitale bijlagen (toegevoegd als pdf).....	113

# 1 Doel van het project

## 1.1 Context

*De Stad Antwerpen wil binnen dit proefproject nagaan of (bitumineuze) dunne geluidsreducerende dekragen (DGD) in een typisch stedelijke omgeving succesvol kunnen toegepast worden om de geluidsoverlast door verkeerslawaaai te verminderen. Dit kadert binnen het stedelijk geluidsactieplan<sup>1</sup> dat werd opgesteld naar aanleiding van de Europese richtlijn 2002/49/EG inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaaai. [1,2]*

*De voornaamste oorzaak van geluidshinder in Antwerpen is het wegverkeer. Uit studies blijkt dat in vergelijking tot geluidsschermen en geluidsisolatie van woningen de toepassing van een stil wegdek de meest efficiënte maatregel is om het wegverkeerslawaaai te beperken. In Antwerpen worden 35 000 inwoners blootgesteld aan geluidsniveaus door wegverkeer van meer dan 70 dB. Dit veroorzaakt ernstige hinder bij 25 % van de blootgestelden en de gezondheidseffecten zijn groot.*

*Een groot deel van deze geluidshinder is afkomstig van de Antwerpse ring, waar geluidsschermen kunnen helpen om de geluidshinder te reduceren. Anderzijds veroorzaakt ook het verkeer op de kleinere lokale wegen en straten in de stad veel wegverkeerslawaaai. In het Mobiliteitsplan "Antwerpen 2020 / 2025 / 2030. Actief & bereikbaar" worden de Antwerpse wegen en straten opgedeeld volgens hun mobiliteitsfunctie. Enerzijds zijn er straten in woon- en verblijfsgebieden. Hier zullen de zones 30 zoveel mogelijk uitgebreid worden en staat de leefbaarheid centraal. De toepassing van stille wegdekken is hier minder relevant omdat door de lagere snelheden en verkeersintensiteiten minder geluidshinder wordt verwacht. Daarnaast zullen de wegen die gecategoriseerd worden als ontsluitingswegen (wijk-, stads- en wijkwegen) in de toekomst meer verkeer te verwerken krijgen. Hier worden een snelle bereikbaarheid en verbinding met verschillende knooppunten en functies nagestreefd. De doorstroming van de auto en het openbaar vervoer staat centraal. Het gehanteerde snelheidsregime wordt 50 km/u. Om de leefbaarheid langs deze wegen te waarborgen, is de toepassing van stille wegdekken een efficiënte maatregel. Het is de aangewezen manier om het wegverkeerslawaaai zo dicht mogelijk bij de bron aan te pakken. Een stil wegdek kan het wegverkeerslawaaai met meer dan 3dB verlagen, wat voor de omwonenden een duidelijk waarneembare verlaging van de geluidshinder betekent.*

*De stad Antwerpen wil met een proefproject nagaan welke dunne geluidsreducerende dekragen (DGD) gebruikt kunnen worden om op lokale wegen in een typisch stedelijke omgeving de blootstelling aan geluidshinder voor de omwonenden significant te verminderen en zo de leefkwaliteit te verhogen. Om dit na te gaan werden DGD aangebracht op twee verschillende locaties binnen het grondgebied van Stad Antwerpen. Elke proeflocatie heeft een lengte van 600-800 m en bestaat uit één referentievak (SMA-C2) en minstens drie proefvakken met verschillende DGD. De locaties werden voorzien binnen een snelheidszone van 50 km/u en met zo min mogelijk zwaar verkeer. Straten met bus- of tramverkeer werden eveneens gemedend. De selectie van de proefvakken was gepland tegen eind oktober 2014 en de aanleg van de proefvakken op beide locaties was voorzien voor mei 2015.*

*Binnen dit proefproject worden diverse metingen uitgevoerd, zowel tijdens als vlak na aanleg, en om de zes maanden tot twee jaar na aanleg. Op deze manier worden de akoestische en mechanische eigenschappen van de verschillende DGD en referentieverhardingen gemonitord. De metingen werden*

---

<sup>1</sup> <http://apen.be/actieplan-geluidshinder-antwerpen>



uitgevoerd door UAntwerpen en het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW), in samenwerking met Agentschap Wegen en Verkeer (AWV).

*Het uiteindelijke toepassingsgebied verschilt van de straten die in het kader van dit proefproject als testlocatie worden gebruikt. De testlocaties werden zo gekozen opdat de aanleg en monitoring van de proefvakken vlot zullen verlopen zonder uitzonderlijke hinder voor de omgeving te veroorzaken. De wegen waar de geluidsreducerende deklagen na afloop van het proefproject zullen worden toegepast zijn lokale wegen waar de doorstromingsfunctie belangrijk is en met een aanzienlijke verkeersintensiteit. Het zijn de wegen en straten die in het stedelijk mobiliteitsplan als **ontsluitingswegen** worden beschouwd. Typische voorbeelden zijn de Plantin en Moretuslei, de Belgiëlei en de Sint-Bernardsesteenweg. [1,2]*

## 1.2 Opdracht UAntwerpen/OCW

Een openbare aanbesteding [1], met als datum van aanbesteding 8 mei 2014, werd uitgeschreven om Stad Antwerpen te ondersteunen in dit proefproject, gedurende de gehele looptijd van het proefproject, nl. van in het begin van de gunningsprocedure van de opdracht tot de aanleg van de proefvakken tot en met het eindrapport en de conclusies. De opdracht startte in 2014, de proefvakken werden aangelegd in 2015 waarna ze gedurende twee jaar zullen gemonitord worden. In 2017 werd het einde van het project voorzien.

Om te kunnen deelnemen aan deze aanbesteding dienden de inschrijvers aan te tonen dat ze ervaring hadden met een gelijkaardige opdracht rond evaluatie van stille wegverhardingen in de laatste 10 jaar. De gunning van de opdracht gebeurde aan de hand van onderstaande selectiecriteria, zie Figuur 1-1:

Nr.	Beschrijving	Gewicht
1	Plan van aanpak	60
	De inschrijver geeft zijn plan van aanpak en visie voor deze opdracht. Hierin beschrijft de inschrijver minstens: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zijn voorstel van (voorlopig) monitoringsprogramma met onder meer een beschrijving van de tests die moeten worden uitgevoerd, frequentie van de uitvoering van de metingen, aantal meetlocaties per proefvak, tijdsplan uitvoering van de metingen,...(30)</li> <li>- Zijn voorstel voor werkplanning, tijdsplan en werkwijze bij de uitvoering van de opdracht (5)</li> <li>- Zijn visie op de manier van samenwerken en contact tussen de opdrachtgever en de inschrijver (10)</li> <li>- Zijn voorstel van tussentijdse terugkoppeling en rapportering van de tussentijdse en eindresultaten (5)</li> <li>- Samenstelling van het team (10)</li> </ul>	
2	Prijs	40
	De volgende formule wordt gebruikt bij de toekenning van de punten: <i>behaalde punten = (prijs laagste offerte/prijs onderzochte offerte)*gewicht van het criterium prijs</i>	

Figuur 1-1 Selectiecriteria Proefproject stille wegdekken: technische begeleiding en uitvoering monitoringprogramma [1]

Er waren drie verschillende inschrijvers, met name SGS Intron (Nederland), Universiteit Antwerpen/Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw en Witteveen + Bos Belgium. Na beoordeling van de drie offertes werd de opdracht gegund aan UAntwerpen/OCW op 8 juli 2014.

Hierna worden delen uit het ingediende plan van aanpak [3] samengevat om de opdracht en doelstellingen duidelijker voor te stellen.

Als eerste werd aan het project het volgende acroniem toegekend:

## **STOLA** (Stille TOpLagen voor Antwerpen)

Het projectteam dat dit project zou leiden, bestond uit leden van de onderzoeksgroep EMIB (Energy & Materials in Infrastructure & Buildings) van UAntwerpen en de cel SMN (Surface characteristics – Markings – Noise) van OCW, aangevuld met werknemers van Stad Antwerpen en AWV. De afdeling BAC (Afdeling Asfaltwegen, Bitumineuze toepassingen en Chemie) van het OCW maakte geen officieel deel uit van het projectteam, maar heeft in dit project wel een aanzienlijke rol gespeeld, o.a. bij de aanleg van de proefvakken, visuele controles en het uitvoeren van rafelingsproeven, en was aanwezig bij bepaalde projectvergaderingen en terugkoppelingsgesprekken.

In het plan van aanpak werd het volgende monitoringprogramma voorgesteld, uit te voeren door UAntwerpen, OCW, AWV en de aannemer(s), zie Tabel 1-1:

Tabel 1-1 Overzicht in het bestek opgenomen en aangeboden tests [3]

Gevraagde tests	Uitgevoerd door
<b>Mechanische eigenschappen en duurzaamheid</b>	
Opstellen schema aanleg	Niet voorzien
Walsproces	Niet voorzien
Inspectie kleeflaag	Niet voorzien
Hechtsterkte	Niet voorzien
Laagdikte	Niet voorzien
Dwarsvlakheid	Niet voorzien
Temperatuurmetingen	BAC (3 <sup>e</sup> partij)
Bemonstering voor analyse	BAC (3 <sup>e</sup> partij)
Homogeniteit	(BAC (3 <sup>e</sup> partij))
Rolweerstand	OCW
Textuur	OCW
Stroefheid	AWV (3 <sup>e</sup> partij)
Spoorvorming	Aannemer & AWV (3 <sup>e</sup> partij)
Rafeling	Aannemer
Watergevoeligheid (ITSR)	Aannemer
<b>Akoestische eigenschappen</b>	
Absorptiemetingen	UAntwerpen
CPX-metingen	OCW & AWV (3 <sup>e</sup> partij)
SPB-metingen	UAntwerpen / OCW
Bevraging omwonenden	UAntwerpen
Omgevingslawaai	UAntwerpen

Het voorstel qua monitoringprogramma hierna is opgesplitst in enerzijds de proeven uit te voeren vóór aanleg, tijdens en vlak na aanleg en op bepaalde intervallen na de aanleg.

## **Vóór aanleg**

*In een eerste fase richten we ons op het selecteren van een tiental mogelijke locaties, nl. straten waar een geluidsreductie gewenst is en waar het wegdek niet onlangs vernieuwd werd. Op deze locaties kunnen voertuigtellingen en voorafgaande SPB-/CPX-metingen worden uitgevoerd. Het achtergrondgeluid wordt eveneens opgemeten om na te gaan of het verkeerslawaai de voornaamste bron van geluidshinder is. De textuur en rolweerstand zullen ook worden gemeten.*

*Via bevestigingen van de omwonenden van de uiteindelijk geselecteerde locaties kan de mate van geluidsoverlast nog meer in detail worden nagegaan. De subjectieve impact na aanleg van een DGD zal op deze manier ook gecontroleerd worden, en vergeleken worden met de objectieve meetresultaten.*

## **Tijdens aanleg**

*De proefvakken zullen in 2015 aangelegd worden volgens de eisen van het nieuwe SB250 v3.1. Resultaten van spoorvormings-, rafelings- en watergevoeligheidstesten zullen dus beschikbaar dienen te zijn via de aannemer die het desbetreffende proefvak aanlegt. Verder zal de aannemer een verantwoordingsnota en beperkte technische fiche moeten voorleggen waarin o.a. de samenstelling van de fracties en de gebruikte grondstoffen vermeld staan, maar eveneens het aanbevolen temperatuursbereik bij het bereiden en verwerken vermeld wordt.*

*Temperatuurmetingen en bemonstering voor analyse in het labo (qua korrelverdeling en bindmiddelgehalte) zijn voorzien in het aanbod vanuit de afdeling BAC van het OCW.*

*Tijdens de aanleg worden de werken door onszelf opgevolgd, en verwachten wij eveneens dat medewerkers van Stad Antwerpen (afdeling Beheer en Onderhoud van de dienst Stadsontwikkeling) de kwaliteit van de aanleg mee opvolgen.*

## **Na aanleg**

*Na uitvoering van het proefvak wordt de stroefheid (na 4 tot 8 weken) en dwarsvlakheid gecontroleerd (uit te voeren door derde partij – AWW).*

*De textuur en de rolweerstand van het wegdek zullen worden opgemeten door OCW. Via deze metingen kan nagegaan worden of de textuur nog wijzigt gedurende het eerste jaar en hoe dit mogelijk verandert met de tijd. Men tracht de textuur ook te relateren aan de lawaaierigheid van het wegdek.*

*De akoestische proeven zijn natuurlijk in deze fase de belangrijkste. In het bestek zal vermeld worden welke geluidsreductie (bijv. minimaal 3 dB) t.o.v. een SMA het aangelegde proefvak dient te behalen. Deze eis kan zowel opgesteld worden vertrekkende vanuit een CPX- als vanuit een SPB-meting. Zowel CPX- als SPB-metingen zullen 1 maand na aanleg worden uitgevoerd door OCW i.s.m. UA Antwerpen.*

*Afhankelijk van de gekozen DGD (dicht of poreus) zullen mogelijk absorptiemetingen worden uitgevoerd. Dit kan zowel in situ, als in het labo op boorkernen of op bij de aanleg aangemaakte proefstukken.*

## Periodieke bemonstering

Ongeveer 6, 12, 18 en 24 maanden na aanleg zal het proefvak visueel geïnspecteerd worden en zal de akoestische kwaliteit opnieuw getest worden m.b.v. CPX-, SPB- en eventueel absorptiemetingen (minder nuttig wanneer dichte deklagen zouden gekozen worden).

Voor de SPB-metingen zullen per proefvak twee meetpunten gedefinieerd worden, die telkens worden opgemeten. De CPX-metingen zullen ofwel bij 50 km/u, ofwel bij 30 km/u uitgevoerd worden, afhankelijk van het gekozen proefvak.

Twee jaar na de eerste bevraging zullen de bewoners opnieuw bevraged worden om na te gaan of de objectieve wijziging van de geluidsproductie ook zo door de omwonenden wordt ervaren. Ook het aanwezige omgevingslawaai zal opnieuw opgemeten worden om zeker te zijn dat dit niet veranderd is in diezelfde periode.

In onderstaande Tabel 1-2 wordt weergegeven wanneer welke tests worden uitgevoerd.

Tabel 1-2 Overzicht timing uit te voeren tests [3]

Gevraagde tests	Uitgevoerd door	Timing
<b>Mechanische eigenschappen en duurzaamheid</b>		<b>[# maand t.o.v. aanleg]</b>
Spoorvorming	Aannemer & AWV	-1
Rafeling	Aannemer	-1
Watergevoeligheid (ITSR)	Aannemer	-1
Temperatuurmetingen	BAC	0
Bemonstering voor analyse	BAC	0
(Homogeniteit)	(BAC)	(0 à 1)
Rolweerstand	OCW	1 / 6 / 12 / 18 / 24
Textuur	OCW	1 / 6 / 12 / 18 / 24
Stroefheid	AWV	1 à 2
<b>Akoestische eigenschappen</b>		
Absorptiemetingen (indien in situ)	UAntwerpen	1 / 6 / 12 / 18 / 24
CPX-metingen	OCW & AWV	-1 / 1 / 6 / 12 / 18 / 24
SPB-metingen	UAntwerpen / OCW	-1 / 1 / 6 / 12 / 18 / 24
Bevraging omwonenden	UAntwerpen	-5 / 19
Omgevingslawaai	UAntwerpen	-5 / 19

Uiteindelijk is er op bepaalde aspecten van dit voorstel afgeweken, wat verderop in het eindrapport zal verklaard worden, aangezien de metingen o.a. afhankelijk zijn van de gekozen locaties en mengsels.

Zo zijn de absorptiemetingen niet uitgevoerd omdat voor (semi-)dichte mengsels gekozen is en er geen kernen geboord werden uit het nieuwe wegdek. SPB-metingen zijn enkel uitgevoerd in Wilrijk aangezien er in Zandvliet geen meetlocaties te vinden zijn die voldoen aan de norm waarin de meetmethode beschreven staat.

## 2 Onderzoeksaanpak

In dit hoofdstuk wordt de algemene onderzoeksmethodologie beschreven in par. 2.1, aangevuld met een korte beschrijving van alle gebruikte meetmethoden in par. 2.2 en 2.3. De beschrijvingen van de meetmethoden zelf zijn voornamelijk gebaseerd op [4-6].

### 2.1 Algemene onderzoeksmethodologie

Als hoofdonderzoeksvraag kan de voornaamste doelstelling van Stad Antwerpen als volgt vertaald worden **”Is het mogelijk om met behulp van dunne geluidsreducerende deklagen (DGD) in een typisch stedelijke omgeving de geluidsoverlast door verkeerslawaaai te verminderen?”**

Bijkomende randvoorwaarden werden vooropgesteld, nl. een gewenste geluidsreductie bij aanleg van minimaal 3 dB t.o.v. een SMA-C2 en een vooropgestelde minimale levensduur van vijf jaar. Deze randvoorwaarden kunnen gekoppeld worden aan de akoestische en mechanische levensduur van de DGD en worden omgevormd tot deelvragen 1a en 2c:

- Akoestische levensduur:
  - Deelvraag 1a: Bedraagt de geluidsreductie na aanleg minimaal 3 dB t.o.v. een standaard SMA-C2 als referentie?  
→ Hiermee werd rekening gehouden bij de selectie van de mengsels en dit wordt gecontroleerd via akoestische metingen (CPX en SPB) kort na aanleg.
  - Deelvraag 1b: Wat is het verschil qua geluidsreductie voor lichte vs. zware voertuigen?  
→ Dit wordt nagegaan via CPX-metingen met twee types banden (P1 en H1).
  - Deelvraag 1c: Wat is de akoestische levensduur van de aangelegde wegdekken, m.a.w. hoe snel neemt de geluidsreductie af in functie van de tijd (en optredende schade)?  
→ Dit wordt opgevolgd via akoestische herhalingsmetingen (CPX en SPB) om de zes à twaalf maanden, gekoppeld aan de visuele inspecties en aandachtspunten bij aanleg.
  
- Mechanische levensduur:
  - Deelvraag 2a: Hoe rafelingsgevoelig zijn de mengsels? → Dit wordt onderzocht via enerzijds labo-onderzoek (rafelings testen) en visuele inspecties. Bij aanbesteding werden mengsels gekozen met een gekende, goede, rafelingsbestendigheid.
  - Deelvraag 2b: Hoe worden de oppervlakkenmerken (geluid, textuur, rolweerstand en stroefheid) beïnvloed door eventuele schade, m.a.w. hoeveel veranderen de oppervlakkenmerken in functie van de tijd? → Herhalingsmetingen om de zes maanden van de oppervlakkenmerken, gecombineerd met de resultaten van de visuele inspecties en aandachtspunten bij aanleg.
  - Deelvraag 2c: Hoeveel bedraagt de mechanische levensduur van de aangelegde DGD?  
→ Dit kan enkel bepaald worden door de proefvakken gedurende langere tijd op te volgen met voornamelijk visuele inspecties. Gedurende de aanbestedingsprocedure is er gekozen voor mengsels met een al eerder aangetoonde voldoende lange levensduur (> 7 jaar volgens de aannemers).

Omdat niet enkel de objectieve meetresultaten belangrijk zijn, maar een akoestische maatregel pas effectief is als ook de omwonenden er baat bij hebben, werden de subjectieve ervaringen van de omwonenden op diverse momenten bevroegd. Hierbij werden volgende onderzoeksvragen gesteld:

- Deelvraag 3a: Welk verband bestaat er tussen geluidswerende maatregelen, in dit geval DGD, en het subjectief ervaren geluidsniveau in een buurt of straat? → Dit wordt onderzocht door bevragingen op verschillende momenten af te nemen (vóór en na aanleg), maar ook door de respons te vergelijken met zogenaamde controlestraten.
- Deelvraag 3b: Welk verband bestaat er tussen subjectieve geluidshinder en de levenskwaliteit? → Dit wordt onderzocht aan de hand van drie domeinen, nl. 'specifieke gezondheidsklachten', 'slaapkwaliteit', en 'comfort activiteiten' (binnen en buiten).

In § 7.4 worden deze twee onderzoeksvragen verder onderverdeeld.

Tenslotte kunnen nog drie bijkomende deelonderzoeksvragen gedefinieerd worden die van belang zullen zijn wanneer DGD meer toegepast zouden worden door Stad Antwerpen:

- Deelvraag 4: Welke randvoorwaarden zijn er van belang bij aanleg die noodzakelijk zijn om een goed resultaat te bekomen? → Dit wordt onderzocht door tijdens de aanleg een heel aantal metingen en observaties te verzamelen en die dan verder te koppelen aan de visuele inspecties en meetresultaten.
- Deelvraag 5: Wat is de meerprijs van een DGD t.o.v. een standaard SMA-C2? → Om dit te kunnen beantwoorden, is enerzijds informatie nodig van de meerprijs bij aanleg, en anderzijds een correcte inschatting van de uiteindelijke levensduur van een DGD vergeleken met een typische SMA-C2.
- Deelvraag 6: Aan welke randvoorwaarden dienen de straten te voldoen om geschikt te zijn voor de aanleg van een DGD als akoestische maatregel? → Combinatie van visuele controles en meetresultaten

Onderstaande Figuur 2-1 vat deze onderzoeksvragen samen, in combinatie met de structuur van dit eindrapport.

Stille toplagen voor Antwerpen (STOLA) - technische begeleiding en uitvoering monitoringprogramma				
Vóór aanleg	H1	Doel van het project	Doelstellingen	
	H2	Onderzoeksaanpak	Definitie Onderzoeksvragen	
	H3	Aanbestedingsprocedure GAC/2014/2694	Selectie proeflocaties en mengsels Meerprijs DGD vs. SMA-C2	→ Deelvragen 1a, 2a en 6 → Deelvraag 5
			+	
	H4	Aanleg van de proefvakken	Bepaling & controle randvoorwaarden voor een goede aanleg	→ Deelvraag 4
				+
Na aanleg	H5	Visuele controles	Opvolging & analyse van het optreden van eventuele schade op de aangelegde proefvakken	→ Deelvraag 2 → Deelvraag 4 → Deelvraag 6
				+
	H6	Meetresultaten	Bepaling akoestische eigenschappen (CPX, SPB en CPB) Bepaling van de oppervlakkenmerken: textuur, rolweerstand & stroefheid	→ Deelvragen 1a, 1b, 1c & 6 → Deelvraag 2
				+
	H7	Bevragingen	Bevraging van de subjectieve ervaringen qua geluidshinder en eventuele impact op gezondheidsklachten, slaapkwaliteit en activiteiten binnen en buiten	→ Deelvragen 3a & 3b
				=
	H8	Conclusies en aanbevelingen		→ Hoofdvraag & Deelvragen 1-6

Figuur 2-1 Algemene onderzoeksmethodologie en structuur van het eindrapport

## 2.2 Gebruikte meetmethoden

### 2.2.1 CPX-methode [4]

*De “Close ProXimity” (CPX)-methode is een methode waarbij het band/wegdek geluid wordt gemeten met behulp van microfoons die worden geplaatst dicht bij de band van een wiel dat over een wegdek rolt. Het hoofddoel van de CPX-methode is om zowel de akoestische kwaliteit als de homogeniteit van een wegverharding over een bepaald traject te evalueren. [4]*

*Specificaties van deze methode werden vastgelegd in ISO-norm 11819-2<sup>2</sup>, in het bijzonder ook de microfoonposities. Deze blijken immers een grote invloed uit te oefenen op de meetresultaten. Met de CPX meetaanhangwagen, zie Figuur 2-2, wordt over het te meten wegvak gereden aan een referentiesnelheid van 50, 80 of 110 km/uur.*



**Figuur 2-2 CPX aanhangwagen in Wilrijk [4]**

*De metingen worden uitgevoerd met twee soorten referentiebanden, de P1 band en de H1 band, respectievelijk kenmerkend voor de geluidsafstraling door personenwagen- en vrachtwagenbanden. Deze referentiebanden worden beschreven in ISO/TS 11819-3<sup>3</sup>.*

*Als resultaat krijgt men het CPX geluidsniveau, dat het totaal opgemeten wegvak karakteriseert voor lichte voertuigen ( $L_{CPX:P}$ ) en voor zwaar verkeer ( $L_{CPX:H}$ ). Op basis hiervan kan de CPX index  $L_{CPX:I}$  berekend worden, wat het gewogen gemiddelde is van het CPX geluidsniveau voor lichte voertuigen ( $L_{CPX:P}$ ) en het CPX geluidsniveau voor zwaar verkeer ( $L_{CPX:H}$ ).*

<sup>2</sup> ISO 11819-2 Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method, Maart 2017.

<sup>3</sup> ISO/TS 11819-3 Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference tyres, Maart 2017.

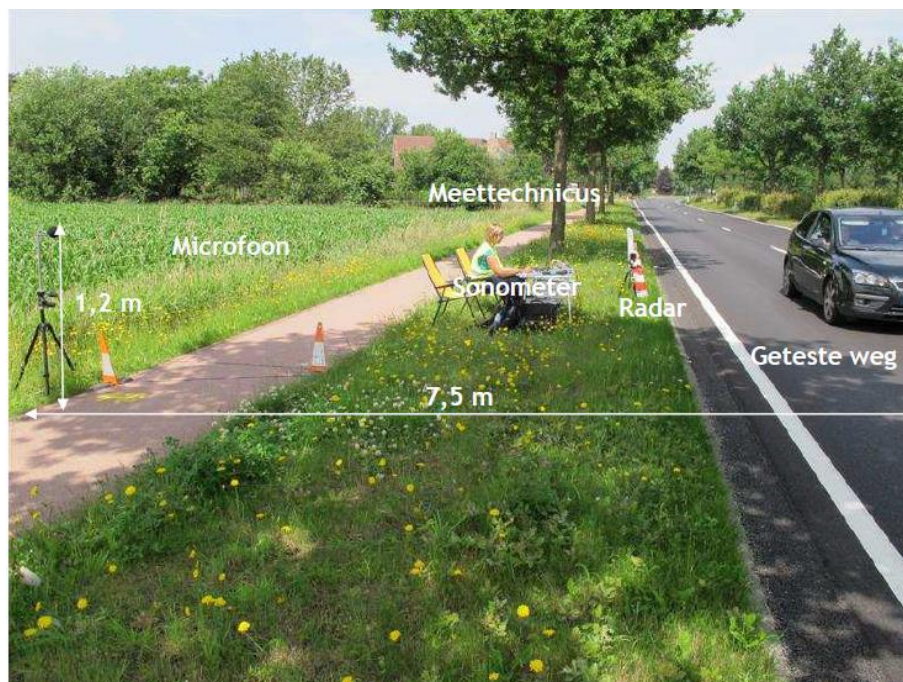
### 2.2.2 SPB-methode [5]

*De Statistical Pass-By (SPB) methode wordt toegepast om geluidsmetingen te doen ter bepaling van de akoestische eigenschappen van een bepaald wegdek. De methode wordt volledig beschreven in de internationale norm ISO 11819-1<sup>4</sup>.*

*Tijdens de SPB-meting worden het A-gewogen maximumgeluidsdrukniveau ( $L_{Amax}$ ) en de snelheid van een passerend voertuig geregistreerd met behulp van een microfoon, sonometer, radar-tachometer en draagbare computer. Volgens de norm moeten 100 personenwagens en 80 vrachtwagens worden gemeten. Hiervan wordt dikwijls afgeweken, en ook in dit proefproject werden enkel personenwagens opgemeten. [5]*

*Om een geldige meting te verkrijgen moet er voldoende afstand zijn tussen de gemeten voertuigen. De reden daarvan is een eventuele invloed van nabije voertuigen op het gemeten object. Dit geldt zowel voor de wagens die in dezelfde richting rijden als wagens in tegengestelde richting. Om een meting als geldig te kunnen beschouwen moet het verschil in het  $L_{Amax}$  tussen twee voertuigen minstens 6 dB(A) bedragen. Er mogen bovendien geen andere geluidsbronnen aanwezig zijn, zoals passerende vliegtuigen, blaffende honden en zo meer. Voertuigen die technisch niet in orde zijn, optrekken of afremmen worden niet in rekening gebracht.*

*De microfoon moet op 1,2 m hoogte worden geplaatst, op een afstand van 7,5 m van de weg. De opstelling van de meetapparatuur wordt in Figuur 6-12 weergegeven.*

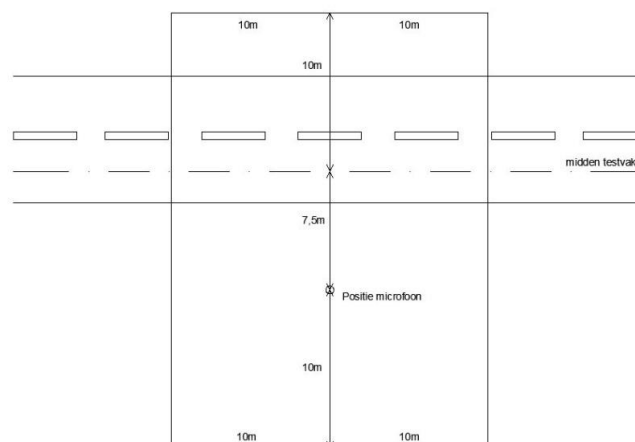


Figuur 2-3 SPB-opstelling [Bergiers A.]

<sup>4</sup> ISO 11819-1 Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By Method.

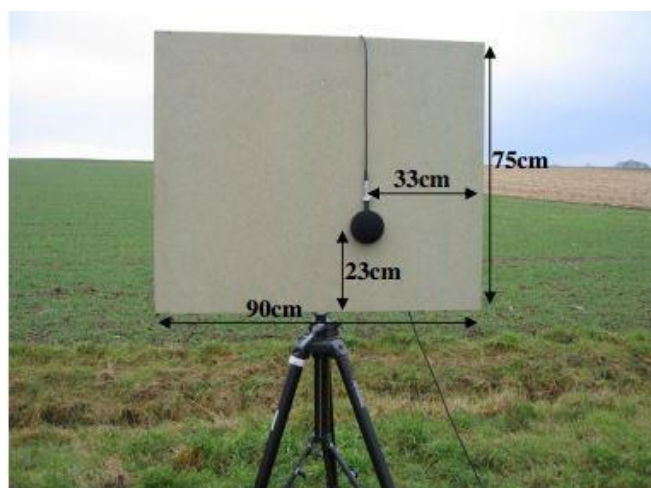


De norm schrijft verder voor dat in de nabijheid van de microfoon geen obstakels mogen zijn. Het obstakelvrije veld wordt in Figuur 2-4 getoond. De obstakels moeten worden vermeden omdat zij reflecties kunnen veroorzaken die de meting beïnvloeden.



Figuur 2-4 Het obstakelvrije veld bij een SPB-meting [ISO-11819-1]

Indien het niet mogelijk is aan deze voorwaarde te voldoen (bijvoorbeeld in een sterk bebouwde omgeving zoals op beide proeflocaties), wordt een geluidsabsorberend element achter de microfoon geplaatst (het zogenoemde backing board). Het backing board heeft als doel de reflecties van achterliggende obstakels te isoleren. Bij gebruik van het backing board wordt geluid aan de voorkant op een gecontroleerde manier gereflecteerd. Omwille van deze reflecties wordt 6 dB(A) afgetrokken van het gemeten  $L_{A,max}$ . Hoewel één van de meetlocaties in de Kleine Doornstraat zich wel in een obstakelvrije omgeving bevond, besloot men toch op alle locaties het backing board te gebruiken om een bijkomende meetonzekerheid, ten gevolge van het gebruik van twee meetmethoden, uit te sluiten. Het backing board met bijhorende afmetingen wordt getoond in Figuur 2-5.



Figuur 2-5 Backing board voor de SPB-meting.

Zelfs met een backing board was het onmogelijk om geschikte locaties te vinden in de Zandvlietse Dorpstraat omdat o.a. ook de afstand van 7,5m onmogelijk kon gerespecteerd worden. Omwille van bovenstaande redenen werden dus **enkel SPB-metingen in Wilrijk** uitgevoerd.

Tijdens het onderzoek werd eveneens een variant van de SPB-meting uitgevoerd, de zogenaamde *Controlled Pass-By methode* of CPB. Hierbij worden de geluidsniveaus gemeten van specifieke testvoertuigen die aan een constante snelheid voorbijrijden. Op deze manier kan de snelheid nog eenduidiger in relatie worden gebracht met een bepaald geluidsniveau. De benodigde apparatuur en opstelling is identiek als die voor de SPB-metingen.

De SPB- en CPB-metingen verschillen voornamelijk in de testgroep. Terwijl bij de SPB-meting voorbijkomend verkeer wordt opgemeten wordt er bij CPB een eigen selectie wagens gekozen. De CPB-metingen werden op de zes wegdekken in de Kleine Doornstraat te Wilrijk uitgevoerd met drie verschillende voertuigen: een BMW 118d 2016, een Ford Ka 2006 en een elektrische wagen (Volkswagen e-up 2016) die door Stad Antwerpen ter beschikking werd gesteld, zie onderstaande Figuur 2-6.



Figuur 2-6 Gebruikte voertuigen bij de CPB-meting: v.l.n.r. BMW 118d 2015 (diesel) - Ford Ka 2006 (benzine) - Volkswagen e-up 2016 (elektrisch)

Elk voertuig reed minstens driemaal voorbij aan drie verschillende snelheden: 30, 50 en 60 km/u.

### 2.2.3 Textuurmeting [4]

Bij een niet-poreus en een “hard” wegdek (zoals asfalt of beton) is de textuur van het wegdek de enige eigenschap van het wegdek die de akoestische eigenschappen ervan bepaalt (afgezien van de temperatuur ervan en de aanwezigheid van vocht of vervuiling). Grovere textuur van het wegdek brengt de band aan het trillen terwijl fijne textuur bepaalde vormen van aerodynamisch geluid tegengaat. De horizontale afmetingen (textuurgolflengte) van de oneffenheden zijn dus heel belangrijk, want deze bepalen het effect van de textuur op de geluidsproductie. De verticale afmetingen van de oneffenheden (de amplitude) bepaalt de mate waarin het gunstige of ongunstige effect bijdraagt. De textuur wordt op basis van textuurgolflengte ingedeeld in vier klassen, zie Tabel 2-1:

Tabel 2-1 Verdeling van de textuurgolflengte in intervallen [ISO 13473-1]<sup>5</sup>

	Golflengte	Invloed op rolgeluid
<b>Oneffenheden</b>	$\lambda > 0,5 \text{ m}$	
<b>Megatextuur</b>	$0,5 \text{ m} > \lambda > 50 \text{ mm}$	Hogere amplitude verhoogt rolgeluid (ongunstig)
<b>Macrotextuur</b>	$50 \text{ mm} > \lambda > 0,5 \text{ mm}$	Hogere amplitude verlaagt rolgeluid (gunstig)
<b>Microtextuur</b>	$\lambda < 0,5 \text{ mm}$	

<sup>5</sup> ISO 13473-1:1997(en): Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 1: Determination of Mean Profile Depth

De textuur wordt gemeten met de dynamische laser profilometer van het OCW (zie Figuur 2-7) volgens de norm ISO 13473. De meeste moderne apparaten voor het meten van textuur in het macro- en megatextuurgebied zijn gebaseerd op het principe van de "laser-triangulatie". Men laat een laserstraal loodrecht op het te bemonsteren oppervlak vallen en een speciale camera "kijkt" naar de lichtvlek op het wegdek. De camera is in staat de hoogte van de lichtvlek te bepalen. Door het meetsysteem te verplaatsen en op vaste afstanden de hoogte van de lichtvlek te meten en op te slaan, kan men een tweedimensionaal profiel van het wegdek verkrijgen. De laser combineert een hoge bemonsteringsfrequentie (78 kHz) met een kleine diameter van de laserstraal voor een fijne horizontale resolutie (0,2 mm) en is gemonteerd op een voertuig dat toelaat efficiënt metingen uit te voeren. De laser kan achteraan het meetvoertuig gemonteerd worden in linker- of rechterwielspoor of tussen de wielsporen. De snelheid van het voertuig kan variëren tussen 0 en 40 km/u wanneer er met een stapgrootte van 0,2 mm wordt gemeten en tussen 0 en 200 km/u wanneer er met een stapgrootte van 1 mm wordt gemeten. De laser profilometer heeft een verticaal meetbereik van 64 mm en is een 16-bit systeem. De verticale resolutie is 1  $\mu$ m. [4]



Figuur 2-7 Dynamische laser profilometer van het OCW [4]

Op een manier die analoog is aan de frequentieanalyse van een tijdsafhankelijk signaal (bijvoorbeeld de geluidsdruk), kan men op een gegeven wegdekprofiel een spectrale analyse toepassen en aldus het textuurspectrum ervan bepalen.

Langs de horizontale as wordt dan de textuurgolflengte uitgezet (uitgedrukt in m) en langs de verticale as het textuurniveau  $L_{Tx}$  (uitgedrukt in dB).

Het textuurniveau wordt gegeven door de uitdrukking:

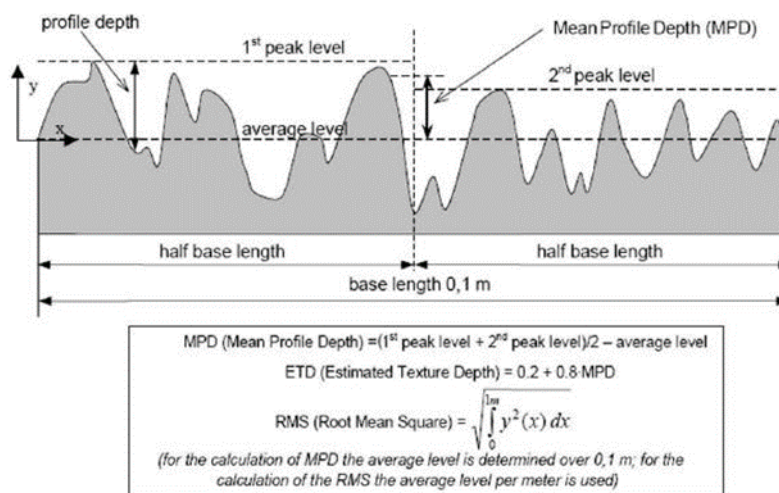
$$L_{Tx} = 20 \log (a_x/a_{ref})$$

Met:

- $x$  een index van een textuurgolflengte
- $L_{Tx}$  het textuurniveau (t.o.v.  $10^{-6}$  m)
- $a_x$  rms-waarde van het profiel in m
- $a_{ref}$  een referentiewaarde voor het rms-profiel (m), vastgelegd bij conventie op  $10^{-6}$  m

Helemaal analoog aan een geluidsspectrum groepeert men de bijdragen van verschillende naburige ruimtelijke frequenties in octaaf- of tertsbanden. Macrotextuurniveaus situeren zich doorgaans tussen de 20 en de 80 dB, wat in de praktijk een handige schaal is. [4]

Een courante parameter om de macrotextuur mee te kwantificeren, is de zogenaamde gemiddelde textuurdiepte, in het Engels "Mean Profile Depth" (MPD). Deze parameter kan eenvoudig berekend worden op basis van het 2D profiel opgemeten met een laser profilometer, zie Figuur 2-8. Er is geen goede correlatie tussen de MPD en het geluidsniveau, maar wel tussen de MPD en de rolweerstand. [4]

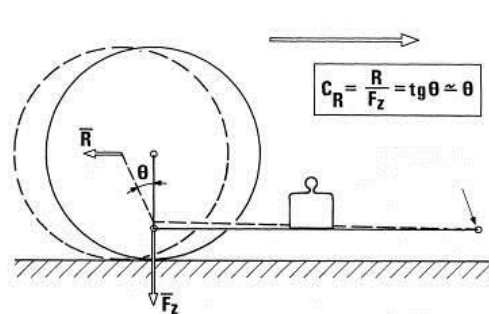


Figuur 2-8 Bepaling van de MPD uit een textuurmeting. [7]

#### 2.2.4 Rolweerstand [4]

Rolweerstandmetingen worden uitgevoerd om een idee te krijgen van de impact van de wegverhardingen op energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie van de weggebruiker. Het ontwikkelen van duurzame, milieuvriendelijke wegeninfrastructuur die helpt om de CO<sub>2</sub>-emissies en het energie verbruik te reduceren tijdens de gebruiksfase van de weg, is een belangrijke uitdaging van deze tijd. Bij wegvoertuig interactie ligt rolweerstand aan de basis van deze emissies en dit energieverbruik. Het type wegdek en zijn oppervlak beïnvloeden immers de rolweerstand. Lage rolweerstand is heel actueel zowel vanuit het idee van verminderd energieverbruik als om ecologische redenen (klimaatdoelstellingen). [4]

Rolweerstandmetingen werden uitgevoerd met de aanhangwagen rolweerstand (ARW) van het OCW (zie Figuur 2-9 links). Het meettoestel is ontworpen als een «kwart auto» met een schokdemper en wordt getrokken door een meetvoertuig. De ARW heeft een vast en een beweeglijk frame. Op het uiteinde van het beweeglijk frame bevindt zich een extra belasting. De totale verticale kracht die wordt uitgeoefend op de meetband is 2 kN. Referentieband H1 (dezelfde als bij CPX-methode) wordt gebruikt voor de metingen. [4]



Figuur 2-9 (links) Aanhangwagen rolweerstand OCW - (rechts) Meetprincipe [4]

Het meetprincipe wordt weergegeven in Figuur 2-9 (rechts). Het principe van het toestel is dat de dissel waarmee de aanhangwagen wordt voortgetrokken niet rechtstreeks bevestigd is aan de as van het wiel, maar aan een stang die op haar beurt verbonden is met de as van het wiel. De kracht die het rollen van het wiel tegenwerkt - de rolweerstand - zorgt ervoor dat deze stang kantelt over een hoek, aangeduid met « $\theta$ ». De rolweerstandcoëfficiënt  $C_R$  is de verhouding van de horizontale kracht (rolweerstandkracht  $R$ ) en de verticale kracht (verticale belasting  $F_z$ ). Dit correspondeert met de tangens van de gemeten hoek  $\theta$ , die benaderd kan worden door de hoek  $\theta$  aangezien het om kleine hoeken gaat. Deze hoek (en dus  $C_R$ ) is een maat voor de rolweerstand.

Aangezien er nog geen norm bestaat, worden metingen uitgevoerd volgens een ontwerp-norm die werd opgesteld in het kader van het Europese ROSANNE project<sup>6</sup>. Er dient opgemerkt te worden dat het meten van de rolweerstand met een aanhangwagen rolweerstand nog in de onderzoeksfase is.

### 2.2.5 Stroefheid [6]

Er werden door AWV ook stroefheidsmetingen gedaan met een SCRIM (Sideway force Resistance Coëfficiënt Investigation Machine) om de dwarswrijvingscoëfficiënt te bepalen. De metingen met de SCRIM staan beschreven in de norm CEN/TS 15901-6. (SB250 v3.1) [6]

Het meetprincipe van de SCRIM bestaat uit een vrachtwagen (Figuur 2-10) waaraan een meetwiel is gemonteerd onder een hoek van  $20^\circ$ . Het meetwiel is bevestigd in de rijrichting van de vrachtwagen en wordt belast met een massa van 200 kg. Tijdens de metingen wordt de band met water besproeid. Wanneer de vrachtwagen voorwaarts rijdt, wordt een zijwaartse kracht op het meetwiel uitgeoefend. De uitgeoefende kracht wordt gemeten met een krachtopnemer. Door die kracht te delen door de verticale belasting, wordt de dwarswrijvingscoëfficiënt verkregen. [6]



Figuur 2-10 SCRIM-wagen van het AWV [6]

<sup>6</sup> Bergiers, A., Ejsmont, J., Maeck, J., Zöller, M., "Draft standard for a trailer-based RR measurement method including robust calibration procedures", ROSANNE, WP3, D3.5, 16 september 2017, beschikbaar op <http://rosanne-project.eu/> (laatst geconsulteerd op 17 oktober 2017).

De metingen dienen gebeuren bij een temperatuur tussen de 5 °C en 30 °C en een snelheid van 30 km/u tot 55 km/u. De stroefheid wordt elke 10 m gemeten. Vervolgens wordt een gemiddelde berekend per honderd meter. Na de metingen wordt de dwarswrijvingscoëfficiënt herleid tot een temperatuur van 20 °C en een snelheid van 50 km/u. Natuurlijk is het onmogelijk om metingen uit te voeren op exact 50 km/u en 20 °C. Daarom worden de gegevens na de metingen herleid tot de temperatuur van 20 °C en een snelheid van 50 km/u aan de hand van volgende formule:

$$DWC(20,50) = DWC(T, v) + 0,003 \times (T - 20\text{ °C}) + 0,003 \times (v - 50\text{ km/h})$$

Met:

$DWC(20,50)$  de dwarswrijvingscoëfficiënt herleid naar 20 °C en 50 km/u

$DWC(T, v)$  de dwarswrijvingscoëfficiënt bij een bepaalde temperatuur en snelheid

T de temperatuur in °C

v de snelheid in km/u.

Tenslotte moeten de resultaten van de metingen voldoen aan minimale eisen volgens SB 250 v3.1. De minimale waarden worden weergegeven in volgende tabel:

Tabel 2-2 De minimale waarden voor de dwarswrijvingscoëfficiënt [SB250 v3.1]

Meettoestel	Elke 100 m	Elke 10 m
<b>SCRIM</b>	≥ 0,48	≥ 0,43

## 2.3 Bevragingen

De bevragingen zelf werden opgesteld in samenwerking met prof. dr. Jarl Kampen (StatUA – UAntwerpen), en gebruikt in diverse masterproeven rond de impact van geluidsreducerende maatregelen (stillere wegdekken en geluidsschermen). Deze sectie is gebaseerd op stukken uit deze masterproeven. Meer informatie rond het opstellen en valideren van de bevraging zelf is hierin terug te vinden [5,6,8].

*Het doel van deze bevragingen is om uit te zoeken wat de perceptie van de omwonenden is omtrent overlast door het wegverkeer. Deze subjectieve resultaten worden gelinkt met de objectieve resultaten van de metingen.*

*Voor de straten van het STOLA-project was het de bedoeling om een beeld te krijgen van de huidige situatie. Na aanleg van de geluidsreducerende proefvakken worden opnieuw enquêtes afgenomen. Hieruit zal duidelijk worden of een eventuele verbetering van de geluidsreductie van het wegdek waargenomen wordt door de omwonenden. Is dit het geval, dan is het grootschalig toepassen van de DGD zijn investering waard.*

*De vragenlijst is gedeeltelijk gebaseerd op het onderzoek van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE) van de Vlaamse overheid naar de kwaliteit van de leefomgeving (Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek - SLO<sup>7</sup>).*

### 2.3.1 Bevragingwijze

*Om een zo representatief mogelijk resultaat te bekomen, voor de volledige populatie, zijn voldoende bevragingen vereist die representatief staan voor de gehele populatie. Om die reden zal gebruik gemaakt worden van enquêtes als bevragingmethode. Eventuele andere methodes zoals een semi-gestructureerde enquête, waarbij de vragen telefonisch of face-to-face gesteld worden alsook een gespreksrichtlijn of checklist, waarbij door middel van een interview bepaalde onderwerpen worden aangehaald, zijn daardoor minder van toepassing.*

*Door middel van schriftelijke- en/of internetenquêtes kunnen op een relatief eenvoudige wijze grote hoeveelheden bevragingen plaatsvinden. De resultaten ervan zijn nadien vaak eenvoudig te evalueren. Een bijkomend voordeel van deze bevragingwijze, ten opzichte van de andere methodes, is dat de deelnemer tijd heeft om de enquête in te vullen en hierdoor rustig kan nadenken over wat hij/zij wil antwoorden. Daarnaast kan de deelnemer de antwoorden privé invullen, zodat er geen sociale druk of dergelijke aanwezig is. Om deze redenen wordt in dit onderzoek gekozen voor **schriftelijke- en internetenquêtes als bevragingwijze**.*

### 2.3.2 Populatie

*De populatie van de straten waarin enquêtes worden afgenomen is vrij klein. Om de responsrate zo hoog mogelijk te houden en een representatief beeld te vormen van de situatie, werd ervoor gekozen om zowel schriftelijke als internetenquêtes op te stellen en deze te versturen naar elke inwoner van de onderzochte straten. Iedereen in de doelpopulatie, de bewoners van de Zandvlietse Dorpstraat in Zandvliet (77) en Kleine Doornstraat in Wilrijk (121), kreeg toegang tot de vragenlijst.*

---

<sup>7</sup> <https://www.lne.be/schriftelijk-leefomgevingsonderzoek-slo>

*De steekproefeenheid is het huishouden, m.a.w. de bevraging diende slechts 1x per gezin te worden ingevuld door een persoon van 18 jaar of ouder.*

Er werd gestreefd naar een *responsgraad* van 15 % per straat. Om dit te bekomen, werden de schriftelijke enquêtes verstuurd met bijgevoegd een voorgefrankeerde enveloppe, waardoor de respondent geen kosten moet maken voor het verzenden van de enquête. Via een in het oog springende sticker, zie Figuur 2-11, en de kans om een BONGO-bon van 50 € te winnen, werd getracht de bewoner effectief de enveloppe te laten openen, de bevraging in te vullen en terug te sturen.

*Help mee met het verbeteren van de leef-  
kwaliteit in uw buurt!*

*Neem deel voor 2 mei en maak een laatste keer  
kans op een **BONGO** - bon*



Figuur 2-11 Sticker die op de enveloppe werd aangebracht [5]

Tenslotte werd een tweetal weken later een herinneringsbrief in de brievenbus gestoken om zo de *responsgraad* zo hoog mogelijk te krijgen. Een voorbeeld van het begeleidend schrijven, de opgestelde enquête en de herinneringsbrief is terug te vinden in digitale bijlagen 6c-6e.

### 2.3.3 Lengte

*Een vragenlijst houdt men best zo kort mogelijk, zonder de essentie van het onderzoek uit het oog te verliezen. Hoe langer de enquête, hoe groter het risico dat de respondent de enquête niet invult of afhaakt tijdens het invullen ervan. Een bondige bevraging is een vereiste! Voor de tijd nodig voor het invullen van een vragenlijst wordt gestreefd naar een kwartier.*

*Er werd gestreefd naar een vragenlijst van maximaal vier bladzijden lang. Een inleidende brief werd toegevoegd aan de vragenlijst. Hierdoor werd de enquête gedrukt op vijf A4 pagina's met een geschatte invultijd van vijftien à twintig minuten. Uit de gegevens van de online-enquêtes bleek dat de gemiddelde invultijd twaalf minuten bedroeg, wat wijst op een online-vragenlijst die niet te lang was. De duur voor het invullen van de schriftelijke enquêtes werd op voorhand getest door proefpersonen en bedroeg gemiddeld vijftien minuten.*

### 2.3.4 (Socio-)demografische gegevens

*Het vragen naar de demografische gegevens zoals geslacht, leeftijd, burgerlijke staat, opleidingsniveau, en dergelijke is nuttig om de respondenten nadien onder te verdelen in subgroepen. Op deze manier kan voor de analyse nagegaan worden wat de kenmerken zijn van die subgroep en wat de invloed hiervan is op het beantwoorden van de vragen. In dit onderzoek werden de (socio-) demografische gegevens van de respondenten gevraagd om na te gaan welke invloed de variatie binnen de groep heeft op de mate dat men geluidshinder ervaart.*



Opmerking: alle antwoorden werden strikt vertrouwelijk en volledig anoniem verwerkt. Zaken zoals naam of adres werden niet gevraagd. Enkel in de online bevestigingen werd gevraagd naar de straat. Bij de papieren versies konden we aan de hand van de volgorde van de logo's traceren over welke straat het gaat.

### 2.3.5 Volgorde vraagstelling

*De volgorde van de vraagstelling is van belang. Zo liggen vragen die 'interessanter' zijn voor de onderzoeker vaak gevoeliger bij de respondent, waardoor het antwoord op de volgende vraag beïnvloed kan worden. Hierbij moet men erop toezien dat, bij het opstellen van de vragenlijst, deze vragen geen invloed hebben op de volgende vragen. Indien het gaat om een vraag die de respondent meer aanbelangt, zal het gevoel meespelen. Dit gevoel kan de manier van beantwoorden op de volgende vragen beïnvloeden. Stelt men echter eerst een globale vraag waarop men een algemeen antwoord kan geven, dan is dit effect er niet (of veel minder). Daarom geldt over het algemeen dat het onderzoeksonderwerp meestal in eerste instantie zo breed mogelijk benaderd moet worden, om vervolgens over te gaan naar een specifieke vraagstelling.*

*In de enquête werd ervoor gekozen om de demografische vragen vooraan te plaatsen in tegenstelling tot de vragenlijst van het LNE waar deze zich achteraan bevinden. Op deze manier kon de respondent gewoon worden aan het invullen van een vragenlijst. De vragen werden gezien als een soort inleiding voor de belangrijkere en doorgaans moeilijker vragen.*

*Na de demografische vragen werd gepeild naar de hinder van verschillende bronnen zoals geluid, geur en licht. Hierdoor werd de aandacht van de respondent afgeleid van de voor het onderzoek belangrijke vragen zodat nadien specifiek gevraagd kon worden naar hun mening over wegverkeerslawaaai.*

Opmerking: door de persaandacht en informatiesessies georganiseerd door Stad Antwerpen waren de bewoners natuurlijk wel op de hoogte van het doel van de proefvakken. Ideaal was geweest als zij onbevooroordeeld hun mening konden geven over de mogelijke impact op het verkeerslawaaai na aanleg van de DGD.

### 2.3.6 Gegevensverwerking

Na het online invullen of het terugzenden van de schriftelijk ingevulde enquête, werden alle enquêtes gedigitaliseerd en volledig anoniem verwerkt met behulp van het statisch computerprogramma *SPSS Statistics*<sup>8</sup>, van IBM. Dit programma wordt veelvuldig gebruikt voor het uitvoeren van statistische analyses.

De schriftelijke enquêtes werden online gedigitaliseerd in *Qualtrics*, een programma om online vragenlijsten te genereren. Het grote voordeel van *Qualtrics* is zijn gebruiksvriendelijkheid, maar het allerbelangrijkste is dat de data geëxporteerd kan worden naar *SPSS Statistics*. In de begeleidende brief werd een verkorte link<sup>9</sup> vermeld via waar ze toegang kregen tot de online enquête. Wanneer een herinneringsbrief in de bus werd gestoken, werden de bewoners nogmaals richting de online enquête gestuurd.

<sup>8</sup> Statistical Package for the Social Sciences

<sup>9</sup> [www.uantwerpen.be/onderzoek-leefkwaliteit](http://www.uantwerpen.be/onderzoek-leefkwaliteit)

### 2.3.7 Vragenlijst

De volledige vragenlijst is terug te vinden in de digitale bijlage 6d en is, zoals eerder vermeld, grotendeels gebaseerd op de vragenlijst gebruikt in de SLO-onderzoeken<sup>7</sup>. De vragenlijst omvat enerzijds vragen die rechtstreeks peilen naar de overlast die de omwonenden ondervinden van geluid (13-15 & 23-24), en anderzijds ook vragen die onrechtstreeks te maken hebben met de aanwezige overlast: lichamelijke klachten (16), activiteiten binnen en buiten (17-18), en de zelf gerapporteerde slaapkwaliteit (19-22). Er werd gehoopt vooral in deze vragen een verschil op te merken, bijv. dat de omwonenden meer buitenshuis activiteiten doen of dat de slaapkwaliteit toeneemt, omdat ze minder hinder ondervinden van verkeerslawaaï.

Een aantal vragen (25-26) peilt specifiek naar wijzigingen tijdens het voorbije jaar, om te peilen naar de mogelijke invloed van de aanleg van de geluidsreducerende wegdekken.

Om de aandacht ietwat af te leiden van de hoofdvraag, wordt ook de overlast van geur en licht, en de algemene leefkwaliteit bevraagd. De antwoorden op deze vragen kunnen dan eveneens vergeleken worden met de resultaten van de SLO-onderzoeken.

### 3 Aanbestedingsprocedure GAC/2014/2694

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de aanbestedingsprocedure die gevolgd werd om de aannemers en aan te leggen DGD te selecteren. Een essentieel onderdeel hiervan was de selectie van de locaties voor de proefvakken, aangezien dit de hele aanbestedingsprocedure mee bepaald heeft.

#### 3.1 Selectie proeflocaties

Op 29 augustus 2014 kwam het projectteam een eerste keer samen en werd nagedacht over de voorwaarden waaraan de locaties voor de proefvakken idealiter dienden te voldoen. Hieronder volgt een korte samenvatting van de zogenaamde “wish list” in afnemende mate van belangrijkheid.

##### Voorafgaande eisen (Stad Antwerpen)

- Stedelijke omgeving (straten met zijstraten, verschillende types bebouwing, ...) & praktische haalbaarheid (medewerking district/bewoners/...)
- Twee verschillende locaties waar telkens een drietal proefvakken en eventueel een referentievak (SMA-C2) wordt aangelegd, of het bestaande wegdek kan blijven liggen als referentiewegdek.
- Geen verkeersaders aangezien anders de metingen het doorgaand verkeer te veel zouden hinderen.

##### Noodzakelijk bij selectie proeflocaties (uitvoeren proeven)

- Minimaal 150 m per proefvak, minimaal drie proefvakken en één referentievak, m.a.w. minimaal 600 m per locatie.
- Zijstraten in traject kortstondig af te sluiten tijdens meting CPX, bij voorkeur geen verkeerslichten (moeilijk voor metingen).
- Snelheid 50 km/u over heel het traject, geen zone 30 of 70 (bv. geen straten met een school).
- Geen verkeersdrempels (of andere snelheidsremmende maatregelen) in proefsecties.
- Neutrale straat, niet gekend om geluidhinder, bestaande verharding in niet al te slechte staat.
- Aanleg over volledige breedte mogelijk.
- Weinig wringend verkeer (niet vlakbij parkings of frequent gebruikte bushaltes).

##### Gewenst bij selectie proeflocaties

- Bebouwing over heel het traject +/- homogeen.
- Idealiter al een degelijke onderlaag aanwezig die kan behouden worden (budgettaire redenen, tenzij dit kan via onderhoudsbudgetten).
- Beperkt bus/zwaar verkeer
- Onderscheid tussen twee locaties via snelheidsregime en/of bebouwingstype.
- Weinig bochten, bij voorkeur recht stuk.
- Geen overdreven langshelling.

Opgelet: deze “eisen” werden opgesteld in functie van het proefproject om bijv. bepaalde metingen te kunnen uitvoeren zonder teveel overlast voor omwonenden of passerend verkeer. Niet al deze eisen gelden voor straten waar de aanleg van DGD in overweging zou genomen worden. Hierop wordt later teruggekomen.

Een eerste selectie van mogelijke locaties werd uitgevoerd gebruik makende van de zogenaamde *Staat van de Straat*, opgesteld door Stad Antwerpen, waarbij visuele inspecties van alle straten van Antwerpen werden samengevoegd in één document. Per straat wordt hierin aangegeven welk type wegdek aanwezig is, hoe lang de straat is, en wat de staat van het wegdek is. Enkel straten die gemiddeld scoren (score tussen 1.5 en 3), met een lengte van minimaal 450 m en met asphalt als huidig wegdektype werden in een eerste fase behouden.

Vervolgens werd nagegaan via Google StreetView of bezoeken ter plaatse of er bijv. verkeersremmers of scholen aanwezig waren. Indien er al andere projecten gepland waren of net uitgevoerd waren, dan werd de straat evenmin behouden. Een groot deel van de gekozen straten viel weg omdat ze in het Mobiliteitsplan voorzien werden als toekomstige zone 30. Na diverse iteraties kwamen als beste kandidaten de Fruithoflaan (Berchem), Zandvlietse Dorpstraat en Antwerpsebaan (Be-Za-Li), Veltwijcklaan en Klein Heiken (Ekeren), Steynstraat (Hoboken), Groenenborgerlaan en Ringlaan (Wilrijk) uit de bus. De top drie van het projectteam werd uiteindelijk:

1. Fruithoflaan (Berchem)
2. Antwerpsebaan (tussen Monnikenhoflaan en Zandweg – Be-Za-Li)
3. Klein Heiken (Ekeren)

Na het uitvoeren van proefboringen ter plaatse, werd er echter teer gevonden in de Fruithoflaan, en in de Antwerpsebaan bevonden zich kasseien in de onderlaag, wat in beide gevallen tot een aanzienlijke meerkost zou leiden. Geen van de straten werd gesteund door het district in kwestie wat ertoe leidde dat andere straten opnieuw in overweging dienden genomen te worden.

Uiteindelijk, en met aanzienlijke vertraging, werden toch twee goede locaties geselecteerd, nl. de Kleine Doornstraat (tussen de Doornstraat en de Laaglandweg) in Wilrijk (eerst afgekeurd omwille van het passerende busverkeer) en de Zandvlietse Dorpstraat (tussen Armenstraatje en Zoutestraat) in Zandvliet (eerst afgekeurd omwille van de moeilijkheid er metingen aan constante snelheid uit te voeren en de omvorming naar een zone 30, die nu uitgesteld werd tot na afloop van het project). De Zandvlietse Dorpstraat werd goedgekeurd als proeflocatie begin december 2014 en de Kleine Doornstraat pas medio januari 2015. Indien er met de opmaak van het bestek en start van de aanbestedingsprocedure hierop gewacht diende te worden, zou dit tot een serieuze vertraging van heel het project hebben geleid. Daarom is er gekozen voor een tweetraps aanbestedingsprocedure, zoals verderop toegelicht.

De Zandvlietse Dorpstraat en Kleine Doornstraat werden gekozen als proeflocatie voor het aanleggen van de proefvakken. Beide locaties voldeden aan het merendeel van de vooropgestelde parameters zoals voldoende lengte van de straten (600 m), wegdek was aan vervanging toe, weinig obstakels, langse helling kleiner dan 5 %, snelheidsbeperking van 50 km/u, enzovoort. Daarentegen hadden beide locaties enkele nadelen. Zo had de Zandvlietse Dorpstraat een lage verkeersintensiteit, niet voldoende plaats voor SPB-metingen in de straat, zijstraten met voorrang van rechts die metingen aan constante snelheid van 50 km/u bemoeilijken en een relatief laag bewonersaantal. In de Kleine Doornstraat waren bushaltes en was er doorstroom van zwaar verkeer. De dwarse parkeerplaatsen op de middenberm en de keerpunten zorgden voor wringend verkeer en er was bovendien niet overal plaats voor het uitvoeren van SPB-metingen zonder backing board. Het originele wegdek op beide locaties werd via SPB-metingen door masterstudenten opgemeten [8], wat later als referentiewaarde zal dienen, zie bijv. hiernavolgende Figuur 3-1 voor de Kleine Doornstraat.



Figuur 3-1 Locatie van de voorafgaande SPB-metingen, uitgevoerd in de Kleine Doornstraat te Wilrijk [8]

### Korte beschrijving proeflocaties [6,9]

De Zandvlietse Dorpstraat is een gemeentelijke weg die gelegen is in het district Berendrecht-Zandvliet-Lillo, zie Figuur 3-2. De straat is zo'n twee kilometer verwijderd van de A12 en een spoorlijn voor goederenverkeer. Twee kilometer ten westen van de straat bevindt zich de Haven van Antwerpen, met al zijn industrieenijverheden. Er is geen luchthaven in de directe omgeving van de straat. In de straat staan voornamelijk open en halfopen woningen. De verkeersintensiteit in de straat is zeer laag. Zwaar verkeer passeert er nauwelijks.



Figuur 3-2: De Zandvlietse Dorpstraat vóór de aanleg van de proefvakken. [A. Bergiers]

De Kleine Doornstraat is een gemeentelijke weg die gelegen is in het district Wilrijk, zie Figuur 3-3. De straat is zo'n zeshonderd meter verwijderd van de A12 en ongeveer één kilometer van de E19. De straat is ook zo'n vijf kilometer verwijderd van de luchthaven van Antwerpen. Er is geen spoorweg aanwezig in de directe omgeving van de straat. Er is wel een industriezone aanwezig in de directe omgeving.

In de straat staan voornamelijk rijwoningen en halfopen bebouwingen. De verkeersintensiteit in de straat is hoger dan in de Zandvlietse Dorpstraat. Vanwege de industriezone in de buurt komt er ook veel zwaar vervoer door de Kleine Doornstraat.



Figuur 3-3: De Kleine Doornstraat vóór de aanleg van de proefvakken. [A. Bergiers]

### 3.2 Selectie aannemers & mengsels

In Vlaanderen is er nog relatief weinig ervaring met de toepassing van DGD, en al zeker niet in een stedelijke omgeving. In 2012 werden op de N19 te Kasterlee al enkele proefvakken (twee km lang, tien verschillende asfaltmengsels waaronder twee referentievakken) aangelegd in opdracht van AWV en de ervaringen met dit proefproject werden mee opgenomen in het huidige proefproject en de aanbestedingsprocedure.

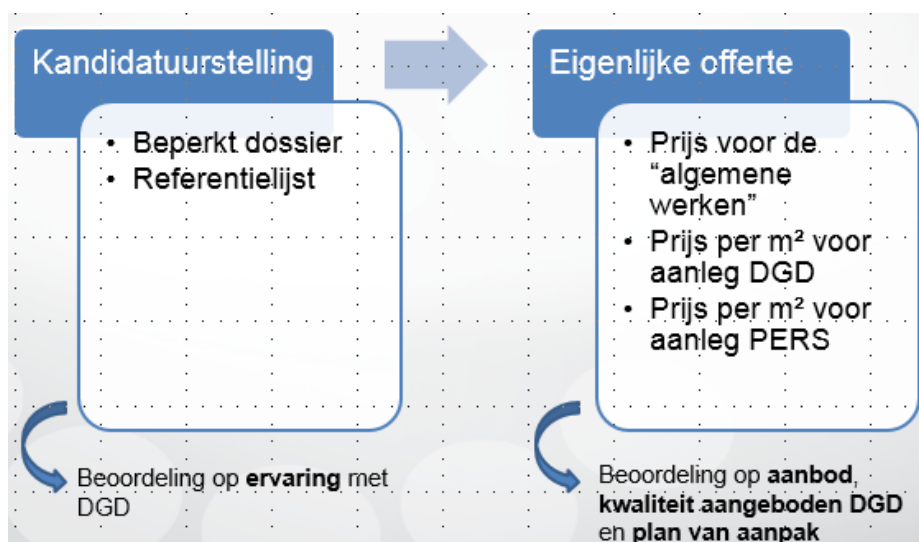
In het project op de N19 werd gewerkt met een coördinerende aannemer die verantwoordelijk was voor de freeswerken, aanleg onderlaag, aanleg twee referentievakken (SMA-C2 en dubbellaags zeer open asfalt ZOA), signalisatie en markeringen. De acht proefvakken zelf werden als afzonderlijke percelen toegewezen aan de slechts twee geïnteresseerde aannemers voor een vast bedrag per proefvak (15.000 – 20.000 €). Mogelijk was dit vast bedrag te weinig om (buitenlandse) aannemers hiervoor warm te maken. In het bestek zelf werden heel wat kortingen wegens minwaarden (boetes) opgenomen, wat er mogelijk mee toe geleid heeft dat er relatief weinig aannemers een offerte hebben ingediend. Zulke informatie werd door het projectteam gebruikt om een alternatieve aanbestedingsprocedure uit te denken (in zeer nauw overleg met de Gemeenschappelijke Aankoopcentrale van Stad Antwerpen).

Met de uiteindelijk toegepaste aanbestedingsprocedure voor dit proefproject werden onderstaande doelstellingen nagestreefd:

- Extra tijd voor selectie proeflocaties (noodzakelijk!)
- Extra tijd voor opmaak finaal administratief en technisch bestek tijdens en na finale selectie proeflocaties
- Zoveel mogelijk geïnteresseerde en gespecialiseerde aannemers uit binnen- en buitenland
  - o Beperkte tijdsinvestering voor de niet-geselecteerde aannemers
  - o Grotere kans op uitvoering één of meerdere proefvakken

In een “gewone” aanbestedingsprocedure wordt eerder sequentieel gewerkt, nl. eerst wordt het bestek voor een bepaalde locatie opgesteld en dan wordt een openbare aanbesteding opengesteld waarna de geïnteresseerde aannemers hun offerte indienen. Hiervan werd sterk afgeweken om zo tijd vrij te maken voor het selecteren van de proeflocaties en het opmaken van het bestek, maar ook om ruimte te laten om beslissingen pas op een zo laat mogelijk moment te nemen, zoals het aantal proefvakken, het al dan niet aanleggen van een proefvak met een poro-elastisch wegdek (Poro-Elastic Road Surface of PERS), ... Twee zeer belangrijke randvoorwaarden zijn wel dat alles past binnen de wet op de overheidsopdrachten d.d. 15 juni 2006 en dat het voorziene budget niet overschreden zou worden (€ 500 000 incl. BTW).

Uiteindelijk werd gekozen voor een aanbestedingsprocedure in twee fasen, zie Figuur 3-4 [7]. Het uiteindelijke doel van de aanbestedingsprocedure is het afsluiten van een raamovereenkomst met drie deelnemers (grotere kans voor de deelnemende aannemers), met verschillende niet-verplichte deelopdrachten. Er werd verder gekozen voor een onderhandelingsprocedure met bekendmaking. Hierbij mogen alleen de geselecteerden een offerte indienen en kan over de voorwaarden van de opdracht worden onderhandeld met de inschrijvers. [2 - Selectieleidraad]



Figuur 3-4 Aanbestedingsprocedure in twee fasen [10]

In de eerste fase werd enkel de technische bekwaamheid van de kandidaten getoetst a.d.h.v. een referentielijst, zie hieronder het uittreksel uit de Selectieleidraad [2].

*De kandidaat toont aan de hand van een referentielijst aan dat hij bekwaam is in het aanleggen van dunne geluidsreducerende deklagen (DGD = warm aangelegde, bitumineuze toplagen met een dikte tot 3 cm) in een stedelijke omgeving. Gietasfalt en slemlagen komen hiervoor niet in aanmerking. Naast het bedrag, de plaats en het tijdstip van de werken, geeft de inschrijver per referentie aan hoeveel m<sup>2</sup> DGD werd aangelegd. De kandidaat vermeldt tenslotte de merknaam, het type (dicht, semi-dicht of open) en de toegepaste laagdikte van de DGD.*

...

*Indien meer dan vijf kandidaten aan de voorwaarden voor de kwalitatieve selectie voldoen, gaat de aanbestedende overheid over tot een doorselectie van de vijf meest geschikte kandidaten door een rangschikking op te maken op basis van hun technische bekwaamheid voor de uitvoering van deze opdracht.*

Op 19 november 2014 dienden negen firma's een aanvraag tot deelname in, waarbij drie Nederlandse aannemers, die aanzienlijk meer ervaring hebben in het aanleggen van DGD. Vier aannemers, BAM Infra BV, Dura Vermeer Infrastructuur BV, Rasenberg Wegenbouw BV en VBG NV werden op 19 december 2014 weerhouden op basis van hun aangetoonde ervaring met DGD en zij werden op 3 maart 2015 uitgenodigd om een offerte op te maken tegen 7 april 2015.

Om van de maximaal vijf meest geschikte kandidaten naar drie deelnemers aan de raamovereenkomst over te gaan, werd gebruik gemaakt van een aantal selectiecriteria, zoals hieronder overgenomen uit de administratieve bepalingen van het aanbestedingsdossier GAC/2014/2694 [2].

*Bij deze onderhandelingsprocedure wordt de opdracht in toepassing van artikel 107 van het KB plaatsing gegund aan de inschrijver die de offerte heeft ingediend die de economisch voordeligste is vanuit het oogpunt van de aanbestedende overheid, rekening houdend met de hieronder vermeldde gunningscriteria (en hun respectievelijke waarde) die verband houden met het voorwerp van de opdracht en een objectieve vergelijking van de offertes mogelijk maken op basis van een waardeoordeel.*



### **Gunningscriterium 1: aanbod (45 punten)**

*De inschrijver stelt zelf het aanbod van zijn offerte samen en licht toe waaruit zijn aanbod exact bestaat. Het hoofdvoorwerp van deze overeenkomst bestaat uit de aanleg van dunne geluidsreducerende deklagen (DGD met een dikte kleiner of gelijk aan 3 cm) voor de toepassing op ontsluitingswegen met een belangrijke doorstromingsfunctie (voor allerlei verkeer) en een aanzienlijke verkeersintensiteit. Inschrijvers die meerdere geschikte mengsels aanbieden, voldoen dan ook beter aan de behoeften van de aanbestedende overheid, weliswaar indien deze mengsels voldoende van elkaar verschillen in de combinatie van mechanische en akoestische eigenschappen. Het invullen van de bijgevoegde samenvattende opmeting is enkel vereist indien het aanbod de aanleg van de onderlaag, de topklaag en aanverwante werken bevat (zulks is dus niet verplicht). Ook de aanbidding van de productie en aanleg van een poro-elastisch mengsel draagt bij tot een gunstige beoordeling (zij het in mindere mate dan de DGD mengsels). De inschrijver verduidelijkt in zijn offerte per aangeboden type DGD en/of het poro-elastisch mengsel de bijhorende vierkante meter prijs (per proefvak met een DGD zal ongeveer 1000 m<sup>2</sup> worden aangelegd, voor het poro-elastisch mengsel ongeveer 500 m<sup>2</sup>). Deze vierkante meter prijs zal gebruikt worden bij de toewijzing van de deelopdrachten, zie par. II.4.*

### **Gunningscriterium 2: plan van aanpak (35 punten)**

*De inschrijver voegt de ingevulde bijlage B van dit bestek bij zijn offerte. Aan de hand van deze ingevulde bijlage zal de aanbestedende overheid beoordelen hoe de aannemer de goede uitvoering van de dunne deklaag garandeert (op vlak van weersomstandigheden, temperatuur, toezicht, beperking van risico's, werkmethodiek, ...). Offertes die getuigen van een goede zorg bij de aanleg en goede technische bijstand worden daarbij gunstig beoordeeld. De inschrijver is bij de uitvoering van de werken gebonden aan het plan van aanpak zoals opgenomen in zijn offerte.*

### **Gunningscriterium 3: kwaliteit van de aangeboden mengsels (25 punten)**

*De stad zoekt een dunne deklaag die een optimaal evenwicht biedt tussen een waarneembare geluidsreductie t.o.v. een SMA-C2 mengsel (minimaal 3 dB bij aanleg en na 2 jaar nog minimaal 2 dB) en een slijtvast / duurzaam karakter.*

*De inschrijver toont in zijn offerte aan dat de mechanische eigenschappen, vooral de weerstand tegen rafeling van het aangeboden mengsel, voldoen om een minimaal beoogde levensduur van 5 jaar te garanderen. Dit kan bewezen worden aan de hand van eerder verkregen testresultaten en/of een lijst met maximum vijf voorbeelden van eerder aangelegde dunne deklagen van hetzelfde type (minimale leeftijd 2 jaar oud). De stad Antwerpen houdt zich het recht voor om de laatstgenoemde aangelegde deklagen visueel te inspecteren of contact op te nemen met de betrokken aanbestedende overheid. Informatie over de akoestische degradatie in functie van de tijd op deze locaties kan eveneens een indicatie geven over de mechanische duurzaamheid.*

*De akoestische eigenschappen van de voorgestelde deklagen dienen gestaafd te worden aan de hand van reeds uitgevoerde SPB-, volgens NBN EN ISO 11819-1, en/of CPX-metingen (bij voorkeur bij 50 km/u met een SRTT-band), volgens ISO/DIS 11819-2. Voor elk voorgesteld type DGD worden meetresultaten toegevoegd van maximaal vijf eerder aangelegde wegdekken. Indien beschikbaar worden meetresultaten toegevoegd betreffende de akoestische eigenschappen zowel vlak na aanleg als na twee jaar (en eventueel verder in de tijd).*

Belangrijk hierin zijn een aantal aspecten:

- Aanbod: het staat de aannemer vrij om zelf te kiezen hoeveel verschillende DGD ze voorstellen, of ze al dan niet de “algemene werken” (freeswerken, onderlaag, referentiewegdek SMA-C2, ...) willen aanbieden en of ze interesse hebben om het PERS-proefvak aan te leggen. Een vollediger/interessanter aanbod voor de opdrachtgever zal wel leiden tot een hogere score op dit criterium.
- Plan van aanpak: nieuw hierin is het gebruik van een plan van aanpak als criterium. Hierbij wordt getoetst naar de maatregelen die de aannemer zal nemen om een goede aanleg van de DGD te garanderen. Dit plan van aanpak werd gebaseerd op het zogenaamde ProjectKwaliteitsPlan (PKP) van AWW. Belangrijk hierin zijn o.a. de temperaturen bij aanleg en verdichting, het gebruikte materieel, het voorziene werfpersonnel en relevante ervaring, ... en het feit dat de inschrijver gebonden is aan zijn eigen plan van aanpak.
- Aangeboden mengsels: Stad Antwerpen en het projectteam streven hier naar een optimaal evenwicht tussen geluidsreductie en mechanische levensduur. Jammer genoeg geldt de regel dat hoe meer geluidsreductie er is, hoe korter de levensduur wordt. Om deze reden werd er gekozen om enkel (semi-) dichte mengsels te selecteren en was het dus niet meer relevant om absorptiemetingen uit te voeren. Aan de hand van opgegeven meetwaarden of aanlegdikte (meer dan 3 cm) werden bepaalde aangeboden mengsels niet weerhouden en werd hiermee rekening gehouden in het aanbod.

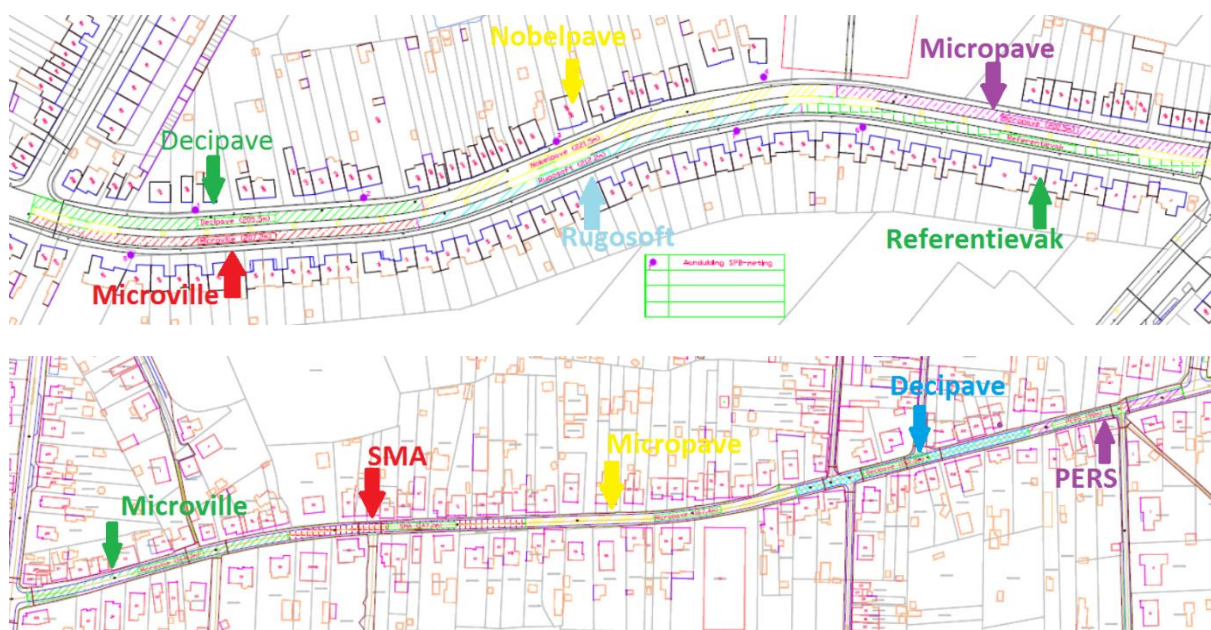
Rekening gehouden met bovenstaande criteria werd uiteindelijk de raamovereenkomst gesloten met drie deelnemers: Dura Vermeer BV, Rasenberg Wegenbouw BV en VBG NV. De diverse deelopdrachten worden vervolgens gegund door toepassing van de hierna volgende voorwaarden, zonder de deelnemers opnieuw in mededinging te stellen. [2 - Administratieve bepalingen].

- 1) *De deelopdrachten die de aanleg van de onderbouw, de toplaag en aanverwante werken omvat, wordt toegekend aan de laagste conforme aanbieder.*
- 2) *Er wordt gestreefd naar een voldoende groot verschil tussen de verschillende DGD die zullen worden aangelegd, bijv. een DGD met een duidelijk grotere geluidsreductie, met een (beperkte) vermindering qua levensduur, maar nog steeds financieel aantrekkelijk. De geschikt bevonden DGD zullen aan de hand van de hierna volgende beoordelingselementen gerangschikt worden:*
  - a. *De vierkante meterprijs voor de aangeboden DGD [50 %]*
  - b. *De verwachte geluidsreductie t.o.v. een SMA-C2 en akoestische levensduur, gebaseerd op de aangeleverde testresultaten [25 %]*
  - c. *De rafelingsgevoeligheid en de verwachte levensduur van de aangeboden DGD, aantoonbaar a.d.h.v. eerder uitgevoerde testen en/of projecten. Hierin wordt eveneens in rekening gebracht dat een kortere levensduur een stijging van de onderhoudskosten met zich meebrengt. [25 %]*

*De aanbestedende overheid zal de deelopdrachten inzake DGD plaatsen volgens deze opgemaakte rangschikking. Daarbij houdt ze zich het recht voor om maximaal twee deelopdrachten van eenzelfde type DGD te plaatsen (zodat een proefvak van eenzelfde DGD zowel in de Kleine Doornstraat als in de Zandvlietse Dorpstraat kan worden aangelegd).*

3) Voor zover de deelopdracht gegund wordt i.v.m. de productie en aanleg van een poro-elastisch mengsel zal deze deelopdracht eveneens worden toegekend aan de laagste conforme aanbieder.

Op deze manier was het mogelijk om het voorziene totaalbudget en de twee proeflocaties zo optimaal mogelijk te gebruiken, aangezien beslissingen qua deelopdrachten pas na ontvangst en vergelijking van de offertes dienden genomen te worden. Zo bleek het mogelijk binnen het voorziene budget om in de Kleine Doornstraat vijf verschillende DGD (200 m elk) aan te leggen, mede omdat het bestaande wegdek nog in goede staat verkeerde en als tweede referentievak kon dienen. Ook diende hier niet een hele nieuwe onderlaag geplaatst te worden, wat natuurlijk positief was voor het budget. Dit komt ook overeen met hoe men mogelijk in de toekomst DGD zal gebruiken, nl. als toplaag op een bestaande onderlaag. Aangezien in de Zandvlietse Dorpstraat het nieuwe referentiewegdek SMA-C2 en drie verschillende DGD (150 m elk) wel op een nieuwe onderlaag werden geplaatst, kan de invloed hiervan op de levensduur van de DGD verder onderzocht worden. In onderstaande Figuur 3-5 wordt weergegeven welke mengsels (commerciële benamingen) in beide straten werden geplaatst.












Figuur 3-5 Aanduiding van de verschillende proefvakken in (boven) Kleine Doornstraat te Wilrijk en (onder) Zandvlietse Dorpstraat te Zandvliet [6,9]

De deelopdrachten rond de “algemene werken” en de aanleg van een PERS proefvak werden aan de laagste bieder, VBG NV, toegewezen. Uiteindelijk hebben problemen qua weersomstandigheden ertoe geleid dat de aanleg van het PERS-proefvak een aantal keren uitgesteld en finaal afgelast werd. Deze belangrijke les heeft er rechtstreeks toe geleid dat het huidige onderzoek van het OCW rond PERS zich vooral richt op een geprefabriceerde variant. In de plaats van PERS werd uiteindelijk een referentievak type SMA-D aangelegd.

Hieronder volgt in Tabel 3-1 een overzicht van de aangelegde proefvakken en mengsels, met vermelding van de betrokken aannemer. De voorziene dikte voor alle proefvakken is max. 3 cm, behalve voor de SMA-C2 die met een dikte van 4 cm werd aangelegd. In de Kleine Doornstraat werd de Micropave in een dikte van 2,5 cm aangelegd.

Tabel 3-1 Overzicht van de aangelegde proefvakken [11]

Zandvlietse Dorpstraat	Aannemer	Lengte [m]	Breedte [m]
Microville		164	5.0
SMA-C2	Member of Colas Belgium	147	
Micropave [30 mm]		167	
Decipave		153	
PERS		100	
Kleine Doornstraat	Aannemer	Lengte [m]	Breedte [m]
Microville		207	4.0
Rugosoft	Member of Colas Belgium	212	4.0
Referentie (bestaand wegdek AB-4C uit 2012)		212	4.0
Micropave [25 mm]		201	5.8
Nobelpave		222	5.8
Decipave		206	5.8

### 3.3 Splitmastiekasfalt, Dunne Geluidsreducerende Deklagen en Poro-Elastische wegdekken

In deze sectie wordt een korte beschrijving gegeven van de in dit proefproject gebruikte of vermelde types wegdekken.

#### 3.3.1 SMA

Splitmastiekasfalt (afgekort SMA), wordt beschreven in Hoofdstuk 6, § 2.2.1.2.C, van het Standaardbestek 250 v3.1. De zeefdoorval wordt weergegeven in onderstaande Tabel 3-2. Een SMA-C heeft dus een maximale korrelgrootte van 14 mm t.o.v. een SMA-D met 10 mm als maximale korrelgrootte.

Tabel 3-2 Zeefdoorval volgens samenstelling in massapercent van SMA-C en SMA-D [SB250 v3.1]

Zeef in mm	SMA-C	SMA-D
14,0 mm	100	-
10,0 mm	90-100	100
6,3 mm	35-55	90-100
4,0 mm	25-40	28-50
2,0 mm	24-29	27-32
1,0 mm	16-26	18-28
0,063 mm	7,5-10,0	7,0-10,0

*In beide gevallen bestaat de zandfractie uit 100 % brekerszand en mag als bindmiddel enkel een polymeerbitumen gebruikt worden. De hoeveelheid bindmiddel wordt uitgedrukt in massaprocent t.o.v. het totale mengsel, bindmiddel inbegrepen, en bedraagt minstens 6,2 %. [SB250 v3.1]*

#### 3.3.2 DGD

Dunne deklagen ontstonden uit de vraag in een aantal Europese landen naar wegdekken die goedkoper zijn dan zeer open asfalt en een levensduur hebben die vergelijkbaar is met dicht asfaltbeton (DAB). Een dunne deklaag is een asfaltverharding met een dikte van maximaal 3 cm, al dan niet met poreuze structuur.

De dunne deklaag combineert een aantal interessante eigenschappen: het is vrij goedkoop (vergelijkbaar met DAB), het is geluidsreducerend en relatief duurzaam. Typische geluidsreducties die gerealiseerd worden bij 40 à 60 km/u voor auto's zijn 1 tot 3 dB(A) bij dichte versies en 2 tot 4 dB(A) bij poreuze versies. De geluidsreductie wordt bekomen door de textuur te optimaliseren. Een algemene toepassing van dit type wegdek is een kostenefficiënte, interessante manier om verkeerslawaaï in steden en gemeenten terug te dringen.

Nadelen: Men dient een doordachte keuze te maken rekening houdend met de speciale omstandigheden van de locatie aangezien men het niet zomaar overal kan toepassen. Er moet gezocht worden naar een compromis tussen duurzaamheid en geluid afhankelijk van de noden van de locatie. Men dient voldoende aandacht te besteden aan een goede installatie aangezien er anders hoger risico is voor rafeling en loskomen van de ondergrond.

Het OCW werkte mee aan een uitgebreide studie rond dunne deklagen in het project Eranet Road Opthinal: "OPTimization of THIN Asphalt Layers" [12]. In dit project worden alle denkbare aspecten

belicht: milieu, duurzaamheid en technologie. Ook de voor- en nadelen en de criteria waar een dunne deklaag kan toegepast worden, komen aan bod (zie onderstaande Tabel 3-3).

Tabel 3-3 Voor- en nadelen en toepasbaarheid van DGD [12]

	Prioritized property →	Low cost	Low RR	Low noise	Long life	High skid resistance	Low height
<b>Urban and sub-urban areas</b>	Residential streets, low traffic	+++	+++	+++	+++	++	+++
	Streets with stop-and-go traffic	o	o	--	-	+	o
	Streets with much turning traffic	o	+	+	-	+	o
	Streets with high grades	o	o	--	--	o	o
	Medium-volume streets	+++	+++	+++	++	++	++
	High-volume streets, inner-city	++	+	+	+	++	+++
	High-volume streets, arterials	++	++	+++	++	+	+
<b>Extra-urban and rural areas</b>	Low volume country roads	+++	+++	+++	+++	++	+
	Highways, max 80 km/h	+++	+++	+++	+++	++	++
	Highways, over 80 km/h	+++	++	++	++	+	++
	Motorways	+++	+	o	+	+	++
	Mountain roads	+	++	+	--	+	+
<b>Ratings:</b> +++ Highly recommended (best practice), should mean no problem ++ Highly recommended, with caution for certain critical cases + Recommended with caution o Neutral, maybe be feasible and not feasible (high risk of failure) - Not recommended -- To be avoided							

Mogelijke problemen die worden gedefinieerd in het Ophthal project zijn [12]:

Hoog risico:

- Rafeling:
  - Vermijden op plaatsen met wringend verkeer (rotondes, kruispunten, uitrit vrachtwagens of bussen, parkings enz.)
  - Installatie niet bij te lage temperatuur
  - Poreuze types gevoeliger dan dichte types
- Delaminatie (loskomen van de onderlaag):
  - Vermijden op plaatsen met wringend verkeer
  - Hoge kwaliteit hechtlaag voorzien
  - Bijzondere aandacht vervuiling onderlaag
  - Hechtlaag of dunne deklaag niet aanbrengen in natte omstandigheden

#### Middelmatig risico:

- Initiële stroefheid te laag: afstrooien (eerste weken fijn aggregaat 1 à 2 mm strooien op het wegdek tot de bitumenlaag aan de bovenkant weggesleten is en de stroefheid verbeterd is)

#### Laag tot hoog risico:

- Scheurvorming door deficiëntie onderlaag: gebruik vermijden op onstabiele onderlagen zoals betonplaten of allerhande bestratingen
- Te hoge transversale of longitudinale oneffenheden: voor een acceptabele effenheid van de onderlaag zorgen
- Te snelle afkoeling mix, slechte duurzaamheid/homogeniteit van verdichting:
  - goede weersomstandigheden tijdens installatie (voldoende temperatuur, geen regen)
  - verwarmers gebruiken

### 3.3.3 PERS

Een poro-elastisch wegdek (PERS) bestaat uit rubberkorrels (doorgaans afkomstig van gemalen autobanden), aggregaten en een elastisch kunsthars (meestal polyurethaan) als bindmiddel.

Het is aangetoond dat een poro-elastisch wegdek extreem geluiddempende eigenschappen kan hebben: een vermindering van het rolgeluid met 10 dB(A) is mogelijk. In het Europese FP7 PERSUADE project<sup>10</sup>, dat gecoördineerd werd door het OCW, werd een geluidsreductie van 8 tot 10 dB(A) t.o.v. dicht asfaltbeton aangetoond. Een poro-elastisch wegdek is alleen al uit economisch en esthetisch oogpunt een aantrekkelijk alternatief voor geluidsschermen.

Nadelen: Vooraleer het als geluiddempende maatregel kan worden ingezet, moeten echter nog een aantal problemen worden overwonnen. De duurzaamheid staat nog niet op punt en vergt verder onderzoek. Het is duurder dan een conventioneel wegdek en kan dus alleen toegepast worden op specifieke zwarte punten waar er problemen zijn met geluidhinder. De in situ aanleg is uitermate gevoelig voor weersomstandigheden wat de praktische toepassing in België bemoeilijkt. Momenteel wordt in het kader van het Europese LIFE NEREiDE project<sup>11</sup>, waaraan het OCW meewerkt, de prefab variant verder bekeken omdat deze minder gevoelig is aan weersomstandigheden. Hierbij wordt een kleinschalig proefvak in Gent gepland en vervolgens een groter proefvak in Italië.

### 3.3.4 Kostprijs DGD vs. SMA

Een ander belangrijk aspect is natuurlijk de kostprijs van een DGD vergeleken met een standaard SMA-C2. De prijzen hierna in Tabel 3-4 zijn gebaseerd enerzijds op de offertes ingediend door de verschillende aannemers bij de aanbesteding voor dit proefproject, en anderzijds aangevuld met richtprijzen ontvangen na aanleg (aangeduid met \*). Onderstaande prijzen zijn afgerond en licht aangepast omwille van de vertrouwelijkheid van deze gegevens.

<sup>10</sup> <http://persuade.fehrl.org/>

<sup>11</sup> <http://www.nereideproject.eu/>

Tabel 3-4 Vergelijking kostprijzen DGD vs. SMA-C2

	Prijzen in [€/m <sup>2</sup> ]			
		Raming	Offertes	Gemiddelde
<b>SMA-C2 dikte 4 cm</b>	BE+NL	14.0	10.0-13.0	11.5
<b>DGD 3 cm inclusief kleeflaag</b>	BE		9.5-10.5	10.0
<b>DGD 2.5-3 cm inclusief kleeflaag</b>	NL		14.0-23.0	18.5
<b>Onderlaag type APO-B 1 cm extra</b>	BE+NL	2.5	1.5-2.5	2.0
<b>DGD 2.5-3 cm inclusief kleeflaag*</b>	NL		8.5-13.5	11.0

\* Dura Vermeer BV heeft via mail enkele richtprijzen bezorgd voor een typewerk, gaande van 1000 m<sup>2</sup> tot > 5000 m<sup>2</sup> (vandaar de spreiding in eenheidsprijzen), voor de levering en plaatsing van hun DGD, inclusief schoonmaken wegdek en leveren en aanbrengen van een gemodificeerde kleeflaag (0,5 kg/m<sup>2</sup>), maar zonder de extra metingen en supervisie die voor dit proefproject aangeboden werd. We raden Stad Antwerpen aan om met beide Nederlandse aannemers contact op te nemen voor toekomstige werken en hen een concurrentiële offerte te vragen.

Het grote verschil met en de grote spreiding binnen de eerder verkregen offertes voor dit proefproject, bevindt zich gedeeltelijk in de beperkte hoeveelheid per proefvak (750 – 1150 m<sup>2</sup>), maar vooral in de extra tests en begeleiding/supervisie. Vooral bij Dura Vermeer BV was er aanzienlijk meer personeel betrokken bij dit project, en werden tal van extra metingen door hen uitgevoerd (IR-metingen, nucleaire dichtheidsmetingen, kernboringen, ...). Deze kosten verklaren de hogere eenheidsprijzen voor dit proefproject en daarom is het belangrijk om vooral te kijken naar de aangeleverde richtprijzen.

Wanneer we nu de eenheidsprijzen van de DGD vergelijken met een standaard SMA-C2 bekomen we volgende schattingen:

- SMA-C2 met een dikte van 4 cm: 11.5 €/m<sup>2</sup>
- DGD 3 cm inclusief kleeflaag en 1 cm extra onderlaag (België): 12 €/m<sup>2</sup>
- DGD 2.5-3 cm inclusief kleeflaag en 1 cm extra onderlaag (Nederland – STOLA): 20.5 €/m<sup>2</sup>
- DGD 2.5-3 cm inclusief kleeflaag en 1 cm extra onderlaag (Nederland – richtprijzen): 13 €/m<sup>2</sup>

De gemiddelde meerprijs bij aanleg is dus beperkt tot 0.5 – 1.5 €/m<sup>2</sup> (gebaseerd op de richtprijzen), wat dus zeker te verantwoorden valt wanneer men de geluidsreductie in rekening brengt.

Opgelet: deze vergelijking houdt geen rekening met de eventuele noodzaak om de DGD sneller te vervangen dan een standaard SMA-C2, omdat we op dit moment over te weinig gegevens beschikken om dit te kunnen inschatten en berekenen. De door de aannemers opgegeven levensduur van de aangelegde DGD bedraagt minimaal 7 jaar, en in sommige gevallen zelfs meer dan 10 jaar. Het verder opvolgen van dit project zal aangeven of deze levensduur kan gehaald worden in een stedelijke omgeving. Zoals verderop aangetoond, zie par. 4.2, zal de kwaliteit bij aanleg een grote impact hebben op de uiteindelijke levensduur.



### 3.4 Deelconclusies aanbestedingsprocedure

Het selecteren van goede proeflocaties bleek uiteindelijk heel moeilijk en tijdrovend. Pas na 4.5 maanden waren er twee goedgekeurde locaties die natuurlijk niet aan alle eisen van de “wish list” van het projectteam voldeden. Zo is het onmogelijk om in de Zandvlietse Dorpstraat geschikte SPB-locaties te vinden en kan in de Kleine Doornstraat een SPB-meting enkel gebeuren met behulp van een zogenaamd backing board. Verder heeft de Zandvlietse Dorpstraat relatief veel zijstraten en mogen auto's op de rijbaan parkeren, wat voor heel wat moeilijkheden heeft gezorgd bij de textuur-, CPX-, rolweerstand- en stroefheidsmetingen.

Uiteindelijk zijn beide proeflocaties wel geschikt om na te gaan of de geselecteerde DGD bruikbaar zullen zijn in een stedelijke omgeving. Beide locaties hebben een stedelijk karakter dat tevens voldoende van mekaar afwijkt qua bebouwing, type verkeer en omgeving. Het feit dat in de Kleine Doornstraat de bestaande onderlaag vrijwel volledig werd behouden en in de Zandvlietse Dorpstraat een nieuwe onderlaag werd aangelegd, maakt dat ook op dit aspect de mechanische levensduur van de DGD kan onderzocht worden. Voor toekomstige (proef)projecten is het zeker aan te raden om in een vroege fase met het betrokken district de locatie(s) af te stemmen.

Dankzij een innovatieve aanbestedingsprocedure in twee fasen zijn we erin geslaagd om het project niet teveel vertraging te laten oplopen (selectie proeflocaties), voldoende geïnteresseerde en ervaren aannemers te vinden uit binnen- en buitenland, en een groot aantal proefvakken met vijf verschillende DGD te laten aanleggen, binnen het vooropgestelde budget. Dit was enkel te realiseren dankzij de vrijheid die de aanbestedingsprocedure ons gaf, zodat keuzes betreffende aantal en lengte van de proefvakken (de verschillende deelopdrachten) tot na ontvangst en beoordeling van de offertes konden uitgesteld worden. De eerste fase met enkel een kandidatuurstelling en beoordeling op technische bekwaamheid zorgde voor een minimale tijdsinvestering voor zowel de inschrijver als opdrachtgever. De duidelijke criteria, het gebruik van deelopdrachten en de raamovereenkomst met drie aannemers, zorgden ervoor dat het beoordelen van de offertes nog relatief vlot verliep en dat de kansen voor de inschrijvers vrij hoog lagen. Kortom, zeker een aanrader bij toekomstige (proef)projecten!

Het gebruik van een plan van aanpak (of PKP) is zeker een aanrader, maar er zijn hier wel gemiste kansen te vermelden. Zowel langs de kant van de aannemer als van de opdrachtgever, werd er bij aanleg nog weinig rekening met dit document gehouden, hoewel het de bedoeling was de aannemer zich aan zijn plan van aanpak diende te houden. Onze aanbeveling is dat intern bij Stad Antwerpen bekeken wordt of zulke documenten niet standaard bij (belangrijke of grote) projecten dienen opgesteld en gecontroleerd/opgevolgd te worden. Het kan alleen maar positief zijn voor de uiteindelijke opgeleverde kwaliteit (onderdeel van deelonderzoeksvraag 4 uit § 2.1).

Qua kostprijs kan er, op basis van ontvangen richtprijzen, besloten worden dat de gemiddelde meerprijs bij aanleg t.o.v. een SMA-C2 met een dikte van 4 cm beperkt blijft tot 0.5 – 1.5 €/m<sup>2</sup>. Dit houdt echter geen rekening met de eventuele noodzaak om de DGD sneller te vervangen. Het ontbreekt ons echter aan objectieve data om deze inschatting correct te kunnen maken. De aannemers zelf claimen een levensduur van minimaal 7 jaar en in sommige gevallen zelfs > 10 jaar. Dit is dus een gedeeltelijk antwoord op deelonderzoeksvraag 5 uit § 2.1.

Er valt als laatste op te merken dat de proeflocaties sterk verschillen van het type straten die later voorzien zullen worden van DGD. Het gaat hier om belangrijke verkeersaders die te maken zullen hebben met veel doorstromend (zwaar) verkeer en mogelijk hogere snelheden dan 50 km/u (deelonderzoeksvraag 6 uit § 2.1). Dit type straten is echter helemaal niet gepast om als proeflocatie te dienen omwille van de te grote extra hinder die veroorzaakt zou worden. Het uitvoeren van metingen zou in deze omstandigheden niet mogelijk zijn. Een straat met weinig verkeer kan gemakkelijk voor een korte periode afgesloten worden, wat niet het geval is bij een belangrijke verkeersader.

## 4 Aanleg van de proefvakken

Dit hoofdstuk is voornamelijk gebaseerd op het eindrapport genaamd “STOLA - Aanleg van dunne geluidsreducerende deklagen in stedelijke omgeving”, met als referentie BAC/3053 en opgemaakt door Ben Duerinckx van de afdeling BAC “Asfaltwegen en Bitumineuze toepassingen en Chemie” van het OCW [13], en verder aangevuld met de masterproef van Faruk Musovic [6] en documenten van Dura Vermeer BV [14]. De meeste rapporten en presentaties zijn eveneens opgenomen als digitale bijlagen, of zijn beschikbaar op eenvoudige aanvraag.

### 4.1 Inleiding

Volgende taken werden door BAC aangeboden in het kader van het STOLA-project:

- Opvolging van de werf tijdens de aanleg.
- Temperatuurmetingen bij aanleg:
  - o Met de infraroodcamera om de homogeniteit van de temperatuur op te volgen achter de finisher.
  - o Opvolging van de afkoeling van het asfalt op een vast punt door het inbrengen van thermokoppels in het asfalt.
- Bemonstering van asfalt bulkmateriaal aan de worm van de finisher.
- Analyse van het bulkmateriaal: korrelverdeling, bitumengehalte en rafelingstest.
- Kort verslag en presentatie voor de betrokkenen.

Nast de onderzoekers van BAC waren ook diverse leden van het projectteam, toezichhouders van Stad Antwerpen en de werfleiding van de aannemers aanwezig, zie onderstaande Figuur 4-1 en Figuur 4-2.



Figuur 4-1 Aanleg van het proefvak Micropave in Zandvliet door Dura Vermeer BV [C. Vuye]



Figuur 4-2 Aanleg van het proefvak Decipave in Wilrijk door aannemer Rasenberg Wegenbouw BV [C. Vuye]

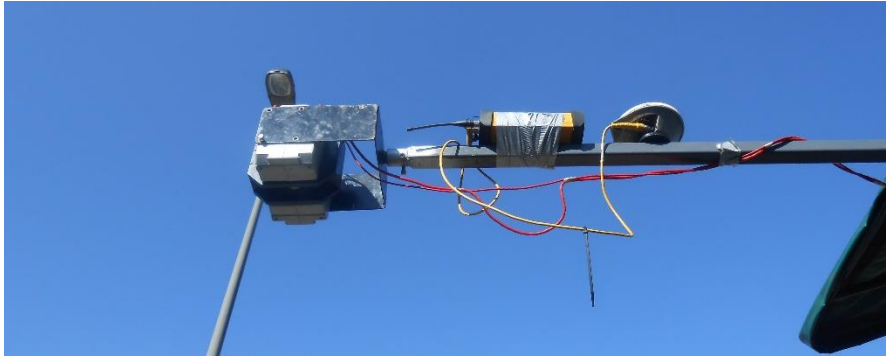
Onderzoekers van EMIB controleerden eveneens de temperatuur van de verschillende vrachtwagens, tijdens verwerking en tijdens verdichting, namen IR-foto's van de aanleg en namen diverse stalen voor eventuele controle in het labo naderhand. Een volledig verslag hiervan is terug te vinden in de masterproef van Faruk Musovic [5 – Hoofdstuk 5 en bijlagen].

Bij Dura Vermeer BV tenslotte, werden volgende metingen op eigen initiatief, als onderdeel van het ASPARi<sup>12</sup> proefproject, uitgevoerd:

- Meting van verdichting met een Troxler 3450 gammasonde (uitgevoerd door OCW), afhankelijk van aantal walsovergangen, tijd en temperatuur. Deze meting is verricht op een aantal specifieke meetpunten.
- Continu-meting / monitoring van de positie van de spreidmachine en walsen.
- Continu-meting van de asfalttemperatuur achter de spreidbalk met behulp van een infrarood linescanner, zie Figuur 4-3, om de homogeniteit van de temperatuur van het asfalt naderhand te controleren.

---

<sup>12</sup> Zie <http://aspari.nl/>



Figuur 4-3 Infrarood linescanner toegepast door Dura Vermeer BV [6]

- Door middel van boorkernonderzoek is gekeken naar:
  - o Laagdikte van de dunne deklaag
  - o Hechting van de deklaag met de onderbaan
  - o Dichtheid / percentage holle ruimte

Daarnaast is voor de monitoring van het transport gebruik gemaakt van real-time localisatie van de vrachtwagens. In de praktijk was dit vanwege de beperkte omvang bij dit werk van ondergeschikt belang. De vrachten waren reeds allen tijdig op de locatie aanwezig.

Deze metingen werden samengevat in een eindrapport [14] en een aantal extra documenten, terug te vinden in digitale bijlage 10. Meer info hierover kan opgevraagd worden bij Dura Vermeer BV.

De proefvakken, zoals beschreven in vorig hoofdstuk, werden aangelegd tussen 1 en 5 oktober 2015. Hierbij werd per aannemer één werkdag voorzien: donderdag 1 oktober voor VBG NV (referentievak SMA-C2, Rugosoft & Microville), vrijdag 2 oktober voor Dura Vermeer BV (Micropave & Nobelpave) en maandag 5 oktober voor Rasenberg Wegenbouw BV (Decipave). In de voormiddag werd telkens gestart op de eerste locatie, waarna rond de middag gestart werd met de aanleg op de tweede locatie.

Op maandag 5 oktober 2015 werd eveneens een persmoment georganiseerd tijdens de aanleg van Decipave (Rasenberg Wegenbouw BV) te Wilrijk. Schepen van Leefmilieu Nabilla Ait Daoud (N-VA) was hierbij aanwezig en gaf samen met Johan Maeck (OCW) en Cedric Vuye (UAntwerpen) een korte toespraak. Dit leidde tot een reportage van ATV op 5 oktober 2015, een item in het Radio 2-nieuws op 5 oktober 2015 en een artikel in GvA op 6 oktober 2015.

## 4.2 Opvolging van de aanleg

Hierna volgt een samenvatting van de belangrijkste resultaten en aandachtspunten.

### 4.2.1 Weersomstandigheden

Als eerste dient opgemerkt te worden dat de weersomstandigheden in de ochtend maar net geschikt waren voor de aanleg van de DGD: droog, zonnig en temperaturen variërende van 9-11 °C in de ochtend en rond 20 °C in de namiddag. Dit is zeker een eerste aandachtspunt, want het valt niet aan te bevelen om bij lagere temperaturen of (felle) regen een DGD aan te leggen. Zoals verderop zal blijken, koelt een DGD door zijn geringe dikte sneller af, en is daardoor de verdichtingstijd veel korter. Het had dus niet veel gescheeld of de aanleg van de proefvakken diende uitgesteld te worden tot medio 2016.

Dit wordt trouwens bevestigd in het plan van aanpak van de diverse aannemers waarbij aangegeven wordt dat een DGD dient aangelegd te worden bij **droog weer** en bij **temperaturen hoger dan 10 °C**.

### 4.2.2 Kleeflagen

Betreffende de kleeflagen zijn een aantal opmerkingen in het rapport [13] opgenomen. In een aantal gevallen was, omwille van de lage temperaturen in de ochtend, de kleeflaag nog niet (helemaal) “gebroken”, wat mogelijk een verminderde hechting tot gevolg zal hebben. Bij één van de aannemers vertrok de sproeiwagen samen met de finisher en walsen naar de tweede locatie, waardoor deze kleeflaag zeker niet de tijd had om te “breken”. Bij de twee andere aannemers reed de sproeiwagen onmiddellijk door en was er dus wel voldoende tijd. Hieronder ter info een stukje over het belang van het breken of omslaan van de kleeflaag<sup>13</sup>.

#### *Omslaan kleef bitumenemulsie*

*De kleeflaag is pas berijdbaar en waterbestendig na het omslaan (breken) van de bitumenemulsie. Het kan tussen 20 minuten en een uur duren, voordat het werkverkeer over de kleeflaag kan rijden. Het omslaan is te herkennen aan de kleuromslag van de kleeflaag van bruin naar zwart.*

*De breektijd is mede afhankelijk van:*

- *Buitentemperatuur, wind en zon.*
- *Luchtvochtigheid. Bij een hoge luchtvochtigheid duurt het omslaan langer.*
- *Soort ondergrond. Een steenachtige ondergrond versnelt het breekproces.*

*Bij kans op een regenbui na het aanbrengen van de kleef kan direct na of gelijk met het kleef sproeien coagulant worden aangebracht. Coagulant versnelt de breektijd en vormt een dun laagje op de kleef, waardoor indringing van regenwater sterk vermindert.*

Een andere opmerking betreffende de kleeflagen, is dat in het bestek (art. 2.3.2.1) staat beschreven dat de hoeveelheid residuaal bindmiddel van de kleeflaag minstens 300 g/m<sup>2</sup> moet hebben. Volgens het plan van aanpak dat VBG NV bezorgd heeft, voldoet de gebruikte dosering van de emulsie (min. 250 g/m<sup>2</sup>) niet. De dosering van Rasenberg Wegenbouw BV en Dura Vermeer BV daarentegen voldoen wel met respectievelijk 300 g/m<sup>2</sup> en 500 g/m<sup>2</sup>. In het lastenboek stond eveneens beschreven dat de

<sup>13</sup> <http://www.eshainfrasolutions.nl/~media/Eshainfra/Download/Brochures/kleeflaagemulsies.pdf>

kleeflaag één dag op voorhand diende aangebracht te worden, maar hier is in onderling overleg van afgeweken, omdat dit voor de omwonenden een extra overlast zou betekenen.

Het is dus zeker een aanbeveling dat zowel de aannemer als toezichthouder hier meer aandacht aan schenken, met vooraf duidelijke afspraken en instructies. Deze waren (gedeeltelijk) voorhanden via het plan van aanpak, maar dit document werd op de werf en bij voorafgaande besprekingen quasi niet gebruikt en werd zo jammer genoeg nutteloos. De onderzoekers van OCW of EMIB waren niet gemachtigd om hierbij tussen te komen en bijv. te eisen dat de aannemer zou wachten met het aanleggen van de DGD.

#### 4.2.3 Voegbanden

Tussen de verschillende proefvakken werden in een beperkt aantal gevallen voegbanden aangebracht en op een aantal plaatsen is de scheidingslijn tussen de verschillende mengsels moeilijk terug te vinden. Het is aan te raden om steeds een voegband aan te brengen wanneer tegen een “koud” mengsel wordt aangewerkt.

#### 4.2.4 Stilstand

Een volgend belangrijk aspect is het vermijden van stilstand van de asfaltfinisher. Bij een langere stilstand zal het asfalt teveel afkoelen, waardoor ook weer een goede verdichting verhinderd wordt en daar mogelijk rafeling zal ontstaan. Omwille van diverse redenen (te weinig asfalt, verkeerde mengsel) werd het asfalteren op een aantal proefvakken gedurende langere tijd onderbroken. Deze afkoeling is duidelijk zichtbaar op de IR-beelden. In de Zandvlietse Dorpstraat ondervond elke aannemer dit probleem omdat een lege vrachtwagen eerst volledig de straat diende uit te rijden alvorens een nieuwe, volle vrachtwagen achteruit tot tegen de asfaltfinisher kon rijden. Dit was te wijten aan de beperkte breedte van de straat en zijstraten en is in dit geval onmogelijk te vermijden.

Een ander voorbeeld is het gebruik van asfalt uit een vrachtwagen die eerst is gebruikt om lokale herstellingen van de onderlaag uit te voeren. Hierbij werd het asfalt met een kraan uit de vrachtwagen gehaald waardoor de lading gedurende langere tijd niet afgedekt werd blootgesteld aan de koude ochtendtemperaturen. Dit heeft er uiteindelijk toe geleid dat asfaltbrokken manueel dienden verwijderd te worden nadat het reeds gedeeltelijk afgekoelde asfalt in de asfaltfinisher werd gekipt (wat zou er gebeurd zijn zonder toezichter?).

Een mogelijkheid om zulke stilstanden tot een minimum te beperken, is er steeds voor te zorgen dat er voldoende asfalt aanwezig is op de werf alvorens de aanleg te starten, zoals door alle aannemers vermeld in hun plan van aanpak (min. 2 vrachtwagens tot alle vrachtwagens aanwezig).

#### 4.2.5 Temperatuurmetingen

Tijdens de aanleg werden temperatuurmetingen op drie verschillende wijzen uitgevoerd:

- Via steekthermometers (EMIB-UAntwerpen)
- Via ingewerkte temperatuurssonden (BAC-OCW)
- Via IR-metingen (EMIB-UAntwerpen en BAC-OCW)

##### Steekthermometers

Via een steekthermometer werd de temperatuur bij levering gecontroleerd. Zo werden steeds de aankomsttijd, de lostijd, de temperatuur bij het lossen en de aangelegde lengte genoteerd per vracht.

Hieronder wordt per proefvak de temperatuur bij het lossen besproken. Deze moet namelijk voldoen aan de minimale temperatuur die de aannemer heeft opgegeven in het plan van aanpak.

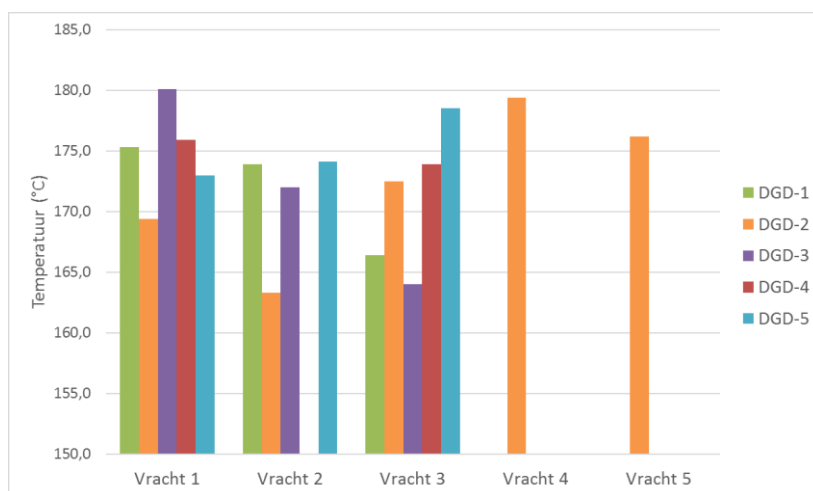
De minimumtemperatuur bij levering, aanleg en verdichting werden steeds beschreven in het plan van aanpak van de aannemer. Uit de literatuur bleek dat de minimale verwerkingstemperatuur van een DGD 130 °C is. De minimale verwerkingstemperatuur van DGD-1 & DGD-4 bedraagt 120 °C (zie onderstaande Tabel 4-1) wat duidelijk lager is dan bij de andere mengsels (140 °C), maar wel conform is aan de huidige voorschriften van het SB250 v3.1.

Tabel 4-1 Overzicht van de in het plan van aanpak vermelde temperaturen [6]

Mengsel	Min. temperatuur bij levering	Min. temperatuur bij aanleg	Min. temperatuur bij verdichting
DGD-1	140 °C	120°C	60°C
DGD-2	160 °C	140°C	140°C
DGD-3	185 °C	140°C	50°C
DGD-4	140 °C	120°C	60°C
DGD-5	185 °C	140°C	50°C
SMA-C2	140 °C	120°C	60°C

Het is best om deze temperaturen op voorhand vast te leggen met de aannemer en alle misverstanden hierrond op voorhand uit te praten. Zo lijkt het ons dat de minimale temperatuur bij levering van DGD-3 en DGD-5 (te) hoog ligt. Mogelijk gaat het hier over de mengtemperatuur. Ook ligt de minimale temperatuur bij verdichting bij DGD-2 extreem hoog en onrealistisch.

Na controle van de leveringen werden onderstaande grafieken, zie Figuur 4-4 en Figuur 4-5, opgesteld per proeflocatie.



Figuur 4-4 Met een steekthermometer gemeten asfalttemperaturen voor de Kleine Doornstraat [6]

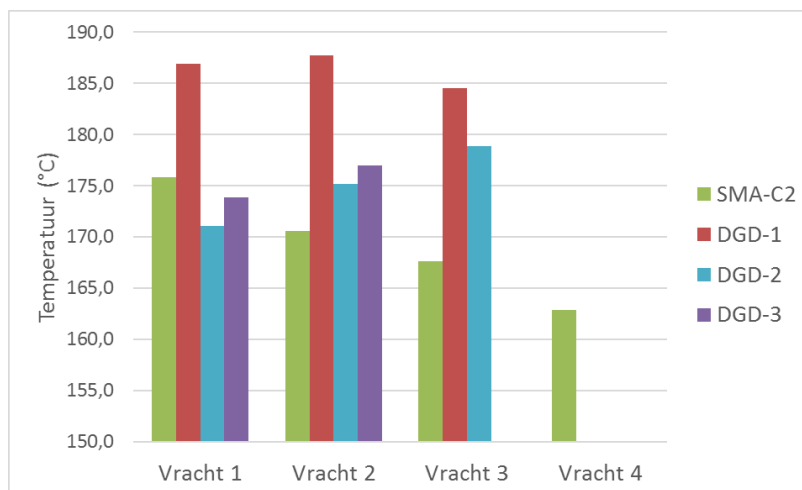
Hierbij vallen een aantal zaken onmiddellijk op:

- Bij DGD-2 werd ervoor gekozen om meerdere, maar kleinere ladingen te gebruiken, die allen ruimschoots voldoen aan hun opgegeven minimumtemperatuur.
- De aanvoertemperatuur van 185 °C voor DGD-3 en DGD-5 wordt nooit gehaald, maar ze liggen allen ruim boven de 160 °C wat conform is aan de huidige voorschriften van het SB250 v3.1 (tussen 150 en 190 °C).



- Bij DGD-4 lag de temperatuur van de tweede lading veel te laag, omwille van een te kleine lading. Deze vrachtwagen werd uiteindelijk niet gebruikt, maar wat zou er gebeurd zijn zonder de extra controles?

Bij de tweede proeflocatie vallen er geen verdere opmerkingen te noteren, zie Figuur 4-5.



Figuur 4-5 Met een steekthermometer gemeten asfalttemperaturen voor de Zandvlietse Dorpstraat [6]

### Temperatuurssonden [13]

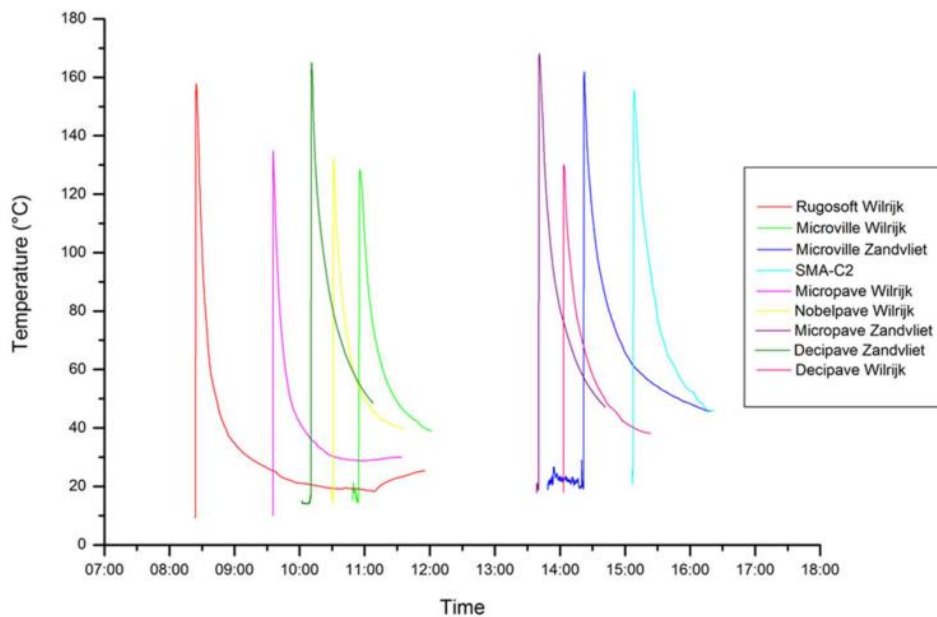
In elk proefvak werd een thermokoppel ingebouwd. Dit thermokoppel werd zodanig geplaatst dat de sensor zich op ongeveer de helft van de laagdikte bevindt. Aan de thermokoppels zat een datalogger die de temperatuur registreerde in functie van de tijd, zie onderstaande Tabel 4-2. [13]

Tabel 4-2 Temperatuurmetingen tijdens de aanleg [13 - Presentatie]

Proefvak	Maximum temperatuur	Tijd voor temp <90°C zakt	Tijd voor temp <50°C zakt	Omgevingstemperatuur bij aanleg
Rugosoft Wilrijk	155.4°C	7 minuten	19 minuten	9°C
Microville Wilrijk	128.4°C	7 minuten	33 minuten	12°C
Microville Zandvliet	161.9°C	16 minuten	87 minuten	19°C
SMA-C2 Zandvliet	155.4°C	16 minuten	58 minuten	21°C
Micropave Wilrijk	134.9°C	4 minuten	16 minuten	10°C
Nobelpave Wilrijk	132.2°C	6 minuten	29 minuten	12°C
Micropave Zandvliet	168.1°C	15 minuten	55 minuten	22°C
Decipave Zandvliet	165.0°C	14 minuten	53 minuten	12°C
Decipave Wilrijk	130°C	8 minuten	38 minuten	18°C

\* De posities van de sondes in het asfalt kunnen variëren

De (snelle) afkoeling wordt hieronder visueel voorgesteld in Figuur 4-6 [13 – Presentatie].



Figuur 4-6 Snelle afkoeling van de DGD na aanleg [13 – Presentatie]

De snellere afkoeling zorgt ervoor dat er minder tijd is alvorens de minimale verdichtingstemperatuur wordt bereikt. Dit kan dus leiden tot een slechtere verdichting en het sneller optreden van schade. Dit is de reden dat aangeraden wordt om geen DGD aan te leggen bij temperaturen < 10 °C. Ook de wind is geen onbelangrijke factor, en dient nauwlettend opgevolgd te worden tijdens de aanleg omwille van de snelle afkoeling van de DGD.

### IR-metingen

*Tijdens de aanleg werd de oppervlaktetemperatuur achter de spreidingsbalk opgevolgd d.m.v. een infraroodcamera. Er werden om de 10 m markeringen aangebracht op de stoep in de langsrichting van het proefvak. Ter hoogte van elke markering werd er door het OCW een IR-foto genomen en eventueel bijkomende foto's indien er zich onregelmatigheden voordeden. Er werd ter plaatse een lijst ingevuld met de nummers van de foto's, het tijdstip, de corresponderende X-coördinaten en eventueel opmerkingen van de operator van de IR-camera.*

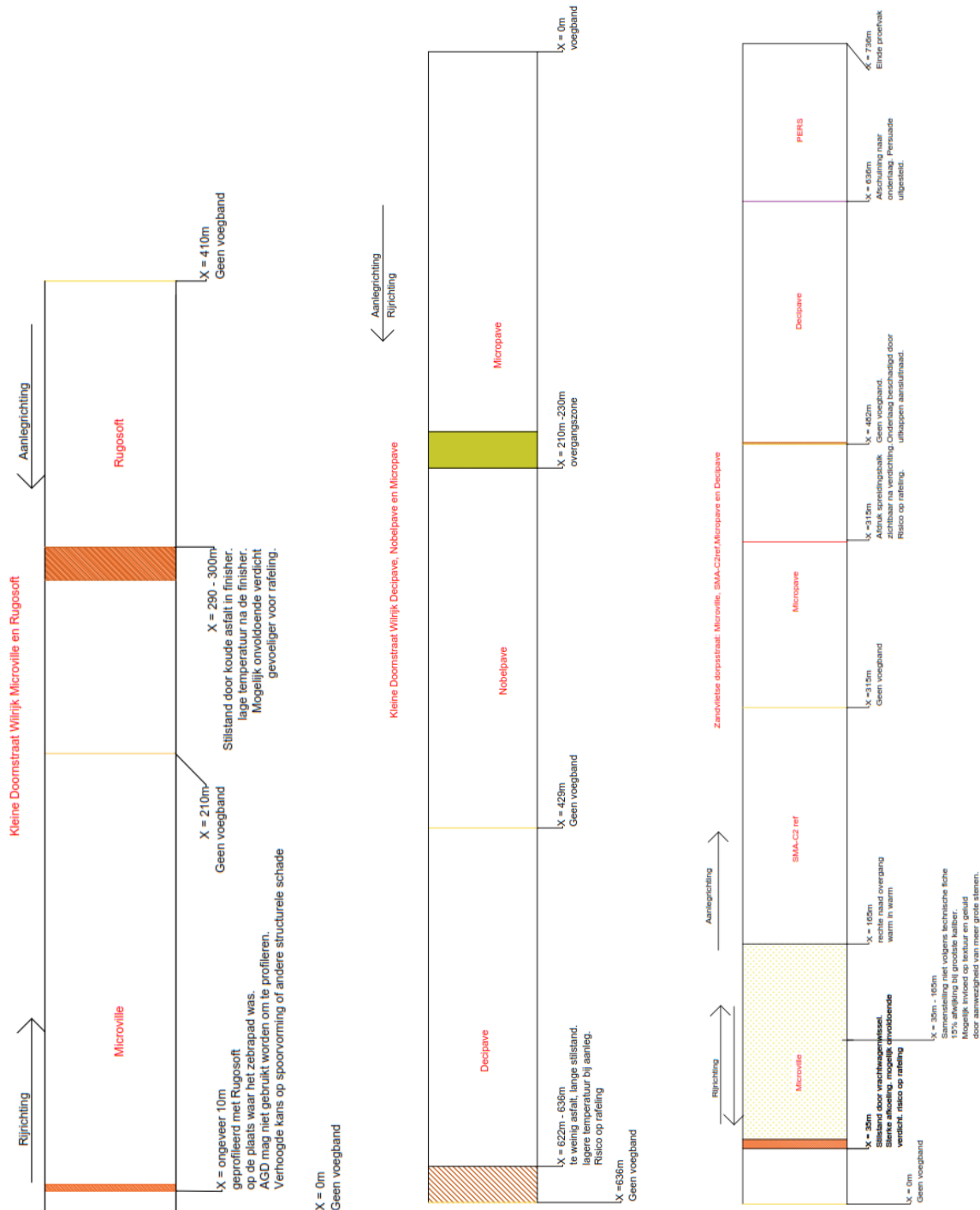
*Alle foto's werden genomen met een vaste temperatuurschaal. Dit maakt het mogelijk om de foto's onmiddellijk visueel te vergelijken. Omwille van het grote aantal foto's is het praktisch niet mogelijk om al deze foto's in dit rapport te verwerken. Daarom werden de IR-beelden besproken tijdens een eerder gegeven presentatie. De foto's gemaakt door BAC kunnen opgevraagd worden bij het OCW. [13]*

De foto's genomen door EMIB werden verwerkt in de masterproef van Faruk Musovic [6] en zijn daar terug te vinden als digitale bijlagen, die opgevraagd kunnen worden bij EMIB-UAntwerpen.

Algemeen kan gesteld worden bij de aanleg van de diverse mengsels de minimum aanlegtemperatuur in alle gevallen behaald werd en dat er geen grote problemen gesignaleerd werden. Het spreekt voor zich dat bij stilstand van de asfaltfinisher, rond putdeksels, en bij begin en einde van een proefvak

(handwerk) lagere temperaturen of een grotere heterogeniteit van de temperatuur worden vastgesteld. Dit kan leiden tot een slechtere verdichting en eerdere schade (rafeling).

Op basis van alle metingen bij aanleg werden door BAC-OCW onderstaande schema's, zie Figuur 4-7, opgesteld waarop alle mogelijke aandachtspunten zijn samengevat. Indien op bepaalde locaties rafeling wordt vastgesteld bij een visuele controle kan dit dankzij deze analyses gekoppeld worden aan bepaalde gebeurtenissen bij de aanleg. Dit document is eveneens opgenomen als digitale bijlage 3c.



Figuur 4-7 Schema aandachtspunten na aanleg [B. Duerinckx – digitale bijlage 3c]

#### 4.2.6 Eindrapport Dura Vermeer BV

Zoals vermeld in § 4.1 heeft aannemer Dura Vermeer BV zelf een aantal metingen uitgevoerd, zoals een continue monitoring van het walsproces en de temperatuur van het aangelegde asfalt via een infrarood linescanner. Voor de resultaten van deze onderzoeken verwijzen we naar digitale bijlage 10.

Onderstaande Tabel 4-3 toont enkele kentallen van de door hen aangelegde proefmengsels.

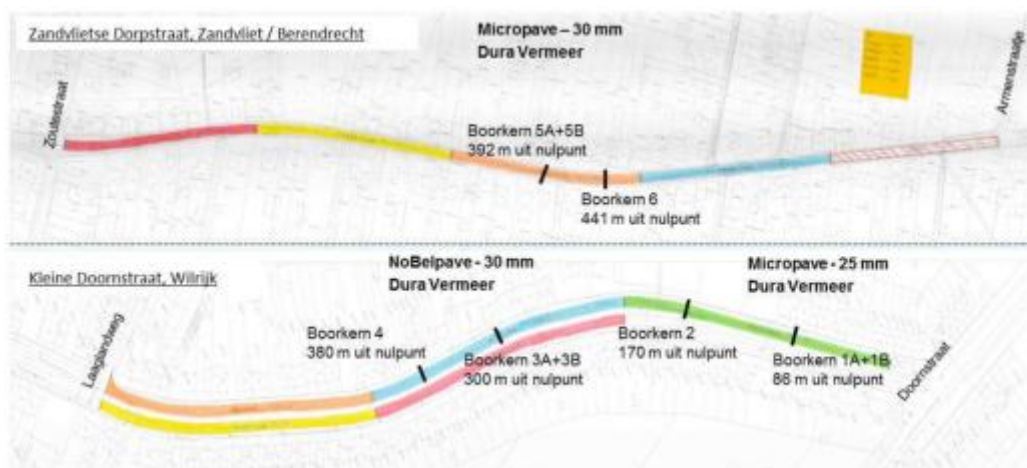
Tabel 4-3 Kentallen vrachten – verwerking asfalt [14]

Vracht nr	bonnr	kenteken voertuig	laadtijd APM Bergen op Z. (uur)	gewicht lading (kg)	APM extractie nr	Temperatuur lading in voertuig voorzijde (°C)	Temperatuur lading achterzijde (°C)	lostijd werk (uur)	verschil laden-lossen (uur)	Temp hopper na lossen (°C)	temperatuur achter balk locatie (m uit nulpunt)	tijdstip (uur)	temp (°C)
<b>Kleine Doornstraat - Wilrijk</b>			<b>Micropave-porfier (62001) - 25 mm</b>			<b>1212 m2 (na inmeting)</b>							
1	301064	BZ-HF-72	5.56	24040	1008	192	194	9.05	3.09	188	0	9.10	176
											50	9.24	170
										<u>meetpunt</u>	85		
2	301065	06-BBR-6	6.01	24140	nvt	190	187	9.30	3.29	176	100	9.37	168
											150	9.51	170
3	301067	BZ-VH-95	6.07	23.300	1013	188	188	9.56	3.49	176	200	10.04	168
<b>Totaalgewicht Micropave (kg)</b>				71480									
<b>Kleine Doornstraat - Wilrijk</b>			<b>NoBelpave-porfier (62008) - 30 mm</b>			<b>1211 m2 (na inmeting)</b>							
1	301068	BT-TL-10	6.18	28100	1009	190	184	10.12	3.54	173	210	10.12	169
											250	10.23	166
										<u>meetpunt</u>	300		
2	301069	25-BDR-3	6.24	27780	nvt	184	185	10.35	4.11	179	300	10.37	162
											350	10.51	155
3	301070	BV-VL-91	6.43	25.720	1016	185	186	10.58	4.30	177	400	11.05	157
<b>Totaalgewicht NoBelpave (kg)</b>				81600									
<b>Zandvlietse Dorpstraat - Berendrecht / Zandvliet</b>			<b>Micropave-porfier (62001) - 30 mm</b>			<b>830 m2 (na inmeting)</b>							
1	301106	BT-TL-10	12.22	28080	1014	181	184	13.30	1.08	177	15	13.37	157
											50	13.46	158
										<u>meetpunt</u>	76		
2	301107	25-BDR-3	12.24	26340	1015	185	190	13.56	1.32	171	100	14.01	157
											150	14.15	157
<b>Totaalgewicht Micropave (kg)</b>				54420									

Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat de tijd tussen laden en lossen in sommige gevallen > 4 uur bedroeg, maar dat dit weinig of geen impact had op de temperatuur van het asfalt bij het lossen.

De belangrijkste opmerkingen door Dura Vermeer geformuleerd, zijn hieronder samengevat. [14]

- De uitvoering van de proefvakken heeft onder goede weersomstandigheden kunnen plaatsvinden. De resultaten zijn in bijlage A (Proces) en bijlage B (Product) aangegeven.
- De aangebrachte laagdiktes geven wel een relatief hoge variatie. Punt van aandacht hierbij is de kwaliteit van de onderlaag. De onderlaag voorafgaande aan de aanleg bleek qua vlakheid en textuur niet ideaal. In bijlage A-9 zijn de bevindingen van de schouw voorafgaande aan de werkzaamheden aangegeven. De kwaliteit van de onderbaan heeft een grote invloed op de uiteindelijke kwaliteit en het gedrag van de dunne geluidsreducerende deklaag. Onvlakheden hebben gezorgd voor een relatief grote variatie in aangebrachte laagdikte. Via een beperkt aantal boorkernen, zie Figuur 4-8, is gebleken dat hierdoor de laagdikte van de DGD vrij grote verschillen vertoonde, gaande van 19 tot 35 mm voor een gewenste laagdikte van 25 mm, of slechts 19 tot 27 mm voor een gewenste laagdikte van 30 mm.



Figuur 4-8 Locaties van de onderzochte boorkernen [14 en digitale bijlage 10]

### 4.3 Labo-analyses

In onderstaande Tabel 4-4 [13] wordt een overzicht gegeven van de afwijkingen qua korrelverdeling tussen de technische fiches die op voorhand aan de opdrachtgever werden bezorgd en analyses op bulkmonsters. Afwijkingen hierin zijn te verwachten, maar in bepaalde gevallen zijn de verschillen groter dan verwacht.

*De analyses van de bulkmonsters werden uitgevoerd volgens NBN EN 12697-2: Bitumineuze mengsels – beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt – deel 2: Bepaling van de deeltjesgrootteverdeling. De korrelverdelingen, bepaald op de bulkmonsters, worden vergeleken met deze opgegeven in de technische fiches. Indien men een controle wenst uit te voeren volgens Tabel 6-2-20 van het SB250, dient er in acht genomen te worden dat hiervoor minimum 3 verschillende monsters geanalyseerd moeten worden.*

Tabel 4-4 Korrelverdelingsanalyses uitgevoerd door BAC (OCW) [13]

	Rugosoft Wilrijk	Microville Wilrijk	Microville Zandvliet	SMA-C2 Zandvliet	Micropave Wilrijk	Nobelpave Wilrijk	Micropave Zandvliet	Decipave Zandvliet	Decipave Wilrijk
Zeef (mm)	% verschil	% verschil	% verschil	% verschil	% verschil	% verschil	% verschil	% verschil	% verschil
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	-2.6	2.9	**	**	**	**	**
6.3	0.0	-1.8	-14.7	-2.8	**	**	**	**	**
4	3.7	-1.8	-1.3	2.2	-4.5	-3.3	-4.7	-3.5	-4.2
2	4.6	2.0	2.4	0.7	1.5	4.5	1.2	-0.7	2.6
1	2.8	1.8	2.5	0.0	**	**	**	**	**
0.5	1.5	2.3	3.2	-0.2	1.0	2.2	1.7	-2.3	2.6
0.25	1.1	2.3	3.1	0.1	**	**	**	**	**
0.125	0.8	1.9	2.5	0.2	**	**	**	**	**
0.063	1.9	2.6	3.2	0.8	0.4	0.5	-0.1	-1.3	-0.6

*De afwijking die gevonden werd in het staal van Microville Zandvliet kan gevolgen hebben voor de geluidsreductie van het aangelegde vak. Er zijn aanzienlijk meer stenen van het grootste kaliber aanwezig in het mengsel. Dit kan een invloed hebben op de textuur van het aangelegde proefvak waardoor de geluidsreductie lager kan liggen.*

*Voor de Nederlandse mengsels kon er alleen een vergelijking gebeuren op de overeenstemmende karakteristieke zeven.*

*De analyses betreffende het bindmiddelgehalte van de bulkmonsters werden uitgevoerd volgens NBN EN 12697-1: Bitumineuze mengsels – beproevingsmethoden voor warm bereid asfalt – deel 1: gehalte aan oplosbaar bindmiddel m.b.v. het automatisch extractietoestel.*

*De toegestane afwijking, uitgedrukt in massaprocent, van de individuele bindmiddelgehalten t.o.v. de goedgekeurde mengsels werden vergeleken door gebruik te maken van de Tabel 6-2-23 van het SB250. De maximale toegestane afwijking van het individuele analyseresultaat bedraagt  $\pm 0.8$  % van het bindmiddelgehalte dat opgegeven werd in de voorstudie (technische fiche).*

Tabel 4-5 Bepaling bindmiddelgehalten door BAC (OCW) [13]

Mengsel	Afwijking t.o.v. de technische fiche (%)
Rugosoft Wilrijk	- 0.1
Microville Wilrijk	- 0.4
Microville Zandvliet	- 0.3
SMA-C2 Zandvliet	0.0
Micropave Wilrijk	- 0.3
Nobelpave Wilrijk	- 0.2
Micropave Zandvliet	- 0.2
Decipave Zandvliet	0.0
Decipave Wilrijk	- 0.8

*Alle bindmiddelgehalten, zie Tabel 4-5, voldoen aan de technische fiches volgens de criteria beschreven in Tabel 6-2-23 van SB250.*

Zelfs indien er geen afwijkingen worden gevonden, of er geen (zware) sancties aan worden gekoppeld, is het zeker een aanrader om als opdrachtgever steeds stalen te nemen en al dan niet onmiddellijk te laten analyseren. Een mindere akoestische kwaliteit of kortere levensduur kan zo mogelijk gekoppeld worden aan afwijkingen t.o.v. de technische fiche. Indien er geen controle van de temperatuur bij levering of staalname zou gebeurd zijn, zijn we er sterk van overtuigd dat minimaal één of zelfs twee minderwaardige vrachten effectief gebruikt zouden zijn. Door de extra controles werden deze nu effectief onderschept en afgevoerd door de aannemer.

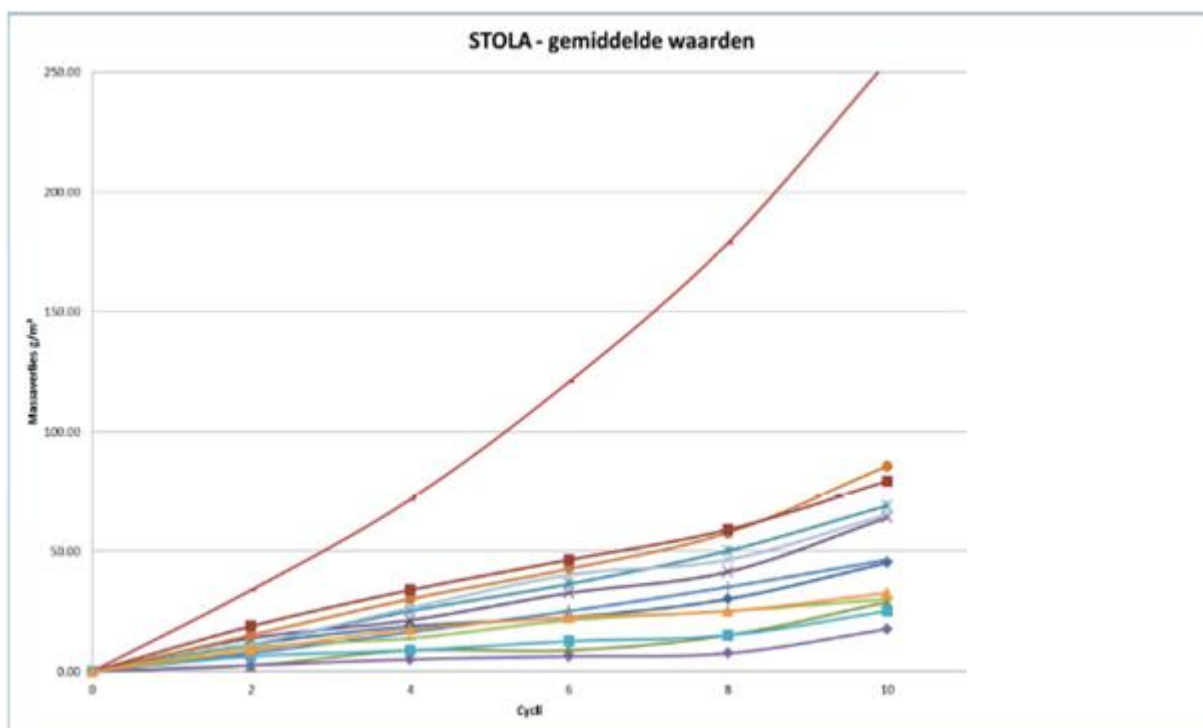
Als laatste labo-onderzoek werden door BAC-OCW eveneens rafelingstesten uitgevoerd [13 – Presentatie].

*Hierbij wordt bulkmateriaal terug opgewarmd, waarna proefstukken van 26x26 cm met een dikte van 3 cm worden gemaakt. De proefstukken worden vervolgens geconditioneerd bij 25 °C en onderworpen aan 10 cycli m.b.v. de “Darmstadt Scuffing Device”, zie onderstaande Figuur 4-9.*



Figuur 4-9 Het Darmstadt Scuffing Device bij BAC (OCW) voor het uitvoeren van de rafelingsproeven [13 – Presentatie]

De hoeveelheid losgekomen materiaal wordt gewogen en uitgezet in functie van het aantal cycli. Elke curve is het gemiddelde van de resultaten van de twee proefstukken die uit dezelfde plaat zijn verzaagd. Momenteel bedraagt de grens voor dit materiaalverlies 300 g/m<sup>2</sup> wat door alle mengsels ruimschoots wordt gehaald, zie Figuur 4-10. Enkel het tweede resultaat van het mengsel DGD-2 vertoont een aanzienlijk hogere waarde, wat momenteel niet verklaard kan worden.



Figuur 4-10 Rafelings testen: gecumuleerde materiaalverlies in functie van het aantal belastingcycli bij 25°C [13 – Presentatie]

Het feit dat alle mengsels ruimschoots voldoen aan de eis qua rafeling viel te verwachten, aangezien tijdens de aanbestedingsprocedure enkel (semi-) dichte DGD geselecteerd werden die al een aanzienlijke levensduur (> 7 jaar) en lage rafelingsgevoeligheid aangetoond hadden.

#### 4.4 Deelconclusies en aanbevelingen aanleg

In het plan van aanpak van de diverse aannemers wordt aangegeven dat een DGD dient aangelegd te worden bij **droog weer** en bij **temperaturen > 10 °C**. Dit begrenst natuurlijk de toepassing tot een deel van het jaar. Er dienen verder duidelijke afspraken gemaakt te worden hoe men gaat reageren als op de dag van de aanleg niet voldaan wordt aan de vooropgestelde weersomstandigheden. Ook de wind is geen onbelangrijke factor, en dient nauwlettend opgevolgd te worden tijdens de aanleg omwille van de snelle afkoeling van de DGD.

De **kwaliteit van de onderlaag**, vooral qua vlakheid, speelt een grote rol, omdat eventuele hoogteverschillen nauwelijks door de dunnere toplaag opgevangen kunnen worden. Hier dient men dus zeker voldoende aandacht aan te besteden. Door Dura Vermeer BV werden zowel voor de bestaande onderlaag in Wilrijk als de nieuwe onderlaag in Zandvliet opmerkingen rond de vlakheid geformuleerd. Onvlakheden hebben gezorgd voor een relatief grote variatie in aangebrachte laagdikte, zoals aangetoond via boorkernonderzoek. Dit kan de uiteindelijke kwaliteit en het akoestisch gedrag van de DGD negatief beïnvloeden.

Een zeer belangrijk aspect bij de aanleg van de DGD is de **kleeflaag** waarmee de DGD verbonden wordt met de al aanwezige onderlaag. Hierbij is het belangrijk dat de kleeflaag voldoende tijd heeft gehad om te “breken” (tussen 20 minuten en een uur, o.a. afhankelijk van de weersomstandigheden), vooraleer het werfverkeer erover rijdt. Een tweede belangrijk aspect is de hoeveelheid van de kleeflaag. In het bestek werd een **minimale hoeveelheid residuaal bindmiddel van 300 g/m<sup>2</sup>** gevraagd en bij een bestaande onderlaag (gefreest) adviseren wij een hoeveelheid van **500 g/m<sup>2</sup>**. Tijdens het aanbrengen dient ook aandacht worden besteed aan de sproeiwagen om te vermijden dat bepaalde sproeikoppen verstopt zouden zijn.

Tussen de verschillende proefvakken werden in een beperkt aantal gevallen voegbanden aangebracht en op een aantal plaatsen is de scheidingslijn tussen de verschillende mengsels moeilijk terug te vinden. Het is aan te raden om steeds een **voegband** aan te brengen wanneer tegen een “koud” mengsel wordt aangewerkt.

Een volgend belangrijk aspect is het **vermijden van stilstand** van de asfaltfinisher. Bij een langere stilstand zal het asfalt teveel afkoelen, waardoor ook weer een goede verdichting verhinderd wordt en daar mogelijk rafeling zal ontstaan. Het is aan te raden ervoor te zorgen dat er voldoende asfalt aanwezig is op de werf alvorens de aanleg te starten.

Omdat DGD met een beperktere dikte (25 – 30 mm) worden aangelegd, **koelen ze aanzienlijk sneller af** vergeleken met een SMA-C2 (standaard 40 mm). Hierdoor is het tijdvenster waarin het mengsel optimaal verdicht kan worden aanzienlijk korter. Dit tijdvenster wordt natuurlijk ook beïnvloed door de omgevingstemperatuur en eventuele zonnestraling, zie Tabel 4-2. Het is onze aanbeveling om **duidelijke afspraken** te maken qua minimale aanvoer-, verwerkings- en verdichtingstemperatuur, gebaseerd op de ervaringen van de aannemer in kwestie. Voor de minimale verwerkingstemperatuur adviseren wij op basis van de literatuur een waarde van 130 °C (op te nemen in het bijzonder bestek als afwijking t.o.v. het SB250 v3.1). Het is uitermate belangrijk dat deze temperaturen **door een werftoezichter gecontroleerd worden**, met bijvoorbeeld een eenvoudige steekthermometer, zowel in de vrachtwagen, als vlak na de finisher. Op deze manier is één van de vrachten onderschept en teruggestuurd naar de centrale.



Via de uitgebreide **infraroodmetingen** kan besloten worden dat bij de aanleg van de diverse mengsels de minimum verwerkingstemperatuur in alle gevallen behaald werd en dat er geen grote problemen gesignaleerd werden. Het spreekt voor zich dat bij stilstand van de asfaltfinisher, rond putdeksels, en bij begin en einde van een proefvak (**handwerk**) lagere temperaturen of een grotere heterogeniteit van de temperatuur worden vastgesteld. Dit kan leiden tot een slechtere verdichting en eerdere schade (rafeling).

De uitgebreide opvolging van de aanleg, met diverse temperatuurmetingen en observaties, heeft ertoe geleid dat een document opgesteld kon worden door BAC-OCW met alle mogelijke aandachtspunten, zie Figuur 4-7 en als digitale bijlage. Zulk document is zeer nuttig om te gebruiken bij verdere visuele controles om zo bepaalde optredende schadefenomenen te kunnen verklaren en hieruit belangrijke lessen te trekken.

Zelfs indien er geen afwijkingen worden gevonden, of er geen (zware) sancties aan worden gekoppeld, is het zeker een aanrader om als opdrachtgever steeds **stalen te nemen** en al dan niet onmiddellijk te laten **analyseren**. Een mindere akoestische kwaliteit of kortere levensduur kan zo mogelijk gekoppeld worden aan **afwijkingen t.o.v. de technische fiche**. Over het algemeen voldoen de meeste analyses, uitgevoerd door BAC-OCW, aan de eisen gesteld door het SB250<sup>14</sup>, maar zijn er in een beperkt aantal gevallen toch grotere afwijkingen gevonden die verschillen qua akoestische kwaliteit of textuur kunnen verklaren.

Bovenstaande aanbevelingen en aandachtspunten bieden een antwoord op deelonderzoeksvraag 4 uit § 2.1 rond de randvoorwaarden bij aanleg.

Als laatste werden door BAC-OCW **rafelingstests** uitgevoerd op bulkmateriaal verzameld tijdens de werken. Alle mengsels voldoen hier aan de huidige grens van 300 g/m<sup>2</sup> materiaalverlies. Het feit dat **alle mengsels ruimschoots voldoen aan de eis qua rafeling** viel te verwachten, aangezien tijdens de aanbestedingsprocedure enkel (semi-) dichte DGD geselecteerd werden die al een aanzienlijke levensduur (> 7 jaar) en lage rafelingsgevoeligheid aangetoond hadden (deelonderzoeksvraag 2a uit § 2.1).

Verder onderzoek is nodig om na te gaan of de huidige grenswaarde streng genoeg is, of de huidige testmethode toelaat om voldoende verschil tussen mengsels te observeren, en wat de invloed is van het heropwarmen van bulkmateriaal vergeleken met het maken van proefplaten van nieuw materiaal.

---

<sup>14</sup> In dit onderzoek werd telkens maar één staal geanalyseerd i.p.v. minimaal 3 volgens Tabel 6-2-20 van het SB250 v3.1.

## 5 Visuele controles

Dit hoofdstuk is gebaseerd op het “Eindrapport omtrent de monitoring van dunne geluidsreducerende deklagen in een stedelijke omgeving”, opgesteld door Ben Duerinckx, BAC-OCW. [15]

*Dit eindrapport steunt op het rapport (ref: BAC/3757) van 12/12/2016, aangevuld met de bevindingen van de twee inspecties die uitgevoerd werden in 2017.*

*De toestand van de dunne geluidsreducerende deklagen (DGD) werd gemonitord door tweemaal per jaar een visuele inspectie uit te voeren. Het OCW heeft in 2016 op 11/05/2016 en 22/11/2016 een inspectie uitgevoerd. In 2017 werden de proefvakken opnieuw geïnspecteerd op 30/03/2017 en 13/10/2017. Tijdens deze monitoring werden de verschillende proefvakken onderworpen aan een grondige visuele inspectie op schadebeelden met de nadruk op rafeling.*

### 5.1 Kleine Doornstraat te Wilrijk [15]

*De proefvakken in de Kleine Doornstraat werden geïnspecteerd gaande vanaf het kruispunt met de Laaglandweg richting de Doornstraat voor de proefvakken “Microville” en “Rugosoft”. Voor “Micropave”, “Nobelpave” en “Decipave” werd er gewerkt vanaf de Doornstraat richting het kruispunt met de Laaglandweg.*

#### 5.1.1 Microville

Het proefvak toonde van bij de eerste inspectie een zekere rafeling in de eerste 30 m, die stelselmatig is toegenomen. Ter hoogte van het eerste zebrapad was de rafeling het ergst, zie Figuur 5-1, maar ondertussen is er ook rafeling opgetreden aan het eerste keerpunt en sinds de inspecties in 2017 lichte rafeling in de wielsporen.



Figuur 5-1 Rafeling op het proefvak Microville [B. Duerinckx – 15]

#### 5.1.2 Rugosoft

*De overgangснаad was licht gerafeld bij de eerste inspectie in 2016.*

*In het proefvak Rugosoft is er een keerpunt in de middenberm. Dit is een zone waar er geen parkeerstrook is in het midden van de rijweg en waar de auto's komende van de Doornstraat kunnen keren. De zone ter hoogte van dit keerpunt was al zwaar gerafeld bij de eerste inspectie in 2016 (grote tangentiële krachten van de draaiende wielen en van de optrekkende voertuigen).*



Figuur 5-2 Rafeling op het proefvak Rugosoft [B. Duerinckx – 15]

Ook hier neemt de rafeling toe in de tijd, en treedt er rafeling op in de wielsporen.

### 5.1.3 Micropave

*Er werd geen rafeling vastgesteld in het “Micropave” proefvak in 2016. Er werden van bij het begin verschillende afdrukken van de spreidingsbalk van de finisher opgemerkt.*

*Tijdens de laatste inspectie op 13/10/2017 werden er ter hoogte van de parkeerstrook in het midden een zevental wringplekken opgemerkt, zie Figuur 5-3. Deze waren vermoedelijk afkomstig van bestuurders die achterwaarts uit de parkeerstrook zijn gereden en dan de wielen rechtgezet hebben terwijl ze stil staan (stilstaand wringend verkeer).*



Figuur 5-3 Lichte rafeling (wringplekken) op het proefvak Micropave [B. Duerinckx – 15]

*In de overgangszone naar de Nobelpave (op 226 m t.o.v. de start van het proefvak) werd er tijdens de tweede inspectie in 2016 een verzakking, zie Figuur 5-4, opgemerkt naast een riooldeksel aan de linker kant van de weg. Deze verzakking bleef aanwezig zonder verdere evolutie in 2017.*



**Figuur 5-4** Lichte verzakking de overgangszone tussen Micropave en Nobelpave [B. Duerinckx – 15]

#### 5.1.4 Nobelpave

*In dit proefvak werden er tijdens de inspectie van 11/05/2016 enkele lokale zones met lichte rafeling opgemerkt. Het oppervlak toonde een meer open aspect rond de riooldeksels, zie Figuur 5-5.*



**Figuur 5-5** (links) lichte rafeling op het proefvak Nobelpave – (rechts) open aspect rond de riooldeksels [B. Duerinckx – 15]

*Tussen 286 m en 292 m was er een zone licht gerafeld in het midden van het rijvak en in het linkerwielspoor, zie Figuur 5-6. Deze zone bleef relatief stabiel in 2017. Er was weinig evolutie zichtbaar.*



Figuur 5-6 Evolutie van de lichte rafeling in het proefvak Nobelpave (links) 2016 – (rechts) 2017 [B. Duerinckx – 15]

### 5.1.5 Decipave

In mei 2016 werden er twee ronde wringplekken opgemerkt. Deze werden vermoedelijk veroorzaakt door manoeuvres van stilstaande voertuigen. Er werden tijdens diezelfde inspectie een tiental schadegevallen door impact genoteerd. Deze schadebeelden bevonden zich in het fietspad, zie Figuur 5-7.



Figuur 5-7 Schade ter hoogte van het fietspad in het proefvak Decipave [B. Duerinckx – 15]

Bij de laatste inspectie in 2017 werden er twee lokale herstellingen in het fietspad genoteerd, zie Figuur 5-8. De reden van de uitvoering van deze herstellingen is voor ons onbekend.



Figuur 5-8 Lokale herstellingen in het fietspad in het proefvak Decipave [B. Duerinckx – 15]

## 5.2 Zandvlietse Dorpstraat te Zandvliet [15]

*In Zandvliet werden de proefvakken geïnspecteerd gaande van het verhoogde kruispunt met de Zoutestraat richting het sportcentrum aan het Armenstraatje.*

### 5.2.1 Microville

*De aansluiting met het verhoogde kruispunt werd vernieuwd tussen de inspectie van mei en november 2016. Er werd ongeveer één meter asfalt vervangen in de dwarsrichting om een goede aansluiting te maken tussen de bestaande verharding en het verhoogde kruispunt. Het beginpunt blijft de overgang tussen de drempel en de nieuwe asfaltstrook.*

*Tijdens de laatste inspectie van 2017 werd er vastgesteld dat er vanaf 39 m tot het einde van het proefvak (dit betekent vanaf de tweede vrachtwagen tijdens de uitvoering van de werf) veel meer witte stenen zichtbaar waren dan in het eerste deel van het proefvak, zie Figuur 5-9. De bitumenfilm was afgesleten en de granulaten van het mengsel werden zichtbaar. Dit verklaart waarschijnlijk de afwijkende korrelverdeling die gevonden werd tijdens de analyse van de stalen.*



**Figuur 5-9** Afgesleten bitumenfilm en zichtbare granulaten in het proefvak Microville [B. Duerinckx – 15]

*Tussen 20 m en 40 m werd er rafeling vastgesteld over de volledige breedte van het proefvak, zie Figuur 5-10.*



**Figuur 5-10** Rafeling over de volledige breedte van het proefvak Microville [B. Duerinckx – 15]

*Op 80 m werd er tijdens de inspectie van november 2016 een verzakking waargenomen die overeenkomt met een kernboring uit de onderlaag. In november 2016 werden er ook enkele indeukingen vastgesteld die afkomstig zijn van statische puntlasten (containers).*

### 5.2.2 SMA-C2 (referentie)

*Ter hoogte van huisnummer 38-1 bevindt zich een inrit voor vrachtwagens. De textuur, in de directe omgeving van de inrit, was in 2016 beduidend ruwer en er was sprake van lichte rafeling in de wielsporen. Geen verdere evolutie van de textuur zichtbaar in 2017.*

*Ter hoogte van huisnummer 46 werd er tijdens de eerste inspectie in 2016 een verzakking opgemerkt. Tijdens de tweede inspectie van 2016 werd hier een herstelling waargenomen, zie Figuur 5-11.*



**Figuur 5-11** Plaatselijke herstelling t.g.v. een verzakking in het proefvak SMA-C2 [B. Duerinckx – 15]

### 5.2.3 Micropave

*Bij de eerste inspectie in 2016 werd er rafeling waargenomen ter hoogte van verschillende opritten. De kleine ronde zones zijn afkomstig van wringende manoeuvres van stilstaande wagens. Deze wringplekken waren niet verder geëvolueerd in 2017, zie Figuur 5-12.*



**Figuur 5-12** Wringplekken ter hoogte van een oprit in het proefvak Micropave [B. Duerinckx – 15]

*Tijdens de inspectie op 30/03/2017 werd er een verzakking waargenomen van 5m bij 1.5m en dit ter hoogte van huisnummer 83. Bij de laatste inspectie op 13/10/2017 werd er een herstelling waargenomen op de plaats van de verzakking, zie Figuur 5-13 (links).*

*Ter hoogte van de overgangснаad was er bij de eerste inspectie een kleine zone van 8x3cm gerafeld in het midden van de rijweg. Deze gerafelde zone is stabiel gebleven in 2017, zie Figuur 5-13 (rechts).*



**Figuur 5-13 (links) plaatselijke herstelling in proefvak Micropave – (rechts) overgangснаad met rafeling [B. Duerinckx – 15]**

#### 5.2.4 Decipave

*Er werd geen rafeling of andere schade vastgesteld in 2016.*

*De aansluiting van de Zandvlietse Dorpstraat met het Berendrechts voetpad werd opnieuw uitgevoerd tussen 22/11/2016 en 30/03/2017. De klinkers werden weggenomen en er werd een nieuwe aansluiting voorzien van  $\pm 1$  m breed, zie Figuur 5-13.*



**Figuur 5-14 Aansluiting met het Berendrechts voetpad in het proefvak Decipave (links) bij aanleg – (rechts) plaatselijke herstelling [B. Duerinckx – 15]**

#### 5.2.5 SMA-D

*Er werd een SMA-D toplaag aangelegd op de laatste 100 m van de proefwerf. In deze zone zou initieel een PERS proefvak gelegd worden. De nieuwe toplaag werd in juni 2016 aangelegd. Het oppervlak toonde een open aspect rond het riooldeksel ter hoogte van het Suikervoetpad, zie Figuur 5-15.*





Figuur 5-15 Open aspect van de toplaag rond een riooldeksel in het proefvak SMA-D [B. Duerinckx – 15]

### 5.3 Deelconclusies visuele controles [15]

Naar aanleiding van de visuele inspecties kan er besloten worden dat:

- De meeste schadebeelden al aanwezig waren bij de eerste inspectie (6 maanden na aanleg).
- De meeste rafeling voorkomt op plaatsen met traag wringend of optrekkend verkeer.
- De rafeling toeneemt in de tijd.

De proefvakken met Microville en Rugosoft zijn beduidend meer gedegradieerd dan de andere vakken. Dit is tegenstrijdig met de resultaten van de rafelingsproeven die werden uitgevoerd bij het OCW op de verschillende mengsels (Zie proefrapport Ref: AS 7205/3184 van 21 april 2016). Beide mengsels zijn ook opgenomen in een ander proefproject dat door het OCW al meer dan 5 jaar wordt opgevolgd. In dit project leveren de mengsels uitstekende prestaties. **De omstandigheden bij aanleg en de uitvoering zelf, die verschillend waren voor beide projecten, blijken cruciaal te zijn voor de duurzaamheid van de aangelegde weg.**

Er kan worden opgemerkt dat veel schade wordt veroorzaakt door externe factoren zoals; impactschade, schade door werken aan huizen, verhuishagens, plaatsen van containers,... . De meeste rafeling komt voor op plaatsen die onderhevig zijn aan grote tangentiële krachten. Deze wringende krachten treden op in zones van veelvuldig optrekken en afremmen van voertuigen (o.a. ook bussen), aan afslagen naar zijstraten, in manoeuvrezones in en rond parkeerplaatsen en of aan keerpunten in een straat. Dit zijn veel voorkomende omstandigheden in een stedelijke omgeving.

**Daarom zal de toepassing van dit type van mengsels, die meer rafelingsgevoelig zijn dan klassieke toplagen, in een stedelijke omgeving goed moeten worden afgewogen.** Dit zal uiteindelijk samen met de eventuele voordelen van o.a. de geluidsreductie geëvalueerd moeten worden.

Bovenstaande conclusies zijn te koppelen aan volgende deelonderzoeksvragen uit § 2.1:

- deelonderzoeksvraag 2 (impact van de tijd/schade op de oppervlakkenmerken)
- deelonderzoeksvraag 4 (invloed van de kwaliteit bij aanleg op eventuele schade in de tijd)
- deelonderzoeksvraag 6 (toepasbaarheid van DGD in een stedelijke omgeving).

## 6 Meetresultaten

De proefvakken worden na aanleg verder gemonitord aan de hand van verschillende metingen, namelijk: CPX-, SPB-, textuur-, rolweerstand- en stroefheidsmetingen. Deze metingen worden gedaan om de prestaties van de proefvakken te controleren na aanleg, maar nog belangrijker om de evolutie in de tijd van al deze eigenschappen te onderzoeken. De resultaten van de geluidsmetingen worden eveneens vergeleken met de resultaten uit de bevragingen van de omwonenden (zie Hoofdstuk 7).

In de volgende paragrafen worden de verschillende resultaten verder toegelicht. Er wordt steeds een samenvatting gegeven en verwezen naar het originele document voor de volledige resultaten.

### 6.1 CPX [4]

Hierna wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van de CPX-metingen, zoals gerapporteerd in [4].

*De uitgevoerde CPX-meetcampagnes zijn terug te vinden in Tabel 1 van [4] (digitale bijlage 5c). CPX-metingen gebeurden tweemaal per jaar. Er werd gemeten met P1 en H1 referentiebanden aan een snelheid van 30 en 50 km/u. In de norm ISO 11819-2 over CPX-methode is enkel 50 km/u gedefinieerd als referentiesnelheid. Een meting bij 30 km/u werd uitgevoerd aangezien er in een typisch stedelijke omgeving vaak aan lagere snelheid wordt gereden.*

*De CPX-metingen werden uitgevoerd 1, 6, 12, 18 en 24 maanden na aanleg. Referentieverharding SMA-D werd pas 8 maanden later in juni 2016 aangelegd<sup>15</sup> terwijl alle andere vakken van oktober 2015 dateren. De meting van SMA-D bij 12 maanden is dus eigenlijk een meting van een wegdek 4 maanden na aanleg. Referentiemengsel AB-4C te Wilrijk is het deel van het bestaande wegdek dat behouden bleef.*

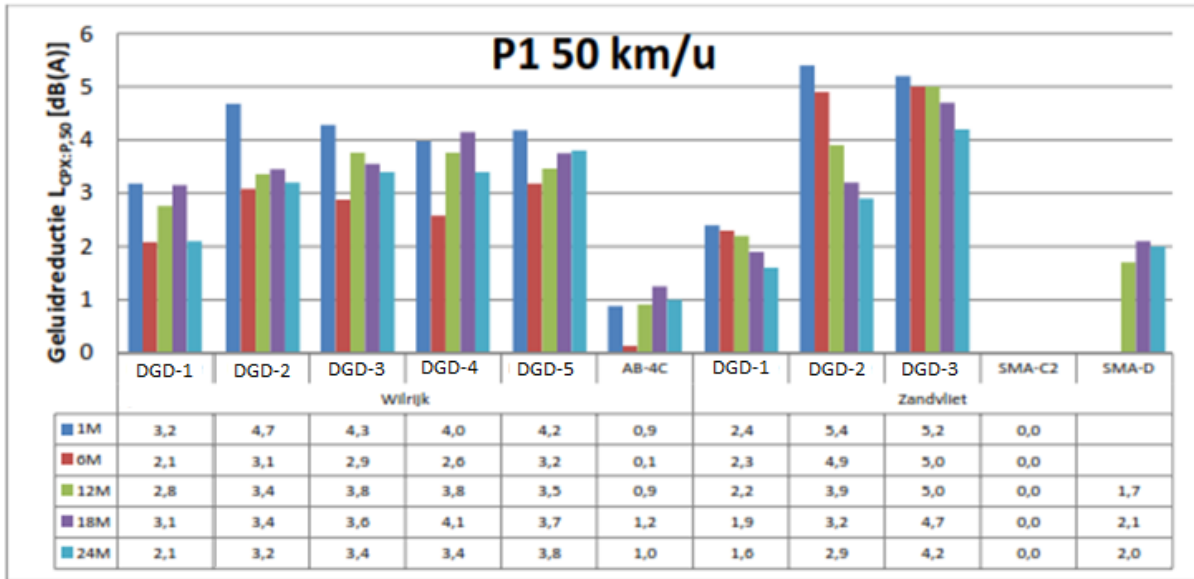
*De eerste meetcampagne te Zandvliet gebeurde in de rijrichting van de Zoutestraat naar het Armenstraatje. Uit praktische overwegingen en op basis van opgedane ervaringen, gebeurden alle meetcampagnes die volgden in de andere rijrichting van het Armenstraatje naar de Zoutestraat. Zones met riooldeksels werden à posteriori uit de analyses geknipt om te vermijden dat ze de bepaling van de akoestische kwaliteit van de wegdekken zouden beïnvloeden.*

#### 6.1.1 Resultaten bij 50 km/u

*Figuur 6-1 geeft de geluidsreducties voor de P1 band weer t.o.v. referentieverharding SMA-C2 met hetzelfde tijdsinterval. Initieel werden er geluidsreducties van 2,4 tot 5,4 dB(A) gemeten. Na de vermoedelijke nacompactatie en stabilisatie van de referentie 6 maanden na aanleg is de geluidsreductie nog 2,1 tot 5,0 dB(A).*

---

<sup>15</sup> In de plaats van het eerst voorziene PERS-proefvak.



Figuur 6-1 Overzicht geluidsreductie op basis van CPX-metingen met P1 band bij 50 km/u 1, 6, 12, 18 en 24 maanden na aanleg vergeleken met referentie SMA-C2 met hetzelfde tijdsinterval (met temperatuur- en hardheidcorrectie). [4]

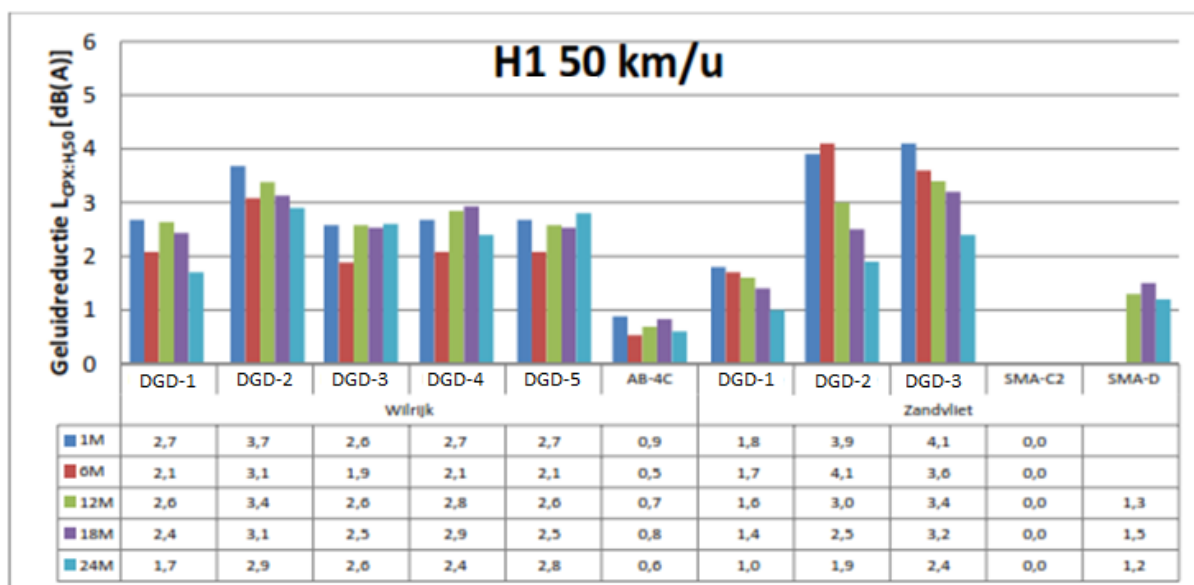
DGD-1 is de minst geluidsreducerende dunne deklaag in Wilrijk en in Zandvliet. Na 2 jaar is er nog 1,6 tot 4,2 dB(A) geluidsreductie te zien bij de verschillende dunne deklagen. Enkel de geluidsreductie van DGD-2 in Zandvliet lijkt noemenswaardig achteruit te gaan.

Initieel was DGD-2 in Zandvliet stiller dan in Wilrijk. Na de achteruitgang zijn de geluidsreducties gelijkaardig in Zandvliet en Wilrijk. Uit een analyse van een bulkmonster [13] blijkt dat de korrelverdeling van DGD-2 in Zandvliet afwijkt t.o.v. Wilrijk. In Wilrijk zijn er meer kleinere fracties aanwezig. Mogelijk zijn hierdoor in Wilrijk minder holten aanwezig dan in Zandvliet. De aanwezigheid van meer holten in Zandvliet kan leiden tot meer geluidsreductie. Met de tijd kunnen de holten verstopten waardoor de geluidsreductie afneemt.

DGD-1 in Wilrijk is stiller dan in Zandvliet. Dit is te wijten aan de korrelverdeling, zie Tabel 4-4 en [13], van de gebruikte mengsels. Uit een analyse van een bulkmonster bleek dat er in DGD-1 Zandvliet meer stenen aanwezig zijn van het grootste kaliber. Dit kan verklaren waarom de geluidsniveaus hoger zijn. Het is echter niet altijd duidelijk waarom dezelfde mengsels anders presteren in Wilrijk dan in Zandvliet. Zo is DGD-3 in Zandvliet ca. 1 dB(A) stiller dan in Wilrijk, hoewel zo'n verschil nauwelijks groter is dan de onzekerheid op de meting.

**Opmerking:** mogelijk kan dit te maken hebben met de kwaliteit van de onderlaag, zoals eerder aangehaald door één van de aannemers in par. 4.2.6 en digitale bijlage 10 [14]. Dit heeft o.a. als gevolg gehad dat in Wilrijk de nagestreefde dikte van de DGD niet overal gehaald werd.

Figuur 6-2 geeft de geluidsreducties voor H1 band weer t.o.v. referentieverharding SMA-C2 met hetzelfde tijdsinterval. Initieel werden er geluidsreducties van 1,8 tot 4,1 dB(A) gemeten. De maximaal bereikte geluidsreductie is dus ca. 1 dB(A) kleiner dan bij personenwagens.



Figuur 6-2 Overzicht geluidsreductie op basis van CPX-metingen met H1 band bij 50 km/u 1, 6, 12, 18 en 24 maanden na aanleg vergeleken met referentie SMA-C2 met hetzelfde tijdsinterval (met temperatuur- en hardheidcorrectie). [4]

DGD-1 is de minst geluidsreducerende dunne deklaag in Wilrijk en in Zandvliet. Na 2 jaar is er nog 1,0 tot 2,9 dB(A) geluidsreductie te zien bij de verschillende dunne deklagen. Enkel de geluidsreducties van DGD-2 en DGD-3 in Zandvliet lijken noemenswaardig achteruit te gaan.

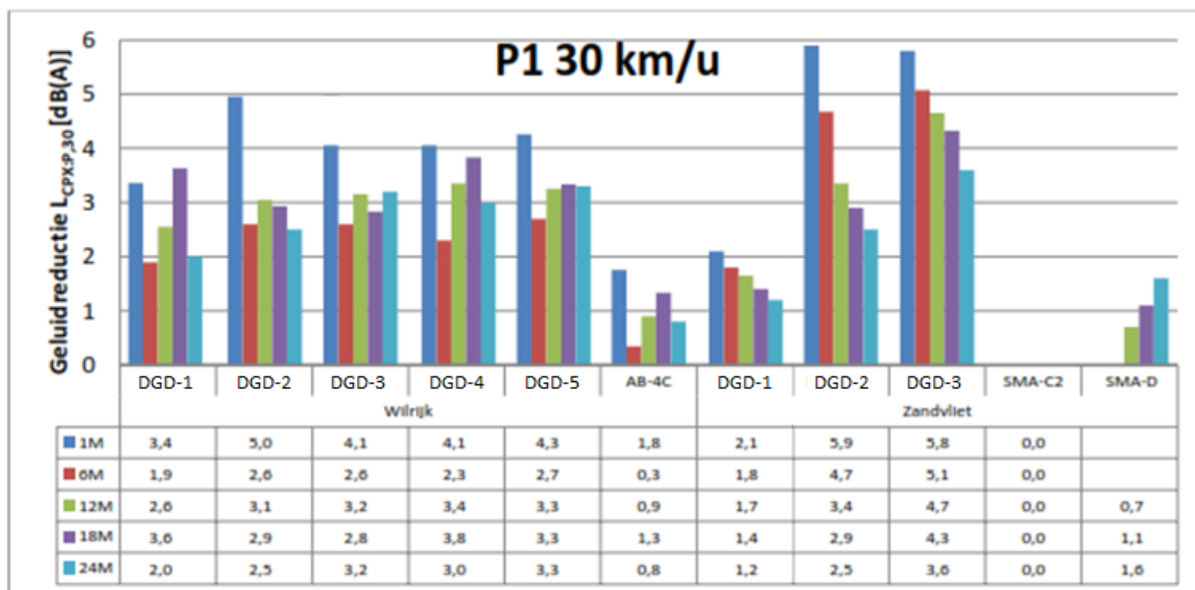
Initieel waren DGD-2 en DGD-3 in Zandvliet stiller dan in Wilrijk. Na de achteruitgang zijn de geluidsreducties gelijkaardig in Zandvliet en Wilrijk. De reden voor het verschil tussen DGD-3 Zandvliet en Wilrijk is niet duidelijk. Zoals al aangehaald bij de P1 metingen, is de verschillende korrelverdeling van DGD-2 Zandvliet t.o.v. Wilrijk wellicht de reden voor het verschil.

DGD-1 in Wilrijk is stiller dan in Zandvliet. Dit is te wijten aan de korrelverdeling [4] van de gebruikte mengsels. Uit een analyse van een bulkmonster bleek dat er in DGD-1 Zandvliet meer stenen aanwezig zijn van grootste kaliber. Dit kan verklaren waarom de geluidsniveaus hoger zijn.

### 6.1.2 Resultaten bij 30 km/u

Zoals al aangehaald, is een meting bij 30 km/u niet helemaal conform ISO norm 11819-2 aangezien 30 km/u er niet gedefinieerd wordt als referentiesnelheid.

Figuur 6-3 geeft de geluidsreducties voor de P1 band weer t.o.v. de referentieverharding SMA-C2 met hetzelfde tijdsinterval. Initieel werden er geluidsreducties van 2,1 tot 5,9 dB(A) gemeten. Na de vermoedelijke nacompactatie en stabilisatie van de referentie (die de piek bij de initiële metingen zou kunnen verklaren) 6 maanden na aanleg is de geluidsreductie nog 1,8 tot 5,1 dB(A). DGD-1 is de minst geluidsreducerende dunne deklaag in Wilrijk en in Zandvliet. Na 2 jaar is er nog 1,2 tot 3,6 dB(A) geluidsreductie te zien bij de verschillende dunne deklagen. Verdere bevindingen bevestigen de conclusies van de meetresultaten bij 50 km/u.



Figuur 6-3 Overzicht geluidsreductie op basis van CPX-metingen met P1 band bij 30 km/u 1, 6, 12, 18 en 24 maanden na aanleg vergeleken met referentie SMA-C2 met hetzelfde tijdsinterval (met temperatuur- en hardheidscorrectie). [4]

### 6.1.3 Deelconclusies CPX-metingen

Zelfs **24 maanden na aanleg** wordt de **nagestreefde geluidsreductie van 3 dB t.o.v. een SMA-C2** (voor auto's bij 50 km/u – P1-band) door het merendeel van de proefmengsels nog steeds **gehaald**, niettegenstaande het feit dat de nieuw aangelegde SMA-C2 verharding stiller is t.o.v. typische geluidsniveaus die worden opgemeten bij gelijkaardige SMA-verhardingen. Enkel DGD-1 voldoet hier niet aan.

Zoals te verwachten viel, liggen de geluidsreducties voor de H1-band (zware voertuigen) iets lager (ongeveer 1 dB). De absolute geluidsniveaus liggen 1 tot 2 dB hoger t.o.v. de P1-band. De H1-band is namelijk iets minder gevoelig voor de fijnere textuur van de DGD en moeilijker warm te rijden.

Analyses van de wegsegmenten per 20 m (par. 2.4 uit [4]) kunnen gekoppeld worden aan schadefenomenen die via visuele inspecties opgemerkt werden, of aan bepaalde gebeurtenissen tijdens de aanleg (opstartfase, stilstand finisher, ...). Met behulp van de gemeten geluidsspectra (par. 2.5 uit [4]) kan nagegaan worden in welk gebied van het geluidsspectrum de grootste wijziging in de tijd optreedt. Dit kan dan gekoppeld worden aan bepaalde geluidsmechanismen (bijv. air pumping) of schadefenomenen (rafeling, vulling van de holten) en vergeleken worden met de textuurspectra.

*CPX-metingen tonen over twee jaar een toenemende inhomogeniteit aan bij de DGD-1 en DGD-4 proefvakken te Wilrijk en die is te wijten aan beginnende rafeling. Globaal blijven de geluidsniveaus vrij stabiel over twee jaar. De drie mengsels die werden aangelegd op beide locaties, presteren anders in Zandvliet dan in Wilrijk. Bij DGD-1 en DGD-2 is dit verschil wellicht te verklaren door de verschillende korrelverdeling van de mengsels bij aanleg. Voor DGD-3 is de reden voor het verschil niet duidelijk. Volgens één van de aannemers kan de kwaliteit/effenheid van de onderlaag hier een mogelijke verklaring voor zijn.*

*De CPX-metingen bij 30 km/u bevestigen de bevindingen van de metingen bij 50 km/u.*

## 6.2 SPB

Hierna wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van de SPB-metingen, zoals gerapporteerd in [5] en aangevuld met de laatste resultaten.

Zoals eerder vermeld, bleek de Zandvlietse Dorpstraat door de dichte bebouwing niet geschikt te zijn voor de SPB-metingen. Een te kleine afstand van de gevels tot de as van de rijweg heeft tot gevolg dat niet aan de normen voldaan kan worden, zelfs niet met een backing board. Al de metingen werden in de Kleine Doornstraat te Wilrijk uitgevoerd door (master)studenten of onderzoekers van UAntwerpen, met onderstaande apparatuur van het OCW:

- radar-tachometer Kustom Signals KR10SP
- microfoon B&K 4189
- sonometer B&K 2260 Investigator

### 6.2.1 Metingen

De voormeting, die op 19-02-2015 gebeurde, werd op twee plaatsen uitgevoerd, zie ook Figuur 3-1. Het eerste punt (links) ligt in het aanleggebied, het tweede punt (rechts) ligt buiten het aanleggebied van de nieuwe DGD. Het gemiddelde van de twee punten werd als referentie genomen voor de vergelijking met de nametingen en bedroeg 70,7 dB(A). Het bestaande wegdek is een AB-4C. De voormetingen gebeurden conform de ISO-norm zonder backing board.

De eerste nameting vond in april 2016 plaats, ongeveer zes maanden na de aanleg. Deze metingen werden op zes plaatsen verricht, één meetpunt per proefvak. Alle metingen werden gedaan met een backing board. Om die reden werden in overeenstemming met de ISO-norm van de gemeten geluidsniveaus telkens 6 dB(A) afgetrokken.

De tweede nameting werd in september 2016 (11 maanden na de aanleg) uitgevoerd op dezelfde meetlocaties als de eerste nameting. Net als bij de eerste voormeting gebruikte men hier het backing board en dezelfde meetapparatuur.

De derde nameting vond plaats in februari 2017 (16 maanden na aanleg). Omwille van de afwijkende resultaten (andere, onervaren operator of verkeerde kalibratie) voor het bestaande wegdek AB-4C en proefmengsel DGD-3 werden deze metingen herhaald in oktober 2017 (24 maanden na aanleg). Verdere SPB-metingen staan gepland voor juni 2018.

### 6.2.2 Resultaten

In Tabel 6-1 wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten en hun 95 % betrouwbaarheidsintervallen.

Voor men tot de bespreking van de geluidsniveaus overgaat, kan men alvast opmerken dat de betrouwbaarheidsintervallen in de meeste gevallen zich bevinden tussen 0,3 en 0,5 dB(A). Het resultaat van DGD-2 bij de derde nameting heeft een iets grotere onzekerheid (onervaren operator). Het betrouwbaarheidsinterval bij de voormeting is eveneens hoger, maar dit is te wijten aan het feit dat dit het gemiddelde is van twee individuele meetpunten met hun eigen betrouwbaarheidsinterval.

**Tabel 6-1 Resultaten van de SPB-metingen uitgevoerd met Backing Board in de Kleine Doornstraat te Wilrijk**

<b>Lveh,cars [dB(A)] (95% Confidentie- interval)</b>	<b>AB-4C (ref.)</b>	<b>DGD-1</b>	<b>DGD-2</b>	<b>DGD-3</b>	<b>DGD-4</b>	<b>DGD-5</b>
Voormeting	70.7 (± 0.8)					
1 <sup>ste</sup> Nameting (+ 6 maanden)	71.0 (± 0.3)	67.2 (± 0.4)	66.2 (± 0.3)	67.2 (± 0.4)	67.1 (± 0.4)	65.3 (± 0.4)
2 <sup>de</sup> Nameting (+ 11 maanden)	70.6 (± 0.4)	67.1 (± 0.4)	66.2 (± 0.4)	68.1 (± 0.5)	67.6 (± 0.4)	65.9 (± 0.5)
3 <sup>de</sup> Nameting (+ 16 maanden)	67.9* (± 0.4)	68.4 (± 0.4)	67.4 (± 0.7)	70.6* (± 0.3)	67.8 (± 0.4)	66.5 (± 0.4)
Controlemeting* (+ 24 maanden)	71.4 (± 0.3)			68.0 (± 0.5)		

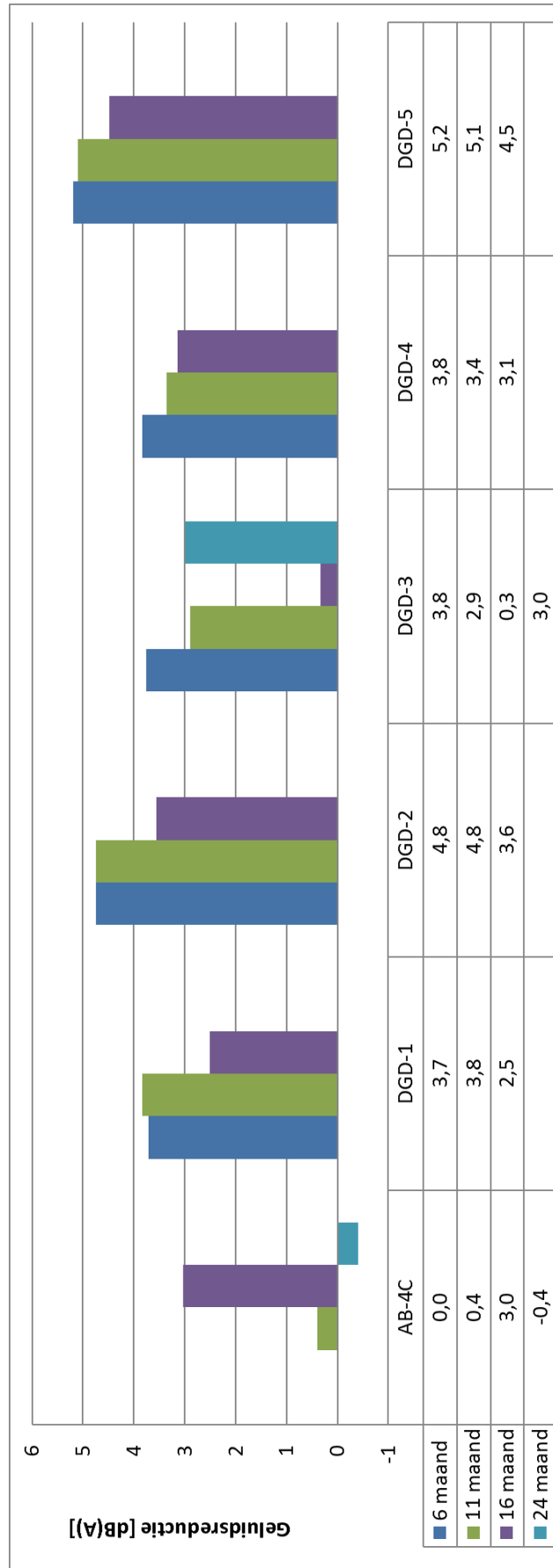
\* Omwille van de onzekerheid (onervaren operator) op deze resultaten werden deze opnieuw gemeten.

Dit geeft de volgende geluidsreductie, zie Figuur 6-4, t.o.v. het bestaande wegdek AB-4C in Wilrijk, dat volgens de CPX-resultaten, zie Figuur 6-1, ongeveer 1 dB stiller is dan de referentie SMA-C2 in Zandvliet. Als referentiewaarde is in dit geval steeds dezelfde waarde genomen voor de AB-4C, gemeten 6 maand na aanleg.

De waarden gemeten na 16 maand voor het referentiewegdek AB-4C en DGD-3 dienen genegeerd te worden. Vermoedelijk is dit te wijten aan een onervaren operator. Het is nl. onmogelijk dat het bestaande wegdek opeens 3 dB stiller is geworden.

Vergeleken met de resultaten van de CPX-metingen, zien we zeer gelijkaardige resultaten. DGD-2 heeft in eerste instantie één van de beste resultaten, vertoont een iets hogere achteruitgang, maar behoudt na 16 maand nog steeds de tweede hoogste geluidsreductie. DGD-3 en DGD-4 vertonen een gelijkwaardige geluidsreductie en DGD-1 presteert ook hier iets minder sterk. DGD-5 presteert bij de SPB-metingen duidelijk het beste, wat mogelijk te verklaren is door het iets hogere percentage holle ruimte (3 % meer holle ruimte volgens zowel de technische fiche als het uitgevoerde boornkernonderzoek door Dura Vermeer BV, zie bijlage B-3 in [14]) en de daaruit volgende geluidsabsorptie. Het effect van geluidsabsorptie is duidelijker bij een SPB-meting waar men langs de weg opmeet, dan bij CPX-metingen waarbij heel dichtbij de band en het wegdek wordt opgemeten. Door het hogere percentage holle ruimte verwachten we wel een iets kortere levensduur.

Algemeen beschouwd, zijn deze resultaten voor alle proefvakken heel positief. Indien we veronderstellen dat het referentievak AB-4C inderdaad ongeveer 1 dB(A) stiller is dan het SMA-C2 wegdek in Zandvliet, dan behalen alle proefvakken een geluidsreductie van 3.5 tot 5.5 dB(A).



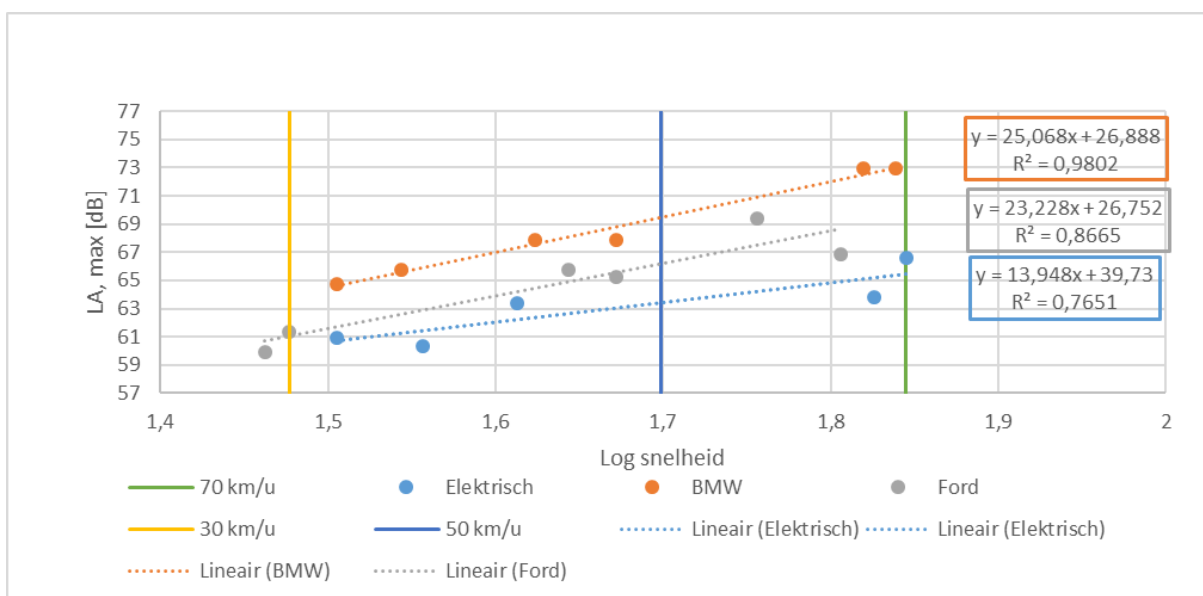
Figuur 6-4 Geluidsreductie t.o.v. referentiewegdek AB-4C in Wilrijk op basis van SPB-metingen met backing board



Verdere herhalingsmetingen in de toekomst zullen uitgevoerd worden om te achterhalen op welke termijn de proefvakken hun geluidsreductie verliezen, ten gevolge van bijv. rafeling.

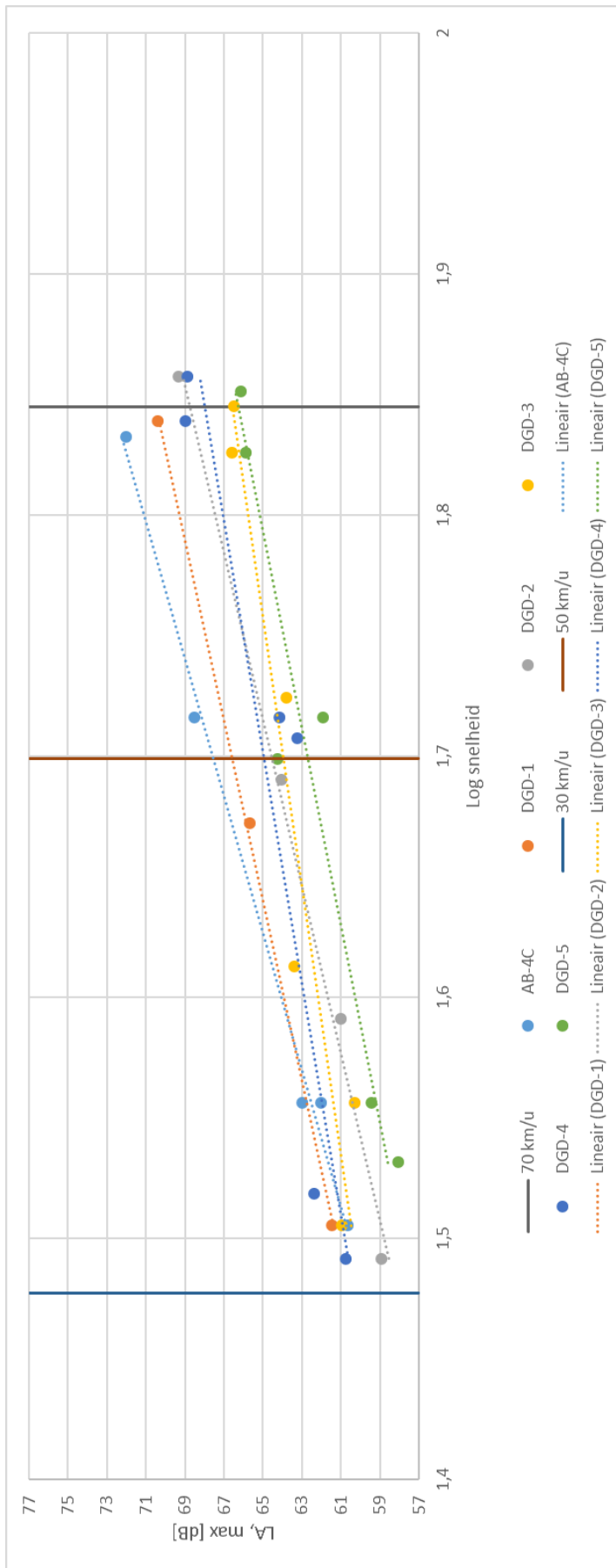
### 6.2.3 CPB

Zoals eerder vermeld in par. 2.2.2, werden ook zogenaamde CPB-metingen uitgevoerd [16]. Deze vonden plaats 16 maand na aanleg. Via deze resultaten kunnen vergelijkingen gemaakt worden per type voertuig op een bepaald wegdek, zie Figuur 6-5, of voor een bepaald voertuig per type wegdek. Er dient opgemerkt te worden dat de resultaten eveneens beïnvloed worden door de banden die op de voertuigen gemonteerd waren en dat de absolute geluidsniveaus anders zouden geweest zijn bij toepassing van andere bandensets. Toch zijn de auteurs van mening dat dit de ruimere bevindingen niet zou wijzigen.



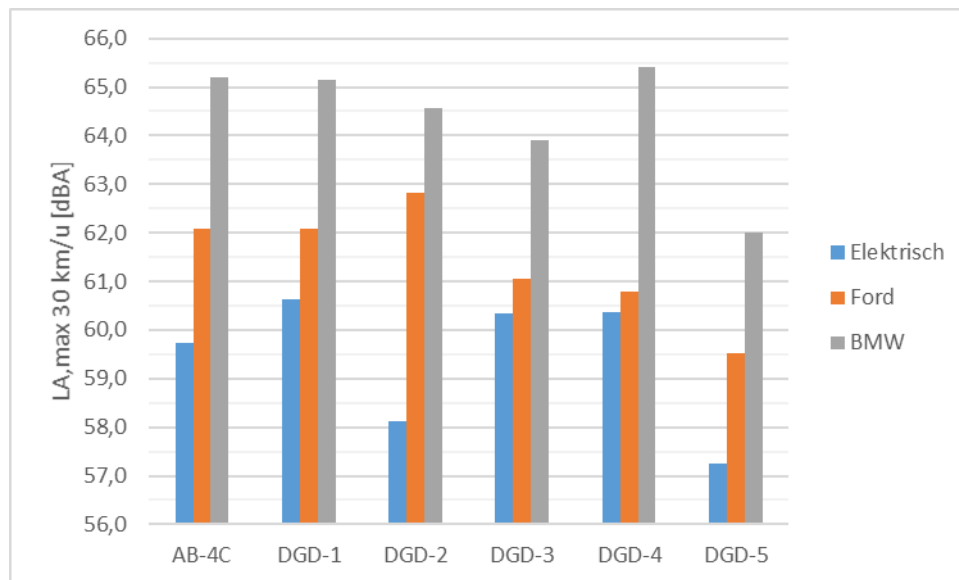
Figuur 6-5 CPB-meting op proefvak DGD-3 met drie verschillende voertuigen [16]

In bovenstaande Figuur 6-5 wordt aangetoond wat men ook kon verwachten. De zwaardere BMW is duidelijk luider dan de twee andere voertuigen, en het elektrisch voertuig is het stilst. Voor elke combinatie voertuig/wegdek werden een aantal passages opgemeten bij verschillende snelheden om zo regressierechten te kunnen opstellen. Dankzij het elektrisch voertuig, ter beschikking gesteld door Stad Antwerpen, kan het motorgeluid (quasi) uitgesloten worden, en kunnen de wegdekken onderling vergeleken worden qua rolgeluid (interactie band/wegdek), zie Figuur 6-6. Bij 50 km/u wordt dezelfde rangschikking verkregen als bij de SPB-metingen, nl. de meeste geluidsreductie voor DGD-5, gelijkaardige reducties voor DGD-2, DGD-3 en DGD-4, en de minste reductie voor DGD-1.



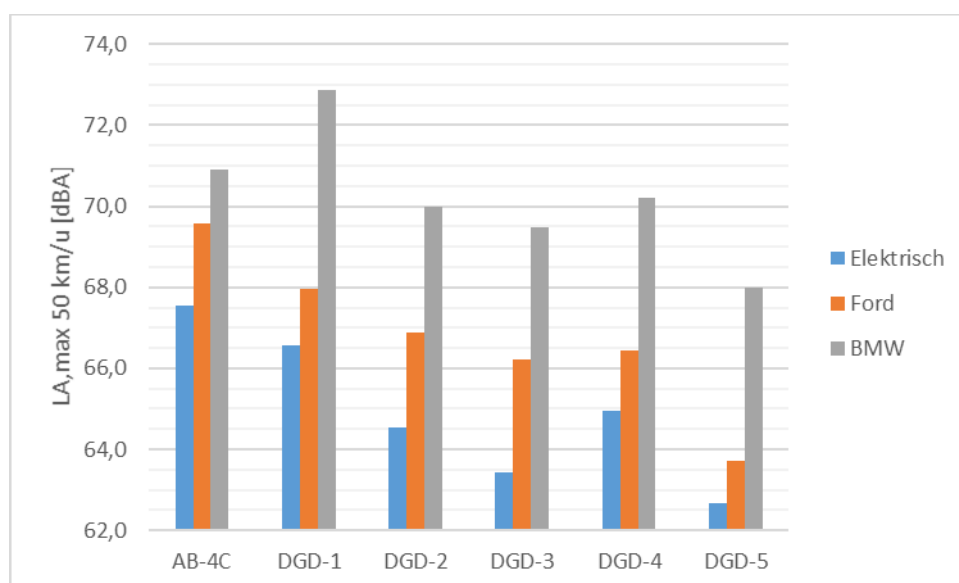
Figuur 6-6 Resultaten CPB-metingen voor het elektrisch voertuig (Volkswagen e-up) te Wilrijk [16]

Als laatste kunnen uit deze resultaten via de regressierechten voorspellende waarden worden berekend voor 30, 50 en 70 km/u, zie Figuur 6-7 t.e.m. Figuur 6-9. Hierbij is er wel een grotere onzekerheid op de resultaten bij 30 en 70 km/u omdat het moeilijker was om dichtbij deze gewenste snelheden te komen. Vooral bij 70 km/u kan de waarde overschat worden, door het hogere motorgeluid bij optrekken.



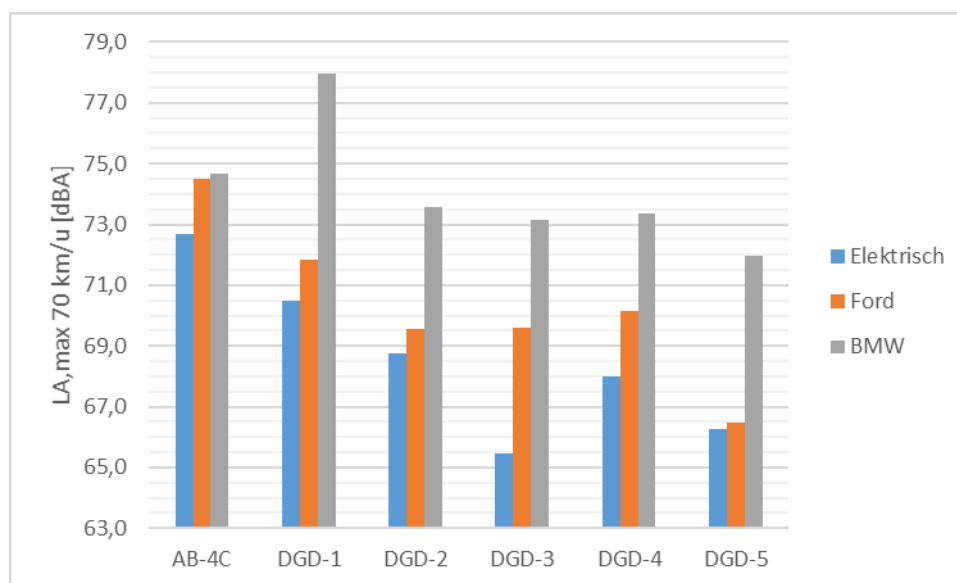
Figuur 6-7 Voorspelde geluidsniveaus bij 30 km/u voor de drie verschillende voertuigen met hun eigen bandensets [16]

In tegenstelling tot de CPX-resultaten bij 30 km/u, zie par. 6.1.2, ligt de geschatte geluidsreductie in Figuur 6-7 aanzienlijk lager. Dit kan verklaard worden door het feit dat bij 30 km/u het motorgeluid primeert t.o.v. de interactie band/wegdek. Dit verklaart waarom bij zowel de Ford als BMW een zeer beperkt verschil qua geschat geluidsniveau terug te vinden is. Enkel de DGD-5 vertoont een grotere geluidsreductie, vermoedelijk omdat het motorgeluid gedeeltelijk gedempt wordt door de aanwezige geluidsabsorptie. Zelfs bij het elektrische voertuig zijn de resultaten niet te vergelijken met de CPX-resultaten. Dit kan mede verklaard worden door het feit dat de banden zelf hier een grote rol in spelen.



Figuur 6-8 Voorspelde geluidsniveaus bij 50 km/u voor de drie verschillende voertuigen met hun eigen bandensets [16]

De voorspelde waarden bij 50 km/u voor het elektrisch voertuig (Volkswagen e-up) en de Ford, zie Figuur 6-8, komen wel overeen met zowel de CPX- als SPB-metingen. Enkel bij de BMW liggen de resultaten weer dicht bij mekaar, omdat bij dit voertuig het motorgeluid een belangrijkere rol speelt.



Figuur 6-9 Voorspelde geluidsniveaus bij 70 km/u voor de drie verschillende voertuigen met hun eigen bandensets [16]

De voorspelde waarden bij 70 km/u, zie Figuur 6-9, vertonen gelijkaardige trends als bij 50 km/u. Het verschil tussen de Ford en het elektrisch voertuig wordt gemiddeld gezien kleiner, aangezien het rolgeluid steeds belangrijker wordt t.o.v. het motorgeluid bij hogere snelheden. De uitschieter bij DGD-1 voor de BMW kan mogelijk verklaard worden door de ligging van het proefvak. Vermoedelijk was een veel grotere acceleratie nodig om de gewenste snelheid te bereiken op dit proefvak.

#### 6.2.4 Deelconclusies SPB- & CPB-metingen

Uit de SPB-metingen komen heel vergelijkbare en positieve resultaten tevoorschijn. Indien verondersteld wordt dat het referentievak AB-4C ongeveer 1 dB(A) stiller is dan het SMA-C2 wegdek in Zandvliet, dan behalen alle proefvakken een geluidsreductie van 3.5 tot 5.5 dB(A) t.o.v. SMA-C2.

Het proefvak DGD-5 presteert bij de SPB-metingen duidelijk het beste, wat vermoedelijk te verklaren is door het iets hogere percentage holle ruimte en de daaruit volgende geluidsabsorptie. DGD-2 heeft in eerste instantie één van de beste resultaten, vertoont een iets hogere achteruitgang, maar behoudt na 16 maand nog steeds de tweede hoogste geluidsreductie. DGD-3 en DGD-4 vertonen een gelijkwaardige geluidsreductie en DGD-1 presteert ook hier iets minder sterk.

Verdere herhalingsmetingen in de toekomst zullen uitgevoerd worden om te achterhalen op welke termijn de proefvakken hun geluidsreductie verliezen, ten gevolge van bijv. rafeling.

De uitgevoerde CPB-metingen bevestigen deze resultaten bij 50 en 70 km/u, maar bij 30 km/u wordt aangetoond dat het motorgeluid een belangrijkere rol heeft, waardoor de geluidsreductie aanzienlijk beperkt wordt. Met dit motorgeluid wordt geen rekening gehouden in de CPX-methode (meting dichtbij de band en het wegdek in een akoestisch geïsoleerde trailer) waardoor het dus **minder aan te bevelen valt om een DGD aan te leggen in een zone 30.**

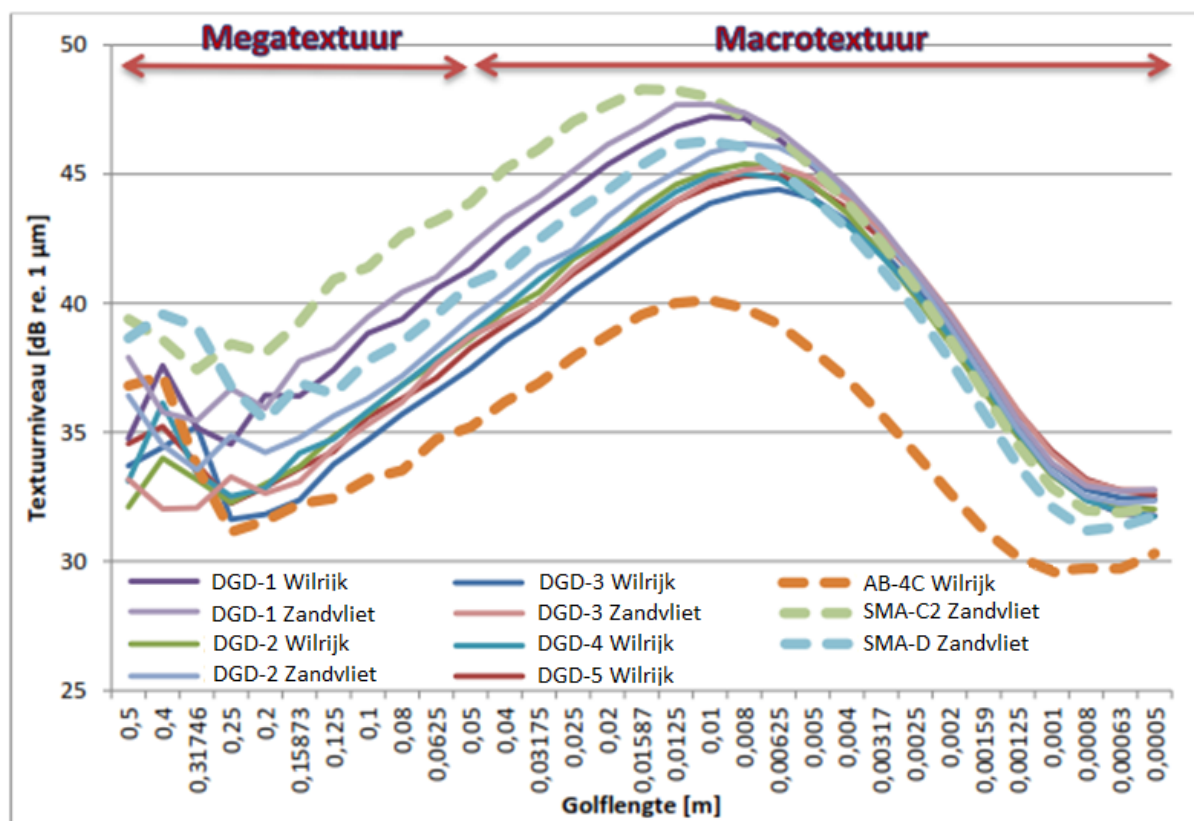
### 6.3 Textuur [4]

Hierna wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van de textuurmetingen, zoals gerapporteerd in [4].

Tabel 2 uit digitale bijlage 5c geeft een overzicht van de uitgevoerde textuur meetcampagnes. Bij de eerste meetcampagne werden metingen uitgevoerd in beide rijrichtingen, nl. richting Armenstraatje en richting Zoutestraat. Bij de daarop volgende meetcampagnes werd enkel nog richting Zoutestraat gemeten. Er gebeurden telkens 2 passages per proefvak, behalve bij de meetcampagne na 12 maanden op proefvak DGD-5 vanwege een probleem met de meetapparatuur. Er werd telkens gemeten in het rechter wielspoor met stapgrootte 0,2 mm.

#### 6.3.1 Textuurspectra

Meetresultaten van de eerste metingen na aanleg worden weergegeven als textuurspectra in Figuur 6-10. Referenties SMA-C2 en SMA-D in Zandvliet, AB-4C in Wilrijk (bestaande wegdek) worden weergegeven met stippellijn.



Figuur 6-10 Initiële textuurspectra 1 maand na aanleg. SMA-D 4 maanden na aanleg. Dunne deklagen worden weergegeven met volle lijn. Referenties worden weergegeven met stippellijn. [4]

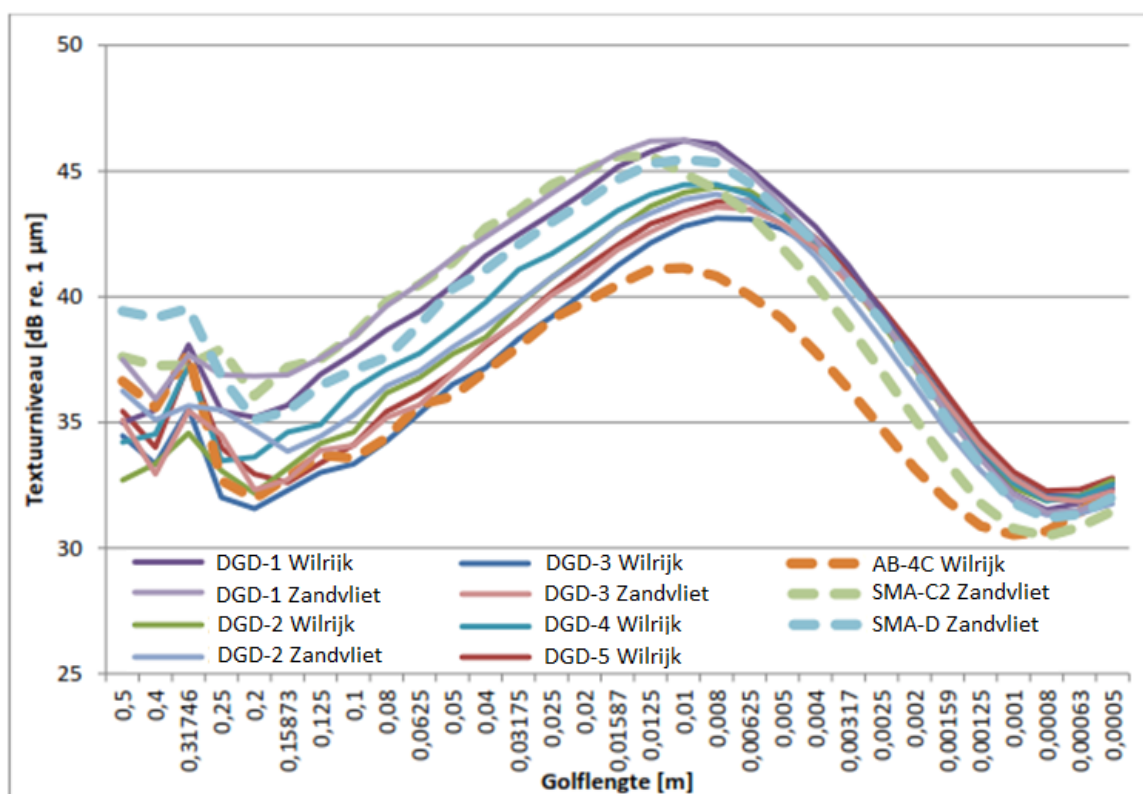
De verschillende dunne deklagen hebben een gelijkaardig textuurspectrum. Enkel DGD-1 wijkt af van de andere dunne deklagen en heeft hogere textuurniveaus die meer in de buurt van de referentie SMA-D liggen. De bestaande referentie AB-4C heeft de laagste textuurniveaus. Textuurspectra van dezelfde mengsels in Zandvliet en Wilrijk liggen dicht bij elkaar.

Macrotextuur (golflengtes 0,5 tot 50 mm) is voordelig bij de ontwikkeling van geluidsreducerende wegdekken. Bij een heel effen wegdek wordt lucht samengeperst tussen de band en het wegdek en

ontsnapt die lucht vervolgens op een lawaaierige wijze (“air pumping”). Wanneer er veel macrotextuur en dus fijne steentjes aanwezig zijn aan het oppervlak, kan de lucht horizontaal ontsnappen en wordt er dus minder geluid geproduceerd.

Megatextuur (golflengtes 0,05 tot 0,5 m) is nadelig aangezien het bandentrillingen in de hand werkt, wat leidt tot meer geluidproductie. Beide textuurgebieden worden weergegeven op Figuur 6-10. Alle dunne deklagen hebben lagere megatextuurniveaus dan de referentie SMA-C2 wat tot een geluidsreductie leidt. De megatextuurniveaus van DGD-1 liggen tussen SMA-C2 en de resterende dunne deklagen, in de buurt van SMA-D. Deze bevindingen bevestigen de resultaten van de CPX geluidmetingen, waar DGD-1 minder geluidreducerend was t.o.v. SMA-C2 dan de andere dunne deklagen (zie Figuur 6-1).

Figuur 6-11 geeft de textuurspectra weer die gemeten werden 24 maanden na aanleg voor alle proefvakken behalve voor SMA-D, nl. 16 maanden na aanleg. De verschillen tussen de wegdekken zijn kleiner geworden t.o.v. de initiële metingen. De curve voor DGD-1 ligt heel dicht bij die voor SMA-D en SMA-C2, terwijl de curves van de andere dunne deklagen zich nog steeds distantieren.



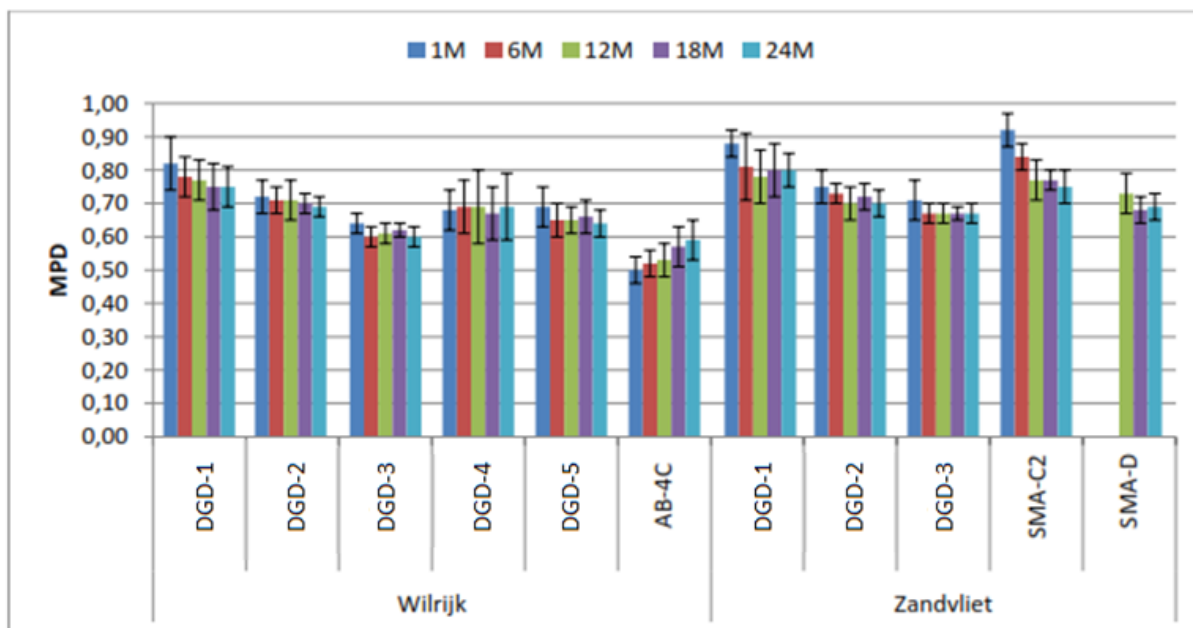
Figuur 6-11 Textuurspectra 24 maanden na aanleg. SMA-D 16 maanden na aanleg. Dunne deklagen worden weergegeven met volle lijn. Referenties worden weergegeven met stippellijn. [4]

Door de textuurspectra in de tijd op te volgen, kan dit gelinkt worden aan de opgemeten geluidsspectra en optredende schadefenomenen (Figuren 26-36 uit digitale bijlage 5c).

### 6.3.2 Mean Profile Depth

Om eenvoudiger resultaten met mekaar te vergelijken, wordt de opgemeten textuur soms omgezet naar een zogenaamde MPD (Mean Profile Depth), dat de gemiddelde diepte van de dalen in functie van de hoogste pieken van het oppervlak aangeeft.

De MPD zoals opgemeten tijdens de verschillende meetcampagnes wordt weergegeven in Figuur 6-12 voor alle proefvakken. De foutenvlaggen geven de standaarddeviaties weer over 20 m wegsegmenten en zeggen iets over de homogeniteit. Bij de meeste dunne deklagen is geen grote wijziging van gemiddelde MPD-waarden te zien. De MPD neemt wel iets toe voor de bestaande referentie AB-4C en neemt af voor de nieuw aangelegde referentie SMA-C2. Proefvakken met de minste homogeniteit zijn DGD-1 Zandvliet, DGD-1 en DGD-4 in Wilrijk (grootste foutenvlaggen). De inhomogeniteit bij DGD-4 in Wilrijk neemt toe met de tijd. De mogelijke nacomactatie van SMA-C2 in de eerste twaalf maanden na aanleg zou de oorzaak kunnen zijn voor de verlaging van de MPD. Bij DGD-1 in Zandvliet is er enige afname te zien tijdens de eerste 6 maanden na aanleg.



Figuur 6-12 Evolutie MPD van alle proefvakken 1, 6, 12, 18 en 24 maanden na aanleg. SMA-D 4, 10 en 16 maanden na aanleg. Foutenvlaggen geven standaarddeviaties weer over 20 m wegsegmenten. [4]

### 6.3.3 Deelconclusies textuurmetingen

Alle dunne deklagen hebben een gelijkaardig textuurspectrum, behalve DGD-1, dat hogere textuurniveaus heeft die meer in de buurt van referentie SMA-D liggen. Textuurspectra van dezelfde mengsels in Zandvliet en Wilrijk liggen dicht bij elkaar.

Alle dunne deklagen hebben lagere megatextuurniveaus dan referentie SMA-C2, wat gunstig is voor de geluidsreductie, behalve DGD-1 dat dicht bij een SMA-D ligt. Deze bevindingen zijn in lijn met de gemeten geluidsreducties. Een wijziging van textuurniveaus kan vaak gelinkt worden aan een toename van geluidsniveaus in de tijd.

De MPD blijft stabiel over de periode van twee jaar na aanleg. De proefvakken met de minste longitudinale homogeniteit zijn DGD-1 in Zandvliet, DGD-1 en DGD-4 in Wilrijk. De inhomogeniteit die te zien is bij de MPD voor DGD-1 en DGD-4 in Wilrijk neemt toe, wat te linken is aan de visuele inspecties die beginnende rafeling aantonen. Lokale afwijkingen zijn te linken aan events die plaatsvonden tijdens de aanleg.

## 6.4 Rolweerstand [4]

Hierna wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van de rolweerstandmetingen, zoals gerapporteerd in [4].

*De metingen worden uitgevoerd bij 30 en 50 km/u in Wilrijk. Vanwege veiligheidsoverwegingen in de smalle straat met aanwezigheid van verkeer en andere weggebruikers en de moeilijkheid de straat af te sluiten, wordt er in Zandvliet enkel bij 30 km/u gemeten. In september 2016 werd in Zandvliet een poging gedaan om te meten bij 50 km/u, maar de moeilijke meetomstandigheden beïnvloedden de metingen zodanig dat er werd besloten deze buiten de analyse te houden.*

*De meetcampagnes in Zandvliet gebeurden steeds in de richting van de Zoutestraat. Enkel bij de eerste meetcampagne vond er ook een meting richting Armenstraatje plaats.*

*Een overzicht wordt gegeven in Tabel 3 uit digitale bijlage 5c samen met informatie betreffende lucht- en bandtemperatuur, bandendruk, snelheid, passages en meetrichting.*

*De rolweerstandmetingen werden uitgevoerd 4, 6, 12, 19 en 24 maanden na aanleg. Referentieverharding SMA-D werd pas 8 maanden later in juni 2016 aangelegd terwijl alle andere vakken van oktober 2015 dateren. De meting van SMA-D bij 12 maanden is dus eigenlijk een meting van een wegdek 4 maanden na aanleg.*

*Bij de meting in Wilrijk 6 maanden na aanleg begon het te regenen. De metingen werden toch uitgevoerd, maar werden de dag erna ook herhaald aangezien regen en vochtigheid een grote invloed kunnen hebben op de meetresultaten vanwege de afkoeling van de meetband. Voor de volledigheid worden ze wel gerapporteerd.*

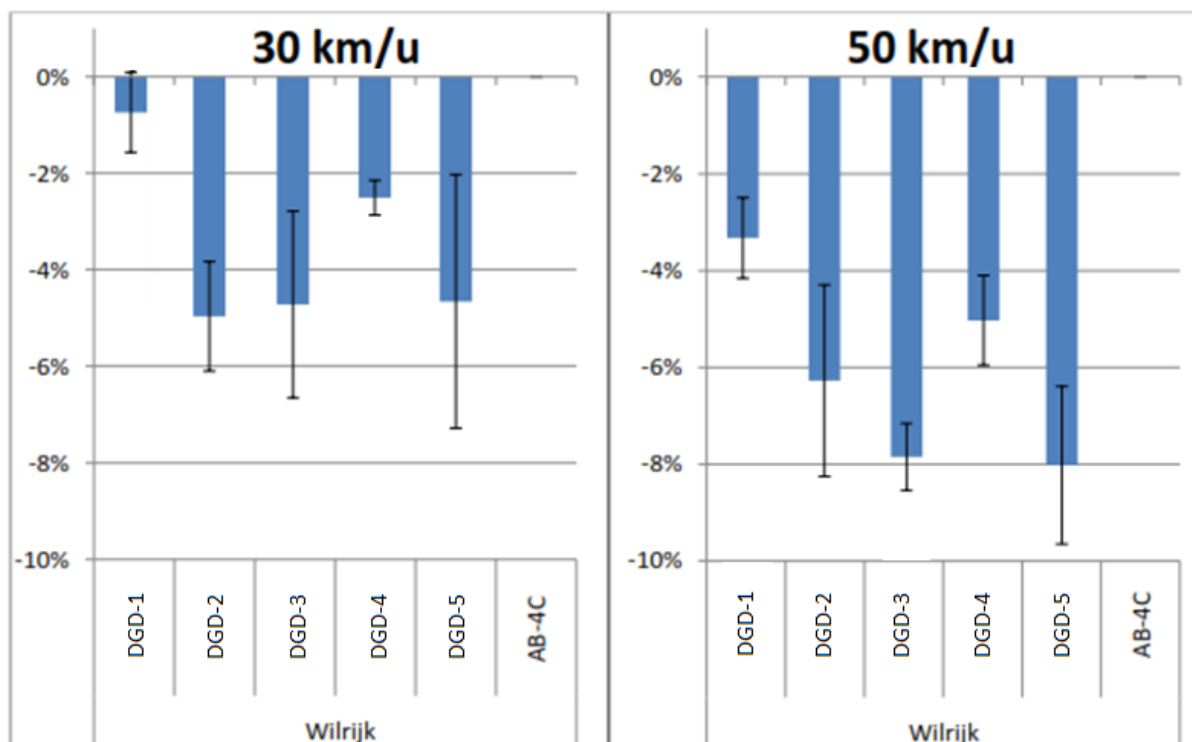
*Metingen die plaatsvonden 19 maanden na aanleg werden uitgevoerd met een onervaren chauffeur in het trekvoertuig, wat ongetwijfeld de vreemde meetresultaten verklaart (te hoge acceleraties van het trekvoertuig tijdens de metingen). Finaal werd er besloten deze metingen niet in de eindanalyse op te nemen. Voor de volledigheid worden ze wel gerapporteerd.*

*Figuur 6-13 geeft de gemiddelde rolweerstandreducties weer t.o.v. bestaande referentieverharding AB-4C. De berekening bevat meetresultaten van 4, 6, 12 en 24 maanden na aanleg. De foutenvlaggen zijn de standaarddeviaties die berekend werden over de verschillende meetcampagnes.*

*De grootste rolweerstandreductie is te zien voor DGD-2, DGD-3 en DGD-5. DGD-1 heeft een rolweerstand die het dichtst aanleunt bij AB-4C. De rolweerstand van DGD-4 bevindt zich tussen DGD-1 en de andere dunne deklagen. Bij 30 km/u zijn er gemiddelde reducties tot 5 %. Bij 50 km/u zijn er gemiddelde reducties tot 8 %. De reducties zijn echter van dezelfde grootte-orde als de nauwkeurigheid van de metingen en zijn mogelijk te danken aan het feit dat deze referentie AB-4C een hogere rolweerstand heeft door onvlakheden.*

De resultaten in Zandvliet zijn opgenomen in de digitale bijlage 5c maar worden hier niet getoond omwille van de moeilijke meetlocatie gecombineerd met de gevoeligheid van de rolweerstandmeting zelf.





Figuur 6-13 Gemiddelde rolweerstandreducties in Wilrijk t.o.v. bestaande referentie AB-4C bij 30 km/u (links) en 50 km/u (rechts), berekend over de verschillende meetcampagnes (zonder 19 maanden na aanleg), met bijhorende standaarddeviaties die worden weergegeven als foutenvlaggen. [4]

### Deelconclusies

Er dient opgemerkt te worden dat rolweerstandmetingen nog in onderzoeksfase zijn. Zo zijn er nog heel wat onzekerheden aanwezig die moeten verbeterd worden. Resultaten van rolweerstandmetingen in Wilrijk correleren goed met MPD, behalve voor bestaande referentie AB-4C. De grootste rolweerstandreductie is aanwezig voor DGD-2, DGD-3 en DGD-5. DGD-1 heeft een rolweerstand die het dichtst in de buurt ligt van die van referentie AB-4C. De rolweerstand van DGD-4 ligt tussen die van DGD-1 en de andere dunne deklagen.

Bij 50 km/u werden er in Wilrijk rolweerstandreducties t.o.v. AB-4C gemeten tot ca. 8 %, bij 30 km/u tot ca. 5 %. De rolweerstandverschillen in Zandvliet zijn minder uitgesproken. SMA-D is het wegdek met de laagste rolweerstand in Zandvliet (ca. 4 % t.o.v. SMA-C2). Men kan stellen dat alle proefvakken een vrij lage rolweerstand vertonen, wat ook in de lijn van de verwachting lag voor goed aangelegde dunne deklagen.

Een lage rolweerstand is voordelig aangezien alle weggebruikers in de gebruiksfase minder energie verbruiken op zulk wegdek, wat ook betekent dat er minder CO<sub>2</sub>-emissies zijn. Volgens onderzoek in het kader van het MIRIAM<sup>16</sup> project waarvan het OCW partner is, betekent een rolweerstandreductie van 1 % ca. 0,1 à 0,3 % reductie aan energieverbruik [17]. De opgemeten reducties zouden dus omgerekend kunnen worden naar 0,4 tot 2,6 % reductie aan energieverbruik. Alle voertuigen die op deze wegdekken rijden, verbruiken dus minder energie/brandstof en dit gedurende de hele gebruiksfase van de weg.

<sup>16</sup> <http://miriam-co2.net/>

## 6.5 Stroefheid

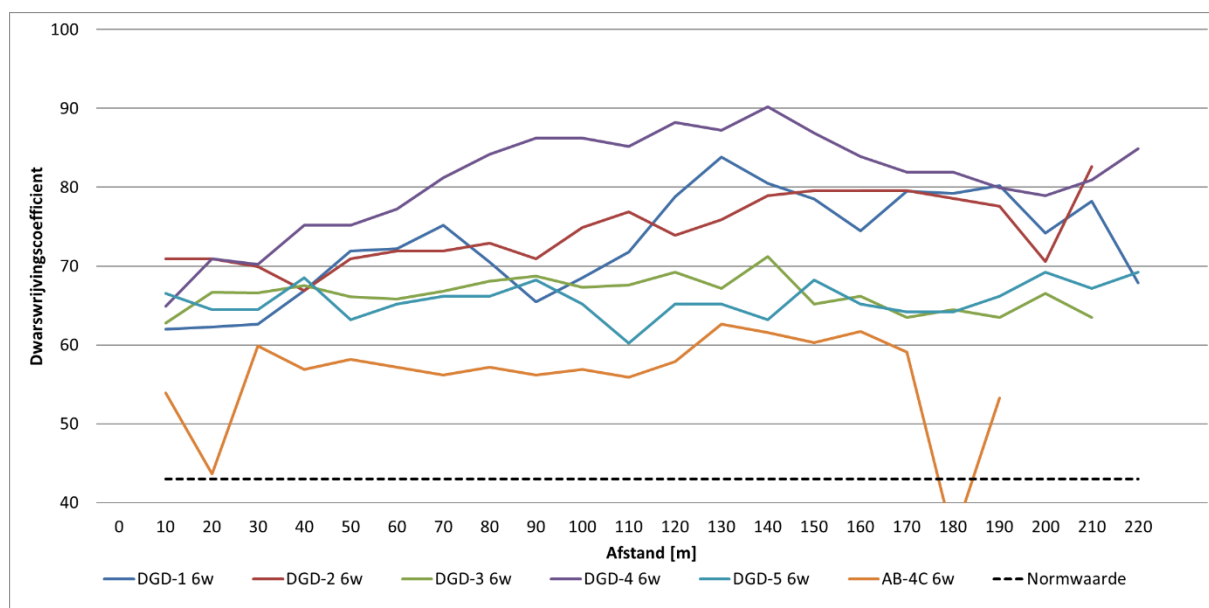
Hierna wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van de stroefheidsmetingen, zoals gerapporteerd in [6], en verder aangevuld met latere resultaten.

*De stroefheidsmetingen werden 6 weken (volgens SB 250 v3.1) na aanleg uitgevoerd door Renaat Gys (AWV). Tijdens de metingen werden er dwarswrijvingscoëfficiënten (DWC) bepaald per 10 m en 100 m. In de Zandvlietse Dorpstraat werd gemeten in twee rijrichtingen: Armenstraatje-Zoutestraat en Zoutestraat-Armenstraatje. Per proefvak zijn er dus twee resultaten voor de DWC. In de Kleine Doornstraat werd gemeten in de twee rijrichtingen: Laaglandweg-Doornstraat en Doornstraat-Laaglandweg. Omdat de twee rijbanen daar gescheiden zijn, is er slechts één resultaat per proefvak.*

*De waarden van de DWC per 100 m zijn in dit onderzoek minder interessant, omdat de proefvakken slechts een lengte hebben van 150-200 m. Er werd in alle gevallen voldaan aan de minimumeis van  $DWC/100\text{ m} \geq 0,48$ , met waarden zelfs tot  $> 0,8$ .*

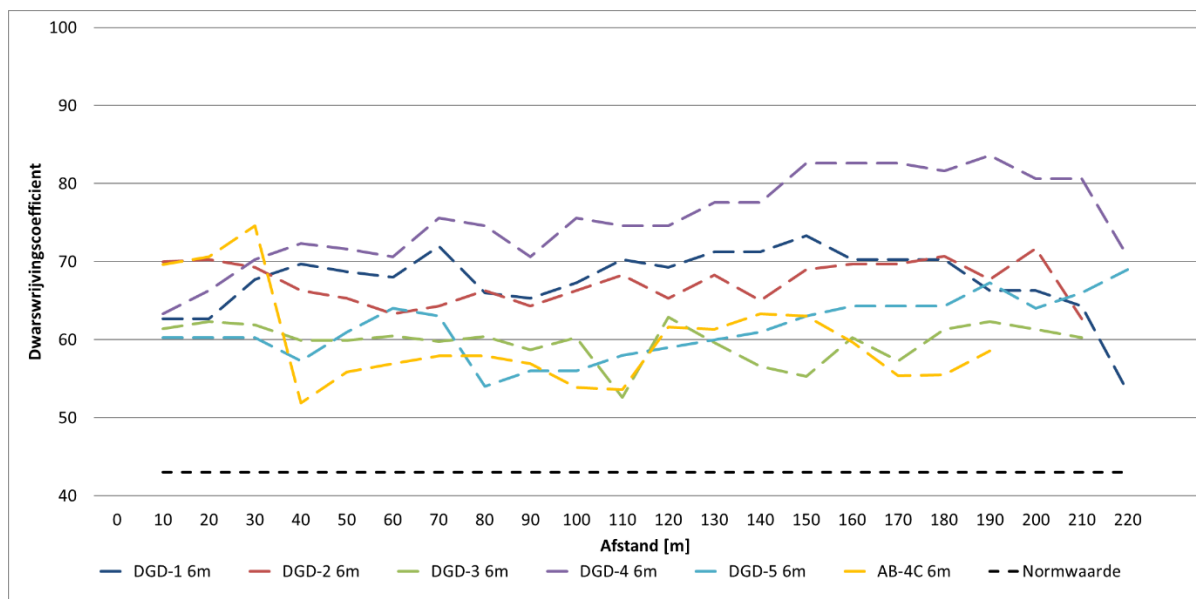
Om de resultaten van de verschillende proefvakken te vergelijken, is het interessanter om de resultaten van de DWC/10 m te gebruiken. De resultaten van de Kleine Doornstraat (Figuur 6-14) worden hieronder weergegeven. De grafieken van de resultaten in de Zandvlietse Dorpstraat zijn beschikbaar op aanvraag.

*Opmerking: in onderstaande figuren is de DWC/10 m-waarde weergegeven in het interval 0-100, i.p.v. in het interval 0-1.*



Figuur 6-14 De dwarswrijvingscoëfficiënt per 10 m, gemeten zes weken na aanleg in de Kleine Doornstraat.

In de Kleine Doornstraat voldoen alle proefvakken aan de minimumeis van  $DWC/10\text{ m} \geq 0,43$ . Enkel het referentievak AB-4C vertoont één waarde onder de normeis. Het proefvak DGD-4 vertoont duidelijk de hoogste stroefheid. DGD-1 en DGD-2 vertonen een gelijkaardige stroefheid, net zoals de proefvakken DGD-3 en DGD-5. Zes maanden na aanleg werden de metingen herhaald, zie Figuur 6-15, waarbij in Wilrijk duidelijk lagere waarden (tot 10 % lager) genoteerd werden. Enkel het referentievak behaalt een iets hogere waarde. Deze observaties komen vrij goed overeen met de MPD-resultaten getoond in Figuur 6-12.



Figuur 6-15 De dwarswrijvingscoëfficiënt per 10 m, gemeten zes maanden na aanleg in de Kleine Doornstraat.

In Tabel 6-2 worden de gemiddelde DWC/10 m-waarden verder met mekaar vergeleken, inclusief de berekende standaarddeviaties bekomen via de individuele DWC/10 m-waarden. Er bestaan aanzienlijke verschillen qua stroefheid tussen dezelfde proefvakken op beide locaties.

Tabel 6-2 Gemiddelde DWC/10 m-waarden vergeleken met de N19

DWC 10 m	Kleine Doornstraat						Zandvlietse Dorpstraat				
Proefvak	AB-4C (ref.)	DGD-1	DGD-2	DGD-3	DGD-4	DGD-5	SMA-C2	DGD-1	DGD-2	DGD-3	Bestaand wegdek
6 weken	56.0 (± 6.3)	72.9 (± 6.4)	74.6 (± 4.1)	66.6 (± 2.0)	81.0 (± 6.3)	65.7 (± 2.1)	50.5 (± 3.2)	68.7 (± 14)	67.6 (± 7.6)	60.1 (± 5.1)	64.2 (± 1.9)
6 maanden	59.9 (± 6.0) + 7 %	67.6 (± 4.2) - 7 %	67.3 (± 2.6) - 10 %	59.3 (± 2.4) - 11 %	75.5 (± 5.5) - 7 %	61.5 (± 3.8) - 6 %	67.8 (± 3.8) + 34 %	71.2 (± 6.3) + 15 %	72.3 (± 4.5) + 7 %	62.7 (± 1.9) + 4 %	59.9 (± 1.8) - 7 %

Deelconclusie: alle proefvakken voldoen aan de stroefheidseisen, zowel zes weken als zes maanden na aanleg. Verdere opvolging in de tijd is wel noodzakelijk.

## 6.6 Deelconclusies meetcampagnes

Hieronder worden de voornaamste deelconclusies van de diverse meetcampagnes samengevat.

1. Zelfs **24 maanden na aanleg** wordt de **nagestreefde geluidsreductie van 3 dB t.o.v. een SMA-C2** (voor auto's bij 50 km/u – P1-band) door het merendeel van de proefmengsels nog steeds **gehaald**, zelfs ondanks het feit dat de nieuw aangelegde SMA-C2 verharding stiller is t.o.v. typische geluidsniveaus die worden opgemeten bij gelijkaardige SMA-verhardingen (deelonderzoeksvragen 1a en 1b uit § 2.1). Enkel DGD-1 voldoet hier niet aan.

CPX-metingen tonen over twee jaar een toenemende inhomogeniteit aan bij de DGD-1 en DGD-4 proefvakken te Wilrijk die te wijten is aan beginnende rafeling. Globaal blijven de geluidsniveaus vrij stabiel over twee jaar. Alle aangelegde mengsels presteren anders in Zandvliet dan in Wilrijk. Bij DGD-1 en DGD-2 is dit verschil wellicht te verklaren door de verschillende korrelverdeling van de mengsels bij aanleg. Voor DGD-3 is de reden voor het verschil niet duidelijk. Volgens één van de aannemers kan de kwaliteit/oneffenheid van de onderlaag hier een mogelijke verklaring voor zijn.

De CPX-metingen bij 30 km/u bevestigen de bevindingen van de metingen bij 50 km/u.

2. Uit de SPB-metingen (enkel in Wilrijk uitgevoerd en met een backing board) komen zeer vergelijkbare en positieve resultaten tevoorschijn. Indien we veronderstellen dat het referentievak AB-4C ongeveer 1 dB(A) stiller is dan het SMA-C2 wegdek in Zandvliet, dan behalen alle proefvakken een geluidsreductie van 3.5 tot 5.5 dB(A) t.o.v. de SMA-C2.

Het proefvak DGD-5 presteert bij de SPB-metingen duidelijk het beste, wat vermoedelijk te verklaren is door het iets hogere percentage holle ruimte en de daaruit volgende geluidsabsorptie. DGD-2 heeft in eerste instantie één van de beste resultaten, vertoont een iets hogere achteruitgang, maar behoudt na 16 maand nog steeds de tweede hoogste geluidsreductie. DGD-3 en DGD-4 vertonen een gelijkwaardige geluidsreductie en DGD-1 vertoont ook hier iets minder geluidsreductie.

(deelonderzoeksvragen 1a en 1b uit § 2.1)

De uitgevoerde CPB-metingen bevestigen deze resultaten bij 50 en 70 km/u, maar bij 30 km/u wordt aangetoond dat het motorgeluid een belangrijkere rol heeft, waardoor de geluidsreductie aanzienlijk beperkt wordt. Met dit motorgeluid wordt geen rekening gehouden in de CPX-methode (meting dichtbij de band en het wegdek in een akoestisch geïsoleerde trailer) **waardoor het dus minder aan te bevelen valt om een DGD aan te leggen in een zone 30**. (deelonderzoeksvraag 6 uit § 2.1)

3. Alle dunne deklagen hebben een gelijkaardig textuurspectrum, behalve DGD-1, dat hogere textuurniveaus heeft die meer in de buurt van referentie SMA-D liggen. Textuurspectra van dezelfde mengsels in Zandvliet en Wilrijk liggen dicht bij elkaar.

Alle dunne deklagen hebben lagere megatextuurniveaus dan referentie SMA-C2, wat gunstig is voor de geluidsreductie, behalve DGD-1 dat dicht bij een SMA-D ligt. Deze bevindingen zijn in lijn met de gemeten geluidsreducties. Een wijziging van textuurniveaus kan vaak gelinkt worden aan een toename van geluidsniveaus in de tijd.

(deelonderzoeksvragen 1b & 2b uit § 2.1)

De MPD blijft stabiel over de periode van twee jaar na aanleg. De proefvakken met de minste longitudinale homogeniteit zijn DGD-1 in Zandvliet, DGD-1 en DGD-4 in Wilrijk. De

inhomogeniteit die te zien is bij de MPD voor DGD-1 en DGD-4 in Wilrijk neemt toe, wat te linken is aan de visuele inspecties die beginnende rafeling aantonen. Lokale afwijkingen zijn te linken aan events die plaatsvonden tijdens de aanleg.

4. Er dient opgemerkt te worden dat rolweerstandmetingen nog in onderzoeksfase zijn. Zo zijn er nog heel wat onzekerheden aanwezig die moeten verbeterd worden. Resultaten van rolweerstandmetingen in Wilrijk correleren goed met MPD, behalve voor bestaande referentie AB-4C.

De grootste rolweerstandreductie is te zien voor DGD-2, DGD-3 en DGD-5. DGD-1 heeft een rolweerstand die het dichtst in de buurt ligt van die van referentie AB-4C. De rolweerstand van DGD-4 ligt tussen die van DGD-1 en de andere dunne deklagen.

Bij 50 km/u werden er in Wilrijk rolweerstandreducties t.o.v. AB-4C gemeten tot ca. 8 %, bij 30 km/u tot ca. 5 %. De rolweerstandverschillen in Zandvliet zijn minder uitgesproken. SMA-D is het wegdek met de laagste rolweerstand in Zandvliet (ca. 4 % t.o.v. SMA-C2). Men kan stellen dat alle proefvakken een vrij lage rolweerstand vertonen, wat ook in de lijn van de verwachting lag voor goed aangelegde dunne deklagen (deelonderzoeksvraag 2b uit § 2.1).

Een lage rolweerstand is voordelig aangezien alle weggebruikers in de gebruiksfase minder energie verbruiken op zulk wegdek, wat ook betekent dat er minder CO<sub>2</sub>-emissies zijn.

5. Alle proefvakken voldoen aan de stroefheidseisen volgens het SB250 v3.1 en dit zowel zes weken als zes maanden na aanleg (deelonderzoeksvraag 2b uit § 2.1).

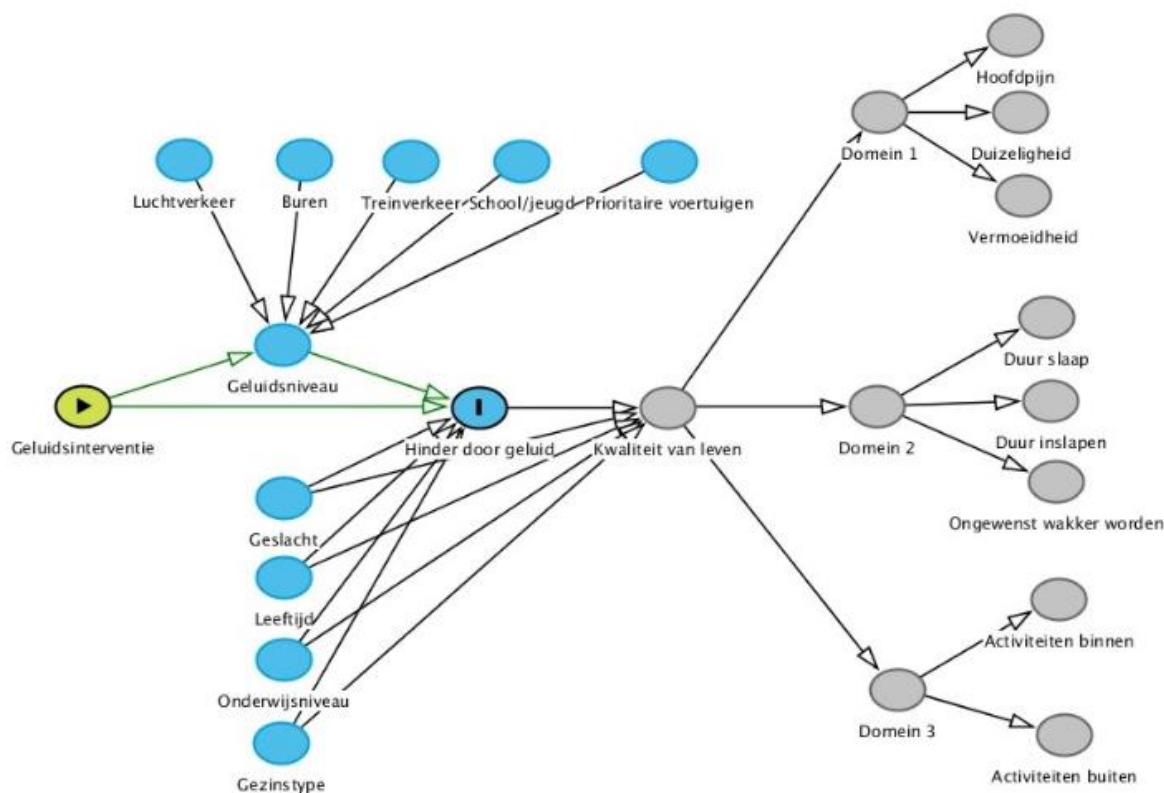
Verdere herhalingsmetingen in de toekomst zullen uitgevoerd worden om te achterhalen op welke termijn de proefvakken hun geluidsreductie verliezen, ten gevolge van bijv. rafeling, en wat hier dan de impact van is op bijv. de textuurspectra en de rolweerstand (deelonderzoeksvraag 2b uit § 2.1).

**Algemeen gesteld kan besloten worden dat de resultaten als veelbelovend mogen beschouwd worden.** De gewenste geluidsreducties zijn na aanleg gemakkelijk gehaald en ook na twee jaar liggen de gemeten geluidsreducties nog boven de 3 dB. De aangelegde DGD zijn niet alleen stiller, maar dankzij lagere megatextuurniveaus vertonen ze ook een lagere rolweerstand, wat leidt tot minder energieverbruik en minder CO<sub>2</sub>-emissies tijdens de gebruiksfase. Enkel het mengsel DGD-1 presteert iets minder qua geluidsreductie en ligt dichterbij de buurt van een standaard SMA-D. Er dient opgemerkt te worden dat dit type DGD mogelijk een langere levensduur heeft dan de andere DGD's, maar dit kan slechts bevestigd worden door de proefvakken voor langere tijd dan twee jaar op te volgen.

## 7 Bevestigingen

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de voornaamste conclusies rond de uitgevoerde bevestigingen, aangevuld met extra nuttige informatie. Voor een volledige statistische en wetenschappelijke analyse verwijzen we naar [18] (digitale bijlage 6b).

De probleemstelling is te bepalen welke effecten kunnen worden vastgesteld tussen, enerzijds, de interventie in verkeerslawaaai en, anderzijds, de kwaliteit van leven in een buurt of regio. De onderzoeksvragen zijn dan ook tweërlei aard. Ten eerste, welk verband bestaat er tussen geluidswerende maatregelen, in dit geval dunne geluidsreducerende deklagen (“DGD”), en het subjectief ervaren geluidsniveau in een buurt of straat? Ten tweede, welk verband bestaat er tussen subjectieve geluidshinder en kwaliteit van leven? Het onderzoek valt dus in twee delen uiteen. Het eerste deel betreft de relatie tussen het type interventie op het verkeerslawaaai en omgevingslawaaai. Het tweede deel betreft de relatie tussen ervaren hinder en kwaliteit van leven (psychisch en fysiek). De link tussen de twee delen wordt gevormd door de relatie tussen omgevingslawaaai en ervaren geluidshinder, zie onderstaande Figuur 7-1.



Figuur 7-1 De veronderstelde causale keten van hinder van wegverkeer naar kwaliteit van leven [18]

In § 7.4 worden de onderzoeksvragen in functie van de causale keten verder uitgewerkt.

### 7.1 Timing uitgevoerde bevestigingen

Initieel was in het projectvoorstel opgenomen om één bevestiging in te plannen vóór aanleg en de tweede bevestiging pas uit te voeren twee jaar na aanleg. In overleg met de stuurgroep en dr. Jarl Kampen is hier uiteindelijk van afgeweken.

De eerste bevraging (voormeting) vond plaats voor de aanleg van de DGD. Ze werd in april 2015 uitgevoerd [8] en steunde op de SLO-onderzoeken<sup>7</sup>. De tweede enquête (eerste nameting) werd afgenomen in december 2015, kort na de aanleg van de DGD. Enkele vragen werden aangepast t.o.v. de eerste bevraging. [6]

In april 2016 (6 maand na aanleg) vond een derde bevraging plaats (tweede nameting) [5]. De resultaten van deze en de twee voorgaande bevragingen werden met elkaar vergeleken om te zien of zich in de waarneming van het verkeerslawaaï vóór en na aanleg van de DGD een verandering heeft voorgedaan. De conclusies van dit hoofdstuk, in combinatie met de conclusies van de geluidsmetingen, kunnen een antwoord bieden op de vraag of DGD een goede oplossing zijn in de strijd tegen het verkeerslawaaï in een stedelijke omgeving.

Het uitvoeren van de tweede nameting kwam er omwille van twee redenen. Ten eerste werden in de periode van de bevragingen telkens verkeerstellingen uitgevoerd door Politie Antwerpen zie § 7.2. Hieruit bleek dat er tijdens de eerste nameting aanzienlijk minder<sup>17</sup> verkeer passeerde door de Kleine Doornstraat, wat mogelijk een effect zou hebben op de door de omwonenden gerapporteerde hinder. Ten tweede was de periode tussen aanleg en eerste nameting mogelijk te kort om bepaalde verbeteringen effectief merkbaar te maken, bijv. een verbetering in slaapkwaliteit of vermindering van andere klachten.

Als laatste werd beslist om dezelfde enquête ook nog te gebruiken in een aantal “controlestraten”, waar geen specifieke maatregelen rond verkeerslawaaï werden toegepast, zie Tabel 7-1.

**Tabel 7-1 Samenvatting kenmerken controlestraten**

Straat	Type woningen	Verkeer	Buurtbewoners	Omgeving
<b>Tijl Uilenspiegelalaan</b>	Rijwoningen	Voornamelijk plaatselijk verkeer	Lagere klasse (sociale woningen)	De straten in de directe omgeving zijn gelijkend, iets verder verwijderd zijn de Charles De Costerlaan en de Schelde
<b>Ter rivierenalaan</b>	Eerste deel van straat hoogbouw, vervolgens rijwoningen en half open bebouwing met een kleine voortuin	Plaatselijk verkeer + doorgaand verkeer van Ter Heydelaan naar Turnhoutsebaan en andersom.	Middenklasse	Omliggende straten zijn gelijkend
<b>Schepersveldlei</b>	Open en half open bebouwing met een voortuin	Voornamelijk plaatselijk verkeer	Middenklasse	Omliggende straten zijn gelijkend
<b>Verenigde Natieslaan</b>	Rijwoningen met voortuin	Voornamelijk plaatselijk verkeer	Middenklasse	Omliggende straten zijn gelijkend + in de directe omgeving Fort 8
<b>De Beuckelaerlaan</b>	Open en half open bebouwing met een voortuin	Voornamelijk plaatselijk verkeer	Middenklasse	Omliggende straten zijn gelijkend
<b>Jozef Verbovenlei</b>	Appartementen en rijwoningen	Veel voorbijgaand verkeer. Soms ook zwaar verkeer.	Middenklasse	E19, E34 en luchthaven van Antwerpen op minder dan 1 km.
<b>Laarsebaan</b>	Appartementen en rijwoningen	Hoge verkeersintensiteit maar geen zwaar verkeer	Middenklasse	A12, luchthaven van Antwerpen en verschillende spoorlijnen in de nabije omgeving.

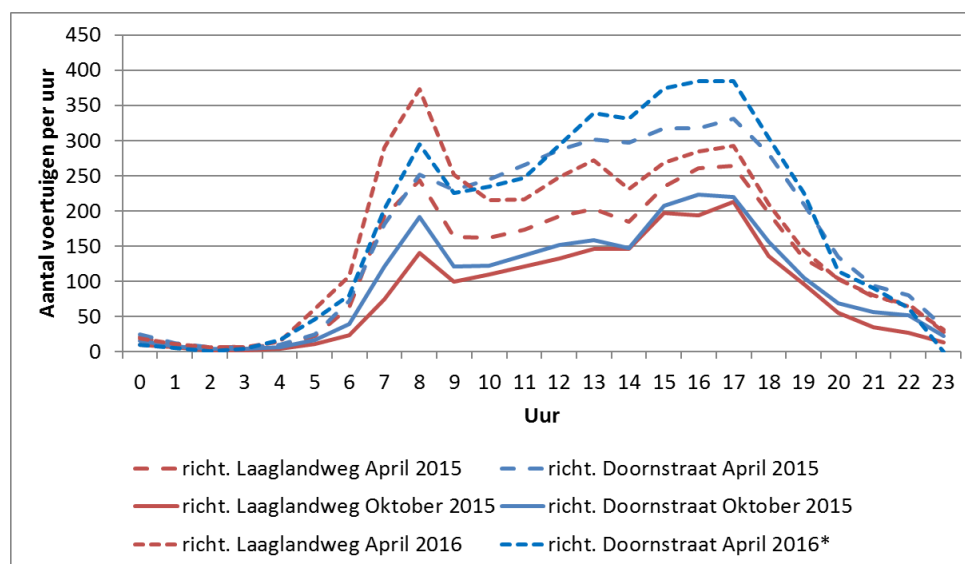
<sup>17</sup> De reden hiervoor is onbekend. Mogelijk waren er op een andere locatie werkzaamheden die het verkeer in andere richtingen stuurden, waardoor er minder verkeer door de Kleine Doornstraat passeerde tijdens de eerste nameting.

De controlestraten werden geselecteerd als straten die qua geluidshinder en demografische samenstelling gemiddeld scoren. Zij dienen als basismeting. Voor de basismeting werd gezocht naar straten met enkel/voornamelijk lokaal verkeer met snelheidsbeperking (50 km/u), asfalt als wegdek, zelfde type bevolking/bebouwing, niet in de buurt van snelwegen, industrie, luchthavens, spoorwegen, enz. Na verschillende initiële selecties zijn er na observatie ter plaatse vijf straten naar voor gekomen die voldeden aan de gestelde criteria: De Beuckelaerlaan te Deurne (Noord Antwerpen), Schepersveldlei te Ekeren (Noord Antwerpen), Ter Rivierenlaan te Deurne (Noord Antwerpen), Tijl Uilenspiegellaan te Antwerpen (Linkeroever) en Verenigde Natieslaan te Hoboken (Zuid Antwerpen). Zij werden aangevuld met de Jozef Verbovenlei te Deurne en de Laarsebaan te Merksem waar volgens de gegevens van Stad Antwerpen in het verleden al DGD werden aangelegd, op initiatief van de aannemer. Deze straten werden echter niet gemonitord, noch bestaan er akoestische meetresultaten.

## 7.2 Verkeerstellingen

Gedurende minimaal één week per bevragingronde werd via tellussen het passerende verkeer opgemeten op beide testlocaties.

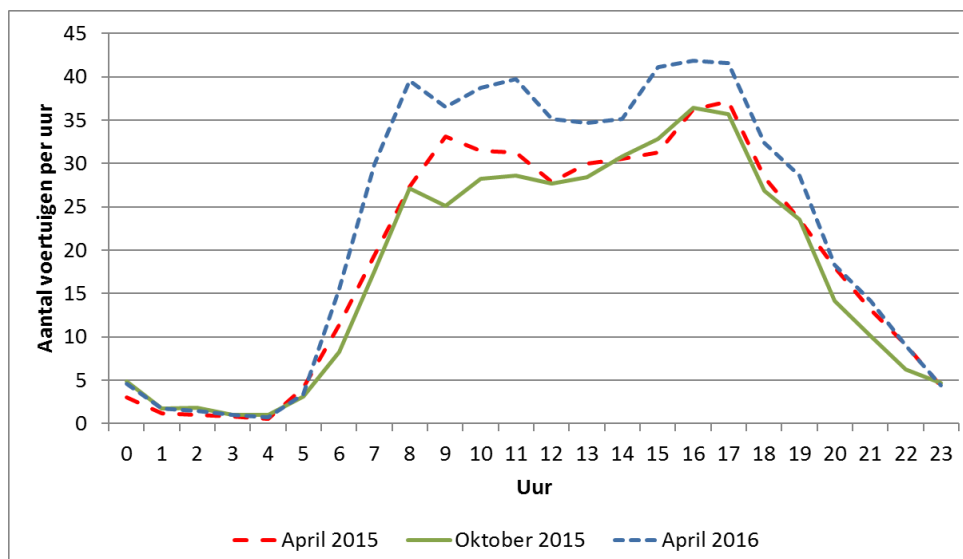
Zoals te zien op Figuur 7-2 passeerde er effectief aanzienlijk minder verkeer in de Kleine Doornstraat gedurende de periode oktober 2015 (eerste nameting), vergeleken met de periode april 2015 (voormeting), en dit in beide richtingen. Tijdens de tweede nameting in april 2016 passeerde er zelfs iets meer verkeer vergeleken met de voormeting, waardoor kon verondersteld worden dat de verkeersintensiteit slechts een beperkt effect zou hebben op de resultaten van de tweede nameting.



Figuur 7-2 Verkeerstellingen uitgevoerd in de Kleine Doornstraat te Wilrijk

Voor de Zandvlietse Dorpstraat, zie Figuur 7-3, zien we een toename in 2016, maar nog steeds een zeer klein aantal voertuigen per uur, vergeleken met de Kleine Dorpstraat: max. 40 tegenover 700 (beide richtingen tesamen) voertuigen per uur.





Figuur 7-3 Verkeerstellingen uitgevoerd in de Zandvlietse Dorpstraat te Zandvliet

### 7.3 Responsgraad

Bij de derde bevraging werden, net als bij de tweede bevraging, drie BONGO-bons ter waarde van € 50 verloot, om het invullen van de enquête te stimuleren. Dit werd ook vermeld in de begeleidingsbrief en op de sticker. De responsgraad van de drie metingen wordt in de Tabel 7-2 weergegeven.

Tabel 7-2 Responsgraad bevragingen [5]

	Voormeting	1 <sup>ste</sup> nameting	2 <sup>de</sup> nameting
Zandvlietse Dorpstraat	19/77 (25%)	12/74 (16%)	14/74 (19%)
Kleine Doornstraat	38/121 (31%)	34/80 (43%)	26/80 (33%)

In deze tabel wordt het aantal enquêtes weergegeven, die in de brievenbussen werden gestoken, daarnaast het aantal ontvangen enquêtes en de bijhorende responspercentages. Bijvoorbeeld: in de eerste meting in de Zandvlietse Dorpstraat werd de bevraging in 77 brievenbussen gestopt, werden 19 enquêtes ingevuld teruggestuurd, per post en online, en was de responsgraad dus 25 %. In de eerste meting werden meer enquêtes in de brievenbussen gestopt omdat men de hele straat wilde meten, terwijl bij de nametingen alleen met het aanleggebied van de DGD rekening werd gehouden.

Uit de controlestraten werden in totaal 174 geldige enquêtes ontvangen.

### 7.4 Onderzoeksvragen

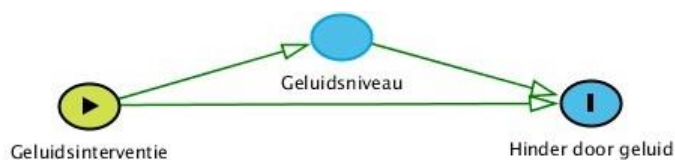
Door te werken met bevragingen op meerdere momenten, en met controlestraten, kunnen de volgende vragen met deze onderzoeksofzet mogelijk worden beantwoord:

1. (C-VM) In welke mate verschilt de ervaren geluidhinder tussen de controlestraten met die in de experimentele straten voordat een interventie werd uitgevoerd?
2. (C-NM1) In welke mate verschilt de ervaren geluidhinder tussen de controlestraten met die in de experimentele straten onmiddellijk nadat een interventie werd uitgevoerd?
3. (C-NM2) In welke mate verschilt de ervaren geluidhinder tussen de controlestraten met die in de experimentele straten een paar maanden nadat een interventie werd uitgevoerd?

De eerste vraag betreft de uitgangssituatie in de straten waarin een interventie werd gepleegd. De tweede en derde vraag betreffen de effectiviteit van de interventie. In de straten van het STOLA-project kan ook het verschil tussen de voormeting en de nametingen worden bestudeerd:

4. (VM-NM1) In welke mate verschilt de ervaren geluidhinder in de experimentele straten tussen de voormeting en de eerste nameting?
5. (VM-NM2) In welke mate verschilt de ervaren geluidhinder in de experimentele straten tussen de voormeting en de tweede nameting?
6. (NM1-NM2) In welke mate verschilt de ervaren geluidhinder in de experimentele straten tussen de eerste en tweede nameting ?

Merk op dat we voor de laatste drie vragen afhankelijk zijn van kleine steekproeven, met als gevolg hogere foutenmarges en lager onderscheidingsvermogen van statistische toetsen. Vragen 1 t/m 6 richten zich op de eerste schakel van de causale keten, zoals afgebeeld in Figuur 7-4 [18].

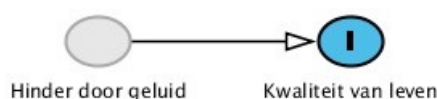


Figuur 7-4 Eerste schakel van de causale keten [18]

Naast het aantonen van een verband tussen de experimentele condities en de ervaren geluidshinder moeten we ook onderzoeken welke invloed geluidshinder heeft op de kwaliteit van leven in drie domeinen 'specifieke gezondheidsklachten', 'slaapkwaliteit', en 'comfort activiteiten' (binnen en buiten). Daarover gaan de laatste vragen:

7. Wat is de invloed van ervaren geluidshinder op de kwaliteit van leven?
8. Wat is de invloed van de interventies in geluid op de kwaliteit van leven?

Deze vragen gaan dus over het vervolg van de causale keten, simpel getekend in Figuur 7-5 als:



Figuur 7-5 Vervolg van de causale keten [18]

## 7.5 Geluidsmetingen

Om ook een objectieve vergelijking tussen de verschillende straten mogelijk te maken, werd een meting van het omgevingslawaai gedurende 15 minuten,  $L_{A,eq}$  (15 min.), uitgevoerd in elke straat. Deze meting gebeurde maar één keer, maar zal toch een indicatie kunnen geven van o.a. de aanwezige verkeersintensiteit of andere lawaaihinder.

Onderstaande Tabel 7-3 geeft hiervan een samenvatting.

**Tabel 7-3** Overzicht uitgevoerde geluidsmetingen  $L_{A,eq}$  (15 min.) en  $L_{A,max}$

Locatie	$L_{A,eq}$ (15 min )	$L_{A,max}$ (dB)
Zandvlietse Dorpstraat	58.0	75.8
Kleine Doornstraat	61.0	78.3
Verenigde Natieslaan	57.0	74.8
Tijl Uilenspiegelaaan	65.8	77.4
Schepersveldlei	50.8	78.7
De Beuckelaerlaan	65.8	77.4
Ter Rivierenlaan	54.0	71.1
Jozef Verbovenlei	61.5	76.1
Laarsebaan	64.2	77.7

Hieruit blijkt dat de effectieve maximale geluidsniveaus in de meeste straten zich tussen 75 en 78 dB bevinden. Dit zijn de maximale niveaus die optreden bij het passeren van een voertuig bij de sonometer. De verschillen onderling zijn dan te wijten aan enerzijds het voertuig in kwestie (licht, zwaar, bus, ...), en anderzijds de omgeving (afstand tot het wegdek, ondergrond, type asfalt, type bebouwing, ...).

Het gemiddelde over 15 minuten geeft ons eerder een indicatie van de verkeersintensiteit en algemene indruk over het aanwezige achtergrondlawaai. We zien daar duidelijk straten die als druk of zeer rustig kunnen geklasseerd worden.

## 7.6 Socio-demografische gegevens

Onderstaande Tabel 7-4 geeft een overzicht van de socio-demografische gegevens van de respondenten uit de Kleine Doornstraat en Zandvlietse Dorpstraat ten tijde van de drie uitgevoerde bevragingen. Deze gegevens tonen aan dat er weinig verschil is qua socio-demografie tussen de verschillende bevragingen.

De socio-demografische gegevens van alle respondenten, inclusief in de controlestraten en in de regio's met geluidsschermen, werden gebruikt om na te gaan of er mogelijke verbanden zijn tussen de socio-demografie enerzijds, en de ervaren geluidshinder of levenskwaliteit anderzijds. Een samenvatting van deze analyse is opgenomen in de Annex van digitale bijlage 6b [18]. Hieruit blijkt dat er geen aanwijzingen zijn om te geloven dat verschillen in ervaren geluidshinder of levenskwaliteit veroorzaakt werden door de socio-demografische samenstelling van de verschillende straten of regio's.

**Tabel 7-4 Overzicht socio-demografische gegevens respondenten Kleine Doornstraat en Zandvlietse Dorpstraat**

		<b>Voormeting (n=57)</b>	<b>1e Nameting (n=44)</b>	<b>2e Nameting (n=40)</b>
<i>Geslacht</i>	Man	30 (52.5 %)	20 (45 %)	18 (45 %)
	Vrouw	26 (45.5 %)	24 (55 %)	22 (55 %)
	Ontbrekend	1 (2 %)		
<i>Leeftijd</i>	Min – Max – Gem	20 – 81 – 55	19 – 84 – 53	32 – 84 – 57
<i>Opleidingsniveau</i>	Geen/Lager onderwijs	4 (7 %)	2 (4 %)	2 (5%)
	Secundair/Hoger secundair	25 (44 %)	18 (41 %)	20 (50%)
	Hoger onderwijs/Universiteit	27 (47 %)	24 (55 %)	16 (40%)
	Ontbrekend	1 (2 %)		2 (5%)
<i>Burgerlijke staat</i>	Ongehuwd	10 (18 %)	6 (14 %)	7 (17.5%)
	Gehuwd	38 (67 %)	34 (77 %)	28 (70%)
	Gescheiden	6 (10 %)	3 (7 %)	3 (7.5%)
	Weduwnaar/Weduwe	3 (5 %)	1 (2 %)	2 (5%)
<i>Huidige woonsituatie</i>	Samen met partner	24 (42 %)	19 (43 %)	17 (42.5%)
	Samen met partner en kind(eren)	20 (35 %)	20 (46 %)	16 (40%)
	Alleen	9 (16 %)	3 (7 %)	4 (10%)
	Alleen met kind(eren)	2 (3.5 %)	1 (2 %)	1 (2.5%)
	Bij de ouders	2 (3.5 %)	1 (2 %)	1 (2.5%)
	Andere			1 (2.5%)
<i>Huidige werksituatie</i>	Hoger kader	6 (10.5 %)	5 (11.5 %)	2 (5 %)
	Ambtenaar/Bediende	15 (26 %)	17 (39 %)	15 (37.5 %)
	(on)Geschoolde arbeider	2 (3.5 %)	1 (2 %)	1 (2.5 %)
	Zelfstandige	7 (12 %)	1 (2 %)	3 (7.5 %)
	Gepensioneerd	22 (39 %)	16 (36.5 %)	15 (37.5 %)
	Werkloos / werkzoekend	1 (2 %)	1 (2 %)	1 (2.5 %)
	Werkloos / niet werkzoekend	4 (7 %)	3 (7 %)	3 (7.5 %)
<i>Type woning</i>	Studio of appartement	4 (7 %)	0 (0 %)	2 (5%)
	Rijwoning	11 (19 %)	13 (29.5 %)	9 (22.5%)
	Half-open bebouwing	33 (58 %)	22 (50 %)	21 (52.5%)
	Open bebouwing	9 (16 %)	9 (20.5 %)	8 (20%)

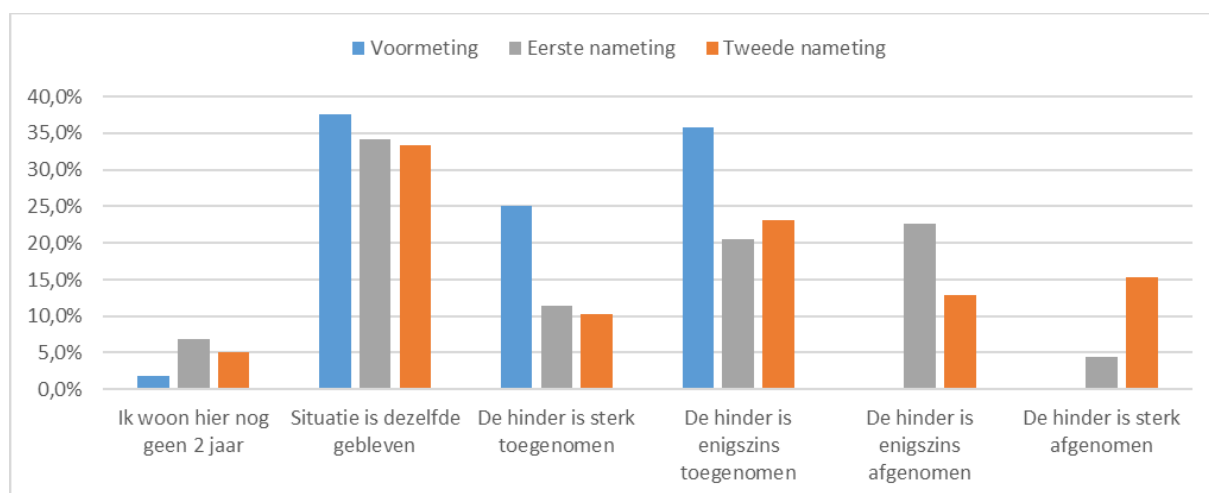
## 7.7 Vragen gerelateerd aan geluid

De subjectieve metingen werden geregistreerd door middel van een schriftelijk afgenomen gestandaardiseerde vragenlijst; zie digitale bijlage 6d. De vragenlijst was voor een groot stuk gebaseerd op het SLO (Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek), maar bevatte aanvullende en verdiepende vragen. Er werden bovendien een aantal vragen over andere bronnen van hinder bevroegd (licht, geur). Om te vermijden dat de vragenlijst zou worden opgevat als een beleidsevaluatie hebben we geprobeerd te voorkomen dat de respondenten een direct verband zouden leggen tussen de activiteiten in de regio op het gebied van de aanleg van nieuwe wegdekken of geluidsschermen en de vragenlijst. Leidende vragen zoals "Vindt u dat de hinder van geluid is afgenomen sinds de gemeente in uw regio een stiller wegdek heeft aangelegd" werden daarom geweerd uit de uiteindelijke bevraging. In plaats van te vragen naar opinies (met bijbehorende kleuring door politieke sympathieën en aversies) van respondenten, wordt de effectiviteit van de interventie in de geluidshinder afgeleid uit 1) het verschil van de objectieve geluidsmetingen en 2) het verschil tussen de ervaren geluidshinder vóór en na de interventie. Onder de directe subjectieve indicatoren vallen:

1.  $\Delta$ Geluid: De mate waarin de hinder door geluid thuis, dit wil zeggen in en om de woning, is veranderd in de laatste twee jaar (Vraag 14\_1)
2. Geluid: De mate waarin er overlast is van geluid in en om de woning tijdens de laatste 12 maanden (Vraag 13\_1)
3. Wegverkeer: De mate waarin er overlast is van geluid van wegverkeer (Vraag 15\_3)

Als eerste worden de resultaten besproken van de analyses ten aanzien van onderzoeksvragen 1 t/m 6, dat wil zeggen, het eerste deel van de causale keten, zie Figuur 7-4.

In onderstaande Figuur 7-6 worden ter illustratie de antwoorden getoond van enkel de respondenten uit de Kleine Doornstraat en Zandvlietse Dorpstraat op vraag 14\_1 ( $\Delta$ Geluid) tijdens de drie bevragingen. Visueel gezien is er een duidelijke afname van de hinder door geluid.



Figuur 7-6 Vraag 14\_1 Als u denkt aan uw situatie thuis, dit wil zeggen in en om uw woning, in welke mate is de hinder door volgende bronnen veranderd in de laatste twee jaar? - deel GELUID [5]

Op basis van de volledige dataset werd de statistische analyse opgesteld, zoals in Tabel 7-5 opgenomen.

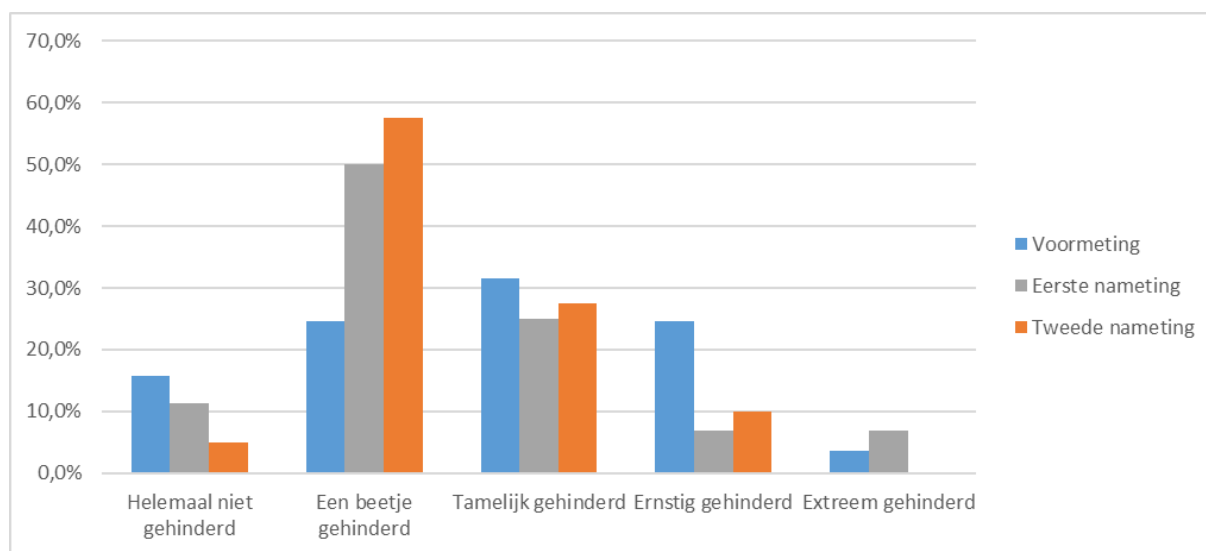
**Tabel 7-5 Verandering van de geluidshinder ( $\Delta$ Geluid) [18]**

Interventie	Regio	C	VM	NM 1	NM 2
Geen aanpassing	Noord Antw.	3.6 (.77)	.	.	.
	Linkeroever	3.5 (.86)	.	.	.
	Zuid Antw.	3.2 (.96)	.	.	.
	<i>Totaal</i>	<i>3.5 (.85)</i>			
Stille wegdekken	Zandvliet	.	3.9 (.80)	3.8 (.87)	3.2 (.97)
	Wilrijk	.	3.8 (.80)	2.9 (1.06)	2.9 (1.36)
	Merksem	.	.	3.5 (.68)	.
	Deurne	.	.	3.7 (.89)	.
	<i>Totaal</i>		<i>3.9 (.79)</i>	<i>3.5 (.92)</i>	<i>3.0 (1.22)</i>
Geluidschermen	Evergem	.	.	3.0 (1.14)	.
	Meise	.	.	3.4 (1.03)	.
	Beringen	.	3.9 (.81)	3.1 (1.28)	.
	Brecht	.	.	4.0 (1.03)	.
	Ranst	.	.	2.3 (.95)	.
	Hasselt	.	.	3.4 (1.02)	.
	<i>Totaal</i>		<i>3.9 (.81)</i>	<i>3.4 (1.12)</i>	
<b>Totaal</b>		<b>3.5 (1.02)</b>	<b>3.9 (.79)</b>	<b>3.4 (1.06)</b>	<b>3.0 (1.22)</b>

\* Het betreffende item luidde als volgt: Als u denkt aan uw situatie thuis, dit wil zeggen in en om uw woning, in welke mate is de hinder door geluid veranderd in de laatste twee jaar? Antwoordcategorieën waren 1. Sterk afgenomen, 2. Enigszins afgenomen, 3. Situatie is dezelfde gebleven, 4. Enigszins toegenomen, en 5. Sterk toegenomen. De code in de variabelenbank was Q15.1.R.

In Tabel 7-5 staan de gemiddelden en standaard deviaties van de door straatbewoners aangegeven verandering van geluidshinder gedurende de laatste 2 jaar ( $\Delta$ Geluid). Het gaat hier om respondenten die aangaven minstens 2 jaar in de betreffende straat te hebben gewoond. De gemiddelde score in de controlestraten voor dit item bedroeg 3.5, dat wil zeggen, tussen de posities “gelijk gebleven” en “enigszins toegenomen” in. In de experimentele straten is de gemiddelde score tijdens de voormeting 3.9, en deze waarde is significant hoger dan in de controlegroep ( $t = 3.5, p < .001$ ). Het gemiddelde van de verandering van hinder door geluid gedurende de laatste twee jaar in de experimentele groep bedraagt tijdens de eerste nameting 3.4, en dit verschilt niet meer significant van het gemiddelde in de controlestraten ( $t = .41, p = .68$ ). Ten tijde van de tweede nameting (enkel Zandvliet en Wilrijk) is de gemiddelde score verder gedaald tot 3.0, en dit is significant lager dan in de controlestraten ( $t = 2.1, p = .036$ ). We vinden voor  $\Delta$ Geluid tenslotte een significant verschil tussen de voormeting en eerste nameting ( $t = 4.2, p < .001$ ), en tussen de eerste en tweede nameting ( $t = 2.3, p = .02$ ).

In onderstaande Figuur 7-7 worden de antwoorden van de respondenten uit de Kleine Doornstraat en Zandvlietse Dorpstraat getoond op de vraag 13\_1 (Geluid). Een duidelijke verschuiving van de categorieën “ernstig en extreem gehinderd” naar “een beetje gehinderd” is duidelijk.



**Figuur 7-7 Vraag 13 Als u denkt aan de voorbije 12 maanden, in welke mate bent u gehinderd door GELUID of GEUR of LICHT in en om uw woning? – deel GELUID [5]**

De hele dataset werd gebruikt voor de statistische analyse in onderstaande Tabel 7-6.

**Tabel 7-6 Hinder van geluid tijdens de laatste 12 maanden (Geluid) [18]**

Interventie	Regio	C	VM	NM 1	NM 2
Geen aanpassing	Noord Antw.	2.2 (1.03)	.	.	.
	Linkeroever	2.4 (1.03)	.	.	.
	Zuid Antw.	2.2 (.88)	.	.	.
	<i>Totaal</i>	<i>2.2 (.99)</i>			
Stille wegdekken	Zandvliet	.	2.6 (1.21)	2.6 (1.21)	2.1 (.77)
	Wilrijk	.	2.8 (1.06)	2.4 (.99)	2.6 (.70)
	Merksem	.	.	2.2 (1.06)	.
	Deurne	.	.	2.5 (.92)	.
	<i>Totaal</i>		<i>2.8 (1.11)</i>	<i>2.4 (.99)</i>	<i>2.4 (.75)</i>
Geluidschermen	Evergem	.	.	2.5 (1.08)	.
	Meise	.	.	3.1 (1.04)	.
	Beringen	.	2.7 (1.21)	2.6 (1.07)	.
	Brecht	.	.	3.5 (.99)	.
	Ranst	.	.	3.3 (1.50)	.
	Hasselt	.	.	2.5 (1.08)	.
	<i>Totaal</i>		<i>2.7 (1.21)</i>	<i>2.9 (1.16)</i>	
<b>Totaal</b>		<b>2.2 (.99)</b>	<b>2.7 (1.13)</b>	<b>2.7 (1.10)</b>	<b>2.4 (.75)</b>

\* Het betreffende item luidde als volgt: Als u denkt aan de voorbije 12 maanden, in welke mate bent u gehinderd door geluid in en om uw woning? Antwoordcategorieën waren 1. Helemaal niet gehinderd, 2. Een beetje gehinderd, 3. Tamelijk gehinderd, 4. Ernstig gehinderd, 5. Extreem gehinderd. De code in de variabelenbank was Q14\_1.

In Tabel 7-6 staan de resultaten voor de scores op hinder door geluid in de laatste 12 maanden opgetekend. Het gemiddelde in de controlestraten bedraagt 2.2, wat betekent dat men ‘een beetje gehinderd is’, tegen een gemiddelde van 2.7 (dichtbij ‘tamelijk gehinderd’) ten tijde van de voormeting in de experimentele straten. Dit verschil is statistisch significant ( $t = 3.6, p < .001$ ). Bij de eerste nameting is dit verschil van dezelfde orde van grootte en nog steeds significant ( $t = 4.7, p < .001$ ). Bij de tweede

nameting is het niveau teruggelopen tot 2.4 en niet meer significant verschillend van de controlegroep ( $t = 1.2, p = .24$ ). Er is geen verschil tussen de voormeting en de eerste nameting, en evenmin tussen de eerste en de tweede nameting.

In Tabel 7-7 wordt dieper in gegaan op één mogelijke bron van geluidshinder, namelijk wegverkeer. De gemiddelde score in de controlestraten is gelijk aan 2.3, ongeveer het midden tussen de categorieën “een beetje gehinderd” en “tamelijk gehinderd”. Voor alle straten tijdens de voormeting was het gemiddelde op dit item gelijk aan 3.0 (“tamelijk gehinderd”), en deze waarde is significant hoger dan in de controlestraten ( $t = 4.4, p < .001$ ). Bij de eerste nameting is de score iets teruggelopen tot 2.8 maar verschilt nog steeds significant van de controlestraten ( $t = 4.7, p < .001$ ). Bij de tweede nameting is de score verder afgenomen tot 2.4 en is het verschil met de controlestraten niet meer significant ( $t = .66, p = .51$ ). Verder vinden we voor de hinder door geluid van wegverkeer een significant verschil tussen de eerste en tweede nameting ( $t = 2.3, p = .022$ ).

**Tabel 7-7 Verandering van de geluidshinder veroorzaakt door wegverkeer [18]**

Interventie	Regio	Control	VM	NM 1	NM 2
Geen aanpassing	Noord Antw.	2.3 (1.05)	.	.	.
	Linkeroever	2.4 (1.35)	.	.	.
	Zuid Antw.	2.2 (.94)	.	.	.
	<i>Totaal</i>	<i>2.3 (1.08)</i>			
Stille wegdekken	Zandvliet	.	2.5 (1.10)	2.2 (.75)	1.8 (.93)
	Wilrijk	.	3.0 (1.08)	2.6 (.95)	2.7 (.87)
	Merksem	.	.	2.2 (.87)	.
	Deurne	.	.	2.6 (1.10)	.
	<i>Totaal</i>	.	<i>2.9 (1.10)</i>	<i>2.5 (.99)</i>	<i>2.4 (.99)</i>
Geluidschermen	Evergem	.	.	2.4 (1.13)	.
	Meise	.	.	3.2 (1.05)	.
	Beringen	.	3.2 (1.12)	2.6 (.91)	.
	Brecht	.	.	3.7 (1.13)	.
	Ranst	.	.	3.5 (1.05)	.
	Hasselt	.	.	2.7 (1.15)	.
	<i>Totaal</i>		<i>3.2 (1.12)</i>	<i>3.0 (1.18)</i>	.
<b>Totaal</b>		<b>2.3 (1.08)</b>	<b>3.0 (1.11)</b>	<b>2.8 (1.15)</b>	<b>2.4 (.99)</b>

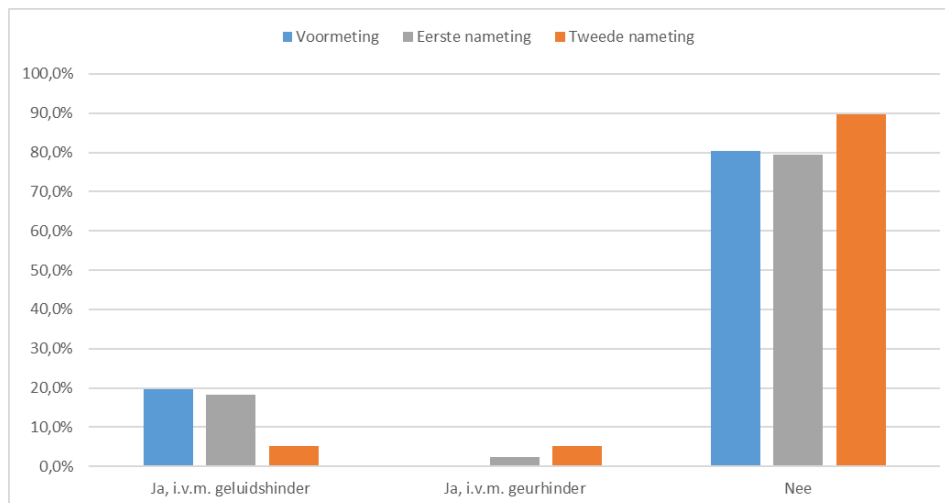
\* Het betreffende item luidde als volgt: Van welke geluidsbronnen ondervindt u wel eens overlast? Er werden 7 bronnen opgesomd, waaronder wegverkeer. Antwoordcategorieën waren 1. Helemaal niet gehinderd, 2. Een beetje gehinderd, 3. Tamelijk gehinderd, 4. Ernstig gehinderd, 5. Extreem gehinderd. De code in de variabelenbank was Q16.3.

Bovenstaande analyse is gemaakt voor de volledige dataset, inclusief de bevestigingen afgenomen in de omgeving van geluidsschermen. Wanneer we in de tabel kijken naar de data van enkel de stille wegdekken in Zandvliet en Wilrijk, dan zien we een gemiddelde score van  $\pm 2.4$  voor beide nametingen. We kunnen hieruit dus besluiten dat de gemiddelde hinder voor beide straten afgenomen is tot het niveau van de controlestraten. De zeer lage score in Zandvliet bevestigt wat we eigenlijk al wisten: er passeert zo weinig verkeer door deze straat dat er natuurlijk geen probleem is met verkeerslawaaai. Het zou dus zinloos zijn om in de toekomst een (duurdere) DGD aan te leggen in zulke straat.

In Wilrijk lijkt de tweede nameting wat hoger dan de eerste, maar dit verschil is niet statistisch significant. Deze straat is ook rumoeriger dan bv. Zandvliet, en uit verkeerstellingen ter plaatse bleek er tijdens de eerste nameting aanzienlijk minder verkeer in Wilrijk gepasseerd te zijn ten opzichte van de voormeting en tweede nameting. Desalniettemin heeft de ingreep geresulteerd in een hinder gelijkend op een gemiddelde straat en niet meer op een locatie met veel hinder van verkeerslawaaai.

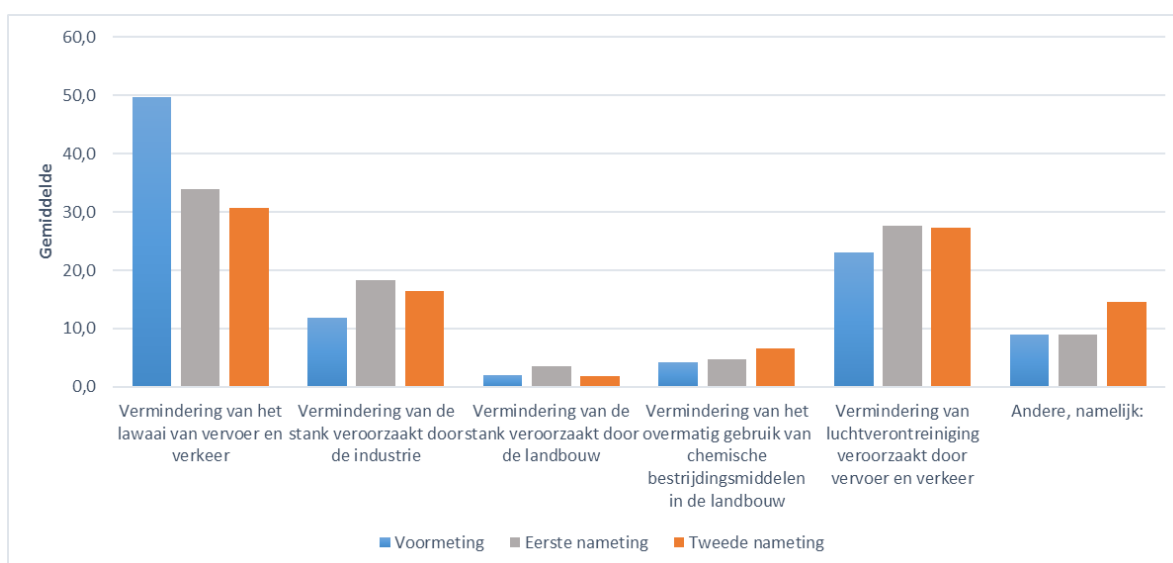


Volgende twee figuren geven de resultaten weer van twee andere vragen waarin gepolst werd naar het ondernemen van actie tegen hinder (Vraag 23\_4 in Figuur 7-8) of het bestrijden van hinder (Vraag 24 in Figuur 7-9). Bij Vraag 23\_4 valt het op dat een aanzienlijk minder aantal respondenten (uit Kleine Doornstraat en Zandvlietse Dorpstraat) zou afraden om in deze straat te komen wonen omwille van geluidshinder.



**Figuur 7-8 Vraag 23\_4 De volgende vragen gaan over het ondernemen van actie ten gevolge van hinder. Raadt u mensen af om in deze straat te komen wonen omwille van hinder? (respondenten uit Kleine Doornstraat & Zandvlietse Dorpstraat)**

Bij Vraag 24 werd er gepolst naar welke hinder prioritair aangepakt zou moeten worden, door er een bedrag in € aan te koppelen. Het valt hierbij op dat er een duidelijke afname is tussen voormeting en nametingen van het bedrag dat besteed zou moeten worden aan de vermindering van verkeerslawaaai. Dit wijst er vermoedelijk op dat de respondenten minder hinder ondervinden van het aanwezige verkeerslawaaai, en zich richten op “andere” bronnen van hinder, zoals de mindere kwaliteit van de voetpaden, te snel rijdend verkeer, een tekort aan parkeerplaatsen, tot zelfs overlast door hondenpoep.



**Figuur 7-9 Vraag 24 Als u 100 euro zou moeten besteden aan de bestrijding van hinder, hoe zou u dit bedrag dan verdelen? (respondenten uit Kleine Doornstraat & Zandvlietse Dorpstraat)**

## 7.8 Vragen gekoppeld aan de kwaliteit van leven

De kwaliteit van leven werd in drie domeinen bevraagd:

1. Domein 1. Concrete gezondheidsklachten (hoofdpijn, duizeligheid, maag- en darmklachten, ...)
2. Domein 2. Kwaliteit van de slaap (duur slaap, duur inslapen, gevoel uitgerust te zijn, enz.)
3. Domein 3. Comfort activiteiten binnen en buiten (concentreren, lezen, verstaanbaar maken, ontspannen, enz.).

Binnen elk van deze domeinen werd nagegaan hoe de situatie was voor de respondent op het moment van invullen, en daarnaast, in hoeverre de situatie was verslechterd, gelijk gebleven, of verbeterd, gedurende de laatste 5 jaar. Zie de digitale bijlage 6d en de toelichting bij de tabellen voor meer detail over de precieze vraagformulering.

De respondenten moesten aangeven in welke mate ze te lijden hadden van een aantal concrete lichamelijke klachten (kwaliteit van leven, Domein 1). We bestuderen deze gegevens voor de data verzameld bij de eerste nameting. Met slechts één uitzondering (vermoeidheid-geluidshinder) vonden we een significant verband tussen deze klachten en de geluidshinder in het algemeen en die van wegverkeer in het bijzonder, zie Tabel 7-8.

Tabel 7-8 Verband subjectieve geluidshinder en concrete lichamelijke klachten (Domein 1) bij de eerste nameting [18]

	$\Delta$ Geluid	Geluid	Wegverkeer
Hoofdpijn	.11	.19*	.14*
Vermoeidheid	.09	.20*	.16*
Duizeligheid	.14*	.16*	.14*
Slapeloosheid	.17*	.25*	.19*
Hartkloppingen	.10	.19*	.18*
Maag- en darmklachten	.14*	.11*	.07

\* Nonparametrische correlatie Kendall's  $\tau_b$  significant op  $p < .01$ ,  $373 \leq N \leq 417$ . Positieve coëfficiënten duiden op een positief verband tussen de mate van ervaren geluidshinder en de hoeveelheid lichamelijke klachten. Antwoordcategorieën waren 1. Nooit, 2. Een paar keer per jaar, 3. Een paar keer per maand, 4. Een paar keer per week en 5. Dagelijks.

Ook de slaapkwaliteit (Domein 2) houdt verband met de mate van geluidshinder, zie Tabel 7-9. **Inslapen duurt significant langer wanneer er hinder is van geluid of wegverkeer, en ook voelt men zich 's morgens minder vaak uitgerust.** Mensen met hinder van wegverkeer liggen vaker 's morgens wakker in bed. Voor betreft de duur van de slaap ('s nachts of overdag) en de frequentie dat men zich overslaapt vinden we geen significant verband.

Tabel 7-9 Verband subjectieve geluidshinder en concrete slaapkwaliteit (Domein 2) bij de eerste nameting [18]

	$\Delta$ Geluid	Geluid	Wegverkeer
Hoe lang slaapt u per nacht? <sup>+</sup>	.00	.04	.02
Hoe lang slaapt u overdag? <sup>+</sup>	-.02	.04	.07
Hoe lang duurt het voor u in slaap valt? <sup>+</sup>	.18*	.21*	.19*
Hoe vaak ligt u 's morgens wakker in bed? <sup>×</sup>	.06	.17*	.12*
Hoe vaak overslaapt u zich 's morgens? <sup>×</sup>	.03	.07	.08
Hoe vaak voelt u zich 's morgens uitgerust? <sup>×</sup>	-.13*	-.18*	-.13*

\* Nonparametrische correlatie Kendall's  $\tau_b$  significant op  $p < .01$ ,  $333 \leq N \leq 413$ . <sup>+</sup> Hoe hoger de score, hoe langer men slaapt ('s nachts, overdag) en hoe langer het duurt om in slaap te vallen. <sup>×</sup> Hoe hoger de score, hoe vaker men 's morgens wakker ligt, overslaapt, of zich uitgerust voelt.

Respondenten werd verder gevraagd in welke mate ze moeilijkheden ervaren bij een aantal activiteiten binnenshuis en buitenshuis (Domein 3). Zonder uitzondering wordt in hogere mate moeilijkheden ervaren naarmate men meer hinder heeft van geluid in het algemeen, en van wegverkeer specifiek, zie Tabel 7-10. Met andere woorden, **geluidshinder maakt concentreren tijdens lezen, studeren of werken, en televisiekijken, en ook het verstaanbaar maken al dan niet aan de telefoon, zowel binnen als buiten moeilijker** (positieve coëfficiënt in onderstaande tabel).

Tabel 7-10 Verband subjectieve geluidshinder en moeilijkheden bij activiteiten (Domein 3) [18]

		ΔGeluid		Geluid		Wegverkeer	
		Binnen	Buiten	Binnen	Buiten	Binnen	Buiten
Concentreren	tijdens het lezen	.17*	.27*	.22*	.44*	.25*	.43*
Concentreren	tijdens het studeren of werken	.12*	.22*	.18*	.48*	.26*	.46*
Concentreren	tijdens het televisiekijken <sup>+</sup>	.18*	-	.16*	-	.17*	-
Verstaanbaar maken	in een gesprek	.12*	.22*	.13*	.43*	.19*	.45*
Verstaanbaar maken	aan de telefoon	.12*	.24*	.14*	.42*	.15*	.42*
Ontspannen of tot rust komen		.21*	.24*	.31*	.49*	.30*	.49*

\* Nonparametrische correlatie Kendall's  $\tau_b$ , significant op  $p < .01$ ,  $290 \leq N \leq 413$ . De antwoordcategorieën waren 1. Gemakkelijk, 2. Eerder gemakkelijk, 3. Eerder moeilijk, 4. Moeilijk. Met andere woorden, een positieve coëfficiënt betekent dat de betreffende activiteit als moeilijker wordt ervaren naarmate er meer hinder is van geluid. <sup>+</sup> Niet bevraagd als buitenactiviteit.

Wanneer we vervolgens elk domein van levenskwaliteit vergelijken tussen de controle en experimentele straten, dan is de eerste gevolgtrekking dat voor wat betreft lichamelijke klachten (Domein 1) en slaapkwaliteit (Domein 2) geen significante verschillen bestaan. Voor de binnenshuisactiviteiten werden evenmin significante verschillen tussen condities gevonden. Maar voor de activiteiten buitenshuis stelden we over de gehele linie een significant verschil vast tussen de controlestraten en de experimentele condities, zie Tabel 7-11. Paarsgewijze vergelijkingen geven het volgende beeld. Tijdens de voormeting geven de experimentele straten een significant hogere moeilijkheid bij het zich buitenshuis verstaanbaar maken ( $t = 3.2$ ,  $p = .001$ ), en bij het zich buitenshuis verstaanbaar maken aan de telefoon ( $t = 3.3$ ,  $p = .001$ ). Wanneer we de controle conditie vergelijken met de tweede nameting (enkel stille wegdekken) dan zien we **geen significant verschil** meer.

Tabel 7-11 Ervaren moeilijkheden bij activiteiten buitenshuis (Domein 3b) [18]

Activiteit buitenshuis*	C	VM	NM1	NM2	F	df <sup>+</sup>	p
Concentreren tijdens het lezen	1.9	2.1	2.2	1.8	4.8	657	.002
Concentreren studeren of werken	1.9	2.1	2.2	1.9	4.3	546	.005
Verstaanbaar maken in gesprek	1.6	2.0	2.0	1.6	8.7	698	< .001
Verstaanbaar maken telefoon	1.7	2.1	2.1	1.7	8.8	683	< .001
Ontspannen, tot rust komen	1.9	2.0	2.2	1.7	6.1	694	< .001
N	162	76	421	39	698		

<sup>+</sup> Dit is df2 van de Oneway ANOVA, df1 = 3 voor alle variabelen.

## 7.9 Deelconclusies bevragingen

*Uit het vergelijken van de controlegroep en de experimentele groepen bij aanvang van de studie (voormeting), blijkt dat de experimentele groepen significant meer hinder van geluid en van het geluid van wegverkeer ervaren. Met andere woorden, het verschil in hinder rechtvaardigt een interventie, hetzij door de aanleg van stille wegdekken, hetzij door het aanleggen van een geluidsscherm. Bij de eerste nameting is de geluidshinder van wegverkeer gedaald maar nog steeds significant hoger dan in de controlegroep. Dit is te verklaren door het feit dat de eerste nameting ook de regio's met geluidsschermen omvat die bijna geheel ontbreken in de voormeting. Na de interventie vinden we dat de geluidshinder bij de stille wegdekken is afgenomen tot het niveau in de controlestraten (het verschil tussen nameting en controle is niet meer significant). Bij de tweede hermeting is de hinder van wegverkeer evenmin significant verschillend van de controlegroep. Alles samengenomen lijken de interventies in de geluidshinder, gemiddeld gesproken, positief effect te sorteren. De validiteit van de eerste schakel van de causale keten is affirmatief (deelonderzoeksvraag 3a uit § 2.1).*

*De frequentie waarin men last heeft van hoofdpijn, vermoeidheid, duizeligheid, slapeloosheid, hartkloppingen en maag- en darmklachten nemen toe naarmate men meer hinder van geluid (algemeen, wegverkeer) rapporteert. Deze verbanden hangen niet samen met verschillen in de socio-demografische compositie van de onderzochte regio's (zie Tabel 7-4). Deze bevinding ondersteunt in hoge mate de validiteit van het tweede deel van de causale keten (zie Figuur 7-5). Desalniettemin, en ondanks het feit dat we over vrijwel de gehele linie van kwaliteit van leven in domeinen 1,2 en 3 een negatief significant verband vinden met geluidshinder (meer hinder, meer klachten of minder kwaliteit), konden we geen belangrijke verschillen aantonen tussen experimentele condities (deelonderzoeksvraag 3b uit § 2.1).*

*We deden in de vorige paragrafen beknopt verslag van de resultaten van de bevragingen die werden uitgevoerd bij Vlaamse burgers die in de buurt van straten woonden waar een interventie in het geluid van wegverkeer werd uitgevoerd. We concludeerden dat deze **interventies leiden tot een merkbare daling van de (subjectief) ervaren geluidsoverlast**.*

*We vonden ook **sterke aanwijzingen dat de ervaren geluidshinder weerslag heeft op de kwaliteit van leven van de Vlaamse burgers**. Het loont dus de moeite voor overheden in het algemeen en Stad Antwerpen in het bijzonder om te blijven investeren in projecten die hinder door verkeerslawaaï verminderen, uiteraard op voorwaarde dat voldoende bewoners in de regio baat hebben bij de interventie en de interventie technisch mogelijk is.*

*De data gaven geen aanleiding te geloven dat interventies in geluidshinder van verkeer op korte termijn (dat wil zeggen, in de orde van weken tot maanden na de interventie) merkbare invloed heeft op de kwaliteit van leven in een regio of straat. Om de effectiviteit van een interventie in de geluidshinder op lange termijn te evalueren zijn herhaalde metingen nodig, eventueel aangevuld met statistieken over geluidsgerateerde gezondheidsklachten van huisartspraktijken in de regio. Bovendien raden we aan om **bevragingen** omtrent ervaren geluidshinder (bij voorkeur in de gestandaardiseerde vorm van onze SLO-gebaseerde vragenlijst) **routinematig af te nemen** bij bewoners van een regio waar een geluidsinterventie op de agenda staat, zowel voor als na de ingreep, zodat de effectiviteit van de interventie kan worden afgelezen aan het verschil tussen voor- en nameting. Dergelijke subjectieve metingen zijn betrekkelijk goedkoop om te realiseren en kunnen op termijn dienen om beter gerichte, en daardoor effectievere interventies te ondernemen.*

## 8 Conclusies en aanbevelingen

In dit laatste hoofdstuk worden eerst de voornaamste deelconclusies van de voorgaande hoofdstukken samengevat, waarna de algemene conclusies en aanbevelingen volgen.

### 8.1 Aanbestedingsprocedure

Beide geselecteerde proeflocaties, de Kleine Doornstraat in Wilrijk en de Zandvlietse Dorpstraat in Zandvliet, zijn geschikt om na te gaan of de geselecteerde dunne geluidsreducerende deklagen (DGD) bruikbaar zullen zijn in een **stedelijke omgeving**. Beide locaties hebben een stedelijk karakter dat tevens voldoende onderling afwijkt qua bebouwing, type verkeer en omgeving. Het feit dat in de Kleine Doornstraat de bestaande onderlaag vrijwel volledig werd behouden en in de Zandvlietse Dorpstraat een nieuwe onderlaag werd aangelegd, maakt dat ook op dit aspect de mechanische levensduur van de DGD kan onderzocht worden. Voor het uitvoeren van bepaalde metingen of bevestigingen waren beide locaties zeker niet perfect. Voor toekomstige (proef)projecten is het zeker aan te raden om in een vroege fase met het betrokken district de locatie(s) af te stemmen.

Dankzij een innovatieve aanbestedingsprocedure in twee fasen zijn we erin geslaagd om het project binnen het voorziene tijdsbestek uit te voeren, voldoende geïnteresseerde en ervaren aannemers te vinden uit **binnen- en buitenland**, en **10 proefvakken met vijf verschillende DGD** te laten aanleggen, **binnen het vooropgestelde budget**. Dit was enkel te realiseren dankzij de vrijheid die de aanbestedingsprocedure ons gaf, zodat keuzes betreffende aantal en lengte van de proefvakken (de verschillende deelopdrachten) tot na ontvangst en beoordeling van de offertes konden uitgesteld worden.

Het gebruik van een **plan van aanpak** is zeker een aanrader, maar er zijn hier wel gemiste kansen te vermelden. Zowel langs de kant van de aannemer als van de opdrachtgever, werd er bij aanleg nog weinig rekening met dit document gehouden, hoewel het de bedoeling was de aannemer zich aan zijn plan van aanpak diende te houden. Onze aanbeveling is dat intern bij Stad Antwerpen bekeken wordt of zulke documenten niet standaard bij (belangrijke of grote) projecten dienen opgesteld en gecontroleerd/opgevolgd te worden. Het kan alleen maar positief zijn voor de uiteindelijke opgeleverde kwaliteit.

Qua kostprijs kan er, op basis van ontvangen richtprijzen, besloten worden dat de gemiddelde **meerprijs bij aanleg** t.o.v. een SMA-C2 met een dikte van 4 cm **beperkt blijft tot 0.5 – 1.5 €/m<sup>2</sup>**. Dit houdt echter geen rekening met de eventuele noodzaak om de DGD sneller te vervangen. Het ontbreekt ons echter aan objectieve data om deze inschatting correct te kunnen maken. De aannemers zelf claimen een levensduur van minimaal 7 jaar en in sommige gevallen zelfs meer dan 10 jaar.

Er valt tenslotte op te merken dat de **proeflocaties sterk verschillen** van het type straten die later voorzien zullen worden van DGD. Het gaat hier om belangrijke verkeersaders met veel doorstromend (zwaar) verkeer en mogelijk hogere snelheden dan 50 km/u. Dit type straten is echter helemaal niet gepast om als proeflocatie te dienen omwille van de te grote extra hinder die veroorzaakt zou worden. Het uitvoeren van metingen zou in deze omstandigheden niet mogelijk zijn. Een straat met weinig verkeer kan gemakkelijk voor een korte periode afgesloten worden, wat niet het geval is bij een belangrijke verkeersader.

## 8.2 Aanleg

In het plan van aanpak van de diverse aannemers wordt aangegeven dat een DGD dient aangelegd te worden bij **droog weer** en bij **meer dan 10 °C**. Dit begrenst natuurlijk de toepassing tot een deel van het jaar. Er dienen verder duidelijke afspraken gemaakt te worden hoe men gaat reageren als op de dag van de aanleg niet voldaan wordt aan de vooropgestelde weersomstandigheden. Ook de wind is geen onbelangrijke factor, en dient nauwlettend opgevolgd te worden tijdens de aanleg omwille van de potentieel snelle afkoeling van de DGD.

De **kwaliteit van de onderlaag**, vooral qua vlakheid, speelt een grote rol, omdat eventuele hoogteverschillen nauwelijks door de dunnere toplaag opgevangen kunnen worden.

Een zeer belangrijk aspect bij de aanleg van de DGD is de **kleeflaag** waarmee de DGD verbonden wordt met de al aanwezige onderlaag. Hierbij raden we aan dat de kleeflaag voldoende tijd heeft gehad om te “breken”, vooraleer het werfverkeer erover rijdt. We raden een **minimale hoeveelheid van 300 g/m<sup>2</sup>** en zelfs tot **500 g/m<sup>2</sup>** bij een bestaande onderlaag (gefreesd oppervlak).

Omdat DGD met een beperktere dikte (25 – 30 mm) worden aangelegd, **koelen ze aanzienlijk sneller af** vergeleken met een SMA-C2 (standaard 40 mm). Hierdoor is het tijdvenster waarin het mengsel optimaal verdicht kan worden aanzienlijk korter. Daarom is het **vermijden van stilstand** van de asfaltfinisher belangrijk. Bij een langere stilstand kan het asfalt teveel afkoelen, waardoor ook weer een goede verdichting verhinderd wordt met later mogelijk rafeling tot gevolg. Het is aan te raden ervoor te zorgen dat er voldoende asfalt aanwezig is op de werf alvorens de aanleg te starten. Het is onze aanbeveling om **duidelijke afspraken** te maken qua minimale aanvoer-, verwerkings- en verdichtingstemperatuur, gebaseerd op de ervaringen van de aannemer in kwestie, en deze te laten **controleren door een werftoezichter**.

Via de uitgebreide **infraroodmetingen** kan besloten worden dat bij de aanleg van de diverse mengsels de minimum verwerkingstemperatuur in alle gevallen behaald werd en dat er geen grote problemen gesignaleerd werden. Het spreekt voor zich dat bij stilstand van de asfaltfinisher, rond putdeksels, en bij begin en einde van een proefvak (**handwerk**) lagere temperaturen of een grotere heterogeniteit van de temperatuur worden vastgesteld. Dit kan leiden tot een slechtere verdichting en vroegtijdige schade (rafeling).

Zelfs indien er geen afwijkingen worden gevonden, of er geen (zware) sancties aan worden gekoppeld, is het zeker een aanrader om als opdrachtgever steeds **stalen te nemen** en al dan niet onmiddellijk te laten **analyseren**.

## 8.3 Visuele controles

Uit de door BAC-OCW uitgevoerde visuele controles van de proefvakken blijkt dat de meeste schade al aanwezig is bij de eerste inspectie (6 maanden na aanleg). Zoals verwacht is het voornaamste schadebeeld rafeling en komt dit voor op locaties waar traag draaiend verkeer aanwezig is (keerpunten Kleine Doornstraat, in- en uitritten, ter hoogte van zijstraten en parkeerzones). In de meeste gevallen neemt de rafeling toe in de tijd. Bij twee proefvakken is er al meer rafeling zichtbaar, wat vermoedelijk te maken heeft met de omstandigheden en kwaliteit van de uitvoering bij aanleg. **Het gebruik van DGD in een stedelijke omgeving moet dus steeds goed afgewogen worden.**

## 8.4 Meetcampagnes

Hieronder worden de voornaamste deelconclusies van de diverse meetcampagnes samengevat.

1. Zelfs **24 maanden na aanleg** wordt de **nagestreefde geluidsreductie van 3 dB t.o.v. een SMA-C2** (voor auto's bij 50 km/u) door het merendeel van de proefmengsels nog steeds **gehaald**, niettegenstaande het feit dat de nieuw aangelegde SMA-C2 verharding stiller is t.o.v. typische geluidsniveaus die worden opgemeten bij gelijkaardige SMA-verhardingen. Enkel DGD-1 voldoet hier niet aan.  
De CPX-metingen bij 30 km/u bevestigen de bevindingen van de metingen bij 50 km/u.
2. Uit de SPB-metingen (enkel in Wilrijk uitgevoerd en met een backing board) komen zeer vergelijkbare en positieve resultaten tevoorschijn. Indien verondersteld wordt dat het referentievak AB-4C ongeveer 1 dB(A) stiller is dan het SMA-C2 wegdek in Zandvliet, dan behalen alle proefvakken **een geluidsreductie van 3.5 tot 5.5 dB(A) t.o.v. de SMA-C2**.  
De uitgevoerde CPB-metingen bevestigen deze resultaten bij 50 en 70 km/u, maar bij 30 km/u wordt aangetoond dat het motorgeluid een meer prominente rol speelt, waardoor de geluidsreductie aanzienlijk beperkt wordt. Met dit motorgeluid wordt geen rekening gehouden in de CPX-methode (meting dichtbij de band en het wegdek in een akoestisch geïsoleerde trailer) waardoor het dus **minder aan te bevelen valt om een DGD aan te leggen in een zone 30**.
3. Alle dunne deklagen hebben een gelijkaardig textuurspectrum, behalve DGD-1, dat hogere textuurniveaus heeft die meer in de buurt van een referentie SMA-D liggen. Textuurspectra van dezelfde mengsels in Zandvliet en Wilrijk liggen dicht bij elkaar.  
Alle dunne deklagen hebben **lagere megatextuurniveaus** dan de referentie SMA-C2, wat **gunstig is voor de geluidsreductie**, behalve DGD-1 dat dichterbij een SMA-D ligt. Deze bevindingen zijn in lijn met de gemeten geluidsreducties. Een wijziging van textuurniveaus kan vaak gelinkt worden aan een toename van geluidsniveaus in de tijd.
4. Er dient opgemerkt te worden dat rolweerstandmetingen nog in onderzoeksfase zijn. Bij 50 km/u werden er in Wilrijk **rolweerstandreducties** t.o.v. AB-4C gemeten tot **ca. 8 %**, bij 30 km/u tot ca. 5 %. De rolweerstandverschillen in Zandvliet zijn minder uitgesproken. Men kan stellen dat alle proefvakken een vrij lage rolweerstand vertonen, wat ook in de lijn van de verwachting lag voor goed aangelegde dunne deklagen.  
Een **lage rolweerstand is voordelig** aangezien alle weggebruikers in de gebruiksfase minder energie verbruiken op zulk wegdek, wat ook betekent dat er **minder CO<sub>2</sub>-emissies** zijn. Een rolwestandsreductie van 8 % verlaagt het brandstofverbruik met ongeveer 1,7 %.
5. **Alle proefvakken voldoen aan de stroefheidseisen** volgens het SB250 v3.1.

Verdere herhalingsmetingen in de toekomst zullen uitgevoerd worden om te achterhalen op welke termijn de proefvakken hun geluidsreductie verliezen, ten gevolge van bijv. rafeling, en wat hier dan de impact van is op bijv. de textuurspectra en de rolweerstand.

## 8.5 Bevragingen

Uit het vergelijken van de controlegroep en de experimentele groepen bij aanvang van de studie (voormeting), blijkt dat de experimentele groepen significant meer hinder van geluid en van het geluid van wegverkeer ervaren. Met andere woorden, het verschil in hinder rechtvaardigt een interventie, hetzij door de aanleg van stille wegdekken, hetzij door het aanleggen van een geluidsscherm. Na de interventie vinden we dat de **geluidshinder** bij stille wegdekken is **afgenomen tot het niveau in de controlestraten** (het verschil tussen nameting en controle is niet meer significant). Alles samengenomen lijken de **interventies in de geluidshinder**, gemiddeld gesproken, een **positief effect** te sorteren.

De frequentie waarin men last heeft van hoofdpijn, vermoeidheid, duizeligheid, slapeloosheid, hartkloppingen en maag- en darmklachten nemen **toe naarmate men meer hinder van geluid** (algemeen, wegverkeer) rapporteert. Desalniettemin, en ondanks het feit dat we over vrijwel de gehele lijn van kwaliteit van leven in domeinen 1,2 en 3 (gezondheidsklachten, slaapkwaliteit en activiteiten binnen en buitenshuis) een negatief significant verband vinden met geluidshinder (**meer hinder → meer klachten of minder kwaliteit**), konden we geen belangrijke verschillen aantonen tussen experimentele condities.

We deden in de vorige paragrafen beknopt verslag van de resultaten van de bevragingen die werden uitgevoerd bij burgers die in de buurt van straten woonden waar een interventie in het geluid van wegverkeer werd uitgevoerd. We concludeerden dat deze **interventies leiden tot een merkbare daling van de (subjectief) ervaren geluidsoverlast**.

We vonden ook **sterke aanwijzingen dat de ervaren geluidshinder weerslag heeft op de levenskwaliteit van de omwonenden**. Het loont dus de moeite voor overheden in het algemeen en Stad Antwerpen in het bijzonder om te blijven investeren in projecten die hinder door verkeerslawaaï verminderen, uiteraard op voorwaarde dat voldoende bewoners in de regio baat hebben bij de interventie en de interventie technisch mogelijk is.

De data gaven geen aanleiding te geloven dat interventies in geluidshinder van verkeer op  korte termijn (dat wil zeggen, in de orde van weken tot maanden na de interventie) merkbare invloed heeft op de levenskwaliteit in een regio of straat. Het aantal respondenten in de twee betrokken straten is in dit proefproject zodanig klein dat er grote onzekerheden zijn bij de bekomen resultaten specifiek voor het aspect levenskwaliteit. Om de effectiviteit van een interventie in de geluidshinder op lange termijn te evalueren, zijn **herhaalde metingen** nodig, eventueel aangevuld met statistieken over geluidsgelateerde gezondheidsklachten van huisartspraktijken in de regio. Bovendien raden we aan om **bevragingen** over ervaren geluidshinder (bij voorkeur in de gestandaardiseerde vorm van onze SLO-gebaseerde vragenlijst) **routinematig af te nemen** bij bewoners van een regio waar een geluidsinterventie op de agenda staat, zowel voor als na de ingreep, zodat de effectiviteit van de interventie kan worden afgelezen aan het verschil tussen bevragingen afgenomen voor en na de plaatsing van de geluidsinterventie (geluidsscherm of stiller wegdek). Dergelijke subjectieve metingen zijn betrekkelijk goedkoop om te realiseren en kunnen op termijn dienen om beter gerichte, en daardoor effectievere interventies te ondernemen.



## 8.6 Algemene conclusies, aanbevelingen en verder onderzoek

De algemene conclusies worden samengevat door een antwoord te bieden op de verschillende (deel)onderzoeksvragen, zoals geformuleerd in § 2.1.

Allereerst wordt er gestart met de onderzoeksvragen gerelateerd aan de akoestische levensduur:

- Deelvraag 1a: Bedraagt de geluidsreductie na aanleg minimaal 3 dB t.o.v. een standaard SMA-C2 als referentie?  
→ Zowel uit de CPX- als SPB-metingen blijkt dat de initiële geluidsreductie t.o.v. een standaard SMA-C2 minimaal 3 dB bedraagt, met uitschieters tot 5 dB. Slechts één DGD in Zandvliet behaalt deze initiële geluidsreductie opgemeten met de CPX-methode niet. (§ 6.1 en § 6.2)
- Deelvraag 1b: Wat is het verschil qua geluidsreductie voor lichte vs. zware voertuigen?  
→ Uit de CPX-metingen blijkt dat de geluidsreducties bij zware voertuigen ongeveer 1 dB lager liggen t.o.v. de lichte voertuigen. (§ 6.1)
- Deelvraag 1c: Wat is de akoestische levensduur van de aangelegde wegdekken, m.a.w. hoe snel neemt de geluidsreductie af in functie van de tijd (en optredende schade)?  
→ Deze deelonderzoeksvraag kan momenteel nog niet volledig beantwoord worden. De aanwezige schade en de tijd na aanleg zijn nog te beperkt, waardoor hierover nog geen besluit kan genomen worden. Twee jaar na aanleg blijft de afname van de geluidsreductie in de meeste gevallen beperkt tot 1 dB. De meeste proefvakken vertonen twee jaar na aanleg nog steeds een geluidsreductie van 3 dB t.o.v. de referentie SMA-C2. (§ 6.1 en § 6.2)

Vervolgens komen de onderzoeksvragen gerelateerd aan de mechanische levensduur aan bod:

- Deelvraag 2a: Hoe rafelingsgevoelig zijn de mengsels?  
→ Bij aanbesteding werden enkel mengsels weerhouden die al bewezen hebben over een goede rafelingsbestendigheid te beschikken. Dit wordt bevestigd via de visuele inspecties waarbij vastgesteld wordt dat op de meeste proefvakken geen tot slechts beperkte rafeling aanwezig is. Bij twee proefvakken is er al meer rafeling zichtbaar, wat vermoedelijk te maken heeft met de omstandigheden en kwaliteit van de uitvoering bij aanleg, alsook de aanwezigheid van keerpunten die leiden tot meer wringend verkeer. (Hoofdstukken 4 en 5, incl. labo-onderzoek in § 4.3)
- Deelvraag 2b: Hoe worden de oppervlakkenmerken (geluid, textuur, rolweerstand en stroefheid) beïnvloed door eventuele schade, m.a.w. hoeveel veranderen de oppervlakkenmerken in functie van de tijd?  
→ Deze deelonderzoeksvraag kan momenteel nog niet volledig beantwoord worden. De aanwezige schade en de tijd na aanleg zijn nog te beperkt, waardoor hierover nog geen besluit kan genomen worden. Verdere herhalingsmetingen minimum om de twaalf maanden van de oppervlakkenmerken, gecombineerd met de resultaten van de visuele inspecties en aandachtspunten bij aanleg, zijn hierbij noodzakelijk. (Hoofdstuk 6)

- Deelvraag 2c: Hoeveel bedraagt de mechanische levensduur van de aangelegde DGD?  
→ Om hierop een antwoord te kunnen formuleren is het belangrijk om de proefvakken nog gedurende langere tijd (enkele jaren) te kunnen opvolgen. Belangrijk hierbij is dat schade aan de onderlaag of optredende verzakkingen hierbij niet in rekening worden gebracht. (Hoofdstukken 5 en 6)

Omdat niet enkel de objectieve meetresultaten belangrijk zijn, maar een akoestische maatregel pas effectief is als ook de omwonenden er baat bij hebben, werden de subjectieve ervaringen van de omwonenden op diverse momenten bevestigd. Hierbij werden volgende onderzoeksvragen gesteld:

- Deelvraag 3a: Welk verband bestaat er tussen geluidswerende maatregelen, in dit geval DGD, en het subjectief ervaren geluidsniveau in een buurt of straat?  
→ Uit de bevragingen kon geconcludeerd worden dat de aanleg van de DGD geleid heeft tot een **merkbare daling** van de (subjectief) ervaren geluidsoverlast. (Hoofdstuk 7 en § 7.7 in het bijzonder)
- Deelvraag 3b: Welk verband bestaat er tussen subjectieve geluidshinder en levenskwaliteit?  
→ De subjectief ervaren geluidshinder heeft een **duidelijke weerslag op de levenskwaliteit**. Dit werd onderzocht aan de hand van drie domeinen, nl. 'specifieke gezondheidsklachten', 'slaapkwaliteit', en 'comfort activiteiten' (binnen en buiten). We vonden significante verbanden tussen gezondheidsklachten en aanwezige geluidshinder. Inslapen duurt significant langer wanneer er hinder is van verkeerslawaaï, en ook voelt men zich 's morgens minder vaak uitgerust. Geluidshinder maakt concentreren tijdens lezen, studeren of werken, en televisiekijken, en ook het verstaanbaar maken al dan niet aan de telefoon, zowel binnen als buiten moeilijker.  
Het aantal respondenten in de twee betrokken straten en de geluidshinder in één van de twee locaties zijn in dit proefproject echter zodanig klein dat er grote onzekerheden zijn wanneer we enkel kijken naar de resultaten gerelateerd aan dit proefproject. Daarom raden we aan om **bevragingen** over ervaren geluidshinder (bij voorkeur in de gestandaardiseerde vorm van onze SLO-gebaseerde vragenlijst) **routinematig af te nemen** bij bewoners van een regio waar een geluidsinterventie op de agenda staat. (Hoofdstuk 7 en § 7.8 in het bijzonder)

Tenslotte werden nog drie bijkomende deelonderzoeksvragen gedefinieerd die van belang zijn wanneer door Stad Antwerpen overwogen wordt om meer DGD toe te passen:

- Deelvraag 4: Welke randvoorwaarden zijn er van belang bij aanleg die noodzakelijk zijn om een goed resultaat te bekomen?  
→ De **kwaliteit en opvolging van de aanleg** zelf is van cruciaal belang om de verwachte levensduur en geluidsreductie effectief te realiseren. Voldoende aandacht voor de vlakheid van de onderlaag, kwaliteit van de kleeflaag en goede weersomstandigheden bij de aanleg van de DGD (droog en meer dan 10 °C, beperkte windsnelheid omwille van de snelle afkoeling van de DGD) zijn hier absoluut noodzakelijk. Een striktere werfopvolging met extra controles van temperaturen en staalnames wordt ten stelligste aangeraden. (Hoofdstuk 4)

- Deelvraag 5: Wat is de meerprijs van een DGD t.o.v. een standaard SMA-C2?  
→ Op basis van ontvangen richtprijzen is gebleken dat de meerprijs bij aanleg voor een DGD t.o.v. een standaard SMA-C2 beperkt blijft tot **0.5-1.5 €/m<sup>2</sup>**. Het is momenteel nog te vroeg om uitspraken te doen over de levensduur van de DGD en eventueel daaruit volgende extra onderhouds- of vervangingskosten. (§ 3.3.4)
- Deelvraag 6: Aan welke randvoorwaarden dienen de straten te voldoen om geschikt te zijn voor de aanleg van een DGD als akoestische maatregel?  
→ Via tussentijdse visuele controles is gebleken dat de hoeveelheid schade in de vorm van rafeling op de meeste proefvakken nog heel beperkt kan genoemd worden. Omdat rafeling vooral voorkomt op locaties waar **traag draaiend verkeer aanwezig** is (in- en uitritten, keer- en kruispunten, parkeerstroken, zones van veelvuldig versnellende en afremmende voertuigen), moet het **gebruik van DGD in een stedelijke omgeving doordacht** gebeuren, en is het zeker niet in elke straat toepasbaar. (Hoofdstukken 3 en 5)

Tot slot wordt nog een antwoord geformuleerd op de hoofdonderzoeksvraag:

*Is het mogelijk om met behulp van dunne geluidsreducerende deklagen (DGD) in een typisch stedelijke omgeving de geluidsoverlast door verkeerslawaaï te verminderen?*

→ **Ja, zowel objectief als subjectief is er een merkbare daling van de geluidsoverlast door verkeerslawaaï. Toepassing in een stedelijke omgeving is mogelijk mits het in acht houden van een aantal randvoorwaarden, zoals hierboven en hierna vermeld.**

Hierna volgen nog enkele aanbevelingen en suggesties voor verder onderzoek.

Dit leidt tot de volgende **aanbevelingen**:

1. Aangezien zowel een **aanzienlijke objectieve geluidsreductie** (> 3 dB) werd opgemeten, als werd aangetoond dat de **subjectief ervaren geluidsoverlast merkbaar gedaald** is, raden wij aan het gebruik van **DGD als akoestische maatregel** te overwegen. Het is wel noodzakelijk een grondige analyse uit te voeren van de kandidaat-locaties:
  - a. Vermijd een DGD aan te leggen op ronde of kruispunten, keerpunten, ter hoogte van in- en uitritten of parkings waar veel (zwaar) verkeer passeert en draait (bijv. de inrit van een supermarkt), op plaatsen met veel afremmende en vertragende voertuigen ("start/stop") of veelvuldig gebruikte bushaltes, ... Locaties waar men veel draaiend verkeer kan verwachten, zijn dus minder geschikt voor een DGD.
  - b. Qua type DGD raden we een **semi-dichte DGD** aan, die een voldoende geluidsreductie en tegelijk een voldoende lange levensduur, met beperkte meerkost bij aanleg, kan garanderen.
  - c. De straten die ons het meest geschikt lijken, zijn de wegen en straten die in het stedelijk mobiliteitsplan als **ontsluitingswegen** worden beschouwd. Typische voorbeelden zijn de Plantin en Moretuslei, de Belgiëlei en de Sint-Bernardsesteenweg, m.a.w. wegen met veel doorgaand verkeer en veel bewoners.
2. Snelheidsregime: hoewel uit de CPX-metingen bij 30 km/u blijkt dat de proefvakken een gelijkaardige geluidsreductie geven als bij 50 km/u, raden wij **niet** aan om DGD toe te passen in een zone 30. Door het feit dat bij lagere snelheden het motorgeluid primeert, zal dit positief geluidsreducerend effect grotendeels teniet worden gedaan, zoals blijkt uit de CPB-metingen.
3. Aanbesteding & aanleg: overweeg om een **plan van aanpak** te introduceren als hulpmiddel bij aanbesteding en als controle-instrument bij uitvoering. Het lijkt ons in de toekomst ook opportuun om de Nederlandse aannemers met veel relevante ervaring uit te nodigen op de aanbesteding in te tekenen. Hierbij is het noodzakelijk om niet enkel de prijs in rekening te brengen bij de aanbesteding, maar te werken met meerdere criteria. Uitgebreidere **controle en opvolging bij aanleg** (ter plaatse door temperatuurmetingen, staalnames en via labo-onderzoek) is noodzakelijk om een goede kwaliteit en daaruitvolgende positieve resultaten te garanderen.
4. Weersomstandigheden: het is absoluut noodzakelijk dat hierrond duidelijke afspraken bestaan en gerespecteerd worden door alle partijen. Wij adviseren dat DGD enkel bij **droge** omstandigheden en bij een **minimale temperatuur van 10 °C** worden aangebracht. Aandacht dient besteed te worden aan wind aangezien deze kan zorgen voor een snellere afkoeling van de DGD bij aanleg.
5. Geluidsmetingen gekoppeld aan visuele inspecties: hetzelfde kan gezegd worden over geluidsmetingen. In Nederland worden veel wegen met DGD gedurende meerdere jaren akoestisch opgevolgd. Budget voor het uitvoeren en analyseren van deze metingen is dan natuurlijk noodzakelijk.
6. Bevragingen: overweeg om gestandaardiseerde bevragingen af te nemen **vóór en na** geplande geluidsinterventies. Dit kan helpen om met behulp van meer data betere en meer conclusies te trekken, om zo op termijn, beter gerichte, en daardoor effectievere interventies te kunnen ondernemen.

Hieruit volgt een voorstel voor de voortzetting van het onderzoek:

- Verdere **herhalingsmetingen en visuele inspecties** zullen door OCW en UAntwerpen op beide proeflocaties nog uitgevoerd worden om te achterhalen op welke termijn de proefvakken hun geluidsreductie verliezen, ten gevolge van bijv. rafeling, en wat hier dan de impact van is op bijv. de geluidsspectra, de textuurspectra en de rolweerstand. Het is aanbevolen de proefvakken nog enkele jaren te behouden zonder interventies uit te voeren die de metingen onmogelijk maken of die vroegtijdige schade met zich kunnen meebrengen. Idealiter worden het OCW en UAntwerpen op de hoogte gebracht en geraadpleegd bij dergelijke interventies.
- De looptijd van het huidige project liet niet toe om de **levensduur** van de proefvakken te berekenen. Dit is wel een belangrijke factor om de uiteindelijke meerprijs t.o.v. een standaard SMA-C2 te bepalen. Het is mogelijk dat de DGD sneller vervangen dienen te worden of dat er sneller onderhoudswerkzaamheden dienen uitgevoerd te worden. Niet alleen de technische levensduur is nog onbekend, maar ook de akoestische levensduur, de termijn waarop de DGD al zijn geluidsreductie verloren heeft en zich gedraagt zoals een standaard wegdek.
- Zoals aangehaald hopen wij betrokken of minimaal tijdig op de hoogte gebracht te worden van **nieuwe projecten** waarin geluidsinterventies (stille wegdekken of geluidsschermen) gepland worden, zodat het mogelijk is zowel vooraf als na aanleg bevestigingen en/of metingen uit te voeren.
- Een uitgebreider onderzoek rond de **slaapkwaliteit** is ook mogelijk, door bijvoorbeeld een beperkt aantal omwonenden een slaaplogboek te laten invullen en bepaalde sensoren aan te brengen (bijv. polsband met geavanceerde slaapregistratie en –analyse).
- In dit onderzoek is gebleken dat de huidige versie van het **poro-elastisch wegdek (PERS)** ernstige beperkingen met zich meebrengt qua praktische toepasbaarheid. De heel strikte eisen qua weersomstandigheden (min. 3 dagen gegarandeerd droog), hebben ertoe geleid dat de aanleg van een proefvak een aantal keren uitgesteld werd. Uiteindelijk verdween hierdoor de steun van het district en de omwonenden en werd in de plaats ervan een SMA-D aangelegd. Momenteel is het OCW in het kader van het Europese LIFE NEREiDE project<sup>18</sup> betrokken bij de aanleg van een prefab variant dat de eisen bij aanleg zou kunnen versoepelen. Hierbij wordt een proefvak in Gent en vervolgens een proefvak in Italië aangelegd.
- Verder onderzoek naar het aspect **rafeling** tenslotte en methoden om dit te testen is eveneens zinvol. De afdeling BAC van het OCW voert onderzoek uit in het kader van het project voor prenormatief onderzoek CCN/NBN/PN14B06, gesubsidieerd door het Bureau voor Normalisatie, met als titel: “Europese proefmethodes voor bitumineuze mengsels en bindmiddelen”.

---

<sup>18</sup> <http://www.nereideproject.eu/>

## Dankwoord

Tot slot willen we hierbij van de gelegenheid gebruik maken om alle betrokkenen te bedanken voor hun medewerking aan dit heel interessant proefproject!

Stad Antwerpen: Rebecca Beeckman, Els Van Duyse, Kristel Heyman & Iris Gommers voor hun sturende rol in het hele proces, Sven Vlietinck voor zijn enthousiasme en geniale ideeën binnen de aanbestedingsprocedure, Anne Van Dessel voor haar hulp bij het hele selectieproces (proeflocaties, aannemers en mengsels) en alle nuttige informatie die we via haar ontvangen hebben, Jo Van de Velde voor zijn bijdrage bij het organiseren van het persmoment, Andy Colman voor de opmaak van de meetstaten, Geert Biesemans voor het beschikbaar stellen van een elektrisch voertuig en de andere medewerkers van diverse stadsdiensten die achter de schermen hun steentje hebben bijgedragen (bijv. uitvoeren kernboringen, werfopvolging, plaatsen en wegnemen signalisatie, vergunning parkeerverbod, ...)

Politie Antwerpen: Koen De Smet en de andere collega's die verantwoordelijk waren voor de verkeerstellingen en het bekomen van de parkeerverboden.

Agentschap Wegen en Verkeer: Ann Buytaert voor haar hulp bij het hele selectieproces (proeflocaties, aannemers en mengsels) als lid van het projectteam, Barbara Vanhooreweder en Kristof De Clerck voor de extra uitgevoerde CPX-metingen, Dirk Van Troyen, Jurgen De Wolf en Renaat Gys voor het uitvoeren van de stroefheidsmetingen.

Betrokken personeel van de drie aannemers Dura Vermeer BV, Rasenberg Wegenbouw BV en VBG NV voor hun medewerking voor, tijdens en na de aanleg van de proefvakken.

Opzoekingscentrum voor de wegenbouw: Johan Maeck voor zijn rol als OCW projectleider en voor zijn hulp bij de interpretatie van meetresultaten. Collega's van de Afdeling Asfaltwegen, Bitumineuze toepassingen en Chemie (BAC) voor de hulp bij de opvolging, de metingen en de analyses bij de aanleg, de rafelingsproeven en de visuele inspecties. Philippe Debroux voor het uitvoeren van geluid-, textuur- en rolweerstandmetingen. Luc Goubert voor zijn bijdrage bij de opstart van het project, het vormen van een consortium, alsook zijn advies gedurende het hele project. Tenslotte alle OCW-medewerkers achter de schermen (uitvoering labo-proeven en in situ metingen, secretariaat, signalisatie, ...).

Universiteit Antwerpen: Jarl Kampen voor zijn onmisbare hulp bij het aspect bevragingen, Faruk Musovic voor alle ondersteuning tijdens zijn periode als collega/rechterhand (bevragingen, SPB-metingen, ...), Wim Van den bergh voor zijn advies betreffende SB250 en de gebruikte asfaltmengsels, Leen Lauriks & Ian Severins voor hun bijdrage aan de controle tijdens de aanleg, Stijn Van Craenendonck & Karolien Couscheir voor hun hulp bij de statistische verwerking van de bevragingen, Wesley Coomans, Stijn Depypere, Faruk Musovic & Lukasz Tyszka voor hun waardevolle bijdragen als masterstudenten, Ellen Adriaenssens, Marijke Geukens, Rose Amanda Msindi Gwira & Jalien Callebaut voor het uitvoeren van de SPB- en CPB-metingen tijdens hun wetenschappelijk project, en tenslotte alle UAntwerpen-medewerkers achter de schermen (Peter De Meyer als persverantwoordelijke, collega's van de juridische & financiële diensten, Griet Jansen, Letty Aerts & Jorge Bertero van het decanaat, ...).

## Literatuurlijst

- [1] Gemeentelijke aankoopcentrale Stad Antwerpen, Aanbestedingsdossier *Raamcontract proefproject stille wegdekken: technische begeleiding en uitvoering monitoringprogramma*, GAC/2014/2374, 2014.
- [2] Gemeentelijke aankoopcentrale Stad Antwerpen, Aanbestedingsdossier *Raamovereenkomst voor de aanleg van stille wegdekken in proefopstelling*, GAC/2014/2694, 2014.
- [3] UAntwerpen/OCW, *Aanbestedingsdossier voor GAC/2014/2374 - Bijlage 7 Plan van aanpak*, 2014.
- [4] Bergiers, Anneleen, OCW ref. STOLA/1360, *STOLA: Eindrapport CPX geluid-, textuur- en rolweerstandmetingen*, versie 12 juni 2018.
- [5] Tyszka, L., Masterproef UAntwerpen, *Stille TOplagen voor Antwerpen - Analyse SPB- en CPX-metingen en correlatie met bevragingen*, 2017.
- [6] Musovic F., Masterproef UAntwerpen, *Stille TOplagen voor Antwerpen – Controle tijdens en metingen na aanleg*, 2016.
- [7] Minglian Li, PhD Thesis TU Delft, *Tyre - Road Noise, Surface Characteristics and Material Properties*, 2013 – te downloaden via: {<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:0f37a19e-e60e-4ffe-b109-4d42d5e9a225/datastream/OBJ>}
- [8] Coomans W. & Depypere S., Masterproef UAntwerpen, *Stille wegdekken in een stedelijke omgeving*, 2015.
- [9] Vuye C., Musovic F., Kampen J., *Expertenbevraging geluidsniveaus stratenonderzoek*, UAntwerpen, 2017.
- [10] Vuye C., et al. *Geluidsreducerende wegdekken in een stedelijke omgeving*, Presentatie op de Asfalt- en Bitumendag 2016, Brussel, 15 maart 2016.
- [11] Vuye C., et al. *The Impact of Thin Noise Reducing Asphalt Layers On The Quality of Life in an Urban Environment*, Proc. EuroRegio 2016, 9th Iberian Acoustics Congress, 47th Spanish Congress on Acoustics TECNIACUSTICA® 2016, 13-15 June 2016, Porto, Portugal - ISSN 2340-7441 – 2016.
- [12] Kragh, J., Nielsen, E., Olesen, E., Goubert, L., et al., *OPTHINAL: Optimization of Thin Asphalt Layers*, Final Report, 2011
- [13] Duerinckx B., OCW ref. BAC/3053, *STOLA - Aanleg van dunne geluidsreducerende deklagen in stedelijke omgeving*, 15 p., 2 februari 2016.
- [14] de Ruiter M.J., Dura Vermeer ref. 15/A/130/R1, *Eindrapport proefvakken Antwerpen*, 12 p., 19 februari 2016.
- [15] Duerinckx B., OCW ref. BAC/3758, *STOLA Eindrapport omtrent de monitoring van dunne geluidsreducerende deklagen in stedelijke omgeving” (visuele inspecties 11 mei 2016, 22 november 2016, 30 maart 2017, 13 oktober 2017 en 7 december 2017)*, 15 p., 7 december 2017.

[16] Adriaenssens E., Geukens M., Msindi Gwira R.A. & Callebaut J., Wetenschappelijk project UAntwerpen *Stille wegdekken in Antwerpen*, 2017.

[17] Hammarström U., Eriksson J., Karlsson R., Yahya M-R. *RR model, fuel consumption model and the traffic energy saving potential from changed road surface conditions*, VTI rapport 748A, 2012, te raadplegen via <http://miriam-co2.net/> (laatst geraadpleegd op 8 juni 2018).

[18] Kampen J.K., Van Craenendonck S., Musovic F., Vuye C., *Een empirische studie van het verband tussen geluidswerende maatregelen tegen verkeerslawaai en de kwaliteit van leven in de straat*, 22 p., 4 januari 2018.



## Digitale bijlagen (toegevoegd als pdf)

Bijlage 01\_Stad Antwerpen GAC\_Aanbestedingsdossier 2694 Raamovereenkomst voor de aanleg van stille wegdekken in proefopstelling

Bijlage 02\_UAntwerpen & OCW\_Plan van aanpak

Bijlage 03a\_OCW\_Aanleg van dunne geluidsreducerende deklagen in stedelijke omgeving

Bijlage 03b\_OCW\_Presentatie Aanleg van dunne geluidsreducerende deklagen in stedelijke omgeving

Bijlage 03c\_OCW\_Schema aandachtspunten STOLA na aanleg

Bijlage 04\_OCW\_Eindrapport omtrent de monitoring van dunne geluidsreducerende deklagen in stedelijke omgeving

Bijlage 05a\_OCW\_Tussentijdse presentatie CPX geluid-, textuur- en rolweerstandmetingen

Bijlage 05b\_OCW\_Tussentijdse presentatie CPX geluid-, textuur- en rolweerstandmetingen

Bijlage 05c\_OCW\_Eindrapport CPX geluid-, textuur- en rolweerstandmetingen

Bijlage 06a\_UAntwerpen\_Tussentijdse presentatie SPB-resultaten en bevragingen

Bijlage 06b\_UAntwerpen\_Een empirische studie van het verband tussen geluidswerende maatregelen tegen verkeerslawaai en de kwaliteit van leven in de straat

Bijlage 06c\_UAntwerpen\_Begeleidende brief Kleine Doornstraat Wilrijk tweede nameting

Bijlage 06d\_UAntwerpen\_Enquête\_Kleine Doornstraat Wilrijk

Bijlage 06e\_UAntwerpen\_Herinneringsbrief Kleine Doornstraat Wilrijk

Bijlage 07\_UAntwerpen\_Masterproef Coomans & Depypere\_Stille wegdekken in een stedelijke omgeving

Bijlage 08\_UAntwerpen\_Masterproef Musovic\_Stille TOplagen voor Antwerpen – Controle tijdens en metingen na aanleg

Bijlage 09\_UAntwerpen\_Masterproef Tyszka\_Stille TOplagen voor Antwerpen - Analyse SPB- en CPX-metingen en correlatie met bevragingen

Bijlage 10\_Dura Vermeer\_Eindrapport proefvakken Antwerpen – aangevuld met Powerpoint-presentaties en video-fragmenten

Bijlage 11\_Asfalt- en Bitumendag 2016\_Presentatie\_Geluidsreducerende wegdekken in een stedelijke omgeving (C. Vuye)

Bijlage 12a\_Silent Roads 2016\_Presentatie\_Psychologische aspecten bij hinder door verkeerslawaai (C. Vuye)

Bijlage 12b\_Silent Roads 2016\_Presentatie\_SToLA: op naar het gebruik van stille wegdekken in de stedelijke omgeving (J. Maeck)

Bijlage 13a\_Euroregio 2016\_Paper\_The Impact of Thin Noise Reducing Asphalt Layers On The Quality of Life in an Urban Environment (C. Vuye et al.)

Bijlage 13b\_Euroregio 2016\_Presentatie\_The Impact of Thin Noise Reducing Asphalt Layers On The Quality of Life in an Urban Environment (C. Vuye)

Bijlage 14a\_ISMA 2016\_Paper\_First experiences with thin noise reducing asphalt layers in an urban environment in Belgium (C. Vuye et al.)

Bijlage 14b\_ISMA 2016\_Presentatie\_First experiences with thin noise reducing asphalt layers in an urban environment in Belgium (C. Vuye)

Bijlage 15\_Asfaltdag 2016\_Presentatie\_STOLA op naar het gebruik van stille wegdekken in een stedelijke omgeving (J. Maeck & A. Bergiers)

Bijlage 16\_OCW Mededelingen, april – mei – juni 2016\_ Stille dunne asfaltdeklagen in stedelijke context: pilotstudie in Antwerpen (J. Maeck, A. Bergiers & B. Duerinckx)

Bijlage 17\_Inter-Noise 2016\_Paper\_Noise Reducing Thin Asphalt Layers in an Urban Environment - a pilot study in Antwerp (J. Maeck & A. Bergiers)

Bijlage 18\_Bouwkronek\_Interview, Openbare ruimte en infrastructuur, “Wegverhardingen: delicaat compromis tussen geluidsreductie en duurzaamheid”

Bijlage 19\_Belgisch Wegencongres 2017\_Presentatie\_Pilootstudie in Antwerpen: Geluidsreducerende dunne deklagen in stedelijke omgeving (A. Bergiers)

Bijlage 20\_Internoise 2018\_Paper\_Pilot study in Antwerp to study the acoustical quality and durability of thin noise reducing asphalt layers in an urban environment (A. Bergiers)

Bijlage 21\_Anonimisering proefvakken STOLA