



Rijkswaterstaat Technisch Document (RTD)

Geluideisen voegovergangen

Doc.nr.: RTD 1007-3
Versie: 1.0
Status: Definitief
Datum: 26-3-2013

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Geluideisen voegovergangen

RTD 1007-3

Datum	26-3-2013
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door

Rijkswaterstaat

Informatie

rok-info@rws.nl

Datum

26-03-2013

Status

Definitief

Versienummer

1.0

Voorwoord

Kunstwerken met lawaaiige voegovergangen kunnen door de omgeving als hinderlijk worden ervaren. Het geluid van voertuigpassages is bij deze voegovergangen als geluidpieken duidelijk herkenbaar boven het geluid van het wegverkeer.

De kans op klachten over het geluid van voegovergangen is groter op wegvakken waar vanwege geluidbeheersing een stiller wegdektype (ZOAB, tweelaags ZOAB) en of geluidschermen worden toegepast. Het toepassen van "stille" voegovergangen is dus een voorwaarde om de geluidreductie van een stil wegdek te kunnen verzilveren.

Bij de geluidemissie van voegovergangen wordt onderscheid gemaakt tussen geluid dat aan de bovenzijde van een kunstwerk wordt afgestraald en geluid dat naar de onderzijde en zijwaarts wordt afgestraald. Geluidhinder kan optreden door het toepassen van een te luid type voegovergang of als voegovergangen onvlak in het wegdek zijn ingebouwd. De geluidemissie aan de onderzijde van een kunstwerk kan worden beperkt met een juiste detaillering in het ontwerp.

Door eisen te stellen aan de geluidemissie van nieuw in te bouwen voegovergangen zal de hinder voor omwonenden in de nabijheid van een voegovergang worden beperkt. Daarmee draagt deze norm bij aan een succesvolle uitvoering van het bronbeleid voor het beperken van geluidhinder bij Rijkswaterstaatswerken. Dit document geeft de eisen waaraan de geluidemissie van een voegovergang dient te voldoen. Tevens wordt de meetmethode voor het bepalen van de geluidemissie van voegovergangen beschreven. Met de meetmethode kunnen producenten aantonen dat hun producten aan de geluideisen voldoen.

Rijkswaterstaat DVS
Waarnemend Hoofdingenieur Directeur
Ir. P. Struik

Inhoud

Voorwoord 5

1 Toepassingsgebied 7

2 Overzicht normatieve verwijzingen 8

- 2.1 NEN normen 8
- 2.2 CUR aanbevelingen en rapporten: 8
- 2.3 CROW richtlijnen: 8
- 2.4 Eigen RWS richtlijnen: 8
- 2.5 Overige richtlijnen en/of documenten: 8

3 Begrippen- en afkortingenlijst 9

4 Geluideisen aan een voegovergang 11

- 4.1 Vaststellen van de geluideis 11
 - 4.1.1 Geluideis boven het kunstwerk 11
 - 4.1.2 Geluideis onder het kunstwerk 12
- 4.2 Verificatiemethoden 13
 - 4.2.1 GeluidLabelWaarde 13
- 4.3 Toetsing na realisatie 13
- 4.4 Verschilmeting bovenzijde kunstwerk bij reflectie of afscherming 14

Bijlage 1 Berekening geluideisen 15

- 1.1 Geluideis boven het kunstwerk 15
- 1.2 Geluideis onder het kunstwerk 16

Bijlage 2 Meetmethode geluidemissie voegovergangen 18

- 2.1 SPB Meetmethode 18
- 2.2 Omgevingstemperatuur 19
- 2.3 Geluidmeting boven het kunstwerk 20
- 2.4 Geluidmeting onder het kunstwerk 21
- 2.5 De verschilmeting boven het kunstwerk 23

Bijlage 3 ALARA-principe 26

Bijlage 4 Criterium vervolgonderzoek bij geluidhinder van voegovergangen 27

Bijlage 5 GeluidLabelWaarde 28

- 5.1 Definitie GeluidLabelWaarde 28
- 5.2 Bepalen GeluidLabelWaarde 28
- 5.3 Voorbeeldberekening GeluidLabelWaarde 29
- 5.4 Rapporteren GeluidLabelWaarde 29

1 Toepassingsgebied

Onderwerp

Deze norm beschrijft de eisen aan de geluidemissie van voegovergangen en vervangt het document NBD00401, "Geluideisen voegovergangen", uitgave 30-07-2010, status definitief, versie 2. De berekeningswijzen en meetmethoden in dit document sluiten aan bij het 'nieuwe' Reken- en meetvoorschrift geluid 2012.

Toepassingsgebied

Deze norm is van toepassing op alle nieuw in te bouwen of te renoveren voegovergangen.

Doel van de norm is het toepassen van "stille" voegovergangen in situaties waar geluidmaatregelen als stil wegdek en geluidschermen worden toegepast. De kwalificatie "stil" is hier relatief, in situaties met meer geluidmaatregelen wordt de geluideis strenger. Met het stellen van de geluideis worden hindersituaties als gevolg van het toepassen van lawaaiige voegovergangen voorkomen.

Gebruik van deze richtlijn

Het berekenen van de eisen aan de geluidemissie van een voegovergang staat beschreven in hoofdstuk 5 en in bijlage 1. Bij het ontwerp van een kunstwerk moet een voegtype worden gekozen dat na aanleg met grote zekerheid zal voldoen aan de gestelde geluideisen. Een overzicht met de verschillende voegtypen, de daarbij relevante informatie over het toepassingsgebied en de te verwachten akoestische prestaties, staat weergegeven in de Meerkeuzematrix Voegovergangen.

Voor voegovergangen met een grote dilatatiecapaciteit is het technisch niet altijd mogelijk om aan de geluideisen uit deze norm te voldoen. In deze gevallen geldt het ALARA – principe ('As Low As Reasonably Achievable'). Dit houdt in dat de best toepasbare techniek zal worden toegepast. Aanbevelingen over het ALARA-principe staan beschreven in bijlage 3.

De meetmethode voor het bepalen van de geluidemissie van voegovergangen staat beschreven in bijlage 2. De meetmethode dient te worden toegepast bij het beoordelen van de geluidemissie van een nieuw product.

Bij de beoordeling van geluidhinderklachten in bestaande situaties, kan een onderzoek naar de geluidemissie van de voegovergang plaatsvinden. Dit onderzoek is alleen dan noodzakelijk wanneer er woningen of andere geluidgevoelige bestemmingen aanwezig zijn in de nabijheid van de voegovergang. Aan het begrip "nabijheid" is in bijlage 4 invulling gegeven.

2 Overzicht normatieve verwijzingen

Verwijzing in volgorde van opeenvolgende artikelen.

2.1 NEN normen

Eurocode delen:

Versie : jaar van uitgifte (taal)	Titel
NEN-EN-ISO 11819-1:2011	Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - part 1: The Statistical Pass-By MethodSPB

Overige NEN normen:

Versie : jaar van uitgifte (taal)	Titel

2.2 CUR aanbevelingen en rapporten:

Versie : jaar van uitgifte	Titel

2.3 CROW richtlijnen:

Versie : jaar van uitgifte	Titel
Publicatie 316, 2012	De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer 2012

De meest actuele waarden voor de wegdekcorrectie worden gepubliceerd op de website van CROW www.stillerverkeer.nl.

2.4 Eigen RWS richtlijnen:

Versie : jaar van uitgifte	Titel	Verkrijgbaar bij
2012	Meerkeuzematrix Voegovergangen	

2.5 Overige richtlijnen en/of documenten:

Versie : jaar van uitgifte	Titel	Verkrijgbaar bij

3 Begrippen- en afkortingenlijst

	Definitie
A	
A-weging	Een frequentieafhankelijke weging op het geluiddruk niveau welke de karakteristiek van het menselijk gehoorzintuig benadert
C	
$C_{wegdek, lv}$	Wegdekcorrectie in dB voor lichte motorvoertuigen
$C_{wegdek, zv}$	Wegdekcorrectie in dB voor zware motorvoertuigen
D	
DAB	Wegdektype Dicht Asphalt Beton (AC surf)
Dilatatie	Opening waardoor de wegdelen aan weerszijden van de dilatatie zich onafhankelijk kunnen bewegen of kunnen uitzetten en krimpen.
K	
Kruisingshoek	De hoek tussen de lengteas van de rijlijn en de voegovergang
L	
$L_{A,max}$	Het maximaal optredende A-gewogen geluidniveau zoals gedefinieerd in CROW-publicatie 316
Lichte motorvoertuigen	Voertuigcategorie zoals gedefinieerd in artikel 3.2 van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. In de praktijk betreffen het personenauto's
$L_{voeg, boven}$	Geluideis boven het kunstwerk
$L_{voeg, onder}$	Geluideis onder het kunstwerk
R	
Referentiewegdek	Het wegdektype met akoestische eigenschappen zoals gedefinieerd in CROW-publicatie 316
Rmg2012	Het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012
Z	
ZOAB	Wegdektype Zeer Open Asphalt Beton
Tweelaags ZOAB	Wegdektype bestaande uit 2 lagen Zeer Open Asphalt Beton
Zware motorvoertuigen	Voertuigcategorie zoals gedefinieerd in artikel 3.2 van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. In de praktijk betreffen het vrachtwagens met meer dan twee assen

4 Geluidseisen aan een voegovergang

4.1 Vaststellen van de geluideis

De eis aan de geluidemissie van een voegovergang is tweeledig, namelijk een geluideis aan de bovenzijde van het kunstwerk en een geluideis aan de onderzijde van het kunstwerk.

De waarde van de geluideis is direct afhankelijk van de concrete situatie waar de voegovergang wordt ingebouwd. Naarmate er meer geluidmaatregelen zijn toegepast, in de vorm van een stil wegdek en/of geluidschermen, wordt de geluideis strenger. De geluideis is uitgedrukt als een geluidniveau in dB(A) en wordt afgerond op een geheel getal.

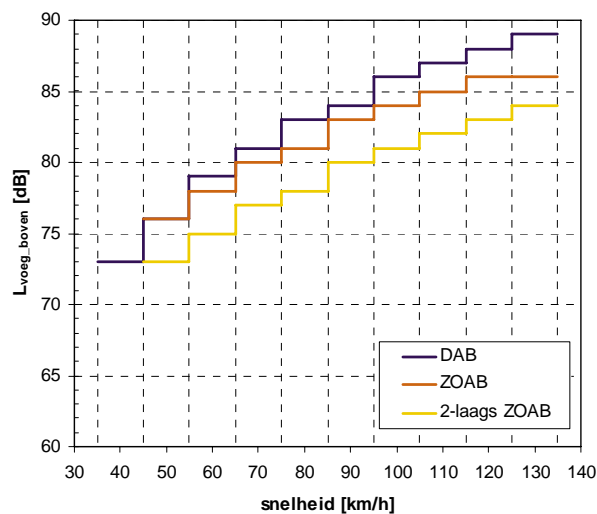
4.1.1 Geluideis boven het kunstwerk

Voor de geluidemissie boven het kunstwerk is de eis geformuleerd als: "het geluidniveau boven het kunstwerk, als gevolg van passages van lichte motorvoertuigen over de voegovergang, dient het geluidniveau van het stilste aangrenzende wegdek met niet meer dan 5 dB(A) te overschrijden".

De wijze waarop de geluideis voor een concrete situatie wordt berekend is weergegeven in bijlage 1. De basis van de eis is het geluidniveau van lichte motorvoertuigen, zoals geformuleerd is in de CROW-publicatie 316. Het is niet noodzakelijk om voor de bepaling van de eis eerst een meting uit te voeren om de geluideigenschappen van het wegdek ter plaatse te bepalen.

De geluideis (L_{voeg_boven}) wordt berekend voor de representatieve voertuigsnelheid in de concrete situatie waar de voegovergang wordt aangelegd. In de praktijk is dit de lokaal geldende maximum snelheid voor personenauto's.

Figuur 1 is een grafische weergave van de geluideis boven het kunstwerk, voor verschillende snelheden en drie wegdektypes.



Figuur 1: Geluideisen boven het kunstwerk voor DAB, ZOAB en 2-laags ZOAB als stilste aangrenzende verharding.

4.1.2 Geluideis onder het kunstwerk

Voor de geluidemissie onder het kunstwerk is de eis geformuleerd als: "het geluidniveau onder het kunstwerk, als gevolg van passages van zware motorvoertuigen over de voegovergang, dient ten opzichte van het stilste wegdektype naast de voegovergang minimaal 10 dB(A) lager te zijn bij afwezigheid van geluidschermen en minimaal 15 dB(A) lager te zijn bij aanwezigheid van geluidschermen".

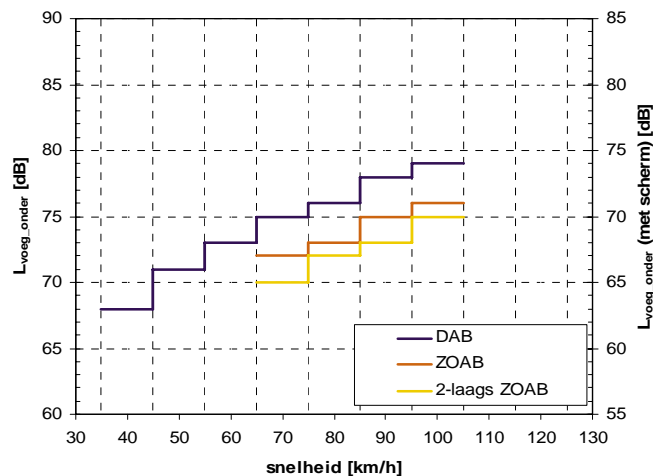
Deze geluideis is uiteraard slechts van belang als er ook daadwerkelijk geluid van onder het kunstwerk afstraalt naar de omgeving, zoals bij een brug of viaduct. In overige gevallen, zoals bij een tunnelbak, kan deze eis vervallen.

De wijze waarop de geluideis (L_{voeg_onder}) voor een concrete situatie wordt berekend is weergegeven in bijlage 1. De basis van de eis is het geluidniveau voor zware motorvoertuigen, zoals geformuleerd in de CROW-publicatie 316.

Naast het type wegdek wordt ook rekening gehouden met het aanwezig zijn van een geluidscherm langs de weg. Met een geluidscherm langs de weg zal het geluid van onder het kunstwerk voor de omwonenden een belangrijker geluidbron zijn. Bij aanwezigheid van een geluidscherm is de eis daarom strenger.

De geluideis (L_{voeg_onder}) wordt berekend voor de representatieve voertuigsnelheid in de concrete situatie waar de voegovergang wordt aangelegd. In de praktijk is dit de lokaal geldende maximum snelheid voor vrachtwagens.

Figuur 2 is een grafische weergave van de geluideis onder het kunstwerk, voor verschillende snelheden en drie wegdektypes, voor zowel zonder als met geluidschermen.



Figuur 2: Geluideisen onder het kunstwerk voor DAB, ZOAB en 2-laags ZOAB als stilste aangrenzende verharding. Op de verticale as aan de rechterzijde staan de geluideisen weergegeven bij aanwezigheid van een geluidscherm.

4.2 Verificatiemethoden

In de aanleg- en renovatiecontracten van Rijkswaterstaat dient de geschiktheid van een toe te passen voegovergang vooraf te worden aangetoond. Met de vooraf aangetoonde geschiktheid is de verwachting dat de realisatie bij een zorgvuldige uitvoering aan de gestelde geluideisen zal voldoen.

4.2.1 *GeluidLabelWaarde*

De akoestische eigenschappen kunnen op twee manieren vooraf worden geverifieerd:

- De Meerkeuzematrix Voegovergangen
- Documentatie van de leverancier

Omdat alleen toetsing vooraf plaats vindt, moet met grote mate van zekerheid gesteld kunnen worden dat de voegovergang voldoet aan de geluideisen uit de RTD 1007-3. In de Meerkeuzematrix Voegovergangen is per type voegovergang en per uitvoeringsvariant een GeluidLabelWaarde weergegeven. Wanneer de GeluidLabelWaarde lager is dan de geluideis, heeft de verificatie op voorhand plaatsgevonden.

Het is mogelijk dat een specifiek product akoestisch beter presteert dan de specificaties die voor dit type voegovergang zijn opgenomen in de Meerkeuzematrix. Ook kan een nieuw type voegovergang worden aangeboden dat nog niet beschreven staat in de Meerkeuzematrix. In die gevallen kan de leverancier zelf een GeluidLabelWaarde voor zijn product aanleveren waarmee op voorhand wordt aangetoond dat de voegovergang voldoet aan de geluideis. De wijze waarop een leverancier de akoestische eigenschappen van een voegproduct kan aantonen, is beschreven in bijlage 5.

4.3 Toetsing na realisatie

Toetsing van de geluidemissie na realisatie van het werk is alleen noodzakelijk indien er gereede twijfel is ten aanzien van het voldoen aan de geluideis. Daarnaast is een onderzoek op basis van metingen alleen dan noodzakelijk wanneer er woningen of andere geluidgevoelige bestemmingen aanwezig zijn in de nabijheid van de voegovergang. Aan het begrip "nabijheid" is in bijlage 4 invulling gegeven. De meetmethode voor het bepalen van de geluidemissie van een voegovergang is gebaseerd op de SPB-methode ISO 11819-1 en staat beschreven in bijlage 2.

Bij toetsing na realisatie worden de volgende stappen doorlopen:

- (1) Uitvoeren van geluidemissie metingen aan de bovenzijde en onderzijde van het kunstwerk.
- (2) Het resultaat van de meting wordt naar boven afgerond op een geheel getal. Het meetresultaat bestaat uit een geluidniveau boven het kunstwerk en indien van toepassing een geluidniveau onder het kunstwerk.
- (3) Het resultaat toetsen aan de geluideisen.

De geluidemissie van de voegovergang voldoet als het gemeten geluidniveau ten hoogste gelijk is aan de berekende geluidseis:

$$\text{- Bovenzijde kunstwerk : } L_{SPB,voeg,lv} \leq L_{voeg_boven}$$

$$\text{- Onderzijde kunstwerk : } L_{SPB,voeg,zv} \leq L_{voeg_onder}$$

4.4 Verschilmeting bovenzijde kunstwerk bij reflectie of afscherming

Indien het gemeten geluidniveau aan de bovenzijde van het kunstwerk wordt beïnvloed door bijvoorbeeld reflectie van het geluid aan een geluidsscherf ter plaatse van de voegovergang, dan zal het resultaat van de SPB-meting mogelijk een te hoge waarde opleveren. Toetsing van het gemeten geluidniveau zal in dat geval sneller leiden tot een overschrijding van de geluidseis. Als ter plaatse van de voegovergang niet wordt voldaan aan de voorwaarden van de SPB-methode, kan toetsing toch plaatsvinden door middel van een verschilmeting zoals beschreven in bijlage 2. In dat geval wordt niet alleen de geluidemissie bij de voegovergang gemeten, maar ook bij de stilste aangrenzende wegverharding.

Het resultaat van de verschilmeting zijn twee SPB-geluidniveaus bij de representatieve snelheid, namelijk bij de voegovergang $L_{SPB,voeg}$ en bij de wegverharding $L_{SPB,wegdek}$. De geluidniveaus worden bepaald op basis van een regressieanalyse. Het resultaat wordt afgerond op één decimaal.

De geluidemissie van de voegovergang voldoet indien voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$\text{Bovenzijde kunstwerk : } L_{SPB,voeg} - (L_{SPB,wegdek} + W) \leq 5 \text{ dB(A)}$$

met:

- $L_{SPB,voeg,lv}$: het gemeten geluidniveau van de voeg bij de representatieve snelheid;
- $L_{SPB,wegdek,lv}$: het gemeten geluidniveau van het wegdek bij de representatieve snelheid;
- W : een correctie van 2 dB wordt toegepast als de verschilmeting is uitgevoerd aan een wegdek jonger dan twee jaar oud. Bij een wegdek ouder dan twee jaar wordt niet gecorrigeerd.
Toelichting: door veroudering van het wegdek neemt het geluidniveau van het wegdek langzaam toe in de tijd. De geluidseis is gekoppeld aan de geluidemissie gemiddeld over de technische levensduur van de deklaag. Bij een nieuw wegdek met een hogere geluidreductie dan gemiddeld, wordt daarom gecorrigeerd voor dit verschil in geluidreductie. Na ca 2 jaar gebruik is de verwachting dat het wegdek de gemiddelde kwaliteit heeft, en is de correctie niet langer relevant.

Bijlage 1 Berekening geluidseisen

In deze bijlage wordt beschreven op welke wijze de geluidseisen voor voegovergangen worden berekend. Uitgangspunt bij de berekening van de geluidseisen is de geluidemissie van voertuigen op het stilste aangrenzende wegdek, zoals beschreven wordt in de CROW publicatie 316. De eis voor de geluidemissie van een voegovergang is tweeledig, namelijk een geluidseis aan de bovenzijde van het kunstwerk en een geluidseis aan de onderzijde van het kunstwerk. De hoogte van de geluidseisen is rechtstreeks afhankelijk van de concrete situatie waar de voegovergang wordt ingebouwd. Naarmate er meer geluidmaatregelen zijn toegepast, in de vorm van een stil wegdek en/of geluidschermen, wordt de geluidseis strenger. De geluidseisen zijn uitgedrukt als een geluidniveau in dB(A) en wordt afgerond op een geheel getal.

1.1 Geluidseisen boven het kunstwerk

De geluidseisen boven het kunstwerk wordt als volgt berekend:

$$L_{\text{voeg_boven}} = L_{\text{SPB,wegdek,lv}} + 5 \text{ dB(A)} \quad [1]$$

$$\text{waar } L_{\text{SPB,wegdek,lv}} = L_{lv} + C_{\text{wegdek,lv}} \quad [2]$$

met:

L_{lv} : de SPB-waarde van het referentiewegdek voor lichte motorvoertuigen voor de representatieve voertuigsnelheid, zoals opgenomen in tabel 1.

$C_{\text{wegdek,lv}}$: wegdekcorrectie voor lichte motorvoertuigen bij dezelfde voertuigsnelheid als genomen bij L_{lv} . Voor veelvoorkomende wegdektypen zijn de waarden opgenomen in tabel 2. De meest actuele waarden van $C_{\text{wegdek,lv}}$ voor andere wegdektypen zijn gepubliceerd op de CROW-website www.stillerverkeer.nl.

In de berekening worden de op één decimaal afgeronde getallen gebruikt voor L_{lv} en $C_{\text{wegdek,lv}}$.

	L_{lv} [dB(A)]									
snelheid [km/h]	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
lichte mvt (lv)	68,0	71,0	73,4	75,4	77,2	78,8	80,2	81,4	82,6	83,7

Tabel 1: De SPB-waarden L_{lv} van het referentiewegdek voor lichte motorvoertuigen, zoals opgenomen in CROW-publicatie 316

	$C_{\text{wegdek,lv}}$ [dB(A)]									
snelheid [km/h]	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
ZOAB	-0,1	-0,6	-1,0	-1,4	-1,7	-2,0	-2,3	-2,5	-2,8	
Tweelaags ZOAB	-3,9	-4,1	-4,3	-4,5	-4,7	-4,8	-4,9	-5,0	-5,1	
Fijn tweelaags ZOAB	-	-	-	-6,5	-6,5	-6,5	-6,5	-6,5	-6,5	
Dunne deklaag B	-4,7	-4,8	-4,9	-5,0	-5,1	-5,1	-5,2	-5,3	-5,3	

Tabel 2: De wegdekcorrectie ($C_{\text{wegdek,lv}}$) voor lichte motorvoertuigen van enkele veel voorkomende wegdektypen voor diverse snelheden (www.stillerverkeer.nl)

De geluideis is de berekende waarde, naar boven afgerond op een geheel getal.

Voorbeeld voor een tweelaags ZOAB wegdek, bij 100 km/u:

$$L_{voeg_boven} = 80,2 - 4,8 + 5 = 80,4 \text{ wordt afgerond naar } 81 \text{ dB(A)}.$$

	Geluideis L_{voeg_boven} [dB(A)]			
	50 km	80 km	100 km	120 km
DAB	76	83	86	88
ZOAB	76	81	84	86
Tweelaags ZOAB	73	78	81	84
Fijn tweelaags ZOAB	-	76	79	83
Dunne deklagen B	72	78	81	84

Tabel 3: De eis voor de geluidemissie van de voegovergang boven het kunstwerk $L_{voeg_boven,r}$ afhankelijk van de voertuigsnelheid en het type wegdek.

1.2 Geluideis onder het kunstwerk

De geluideis onder het kunstwerk wordt als volgt berekend:

$$L_{voeg_onder} = L_{SPB,wegdek,zv} - Y \text{ dB(A)} \quad [3]$$

$$\text{waar } L_{SPB,wegdek,zv} = L_{zv} + C_{wegdek,zv} \quad [4]$$

met:

L_{zv} : de SPB-waarde van het referentiewegdek voor zware motorvoertuigen voor de representatieve voertuigsnelheid, zoals opgenomen in tabel 4.

$C_{wegdek,zv}$: de wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen bij de representatieve voertuigsnelheid van zware motorvoertuigen. Voor veelvoorkomende wegdektypen zijn de waarden opgenomen in tabel 5. De meest actuele waarden van $C_{wegdek,zv}$ voor andere wegdek-typen zijn gepubliceerd op de CROW-website www.stillerverkeer.nl.

Y : de verzwakkingsterm naar de onderzijde van het kunstwerk.
 $Y = 10 \text{ dB(A)}$ als geen geluidscherm aanwezig is en $Y = 15 \text{ dB(A)}$ als er wel een geluidscherm aanwezig is.

In de berekening worden de op één decimaal afgeronde getallen gebruikt voor L_{zv} en $C_{wegdek,zv}$.

snelheid [km/h]	L_{zv} [dB(A)]						
	40	50	60	70	80	90	100
zware mvt (zv)	77,8	80,5	82,6	84,4	86,0	87,3	88,6

Tabel 4: De SPB-waarden L_{zv} van het referentiewegdek voor zware motorvoertuigen, zoals opgenomen in CROW-publicatie 316

snelheid [km/h]	$C_{wegdek,zv}$ [dB(A)]					
	50	60	70	80	90	100
ZOAB	-	-	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
Tweelaags ZOAB	-	-	-5,2	-4,9	-4,7	-4,7
Fijn tweelaags ZOAB	-	-	-5,3	-5,3	-5,4	-5,4
Dunne deklagen B	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3

Tabel 5: De wegdekcorrectie ($C_{wegdek,zv}$) voor zware motorvoertuigen van enkele veel voorkomende wegdektypen voor diverse snelheden (www.stillerverkeer.nl)

De geluideis is de berekende waarde, naar boven afgerond op een geheel getal.

Voorbeeld voor een tweelaags ZOAB wegdek, bij 80 km/u en met een geluidscherm:

$$L_{voeg_onder} = 86,0 - 4,9 - 15 = 66,1 \text{ wordt afgerond naar } 67 \text{ dB(A).}$$

Geluideis L_{voeg_onder} [dB(A)]	Zonder scherm		Met scherm	
	50 km	80 km	50 km	80 km
DAB	71	76	66	71
ZOAB	-	73	-	68
Tweelaags ZOAB	-	72	-	67
Fijn tweelaags ZOAB	-	71	-	66
Dunne deklagen B	70	75	65	70

Tabel 6: De eis voor de geluidemissie van de voegovergang onder het kunstwerk L_{voeg_onder} afhankelijk van de voertuigsnelheid en het type wegdek en in de situatie zonder en met geluidscherm.

Bijlage 2 Meetmethode geluidemissie voegovergangen

Voor de akoestische beoordeling van voegovergangen is een meetprotocol opgesteld dat is gebaseerd op de Statistical Pass-By methode (ISO 11819-1; 1996). Een korte toelichting is weergegeven in 2.1. De SPB-methode wordt in Nederland toegepast bij het bepalen van de geluidreductie van stille wegdekken. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in de CROW publicatie 316 of op www.stillerverkeer.nl.

Voor geluidmetingen aan voegovergangen zijn in 2.2 aanvullende eisen gesteld aan de lange termijn omgevingstemperatuur. Doel is om niet representatieve metingen uit te sluiten.

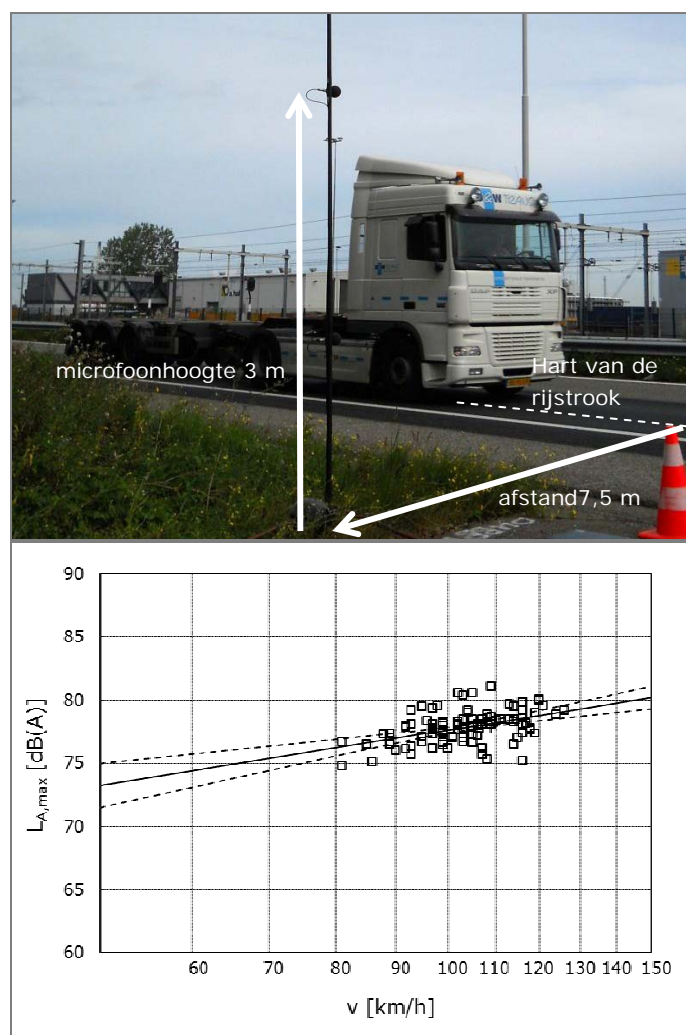
Omdat de beoordeling van de voeg aan de bovenzijde en aan de onderzijde van het kunstwerk plaats vindt, worden ten opzichte van de ISO-norm afwijkende microfoonposities voorgeschreven, zoals beschreven in 2.3 en 2.4.

De aanwezigheid van reflecterende objecten zoals een geluidscherm of een groot verkeersbord, kunnen het resultaat van de geluidmeting beïnvloeden. Toetsing van de geluidemissie is in deze gevallen mogelijk met een zogenaamde verschilmeting zoals beschreven in 2.5.

2.1 SPB Meetmethode

Bij een SPB-meting conform CROW publicatie 316, wordt op een hoogte van 3 meter boven het wegdek het geluid van passerende voertuigen gemeten. Van individuele voertuigpassages wordt per passage zowel het maximale A-gewogen geluidniveau ($L_{A,max}$) als de snelheid geregistreerd. Het doel van deze meting is om voor een specifiek wegdek een verband te leggen tussen het band/wegdekgeluid per voertuigcategorie en de snelheid. De SPB-methode is vastgelegd in de norm ISO 11819-1.

In figuur 1 zijn een foto opgenomen van de uitvoering van een SPB-meting en het resultaat in de vorm van een spreidingsdiagram.



Figuur 1: Uitvoering van de SPB-methode (boven) en het resultaat van een SPB-meting in de vorm van een spreidingsdiagram (onder)

Van de metingen wordt in een spreidingsdiagram het maximale geluidniveau van elke voertuigpassage uitgezet als functie van de logaritme van de voertuigsnelheid (zie figuur 1 onder). Hieruit wordt de best passende lineaire functie bepaald en berekend in welk snelheidsgebied het resultaat statistisch betrouwbaar is. De betrouwbaarheid wordt gedefinieerd met het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn (onderbroken lijnen in figuur 1 onder). De resultaten kunnen worden vergeleken met de waarden van het referentiewegdek zoals beschreven in de CROW publicatie 316.

2.2 Omgevingstemperatuur

Vooral voor grote kunstwerken zal de omgevingstemperatuur van invloed zijn op het te meten geluidniveau van voegovergangen. Bij een lage omgevingstemperatuur zal de lengte van het kunstwerk afnemen. Daardoor wordt de verplaatsing die de voegovergang moet opnemen groter en neemt het geluidniveau toe. Bij een hoge

omgevingstemperatuur is de op te nemen verplaatsing kleiner en zal het geluidniveau lager zijn.

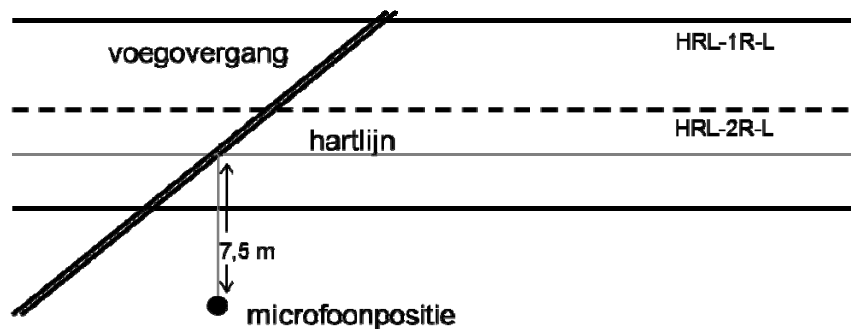
Om de verplaatsingen als gevolg van temperatuurwisseling op te kunnen vangen worden bij de grote kunstwerken vaak meervoudige voegovergangen toegepast. Bij de middelgrote kunstwerken worden vaak randprofielen toegepast. De lengte van een kunstwerk varieert echter maar langzaam op de omgevingstemperatuur. Om het effect van temperatuur op het meetresultaat beperkt te houden zijn grenzen gesteld aan de lange termijn omgevingstemperatuur. De vijfdaagse gemiddelde luchttemperatuur in de periode voorafgaand aan de meetdag moet liggen tussen de 5 en 20 °C. De informatie over de luchttemperatuur dient te worden geraadpleegd van het dichtstbijzijnde KNMI-metstation, zie <http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/index.cgi>.

De meting zelf kan worden uitgevoerd bij een luchttemperatuur tussen de 5 en 30 °C. Op de meetresultaten wordt geen temperatuurcorrectie toegepast zoals dat gebruikelijk is voor SPB-metingen. Er is namelijk te weinig onderbouwing om een temperatuurcorrectie voor voegovergangen vast te stellen.

2.3 Geluidmeting boven het kunstwerk

Het maximale A-gewogen geluidniveau van passages van lichte motorvoertuigen wordt ter plaatse van de voegovergang bepaald conform de SPB-methode. De keuze voor het meten van het geluidniveau van lichte motorvoertuigen is gebaseerd op de waarneming dat dit meer onderscheidend is voor de geluidemissie van voegovergangen dan het geluidniveau van zware motorvoertuigen.

De positie van de microfoon is: 7,5 m uit het hart van de gemeten rijstrook en 3,0 m boven het wegdek. De microfoon wordt geplaatst ter hoogte van de locatie waar het hart van de rijstrook de voegovergang kruist (zie figuur 2).



Figuur 2: Voorbeeld van de microfoonpositie wanneer de voegovergang een kruisingshoek heeft, kleiner dan 100 gon. De microfoon wordt geplaatst waar de hartlijn van de rijstrook de voegovergang kruist.

Uit de regressielijn wordt het maximale A-gewogen geluidniveau bepaald voor lichte motorvoertuigen bij de representatieve voertuigsnelheid in die situatie.

Om een voldoende nauwkeurige bepaling te doen, moeten bij de meting ten minste 100 passages van lichte motorvoertuigen gemeten worden. Het maximale A-gewogen geluidniveau bij de genoemde maximumsnelheid wordt bepaald op basis van de regressielijn.

Reflecterende of afschermende objecten langs de weg, zoals geluidsschermen, kunnen afwijkende meetresultaten geven. Deze situaties zijn daarom niet geschikt voor het bepalen van de geluidemissie van een voegovergang (typekeuring). Om een beoordeling van de geluidemissie in dit soort situaties toch mogelijk te maken kan gebruik gemaakt worden van de zogenaamde "Verschilmeting boven het kunstwerk". Deze wordt behandeld in paragraaf 2.5.

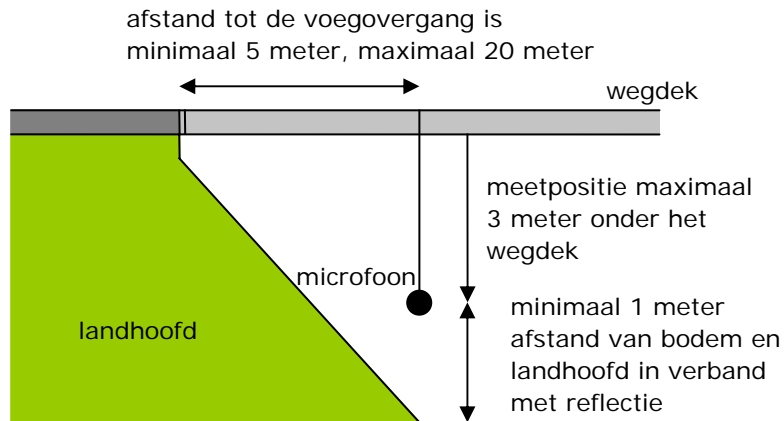
2.4 Geluidmeting onder het kunstwerk

Ook deze meting is gebaseerd op de SPB-methode, waarbij het geluidniveau ($L_{A,max}$) van passages van zware motorvoertuigen wordt bepaald. De keuze voor het meten van het geluidniveau van zware motorvoertuigen is gebaseerd op de waarneming dat bij passages van zwaar verkeer namelijk de hoogste geluidniveaus optreden onder het kunstwerk.

De microfoonpositie wijkt af van de bij een SPB-meting gangbare positie. Onder het kunstwerk wordt het geluidniveau ($L_{A,max}$) bepaald op een meethoogte van maximaal 3 meter onder het rijdek, aan de rand van het kunstwerk. Extra randvoorwaarde is dat de microfoon minimaal 1 meter afstand heeft van reflecterende objecten als het grondvlak, de zijkant van het landhoofd of pijlers van het kunstwerk.

De afstand van de microfoon tot de voegovergang bedraagt in horizontale richting minimaal 5 meter en maximaal 20 meter (zie figuur 3).

Voorkeurspositie is de microfoon daar te plaatsen waar het landhoofd eindigt. Op die positie hebben reflecties de minste invloed op de geluidmeting en is er minder kans op hinder van het verkeer dat onder het viaduct doorrijdt. Deze meetpositie is voor de meeste kunstwerken eenduidig te definiëren en de geluidniveaus zijn niet sterk afhankelijk van de exacte positie.



Figuur 3: Schematische weergave van de microfoonpositie aan de onderzijde van het kunstwerk.

Uit de regressielijn wordt het A-gewogen geluidniveau voor zware motorvoertuigen bepaald bij de representatieve voertuigsnelheid. Om een voldoende nauwkeurige bepaling te doen moeten bij de meting ten minste 30 passages van zware motorvoertuigen gemeten worden.

Het kan voor komen dat bij de meting aan de onderzijde van het kunstwerk geen goede correlatie bestaat tussen de voertuigsnelheid en de optredende geluidniveaus van de zware motorvoertuigen. Wanneer bij de regressie analyse het percentage verklaarde variatie kleiner is dan 30% ($R^2 < 0,30$) dan is de relatie tussen geluidniveau en snelheid onvoldoende bepaald.

Het geluidniveau bij de representatieve snelheid zal dan als volgt worden bepaald met een vaste waarde voor de snelheidsafhankelijkheid:

$$L_{Amax} = L_{gem} + 22,5 \cdot \log\left(\frac{v_{repr}}{v_{gem}}\right) \quad [5]$$

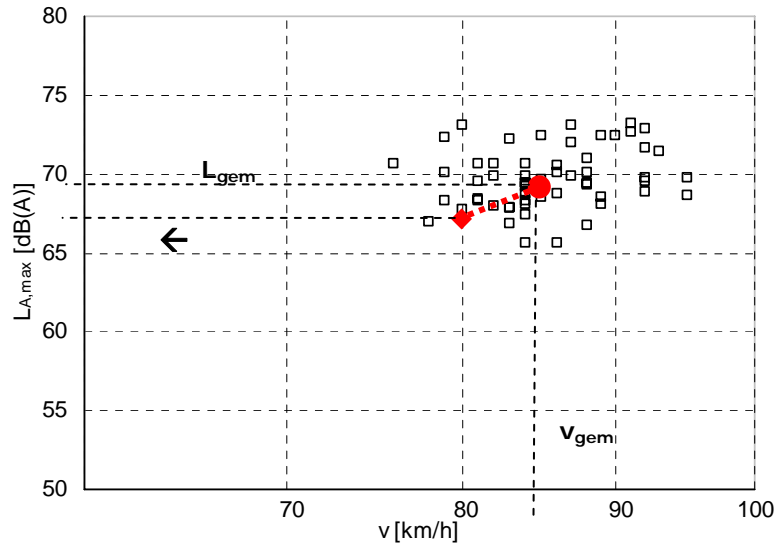
met:

L_{Amax} : het geluidniveau bij de representatieve snelheid

L_{gem} : het gemiddelde gemeten geluidniveau

v_{repr} : de representatieve snelheid

v_{gem} : de gemiddelde gemeten snelheid.



Figuur 4: Voorbeeld van de bepaling van het geluidniveau $L_{A,max}$ bij de representatieve snelheid van 80 km/h voor zware motorvoertuigen, indien de correlatie tussen voertuigsnelheid en gemeten geluidniveaus onvoldoende is.

2.5 De verschilmeting boven het kunstwerk

Bij de SPB-methode is het belangrijk dat het gemeten geluidniveau niet wordt beïnvloed door reflecterende objecten in de nabijheid van de meetopstelling, of door afscherpende objecten tussen de weg en de microfoon. Dit houdt in dat een SPB-meting conform NEN-EN-ISO-11819-1 niet mogelijk is bijvoorbeeld bij de aanwezigheid van een geluidscherm, of bij verdiepte ligging van de weg. Het geluidniveau zal in dat geval worden beïnvloed door reflectie, diffractie, dan wel afscherming van het geluidscherm.

In gevallen waarbij een SPB-meting aan de bovenzijde van het kunstwerk volgens de meetnorm niet mogelijk is, kan toetsing van de geluidemissie plaatsvinden met een zogenaamde verschilmeting.

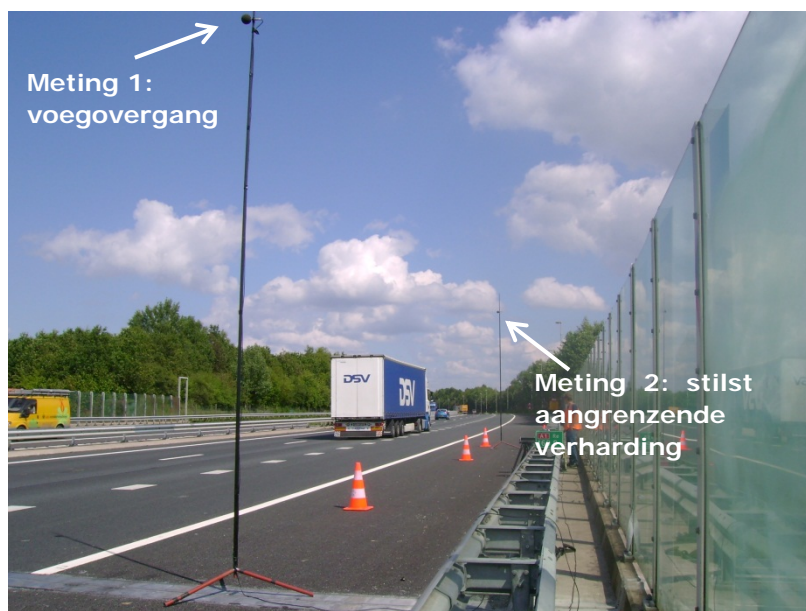
De verschilmeting bestaat in feite uit twee metingen. De meetresultaten worden vervolgens van elkaar afgetrokken en geven zo "het verschil". Naast de normale meting aan de voegovergang zelf wordt bij de verschilmeting op korte afstand voor of na de voegovergang een extra SPB meting uitgevoerd aan de stilste aangrenzende wegverharding.

Toetsing van het geluidniveau van de voegovergang vindt aldus plaats ten opzichte van het gemeten geluidniveau van de stilste aangrenzende wegverharding. De eis is daarbij geformuleerd als:

"het geluidniveau van de voegovergang mag de gemeten waarde van de stilste aangrenzende wegverharding met niet meer dan 5 dB(A) overschrijden".

Vanwege de toename van de geluidemissie door veroudering van stille wegdekken moet bij metingen aan een nieuw wegdek (niet ouder dan 2 jaar) een correctie

worden opgeteld bij de gemeten waarde van de wegverharding. Deze correctiewaarde is 2 dB(A).



Figuur 5: Voorbeeld van een situatie waar een verschilmeting noodzakelijk is. De reflectie van het geluidsscherm beïnvloedt het gemeten geluidniveau

2.6 Procedureverschilmeting

Meting 1:

De geluidemissie van de voegovergang aan de bovenzijde van het kunstwerk wordt gemeten zoals voorgeschreven volgens de SPB-methode. In geval er een object in de weg staat, kan afgeweken worden van de afstand van de microfoon tot de rijlijn van de te meten voertuigen (7,5 meter) of kan een andere meethoogte dan 3 meter worden gekozen. Essentieel is echter dat de verhouding meethoogte gedeeld door afstand de waarde 3 gedeeld door 7,5 benaderd.

Meting 2:

Simultaan vindt langs de stilste aangrenzende wegverharding eenzelfde meting plaats. De afstand tot de voegovergang moet daarbij zodanig worden gekozen dat de meetresultaten niet beïnvloed worden door het geluid van de voegovergang. Een afstand van 50 meter zal in de meeste gevallen voldoende zijn. De microfoon wordt op dezelfde afstand van de rijlijn en op dezelfde hoogte gepositioneerd als bij de meting aan de voegovergang.

Voorbeeld: in het geval van de aanwezigheid van een geluidsscherm wordt in beide gevallen bij het geluidsscherm gemeten. Het gemeten geluidniveau wordt zo op dezelfde wijze beïnvloed door de aanwezigheid van het scherm.

Het resultaat van de verschilmeting zijn twee geluidniveaus bij de representatieve snelheid, namelijk bij de voegovergang $L_{SPB,voeg}$ en bij de wegverharding $L_{SPB,wegdek}$.

De geluidniveaus worden wederom bepaald op basis van een regressieanalyse. Het resultaat wordt afgerond op één decimaal.

De geluidemissie van de voegovergang voldoet indien voldaan wordt aan de voorwaarde:

Bovenzijde kunstwerk:
$$L_{SPB,voeg} - (L_{SPB,wegdek} + W) \leq 5 \text{ dB(A)}$$

met:

- $L_{SPB,voeg}$: het gemeten geluidniveau van de voeg bij de representatieve snelheid;
- $L_{SPB,wegdek}$: het gemeten geluidniveau van het wegdek bij de representatieve snelheid;
- W : een correctie van 2 dB die moet worden toegepast als de verschilmeting is uitgevoerd aan nieuw aangelegd wegdek. Bij een wegdek ouder dan 2 jaar wordt de correctie 0 dB.

Bijlage 3 ALARA-principe

De keuze voor een bepaald type voegovergang hangt sterk af van het toepassingsgebied waarvoor de voegovergang geschikt is. In de regel bepalen de lengte van de overspanning en de daarbij te verwachten dilatatiebewegingen voor een belangrijk deel de keuze voor het type toe te passen voegovergang. Een overzicht met de verschillende typen voegovergangen en de daarbij relevante informatie over het toepassingsgebied en de verwachte akoestische prestatie staat weergegeven in de Meerkeuzematrix Voegovergangen.

Bovenzijde kunstwerk

Voor voegovergangen die worden toegepast bij grote kunstwerken met grote dilataties kan het voorkomen dat de geluidemissie aan de bovenzijde van het kunstwerk niet kan voldoen aan de gestelde geluidseis.

Onderzijde kunstwerk

Uitgangspunt is dat het, door middel van een juist ontwerp en uitvoering, in alle gevallen mogelijk zal zijn om de geluidemissie aan de onderzijde van een kunstwerk te laten voldoen aan de eis.

Indien het vanwege technische randvoorwaarden niet mogelijk is om aan de geluidseisen in deze norm te voldoen, geldt het ALARA-principe "As Low As Reasonably Achievable" (zo laag als redelijker wijze bereikbaar is). In die gevallen moet ten minste de best toepasbare techniek worden toegepast.

Er zijn twee situaties waarbij bovenstaand ALARA-principe van toepassing kan zijn:

- Meervoudige voegovergangen bij kunstwerken met een grote overspanning. Hier worden vaak lamellenvoegen toegepast. Kenmerk van dit type constructie is een hoge geluidemissie boven en onder het kunstwerk. Beschikbare alternatieven met een lagere geluidemissie zijn het toepassen van een lamellen voegovergang met zogenaamde sinusplaten op de lamellen, of het toepassen van een vingervoeg constructie. Echter ook met deze alternatieven is het niet altijd mogelijk om te voldoen aan de geluidseisen in voorliggende norm RTD 1007-3.

- Enkelvoudige stalen voegovergangen in combinatie met een stil wegdek. Bij dilataties groter dan 70 mm bestaat er vooralsnog geen alternatief voor een stalen randprofiel voegovergang. Bij toepassing onder een kruisingshoek >65 gon, zal dit type voegovergang in combinatie met een stil wegdek niet voldoen aan de geluidseisen. De best toepasbare techniek is in dat geval een randprofielvoeg met sinusplaten, of een vingervoeg.

Bijlage 4 Criterium vervolgonderzoek bij geluidhinder van voegovergangen

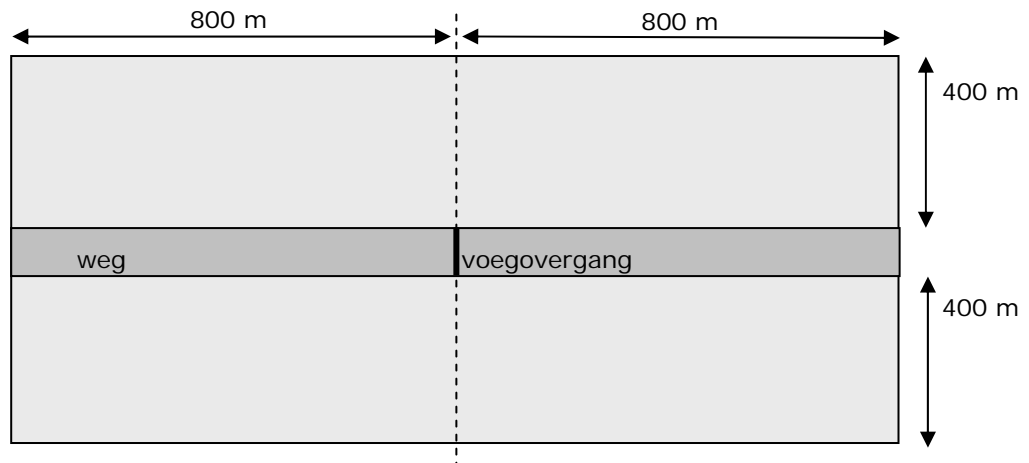
Bij de beoordeling van bestaande situaties zoals bij een klacht over een lawaaiige voegovergang, kan een onderzoek naar de geluidemissie van de voegovergang plaatsvinden.

Dit onderzoek is alleen dan noodzakelijk wanneer er woningen of andere geluidgevoelige bestemmingen aanwezig zijn in de nabijheid van de voegovergang.

Om een invulling te geven aan het begrip "nabijheid" is een aandachtsgebied rond de voegovergang gedefinieerd. Bij klachten van bewoners binnen het aandachtsgebied is het redelijkerwijs te verwachten dat piekgeluiden van een lawaaiige voegovergang de oorzaak kunnen zijn van de hinderklacht en ligt een onderzoek naar de geluidemissie van de voegovergang in de rede.

Indien een klacht van buiten het aandachtsgebied wordt geuit, is de verwachting dat het geluidniveau van de voegovergang bij de woningen zodanig laag is dat er geen grond is voor nader onderzoek. Overigens wil dit niet zeggen dat de voegovergang in dat geval niet hoorbaar zal zijn.

Het aandachtsgebied is gedefinieerd als een rechthoek met een lengte van 800 m voor tot 800 m na de voegovergang en een breedte van 400 m vanaf de linkerkant verharding tot 400 m vanaf de rechterkant verharding. De afmetingen zijn vastgesteld op basis van expert judgement en waarnemingen bij een aantal situaties met lawaaiige voegovergangen.



Figuur 6: Aandachtsgebied voor de beoordeling van geluidhinder van luide voegovergangen. Bij klachten ligt nader onderzoek voor de hand als zich binnen het gebied woningen of andere geluidgevoelige bestemmingen bevinden.

Bijlage 5 GeluidLabelWaarde

5.1 Definitie GeluidLabelWaarde

De GeluidLabelWaarde is het geluidniveau, behorend bij een specifiek type voegovergang, waarbij de kans klein is dat dit geluidniveau wordt overschreden bij een volgende realisatie van dit type voegovergang.

Wanneer de GeluidLabelWaarde (afgekort de GLW) lager is dan de geluideis, heeft de verificatie op voorhand plaats gevonden.

De GLW is gebaseerd op de gemiddelde waarde van de beschikbare meetresultaten aan de bovenzijde van het kunstwerk, inclusief een toeslag die afhankelijk is van de spreiding in deze meetresultaten. In de Meerkeuzematrix Voegovergangen is per type voegovergang en per uitvoeringsvariant een GLW weergegeven.

Het is mogelijk dat een leverancier van voegovergangen zelf een GeluidLabelWaarde aanlevert voor zijn product. Dit zal het geval zijn wanneer het product akoestisch beter presteert dan de specificaties in de Meerkeuzematrix of wanneer een nieuw product niet staat beschreven in de Meerkeuzematrix.

Voorliggende bijlage beschrijft de methode om de GeluidLabelWaarde te bepalen.

5.2 Bepalen GeluidLabelWaarde

De GLW wordt als volgt berekend:

$$GLW = \text{gemiddelde waarde } (L_{SPB,voeg,lv}) + \text{toeslag}$$

Bepalen van de gemiddelde waarde ($L_{SPB,voeg,lv}$)

De GeluidLabelWaarde wordt gebaseerd op de resultaten van minimaal vijf metingen aan de desbetreffende voegovergang. De metingen dienen aan minstens drie verschillende kunstwerken te zijn uitgevoerd volgens de methode uit paragraaf 2.3 van bijlage 2 van de RTD 1007-3 (geluidmeting boven het kunstwerk). De gemeten voegovergangen moeten toegepast zijn in een situatie die representatief is voor de situatie waarvoor de GLW wordt getoetst.

Uit elke meting aan een voegovergang volgt een A-gewogen maximale geluidniveau ($L_{SPB,voeg,lv}$).

Meetresultaten van voegovergangen welke volgens het oude meetvoorschrift op een microfoonhoogte van 5 m zijn bepaald, kunnen omgerekend worden naar een meetresultaat op 3 m hoogte. Hiervoor wordt 1,2 dB opgeteld bij het gemeten SPB-niveau op 5 m hoogte.

De GeluidLabelWaarde wordt vastgesteld bij één of meerdere representatieve snelheden (v). Van alle meetresultaten die gebruikt worden voor het bepalen van de GLW moet de waarde $L_{SPB,voeg,lv}$ bij de representatieve snelheid voldoende betrouwbaar zijn. De betrouwbaarheid wordt vastgesteld met de grenzen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn (zie figuur 1). Het geluidniveau

$L_{SPB,voeg,lv}$ bij snelheid v wordt als voldoende betrouwbaar gekwalificeerd als de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval ($\Delta 95\% ci$) kleiner of gelijk is aan 0,5 dB.

De *gemiddelde waarde* ($L_{SPB,voeg,lv}$) wordt bepaald door de (niet-afgeronde) resultaten van de metingen bij snelheid v rekenkundig te middelen.

Berekenen van de toeslag

Het uitgangspunt bij het bepalen van de toeslag is dat 10% van nieuwe realisaties van een bepaald voegtype een geluidniveau boven de GLW mogen hebben.

De GLW (*gemiddelde waarde + toeslag*) volgt uit de berekening van de cumulatieve 90% waarschijnlijkheid. De toeslag is bepaald volgens:

$$\text{Toeslag} = Z \cdot \sigma$$

Met $Z = 1,28$ en $\sigma =$ standaard deviatie van $L_{SPB,voeg,lv}$ bij de snelheid v .

5.3 Voorbeeldberekening GeluidLabelWaarde

In onderstaande tabel staan de resultaten van een zestal metingen aan een specifiek type voegovergang bij 120 km/h. Bij elke meting is de $L_{SPB,voeg,lv}$ en de bijbehorende betrouwbaarheidswaarde $\Delta 95\% ci$ van het regressieresultaat bepaald.

	$L_{SPB,voeg,lv}$	95%- betrouwbaarheidswaarde
meting 1	82,1	0,3
meting 2	84,0	0,4
meting 3	80,7	0,7
meting 4	83,4	0,3
meting 5	84,4	0,2
meting 6	81,9	0,3

Omdat bij meting 3 de betrouwbaarheid bij 120 km/h niet voldoet, wordt deze in de berekening van de GLW niet meegenomen.

Uit de metingen volgt nu:

- *Gemiddelde waarde* ($L_{SPB,voeg,lv}$) = $(82,1 + 84,0 + 83,4 + 84,4 + 81,9) / 5 = 83,2$ dB
- *de standaarddeviatie* $\sigma = 1,1$ dB

$$\text{GLW (120 km/h)} = \text{gemiddelde } (L_{SPB,voeg,lv}) + Z \cdot \sigma = 83,2 + 1,28 \cdot 1,1 = 84,6 \text{ dB}$$

5.4 Rapporteren GeluidLabelWaarde

In de rapportage van de GLW komen de volgende zaken aan bod:

- De herleidbaarheid van gegevens door de afzonderlijke meetgegevens te presenteren en een beschrijving te geven van de locaties waar de voegen zijn gemeten, een en ander voorzien van een foto;
- Wijze van berekenen, bijvoorbeeld zoals weergegeven is in bovenstaand voorbeeld;

- De representatieve inbouwsituatie van de voegovergang waarvoor de GLW geldig is. Hierbij wordt omschreven op wat voor soort kunstwerken de metingen hebben plaats gevonden, de eventuele dilatatie opening (stand van de voegovergang) en de kruisingshoek.