

**Bepaling van de
wegdekcorrectieterm voor
Geosilent betonstraatstenen**

M+P.MBI.96.1.4

revisie 3

23 januari 2002



rapportnummer: M+P.MBI.96.1.4
revisie: 3
datum: 23 januari 2002

opdrachtgever: MBI Beton B.V.
Taylorweg 10
5466 AE Veghel

auteur: Ir. W. van Keulen

handtekening:

M+P Raadgevende ingenieurs bv
Bruistensingel 232
5232 AD 's-Hertogenbosch
tel.: 073-6408851 fax: 073-6408852
e-mail: mplusp@db.mp.nl www.mp.nl
onderdeel van de Müller-BBM groep

*© 2002 / M+P Raadgevende ingenieurs bv.
Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P Raadgevende ingenieurs bv (R.V.O.I. 1998; hoofdstuk 1, art. 17).*

CONCLUSIE

In opdracht van MBI Beton B.V. is door M+P Raadgevende ingenieurs bv een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van *Geosilent* betonstraatstenen.

In dit onderzoek is een wegdekcorrectieterm vastgesteld in het kader van het vigerende "Standaard Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaaï" zoals bedoeld in de Wet geluidhinder.

Van *Geosilent* betonstraatstenen is de geluidreductie ten opzichte van het referentiewegdek (de C_{wegdek}) bepaald met behulp van de SPB-methode. De CPX-methode is gebruikt om de homogeniteit van *Geosilent* vast te leggen. Eén en ander is uitgevoerd volgens de aanbevelingen van CROW-publicatie 133: "Het wegdek gecorrigeerd op akoestische eigenschappen".

In de tabel staan de gemiddelde meetresultaten voor lichte motorvoertuigen op *Geosilent* met de reductie ten opzichte van het referentiewegdek.

gemiddelde SPB-waarden voor Geosilent en het referentiewegdek en de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen op Geosilent

	SPB-waarden [dB(A)]		
	40 km/h	50 km/h	60 km/h
<i>Geosilent</i>	64,4	66,7	68,7
95% confidentie-interval	0,2	0,2	0,3
referentiewegdek	64,8	68,0	70,7
C_{wegdek}	-0,4	-1,3	-2,0

Voor middelzware en zware motorvoertuigen zijn er te weinig data bekend om statistisch betrouwbare uitspraken te doen. Geadviseerd wordt om voor deze categorieën een C_{wegdek} van 0 dB(A) aan te houden.

INHOUD

CONCLUSIE	2
INHOUD	3
1 INLEIDING	4
2 <i>GEOSILENT</i> BETONSTRAATSTEEN	5
3 HET WETTELIJK KADER	6
3.1 Wet geluidhinder	6
3.2 Het referentiewegdek	7
4 GELUIDMETINGEN	8
4.1 SPB-metingen	8
4.1.1 Voertuigen	9
4.2 CPX-methode	9
4.2.1 Meetprocedure	10
5 MEETRESULTATEN	11
5.1 SPB-metingen	11
5.1.1 Regressie-analyse	11
5.1.2 Spectrumanalyse	12
5.2 CPX-meting	14
6 C_{wegdek} VAN <i>GEOSILENT</i>	15
6.1 Gemiddelde meetresultaten	15
6.2 Bepaling C_{wegdek} voor <i>Geosilent</i>	15
7 LITERATUUR	17

1 INLEIDING

In opdracht van MBI Beton B.V. is door M+P Raadgevende ingenieurs bv een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van *Geosilent* betonstraatstenen.

In dit onderzoek is een wegdekcorrectieterm vastgesteld in het kader van het vigerende "Standaard Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaaï" zoals bedoeld in de Wet geluidhinder [1]. In de CROW-publicatie 133 [2] is een methode gegeven waarmee voor een willekeurig wegdektype een correctieterm bepaald kan worden.

In deze aanpak wordt de vastgestelde reductieterm gekoppeld aan een certificatiesysteem met beoordelingsrichtlijnen. Dit houdt onder andere in dat van een aantal wegdekken van hetzelfde type de geluidreductie ten opzichte van het referentiewegdek wordt bepaald.

tabel 1 *Overzicht van de meetlocaties met Geosilent betonstraatstenen*

nummer	locatie
1	Bakel
2	Valkenswaard
3	Eersel
4	Aarle-Rixtel
5	Castricum

2 **GEOSILENTBETONSTRAATSTEEN**

De *Geosilent* betonstraatstenen bestaan uit een onderlaag en een slijtlaag.

De onderlaag is samengesteld uit Rijnzand, menggranulaat, harde kalksteen en Hoogovencement. Het menggranulaat vervangt voor 100% het grind zoals toegepast zou zijn in traditioneel onderbeton.

Voor de slijtlaag geldt dat het kleurbepalende toeslagmateriaal voor 100% moet bestaan uit kleurecht natuursteen, al dan niet ondersteund met een anorganische kleurstof. De slijtlaag bestaat uit fijn zand en Hoogovencement met een hoge bestandheid tegen sulfaten. Deze laag is gemiddeld 10 mm dik en heeft een facetrand van 2 mm bij 2 mm.

Enkele eigenschappen van *Geosilent* betonstraatstenen zijn:

- formaat 220 x 110 x 80 mm;
- splintervrije kop;
- voldoen aan de norm NEN 7000;
- worden geleverd volgens het KOMO- en BENOR-keurmerk;
- bestand tegen vorst- en dooiinvloeden.

Voor de verwerking van *Geosilent* betonstraatstenen geldt dat er geen extra voorzieningen behoeven te worden getroffen ten opzichte van de toepassing van standaard betonstraatstenen.

3 HET WETTELIJK KADER

3.1 Wet geluidhinder

In een akoestisch onderzoek dient, bij de bepaling van de geluidniveaus op geluidgevoelige bestemmingen rond wegen, gebruik gemaakt te worden van het "Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï" (regeling als bedoeld in artikel 102, 1e en 2e lid, van de Wet geluidhinder, 1982) [1].

In een dergelijk onderzoek worden verschillende parameters van de bron en omgeving meegenomen.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen drie deelgebieden:

1. de bron (bv. het verkeer op een weg);
2. het overdrachtsgebied (bv. schermen, bodemdemping);
3. de geluidgevoelige bestemming (bv. woning, school).

De rekenmethodiek is als volgt opgebouwd:

$$L_{immissie} = L_{emissie} - D_{overdracht} \quad 3.1$$

met:

- $L_{immissie}$: equivalente geluidniveau op een ontvangerpunt langs de weg;
- $L_{emissie}$: bronsterkte van het geluid van de motorvoertuigen;
- $D_{overdracht}$: demping ten gevolge van de overdracht van het geluid vanaf de weg tot het ontvangerpunt. (Afhankelijk van de geometrie van bron en ontvanger, de bodemimpedantie van het overdrachtsgebied, afscherming door objecten en dergelijke).

De invloed van een wegdek (de bron) wordt in het Rekenvoorschrift meegenomen met een term (de wegdekcorrectie of C_{wegdek}) waarmee de geluidproductie van het verkeer op de betreffende weg opgehoogd (of bij een stil wegdek, verlaagd) dient te worden.

De C_{wegdek} van een wegdektype wordt bepaald ten opzichte van een "niet-elementen verharding met een fijne oppervlakte-textuur". Hiervoor wordt thans het referentiewegdek aangehouden zoals dat is vastgelegd in CROW publicatie 133 [2]. In paragraaf 3.2 wordt hierop nader ingegaan.

De emissie term is opgebouwd uit de geluidproductie van de verschillende categorieën motorvoertuigen en de invloed van het wegdek hierop:

$$L_{emissie} = \sum_{m=1}^4 (L_{e,m} + C_{wegdek,m}) \quad 3.2$$

met:

$L_{e,m}$: geluidproductie van motorvoertuigen van type m op het referentiewegdek (afhankelijk van snelheid en intensiteit);

m : $m=1$: motorrijwielen, $m=2$: lichte motorvoertuigen, $m=3$: middelzware motorvoertuigen en $m=4$: zware motorvoertuigen;

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

Bij de berekening wordt onderscheid gemaakt tussen een eenvoudige Standaard Reken Methode I en een uitgebreidere Standaard Reken Methode II.

De Standaard Reken Methode I (SRM I) rekent op basis van totale A-gewogen niveaus en kan toegepast worden in eenvoudige situaties, zoals bij rechte wegen zonder geluidschermen.

De Standaard Reken Methode II (SRM II) houdt rekening met de frequentieafhankelijkheid in de emissie en de overdrachtstermen. Deze voert daarom de berekeningen uit per octaafband. Het frequentie-interval (middenfrequenties van de octaven) bedraagt 63, 125, 250, 500, 1k, 2k, 4k en 8k Hz.

Thans wordt in het Standaard Rekenvoorschrift voor een “verharding met klinkers” voor lichte motorvoertuigen een C_{wegdek} aangehouden van 4,5 dB(A) en voor middelzware en zware motorvoertuigen 1 dB(A).

3.2 Het referentiewegdek

De geluidreducerende eigenschap van een wegdek wordt bepaald ten opzichte van het referentiewegdek zoals dat in de CROW-publicatie 133 is vastgelegd.

In tabel II staat een overzicht van de SPB-waarden voor lichte en zware motorvoertuigen bij verschillende snelheden.

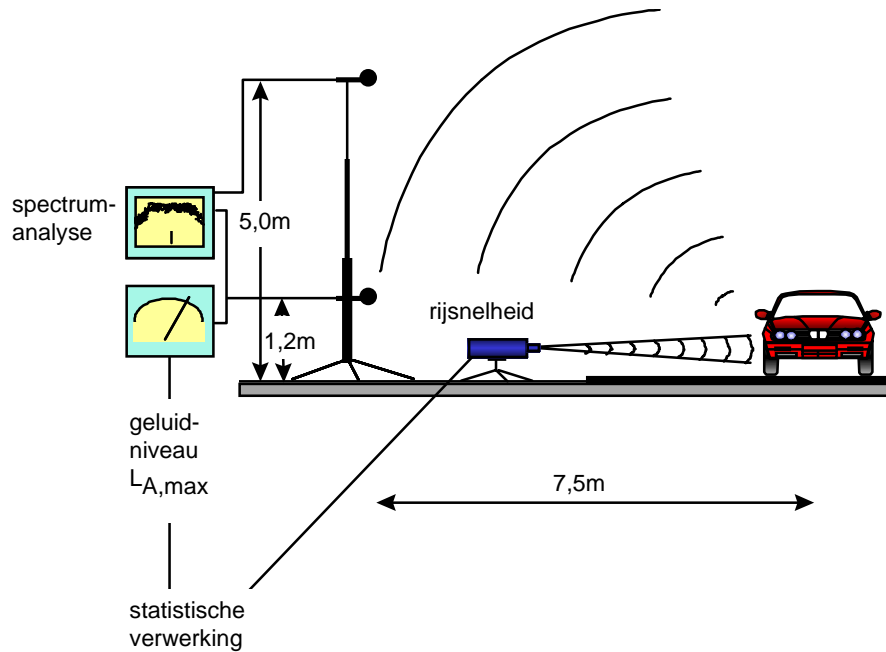
tabel II *SPB-waarden op 5 m hoogte voor het referentiewegdek voor lichte en zware motorvoertuigen*

snelheid [km/h]	SPB-waarde [dB(A)]				
	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80km/h
lichte motorvoertuigen	64,8	68,0	70,7	72,9	74,8
zware motorvoertuigen	77,9	80,2	82,0	83,5	84,8

4 GELUIDMETINGEN

4.1 SPB-metingen

De geluidniveaumetingen zijn uitgevoerd volgens de Statistical Pass-By (SPB) methode [3]. Dit is een standaard meetmethode waarbij een microfoon op 7,5 m uit het hart van de rijbaan is geplaatst (zie figuur 1).



figuur 1 Meetopstelling ter bepaling van het geluidniveau volgens de SPB-methode

Bij iedere voertuigpassage worden het maximale A-gewogen geluidniveau $L_{A,max}$ in de stand "FAST" en de voertuigsnelheid geregistreerd. Deze resultaten worden verwerkt in een scatterdiagram waarin het maximale geluidniveau van een passage als functie van de logaritme van de snelheid staat weergegeven. Uit dit scatterdiagram wordt de best-passende lineaire functie bepaald.

Naast het meten van het maximale geluidniveau tijdens iedere voertuigpassage is ook in minimaal 10% van de passages de spectrale verdeling in 1/3 octaafbanden gemeten. Uit de regressie-analyse volgt het totale geluidniveau behorend bij de wettelijke maximaal toegestane snelheid. Dit niveau wordt in mindering gebracht op de geluidniveaus in iedere 1/3 octaafband afzonderlijk. Hierbij wordt het gemiddelde spectrum genormeerd op 0 dB(A).

4.1.1 Voertuigen

Bij de metingen is onderscheid gemaakt tussen lichte, middelzware en zware motorvoertuigen.

Bij deze categorisering worden bestelwagens met een gewicht lager dan 3,5 ton en touringcars/bussen niet meegenomen, daar de spreiding binnen de gehanteerde categorieën hierdoor onaanvaardbaar toeneemt, zonder dat hier betere inzichten ten aanzien van de eigenschappen van wegdekken tegenover staan.

Voertuigen met mankementen, alsmede voertuigen met een niet representatief rijgedrag zoals optrekken of remmen, zijn buiten beschouwing gelaten.

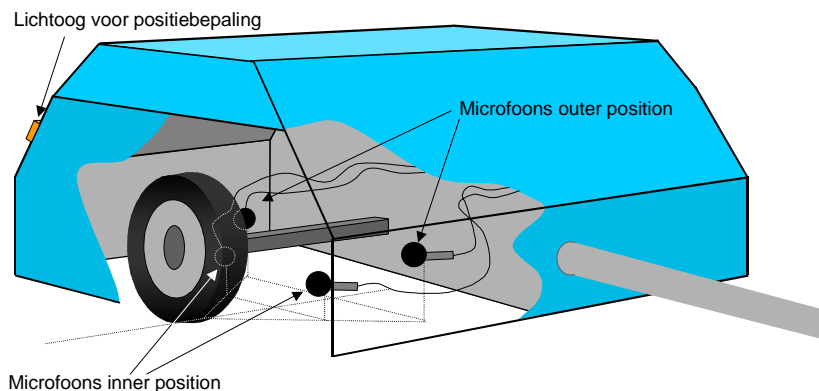
Ook passages waarbij sprake was van stoorgeluid zijn niet meegenomen.

4.2 CPX-methode

Met de Close-Proximity (CPX) methode volgens ISO/CD 11819-2 [4] wordt het geluidniveau dichtbij een band gemeten met twee microfoons over de lengte van een wegvak.

Hierdoor wordt alleen het rolgeluid gemeten. Tevens wordt de simultane voertuigsnelheid gemeten.

De standaard banden en de microfoons zijn in een trailer gemonteerd (zie figuur 2).



figuur 2 *Opzet ter bepaling van het geluidniveau volgens de CPX-methode*

4.2.1 *Meetprocedure*

De metingen zijn uitgevoerd rond een nominale snelheid van 50 km/h. Teneinde het stoorniveau van het trekkende voertuig zo laag mogelijk te houden, is de hoogst mogelijke versnelling gebruikt.

De snelheid wordt gemeten met behulp van een lichttoog (T1) dat het gereflecteerde licht van een polariserende reflector welke op het wiel is gemonteerd, detecteert.

Op het begin- en eindpunt en eventueel andere punten langs het wegvak zijn tevens reflectors geplaatst. Deze worden door een tweede lichttoog (T2) gedetecteerd welke op de trailer is gemonteerd.

Gedurende de meting worden de A-gewogen geluidsniveaus van de vier microfoons (M1 tot en met M4) gemeten en opgeslagen op de DAT-recorder.

De CPX-meting op *Geosilent* in Castricum is uitgevoerd met Vredestein Protrac in de maat 185/65 R 15.

5 MEETRESULTATEN

5.1 SPB-metingen

5.1.1 Regressie-analyse

In tabel III staat een overzicht van de meetlocaties waar SPB-metingen aan *Geosilent* zijn verricht met het aantal bemeten lichte en zware motorvoertuigen.

tabel III: *Overzicht van de meetlocaties met Geosilent en het aantal motorvoertuigen*

locatie	aantal lichte motorvoertuigen	aantal zware motorvoertuigen
Bakel	110	15
Valkenswaard	147	1
Eersel	101	13
Aarle-Rixtel	116	23
Castricum	108	1

In totaal zijn gedurende de 5 metingen 582 lichte en 53 zware motorvoertuigen meegenomen. Voor de regressielijn in het scatterdiagram geldt formule 5.1:

$$L_{A,max} = a + b \cdot \log\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad 5.1$$

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).

De in het scatterdiagram aangegeven zone rondom de regressielijn markeert het gebied, waarbinnen met een betrouwbaarheid van 95% de werkelijke waarde voor de regressielijn ligt.

Voor de wegdekken is een correctie C_{temp} toegepast op de gemeten geluidniveaus volgens formule 5.2:

$$C_{temp} = 0,05 \cdot (T - 20^\circ\text{C}) \quad 5.2$$

met:

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

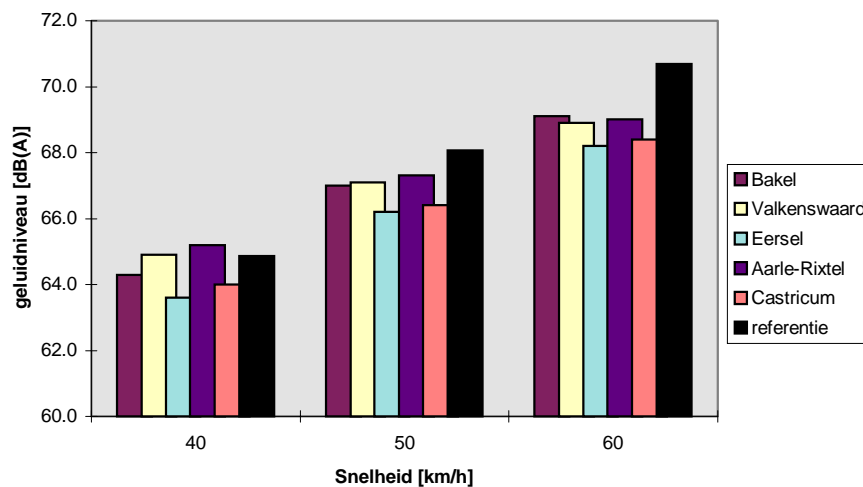
T : luchttemperatuur in °C tijdens de metingen.

In tabel IV staan de gemeten geluidniveaus op de 5 meetlocaties afzonderlijk voor lichte motorvoertuigen. Alleen de SPB-waarden gemeten op 5 m hoogte en gecorrigeerd voor de temperatuur zijn hier weergegeven. Tevens zijn de waarden voor het referentiewegdek nogmaals gegeven.

tabel IV *SPB-waarden op 5 m hoogte voor Geosilent en het referentiewegdek voor lichte motorvoertuigen*

locatie	SPB-waarde [dB(A)]		
	40 km/h	50 km/h	60 km/h
Bakel	64,3	67,0	69,1
Valkenswaard	64,9	67,1	-
Eersel	63,6	66,2	-
Aarle-Rixtel	65,2	67,3	-
Castricum	64,0	66,4	68,4
referentiewegdek	64,8	68,0	70,7

In figuur 3 staan de waarden uit tabel IV grafisch weergegeven.

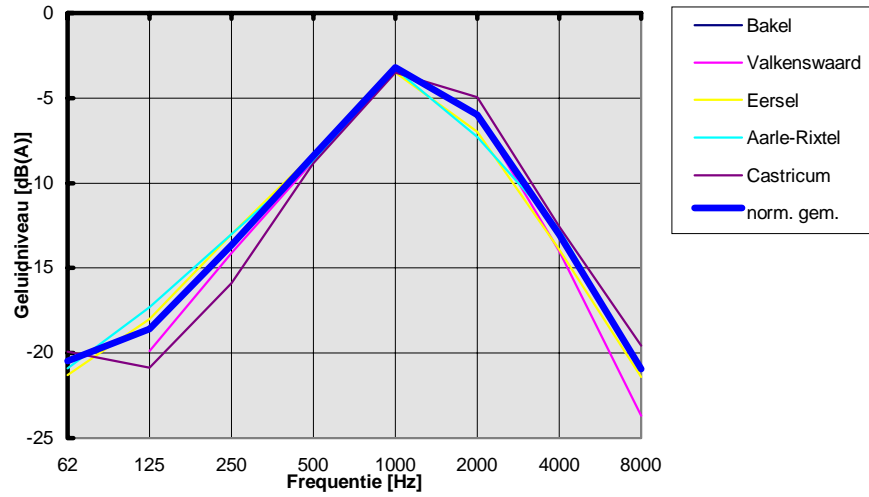


figuur 3 *overzicht van de gemeten SPB-waarden voor Geosilent en het referentiewegdek*

5.1.2 *Spectrumanalyse*

In minimaal 10% van de passages is naast de bepaling van het maximale geluidniveau tijdens de voertuigpassage tevens de spectrale verdeling bepaald. De spectra zijn rekenkundig gemiddeld.

Bij de analyse van de spectra zijn die spectra meegenomen waarbij bij lichte motorvoertuigen de voertuigsnelheid ligt binnen 50 plus en min 10 km/h.



figuur 4 *Gemeten spectra op de vijf locaties met Geosilent en het genormaliseerde gemiddelde*

5.2 CPX-meting

Op de locatie in Castricum is een CPX-meting verricht bij een snelheid rond 50 km/h. Hierbij zijn de geluidniveaus met ΔL gecorrigeerd voor de snelheid volgens formule 5.3:

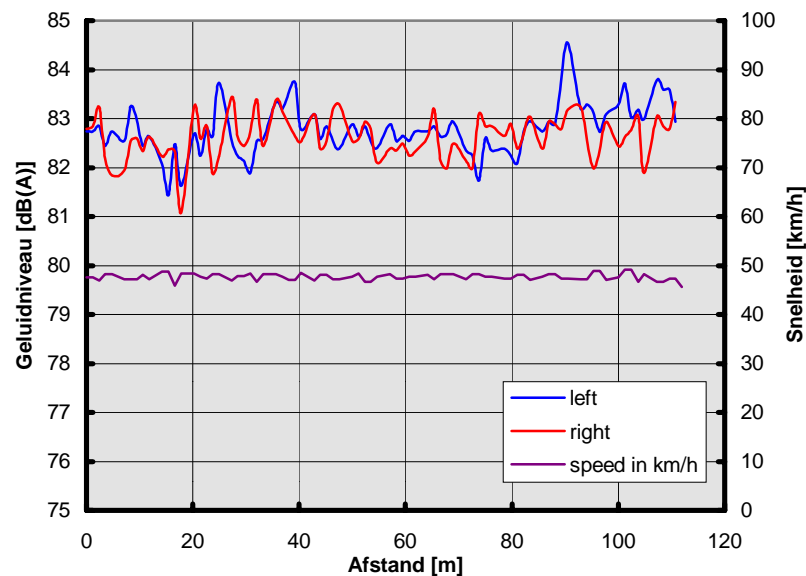
$$\Delta L = -0,3 \cdot (v - 50) \quad 5.3$$

met:

ΔL : snelheidscorrectie in dB(A);

v : snelheid in km/h.

In figuur 5 staan de gemeten CPX-waarden als functie van de afstand weergegeven.



figuur 5 met de CPX-methode gemeten geluidniveaus op Geosilent voor de rechter en linker rijspoor als functie van de snelheid van de trailer

Uit de gemeten CPX-data zijn de gemiddelden L_{gem} en de standaarddeviaties $St.dev.$ en de piekwaarde $L_{max} - L_{min}$ bepaald en in tabel V weergegeven.

tabel V gemiddelde meetdata verkregen met de CPX-methode op Geosilent

rijspoor	L_{gem} [dB(A)]	$St.dev.$ [dB(A)]	$L_{max} - L_{min}$ [dB(A)]
linker	82,6	0,5	2,6
rechter	82,8	0,5	3,1

6 C_{wegdek} VAN GEOSILENT

6.1 Gemiddelde meetresultaten

In tabel VI staan de gemiddelde SPB-waarden voor lichte motorvoertuigen op *Geosilent* gemeten op 5 m hoogte met de bijbehorende 95% confidentie-intervallen. Deze zijn berekend door per snelheid de afzonderlijke meetdata, gewogen met de bijbehorende confidentie-intervallen, te middelen.

tabel VI *gemiddelde SPB-waarden voor lichte motorvoertuigen op Geosilent*

	SPB-waarden [dB(A)]		
	40 km/h	50 km/h	60 km/h
<i>Geosilent</i>	64,4	66,7	68,7
95% confidentie-interval	0,2	0,2	0,3

6.2 Bepaling C_{wegdek} voor *Geosilent*

Met behulp van de gemiddelde data uit tabel VI wordt de wegdekcorrectieterm voor toepassing in Methode I en II van het RMV vastgelegd met behulp van de volgende formules:

SRM I:

$$C_{wegdek,m} = \Delta L_m + b_m \cdot \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad 6.1$$

SRM II:

$$C_{wegdek,m,i} = \Delta L_{m,i} + b_m \cdot \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad 6.2$$

met:

C_{wegdek} : de wegdekcorrectieterm in dB(A);

ΔL : de geluidreductie bij de referentiesnelheid in dB(A);

b : 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).

De coëfficiënten $\Delta L_{m,i}$ en b_m in de formules 6.1 en 6.2 zijn gegeven in tabel VII en tabel VIII voor respectievelijk SRM I en SRM II en zijn wederom gebaseerd op metingen met een microfoonhoogte van 5 m.

Hierbij zijn de waarden voor de octaafbanden 1 en 2 (overeenkomend met 63 en 125 Hz) op 0 dB(A) gesteld.

Dit is gedaan vanwege de grote spreiding in deze frequentiebanden en omdat deze frequentiebanden niet significant bijdragen aan het totale A-gewogen geluidniveau.

Eén en ander is uitgevoerd volgens de aanbevelingen in CROW-publicatie 133 [2].

tabel VII *coëfficiënten voor lichte motorvoertuigen ($m=2$) in de formule voor C_{wegdek} voor SRM I en het snelheidsinterval waarbinnen de waarden toepasbaar zijn*

wegdektype	ΔL	b	snelheidsinterval
<i>Geosilent</i>	-3,2	-9	40-60

tabel VIII *coëfficiënten voor lichte motorvoertuigen ($m=2$) in de formule voor C_{wegdek} voor SRM II en het snelheidsinterval waarbinnen de waarden toepasbaar zijn*

wegdektype	$\Delta L_{m,i=1..8}$						b_m	snelheidsinterval
	3	4	5	6	7	8		
<i>Geosilent</i>	0,8	-0,8	-3,8	-3,7	-3,6	-1,9	-9	40-60

In tabel IX staan de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen op *Geosilent* bij een aantal snelheden.

tabel IX *de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen op Geosilent*

	SPB-waarden [dB(A)]		
	40 km/h	50 km/h	60 km/h
C_{wegdek}	-0,4	-1,3	-2,0
95% confidentie-interval	0,2	0,2	0,3

Voor middelzware ($m = 3$) en zware motorvoertuigen ($m = 4$) zijn er te weinig data bekend om statistisch betrouwbare uitspraken te doen. Geadviseerd wordt om voor deze categorieën een C_{wegdek} van 0 dB(A) aan te houden.

7 LITERATUUR

- [1] "Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaaï",
Regeling als bedoeld in artikel 102, eerste en tweede lid, van de Wet
geluidhinder,
Staatsuitgeverij 's-Gravenhage, 1981;
- [2] "Het wegdek gecorrigeerd op akoestische eigenschappen",
CROW-publicatie nr. 133;
- [3] "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - part 1:
'The Statistical Pass-By Method'",
ISO 11819-1, 24-05-1996;
- [4] "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise- part 2:
'The Close Proximity method'",
ISO/CD-11819-2.