



Rapportage

Wegdekcorrectie (*Cwegdek*) van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen

Colofon

Opdrachtnemer

M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever

KWS Infra bv

Postbus 217

4130 EE Vianen

Titel

Wegdekcorrectie (*Cwegdek*) van
KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen

Rapportnummer

M+P.KWS.14.03C.3

Revisie

2

Datum

9 september 2019

Aantal pagina's

28

Auteurs

ing. Mark Mertens

drs. ing. Christiaan Tollenaar

Contactpersoon

ing. Ronald van Loon

073-6589050 | vught@mp.nl

M+P

Wolfskamerweg 47 Vught | 5262 ES Vught

Visserstraat 50 Aalsmeer | 1431 GJ Aalsmeer

www.mp.nl | onderdeel van Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs |
ISO 9001 gecertificeerd

Copyright

© M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage
mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is
overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011
Artikel 46).

Samenvatting

Bij berekeningen aan wegverkeerslawaai bestaat de mogelijkheid om een stiller wegdektype in te voeren. De emissie van het wegverkeersgeluid wordt in dat geval gecorrigeerd met de term C_{wegdek} , ofwel wegdekcorrectie. Het wegdek kan hiermee opgevoerd worden als geluidmaatregel en eventuele geluidwerende voorzieningen als geluidschermen of gevelisolatie kunnen daarmee geheel of gedeeltelijk achterwege blijven. Van de standaard wegdektypen zijn de wegdekcorrecties onderverdeeld in twaalf wegdekcategorieën en opgenomen in tabel 2 en 3 van de CROW-publicatie 316.

M+P heeft voor KWS Infra bv de wegdekcorrectie bepaald van KonwéCity 5. KonwéCity 5 is een dunne geluidreducerende deklaag. Het betreft een steenskeletmengsel met een maximale korrelmaat van 6 mm en een ontwerp holle ruimte van 7% (dicht). De deklaag wordt aangebracht in een laagdikte van 25 – 30 mm.

Rapport revise

Dit rapport betreft een update waarbij de naam van het product is geactualiseerd van KonwéCity 50 naar KonwéCity 5.

De wegdekcorrectie van KonwéCity 5

Dit rapport beschrijft de wegdekcorrectie van lichte motorvoertuigen en is geldig voor de snelheid 50 km/h. De wegdekcorrectie is bepaald aan de hand van SPB-metingen die in 2014 zijn uitgevoerd aan vijf geografisch gescheiden werken met KonwéCity 5. In tabel I is de wegdekcorrectie van KonwéCity 5 weergegeven.

tabel I Wegdekcorrectie (C_{wegdek}) van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen

	50 km/h
C_{wegdek} [dB]	-4,2

Parameters wegdekcorrectie

Voor gebruik in de standaardrekenmethoden van het Reken- en meetvoorschrift geluid is de wegdekcorrectie beschreven met de parameters σ_m , $\sigma_{i,m}$ en τ_m . Per octaafband i en voertuigcategorie m kan de $C_{wegdek,i,m}$ van KonwéCity 5 in berekeningen met Standaardrekenmethode 2 (SRM2) bepaald worden volgens:

$$C_{wegdek,i,m}(v_m) = \sigma_{i,m} + \tau_m \lg\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

Bij de eenvoudigere rekenmethode SRM1 wordt geen onderscheid gemaakt tussen de effecten bij de verschillende frequenties en wordt de $C_{wegdek,m}$ berekend met:

$$C_{wegdek,m}(v_m) = \sigma_m + \tau_m \lg\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

De parameters die de C_{wegdek} voor KonwéCity 5 bepalen, zijn weergegeven in tabel II. De C_{wegdek} is geldig voor de voertuigsnelheden (v_m) die binnen het snelheidsinterval liggen. De referentiesnelheid (v_0) voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) is gelijk aan 80 km/h.

tabel II Parameters C_{wegdek} van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) voor berekeningen met Standaardrekenmethode 1 en 2 (SRM1 en SRM2)

σ_m	$\sigma_{i,m}$								T_m	snelheids- interval [km/h]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz		
-4,4	0,4	-0,8	-0,5	-0,9	-4,8	-4,9	-3,7	-3,7	-1,1	50

De initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)

De wegdekcorrectie is in het Rmg 2012 een gemiddeld geluideffect over de gehele levensduur. De C_{wegdek} is opgebouwd uit het geluideffect van het nieuwe wegdek ($C_{initieel}$) plus een toeslag voor de akoestische veranderingen in de tijd (C_{tijd}). De $C_{initieel}$ is het verschil tussen de geluidemissie op het nieuwe wegdekproduct ten opzichte van die op het referentiewegdek. De waarden van het referentiewegdek zijn gebaseerd op een groot aantal SPB-metingen aan dicht asfaltbeton (AC surf) van diverse leeftijden. De referentiewaarden representeren dus een gemiddelde akoestische prestatie over de levensduur. In tabel III zijn de parameters $C_{initieel}$ van KonwéCity 5 weergegeven bij de referentiesnelheid van 80 km/h.

tabel III Parameters $C_{initieel}$ van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) bij de referentiesnelheid van 80 km/h

ΔL_m	$\Delta L_{i,m}$								T_m
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz	
-6,3	0,6	-0,3	-0,9	-1,4	-6,9	-8,0	-5,5	-4,7	-1,1

In tabel IV is de initiële wegdekcorrectie weergegeven.

tabel IV Initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen

	50 km/h
$C_{initieel}$ [dB]	-6,1

De verouderingscorrectie (C_{tijd})

De geluidemissie van het wegverkeer neemt toe naarmate het wegdek ouder wordt. Deze toename in geluidniveau is niet voor alle wegdektypen hetzelfde als de toename die verwerkt is in de waarden van het referentiewegdek. De gemiddelde akoestische prestatie over de technische levensduur van het wegdek is dus mede afhankelijk van de akoestische veranderingen in de tijd. Door de geluidprestatie kort na aanleg ($C_{initieel}$) te vermeerderen met een verouderingscorrectie (C_{tijd}) wordt een representatief beeld gegeven van de geluideigenschappen over de levensduur.

Voor KonwéCity 5 is geen productspecifieke C_{tijd} bepaald. De verouderingscorrectie die gebruikt is om de C_{wegdek} te berekenen is afgeleid uit tabel 12 van CROW-publicatie 316, wegdekategorie 11 dunne deklagen A. In tabel V zijn de parameters weergegeven.

tabel V Parameters C_{tijd} voor lichte motorvoertuigen ($m=1$), gebruikt voor KonwéCity 5

wegdekategorie	$C_{tijd,i,m}$							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
12: dunne deklagen A	-0,2	-0,5	0,4	0,5	2,1	3,1	1,8	1,0



Inhoud

Samenvatting	3	4.1.4	Parameters van de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)	17
Rapport revise	3	4.2	Vaststellen van de verouderingscorrectie (C_{tijd})	19
De wegdekcorrectie van KonwéCity 5	3	4.3	Vaststellen van de wegdekcorrectie (C_{wegdek})	20
Parameters wegdekcorrectie	3	5	Literatuur	23
De initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)	4	bijlage A	Meetbladen	24
De verouderingscorrectie (C_{tijd})	4			
1	Wegdekcorrectie en de wet geluidhinder	7		
1.1	Achtergrond	7		
1.2	Wegdekcorrectie	7		
1.2.1	Initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)	7		
1.2.2	De verouderingscorrectie (C_{tijd})	8		
2	Meetgegevens	9		
2.1	Randvoorwaarden	9		
2.2	KonwéCity 5	9		
3	SPB-metingen	11		
3.1	Meetmethode	11		
3.1.1	Voertuigen	11		
3.1.2	Regressieanalyse	12		
3.1.3	Betrouwbaarheid	12		
3.1.4	Temperatuurcorrectie	12		
3.2	Resultaten	13		
4	BEREKENEN WEGDEKCORRECTIE	14		
4.1	Vaststellen van de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)	14		
4.1.1	SPB-resultaten	14		
4.1.2	Middeling van de meetresultaten	15		
4.1.3	Regressieanalyse	16		

1 Wegdekcorrectie en de wet geluidhinder

1.1 Achtergrond

In de Wet geluidhinder en de Wet Milieubeheer zijn de normen opgenomen waaraan het geluid van onder andere wegverkeer in allerlei situaties moet voldoen. Om inzicht te krijgen in de geluidbelasting op geluidgevoelige bebouwing kan gemeten of gerekend worden. Dit moet uitgevoerd worden conform de voorschriften die zijn opgenomen in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 [1] (Rmg 2012). Bij de berekeningen volgens het Rmg 2012 kan rekening gehouden worden met het effect van een (geluidreducerend) wegdek. De invloed van een wegdek wordt in het rekenvoorschrift meegenomen met een term (de wegdekcorrectie of C_{wegdek}) waarmee de geluidemissie van het verkeer op de betreffende weg opgehoogd dient te worden.

De geluidemissie van verkeer op een weg wordt gegeven door de energetische sommatie van de geluidemissie van de afzonderlijke voertuigcategorieën:

$$(1) \quad L_{emissie} = \sum_{m=1}^3 (L_{e,m} + C_{wegdek,m})$$

met:

- $L_{e,m}$: geluidemissie van motorvoertuigen van type m op het referentiewegdek (afhankelijk van snelheid en intensiteit);
- m : voertuigcategorie ($m=1$: lichte motorvoertuigen, $m=2$: middelzware motorvoertuigen en $m=3$: zware motorvoertuigen);

$C_{wegdek,m}$: invloed van een wegdek op de geluidproductie van voertuigcategorie m ten opzichte van het referentiewegdek.

De C_{wegdek} van een wegdektype wordt bepaald ten opzichte van een referentiewegdek waarvan de geluidproductie vastgelegd is in het Rmg 2012. De waarden van het referentiewegdek zijn gebaseerd op metingen op wegdekken van dicht asfaltbeton (AC surf). De methode om de wegdekcorrectie van een wegdektype te bepalen en de gegevens van het referentiewegdek zijn beschreven in het Rmg 2012.

1.2 Wegdekcorrectie

De C_{wegdek} -methode 2012 beschrijft de wegdekcorrectie (C_{wegdek}) als een levensduurgemiddelde geluidreductie van een wegdek. De C_{wegdek} is de som van de initiële geluidreductie ($C_{initieel}$) en het tijdgedrag (C_{tijd}) van een wegdek.

1.2.1 Initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$

De initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$ legt de initiële geluidreductie van een wegdek vast. Voor het vaststellen van de $C_{initieel}$ van een wegdek moet op minimaal vijf geografisch gescheiden werken een Statistical Pass-By (SPB)-meting [2] worden uitgevoerd. De metingen worden uitgevoerd aan nieuw aangelegde wegdekken. Uit deze metingen volgt per meetlocatie een lineaire regressielijn van het A-gewogen maximale geluidniveau als functie van de logaritme van de snelheid. Voor het vaststellen van een wegdekcorrectie moeten de SPB-metingen voldoen aan een eis voor de betrouwbaarheid van de regressielijn bij de gemiddelde snelheid. Wanneer er minder dan vijf metingen voldoen aan deze eis kan geen C_{wegdek} worden opgesteld voor het desbetreffende wegdek.

1.2.2 De verouderingscorrectie C_{tijd}

De initiële wegdekcorrectie geeft geen goede schatting van de gemiddelde geluidreductie van een wegdek gedurende de levensduur. De slijtage en daarmee de afname van de geluidreductie van een geluidarm wegdek is in het algemeen hoger dan bij een AC surf (het referentiewegdek). Om hiervoor te corrigeren is de verouderingscorrectie C_{tijd} toegevoegd.

De verouderingscorrectie C_{tijd} wordt bepaald uit het verschil tussen het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties met een nieuw wegdek en het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties, waar hetzelfde wegdektype of product langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur.

Indien er van het wegdektype geen meetgegevens beschikbaar zijn aan wegvakken ouder dan 75% van de verwachte levensduur, mag vooralsnog de verouderingscorrectie C_{tijd} uit publicatie 316 gebruikt worden. Hierbij wordt de verouderingscorrectie C_{tijd} gekozen van de wegdekcategory waartoe het wegdektype of product behoort.

2 Meetgegevens

2.1 Randvoorwaarden

De SPB-waarden, die als basis dienen voor de wegdekcorrectie, moeten voldoende betrouwbaar en onder de juiste omstandigheden zijn bepaald. Daarnaast is het wenselijk dat het wegdekproduct in verschillende verkeerssituaties is beproefd zodat de uiteindelijke wegdekcorrectie een representatief gemiddelde is. Om die reden wordt er een aantal randvoorwaarden gesteld aan de set met SPB-metingen:

- Beschrijving van het product
De civieltechnische eigenschappen die relevant zijn voor het akoestisch presteren van het wegdek moeten beschreven zijn in de *C_{wegdek}*-rapportage. De geluideigenschappen van een wegdek worden bepaald door onder andere de steengrootte, de porositeit en de laagdikte van het wegdekproduct. Ook moet duidelijk blijken uit het rapport tot welke wegdekcategorie het product behoort.
- Geografisch gescheiden werken
De metingen moeten zijn uitgevoerd op geografisch gescheiden werken met hetzelfde product. Dit heeft als doel dat de geluideigenschappen van een product meerdere keren zijn beproefd. Daarnaast is de voertuigpopulatie bij iedere meting verschillend wanneer de meetlocaties geografisch gescheiden zijn.
- Actuele meetgegevens
Omdat er een geleidelijke verandering is in het voertuigenpark en de daarmee samenhangende verkeersemissie, is de houdbaarheid van een meetresultaat beperkt. De

achterliggende meetgegevens mogen bij de publicatie van de wegdekcorrectie niet ouder zijn dan tien jaar.

- Betrouwbaarheidstoets
De SPB-resultaten zijn alleen bruikbaar voor het vaststellen van de wegdekcorrectie indien bij de gemiddelde snelheid de voorgeschreven betrouwbaarheid wordt gehaald (zie par. 4.1.1).
- Meteorologische omstandigheden
De gemiddelde luchttemperatuur ligt tijdens de metingen tussen de 5 °C en 30 °C.

2.2 KonwéCity 5

KonwéCity 5 is een dunne geluidreducerende deklaag. Het betreft een steenskeletmengsel met een maximale korrelmaat van 6 mm en een ontwerp holle ruimte van 7% (dicht). De deklaag wordt aangebracht in een laagdikte van 25 – 30 mm.

De meetlocaties waar de SPB-metingen zijn uitgevoerd voor de bepaling van de wegdekcorrectie zijn in onderstaande tabel weergegeven.

tabel VI *Overzicht van de meetlocaties met KonwéCity 5*

locatie	meetdatum	gemiddelde luchttemperatuur [°C]
Lunteren, Hessenweg	12 maart 2014	16
Haarlem, Spaarndamseweg	12 juni 2014	19
Rotterdam, Maasboulevard	24 juli 2014	21
Heemskerk, Mozartstraat	9 september 2014	16
Didam, Rheinskamp	21 november 2014	7



figuur 1 *KonwéCity 5 op de Spaarndamseweg in Haarlem*

3 SPB-metingen

3.1 Meetmethode

De Statistical Pass-By (SPB)-methode is een meetmethode waarbij het geluid van passerend verkeer wordt geregistreerd. Deze methode is gestandaardiseerd in de internationale norm ISO 11819-1.

Voor SPB-metingen volgens het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 wordt een microfoon op 7,5 meter uit het hart van de rijstrook geplaatst. Daarnaast is een meethoogte voorgeschreven van 3,0 meter. In het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006 [4] was dit 5,0 meter. Wanneer er van het betreffende wegdek oudere meetresultaten op 5,0 meter beschikbaar zijn kunnen die in aanvulling met nieuwe metingen worden gebruikt voor het bepalen van de wegdekcorrectie. Nieuwe metingen moeten dan wel op 3,0 als 5,0 meter hoogte worden uitgevoerd.

Naast de meethoogte is er nog een aantal afwijkingen ten opzichte van de norm ISO 11819-1:

- De in de norm gestelde eisen aan de akoestische eigenschappen van het bodemgebied hoeven niet strikt gevolgd te worden, maar wel wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetlocaties zoveel mogelijk met deze eisen rekening te houden;
- Als richtlijn geldt dat op elke locatie metingen aan ten minste honderd lichte en vijftig zware motorvoertuigen uitgevoerd moeten zijn. Het kan voorkomen dat op een locatie deze aantallen niet gehaald worden. Het resultaat van de meting kan wel meegenomen worden in de verdere analyse. Uiteindelijk bepaalt de grootte van het

95%-betrouwbaarheidsinterval bij de gemiddelde snelheid of het eindresultaat wordt meegenomen in de verdere analyse.

Bij iedere voertuigpassage worden het maximale A-gewogen geluidniveau $L_{A,max}$ en de voertuigsnelheid v geregistreerd. Deze resultaten worden verwerkt in een regressieanalyse. Hierbij wordt de best passende lineaire functie bepaald voor de maximale geluidniveaus van de passages en de logaritme van de bijbehorende snelheid. Bij de passages wordt ook de spectrale verdeling in 1/3-octaaftanden gemeten.



figuur 2 Meetopstelling volgens de SPB-methode

3.1.1 Voertuigen

Bij de metingen wordt onderscheid gemaakt tussen lichte, middelzware en zware motorvoertuigen. Binnen deze categorieën worden bestelwagens met een gewicht lager dan 3,5 ton niet meegenomen. Door deze voertuigen neemt de spreiding binnen de

gehanteerde categorieën onaanvaardbaar toe, zonder dat hier betere inzichten ten aanzien van de eigenschappen van wegdekken tegenover staan. Voertuigen met mankementen en voertuigen met een volgens de ISO-norm niet-representatief rijgedrag zoals optrekken of remmen, worden buiten beschouwing gelaten. Ook voertuigpassages waarbij sprake is van stoorgeluid worden niet meegenomen.

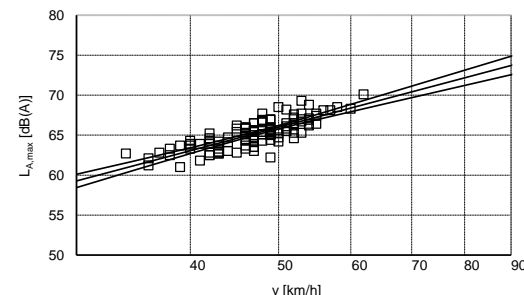
3.1.2 Regressieanalyse

Voor de regressieanalyse wordt een spreidingsdiagram gemaakt, waarbij de snelheid logaritmicus wordt weergegeven op de x-as en de geregistreerde geluidniveaus worden weergegeven op de y-as. Door de puntenwolk in het spreidingsdiagram kan de best passende lineaire functie (regressielijn) bepaald worden. Voor deze regressielijn geldt:

$$(2) \quad L_{A,max} = a + b \cdot \lg\left(\frac{v}{v_0}\right)$$

met:

- $L_{A,max}$: het maximale geluidniveau in dB(A) tijdens een voertuigpassage;
- a, b : de regressieconstanten in dB(A);
- v : de snelheid in km/h;
- v_0 : de referentiesnelheid in km/h (v_0 is 80 km/h voor lichte motorvoertuigen en 70 km/h voor (middel)zware motorvoertuigen).



figuur 3 Een spreidingsdiagram met een regressielijn en het 95%-betrouwbaarheidsinterval

3.1.3 Betrouwbaarheid

Uit het spreidingsdiagram wordt ook een 95%-betrouwbaarheidsinterval berekend. Binnen dit interval ligt met 95% zekerheid de werkelijke waarde voor de regressielijn. De betrouwbaarheidswaarde $\Delta 95\%ci$ is gedefinieerd als de helft van het interval.

3.1.4 Temperatuurcorrectie

De metingen moeten worden uitgevoerd bij een luchttemperatuur tussen de 5 en 30 °C. In de praktijk zullen hierdoor de geluidmetingen uitgevoerd worden bij verschillende temperaturen. De meetresultaten worden per meting gecorrigeerd naar een temperatuur van 20 °C met de volgende formule:

(3) $C_{temp} = 0,05 \cdot (T - 20)$ voor lichte motorvoertuigen

met:

C_{temp} : correctie in dB(A);

T : luchttemperatuur tijdens de metingen in °C

3.2 Resultaten

Klik [hier](#) voor de resultaten van de afzonderlijke SPB-metingen.

4 BEREKENEN WEGDEKCORRECTIE

4.1 Vaststellen van de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)

Op basis van de vijf SPB-metingen aan KonwéCity 5 is de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) vastgesteld. Deze analyse is voor KonwéCity 5 aan lichte motorvoertuigen ($m=1$) uitgevoerd.

4.1.1 SPB-resultaten

In de C_{wegdek} -methode worden eisen gesteld aan de betrouwbaarheid van de SPB-metingen. Bij de gemiddelde snelheid mag de betrouwbaarheidswaarde ($\Delta 95\%ci$), na afronding op één decimaal niet groter zijn dan:

$$(4) \quad 0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1 - 1}\right)} \quad \text{voor lichte motorvoertuigen}$$

met:

N_1 = het aantal gemeten lichte motorvoertuigen

In tabel VII is per meetlocatie (k) de betrouwbaarheidswaarde ($\Delta 95\%ci_k$) bij de gemiddelde snelheid en de eis volgens de C_{wegdek} -methode gegeven. Bij alle metingen is deze waarde kleiner dan of gelijk aan de eis die volgt uit vergelijking (4). Alle metingen zijn bruikbaar voor verdere analyse.

De methode om de afzonderlijke SPB-resultaten om te rekenen naar een wegdekcorrectie is beschreven in publicatie 316 van CROW [3]. Deze berekening gebeurt in drie stappen:

- Vaststellen van de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) op basis van minimaal vijf SPB-metingen aan het nieuw aangelegde wegdekproduct.
- Vaststellen van de verouderingscorrectie (C_{tijd}). Dit kan bepaald worden op basis van metingen aan oude wegvakken met het betreffende wegvakproduct. Het is niet altijd mogelijk om de C_{tijd} op basis van metingen vast te stellen. In dat geval kunnen de C_{tijd} -waarden van de betreffende standaard wegdekcategory uit publicatie 316 worden overgenomen.
- Vaststellen van de wegdekcorrectie (C_{wegdek}) door de $C_{initieel}$ en de C_{tijd} bij elkaar op te tellen.

tabel VII De betrouwbaarheidswaarde bij de gemiddelde snelheid en de eis volgens vergelijking (4)

locatie	aantal metingen	gemiddelde snelheid [km/h]	betrouwbaarheidswaarde ($\Delta 95\% c_{ik}$) bij gemiddelde snelheid	eis volgens vergelijking (4)
Lunteren, Hessenweg	113	58,8	0,3	0,3
Haarlem, Spaarndamseweg	115	47,4	0,3	0,3
Rotterdam, Maasboulevard	106	51,9	0,3	0,3
Heemskerk, Mozartstraat	103	45,3	0,3	0,3
Didam, Rheinskamp	102	54,8	0,3	0,3

In tabel VIII zijn de SPB-niveaus voor lichte motorvoertuigen op de vijf meetlocaties afzonderlijk weergegeven. Voor discrete waarden van de snelheid is voor elke locatie het gemiddelde A-gewogen geluidniveau na temperatuurcorrectie gepresenteerd. De waarden zijn bepaald op een meethoogte van 3 meter. Tussen haakjes is de betrouwbaarheidswaarde ($\Delta 95\% c_{ik}$) weergegeven.

tabel VIII SPB-waarden voor KonwéCity 5 en het referentiewegdek (Rmg 2012) voor lichte motorvoertuigen

locatie	SPB-waarde [dB(A)]			
	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h
Lunteren, Hessenweg	63,1 (0,6)	65,9 (0,3)	68,3 (0,3)	70,2 (0,5)
Haarlem, Spaarndamseweg	61,7 (0,4)	64,0 (0,3)	66,0 (0,6)	67,7 (0,8)
Rotterdam, Maasboulevard	62,6 (0,6)	65,1 (0,3)	67,2 (0,4)	68,9 (0,7)
Heemskerk, Mozartstraat	61,4 (0,5)	63,6 (0,5)	65,4 (1,0)	66,9 (1,4)
Didam, Rheinskamp	62,4 (0,8)	65,1 (0,3)	67,2 (0,3)	69,0 (0,6)
referentie (Rmg2012)	68,0	71,0	73,4	75,4

4.1.2 Middeling van de meetresultaten

Uit de SPB-waarden uit tabel VIII volgt een gewogen gemiddeld geluidniveau voor de snelheden van 30 tot 130 km/h (in stappen van 10 km/h). De weging van het gemiddelde gebeurt op basis van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen horend bij de SPB-waarden. De grootte van het betrouwbaarheidsinterval bepaalt in welke mate het resultaat van een meetlocatie in de gemiddelde waarde meetelt. De berekening van het gewogen gemiddelde geluidniveau is als volgt uitgevoerd:

$$(5) \quad L_{gem,m}(v_m) = \frac{\sum_i \frac{L_{k,m}(v_m)}{\Delta 95\% c_{i,k,m}(v_m)^2}}{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% c_{i,k,m}(v_m)^2}}$$

met:

- L_{gem} : het gewogen gemiddelde geluidniveau in dB(A);
- L_k : het gemiddelde geluidniveau in dB(A) voor locatie k ;
- $\Delta 95\%ci_k$: de betrouwbaarheidswaarde voor locatie k ;
- v : de snelheid in km/h (in stappen van 10 km/h);
- m : de voertuigcategorie ($m = 1$: lichte motorvoertuigen, $m = 2$: middelzware motorvoertuigen en $m = 3$: zware motorvoertuigen).

De bijbehorende gemiddelde betrouwbaarheidswaarde $\Delta 95\%ci_{gem}$ wordt berekend met:

$$(6) \quad \Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m) = \frac{1}{\sqrt{\sum \frac{1}{(\Delta 95\%ci_{k,m}(v_m))^2}}}$$

In tabel IX zijn de gewogen gemiddelde geluidsniveaus (L_{gem}) en de gemiddelde 95%-betrouwbaarheidswaarde ($\Delta 95\%ci_{gem}$) weergegeven.

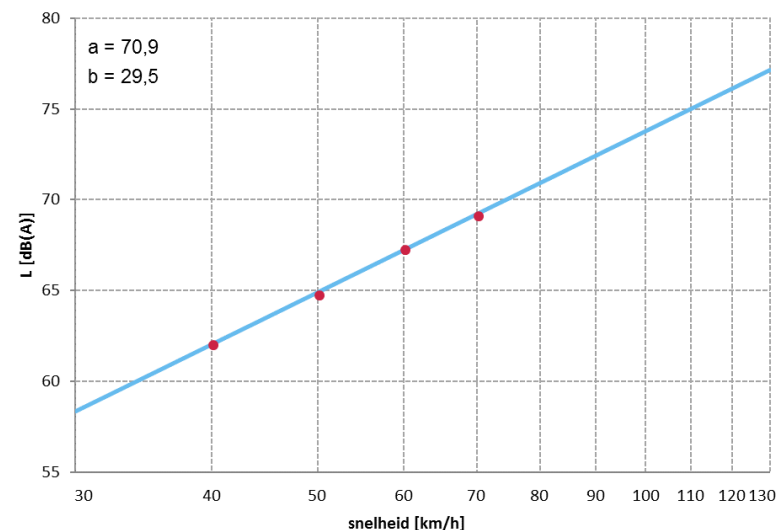
tabel IX Gewogen gemiddelde geluidsniveaus en tussen haakjes de gemiddelde 95%-betrouwbaarheidswaarde voor lichte motorvoertuigen op KonwéCity 5

	L_{gem} [dB(A)]			
	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h
KonwéCity 5	62,1 (0,2)	64,8 (0,1)	67,3 (0,2)	69,2 (0,3)

4.1.3 Regressieanalyse

Op basis van lineaire regressie wordt een verband afgeleid tussen het gewogen gemiddelde geluidniveau en de logaritme van de snelheid

volgens $a_m + b_m \cdot \lg(v_m/v_{0,m})$. De regressieanalyse wordt alleen toegepast op de gemiddelde SPB-waarden die een betrouwbaarheidswaarde hebben die niet groter is dan 0,3 dB(A).



figuur 4 Regressieanalyse van de gewogen gemiddelde geluidsniveaus die voldoen aan de betrouwbaarheidseis en de logaritme van de snelheid

In tabel X zijn de waarden van a_m en b_m van de bepaalde regressielijn weergegeven.

tabel X Waarden van a_m en b_m uit de regressieanalyse voor lichte motorvoertuigen ($m=1$)

	a_m	b_m
KonwéCity 5	70,9	29,5

De initiële wegdekcorrectie is alleen geldig voor de snelheden waar de 95%-betrouwbaarheidswaarde in tabel IX kleiner dan of gelijk is aan 0,1 dB(A). Bij de snelheid 50 km/h wordt aan deze eis voldaan. De wegdekcorrectie van KonwéCity 5 is daarmee geldig voor de snelheid 50 km/h.

4.1.4 Parameters van de initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$

Met de regressiewaarden uit tabel X kan de initiële wegdekcorrectie bepaald worden. Hiervoor worden de regressiewaarden van KonwéCity 5 vergeleken met die van het referentiewegdek. De initiële wegdekcorrectie is beschreven met:

$$(7) \quad C_{initieel,m}(v_m) = \Delta L_m + \tau_m \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right)$$

met:

- $C_{initieel}$: de initiële wegdekcorrectieterm in dB(A);
- ΔL : de geluidreductie bij de referentiesnelheid in dB(A);
- τ : de snelheidsafhankelijke term in dB(A);
- v : de snelheid in km/h;
- v_0 : de referentiesnelheid in km/h (v_0 is 80 km/h voor lichte motorvoertuigen en 70 km/h voor (middel)zware motorvoertuigen).

De geluidreductie bij de referentiesnelheid ΔL_m en de snelheidsafhankelijke term τ_m worden berekend met de volgende formules:

$$(8) \quad \Delta L_m = a_m - a_{ref,m}$$

$$(9) \quad \tau_m = b_m - b_{ref,m}$$

met:

$a_{ref,m} = 77,2$ en $b_{ref,m} = 30,6$ voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) bij metingen op 3,0 meter hoogte

Het resultaat van de berekening volgens bovenstaande formules is gepresenteerd in tabel XI.

tabel XI Parameters van $C_{initieel}$ voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) en de snelheid waarvoor de waarden geldig zijn

	ΔL_m	τ_m	snelheidsinterval [km/h]
KonwéCity 5	-6,3	-1,1	50

Bij geluidberekeningen met Standaardrekenmethode 2 (SRM2) wordt onderscheid gemaakt tussen de effecten bij de verschillende frequenties. De geluidreductiewaarde ΔL_m in tabel XI beschrijft het effect op het totale geluidniveau. Het wegdekeffect op de geluidemissie is niet voor iedere frequentie hetzelfde en voor een goede bepaling van het wegdekeffect wordt de wegdekcorrectie daarom per octaafband vastgesteld. De geluidreductiewaarde ΔL_m en de spectrale verdeling van de geluidniveaus, zoals die bepaald is tijdens de SPB-metingen, resulteren in de $\Delta L_{i,m}$, waarbij i staat voor het nummer van de octaafband.

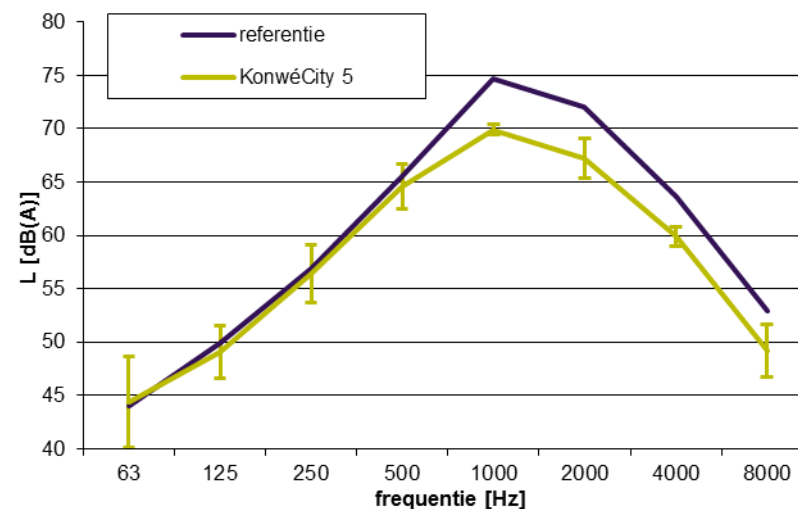
De initiële wegdekcorrectie $C_{initieel,i,m}$ wordt nu beschreven met:

$$(10) \quad C_{initieel,i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right)$$

met:

- $C_{initieel}$: de initiële wegdekcorrectieterm in dB(A);
- ΔL : de geluidreductie bij de referentiesnelheid in dB(A);
- τ_m : de snelheidsafhankelijke term in dB(A) (zie tabel XI);
- v : de snelheid in km/h;
- v_0 : de referentiesnelheid in km/h (v_0 is 80 km/h voor lichte motorvoertuigen en 70 km/h voor (middel)zware motorvoertuigen),
- m : voertuigcategorie ($m = 1$: lichte motorvoertuigen, $m = 2$: middelzware motorvoertuigen en $m = 3$: zware motorvoertuigen);
- i : de octaafband in Hz van 63 tot 8000 Hz,

Tijdens de SPB-metingen is van iedere gemeten voertuigpassage ook het frequentiespectrum geregistreerd op het moment dat het maximale geluidniveau optrad. Voor iedere locatie is per voertuigcategorie een gemiddeld frequentiespectrum in octaafbanden (van 63 tot en met 8000 Hz) berekend. Vervolgens is per octaafband een gemiddeld geluidniveau bepaald door de resultaten van de afzonderlijke SPB-metingen rekenkundig te middelen (zonder weging op grond van betrouwbaarheid). In figuur 5 is het gemiddelde octaafbandspectrum van KonwéCity 5 gepresenteerd. De spreidingsbalken geven de standaarddeviatie in de geluidniveaus per octaafband weer.



figuur 5 Gemiddelde octaafbandspectrum voor lichte motorvoertuigen van vijf locaties met KonwéCity 5

Het gemiddelde spectrum wordt vervolgens zo genormeerd dat de energetische sommatie over de octaafbanden gelijk is aan 0 dB(A). In tabel XII zijn het op nul genormeerde spectrum van KonwéCity 5 en het referentiewegdek gegeven.

tabel XII Het op nul genormeerd frequentiespectrum van KonwéCity 5 en het referentiewegdek

	63 Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
KonwéCity 5	-26,3	-21,3	-14,9	-6,8	-3,1	-6,8	-12,9	-22,7
referentiewegdek	-33,2	-27,3	-20,3	-11,7	-2,5	-5,1	-13,6	-24,3

Door per octaafband het verschil tussen de waarden van KonwéCity 5 en het referentiewegdek te vermeerderen met de waarde van ΔL_m (tabel XI) worden de coëfficiënten voor de initiële wegdekcorrectie per octaafband verkregen. In tabel XIII zijn de coëfficiënten van de initiële wegdekcorrectie weergegeven bij de referentiesnelheid van 80 km/h.

tabel XIII $C_{initieel}$ van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) bij de referentiesnelheid van 80 km/h

ΔL_m	$\Delta L_{i,m}$							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
-6,3	0,6	-0,3	-0,9	-1,4	-6,9	-8,0	-5,5	-4,7

In tabel XIV is de initiële wegdekcorrectie weergegeven.

tabel XIV Initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen

	50 km/h
$C_{initieel}$ [dB]	-6,1

4.2 Vaststellen van de verouderingscorrectie (C_{tijd})

De geluidemissie van het wegverkeer neemt toe naarmate het wegdek ouder wordt. Deze toename in geluidniveau is niet voor alle wegdektypen hetzelfde als de toename die verwerkt is in de waarden van het referentiewegdek. De gemiddelde akoestische prestatie over de technische levensduur van het wegdek is dus mede afhankelijk van de akoestische veranderingen in de tijd. Door de geluidprestatie kort na aanleg ($C_{initieel}$) te vermeerderen met een verouderingscorrectie (C_{tijd}) wordt een representatief beeld gegeven van de geluideigenschappen over de levensduur. De verouderingscorrectie (C_{tijd}) wordt bij voorkeur vastgesteld met behulp van SPB-metingen aan oudere wegvakken met het betreffende wegdekproduct. Wanneer er geen metingen voorhanden zijn waarmee de C_{tijd} kan worden vastgesteld, kunnen voorsnog de C_{tijd} -waarden van de desbetreffende standaardcategorie worden overgenomen uit CROW publicatie 316.

Voor KonwéCity 5 is geen productspecifieke C_{tijd} bepaald. Om de C_{wegdek} te bepalen, zal dus de verouderingscorrectie van de standaard wegdekategorie uit publicatie 316 gebruikt worden.

KonwéCity 5 is op basis van de civieltechnische kenmerken in te delen in de wegdekategorie 11, dunne deklagen A.

Mocht later een andere C_{tijd} vastgesteld worden op basis van metingen, kan deze alsnog verwerkt worden. In tabel XV is de verouderingscorrectie voor lichte motorvoertuigen van de wegdekategorie 11: 'Dunne deklagen A' weergegeven.

tabel XV Verouderingscorrectie $C_{tijd,m}$ voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) van wegdekategorie 11: Dunne deklagen A

wegdekategorie	$C_{tijd,i,m}$							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
11: Dunne deklagen A	-0,2	-0,5	0,4	0,5	2,1	3,1	1,8	1,0

4.3 Vaststellen van de wegdekcorrectie (C_{wegdek})

De totale wegdekcorrectie voor de toepassing in Standaardrekenmethode 1 en Standaardrekenmethode 2 is te bepalen uit de initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$ en de verouderingscorrectie C_{tijd} . De snelheidsonafhankelijke term van de C_{wegdek} wordt bepaald uit de som van de initiële wegdekcorrectie en de verouderingscorrectie. Deze snelheidsonafhankelijke term $\sigma_{i,m}$ wordt berekend met de volgende formule:

$$(11) \quad \sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m}$$

met:

- σ : de snelheidsonafhankelijke term van de C_{wegdek} in dB(A);
- ΔL : de initiële wegdekcorrectie in dB(A);
- C_{tijd} : de verouderingscorrectie in dB(A);
- i : de octaafband in Hz,

m : voertuigcategorie ($m = 1$: lichte motorvoertuigen, $m = 2$: middelzware motorvoertuigen en $m = 3$: zware motorvoertuigen).

Deze sommatie levert de volgende waarden op voor de snelheidsonafhankelijke term $\sigma_{i,m}$.

tabel XVI De snelheidsonafhankelijke term van de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen

$\sigma_{i,m}$							
63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
0,4	-0,8	-0,5	-0,9	-4,8	-4,9	-3,7	-3,7

De wegdekcorrectie voor berekeningen in Standaardrekenmethode 2 worden berekend via:

$$(12) \quad C_{wegdek,i,m} = \sigma_{i,m} + \tau_m \cdot \log\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

met:

- $C_{wegdek,i,m}$: de wegdekcorrectie in dB(A);
- $\sigma_{i,m}$: de snelheidsonafhankelijke term van de C_{wegdek} in dB(A);
- τ_m : de snelheidsafhankelijke term in dB(A);
- v_m : de snelheid in km/h;
- $v_{0,m}$: de referentiesnelheid in km/h (v_0 is 80 km/h voor lichte motorvoertuigen en 70 km/h voor (middel)zware motorvoertuigen);
- i : de octaafband in Hz,

m : voertuigcategorie (m = 1: lichte motorvoertuigen, m = 2: middelzware motorvoertuigen en m = 3: zware motorvoertuigen).

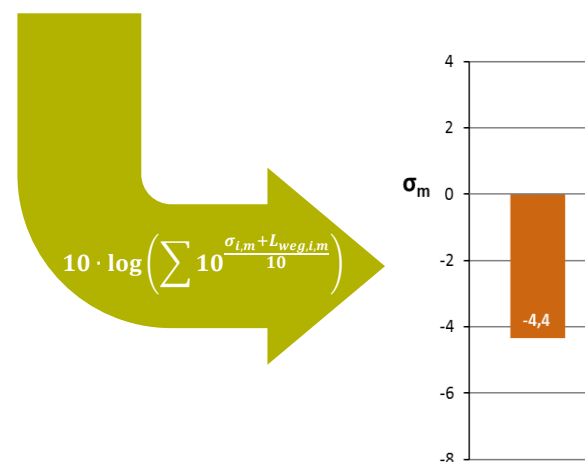
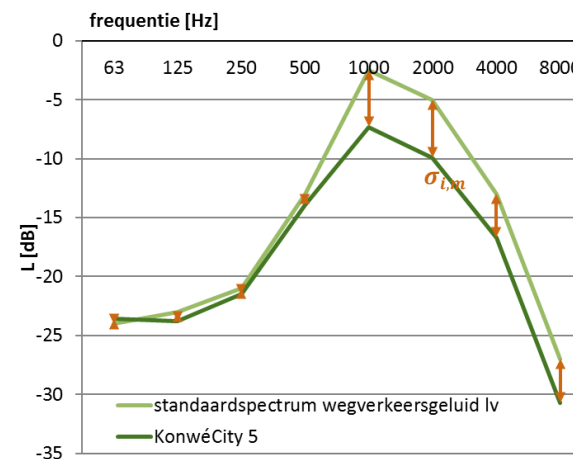
Voor berekeningen met Standaardrekenmethode 1 is de snelheidsafhankelijke term van de C_{wegdek} gelijk aan σ_m . Om deze vast te stellen, wordt de wegdekcorrectie per octaafband toegepast op een standaardspectrum voor wegverkeersgeluid (tabel 6 van de CROW-publicatie 316). De energetische som van de octaafbanden levert het totale geluidniveau van dat wegdek. Het verschil tussen dat geluidniveau en dat van het standaardspectrum voor wegverkeersgeluid is de term σ_m .

$$(13) \quad \sigma_m = 10 \cdot \log \left(\sum 10^{\frac{\sigma_{i,m} + L_{weg,i,m}}{10}} \right)$$

met:

$L_{weg,i,m}$ = de waarden van het genormeerde standaardspectrum voor wegverkeersgeluid in dB(A) uit publicatie 316;

In figuur 6 is de berekening van σ_m grafisch weergegeven.



figuur 6 Berekening van de σ_m aan de hand van het genormeerde standaardspectrum voor wegverkeersgeluid

Voor KonwéCity 5 bedraagt σ_m -4,4 dB.

De uiteindelijke wegdekcorrectie voor de toepassing in de standaardrekenmethode 1 is:

$$(14) \quad C_{wegdek,m} = \sigma_m + \tau_m \cdot \log\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

De parameters van de wegdekcorrectie van KonwéCity 5 zijn weergegeven in tabel XVII.

tabel XVII De parameters C_{wegdek} van KonwéCity 5 voor lichte motorvoertuigen ($m=1$) voor berekeningen met Standaardrekenmethode 1 en 2

σ_m	$\sigma_{i,m}$								τ_m	snelheids- interval [km/h]
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz		
-4,4	0,4	-0,8	-0,5	-0,9	-4,8	-4,9	-3,7	-3,7	-1,1	50

Met behulp van de coëfficiënten uit tabel XVII kan de C_{wegdek} als functie van de snelheid berekend worden. De resultaten hiervan staan in tabel XVIII.

tabel XVIII C_{wegdek} van KonwéCity 5 bij de snelheid waarvoor deze geldig is voor lichte motorvoertuigen

	50 km/h
C_{wegdek} [dB]	-4,2

5 Literatuur

- [1] Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (bijlage III), Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag, Staatscourant nr, 11810, 27 juni 2012;
- [2] ISO 11819-1, "Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: The Statistical Pass-By method", 24-05-1996;
- [3] Publicatie 316 'De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer 2012', CROW, Ede, september 2012;
- [4] Bijlage III van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, Staatscourant nr, 249, 21 december 2006.



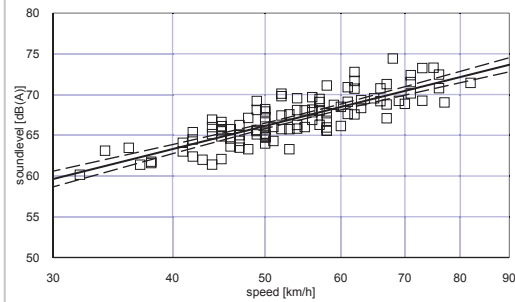
Bijlage A

Meetbladen

Statistical Pass-By

Location	Lunteren, Hessenweg		
Position	153		
Direction	north		
Measurement object	KonwéCity	Vehicle category	light
Number of measurements	113		
Measurement date	12-03-2014	Measurement height	3 meter
Air temperature	16		
Surface temperature	22		

Regression analysis

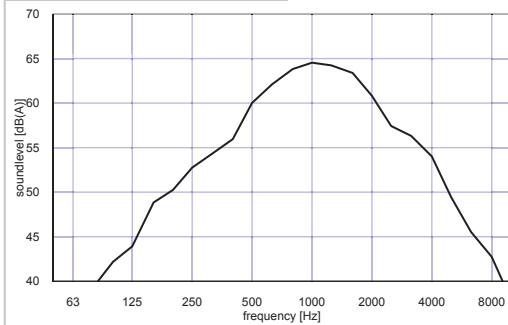


v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95% CI [dB(A)]
30	59.6	1.0
40	63.3	0.6
50	66.1	0.3
60	68.5	0.4
70	70.4	0.5
80	72.1	0.7
90	73.7	0.9
100	75.0	1.0
110	76.2	1.2

$$L_{A,max} = 72.1 + 29.4 \cdot \log(v/80)$$

Mean velocity	54.8 ± 11.3	km/h
Mean $L_{A,max}$	67.1	dB(A)
Correlation coefficient R^2	0.7	
Residue	1.7	dB(A)

Frequency analysis



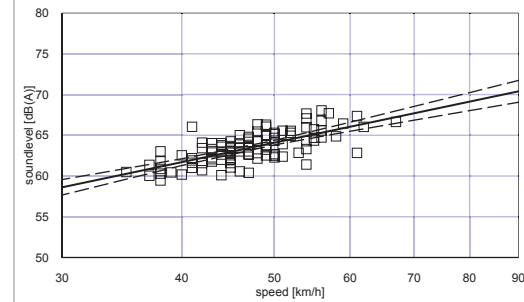
frequency [Hz]	$L_{A,max}$ [dB(A)]
63	42.5
125	50.7
250	57.5
500	64.8
1000	69.0
2000	66.0
4000	58.9
8000	47.8
total	72.1

spectrum at 80 km/h

Statistical Pass-By

Location	Haarlem, Spaarndamseweg		
Position	north		
Direction			
Measurement object	KonwéCity	Vehicle category	light
Number of measurements	115		
Measurement date	12-06-2014	Measurement height	3 meter
Air temperature	19		
Surface temperature	34		

Regression analysis

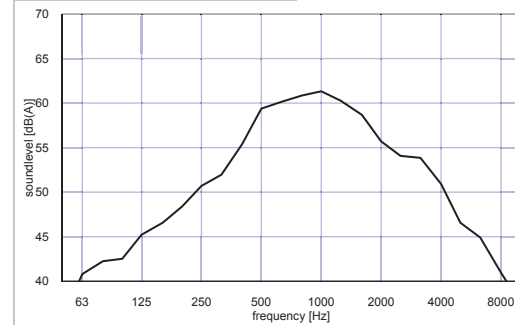


v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95% CI [dB(A)]
30	58.6	0.9
40	61.7	0.4
50	64.1	0.3
60	66.0	0.6
70	67.7	0.8
80	69.1	1.1
90	70.4	1.3
100	71.5	1.6
110	72.5	1.7

$$L_{A,max} = 69.1 + 24.7 \cdot \log(v/80)$$

Mean velocity	47.4 ± 5.9	km/h
Mean $L_{A,max}$	63.4	dB(A)
Correlation coefficient R^2	0.5	
Residue	1.3	dB(A)

Frequency analysis



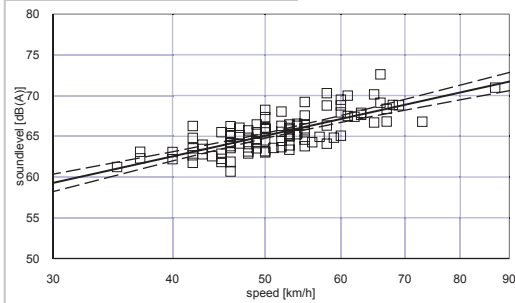
frequency [Hz]	$L_{A,max}$ [dB(A)]
63	45.1
125	49.9
250	55.4
500	63.5
1000	65.6
2000	61.4
4000	56.1
8000	46.9
total	69.1

spectrum at 80 km/h

Statistical Pass-By

Location	Rotterdam, Maasboulevard		
Position	recht tegenover entree zwembad		
Direction	west		
Measurement object	KonwéCity	Vehicle category	light
Number of measurements	106		
Measurement date	24-07-2014	Measurement height	3 meter
Air temperature	21		
Surface temperature	23		

Regression analysis

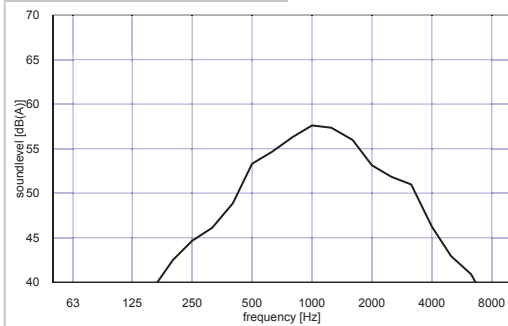


v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95% CI [dB(A)]
30	59.3	1.1
40	62.5	0.6
50	65.1	0.3
60	67.1	0.4
70	68.9	0.7
80	70.4	0.9
90	71.7	1.1
100	72.9	1.3
110	74.0	1.5

$$L_{A,max} = 65.1 + 26.1 \cdot \log(v/50)$$

Mean velocity	51.9 ± 8.3	km/h
Mean $L_{A,max}$	65.4	dB(A)
Correlation coefficient R^2	0.6	
Residue	1.5	dB(A)

Frequency analysis



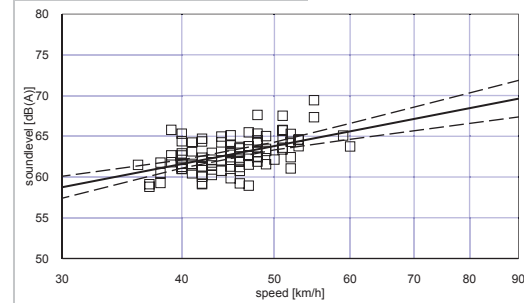
frequency [Hz]	$L_{A,max}$ [dB(A)]
63	39.7
125	42.8
250	49.4
500	57.7
1000	61.9
2000	58.8
4000	52.7
8000	42.9
total	65.1

spectrum at 50 km/h

Statistical Pass-By

Location	Heemskerk, Mozartstraat		
Position	tegenover huisnr. 69		
Direction	east		
Measurement object	KonwéCity	Vehicle category	light
Number of measurements	103		
Measurement date	09-09-2014	Measurement height	3 meter
Air temperature	16		
Surface temperature	18		

Regression analysis

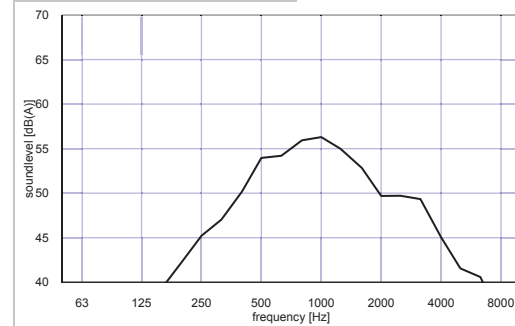


v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95% CI [dB(A)]
30	58.8	1.3
40	61.6	0.5
50	63.8	0.5
60	65.6	1.0
70	67.1	1.5
80	68.4	1.9
90	69.6	2.2
100	70.7	2.6
110	71.6	2.9

$$L_{A,max} = 63.8 + 22.8 \cdot \log(v/50)$$

Mean velocity	45.3 ± 4.8	km/h
Mean $L_{A,max}$	62.8	dB(A)
Correlation coefficient R^2	0.3	
Residue	1.7	dB(A)

Frequency analysis



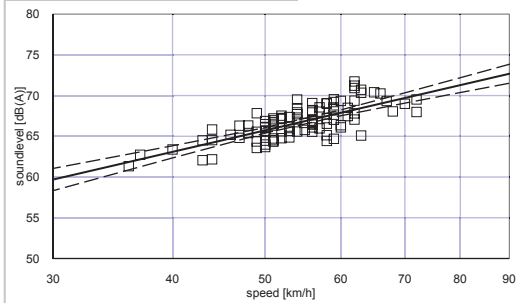
frequency [Hz]	$L_{A,max}$ [dB(A)]
63	37.0
125	42.3
250	50.0
500	57.9
1000	60.5
2000	55.8
4000	51.2
8000	42.4
total	63.8

spectrum at 50 km/h

Statistical Pass-By

Location	Didam, Reinskamp		
Position	east		
Direction			
Measurement object	KonwéCity	Vehicle category	light
Number of measurements	102		
Measurement date	21-11-2014	Measurement height	3 meter
Air temperature	7		
Surface temperature	5		

Regression analysis

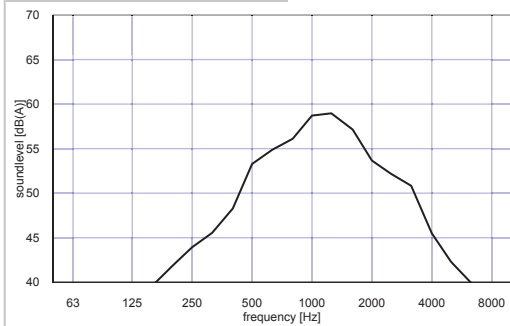


v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95% CI [dB(A)]
30	59.7	1.4
40	63.1	0.7
50	65.7	0.3
60	67.9	0.4
70	69.7	0.6
80	71.3	0.9
90	72.7	1.2
100	73.9	1.4
110	75.0	1.6

$$L_{A,max} = 65.7 + 27.2 \cdot \log(v/50)$$

Mean velocity	54.8 ± 6.8	km/h
Mean $L_{A,max}$	66.7	dB(A)
Correlation coefficient R^2	0.5	
Residue	1.4	dB(A)

Frequency analysis



frequency [Hz]	$L_{A,max}$ [dB(A)]
63	39.5
125	43.4
250	48.8
500	57.7
1000	62.9
2000	59.6
4000	52.4
8000	41.8
total	65.7

spectrum at 50 km/h