

Consultatieversie Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet

2. GECONSOLIDEERDE VERSIE VAN DE BIJLAGEN BIJ DE OMGEVINGSREGELING

Leeswijzer

Dit is de consultatieversie van de Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet. De totale consultatieversie bestaat uit vier onderdelen:

1. Een geconsolideerde versie van de Omgevingsregeling (d.w.z. de aanvullingen/aanpassingen zijn in deze regeling met behulp van revisies aangegeven);
2. Een geconsolideerde versie van de geluidgerelateerde bijlagen bij de Omgevingsregeling (d.w.z. de aanvullingen/aanpassingen zijn in deze bijlagen met behulp van revisies aangegeven);
3. De wijziging/intrekking van regelingen en het overgangsrecht;
4. De toelichting (algemeen deel en artikelsgewijs) op de gehele consultatieversie van de Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet.

Dit onderdeel van de Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet bevat de geconsolideerde versie van de bijlagen bij de Omgevingsregeling.

De geconsolideerde versie van de Omgevingsregeling (deel 1), de wijziging en intrekking van regelingen en het overgangsrecht (deel 3) en de toelichting bij de Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet (deel 4) bevinden zich niet in dit document.

BIJLAGE I BIJ ARTIKEL 1.1 VAN DEZE REGELING (BEGRIPSBEPALINGEN)

Voor de toepassing van deze regeling wordt verstaan onder:

airconditioningsysteemdeskundige: persoon die in het bezit is van een diploma EPBD A-airconditioningsystemen of een diploma EPBD B-airconditioningsystemen;

bewijs van vakbekwaamheid erkende energielabeldeskundige woningbouw: diploma dat wordt afgegeven aan degene die blijkens een examen voldoet aan de in bijlage XIII opgenomen eisen;

bouwkosten:

a. aannemingssom exclusief omzetbelasting, bedoeld in paragraaf 1, eerste lid, van het Besluit vaststelling Uniforme administratieve voorwaarden voor de uitvoering van werken en van technische installatiewerken 2012, voor het uit te voeren werk,

b. voor zover een aannemingssom ontbreekt: een raming van de bouwkosten exclusief omzetbelasting, bedoeld in het normblad NEN 2699, uitgave 2017, of zoals dit normblad laatstelijk is vervangen of gewijzigd, of

c. als het bouwen geheel of gedeeltelijk door zelfwerkzaamheid geschiedt: de prijs die aan een derde in het economisch verkeer zou moeten worden betaald voor het bouwen van het bouwwerk waarop de aanvraag betrekking heeft.

bovenbouwconstructie: samenstel van onderdelen voor het dragen en geleiden van spoorvoertuigen;

civiele en cultuurtechniek: werkzaamheden als bedoeld in bijlage IV, onder a, b en c, bij het Omgevingsbesluit, met uitzondering van het saneren van de bodem als bedoeld in bijlage I bij het Besluit activiteiten leefomgeving, ook als het voorzieningen als bedoeld in artikel 12.2, tweede lid, onder b, van de wet betreft;

complexiteitsfactor grondexploitatie: percentage waarmee de kosten van in bijlage XXXV specifiek aangeduide producten of activiteiten of onderdelen daarvan worden verlaagd of verhoogd als een omgevingsplan door een samenspel van kenmerken een relatief eenvoudig of [juist] ingewikkeld karakter heeft;

diploma EPBD B-airconditioningsystemen: diploma dat wordt afgegeven aan degene die blijkens een examen voldoet aan de in bijlage XVIII opgenomen eisen;

emissiegetal (L_F): het jaargemiddelde geluidvermogen dat door het gezamenlijk verkeer op een gedeelte van een weg of spoorweg wordt uitgestraald per octaafband per beoordelingsperiode;

emissietraject: deel van een spoorweg, bepaald volgens bijlage IVe, waarover de geluidemissie van spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld;

energie-index: cijfer dat het energiegebruik aangeeft op basis van de hoeveelheid energie die nodig wordt geacht voor de verschillende behoeften die verband houden met een gestandaardiseerd gebruik van een gebouw;

energielabelplichtige: degene die op grond van artikel 6.27, eerste tot en met vierde lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving verplicht is een energielabel voor een woning beschikbaar te stellen of aanwezig te hebben;

energieprestatiecoëfficiënt: energieprestatiecoëfficiënt als bedoeld in artikel 4.149 van het Besluit bouwwerken leefomgeving;

erkende energielabeldeskundige: persoon die in het bezit is van een geldig bewijs van vakbekwaamheid erkende energielabeldeskundige woningbouw;

etmaalperiode: één van de volgende drie perioden: dagperiode van 7.00 tot 19.00 uur, avondperiode van 19.00 tot 23.00 uur en nachtperiode van 23.00 tot 7.00 uur;

examen airconditioningsysteemdeskundige: examen om een diploma EPBD A-

airconditioningsystemen of een diploma EPBD B-airconditioningsystemen te behalen;

examen energielabeldeskundige: examen om een bewijs van vakbekwaamheid erkende energielabeldeskundige woningbouw te behalen;

exameninstelling voor airconditioningsysteemdeskundige: instelling, bedoeld in artikel 5.25, eerste lid;

exameninstelling voor energielabeldeskundigen: instelling, bedoeld in artikel 5.12, eerste lid;

exploitatiedeelgebied: deel van het exploitatiegebied waarin de werkzaamheden niet gelijktijdig met die in een aangrenzend deel van het exploitatiegebied plaatsvinden;

exploitatie looptijd: periode van voorbereiding van het omgevingsplan tot en met het einde van de in de exploitatieregels of exploitatievoorschriften bepaalde periode van uitvoering van de grondexploitatie;

geluidbronregisterlijn: lijn boven een gedeelte van een weg of spoorweg die gebruikt wordt als rijlijn als bedoeld in bijlage IVd of bronlijn als bedoeld in bijlage IVe, bij het bepalen van het geluid op een referentiepunt volgens bijlage IVg;

geluidgevoelig cluster: geluidgevoelig cluster als bedoeld in artikel 3.46 van het Besluit kwaliteit leefomgeving;

invloedsfactor grondexploitatie: percentage waarmee de kosten van in bijlage XXXV specifiek aangeduide producten of activiteiten of onderdelen daarvan worden verlaagd of verhoogd als sprake is van een omstandigheid die leidt tot relatief lagere of [juist] hogere plankosten;

ISSO: publicatie die door het Kennisinstituut voor de Installatiesector is uitgegeven;

klasse 1 airconditioningsystemen: airconditioningsystemen met een totaal, op gebouwniveau, opgesteld nominaal koelvermogen van meer dan 12 kW tot en met 45 kW;

klasse 2 airconditioningsystemen: airconditioningsystemen met een totaal, op gebouwniveau, opgesteld nominaal koelvermogen van meer dan 45 kW tot en met 270 kW;

klasse 3 airconditioningsystemen: airconditioningsystemen met een totaal, op gebouwniveau, opgesteld nominaal koelvermogen van meer dan 270 kW;

maatregelpunt: maatregelpunt als bedoeld in artikel 3.46 van het Besluit kwaliteit leefomgeving;

overige categorieën: een gebouw of gedeelte daarvan met een gebruiksfunctie als bedoeld in bijlage I bij het Besluit bouwwerken leefomgeving, niet zijnde een woonfunctie als bedoeld in bijlage I bij dat besluit, met uitzondering van een woonfunctie voor zorg;

plafondcorrectiewaarde: getal waarmee de geluidemissie van een daarbij in het geluidregister aangegeven gedeelte van een weg of spoorweg wordt vermeerderd voor het bepalen van het geluid;

plankosten: kosten als bedoeld in bijlage IV, onder d, f en g, bij het Omgevingsbesluit;

wet: Omgevingswet.

BIJLAGE II BIJ ARTIKEL 1.4 VAN DEZE REGELING (UITGAVEN EN VERWIJZINGEN)

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat ¹
Algemene BeoordelingsMethodiek	Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM), methode ter bepaling van de benodigde saneringsinspanning bij lozingen op basis van stoffeigenschappen	2016	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomil.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
API 1004	Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT-406 Tank Motor Vehicles	01-01-2003	American Petroleum Institute (www.api.org)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 2000	Accreditatieschema Veldwerk bij Milieuhygiënisch Bodem- en waterbodemonderzoek	Versie 2.8, 07-02-2014, met wijzigingsblad van 01-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 3000	Accreditatieschema Laboratoriumanalyses voor grond-, grondwater- en waterbodemonderzoek	Versie 7, 23-06-2016	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 6700	Accreditatieschema Inspectie bodembeschermende voorzieningen	Versie 3.0, 15-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
AS SIKB 6800	Accreditatieschema Controle en keuring tank(opslag)installaties	Versie 2.0, 15-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Bepalingsmethode MPG	Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken	Versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad van 1 juli 2019	Stichting Bouwkwiteit (www.bouwkwiteit.nl en www.milieudatabase.nl)	Bbl
Blauwalgenprotocol	Blauwalgenprotocol 2012, zoals vastgesteld door het Nationaal Water Overleg	2012	Rijkswaterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 10 Bkl
BRL 2307-1	Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO productcertificaat voor AVI-bodemas voor ongebonden toepassing op of in	27-05-2008, met wijzigingsblad van 14-04-2016	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

¹ Bal: Besluit activiteiten leefomgeving; Bbl: Besluit bouwwerken leefomgeving; Bkl: Besluit kwaliteit leefomgeving.

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	de bodem in grond- en wegenbouwkunde			
BRL 9320	Bitumineus gebonden mengsels	24-04-2009, met wijzigingsblad van 31-12-2014	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K519	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van weekgemaakt polyvinylchloride (PVC-P), met of zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K537	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Verwerken van Kunststoffolie	01-01-2010	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K538	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van hoge dichtheid polyetheen zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K546	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van lage dichtheid polyetheen, met of zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K580	Beoordelingsrichtlijn K580, Polyethyleen (PE) tanks met opvangbak voor niet-stationaire of mobiele opslag van vloeistoffen	Versie 01	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K744	Beoordelingsrichtlijn K744 voor het Kiwa productcertificaat voor Metalen niet-stationaire en mobiele opslag- en afleverinstallaties van ten hoogste 3 m ³ voor bovengrondse drukloze opslag van vloeistoffen en controle en onderhoud ervan	01-07-2013	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
BRL- K779	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Inwendige bekleding op stalen tanks voor brandbare vloeistoffen	15-07-2010, met wijzigingsblad van 15-03-2015	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K790	Beoordelingsrichtlijn K790, Appliceren van bekledingen op stalen opslagtanks of stalen leidingen	Versie 03	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K902	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Tanksanering HBO/diesel	Versie 04, 26-07-2011, met wijzigingsbladen van 14-09-2012 en 29-05-2015	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K903	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor de Regeling Erkenning Installateurs Tankinstallaties	Versie 08, 01-02-2011, met wijzigingsbladen van 14-02-2015, 01-04-2015 en 21-09-2015	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K904	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Tanksaneringen, KIWA Nederland B.V.	Versie 4, 15-06-2016	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL- K1149	Nationale Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO procescertificaat voor verwerken van kunststof folie	14-06-2002, met wijzigingsblad van 21-03-2005	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL KvINL 6000-21-00	BRL 6000 Deel 21, Ontwerpen en installeren van energiecentrales van bodemenergiesystemen en het beheren van bodemenergiesystemen Beoordelingsrichtlijn voor het KvINL procescertificaat voor 'ontwerpen, installeren en beheren van installaties'	01-09-2017	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
BRL KvINL 9500-00	BRL 9500: Energieprestatieadvies, deel 00, Algemeen deel energieprestatieadvies	31-08-2011, met wijzigingsblad van 01-08-2015	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL KvINL 9500-01	BRL 9500: Energieprestatieadvies, deel 01, Energie-index, bestaande woningen	21-10-2016	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL KvINL 9500-03	BRL 9500: Energieprestatieadvies, deel 03, Energielabel bestaande utiliteitsbouwen	31-08-2011, met wijzigingsblad van 01-08-2015	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL KvINL 9501	Methoden voor het berekenen van het energiegebruik van gebouwen	06-12-2006, met wijzigingsblad van 01-01-2015	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL SIKB 2000	Beoordelingsrichtlijn Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek	Versie 6.0, 01-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
BRL SIKB 2100	Beoordelingsrichtlijn Mechanisch boren	Versie 4.0, 01-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 7000	Beoordelingsrichtlijn Uitvoering van (water)bodemsaneringen en ingrepen in de waterbodem	Versie 6.0, 01-02-2018 met wijzigingsblad van 28-03-2019	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
BRL SIKB 7700	Beoordelingsrichtlijn Aanleg of herstel van een vloeistofdichte voorziening	Versie 2.0, 15-02-2018, met wijzigingsblad van 18-02-2016	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
BRL SIKB 11000	Beoordelingsrichtlijn Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud van het ondergrondse deel van installaties voor bodemenergie	Versie 2.0, 02-10-2014, met wijzigingsblad van 08-10-2015	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CAP 764	Civil Aviation Authority Policy and Guidelines on Wind Turbines	Versie 6, 01-02-2016	Civil Aviation Authority (www.caa.co.uk)	Hoofdstuk 7 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
Carola	Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas	Versie 1.0.0	Rivm (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
CCV-inspectieschema's	CCV-inspectieschema Brandbeveiliging-Inspectie brandbeveiligingsysteem (VBB-BMI-OAI-RBI)	Versie 10.0, 01-06-2015	CCV (www.hetccv.nl)	Bbl
Checklist Veilig onderhoud	Checklist veilig onderhoud op en aan gebouwen	2012	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Bbl
CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen	CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen	2004	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Handboek Immissietoets	Handboek Immissietoets	2016	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomil.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Handboek Risicozonering Windturbines	Handboek Risicozonering Windturbines	Versie 3.1, mei 2014	Rijksdienst voor ondernemend Nederland (www.rvo.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
~~Handleiding-Meten en-Rekenen Industrielawaai~~	~~Handleiding-Meten en-Rekenen Industrielawaai~~	~~2004~~	~~Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rijksoverheid.nl)~~	~~Hoofdstuk-8 van-deze regeling~~
Handleiding wegebouw, ontwerp onderbouw, richtlijn Boortechnieken	Handleiding wegebouw, ontwerp onderbouw, richtlijn Boortechnieken, Rapportnr. DWW-2003-047	Januari 2004	Rijkswaterstaat (http://publicaties.minienm.nl)	Bal en hoofdstuk 7 van deze regeling
IALA Recommendation O-139	IALA Recommendation O-139 on The Marking of Man-Made Offshore Structures	Versie 2, 13-12-2013	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (http://www.iala-aism.org)	Hoofdstuk 7 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
Integrale aanpak van risico's van onvoorziene lozingen	Integrale aanpak van risico's van onvoorziene lozingen	2000	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
ISO 5815-1	Water - Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BZVn) - Deel 1: Verdunning en enting onder toevoeging van allylthiourem	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
ISO 7899-1	Percentielwaarde intestinale enterokokken	1998 en correctie 2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
ISO 7899-2	Percentielwaarde intestinale enterokokken	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
ISO 9308-3	Percentielwaarde escherichia coli	1999 en correctie 2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
ISO 17201-2	Acoustics, Noise from shooting ranges, Part 1: Determination of muzzle blast by measurement	2005 en correctie 1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXIV bij deze regeling
ISSO 75.1	Handleiding Energieprestatie utiliteitsgebouwen	12-09-2013	ISSO	Bbl
ISSO 75.3	Formulestructuur energieprestatie advies utiliteitsgebouwen	2011	ISSO	Bbl
Meet- en beoordelingsrichtlijn en voor trillingen, deel B	Meet- en beoordelingsrichtlijn en voor trillingen, deel B 'Hinder voor personen in gebouwen'	2002	CROW (https://www.crow.nl)	Hoofdstukken 6 en 8 van deze regeling
MP40-21	Ministeriële Publicatie 40-21, Voorschrift opslag en behandeling ontplofbare stoffen en voorwerpen Defensie	Staatscourant 2011, nr. 21309, 28-11-2011	Ministerie van Defensie (https://puc.overheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
MP40-30	Ministeriële Publicatie 40-30, Voorschrift voor de inrichting en het gebruik van schietinrichtingen	Staatscourant 2010, nr. 1619, 5-2-2010	Ministerie van Defensie (https://puc.overheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives	NATO Standardization Agreement 4440 met de daarbij behorende NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives	11-12-2015	Noord-Atlantische Verdragsorganisatie (www.nato.int)	Hoofdstuk 5 Bkl
NEN 1006	Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1006	Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties (AVWI – 1981)	1981 + C1: 1990	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1010	Elektrische installaties voor laagspanning - Nederlandse implementatie van de HD-IEC 60364-reeks	2015 + C2: 2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1010	Veiligheidsvoorschriften voor laagspanningsinstallaties (Installatievoorschriften I) (bestaande bouw)	1962	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1059	Gasvoorzieningsystemen - Gasdrukregelen meetstations voor transport en distributie Nederlandse editie op basis van NEN-EN 12186 en NEN-EN 12279 -	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 1068	Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethoden	2012 + C1:2014 (bij toepassing van artikel 3.6 van het Besluit bouwwerken leefomgeving geldt C2:2016 in plaats van C1:2014)	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN 1078	Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar – Prestatie-eisen – Nieuwbouw	2004	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1087	Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor nieuwbouw	2001	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1413	Symbolen voor veiligheidsvoorzieningen op bouwkundige tekeningen en in schema's	2011 + A1:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1594	Droge blusleidingen in en aan gebouwen	2006 + C2:2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1594	Droge blusleidingen in en aan gebouwen	1991 + A1:1997 (bestaande bouw)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1775	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van vloeren, inclusief wijzigingsblad	1991 + A1:1997 (bestaande bouw)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen – Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte	2011 + C1:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen – Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte (bestaande bouw)	2001 + C1:2003	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2078	Voorschriften voor aardgasinstallaties GAVO 1987 – Deel 2: Aanvullende voorschriften voor grotere bijzondere installaties (bestaande bouw)	1987	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2535	Brandveiligheid van gebouwen – Brandmeldinstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen (bestaande bouw)	1996	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2535	Brandveiligheid van gebouwen – Brandmeldinstallatie	2017	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	s – Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen			
NEN 2555	Brandveiligheid van gebouwen – Rookmelders voor woonfuncties	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2555	Brandveiligheid van gebouwen – Rookmelders voor woonfuncties	2002 + A1:2006 (bestaande bouw)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2559	Onderhoud van draagbare blustoestellen	2001+A4:2017	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsinstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen (bestaande bouw)	2000	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-1	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen – Deel 1: Algemeen	2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-2	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen – Deel 2: Luidalarm - Ontruimingsalarminstallatie type A	2012 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-3	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen – Deel 3: Luidalarm - Ontruimingsalarminstallatie van type B	2012 + A2:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-4	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen – Deel 4:	2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	Stilarminstallatie, draadloos			
NEN 2575-5	Brandveiligheid van gebouwen – Ontruimingsalarminstallaties – Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen – Deel 5: Stilarminstallatie met attentiepanelen	2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2580	Oppervlakten en inhouden van gebouwen – Termen, definities en bepalingsmethoden	2007 + C1:2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2608	Vlakglas voor gebouwen – Eisen en bepalingsmethode	2014	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2654-1	Beheer, controle en onderhoud van brandbeveiligingsinstallaties, Deel 1: Brandmeldinstallaties	+ C1:2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2654-2	Beheer, controle en onderhoud van brandbeveiligingsinstallaties, Deel 2: Ontruimingsalarminstallaties	2018	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2686	Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode	1988 + A2:2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2690	Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode voor de specifieke luchtvolume­stroom tussen kruipruimte en woning	1991 + A2:2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2757-1	Bepaling­smethoden van de geschiktheid van systemen voor de afvoer van rookgas van gebouwgebonden installaties – Deel 1: Installaties met een belasting kleiner dan of gelijk aan 130 kW op boven­waarde	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2757-2	Afvoer van rook van gebouwgebonden verbrandingsinstallaties met een belasting groter dan	2006	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	130 kW op bovenwaarde – Bepalingsmethoden geschiktheid afvoersystemen			
NEN 2768	Meterruimten en bijbehorende voorzieningen in een woonfunctie	2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2778	Vochtwering in gebouwen	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2826	Luchtkwaliteit - Uitworp door stationaire puntbronnen - Monsterneming en bepaling van het gehalte aan gasvormig ammoniak	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 2991	Bepaling van de asbestconcentraties in de binnenlucht en risicobeoordeling in en rondom bouwwerken, constructies of objecten waarbij asbesthoudende materialen zijn verwerkt	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte (bestaande bouw)	2004 + C1:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3028	Eisen voor verbrandingsinstallaties	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3215	Binnenriolering – Eisen en bepalingsmethoden (bestaande bouw)	2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3215	Gebouwriolering en buitenriolering binnen de perceelgrenzen – Bepalingsmethoden voor de afvoercapaciteit, water- en luchtdichtheid en	2011 + C1:2014	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	afstand dakuitmondingen			
NEN 5077	Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidniveaus veroorzaakt door installaties en nagalmtijd	2006 + C3:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5087	Inbraakveiligheid van woningen – Bereikbaarheid van dak- en gevelelementen: deuren, ramen en kozijnen	2013 + A1:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5096	Inbraakwerendheid – Dak- of gevelelementen met deuren, ramen, luiken en vaste vullingen – Eisen, classificatie en beproevingsmethode n	2012 + A1:2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5725	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch vooronderzoek	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NEN 5740	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond	2009 + A1:2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 5766	Bodem - Plaatsing van peilbuizen ten behoeve van milieukundig bodemonderzoek	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en hoofdstuk 7 van deze regeling
NEN 6061	Bepaling van de weerstand tegen het ontstaan van brand bij stookplaatsen	1991 + A3:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN 6062	Bepaling van de brandveiligheid van rookgasafvoervoorzieningen – Algemeen	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6063	Bepaling van het brandgevaarlijk zijn van daken	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6064	Bepaling van de onbrandbaarheid van bouwmaterialen	1991 + A2:2001 (bestaande bouw)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6065	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van bouw materiaal(comb inaties)	1991 + A1:1997 (bestaande bouw)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6066	Bepaling van de rookproductie bij brand van bouw materiaal(comb inaties)	1991 + A1:1997 (bestaande bouw)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6068	Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten	2016 + C1:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6069	Beproeving en klassering van de brandwerendheid van bouwdelen en bouwproducten	+ A1 + C1:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6075	Bepaling van de weerstand tegen rookdoorgang tussen ruimten	2011 + C1:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6088	Brandveiligheid van gebouwen – Vluchtwegaanduiding – Eigenschappen en bepalingsmethoden	2002	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6090	Bepaling van de vuurbelasting	2017	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6414	Water en slib - Bepaling van de temperatuur	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 6600-1	Water - Monsterneming - Deel 1: Afvalwater	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN 6633	Water en (zuiverings)slib - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (CZV)	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN 6646	Water - Fotometrische bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof en van de som van de gehalten aan ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof volgens Kjeldahl, door mineralisatie met seleen, met behulp van een doorstroomanalyses ysteem - Ontsluiting met zwavelzuur, seleen en kaliumsulfaat	+ C1:2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 6707	Bevestiging van dakbedekkingen – Eisen en bepalingsmethoden	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6965	Milieu - Analyse van geselecteerde elementen in water, eluaten en destruaten - Atomaire-absorptiespectrometrie met vlamtechniek	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 6966	Milieu - Analyse van geselecteerde elementen in water, eluaten en destruaten - Atomaire emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 7120	Energieprestatie van gebouwen – Bepalingmethode	2012 + C2:2012, C3:2013, C4:2014 en C5:2014 (bij toepassing van artikel 3.6 van het Besluit bouwwerken leefomgeving geldt ook A1:2017 + C1:2017)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8062	Brandveiligheid van gebouwen – Methode voor het	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	beoordelen van de brandveiligheid van rookgasafvoervoorzieningen van bestaande gebouwen (bestaande bouw)			
NEN 8078	Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar – Prestatie-eisen – Bestaande bouw (bestaande bouw)	2004	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8087	Ventilatie van gebouwen – Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen (bestaande bouw)	2001	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8700	Beoordeling constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen (bestaande bouw en verbouw)	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Belastingen	2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 8757	Afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen – Bepalingsmethoden voor bestaande bouw	2005	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 179	Hang- en sluitwerk – Sluitingen voor nooduitgangen met een deurkruk of een drukplaat, voor gebruik bij vluchtroutes – Eisen en beproevingsmethoden	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 858-1	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 1: Ontwerp, eisen en	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	beproeving, merken en kwaliteitscontrole			
NEN-EN 858-1	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 1: Ontwerp, eisen en beproeving, merken en kwaliteitsconstrole	2002 + A1:2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 858-2	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 872	Water - Bepaling van het gehalte aan onopgeloste stoffen - Methode door filtratie over glasvezelfilters	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1125	Hang- en sluitwerk – Panieksluitingen voor vluchtdeuren met een horizontale bedieningsstang voor het gebruik bij vluchtroutes – Eisen en beproevingsmethode n	2008	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1825-1	Vetafscheiders en slibvangputten - Deel 1: Ontwerp, eisen en beproeving, merken en kwaliteitscontrole	2004 + C1:2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1825-2	Vetafscheiders en slibvangputten - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1838	Toegepaste verlichtingstechniek – Noodverlichting	2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1838	Toegepaste verlichtingstechniek – Noodverlichting	1999	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	(bestaande bouw en bij toepassing van artikel 6.24, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving ook voor te bouwen bouwwerken)			
NEN-EN 1899-1	Water - Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BODn) - Deel 1: Verdunnings- en entmethode met toevoeging van allylthiureum	1998	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN 1911	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massa concentratie van gasvormige chloride van HCl - Standaard referentiemethode	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 1: Monsterneming van PCDD's/PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 2: Extractie en opwerking van PCDD's/PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-3	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's en PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 3: Identificatie en kwantificering van PCDD's en PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1990	Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp	2002 + A1, C2:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1991-1-1	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen	2002 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-2: Algemene belastingen – Belasting bij brand	2002 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-3	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting	2003 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-4	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting	2005 + A1, C2:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-5	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-5: Algemene belastingen – Thermische belasting	2003 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-7	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-7: Algemene belastingen – Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen	2006 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen	2003 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-3	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 3: Belastingen veroorzaakt door kranen en machines	2006 + C1:2012 en NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1991-4	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 4: Silo's en opslagtanks	2006 + C1:2012 en NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2005 + C2:2011 en NB:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-1-2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies- Betonnen bruggen – Regels voor ontwerp, berekening en detaillering	2005 + C1:2011 en NB:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1992-3	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 3: Constructies voor keren en opslaan van stoffen	2006 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2006 + C2, A1:2016 en NB: 2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C2:2011 en NB:2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-3	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-3: Algemene	2006 + C3:2009 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	regels – Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en platen			
NEN-EN 1993-1-4	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-4: Algemene regels – Aanvullende regels voor corrosievaste staalsoorten	2006 + A1:2015 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-5	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-5: Constructieve plaatvelden	2006 + C1:2012, A1:2017 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-6	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-6: Algemene regels – Sterkte en Stabiliteit van Schaalconstructies	2007 + A1:2017, C1:2009 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-7	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-7: Sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen	2008 + C1:2009 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-8	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen	2006 + C2:2011, C11:2016 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-9	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-9: Vermoeiing	2006 + C2:2012 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-10	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en	2006 + C2:2011, C11:2015 en NB:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	eigenschappen in de dikterichting			
NEN-EN 1993-1-11	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten	2007 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-12	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700	2007 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 2: Stalen bruggen	2007 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-3-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 3-1: Torens, masten en schoorstenen – Torens en masten	2007 + C1:2009 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-3-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 3-2: Torens, masten en schoorstenen – Schoorstenen	2007 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-4-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 4-1: Silo's	2007 + C1:2009 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-4-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 4-2: Opslagtanks	2007 + A1:2017, C1:2009 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-4-3	Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies –	2009 + C1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	Deel 4-3: Buisleidingen			
NEN-EN 1993-5	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 5: Palen en damwanden	2008 + C1:2009 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-6	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 6: Kraanbanen	2008 + C1:2009 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1994-1-1	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2005 + C1:2011 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1994-1-2	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C1:2011, A1:2014 en NB:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1994-2	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies – Deel 2: Algemene regels en regels voor bruggen	2006 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1995-1-1	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 1-1: Algemeen – Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen	2005 + C1 en A1:2011, C1:2012, A2:2014 en NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1995-1-2	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 1-2: Algemeen – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C2:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1995-2	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 2: Bruggen	2005 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-1-1	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 1-1: Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk	2006 + A1:2013 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-1-2	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 1-2: Algemene regels – Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-2	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 2: Ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk	2006 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1996-3	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 3: Vereenvoudigde berekeningsmodellen voor constructies van ongewapend metselwerk	2006 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels (aangewezen voor bestaande bouw en verbouw als tweedelijns norm in NEN 8700)	2005 + C1:2012 en NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels	2005 + C1 en A1:2016 en NB:2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1997-2	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 2: Grondonderzoek en beproeving	2007 + C1:2010 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-1	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-1: Algemene regels	2007 + A1:2011, A2:2014 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-2	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-2: Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2007 + C1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-3	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-3: Vermoeiing	2007 + A1:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-4	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-4: Koudgevormde dunne platen	2007 + C1 en A1:2011 en NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-5	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies – Deel 1-5: Schaalconstructies	2007 + C1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 12341	Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM10 of PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 12354-6	Geluidwering in gebouwen – Berekening van de akoestische eigenschappen van	2004	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	gebouwen met de eigenschappen van bouwelementen – Deel 6: Geluidabsorptie in gesloten ruimten			
NEN-EN 12566-1	Kleine afvalwaterzuiveringsinstallaties ≤ 50 IE - Deel 1: Geprefabriceerde septictanks	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 6 en 7 Bal
NEN-EN 12619	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van totaal gasvormig organisch koolstof in lage concentraties in verbrandingsgassen - Continue methode met vlamionisatiedetector	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13211	Luchtkwaliteit - Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan totaal kwik	2001 + C1:2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13284-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties - Deel 1: Manuele gravimetrische methode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13284-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties - Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13501-1	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen – Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag	2007 + A1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 13616-1	Overvulbeveiligingsmiddelen voor niet-verplaatsbare tanks	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	voor vloeibare brandstoffen - Deel 1: Overvulbeveiligingsmiddelen met sluitmechanisme			
NEN-EN 14181	Emissies van stationaire bronnen - Kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 en 5 Bal
NEN-EN 14211	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor meten van de concentratie stikstofdioxide en stikstofmonoxide door middel van chemoluminescentie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14212	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie zwaveldioxide door middel van ultraviolette fluorescentie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14385	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de totale emissie van As, CD, Cr, CO, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, TI en V	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 14625	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie ozon door middel van ultraviolette fotometrische methode	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14626	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie koolstofmonoxide door middel van niet-dispersieve infraroodspectroscopie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 14789	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de volumeconcentratie van zuurstof (O ₂) - Referentiemethode - Paramagnetisme	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14790	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de waterdamp in leidingen - Standaard referentiemethode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 Bal
NEN-EN 14791	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie aan zwaveldioxide - referentiemethode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14792	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie aan stikstofoxiden - referentiemethode: Chemiluminescentie	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14902	Luchtkwaliteit - Standaard methode voor de meting van Pb, Cd, As, and Ni in de PM 10 fractie van zwevend stof	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14907	Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM _{2,5} -massafractie van zwevende stof in de buitenlucht	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15001-1	Gasinfrastructuur – Gasinstallatieleidingen met bedrijfsdrukken groter dan 5 bar voor industriële en niet-industriële gasinstallaties – Deel 1: Gedetailleerde functionele eisen voor ontwerp, materialen, constructie, inspectie en beproeving	2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN 15058	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van koolstofmonoxide (CO) - Referentiemethode: Niet-dispersieve infrarood spectrometrie	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 15259	Luchtkwaliteit - Meetmethode emissies van stationaire bronnen - Eisen voor meetvlakken en meetlokaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 15549	Luchtkwaliteit - Standaardmethode voor het meten van de concentratie benzo[a]pyreen in buitenlucht	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15841	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Bepaling van de atmosferische depositie van lood, nikkel, arseen en cadmium	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15853	Luchtkwaliteit - Standaardmethode voor de bepaling van de depositie van kwik	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15980	Luchtkwaliteit - Bepaling van de depositie van benz[a]anthraceen, benzo[b]fluorantheen, benzo[j]fluorantheen, benzo[k]fluorantheen, benzo[a]pyreen, dibenz[a,h]anthraceen en indeno[1,2,3-cd]pyreen	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 16321-1	Terugwinning van benzinedamp tijdens het vullen van motorvoertuigen bij	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	tankstations - Deel 1: Beproevingsmethoden voor efficiënte goedkeuring van terugwinningssystemen van benzinedampen			
NEN-EN 16321-2	Terugwinning van benzinedamp tijdens het vullen van motorvoertuigen bij tankstations - Deel 2: Beproevingsmethoden voor de controle van dampwinningssystemen bij tankstations	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 50522	Aarding van hoogspanningsinstallaties van meer dan 1 kV wisselspanning	2010	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-IEC 60079-10-2	Explosieve atmosferen - Deel 10-2: Classificatie van gebieden - Explosieve stofatmosferen	2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61400-1	Windturbines - Deel 1: Ontwerpeisen	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61400-2	Windturbines - Deel 2: Kleine windturbines	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61400-22	Generatorsystemen voor windturbines - Deel 22: Conformiteitsbeproeving en certificatie	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61672	Elektro-akoestiek – Geluidniveaumeters	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlagen XXIV en XXV bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61936-1	Sterkstroominstallaties met meer dan 1 kV wisselspanning – Deel 1: Algemene bepalingen	2012 + C11:2011, C12:2013, C13:2013 en A1: 2014	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-IEC 62305-1	Bliksembeveiliging - Deel 1: Algemene principes	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 62305-2	Bliksembeveiliging - Deel 2: Risicomanagement	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 62305-4	Bliksembeveiliging - Deel 4: Elektrische en elektronische	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	systemen in objecten			
NEN-EN-ISO 5667-3	Water - Monsterneming - Deel 3: Conservering en behandeling van watermonsters	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 6878	Water - Bepaling van fosfor - Ammoniummolybdaat spectrometrische methode	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 7393-1	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 1: Titrimetrische methode met gebruik van N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 7393-2	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 2: Colorimetrische methode met gebruik van N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine, voor routine controledoeleinden	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 7393-3	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 3: Jodometrische titratiemethode voor de bepaling van het totale chloorgehalte	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 9377-2	Water - Bepaling van de minerale-olie-index - Deel 2: Methode met vloeistofextractie en gas-chromatografie	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 9562	Water - Bepaling van adsorbeerbare organisch gebonden halogenen (AOX)	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 10301	Water - Bepaling van zeer vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen -	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	Gaschromatografische methoden			
NEN-EN-ISO 10523	Water - Bepaling van de pH	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 11143	Tandheelkunde - Amalgaamscheiders	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 11732	Water - Bepaling van ammonium stikstof - Methode voor doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrometrische detectie	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 11885	Water - Bepaling van geselecteerde elementen met atomaire-emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma (ICP-AES)	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 11969	Water - Bepaling van het arseengehalte - Methode met atomaire-absorptiespectrometrie (hydridetechniek)	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 12354-3	Geluidwering in gebouwen - Berekening van de akoestische eigenschappen van gebouwen met de eigenschappen van de bouwelementen - Deel 3: Luchtgeluidisolatie tegen geluiden van buitenaf	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
NEN-EN-ISO 12846	Water - Bepaling van kwik - Methode met atomaire-absorptiespectrometrie met en zonder concentratie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 13395	Water - Bepaling van het stikstofgehalte in de vorm van nitriet en in de vorm van nitraat en de som van beide met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrometrische detectie	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
NEN-EN-ISO 14403-1	Water - Bepaling van het totale gehalte aan cyanide en het gehalte aan vrij cyanide met doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 1: Methode met doorstrooinjectie analyse (FIA)	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 15587-1	Water - Ontsluiting voor de bepaling van geselecteerde elementen in water - Deel 1: Koningswater ontsluiting	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 15587-2	Water - Ontsluiting voor de bepaling van geselecteerde elementen in water - Deel 2: Ontsluiting met salpeterzuur	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 15680	Water - Gaschromatografische bepaling van een aantal monocyclische aromatische koolwaterstoffen, naftaleen en verscheidene gechloreerde verbindingen met 'purge-and-trap' en thermische desorptie	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 15681-1	Water - Bepaling van het gehalte aan orthofosfaat en het totale gehalte aan fosfor met behulp van doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 1: Methode met een doorstrooinjectiesysteem (FIA)	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 15681-2	Water - Bepaling van het gehalte aan orthofosfaat en het totale gehalte aan fosfor met behulp van doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 2: Methode met een continu	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	doorstroomanalysesysteem (CFA)			
NEN-EN-ISO 15682	Water - Bepaling van het gehalte aan chloride met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en fotometrische of potentiometrische detectie	2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 16000-2	Indoor air – Part 2: Sampling strategy for formaldehyde	2006	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-ISO 16911-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de stroomsnelheid en het debiet in afgaskanalen - Deel 1: Handmatige referentiemethode	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 16911-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de stroomsnelheid en het debiet in afgaskanalen - Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 17294-2	Water - Toepassing van massaspectrometrie met inductief gekoppeld plasma - Deel 2: Bepaling van geselecteerde elementen inclusief uranium isotopen	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 17852	Water - Bepaling van kwik - Methode met atomaire fluorescentiespectrometrie	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 17993	Water - Bepaling van 15 polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) in water met HPLC met fluorescentiedetectie na vloeistof-vloeistof extractie	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17020	Conformiteitsbeoordeling - Eisen voor het functioneren van verschillende soorten	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	instellingen die keuringen uitvoeren			
NEN-EN-ISO/IEC 17025	Algemene eisen voor de competentie van beproevings- en kalibratielaboratoria	2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17065	Conformiteitsbeoordeling - Eisen voor certificatie-instellingen die certificaten toekennen aan producten, processen en diensten	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 5663	Water - Bepaling van het gehalte aan Kjeldahl-stikstof - Methode na mineralisatie met seleen	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 9096	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan vaste deeltjes	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 6 en 7 Bal
NEN-ISO 10849	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan stikstofoxiden - Prestatiekenmerken van geautomatiseerde meetsystemen	1998	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 11083	Water - Bepaling van chroom (VI) - Spectrometrische methode met 1,5-difenylcarbazine	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 11338-1	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 1: Monsterneming	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 11338-2	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 2:	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	Monsterbehandeling, reiniging en bepaling			
NEN-ISO 15705	Water - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (ST-COD) - Kleinschalige gesloten buis methode	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-ISO 15713	Emissie van stationaire bronnen - Monsterneming en bepaling van het gasvormige fluoridegehalte	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 15923-1	Waterkwaliteit - Bepaling van de ionen met een discreet analysesysteem en spectrofotometrische detectie - Deel 1: Ammonium, chloride, nitraat, nitriet, ortho-fosfaat, silicaat en sulfaat	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 16740	Werkplekatmosfeer - Bepaling van van het gehalte aan zeswaardig chroom in deeltjes in lucht - Methode door ion chromatografie en spectrofotometrische metingen met gebruik van difenyl carbazide	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 18073	Water - Bepaling van tetra- tot octa-gechloreerde dioxinen en furanen - Methode met isotoopverduunning-HRGC/HRMS	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 22743	Water - Bepaling van sulfaat met een doorstroomanalysesysteem (CFA)	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NPR 7600	Toepassing van koolwaterstoffen als koudemiddel in koelsystemen en warmtepompen	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NPR 7601	Toepassing van kooldioxide als koudemiddel in	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	koelsystemen en warmtepompen.			
NPR-CEN/TS 13649	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van individuele gasvormige organische componenten - Geactiveerde koolstof en vloeistofmethode	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NTA 7379	Richtlijnen 'Predictive Emission Monitoring System' (PEMS) - Realisatie en kwaliteitsborging	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NTA 8029	Bepaling en registratie van industriële fijnstofemissies	2012 + C1:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NTA 9065	Luchtkwaliteit - Geurmetingen - Meten en rekenen geur	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NTA 9766	Veiligheidsaspecten van installaties voor monomestvergisting en vergistingsgasopwerking op boerderijschaal	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NVN 7125	Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG) – Bepalingsmethode	2011 (Bij toepassing van artikel 3.6 van het Besluit bouwwerken leefomgeving geldt versie 2017)	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NVN 11400-0	Windturbines - Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie - Technische eisen	1999 + A1:2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Overzicht Interventiewaarden	Overzicht Interventiewaarden	2018	Rivm (www.rivm.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
PGS 7	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 7, Opslag van vaste minerale anorganische meststoffen	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
PGS 8	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 8, Organische peroxiden: opslag	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 9	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 9, Cryogene gassen	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 12	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 12, Ammoniak: opslag en verlading	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 13	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 13, Ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 15	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 15, Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 16	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 16, LPG: Afleverinstallaties	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 18	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 18, LPG: depots	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 19	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 19, Propaan en butaan: opslag	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 22	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 22, Toepassing van propaan	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 23	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 23, LPG: Vulstations voor flessen en ballonvaarttanks	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 25	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 25, Aardgas	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 26	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 26, Gecomprimeerd aardgas	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 28	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 28, Vloeibare brandstoffen: ondergrondse	PM	PGS (www.publicatiereeksgev aarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	tankinstallaties en afleverinstallaties			
PGS 29	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 29, Richtlijn voor bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 30	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 30, Vloeibare brandstoffen: bovengrondse tankinstallaties en afleverinstallaties	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 31	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 31, Overige vloeistoffen: opslag in ondergrondse en bovengrondse tankinstallaties	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 32	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 32, Explosieven voor civiel gebruik: bovengrondse opslag	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 33-1	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 33-1, Aardgas, Afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor motorvoertuigen	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 33-2	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 33-2, Aardgas, Afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor vaartuigen	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 35	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 35, Waterstof, Afleverinstallaties van waterstof voor wegvoertuigen	PM	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PreSRM	Preprocessor Standaard Rekenmethoden	Versie 1.702, 01-06-2017	TNO (www.presrm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Protocol voor meting van ammoniakemissie	Protocol voor meting van ammoniakemissie uit	Versie 2013a	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (www.rvo.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
uit huisvestings-systemen in de veehouderij	huisvestings-systemen in de veehouderij			
Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestings-systemen in de veehouderij	Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestings-systemen in de veehouderij	2010	Wageningen UR Livestock Research (www.edepot.wur.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Rekensysteem windturbines	Rekensysteem windturbines	PM	Rivm (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 11 van deze regeling
Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid	Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid	PM	Rivm (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Safeti-NL	Safeti-NL	Voor het berekenen van het plaatsgebond en risico: versie 6.54, 2009. Voor het berekenen van de aandachtsgebieden: versie 8, 2019	Rivm (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
SBR Handreiking Hoogbouw	Handreiking Brandveiligheid in hoge gebouwen	2014		Bbl
SIKB Protocol 6802	Protocol WBM-controle, Controle op water/bezinksel/micro-organismen in onder- of bovengrondse tanks	Versie 2.0, 15-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 1	Technische beschrijving van standaardrekenmethode 1 (SRM1) voor luchtkwaliteitsberekeningen, RIVM Briefrapport 2014-0127	01-08-2015	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 2	Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM2) voor luchtkwaliteitsberekeningen, RIVM Briefrapport 2014-0109	01-08-2015	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 3	Het nieuw nationaal model. Model voor de verspreiding van luchtverontreiniging uit bronnen over	01-03-2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomil.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat¹
	korte afstanden en het rapport aanvullende afspraken NNM			
Stappenplan bepalen brandaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen brandaandachtsgebieden	PM	Rivm (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan bepalen explosieaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen explosieaandachtsgebieden	PM	Rivm (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan bepalen gifwolkaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen gifwolkaandachtsgebieden	PM	Rivm (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Rekenmodel Vee-combistof	Rekenmodel V-combistof	2018	Infomil (www.infomil.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
V 1041	Leidraad voor den aanleg en een veilig bedrijf van elektrische sterkstroominstallaties in fabrieken en werkplaatsen (Fabrieksvoorschriften) – Deel II – Hoogspanning (bestaande bouw)	1942	NNI (www.nen.nl)	Bbl
Verspreidingsmodel V-Stacks vergunning	Verspreidingsmodel V-Stacks vergunning	2010	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.infomil.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling

BIJLAGE IVa BIJ ARTIKEL 2.29a VAN DEZE REGELING (RIJKSWEGEN VOOR BEHEERSING VAN GELUID)

Amsterdam – Amersfoort – Apeldoorn – Oldenzaal – Duitsland

<u>A1</u>	<u>knooppunt Watergraafsmeer – knooppunt Diemen – knooppunt Muiderberg – knooppunt Eemnes – knooppunt Hoevelaken – Barneveld – knooppunt Beekbergen – knooppunt Azelo</u>
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt Azelo en knooppunt Buren is aangegeven als A35 (zie Rijksweg 35)</u>
<u>A1</u>	<u>knooppunt Buren – Duitse grens</u>
-	-

Amsterdam – Utrecht – Eindhoven – Weert – Maastricht – België

<u>A2</u>	<u>knooppunt Amstel – knooppunt Holendrecht – knooppunt Oudenrijn – knooppunt Everdingen – knooppunt Deil – knooppunt Empel – knooppunt Hintham – knooppunt Vught – knooppunt Ekkersweijer</u>
<u>A2/N2</u>	<u>knooppunt Ekkersweijer- knooppunt Batadorp – knooppunt De Hogt – knooppunt Leenderheide</u>
<u>A2</u>	<u>knooppunt Leenderheide – knooppunt Het Vonderen – knooppunt Kerensheide – knooppunt Kruisdonk – aansluiting Maastricht-Centrum Noord</u>
<u>N2</u>	<u>aansluiting Maastricht-Centrum Noord – aansluiting Maastricht-Centrum Zuid</u>
<u>A2</u>	<u>aansluiting Maastricht-Centrum Zuid – Belgische grens</u>
-	-

Papendrecht – Dordrecht

<u>N3</u>	<u>aansluiting Papendrecht – aansluiting 's-Gravendeel</u>
-	-

Amsterdam – 's-Gravenhage – Rotterdam – Bergen op Zoom – België

<u>A4</u>	<u>knooppunt De Nieuwe Meer – knooppunt Badhoevedorp – knooppunt De Hoek – knooppunt Burgerveen – aansluiting Zoeterwoude-Rijndijk – knooppunt Prins Clausplein – knooppunt Ypenburg – knooppunt Kethelplein – knooppunt Benelux</u>
<u>A29</u>	<u>knooppunt Vaanplein – knooppunt Hellegatsplein</u>
<u>A29/A59</u>	<u>knooppunt Hellegatsplein – knooppunt Sabina</u>
<u>A4/A29</u>	<u>knooppunt Sabina – knooppunt Zoomland</u>
<u>A4/A58</u>	<u>knooppunt Zoomland – knooppunt Markiezaat</u>
<u>A4</u>	<u>knooppunt Markiezaat – Belgische grens</u>
-	-

Hoofddorp – Zwanenburg

<u>A5</u>	<u>knooppunt De Hoek – knooppunt Raasdorp – knooppunt Coenplein</u>
-----------	---

-	-
<u>Muiderberg – Lelystad – Emmeloord – Joure</u>	
A6	<u>knooppunt Muiderberg – knooppunt Almere – knooppunt Emmeloord – knooppunt Joure</u>
-	-
<u>Zaanstad – Purmerend – Den Oever – Zurich – Groningen – Duitsland</u>	
A7	<u>Zaandam (vanaf kilometer 4,0) – knooppunt Zaandam – aansluiting Den Oever – knooppunt Zurich – aansluiting IJlst</u>
N7	<u>aansluiting IJlst – aansluiting Sneek-Oost</u>
A7	<u>aansluiting Sneek-Oost – knooppunt Joure</u>
A7	<u>knooppunt Joure – knooppunt Heerenveen – aansluiting Drachten – knooppunt Julianaplein</u>
N7	<u>knooppunt Julianaplein – knooppunt Euvelgunne – aansluiting Westerbroek</u>
A7	<u>aansluiting Westerbroek – knooppunt Zuidbroek – Duitse grens</u>
-	-
<u>Amsterdam – Zaanstad – Beverwijk</u>	
A8	<u>knooppunt Coenplein – knooppunt Zaandam – aansluiting Zaanstad-Noord</u>
-	-
<u>Diemen – Badhoevedorp – Haarlem – Alkmaar – Den Helder</u>	
A9	<u>knooppunt Diemen – knooppunt Holendrecht – knooppunt Badhoevedorp – knooppunt Raasdorp – knooppunt Rottepolderplein – knooppunt Velsen – knooppunt Beverwijk – knooppunt Kooimeer</u>
N9	<u>knooppunt Kooimeer – Aansluiting N99</u>
-	-
<u>Ringweg Amsterdam</u>	
A10	<u>knooppunt Coenplein – knooppunt Watergraafsmeer – knooppunt Nieuwe Meer</u>
-	-
<u>Leiden – Alphen a/d Rijn – Bodegraven</u>	
N11	<u>aansluiting Zoeterwoude-Rijndijk – knooppunt Bodegraven</u>
-	-
<u>'s-Gravenhage – Utrecht – Arnhem – Duitsland</u>	
A12	<u>'s-Gravenhage (vanaf kilometer 3,3) – knooppunt Prins Clausplein – knooppunt Gouwe – knooppunt Bodegraven – knooppunt Oudenrijn – knooppunt Lunetten – knooppunt Maanderbroek – knooppunt Grijsoord</u>

<u>A12/A50</u>	<u>knooppunt Grijsoord – knooppunt Waterberg</u>
<u>A12</u>	<u>knooppunt Waterberg – knooppunt Velperbroek – knooppunt Oud-Dijk – Duitse grens</u>
-	-
<u>'s-Gravenhage – Rotterdam</u>	
<u>A13</u>	<u>knooppunt Ypenburg – knooppunt Doenkade – knooppunt Kleinpolderplein</u>
-	-
<u>Wassenaar – Leidschendam – 's-Gravenhage</u>	
<u>N14</u>	<u>Wittenburgerweg – aansluiting N44- aansluiting Leidschendam</u>
-	-
<u>Oostvoorne – Rotterdam – Rijksweg 12 – Babberich – Doetinchem – Enschede</u>	
<u>A15</u>	<u>aansluiting Oostvoorne (vanaf kilometer 25,1) – aansluiting Brielle – knooppunt Benelux – knooppunt Vaanplein – knooppunt Ridderkerk-Noord</u>
<u>A15/A16</u>	<u>knooppunt Ridderkerk-Noord – knooppunt Ridderkerk-Zuid</u>
<u>A15</u>	<u>knooppunt Ridderkerk-Zuid – aansluiting Papendrecht – knooppunt Gorinchem – knooppunt Deil – knooppunt Valburg – knooppunt Ressen – Rijksweg 12</u>
<u>A18</u>	<u>knooppunt Oud-Dijk – Varsseveld</u>
<u>N18</u>	<u>Varsseveld – aansluiting A35</u>
-	-
<u>Rotterdam – Dordrecht – Breda – België</u>	
<u>A16</u>	<u>knooppunt Doenkade – knooppunt Terbregseplein – knooppunt Ridderkerk-Noord</u>
<u>A16/A15</u>	<u>knooppunt Ridderkerk-Noord – knooppunt Ridderkerk-Zuid</u>
<u>A16</u>	<u>knooppunt Ridderkerk-Zuid – aansluiting N3 – knooppunt Klaverpolder</u>
<u>A16/A59</u>	<u>knooppunt Klaverpolder – knooppunt Zonzeel</u>
<u>A16</u>	<u>knooppunt Zonzeel – knooppunt Princeville</u>
<u>A16/A58</u>	<u>knooppunt Princeville – knooppunt Galder</u>
<u>A16</u>	<u>knooppunt Galder – Belgische grens</u>
-	-
<u>Moerdijk – Roosendaal</u>	
<u>A17/A59</u>	<u>knooppunt Klaverpolder – knooppunt Noordhoek</u>
<u>A17</u>	<u>knooppunt Noordhoek – knooppunt De Stok</u>
-	-

Maasdijk – Rotterdam – Gouda

A20 Aansluiting Westerlee- knooppunt Kethelplein – knooppunt Kleinpolderplein – knooppunt Terbregseplein- knooppunt Gouwe

- -

Velsen – Beverwijk

A22 knooppunt Velsen – knooppunt Beverwijk

- -

Rotterdam – Vlaardingen

A24 Aansluiting A15 – Aansluiting A20

- -

Breda – Gorinchem – Utrecht – Almere

A27 knooppunt St.Annabosch – knooppunt Hooipolder – knooppunt Gorinchem – knooppunt Everdingen – knooppunt Lunetten – knooppunt Rijsweerd – knooppunt Femnes – knooppunt Almere

- -

Utrecht – Amersfoort – Zwolle – Assen – Groningen

A28 knooppunt Rijsweerd – knooppunt Hoevelaken – knooppunt Hattemerbroek – knooppunt Lankhorst – knooppunt Hoogeveen – knooppunt Assen -knooppunt Julianaplein

- -

Rotterdam – Klaaswaal

A29 knooppunt Vaanplein – Klaaswaal

- Het wegdeel tussen Klaaswaal en knooppunt Sabina valt onder A4 (zie Rijksweg 4)

- -

Ede – Barneveld

A30 knooppunt Maanderbroek – aansluiting Barneveld

- -

Zurich – Leeuwarden – Drachten

N31 knooppunt Zurich – aansluiting Midlum

A31 aansluiting Midlum – aansluiting Marssum

N31 aansluiting Marssum – knooppunt Werpsterhoek – aansluiting Drachten

- -

Meppel – Heerenveen – Leeuwarden

<u>A32</u>	<u>knooppunt Lankhorst – knooppunt Heerenveen – aansluiting Wirdum</u>
<u>N32</u>	<u>aansluiting Wirdum – knooppunt Werpsterhoek</u>
-	-
<u>Assen – Zuidbroek – Eemshaven</u>	
<u>N33</u>	<u>knooppunt Assen – knooppunt Zuidbroek – Eemshaven (tot kilometer 77,2)</u>
-	-
<u>Wierden – Enschede – Duitse grens</u>	
<u>N35</u>	<u>De N35 van Zwolle tot Wierden valt onder de administratieve noemer Rijksweg 835, zie verder aldaar.</u>
<u>A35</u>	<u>aansluiting Wierden – aansluiting Almelo-West – knooppunt Azelo</u>
<u>A35/A1</u>	<u>knooppunt Azelo – knooppunt Buren</u>
<u>A35</u>	<u>knooppunt Buren – aansluiting Enschede-West – Enschede</u>
<u>N35</u>	<u>Enschede – Duitse grens</u>
-	-
<u>Almelo – Dedemsvaart</u>	
<u>N36</u>	<u>Aansluiting Almelo-West – aansluiting N48</u>
-	-
<u>Hoogeveen – Duitse grens</u>	
<u>A37</u>	<u>knooppunt Hoogeveen – knooppunt Holsloot – Duitse grens</u>
-	-
<u>Ridderkerk – Rotterdam</u>	
=	<u>Ridderkerk Rotterdamseweg – knooppunt Ridderkerk</u>
-	-
<u>Burghave – Wassenaar – 's-Gravenhage</u>	
<u>A44</u>	<u>knooppunt Burghave – Wassenaar</u>
<u>N44</u>	<u>Wassenaar – 's-Gravenhage (tot kilometer 27,4)</u>
-	-
<u>Groningen</u>	
<u>N46</u>	<u>knooppunt Euvelgunne – aansluiting Driebond</u>
-	-
<u>Ommen – Hoogeveen</u>	

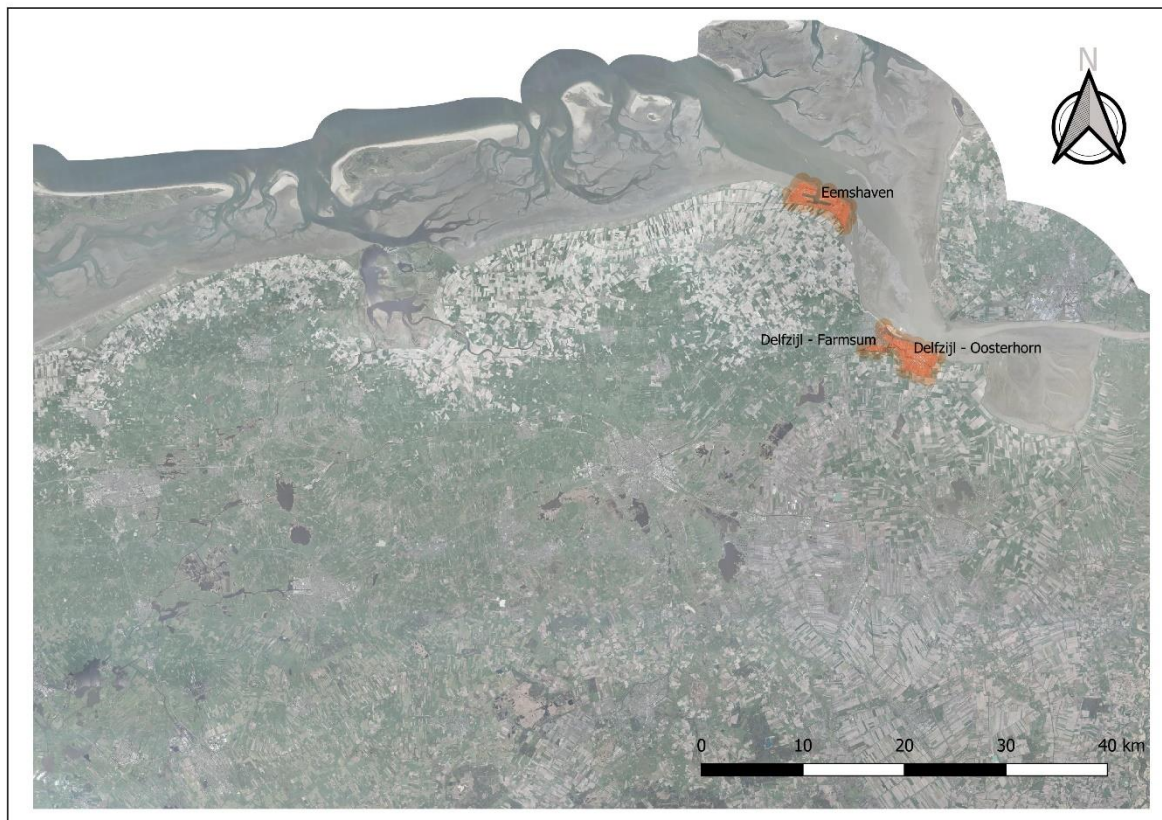
<u>N48</u>	<u>aansluiting N36 – knooppunt Hoogeveen</u>
-	-
<u>Eindhoven – Oss – Ravenstein – Arnhem – Apeldoorn – Kampen – Ens</u>	
<u>A50</u>	<u>John F. Kennedylaan Eindhoven (tot Tempellaan) – aansluiting Ekkersrijt</u>
<u>A50</u>	<u>knooppunt Ekkersweijer – aansluiting Ekkersrijt – knooppunt Paalgraven – knooppunt Bankhoef – knooppunt Ewijk – knooppunt Valburg – knooppunt Grijsoord</u>
-	<u>Het wegdeel van knooppunt Grijsoord tot knooppunt Waterberg valt onder A12 (zie Rijksweg 12)</u>
<u>A50</u>	<u>knooppunt Waterberg – knooppunt Beekbergen – knooppunt Hattemerbroek</u>
<u>N50</u>	<u>knooppunt Hattemerbroek – aansluiting Ens</u>
<u>N50</u>	<u>Het wegdeel van aansluiting Ens tot knooppunt Emmeloord valt onder de administratieve noemer Rijksweg 838, zie verder aldaar.</u>
-	-
<u>Brielle – Haamstede – Middelburg</u>	
<u>N57</u>	<u>aansluiting Brielle – aansluiting N59 – aansluiting Middelburg-Oost</u>
-	-
<u>Eindhoven – Breda – Vlissingen</u>	
<u>A58</u>	<u>knooppunt Batadorp – knooppunt De Baars – knooppunt St.Annabosch</u>
<u>A58</u>	<u>knooppunt St.Annabosch – knooppunt Galder</u>
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt Galder en knooppunt Pinceville is aangegeven als A16 (zie Rijksweg 16)</u>
<u>A58</u>	<u>knooppunt Princeville – knooppunt de Stok – knooppunt Zoomland</u>
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt Zoomland en knooppunt Markiezaat is aangegeven als A4 (zie Rijksweg 4)</u>
<u>A58</u>	<u>knooppunt Markiezaat – Vlissingen (tot kilometer 171,3)</u>
-	-
<u>Serooskerke – Zierikzee – Willemstad – Den Bosch – Oss</u>	
<u>N59</u>	<u>aansluiting N57 – knooppunt Hellegatsplein</u>
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt Hellegatsplein en knooppunt Sabina is aangegeven als A4 (zie Rijksweg 4)</u>
<u>A59</u>	<u>knooppunt Sabina – knooppunt Noordhoek</u>
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt Noordhoek en knooppunt Zonzeel is aangegeven als A16 (zie Rijksweg 16)</u>
<u>A59</u>	<u>knooppunt Zonzeel – knooppunt Hooipolder – knooppunt Empel</u>

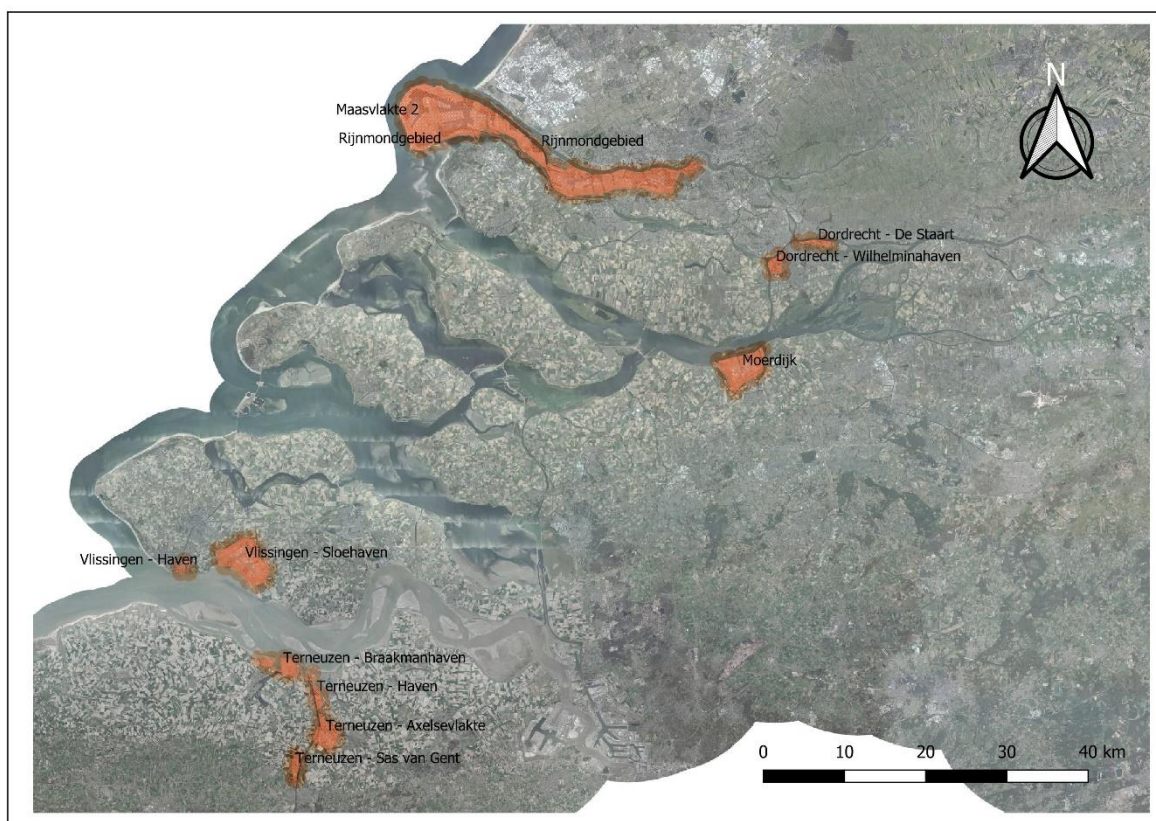
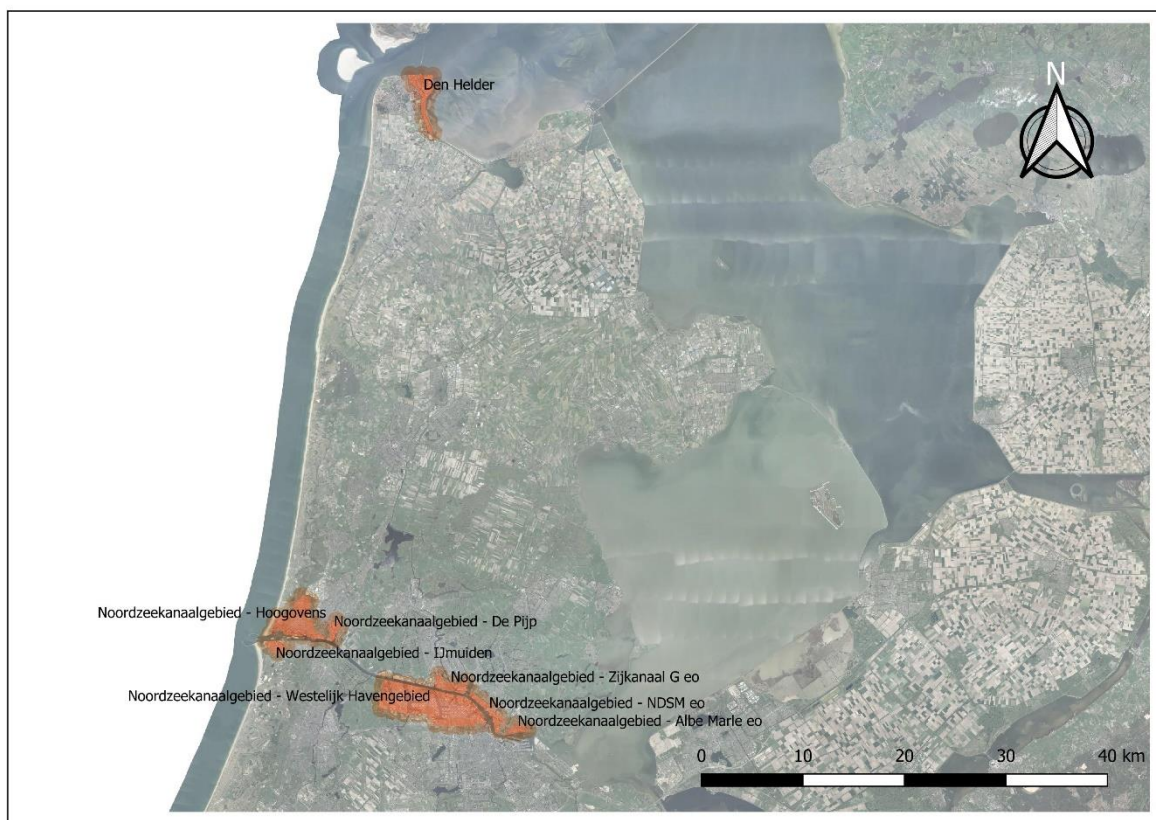
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt Empel en knooppunt Hintham is aangegeven als A2 (zie Rijksweg 2)</u>
<u>A59</u>	<u>knooppunt Hintham – knooppunt Paalgraven</u>
-	-
<u>Schoondijke – Terneuzen</u>	
<u>N61</u>	<u>Schoondijke (vanaf kilometer 1,2) – aansluiting N290 Terneuzen</u>
-	-
<u>'s-Hertogenbosch – Tilburg</u>	
<u>A65</u>	<u>knooppunt Vught – Vught</u>
<u>N65</u>	<u>Vught – aansluiting Berkel-Enschot</u>
<u>A65</u>	<u>aansluiting Berkel-Enschot – knooppunt De Baars</u>
-	-
<u>België – Eindhoven – Venlo – Duitsland</u>	
<u>A67</u>	<u>Belgische grens – knooppunt De Hogt</u>
-	<u>Het wegdeel tussen knooppunt De Hogt en knooppunt Leenderheide is aangegeven als A2 (zie Rijksweg 2)</u>
<u>A67</u>	<u>knooppunt Leenderheide – knooppunt Zaarderheiken – Duitse grens</u>
-	-
<u>Echt – Susteren – Maasbracht – Boxmeer – Nijmegen</u>	
<u>A73</u>	<u>knooppunt Het Vonderen – knooppunt Tiglia – knooppunt Zaarderheiken – knooppunt Rijkevoort – knooppunt Neerbosch – knooppunt Ewijk</u>
-	-
<u>Duitsland – Venlo</u>	
<u>A74</u>	<u>Duitse grens- knooppunt Tiglia</u>
-	-
<u>België – Geleen – Heerlen – Duitsland</u>	
<u>A76</u>	<u>Belgische grens – knooppunt Kerensheide – knooppunt Kunderberg – Duitse grens</u>
-	-
<u>Boxmeer – Duitsland</u>	
<u>A77</u>	<u>knooppunt Rijkevoort – Duitse grens</u>
-	-
<u>Maastricht – Heerlen</u>	

<u>A79</u>	<u>knooppunt Kruisdonk – knooppunt Kunderberg</u>
-	-
<u>Den Helder – Den Oever</u>	
<u>N99</u>	<u>Aansluiting Rijksweg 9 – aansluiting Den Oever</u>
-	-
<u>Amsterdam – Haarlem</u>	
<u>N200</u>	<u>aansluiting Westerpark – aansluiting Halfweg</u>
<u>A200</u>	<u>aansluiting Halfweg – knooppunt Rottepolderplein – aansluiting Haarlem-Centrum (tot kilometer 11,8)</u>
-	-
<u>Haarlem-Zuid</u>	
<u>A205</u>	<u>aansluiting Haarlem – knooppunt Rottepolderplein</u>
-	-
<u>Santpoort – IJmuiden</u>	
<u>A208</u>	<u>aansluiting Velsersbroek (vanaf kilometer 7,3) – knooppunt IJmuiden</u>
-	-
<u>knooppunt Neerbosch – Nijmegen</u>	
<u>A73</u>	<u>knooppunt Neerbosch – Nijmegen (tot kilometer 108,6)</u>
-	-
<u>Zwolle – Wierden</u>	
<u>N35</u>	<u>Wijthmen (vanaf kilometer 4,8) – aansluiting Wierden</u>
-	-
<u>Ens – Emmeloord</u>	
<u>N50</u>	<u>aansluiting Ens – knooppunt Emmeloord</u>
-	-
<u>Ridderkerk – Alblasterdam</u>	
<u>N915</u>	<u>aansluiting Hendrik-Ido-Ambacht – aansluiting Alblasterdam</u>

BIJLAGE IVb BIJ ARTIKEL 2.40a VAN DEZE REGELING (INDUSTRIETERREINEN MET ZEEHAVENGEBONDEN ACTIVITEITEN)

Locaties industrieterreinen met zeehavengebonden activiteiten





BIJLAGE IVc BIJ ARTIKEL 3.1, EERSTE LID, VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUIDAANDACHTSGEBIED)

1. Algemeen

1.1. Rekenmethode

Voor het bepalen van geluidaandachtsgebieden worden berekeningen uitgevoerd volgens bijlage IVd voor wegen, bijlage IVe voor spoorwegen en bijlage IVf (methode II) voor industrie. Aanvullend op deze bijlagen gelden de volgende regels voor het berekenen van geluidaandachtsgebieden.

1.2 Modellerings Omgeving

In de berekening van een geluidaandachtsgebied wordt geen rekening gehouden met bestaande bebouwing of afschermende objecten, met uitzondering van bebouwing en objecten aanwezig als geluidbrongegeven voor die geluidbronsort voor de bepaling van geluidproductieplafonds.

1.3 Contourberekening

Geluidaandachtsgebieden worden berekend door middel van een berekening van geluidniveaus op een regelmatig grid. Op basis van lineaire algebraïsche interpolatie wordt de contour bepaald van de standaardwaarde voor die geluidbronsort, waarbij geen afronding wordt gehanteerd. Dit houdt in dat bij een standaardwaarde van bijvoorbeeld 53 dB, de 53,00 contour de grootte van het geluidaandachtsgebied bepaalt.

De grideigenschappen zijn afhankelijk van de geluidbronsort:

<u>Grid</u>	<u>Geluidbronsorten zonder geluidproductieplafonds</u>	<u>Geluidbronsorten met geluidproductieplafonds</u>
<u>Rekenhoogte</u>	<u>10 m</u>	<u>30 m</u>
<u>Onderlinge afstand tussen gridpunten bij een afstand < 50 m van een emissiebron</u>	<u>Ten hoogste 10 m</u> <u>(raster van 10x10 m)</u>	<u>Ten hoogste 20 m</u> <u>(raster van 20x20 m)</u>
<u>Onderlinge afstand tussen gridpunten bij een afstand ≥ 50 m van een emissiebron</u>	<u>Ten hoogste 20 m</u> <u>(raster van 20x10 m)</u>	<u>Ten hoogste 50 m</u> <u>(raster van 50x50 m)</u>

Er kan op aanvullende grindhoogtes gerekend worden. De hoogste waarde op een gridpunt wordt gebruikt voor het bepalen van de contour. Met de onderlinge afstand van gridpunten wordt de afstand bedoeld tussen punten op een regelmatig raster die op een horizontale of verticale lijn liggen. Deze afstand mag niet groter zijn dan de afstand in de tabel. Een kleinere afstand is wel toegestaan.

Als lokale spoorwegen op grond van artikel 3.25, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving als onderdeel van de geluidbronsort gemeentewegen worden beschouwd, dan worden beide berekeningen op hetzelfde grid uitgevoerd. Na energetische optelling van de resultaten van de individuele gridpunten vindt de interpolatie plaats voor de bepaling van het geluidaandachtsgebied.

De bijdrage van het geluid van stilstaande spoorvoertuigen op spoorwegemplacements wordt op hetzelfde grid uitgevoerd als de berekening van het hoofdspoor. Na energetische optelling van de

resultaten van de individuele gridpunten vindt de interpolatie plaats voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied.

1.4 Vaststellen contouren wegen zonder geluidproductieplafonds; geen verkeersgegevens

Wanneer voor lokale wegen waarvan een geluidaandachtsgebied bepaald moet worden geen verkeersgegevens bekend zijn, worden contouren bepaald met de volgende afstanden van de rand van de contour tot de weg:

- Voor en weg, bestaande uit één of twee rijstroken en een maximum snelheid van 30 km/uur of minder: ten minste 100 m
- Voor een weg, bestaande uit één of twee rijstroken en een onbekende maximumsnelheid of een maximum snelheid van meer dan 30 km/h: ten minste 200 m
- Voor een weg, bestaande uit drie of meer rijstroken: ten minste 350 m

1.5. Totale geluidaandachtsgebied

Het totale geluidaandachtsgebied van een geluidbronsort is het gebied bepaald door de contourberekening, dat voor wegen wordt aangevuld met de gebieden uit de contouren van wegen zonder verkeersintensiteit.

2. Overdracht

2.1 Sectorhoek

Voor de indeling van de sectoren wordt uitgegaan van een vaste openingshoek van 2°.

2.2 Reflecties

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van maximaal 1 reflectie per overdrachtspad.

2.3 Rekenafstanden

In tabel 2.3 zijn maximale rekenafstanden opgenomen. De maximale rekenafstand is de maximale afstand tussen bron(segment) en gridpunt dat in de berekening meegenomen moet worden. Alleen als de afstand tussen bron(segment) en gridpunt kleiner is dan de maximale reken afstand, wordt de bron of het bronsegment meegenomen. Deze afstand wordt bepaald aan de hand van het totale overdrachtspad in het horizontale vlak (2D). De te hanteren maximale rekenafstand is voor verschillende geluidbronsorten in de onderstaande tabel aangegeven.

Tabel 2.3 Maximale rekenafstanden

<u>Geluidbronsort</u>	<u>Maximale rekenafstand [m]</u>
<u>wegen en spoorwegen zonder geluidproductieplafonds</u>	<u>1500</u>
<u>Provinciale wegen met geluidproductieplafonds</u>	<u>3500</u>
<u>Rijkswegen</u>	<u>5000</u>
<u>Spoorwegen met geluidproductieplafonds</u>	<u>5000</u>
<u>Industrie</u>	<u>Geen beperking</u>

2.4 Hooqtemodellering

2.4.1 Voor wegen en spoorwegen

Voor de berekening van geluidsaandachtsgebieden worden alle objecten (wegen, spoorwegen, schermen en grid) met een maaiveld hoogte 0 gemodelleerd. Er wordt dus geen rekening

gehouden met taluds, bruggen, maaiveldverloop van de omgeving of andere hoogteverschillen.

2.4.2 Voor industrieterreinen

Voor industrieterreinen wordt als maaiveldhoogte buiten het industrieterrein de gemiddelde maaiveldhoogte van het industrieterrein aangehouden. Voor de gemiddelde maaiveldhoogte op het industrieterrein kan uitgegaan worden van de werkelijke gemiddelde hoogte of 0 meter.

2.5 Afscherming

2.5.1 Voor wegen met geluidproductieplafonds

Voor geluidschermen en geluidwallen langs wegen wordt het absorptiespectrum vereenvoudigd tot $\alpha_{i=5}$, de waarde bij 1000 Hz.

- a) Bij schermen waarvan het reflecterende oppervlak loodrecht, of onder een helling die kleiner is dan 5 graden, op het aardoppervlak staat wordt de niveaureductie ΔL_R als volgt berekend:

$$\Delta L_{R,i} = -10 \lg (1 - \alpha_{i=5}) \quad \text{voor } \alpha_{i=5} \leq 0,2$$

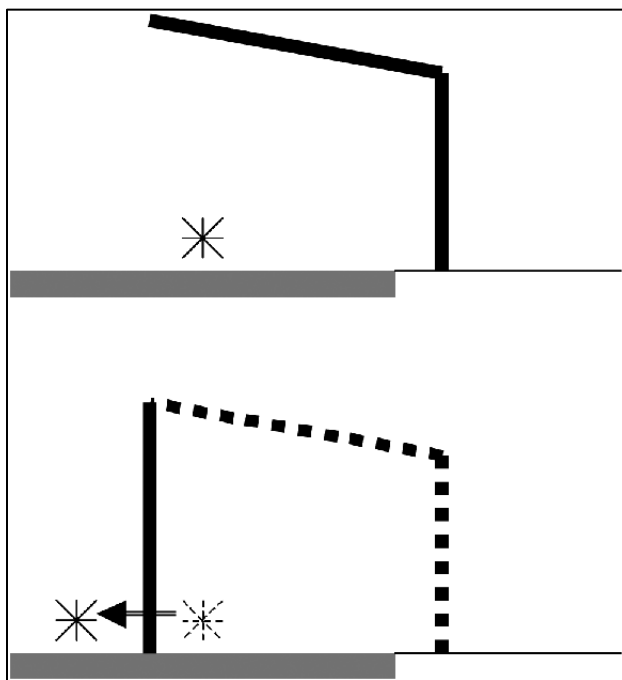
$$\Delta L_{R,i} = -10 \lg [0,8 * (1 - (\alpha_{i=5} - 0,2) / 0,6)] \quad \text{voor } 0,2 < \alpha_{i=5} < 0,8$$

Voor reflecterende objecten waarvoor geldt dat $\alpha_{i=5} \geq 0,8$ wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

Voor reflecterende objecten die zijn opgebouwd uit onderdelen met verschillende absorptie-eigenschappen wordt de waarde $\alpha_{i=5}$ oppervlakte-gewogen gemiddeld.

- b) Bij geluidwallen en bij schermen die onder een helling van meer dan 5 graden ten opzichte van loodrecht op het aardoppervlak staan en waarvan uit nader onderzoek is gebleken dat deze als absorberend kunnen worden beschouwd, wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

Gekromde schermen of luifels langs wegen worden gemodelleerd door middel van een vervangend verticaal scherm, waarvan de top overeenkomt met de top van het gekromde scherm of het uiteinde van de luifel. Als dit punt, gezien vanuit de voet van de luifel, voorbij de rijlijn ligt, wordt de rijlijn plaatselijk verschoven. De nieuwe positie van de bron is dan halverwege de binnenste wegrand en het vervangende verticale scherm zoals in onderstaande figuren is weergegeven.



2.5.2 Voor spoorwegen met geluidproductieplafonds

Geluidschermen en geluidwallen worden bij spoorwegen met de werkelijke hoogte gemodelleerd en er wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht. Het afscherpende effect van een overkapping met dichte zijwanden wordt gemodelleerd identiek aan een tunnel. Van een overkapping zonder dichte zijwanden wordt geen afscherpende werking in rekening gebracht.

2.6. Bodemdemping

2.6.1. Voor wegen met geluidproductieplafonds

Behalve de verharding van de weg wordt, voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van wegen, uitgegaan van een akoestische absorptiefractie van 0.5. Ook (berm)sloten, pech- en vluchthavens, verzorgingsplaatsen met toe- en afritten en andere wegen, parkeerplaatsen en pleinen worden als gebied met een absorptiefractie van 0.5 beschouwd. De bodemdemping van de verharding van de weg wordt bepaald overeenkomstig de methode uit bijlage IVd.

2.6.2. Voor spoorwegen met geluidproductieplafonds

Behalve de spoorbaan wordt, voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van spoorwegen, uitgegaan van een akoestische absorptiefractie van 0.5. De bodemdemping van de spoorbaan van de weg wordt bepaald overeenkomstig de methode uit bijlage IVe.

2.6.3. Voor industrieterreinen

Behalve de bodem op het industrieterrein, wordt voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van een industrieterrein uitgegaan van een akoestisch harde bodem.

2.6.4. Voor wegen en spoorwegen zonder geluidproductieplafonds

Bij het bepalen van het geluidaandachtsgebied wordt uitgegaan van een harde bodem.

3. Toelichting

Het doel van deze rekenmethode is om een gebied te definiëren waarbij er een kans kan zijn dat er een standaardwaarde wordt overschreden. Het uitgangspunt is een worst case benadering, zodat er niet ten onrechte geen gedetailleerd onderzoek wordt gedaan. Dit houdt in dat het alsnog mogelijk is dat bij realisatie van een geluidgevoelige bestemming binnen het geluidaandachtsgebied de standaardwaarde niet wordt overschreden.

Er is gekozen om uit te gaan van een plat model met betrekking tot het maaiveld. Het veranderen van omgeving rond een bron heeft dan geen gevolgen voor het geluidaandachtsgebied. Daarnaast wordt er uitgegaan van twee gridhoogtes. Voor bronnen met geluidproductieplafonds is de gridhoogte dusdanig gekozen dat er voor hoogbouw langs wegen met geluidschermen of nabij industrieterreinen geen risico is van overschrijding van de standaardwaarde buiten het geluidaandachtsgebied. Bij bronnen zonder geluidproductieplafonds worden geluidafschermende objecten niet meegenomen en is dit niet noodzakelijk. Daarnaast kan de contour bij bronnen met relatief lage emissie op een lagere hoogte groter zijn vergeleken met een contour berekend op hogere hoogte. De bepaling dat aanvullende hoogten berekend mogen worden is voor het geval er bronnen zijn waar dit specifiek voor noodzakelijk wordt geacht.

BIJLAGE IVd BIJ DE ARTIKELEN 3.2, EERSTE LID, ONDER A EN B, EN DERDE LID, 3.5, 3.11 EN 3.13 VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUID WEGEN)

Inhoud

1. INLEIDING
2. STANDAARDREKENMETHODE
 - 2.1 Begrippen
 - 2.2 De hoofdformule
 - 2.3 Reflecties
 - 2.4 De emissieterm L_E
 - 2.5 Optrektoeslag ΔL_{OP}
 - 2.6 De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}
 - 2.7 De luchtdemping ΔL_L
 - 2.8 De bodemdemping ΔL_B
 - 2.9 De meteocorrectieterm C_M
 - 2.10 De schermwerking ΔL_{SW}
 - 2.11 De niveaureductie ΔL_R ten gevolge van absorptie bij reflecties
 - 2.12 Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau
3. STANDAARDMEETMETHODE
 - 3.1 Voorwaarden eenvoudige methode
 - 3.2 Werkwijze eenvoudige methode
 - 3.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting
4. WEGDEKCORRECTIE
 - 4.1 Metingen
 - 4.2 Bepalen van het gemiddelde geluidsniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie
 - 4.3 Bepalen van de initiële wegdekcorrectie uit middeling over verschillende locaties
 - 4.4 Bepalen van de verouderingscorrectie (C_{tijd})
 - 4.5 Bepalen van de wegdekcorrectie uit de initiële wegdekcorrectie en C_{tijd}
5. REKENREGEL SCHERMTOP
 - 5.1 Definitie
 - 5.2 Rekenregel
6. REKENREGEL MIDDENBERMSCHERM
 - 6.1 Definitie
 - 6.2 Rekenregel
7. REKEN- EN MEETREGEL DIFFRACTOR
 - 7.1 Definitie
 - 7.2 Rekenregel
 - 7.3 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor
8. TOELICHTING
 - 8.1 Begrippen
 - 8.3 Standaardrekenmethode
 - 8.4 Standaardmeetmethode
 - 8.5 Methode bepaling wegdekcorrectie
 - 8.6 Rekenregel middenbermscherm
 - 8.7 Lijst met definities

1. Inleiding

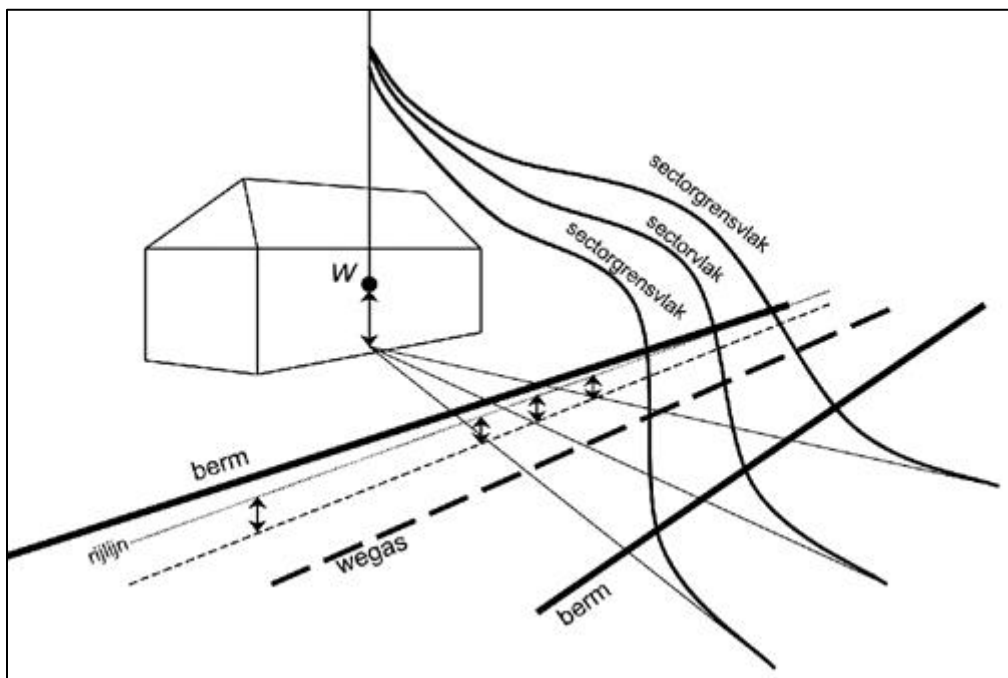
Deze rekenmethode is bedoeld voor het berekenen van geluid op woningniveau en het berekenen van geluidproductieplafonds voor wegen.

2. Standaardrekenmethode

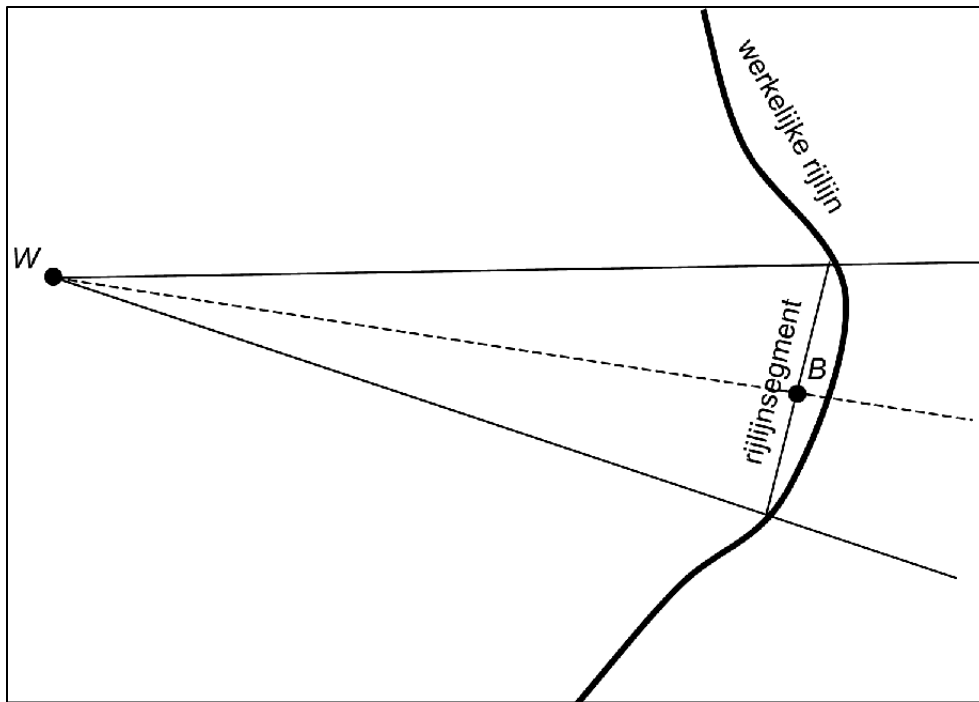
2.1. Begrippen

1. In dit hoofdstuk wordt verstaan onder:
 - bronpunt: snijpunt van een sectorvlak met een rijlijnsegment;
 - openingshoek van een sector: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

- rijlijn: lijn, op 0,75 m boven wegdekhoogte, die de plaats van de geluidsafstraling representeert;
- rijlijnsegment: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een rijlijn met de grensvlakken van een sector;
- sector: ruimte begrensd door twee verticale halfvlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;
- sectorvlak: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;
- totale openingshoek: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidsniveau in dB(A) van belang zijn;
- verkeersintensiteit: aantal motorvoertuigen van een categorie motorvoertuigen als bedoeld in het tweede lid, dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, passeert;
- waarneempunt: punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB(A), het L_{Aeq} , bepaald moet worden; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidsbelasting van een gevel, dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;
- zichthoek: hoek waaronder een object (gevel, scherm, weggedeelte, etc.) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.
2. Voor de toepassing van dit hoofdstuk worden de volgende categorieën motorvoertuigen onderscheiden:
- categorie lv (lichte motorvoertuigen): motorvoertuigen op drie of meer wielen, met uitzondering van de in categorie mv en categorie zv bedoelde motorvoertuigen;
 - categorie mv (middelzware motorvoertuigen): gelede en ongelede autobussen, en andere motorvoertuigen die ongeleed zijn en voorzien van een enkele achteras waarop vier banden zijn gemonteerd;
 - categorie zv (zware motorvoertuigen): gelede motorvoertuigen, en motorvoertuigen die zijn voorzien van een dubbele achteras, met uitzondering van autobussen.
3. Als gebruik wordt gemaakt van automatische telapparatuur met een van het tweede lid afwijkende categorie-indeling, zijn deze tellingen toepasbaar als van deze automatische telapparatuur is aangetoond dat het berekende, op tienden van decibellen afgeronde equivalent geluidsniveau niet meer dan 0,5 dB afwijkt bij voor de betreffende wegtype representatieve verkeerssamenstelling.



Figuur 2.1 Illustratie bij de begripsbepalingen.



Figuur 2.2 Illustratie bij het begrip rijlijnsegment.

2.2. De hoofdformule

Het equivalente geluidsniveau in dB(A), het L_{Aeq} , wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=lv}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \quad (2.1)$$

waarbij $L_{eq,i,j,n,m}$ de bijdrage is aan het L_{Aeq} in één octaaf (index i), van één sector (index j), van één bronpunt (index n) en van één voertuigcategorie (index m).

$L_{eq,i,j,n,m}$ wordt berekend volgens de formule:

$$L_{eq,i,j,n,m} = L_E + \Delta L_{OP} + \Delta L_{GU} - \Delta L_L - \Delta L_B - C_M - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad (2.2)$$

met:

L_E : de emissieterm § 2.4

ΔL_{OP} : de optrektoeslag¹ § 2.5

ΔL_{GU} : de geometrische uitbreidingsterm § 2.6

ΔL_L : de luchtdemping § 2.7

ΔL_B : de bodemdemping § 2.8

C_M : de meteorocorrectieterm van de te beschouwen periode ($C_M = C_{de}$ voor dag of avond, $C_M = C_n$ voor de nacht): § 2.9

ΔL_{SW} : de schermwerking¹ § 2.10

¹Als dat van toepassing is.

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met indices $i = 1$ tot en met $i = 8$ en middenfrequenties respectievelijk 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en de verkeerssituatie in een sector goed worden beschreven met de geometrie en de verkeerssituatie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2° . De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0° , 2° , 4° , etc.). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie 2.6).

Het aantal bronpunten N binnen één sector wordt bepaald door het aantal keer dat het sectorvlak een rijlijn (segment) snijdt.

De sommatie aangegeven met de index m vindt plaats over de drie onderscheiden voertuigcategorieën, te weten: lichte ($m = lv$), middelzware ($m = mv$) en zware ($m = zv$) motorvoertuigen. Als andere categorieën dan de hiervoor genoemde categorieën akoestische relevant zijn, dan kan de sommatie worden uitgebreid met deze categorieën.

2.3. Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het L_{Aeq} ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het L_{Aeq} wordt in rekening gebracht door het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk;
- voor de schermwerking van objecten gezien vanuit de spiegelbron (spiegelend oppervlak niet meegenomen) wordt (paragraaf 2.10) de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3d analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt:

- doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek;

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat doorsneden wordt gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken/objecten doorsnijdt wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het L_{Aeq} is vereist als:

- het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt;
- het reflecterend object een geluidsafschermende voorziening is die aan de wegzijde is voorzien van een absorberend oppervlak;
- het reflecterend object een geluidsafschermende voorziening is en zich aan de overzijde van de weg eveneens een geluidsafschermende voorziening bevindt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. In geval van berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

2.4. De emissieterm L_E

Bij de bepaling van de emissieterm L_E wordt gebruik gemaakt van de indeling in voertuigcategorieën als bedoeld in artikel 2.1 van deze bijlage. Voor de berekening van L_E zijn de volgende gegevens nodig:

Q : de gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie [h^{-1}];

v_m : de representatief te achten gemiddelde snelheid van de voertuigcategorie [km/h];

v_0 : de referentiesnelheid van de voertuigcategorie, deze bedraagt voor lv 80 km/h en voor mv en zv 70 km/h [km/h];

C_{wegdek} : de wegdekcorrectie [dB(A)];

C_H : de hellingcorrectie [dB(A)].

De berekening verloopt als volgt:

$$L_{E,i,m} = 10 \lg \left(\frac{Q_m}{v_m} \right) + \alpha_{i,m} + \beta_{i,m} \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right) + C_{\text{wegdek},i,m} + C_{H,m} \quad (2.3)$$

waarin

$\alpha + \beta \cdot \lg(v/v_0)$ het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau van de voertuigcategorie is en C_{wegdek} de emissiecorrectie voor verschillende wegdektypen.

2.4.1. Het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau.

De waarden van emissiekentallen α en β zijn gegeven in de Tabel 2.1 en Tabel 2.2 als functie van de octaafband i en de voertuigcategorie m . De getallen gelden voor horizontale wegedeelten met een wegverharding van dicht asfaltbeton.

Tabel 2.1 Emissiekental α als functie van voertuigcategorie m en octaafband i

Octaafbandindex (i)	α		
	$m = \text{lv}$	$m = \text{mv}$	$m = \text{zv}$
1	72,1	79,9	84,1
2	81,7	91,1	91,4
3	86,8	97,1	97,7
4	94,5	100,5	104,8
5	103,0	103,3	106,5
6	99,2	100,4	102,4
7	92,3	93,9	95,6
8	80,9	85,6	87,0

Tabel 2.2 Emissiekental β als functie van voertuigcategorie m en octaafband i

Octaafbandindex (i)	β		
	$m = \text{lv}$	$m = \text{mv}$	$m = \text{zv}$
1	10,0	-0,2	9,8
2	25,5	+16,6	11,4
3	27,7	2,5	2,6
4	24,3	26,6	23,2
5	30,9	22,3	20,8
6	29,7	16,6	15,0

<u>7</u>	<u>29,3</u>	<u>+16,2</u>	<u>+12,4</u>
<u>8</u>	<u>26,9</u>	<u>-1,9</u>	<u>-3,1</u>

Als het in rekening brengen van motorfietsen en bromfietsen noodzakelijk wordt geacht, kan dit gebeuren door het introduceren van extra voertuigcategorieën in de formule 2.1. De emissiekentallen α en β voor motorfietsen en bromfietsen zijn gegeven in tabel 2.2a en kunnen gebruikt worden in formule 2.3. De referentiesnelheid v_0 is voor motorfietsen 80 km/h voor bromfietsen is de (fictieve) referentiesnelheid 1 km/h.

Tabel 2.2a Emissiekental α en β voor motorfietsen en bromfietsen als functie van octaafband i

<u>Octaafbandindex</u> <u>(i)</u>	<u>motorfietsen</u>		<u>bromfietsen</u>	
	<u>α</u>	<u>β</u>	<u>α</u>	<u>β</u>
<u>1</u>	<u>82</u>	<u>29</u>	<u>60</u>	<u>0</u>
<u>2</u>	<u>90</u>	<u>29</u>	<u>75</u>	<u>0</u>
<u>3</u>	<u>97</u>	<u>29</u>	<u>86</u>	<u>0</u>
<u>4</u>	<u>99</u>	<u>29</u>	<u>93</u>	<u>0</u>
<u>5</u>	<u>96</u>	<u>29</u>	<u>97</u>	<u>0</u>
<u>6</u>	<u>96</u>	<u>29</u>	<u>96</u>	<u>0</u>
<u>7</u>	<u>93</u>	<u>29</u>	<u>94</u>	<u>0</u>
<u>8</u>	<u>87</u>	<u>29</u>	<u>91</u>	<u>0</u>

2.4.2. De wegdekcorrectie C_{wegdek}

Voor een wegdektype dat afwijkt van dicht asfaltbeton wordt een correctie op het A-gewogen equivalente bronvermogen in rekening gebracht. De wegdekcorrectie C_{wegdek} is het verschil tussen het emissiegetal dat is gebaseerd op dicht asfaltbeton en het emissiegetal bepaald voor het afwijkende wegdektype. De wegdekcorrectie is in het algemeen afhankelijk van de verkeerssamenstelling en de snelheid en wordt beschreven met de volgende verhouding:

$$C_{\text{wegdek}_{i,m}} = \sigma_{i,m} + \tau_m \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right) \quad (2.4)$$

met:

v_0 : is de referentiesnelheid in km/h: 80 km/h voor lichte motorvoertuigen ($m = lv$) en 70 km/h voor middelzware en zware motorvoertuigen ($m = mv$, resp. $m = zv$);

$\sigma_{m,i}$: verschil in dB(A) bij de referentiesnelheid v_0 ;

τ_m : snelheidsindex in dB(A) per decade snelheidstoename.

De coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m worden bepaald volgens de in hoofdstuk 4 opgenomen methode.

2.4.3. De hellingcorrectie C_H

Als het stijgend gedeelte van het verkeer een helling van ten minste 3% moet overwinnen over een hoogteverschil van ten minste 6 meter, dan wordt de volgende hellingcorrectie C_H in rekening gebracht:

Tabel 2.3 De hellingcorrectie C_H voor de verschillende voertuigcategorieën

<u>m</u>	<u>C_H</u>
<u>lv</u>	<u>$C_H = 0,25p_h - 0,75$</u>
<u>Mv</u>	<u>$C_H = 0,5p_h - 1,5$</u>
<u>Zv</u>	

waarin:

p_h het hellingspercentage van het wegvak is.

2.5. Optrektoeslag ΔL_{OP}

De optrekcorrectie ΔL_{OP} is een correctieterm ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een kruispunt of een situatie die de gemiddelde snelheid van het verkeer sterk beperkt. De optrekcorrectie ten gevolge van deze snelheidsbeperkende maatregelen mag alleen toegepast worden als ten gevolge van die obstakels de gemiddelde snelheid van de voertuigen ten minste wordt gehalveerd. De correctieterm geeft een toeslag weer ten opzichte van verkeer dat rijdt met een constante snelheid van 50 km/h. De optrekcorrectie is het maximum van twee correctietermen, volgens:

$$\Delta L_{OP,m} = \max(\Delta L_{kruispunt,m}; \Delta L_{obstakel,m}) \quad (2.5)$$

met:

$\Delta L_{kruispunt,m}$: de toeslag door een kruispunt;

$\Delta L_{obstakel,m}$: de toeslag door een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt.

Bij 'modelleringsnelheden' die afwijken van 50 km/h moet nader onderzoek plaatsvinden naar de hoogte van de optrekcorrectie. Bij een modelleringssnelheid van 30 km/h wordt geen optrektoeslag gehanteerd.

2.5.1. De kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$

Bij de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$ wordt onderscheid gemaakt naar verschillende typen kruispunt.

Het type van een kruispunt wordt bepaald met behulp van de volgende drie criteria:

1. de orde van het kruispunt:
 - a. een kruispunt is van de eerste orde als ten minste drie van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
 - b. een kruispunt is van de tweede orde als twee van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
2. de verkeersregeling op het kruispunt. Zijn verkeerslichten afwezig of niet in werking, dan spreekt men van een ongeregeld kruispunt. In alle andere gevallen van een geregeld kruispunt;
3. de intensiteitverhouding van de kruisende verkeersstromen. Als deze verhouding tussen de 1/3 en 3 ligt, is er sprake van een gelijkwaardig kruispunt, in alle andere gevallen van een ongelijkwaardig kruispunt. Een voorrangskruising is in alle gevallen ongelijkwaardig.

Voor de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$ zijn de volgende gegevens nodig:

a : de afstand van het waarneempunt tot het snijpunt van de betrokken rijlijn met het verlengde van de dichtstbijzijnde wegrand van het kruisende weggedeelte [m];

q : het type kruispunt (dat wil zeggen de orde, de verkeersregeling en de intensiteitverhouding).

Bij ongeregelde kruispunten wordt geen kruispunttoeslag in rekening gebracht.

De berekening voor geregelde kruispunten gebeurt op de volgende manier.

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{kruispunt} = 0 \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.6)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{kruispunt} = q(2,4 - 0,016a) \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.7)$$

waarbij q afhankelijk is van het type kruispunt. De waarde van q volgt uit Tabel 2.4.

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$$\Delta L_{\text{kruispunt}} = 0 \quad \text{voor } a > 150\text{m} \quad (2.8)$$

Ligt het waarneempunt in de invloedssfeer van meerdere kruispunten, dan wordt alleen de hoogste kruispunttoeslag in rekening gebracht.

Tabel 2.4 De kruispuntkentallen q als functie van het type kruispunt

Orde van het kruispunt	Gelijkwaardig kruispunt	Ongelijkwaardig kruispunt
Eerste	1	$2/3 (1/2^1)$
Tweede	$1 (2/3^1)$	$1/2^2$

¹In geval van een groene golf.

² Hierin zijn ook met verkeerslichten beveiligde voetgangersoversteekplaatsen begrepen.

2.5.2. Obstakeltoeslag $\Delta L_{\text{obstakel}}$

De toeslag voor de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt $\Delta L_{\text{obstakel}}$ wordt toegepast tot 100 meter van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als ten gevolge van de obstakel de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt. Deze toeslag wordt op de volgende manier berekend:

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 0 \quad (2.9)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 1 - 0,01a \quad (2.10)$$

met: a = de afstand van het waarneempunt tot het midden van de obstakel [m].

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$$\Delta L_{\text{obstakel}} = 0 \quad \text{voor } a > 100\text{m} \quad (2.11)$$

Als meerdere snelheidsbeperkingen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen de meest dichtstbijzijnde snelheidsbeperking beschouwd.

2.6. De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

R_0 : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m].

Θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden) (in graden).

Φ : de openingshoek van de sector (in graden).

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken Θ en Φ bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorhoeken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek Φ te bepalen. Als een rijlijn segment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken Φ te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van de bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek Φ .

De berekening van ΔL_{GU} verloopt als volgt:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{R_0 \sin(\Theta)} \right) \quad (2.12)$$

Als de hoek Θ een waarde aanneemt die kleiner is dan de openingshoek van de sector is nader onderzoek vereist ter bepaling van de term ΔL_{GU} .

2.7. De luchtdemping ΔL_L

Voor de berekening van ΔL_L is het volgende gegeven nodig:

R_0 : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_L = R_0 \delta_{lucht_i} \quad (2.13)$$

waarbij δ_{lucht} de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van δ_{lucht} wordt gegeven in Tabel 2.5.

Tabel 2.5 De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafband i

octaafbandindex (i)	δ_{lucht} [dB/m]
<u>1</u>	<u>0</u>
<u>2</u>	<u>0</u>
<u>3</u>	<u>0,001</u>
<u>4</u>	<u>0,002</u>
<u>5</u>	<u>0,004</u>
<u>6</u>	<u>0,010</u>
<u>7</u>	<u>0,023</u>
<u>8</u>	<u>0,058</u>

2.8. De bodemdemping ΔL_B

Bij de bepaling van de bodemdemping ΔL_B wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool R) verdeeld in drie afzonderlijke delen:

- een brongebied,
- een waarneemgebied;
- en een middengebied.

Bron- en waarneemgebied hebben elk een lengte van 70 meter. Het resterende gedeelte van de afstand R tussen bron- en waarneempunt is het middengebied. Als de afstand R kleiner is dan 140 meter, dan is de lengte van het middengebied nihil. Als de afstand R kleiner is dan 70 meter, dan zijn de lengtes van bron- en waarneemgebied beide gelijk aan de afstand R .

Voor elk van de drie gebieden wordt de gemiddelde (bodem)absorptiefractie bepaald. De gemiddelde absorptiefractie in een gebied wordt berekend door middeling van de absorptiefracties van de deelgebieden, waarbij een weging wordt toegepast die is gebaseerd op het quotiënt van de lengte van het deelgebied en de lengte van het totale gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de gemiddelde absorptiefractie van het middengebied op één gesteld.

Voor akoestisch hard gebied (water, geasfalteerde vlakken en dergelijke) is de absorptiefractie gelijk aan nul. Voor akoestisch zacht gebied zoals grasland, akkerland en bos- en duingrond is de absorptiefractie gelijk aan 1,0. Bij een wegdektype dat significant absorberende eigenschappen

heeft (zoals ZOAB en (Fijn) tweelaags ZOAB), wordt een absorptiefractie van 0,5 aangehouden. Een diffractor, niet zijnde een diffractor op scherm, heeft een absorptiefractie van nul. In de situatie dat het bronpunt boven een wegdek met significant absorberende eigenschappen ligt, zijn de volgende regels van toepassing bij de bepaling van de gemiddelde absorptiefractie van het brongebied:

- Voor de eerste Y meter vanuit het bronpunt wordt een absorptiefractie gelijk aan nul toegepast. De waarde van Y wordt gegeven door de volgende formule:

$$Y = \frac{X}{\sin(\theta)} \quad (2.14)$$

met:

θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden)

-X: 5 m

- De waarde van Y wordt begrensd door de lengte van het brongebied.
- Voor het restant van het brongebied worden de absorptiefracties gebruikt die voor het brongebied zijn gemodelleerd.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

R : de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m]

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m]

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m]

B_b : de absorptiefractie van het brongebied [-]

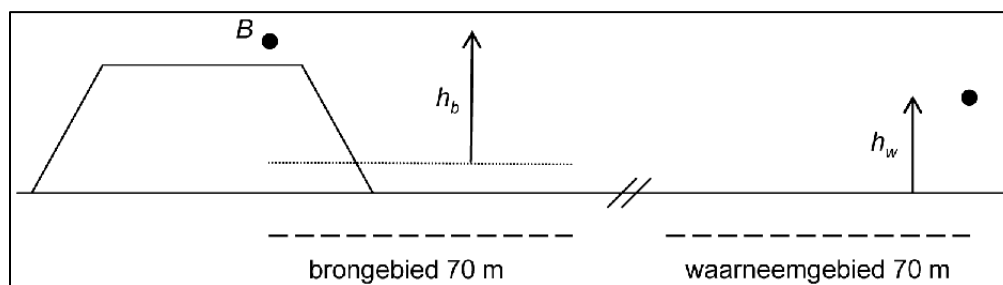
B_m : de absorptiefractie van het middengebied [-]

B_w : de absorptiefractie van het waarneemgebied [-]

S_w : effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied [-]

S_b : effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied [-]

Ter verduidelijking van de definitie van h_b en h_w is in Figuur 2.3 de ligging van de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied aangegeven voor een verhoogd aangelegde weg in een willekeurig sectorvlak.



Figuur 2.3 De bron- en waarneemhoogte ten opzichte van het gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde ligging van de weg ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het wegtalud.

Als h_b en/of h_w kleiner is dan nul, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde nul aangehouden. Als in de sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat S_w en S_b beide de waarde één aannemen. In geval van afscherming worden S_w en S_b berekend volgens formule 2.20 in § 2.10. De berekening van de bodemdemping verloopt volgens de formules, gegeven in Tabel 2.6.

Tabel 2.6 De formules voor de bepaling van bodemdemping ΔL_B als functie van de octaafband i . De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen x en y moeten worden gesubstitueerd in de functie $v(x, y)$.

Octaafbandindex (<i>i</i>)	Bodemdemping ΔL_B [dB]		
1		$-3 \gamma_o (h_b + h_w R)$	-6

<u>2</u>	$[S_b \gamma_1(h_b, R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_1(h_w, R) + 1]B_w$	<u>-2</u>
<u>3</u>	$[S_b \gamma_2(h_b, R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_2(h_w, R) + 1]B_w$	<u>-2</u>
<u>4</u>	$[S_b \gamma_3(h_b, R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_3(h_w, R) + 1]B_w$	<u>-2</u>
<u>5</u>	$[S_b \gamma_4(h_b, R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_4(h_w, R) + 1]B_w$	<u>-2</u>
<u>6</u>	B_b	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	<u>-2</u>
<u>7</u>	B_b	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	<u>-2</u>
<u>8</u>	B_b	$-3[1-B_m] \gamma_o(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	<u>-2</u>

De functie γ worden als volgt gedefinieerd:

$$\gamma_0(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x \quad (2.15a)$$

$$\gamma_0(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x$$

$$\gamma_1(x, y) = 3,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7[1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6}y^2}]e^{-0,09x^2} \quad (2.15b)$$

$$\gamma_2(x, y) = 8,6[1 - e^{-y/50}]e^{-0,09x^2} \quad (2.15c)$$

$$\gamma_3(x, y) = 14,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,46x^2} \quad (2.15d)$$

$$\gamma_4(x, y) = 5,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,90x^2} \quad (2.15e)$$

Voor de variabelen x en y worden de waarden van de grootheden gesubstitueerd die tussen haakjes in cursieven achter de overeenstemmende functies γ uit de formules als gegeven in Tabel 2.6 zijn geplaatst.

2.9. De meteocorrectieterm C_M

Voor de berekening van de meteocorrectieterm C_M zijn de volgende gegevens nodig:

R : de horizontaal propagatieafstand gemeten afstand tussen (spiegel)bron- en (spiegel)waarneempunt [m];

β : de hoek van de voortplantingsrichting (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etc) gezien in een directe lijn tussen bron en ontvanger zonder rekening te houden met eventuele spiegelbronnen of spiegelontvangers.

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m].

Als h_b en/of h_w kleiner is dan nul, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde nul aangehouden. De berekening verloopt als volgt:

Op basis van bovenstaande berekeningen wordt de meteocorrectie bepaald voor de dag en avond (C_{de}) of voor de nachtperiode (C_n) met de volgende formules:

$$C_{de} = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,34 - 0,1 \cdot \sin(\beta + 35) + 0,045 \cdot \sin^2(\beta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r} \right); 0 \right\} \quad (2.16a)$$

$$C_n = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,40 - 0,1 \cdot \sin(\beta + 60) + 0,035 \cdot \sin^2(\beta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r} \right); 0 \right\} \quad (2.16b)$$

2.10. De schermwerking ΔL_{SW} (incl. de termen S_w en S_b uit de bodemdempingsformules als gegeven in Tabel 2.6).

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van die sector en waarvan bovendien in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidsoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking ΔL_{SW} samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen S_w en S_b , zie Tabel 2.6 van § 2.8) in rekening gebracht. Voor de bepaling van de totale schermwerking wordt onderscheid gemaakt tussen objecten die voldoen aan de definitie van een middenbermscherm als bedoeld in hoofdstuk 6 en alle andere afschermende objecten.

De totale schermwerking ΔL_{SW} wordt als volgt berekend:

$$\Delta L_{SW} = \Delta L_{SWN} + C_{mbs} + C_{diff} \quad (2.17)$$

waarin:

ΔL_{SWN} : = de schermwerking van een afschermend object, niet zijnde een middenbermscherm;

C_{mbs} : = de middenbermschermcorrectie;

C_{diff} : = de correctie voor een diffractoreffect

De waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm C_{mbs} volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 6.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor C_{diff} volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 7.

De berekeningsformule van de schermwerking ΔL_{SWN} van een willekeurig gevormd object (niet zijnde een middenbermscherm of diffractor) bevat drie termen, zie formule 2.18.

1. De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.
2. De tweede en de derde term zijn alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermend object afwijkt van dat van het ideale scherm.
 - a. Het extra afschermende effect van een schermtop – mits deze voldoet aan de in hoofdstuk 5 omschreven eisen – kan in rekening worden gebracht met een correctieterm C_T door een schermtop;
 - b. Het effect van alle andere van het ideale scherm afwijkende profielen wordt in rekening gebracht door het toepassen van een profielafhankelijke correctieterm C_p .

Als er meerdere afschermende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven. De schermwerking ΔL_{SWN} wordt als volgt berekend:

$$\Delta L_{SWN} = HF(N_f) + C_T - C_p \quad (2.18)$$

waarin:

H : de effectiviteit van het scherm is;

$F(N_f)$: een functie met argument N_f (het fresnelgetal);

C_T : de correctieterm door een schermtop;

C_p : de profielafhankelijke correctieterm.

Als de schermwerking ΔL_{SW} op grond van formule 2.18 negatief wordt, wordt de waarde $\Delta L_{SW} = 0$ aangehouden.

Definities

Voor de berekening van de afschermende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

z_B : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak waarin $z = 0$) [m].

z_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m].

z_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m].

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m].

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m].

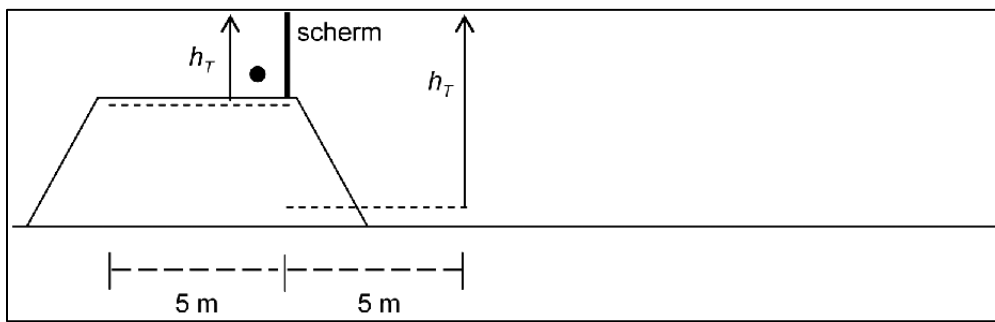
h_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijk maaiveld. Het plaatselijk maaiveld bij een scherm is de gemiddelde maaiveldhoogte in een strook ter breedte van 5 m aan beide zijden van het scherm. Als aan beide zijden van het scherm de maaiveldhoogte verschillend is, wordt de grootste waarde van h_T genomen, zie Figuur 2.4 [m].

R_0 : de afstand tussen bron- en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn [m].

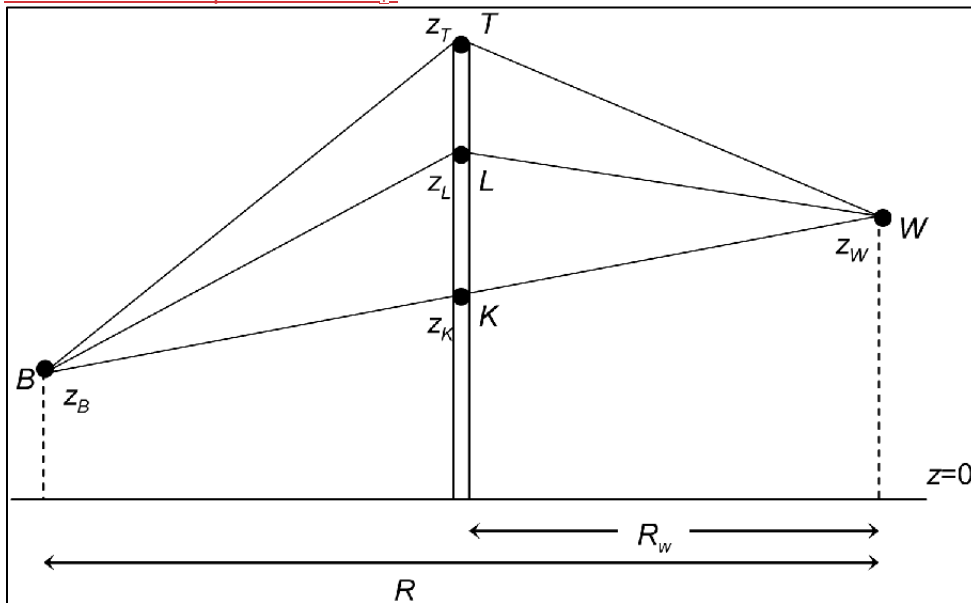
R_w : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m].

R : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m].

–: het profiel van het afschermend object.



Figuur 2.4 De schermhoogte h_T bij een scherm op een verhoogd wegtalud. In dit voorbeeld is de situatie rechts bepalend voor h_T .



Figuur 2.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven. De gebroken lijn BLW is een schematisering van een gekromde geluidsstraal die onder

meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt.

Voor de berekening worden op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie Figuur 2.5).

K : het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= de rechte tussen bron- en waarneempunt)

L : het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt

T : de top van het scherm.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten z_K , z_L en z_T boven het referentiepeil.

Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$z_L - z_K = \frac{R_w(R - R_w)}{26R} \quad (2.19)$$

Verder geldt:

R_L is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW

R_T is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW .

R_0 is de som van de lengtes van de lijnstukken BK en KW .

Berekening verminderde bodemdemping

De factoren S_w en S_b uit formules als gegeven in Tabel 2.6 (§ 2.8) worden als volgt berekend:

$$\begin{aligned} S_w &= 1 - \frac{R - R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_w + 1} && \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1 \\ S_b &= 1 - \frac{R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_b + 1} && \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \end{aligned} \quad (2.20)$$

waarin h_e de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = z_T - z_L \quad (2.21)$$

Berekening schermwerking van ideaal scherm

De schermwerking van een ideaal scherm is gelijk aan $H F(N_f)$.

H wordt als volgt bepaald:

$$H = 0,25 h_T 2^{i-1} \quad (2.22)$$

i is hierin de octaafbandindex. De minimale hoogte van de top van het scherm ten opzichte van het plaatselijk maaiveld h_T waarmee wordt gerekend, is 0,5 m. De maximale waarde van H is 1.

N_f wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0,37 \varepsilon 2^{i-1} \quad (2.23)$$

met ε de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= R_T - R_L && \text{voor } z_T \geq z_K \\ \varepsilon &= 2R_0 - R_T - R_L && \text{voor } z_T < z_K \end{aligned} \quad (2.24)$$

De definitie van de functie F is gegeven in de formules 2.25a t/m f uit Tabel 2.7.

Tabel 2.7 De definitie van de functie F met als variabele N_f voor zes intervallen van N_f (formules 2.25a t/m f).

Geldig in het interval van N_f	Definitie $F(N_f)$

van	tot	
$-\infty$	$-0,314$	0
$-0,314$	$-0,0016$	$-3,682 - 9,288 \lg Nf - 4,482 \lg^2 Nf - 1,170 \lg^3 Nf - 0,128 \lg^4 Nf $
$-0,0016$	$+0,0016$	5
$+0,0016$	$+1$	$12,909 + 7,495 \lg Nf + 2,612 \lg^2 Nf + 0,073 \lg^3 Nf - 0,184 \lg^4 Nf - 0,032 \lg^5 Nf$
$+1$	$+16,1845$	$12,909 + 10 \lg Nf$
$+16,1845$	$+\infty$	25

Berekening van correctietermen voor afwijkende schermprofielen

Schermtop

De waarde van de correctieterm voor een schermtop C_T volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

Andere profielen

De waarden van de profielafhankelijke correctieterm C_p volgen uit Tabel 2.8.

Tabel 2.8 De profielafhankelijke correctieterm C_p . T is de tophoek (in graden) van de dwarsdoorsnede van het object.

C_p	object
0 dB	- alle gebouwen - dunne wanden waarvan de hoek met verticaal $\leq 20^\circ$ - grondlichamen met $0^\circ \leq T \leq 70^\circ$ - alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder dan twee maal de hoogte van die wand is, of als de wand hoger is dan 3,5 m - bij toepassing van een schermtop, waarvan het effect met de correctieterm C_T in rekening wordt gebracht
2 dB	- randen van weglichamen in ophoging - randen van wegen op een viaduct - alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan twee maal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5 m - grondlichamen met $70^\circ < T \leq 165^\circ$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in Tabel 2.8 genoemde profielen wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de isolatiewaarde van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking ΔL_{SWN} is nader onderzoek vereist naar de totale geluidsreducerende werking van de afscherming.

2.11. De niveaureductie ΔL_R bij reflecties

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F$$

Hierin is:

- $\Delta L_{R,abs}$ de niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties,
- ΔL_F de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie ten gevolge van de absorptie bij reflecties is het volgende gegeven nodig:

N_{refl} het aantal reflecties (zie ook § 2.3) tussen bron- en waarneempunt [-].

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_R = N_{refl} \cdot \delta_{refl} \quad (2.26)$$

waarin δ_{refl} de niveaureductie ten gevolge van één reflectie is. Voor gebouwen en reflecterende geluidsschermen geldt voor alle octaafbanden $\delta_{refl} = 1$ dB. Voor alle andere objecten geldt $\delta_{refl} = 0$ dB voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband $\delta_{refl} = -10 \lg(1 - a)$, waarin a de geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband.

Berekening van ΔL_F

De berekening van ΔL_F wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij telkens wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

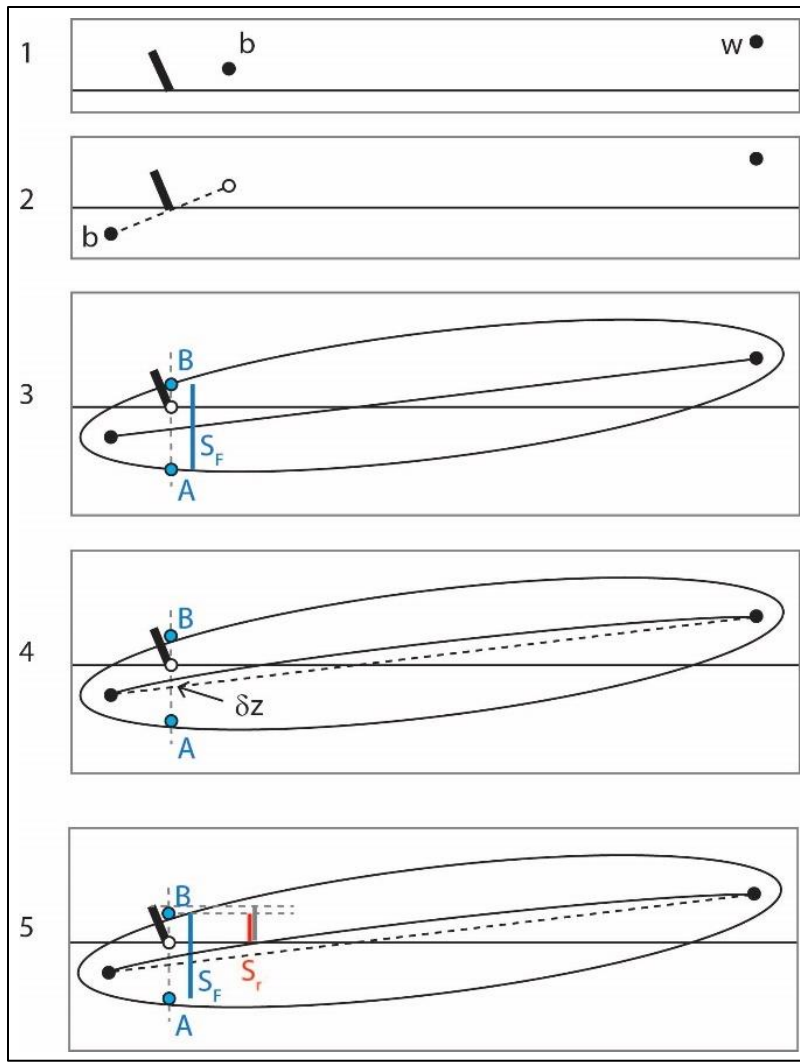
De niveaureductie ΔL_F wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_F = -20 \lg(S_r / S_F).$$

Hierin is:

- S_F een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak,
- S_r een maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van S_F en S_r bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 2.6.



Figuur 2.6. Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van S_F en S_r voor reflectie aan een hellend oppervlak.

Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoïde worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoïde geldt $|bp| + |pw| - |bw| = \lambda/8$, waarin $\lambda = 340/f_i$ de golflengte is bij de middenfrequentie f_i van een octaafband. De waarde van S_F is gelijk aan $|AB|$.

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand $\delta z = r_b r_w / [26(r_b + r_w)]$ door de invloed van straalkrumming. Hierin zijn r_b en r_w de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting S_r wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van S_F en S_r worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz ($i=1$) tot en met 8 kHz ($i=8$). Op het resulterende spectrum $\Delta L_F(f_i)$ wordt tenslotte een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz ($i=1$) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per octaafband opgelegd op het verschil $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$. Dus voor successievelijk $i = 1, \dots, 7$ wordt

$\Delta L_F(f_{j+1})$ vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

- $\Delta L_F(f_{j+1})_L$
- $\Delta L_F(f_j) + 3$

Als geldt $\Delta L_F(f_1) = \infty$, dan worden alle waarden $\Delta L_F(f_j)$ gelijk gesteld aan ∞ . De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

2.12. Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau

Het A-gewogen equivalente geluidsniveau in octaafband i , symbool $L_{eq,i}$, wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=lv}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \quad (2.27)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 2.1.

3. Standaardmeetmethode

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor L_{den} -metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen 'de norm'. Voor de metingen kunnen drie soorten van situaties worden onderscheiden:

1. Situaties die *binnen* het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode vallen. In zulke situaties kan een gemeten L_{den} worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de locatie wordt vastgesteld. Een gemeten L_{den} kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten L_{den} kan in deze situaties geen zelfstandige juridische status hebben als 'geluidbelasting' die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode, of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd, moet geschikt zijn voor de specifieke situatie en moet goedgekeurd zijn door de beheerder van het reken- en meetvoorschrift. De resultaten worden ter beschikking gesteld aan de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.
3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen. Toepassing van de standaardmeetmethode ter vervanging van de standaardrekenmethode moet vooraf worden goedgekeurd door de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

Naast metingen kunnen, met in achtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. De alternatieve methode moet ter goedkeuring voorgelegd worden aan de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen zoals bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsbereik (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet

aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten gehanteerd van paragraaf 3.3.

3.1 Voorwaarden eenvoudige methode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie dient zo te worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.

Om volgens de eenvoudige methode een L_{den} te bepalen, dient aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- A. Voor de meetafstand D tot de weg geldt: $D \leq 20 (h_s + h_r)$, waarbij h_s de bronhoogte is (source) en h_r de meethoogte (receiver). De bronhoogte is de hoogte van het wegdek boven maaiveld, vermeerderd met 0,75 m. Voor de meethoogte geldt: $h_r \geq 4$ m.
- B. Het gaat om één afzonderlijke weg, met een of meer rijstroken.
- C. Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand $2D$ tot de microfoon.
- D. De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:
 - o minstens 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
 - o met een gelijke verdeling over de weekdays (elke weekday heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
 - o waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie Tabel 3.3);
 - o waarbij de temperatuur T na middeling over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt;
 - o en de relatieve luchtvochtigheid RH gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.
- E. Voor de meetapparatuur geldt: microfoon IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bron spectrum normaal is (geen optrekkend zwaar verkeer, , etc.); windbol is vereist; meting van minstens 1 L_{eq} -waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1 L_E -waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor minstens eens per 3 maanden. Verschillen tussen de ijkings mogen niet groter zijn dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 microfoons. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd. De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 3.2.

3.2 Werkwijze eenvoudige methode

Residueel geluid

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 3.1. Meetwaarden (L_{eq} per seconde of L_E per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van versturende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenatest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk, etc.).

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden L' en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid L_{res} . Voor het niveau van het residueel geluid kan de L_{90} of L_{95} worden gebruikt. Bij een zeer drukke weg zal de L_{90} of L_{95} geen representatief beeld van het residueel geluid geven en in dat geval kan het nodig zijn het residueel geluid te schatten.

Markeren en stratificeren

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als één of meerdere van onderstaande situaties zich voordoen:

- Overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met $L' - L_{\text{res}} < 5$ dB;
- Regen ($>1,0$ mm neerslag per uur)
- Verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren)
- Niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen)

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden W_{max} .

Tabel 3.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau groter dan:	[dB(A)]	40	50	60	70
W_{max}	[m/s]	4	6	8	11

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden urengegevens van de 2 of 3 meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case benadering* voor de geluidmeetlocatie.

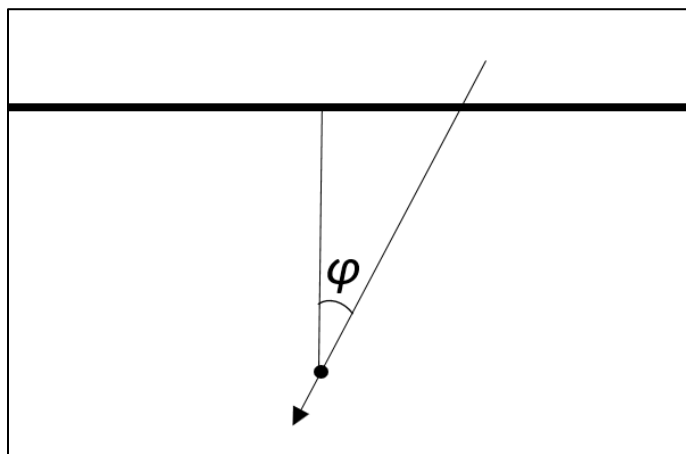
De uurwaarden voor L' en L_{res} die worden meegenomen in de analyse worden op de volgende wijze gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid:

$$L = L' + 10 \lg(1 - 10^{\frac{L_{\text{res}} - L'}{10}}) \quad (3.1)$$

Meteostratificatie

Op basis van de meewindcomponent V_{mee} van de windsnelheid V_{wind} , gemeten op 10 meter hoogte, dient per uur te worden bepaald van welke meteoklasse M1 t/m M4 sprake is. Als φ de hoek is tussen de windrichting en dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindinglijn tussen de weg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{\text{mee}} = V_{\text{wind}} \cos(\varphi) \quad (3.2)$$



Figuur 3.1 Bepaling van de hoek φ

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in Tabel 3.2 aangegeven.

Tabel 3.2 Meteoklassen eenvoudige methode.

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1 \text{ m/s}$	$V_{mee} < -1 \text{ m/s}$
M2	homogeen	$1 \text{ m/s} \leq V_{mee} < 3 \text{ m/s}$	niet van toepassing
M3	gunstig	$3 \text{ m/s} \leq V_{mee} \leq 6 \text{ m/s}$	niet van toepassing
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6 \text{ m/s}$	$V_{mee} \geq -1 \text{ m/s}$

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve L_{den} -waarde te bepalen is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag k het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{p,m,k}$ per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index p de drie etmaalperioden aan (dag 7-19 uur, avond 19-23 uur, nacht 23-7 uur) en de index m de vier meteoklassen (M1, M2, M3, M4).

Daarnaast wordt de fractie $q_{p,m,k}$ berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse m , gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode (p) van elke meetdag (k) geldt $\sum_m q_{p,m,k} = 1$.

Het equivalente geluidsdrukniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met $L_{p,m}$, wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar $q_{p,m,k}$:

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB}_A \quad (3.3)$$

waarin $Q_{p,m}$ als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$$

Deze met $q_{p,m,k}$ gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door $Q_{p,m}$ te sommeren over de meteoklassen: $\sum_m Q_{p,m}$.

Voor de standaardafwijking $u_{p,m}$ die de onzekerheid in de emissie representeert voor $L_{p,m}$ geldt dat alle $L_{p,m,k}$ onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking u_m kan daarom als volgt worden berekend:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \text{ dB}_A \quad (3.4)$$

waarin $S_{p,m}$ wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left(10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2 \quad (3.5)$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties $f_{optreed,p,m}$ van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in Tabel 3.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode p en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt mag een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van

uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van minstens 20 jaar.

Tabel 3.3 Optreedfrequentie f_{optreed} per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018). Hier representeert 0° een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, enz.

sectorhoek (°)	$p=\text{dag}$				$p=\text{avond}; p=\text{nacht}$			
"van" - "t/m"	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
350 - 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 - 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 - 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 - 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 - 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 - 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 - 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 - 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 - 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 - 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 - 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 - 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 - 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 - 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 - 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 - 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 - 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 - 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode, L_p , wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{ dB.} \quad (3.6)$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2} \quad (3.7)$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten $c_{p,m}$ zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}} \quad (3.8)$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

- u_{wind} is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt: $u_{\text{wind}} = (6/W_{\text{max}})^2 \text{ [dB]}$.
- u_{nat} is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage

natte uren niet variabel en is het effect te schatten op $u_{nat} = 0,3$ dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.

- u_{meteo} is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met Annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{res} is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met Annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{slm} is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 microfoons. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

Bepaling L_{den}

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de L_{den} met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De L_{den} wordt berekend met:

$$L_{den} = 10 \lg \left(\frac{12}{24} 10^{L_{dag}/10} + \frac{4}{24} 10^{(L_{avond}+5)/10} + \frac{8}{24} 10^{(L_{nacht}+10)/10} \right) \text{ dB} \quad (3.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{den} = \sqrt{\left[\left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{dag}}{10}} \right)^2 u_{dag}^2 + \left(\frac{4}{24} 10^{\frac{L_{avond}+5}{10}} \right)^2 u_{avond}^2 + \left(\frac{8}{24} 10^{\frac{L_{nacht}+10}{10}} \right)^2 u_{nacht}^2 \right] / 10^{\frac{L_{den}}{10}}} \quad (3.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is " $L_{den} = [L_{den}] \pm 2 \cdot [u_{den}]$ dB (95% BI)", waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

Vergelijking met standaardrekenmethode

Als de gemeten L_{den} wordt vergeleken met een L_{den} -waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden.

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het wegdektype in het model overeen met die bij de metingen?
- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende L_{den} -waarde de actuele situatie of een plafondsituatie/basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten L_{den} -waarde dient in elk geval rekening te worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde emissie over de levensduur voor wegdekken. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus minstens enkele jaren bedraagt. Daarnaast dient rekening te worden gehouden met het emissieverhogend effect van een nat wegdek, dat wel in de meetwaarden aanwezig zal zijn maar niet in de berekende waarden. Ook wordt de temperatuurscorrectie betrokken bij een vergelijking van metingen en berekeningen. De correctiemethode daarvoor houdt in dat formule 3.1 wordt gecorrigeerd met $C_{temp}(\text{uur}) = 0,05 \cdot (T_{lucht}(\text{uur}) - 20)$, waarna nogmaals de formules 3.3, 3.6 en 3.9 worden toegepast. De te rapporteren waarde van de temperatuurscorrectie is gelijk aan het verschil tussen de L_{den} met en zonder toepassing van deze correctiemethode.

Rapportage eenvoudige methode

1. Het doel van de metingen.

2. Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.
3. Datum en plaats van de metingen.
4. Gegevens van de weg: aantal rijstroken, type wegdekverharding, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgaaf van de bronbeheerder, en (als die beschikbaar is) de met de standaardrekenmethode berekende L_{den} voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).
5. Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.
6. Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, als dat van toepassing is.
7. Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperioden en voor alle nachtperioden; het verloop van de uurwaarde L (uit formule 3.1) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.
8. Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.
9. Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid W_{max} met een toelichting van die keuze.
10. Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.
11. De L_{den} en het 95%-betrouwbaarheidsinterval, de schatting van de temperatuurcorrectie.
12. Bij vergelijking van gemeten en berekende L_{den} : een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.
13. Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

3.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

1. Instrumentatie: conform artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.
2. Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen en/of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd.
3. De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, conform artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.
4. Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van maximaal ± 1 dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur maximaal ± 2 dB.
5. Het resultaat van de meting is een L_{den} die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze: $L_{den} = 61,2 \pm 1,8$ dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.
6. Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt conform Annex I van de norm.

7. Meteostratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen dient een geschikt overdrachtsmodel te worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteostratificatie kan het nodig zijn de aanpak van Annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van Tabel 3.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteogegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar mogen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.
8. Correctie voor de luchtdemping conform Annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.
9. Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie en/of referentiesituatie. Deze correctie is conform Annex D.2 van de norm. Voor wegdekken wordt gecorrigeerd naar 20°C conform paragraaf 4.1.5 van het rekenvoorschrift.
10. Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de wegdekkwaliteit tijdens de meetperiode en de gemiddelde kwaliteit over de levensduur.
11. Meetwaarden tijdens en na neerslag: conform artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt, zo ook meetwaarden bij een nat wegdek. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt vanwege niet-representatieve geluidoverdracht.
12. Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse), een analyse van de meetonzekerheid volgens Annex F van de norm.

4. Wegdekcorrectie

4.1. Metingen

4.1.1

Om de wegdekcorrectie voor een bepaald product te bepalen, worden metingen uitgevoerd op ten minste vijf verschillende, geografisch gescheiden werken²⁾) met hetzelfde product volgens de Statistical Pass-By-methode (SPB-methode), beschreven in NEN-EN-ISO 11819-1:2001. Volgens de SPB-methode worden de geluidniveaus gemeten van afzonderlijke voertuigpassages. Het meetpunt ligt op 7,5 meter uit het hart van de rijstrook waarop de te meten voertuigen passeren. Naast het geluidniveau wordt ook de voertuigsnelheid gemeten.

4.1.2

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de drie voertuigcategorieën: lichte motorvoertuigen, middelzware en zware motorvoertuigen. Voor het bepalen van de wegdekcorrectie zijn alleen de gemeten geluidniveaus L_{Amax} van passages van lichte en zware motorvoertuigen van belang. De wegdekcorrectie voor middelzware motorvoertuigen wordt gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen. Bij de lichte voertuigen worden de voertuigen, bedoeld in categorie 1b in Annex B van NEN-EN-ISO 11819-1:2001 buiten beschouwing gelaten.

4.1.3

In afwijking van NEN-EN-ISO 11819-1:2001 geldt het volgende:

- De meethoogte bedraagt 3,0 meter.
- De in NEN-EN-ISO 11819-1:2001 gestelde eisen aan de akoestische eigenschappen van het bodemgebied op de meetlocatie hoeven niet strikt te worden gevolgd, wel wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetlocaties zoveel mogelijk met deze eisen rekening te houden.

²⁾ Een wegvak met aaneensluitende dagproducties wordt beschouwd als één werk.

- Als richtlijn geldt dat op elke locatie metingen aan ten minste honderd lichte en vijftig zware motorvoertuigen beschikbaar moeten zijn. Maar het kan voorkomen dat deze aantallen op een locatie niet zijn gehaald, bijvoorbeeld omdat er onvoldoende vrachtwagens passeren. Het resultaat van die locatie kan dan wel worden meegenomen bij de verdere analyse voor het vaststellen van de wegdekcorrectie. Uiteindelijk bepaalt de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde over alle meetlocaties of het eindresultaat betrouwbaar genoeg is.

4.1.4

Op het moment van publicatie van de wegdekcorrectie zijn de achterliggende meetgegevens niet ouder dan 10 jaar. Een wegdekcorrectie is geldig zolang de achterliggende meetgegevens niet ouder zijn dan 15 jaar.

4.1.5

De luchttemperatuur op 1,2 meter boven het wegooppervlak ligt tijdens de metingen tussen 5°C en 30°C. Bij de gemeten geluidniveaus wordt een temperatuurcorrectie opgeteld, waarmee alle meetresultaten worden genormaliseerd naar een referentietemperatuur van 20°C. De temperatuurcorrecties $C_{temp,m}$ voor $m = 1$ (lichte motorvoertuigen) en $m = 3$ (zware motorvoertuigen) worden als volgt bepaald uit de luchttemperatuur T_{lucht} (in graden Celcius op 1,2 meter hoogte boven het wegdek):

$$C_{temp,1} = 0,05 \cdot (T_{lucht} - 20) \text{ (voor lichte motorvoertuigen)} \quad (4.1)$$

$$C_{temp,3} = 0,03 \cdot (T_{lucht} - 20) \text{ (voor zware motorvoertuigen)} \quad (4.2)$$

4.2. Bepalen van het gemiddelde geluidsniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie

4.2.1

Per meetlocatie worden de lineaire regressielijnen voor lichte en zware motorvoertuigen bepaald van het A-gewogen gemeten geluidniveau (na temperatuurcorrectie) als functie van $\lg(v_m)$, waarin v_m de snelheid is van voertuigcategorie m . Er wordt onderscheid gemaakt tussen lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en zware motorvoertuigen ($m = 3$).

4.2.2

De SPB-meting voor lichte of zware motorvoertuigen is niet bruikbaar voor het vaststellen van de wegdekcorrectie als bij de gemiddelde snelheid van de gemeten lichte of zware motorvoertuigen de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn, na afronding op één decimaal, groter is dan

$$0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \quad (4.3)$$

en

$$0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \quad (4.4)$$

Hierin is N_1 het aantal gemeten lichte motorvoertuigen en N_3 het aantal gemeten zware motorvoertuigen op de meetlocatie. Als voor een voertuigcategorie na uitsluiting van een of meer locaties op grond van deze eis minder dan vijf locaties over blijven, kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie (of verouderingscorrectie, zie 4.4.2) worden bepaald.

4.2.3

Uit de regressielijn volgt voor discrete waarden van de snelheid van 30, 40, ..., 130 km/h (in stappen van 10 km/h, voor zware motorvoertuigen t/m 100 km/h), het gemiddelde A-gewogen geluidniveau en het 95%-betrouwbaarheidsinterval van dat gemiddelde.

4.2.4

Bij N_1 lichte en N_3 zware motorvoertuigen wordt een gemiddeld A-gewogen geluidniveau uit 4.2.3

als 'betrouwbaar' gekwalificeerd als de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan:

$$0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \quad (4.5)$$

en

$$0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \quad (4.6)$$

4.3. Bepalen van de initiële wegdekcorrectie uit middeling over verschillende locaties

4.3.1

Met het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie, bepaald volgens paragraaf 4.2, zijn er bij elke discrete waarde van de snelheid v_m (in stappen van 10 km/h) per voertuigcategorie m ten minste vijf gemiddelde waarden van op verschillende locaties k ($k = 1, 2, \dots$) gemeten totale A-gewogen geluidniveaus $L_{k,m}(v_m)$ van voertuigpassages. Van de beschikbare waarden bij iedere snelheid is een deel als 'betrouwbaar' gekwalificeerd op basis van de grenzen aan het 95%-betrouwbaarheidsinterval in 4.2.4. Vervolgens wordt bij iedere snelheid gecontroleerd of van deze als betrouwbaar gekwalificeerde waarden de maximale spreiding tussen de verschillende locaties kleiner is dan 2,0 dB(A). Als de spreiding groter is, dan wordt de locatie met de waarde die het meeste afwijkt van het gemiddelde van de als betrouwbaar gekwalificeerde waarden voor de betrokken voertuigcategorie buiten beschouwing gelaten. Zonodig wordt dit proces herhaald totdat de spreiding kleiner is dan 2,0 dB(A). Blijven er voor een voertuigcategorie minder dan vijf locaties over, dan kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie worden bepaald.

4.3.2

Per voertuigcategorie m wordt van de (ten minste vijf) gemiddelde geluidniveaus $L_{k,m}(v_m)$ van de afzonderlijke meetlocaties bij snelheid v_m (in stappen van 10 km/h) een gewogen gemiddelde $L_{gem,m}(v_m)$ berekend op basis van de grootte van het 95%-betrouwbaarheids-interval, volgens:

$$L_{gem,m}(v_m) = \frac{\sum_i \frac{L_{k,m}(v_m)}{\Delta 95\%ci_{k,m}(v_m)^2}}{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\%ci_{k,m}(v_m)^2}} \quad (4.7)$$

Hierin is $\Delta 95\%ci_{k,m}$ de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor locatie k en voertuigcategorie m . In het gemiddelde worden alle waarden $L_{k,m}(v_m)$ meegenomen, dus niet alleen de waarden die op basis van 4.2.4 als betrouwbaar zijn gekwalificeerd.

4.3.3

Bij de gemiddelde waarden over de locaties bij snelheid v_m , $L_{gem,m}(v_m)$, wordt $\Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m)$, de helft van de grootte van het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval, bepaald, volgens:

$$\Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m) = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\%ci_{k,m}(v_m)^2}}} \quad (4.8)$$

4.3.4

Uit de gemiddelde waarden over alle locaties $L_{gem,m}(v_m)$ bij discrete waarden van de snelheid v_m (in stappen van 10 km/h) wordt per voertuigcategorie m het verband afgeleid tussen het totale A-gewogen geluidniveau en de logaritme van de snelheid, met lineaire regressie volgens $a_m + b_m \lg(v_m/v_{0,m})$. De lineaire regressie wordt gebaseerd op de gemiddelde waarden bij snelheid v_m die

voldoen aan de volgende eisen:

- lichte motorvoertuigen ($m = 1$): snelheidsbereik 30–130 km/h en $\Delta 95\%ci_{gem,1}(v_m)$ (na afronding op één decimaal) $\leq 0,3$
- zware motorvoertuigen ($m = 3$): snelheidsbereik 30–100 km/h en $\Delta 95\%ci_{gem,3}(v_m)$ (na afronding op één decimaal) $\leq 0,8$.

De referentiesnelheid $v_{0,m}$ is gelijk aan 80 km/h voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en 70 km/h voor zware motorvoertuigen ($m = 3$).

4.3.5

Uit het verschil tussen de waarden a_m en b_m uit de regressie volgens 4.3.4 en de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ van het referentiewegdek worden de waarden ΔL_m en τ_m bepaald volgens:

$$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m} \quad (4.9)$$

$$\tau_m = b_m - b_{ref,m} \quad (4.10)$$

met:

$a_{ref,1} = 77,2$ en $b_{ref,1} = 30,6$ voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) bij metingen op 3,0 m hoogte,
 $a_{ref,3} = 84,4$ en $b_{ref,3} = 27,0$ voor zware motorvoertuigen ($m = 3$) bij metingen op 3,0 m hoogte,

4.3.6

Per meetlocatie en per voertuigcategorie wordt het (lineair of rekenkundig) gemiddelde frequentiespectrum in acht octaafbanden (met middenfrequenties van 63 t/m 8000 Hz) berekend over alle gemeten frequentiespectra van individuele voertuigpassages op het moment dat het maximum geluidniveau tijdens de passage optreedt. Vervolgens wordt per octaafband lineair gemiddeld over de locaties, zonder weging op grond van betrouwbaarheid. Als een locatie op grond van 4.2.2 of 4.3.1 buiten beschouwing is gelaten, wordt het frequentiespectrum van die locatie ook in de middeling van de octaafbandwaarden niet meegenomen. Van de octaafbandwaarden van dit over de meetlocaties gemiddelde spectrum wordt de energetische som bepaald. Vervolgens wordt de energetische som van alle octaafbandwaarden afgetrokken, waarna de energetische som over de octaafbanden van het 'genormeerde' spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

4.3.7

Van de genormeerde octaafbandwaarden uit 4.3.6 worden de octaafbandwaarden $a_{nref,i,m}$ van het genormeerde spectrum van het referentiewegdek uit tabel 4.1 afgetrokken. Bij iedere octaafbandwaarde van het verschil wordt vervolgens de waarde ΔL_m uit 4.3.5 opgeteld. Dit levert de octaafbandwaarden van de snelheidsonafhankelijke term van de initiële wegdekcorrectie $\Delta L_{i,m}$, waarin i het nummer is van de octaafband ($i = 1, 2 \dots 8$, voor de octaafbanden van 63 Hz t/m 8000 Hz).

Tabel 4.1 Octaafbandwaarden $a_{nref,i,m}$ van de genormeerde frequentiespectra van het geluidniveau in het meetpunt bij het referentiewegdek

Voertuigcategorie	Middenfrequentie octaafband [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lichte motorvoertuigen ($m = 1$)	-33,2	-27,3	-20,3	-11,7	-2,5	-5,1	-13,6	-24,3
Zware motorvoertuigen ($m = 3$)	-32,2	-25,5	-17,2	-5,7	-3,0	-7,6	-15,5	-24,9

4.3.8

De waarden $\Delta L_{i,m}$ en τ_m leggen de initiële wegdekcorrectie $C_{initieel,i,m}$ in octaafbanden vast volgens:

$$C_{initieel,i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg(v_m/v_{0m}) \quad (4.11)$$

De initiële wegdekcorrectie is alleen geldig voor die snelheden waarbij $\Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m)$, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan 0,1 voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en kleiner of gelijk is aan 0,4 dB(A) voor zware motorvoertuigen ($m = 3$). Het geldige snelheidsbereik voor de wegdekcorrectie zal in het algemeen voor lichte en zware motorvoertuigen verschillend zijn.

4.4. Bepalen van de verouderingscorrectie (C_{tijd})

4.4.1

De verouderingscorrectie $C_{tijd,i,m}$ van een specifiek product volgt per octaafband i en voertuigcategorie m uit het verschil tussen het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties met een nieuw wegdek ($SPB_{nieuw,i,m}$) en het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties waar hetzelfde wegdektype of product langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur ($SPB_{>75\%levensduur,i,m}$):

$$C_{tijd,i,m} = (SPB_{nieuw,i,m} - SPB_{>75\%levensduur,i,m})/2 \quad (4.12)$$

waarin

$$SPB_{nieuw,i,m} = a_{ref,m} + b_{ref,m} \lg(v_{x,m}/v_{0,m}) + a_{nref,i,m} + C_{initieel,i,m}(v_{x,m}) \quad (4.13)$$

met de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ uit 4.3.5, $a_{nref,i,m}$ volgens tabel 4.1 en $C_{initieel,i,m}$ zoals bepaald in 4.3.8. De verouderingscorrectie wordt een vaste waarde van de snelheid $v_{x,m}$. Voor snelheid $v_{x,m}$ moet gelden dat deze binnen het snelheidsbereik ligt waarvoor de initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$ geldig is volgens 4.3.8.

De waarden voor $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ kunnen op drie manieren worden verkregen. Het heeft de voorkeur om de waarden voor $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ vast te stellen op basis van SPB-metingen aan wegvakken aan het einde van de levensduur van het betrokken wegdektype of product. Deze methode staat beschreven in 4.4.2. Als er wel SPB-metingen beschikbaar zijn aan oudere wegvakken maar onvoldoende of geen daarvan betreffen wegvakken aan het einde van de levensduur, kan op basis van de extrapolatiemethode (zie 4.4.3) ook een $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ worden vastgesteld.

Bij nieuwe wegdektypen of -producten zijn er logischerwijs geen meetgegevens aan oudere wegvakken beschikbaar. In dat geval kan tijdelijk de $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ gebaseerd worden op de waarden van een standaard wegdektype (zie 4.4.4). Zodra er voldoende oudere wegvakken beschikbaar zijn, kan de verouderingscorrectie worden vervangen en gebaseerd worden op metingen.

4.4.2

De waarden $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ worden bepaald uit de resultaten van SPB-metingen op ten minste vijf verschillende locaties waar het wegdek ouder is dan 75% van de verwachte levensduur. Na temperatuurcorrectie volgens 4.1.5 worden per meetlocatie en per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt $\Delta 95\%ci_{k,m}$ (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid $v_{x,m}$ (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). De $\Delta 95\%ci_{k,m}$ dient kleiner of gelijk te zijn aan 0,3 dB voor lichte motorvoertuigen of 0,8 dB voor zware motorvoertuigen. Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets zijn per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar om de verouderingscorrectie te kunnen bepalen. Van die locaties wordt:

a. het gemiddelde A-gewogen geluidniveau $L_{rgem,m}(v_{x,m})$ bepaald door de waarden van de regressielijnen bij snelheid $v_{x,m}$ rekenkundig te middelen en

b. het gemiddelde frequentiespectrum berekend over de gemeten individuele voertuigpassages (per voertuigcategorie afzonderlijk) en genormeerd volgens 4.3.6, zodat de energetische som over de octaafbanden van het genormeerde spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

Sommatie van $L_{rgem,m}(v_{x,m})$ en de octaafbandwaarden van het genormeerde spectrum levert $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$.

4.4.3

Als er nog geen wegdekken beschikbaar zijn die al langer in gebruik zijn dan 75% van de verwachte gemiddelde levensduur, is er de mogelijkheid om de waarden $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ via extrapolatie af te leiden uit de resultaten van SPB-metingen op (ten minste) vijf locaties met wegdekken die minimaal vier jaar in gebruik zijn. Daarbij moet van elke locatie met een ten minste vier jaar oud wegdek bekend zijn hoe lang het wegdek al op die locatie in gebruik is. Van de locaties worden (na temperatuurcorrectie volgens paragraaf 4.1.5) per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt $\Delta 95\%ci_{k,m}$ (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid $v_{x,m}$ (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets moeten per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar zijn. Van elke locatie wordt de SPB-waarde bij $v_{x,m}$ en het bijbehorende octaafbandspectrum bepaald. Van deze resultaten wordt het rekenkundig gemiddeld octaafbandspectrum vastgesteld wat resulteert in de $SPB_{>4jaar,i,m}$. Het verloop tussen $SPB_{nieuw,i,m}$ en $SPB_{>4jaar,i,m}$ wordt geëxtrapoleerd van de gemiddelde gebruiksduur T_{ggd} van de meetlocaties met ten minste vier jaar oude wegdekken naar 80% van de verwachte gemiddelde levensduur $T_{80\%}$ van het betrokken wegdek:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = SPB_{nieuw,i,m} + (SPB_{>4jaar,i,m} - SPB_{nieuw,i,m}) \cdot \left(\frac{T_{80\%}}{T_{ggd}} \right) \quad 4.14$$

4.4.4

Als van een specifiek product geen wegdekken voorhanden zijn om de verouderingscorrectie C_{tijd} vast te stellen, kan deze voorlopig gebaseerd worden op de gegevens van het standaard (generieke) wegdektype waartoe het wegdek behoort. In dat geval wordt $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ overgenomen van het betrokken wegdektype en op basis daarvan wordt de verouderingscorrectie $C_{tijd,i,m}$ vastgelegd met behulp van formule 4.12.

De $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ voor een bepaald wegdektype kan voor snelheid $v_{x,m}$ worden bepaald uit de tabel met de regressieparameters $a_{>75\%levensduur,i,m}$ en $b_{>75\%levensduur,i,m}$ (www.infomil.nl) en onderstaande vergelijking:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = a_{>75\%levensduur,i,m} + b_{>75\%levensduur,i,m} \log(v_{x,m}/v_0) \quad 4.15$$

4.5. Bepalen van de wegdekcorrectie uit de initiële wegdekcorrectie en C_{tijd}

4.5.1

De wegdekcorrectie voor octaafband i, voertuigcategorie m en snelheid v_m volgt uit $\Delta L_{i,m}$, T_m en $C_{tijd,i,m}$ volgens:

$$C_{wegdek,i,m}(v_m) = \sigma_{i,m} + \tau_m \log v_m/v_{0,m} \quad 4.16$$

met

$$\sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m} \quad 4.17$$

De referentiesnelheid $v_{0,m}$ is gelijk aan 80 km/h voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) en 70 km/h voor middelzware en zware motorvoertuigen ($m = 2$ of $m = 3$).

4.5.2

Voor middelzware voertuigen ($m = 2$) wordt de wegdekcorrectie gelijk gesteld aan de wegdekcorrectie voor zware voertuigen.

4.5.3

Om het effect van het wegdek op de geluidsniveaus te kunnen beoordelen of te kunnen vergelijken met andere wegdektypen, is het wenselijk dat deze als ééngetalswaarde kan worden uitgedrukt. Om tot deze ééngetalswaarde te komen wordt gebruik gemaakt van een standaardspectrum voor wegverkeersgeluid. Het resultaat is een inschatting van het wegdekeffect in geluidberekeningen, maar geldt derhalve als indicatief.

De wegdekcorrectie, $C_{\text{wegdek},m}$, in dB(A) wordt berekend volgens:

$$C_{\text{wegdek},m} = \sigma_m + \tau_m \log(v_m/v_{0,m}) \quad 4.18$$

De waarde σ_m volgt uit $\sigma_{i,m}$ en de octaafbandwaarden van het genormeerde standaardspectrum voor het geluid van wegverkeer, $L_{\text{weg},i,m}$, uit tabel 4.2:

$$\sigma_m = 10 \log\left(\sum 10^{((\sigma_{i,m} + L_{\text{weg},i,m})/10)}\right) \quad 4.19$$

Tabel 4.2 Octaafbandwaarden $L_{\text{weg},i,m}$ voor octaafband i en voertuigcategorie m van het genormeerde standaardspectrum voor wegverkeersgeluid

$i =$	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
Middenfrequentie octaafband [Hz]	<u>63</u>	<u>125</u>	<u>250</u>	<u>500</u>	<u>1000</u>	<u>2000</u>	<u>4000</u>	<u>8000</u>
$L_{\text{weg},i,1}$ (lichte motorvoertuigen)	<u>-24</u>	<u>-23</u>	<u>-21</u>	<u>-13</u>	<u>-2,5</u>	<u>-5</u>	<u>-13</u>	<u>-27</u>
$L_{\text{weg},i,3}$ (zware motorvoertuigen)	<u>-17</u>	<u>-17</u>	<u>-15</u>	<u>-8</u>	<u>-3</u>	<u>-6,5</u>	<u>-14</u>	<u>-27</u>

5. Rekenregel schermtop

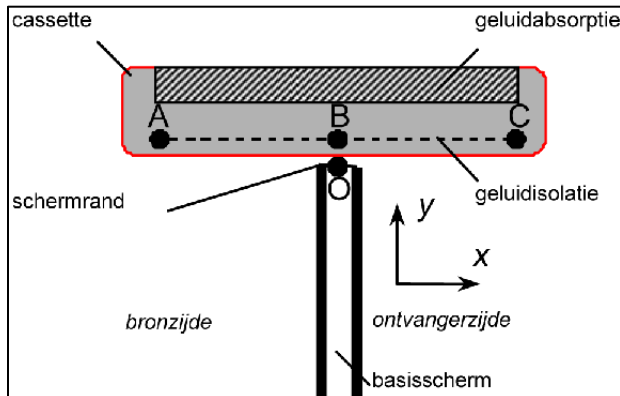
5.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm van een schermtop (C_T), als bedoeld in paragraaf 2.10 van hoofdstuk 2 van deze bijlage.

De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamde 'T-top', die voldoet aan de volgende geometrische randvoorwaarden (zie Figuur 5.1):

- punt A ligt aan de weg- of bronzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt A en punt B is ten minste 1,0 meter. Punt A ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B met een tolerantie van $\pm 0,1$ meter;
- bij de aansluiting van de T-top op het verticale scherm bij het punt O zijn spleten tot maximaal 10 mm toelaatbaar;

- punt C ligt aan de ontvangerzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt B en punt C is ten minste 1,0 meter. Punt C ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B $\pm 0,1$ meter.



Figuur 5.1 Schematische weergave van de T-top.

Daarnaast gelden de volgende eisen aan geluidsisolatie en -absorptie:

- Geluidsisolatie van de T-top: Tussen punten A en B en tussen punten B en C is geluidsisolerend materiaal aanwezig, waarvan de geluidsisolatie (DL_R) minimaal 20 dB(A) is, bepaald volgens NEN-EN 1793-2 voor het standaard-wegverkeersgeluidsspectrum. Voor gesloten (niet poreuze) panelen is hieraan voldaan als het oppervlaktegewicht op de lichtste plaats ten minste 15 kg/m² is.
- Geluidsabsorptie van de T-top: Het geluidsabsorberend materiaal is over de gehele breedte tussen punten A en C aanwezig boven de geluidsisolerende panelen. Het geluidsabsorberende materiaal bevindt zich niet onder de denkbeeldige lijn tussen punten A en C. De initiële geluidsabsorptie van een nieuwe T-top is zodanig dat de niveaureductie door absorptie DL_G , zoals bepaald volgens NEN-EN 1793-1 ten minste 9 dB(A) is voor wegverkeerslawaai.

5.2. Rekenregel

De waarde van de correctieterm C_T is onafhankelijk van de frequentie en wordt voor iedere bronpunt – waarneempunt verhouding afzonderlijk berekend. De berekening gebeurt in twee stappen.

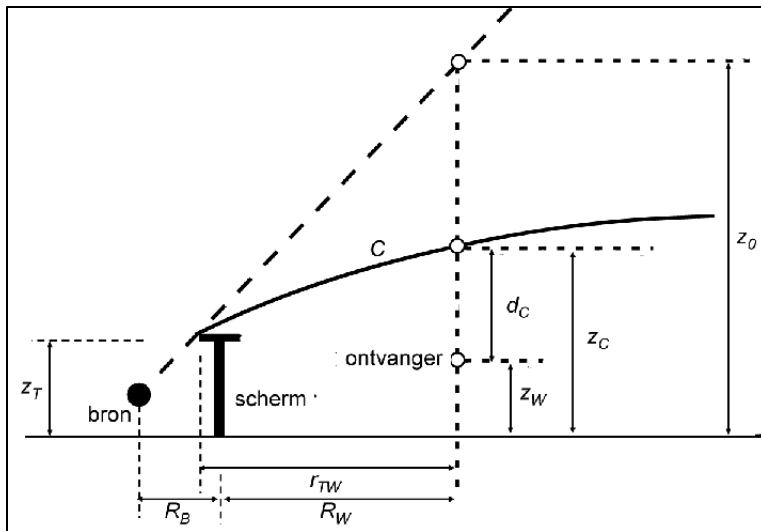
1. De eerste stap bepaalt een kromme C in het verticale vlak door een bronpunt en een waarneempunt. De kromme start voor elk sectorvlak in het punt op de rand van de schermtop aan de bronzijde. De kromme wordt beschreven door formule 5.1.

$$z_C(r_{TW}) = z_0(r_{TW}) - \frac{r_{TW}}{C_1} - \left(\frac{r_{TW}}{C_2}\right)^2 \quad (5.1)$$

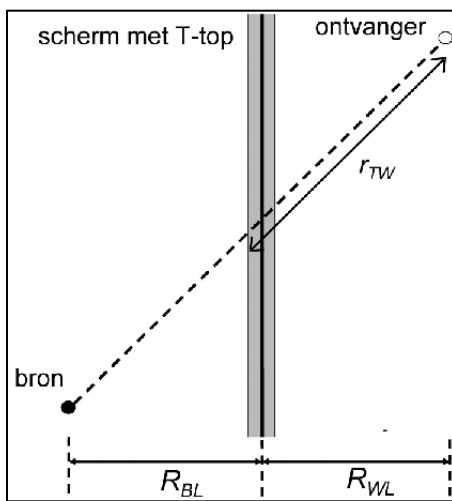
met:

- $z_C(r_{TW})$: de hoogte van de kromme C van de bron ter plaatse van het waarneempunt;
- $z_0(r_{TW})$: de hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt;
- r_{TW} : de horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger;
- C_1 en C_2 : constanten.

De parameters zijn grafisch weergegeven in Figuur 5.2 en Figuur 5.3.



Figuur 5.2 Dwarsdoorsnede van de berekening van de verticale afstand d_C tussen de kromme C en de ontvanger.



Figuur 5.3 Boven-aanzicht van de berekening van de afstand r_{TW} tussen het scherm en de ontvanger.

De verticale afstand d_C tussen de kromme C en het waarneempunt wordt berekend volgens de formule:

$$d_C = z_W - z_C \quad (5.2)$$

Daarbij is:

z_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil (horizontaal vlak waarin $z=0$) [m];

z_C : de hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt [m].

De term d_C is negatief als het waarneempunt lager is dan de kromme C.

- In de tweede stap wordt de waarde van C_T bepaald volgens de in Figuur 5.4 weergegeven procedure.

Naast de al vermelde parameters d_C en r_{TW} , zijn de volgende gegevens nodig:

R_B : de horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidsscherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];

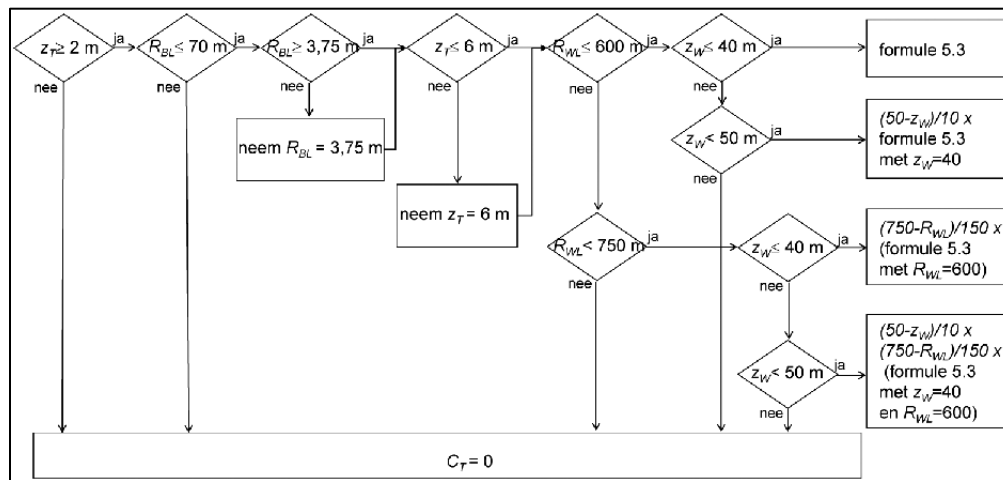
R_W : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];

R_{BL} : de afstand tussen bron en geluidsscherm gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

R_{WL} : de afstand tussen geluidsscherm en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

z_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

z_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m].
Ook deze parameters zijn grafisch weergegeven in Figuur 5.2 of Figuur 5.3.



Figuur 5.4 Procedure voor de bepaling van de waarde van C_T .

De basisberekening van C_T is verloopt volgens de volgende formule:

$$C_T = \begin{cases} A & \text{voor} \\ C_3 r_{TW} - d_C & \text{voor} \\ \frac{2C_3 r_{TW}}{0} & \text{voor} \end{cases} \quad \begin{aligned} d_C &\leq -C_3 r_{TW} \\ -C_3 r_{TW} &< d_C < C_3 r_{TW} \\ d_C &\geq C_3 r_{TW} \end{aligned} \quad (5.3)$$

met:

C_3 en A : constanten.

De waarden van de constanten voor de in paragraaf 5.1 beschreven T-top zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De constante C_0 heeft als waarde de breedte van de rand van de T-top aan de wegzijde ten opzichte van het midden van het scherm.

Tabel 5.1 Waarden van de constanten ter bepaling van de correctieterm voor een schermtop

Constante	C_0	C_1	C_2	C_3	A
Waarde voor T-top	1,0	8,3	150	0,13	5,0

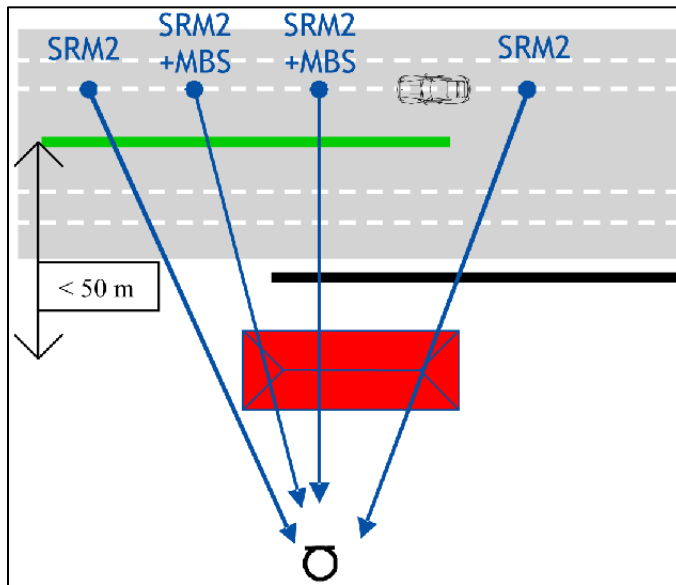
6. Rekenregel middenbermscherm

6.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm, als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamd middenbermscherm dat voldoet aan de volgende voorwaarden.

De middenbermcorrectie, C_{mbs} , is van toepassing op die afschermende objecten die bestaan uit dunne wanden en waarvoor geldt dat in het pad tussen bron- en waarneempunt zich behalve het genoemde afschermende object een tweede afschermend object bevindt op een afstand van, loodrecht gemeten, ten hoogste 50 meter en waarvan de hoogte ten minste gelijk is aan de bronhoogte. Daarnaast bevindt zich tussen beide afschermende objecten ten minste één rijlijn. Als niet aan deze voorwaarden voldaan is, dan wordt de afschermende werking van het

'middenbermscherm' op eenzelfde manier bepaald als van andere afschermende objecten, zoals beschreven in paragraaf 2.10 van deze bijlage.



Figuur 6.1 Schematische weergave van situaties waarbij het effect van een middenbermscherm wordt bepaald conform de rekenregel middenbermscherm.

Als het tweede afschermende object een gebouw is, dan bevindt dat gebouw zich eveneens op een afstand van het middenbermscherm van ten hoogste 50 meter. Deze afstand is gemeten loodrecht op het middenbermscherm en is de afstand tussen beide voor de afscherming bepalende diffractieranden. Zie figuur 6.1.

Het effect van een wand tussen de beide rijbanen in tunnelbakken, een soort middenbermscherm, wordt niet op deze wijze bepaald omdat deze situatie extra complex is en vooralsnog niet is geverifieerd of de effecten op een juiste wijze worden beschreven. Een weg wordt geacht in een tunnelbak te liggen als er sprake is van een betonnen bakconstructie waarbij het niveau van het wegdek ten minste 2 meter onder het maaiveld ligt. Nader onderzoek naar toepassingsmogelijkheden voor tunnelbakken wordt nog uitgevoerd.

6.2. Rekenregel

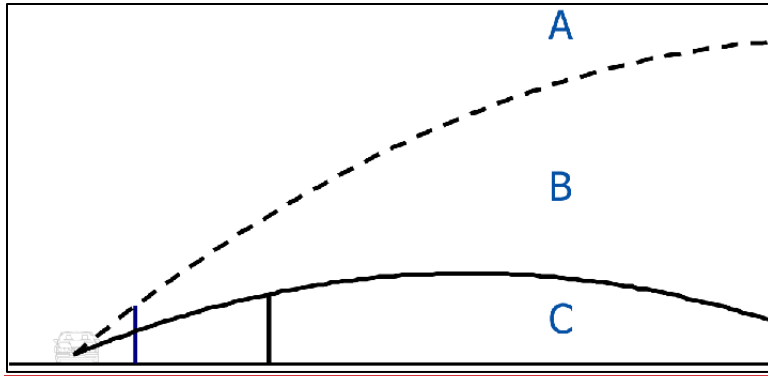
De correctieterm voor een middenbermscherm, C_{mbs} , wordt bepaald in twee stappen:

1. Er worden drie gebieden onderscheiden waarin het waarneempunt zich kan bevinden;
2. Per gebied wordt aangegeven hoe de middenbermcorrectie moet worden bepaald.

De middenbermcorrectie voor een waarneempunt is gelijk aan de middenbermcorrectie zoals die wordt bepaald voor het gebied waarin het waarneempunt zich bevindt.

Stap 1: de te onderscheiden gebieden

Er wordt onderscheid gemaakt in drie gebieden zoals weergegeven in figuur 6.2. De lijnen zijn respectievelijk de lijn van het bronpunt over het dichtstbijzijnde afschermende object gebogen conform de straal met een kromming als aangegeven in paragraaf 2.10 en de gebogen lijn over het verst afgelegen afschermende object met eenzelfde kromming.



Figuur 6.2 Indeling van de gebieden ter bepaling van effect middenbermscherm.

gebied A: het gebied boven beide lijnen;

gebied B: het gebied tussen de twee lijnen;

gebied C: het gebied onder beide lijnen.

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het middenbermscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{mbs}} \left[z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{26R} - z_b \right] \quad (6.1)$$

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het zijscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{zs}} \left[z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{26R} - z_b \right] \quad (6.2)$$

waarin:

z_w : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil;

z_b : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil;

z_{mbs} : de hoogte van het middenbermscherm ten opzichte van het referentiepeil;

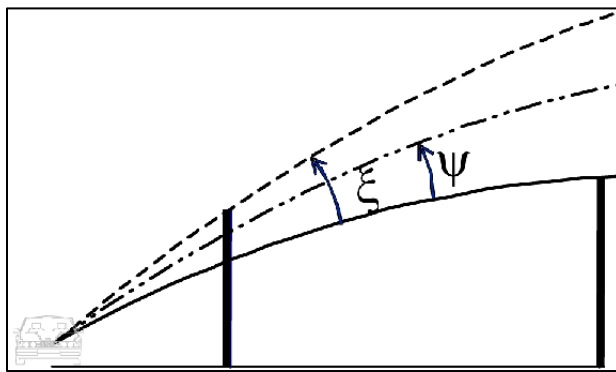
z_{zs} : de hoogte van het zijscherm ten opzichte van het referentiepeil;

R_{mbs} : de horizontale afstand tussen bron en middenbermscherm;

R_{zs} : de horizontale afstand tussen bron en zijbermscherm;

R : de horizontale afstand tussen waarneempunt en bronpunt.

Binnen de gebieden B en C wordt C_{mbs} berekend op basis van de hoek ξ tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Voor ontvangers binnen gebied B dient ook de hoek ψ tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron door de top van het zijscherm te worden bepaald, zie figuur 6.3.



Figuur 6.3 Illustratie van de hoeken ξ en ψ .

ξ : de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractie punt van beide afschermende objecten;

ψ : de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het

maatgevende diffractie punt van het zijberscherm en de gekromde lijn tussen het bronpunt en het waarneempunt.

De hoeken ξ en ψ worden op de volgende wijze berekend:

$$\xi = \xi_{mbs} - \xi_{zs} \quad (6.3)$$

$$\xi_{mbs} = \arctan \left\{ \frac{1}{R_{mbs}} \left[z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} \quad (6.4)$$

$$\xi_{zs} = \arctan \left\{ \frac{1}{R_{zs}} \left[z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} \quad (6.5)$$

$$\varphi = \arctan \left\{ \frac{z_w - z_b}{R} + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} - \xi_{zs} \quad (6.6)$$

Stap 2: Berekening van C_{mbs}

De waarde van C_{mbs} wordt als volgt bepaald:

$C_{mbs} = C_{mbs(A)}$ als het waarneempunt zich in gebied A bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(B)}$ als het waarneempunt zich in gebied B bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(C)}$ als het waarneempunt zich in gebied C bevindt.

Bepaling $C_{mbs(A)}$

Voor waarneempunten in gebied A wordt $C_{mbs(A)}$ bepaald volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.10:

$$C_{mbs(A)} = H F(N_f) \quad (6.7)$$

waarin:

H de effectiviteit van het scherm is,

$F(N_f)$ een functie met argument N_f (het fresnelgetal);

Bepaling $C_{mbs(C)}$

Voor waarneempunten in gebied C geldt een vaste waarde die wordt berekend aan de hand van hoek ξ (in graden) tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Hoek ξ wordt ter plaatse van de bron bepaald. De correctie wordt gegeven door:

$$\text{als } \xi \leq 0 : \quad C_{mbs(C)} = 5 + \frac{5\xi}{6} \quad \text{met } C_{mbs(C)} \geq 0 \quad (6.8)$$

$$\text{als } \xi > 0 : \quad C_{mbs(C),i} = 5 + \frac{5\xi}{3} \left(\frac{i}{8} \right) \quad \text{met } C_{mbs(C),i} \leq 5 + 5 \left(\frac{i}{8} \right) \quad (6.9)$$

waarin i de octaafbandindex is.

Bepaling $C_{mbs(B)}$

Voor waarneempunten in gebied B is de correctie afhankelijk van de ligging van het waarneempunt. Deze wordt uitgedrukt in de hoek ψ (in graden) tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron naar het zijscherm. $C_{mbs(B)}$ wordt bepaald volgens de onderstaande formules:

$$\text{als } 0 < \frac{\psi}{\xi} \leq \frac{1}{2} : \quad C_{mbs(B),i} = C_{mbs(C),i} + \left(\frac{2\psi}{\xi} \right) \left[5 + 2\xi \left(\frac{i}{8} \right) - C_{mbs(C),i} \right] \quad (6.10)$$

$$\text{als } \frac{1}{2} < \frac{\psi}{\xi} \leq 1 : \quad C_{mbs(B),i} = 5 + 4\xi \left(1 - \frac{\psi}{\xi}\right) \left(\frac{i}{8}\right) \quad (6.11)$$

$$\text{met } C_{mbs(B),i} \leq 5 + 20 \left(\frac{i}{8}\right)$$

waarin i de octaafbandindex is.

De correctie in gebied B wordt uitsluitend toegepast als de lijn door de top van het middenbermscherm hoger ligt dan die door de top van het zijscherm. De hoek ξ heeft dan een positieve waarde. In situaties waarin de hoek ξ negatief is (bij een relatief laag middenbermscherm) worden waarneempunten binnen gebied B behandeld zoals in gebied C.

Hoofdstuk 7: Reken- en meetregel diffractor

7.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een diffractor als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamde diffractor die niet op een afschermend object of grondlichaam is geplaatst.

7.2 Rekenregel

Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{diff} = C_{i,diff,hard} \cdot \max\{0, (1 - 0,6 \cdot B_{voor} - 0,6 \cdot B_{na})\} \cdot \max\{\min[1 + 10 \cdot (N_f + 0,1), 1], 0\} \quad (7.1)$$

Met:

$C_{i,diff,hard}$: het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex i .

B_{voor} : de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 meter (vanaf de rand diffractor).

B_{na} : de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 meter (vanaf de rand van de diffractor).

N_f : het fresnelgetal.

Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:

$$z_B = z'_B + \Delta h \quad (7.2a)$$

$$z_T = z'_T + \Delta h \quad (7.2b)$$

$$z_W = z'_W \quad (7.2c)$$

Met:

z'_B : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.

z'_T : de hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan $z'_B - 10 \text{ cm}$

z'_W : de hoogte van het waarneempunt ten opzicht van het referentiepeil.

$$\Delta h = \min\{0, 2 \cdot \min[15, R - 5]/15\} \quad \text{voor } i \leq 5 \quad (7.3a)$$

$$\Delta h = \min\{0, 2 \cdot \min[30, R - 5]/30\} \quad \text{voor } i \geq 6 \quad (7.3b)$$

Met:

R: de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m]

In het geval van afscherming achter de diffractor, vanuit de bron gezien, wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van het maatgevende scherm als waarneempunt te beschouwen. In het geval van afscherming voor de diffractor wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van dit scherm als bronpositie te beschouwen.

Voor de berekening van $C_{i,diff,hard}$ gelden de volgende regels:

$$C_{i,diff,hard} = \max\{0, -0.7 \cdot \max[r - 1.7 - d/2, 0] \cdot \cos(\min[|\theta|, 60]) + A_{i,diff}\} \quad \text{voor } A_{i,diff} > 0 \quad (7.4a)$$

$$C_{i,diff,hard} = \min\{0, +0.3 \cdot \max[r - 1.7 - d/2, 0] \cdot \cos(\min[|\theta|, 60]) + A_{i,diff}\} \quad \text{voor } A_{i,diff} < 0 \quad (7.4b)$$

$$C_{i,diff,hard} = 0 \quad \text{voor } i = 1, 7 \text{ en } 8 \quad (7.4c)$$

Met:

$A_{i,diff}$: de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex i

d : de totale breedte van de diffractor

r : de afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor.

θ : de hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor

7.3 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor

7.3.1 Algemeen

De producteigenschappen $A_{i,diff}$ worden volgens de regels in dit hoofdstuk bepaald.

Deze methode is geschikt voor het bepalen van akoestische eigenschappen van een diffractor onder de volgende voorwaarden:

- De diffractor is bedoeld om langs een weg geplaatst te worden op dezelfde hoogte als de weg.
- Metingen van de geluiddruk worden uitgevoerd met een afgedekte en onafgedekte diffractor.
- Een geluidbron, zoals een luidspreker, wordt dicht bij de grond gebruikt.
- Een akoestisch harde bodem is aanwezig tussen de geluidbron en de microfoonpositie.
- De akoestische eigenschappen worden bepaald in 1/3 octaafbanden van 100 t/m 2500 Hz.
- De omrekening naar octaafbanden vindt plaats door toepassing van het standaard geluidsspectrum voor wegverkeer zoals opgenomen is in NEN-EN 1793-3:1997.

7.3.2 Meetopstelling en omstandigheden

Eisen meetopstelling

_____ Harde, vlakke bodem

_____ Ingegraven diffractor

Geen reflecterende objecten in de omgeving

Minimale lengte diffractor van 30 meter

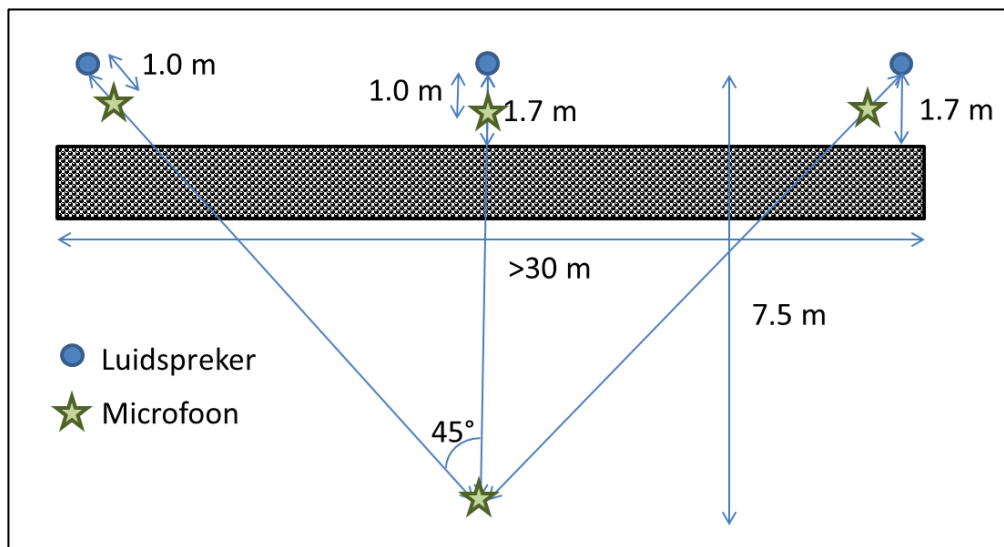
De metingen zullen voldoen aan NEN-EN 1793-4:2015 op de volgende aspecten:

- Meetapparatuur
- Testsignaal
- Achtergrondgeluid
- Wind
- Temperatuur

Metingen worden uitgevoerd met een luidspreker met een hoogte tussen 10 en 20 cm boven de bodem, op een afstand van 1.70 meter tot de rand van de diffractor. De microfoon bevindt zich op 1.20 meter hoogte en op 7.5 meter afstand van de luidspreker. Daarnaast wordt er gemeten met twee aanvullende luidsprekerposities. Deze metingen vinden plaats onder een hoek van +45 en -45 graden. De afstand tussen microfoon en luidspreker is hier $7.5 \cdot \sqrt{2} = 10.6$ m. Eventueel kan alleen onder een hoek van +45 of -45 graden gemeten worden waarbij het meetresultaat voor beide hoeken geldt. Dan reduceert de minimale lengte van de diffractor tot 22.5 meter.

Een tweede (referentie) microfoon voor het bepalen van de bronsterkte wordt op 1 meter van de luidspreker geplaatst.

De bron- en meetposities zijn weergegeven in figuur 7.1.



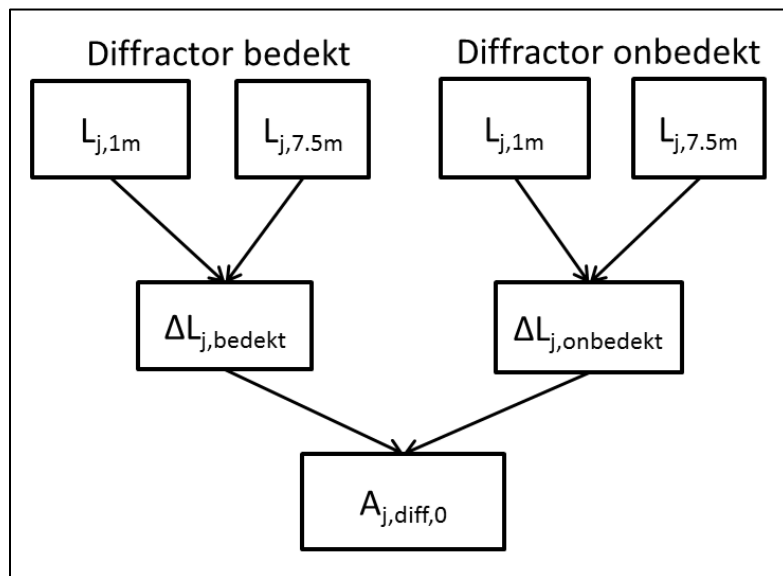
Figuur 7.1: Schematische voorstelling van de meetposities met hoeken θ van -45, 0 en 45 graden.

7.3.3 Meetprocedure

Voor iedere meetpositie wordt een geluidoverdrachtmeting uitgevoerd met zowel een afgedekte als onafgedekte diffractor. Voor het volledige frequentiebereik van 100 t/m 2500 Hz wordt, per 1/3 octaafband, het verschil in niveau op de referentiepositie (1 meter van de luidspreker) en op de testmicrofoon gemeten.

Voorafgaand aan de metingen met afgedekte diffractor wordt, met dezelfde procedure, een meting op een vlakke volledig harde bodem uitgevoerd. De meetopstelling is geschikt voor gebruik als voor iedere 1/3 octaafband het verschil tussen de meting op harde bodem en die met de afgedekte diffractor kleiner is dan 2dB.

Deze meetprocedure is geïllustreerd in figuur 7.2



Figuur 7.2: Bepaling van het diffractoreffect per 1/3 octaafband $A_{j,diff,0}$ bij één hoek (hier 0 graden).

Per 1/3 octaafband j wordt $A_{j,diff,0}$ berekend door:

$$A_{j,diff,0} = \Delta L_{j,onbedekt} - \Delta L_{j,bedekt} \quad (7.5)$$

Met

$$\Delta L_j = L_{j,7.5m} - L_{j,1m} \quad (7.6)$$

De meetprocedure wordt herhaald voor -45 en +45 graden³.

Vervolgens wordt per 1/3 octaafband het effect van de drie hoeken energetisch gemiddeld door

$$A_{j,diff} = -10 \lg \left(\frac{10^{\left(\frac{A_{j,diff,-45}}{10}\right)}}{3} + \frac{10^{\left(\frac{A_{j,diff,0}}{10}\right)}}{3} + \frac{10^{\left(\frac{A_{j,diff,45}}{10}\right)}}{3} \right) \quad (7.7)$$

Het effect per octaafband, $A_{i,diff}$, wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 3 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

7.3.6 Akoestisch rapport

³ Het is toegestaan om, naast de meting onder 0 graden, alleen onder 45 of -45 graden te meten en het meetresultaat voor zowel -45 als +45 graden te gebruiken.

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld. In dit rapport zijn minimaal de volgende gegevens opgenomen:

- Naam van het meet bureau
- Datum en locatie testmetingen
- Omschrijving resultaat controlemeting bij harde bodem en afgedekte diffractor
- Omschrijving van de meetlocatie
- Beschrijving van de gebruikte meetapparatuur
- Foto's van de meetopstelling en geteste diffractor zowel bedekt als onbedekt
- Omschrijving van de diffractor, waaronder type, afmetingen, waaronder de breedte, en fabrikant
- Meteorologische omstandigheden
- Resultaten van de metingen in 1/3 octaafbanden
- Rapportage van $A_{i,diff}$ in 1/3 octaafbanden en in 1/1 octaafbanden.

8. Toelichting

8.1. Begrippen

In de definitie van maatgevende verkeersintensiteit worden de termen 'het voor de geluidsbelasting bepalende jaar' en 'een representatief tijdvak' gebruikt. Het akoestisch onderzoek richt zich, voor wegen zonder geluidproductieplafond, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidsbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op een periode die in akoestische zin, voor het gehele jaar representatief is. Voor zulk een periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenaamde langtijdig equivalent geluidsniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, dan hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke verschijnselen optreden met betrekking tot het verkeersbeeld, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. De in het tijdvak van het voor de geluidsbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de maatgevende verkeersintensiteit.

Voor wegen die op de met een geluidproductie, is het akoestisch onderzoek niet gericht op het maatgevende jaar, maar op het geldende geluidproductieplafond. Alle benodigde gegevens voor het opnemen van de bron in het akoestisch onderzoek zijn te vinden in een openbare geluidregister. Bij gebruik van de geluidbrongegevens kan het nodig zijn om nadere detaillering in te voeren. Zo kan in de geluidbrongegevens er één lijn per rijbaan zijn gehanteerd terwijl dit voor de berekening op woningniveau opgesplitst dient te worden in meerdere rijlijnen.

Als de representatief te achten snelheid kan in principe de maximale wettelijke snelheid worden aangehouden. Als echter wordt aangetoond dat deze wettelijke snelheid niet overeen komt met de gemiddelde snelheid op het wegvak, dan kan hiervan gemotiveerd worden afgeweken.

In het tweede lid zijn categorieën motorvoertuigen onderscheiden. Gebleken is dat motorrijwielen niet meer dan een zo gering deel uitmaken van de totale verkeersstroom, dat ze doorgaans ook geen significante invloed hebben op het equivalente geluidsniveau. Ze zijn daarom niet opgenomen in de in ogenschouw te nemen categorieën motorvoertuigen. Overigens wordt geen uitspraak gedaan over de hinderlijkheid van motorrijwielen. Door bepaald rijgedrag en de staat van onderhoud kunnen motorrijwielen soms als bijzonder hinderlijk worden ervaren.

In gevallen waar voertuigtypen als bromfietsen een relevante bijdrage leveren aan het equivalent geluidsniveau, kan nader onderzoek nodig zijn. In de toelichting bij de bijlagen is daarvoor een handreiking gedaan. In dergelijke gevallen is een beschrijving en verantwoording van de gekozen methode nodig.

De in dit artikel gegeven categorie-indeling is gekozen om visuele verkeerstellingen mogelijk te maken. Automatische telapparatuur is vaak gebaseerd op een afwijkende categorie-indeling (bv met als onderscheidend criterium de lengte van de voertuigen). De categorie-indeling van de automatische tellingen kan meestal niet één op één worden 'terugvertaald' naar de categorie-indeling van dit artikel. De verschillen in het equivalent geluidsniveau die hierdoor zullen optreden, zijn meestal gering, zodat het gebruik van de geautomatiseerde telcijfers geen bezwaar hoeft te ontmoeten. Er moet wel een verantwoording worden gegeven waaruit blijkt dat het verschil bij de

gebruikte telmethode op het betrokken wegtype gering is (minder dan een halve decibel). Deze verantwoording hoeft niet voor ieder individueel akoestisch onderzoek te worden afgelegd. Volstaan kan worden met een verantwoording per telmethode, zonodig uitgesplitst naar de verschillende verkeerssamenstellingen die kunnen voorkomen op de wegen waarop de automatische telling wordt uitgevoerd.

8.2. Standaardrekenmethode

8.2.1. Algemeen

Het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode is ruimer dan die van de standaardmeetmethode als gegeven in hoofdstuk 3.

Omdat het onmogelijk is om in deze regeling een methode te geven die in alle mogelijke gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is.

8.2.2. De hoofdformule

De gegeven formules 2.1 en 2.2 zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} die volgens NEN-ISO 1996-1:2016 luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (8.1)$$

waarin t_1 en t_2 respectievelijk de begin- en eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdinterval in seconden, $p_A(t)$ de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en p_0 de referentiegeluidsdruk van 20 μ Pa is.

De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

- a. 180° als L_{Aeq} dient voor de vaststelling van de geluidsbelasting van een gevel, of
- b. 360° als het L_{Aeq} dient voor de vaststelling van de geluidsbelasting op een terrein behorende bij een geluidsgevoelig object als bedoeld in artikel 1.2 van het Besluit geluidhinder.

8.2.3. Reflecties

Bij oneffenheden van het reflecterende oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuisen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zich op korte afstand hiervan bevindt, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidsniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer de geluidsbelasting van de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.

In feite wordt het oppervlak van een object per sector benaderd door een plat vlak. Als deze benadering geen goede beschrijving van de werkelijke situatie is, kan in veel gevallen het verdelen van het oppervlak over meerdere sectoren met een kleinere openingshoek de oplossing zijn. Is dit niet het geval dan is nader onderzoek vereist, bijvoorbeeld in de vorm van praktijk- of schaalmodelmetingen.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten/vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt.

Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite zou het bodemverloop mee gespiegeld moeten worden. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect.

8.2.4. Emissieterm L_E

De emissiegetallen voor lichte motorvoertuigen zijn niet aangepast ten opzichte van de emissiegetallen in het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2012. De emissies zijn bepaald op basis van emissiemetingen in 2009 en 2010.

Er is een logaritmisch verband aangenomen tussen het bronvermogen en de snelheid, dat naar onderen extrapoleerbaar is tot 30 km/h en naar boven tot 110 km/h in geval van de middelzware en zware motorvoertuigen en tot 160 km/h in geval van lichte motorvoertuigen.

8.2.5. De optrektoeslag ΔL_{OP}

Dat in de omgeving van kruispunten en andere punten waar sprake is van afremmen en optrekken een andere geluidsbelasting wordt gevonden dan bij vrij doorstromend verkeer, is voornamelijk een gevolg van een toenemende geluidsemissie bij het accelereren van de individuele voertuigen. Op grond hiervan zou dus eigenlijk sectorgewijs een optrektoeslag bij de emissieterm L_E (§ 2.4) moeten worden opgeteld. Een goed rekenmodel ter bepaling van deze optrektoeslag vereist echter zoveel – vaak niet voorhanden zijnde – invoergegevens, dat hier is gekozen voor een sterk geschematiseerd model.

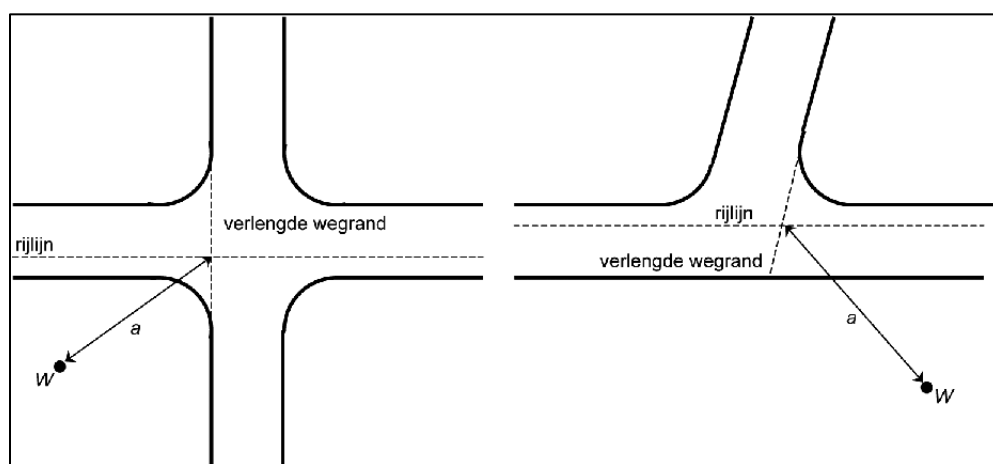
Door de in formule 2.2 gekozen rekenwijze te volgen moet in iedere sector en iedere octaafband een optrektoeslag in rekening worden gebracht. De optrekcorrectie is afhankelijk van de voertuigcategorie.

De optrekcorrectie ΔL_{OP} brengt het effect in rekening van afremmend en optrekkend verkeer nabij kruisingen van wegen en het effect van snelheidsbeperkende obstakels zoals minirotondes, verkeersdrempels, etc. Het is niet bedoeld voor de modellering van verkeer in files of verkeersobstoppingen.

De met de gegeven formules te berekenen toeslagen, geven de toeslag op het geluidsniveau weer ten opzichte van een situatie waar het verkeer met een constante snelheid van 50 km/h rijdt. Voor wegen met een rijsnelheid van 30 km/h geldt geen optrektoeslag. Bij dergelijke wegen is het optrekken zeer beperkt tot de lage snelheid. Ook zal er meestal geen sprake zijn van een significante afname van rijsnelheid door obstakels.

8.2.6. De kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$

In figuur 6.2 wordt aan de hand van een voorbeeld toegelicht hoe de afstand a wordt bepaald in het geval van een kruispunt. Bij de berekening zijn alleen de afstand a van het waarneempunt tot de rand van het kruispunt en het type kruispunt van belang.



Figuur 6.2 Twee voorbeelden van de bepaling van de afstand a . In de punten W wordt het L_{Aeq} vanwege de geschetste rijlijnen berekend.

8.2.7. De bodemdemping AL_B

Het absorberende effect van geluidabsorberende wegdektypen op de overdracht wordt in de berekeningen meegenomen. Dit is relevant voor brede wegverhardingen, zoals meerstrooks auto(snel) wegen. Omdat de methode voor bepaling van de wegdekcorrectie (ook) rekening houdt met de absorberende eigenschappen van het wegdek, wordt het weggedeelte onder de rijlijn als akoestisch hard gemodelleerd.

Voor de bepaling van de absorptie in het brongebied is de methode aangepast ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006. Er is gekozen voor een oplossingsrichting onafhankelijk van de ligging van hard/zacht overgangen of de begrenzing van bodemvlakken. Er is een vaste strook hard bodemgebied onder de rijlijn gedefinieerd, waardoor het eerste deel van de geluidsoverdracht altijd over een reflecterende bodem plaatsvindt. De lengte van dit gedeelte is voor elke sector verschillend. De lengte X is proportioneel gemaakt ten opzichte van lengte Y, via de formulering $X/\sin(\theta)$.

De gekozen aanpak (met een vaste afstand van 5 meter loodrecht op de rijlijn met akoestisch harde bodem) wordt alleen gebruikt als er onder een bronpunt een significant absorberend wegdektype aanwezig is (ZOAB, (Fijn) tweelaags ZOAB). Voor de overige situaties wijzigt de methode voor het bepalen van de gemiddelde absorptiefractie niet. Het vlak onder het bronpunt (dat gemodelleerd is op basis van de werkelijke grenzen van het wegdek) heeft een absorptiefractie van 0.

8.2.8. De schermwerking AL_{SW}

In paragraaf 2.10 is de mogelijkheid opgenomen om rekening te houden met het (positieve) effect van een zogenaamde schermtop op de schermwerking. Dit effect is met een aparte term in de formule voor de bepaling van de schermwerking beschreven. Omdat er strikt genomen overlap bestaat tussen deze correctieterm (C_T) en de profielafhankelijke correctieterm (C_P) wordt in Tabel 2.8 bepaald dat de laatste term 0 is als gebruikt gemaakt wordt van de correctie voor een schermtop.

De rekenregel om de waarde van deze correctieterm te kunnen bepalen is opgenomen in hoofdstuk 5 van deze bijlage. Deze rekenregel is toepasbaar voor alle gangbare schermtypen, waarbij in het geval van reflecterende schermen gewerkt wordt met een spiegelbron.

Van Tabel 2.8 afwijkende profielen zijn onder andere overhuivingen, gehele of gedeeltelijke overkappingen, wegen in ingravingen met een tophoek tussen de 165° en 180°.

Wanneer een weg aan beide zijden wordt voorzien van een (hoog) reflecterend geluidsscherm, ontstaat door reflectie en interferentie in de ingesloten ruimte een zeer complex geluidsveld, waardoor de met het afschermingsmodel berekende geluidsniveaus vooral op waarneempunten gelegen in de buurt van de zichtlijnen van het scherm, niet altijd voldoende betrouwbaar kunnen zijn. Dit geldt ook voor specifieke schermconstructies, zoals luifels en overkappingen. Als de situatie daartoe aanleiding geeft, kan met meerdere reflecties gerekend worden. In dergelijke gevallen kan nader onderzoek met meer geavanceerde modellen nodig zijn.

8.2.9. De niveaureductie bij reflecties

Bij reflectie op een scherm wordt gekeken naar de overlap van de Fresnel zone op de scherm. Dit geeft een maat van het percentage geluid dat gereflecteerd wordt. Hiermee heeft het formaat van een scherm ook invloed op de mate van reflectie. Daarnaast hebben de schermeigenschappen gevolgen voor de mate van reflectie. Er wordt alleen gekeken in het 2d vlak bij de zichtlijn voor het bepalen van de overlap.

Bij reflectie op een geluidsabsorberend scherm kan de frequentieafhankelijke absorptieterm α (in paragraaf 2.11) worden afgeleid uit een door de fabrikant van de constructie te verstrekken absorptiespectrum. De bepaling van een dergelijk absorptiespectrum moet hebben plaatsgevonden in een onafhankelijk, gespecialiseerd laboratorium en volgens een aangegeven verifieerbare methode.

8.3. Standaardmeetmethode

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekort schieten. Deze schieten tekort als ze gebruikt worden buiten het toepassingsgebied waar ze voor bedoeld zijn. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening die buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage gedacht worden aan metingen. Als er gemeten wordt omdat een situatie (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied ligt wordt de meetmethode voorgelegd aan de beheerder van het reken- en meetvoorschrift. Deze bekijkt dan of en in hoeverre de situatie buiten het toepassingsgebied van de rekenmethode ligt. Ook maakt dit het mogelijk om goede methoden publiekelijk ter beschikking te stellen zodat deze in andere vergelijkbare situaties gebruikt kunnen worden.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van het reken- en meetvoorschrift. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, maar als deze wordt gebruikt in het kader van deze bijlage, dan moet deze vooraf getoetst worden door de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

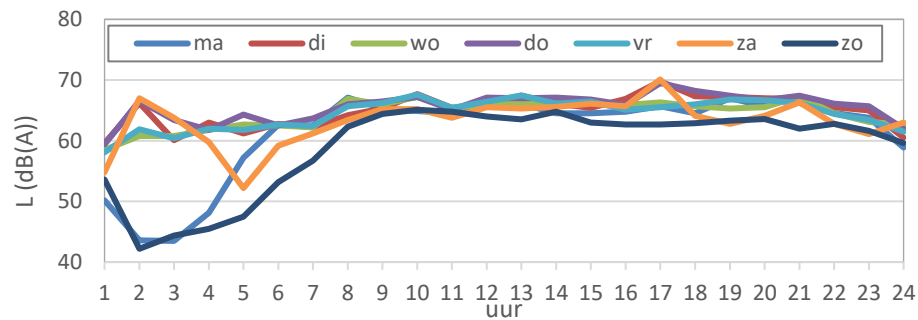
Het meten van een L_{den} conform de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de L_{den} -waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft. De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden gebruikt worden om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van L_{den} . De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode worden gebruikt om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die gebaseerd zijn op een minimale meetperiode van 2 maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer gemeten worden. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten omgezet worden naar de tijdrekening van het geluidmeetstation. De verwerking van meetresultaten kan deels geautomatiseerd worden met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in het voorschrift aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in onderstaande paragraaf voorbeelden geven.

8.3.1 Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de L_{eq} per seconde of L_E per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

1. Verwijder L_{eq} -waarden en L_E -waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt;
2. Bepaal uurgemiddelde waarden L' en L_{res} . Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden L' en L_{res} , voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.
3. Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken verstoord is, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als neerslag, telt dit mee bij *regen*.
4. Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde L die wordt berekend met formule 3.1.
5. Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van L per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat:

ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna.
Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.



6. Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 t/m M4 op basis van de windsnelheid en -richting.
7. Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag, zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn $L_{p=\text{dag},m,k}$ en $q_{p=\text{dag},m,k}$. De totalen $L_{p=\text{dag},m}$ worden berekend met formule 3.3.

hulptabel dagperiode	dag (7-19 uur)							
meetdag k	L_{M1}	q_{M1}	L_{M2}	q_{M2}	L_{M3}	q_{M3}	L_{M4}	q_{M4}
8-jun	-	-	72,5	0,09	65,8	0,91	-	-
9-jun	65,5	1,00	-	-	-	-	-	-
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17	-	-
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33	-	-
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08	-	-	-	-
13-jun	66,6	1,00	-	-	-	-	-	-
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42	-	-	-	-
15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25	-	-
16-jun	66,5	1,00	-	-	-	-	-	-
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25	-	-	-	-
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17	-	-	-	-
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58	-	-	-	-
20-jun	68,6	1,00	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{p=\text{dag},m}$	-	8,25	-	3,09	-	1,66	-	-
$L_{p=\text{dag},m}$	66,6	-	65,8	-	66,6	-	-	-
$U_{p=\text{dag},m}$	1,22	-	2,29	-	0,85	-	-	-

8. Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

meetonzekerheidsbudget dagperiode	herkomst	M1	M2	M3	M4	Resultaat
$f_{\text{optreed bij } 140^\circ}$	uit Tabel 3.3	0,6	0,2	0,1	0,1	-
$L_{p=\text{dag},m}$	overnemen uit hulptabel	66,6	65,8	66,6	-	-
$U_{p=\text{dag},m}$	dagperiode	1,22	2,29	0,85	-	-

$L_p = \text{dag}$	formule 3.6	-	-	-	-	66,0
$C_p = \text{dag, m}$	formule 3.8	0,69	0,19	0,12	-	-
$\sqrt{(U_{\text{wind}}^2 + U_{\text{nat}}^2 + U_{\text{meteo}}^2 + U_{\text{res}}^2 + U_{\text{slm}}^2)}$		-	-	-	-	1,7
$U_p = \text{dag}$	formule 3.7	-	-	-	-	2,0

9. Bepaal de L_{den} en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

		$p = \text{dag}$	$p = \text{avond}$	$p = \text{nacht}$	Resultaat
L_p	neem over uit tabellen	66,0	62,1	62,9	
U_p	meetonzekerheidsbudget	2,0	2,6	2,3	
L_{den}	formule 3.9				69,7
U_{den}	formule 3.10				1,7

10. Geef het eindresultaat als volgt op: $L_{\text{den}} = 69,7 \pm 3,4 \text{ dB (95\% BI)}$.

Bij een vergelijking van een berekende L_{den} met de gemeten L_{den} wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

8.3.2 Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 3.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze zulke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand D (veel) groter is dan $20 (h_s + h_r)$. In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van Tabel 3.2 en Tabel 3.3 niet gebruikt worden. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en Annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat. In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 3.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

8.4. Methode bepaling wegdekcorrectie

De wegdekcorrectie is de in dB(A) of in dB(A) per octaafband uitgedrukte toename van de geluidsemissie ten opzichte van dicht asfaltbeton. In dit geactualiseerde voorschrift is de methode voor de bepaling van de wegdekcorrectie ingrijpend gewijzigd. De achtergrond daarvoor is het inzicht dat in het afgelopen decennium is opgedaan, dat de geluideigenschappen van de meeste wegdektypen gedurende de gebruikperiode zich significant anders ontwikkelen dan die van dicht asfaltbeton (de referentie). Met de introductie van een verouderingscorrectie (C_{tijd}) kunnen de effecten van wegdektypen op het equivalente geluidniveau nauwkeurig bij de berekeningen meegenomen worden. De in dit voorschrift beschreven wegdekcorrectie kan gezien worden als de beste schatting van de gemiddelde geluideigenschappen van een wegdektype gedurende de gehele gebruikperiode. Daarnaast is in de methode het effect van recente emissiemetingen op de referentie verwerkt, waardoor zowel de emissie als de wegdekcorrectie gebaseerd is op de resultaten van dezelfde meetcampagne. Deze benadering van het meenemen van de invloed van het wegdek impliceert dat evenals dit het geval is voor verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling en verkeerssnelheid, ook de wegdekcorrectie door en onder verantwoordelijkheid van de wegbeheerder moet worden aangeleverd bij de voor het akoestisch onderzoek aangewezen instantie. De reden voor deze expliciete nadruk op de rol van de wegbeheerder is de volgende. De akoestische kwaliteit van een wegdek wordt geheel bepaald door het ontwerp, de uitvoering en het onderhoud ervan. Voor deze civieltechnische aspecten draagt de beheerder geheel de verantwoordelijkheid zodat hij de aan het wegdek te relateren bijdrage in de geluidsemissie (de wegdekcorrectie) volledig kan beheersen.

Ook de nog steeds voortgaande ontwikkelingen op het gebied van geluidsreducerende wegdekverhardingen dragen bij tot de gewijzigde benaderingswijze.
Hoofdstuk 4 beschrijft de methode om de wegdekcorrectie te bepalen. Concrete wegdekcorrectiefactoren zijn niet in dit voorschrift opgenomen. Gegevens over standaard wegdektypen, zoals ZOAB en tweelaags ZOAB, en de wegdekcorrectiefactoren van standaard wegdektypen en producten van producenten zijn te vinden op de website www.infomil.nl. Op deze website zijn ook de waarden van de verouderingscorrectie van de standaard wegdektypen beschikbaar.

8.5. Rekenregel middenbermscherm

Algemeen

Met de methode uit hoofdstuk 2 van deze bijlage is altijd het effect van een scherm te bepalen. Als er meerdere diffractieranden zijn, zal het effect van de meest bepalend diffractierand in rekening worden gebracht. Het effect van een dubbele diffractie wordt op deze manier niet verdisconteerd. Met behulp van methoden uit HARMONOISE zijn de effecten van dubbele diffractieranden bepaald en vervolgens geverifieerd met BEM-PE rekenmodellen. De uitkomsten bleken goed overeen te komen.

Omdat het effect niet zondermeer toepasbaar is in de Meakawa-formules is gekozen om het effect van een middenbermscherm op de volgende wijze in rekening te brengen. Per rijlijn wordt het effect bepaald van het scherm in de zijberm of een ander afschermend object naast de weg. Voor de rijlijnen die tussen een geluidscherm in de middenberm en het en het afschermdende object naast de weg zijn gesitueerd, wordt ook de reflectie tegen het middenbermscherm in rekening gebracht. Voor de rijlijnen die, gezien vanuit het afschermdende object naast de weg, achter het middenbermscherm liggen wordt een octaafbandafhankelijke correctie toegepast C_{mbs} op de schermwerking van het object naast de weg.

C_{mbs} wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald. De toetsing of een afschermdende object in de middenberm voldoet aan de voorwaarden zoals in hoofdstuk 6 wordt beschreven, wordt eveneens per bron-waarnempunt-pad uitgevoerd.

Onderscheiden gebieden

Er wordt een drietal gebieden onderscheiden. De schermwerking van het middenbermscherm in gebied A wordt met de bestaande formules van hoofdstuk 2 berekend, met uitzondering van de correctie voor een schermtop en de profielafhankelijke correctie. Voor gebied B is de schermwerking afhankelijk van de hoek tussen de lijnen over beide schermen en de situatie van de lijn van bron naar waarnemer. Voor gebied C geldt een constante waarde die ook afhankelijk is van de van de hoek tussen de lijnen over beide schermen.

8.6 Rekenregel diffractor

Een diffractor is een nieuw type overdrachtsmaatregel dat op een andere manier werkt dan een geluidscherm. Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaard rekenmethode.

Op basis van de schermwerkingsformules uit hoofdstuk 2 wordt een schaduwzone berekend waarbinnen de diffractor effect heeft. Daarbij kan een diffractor een aanvullend effect geven ten opzichte van alleen een scherm mits de top van het maatgevend scherm zich in de schaduwzone bevindt. Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 is de methode iets gewijzigd. Het gebied waar het diffractor effect heeft is iets groter geworden. De schaduwzone is nu met maximaal 2 meter opgehoogd. De aanleiding is dat op relatief korte afstand (ca 20 meter uit de bron) de schaduwzone erg laag was. Om meer overeenstemming te krijgen met metingen is het effect hier opgehoogd. Voor 1000 Hz en lager is wordt de schaduwzone met lineair met 2 meter opgehoogd tussen de 5 en 20 meter uit de bron. Voor 2000 Hz en hoger gaat dat geleidelijk tussen de 5 en 35 meter uit de bron.

Het totale effect van de diffractor is afhankelijk van de afstand van het bronpunt tot de diffractor en van de absorptiefractie van de bodem vlak voor en na de diffractor. Het diffractoreffect wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald.

De rekenregel voorziet in een methode om de akoestische eigenschappen van de diffractor vast te stellen met geluidoverdrachtmetingen. Deze ingemeten eigenschappen worden gebruikt in de formules van de rekenregel. De meetmethode maakt gebruik van een kunstmatige bron waarbij een vergelijking wordt gemaakt tussen een afgedekte diffractor om een harde bodem te simuleren en een niet afgedekte diffractor. Om te controleren of de afdekking geschikt is en of er geen andere neveneffecten worden gemeten wordt eerst de meetopstelling van de afgedekte diffractor vergeleken met een volledig harde, vlakke bodem. Uiteindelijk wordt per 1/3 octaafband een diffractoreffect gemeten. Omdat het rekenvoorschrift uitgaat van emissie en overdracht in octaafbanden worden deze 1/3 octaafband waarden omgerekend naar hele octaafbanden. Hierbij wordt rekening gehouden met het standaard geluidspectrum voor wegverkeer uit NEN-EN 1793-3.

8.7. Lijst van definities

symbool	eenheid	omschrijving	paragraaf
$\underline{a}$	=	geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	2.11
$\underline{a}$	dB(A)	emissiekental	2.4
$\underline{\beta}$	dB(A)	emissiekental	2.4
$\underline{\delta}_{lucht}$	dB/m	de luchtdempingscoëfficiënt	2.7
$\underline{\delta}_{refl}$	dB(A)	de niveaureductie ten gevolge van één reflectie	2.11
$\underline{\varepsilon}$	m	akoestische omweg	2.10
$\underline{\sigma}_m$	dB(A)	verschil bij referentiesnelheid v_0	1.5; 4.5
$\underline{\sigma}_{m,i}$	dB(A)	verschil voor een oktaafband bij de referentiesnelheid v_0	2.4; 4.5
$\underline{\phi}$	°	de openingshoek van de sector	2.6
$\underline{\phi}$	°	de gemiddelde hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindinglijn tussen het waarneempunt en de weg	3.3
$\underline{\theta}$	°	de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment	2.6
$\underline{\gamma}$	=	functies die gebruikt worden om de bodemdemping te berekenen	2.8
$\underline{a}$	m	de afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel	1.6; 2.5
$\underline{B}$	=	de bodemfactor	1.9
$\underline{B}_b$	=	de absorptiefractie van het brongebied	2.8

<u>B_m</u>	=	<u>de absorptiefraction van het middengebied</u>	<u>2.8</u>
<u>B_w</u>	=	<u>de absorptiefraction van het waarneembied</u>	<u>2.8</u>
<u>b_m</u>	<u>dB(A)</u>	<u>snelheidsindex per decade snelheidstoename</u>	<u>1.5; 2.4; 5.1</u>
<u>C_H</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de hellingscorrectie</u>	<u>2.4</u>
<u>$C_{kruispunt}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de correctie wegens een kruispunt</u>	<u>1.6</u>
<u>C_M</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de meteocorrectieterm</u>	<u>2.9</u>
<u>C_{de}</u>		<u>de meteocorrectieterm voor de dag en avond periode</u>	<u>2.9</u>
<u>C_n</u>		<u>de meteocorrectieterm voor de nachtperiode</u>	<u>2.9</u>
<u>$C_{obstakel}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de correctie wegens een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt</u>	<u>1.6</u>
<u>C_{optrek}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>correctieterm in verband met eventuele met verkeerslichten geregelde kruisingen van wegen, of in verband met obstakels in de weg die de gemiddelde snelheid sterk verlagen</u>	<u>1.4; 1.6</u>
<u>C_p</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de profielafhankelijke correctieterm</u>	<u>2.10</u>
<u>$C_{reflectie}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>correctieterm in verband met eventuele reflecties tegen bebouwing of andere verticale vlakken</u>	<u>1.4; 1.7</u>
<u>C_T</u>	<u>dB(A)</u>	<u>correctieterm vanwege een schermtop</u>	<u>2.10; 6.1; 6.2</u>
<u>$C_{temp,licht}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>temperatuurcorrectie voor lichte motorvoertuigen</u>	<u>5.4</u>
<u>$C_{temp,zwaar}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>temperatuurcorrectie voor (middel)zware motorvoertuigen</u>	<u>5.4</u>
<u>C_{wegdek}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de wegdekcorrectie</u>	<u>1.5; 2.4; 5.1; 5.3</u>
<u>95% c.i.</u>	<u>dB(A)</u>	<u>95%-confidentie-interval van een SPB-meting</u>	<u>5.4</u>
<u>$D_{afstand}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>term die de verzwakking als gevolg van de afstand in rekening brengt</u>	<u>1.4; 1.8</u>
<u>D_{bodem}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>term die de verzwakking als gevolg van het bodemeffect in rekening brengt</u>	<u>1.4; 1.9</u>
<u>D_{lucht}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>term die de verzwakking als gevolg van luchtdemping in</u>	<u>1.4; 1.9</u>

		<u>rekening brengt</u>	
<u>DL_R</u>	<u>dB(A)</u>	<u>niveaureductie door geluidsisolatie</u>	<u>6.1</u>
<u>DL_a</u>	<u>dB(A)</u>	<u>niveaureductie door geluidsabsorptie</u>	<u>6.1</u>
<u>D_{meteo}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>term die het verschil tussen de meteorologisch gemiddelde geluidsoverdracht en de als referentie genomen meewindsituatie in rekening brengt</u>	<u>1.4</u>
<u>d</u>	<u>m</u>	<u>horizontale afstand tussen waarneempunt en rijlijn</u>	<u>1.1</u>
<u>d_C</u>	<u>m</u>	<u>verticale afstand tussen de kromme C en de ontvanger</u>	<u>6.2</u>
<u>d_r</u>	<u>m</u>	<u>horizontale afstand van reflectievlak tot de dichtst bij de waarneempunt gelegen rijlijn</u>	<u>1.7</u>
<u>d_w</u>	<u>m</u>	<u>horizontale afstand tot de meest nabij gelegen rijlijn</u>	<u>1.7</u>
<u>E</u>		<u>emissiegetal</u>	<u>1.4; 1.5</u>
<u>ΔE</u>	<u>dB(A)</u>	<u>verschil in de geluidsemisatie tussen de maatgevende verkeerssituatie en de tijdens de meting optredende verkeerssituatie</u>	<u>3.1</u>
<u>E_{lv}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>emissiegetal van lichte motorvoertuigen</u>	<u>1.5</u>
<u>E_{maatg}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>het emissiegetal uitgaande van de maatgevende verkeersintensiteiten en -snelheden</u>	<u>3.1</u>
<u>E_{meting}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>het emissiegetal uitgaande van de verkeersintensiteiten en -snelheden optredende tijdens de meetperiode</u>	<u>3.1</u>
<u>E_{mv}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>emissiegetal van middelzware motorvoertuigen</u>	<u>1.5</u>
<u>E_{zv}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>emissiegetal van zware motorvoertuigen</u>	<u>1.5</u>
<u>f_{obj}</u>	<u>=</u>	<u>objectfractie</u>	<u>1.7</u>
<u>H</u>	<u>=</u>	<u>de effectiviteit van het scherm</u>	<u>2.10</u>
<u>h_b</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied</u>	<u>2.8; 2.9; 2.10; 3.1; 3.3; 3.5</u>
<u>h_e</u>	<u>m</u>	<u>de effectieve schermhoogte</u>	<u>2.10</u>
<u>h_T</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van de top van de afscherming t.o.v. het</u>	<u>2.10</u>

		<u>plaatselijke maaiveld</u>	
<u>h_w</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid</u>	<u>1.1; 1.9; 2.8; 2.9; 2.10; 3.1; 3.3; 3.5</u>
<u>h_{weg}</u>	<u>m</u>	<u>hoogte van wegdek t.o.v. maaiveld</u>	<u>1.1; 1.9</u>
<u>i</u>	<u>=</u>	<u>octaafbandindex</u>	<u>2.4; 2.10; 2.12</u>
<u>j</u>	<u>=</u>	<u>aanduiding van een sector</u>	<u>2.2; 2.12</u>
<u>K</u>	<u>=</u>	<u>het snijpunt van het scherm met de zichtlijn</u>	<u>2.10</u>
<u>L</u>	<u>=</u>	<u>het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt</u>	<u>2.10</u>
<u>lv</u>	<u>=</u>	<u>categorie lichte motorvoertuigen</u>	<u>art. 3.1</u>
<u>L_{Aeq}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>het equivalente geluidsniveau</u>	<u>1.1; 1.4; 2.2; 2.3; 3.1; 3.2</u>
<u>L'_{Aeq}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>het gemeten equivalente geluidsniveau</u>	<u>3.1; 3.4</u>
<u>$L_{Aeq,i}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>L_{Aeq} wegens de i-de rijlijn</u>	<u>1.4; 3.5</u>
<u>$L_{A,max}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>maximale A-gewogen geluidsniveau</u>	<u>5.4</u>
<u>ΔL_B</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de bodemdemping</u>	<u>2.2; 2.8</u>
<u>L_E</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de emissieterm</u>	<u>2.2; 2.4</u>
<u>$L_{eq,i}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>het A-gewogen equivalente geluidsniveau in octaafband i</u>	<u>2.12</u>
<u>$L_{eq,i,j,n,m}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>bijdrage aan het L_{Aeq} in 1 octaaf, van 1 sector, van 1 bronpunt en van 1 voertuigcategorie</u>	<u>2.2</u>
<u>ΔL_{GU}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de geometrische uitbreidingsterm</u>	<u>2.2; 2.6</u>
<u>$\Delta L_{kruispunt,m}$</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de toeslag wegens een kruispunt</u>	<u>2.5</u>
<u>ΔL_L</u>	<u>dB(A)</u>	<u>de luchtdemping</u>	<u>2.2; 2.7</u>
	<u>dB(A)</u>	<u>de toeslag wegens een situatie die de gemiddelde snelheid</u>	<u>2.5</u>

$\Delta L_{obstakel,m}$		sterk beperkt	
ΔL_{OP}	dB(A)	de optrektoeslag	2.2; 2.5
ΔL_{SW}	dB(A)	de schermwerking	2.2; 2.10
ΔL_R	dB(A)	de niveaureductie t.g.v. reflecties	2.2; 2.11
l_1 en l_2	=	begrenzingslijnen	1.1
m	=	voertuigcategorie	1.5; 2.2; 2.4
mv	=	categorie middelzware motorvoertuigen	art. 3.1
N	=	het aantal rijlijnen	1.4
N	=	het aantal metingen dat in een bepaalde situatie is vereist	3.5
N	=	het aantal bronpunten	2.2
N_f	=	het fresnelgetal	2.10
N_{refl}	=	het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	2.11
n	=	bronpunt	2.2; 2.12
n	=	aantal gemeten voertuigen	5.4
p	%	de som van het percentage mz en zv	1.6
p_h	%	het hellingspercentage van het wegvak	2.4
Q	h^{-1}	de gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie	1.5; 2.4
q	=	het type kruispunt	2.5
R_0	m	de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn	2.6; 2.7; 2.10
R	m	de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	2.8; 2.9; 2.10; 3.1; 3.3
R_B	m	de horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidsscherm	6.2

<u>R_L</u>	<u>m</u>	<u>de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW</u>	<u>2.10</u>
<u>R_T</u>	<u>m</u>	<u>de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW</u>	<u>2.10</u>
<u>R_W</u>	<u>m</u>	<u>de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm</u>	<u>2.10; 6.2</u>
<u>R_{BL}</u>	<u>m</u>	<u>de afstand tussen bron en geluidsscherm gemeten langs de kortste verbindinglijn</u>	<u>6.2</u>
<u>R_{WL}</u>	<u>m</u>	<u>de afstand tussen geluidsscherm en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn</u>	<u>6.2</u>
<u>r</u>	<u>m</u>	<u>de kortste afstand tussen waarneempunt en de rijlijn</u>	<u>1.1; 1.8; 1.9</u>
<u>r_{TW}</u>	<u>m</u>	<u>de horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger</u>	<u>6.2</u>
<u>S_b</u>	<u>=</u>	<u>de effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied</u>	<u>2.8; 2.10</u>
<u>S_w</u>	<u>=</u>	<u>de effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied</u>	<u>2.8; 2.10</u>
<u>T</u>	<u>°</u>	<u>de tophoek van het scherm</u>	<u>2.10</u>
<u>v</u>	<u>km/h</u>	<u>de gemiddelde snelheid van de voertuigcategorie</u>	<u>1.5; 2.4; 3.3; 5.1</u>
<u>v_o</u>	<u>km/h</u>	<u>de referentiesnelheid van de voertuigcategorie</u>	<u>1.5; 2.4; 5.1</u>
<u>W</u>	<u>=</u>	<u>waarneempunt/waarnemer</u>	<u>1.1; 2.10</u>
<u>Y</u>	<u>m</u>	<u>gedeelte van het wegdek dat in het brongebied bij bepaling van absorptiefractie altijd als akoestisch hard wordt gerekend</u>	<u>2.8</u>
<u>z_v</u>	<u>=</u>	<u>categorie zware motorvoertuigen</u>	<u>art. 3.1</u>
<u>z_o</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt</u>	<u>6.2</u>
<u>z_B</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van de bron t.o.v. het referentiepeil</u>	<u>2.10</u>
<u>z_C</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt</u>	<u>6.2</u>
<u>z_K</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) t.o.v. het referentiepeil</u>	<u>2.10</u>

<u>z_L</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde geluidsstraal) t.o.v. het referentiepeil</u>	<u>2.10</u>
<u>z_T</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van de top van de afscherming t.o.v. het referentiepeil</u>	<u>2.10; 6.2</u>
<u>z_W</u>	<u>m</u>	<u>de hoogte van het waarneempunt t.o.v. het referentiepeil</u>	<u>2.10; 6.2</u>

BIJLAGE IVe BIJ DE ARTIKELEN 3.2, EERSTE LID, ONDER C EN D, EN VIERDE LID, 3.12 EN 3.14 VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUID SPOORWEGEN)

Inhoud

1. ALGEMEEN

1.1 Begrippen

1.2 Spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

1.2.1 Bestaande spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

1.2.2 Nieuwe spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

2. DE EMISSIEGETALLEN PER OCTAAFBAND

2.1 Bronhoogten

2.2 Bovenbouw

2.3 Gegevens

2.4 Berekeningswijze

2.5 Emissie van betonnen en stalen kunstwerken

2.5.1 Betonnen kunstwerken

2.5.2 Stalen kunstwerken

2.6 Snelheden

2.7 Overstand

3. STANDAARDREKENMETHODE

3.1 Begrippen

3.2 De hoofdformule

3.3 Modellerings van de situatie

3.3.1 Bronlijnen

3.3.2 Bodemgesteldheid

3.3.3 Hoogteverschillen in bodem

3.3.4 Standaard talud

3.3.5 Overwegen

3.3.6 Tunnelbakken

3.3.7 Geluidsschermen en afschermende objecten

3.3.8 Perrons

3.3.9 Kunstwerken

3.3.10 Geluidsabsorberende uitvoering

3.3.11 Reflecties

3.4 De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{gu}

3.5 De overdrachtsverzwakking ΔL_{od}

3.5.1 De luchtdemping D_L

3.5.2 De bodemdemping D_B

3.5.3 De meteocorrectieterm C_M

3.6 De schermwerking ΔL_{sw}

3.7 Bepaling spoorspecifieke absorptie

3.8 Bepaling spoorspecifieke geluidisolatie

3.9 De niveaureductie ten gevolge van reflecties L_R

3.10 Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

4. MEETMETHODEN

4.1 Standaardmeetmethode

4.1.1 Voorwaarden eenvoudige methode

4.1.2 Werkwijze eenvoudige methode

4.1.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

4.2 Methode voor meting en modellering van stalen kunstwerken

4.2.1 Inleiding

4.2.2 Geluidemissietoelag

4.2.3 Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid

4.2.4 Meettechnische bepaling van de geluidemissietoelag

4.2.5 Modellering in de standaardrekenmethode

4.3 Meetmethode emissies en spoorconstructies trams

4.3.1 Indeling in een bestaande categorie, procedure A

4.3.2 Bepaling emissiekentallen trammaterieel, procedure B

4.3.3 Bepaling bovenbouwcorrectie, procedure C

5. TOELICHTING BIJLAGE 2

5.1 Algemeen

5.2 Begrippen

5.3	Spoorvoertuigcategorieën
5.4	Emissiegetallen (hoofdstuk 2)
5.4.1	Effect van spoorstaafruwheidsbeheersing
5.4.2	Toeslag voor kunstwerken
5.5	Standaardrekenmethode (hoofdstuk 3)
5.6	Meetmethode (hoofdstuk 4)

1. Algemeen

1.1. Begrippen

In deze bijlage wordt verstaan onder:

- etmaalperiode: gedeelte van een etmaal, waarover het equivalent geluidsniveau wordt bepaald;
- rekeneenheid: locomotief, treinstel, rijtuig of wagen, als deze deel uitmaakt van het spoorvoertuigtype;
- verkeersintensiteit: het aantal rekeneenheden van een spoorvoertuigtype dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, op een bepaald emissietraject passeert.

1.2. Spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

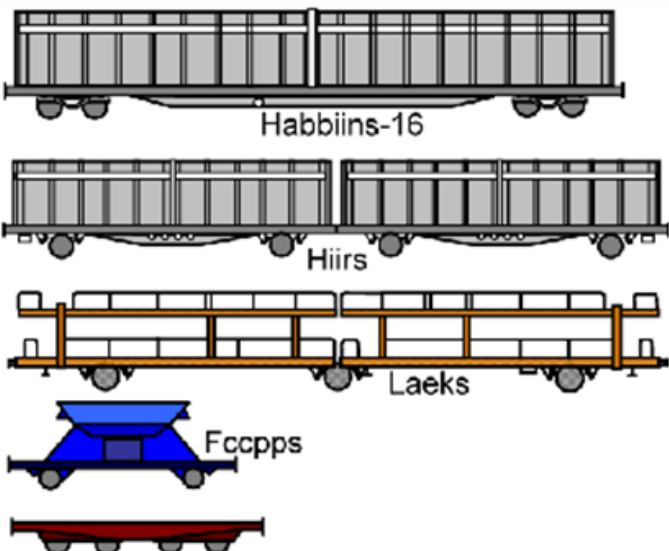
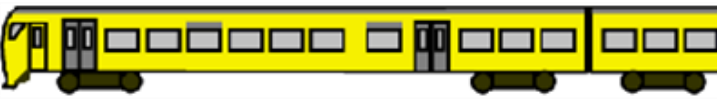
1.2.1. Bestaande spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

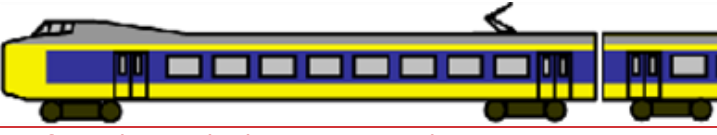
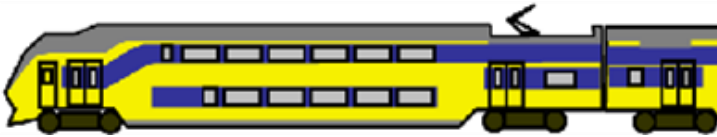
Alle spoorvoertuigtypen worden ingedeeld in een spoorvoertuigcategorie. De spoorvoertuigtypen die op de Nederlandse spoorweginfrastructuur rijden, zijn ingedeeld in de in onderstaande tabel opgenomen elf spoorvoertuigcategorieën. De indeling is vooral gebaseerd op verschillen in type aandrijving en wielremsysteem.

De in deze bijlage gehanteerde emissie is gekoppeld aan een rekeneenheid van een spoorvoertuigcategorie. De onderstaande tabel geeft het aantal rekeneenheden van een bepaalde samenstelling van een spoorvoertuig aan. In het algemeen valt een rekeneenheid samen met een locomotief of spoorwegrijtuig. Voor verschillende spoorvoertuigen is dat niet het geval. In het geval van hogesnelheidsmaterieel wordt een totale trein opgevat als één rekeneenheid.

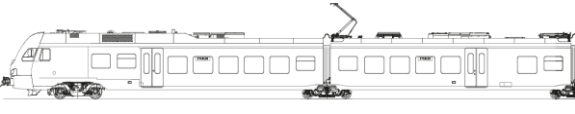
Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoond e lengte
1	Spoorvoertuigcategorie 1: blokgeremd reizigersmaterieel: – elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend gietijzeren blokremmen met de bijbehorende locomotieven: treinstellen van Materieel '64.		-	-
	Mat'64		2	52 m
2	Spoorvoertuigcategorie 2: schijf+blokgeremd reizigersmaterieel – elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde gietijzeren blokremmen: het intercitymaterieel van het type ICM III, ICR en DDM-1.		-	-

Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoond e lengte
	<u>ICM III</u>	 ICM-III met blokremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.	<u>2</u>	<u>54 m</u>
	<u>ICR</u>	 De categorie-indeling hangt af van het remsysteem. Als de toegevoegde blokkenrem is afgeschakeld is het categorie 8, als deze rem met alternatieve (LL-)blokken is uitgevoerd is het categorie 3 en als deze rem met gietijzeren blokken is uitgevoerd is het categorie 2.	<u>2</u>	<u>53 m</u>
	<u>ICR(B NL)</u>	 De categorie-indeling hangt af van het remsysteem. Als de toegevoegde blokkenrem is afgeschakeld is het categorie 8, als deze rem met alternatieve (LL-)blokken is uitgevoerd is het categorie 3 en als deze rem met gietijzeren blokken is uitgevoerd is het categorie 2.	<u>2</u>	<u>53 m</u>
	<u>DDM-1</u>	 Heeft toegevoegde blokkenrem. Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-2/3 die in categorie 8 is ingedeeld. Altijd met locomotief.	<u>2</u>	<u>52 m</u>
3	<u>Spoorvoertuigcategorie 3: schijf+blokgeremd elektrisch materieel:</u> – elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen en met motorgeluid: het stadsgewestelijk materieel (SGM-II/III); – elektrische locomotieven, zoals de series 1600, 1700 en 1800; – elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-)blokkenremmen: bijvoorbeeld het intercitymaterieel van het type ICR; – de Utrechtse sneltram (SUNIJ).		-	-
	<u>SGM</u>		<u>2</u>	<u>52 m</u>
	<u>SUNIJ</u>	 Er zijn 2 geledingen per rekeneenheid.	<u>1</u>	<u>29 m</u>

Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoond e lengte
4	Spoorvoertuigcategorie 4: goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen: – alle typen goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen.		-	-
	Goederen	 De categorie van goederenwagens hangt van het remsysteem af. Wagens met gietijzeren blokken vallen in categorie 4. Wagens met alternatieve (K- of LL-) blokkenrem of schijfremmen vallen in categorie 11. Sommige goederenwagens, zoals Hiirs en Laeks, hebben geledingen. Gelede goederenwagens lijken aparte wagens, maar rijden onder slechts één wagennummer en tellen als 1 rekeneenheid.	<u>1</u> <u>1</u> <u>1</u> <u>1</u> <u>1</u>	Variabel Vlootgemiddelde is cira 15 m
5	Spoorvoertuigcategorie 5: blokgeremd dieselmaterieel: – diesel-elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend blokremmen met de bijbehorende locomotieven: de treinstellen van het type DE-I/II/III; – diesel-elektrische locomotieven, behalve de DE-6400.		-	-
6	Spoorvoertuigcategorie 6: schijfgeremd dieselmaterieel: – dieselhydraulisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen en met motorgeluid: de Wadloper (DH), de Buffel (DM'90) – de diesel-elektrische locomotief DE-6400		-	-
	DM'90 Buffel		<u>2</u>	<u>52 m</u>
7	Spoorvoertuigcategorie 7: schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel: – metro- en sneltrammaterieel van de GVB en de RET – HSG3, RSG3- en SG3-materieel (Randstadrail) Scharnierende geledingen met 3 of 4 draaistellen zijn 1 eenheid.		-	-
	HSG3, RSG3		<u>1</u>	<u>43 m</u>

Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoonde lengte
	en SG3			
8	Spoorvoertuigcategorie 8: schijfgeremd reizigersmaterieel: – elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen: de typen ICM III, ICM IV, vIRM-IV/VI, DDM-2/3, ICK, Protos, GTW-EMU, FLIRT; – elektrisch reizigersmaterieel met afgeschakelde blokremmen (aangepaste ICR); – dieselelektrisch lightrailmaterieel: De Lint, Talent, GTW-DMU;		-	-
	ICM III	 <u>ICM-III met uitsluitend schijfremmen.</u> <u>Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.</u>	2	54 m
	ICM-IV	 <u>Heeft 4 rekeneenheden per treinstel</u>	2	54 m
	IRM		2	54 m
	DDM-2/3	 <u>Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-1 die in categorie 2 is ingedeeld. Rijdt meestal met motorbak mDDM in plaats van locomotief.</u>	2	52 m
	Protos		2	53 m
	GTW2/8	 <u>Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.</u>	3	56 m
	GTW2/6		2	41 m

Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoonde lengte
		<u>Aantal rekeneenheden $\neq$ aantal geledingen.</u>		
	<u>Lint</u>		<u>2</u>	<u>42 m</u>
9	<u>Spoorvoertuigcategorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel:</u> – elektrisch hogesnelheidsmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde blokremmen op de motorwagens: de treinstellen van het type Thalys; – elektrisch hogesnelheidsmaterieel van het type ICE-3 en Eurostar.		-	-
	<u>V250</u>	 <u>Een V250 (Albatros) bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</u>	<u>0,25</u>	<u>52 m</u>
	<u>ICE</u>	 <u>Een ICE bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</u>	<u>0,25</u>	
	<u>Thalys</u>	 <u>Een Thalys bestaat uit 10 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (200 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</u>	<u>0,30</u>	<u>51 m</u>
	<u>Eurostar</u>	 <u>Een Eurostar bestaat uit 16 geledingen en telt als 2 rekeneenheden (402 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen</u>	<u>0,25</u>	<u>63 m</u>
10	<u>Spoorvoertuigcategorie 10: lightrailmaterieel:</u> – lightrailmaterieel van het type A32 en de Regio Citadis; – andere typen schijf en/of magneetgeremd lightrailmaterieel met de volgende kenmerken: aslast kleiner dan 10 ton, geveerde wielen met een doorsnede kleiner dan 700 mm, afscherming van wielen en rails door lage vloer en vergelijkbare asdichtheid als A32 materieel.		-	-

Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoonde lengte
	<u>A32</u>	 <u>Let op: aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen</u>	<u>2</u>	<u>30 m</u>
	<u>Regio Citadis</u>		<u>3</u>	<u>38 m</u>
1 1	<u>Spoorvoertuigcategorie 11: goederenmaterieel met alternatieve blokremmen (K- of LL-blokken):</u> – alle typen goederenmaterieel met alternatieve (K- of LL-) blokremmen. Voor figuren: zie bij categorie 4.		-	-
1 2	<u>Spoorvoertuigcategorie 12: schijfgeremd stil reizigersmaterieel:</u> – elektrisch reizigersmaterieel met uitsluitend schijfremmen: de typen SLT			
	<u>SLT-S100</u>	 <u>Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 6 rekeneenheden.</u>	<u>3</u>	<u>50 m</u>
	<u>SLT-S70</u>	 <u>Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 4 rekeneenheden.</u>	<u>2</u>	<u>35 m</u>
	<u>FLIRT</u>		<u>2</u>	<u>42m</u>
	<u>SNG</u>			
1 3	<u>Trams</u>			

1.2.2. Nieuwe spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

Van de in paragraaf 1.2.1 met naam genoemde spoorvoertuigtypen in de categorieën 1 tot en met 13 zijn de emissiekenmerken in het verleden vastgesteld. Deze indeling is gebaseerd op type aandrijving en remsysteem.

De emissiekenmerken van een nieuw spoorvoertuigtype of een nieuwe spoorwegconstructie worden bepaald door middel van een meting.

Bij wijzigingen aan deze spoorvoertuigtypen of bij het beschikbaar komen van nieuwe spoorvoertuigtypen gelden de volgende regels:

1. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer etc.) plaatsvindt waarbij het type aandrijving en het type remsysteem niet wijzigt: dit spoorvoertuigtype wordt in dezelfde spoorvoertuigcategorie ingedeeld als waarin het voor de modificatie was geplaatst.
2. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer etc.) plaatsvindt waarbij het aandrijf- en/of remsysteem wel is gewijzigd: met procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 wordt getoetst of het spoorvoertuigtype kan worden ingedeeld in een bestaande categorie.
3. Als toepassing van procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 niet leidt tot een indeling in een bestaande categorie: met procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 worden nieuwe emissiekentallen voor het spoorvoertuigtype vastgesteld.

Bij het bepalen van de correctieterm van een nieuw type bovenbouwconstructie wordt van procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 gebruikt.

Een andere meetmethode dan opgenomen in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toegestaan als aannemelijk is gemaakt dat die andere meetmethode in die situatie ten minste gelijkwaardig is aan de in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschreven methoden.

Voor trams is een aparte meetmethode vastgesteld voor het bepalen van emissiekentallen en correctiewaarden voor de spoorwegconstructie. Deze zijn opgenomen in hoofdstuk 4.3.

2. De emissiegetallen per octaafband

2.1. Bronhoogten

De bepaling van de emissiegetallen per octaafband vindt plaats op 5 verschillende bronhoogten, te weten:

- op de hoogte van de bovenkant van het spoor (het emissiegetal L_E^{bs});
- een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal L_E^{as});
- een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal L_E^{2m});
- een hoogte van 4,0 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal L_E^{4m});
- een hoogte van 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (het emissiegetal L_E^{5m}).

2.2. Bovenbouw

Bovenbouwconstructies

Het emissietraject wordt als volgt getypeerd naar bovenbouwconstructie en baangesteldheid:

- baan op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index $bb = 1$);
- baan op houten of zigzag betonnen dwarsliggers in ballastbed (index $bb = 2$);
- baan met ballastbed met niet doorgelaste spoorstaven, spoorstaafonderbreking of wissels (index $bb = 3$);
- baan met blokkenspoor (index $bb = 4$);
- baan met blokkenspoor en ballastbed (index $bb = 5$);
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging (index $bb = 6$);
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging en ballastbed (index $bb = 7$);
- baan met ingegoten spoorstaaf (index $bb = 8$);
- baan met directe railbevestiging op een onderheide betonplaat voor metro- en sneltrammaterieel (index $bb = 9$);
- baan met raildempers op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index $bb = 10$);
- baan met HSL-Rhedaspoor (index $bb = 11$);
- baan met HSL-Rhedaspoor en raildempers (index $bb = 12$);

- baan bij overweg.
- trambaan in asfalt (index $bb=13$);
- trambaan in gras (index $bb=14$);

Spoorconditie

De conditie van het spoor wordt in rekening gebracht via de term spoorconditie. In deze term is het effect van spoorstaafonderbrekingen en de spoorstaafrouwheid opgenomen.

Spoorstaafonderbrekingen en wissels

Bij de bepaling van de emissiegetallen wordt onderscheid gemaakt naar de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen op het emissietraject:

- voegloze spoorstaaf (doorgelast) met of zonder voegloze wissels en kruisingen (index $m = 1$);
- niet doorgelaste spoorstaaf (=voegenspoorstaaf) ($m = 2$);
- wissels ($m = 3$).

Wissels worden direct gemodelleerd met de werkelijke lengte. Bij de modellering van een wissel kan het worden opgesplitst in meerdere delen. De bovenbouwcorrectie wordt bepaald aan de hand van het type wissel: 'voegloos'/'intern-voegloos'/'niet-voegloos':

- een voegloos wissel krijgt de bovenbouwcode die hoort bij het type dwarsligger;
- een intern-voegloos/niet-voegloos wissel krijgt bovenbouwcode $bb = 3$;
- voor een intern-voegloos wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld één voeg heeft;
- voor een niet-voegloos wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld drie voegen heeft;
- het aantal voegen gedeeld door de totale lengte van het wissel levert de informatie om de stootgeluidcorrectie te bepalen (de factor f_m voor toepassing in formule 2.3c);

Spoorstaafrouwheid

Ten slotte is het mogelijk om rekening te houden met situaties waarbij structureel sprake is van een fors afwijkende spoorstaafrouwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor de Standaardrekenmethode 2 in deze bijlage. Dit is met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidreducerende effecten in de berekening te verwerken van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafrouwheid (door bijvoorbeeld intensief onderhoud of akoestisch slijpen).

2.3. Gegevens

Voor de berekening van de emissiegetallen per octaafband zijn de volgende gegevens nodig:

$Q_{p,c}$: het gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel p van de betrokken spoorvoertuigcategorie c [h^{-1}];

$Q_{p,r,c}$: het gemiddelde aantal eenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel p van de betrokken spoorvoertuigcategorie c waarvan het remsysteem is ingeschakeld [h^{-1}];

$v_{p,c}$: de gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen met snelheidsprofiel p van de betrokken spoorvoertuigcategorie c [kmh^{-1}];

p : snelheidsprofiel: doorgaand (d) en stoppend (s);

bb : het type bovenbouwconstructie/baangesteldheid [-];

m : aanduiding van de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen [-].

2.4. Berekeningswijze

De berekening verloopt als volgt:

$$L_{E,i}^{bs} = 10 \lg \left(\sum_{p=d,s} \sum_{c=1}^{13} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{bs} + C_{bb,i,c}^{bs} + C_{spoorconditie,i,c,m}}{10}} \right) \quad (2.1a)$$

$$L_{E,i}^{as} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=1}^{13} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{as} + C_{bb,i,c}^{as} + C_{spoorconditie,i,c,m}}{10}} + \sum_{c=1}^{13} 10^{\frac{E_{rem,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=3,5,6} 10^{\frac{E_{motor,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{aero,p,i,c}^{as}}{10}} \right) \quad (2.1b)$$

$$L_{E,i}^{2m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{E_{aero,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{koeling,p,i,c}}{10}} \right) \quad (2.1c)$$

$$L_{E,i}^{4m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{aero,p,i,c}-3)}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{koeling,p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1d)$$

$$L_{E,i}^{5m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{aero,p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1e)$$

Voor categorie 1, 2, 3, 6, 7, 8 en 12 is

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - 1$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - 7$$

Voor categorie 4, 5 en 11 is

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - 3$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - 3$$

Voor categorie 9 is

$$W = -3,2 - 1,5 \arctan \frac{v - 200}{50}$$

$$E_{p,i,9}^{bs} = E_{p,i,9} + W$$

$$E_{p,i,9}^{as} = E_{p,i,9} + 10 \lg(1 - 10^{W/10})$$

Voor categorie 10 is

$$E_{p,i,10}^{bs} = E_{p,i,10-bs}$$

$$E_{p,i,10}^{as} = E_{p,i,10-as}$$

met

$$E_{p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2a)$$

$$E_{rem,p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,r,c} + 10 \lg Q_{p,r,c} + C_{rem,i,c} \quad (2.2b)$$

en voor c = 3, 5, 6

$$E_{motor,p,i,c} = a_{motor,i,c} + b_{motor,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2c)$$

en voor c = 9

$$E_{koeling,p,i,c} = a_{koeling,i,c} + b_{koeling,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2d)$$

$$E_{\text{aero},p,i,c} = a_{\text{aero},i,c} + b_{\text{aero},i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2e)$$

Voor categorie 13 is

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c}$$

De waarden van de emissiekentallen a_c en b_c zijn gegeven in tabellen tabel 2.1 en tabel 2.2.

Tabel 2.1 Emissiekentallen a_c en b_c als functie van spoorvoertuigcategorie $c=1$ t/m 13 en octaafbandindex (i).

categorie	kental	octaafbandindex i met middenfrequentie in [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k Hz
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	a	20	55	86	86	46	33	40	29
	b	19	8	0	3	26	32	25	24
2	a	51	76	91	84	46	15	24	36
	b	5	0	0	7	26	41	33	20
3	$a, v < 60$	54	50	66	86	68	68	45	15
	$v \geq 60$	36	15	66	68	51	51	27	-3
	$b, v < 60$	0	10	10	0	10	10	20	20
	$v \geq 60$	10	30	10	10	20	20	30	30
3 motor	$a, v < 60$	72	88	85	51	62	54	25	15
	$v \geq 60$	72	35	50	68	9	71	7	-3
	$b, v < 60$	-10	-10	0	20	10	20	30	30
	$v \geq 60$	-10	20	20	10	40	10	40	40
4	a	30	74	91	72	49	36	52	52
	b	15	0	0	12	25	31	20	13
5	$a, v < 60$	41	90	89	76	59	58	51	40
	$v \geq 60$	41	72	89	94	76	58	51	40
	$b, v < 60$	10	-10	0	10	20	20	20	20
	$v \geq 60$	10	0	0	0	10	20	20	20
5 motor	a	88	95	107	113	109	104	98	91
	b	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
6	$a, v < 60$	54	50	66	86	68	68	45	39
	$v \geq 60$	36	15	66	68	51	51	27	21
	$b, v < 60$	0	10	10	0	10	10	20	20
	$v \geq 60$	10	30	10	10	20	20	30	30
6 motor	$a, v < 60$	72	88	85	51	62	54	25	15
	$v \geq 60$	72	35	50	68	9	71	7	-3
	$b, v < 60$	-10	-10	0	20	10	20	30	30
	$v \geq 60$	-10	20	20	10	40	10	40	40
7	a	56	62	53	57	37	36	41	38
	b	2	7	18	18	31	30	25	23

<u>8</u>	<u>a</u>	<u>31</u>	<u>62</u>	<u>87</u>	<u>81</u>	<u>55</u>	<u>35</u>	<u>39</u>	<u>35</u>
	<u>b</u>	<u>15</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>6</u>	<u>19</u>	<u>28</u>	<u>23</u>	<u>19</u>
<u>9</u>	<u>a,</u> <u>v<120</u> <u>v≥120</u>	<u>56</u> <u>38</u>	<u>78</u> <u>69</u>	<u>100</u> <u>92</u>	<u>106</u> <u>87</u>	<u>75</u> <u>62</u>	<u>73</u> <u>43</u>	<u>88</u> <u>48</u>	<u>58</u> <u>46</u>
	<u>b,</u> <u>v<120</u> <u>v≥120</u>	<u>5</u> <u>15</u>	<u>1</u> <u>5</u>	<u>-4</u> <u>0</u>	<u>-4</u> <u>6</u>	<u>13</u> <u>19</u>	<u>13</u> <u>28</u>	<u>3</u> <u>23</u>	<u>16</u> <u>19</u>
<u>9</u> <u>koeling</u>	<u>a</u>	<u>54</u>	<u>69</u>	<u>79</u>	<u>84</u>	<u>84</u>	<u>83</u>	<u>82</u>	<u>78</u>
	<u>b</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>9</u> <u>aero</u>	<u>a</u>	<u>-45</u>	<u>-35</u>	<u>-27</u>	<u>-25</u>	<u>-26</u>	<u>-25</u>	<u>-25</u>	<u>-30</u>
	<u>b</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>	<u>50</u>
<u>10-bs</u>	<u>a</u>	<u>7</u>	<u>50</u>	<u>62</u>	<u>69</u>	<u>42</u>	<u>43</u>	<u>30</u>	<u>14</u>
	<u>b</u>	<u>20</u>	<u>10</u>	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>24</u>	<u>23</u>	<u>25</u>	<u>28</u>
<u>10-as</u>	<u>a</u>	<u>25</u>	<u>78</u>	<u>51</u>	<u>39</u>	<u>29</u>	<u>26</u>	<u>25</u>	<u>18</u>
	<u>b</u>	<u>13</u>	<u>-8</u>	<u>9</u>	<u>20</u>	<u>25</u>	<u>29</u>	<u>31</u>	<u>28</u>
<u>11</u>	<u>a</u>	<u>57</u>	<u>30</u>	<u>59</u>	<u>71</u>	<u>45</u>	<u>66</u>	<u>22</u>	<u>18</u>
	<u>b</u>	<u>0</u>	<u>24</u>	<u>16</u>	<u>10</u>	<u>24</u>	<u>14</u>	<u>34</u>	<u>32</u>
<u>12</u>	<u>a</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>
	<u>b</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>
<u>13</u>	<u>a</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>
	<u>b</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>	<u>Pm</u>

$C_{rem,i,c}$ wordt bepaald volgens tabel 2.2.

Tabel 2.2 De remgeluid-correctieterm $C_{rem,i,c}$ als functie van de spoorvoertuigcategorie (c) en octaafbandindex (i).

<u>octaafband</u> <u>index i</u>	<u>$C_{rem,i,c}$</u>				
	<u>c = 1, 4, 5</u>	<u>c = 2</u>	<u>c = 7</u>	<u>c = 3, 6, 8, 9, 11,12,</u> <u>13</u>	<u>c = 10</u>
<u>1</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>-8</u>	<u>-20</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>-7</u>	<u>-20</u>	<u>-1</u>
<u>3</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>0</u>
<u>4</u>	<u>-2</u>	<u>0</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>2</u>
<u>5</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>5</u>
<u>6</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>4</u>
<u>7</u>	<u>8</u>	<u>5</u>	<u>-20</u>	<u>-20</u>	<u>4</u>
<u>8</u>	<u>9</u>	<u>5</u>	<u>-5</u>	<u>-20</u>	<u>3</u>

De bovenbouwcorrectietermen $C_{bb,i,c}^{bs}$ en $C_{bb,i,c}^{as}$ brengen het effect van verschillende

baanconstructies in rekening op twee bronhoogten. Daarbij is een spoorstaafruwheid zoals gemiddeld in Nederland optreedt het uitgangspunt. De bovenbouwcorrectietermen zijn als volgt gedefinieerd:

$$C_{bb,i,c}^{bs} = C_{bb,i}$$

$$C_{bb,i,c}^{as} = \begin{cases} C_{bb,i} & \text{voor } c \neq 9 \\ 0 & \text{voor } c = 9 \end{cases} \quad (2.3a)$$

De waarde voor de bovenbouwcorrectieterm voor verschillende bovenbouwconstructies is gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Correctieterm $C_{bb,i}$ als functie van bovenbouwconstructie/baangesteldheid (bb) en octaafbandindex (i).

$C_{bb,i}$	Octaafbandindex (i)							
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
bb=1	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
bb=2	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
bb=3	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>7</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
bb=4	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	<u>10</u>	<u>8</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>0</u>
bb=5	<u>6</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
bb=6	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>-1</u>	<u>3</u>	<u>7</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
bb=7	<u>6</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
bb=8	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
bb=9	<u>7</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>7</u>	<u>9</u>	<u>5</u>	<u>1</u>
bb=10	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	<u>-2</u>	<u>-4</u>	<u>-3</u>	<u>-2</u>	<u>-1</u>
bb=11	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>0</u>
bb=12	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>-2</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>-5</u>	<u>-3</u>	<u>-4</u>
bb=13	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
bb=14	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm

De invloed van de conditie van het spoor op de geluidemissie wordt in rekening gebracht met de term $C_{\text{spoorconditie},i,c,m}$. Hiermee wordt het effect beschreven van eventuele voegen in het spoor of van een spoorstaafruwheid die sterk afwijkt van het Nederlands gemiddelde. Voor de bepaling van deze term wordt formule (3.3b) of (3.3c) gebruikt, afhankelijk van de mate van spooronderbreking:

$$C_{\text{spoorconditie},i,c,1} = C_{\text{ruwheid},i,c} \text{ voor } m = 1 \quad (2.3b)$$

of

$$C_{\text{spoorconditie},i,c,m} = 10 \lg(1 + f_m A_i) \text{ voor } m = 2, 3 \text{ of } 4 \quad (2.3c)$$

Voor voegend spoor en voegende wissels zijn de waarden voor f_m en A_i in onderstaande tabellen opgenomen. De lengte van het wissel (in de tabel genoemd 'lengte wissel') wordt bepaald door de totale lengte van het wissel (van de voorlas tot de achterlas) en niet de lengte van het gemodelleerde wisselgedeelte.

Tabel 2.4 Waarden voor de factor f_m (als m ongelijk is aan 1).

omschrijving	m	f_m
voegenspoor	<u>2</u>	<u>1/30</u>
intern-voegloos wissel	<u>3</u>	<u>1/lengte wissel</u>
niet-voegloos wissel	<u>4</u>	<u>3/lengte wissel</u>

Tabel 2.5 Kental voor stootgeluidemissie A_i als functie van octaafbandindex (i).

octaafbandindex i	A_i
<u>1</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>40</u>
<u>3</u>	<u>20</u>
<u>4</u>	<u>3</u>
<u>5, 6, 7, 8</u>	<u>0</u>

De extra geluidemissie van ruwe spoorstaven of de geluidsreductie door gladdere spoorstaven wordt verwerkt door het verschil in de energetische som van wiel- en spoorstaafrouwheid in de bovenbouwcorrectieterm te verwerken. Deze methodiek geldt alleen voor voegloze spoorstaven ($m=1$). Voor niet-voegloze spoorstaven mag geen spoorstaafrouwheidscorrectie toegepast worden.

Het effect van de afwijkende ruwheid wordt in rekening gebracht met de coëfficiënt $C_{\text{ruwheid},i,c}$. Deze term is afhankelijk van de snelheid (v) en de spoorvoertuigcategorie (c). Als ervoor gekozen wordt niet te corrigeren voor een eventueel lokaal afwijkende spoorstaafrouwheid geldt $C_{\text{ruwheid},i,c} = 0$.

$$C_{\text{ruwheid},i,c} = (L_{i,\text{rtr,feitelijk}} \oplus L_{i,\text{rveh},c}) - (L_{i,\text{rtr,ref}} \oplus L_{i,\text{rveh},c}) \quad (2.3d)$$

met:

$L_{i,\text{rtr,ref}}(v)$: de referentieruwheid (afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafrouwheid in Nederland).

$L_{i,\text{rtr,feitelijk}}(v)$: de lokale ruwheid van de spoorstaven waar de berekeningen worden uitgevoerd.

$L_{i,\text{rveh},c}(v)$: de wielruwheid van de diverse spoorvoertuigcategorieën, volgens tabel 2.7.

Het symbool $\oplus$ staat voor energetische sommatie ($x \oplus y = 10 \lg (10^{x/10} + 10^{y/10})$).

Voor de spoorvoertuigcategorieën uit dit voorschrift geldt het volgende verband tussen remsysteem en spoorvoertuigcategorie:

- categorie 1, 4, 5: gietijzeren blokkenrem;
- categorie 2: schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem;
- categorie 3 (exclusief het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokremmen), 6, 7, 8, 9, 10 en 12: schijfrem;
- categorie 3 (alleen het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokremmen): schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem;
- categorie 11: alleen alternatieve blokkenrem.

Voor nieuwe spoorvoertuigen die worden ingemeten volgens TR procedure B volgt de gemiddelde wielruwheid uit de metingen.

Tabel 2.6 Spoorstaafrouwheid als functie van de golflengte.

Golflengte [mm]	<u>630</u>	<u>500</u>	<u>400</u>	<u>315</u>	<u>250</u>	<u>200</u>	<u>160</u>	<u>125</u>	<u>100</u>	<u>80</u>	<u>63</u>	<u>50</u>	<u>40</u>	<u>31,5</u>	<u>25</u>
referentie	<u>13</u>	<u>12</u>	<u>11</u>	<u>10</u>	<u>9</u>	<u>8</u>	<u>7</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>
geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/h	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5,5</u>	<u>4,0</u>	<u>2,5</u>	<u>1,0</u>	<u>-0,5</u>	<u>-2,0</u>	<u>-3,5</u>	<u>-5,0</u>	<u>-6,5</u>	<u>-8,0</u>
geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/h	<u>13,0</u>	<u>12,0</u>	<u>5,0</u>	<u>4,0</u>	<u>3,0</u>	<u>2,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,0</u>	<u>-1,0</u>	<u>-1,5</u>	<u>-2,0</u>	<u>-2,5</u>	<u>-3,0</u>	<u>-3,5</u>	<u>-4,0</u>

¹Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de

referentieruw

Golfenlgte [mm]	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
referentieruwheid	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/h	-9,5	$\frac{-}{11,0}$	$\frac{-}{11,3}$	$\frac{-}{11,6}$	$\frac{-}{11,9}$	$\frac{-}{12,2}$	$\frac{-}{12,5}$	$\frac{-}{12,8}$	$\frac{-}{13,1}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$
geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/h	-4,5	-5,0	-5,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	$\frac{-}{10,0}$	$\frac{-}{11,0}$	$\frac{-}{12,0}$	$\frac{-}{13,0}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$

¹Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golfenlgten uit te gaan van de referentieruw

Tabel 2.7 Wielruwheid afhankelijk van het type rem als functie van de golfenlgte

Golfenlgte [mm]	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	16	15	14	13	12	11	11	12	13	14	16	15	12	11	10
schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-3	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-3
alleen gietijzeren blokkenrem	10	9	8	7	6	5	6	7	9	11	13	12	10	8	6
alleen schijfrem	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	3	1	-1	-2	-3
Alleen alternatieve blokkenrem	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{1}{-}$

¹Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen m.b.v. methode TR B.

Golfenlgte [mm]	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	6	3	-2	-5	-7	-8	-9	$\frac{-}{10}$	-11	-12	$\frac{-}{13}$	$\frac{-}{14}$	-15	-16
schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem	-3	-3	-4	-5	-7	-8	-9	$\frac{-}{10}$	-11	-12	$\frac{-}{13}$	$\frac{-}{14}$	-15	-16

<u>alleen gietijzeren blokkenrem</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	<u>-1</u>	<u>-3</u>	<u>-4</u>	<u>-5</u>	<u>-6</u>	<u>-7</u>	<u>-8</u>	<u>-9</u>	<u>-10</u>	<u>-11</u>	<u>-12</u>
<u>alleen schrijfrem</u>	<u>-3</u>	<u>-4</u>	<u>-4</u>	<u>-5</u>	<u>-7</u>	<u>-8</u>	<u>-9</u>	<u>-10</u>	<u>-11</u>	<u>-12</u>	<u>-13</u>	<u>-14</u>	<u>-15</u>	<u>-16</u>
<u>Alleen alternatieve blokkenrem</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>

¹Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen m.b.v. methode TR B.

De spoorstaafruwheid L_{rtr} van de meetlocatie wordt gemeten in 1/3-octaven volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. De spoorstaafruwheid wordt op representatieve locaties gemeten en in het model verwerkt. Deze meetlocaties zijn verdeeld over het gehele spoorweggedeelte dat in het model wordt opgenomen. De meetgegevens zijn onderdeel van de rapportage van het akoestische onderzoek.

De wiel- en spoorstaafruwheden moeten in octaafbanden te zijn uitgedrukt. Om van ruwheidsgolflengte de correctie in geluidoctaafbanden te krijgen, wordt de volgende methode gehanteerd.

1. Bepaal de ruwheidscorrectie per golflengtegebied λ (van 1 tot 630mm)

$$\begin{aligned} C_{ruwheid,\lambda,c} &= (L_{\lambda,rtr,feitelijk} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) - (L_{\lambda,rtr,ref} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) \\ &= 10 \lg \left(10^{\frac{L_{\lambda,rtr,feitelijk}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,rveh,c}}{10}} \right) - 10 \lg \left(10^{\frac{L_{\lambda,rtr,ref}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,rveh,c}}{10}} \right) \end{aligned} \quad (2.4a)$$

Als de ruwheid niet afwijkt van de referentieruwheid dan is de ruwheidscorrectie voor een bepaalde golflengte: $C_{ruwheid,\lambda,c} = 0$.

2. Bepaal de ruwheidscorrectie per werkelijke geluidsfrequentie f : $C_{ruwheid,(f,v),c} \equiv C_{ruwheid,\lambda,c}$. Met $f = 1000/3.6 \cdot (v/f)$. Met frequentie f in Hz, voertuigsnelheid v in km/h en golflengte λ in mm. Dus

$$C_{ruwheid,(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/h}),c} = C_{ruwheid,\lambda=10\text{mm},c} \quad (2.4b)$$

3. De werkelijke geluidsfrequentie f komt in het algemeen niet overeen met de preferente tertsbandmiddenfrequenties (deze zijn voor deze toepassing $f_{terts} = 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, \text{ en } 10000 \text{ Hz}$). Daarom worden de waarden van $C_{ruwheid,(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/h}),c} = C_{ruwheid,\lambda=10\text{mm},c}$ bepaald uit lineaire interpolatie van de waarden van $C_{ruwheid,(f,v),c}$. Zoek hiervoor de twee werkelijke geluidsfrequenties f_- en f_+ die het dichtst liggen bij de tertsbandmiddenbandfrequentie f_{terts} zodat geldt: $f_- < f_{terts} < f_+$. Dan geldt:

$$C_{ruwheid,(f_{terts},v),c} = C_{ruwheid,(f_-,v),c} + (C_{ruwheid,(f_+,v),c} - C_{ruwheid,(f_-,v),c}) \cdot \left(\frac{\lg(f_{terts}) - \lg(f_-)}{\lg(f_+) - \lg(f_-)} \right) \quad (2.4c)$$

Hiermee is de ruwheidscorrectie per tertsband bepaald.

4. De ruwheidscorrectie per tertsband wordt ten slotte energetisch gemiddeld om een ruwheidscorrectie per octaafbandindex i te berekenen. Daarvoor worden eerst de drie tertsbandmiddenfrequenties gezocht die binnen de octaafband vallen. Dit is samengevat in onderstaande tabel:

Tabel 2.8 Standaard middenfrequenties voor octaaf- en tertsbanden

<u>i</u>	<u>octaafband</u>	<u>tertsbanden</u>
	<u>f_{oct}</u>	<u>$f_{terts1}, f_{terts1}, f_{terts3}$</u>

<u>1</u>	<u>63</u>	<u>50, 63, 80</u>
<u>2</u>	<u>125</u>	<u>100, 125, 160</u>
<u>3</u>	<u>250</u>	<u>200, 250, 315</u>
<u>4</u>	<u>500</u>	<u>400, 500, 630</u>
<u>5</u>	<u>1000</u>	<u>800, 1000, 1250</u>
<u>6</u>	<u>2000</u>	<u>1600, 2000, 2500</u>
<u>7</u>	<u>4000</u>	<u>3150, 4000, 5000</u>
<u>8</u>	<u>8000</u>	<u>6300, 8000, 10000</u>

Vervolgens kan de ruwheidscorrectie per octaafband worden bepaald met de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{ruwheid},i,c} &= C_{\text{ruwheid},(f_{\text{oct}},v),c} \\
 &= C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts1}},v),c} \oplus C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts2}},v),c} \oplus C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts3}},v),c} - 10 \lg(3) \\
 &= 10 \lg \frac{1}{3} \left(10^{\frac{C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts1}},v),c}}{10}} + 10^{\frac{C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts2}},v),c}}{10}} + 10^{\frac{C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts3}},v),c}}{10}} \right)
 \end{aligned} \tag{2.4d}$$

In veel situaties waarin wordt overwogen plaatselijk een extra lage spoorstaafruwheid aan te brengen en te onderhouden is het ten tijde van het akoestisch onderzoek nog niet mogelijk de spoorstaafruwheid door meting vast te stellen, omdat deze pas wordt aangebracht nadat geluidprocedures zijn doorlopen. In dat geval wordt aangetoond dat de lage spoorstaafruwheid waarmee wordt gerekend, in de praktijk is te maken en te onderhouden.

Maatgevend daarbij is dat per spoorvoertuigcategorie de op basis van de verwachte lage spoorstaafruwheid berekende geluidsreductie, gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten en over het betrokken spoorweggedeelte bezien, ook in werkelijkheid optreedt. Bovendien worden lokale afwijkingen voorkomen als die gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten leiden tot een 1 dB lagere geluidsreductie dan was berekend. De middelingen over de tijd en over het spoorweggedeelte zijn lineaire middelingen.

Als emissiegegevens volgens TR procedure B beschikbaar zijn, inclusief effectieve ruwheden en overdrachten van het te berekenen spoorweggedeelte en spoorvoertuig, dan worden de termen $C_{bb,i}$ en $C_{\text{spoorconditie},i,c,m}$ niet gebruikt.

2.5. Emissie van betonnen en stalen kunstwerken

2.5.1. Betonnen kunstwerken

Bij betonnen kunstwerken en de daarop toegepaste bovenbouwconstructie is de emissie ten gevolge van het rolgeluid én van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf verwerkt in die bovenbouwcorrectie (tabel 2.3). Bij toepassing van schermen op het kunstwerk wordt hierdoor het effect van de schermen bij lage frequenties overschat. Deze modellering is daarom slechts toelaatbaar voor schermen met een maximum hoogte van 2 m boven de bovenkant van het spoor.

Voor hogere schermen is nader akoestisch onderzoek noodzakelijk.

De toe te passen bovenbouwcorrecties voor verschillende typen betonnen kunstwerken is gegeven in tabel 2.9.

Tabel 2.9 Toe te passen bovenbouwcorrecties bij verschillende typen betonnen kunstwerken. De cijfers in de tabel verwijzen naar de codes van tabel 2.3.

<u>type kunstwerk</u>	<u>type bovenbouw op het kunstwerk</u>	<u>code bb</u>
<u>TT- en kokerliggerbrug</u>	<u>regelbare bevestiging</u>	<u>6</u>
<u>plaat- en trogbrug</u>	<u>dwarssliggers in ballastbed (resp. betonnen of houten)</u>	<u>1 of 2</u>

<u>plaatbrug</u>	<u>regelbare bevestiging</u>	<u>6</u>
	<u>regelbare bevestiging volgestort met ballast</u>	<u>7</u>
	<u>blokkenspoor</u>	<u>4</u>
	<u>blokkenspoor volgestort met ballast</u>	<u>5</u>
	<u>ingegoten spoorstaaf</u>	<u>8</u>

2.5.2. Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. De toename van de emissie kan worden toegeschreven aan geluidemissie van het kunstwerk zelf en een toename van het rolgeluid op het kunstwerk. De emissie ten gevolge van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf wordt verwerkt door het toevoegen van een bronlijn op 0 meter BS en de extra emissie ten gevolge van de toename van het rolgeluid wordt verrekend als toename van de emissie op de al gemodelleerde bronnen op 0 en 0,5 meter BS.

In de geluidemissietoeslag is het effect van een mogelijk afwijkende bovenbouwconstructie en eventuele extra afschermende delen van het kunstwerk al verwerkt. Daarom wordt bij stalen kunstwerken in de modellering uitgegaan van bovenbouwconstructie $bb=1$ en worden de afschermende delen van het kunstwerk niet gemodelleerd.

De geluidemissietoeslag voor een stalen kunstwerk wordt meettechnisch bepaald volgens de methode beschreven in paragraaf 4.2.

Voor het toepassen van schermen als geluidmaatregel op het kunstwerk is nader onderzoek nodig.

2.6. Snelheden

De emissieterm kan worden bepaald volgens dit hoofdstuk voor snelheden vanaf 40 km/h en met een maximum snelheid per spoorvoertuigcategorie zoals gegeven in tabel 2.10. Treinen die langzamer rijden dan 40 km/h worden in de berekeningen gemodelleerd als treinen met een rijdsnelheid van 40 km/h. Uitzondering zijn trams (categorie 13), hiervoor is de minimum in te voeren snelheid 30 km/h. Voor nieuw ingemeten materieel volgens TR geldt als maximale snelheid het maximum dat bij de metingen is meegenomen.

Tabel 2.10 Maximale rekensnelheden per spoorvoertuigcategorie.

<u>Categorie</u>	<u>Maximale rekensnelheid [km/h]</u>
<u>1</u>	<u>140</u>
<u>2</u>	<u>160</u>
<u>3</u>	<u>160</u>
<u>4</u>	<u>100</u>
<u>5</u>	<u>140</u>
<u>6</u>	<u>120</u>
<u>7</u>	<u>100</u>
<u>8</u>	<u>160</u>
<u>9</u>	<u>300</u>
<u>10</u>	<u>100</u>
<u>11</u>	<u>100</u>
<u>12</u>	<u>160</u>
<u>13</u>	<u>pm</u>

Voor spoorvoertuigen die niet zijn vermeld in een van de categorieën, geldt het maximum dat bij betreffend spoorvoertuig hoort volgens de specificaties van de fabrikant.

2.7 Overstand

Het geluid van stilstaande treinen wordt berekend als de aaneensloten duur van de geluidemissie van de stilstaande trein minimaal een uur bedraagt. Het geluid wordt berekend conform de methode voor industrielawaai (bijlage IVf van deze regeling). De emissiegegevens voor elk type geluidbron zijn beschikbaar bij de beheerder. De spectrale bijdrage van overstandgeluid op een rekenpunt wordt bepaald door de bijdragen van alle stilstaande treinen logaritmisch op te tellen.

3. Standaardrekenmethode

3.1. Begrippen

bronlijn: lijn gelegen boven het hart van het spoor op een bepaalde hoogte boven de bovenkant van het spoor (BS), die de plaats van de geluidsafstraling representeert;

afhankelijk van het type materieel worden twee tot vier bronlijnen onderscheiden;

bronlijnsegment: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een bronlijn met de grensvlakken van een sector;

bronzpunt: snijpunt van een sectorvlak met een bronlijnsegment;

openingshoek van een sector: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

sector: ruimte begrensd door twee verticale half-vlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

sectorvlak: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

totale openingshoek: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidsniveau in dB van belang zijn;

waarneempunt: punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB, het L_{Aeq} , moet worden bepaald; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

zichthoek: hoek waaronder een object (gevel, scherm, baanvak etc.) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

3.2. De hoofdformule

Het equivalent geluidniveau in dB, het L_{Aeq} , wordt als volgt berekend:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \left(10^{(10 \lg \sum_{j=1}^I \sum_{n=1}^N 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10})/10} + 10^{L_{overstand,i}/10} \right) \quad (3.1a)$$

waarbij $\Delta L_{eq,i,j,n}$ de bijdrage is aan het L_{Aeq} in één octaafbandindex (index i), van één sector (index j) en van één bronzpunt (index n) en $L_{overstand,i}$ de, conform bijlage IVf berekende, bijdrage van de overstand is voor octaafband index i .

$\Delta L_{eq,i,j,n}$ wordt samengesteld uit de volgende termen:

$$L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad (3.1b)$$

waarin:

L_E : de emissiegetallen per bronhoogte en per octaafband, bepaald volgens hoofdstuk 3;

ΔL_{GU} : de geometrische uitbreidingsterm (paragraaf 3.4)

ΔL_{OD} : de overdrachtsverzwakking (paragraaf 3.5)

ΔL_{SW} : de schermwerking, voor zover van toepassing (paragraaf 3.6)

ΔL_R : de niveaureductie ten gevolge van reflecties, als van toepassing (paragraaf 3.9)

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met de nominale middenfrequenties 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en een emissietraject in een sector goed worden beschreven met de geometrie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etc.). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie 3.4).

Het aantal bronzpunten, N , binnen een sector wordt bepaald door het aantal keer dat het betrokken sectorvlak een bronlijn (segment) snijdt.

3.3. Modelling van de situatie

3.3.1. Bronlijnen

Bij het modelleren van geometrische gegevens is het uitgangspunt voor verticale maten de bovenkant van het spoor (BS) en voor horizontale maten het hart het spoor. De lijnen die op het hart van het spoor lopen met verschillende hoogten boven de bovenkant van het spoor (BS) zijn in de modellering de bronlijnen. Voor de meeste spoorvoertuigcategorieën zijn er twee bronlijnen op 0 cm en op 0,5 meter boven de bovenkant van het spoor (BS). Voor spoorvoertuigcategorie 9 zijn er vijf bronlijnen op 0, 0,5 meter, 2,0 meter, 4,0 meter en 5,0 meter boven de bovenkant van het spoor (BS).

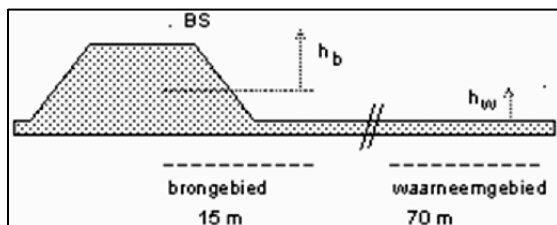
De spoorweg wordt bij voorkeur opgebouwd uit emissietrajecten in stappen die niet kleiner zijn dan 100 meter. Voor zover bij bogen, geluidsschermen en andere bijzondere situaties deze stap te groot is om essentiële kenmerken van de geometrie tot zijn recht te laten komen, kunnen kleinere stappen worden gekozen.

3.3.2. Bodemgesteldheid

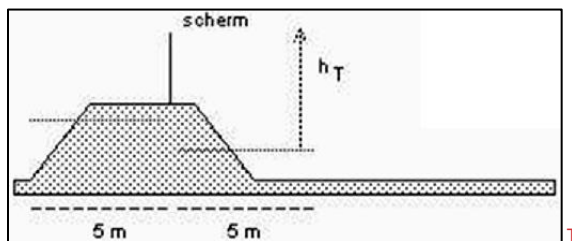
De bodemgesteldheid wordt verdeeld in twee groepen, akoestisch hard en niet hard. Onder akoestisch hard ($B=0$) wordt verstaan: klinkers, asfalt, beton, andere bodemverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Als akoestisch niet hard ($B=1$) gelden: ballastbed, grasland, landbouwgrond met of zonder gewas, zandvlakten, bodem zonder vegetatie etc.

3.3.3. Hoogteverschillen in bodem

De hoogte van bronnen, objecten en waarneempunten zijn gedefinieerd ten opzichte van de gemiddelde hoogte van het plaatselijk maaiveld. Deze gemiddelde hoogte wordt bepaald uit de doorsnede in het beschouwde sectorvlak als een (oppervlakte) gemiddelde over een aangegeven horizontale afstand. Zo geldt voor de bron de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied en voor een scherm de gemiddelde maaiveldhoogte binnen 5 m vanaf het equivalente scherm. In figuur 3.1 en figuur 3.2 is dit geïllustreerd.

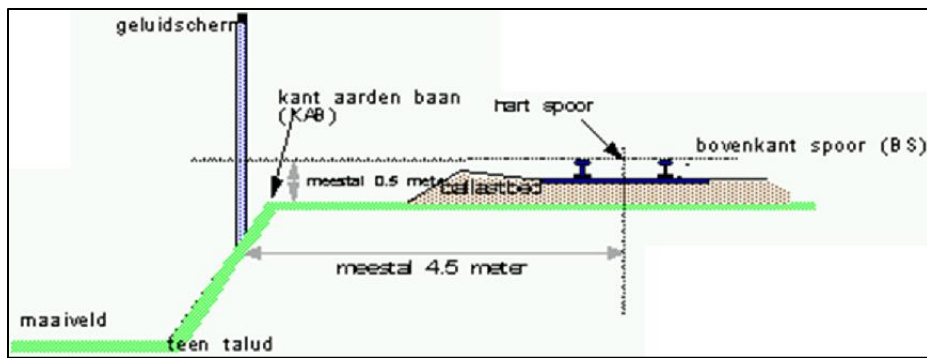


Figuur 3.1 Hoogten t.o.v. gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde baan ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het talud.



Figuur 3.2 Scherm op een verhoogde baan; het gemiddelde maaiveld links is wat lager dan de bovenzijde en rechts wat hoger dan naast het talud. De situatie rechts is bepalend voor h_T .

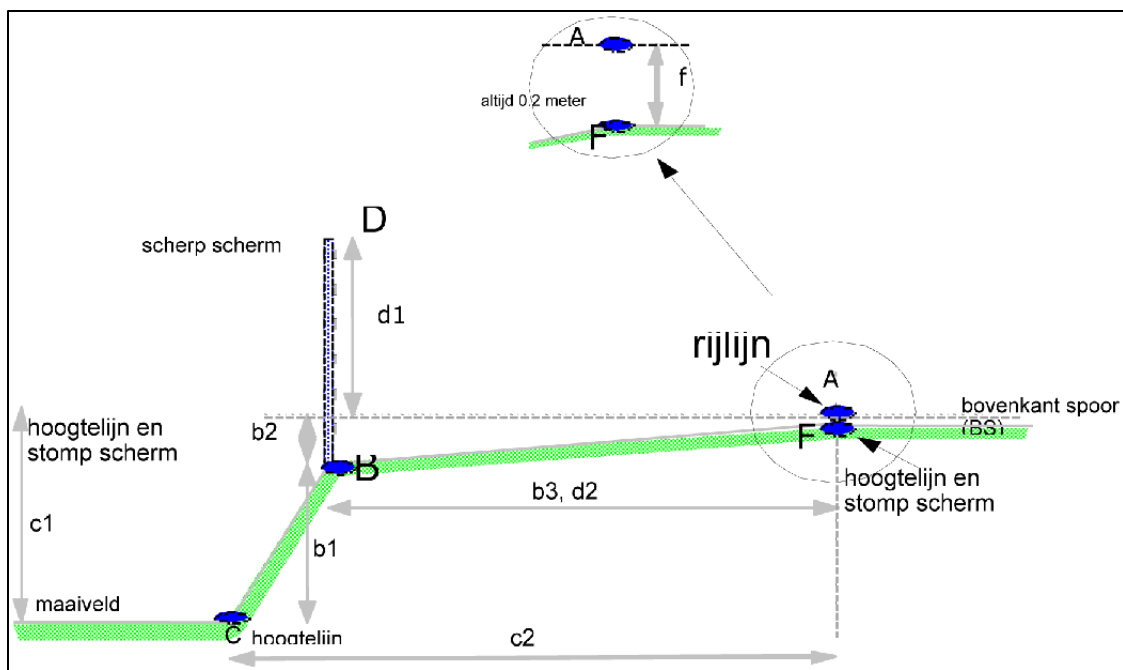
3.3.4. Standaard talud



Figuur 3.3 Dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Figuur 3.3 geeft een dwarsdoorsnede van een deel van een spoortalud in werkelijkheid weer. In figuur 3.4 is de modellering ervan weergegeven. Bij het modelleren gelden de volgende regels:

- centraal in de modellering staat de rijlijn; voor elk spoor wordt een rijlijn midden tussen de spoorstaven in gemodelleerd (de afstand tussen de twee spoorstaven bedraagt 1,42 meter);
- iedere rijlijn (A) wordt op de hoogte van de werkelijke bovenkant van het spoor (BS) gemodelleerd;
- op 0,2 meter recht onder iedere rijlijn wordt een hoogtelijn en een daaraan gekoppeld een stomp scherm $C_p=2$ dB (F) gemodelleerd (het absorberende ballastbed ligt op 0,2 meter onder BS);
- de kant aarden baan (KAB) wordt als hoogtelijn met daaraan gekoppeld een stomp geluidsscherm (B) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS (b1) en van maaiveld (b2) en op 4,5 meter (b3) naast de naastliggende rijlijn gemodelleerd; alleen als de werkelijke afstand tussen het hart van het spoor en de KAB meer dan 1 meter verschilt van de hiervoor genoemde 4,5 meter wordt voor b3 de deze werkelijke afstand gemodelleerd (meestal zal de afwijking echter minder dan 1 meter bedragen en meestal zal de KAB op 0,5 meter onder BS liggen);
- een eventueel aanwezig geluidsscherm op de rand van het talud wordt gemodelleerd als (scherp) scherm (D) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS (d1) en op werkelijke afstand van het hart van het spoor (d2); (geluidsschermen zijn meestal op 4,5 of 4,75 m uit het hart van het spoor geplaatst);
- de teen van het talud wordt als hoogtelijn (C) op de hoogte van het werkelijke maaiveld ten opzicht van BS (c1) en op de werkelijke afstand van het hart van het spoor (c2) gemodelleerd;
- kies voor de helling van het talud een verhouding 1:1,5. De kant aarden baan is de lijn waar het vlakke deel van het talud overgaat in een helling; deze ligt per definitie op 4,5 m van de naastliggende bronlijn;
- de kant aarden baan is een stomp, absorberend scherm ($C_p = 2$ dB);
- bij ballastbed is het bodemvlak voor het gehele horizontale deel van het talud absorberend ($B=1$), tenzij de daadwerkelijk harde delen van dit gebied breder dan 1 m zijn.



Als de werkelijke horizontale afstanden van het talud (andere taludbreedte, andere helling) meer dan 0,5 m afwijken van dit standaard talud, hanteer dan op overeenstemmende wijze de werkelijke afstanden.

3.3.5. Overwegen

Modelleer het deel van de spoorweg waarin zich een overweg bevindt met de betrokken bovenbouwconstructie en een hard bodemgebied.

3.3.6. Tunnelbakken

Modelleer de hoogte van de wanden van open tunnelbakken, de lokale maaiveldhoogte en de afstanden in overeenstemming met de werkelijkheid en de bodem van de tunnelbak 0,2 m onder de bovenkant van het spoor (BS). Modelleer de wanden als absorberende schermen met een scherpe tophoek ($C_p = 0$ dB). De bovenbouwcorrectie volgt uit de toegepaste bovenbouwconstructie.

Bij een open tunnelbak met geluidsabsorberende wanden (zie paragraaf 3.3.10) bevinden de bronlijnen zich op de voorgeschreven hoogten ten opzichte van BS.

Bij een open tunnelbak zonder geluidsabsorberend beklede wanden worden de bronlijnen die lager liggen dan de bovenrand van de tunnelbak op de hoogte van die rand gemodelleerd of zoveel lager als de hoogte van het dak van het spoorvoertuig. Dit betekent in de praktijk een maximale verhoging met 4,0 m.

Over het traject van de tunnel zelf worden geen bronlijnen gemodelleerd.

3.3.7. Geluidsschermen en afschermende objecten

Om als afschermend object te worden aangemerkt moet het object:

- voldoende geluidsisolatie hebben, d.w.z. dat de isolatie 10 dB hoger is dan de afschermdende werking (een massa van 40 kg/m² is in ieder geval voldoende) en er bevinden zich geen grote kieren en openingen in het object;
- een zichthoek hebben die ten minste gelijk is aan de openingshoek van de beschouwde sector.

Geluidsschermen nabij het spoor zijn aan de spoorzijde bij voorkeur geluidsabsorberend uitgevoerd. In paragraaf 3.3.10 is beschreven wanneer een scherm als geluidsabsorberend mag worden aangemerkt.

Voor berekening van de effecten van geluidsschermen wordt bij de modellering met de octaafbandrekenmethode altijd uitgegaan van een 100% absorberend scherm. Reflecterende of deels reflecterende geluidsschermen nabij het spoor worden ook als geluidsabsorberende schermen gemodelleerd met een nader bepaalde effectieve hoogte. De te modelleren effectieve hoogte van het scherm boven de bovenkant van het spoor (BS) wordt als volgt bepaald:

$$h_{s,eff} = h_s \quad (3.2)$$

of:

$$h_{s,eff} = h_s (1 + a)/2 \quad (3.3)$$

Hierin is:

$h_{s,eff}$: effectieve schermhoogte t.o.v. BS t.b.v. de modellering;

h_s : werkelijke hoogte van het geluidsscherm t.o.v. BS;

a : fractie van het scherm dat geluidsabsorberend uitgevoerd is.

Formule 3.2 is toepasbaar voor:

- geheel absorberende schermen;
- (deels) reflecterende rechte schermen die hellend naar de baan toe zijn geplaatst onder een hoek van ten minste 15 graden bij het spoor op ballastbed. Als het spoor niet op ballastbed is uitgevoerd, wordt in het overdrachtsgebied tussen de bron en het scherm een zelfde hoeveelheid geluidsabsorptie bewerkstelligd als in het geval van een spoor op ballastbed optreedt. Voorwaarde hierbij is dat aan de overzijde van het spoor geen reflecterend scherm is geplaatst.

Formule 3.3 is toepasbaar voor:

- alle overige situaties met geheel of gedeeltelijk geluidsreflecterende schermen. Deze benadering is conservatief.

De feitelijke schermwerking is waarschijnlijk geringer dan zou worden berekend voor schermen die hoger zijn dan 4,0 meter ten opzichte van BS. Voor deze schermen wordt een nader onderzoek verricht.

Voor de berekening van de effecten van geluidsschermen op kortere afstand dan 2,5 meter uit het hart van het spoor, gaat men bij de modellering altijd uit van een afstand van 2,5 meter.

Een scherm wordt altijd gemodelleerd alsof het recht is en verticaal staat, ook als het in de werkelijkheid bijvoorbeeld gekromd is uitgevoerd, of scheef wordt geplaatst. De bovenkant van het geluidsscherm in het model wordt gelegd op de positie van de diffractierand van het werkelijke scherm. Vervolgens past men bovenbeschreven methode toe voor het bepalen van de effectieve schermhoogte.

3.3.8. Perrons

De perronhoogte bij het hoofdspoor is 0,8 meter boven bovenkant van het spoor (BS). Modelleer perrons met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de randen van het perron, waarbij de rand nabij het spoor zich op 2,0 m afstand uit het hart van het spoor bevindt. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor (-0,2 meter BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm C_p voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 3.4 en 3.3.10). Perrons die aan beide zijden open zijn (d.w.z. geen zijwanden aan spoorzijde en buitenzijde) worden niet als scherm gemodelleerd. Perrons die alleen aan de spoorzijde open zijn mogen als geluidsabsorberend worden aangemerkt.

Perrons voor treinen met een lage instap (bijvoorbeeld lage vloertrams) worden met de werkelijke hoogte gemodelleerd.

3.3.9. Kunstwerken

Modelleer de hoogten en afstanden bij kunstwerken in overeenstemming met de werkelijkheid. Kies het type bovenbouwconstructie in overeenstemming met paragraaf 2.5.

Bij ontbreken van absorptie op het kunstwerk wordt het gehele brugdek als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij spoor op ballast bed of een volgestort spoor met minimaal 15 cm ballast wordt het gehele brugdek als absorberend bodemgebied gemodelleerd, tenzij harde delen van het brugdek breder zijn dan 1 meter. Dan worden die delen als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij stalen bruggen wordt het brugdeel als absorberend bodemgebied gemodelleerd.

Modelleer bij plaatbruggen, TT-liggerbruggen en kokerliggerbruggen de rand van de brug als absorberend stomp scherm (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Modelleer bij trogliggerbruggen en bij een M-baanconstructie de rand met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de beide zijden van de rand. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor (-0,2 meter BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm C_p voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Bij betonnen kunstwerken kunnen schermen op het kunstwerk tot een hoogte van 2,0 meter boven bovenkant van het spoor (BS) in overeenstemming met de uitvoering van die schermen worden gemodelleerd.

Bij hogere schermen kan de directe geluidsafstraling van het kunstwerk een dusdanige bijdrage gaan leveren dat berekeningen niet zonder meer mogelijk zijn en een nader akoestisch onderzoek nodig is.

Bij stalen bruggen met schermen kan het effect van de schermen niet worden berekend, maar wordt de brugtoeslag bepaald voor de brug met scherm.

3.3.10. Geluidsabsorberende uitvoering

Bekleding of uitvoering van objecten als schermen, perrons en tunnelwanden is als geluidsabsorberend te beschouwen als de spoor specifieke absorptie groter dan of gelijk aan 5 dB is. De bepaling van deze absorptie is in paragraaf 3.7 verder uitgelegd.

3.3.11. Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het L_{Aeq} ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het L_{Aeq} wordt in rekening gebracht door het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk;
- voor de schermwerking van objecten gezien vanuit de spiegelbron (spiegelend oppervlak niet meegenomen) wordt (paragraaf 2.10) de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3d analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt:

- doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek;
- heeft het vlak een absorptiecoëfficiënt $< 0,8$;
- staat het vlak op zo een afstand van het spoor dat afscherming en reflectie van de passerende spoorvoertuig kunnen worden verwaarloosd.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat doorsneden wordt gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken/objecten doorsnijdt wordt het

bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het L_{Aeq} is vereist als:–

- het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van 1 reflectie. In geval van berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

3.4. De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

r : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

Θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnsegment [in graden];

Φ : de openingshoek van de sector [in graden].

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken Θ en Φ bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorhoeken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek Φ te bepalen. Als een rijlijn segment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken Φ te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van die bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek Φ .

De berekening van ΔL_{GU} verloopt als volgt:
voor een dipooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{r \sin \Theta} \cdot \sin \Theta^2 \right) \quad (3.4a)$$

voor een monopooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{r \sin \Theta} \right) \quad (3.4b)$$

De dipooluitbreiding wordt gebruikt voor de uitbreiding van het rolgeluid, terwijl in specifieke gevallen, zoals bij de uitbreiding van het kunstwerkaandeel van een brug de monopooluitbreiding wordt gebruikt. Zie paragraaf 4.2.

Als de hoek ν een waarde aanneemt die kleiner is dan de openingshoek van de betrokken sector is nader onderzoek vereist ter bepaling van ΔL_{GU} .

3.5. De overdrachtsverzwakking ΔL_{OD}

De overdrachtsverzwakking ΔL_{OD} is samengesteld uit de volgende termen:

$$\Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M \quad (3.5)$$

waarin D_L de verzwakking door absorptie in de lucht voorstelt, D_B de verzwakking ten gevolge van de bodeminvloed en C_M de meteocorrectieterm van de te beschouwen periode ($C_M=C_{de}$ voor dag of avond, $C_M=C_n$ voor de nacht):

3.5.1. De luchtdemping D_L

Voor de berekening van D_L is het volgende gegeven nodig:

r : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$D_L = r\delta_{lucht} \quad (3.6)$$

waarbij δ_{lucht} de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van δ_{lucht} wordt gegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafbandindex (i)

Octaafbandindex	Octaafband middenfrequentie [Hz]	δ_{lucht} [dB/m]
<u>1</u>	<u>63</u>	<u>0</u>
<u>2</u>	<u>125</u>	<u>0</u>
<u>3</u>	<u>250</u>	<u>0,001</u>
<u>4</u>	<u>500</u>	<u>0,002</u>
<u>5</u>	<u>1000</u>	<u>0,004</u>
<u>6</u>	<u>2000</u>	<u>0,010</u>
<u>7</u>	<u>4000</u>	<u>0,023</u>
<u>8</u>	<u>8000</u>	<u>0,058</u>

3.5.2 De bodemdemping D_B

Bij de bepaling van de bodemdemping D_B wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool r_o) verdeeld in drie afzonderlijke delen: een brongebied, een waarneemgebied en een middengebied.

Het brongebied heeft een lengte van 15 meter, de lengte van het waarneemgebied bedraagt 70 meter. Het resterende gedeelte van de afstand r_o tussen bron- en waarneempunt is het middengebied.

Als de afstand r_o kleiner is dan 85 meter is de lengte van het middengebied nihil.

Als de afstand r_o kleiner is dan 70 meter dan is de lengte van het waarneemgebied gelijk aan de afstand r_o .

Als de afstand r_o kleiner is dan 15 meter dan is de lengte van het brongebied en de lengte van het waarneemgebied elk gelijk aan de afstand r_o .

Voor elk van de drie gebieden wordt de (bodem)absorptiefractie vastgesteld.

De absorptiefractie is het quotiënt van de lengte van het betreffend gebied dat niet akoestisch hard is en de totale lengte van het betreffend gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de absorptiefractie op één gesteld.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

r_o : de horizontaal gemeten afstand tussen bron en waarneempunt [m];

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];

B_b : de absorptiefractie van het brongebied [-];

B_m : de absorptiefractie van het middengebied [-];

B_w : de absorptiefractie van het waarneemgebied [-];
 S_w : effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied [-];
 S_b : effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied [-].

Als h_b kleiner is dan nul, wordt voor h_b de waarde nul aangehouden; hetzelfde geldt voor h_w . Als in de betrokken sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat S_w en S_b beide de waarde één aannemen. In geval van afscherming worden S_w en S_b berekend volgens de formules 3.11a en 3.11b in paragraaf 3.6.

De berekening verloopt volgens de formules 3.7a t/m h als gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 De formules 3.7a t/m h voor de bepaling van bodemdemping D_b als functie van de octaafbandindex (i). De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen x en y moeten worden vervangen in de functie (x, y).

Octaafbandindex	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]	Bodemdemping D_b [dB]
<u>1</u>	<u>63</u>	<u>$-3\gamma_0(h_b+h_w, r_o) - 6$</u>
<u>2</u>	<u>125</u>	<u>$[S_b\gamma_2(h_b, r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + [S_w\gamma_2(h_w, r_o)+1]B_w - 2$</u>
<u>3</u>	<u>250</u>	<u>$[S_b\gamma_3(h_b, r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + [S_w\gamma_3(h_w, r_o)+1]B_w - 2$</u>
<u>4</u>	<u>500</u>	<u>$[S_b\gamma_4(h_b, r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + [S_w\gamma_4(h_w, r_o)+1]B_w - 2$</u>
<u>5</u>	<u>1000</u>	<u>$[S_b\gamma_5(h_b, r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + [S_w\gamma_5(h_w, r_o)+1]B_w - 2$</u>
<u>6</u>	<u>2000</u>	<u>$B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + B_w - 2$</u>
<u>7</u>	<u>4000</u>	<u>$B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + B_w - 2$</u>
<u>8</u>	<u>8000</u>	<u>$B_b - 3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w, r_o) + B_w - 2$</u>

De functies γ zijn als volgt gedefinieerd:

$$\gamma_0(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x \quad (3.8a)$$

$$\gamma_0(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x$$

$$\gamma_2(x, y) = 3,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7[1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6}y^2}]e^{-0,09x^2} \quad (3.8b)$$

$$\gamma_3(x, y) = 8,6[1 - e^{-y/50}]e^{-0,09x^2} \quad (3.8c)$$

$$\gamma_4(x, y) = 14,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,46x^2} \quad (3.8d)$$

$$\gamma_5(x, y) = 5,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,90x^2} \quad (3.8e)$$

Voor de variabelen x en y worden de waarden van de grootheden vervangen die tussen haakjes achter de gelijklopende functies uit de formules 3.7a t/m h zijn geplaatst (in cursief).

3.5.3 De meteocorrectieterm C_M

Voor de berekening van de meteocorrectieterm C_M zijn de volgende gegevens nodig:

r_o : de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron en (spiegel)waarneempunt [m];
 β : de hoek van de voortplantingsrichting (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etc)

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];
 h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid [m].

Als h_b en/of h_w kleiner is dan nul, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde nul aangehouden.

De meteocorrectie wordt bepaald voor de dag en avond (C_{de}) of voor de nachtperiode (C_n) met de volgende formules:

$$C_{de} = \max \left\{ (-10 \lg(0,34 - 0,1 \sin(\beta + 35) + 0,045 \sin^2(\beta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10^{\frac{h_b + h_w}{r_0}} \right); 0 \right\} \quad (3.9a)$$

$$C_n = \max \left\{ (-10 \lg(0,40 - 0,1 \sin(\beta + 60) + 0,035 \sin^2(\beta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10^{\frac{h_b + h_w}{r_0}} \right); 0 \right\} \quad (3.9b)$$

~~$$C_{de} = \max \left\{ (-10 \lg(0,34 - 0,1 \sin(\beta + 35) + 0,045 \sin^2(\beta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10^{\frac{h_b + h_w}{r_0}} \right); 0 \right\} \quad (3.9a)$$~~

~~$$C_n = \max \left\{ (-10 \lg(0,40 - 0,1 \sin(\beta + 60) + 0,035 \sin^2(\beta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10^{\frac{h_b + h_w}{r_0}} \right); 0 \right\} \quad (3.9b)$$~~

3.6. De schermwerking ΔL_{sw} (incl. de termen S_w en S_b uit de bodemdempingsformules 3.7a t/m h).

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van de betrokken sector en waarvan bovendien in redelijkheid te verwachten is dat die de geluidsoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking ΔL_{sw} samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen S_w en S_b uit formule 3.7) in rekening gebracht.

De berekeningsformule van de afscherming van een willekeurig gevormd object bevat twee termen.

De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.

De tweede term is alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermende object afwijkt van dat van het ideale scherm. De afscherming van het object is gelijk aan de afscherming van het equivalente scherm verminderd met een profielafhankelijke correctieterm C_p .

Als er meerdere afschermende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere, de grootste afscherming zou geven.

Voor de berekening van de afschermende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

z_b : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak waarin $z = 0$) [m];

z_w : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];

z_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

h_b : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte van het brongebied [m];

h_w : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid [m];

h_T : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte binnen een strook van 5 m vanaf het scherm. Als aan beide zijden van de afscherming verschillend, de grootste waarde van h_T nemen [m];

r : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

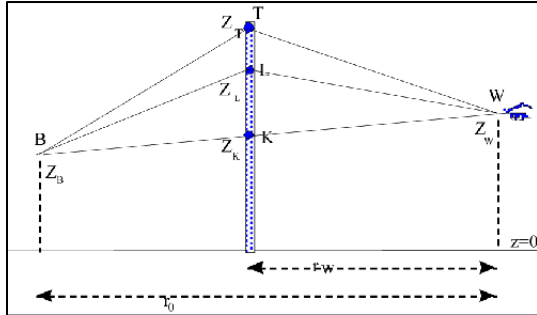
r_w : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];

r_o : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem en bronpunt [m];

–: het profiel van het afschermend object.

Berekend wordt:

- de verminderde bodemdemping zoals verdisconteerd in de factoren S_w en S_b uit formules 3.7a tot en met 3.7h van paragraaf 3.5.2.
- de schermwerking ΔL_{SW} .



Figuur 3.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven.

Voor de berekening wordt op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 3.5):

- K: Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= rechte tussen bron- en waarneempunt).
 L: Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt.
 T: De top van het scherm.

De gebroken lijn BLW is een schematisering van de gekromde geluidsstraal onder meewindcondities.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten z_K , z_L en z_T boven het referentiepeil.

Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$z_L - z_K = \frac{r_w(r_0 - r_w)}{26r_0} \quad (3.10)$$

Verder geldt:

- r_L is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW
 r_T is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW.

De factoren S_w en S_b uit formules 3.7a t/m f worden als volgt berekend:

$$S_w = 1 - \frac{r_0 - r_w}{r_0} \frac{3h_e}{3h_e + h_w + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1 \quad (3.11a)$$

$$S_b = 1 - \frac{r_w}{r_0} \frac{3h_e}{3h_e + h_b + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \quad (3.11b)$$

waarin h_e de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = z_T - z_L \quad (3.12)$$

De schermwerking ΔL_{SW} wordt als volgt berekend:

$$\Delta L_{SW} = HF(N_f) - C_p \quad (3.13)$$

waarin H de effectiviteit van het scherm is, $F(N_f)$ een functie met argument N_f (het fresnelgetal) en

C_p de profielafhankelijke correctieterm. Als de schermwerking ΔL_{SW} op grond van formule 3.13 negatief wordt, wordt de waarde $\Delta L_{SW} = 0$ aangehouden.

H wordt als volgt bepaald:

$$H = 0,25h_t 2^{i-1} \quad (3.14)$$

i is hierin de octaafbandindex. De maximale waarde van H is 1.

De definitie van de functie F is gegeven in de formules 3.15a t/m f uit tabel 3.3. De waarden van C_p volgen uit tabel 3.4.

Tabel 3.3 De definitie van de functie F met als variabele N_f voor vijf intervallen van N_f (formules 3.15a t/m f)

Geldig in het interval van N_f		Definitie $F(N_f)$
van	tot	
$-\infty$	$-0,314$	0
$-0,314$	$-0,0016$	$-3,682 - 9,288 \lg N_f - 4,482 \lg^2 N_f - 1,170 \lg^3 N_f - 0,128 \lg^4 N_f $
$-0,0016$	$+0,0016$	5
$+0,0016$	$+1,0$	$12,909 + 7,495 \lg N_f + 2,612 \lg^2 N_f + 0,073 \lg^3 N_f - 0,184 \lg^4 N_f - 0,032 \lg^5 N_f$
$+1,0$	$+16,1845$	$12,909 + 10 \lg N_f$
$+16,1845$	$+\infty$	25

Tabel 3.4 De profielafhankelijke correctieterm C_p . T is de tophoek van de dwarsdoorsnede van het object.

C_p	Object (T = tophoek in graden)
0 dB	- dunne wanden waarvan de hoek met de verticaal $\leq 20^\circ$ - grondlichaam met $0^\circ \leq T \leq 70^\circ$ - alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder is dan twee maal de hoogte van die wand of als de wand hoger is dan 3,5m - alle gebouwen
2 dB	- rand van aarden baan in ophoging - grondlichaam met $70^\circ \leq T \leq 165^\circ$ - alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan twee maal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5m - geluidsabsorberende¹ rand aan spoorzijde van perron - rand aan niet-spoorzijde van perron - rand van baan op een viaduct of brug, anders dan trogliggerbrug of M-baan - geluidsabsorberende¹ rand aan spoorzijde van trogliggerbrug - rand aan niet-spoorzijde van trogliggerbrug - geluidsabsorberende¹ rand aan spoorzijde van M-baan - rand aan niet-spoorwegzijde van M-baan
5 dB	- rand (niet geluidsabsorberend¹) aan spoorzijde van perron - rand (niet geluidsabsorberend¹) aan spoorzijde van trogliggerbrug - rand (niet geluidsabsorberend¹) aan spoorzijde van M-baan

¹Zie 3.3.10.

N_f wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0,37\varepsilon 2^{i-1} \quad (3.16)$$

met ε de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\varepsilon = r_T - r_L \quad \text{voor } z_T \geq z_K \quad (3.17a)$$

$$\varepsilon = 2r - r_T - r_L \quad \text{voor } z_T < z_K \quad (3.17b)$$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 3.4 genoemde profielen wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de spoor specifieke geluidisolatie van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking ΔL_{SW} is nader onderzoek vereist naar de totale geluidsreducerende werking van de afscherming.

3.7. Bepaling spoor specifieke absorptie

De absorptiecoëfficiënten worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 354. De bepaalde absorptiecoëfficiënten in tertsbanden worden **gewogen** gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van de spoorverkeersspectra als weging wordt gebruikt, zie tabel 3.5.

Tabel 3.5 A-gewogen en op 0 dB genormeerd spectrum voor spoorverkeergeluid voor de berekening van een ééngetalswaarde in dB voor de spoor specifieke absorptie en spoor specifieke geluidisolatie van geluidsschermen.

	<u>spoorverkeer</u>	
<u>terts</u>	<u>spectrum (dB)</u>	<u>spectrum (dB)</u>
<u>100</u>	<u>-16,2</u>	<u>-24,0</u>
<u>125</u>		<u>-21,0</u>
<u>160</u>		<u>-19,2</u>
<u>200</u>	<u>-10,0</u>	<u>-17,0</u>
<u>250</u>		<u>-15,0</u>
<u>315</u>		<u>-13,2</u>
<u>400</u>	<u>-6,1</u>	<u>-11,7</u>
<u>500</u>		<u>-10,8</u>
<u>630</u>		<u>-10,4</u>
<u>800</u>	<u>-4,9</u>	<u>-10,0</u>
<u>1000</u>		<u>-9,7</u>
<u>1250</u>		<u>-9,4</u>
<u>1600</u>	<u>-5,0</u>	<u>-9,4</u>
<u>2000</u>		<u>-9,4</u>
<u>2500</u>		<u>-10,6</u>
<u>3150</u>	<u>-15,0</u>	<u>-17,1</u>
<u>4000</u>		<u>-21,0</u>
<u>5000</u>		<u>-24,0</u>

De spoor specifieke absorptie $DL_{a,rail}$ wordt bepaald volgens:

$$DL_{a,rail} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{si} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right| \quad (3.18a)$$

waarbij de ratio van de sommen maximaal 0,99 is.

$DL_{a,rail}$ wordt afgerond op gehele dB's en heeft een maximale waarde van 20 dB. Het eisen van een spoor specifieke absorptie met een waarde hoger dan 10 dB zal in het algemeen niet zinvol zijn.

3.8. Bepaling spoor specifieke geluidisolatie

De geluidisolatie wordt bepaald in overeenstemming met NEN-EN ISO 140-3. De bepaalde geluidisolatie R in tertsbanden worden gewogen gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van spoorverkeersgeluid als weging wordt gebruikt. Zie tabel 3.5. Bij de meting wordt voor wegverkeer het gehele scherm inclusief steunconstructies betrokken.

De spoor specifieke geluidisolatie $DL_{R,rail}$ wordt bepaald volgens:

$$DL_{R,rail} = -10 \lg \left| \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right| \quad (3.18a)$$

$DL_{R,rail}$ wordt afgerond op gehele dB's.

Bij schermen met een hoogte van 2 meter boven BS bedraagt de spoorverkeers specifieke geluidisolatie ten minste 25 dB, bij 4 meter hoge schermen is dat 30 dB.

3.9. De niveaureductie ten gevolge van reflecties ΔL_R

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F$$

Hierin is:

- $\Delta L_{R,abs}$ de niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties,
- ΔL_F de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie ten gevolge van de absorptie die optreedt bij reflecties zijn de volgende gegevens nodig:

N_{ref} : het aantal reflecties (zie ook paragraaf 5.3) tussen bron en waarneempunt [-]
 -: type reflecterend object.

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_{R,abs} = N_{ref} \delta_{ref} \quad (3.19)$$

waarin δ_{ref} de niveaureductie ten gevolge van één reflectie is. Voor gebouwen geldt voor alle octaafbanden $\delta_{ref} = -10 \lg 0,8$. Voor alle andere objecten is $\delta_{ref} = 1$ voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidsabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband $\delta_{ref} = -10 \lg (1 - \alpha)$, waarin α de geluidabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband. N_{ref} kan ten hoogste de waarde 1 aannemen.

Berekening van ΔL_F

De berekening van ΔL_F wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij telkens wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

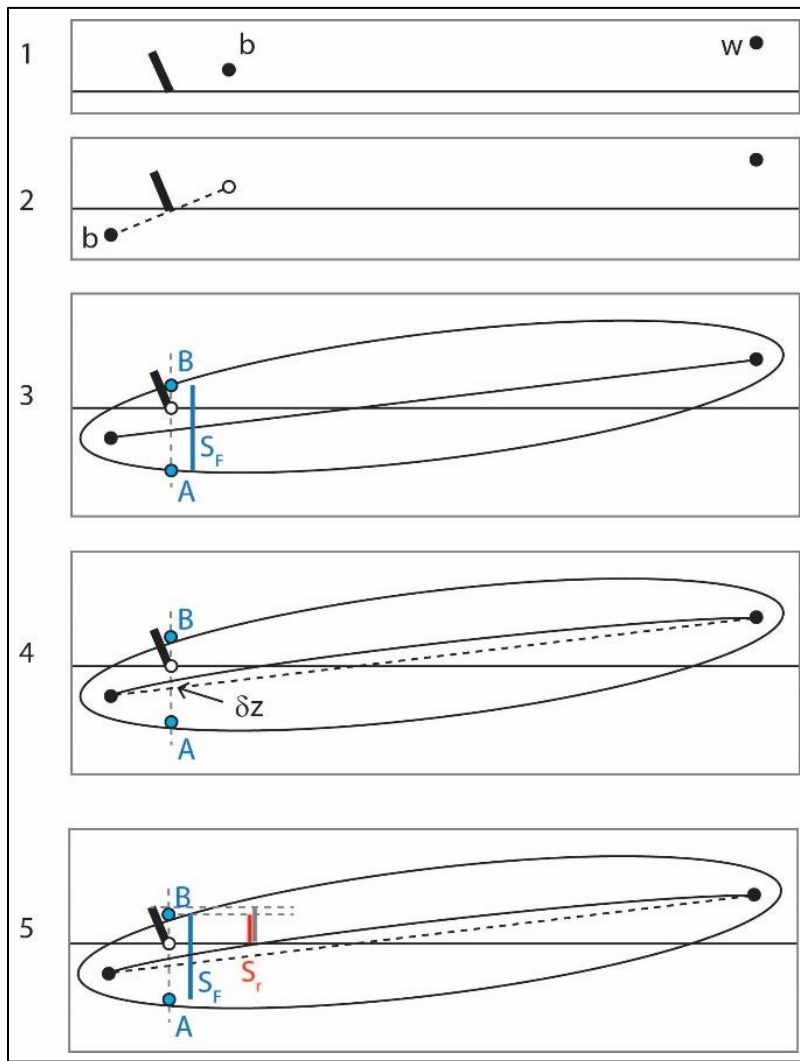
De niveaureductie ΔL_F wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_F = -20 \lg (S_r / S_F).$$

Hierin is:

- S_F een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak.
- S_r een maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van S_F en S_r bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 3.6.



Figuur 3.6. Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van S_F en S_r voor reflectie aan een hellend oppervlak.

Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b'), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoïde worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoïde geldt $|bp| + |pw| - |bw| = \lambda/8$, waarin $\lambda = 340/f_i$ de golflengte is bij de middenfrequentie f_i van een octaafband. De waarde van S_F is gelijk aan $|AB|$.

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand $\delta z = r_b r_w / [26(r_b + r_w)]$ door de invloed van straalkromming. Hierin zijn r_b en r_w de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting S_F wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van S_F en S_r worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz ($i=1$) tot en met 8 kHz ($i=8$). Op het resulterende spectrum $\Delta L_F(f_i)$ wordt tenslotte een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz ($i=1$) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per octaafband opgelegd op het verschil $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$. Dus voor successievelijk $i = 1, \dots, 7$ wordt $\Delta L_F(f_{i+1})$ vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

- $\Delta L_F(f_{i+1})$,
- $\Delta L_F(f_i) + 3$

Als geldt $\Delta L_F(f_1) = \infty$, dan worden alle waarden $\Delta L_F(f_i)$ gelijk gesteld aan ∞ . De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

3.10. Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A gewogen equivalente geluidsniveau in octaafbandindex i , symbool $L_{eq,i}$, wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\frac{\Delta L_{eq,i,j,n}}{10}} \quad (3.20)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 3.1a.

4. Meetmethoden

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor L_{den} -metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen 'de norm'. Voor de metingen kunnen drie soorten van situaties worden onderscheiden:

1. Situaties die *binnen* het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode vallen. In zulke situaties kan een gemeten L_{den} worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de betrokken locatie wordt vastgesteld. Een gemeten L_{den} kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten L_{den} kan in deze situaties geen zelfstandige juridische status hebben als 'geluidbelasting' die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode, of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd, moet geschikt zijn voor de specifieke situatie en moet goedgekeurd zijn door de beheerder van het reken- en meetvoorschrift. De resultaten worden ter beschikking gesteld aan de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen. Toepassing van de standaardmeetmethode ter vervanging van de standaardrekenmethode moet vooraf worden goedgekeurd door de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

Naast metingen kunnen, met in achtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. De alternatieve methode moet ter goedkeuring voorgelegd worden aan de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen zoals bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsbereik (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten gehanteerd van paragraaf 4.1.3.

4.1.1 Voorwaarden eenvoudige methode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie dient zo te worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.

Om volgens de eenvoudige methode een L_{den} te bepalen, dient aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- F. Voor de meetafstand D tot de spoorweg geldt: $D \leq 20 (h_s + h_r)$, waarbij h_s de bronhoogte is (source) en h_r de meethoogte (receiver). De bronhoogte is de hoogte van het spoor boven maaiveld, vermeerderd met 0,25 m. Voor de meethoogte geldt: $h_r \geq 4$ m.
- G. Het gaat om één afzonderlijke spoorweg, met een of meer sporen.
- H. Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand $2D$ tot de microfoon.
- I. De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:
 - o minstens 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
 - o vallend binnen één dienstregelingsjaar;
 - o met een gelijke verdeling over de weekdays (elke weekday heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
 - o waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie Tabel 4.3);
 - o waarbij de temperatuur T gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt;
 - o en de relatieve luchtvochtigheid RH gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.
- J. Voor de meetapparatuur geldt: microfoon IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bron spectrum normaal is (geen booggeluid of bruggeluid, etc.); windbol is vereist; meting van minstens 1 L_{eq} -waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1 L_E -waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor minstens eens per 3 maanden. Verschillen tussen de ijkingen mogen niet groter zijn dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 microfoons. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.

De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 4.1.2.

4.1.2 Werkwijze eenvoudige methode

Residueel geluid

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 4.1.1.

Meetwaarden (L_{eq} per seconde of L_E per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van verstoring geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenatest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk, etc.).

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden L' en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid L_{res} . Voor het niveau van het residueel geluid kan de L_{90} of L_{95} worden gebruikt.

Markeren en stratificeren

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als één of meerdere van onderstaande situaties zich voordoen:

- Overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met $L' - L_{res} < 5$ dB;
- Regen ($>1,0$ mm neerslag per uur)
- Verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren)
- Niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen)

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden W_{max} .

Tabel 4.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau groter dan:	[dB(A)]	40	50	60	70
W_{max}	[m/s]	4	6	8	11

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden uurgegevens van de 2 of 3 meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case* benadering voor de geluidmeetlocatie.

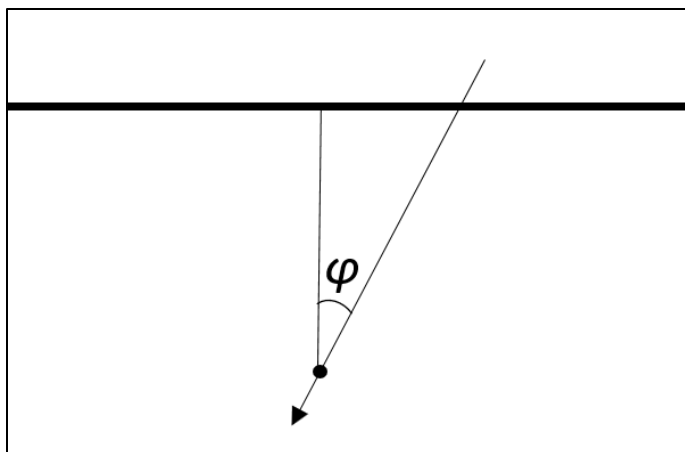
De uurwaarden voor L' en L_{res} die worden meegenomen in de analyse worden op de volgende wijze gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid:

$$L = L' + 10 \lg(1 - 10^{\frac{L_{res} - L'}{10}}) \quad (4.1)$$

Meteostratificatie

Op basis van de meewindcomponent V_{mee} van de windsnelheid V_{wind} , gemeten op 10 meter hoogte, dient per uur te worden bepaald van welke meteoklasse M1 t/m M4 sprake is. Als φ de hoek is tussen de windrichting en dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindinglijn tussen de spoorweg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (4.2)$$



Figuur 4.1 Bepalen van de hoek φ

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in Tabel 4.2 aangegeven.

Tabel 4.2 Meteoklassen eenvoudige methode.

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1 \text{ m/s}$	$V_{mee} < -1 \text{ m/s}$
M2	homogeen	$1 \text{ m/s} \leq V_{mee} < 3 \text{ m/s}$	niet van toepassing
M3	gunstig	$3 \text{ m/s} \leq V_{mee} \leq 6 \text{ m/s}$	niet van toepassing
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6 \text{ m/s}$	$V_{mee} \geq -1 \text{ m/s}$

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve L_{den} -waarde te bepalen is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag k het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{p,m,k}$ per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index p de drie etmaalperioden aan (dag 7-19 uur, avond 19-23 uur, nacht 23-7 uur) en de index m de vier meteoklassen (M1, M2, M3, M4).

Daarnaast wordt de fractie $q_{p,m,k}$ berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse m , gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode (p) van elke meetdag (k) geldt $\sum_m q_{p,m,k} = 1$.

Het equivalente geluidrukniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met $L_{p,m}$, wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar $q_{p,m,k}$:

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (4.3)$$

waarin $Q_{p,m}$ als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$$

Deze met $q_{p,m,k}$ gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door $Q_{p,m}$ te sommeren over de meteoklassen: $\sum_m Q_{p,m}$.

Voor de standaardafwijking $u_{p,m}$ die de onzekerheid in de emissie representeert voor $L_{p,m}$, geldt dat alle $L_{p,m,k}$ onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking $u_{p,m}$ kan daarom als volgt worden berekend:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \text{ dB} \quad (4.4)$$

waarin $S_{p,m}$ wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left(10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2 \quad (4.5)$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties $f_{optreed,p,m}$ van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in Tabel 4.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode p en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt mag een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van minstens 20 jaar.

Tabel 4.3 Optreedfrequentie $f_{optreed}$ per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018). Hier representeert 0° een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, enz.

sectorhoek ($^\circ$)	$p=\text{dag}$				$p=\text{avond}; p=\text{nacht}$			
"van" - "t/m"	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
350 - 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 - 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 - 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 - 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 - 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 - 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 - 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 - 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 - 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 - 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 - 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 - 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 - 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 - 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 - 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 - 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 - 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 - 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode, L_p , wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_m f_{optreed,p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{ dB.} \quad (4.6)$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2} \quad (4.7)$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten $c_{p,m}$ zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}} \quad (4.8)$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

- u_{wind} is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt: $u_{\text{wind}} = (6/W_{\text{max}})^2$ [dB].
- u_{nat} is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op $u_{\text{nat}} = 0,3$ dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.
- u_{meteo} is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met Annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{res} is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met Annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{slm} is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 microfoons. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

Bepaling L_{den}

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de L_{den} met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De L_{den} wordt berekend met:

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \left(\frac{12}{24} 10^{L_{\text{dag}}/10} + \frac{4}{24} 10^{(L_{\text{avond}}+5)/10} + \frac{8}{24} 10^{(L_{\text{nacht}}+10)/10} \right) \quad \text{dB} \quad (4.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{\text{den}} = \sqrt{\left[\left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{\text{dag}}}{10}} \right)^2 u_{\text{dag}}^2 + \left(\frac{4}{24} 10^{\frac{L_{\text{avond}}+5}{10}} \right)^2 u_{\text{avond}}^2 + \left(\frac{8}{24} 10^{\frac{L_{\text{nacht}}+10}{10}} \right)^2 u_{\text{nacht}}^2 \right] / 10^{\frac{L_{\text{den}}}{10}}} \quad (4.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is " $L_{\text{den}} = [L_{\text{den}}] \pm 2 \cdot [u_{\text{den}}]$ dB (95% BI)", waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

Vergelijking met standaardrekenmethode

Als de gemeten L_{den} wordt vergeleken met een L_{den} -waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden.

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het bovenbouwtype in het model overeen met die bij de metingen?
- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende L_{den} -waarde de actuele situatie, een plafondsituatie of een basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten L_{den} -waarde dient in elk geval rekening te worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde railruis. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus minstens enkele jaren bedraagt.

Rapportage eenvoudige methode

14. Het doel van de metingen.
15. Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.
16. Datum en plaats van de metingen.
17. Gegevens van het spoor: aantal sporen, bovenbouwconstructie, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgaaf van de bronbeheerder, en (voor zover beschikbaar) de met de standaardrekenmethode berekende L_{den} voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).
18. Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.
19. Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, voor zover van toepassing.
20. Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperioden en voor alle nachtperioden; het verloop van de uurwaarde L (uit formule (4.1)) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.
21. Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.
22. Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid W_{max} met een toelichting van die keuze.
23. Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.
24. De L_{den} en het 95%-betrouwbaarheidsinterval.
25. Bij vergelijking van gemeten en berekende L_{den} : een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.
26. Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

4.1.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

13. Instrumentatie: conform artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.
14. Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen en/of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties uit te voeren.
15. De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, conform artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.

16. Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van maximaal ± 1 dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur maximaal ± 2 dB.
17. Het resultaat van de meting is een L_{den} die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze: $L_{den} = 61,2 \pm 1,8$ dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.
18. Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt conform Annex I van de norm.
19. Meteostratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen dient een geschikt overdrachtsmodel te worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteostratificatie kan het nodig zijn de aanpak van Annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van Tabel 4.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteogegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar mogen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.
20. Correctie voor de luchtdemping conform Annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.
21. Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie en/of referentiesituatie. Deze correctie is conform Annex D.3 van de norm.
22. Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de railruwheid tijdens de meetperiode en de gemiddelde Nederlandse railruwheid.
23. Meetwaarden tijdens en na neerslag: conform artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt door niet-representatieve geluidoverdracht.
24. Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse), een analyse van de meetonzekerheid volgens Annex F van de norm.

4.2. Methode voor meting en modellering van stalen kunstwerken

4.2.1. Inleiding

Het rijden over een stalen kunstwerk zal in het algemeen leiden tot een toename van de geluidemissie. Deze toename wordt veroorzaakt door enerzijds een toename van het rolgeluid van het spoorvoertuig en anderzijds de geluidafstraling van het stalen kunstwerk zelf. Bij stalen kunstwerken wordt in de rekenmethode deze toename van de emissie gekarakteriseerd door een geluidemissietoeslag. Zie paragraaf 2.5.2. De geluidafstraling van het kunstwerk wordt per rijlijn apart in rekening gebracht door middel van het modelleren van twee bronlijnen. Behalve de bronlijn voor het rolgeluid wordt een tweede bronlijn gepositioneerd in het hart van elke rijlijn op het kunstwerk. De afstraalkarakteristiek van het kunstwerk vertoont verschillen met de afstraalkarakteristiek van het rolgeluid. Daarom heeft de bronlijn voor het kunstwerk een andere geometrische uitbreidingsterm dan de bronlijn voor het rolgeluid.

Voor het uitvoeren van akoestisch onderzoek is het wenselijk de geluidemissietoeslag te beschrijven, onafhankelijk van de geometrische modellering van het kunstwerk en de naastliggende aarden baan.

In deze paragraaf wordt de bepaling en de modellering van deze geluidemissietoeslag in de standaardrekenmethode uitgewerkt.

4.2.2. Geluidemissietoeslag

De geluidemissietoeslag $\Delta L_{E,brug}$ is gedefinieerd als het verschil tussen de emissie van de door het kunstwerk beïnvloede bronnen en dezelfde bronnen zonder de invloed van het kunstwerk. Deze geluidemissietoeslag wordt bepaald per voertuigcategorie, per octaafband. Omwille van leesbaarheid zijn in de hierna gebruikte formules de indices voor voertuigcategorie c en octaafband i weggelaten.

$$L_{E,totaal,brug} = L_{E,totaal} + \Delta L_{E,brug} \quad (4.11)$$

De totale emissie op het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidemissie (inclusief de extra rolgeluidemissie ($\Delta L_{E,brug-rol}$) op de bronlijnen op 0 en 0,5 meter van de bovenkant van het spoor (BS) en de emissie van het kunstwerk zelf op de bronlijn op 0m BS ($L_{E,brug-kunstwerk}$).

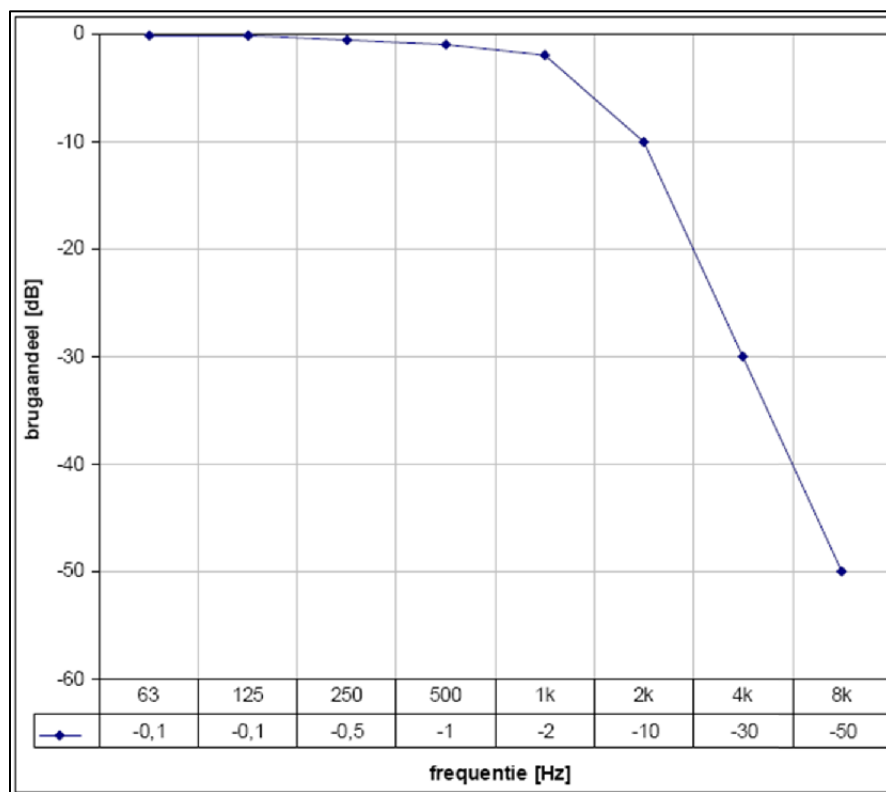
Deze totale emissie van het kunstwerk wordt in het model gerepresenteerd door twee bronlijnen, namelijk een bronlijn voor het kunstwerk met emissie $L_{E,brug-kunstwerk}$ en een bronlijn voor het rolgeluid met emissie $L_{E,brug-rol}$.

De emissie zonder de invloed van het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidbronnen alsof er geen geluidemissietoeslag is (dus zonder de $\Delta L_{E,brug-rol}$) en zonder kunstwerkgeluid en waarbij op de brug een bovenbouwcode $bb=1$ wordt gebruikt:

$$L_{E,totaal} = L_E^{bs} \oplus L_E^{as} = 10 \lg \left(10^{L_E^{bs}/10} + 10^{L_E^{as}/10} \right) \quad (4.12)$$

4.2.3. Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid

De extra emissie door de geluidemissietoeslag wordt gesplitst in twee delen: toename van het rolgeluid ($\Delta L_{E,brug-rol}$) en kunstwerkgeluid ($L_{E,brug-kunstwerk}$). De toename van het geluid wordt bij lage frequenties (tot 1 kHz) voornamelijk veroorzaakt door kunstwerkgeluid, bij hoge frequenties door rolgeluid. De splitsing van de geluidtoename wordt eenduidig vastgelegd met het empirische brugbijdragefilter H_{brug} van figuur 4.2.



Figuur 4.2 Spectrale karakteristiek van het filter om het brugaandeel uit het verschilspectrum te

filteren.

Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk wordt hiermee:

$$L_{E,brug-kunstwerk} = L_{E,totaal,brug} + H_{brug} \quad (4.13)$$

waarbij de correctiefactoren H_{brug} worden gebruikt, zoals die zijn weergegeven in figuur 4.2. De rest van de geluidemissie van de brug bestaat uit het rolgeluid. Deze bestaat uit de emissie van brug zonder de invloed van de brug dus een toeslag op het rolgeluid H_{rol} :

$$L_{E,brug-rol} = L_{E,totaal,brug} + H_{rol} \quad (4.14)$$

met

$$H_{rol} = 10 \lg(1 - 10^{H_{brug}/10}) \quad (4.15)$$

Daarmee wordt de toeslag op het rolgeluid:

$$\Delta L_{E,brug-rol} = L_{E,brug-rol} - L_{E,totaal} \quad (4.16)$$

Deze toeslag wordt opgeteld bij de rolgeluidbronnen op BS- en AS-hoogte, waarbij de bovenbouw wordt gemodelleerd met code $bb=1$.

4.2.4. Meettechnische bepaling van de geluidemissietoeslag

Deze methode kan worden toegepast om de geluidemissietoeslag te bepalen uit vergelijkende immissiemetingen nabij de brug en nabij het spoor op normaal talud (aardebaan, bij voorkeur met bovenbouwconstructie $bb=1$). Het geluidsdrukniveau van spoorvoertuigpassages wordt nabij de brug en nabij de aardebaan in één meetdoorsnede op gelijke afstand vanaf het hart van het spoor (HS) gemeten.

Voor het bepalen van de horizontale afstand tussen baan en microfoons worden de volgende punten in overweging genomen:

- Wegens nabijheidsveldeffecten bedraagt de meetafstand minimaal $1,5D$ vanaf het hart van de brug, waarbij D een karakteristieke voor de geluidafstraling relevante afmeting in de dwarsdoorsnede van de brug is, bijvoorbeeld de plaatafmeting van het brugdek of de breedte van de brug.
- Wegens de totale openingshoek bedraagt de meetafstand hoogstens de helft van de afstand van de meetdoorsnede tot elk van de uiteinden van de brug, gemeten langs de brug.
- De meetafstand bedraagt ten minste 7,5 meter uit het hart van het dichtstbijgelegen spoor. Bij bruggen korter dan 30 meter wordt dus gemeten in het midden van de brug, waarbij rekening wordt gehouden met de beperkte lengte van de brug.

Om een te grote invloed van bodemeffecten op de aardebaan te voorkomen, wordt een meethoogte van 1,5 meter boven de bovenzijde van het spoor (BS) aanbevolen bij een meetafstand van 7,5 meter tot het HS. Bij een meetafstand van 25 meter wordt een hoogte van 3,5 meter aanbevolen.

Bij tussenliggende meetafstanden wordt tussen deze hoogtes geïnterpoleerd. Dit betekent dat de meethoogte zo wordt aangepast dat de 'verticale zichthoek' naar BS in de orde van 10° ligt. Nabij de aardebaan wordt op één hoogte gemeten. Deze meethoogte noemen we h . Nabij de brug wordt op gemeten op twee hoogtes: $+h$ BS en $-h$ BS, waarbij de laagste meethoogte ten minste 1 m boven het op die locatie aanwezige bodemoppervlak ligt. De resultaten van deze metingen worden gemiddeld. Wanneer de resultaten van deze twee meetpunten bij de brug sterk uiteenlopen (richtlijn: meer dan 5 dB per octaafband) kan gerekend worden met de hoogste meetwaarden of wordt er nader akoestisch onderzoek uitgevoerd.

Bij de meting moet de representatieve operationele situatie worden onderzocht, dat wil zeggen de

verdeling van gemeten spoorvoertuigen over de verschillende spoorvoertuigcategorieën en de gereden snelheid komt overeen met de maatgevende situatie ter plaatse. Bij meersporige bruggen met 'gelijkwaardige sporen' kan volstaan worden met een toeslagmeting voor het aanliggende spoor. Bij 'niet-gelijkwaardige sporen' dient de toeslag voor alle sporen afzonderlijk bepaald te worden.

Voor alle meetposities wordt per spoorvoertuigpassage per spoorvoertuigcategorie het equivalente geluidniveau bepaald door te middelen over de tijd waarin de trein zich voor de meetpositie bevind ($L_{pAeq,Tp}$ uit NEN-EN-ISO 3095:2013). De immissietoeslag per categorie $\Delta L_{I,brug,c,i}$ volgt dan uit het lineair gemiddelde verschil tussen de beide geluidmeetposities over n (ten minste 5) passages:

$$\Delta L_{I,brug,c,i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (L_{Aeq,br,c,i,k} - L_{Aeq,ab,c,i,k}) \quad (4.17)$$

met:

c : index spoorvoertuigcategorie

i : index octaafband

k : volgnummer meting

$L_{Aeq,br,c,i,k}$: meetresultaat bij de brug

$L_{Aeq,ab,c,i,k}$: meetresultaat bij de aardebaan

Het gemeten immissieverschil tussen brug en aarden baan wordt beïnvloed door twee factoren: het verschil in geluidemissie tussen een voertuig op de brug en hetzelfde voertuig op de baan en het verschil in overdrachtsverzwakking. Daarnaast kan, in het geval dat de bovenbouwconstructie afwijkt van $bb=1$, een correctie nodig zijn naar bovenbouwconstructie $bb=1$.

Dit betekent dat de gemeten immissietoeslag wordt gecorrigeerd met $H_{correctie,\Delta overdracht}$ voor het verschil in overdrachtsverzwakking om een waarde te vinden voor de geluidemissietoeslag.

In het algemeen geldt:

$$\Delta L_{E,brug,c,i} = \Delta L_{I,brug,c,i} - H_{correctie,\Delta overdracht} \quad (4.18)$$

De waarde voor de correctie in overdrachtsverzwakking is slechts voor eenvoudige gevallen gemakkelijk te bepalen. Echter, als een akoestisch model wordt gemaakt van de meetsituatie dan kan $H_{correctie,\Delta overdracht}$ iteratief worden bepaald. Dan wordt de volgende procedure gebruikt:

- Veronderstel dat de geluidemissietoeslag precies gelijk is aan als de gemeten geluidimmissietoeslag: $\Delta L_{E,brug,c,i} \equiv \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i}$
- Vervolgens wordt de procedure uit 4.2.2 doorlopen om kunstwerkgeluid en extra rolgeluid toe te kennen aan de bronnen op de brug. Op de brug wordt als bovenbouw $bb=1$ gemodelleerd.
- Op de meetposities op de brug en de aarden baan worden de geluidimmissiespectra berekend. Het verschil tussen die twee geluidspectra noemen we $\Delta L_{I,brug,1^{e}schatting,c,i}$
- De correctie voor het verschil in overdrachtsverzwakking waar we naar op zoek zijn is vervolgens te bepalen met:

$$H_{correctie,\Delta overdracht} = \Delta L_{I,brug,1^{e}schatting,c,i} - \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i} \quad (4.19)$$

Verdisconteren rijsnelheid

Naast geluidrukniveaus wordt in beide meetdoorsnedes de rijsnelheid van het spoorvoertuig bepaald. Wanneer de snelheid tussen beide meetdoorsnedes meer dan 5% verschilt, wordt de aardebaanmeting gecorrigeerd met de emissieformules (zie 2.4). Wanneer dit verschil meer dan 25% bedraagt, is de meting niet bruikbaar voor de bepaling van de brugtoeslag.

Het brugtoeslagspectrum is afhankelijk van snelheid en spoorvoertuigcategorie. De brugtoeslag mag worden toegepast op dezelfde spoorvoertuigcategorie bij snelheden die maximaal 25% afwijken van de snelheid waarvoor de toeslag is bepaald.

Wanneer de brugtoeslag voor een bepaalde spoorvoertuigcategorie niet redelijkerwijs kan worden gemeten, wordt voor deze spoorvoertuigcategorie de brugtoeslag overgenomen van die spoorvoertuigcategorie die leidt tot de hoogste overall toeslag.

Verdisconteren railruwheid

In de directe omgeving van de meetdoorsnede aardebaan wordt de spoorstaafuwheid gemeten volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. Als de spoorstaafuwheid in de doorsnede van de aardebaan significant hoger is dan het landelijk gemiddelde spoorstaafuwheidsspectrum (zie tabel 2.7), moet of een andere meetdoorsnede gekozen worden met een lagere spoorstaafuwheid, of de meetwaarden moeten gecorrigeerd worden voor de hoge spoorstaafuwheid (zie paragraaf 2.4). Als de spoorstaafuwheid op de brug significant hoger is dan de referentie, wordt verondersteld dat dit representatief is voor de brug (tenzij er aanwijzingen zijn voor het tegendeel). In het algemeen zal de brugtoeslag dus niet gecorrigeerd worden voor de hoge spoorstaafuwheid. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafuwheid.

4.2.5. Modelleren in de standaardrekenmethode

Het bruggeluid wordt in de standaardrekenmethode verwerkt als een toeslag op de emissieterm voor rolgeluid in combinatie met een extra bronlijn op het kunstwerk voor het bruggeluid.

De toename van het rolgeluid $\Delta L_{E, \text{brug-rol}}$ wordt als extra emissieterm opgelegd aan de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS). Daarbij wordt de toename van de rolgeluidemissie in gelijke proporties verdeeld over deze twee bronlijnen. Dit noemen we de rolgeluidbron. De geluidemissie als gevolg van de geluidafstraling van het kunstwerk $\Delta L_{E, \text{brug-kunstwerk}}$ wordt gemodelleerd met een bronlijn ter lengte van het kunstwerk in het hart van het spoor (HS) op 0 m BS. Dit noemen we de kunstwerkbron.

Voor de kunstwerkbron gelden enkele speciale modelleervoorschriften.

1. De geometrische uitbreiding van de kunstwerkbron wordt beschreven met een monopooluitbreiding volgens formule 3.4b.
2. Al aanwezige afscherming op de brug of op het talud direct aansluitend aan de het kunstwerk heeft geen invloed op deze bron. De afstraling van de brug wordt namelijk niet beïnvloed door op of vlakbij de brug staande schermen.

4.3 Meetmethode emissies en spoorconstructies trams

4.3.1 Indeling in een bestaande categorie, procedure A

Procedure A uit de TR [2] is toepasbaar om een nieuwe tramtype in een bestaande treincategorie in te delen. Daarbij gelden de volgende aanpassingen voor trams.

Er worden aan minstens 4 voertuigexemplaren metingen uitgevoerd, waarbij per snelheidsbereik minstens 5 passages worden gemeten.

Voor de meetlocatie gelden de volgende eisen:

- Ballastspoor met monoblok dwarsliggers en UIC 54 rail of vergelijkbare vignole rail
- De railbevestiging en railpad mogen afwijken van de TR, zolang de verticale afstandsdeemping hoger is dan 5 dB/m tussen 200 Hz en 3000 Hz.
- Er ligt ballast tussen de meetpositie en het bereden spoor, bijvoorbeeld door het voertuig op het tegenoverliggende spoor te meten.

Er wordt gemeten op 7,5 m afstand uit het hart van het testspoor, op meethoogtes 1,2 m en 3,5 m boven het loopvlak van de rails.

4.3.2 Bepaling emissiekentallen trammaterieel, procedure B

Procedure B uit de Technische regeling emissiemethoden (TR) R wordt toegepast ter bepaling van de emissiekentallen van een nieuwe categorie voor trammaterieel, met de volgende aanpassingen.

Voor de voertuigexemplaren, aantal passages en spoorspecificaties gelden dezelfde extra bepalingen als voor Procedure A hierboven.

Tractiegeluid, voor zover relevant, wordt bepaald uit passages waarbij stabiele tractie of licht accelererend wordt gereden. Rolgeluid wordt bepaald uit passages waarbij geen of minimale tractie wordt geleverd.

Als voor dezelfde exemplaren trams bij dezelfde snelheden met tractie aan en uit niet meer dan 3 dB wordt geconstateerd in maximaal 2 tertsbanden in gemeten geluidsdrukspectra, dan mag met de rolgeluidbron worden volstaan. Dit wordt beoordeeld aan de hand van trams met wielen in normale conditie, zonder hoge ruwheid van het loopvlak.

Voor trams wordt uitgegaan van één bronhoogte op 0 m, zolang de tram voorzien is van afscherming van wielen en onderzijde met een opening van niet meer dan 30 cm hoog. Als de wielen voor meer dan de helft van hun oppervlak zichtbaar zijn, of als tractiebronnen op andere bronhoogtes (bijvoorbeeld op het dak) aanwezig zijn, dan moeten de brontermen in overeenstemming met procedure B te worden bepaald.

De overdrachtsfunctie $L_{Hpr,tot}$ voor rolgeluid wordt bepaald uit het geluidsdruk-niveau van de passage $L_{peg,tp}$ en de gecombineerde effectieve ruwheid L_{Rtot} volgens de TR Procedure B of CEN TR 16891:2016 [3]. De totale ruwheid kan ook worden bepaald uit direct gemeten wiel- en railruwheid, te meten volgens EN 15610: 2019 [4] (wat veel metingen en beschikbaarheid van voertuigen en spoor vereist) en het contactfilter. Hiervoor dient het DPRS contactfilter uit [4, tabel 5.2] te worden gebruikt in plaats van de waarden in tabel 2.1 van de TR.

Als alleen de BS bronhoogte van toepassing is, is de totale overdrachtsfunctie gelijk aan de spooroverdrachtsfunctie (zie TR par. 2.4.7).

Om een gemiddelde emissieniveau voor het hele netwerk te bepalen, moet een gecombineerde effectieve ruwheid $L_{Rtot,netwerk}$ van het hele netwerk en al het materieel worden bepaald, in analogie met $L_{Rtot,NL}$ in par. 2.4.4 van de TR. Dit wordt bepaald op basis van de gemeten gemiddelde totale effectieve ruwheid uit metingen van meerdere trams op meerdere locaties. $L_{Rtot,netwerk}$ mag ook worden herleid op basis van beschikbare wiel- en railruwheidsmetingen en het contactfilter zoals hierboven beschreven, als daarvoor statistisch voldoende representatieve data voorhanden is. Bij gebrek aan deze informatie kan worden uitgegaan van de onderstaande spectra voor gecombineerde wiel/rail ruwheid.

In het RMV kan per locatie een correctie op de totale ruwheid worden toegepast afhankelijk van beschikbare gegevens van wiel en railruwheid in relatie tot onderhoud en slijpregime.

4.3.3 Bepaling bovenbouwcorrectie, procedure C

Procedure C uit de TR beschrijft de methode ter bepaling van de bovenbouwcorrectie. Uitgangspunt is dat het type bovenbouw wordt vergeleken ten opzichte van metingen op een ballastspoor, waarbij de wielruwheid veel hoger is dan de railruwheid. Dit is te bereiken door gebruik van materieel met vooraf gemeten hoge wielruwheid of met een voertuig met 2 of meer platte wielkanten met hoorbaar en meetbaar niveau ten opzichte van het rolgeluid tijdens passage. Bij vergelijking met een tram zonder platte wielen zou het niveau dan met ca 5-10 dB moeten verschillen. De metingen op het ballastspoor worden vergeleken met het te onderzoeken testspoor, waarbij dezelfde trams met dezelfde snelheden worden gemeten op beide locaties.

De metingen moeten bij snelheden tussen 50 tot 80 km/h te worden uitgevoerd, waarbij tractiegeluid door optrekken en remmen wordt vermeden.

De bovenbouwcorrectie is het verschil tussen het rolgeluidsspectrum op het ballastspoor en op het te onderzoeken spoor, gemeten langs de baan.

Als alternatief voor deze procedure worden bovenbouwcorrecties ook wel uit aan boord metingen bepaald, waarbij met een microfoon onder de wagon het rolgeluidsspectrum als functie van de snelheid wordt gemeten. Dit bevat zowel effecten van de spoorconstructie als van wiel/rail ruwheid. Daarom is van belang dat voor dergelijke metingen steeds de wielruwheid die van de rails domineert, bijvoorbeeld door middel van platte wielkanten, en dat geen andere bronnen zoals tractiegeluid of externe bronnen de meting verstoren. Deze werkwijze is niet gestandaardiseerd en vereist zorgvuldige keuze van meetposities, voertuigcondities en dataverwerking.

5. Toelichting reken- en meetvoorschrift

5.1. Algemeen

Wijzigingen:

Ten opzichte van het reken en meetvoorschrift geluid 2012 zijn er een aantal wijzigingen

doorgevoerd in deze methode.

- Er zijn nieuwe treincategorieën toegevoegd
- De meetperiode voor emissiemetingen bij stalen bruggen is aangepast
- De meetmethode is vernieuwd
- SRM1 is verwijderd
- Overstandgeluid is toegevoegd
- De afmetingen en helling van objecten hebben effect op hun reflectiebijdrage
- Hoe om te gaan met kleine aaneengesloten objecten is gedefinieerd
- Hoe om te gaan met kleine bronnen is gedefinieerd.
- Er is een meetmethode voor vaststellen tramemissie en bovenbouwcorrecties opgenomen.

5.2. Begrippen

De in het artikel gedefinieerde etmaalperiode betreft hetzij de periode 07.00–19.00 uur (dag), de periode 19.00–23.00 uur (avond) of de periode 23.00–07.00 uur (nacht).

Het begrip rekeneenheid is hier geïntroduceerd om de bij de definitie van de verkeersintensiteit in het verleden vaak gehanteerde begrippen as- of draaistelintensiteit te vervangen. Dit is enerzijds gebeurd om de eenvoud te verhogen en anderzijds blijkt de nu gehanteerde definitie beter de geluidemissie te beschrijven. Bij getrokken treinen worden de locomotief in de rijtuigen (in geval van personentreinen) of de wagens (in geval van goederentreinen) alle aangemerkt als eenheden. Bij treinstellen moeten alle samenstellende delen te worden opgevat als eenheden. Het aantal assen of draaistellen per eenheid is bij de bepaling van de intensiteiten dus niet van belang.

Het akoestisch onderzoek richt, voor spoorwegen die niet op de geluidplafondkaart staan, zich op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidsbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op het langtijdig equivalent geluidsniveau gedurende de dag-, de avond- en de nachtperiode. Het gemiddelde over deze drie perioden bepaalt de waarde van de geluidsbelasting in L_{den} . In de praktijk zal echter veelal voor een meer praktische benadering gekozen worden, die ook aansluit bij de bepaling van de geluidsbelasting in dB(A), zoals die plaatsvond voor de introductie van de L_{den} . Daarbij wordt uitgegaan van een periode die in akoestische zin, voor het gehele jaar representatief is. Voor zulk een periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenoemde langtijdig equivalent geluidsniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke of andere variaties optreden met betrekking tot de treinenloop moeten langere tijdvakken worden beschouwd. Bij de gebruikelijke reizigersdiensten zal dit niet het geval zijn, maar goederenvervoer op het spoor kan van dag tot dag sterk verschillen. Daarom wordt met name voor goederenvervoer veelal uitgegaan van het aantal treinen gedurende een langere periode. De in het tijdvak van het voor de geluidsbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de verkeersintensiteit.

De representativiteit en bruikbaarheid van de resultaten van een akoestisch onderzoek staan of vallen met de realiteitswaarde van de gehanteerde verkeersvariabelen. De primaire eis die aan een akoestisch onderzoek moet worden gesteld, is dat het zo nauwkeurig mogelijk de (toekomstige) geluidsbelasting aanduidt. Dit zal slechts het geval zijn als niet alleen optimale aandacht wordt besteed aan de akoestische aspecten, zoals bodemdemping en reflectieinvloeden, maar als ook aan het onderzoek een deugdelijke opgave, meestal gebaseerd op een prognose, ten grondslag ligt. Voorkomen moet worden dat geluidwerende maatregelen, die aan de hand van de resultaten van een akoestisch onderzoek worden genomen, na enkele jaren onvoldoende effectief blijken te zijn, als de verkeersintensiteiten – en dus de geluidsbelastingen – hoger zijn dan aanvankelijk was geschat.

5.3. Spoorvoertuigcategorieën

In deze bijlage is bepaald dat al het verkeer over het spoor moet worden toegedeeld aan een van de genoemde spoorvoertuigcategorieën. Voor vrijwel alle van het Nederlandse net gebruikmakende spoorvoertuigen is dit al gebeurd en zijn de kenmerken vastgelegd in de vorm van emissiekentallen. In hoofdstuk 2 deze emissiekentallen zijn opgenomen voor de octaafbanden. Van een groot aantal in Nederland gebruikte types bovenbouw zijn eveneens de kenmerken beschikbaar en opgenomen in hoofdstuk 2 van deze bijlage. Bij inzet van nieuw materieel kan dit worden toegekend aan een bestaande spoorvoertuigcategorie. Hiervoor moeten metingen worden gedaan

volgens procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Als nieuw materieel niet kan worden ingedeeld in een van de spoorvoertuigcategorieën, bijvoorbeeld als het materieel stiller is dan de bestaande spoorvoertuigcategorieën, dan worden de nieuwe emissiekentallen volgens de procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 vastgesteld. Door een wijziging van deze bijlage kunnen de nieuwe emissiekentallen worden opgenomen in een nieuw te creëren spoorvoertuigcategorie. Voor trams is er een speciale procedure voor het inmeten van materiaal en bovenbouw. De reden is dat op tramlijnen vaak met maar 1 specifieke tram wordt gereden. Het ligt voor de hand om dan te kunnen rekenen voor dat specifieke tramtype.

5.4. Emissiegetallen (hoofdstuk 2)

De vaststelling van emissiegetallen vindt plaats per emissietraject, dat wil zeggen per spoorweggedeelte waarover de emissie van spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld. Voordat de emissiegetallen kunnen worden berekend, moet dus eerst de ligging van de emissietrajecten worden bepaald of anders geformuleerd: de plaatsen op de spoorweg waar de overgangen tussen de emissietrajecten liggen.

In principe liggen deze overgangen op plaatsen waar één of meer van de invoergegevens van de emissieberekening op een voor het eindresultaat relevante wijze veranderen.

Op plaatsen waar een gebied met spoorstaafonderbrekingen start of eindigt zoals bij voegenspoorstaven, wissels en kruisingen kan, in geval van korte opeenvolging van emissietrajectovergangen, de afstand van 30 meter zoveel kleiner genomen worden als nodig. Het emissiegetal per octaafband wordt berekend voor meerdere bronhoogten.

Vooraf voor het berekenen van afscherming is deze verfijning noodzakelijk. Wanneer spoorvoertuigen die uitgerust zijn met zogenoemde blokremmen hun remming uitvoeren verschuift de bron van de geluidemissie duidelijk naar boven. Niet alle categorieën spoorvoertuigen hebben – dominante – emissies op alle bronhoogten. Met name de hogesnelheidstreinen hebben belangrijke hooggelegen bronnen. Bij spoorvoertuigen die zijn ontworpen voor een lagere maximumsnelheid kan de bijdrage van hoger gesitueerde bronnen veelal op 0 worden gesteld.

De verschillende baancorrectiefactoren zijn afhankelijk van het materieeltype. De onderscheiden factoren dekken vrijwel alle baantypen die in de praktijk worden aangetroffen. Een uitzondering vormen onder andere nog de stalen viaducten.

Het emissiegetal ter plaatse van stalen bruggen en andere niet in dit voorschrift genoemde kunstwerken en baanconstructies kan door middel van meting worden bepaald. Hierbij wordt de meetmethode volgens hoofdstuk 4 als uitgangspunt gebruikt.

De tabellen met correcties voor bovenbouwconstructies bevatten niet de correcties voor de situatie van een baan met raildempers op houten dwarsliggers. Voor deze situatie kan gerekend worden met de situatie van een baan met betonnen dwarsliggers ($bb=1$).

De emissiegetallen voor dieselmaterieel en sommige elektrische locs bevatten niet het aandeel van de geluidsproductie bij acceleratie en stationair draaien. Omdat dit uitlaatgeluid en ventilatorgeluid hoog wordt geëmitteerd, dient te worden bedacht dat het aanbrengen van schermen op plaatsen waar geregeld materieel accelereert of stationair draait nauwelijks zin heeft als met dit uitlaatgeluid geen rekening worden gehouden. Hiervoor wordt in het geval van overstand op emplacementen de methode voor industrielawaai (bijlage IVf) gebruikt. De deelbijdrage hiervan wordt energetisch opgeteld met de bijdrage van rijdende treinen.

De emissieformules zijn geldig vanaf 40 km/h. Voor situaties waarbij de werkelijke snelheid lager is dan 40 km/h kan gerekend worden met de emissie horend bij 40 km/h, wat over het algemeen een lichte overschatting van de werkelijke emissie zal geven. Dit geldt bijvoorbeeld voor rangerende treinen of bij stations. Voor trams is een uitzondering gemaakt. Deze rijden meestal langzamer. Hier zijn de emissieformules geldig vanaf 30 km/h.

5.4.1. Effect van spoorstaafruwheidsbeheersing

Formule 2.3c kan worden gebruikt in situaties waarin structureel sprake is van een fors hogere spoorstaafruwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor dit rekenvoorschrift. Deze

formule is echter met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidsreducerende effecten van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafrouwheid in de berekening te verwerken. Deze bronmaatregel bestaat uit het eenmalig aanbrengen van de extra lage spoorstaafrouwheid en het vervolgens onderhouden van dit lage ruwheidsniveau. Door inzet van speciale slijptreinen en slijptechnieken is dit mogelijk en men spreekt ook wel van 'akoestisch slijpen'. Essentieel is dat de spoorwegbeheerder dit speciale onderhoud naar behoren vorm geeft. Belangrijk onderdeel daarbij is een jaarlijkse controle van het ruwheidsniveau van de sporen. Deze monitoring kan de spoorwegbeheerder vorm geven door handmetingen te laten uitvoeren, maar ook meetsystemen vanaf spoorvoertuigen zijn hiervoor wellicht geschikt.

5.4.2. Toeslag voor kunstwerken

Het is mogelijk het rolgeluid afkomstig van het spoor op een kunstwerk te bepalen op dezelfde wijze als omschreven in TR procedure C. Er wordt een spoorwegoverdracht bepaald die de geluidskarakteristiek van het kunstwerk bevat. Dit kan de toeslagwaardes uit de tabellen in hoofdstuk 2 vervangen.

5.5. Standaardrekenmethode (hoofdstuk 3)

Algemeen

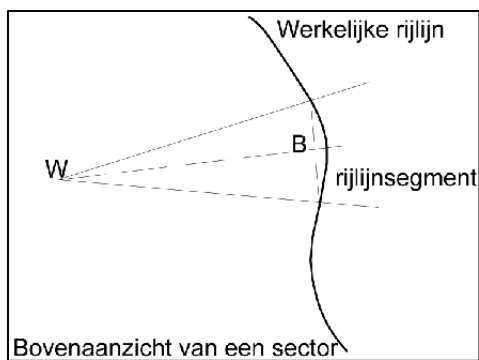
Omdat het onmogelijk is om in deze regeling een methode te geven die in alle gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is. Uitvoerenden van nader onderzoek worden geacht een grote mate van deskundigheid te bezitten.

Het overdrachtsmodel dat in de standaardrekenmethode wordt gehanteerd, met name het gedeelte over de bodemdemping en de schermwerking, is gebaseerd op het gekromde stralenmodel bij meewindcondities. Bij de berekening van de schermwerking, volgens de theorie van Maekawa, wordt de kromming van de geluidsstralen verdisconteerd door de werkelijke schermhoogte met een ineffectief deel te verminderen. De bij dit overdrachtsmodel veronderstelde meewindcondities zijn echter niet representatief als meteorologisch gemiddelde. Door een meteocorrectieterm op te nemen in het model wordt een 'meteogemiddeld' equivalent geluidsniveau L_{Aeq} verkregen.

De emissiegetallen per emissietraject, gespecificeerd per octaafband, worden als bekend verondersteld. De geometrische invoergegevens zullen veelal afkomstig zijn van goed gedetailleerd kaartmateriaal (horizontale projectie en verticale doorsneden van de relevante objecten). Terwille van de automatische verwerking zullen deze gegevens alleen geschematiseerd in de berekening worden ingevoerd (gekromde lijnen worden benaderd door rechte lijnstukken, de hoogte van glooiend maaiveld wordt met een gemiddelde waarde aangegeven, akoestisch niet relevante details worden weggelaten, enzovoort). Dit maakt de invoer van gegevens een bezigheid die een zeker akoestisch inzicht vereist. Met name in complexe akoestische situaties dient bij de rapportage zowel het oorspronkelijk kaartmateriaal als de geschematiseerd ingevoerde geometrie toegevoegd te worden.

Begripsbepalingen

Bij de berekening van de overdracht (bodemeffect, schermwerking en meteocorrectie) wordt uitgegaan van puntbronnen. Per sector wordt daartoe de bron, die strikt genomen een stukje lijnbron (het rijlijnsegment) is, gelokaliseerd gedacht in één punt, hier het bronpunt genoemd.



Figuur 5.1 Illustratie bij het begrip rijlijnsegment.

In het geval er kleine bronnen zijn die niet een hele sectorhoek omvatten is een aanvullende bepaling opgenomen om de bijdrage van deze kleine bronnen mee te kunnen nemen. Daarbij ontstaat de mogelijkheid om de bijdrage te bepalen op korte lijnsegmentjes van een emissietraject.

De Hoofdformule

De gegeven formules 3.1a en 3.1b zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} die luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (5.1)$$

waarin t_1 en t_2 respectievelijk de begin- en de eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdsinterval in seconden, $p_A(t)$ de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en p_0 de referentiegeluidsdruk van 20 μ Pa is.

De constante van -58,6 hierin is het gevolg van het feit dat:

- de emissieterm L_E het geluidvermogen per kilometer representeert i.p.v. per meter;
- de openingshoek in de geometrische uitbreidingsterm (Φ) in graden is i.p.v. in radialen;
- de constante $1/4 n$ ontbreekt in de geometrische uitbreidingsterm.

Dit leidt tot een term $+10 \lg (1/1000) \cdot (n/180) \cdot (1/4 n) = -58,6 \text{ dB}$.

In de regelgeving zijn drie intervallen gespecificeerd, te weten de dagperiode lopende van 07.00–23.00 uur, de avondperiode lopende van 19.00–23.00 uur en de nachtperiode lopend van 23.00–07.00 uur. Alle termen in het rechterlid van formule 1b zijn voorzien van één of meer van de indices i, j , of n , omdat de berekening hier slechts betrekking heeft op één octaafband, één sector en één bronpunt, is omwille van de duidelijkheid afgezien van de vermelding van de indices.

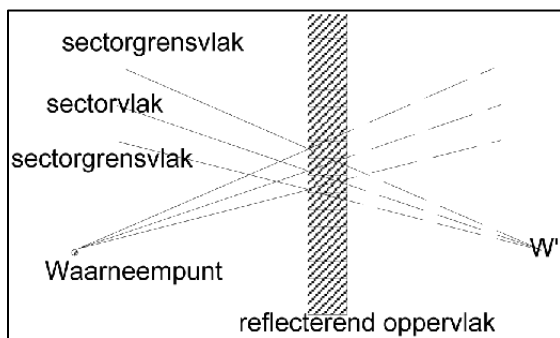
De sommatie over de index n (van 1 t/m N) beschrijft de (energetische) superpositie van de afzonderlijke bijdragen van de rijlijnen. De sommaties over de indices i (van 1 t/m 8) en j (van 1 t/m J) zijn de numerieke integraties over de frequentie (octaafbanden) en de totale openingshoek van het waarneempunt (sectoren). In de meeste gevallen is het voldoende om alle sectoren een openingshoek van 5° toe te kennen. Sectoren met een openingshoek kleiner dan 5° kunnen nodig zijn omdat bij discontinuïteit in de geometrie (hoeken van gebouwen, uiteinden van schermen en dergelijke) en in de verkeersgegevens (bij verandering van het emissiegetal) sector-grensvlakken gelegd moeten worden. De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

- a. 180 graden als het L_{Aeq} dient voor de vaststelling van de geluidsbelasting van een gevel, of
- b. 360 graden als het L_{Aeq} dient ten behoeve voor de vaststelling van de geluidsbelasting op een geluidsgevoelig terrein.

Reflecties

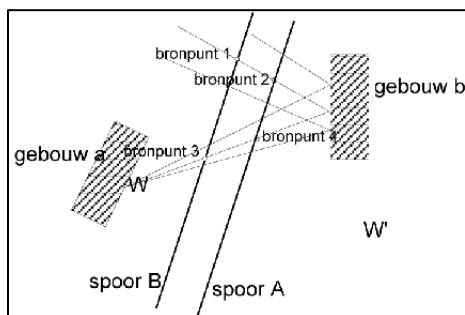
In figuur 5.2 is ter toelichting een voorbeeld opgenomen van de wijze waarop de constructie van een sector voor de berekening van de invloed van reflecties verloopt. Het gedeelte van de ongereflecteerde sector rechts van het reflecterend oppervlak wordt vervangen door het

spiegelbeeld ervan ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Het gespiegelde sectordeel hoort schijnbaar bij het waarneempunt W' dat het spiegelbeeld is van het werkelijke waarneempunt W .



Figuur 5.2 De constructie van een sector na reflectie.

In figuur 5.3 is een voorbeeld gegeven van een sector die ten gevolge van een reflectie voor de tweede maal een spoorweg snijdt. De bijdrage van de getekende sector aan het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} moet hier worden berekend uit de superpositie van de bijdragen van de bronpunten 3 en 4 (direct) en de bronpunten 1 en 2 (via reflectie). Bij reflecterende oppervlakken die een hoek van 5° of meer met de verticaal maken, staat niet à priori vast of het gereflecteerde geluid het waarneempunt bereikt. Een nader onderzoek is in dit geval vereist om aan te tonen in welke mate geluidsreflecties het L_{Aeq} van de betrokken sector beïnvloeden. De bijdrage van reflecterende oppervlakken die met de verticaal een grotere hoek maken dan 30° en het geluid opwaarts weerkaatsen (schuine daken en dergelijke) kunnen verwaarloosd, zodat nader onderzoek in dat geval overbodig is. Bij oneffenheden van het reflecterend oppervlak moet bij gevels gedacht worden aan balkons, galerijen, trappenhuisen en dergelijke. Als het bron of waarneempunt zicht op korte afstand hiervan bevinden kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidsniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer de geluidsbelasting van de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.



Figuur 5.3 Voorbeeld van een sector die door een reflectie tweemaal een spoorweg snijdt.

In feite wordt het oppervlak van een object per sector benaderd door een plat vlak. Als deze benadering géén goede beschrijving van de werkelijke situatie is, kan in veel gevallen het verdelen van het oppervlak over meerdere sectoren met een kleinere openingshoek de oplossing zijn. Is dit niet het geval dan is nader onderzoek vereist, bijvoorbeeld in de vorm van praktijk- of schaalmodelmetingen.

De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak door te kijken naar de overlap van de Fresnelzone met het scherm.

De overdrachtdemping L_{op}

Luchtdemping D_L

De gegeven waarden van δ_{lucht} zijn afgeleid uit het tertsbandspectrum ISO-DIS 3891 bij 10° C en 80% relatieve vochtigheid. Vooral bij de hoge frequentiebanden is enige compensatie geïntroduceerd voor het sterk dispersieve karakter van de absorptie.

Bodemdemping D_B

De indeling in drie bodemgebieden is noodzakelijk omdat bij het aangenomen gekromde-stralen model bodemreflecties optreden in de nabijheid van de bron zowel als de waarnemer en, bij voldoende grote afstand tussen bron en waarnemer, ook in het tussenliggende gebied. Elk van die gebieden kan een andere bodemgesteldheid hebben, zodat bij de berekening drie verschillende absorptiefracties benodigd zijn.

Onder akoestisch hard worden hier verstaan: klinkers, asfalt en andere wegverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Niet akoestisch hard zijn: grasland, landbouwgrond met en zonder gewas, zandvlakten, grond onder vegetatie enz.

De schermwerking L_{SW}

Omdat dit onderdeel van het rekenmodel alleen geschikt is om de bijdrage van het geluid dat via diffractie over een object het waarneempunt bereikt te verrekenen, moet het aandeel van de geluidstransmissie door het object te verwaarlozen zijn.

Met andere woorden, de isolatie van het object moet belangrijk hoger zijn dan de berekende schermwerking om als afscherming in aanmerking te komen. Gebouwen, aarden wallen en dergelijke voldoen hier in het algemeen wel aan, voor schermen, muren en soortgelijke objecten moet gelden dat de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10kg/m² bedraagt en er zich geen grote kieren of openingen ('akoestische lekken') in bevinden. Aangetoond is dat een afwateringsspleet aan de onderzijde van een scherm van niet meer dan 10 cm hoogte en onder de bovenzijde van het spoor geen meetbare invloed heeft op de werking van het scherm.

De schermwerking in dit voorschrift is gebaseerd op een aantal gevalideerde metingen en berekeningen, die echter niet voor alle denkbare situaties representatief zijn. In de meeste gevallen zijn de benaderingen uit dit voorschrift conservatief en wordt de schermwerking onderschat. De toepassing van een lager geluidsscherm is dan wellicht mogelijk als dit door nader onderzoek kan worden onderbouwd. Dit nader onderzoek kan ook bestaan uit een inventarisatie van in het verleden al uitgevoerde onderzoeken, bijvoorbeeld schaalmodel onderzoek, aan soortgelijke schermen in vergelijkbare omstandigheden.

In elk geval dient nader onderzoek plaats te vinden bij toepassing van een reflecterend geluidsscherm, waarbij wordt afgeweken van formule 3.2. De benadering van de werkelijke schermhoogte door een effectieve schermhoogte volgens formule 3.2 is een conservatieve benadering; onderzoek van een aantal situaties heeft dit aangetoond.

De spoor specifieke absorptie

Het in paragraaf 3.7 opgenomen spoorverkeersspectrum ter bepaling van de spoor specifieke absorptie is gebaseerd op de aanwezigheid van ten minste 50% goederenverkeer (meer laag frequent geluid). Voor situaties met minder goederenverkeer is de feitelijke spoorstaafspecifieke absorptie meestal groter en zal het resultaat wat verkregen wordt door gebruik te maken van het opgegeven spectrum aan de veilige kant zitten.

De spoor specifieke geluidisolatie

De geluidisolatie van zwaardere bouwmaterialen zoals beton en steen en ook van aarden wallen, is over het algemeen voldoende om te voorkomen dat geluid door het scherm heen een bijdrage levert bij de waarnemer; het meeste geluid gaat immers via buiging over de schermrand heen. Bij toepassing van lichtere bouwmaterialen (bijvoorbeeld bij deuren of bij dilatatievoegen) en hoge schermen (3 tot 4 meter schermhoogte) en bij waarneempunten zeer dicht achter het scherm (tot 10 meter) is voorzichtigheid geboden.

Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau

Voor een nauwkeurige bepaling van het equivalente geluidsniveau binnen woningen is het gewenst dat met beschikt over het octaafbandspectrum van het voor de gevel heersende geluidsveld. Op de beschreven wijze verkrijgt men een achttal waarden voor de equivalente geluidsniveaus in de onderscheiden octaafbanden. De A-weging is hierin al verdisconteerd. Het verdient in alle gevallen aanbeveling om naast het equivalente geluidsniveau in dB ook het octaafbandspectrum te vermelden bij de rapportage.

5.6. Meetmethoden (hoofdstuk 4)

5.6.1 Standaardmeetmethode

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekort schieten. Deze schieten tekort als ze gebruikt worden buiten het toepassingsgebied waar ze voor bedoeld zijn. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening die buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage gedacht worden aan metingen. Als er gemeten wordt omdat een situatie (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied ligt wordt de meetmethode voorgelegd aan de beheerder van het reken- en meetvoorschrift. Deze bekijkt dan of en in hoeverre de situatie buiten het toepassingsgebied van de rekenmethode ligt. Ook maakt dit het mogelijk om goede methoden publiekelijk ter beschikking te stellen zodat deze in andere vergelijkbare situaties gebruikt kunnen worden.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van het reken- en meetvoorschrift. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, maar als deze wordt gebruikt in het kader van deze bijlage, dan moet deze vooraf getoetst worden door de beheerder van het reken- en meetvoorschrift.

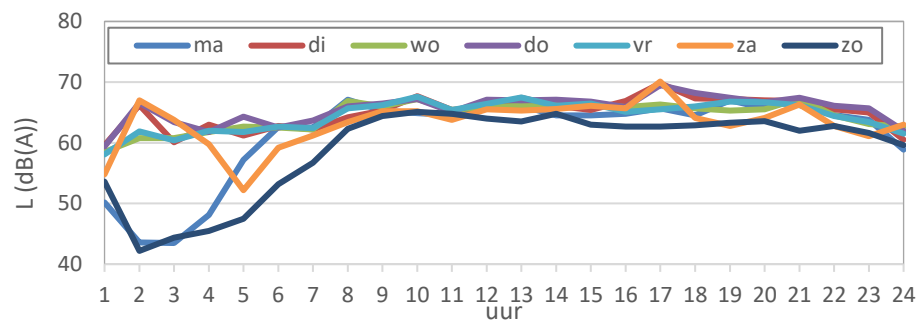
Het meten van een L_{den} conform de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de L_{den} -waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft. De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden gebruikt worden om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van L_{den} . De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode zijn nodig om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die gebaseerd zijn op een minimale meetperiode van 2 maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer gemeten worden. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze dienen omgezet te worden naar de tijdrekening van het geluidmeetstation. De verwerking van meetresultaten kan deels geautomatiseerd worden met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in het voorschrift aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in onderstaande paragraaf voorbeelden geven.

5.6.2 Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de L_{eq} per seconde of L_E per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

4. Verwijder L_{eq} -waarden en L_E -waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt;
5. Bepaal uurgemiddelde waarden L' en L_{res} . Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden L' en L_{res} , voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.

6. Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken verstoord is, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als neerslag, telt dit mee bij *regen*.
7. Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde L die wordt berekend met formule (4.1).
8. Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van L per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna. Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.



9. Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 t/m M4 op basis van de windsnelheid en -richting.
10. Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag, zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn $L_{p=\text{dag},m,k}$ en $q_{p=\text{dag},m,k}$. De totalen $L_{p=\text{dag},m}$ worden berekend met formule (4.3).

<u>hulptabel</u> <u>dagperiode</u>	<u>dag (7-19 uur)</u>							
<u>meetdag k</u>	L_{M1}	q_{M1}	L_{M2}	q_{M2}	L_{M3}	q_{M3}	L_{M4}	q_{M4}
<u>8-jun</u>	-	-	72,5	0,09	65,8	0,91	-	-
<u>9-jun</u>	65,5	1,00	-	-	-	-	-	-
<u>10-jun</u>	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17	-	-
<u>11-jun</u>	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33	-	-
<u>12-jun</u>	65,4	0,92	68,1	0,08	-	-	-	-
<u>13-jun</u>	66,6	1,00	-	-	-	-	-	-
<u>14-jun</u>	66,4	0,58	65,5	0,42	-	-	-	-
<u>15-jun</u>	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25	-	-
<u>16-jun</u>	66,5	1,00	-	-	-	-	-	-
<u>17-jun</u>	67,6	0,75	63,2	0,25	-	-	-	-
<u>18-jun</u>	65,5	0,83	64,8	0,17	-	-	-	-
<u>19-jun</u>	65,1	0,42	66,2	0,58	-	-	-	-
<u>20-jun</u>	68,6	1,00	-	-	-	-	-	-
<u>-</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>$Q_{p=\text{dag},m}$</u>	-	8,25	-	3,09	-	1,66	-	-
<u>$L_{p=\text{dag},m}$</u>	66,6	-	65,8	-	66,6	-	-	-
<u>$U_{p=\text{dag},m}$</u>	1,22	-	2,29	-	0,85	-	-	-

11. Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

<u>meetonzekerheidsbudget</u> <u>dagperiode</u>	<u>herkomst</u>	<u>M1</u>	<u>M2</u>	<u>M3</u>	<u>M4</u>	<u>Resultaat</u>
f_{optreed} bij 140°	uit Tabel 4.3	0,6	0,2	0,1	0,1	-
$L_{p=\text{dag},m}$	overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6	-	-
$U_{p=\text{dag},m}$		1,22	2,29	0,85	-	-
$L_{p=\text{dag}}$	formule (4.6)	-	-	-	-	66,0
$C_{p=\text{dag},m}$	formule (4.8)	0,69	0,19	0,12	-	-
$\sqrt{(u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2)}$		-	-	-	-	1,7
$U_{p=\text{dag}}$	formule (4.7)	-	-	-	-	2,0

12. Bepaal de L_{den} en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

-	-	<u>p=dag</u>	<u>p=avond</u>	<u>p=nacht</u>	<u>Resultaat</u>
L_p	neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
U_p		2,0	2,6	2,3	
L_{den}	formule (4.9)				69,7
U_{den}	formule (4.10)				1,7

13. Geef het eindresultaat als volgt op: $L_{\text{den}} = 69,7 \pm 3,4 \text{ dB (95\% BI)}$.

Bij een vergelijking van een berekende L_{den} met de gemeten L_{den} wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

5.6.3 Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 4.1.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze zulke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand D (veel) groter is dan $20(h_s + h_r)$. In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van Tabel 4.2 en Tabel 4.3 niet gebruikt worden. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en Annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat. In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsbereik van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 4.1.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

5.6.4 Toepassing van de methode voor meting en modellering van bruggen

De methode kan gebruikt worden voor stalen bruggen met eventuele geluidsschermen of geluidafschermende delen, onder de aanname dat het geluidsscherm alleen effect heeft op het rolgeluid (de dipoolbronnen). Ook kan de methode gebruikt worden om het effect van de plaatsing van een geluidsscherm te bepalen. Wel is voorzichtigheid geboden bij toepassing van hoge schermen (hoger dan 4 meter), doordat andere effecten een rol kunnen gaan spelen, zoals geluidafstraling door het scherm zelf.

Bij betonnen kunstwerken is de emissie ten gevolge van rolgeluid én bruggeluid verwerkt in de bovenbouwcorrectie. Deze werkwijze mag worden toegepast in situaties met geluidsschermen of afschermdelen met een hoogte tot 2 meter boven de bovenkant van de spoorstaven. Bij toepassing van schermen hoger dan 2 meter op een betonnen kunstwerk is de methode voor meting en modellering van bruggen bruikbaar, waarbij een vlak brugbijdragefilter van 0 dB⁴⁾ voor alle octaafbanden dient te worden gehanteerd. Bij twijfel of een kunstwerk moet worden aangemerkt als een betonnen of als een stalen kunstwerk is de constructie van het brugdek (de brugonderdelen direct onder de spoorstaafbevestiging of de ballast) maatgevend. Voor bruggen korter dan 10 meter hoeft de methode niet te worden toegepast omdat deze niet als een apart deeltraject in rekening worden gebracht.

Voor situaties waarbij nader onderzoek is vereist omdat het brugaandeelfilter niet toepasbaar is (zie bovenstaande opmerkingen) is het mogelijk om met een methode voor het bepalen van het rolgeluid (zoals opgenomen in TR paragraaf 2.4 en 2.4.6.) het brug- en rolgeluidaandeel te meten.

Aangegeven is dat bij meersporige bruggen kan worden volstaan met meting van de toeslag van één spoor, mits het gelijkwaardige sporen zijn. Dit is ook van toepassing voor de zogenaamde 'aanbruggen', situaties waarbij de brug in de lengterichting uit meerdere delen bestaat. Ook dan kan onder de voorwaarde dat het gelijkwaardige brugdelen zijn, volstaan worden met meting van één deel.

Correctie voor afwijkende spoorstaafruwheid

Wat betreft spoorstaafruwheid moet voorkomen worden dat een niet-representatieve situatie beoordeeld wordt. De emissiegetallen van een doorgaand spoor (tabel 3.1) zijn gebaseerd op de referentieruwheid die is afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafruwheid in Nederland. Dit is consistent met het onderhoudsregime van het spoor: zeer ruwe spoorstaven wordt op een gegeven moment geslepen en dan is het weer een tijdje glad. Er is echter niets bekend over de gemiddelde spoorstaafruwheid op stalen bruggen en de aanname dat de actuele spoorstaafruwheid representatief is voor de brug is plausibel. Bij het bepalen van de brugtoeslag wordt wel een ruwheidscorrectie toegepast voor de meetdoorsnede op de aardebaan, maar niet voor de brug. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafruwheid. Deze keuze heeft twee consequenties:

1. De berekende geluidniveaus in de omgeving van de brug zo goed mogelijk overeenkomen met de werkelijk waar te nemen niveaus;
2. Het slijpen van de spoorstaven op de brug als geluidsreducerende maatregel meegenomen worden; in dit geval dient ook bij de meetdoorsnede op de brug de spoorstaafruwheid bepaald te worden volgens NEN-EN-ISO 3095:2013.

5.6.5 Meetmethode emissies trams

Basis voor deze aangepaste meetmethode voor trams zijn de Technische Regeling uit 2006, EN ISO 3095: 2013, EN 15610: 2019 (directe wiel en railruwheidsmeting), CEN TR 16891: 2016 (meting van gecombineerde ruwheid uit railtrillingen) en de meest recente inzichten uit de CEN werkgroep Railway Source Terms (meting van brontermen, stand 2019).

Bij geluidemissiemetingen aan trams wordt gemeten op ballastspoor onder gecontroleerde omstandigheden met bekende railruwheid. Er wordt bij voorkeur over ballast heen gemeten (verre spoor) in verband met de reproduceerbaarheid van metingen. Daarnaast wordt zowel op 1,2 m als 3,5 m hoogte boven het rail loopvlak en 7,5 m uit het hart van het meetspoor, om de invloed van bodemreflecties te minimaliseren. De geluidemissie op andere spoortypes wordt met SRM II berekend door middel van een bovenbouwcorrectie en eventueel en ruwheidscorrectie. De bovenbouwcorrectie voor tramspooren wordt in analogie met die voor treinen.

Uitgangspunt voor bronhoogtes is alleen de laagste bron op 0 m voor trams met afscherming van de wielen en de aandrijving.

4) Hiernaar dient nader onderzoek verricht te worden. Dit brugbijdragespectrum zal in het algemeen tot conservatieve resultaten leiden.

**BIJLAGE IVf BIJ DE ARTIKELEN 3.2, TWEEDE LID, 3.6, 3.15 EN 8.22 VAN DEZE REGELING
(REKEN- EN MEETMETHODE GELUID INDUSTRIE)**

Inhoud

1	Algemeen
1.1	Structuur van reken en meetmethode geluid industrie
1.2	Toepassingsgebied methode I en II
1.2.1	Toepassingsgebied methode I
1.2.2	Toepassingsgebied methode II
1.3	Nauwkeurigheid van methode I en II
1.3.1	Vereiste meetnauwkeurigheid
1.3.2	Verwaarlozingscriterium
1.4	Samenvatting Methode I en II
2	Metingen en vaststelling geluidvermogen
2.1	Aspecten bij uitvoering van metingen
2.1.1	Stoorgeluid
2.1.2	Weersomstandigheden en meteoraam
2.1.3	Typen geluid
2.1.4	Meting maximale geluidniveaus
2.2	Directe immisiemetingen
2.2.1	Algemeen
2.2.2	Weersomstandigheden (meteoraam)
2.2.3	Stoorgeluidcorrectie
2.2.4	Keuze meetlocatie
2.2.5	Methode I.1
2.2.6	Methode II.1
2.2.7	Vaststelling binnengeluidniveau
2.3	Bepaling geluidvermogen
2.3.1	Algemeen
2.3.2	Methode I
2.3.3	Methode II
3	Bepaling overdracht
3.1	Methode I
3.1.1	Basisformule
3.1.2	Versterking door reflectie(s)
3.2	Methode II: overdrachtsmodel (II.8)
3.2.1	Algemeen
3.2.2	Bronbeschrijving
3.2.3	Basisformule
3.3	Methode II: Substitutiemethode (II.9)
3.4	Methode II: Hybride methoden (II.10)
4	Geluid van activiteiten
4.1	Toepassingsbereik
4.2	Te beschouwen bedrijfssituatie
4.3	Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)
4.4	Bepaling beoordelingsgrootheden
4.4.1	Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau LAeqi,LT
4.4.2	Bepaling beoordelingsniveau LAr,LT
4.4.3	Bepaling maximale geluidniveau LAmaz
5	Geluid van een industrieterrein
5.1	Toepassingsbereik
5.2	Te beschouwen bedrijfssituatie
5.3	Bijzondere geluiden (tonaal karakter/muziekgeluid)
5.4	Bepaling beoordelingsgrootheid
5.4.1	Bepaling jaargemiddeld deelgeluidniveau LAeqi,JM
5.4.2	Bepaling beoordelingsniveau LAr,JM
5.4.3	Bepaling beoordelingsniveau Lden en Lnight
6	Toelichting
6.1	Lijst van definities
6.2	Isolatiewaarden
6.3	Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de Handleiding meten en rekenen industrielawaai
6.4	Nadere toelichting hoofdstuk 2
6.5	Nadere toelichting hoofdstuk 3
6.6	Nadere toelichting hoofdstuk 4

<u>6.7</u>	<u>Nadere toelichting hoofdstuk 5</u>
<u>6.8</u>	<u>Literatuurlijst</u>

1 Algemeen

1.1 Structuur van reken en meetmethode geluid industrie

De reken en meetmethode geluid industrie is opgebouwd uit twee methoden. Het toepassen van Methode I is bedoeld voor een akoestisch eenvoudige situatie, waarbij geen spectrale informatie is benodigd. Methode II is bedoeld voor akoestisch complexere situatie, waarbij spectrale informatie benodigd is.

In hoofdstuk 2 zijn voorschriften voor zowel methode I als II opgenomen zover deze betrekking hebben op metingen. In hoofdstuk 3 zijn de voorschriften voor zowel methode I als II opgenomen ter bepaling van de geluidsoverdracht tussen geluidbron en beoordelingspositie. In hoofdstuk 4 zijn de voorschriften ter bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten plaatsvinden. In hoofdstuk 5 zijn de voorschriften ter bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten die op een industrieterrein plaatsvinden. De bepaling van de beoordelingsgrootheden voor activiteiten die zowel buiten of binnen een industrieterrein plaatsvinden is gelijk voor methode I en II.

De keuze voor het toepassen van methode I of methode II berust vooral op het toepassingsgebied. Dit toepassingsgebied wordt in paragraaf 1.2.1 en 1.2.2 toegelicht. Als uitgangspunt geldt dat binnen het toepassingsgebied van methode I een gelijkwaardig resultaat wordt bereikt als met methode II.

In Tabel 1-2 zijn samenvattend de kenmerken gegeven van de beide meet- en rekenmethoden.

1.2 Toepassingsgebied methode I en II

1.2.1 Toepassingsgebied methode I

Methode I kan worden toegepast voor activiteiten waar voor de beoordeling van de geluidssituatie een eenduidige bedrijfssituatie kan worden gedefinieerd. Als dat van toepassing is moet de bedrijfssituatie op ondubbelzinnige wijze kunnen worden onderverdeeld in representatieve bedrijfstoestanden die voor het verrichten van metingen en berekeningen relevant zijn. Uit beide beschrijvingen moeten op herleidbare en controleerbare wijze de beoordelingsgrootheden kunnen worden vastgesteld.

Methode I is bedoeld voor:

- immissiemetingen bij verlening van een omgevingsvergunning en bij controle van activiteiten die zijn toegelaten op grond van een omgevingsplan of omgevingsvergunning;
- emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties bij activiteiten. Dit kan noodzakelijk zijn in situaties waar dusdanig hoge stoorgeluidniveaus op het beoordelingspunt optreden dat immissiemetingen aldaar niet mogelijk zijn.

Methode I kan worden toegepast op:

- meerdere activiteiten die beschouwd worden als één activiteit;
- afzonderlijke activiteiten;
- een bepaalde geluidbron of installatie, bijvoorbeeld ter controle van ontwerpspecificaties of leveranciergaranties.

Methode I kan niet worden toegepast voor de vaststelling van geluid ten gevolge van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een activiteit op een dergelijke industrieterrein inpasbaar is binnen het geluidproductieplafond.

Voor immissiemetingen volgens methode I.1 gelden de volgende voorwaarden:

- bron-ontvangerafstanden tot 150 m;
- alle relevante bronnen behorend tot een gedefinieerde bedrijfstoestand moeten tegelijkertijd binnen het meteoraam kunnen worden gemeten;
- de akoestisch relevante bedrijfstoestanden ten behoeve van het bepalen van de 'langtijdgemiddeld deelgeluidniveaus' kunnen eenduidig worden gedefinieerd;
- ter plaatse van de meetlocatie mag er geen significante stoorgeluidbeïnvloeding aanwezig zijn, of moet daarvoor te kunnen worden gecorrigeerd volgens de omschreven methode (zie paragraaf 2.1.1).

Voor overdrachtsberekeningen kan de methode worden toegepast voor afstanden tussen bron en ontvanger tot 500 m mits rekening wordt gehouden met een afnemende nauwkeurigheid bij toenemende afstand tot de geluidbron c.q. activiteit.

De randvoorwaarden van de submethoden worden bij de verschillende hoofdstukken specifiek vermeld.

1.2.2 Toepassingsgebied methode II

In die situaties waarin methode I niet mag of kan worden toegepast, wordt methode II gebruikt. De submethoden van methode II kennen geen algemene beperkingen met betrekking tot afstand, beoordelingshoogte, omvang van activiteiten en spectrale inhoud van het geluid. De desbetreffende randvoorwaarden worden specifiek bij iedere submethode gegeven.

Methode II geldt in principe voor immissiemetingen bij afzonderlijke of combinaties van activiteiten met sterk wisselende bedrijfstoestanden gedurende het jaar, het etmaal of delen daarvan. Ook bij situaties waar sprake is van veel bronnen en objecten wordt methode II gebruikt. Het vaststellen van geluid van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, wordt met methode II uitgevoerd. Het bepalen van geluidvermogens met specifieke, uitgebreide meetexercities en/of meetapparatuur behoort ook tot methode II.

1.3 Nauwkeurigheid van methode I en II

1.3.1 Vereiste meetnauwkeurigheid

In

Tabel 1-1 zijn richtwaarden gegeven voor de nauwkeurigheid die gehanteerd moeten worden bij verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden in afstanden, geometrieën, tijdsperioden en aflezingen van geluidsmeters c.q. apparatuur die de geluidsgegevens verwerkt, in het eindresultaat geen grotere fout veroorzaakt mag worden dan 1 dB. De grootste fouten treden met name op bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand. In hoeverre deze fouten doorwerken in het eindresultaat hangt af van de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen. De te stellen nauwkeurigheid aan de bedrijfsduur hangt dus mede af van de mate waarin een bron bepalend is voor het eindresultaat.

Tabel 1-1 Minimale vereiste nauwkeurigheid

<u>Grootheid</u>	<u>Vereiste nauwkeurigheid</u>
<u>afstand</u>	<u>5%</u>
<u>oppervlak</u>	<u>10%</u>
<u>tijdsperioden</u>	<u>10%</u>
<u>gemiddelde windsnelheid</u>	<u>30% of 1 m/s</u>
<u>gemiddelde windrichting</u>	<u>20°</u>
<u>afleesnauwkeurigheid bij geluidsniveaubepaling</u>	<u>0,5 dB*</u>
<u>* De afleesnauwkeurigheid speelt geen rol als gebruik wordt gemaakt van integrerende geluidsniveaumeters (L_{eq}-bepaling) met digitale aflezing.</u>	

1.3.2 Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB mag worden beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidbijdragen:

- Deelbronnen. Als de gezamenlijke bijdrage van de te verwaarlozen deelbronnen meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze bronnen worden verwaarloosd.
- Bepaalde frequentiebanden (alleen bij methode II). Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde frequentiebanden meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze banden buiten beschouwing worden gelaten. Vaak blijkt dat de geluidsniveaus in de

octaafbanden 31,5 en 8000 Hz voor de bepaling van de geluidsniveaus kunnen worden genegeerd.

- Reflecties. Als aangetoond kan worden dat de totale bijdrage van reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidniveau ligt, mogen deze worden verwaarloosd.

Er moet evenwel op toegezien worden dat door opeenstapeling van verwaarlozingen de algemene stelregel in de eerste zinsnede geen geweld wordt aangedaan.

1.4 Samenvatting Methode I en II

Tabel 1-2 Kenmerken van methode I en II

	Aspect	Methode I	Methode II
Algemene aspecten	Toepassing	Immissiemetingen ($r_j < 150$ m) bij vergunningverlening en controle hiervan • Controle aan geluidgrenswaarden uit omgevingsplan • Indicatief vaststellen inpasbaarheid activiteiten binnen industrieterrein Emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties	Immissiemetingen en emissiemetingen met overdrachtsberekeningen in complexe situaties.
	Stijl van het voorschrift	In principe eenduidige interpretatie, receptmatig	Geeft de randvoorwaarden aan waaraan de gebruikers zich moeten houden, veel keuzevrijheid, maar keuze moet kort en deskundig gemotiveerd worden
	Spectrale gedetailleerdheid	Geen (alleen dB(A)-waarden)	Bij voorkeur in octaafbanden, desgewenst in smallere frequentiebanden
Akoestische aspecten	Stoorgeluid	Correctie mogelijk, mits op eenvoudige wijze uitvoerbaar	Naast correctie ook gebruik van speciale apparatuur voor onderdrukking van stoorgeluidbijdrage
	Meteoraam / meteocorrectie	Ja	Ja, ook mogelijkheid om buiten het meteoraam te meten door verrichten van veel metingen
	Apparatuur / outillage	Geluidsniveaumeter IEC 651 type 1 met A-filter, integrerende apparatuur, rekenfaciliteiten, lossless audioregistratie	Als bij methode I, eventueel aangevuld met: smalle band-analyse, trillingmeters, richtingsgevoelige microfoons, FFT, intensiteitsmeetapparatuur, correlatiemeetmethoden, antennetechnieken
Immissie	Immissiemeting	• In dB(A) • Minimum aantal metingen, energetisch gemiddelde	• Als methode I • In dB(A), ook in octaafbanden, desgewenst in smallere banden
	Extrapolatiemethode	Dampingsterm voor geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking in dB(A)	Correctieterm met alle relevante termen uit het overdrachtsmodel

	Aspect	Methode I	Methode II
<u>Emissie</u>	<u>Geconcentreerde bronnen</u>	<u>Ja, binnen randvoorwaarden</u>	<u>Ja, binnen randvoorwaarden</u>
	<u>Random-methode</u>	<u>Nee</u>	<u>Toepasbaar onder bepaalde randvoorwaarden aan richtingsafhankelijkheid en terreinoppervlak</u>
	<u>Aangepast meetvlak</u>	<u>Ja, binnen randvoorwaarden</u>	<u>Ja</u>
	<u>Andere methoden</u>	<u>Nee</u>	<u>Geeft randvoorwaarden en aanwijzingen omtrent specialistische emissiemethoden. Specifiek o.a.:</u> <u>• de mogelijkheid geluidoverdracht door gebouwwanden te berekenen</u> <u>• snelheidsmetingen op vlakken</u> <u>• intensiteitsmetingen</u>
<u>Overdracht</u>	<u>Overdrachtsmodel</u>	<u>Geometrische uitbreiding, luchtdemping, eenvoudige reflecties, maximaal één scherm met eenvoudige geometrie en maximum verzwakking 5 dB (indicatief en conservatief), bodemverzwakking</u>	<u>Geometrische uitbreiding, luchtdemping, reflecties, afscherming (meer schermen, maximum 20 dB verzwakking per scherm), vegetatie, afscherming op fabrieksterrein, bodemverzwakking</u>
	<u>Metten van overdracht</u>	<u>Nee</u>	<u>Ja (substitutiemethode)</u>
	<u>Hybride methoden</u>	<u>Nee</u>	<u>Door vergelijking van meet- en berekeningsresultaten kunnen deskundigen de lokale situatie beter in rekening brengen dan dit op grond van een algemeen overdrachtsmodel kan geschieden</u>

2 Metingen en vaststelling geluidvermogen

2.1 Aspecten bij uitvoering van metingen

2.1.1 Stoorgeluid

Algemeen

Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het meten op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen als zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Als lage geluidsniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aanzienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjilp: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

Vermijden van stoorgeluid

Bij de selectie van de meetmethoden en het uitvoeren van de metingen moet veel aandacht worden besteed aan het vermijden van stoorgeluid door:

- een geschikte plaats en tijdstip voor het uitvoeren van de metingen te kiezen (bijvoorbeeld rond een continu bedrijf in verband met verkeerslawaaï 's nachts meten);
- de metingen te onderbreken tijdens incidenteel optredende stoorgeluiden, zoals passerend verkeer, vogels e.d.;
- geluidbronnen, met uitzondering van de te onderzoeken bron, uit te schakelen;
- het gebruik van speciale apparatuur, zoals richtmicrofoons en intensiteitsmeters. Dit wordt in methode II behandeld.

Voor de beoordeling van het stoorgeluid is de microfoonpositie maatgevend. Op oorhoogte kan door afscherming en bodemeffecten een geheel andere geluidssituatie heersen dan bijvoorbeeld op 5 m hoogte.

Als het niet mogelijk is het stoorgeluid te vermijden dan bieden zowel methode I als methode II de mogelijkheid te corrigeren voor het stoorgeluid.

Stoorgeluidcorrectie

De stoorgeluidcorrectie is beperkt tot maximaal 3 dB op het totale niveau of 7 dB in een octaafband (methode II). In het laatste geval mag door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd worden.

Het niveau van het stoorgeluid moet zo mogelijk op verschillende manieren worden vastgesteld, onder andere door (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):

- de te onderzoeken bron, zo mogelijk intermitterend, aan en uit te zetten. Met name als het stoorgeluid niet constant in de tijd is, kan door het intermitterend aan- en uitzetten van de bron in meerdere perioden het stoorgeluid worden vastgesteld;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld op grotere afstand van activiteiten, maar op vergelijkbare afstand tot de verkeersweg als stoorgeluidbron);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de geluidbijdrage daarvan op het immissiepunt door middel van overdrachtsberekeningen te bepalen.

Voor de wijze van uitvoeren van de stoorgeluidcorrectie wordt verwezen naar paragraaf 2.2.3.

2.1.2 Weersomstandigheden en meteoraam

De weersomstandigheden tijdens de metingen mogen een betrouwbare werking van de apparatuur niet in de weg staan of tot een geluidoverdracht leiden die niet als representatief te beschouwen is. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage of hoge temperatuur moeten daarom worden vermeden.

Windgeruis (direct en indirect door ritselen van bladeren) mag de meting niet beïnvloeden. Als algemene richtlijn geldt dat het windgeruisniveau tenminste 7 dB onder het te meten geluidniveau moet liggen bij het uitvoeren van geluidmetingen.

Als extra richtlijn gelden de in

Tabel 2-1 gegeven maximale windsnelheden bij geluidmetingen. Voor windgeruis (als vorm van stoorgeluid) mag in methode I niet worden gecorrigeerd.

In buitensituaties moet echter altijd de windbol worden gebruikt.

Tabel 2-1 Maximaal toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

<u>Geluidrukniveau groter dan</u>	<u>[dB(A)]</u>	<u>30</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	<u>60</u>
<u>Windsnelheid tijdens de meting kleiner dan</u>	<u>[m/s]</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>8</u>

De meteorologische omstandigheden waaronder metingen mogen worden uitgevoerd, zijn gedefinieerd in het meteoraam voor industrielawaai (zie paragraaf 2.2.2).

2.1.3 Typen geluid

Het onderscheiden van het type geluid is van belang voor de wijze waarop geluidmetingen uitgevoerd moeten worden, bijvoorbeeld ten aanzien van de meetduur en de

meetinstrumenten. Daarnaast is dit onderscheid van belang voor het eventueel toepassen van toeslagen (zie paragraaf 4.3).

Bij de karakterisering van industriegeluid onderscheidt deze Reken en meetmethode geluid industrie de volgende typen geluid.

Continu geluid

Een geluid met verwaarloosbaar kleine niveauvariaties. Voor gebruik in het kader van deze Reken en meetmethode geluid industrie wordt een spreidingsbreedte kleiner dan circa 6 dB aangehouden. Zie .a.

Fluctuerend geluid

Een geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert. De variaties kunnen zowel periodiek als niet-periodiek zijn. Zie .b en .c

Intermitterend geluid

Een geluid waarvan het niveau meerdere keren en vaak min of meer regelmatig abrupt terugvalt tot wezenlijk lagere niveaus, bijvoorbeeld dat van het omgevingsgeluid, waarbij het geluidniveau tijdens de verhoging continu is, en aanhoudt gedurende een periode van 1 seconde of meer. Zie .d.

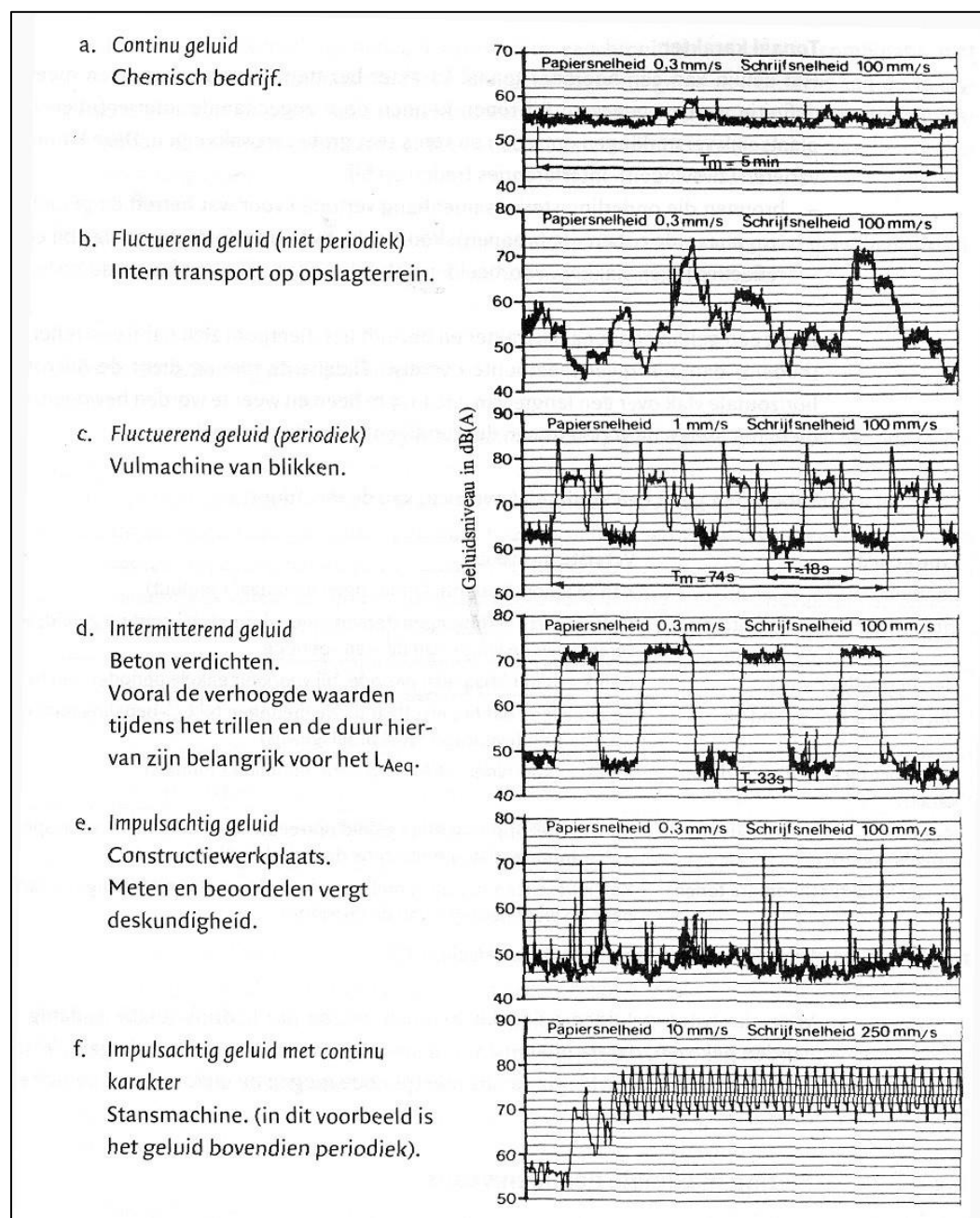
Impulsachtig geluid

Een geluid dat bestaat uit geluidstoten, die minder dan 1 seconde duren. Zie .e.

Impulsachtig geluid met continu karakter

Een opeenvolging van geluidstoten van vergelijkbaar niveau met tussenpozen van maximaal 0,2 seconde. Zie .f.

Het meten en analyseren van impulsachtig geluid verdient de nodige aandacht. De bijdrage van impulsachtig geluid kan bijvoorbeeld met een aantal typen instrumenten niet correct worden gemeten. De zogenoemde crestfactor van de apparatuur kan onvoldoende zijn (indicatie op de meetapparatuur: overload).



Figuur 2.1 Voorbeelden van typen geluiden

De hierboven aangegeven karakterisering heeft betrekking op het verloop van het geluidniveau in de tijd. Daarnaast is de frequentie-inhoud van belang.

Tonaal karakter

Het geluid kan een hoorbaar tonaal karakter bezitten. Hiervoor kan geen sluitende meettechnische definitie worden gegeven. Bij tonen kunnen door zogenoemde interferentieverschijnselen plaatselijk versterkingen optreden en soms zeer verzwakkingen. Deze kunnen in de tijd variëren (zwevingen). Interferenties treden op bij:

- bronnen die onderling sterke samenhang vertonen voor wat betreft de geluiduitstraling (zogenoemde coherente bronnen). Voorbeeld: twee transformatoren vlak bij elkaar;
- reflecties tegen vlakken. Voorbeeld: in fabriekshallen of buiten boven de bodem.

Als het geluid op het meetpunt hoorbaar een tonaal karakter heeft, moet de microfoon tijdens de meting in het horizontale vlak tenminste twee keer langzaam heen en weer worden bewogen om het gemiddelde niveau te bepalen. De 'zwaaiafstand' hangt af van de golflengte λ van de zuivere tonen in het te meten geluid en bedraagt minimaal een kwart golflengte. Een zwaaiafstand van circa 1,5 m is in het algemeen voldoende.

Tabel 2-2 geeft een kwalitatief overzicht van de meetduur.

Tabel 2-2 Vereiste meetduur voor typen geluid (kwalitatief)

Type geluid	Vereiste meetduur
Continu	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen minimaal 1 minuut)
Intermitterend (aan/uit situatie)	Bij de diverse verhogingen dezelfde meetduur als bij continu geluid; kennis vereist over de lengte van de 'aan'-periode
Fluctuerend/periodiek	Gelijk aan minimaal één periode, bij voorkeur enkele perioden van het geluid
Fluctuerend/niet-periodiek	Zodanig lang dat het resultaat uit de metingen bij L_{eq} -bepaling naar één waarde gaat (eventueel steekproefsgewijs)
Impulsachtig geluid met continu karakter	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen minimaal 1 minuut)
Impulsachtig geluid (incidentele geluidstoten)	Kan, als het impulsachtige geluid optreedt, zeer kort zijn. Meestal speciale apparatuur vereist, interpretatie door deskundigen
Tonaal karakter (hoorbare tonen)	Kan kort (circa 1 minuut), metingen herhalen met verplaatsing c.q. langzaam heen en weer bewegen van de microfoon

Voor alle typen geluiden geldt dat de meetperiode per bedrijfssituatie zodanig lang moet worden gekozen, dat de uitkomst van de meting naar een vaste waarde gaat. Wijzigingen in het begintijdstip of de lengte van de meetperiode mogen de uitkomst niet beïnvloeden.

2.1.4 Meting maximale geluidsniveaus

Bij immissiemetingen onder meteoraamcondities worden de maximale geluidsniveaus L_{Amax} uit de hoogste meteraflezingen afgeleid door toepassing van de meteocorrectieterm (zie paragraaf 4.4.3). De meteocorrectieterm wordt toegepast voor de bron die bepalend is voor L_{Amax} , rekening houdend met de bronhoogte en afstand van die bron tot het meetpunt.

De bedrijfstoestanden die bepalend zijn voor de equivalente geluidimmissieniveaus hoeven niet bepalend te zijn voor de maximale geluidsniveaus. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als regelmatig terugkerende en luidruchtige gebeurtenissen, zoals het verwisselen van stalen afvalcontainers, op een andere dag plaatsvinden dan op de dag waarop de representatieve bedrijfssituatie optreedt. Als de geluidimmissie bepaald wordt door een broninventarisatie in combinatie met overdrachtsberekeningen, moet bij de brongerichte metingen ook aandacht aan de L_{Amax} -waarden van de afzonderlijke bronnen worden besteed. Dit geldt met name voor die geluidbronnen waarvan verwacht kan worden dat deze bepalend zijn voor de L_{Amax} -waarden op het beoordelingspunt. Daarnaast wordt bij de bepaling van de maximale geluidsniveaus uiteraard geen bedrijfstijdcorrectie toegepast bij niet-continu in bedrijf zijnde bronnen.

2.2 Directe immisiemetingen

2.2.1 Algemeen

Het doel van deze methode is het bepalen van het geluidimmissieniveau onder het toepassingsbereik (zie hoofdstuk 1) genoemde voorwaarden door metingen direct op het beoordelingspunt, dan wel door metingen op een referentiepunt met een extrapolatieberekening naar het beoordelingspunt.

De onderzoeksresultaten die gebaseerd zijn op meting en die verricht zijn op het beoordelingspunt zullen in het algemeen nauwkeuriger zijn dan de resultaten gebaseerd op metingen die verricht zijn op een referentiepunt in combinatie met extrapolatie-berekeningen. De extrapolatie-berekening introduceert namelijk een extra onnauwkeurigheid.

De immissiemetingen kunnen ofwel in dB(A)-waarden (methode I) of in de octaafbandfrequenties 31,5 Hz - 8000 Hz en/of eventueel smalbandiger (methode II) worden uitgevoerd. Als stoorgeluid niet van belang is en de bedrijfstoestand van de bron eenduidig is, verdient de immissiemeetmethode de voorkeur boven andere methoden.

2.2.2 Weersomstandigheden (meteoraam)

Door meteorologische invloeden kan de geluidoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden $r_i > 50$ m. Bij afstanden die voldoen aan het criterium $r_i \leq 50$ m en $r_b \leq 10$ ($h_o + h_m$) mag onder alle meteorologische omstandigheden gemeten worden. De weersomstandigheden mogen een betrouwbare werking van de apparatuur evenwel niet belemmeren. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage temperatuur moeten om deze reden zoveel mogelijk worden vermeden. Ook metingen tijdens heldere dagen met hoge temperaturen moeten worden vermeden vanwege onbekende temperatuurseffecten op de geluidoverdracht door warmteafstraling. Voorts mag windgeruis de metingen niet beïnvloeden. Als richtlijn geldt dat windgeruis tenminste 7 dB onder het signaal moet liggen. Metingen op grotere afstanden moeten echter onder specifieke meteorologische omstandigheden worden verricht. Deze omstandigheden worden 'meteoraamcondities' genoemd; de randvoorwaarden hierbij zijn in Tabel 2-3 gedefinieerd.

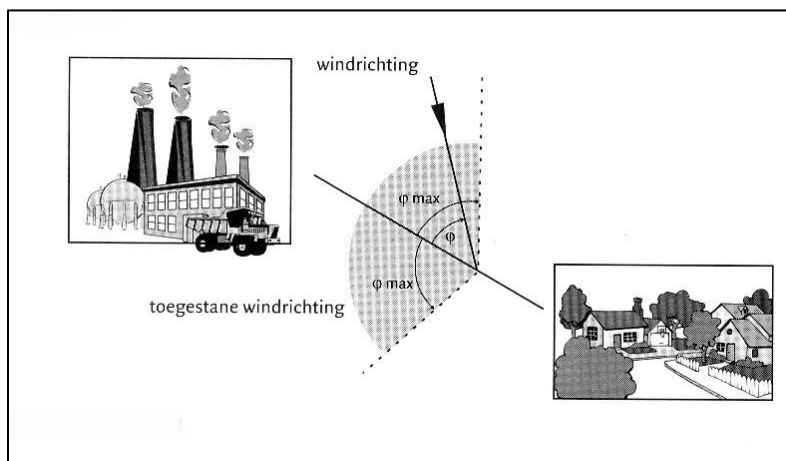
Tabel 2-3 Meteoraam industrielawaai

Betreft		toegestane windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	toegestane maximum windhoek φ [°]
meteorologische dag	oktober t/m mei	> 1	60
	juni t/m september	> 2	60
meteorologische nacht	meer dan 1/8 bewolkt	> 1	60
	minder dan 1/8 bewolkt	> 0	60

Definities van grootheden die voor het vaststellen van het meteoraam van belang zijn:

- *gemiddelde windsnelheid*: de gemiddelde windsnelheid in het open veld (buiten het invloedsgebied van obstakels) op 10 m hoogte op of nabij de meetlocatie. De windsnelheid wordt bepaald uit metingen tussen 2 en 10 m hoogte. De gemeten snelheid op 2 m hoogte moet met 1,4 en de snelheid op 5 m hoogte met 1,2 vermenigvuldigd worden;
- *gemiddelde windrichting*: deze wordt gemeten buiten de invloed van obstakels in het vrije veld. De meethoogte kan vrij gekozen worden tussen 2 en 20 m;
- *windhoek φ* : hoek tussen de lijn van bron naar immissiepunt en de gemiddelde windrichting (zie Figuur 2.2);
- *meteorologische dag*: periode tussen een uur na zonsopgang en een uur voor zonsondergang;
- *meteorologische nacht*: periode tussen een uur voor zonsondergang en een uur na zonsopgang.

Figuur 2.2 Toelichting meteoraam



Figuur 2.3 Toelichting meteoraam

De wijze waarop de meteocorrectieterm berekend moet worden, is uiteengezet in paragraaf 4.4.

2.2.3 Stoorgeluidcorrectie

Als de immissiemeting is beïnvloed door stoorgeluid, wordt uit het gemeten niveau L_i^* (inclusief stoorgeluid) en het gemeten dan wel berekende niveau van het stoorgeluid L_{stoor} als volgt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i berekend.

$$L_i = L_i^* - L_{stoor} \quad (2.1)$$

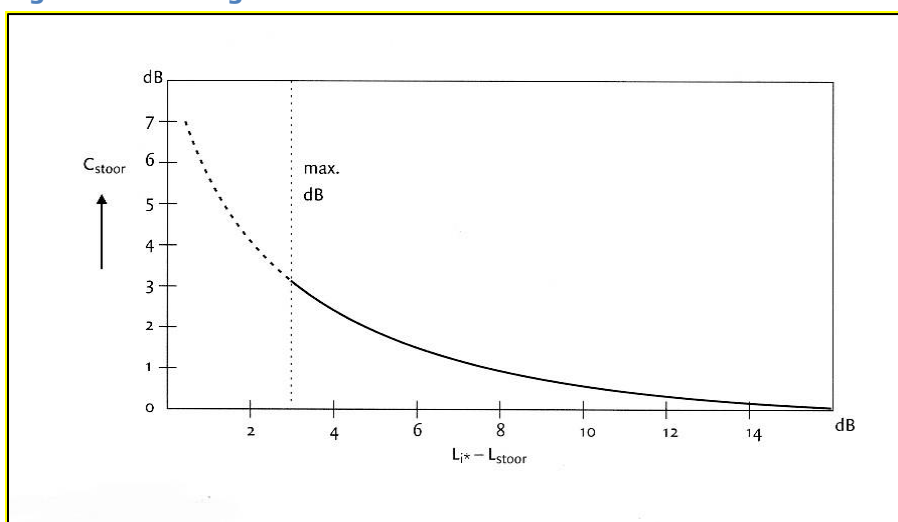
$$C_{stoor} = -10 \log \left(1 - 10^{\frac{(L_{stoor} - L_i^*)}{10}} \right) \quad (2.2)$$

De stoorgeluidcorrectie C_{stoor} wordt op elke meting afzonderlijk toegepast.

De stoorgeluidcorrectie kan ook worden afgelezen van Figuur 2.4. Hier is op de horizontale as het verschil uitgezet tussen het gemeten geluidniveau van de bron met stoorgeluid L_i^* en het apart bepaalde stoorgeluidniveau L_{stoor} . Op de verticale as is de correctie weergegeven waarmee het gemeten geluidniveau L_i^* moet worden verlaagd om het geluidniveau L_i van alleen de bron te bepalen.

De stoorgeluidcorrectie is beperkt tot maximaal 3 dB op het totale niveau of bij toepassing van methode II ook 7 dB in een octaafband. In het laatste geval mag door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd worden.

Figuur 2.4 Stoorgeluidcorrectie



Figuur 2.5 Stoorgeluidcorrectie

2.2.4 Keuze meetlocatie

Keuze van de meetlocatie

De gekozen meethoogte moet zoveel mogelijk overeenkomen met de beoordelingshoogte. Als de beoordelingshoogte niet nader is gespecificeerd, geldt voor de meethoogte uit het oogpunt van reproduceerbaarheid de volgende uitgangspunten.

Tabel 2-4 Meethoogte h_m (bij ontbreken van specificaties)

Meetafstand r_j [m]	Meethoogte h_m [m]
≤ 50	$\geq 1,5$ (voorkeur: 5)
> 50	$\geq 5^*$
* Om het geluidimmissieniveau ter hoogte van woongebouwen te bepalen moet voor de gevel van de hoogste verdieping waar zich geluidgevoelige ruimten bevinden, worden gemeten op 2/3 verdiepingshoogte. Als echter aannemelijk kan worden gemaakt dat het	

geluidniveau niet relevant met de hoogte zal toenemen, kan met een meting op 5 m hoogte worden volstaan. Voor éénlaagsbebouwing kan de meethoogte kleiner zijn dan 5 m.

Reflecties

Tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven wordt zo mogelijk het invallend geluidniveau gemeten. Als het immissieniveau vóór een gevel moet worden bepaald, wordt op een afstand van 2 m voor het verticale vlak gemeten. Alle vlakken met een elevatie van $\alpha = 70^\circ$ of meer worden als verticaal beschouwd. Als de elevatie minder dan 70° is, wordt er procedureel van uitgegaan dat er geen reflectie plaatsvindt en wordt geen gevelcorrectieterm toegepast (zie paragraaf 4.4.1). De aanwezige reflecterende vlakken worden in het meetrapport vermeld.

Als het geluid (brom-)tonen bij lagere frequenties bevat, bijvoorbeeld bij transformatorstations, wordt aangeraden de microfoon tijdens de meting rustig over een bereik van circa 1,5 m heen en weer te zwaaien. Algemeen kan gesteld worden dat als het geluidniveau gedomineerd wordt door componenten in de onderste vier octaafbanden (31,5 t/m 250 Hz band) deze zwaaietechniek aan te bevelen is.

2.2.5 Methode I.1

2.2.5.1 Meetapparatuur

Voor het verrichten van metingen moet men minimaal beschikken over:

- een precisie geluidniveau-meter met A-filter volgens de specificaties voor class 1 van IEC 61672-1, met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impulsgeluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn); daartoe kan een integrerende geluidniveau-meter volgens IEC 61672-1 gewenst zijn;
- een windkap of een windbol;
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

De geluidniveau-meter moet de mogelijkheid bieden de microfoon los te koppelen van de meter om de microfoon op een statief (tot 5 m hoogte) te kunnen plaatsen. De aanwezigheid van een aansluiting voor een koptelefoon verdient aanbeveling, daar geluidniveaus op 5 m hoogte wezenlijk kunnen verschillen van die op 'oorhoogte'. In sommige gevallen kan het gebruik van een windsnelheidsmeter zinvol zijn.

Voor en na iedere meetserie moet de geluidniveau-meter, inclusief de microfoon en aangesloten kabel(s), worden gekalibreerd met behulp van een akoestische ijkbron die een constant signaal (binnen 0,5 dB) afgeeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw uitgevoerd worden.

De geluidniveau-meter en de ijkbron worden tenminste iedere twee jaar uitgebreid getest in een daartoe uitgerust laboratorium.

Het eigen ruisniveau van de meter moet tenminste 6 dB lager zijn dan het niveau van het te meten signaal. Er moet op een goed functioneren van het meetsysteem worden gelet, met name als metingen worden uitgevoerd tijdens weersomstandigheden met zeer hoge luchtvochtigheid en zeer lage temperaturen.

2.2.5.2 Vaststelling van de bedrijfssituatie

De bedrijfssituatie wordt gedefinieerd als die situatie waarbij de geluidssituatie kenmerkend is voor de te beoordelen periode. In de meest eenvoudige situatie is de bedrijfstoestand tijdens de meting gelijk aan de bedrijfssituatie gedurende een gehele beoordelingsperiode. De beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} kunnen dan rechtstreeks uit minimaal één meting verkregen worden.

In andere situaties zullen verschillende bedrijfstoestanden tezamen de voor de geluidbeoordeling relevante bedrijfssituatie vormen. De immissiemetingen worden in dit geval uitgevoerd tijdens elke bedrijfstoestand. Er moet dan wel sprake zijn van reproduceerbare bedrijfstoestanden. Uit de metingen wordt per bedrijfstoestand het langtijdgemiddeld deelgeluidniveau en het maximale geluidniveau bepaald. Uit deze waarden worden vervolgens de beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} afgeleid.

2.2.5.3 Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

Om de overdrachtsvariaties voldoende uit te middelen, moet de meetduur voor metingen op een afstand tot 50 m tenminste 1 minuut bedragen. Voor afstanden tot 150 m bedraagt de meetduur tenminste 3 minuten. In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn veel langer te meten, bijvoorbeeld vanwege het karakter van het te meten geluid en/of de cycluseduur van bepaalde bedrijfsactiviteiten.

Meestal is het niet mogelijk, of zal het niet noodzakelijk zijn, om gedurende de gehele beoordelingsperiode(n) te meten. Volstaan kan worden met een meettijd waarbinnen de geluidemissie van de beschouwde bedrijfstoestand voldoende nauwkeurig is vastgesteld. Als het niet mogelijk is binnen een zekere meetduur een representatieve bedrijfstoestand te definiëren, moet ofwel de bedrijfstoestand ofwel de meetduur worden aangepast.

Het kan van belang zijn langer dan de zuivere meetduur op de locatie aanwezig te blijven om een zo goed mogelijke indruk van de geluidssituatie ter plaatse te verkrijgen.

Bij de vaststelling van stoorgeluid wordt gedurende een relatief lange periode gemeten, ook vanwege het uitmiddelen van overdrachts- en stoorgeluidvariaties.

Aantal metingen

Als de afstand r_i tussen het broncentrum en de meetlocatie kleiner is dan of gelijk is aan 50 m kan per bedrijfstoestand met één meting volstaan worden.

Vanwege mogelijke variaties in de geluidsoverdracht tijdens de meetduur worden bij metingen op grotere ≤ 150 m) minimaal twee metingen voorgeschreven. In

Tabel 2-5 is een en ander ten aanzien van afstanden ($50 < r_i \leq 150$ m) samengevat.

Tabel 2-5 Minimaal aantal metingen

<u>Meetafstand r_i [m]</u>	<u>Minimaal aantal metingen</u>
<u>$r_i \leq 50$</u>	<u>1</u>
<u>$50 < r_i \leq 150$</u>	<u>2</u>

Als voor dezelfde bedrijfstoestand meer dan 1 meting moet worden verricht, moet tussen de metingen minimaal 4 uur tijdverschil bestaan, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat meerdere metingen geen andere conclusies zullen geven.

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. In situaties waarbij als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de desbetreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

2.2.5.4 Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i

Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor het stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidniveaus wordt algemeen bepaald volgens.

$$L_i = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right) \quad (2.3)$$

Met: N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

2.2.5.5 Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau via meting op een alternatief punt

Het alternatieve punt is een punt dat gekozen wordt als het beoordelingspunt niet bruikbaar is als meetlocatie (vanwege stoorgeluid, bereikbaarheid, lokale omstandigheden). Het immissie(meet)punt is dan gelegen op het gekozen alternatieve punt. Uit het op het alternatieve

punt vastgestelde geluidniveau kan door extrapolatieberekeningen het beoordelingsniveau op het beoordelingspunt berekend worden.

De locatiekeuze voldoet aan de volgende voorwaarden:

– $r_{ref} \geq 1,5d$ en $r_{ref} < 150$.

met

r_{ref} = afstand van het broncentrum tot het alternatieve punt;

d = grootste afmeting van de bron of het brongebied

- zowel vanuit het beoordelingspunt als vanuit het alternatieve punt is er vrij zicht op de bron. De overdrachtswegen (bodem) van de bron tot het alternatieve punt en vanuit de bron tot het beoordelingspunt mogen niet significant van elkaar afwijken;
- het op het alternatieve punt te meten geluidniveau mag niet significant worden beïnvloed door geluidbijdragen van reflecterende vlakken (gebouwen) buiten het brongebied. Het alternatieve punt mag dan ook niet in de nabijheid van belangrijk reflecterende vlakken zijn gelegen;
- de meethoogte h_m op het alternatieve punt is bij voorkeur 5 m boven het plaatselijk maaiveld.

Op het alternatieve punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt uit het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerd immissieniveau $L_{i,ref}$ bepaald (conform vergelijking 2.4).

Uit dit op het referentiepunt berekende gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,ref}$ wordt het op het beoordelingspunt te verwachten gestandaardiseerde immissieniveau berekend volgens:

$$L_i = L_{i,ref} - C_{ref} \quad (2.4)$$

$$C_{ref} = 20 \log \left(\frac{r_i}{r_{ref}} \right) + 0,004(r_i - r_{ref}) + K_4 \quad (2.5)$$

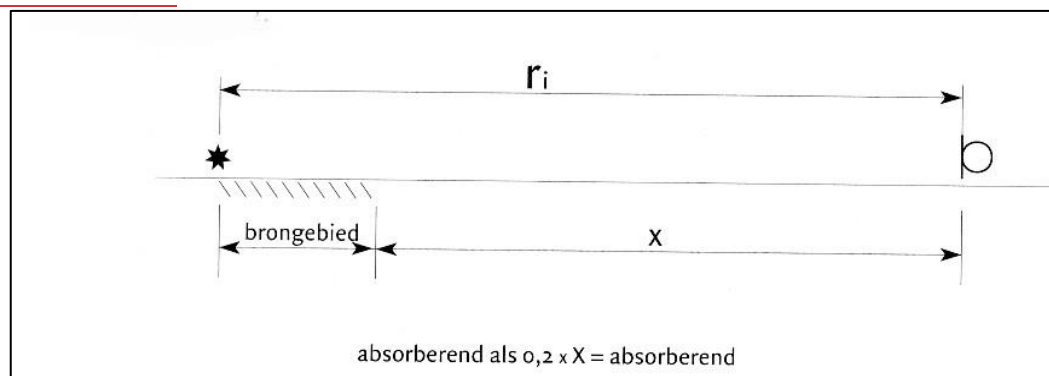
met

$K_4 =$ 0 dB voor een beoordelingspunt boven:

- een harde bodem
- een absorberende bodem met $h_0 \geq 2,5$ m

$K_4 =$ 1,5 dB voor een beoordelingspunt boven een absorberende bodem met $h_0 \leq 2,5$ m

N.B. Een beoordelingspunt ligt boven een absorberende bodem als het gebied tussen het brongebied en het beoordelingspunt voor meer dan 20% als absorberende te kenmerken is; zie Figuur 2.6.



Figuur 2.6 Definitie absorberende bodem bij beoordelingspunt

2.2.6 Methode II.1

2.2.6.1 Algemeen

De methode voorziet in een directe meting van het geluid in de buitenlucht waarna het meetresultaat nog gecorrigeerd kan worden voor stoorgeluid. In incidentele gevallen kan het gewenst zijn het meetresultaat ook nog te corrigeren voor een temperatuur en luchtvochtigheid in een standaardatmosfeer. De geluidniveaus worden dan bepaald voor de situatie met 10 °C en 80% relatieve vochtigheid. Voor de afwijkende omstandigheden tijdens de metingen wordt gecorrigeerd op basis van ISO 9613-I. Deze correctie is van belang als frequenties boven de 500 Hz het geluidniveau bepalen en er sprake is van (zeer) grote afstanden.

Methode II.1 kan ook gevolgd worden, als voor het bepalen van het geluidvermogen metingen moeten worden uitgevoerd op grotere afstand van de bron.

Er zijn geen algemene beperkingen aan het toepassingsgebied. Wel kan stoorgeluid of de mogelijkheid om de representatieve bedrijfssituatie eenduidig vast te stellen, de toepassing bemoeilijken of onmogelijk maken.

2.2.6.2 Meetapparatuur

- een precisie geluidniveau-meter volgens de specificaties voor Class 1 van IEC 61672-1 met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impuls geluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn);
- een windkap of een windbol;
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

Voor metingen op grotere afstand is het van belang, dat ook de relatieve vochtigheid en de temperatuur wordt vastgesteld. Deze vaststelling kan plaatsvinden door metingen ter plaatse of het raadplegen van actuele meteorologische gegevens verzorgd door derden.

Ook kunnen digitale analysesystemen worden gebruikt die door snelle bemonstering van tijdsignalen geluidsdrukken kunnen meten. De microfoons, voorversterkers en functionaliteit van de software moeten voldoen aan de eisen uit de genoemde IEC-publicatie.

Voor vele meetsituaties is het gewenst te beschikken over:

- een integrerende geluidniveau-meter volgens IEC 61672-1;
- een mogelijkheid om het geluidssignaal op te nemen. Het bestandsformaat van de opname moet zonder compressie werken (bijvoorbeeld .wav) of met 'lossless' compressie (bijvoorbeeld .flac, .wma lossless). Bij compressietechnieken op basis van psycho-akoestische principes gaat informatie verloren. Bestandsformaten die van dergelijke compressietechnieken gebruik maken, zijn niet toegestaan (dus bijvoorbeeld geen .mp3, .wma lossy, .aac). Tijdens de opname wordt bij voorkeur ook het geluidniveau (in dB(A)) afgelezen en geregistreerd;
- een hoofdtelefoon voor het af luisteren van het signaal tijdens de metingen;
- een microfoonstatief tot 10 m hoogte;
- octaafbandfilters volgens de specificatie van IEC 61260. De middenfrequenties van de octaafbanden worden gekozen volgens ISO 266 en omvatten de banden 31,5 Hz tot en met 8000 Hz.

Voor en na iedere serie metingen wordt het gehele meetsysteem, inclusief microfoons en kabels, op de voor de apparatuur voorgeschreven wijze gekalibreerd met een akoestische ijkbron, die binnen een marge van 0,5 dB een constant signaal geeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (de afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw worden uitgevoerd. Bij langdurige metingen is het aan te raden om ook tussendoor nog eens het meetsysteem te kalibreren.

Ook wordt het gehele systeem, inclusief ijkbron(nen), tenminste iedere twee jaar uitgebreid en controleerbaar getest.

2.2.6.3 Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

Van de te onderzoeken activiteit wordt allereerst het gebied met de relevante bronnen vastgesteld. Dit is het brongebied. De grootste afmeting binnen het brongebied is de brondiameter d . Vervolgens wordt het broncentrum en de bronhoogte h_b bepaald. Het broncentrum is het

'akoestisch zwaartepunt' van het gebied met de relevante bronnen voor het betreffende immissiepunt.

Meestal kan hiervoor het midden van het brongebied worden gekozen, maar als de maatgevende bronnen sterk excentrisch liggen kan een betere keuze worden gemotiveerd. De bronhoogte h_b is de hoogte van dit akoestische zwaartepunt boven het maaiveld. Tenslotte wordt de meetafstand r_i bepaald. Dit is de afstand tussen het immissiepunt en het broncentrum.

De bedrijfssituatie van de te meten bronnen moet zo exact mogelijk worden vastgelegd, maar niet uitgebreider dan nodig. Het gaat om de kenmerken die voor geluid van belang zijn. Het kan bijvoorbeeld ten behoeve van de metingen en analyse van de bedrijfssituatie nodig zijn diverse bedrijfstoestanden te definiëren, waaruit de beschouwde bedrijfssituatie wordt opgebouwd. Vastgesteld moet worden of de bedrijfssituatie of bedrijfstoestanden representatief zijn voor het doel van de meting.

Als het in een bepaalde situatie niet mogelijk is een bepaalde bedrijfssituatie vast te stellen of voor de metingen representatieve bedrijfstoestanden te definiëren, kan het zinvol zijn de meetperiode te verlengen. In uitzonderingsgevallen zal de meetperiode gelijk moet en zijn aan de gehele beoordelingsperiode of moet steekproefsgewijs een groot aantal metingen worden verricht. Aanbevolen wordt dan emissiemetingen te verrichten aangevuld met overdrachtsberekeningen. De duur van de bedrijfssituatie moet voor de dag-, avond- en/of nachtperiode worden vastgelegd.

2.2.6.4 Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

De meetduur wordt enerzijds bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden en anderzijds door variaties in de geluidoverdracht. Voorwaarde is: de meetduur moet zodanig lang zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Om over overdrachtsvariaties te middelen worden de in

Tabel 2-6 aangegeven minimale tijden aangehouden. Het betreft hier de pure meettijd. Duidelijk langer is de tijd dat men op een meetlocatie aanwezig moet zijn om zich bewust te worden van de akoestische situatie.

Bij de vaststelling van stoorgeluid wordt gedurende een relatief lange periode gemeten.

Tabel 2-6 Minimale meetduur bij constant emissieniveau

<u>Meetafstand r_i [m]</u>	<u>Meetperiode T_m</u>
<u>$r_i \leq 50$ en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$</u>	<u>15 seconden</u>
<u>$r_i \leq 150$</u>	<u>1 minuut</u>
<u>$r_i \leq 1000$</u>	<u>2 minuten</u>
<u>$r_i > 1000$</u>	<u>5 minuten</u>

Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen meer dan één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. Tijdens de meting wordt het gestandaardiseerd immissieniveau L_i vastgesteld.

Tabel 2-7 Minimum aantal metingen

<u>Meetafstand r_i [m]</u>	<u>Minimum aantal metingen</u>
<u>$r_i \leq 50$</u>	<u>1</u>
<u>$50 < r_i \leq 150$</u>	<u>2</u>
<u>$150 < r_i \leq 1000$</u>	<u>3</u>
<u>$r_i > 1000$</u>	<u>4</u>

Minimaal moet er tussen twee immissiemetingen 4 uur tussenruimte zijn, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken. Indien echter aannemelijk gemaakt kan worden dat meer metingen geen andere conclusie zullen geven, kan met minder metingen worden volstaan.

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie (zie paragraaf 2.2.3) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. Indien als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de

betreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetische gemiddelde ligt wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

2.2.6.5 Bijzondere bewerkingen

Extra- en/of interpolatie

Als het geluidniveau op een andere plaats (beoordelingspunt) moet worden bepaald dan waar gemeten is (alternatief punt), wordt met behulp van het overdrachtsmodel van methode II een berekening gemaakt van deze correctie. Hierbij wordt de volgende procedure gevolgd:

1. Het brongebied moet vanuit het referentiepunt en vanuit het beoordelingspunt op te vatten zijn als een geconcentreerde bron (zie paragraaf 2.3.2.3).
2. Vanuit de bron gezien moet het beoordelingspunt in dezelfde richting liggen als het referentiepunt.
3. Het brongebied kan voor deze berekening worden vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt. Uitgaande van deze puntbron worden met het overdrachtsmodel van methode II berekeningen uitgevoerd.
In het model moet de werkelijke bodem van het midden- en ontvangergebied worden ingevoerd. De bodemfactor van het brongebied is bij extrapolatie niet wezenlijk van belang.
4. Op het referentiepunt wordt per octaafband het gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,ref}$ op 5 m hoogte gemeten.
5. Er wordt een (arbitraire) geluidvermogen per octaafband aangenomen, genormeerd op 0 dB. Als een normering op 0 dB met rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook gekozen worden voor een geluidvermogen van 100 dB per octaafband.
6. Met het overdrachtsmodel wordt, uitgaande van deze geluidvermogen, op het referentiepunt en het beoordelingspunt per octaafband het geluidniveau $L'_{i,ref}$ en L'_i berekend.
7. Per octaafband wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i op het beoordelingspunt bepaald uit:

$$L_i = L'_i - (L'_{i,ref} - L_{i,ref}) \quad (2.6)$$

8. Het geluidniveau in dB(A) op het beoordelingspunt wordt bepaald door de energetische optelling van de berekende A-gewogen octaafbandwaarden.

2.2.6.6 Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i

Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere meting zijn uitgevoerd, wordt het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor het stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidniveaus wordt algemeen bepaald volgens.

$$L_i = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right) \quad (2.7)$$

Met: N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

2.2.7 Vaststelling binnengeluidniveau

2.2.7.1 Meting binnengeluidniveaus

In bepaalde gevallen worden eisen gesteld aan de toelaatbare geluidniveaus in geluidgevoelige ruimten ten gevolge van geluidbronnen buiten die ruimten.

Voor geluidmetingen ter bepaling van die binnenniveaus gelden de volgende regels.

- de microfoon van het meetinstrument bevindt zich op een afstand van tenminste 0,5 m van de begrenzings van de ruimte (vloer, wanden, plafond), tenminste 0,5 m van objecten met een oppervlak groter dan 0,5 m², en tenminste 0,5 m van personen in de ruimte. Bij voorkeur is die afstand tenminste 1 m van muren, 1,5 m van ramen en 1 m boven de vloer;
- om de verstoring doorstaande golven te verminderen, moet bij voorkeur op tenminste vijf punten worden gemeten. Het minimum aantal meetpunten is drie, als het in redelijkheid niet mogelijk is om op minimaal vijf punten te meten, bijvoorbeeld als de te meten gebeurtenis zich slechts met geringe frequentie voordoet. De meetpunten liggen zowel horizontaal als verticaal verspreid door de ruimte. De gemeten waarden moeten energetisch worden gemiddeld om het gestandaardiseerd immissieniveau L_i te verkrijgen;
- metingen moeten worden uitgevoerd bij gesloten ramen, buitendeuren en ventilatievoorzieningen;
- stoorgeluidbijdragen worden geminimaliseerd. Het gaat om:
 - geluidbronnen binnen de ruimte zelf of elders in het gebouw, bijvoorbeeld koelkast, pomp van de cv-installatie, activiteiten van personen en huisdieren. De eventueel aanwezige mechanische ventilatie wordt voor zover mogelijk buiten werking gesteld;
 - geluidbronnen buiten, zoals verkeer en weersinvloeden zoals regen en wind. De metingen vinden plaats zonder relevante bijdragen van dergelijke geluiden.

Het geluidniveau in een ruimte is afhankelijk van de ruimte-akoestische parameters. Daarom moeten de afmetingen van de ruimte worden vermeld, en moeten de meetresultaten worden genormaliseerd op een referentienagalmtijd zodat het te beoordelen geluidniveau niet wordt bepaald door de inrichting van die ruimte.

Meting van de nagalmtijd vindt plaats per octaafband volgens NEN-EN-ISO 3382-2 [L.1], waarin ook de eisen aan de meetapparatuur zijn aangegeven. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een geluidbron die ruis voortbrengt (ruisbron). De bron wordt in de geluidgevoelige ruimte opgesteld in een hoek gevormd door vloer of plafond en twee zijwanden, zodanig dat het middelpunt van de bron zich op maximaal 1,5 m van de hoek bevindt, niet op de symmetrieas en tenminste op de afstanden die ook voor de meetposities gelden. De bron wordt tenminste 4 s aangezet en dan klikvrij en in 1 keer uitgeschakeld. Gemeten wordt de tijd waarin het geluid van 5 dB onder het gegenereerde ruisniveau zakt naar 25 dB onder dat niveau. Daarom moet het gegenereerde ruisniveau tenminste 35 dB hoger zijn dan het niveau van stoorgeluiden. De nagalmtijd $T_{i,j}$ is de tijd die het geluid nodig heeft om 60 dB in niveau te zakken, dus 3 maal de gemeten tijd. De nagalmtijd wordt minimaal 2 maal per meetpositie gemeten, in minimaal 3 meetposities. De nagalmtijd T_i wordt berekend door rekenkundige middeling van de gemeten nagalmtijden $T_{i,j}$.

Het te beoordelen genormaliseerde binnengeluidniveau wordt berekend door

$$L_{nT,i} = L_i + 10 \log \left(\frac{T_i}{T_0} \right) \quad (2.8)$$

De referentienagalmtijd T_0 bedraagt 0,8 s voor een verblijfsruimte voor groepen voor kinderopvang, een verblijfsruimte voor het geven van onderwijs voor basisonderwijs, en een verblijfsruimte voor het geven van theorieonderwijs in het voortgezet, hoger of wetenschappelijk onderwijs.

Voor overige ruimten bedraagt de referentienagalmtijd T_0 0,5 s.

Bij laagfrequent geluid kunnen bij binnengeluidmetingen grote meeton nauwkeurigheden optreden. De metingen moeten voor laagfrequent geluid dan ook als indicatief worden bestempeld.

Als de binnengeluidniveaus veroorzaakt worden door niet-aanliggende activiteiten, vinden de metingen binnen het meteoraam plaats. Deze voorwaarde geldt niet bij metingen van binnengeluidniveaus ten gevolge van geluidbronnen in bijvoorbeeld aanliggende bedrijfsruimten of andere geluidtransmissiesituaties waarbij weersomstandigheden geen rol kunnen spelen.

2.3 Bepaling geluidvermogen

2.3.1 Algemeen

Het gestandaardiseerd geluidimmissieniveau kan, naast het direct meten van de immissie, ook worden bepaald door een geluidvermogenbepaling met behulp van metingen, aangevuld met berekeningen van de geluidoverdracht naar het beoordelingspunt. Dit kan noodzakelijk zijn als immissiemetingen niet mogelijk zijn, bijvoorbeeld vanwege de volgende omstandigheden:

- er is een te grote invloed van stoorgeluid op meetpunt;
- er is sprake van veelvuldig veranderde bedrijfssituaties die niet zijn onder te verdelen in meerdere goed gedefinieerde bedrijfstoestanden;
- de meteorologische omstandigheden tijdens de meetperiode vallen niet binnen het meteoraam;
- het betreft prognosestudies van nog niet aanwezige activiteiten;
- de wens afzonderlijke bijdragen te kennen van de geluidbronnen.

Methode I

Met de emissiemeetmethoden en het overdrachtsmodel van methode I kan een aantal eenvoudige situaties worden behandeld met als doel een heldere conclusie te kunnen trekken op basis van een indicatieve waarde van de te verwachten geluidimmissie op het beoordelingspunt.

Methode I kent twee emissiemeetmethoden:

- de geconcentreerde bronmethode (methode I.2);
- de aangepaste meetvlakmethode (methode I.3).

Methode II

Methode II kent de volgende emissiemeetmethoden:

1. Geconcentreerde bronmethode - methode II.2. Deze methode wordt toegepast als de afmetingen van de bronnen aanzienlijk kleiner zijn dan de meetafstand.
2. Aangepast meetvlakmethode -methode II.3. Met deze methoden wordt het geluidvermogen van de geluidbron bepaald. De afstand tot de bron is bij deze methoden in het algemeen kleiner dan de bronafmeting. In tegenstelling tot de 'Rondommethode' wordt hier ook de geluidafstraling naar boven in de geluidvermogenbepaling betrokken. Met deze methode kan geen richtingsinformatie worden verkregen. Het gebrek hieraan kan de betrouwbaarheid van de met overdrachtsberekening bepaalde niveaus sterk verminderen.
3. Rondommethode - methode II.4. Deze methode wordt toegepast voor uitgestrekte bronnen (vele tientallen meters) waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale en waarbij de geluiduitstraling in het horizontale vlak weinig richtingsafhankelijk is. Voorts moet in het brongebied de bronverdeling min of meer uniform zijn.
4. Intensiteitsmetingen - methode II.5. Het geluidvermogen wordt bepaald uit de geluidintensiteit die uit een omsloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Deze methode stelt in principe geen beperkingen aan de geluidbronnen.
5. Snelheidsmetingen (trillingsmetingen) - methode II.6. Het geluidvermogen wordt bepaald door vaststelling van de mate waarin een oppervlak met een bepaald snelheidsniveau geluid afstraalt. De methode kan worden toegepast als door aanwezigheid van stoorgeluid, het afgestraalde geluid niet direct gemeten kan worden.
6. Uitstraling gebouwen - methode II.7. Met deze methode kan de geluidtransmissie door wanden en daken worden berekend.

Het bepalen van de geluidvermogens kan met verschillende meettechnieken plaats vinden. Dit geeft ook consequenties voor de toepassing van de voorschriften. Deze worden daarom afzonderlijk behandeld.

De geconcentreerde bronmethode heeft uit het oogpunt van betrouwbaarheid de voorkeur. Vaak zal echter stoorgeluid (bijvoorbeeld van andere bronnen op het industrieterrein) de toepasbaarheid beperken. Met de geconcentreerde bronmethode en de rondommethode wordt de immissierelevante geluidvermogen bij min of meer ongericht afstralende bronnen beter benaderd dan met een aangepast meetvlakmethode.

Immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Het doel van de emissiemeetmethoden is het immissierelevante geluidvermogen van geluidbronnen zo goed mogelijk te bepalen.

Het immissierelevante geluidvermogen L_{WR} is een rekengrootheid. Het geluidvermogen is gelijk aan het vermogen van een rondom afstralende puntbron die op de plaats van de echte geluidbron c.q. het broncentrum van een stelsel geluidbronnen staat en op het immissiepunt hetzelfde geluidniveau geeft als deze geluidbron(nen).

De immissierelevante geluidvermogen is wezenlijk een andere grootheid dan het geluidvermogen van de bron. Het geluidvermogen L_W is een maat voor de totale geluidenergie die per seconde door de bron wordt geproduceerd. Tussen beide grootheden geldt het volgende verband:

$$L_{WR} = L_W + DI \quad (2.9)$$

Met DI = richtingsindex (zie paragraaf 2.3.3.2)

Voor geluidoverdracht buiten is meestal alleen het geluid van belang dat wordt afgestraald in een hoek van 0° tot 20° met de horizontaal. In specifieke situaties kan de immissierelevante richting anders zijn, bijvoorbeeld bij hoge bronnen (schoorstenen, dakuitlaten e.d.) waarbij bovendien het beoordelingspunt in de directe omgeving op lagere hoogte ligt.

Verder stralen in het horizontale vlak vele geluidbronnen richtingsafhankelijk af. Het is daarom van belang dat alleen in de immissierelevante richting het geluidvermogen wordt bepaald. Bij grotere industriële activiteiten kan het totaal opgestelde geluidvermogen tot wel 5 dB hoger zijn dan de immissierelevante geluidvermogen.

Relevant frequentiegebied bij methode II

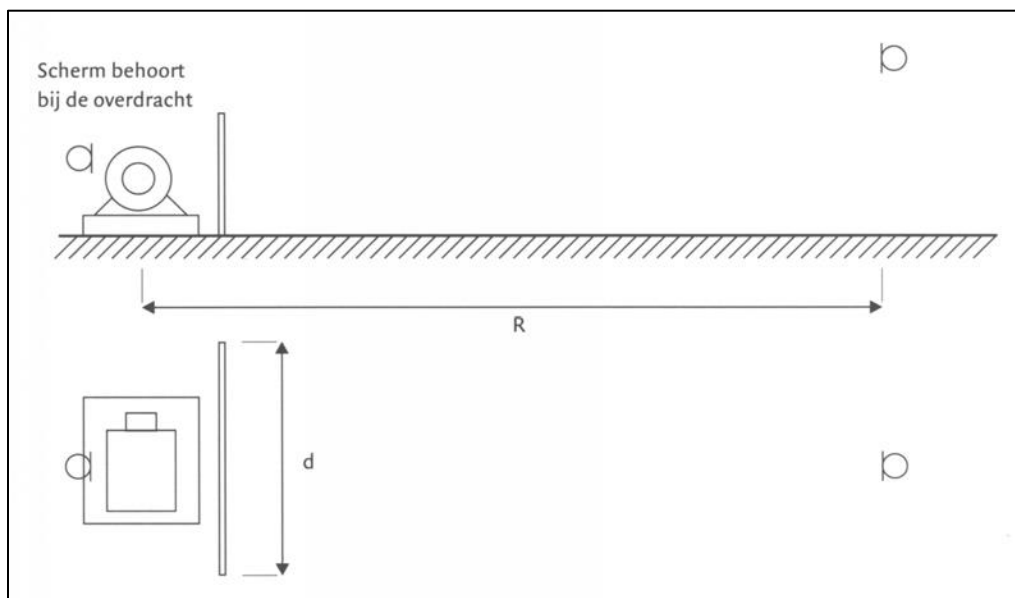
De geluidmetingen voor het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen vinden zowel in dB(A) als in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de octaafbanden met middenfrequenties van 31,5 Hz tot en met 8000 Hz omvat. Als kan worden aangetoond dat het geluidvermogen in bepaalde frequentiebanden een verwaarloosbare bijdrage geeft tot het immissieniveau behoeft in deze banden geen waarde te worden vastgesteld.

Aansluiting bij overdrachtsberekeningen

De grens tussen bron en overdracht is in sommige gevallen niet eenduidig aan te geven. In het kader van deze methode geldt de volgende richtlijn.

De afschermende en reflecterende objecten die in de bronbeschrijving, en dus in het geluidvermogen, zijn opgenomen maken deel uit van de 'vervangende bron' en worden bij de overdrachtsberekening buiten beschouwing gelaten.

Een uitzondering vormt de bodem die altijd in de overdrachtsberekening wordt opgenomen. Zo nodig worden de metingen van de geluidemissie opgeschoond van bodeminvloeden, of worden de metingen zodanig ingericht dat deze invloed verwaarloosbaar is.



Figuur 2.7 Voorbeeld van scheiding bron-overdracht

In bovenstaand voorbeeld kunnen twee situaties worden onderscheiden. Als de situatie vanaf links wordt beschouwd, wordt het scherm afzonderlijk bij de overdracht in rekening gebracht. Als de

situatie vanaf rechts wordt beschouwd, kan het scherm onderdeel uitmaken van de 'vervangende bron'.

2.3.2 Methode I

2.3.2.1 Toepassingsgebied

De geluidvermogenbepaling in combinatie met overdrachtsberekeningen kunnen worden toegepast onder de volgende condities:

- de afstand van bron tot beoordelingspunt bedraagt maximaal 150 m. De afstand van bron tot beoordelingspunt is hierbij groter dan 1,5 maal de grootste brondiameter ($r_i > 1,5 d$);
- alleen plaatsvast bronnen kunnen worden beschouwd;
- er moet voldaan worden aan de specifieke randvoorwaarden van de te gebruiken emissiemeetmethoden.

Beide submethoden van geluidvermogenbepaling volgens methode I zijn geschikt voor eenvoudige brongeometrieën met solitaire bronnen of brongroepen van relatief kleine afmetingen. Voorwaarde bij deze submethoden is dat de bronnen zijn gelegen in een goed te omschrijven omgeving waarin de akoestische overdrachtscondities goed kunnen worden gedefinieerd. De overdrachtsberekening geschiedt met behulp van een eenvoudige overdrachtsformule, zoals opgenomen in paragraaf 3.1.

2.3.2.2 Meetapparatuur

De meetapparatuur voor het verrichten van emissiemetingen voldoet aan de in paragraaf 2.2.5.1 gestelde eisen.

2.3.2.3 Geconcentreerde bronmethode (methode I.2)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van een geluidbron of een stelsel van geluidbronnen in een bepaalde richting tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie. Deze geluidbronnen worden beschouwd als puntbronnen.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R als klein te beschouwen is (puntbron). Voorwaarde is dat $1,5 d \leq R \leq 50 \text{ m}$.

Toepassing van deze geconcentreerde bronmethode is alleen toegestaan als:

- de grootste brondimensie $d \leq 10 \text{ m}$ bedraagt;
- direct zicht bestaat vanuit het meetpunt op de bron of brongroep en er geen (deels) afscherpende objecten aanwezig zijn;
- de bodem tussen de bron c.q. het brongebied en het meetpunt hard is;
- de metingen niet worden beïnvloed door reflecties van nabijgelegen reflecterende vlakken;
- geen stoorgeluid optreedt dan wel hiervoor gecorrigeerd kan worden (paragraaf 2.2.3).

Vaststelling van de meetcondities

Bron geometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfstoestand. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de te beschouwen bedrijfssituatie van belang zijn, wordt bij alle toestanden gemeten. Het is belangrijk bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluiduitstraling van belang zijn. De volgende grootheden worden bepaald:

- de bedrijfsperiode T_b van de bron binnen een beoordelingsperiode per bedrijfstoestand;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d ;
- de bedrijfstoestand van de bron, voor zover relevant voor de geluidemissie (toerental, capaciteit en dergelijke).

Keuze van de meetlocatie

Als sprake is van meerdere immissiepunten rondom de geluidbron, is van belang dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt.

Gesteld kan worden dat een geluidbron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, als de geluidniveaus, gemeten op drie posities rond de bron op gelijke afstand en hoogte, onderling niet meer dan 1,5 dB(A) afwijken.

Als op basis van de aard van de geluidbron aangenomen kan worden dat een bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan ongeacht het aantal immissiepunten met slechts een meetpunt in een willekeurige horizontale richting worden volstaan.

Als er geen horizontaal gelijkmatige uitstraling optreedt, kan alleen dan gebruik gemaakt worden van methode I.2 als sprake is van een beperkt aantal immissieposities waarbij de geluidemissie per immissierelevante richting bepaald kan worden. In andere gevallen wordt methode II toegepast. Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindinglijn van broncentrum en meetpunt bedraagt in het algemeen 3° tot 12°. Dit komt overeen met de ligging van de meetpunten op het oppervlak van de hele of halve bol op een meethoogte h_m van:
 $h_b + 0,05R \leq h_m \leq h_b + 0,2 R.$

Voor de keuze van de meetlocatie gelden de volgende voorwaarden.

Meetpunten op hele bol

Rond hooggeplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum. De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1,5 d \leq R \leq 0,5 h_b$ waarbij h_b de hoogte van de bron is boven plaatselijk maaiveld (dat is meestal de grond of het dakvlak). In het meetpunt hebben bodemreflecties geen relevante invloed op het meetresultaat.

In specifieke gevallen (een hooggelegen bron, bijvoorbeeld een schoorsteen, met ook op korte afstand laag of juist hoog gelegen immissiepunten) kan de meting evenwel een te hoge of te lage geluidvermogen opleveren voor de immissiepunten op korte afstand. Immers de geluiduitstraling in richtingen schuin naar beneden, dus met een (negatieve) hoek onder het horizontale vlak, of schuin naar boven, kan vanwege specifieke richtingseffecten minder of meer zijn. In een dergelijke situatie is ook het verrichten van metingen in die immissierelevante richting naar het punt op korte afstand noodzakelijk. In kritische gevallen wordt gebruik gemaakt van methode II.

Meetpunten op halve bol

Als een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd, wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestrate bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$ en bij voorkeur $R \geq 2 h_b$.

Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden. Als voorwaarde geldt dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Aantal metingen

Per bedrijfstoestand kan volstaan worden met één meting per immissierelevante richting op een bepaalde afstand van de bron. Het verdient echter de voorkeur meerdere metingen in deze richting te verrichten. Meerdere meetresultaten per meetrichting worden, na eventuele stoorgeluidcorrectie (zie paragraaf 2.2.3) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld volgens formule (2.3).

Berekening van de immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) afgeleid. De immissierelevante geluidvermogen L_{WR} bedraagt dan:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + D_{bodem} \quad (2.10)$$

met: $D_{bodem} = -2$ dB

R = meetafstand tot de bron

Met de verkregen geluidvermogen wordt vervolgens het immissieniveau L_i bepaald door de verzwakking door geluidoverdracht in rekening te brengen. In paragraaf 3.1 wordt hierop ingegaan.

2.3.2.4 Aangepast meetvlakmethode (methode I.3)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van een solitaire bron tijdens een goed gedefinieerde bedrijfstoestand. Kenmerkend voor deze emissiebepaling is dat het geluidvermogen wordt verkregen uit metingen die verricht worden dichtbij de bron.

Omdat met deze methode in principe het geluidvermogen wordt bepaald en geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur. Als stoorgeluid aanwezig is, is het echter noodzakelijk om op kortere afstand dan $R = 1,5 d$ te meten, hetgeen tot toepassing van deze methode leidt.

Toepassingsgebied

De methode mag, naast de in paragraaf 2.3.2.1 genoemde algemene voorwaarden, alleen worden toegepast onder de volgende condities:

- het betreft vlakke bronnen zoals bijvoorbeeld roosters en deuren in gevels met bronafmetingen kleiner dan 25 m^2 . Het beoordelingspunt wordt hierbij gezien binnen een hoek van 85° met de normaal op het vlak van de bron. Voorzichtigheid is geboden als een in pandige geluidbron met relatief hoge geluiduitstraling vanuit een beoordelingspositie zichtbaar is via een open deur. In bepaalde situaties kan die geluidbron in die beoordelingspositie een hogere geluidbijdrage leveren dan de geluiduitstraling van het nagalmgeluidveld in de deuropening. Toepassing van methode I.3 gevolgd door overdrachtsberekeningen leidt dan tot te lage geluidniveaus in die beoordelingspositie. In dergelijke situatie is toepassing van methode II noodzakelijk;

óf

- het betreft een solitaire bron of samengestelde bron (zoals bijvoorbeeld de combinatie aandrijving-overbrenging-installatie) met een brondiameter van ten hoogste 5 m ;

Overige condities zijn:

- er treedt geen significant stoorgeluid op of hiervoor kan worden gecorrigeerd;
- de grootste brondiameter is klein ten opzichte van de afstand tot het beoordelingspunt ($r_j \geq 1,5 d$);
- de bron straalt over het gehele referentievlak (gedefinieerd in de volgende paragraaf) gelijkmatig geluid uit. Wanneer op enig punt op het meetvlak het verschil tussen het maximaal en minimaal te meten geluidniveau meer dan 2 dB bedraagt, wordt gebruik gemaakt van methode II.

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie

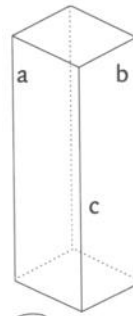
Op enige afstand van de bron wordt een referentielichaam gelegd dat de contouren van de bron benadert. Dit referentielichaam hoeft de contouren van de bron niet nauwsluitend te volgen, maar moet van een zo eenvoudig mogelijke vorm zijn (blok, cilinder, plat vlak en dergelijke). geeft voorbeelden van mogelijke vormen van het referentielichaam. Combinaties van referentielichamen zijn ook mogelijk.

De metingen bij de bron vinden plaats op het aangepast meetvlak. Dit meetvlak is gelegen op enige afstand van het referentievlak en heeft een gelijke vorm als het referentievlak. Het grondoppervlak van het referentielichaam maakt geen deel uit van het meetvlak en wordt bij de bepaling van het oppervlak van het meetvlak niet beschouwd.

a. Blok

$$S_{\text{ref}} = ab + 2c(a + b)$$

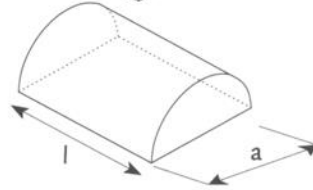
(bijvoorbeeld bij open procesinstallaties, motoren en compressoren)



b. Halve cirkelcilinder

$$S_{\text{ref}} = \frac{1}{4} \pi a l (2 + a/l)$$

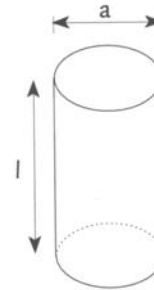
(bijvoorbeeld bij generatoren)



c. Cilinder

$$S_{\text{ref}} = \pi a l (1 + a/4l)$$

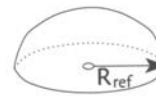
(bijvoorbeeld bij procesinstallaties)



d. Halve bol

$$S_{\text{ref}} = 2 \pi R_{\text{ref}}^2$$

(bijvoorbeeld bij kleinere apparaten en machines)



Figuur 2.8 Vormen van referentielichamen

N.B. Het oppervlakte van het meetvlak S_m kan op gelijke wijze worden berekend.

Keuze van de meetlocaties

De meetpunten worden gekozen op het aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

- op een vaste afstand ligt van het referentielichaam;
- de bron volledig wordt omsloten of aansluit op de bodem c.q. niet geluidafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

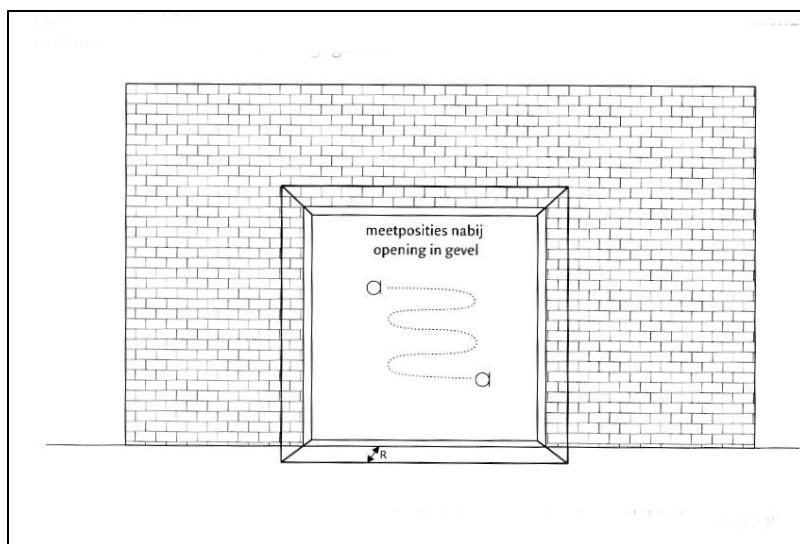
Per type bron worden de volgende specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en dat verder buiten beschouwing blijft.

Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In Figuur 2.9 is een voorbeeld gegeven.



Figuur 2.9 Geluidvermogenmeting van een open deur van een bedrijf; de bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak geldt volgens Tabel 2-8.

Tabel 2-8 Afstand R afhankelijk van de soort bron

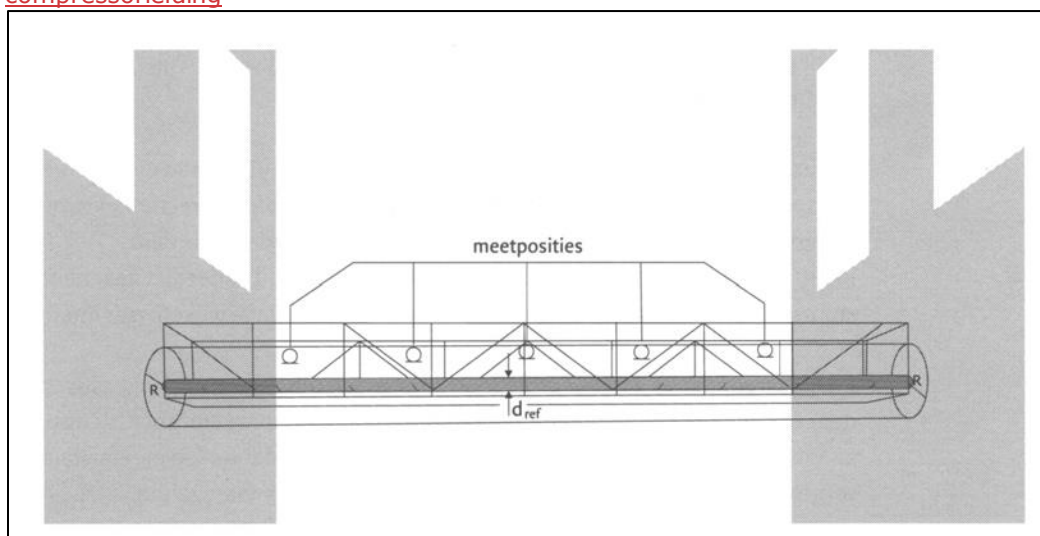
Soort vlakke bron	Meetafstand R [m]
Opening in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidafstralende wanden, platen	$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is aan het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

- $R < 0,2 l$
- $R \geq 0,8 d_{ref}$
- $R \geq 0,5 d_{ref} + 0,5$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam en l de lengte van de cilinder. In Figuur 2.10 is een voorbeeld gegeven. In dit voorbeeld komt het referentielichaam overeen met de compressorleiding



Figuur 2.10 Voorbeeld van een geluidvermogenmeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

Hele cilinder: $S_m = 2\pi Rl$

Halve cilinder: $S_m = \pi Rl$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig met het referentielichaam. In het oppervlak van het meetvlak is het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

Voor de afstand tussen referentievlak en meetvlak moet worden voldaan aan:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{\text{ref}}}$$

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Omdat bij methode I.3 erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt er van uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidcorrectie, zoals beschreven in paragraaf 2.2.3 worden toegepast. Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden. Als verwacht kan worden dat met name de lage frequenties de meetwaarde beïnvloeden, wordt gebruik gemaakt van de in methode II gegeven methoden.

Als openingen worden gemeten waar sprake is van een luchtstroom (bijvoorbeeld uitblaasroosters), wordt erop toegezien dat deze luchtstroom niet de metingen beïnvloedt. In een dergelijk geval wordt net buiten de luchtstroom gemeten.

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan dat deze de metingen niet mogen beïnvloeden (regen, vocht, windgeruis, enzovoort).

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

Meetduur

Bij cyclische processen wordt op alle meetpunten tenminste een gehele cyclus gemeten. Bij zwaaien omvat de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt.

Uitgangspunt is hierbij dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat het gemeten equivalente geluidniveau een eindwaarde benadert, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB zou veranderen.

Aantal metingen

Discrete punten

Het aantal meetpunten N voldoet aan de voorwaarden uit

Tabel 2-9.

Tabel 2-9 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron

<u>Betreft</u>	<u>Aantal meetpunten</u>
<u>Geluidafstralende objecten</u>	$N \geq S_m / (4\pi R^2)$
<u>Openingen</u>	$N \geq \sqrt{S_m} \text{ (} S_m \text{ in m}^2 \text{)}$

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten.

Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaatsvinden. Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt als het criterium uit

Tabel 2-10.

Tabel 2-10 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

<u>Betreft</u>	<u>Afstand d_z [m]</u>
<u>Geluidafstralende objecten</u>	$d_z \leq 2 R$

Openingen	$d_z \leq 1 \text{ m}$
-----------	------------------------

Bij voorkeur wordt een scan over een oppervlak driemaal herhaald, waarbij zo mogelijk ook andere zwaai patronen worden gekozen.

Bepaling immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Per meetpunt op het meetvlak wordt het geluidniveau voor elke bedrijfstoestand gemeten. Bij meerdere metingen worden de resultaten daarvan energetisch gemiddeld. Bij de zwaaimethode wordt één waarde per bedrijfstoestand vastgesteld.

Het geluidniveau over het meetvlak wordt gedefinieerd als het A-gewogen meetvlakniveau $\langle L_{SA} \rangle$. Het geluidvermogen L_{WR} wordt berekend volgens de formule:

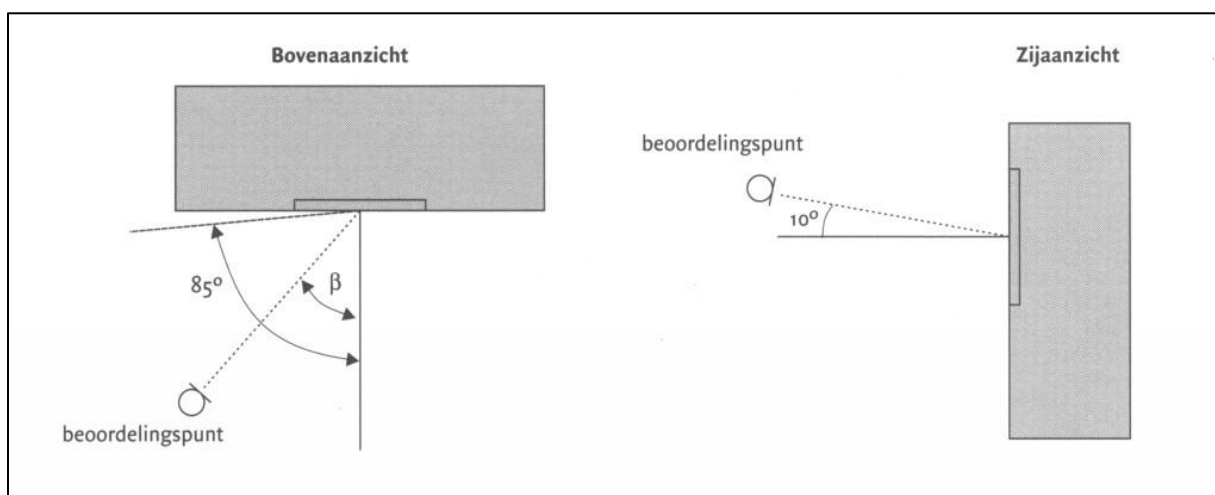
$$L_{WR} = \langle L_{SA} \rangle + 10 \log S_m - 1 + DI \quad (2.11)$$

Met: $\langle L_{SA} \rangle$ = energetisch gemiddelde geluidniveau in dB(A) gemeten op het meetvlak

S_m = oppervlak van het meetvlak

DI = richtingsindex van de betreffende bron

De richtingsindex van de betreffende bron is afhankelijk van de hoek β en wordt bepaald volgens Tabel 2-11. In is de hoek β weergegeven.



Figuur 2.11 Definitie hoek β

Tabel 2-11 Richtingsindex voor een hoek β

β [°]	DI [dB]
<u>grote vlakke bronnen</u>	
0-85	+3
85-115	-2
115-180	-7
<u>rondom stralende bronnen</u>	0

De nauwkeurigheid van berekeningen van vlakke bronnen volgens methode I neemt af bij een groter wordende hoek β .

Toepassing van deze methode voor hoeken groter dan 180° zal leiden tot gelijke of hogere geluidimmissieniveaus dan met methode II zullen worden berekend, mits geen overheersende reflecties in de overdrachtsweg optreden (conservatieve benadering).

Na bepaling van het geluidvermogen wordt in combinatie met het overdrachtsmodel in paragraaf 3.1 het geluidimmissieniveau bepaald.

2.3.3 Methode II

2.3.3.1 Geconcentreerde bronmethode (methode II.2)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen in een bepaalde richting vanuit een geluidbron of een stelsel van geluidbronnen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R tussen het meetpunt en broncentrum als klein te beschouwen zijn (geconcentreerde bronnen). Voorwaarde is dat $R \geq 1,5 d$.

Meetapparatuur

De meetapparatuur voldoet aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (paragraaf 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, worden deze allemaal gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden worden bepaald:

- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d .

Keuze van de meetlocatie

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron. De meetpunten liggen telkens in de richting van een beoordelingspunt of immissiepunt. Als in meer richtingen informatie nodig is, wordt voor deze richtingen de procedure analoog uitgevoerd. De meetafstand mag hierbij per richting verschillen. Eventuele symmetrie-eigenschappen kunnen worden gebruikt bij de bepaling van de immissierelevante geluidvermogen. In het geval dat aangenomen kan worden, dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht het aantal immissiepunten, met slechts één meetpunt in een willekeurige horizontale richting worden volstaan (bijvoorbeeld bij metingen aan een verticaal uitstromende schoorsteen). In het geval dat aangenomen kan worden dat de bron in verticale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht de aanwezigheid van immissiepunten schuin boven of schuin onder de bron, met slechts één meetpunt in een willekeurige verticale richting worden volstaan. De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindingslijn van broncentrum en meetpunt bedraagt in het algemeen 3° tot 12° . Dit komt overeen met de ligging van de meetpunten op het oppervlak van de hele of halve bol op een meethoogte h_m van:

$$h_b + 0,05R \leq h_m \leq h_b + 0,2R.$$

Meetpunten op hele bol

Rond hooggeplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum.

De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1,5 d \leq R \leq 0,5 h_b$, waarbij h_b de hoogte van de bron is boven plaatselijk maaiveld (dat is meestal de grond of het dakvlak).

Bij situaties waar sprake is van hoog gelegen bronnen en laag gelegen immissieposities, of van laag gelegen bronnen en hoog gelegen immissieposities, worden ook metingen in de immissierelevante richting verricht.

Meetpunten op halve bol

Als een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestrate en grasachtige bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$ en bij voorkeur $R \geq 2 h_b$. Er mag een meethoogte van 10 m worden gebruikt als $h_b + 0,05 R > 10$ en als aannemelijk gemaakt kan worden dat op die meethoogte hetzelfde geluidniveau optreedt als op dezelfde afstand op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Er mogen geen afschermende objecten tussen de meetpunten en de bronnen aanwezig zijn (vrij zicht van meetpunt naar bron).

Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de meetpunten zodanig gekozen, dat het geluidniveau niet beïnvloed wordt door objecten, die niet als een onderdeel van de bron kunnen worden beschouwd. Een mogelijkheid om aan deze voorwaarden te voldoen is de meetafstand R zo groot te kiezen, dat de reflecterende en afschermende objecten als behorend bij de bron kunnen worden beschouwd. Aangezien bij het samennemen van bronnen de onderlinge afscherming vaak onnauwkeurig in rekening kan worden gebracht, wordt aanbevolen de meetafstand R zo groot te kiezen dat de bronnen tezamen als geconcentreerde bron kunnen worden gemeten, in plaats van als afzonderlijke deelbronnen.

Het verdient uiteraard de voorkeur de situatie met behulp van diverse metingen vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

Weersomstandigheden

Aanbevolen wordt R en h_m zo te kiezen dat voor alle bronnen in het brongebied geldt dat $R \leq 10 (h_b + h_m)$ en $R \leq 50$ m. Als dit niet het geval is moet aan het meteoraam industrielawaai worden voldaan (zie paragraaf 2.1.2).

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Als het geluid hoorbare zuivere tonen bevat, wordt de microfoon tijdens de meting in de richting van de bodem of het van belang zijnde reflecterende vlak tenminste twee keer langzaam over circa 1,5 m heen en weer bewogen.

Door een geschikte keuze van meettijdstip en meetplaats wordt de invloed van stoorgeluid geminimaliseerd. Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog wel eens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, wordt er zorg voor gedragen dat stoorgeluidcorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de te berekenen geluidniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden.

Voorwaarde is dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Als op een afstand wordt gemeten waarbij aan het meteoraam industrielawaai moet worden voldaan, gelden de algemene regels van de immissiemeetmethode ten aanzien van de minimale meetduur (zie 2.2.6.4).

Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen minimaal één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. In

Tabel 2-12 is het een en ander samengevat.

Tabel 2-12 Minimum aantal metingen

Meetafstand R [m]	Minimum aantal metingen
---------------------	-------------------------

$R \leq 50$	<u>1</u>
$50 < R \leq 150$	<u>2</u>
$R > 150$	<u>3</u>

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie per bedrijfsperiode energetisch gemiddeld. Als een meetresultaat van een bedrijfstoestand als gevolg van niet optimale meteorologische omstandigheden 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door een nieuwe meting.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidsdrukniveau $L_{Aeq,T}$ per frequentieband afgeleid door middel van energetische middeling van de afzonderlijke resultaten.

De immissierelevante geluidvermogen wordt voor meetafstanden kleiner dan 20 m met de volgende formule bepaald.

Voor afstanden $R < 20$ m:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = LA_{eq,T} + 10 \log 4\pi R^2$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = LA_{eq,T} + 10 \log 4\pi R^2 - 2 \quad (2.12)$$

Voor afstanden $R \geq 20$ m:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = LA_{eq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + a_{lu}R$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = LA_{eq,T} - L_{fictief} \quad (2.13)$$

met a_{lu} = luchtabsorptiecoëfficiënt (zie paragraaf 3.2.3.2)

Toelichting

Voor de halve-bolmethode wordt het overdrachtsmodel van methode II gebruikt om de overdracht te bepalen tussen de 'vervangende puntbron' en het meetpunt.

1. Het brongebied wordt voor deze berekening vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt, waarbij de werkelijke bodemeigenschappen worden ingevoerd in het overdrachtsmodel van methode II.
2. Er wordt per octaafband een geluidvermogen $L_{WR,fictief}$ aangenomen van 0 dB. Als een normering van 0 dB met de gebruikte rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook worden gekozen voor een geluidvermogen van 100 dB per octaafband.
3. Met het overdrachtsmodel wordt op het meetpunt per octaafband het geluidsdrukniveau $L_{fictief}$ berekend.
4. Per octaafband wordt het geluidvermogen bepaald uit: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + (L_{WR,fictief} - L_{fictief})$. Hierin is $L_{Aeq,T}$ het op het meetpunt gemeten geluidniveau in de desbetreffende octaafband.

Specialistische rekenmodellen

In uitzonderingsgevallen is het gewenst bij de halve bol methode met de specifieke frequentie-eigenschappen van een bodemreflectie rekening te houden. Hierbij zijn metingen in tertsbanden of fijner een vereiste. Het optreden van bodemeffecten kan bepaald worden met specifieke stralenberekeningen c.q. andere gevalideerde specialistische methoden. De overdrachtsberekening van het overdrachtsmodel van methode II kan dan door deze vaak veel complexere berekeningen worden vervangen (zie paragraaf 3.4: Hybride methoden).

2.3.3.2 Aangepast meetvlakmethode (methode II.3)

Algemeen

Het doel van deze methode is de bepaling van het geluidvermogen van een bron uit geluidmetingen die op korte afstand van de bron zijn verricht.

Het oogmerk hierbij is veelal om het geluidvermogen van (kleine) apparaten te bepalen. Dit maakt dat deze methoden vaak niet direct toepasbaar zijn voor in situ metingen in de industrie (zie paragraaf 2.3.3.4). In dit hoofdstuk wordt een afzonderlijke meetmethode beschreven, die een wijder toepassingsgebied heeft.

Omdat met deze methode het geluidvermogen wordt bepaald en principieel geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft het gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur boven deze methode. Veelal zal de aanwezigheid van stoorgeluid het echter noodzakelijk maken om op kortere afstand dan $R = 1,5$ d te meten hetgeen tot toepassing van deze methode

leidt. De meetpunten liggen dan op een denkbeeldig meetvlak, waarvan de vorm is aangepast aan de vorm van de bron. Deze meetmethode wordt ook in internationale standaarden aangegeven.
Toepassingsgebied

De methode wordt toegepast in situaties waarbij zeer dicht bij de bron moet worden gemeten. De methode is in principe toepasbaar voor alle soorten bronnen met afmetingen die groter zijn dan circa 2 m. Voorbeelden zijn:

- gebouwen en onderdelen ervan;
- openingen in gebouwen;
- pijpleidingen.

Meetapparatuur

De meetapparatuur voldoet aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemetmethode (zie hoofdstuk 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, worden deze allemaal gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie te maken van de bedrijfstoestanden van bronnen die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

Onder bronnen worden alleen de geluidafstralende onderdelen van machines, apparaten en gebouwen verstaan. Alle onderdelen waarvan op basis van een beoordeling ter plaatse duidelijk is dat hun geluidafstraling verwaarloosbaar is, worden buiten beschouwing gelaten.

In de overdrachtsberekening kan het gewenst zijn een bron in deelbronnen op te splitsen in verband met afschermingen en reflecties nabij de bron. Vooraf moet beoordeeld worden of de splitsing in deelbronnen aanvullende metingen behoeft.

De brongeometrie wordt geschematiseerd met een zogenaamd referentievlak of -lichaam. Dit is een (gebogen-) oppervlak met simpele geometrie dat de bron zo nauw mogelijk omsluit. De bronnen worden geassocieerd zoals in Tabel 2-13 is aangegeven.

Tabel 2-13 Classificatie van bronnen voor aangepast meetvlak

Soort	Omschrijving/referentievlak	Voorbeeld
<u>Vlakke bronnen</u>	<u>het referentievlak is een plat vlak</u>	<u>gevels, grote openingen in gebouwen</u>
<u>Lijnbronnen</u>	<u>het referentievlak is een cilinder of als de lijnbron nabij de grond staat, een halve cilinder</u>	<u>pijpleidingen, spleetvormige openingen, transportbanden</u>
	<u>ook een reeks langs een lijn gesitueerde identieke puntbronnen zijn te beschouwen als lijnbron</u>	<u>pompenstraten, rij ventilatoren, rij branders van een fornuis, vracht-wagenroutes</u>
<u>Overige bronnen</u>	<u>alle bronnen die noch als vlakke, noch als lijnbronnen kunnen worden geassocieerd</u>	<u>apparaten, koelbanken, etc.</u>

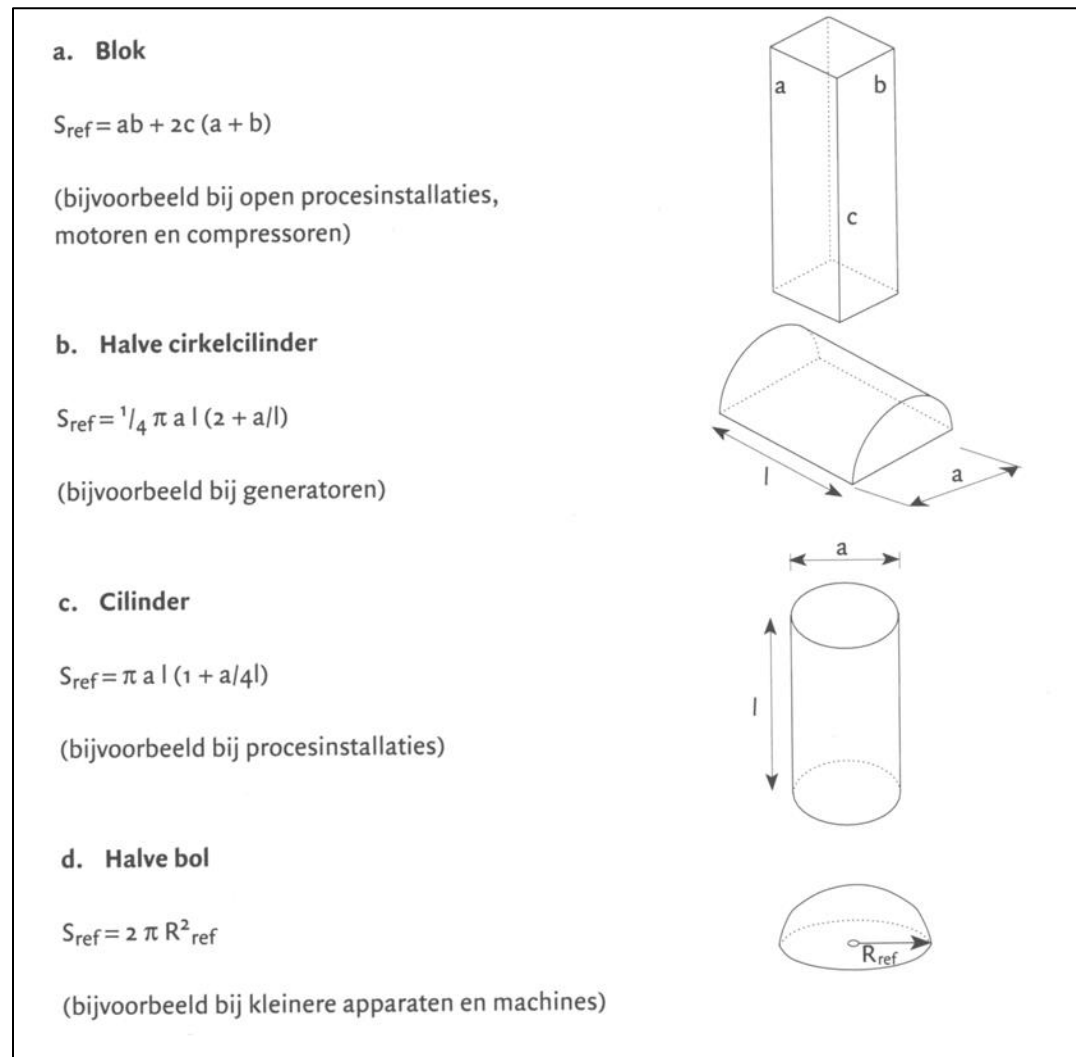
Het referentielichaam voor de overige bronnen omsluit de bron zo nauw mogelijk, waarbij uitstekende onderdelen die geen geluid afstralen buiten beschouwing worden gelaten. Het referentielichaam heeft één van de volgende vormen of een combinatie daarvan (zie Figuur 2.12):

- blok (rechthoekig parallellepipedum);
- halve cilinder;
- cilinder;
- halve bol.

Het referentielichaam mag niet inspringen of inkepingen vertonen. Ook sluit het referentielichaam altijd aan bij de grond, zowel harde als absorberende bodems of bij een ander vlak, zoals wanden en daken van gebouwen etc.

De volgende grootheden worden bepaald:

- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;
- de oppervlakte S_{ref} van het referentielichaam.



Figuur 2.12 Vormen van referentielichamen

N.B. Het oppervlakte van het meetvlak S_m kan op gelijke wijze worden berekend.

Keuze van de meetlocatie

De meetpunten gekozen op een aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

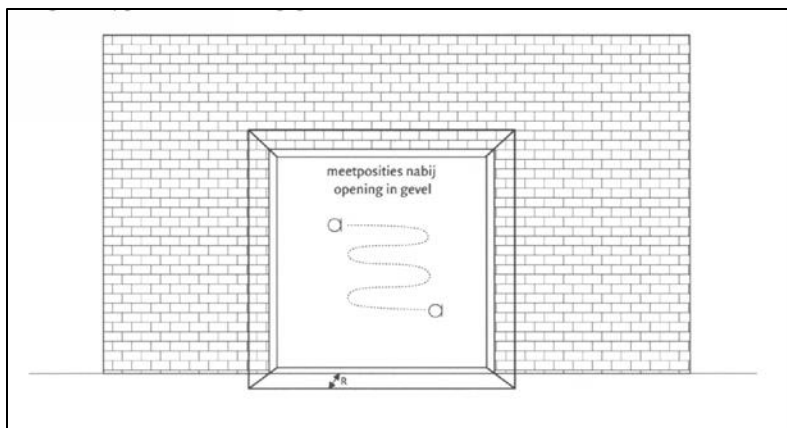
- op een vaste afstand ligt van het referentievlak;
- de bron volledig omsluit of aansluit op de bodem c.q. niet geluidafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

Per type bron worden specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en die verder buiten beschouwing blijft.



Figuur 2.13 Geluidvermogenmeting van een open deur van een bedrijf. De bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In Figuur 2.13 is een voorbeeld gegeven.

Voorzichtigheid is geboden als een in pandige geluidbron met relatief hoge geluiduitstraling vanuit een beoordelingspositie zichtbaar is via een open deur. In bepaalde situaties kan die geluidbron in die beoordelingspositie een hogere geluidbijdrage leveren dan de geluiduitstraling van het nagalmgeluidveld in de deuropening. Toepassing van methode II.3 gevolgd door overdrachtsberekeningen leidt dan tot te lage geluidniveaus in die beoordelingspositie. Dan wordt in de beoordelingspositie de bijdrage van het directe geluidveld van die geluidbron bepaald, inclusief een eventuele reflectie tegen de binnenzijde van de (achter)wand van het gebouw (middels meting of overdrachtsberekening) en energetisch te worden gesommeerd met het middels methode II.3 en overdrachtsberekening bepaalde geluidniveau.

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak gelden de afstanden uit Tabel 2-14.

Tabel 2-14 Afstand R afhankelijk van de soort bron

Soort vlakbron	Meetafstand R [m]
Openingen in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidafstralende wanden, platen	$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

Lijnbron

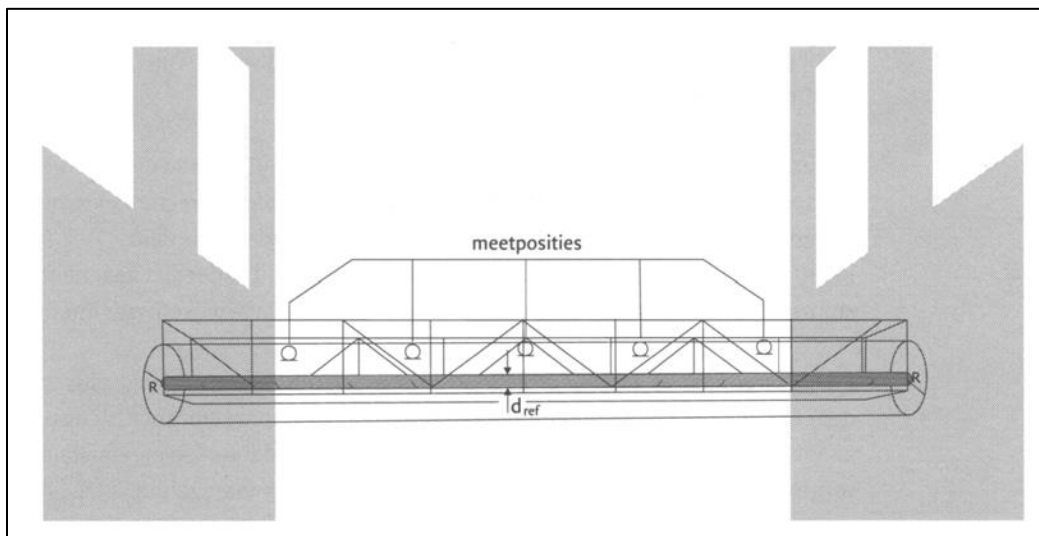
Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is met het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

$$R < 0,2 l$$

$$R \geq 0,8 d_{ref}$$

$$R \geq 0,5 d_{ref} + 0,5$$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam (in dit geval gelijk aan de compressorleiding) en l de lengte van de cilinder. In is een voorbeeld gegeven.



Figuur 2.14 Voorbeeld van een geluidvermogenmeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

Hele cilinder: $S_m = 2\pi Rl$

Halve cilinder: $S_m = \pi Rl$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig aan het referentie lichaam. In het oppervlak van het referentievlak is het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

Voor de afstand tussen referentievlak en meetvlak moet voldoen aan:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{\text{ref}}}$$

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Als het geluidniveau met de verschillende bedrijfstoestanden varieert en verwacht mag worden dat de variaties op alle meetpunten ongeveer gelijk zouden zijn, kan worden volstaan met een meting van de variaties op enkele referentiepunten. Voor de meest van belang zijnde bedrijfstoestand moet echter de gehele methode worden gevolgd.

Als blijkt dat op het meetvlak het geluidniveau van enige punten meer dan 10 dB boven het gemiddelde niveau uitkomen, wordt een andere brondefinitie gemaakt. Meestal is de verhoging een gevolg van een zeer sterke lokale bron, die mogelijk met een geconcentreerde bronmethode kan worden gemeten.

Omdat erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt er van uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidcorrectie zoals beschreven bij de algemene immissiemeetmethode (paragraaf 2.2.3) worden gebruikt.

Richtmicrofoons in de nabijheid van bronnen werken in dit kader niet naar behoren. Bij ernstige stoorgeluidproblematiek wordt zodoende aangeraden uit te wijken naar intensiteitsmetingen.

Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden.

Als vooral in het lage frequentiebereik grote nauwkeurigheid wordt gevraagd, wordt aangeraden uit te wijken naar de intensiteitsmethode, of de meetafstand tot objecten te vergroten tot minimaal een kwart golflengte van het te meten geluid.

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

Meetduur

Bij cyclische processen wordt op alle meetpunten tenminste een cyclus gemeten. Bij zwaaien omvat de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt.

Uitgangspunt is dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat er een eindwaarde benaderd wordt, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB verandert.

Aantal metingen

De meetpunten worden gelijkmatig verdeeld over het meetvlak.

Discrete meetpunten

Het aantal meetpunten N voldoet aan de voorwaarden uit

Tabel 2-15.

Tabel 2-15 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron met (S_m in m^2)

Betreft	Aantal meetpunten
Geluidafstralende objecten	$N \geq S_m / (4\pi R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m}$

Als aannemelijk is dat de bron over zijn oppervlak min of meer gelijkmatig geluid uitstraalt en het aantal meetpunten volgens bovenstaande tabel onpraktisch hoog wordt, kan met een kleiner aantal punten volstaan worden. Richtlijn is voor kleine bronnen $N \geq 5$ en voor bronnen met een referentieoppervlak S_{ref} groter dan $200 m^2$ $N \geq 10$. Ook moet de standaarddeviatie aan het gemiddelde (σ_n) voldoen aan $\sigma_n \leq 1$ met:

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(L_{pA}(i) - L_{pA})^2}{N(N-1)} \quad (2.14)$$

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaats vinden.

Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt het criterium in

Tabel 2-16.

Tabel 2-16 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Betreft	Afstand d_z [m]
Geluidafstralende objecten	$d_z \leq 2 R$
Openingen	$d_z \leq 1 m$

Bij voorkeur wordt een scan over een oppervlak drie maal herhaald waarbij zo mogelijk ook andere zwaailijnen gekozen worden.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

Meetvlakniveau $\langle L_s \rangle$

Van het aangepast meetvlak wordt het oppervlak S_m bepaald. Vervolgens wordt per deelvlak (met oppervlak S_k) het geluidniveau L_k per frequentieband gemeten. Vervolgens wordt hiermee het meetvlakniveau bepaald volgens de formule:

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} S_k \right) \quad (2.15)$$

Als de oppervlakken van de deelvlakken minder dan 20% van het gemiddelde deelvlak-oppervlak verschillen mag direct over de meetpunten worden gemiddeld.

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (2.16)$$

Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

Als dicht op de bron wordt gemeten, is er sprake van een geometrisch nabijheidsveld. Hiervoor kan worden gecorrigeerd door toepassing van de nabijheidsveldcorrectie ΔL_F . Maatgevend voor deze correctieterm is Q , die gedefinieerd wordt als de verhouding tussen het oppervlak van het referentievlak en het meetvlak. De bodem, de muren en ook andere niet afstralende zijvlakken worden niet meegeteld bij de bepaling van het meetvlak.

Tabel 2-17 Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

$Q = S_{\text{ref}}/S_m$	ΔL_F [dB]	Voorbeelden
$0,9 \leq Q < 1$	-3	vlakke bronnen
$0,7 \leq Q < 0,9$	-2	lange cilindrische meetvlakken om pijpen enzovoort
$0,4 \leq Q < 0,7$	-1	vele van de gangbare meetvlakken rond grote apparaten
$0 \leq Q < 0,4$	0	vormt overgang naar geconcentreerde bron
algemeen:		
$Q \geq 0,4$	$-5 * (Q - 0,4)$	
$Q < 0,4$	0	

Richtingsindex DI

Voor de bepaling van de richtingsindex moet de oriëntatie van de bron worden vastgesteld.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een richtingsindex aangehouden zoals deze telt voor gebouwvlakken in het overdrachtsmodel. Overdrachtsmodellen kennen vrijwel altijd schermen en vaak gebouwen als een afzonderlijk item. Als de richting is vastgelegd, brengt het rekenmodel de richtingsindex in rekening (zie paragraaf 2.3.3.6). In het geval dat in het rekenmodel geen gebouwen of schermen gemodelleerd kunnen worden, worden de vlakke bronnen als puntbronnen gemodelleerd, die in kritische situaties voor de verschillende richtingen voorzien zijn van verschillende richtingsindices. Bij het overdrachtsmodel is de DI alleen in een bepaalde richtingssector geldig.

Overige bronnen

- als de bron gelijkmatig in alle richtingen straalt, is de richtingsindex $DI = 0$;
- als de bron vrij opgesteld staat maar richtingsafhankelijk uitstraalt, zal de DI door metingen bepaald moeten worden;
- als de bron richtingsafhankelijk uitstraalt, maar temidden van verstrooiende objecten staat, zal het richteffect verloren gaan. Meestal zal dan een term D_{terrein} (zie paragraaf 3.2.3.6) bij de overdracht in rekening moeten worden gebracht;
- als de bron is opgesteld voor één of meer verticale reflecterende vlakken die deel uitmaken van de bron wordt een richtingsindex vastgesteld volgens de formule:

$$DI = 10 \log(4\pi/\Omega) \quad (2.17)$$

met Ω : de niet afgeschermdde ruimtehoek

DI houdt geen rekening met de bodem, waardoor deze bodem buiten beschouwing blijft. Bij het overdrachtsmodel is de DI alleen in een bepaalde richtingssector geldig.

Berekening geluidvermogen LWR

De immissierelevante geluidvermogen wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_s \rangle + 10 \log S_m + \Delta L_F + DI$$

(2.18)

De berekening vindt per octaafband plaats of in smallere banden, waarna de A-gewogen geluidvermogen uit de bijdrage van de diverse frequentiebanden wordt berekend.
Als in bepaalde gevallen alleen een schatting van de A-gewogen geluidvermogen is vereist, kan de procedure in zijn geheel direct op A-gewogen geluidniveaus worden toegepast.

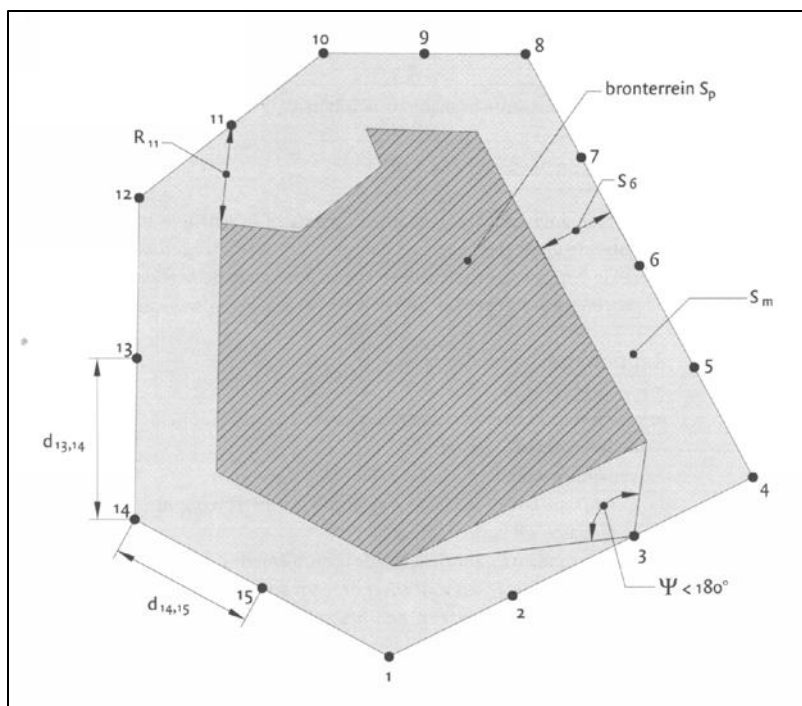
2.3.3.3 Rondommethode (methode II.4)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van uitgestrekte installaties, waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale afmetingen. Deze bronnen stralen min of meer gelijkmatig af tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

De metingen vinden in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de 31,5 Hz tot en met 8000 Hz octaafband om vat.

De metingen en berekeningen worden verricht volgens ISO 8297 [L.2]. Deze methode kan als volgt worden beschreven.



Figuur 2.15 Toelichting bij de keuze van de meetpunten

Ter bepaling van het geluidvermogen wordt allereerst het geluidsdrukkniveau gemeten op een aantal punten op een meetlijn, die op kleine afstand rond het brongebied ligt (zie Figuur 2.15). Met de resultaten van de metingen kan met de formules die zijn gegeven aan het einde van deze paragraaf het geluidvermogen bepaald worden. Bij het bepalen van het geluidvermogen wordt uitgegaan van $D_{b,br} = -1$. Het bepaalde geluidvermogen bevat geen richtingsinformatie (de bron mag deze immers niet bevatten).

Het grote voordeel van de methode is dat in complexe situaties op betrekkelijk eenvoudige wijze een emissie wordt gevonden waarin interne afschermingen en verstrooiing door installaties op het bronterrein reeds verdisconteerd zijn.

In het algemeen is door de uitgestrektheid van het bronterrein en de verschillende bronhoogten, het effect van een afscherming zeer onnauwkeurig te berekenen, tenzij het scherm dichtbij het immissiepunt is gesitueerd.

Voor uitgestrekte bronterreinen, waarbij veel verstrooiing van geluid optreedt, is het overdrachtsmodel voldoende nauwkeurig. Een verfijnder overdrachtsmodel zal de nauwkeurigheid dan in het algemeen niet verbeteren. Wel moet worden overwogen dat als het bronterrein te midden van andere volgebouwde terreinen is gelegen, het effect van afscherming door andere installaties door berekeningen mogelijk enigszins wordt onderschat.

Dit kan worden ondervangen door het bronterrein in verscheidene delen van gelijke sterkte op te splitsen. De interne afscherming van het gehele brongebied wordt niet in de overdrachtsberekening betrokken, wel die van de naast het bronterrein gelegen installaties.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor installaties en industrieën die in horizontale richting en veel uitgestrekter zijn dan in verticale. De horizontale afmetingen van het door de bronnen ingenomen oppervlak zijn beperkt door de voorwaarde:

$$16 \geq \sqrt{S_p} \leq 320 \text{ m}$$

Hierin is S_p gelijk aan de grootte van het bronterrein.

De methode kan niet worden toegepast als de bron sterk richtingsafhankelijk afstraalt.

Het vastgestelde geluidvermogen kan worden gebruikt als het immissiepunt op een afstand R van het bron-centrum ligt, waarvoor geldt:

$$R \geq 1,5\sqrt{S_p}$$

Meetapparatuur

Bij gebruik van een omnidirectionele microfoon moet worden voldaan aan het gestelde bij de immissiemeting (zie paragraaf 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd tijdens een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Naast een kwalitatieve bronomschrijving worden de volgende grootheden vastgesteld:

- de tijd dat de bron in werking is, c.q. de duur van de akoestisch onderscheidbare bedrijfstoestanden;
- de gemiddelde bronhoogte h_b (voor grote complexe industrieën is in het algemeen $5\text{ m} < h_b < 20\text{ m}$);
- het oppervlakte S_p van het bronterrein, de brondiameter d en het broncentrum B .

Keuze van de meetlocaties

Keuze van de meetlijn

De meetpunten liggen op een gesloten meetlijn rondom het brongebied (zie figuur C.4.5). Bij het vastleggen van de meetlijn moet aan de volgende randvoorwaarden worden voldaan:

- De gemiddelde afstand R_m (en bij voorkeur de afstand van ieder meetpunt) van de meetlijn tot aan de begrenzing van het brongebied moet voldoen aan:

$$R_m \geq 0,05\sqrt{S_p} \text{ en } R_m \geq 5\text{ m}$$

- De afstand R_m wordt zo groot mogelijk gekozen als door stoorgeluid wordt toegelaten, mits:

$$R_m \leq 0,5\sqrt{S_p} \text{ en } R_m \leq 35\text{ m}$$

- Vanuit ieder punt op de meetlijn is de hoek ψ waaronder het bronterrein wordt gezien kleiner of gelijk aan 180° .

Aantal meetpunten en meethoogte

Het aantal meetpunten is afhankelijk van de afstand van de meetlijn tot het broncentrum en de lengte l van de meetlijn. De afstand $d_{k,k+1}$ tussen twee naast elkaar gelegen meetpunten k en $k + 1$ moet voldoen aan:

$$d_{k,k+1} \leq 2 R_m$$

Hierin is R_m de gemiddelde afstand tussen de meetpunten en het bronterrein en wordt berekend volgens de formule:

$$R_m = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_k \quad (2.19)$$

De meetpunten moet en op gelijke afstand (binnen een fout en marge van 10 %) van elkaar liggen. Als bepaalde meetpunten niet bereikbaar zijn, moet dit in de rapportage worden vermeld. Als op meer dan 10% van de punten niet kan worden gemeten moet een nieuwe meetlijn worden gekozen.

De meethoogte h_m wordt gekozen op basis van de (gemiddelde) bronhoogte h_b en het oppervlak S_m volgens:

$$h_m = h_b + 0,025\sqrt{S_m} \text{ en minimaal } h_m = 5\text{ m} \quad (2.20)$$

Als een grotere hoogte dan 5 m wordt gewenst en de meethoogte is praktisch niet realiseerbaar, wordt zo hoog mogelijk gemeten. Dit is alleen toegestaan wanneer aannemelijk kan worden gemaakt dat op de werkelijke meethoogte dezelfde waarden worden gevonden als op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Bij de keuze van de meetlijnen wordt zoveel mogelijk voldaan aan de volgende eisen:

- geen reflecterende vlakken buiten de meetlijn, die van invloed zijn op het te meten geluiddrukkniveau;
- geen afschermende objecten tussen meetlijn en bronterrein (b.v. bronnen op daken, zoals dakventilatoren, koelaggregaten e.d. mogen niet door de dakrand worden afgeschermd).

Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan is aangegeven in paragraaf 2.1.2. Het meteoraam is niet van toepassing.

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

De geluidmetingen worden uitgevoerd in octaafbanden van 31,5 Hz tot en met 8000 Hz. Als stoorgeluid de meting beïnvloedt, mag een stoorgeluidcorrectie worden toegepast. Deze correctie mag volgens de ISO-norm niet meer dan 1 dB op het totale niveau bedragen. Als de signaal/stoorverhouding minder dan 6 dB bedraagt moet er rekening mee worden gehouden dat het berekende geluidvermogen te hoog is. Een aanvullende foutenanalyse moet dan deel uitmaken van de rapportage.

Meetduur

Op iedere meetplaats moet tenminste 1 minuut worden gemeten. Bij cyclische processen wordt aangeraden enige malen een geheel proces te meten.

Aantal metingen

Hoewel in principe voor elke bedrijfstoestand een complete rondommeting moet worden uitgevoerd, kan, als aannemelijk is dat de emissievariaties de niveaus op alle meetpunt en nagenoeg gelijk beïnvloeden, worden volstaan met een meting van die variaties op vier meetpunten rondom het bronterrein. In ieder geval moet één complete rondommeting worden uitgevoerd. Als op het bronterrein zeer hoge en immissierelevante bronnen aanwezig zijn, waarvan de bijdragen door de rondommeting niet meegenomen worden (in verband met afscherming en/of richtwerking van deze bronnen), wordt het geluidvermogen van deze bronnen afzonderlijk bepaald.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

De berekening van het geluidvermogen verloopt volgens het onderstaande schema:

Stap 1

Het gemiddelde meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$ wordt uit het gemeten geluidniveau L_k op punt k per octaafband berekend volgens de formule:

$$\langle L_p \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (2.21)$$

Stap 2

Het verschil tussen het maximaal en minimaal vastgestelde niveau L_k mag ten hoogste 10 dB bedragen. Bij grotere verschillen moet een andere meetlijn c.q. andere geluidvermogenbepalingsmethode worden toegepast.

De octaafbandniveaus van het geluidniveau L_k die de octaafbandniveaus van het gemiddeld meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$, zoals bepaald in stap 1 met meer dan 5 dB overschrijden, worden vervangen door de gecorrigeerde waarde $L_k^* = \langle L_p \rangle + 5$.

Stap 3

Er wordt per octaafband een gecorrigeerd gemiddeld meetlijnniveau $\langle L_p^* \rangle$ berekend volgens de formule:

$$\langle L_p^* \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 10^{\frac{L_k^*}{10}} \right) \quad (2.22)$$

Stap 4

Een oppervlakteterm ΔL_s wordt bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_s = 10 \log \frac{2S_m + h_m l}{S_o} \quad (2.23)$$

Met: $S_o = 1 \text{ m}^2$
 $S_m =$ oppervlak omsloten door meetlijn in m^2
 $l =$ lengte van de meetlijn, dit is $\sum d_k$

Stap 5

De nabijheidsveldcorrectie ΔL_F wordt bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_F = \log \left(\frac{R_m}{4\sqrt{S_p}} \right) \quad (2.24)$$

Stap 6

Als van een richtmicrofoon gebruik wordt gemaakt, moet een microfooncorrectie ΔL_M toegepast worden volgens de formule:

$$\Delta L_M = 3 \left(1 - \frac{\theta}{90} \right) \quad (2.25)$$

Met: $\theta =$ hoek tussen de nul graden richting en de richting waarbij de gevoeligheid van de microfoon met 3 dB is teruggevallen. θ is maximaal 90° .

Stap 7

Voor de luchtabsorptieterm ΔL_α in de methode wordt de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} gebruikt behorend bij de actuele weersomstandigheden volgens ISO 9613-1 [C.1] dan wel van de standaardomstandigheden volgens het overdrachtsmodel van methode II (zie paragraaf 3.2.3.2). De luchtabsorptieterm kan worden bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_\alpha = 0,5 a_{lu} \sqrt{S_m} \quad (2.26)$$

Stap 8

Het geluidvermogen L_{WR} wordt per octaafband bepaald volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_p \rangle + \Delta L_s + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_\alpha \quad (2.27)$$

Stap 9

Zonodig kan het A-gewogen geluidniveau berekend worden uit de energetische som van de A-gewogen octaafbandresultaten.

2.3.3.4 Intensiteitsmetingen (methode II.5)

Algemeen

Het totale akoestische geluidvermogen L_W wordt bepaald uit de geluidintensiteit die uit een gesloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Wiskundig is dit het product van de intensiteitsvector I_s en de normaalvector I_n op het oppervlak dS .

$$L_W = 10 \log \left[\frac{|W|}{W_o} \right] \quad (2.28)$$

met $W_o =$ referentie geluidvermogen ($= 10^{-12} \text{ W}$)

$$|W| = \left| \oint_S I_s * n dS \right| \quad (2.29)$$

Bij metingen op punten wordt deze integraal door de discrete som benaderd:

$$|W| = \left| \sum_{i=1}^N \langle I_s \rangle_i n S_i \right| \quad (2.30)$$

Toepassingsgebied

De intensiteitsmethode stelt in principe geen beperking aan de geluidbronnen, hoewel de toepassing bij zeer grote apparaten of industriecomplexen (te) ingewikkeld wordt. Ervaring met het toepassen van twee van toepassing zijnde ISO-voorschriften (paragraaf 4.5.4) bij middelgrote apparaten (bronaftmetingen tot circa 4 m) leert dat in situaties, waarin het verschil tussen het oppervlaktgemiddelde intensiteitsniveau meer dan 5 dB onder het meetvlakgemiddelde geluidniveau ligt, de toepassing van de zogenoemde F_4 -indicator (zie ISO 9614-1) tot een onpraktisch hoog aantal meetpunten leidt. Omdat de intensiteitsmethode juist grote voordelen biedt als dit verschil groot is, zal de situatie met zeer veel meetpunten in veel gevallen optreden. Het gebruik van de scanningsmethode wordt daarom sterk aanbevolen.

Meetapparatuur

Een speciale intensiteitsprobe en meetapparatuur is vereist (zie ISO 9614). Voor de verwerking van meetgegevens is een computer zeer gewenst.

Bij metingen van de intensiteit bij lage frequenties (< 100 Hz) is een grotere spacer noodzakelijk. Bovendien moet de registratieapparatuur gecorrigeerd worden voor de instrument-fasefout.

Uitvoering van intensiteitsmetingen

De bepaling van het geluidvermogen met behulp van intensiteitsmetingen is beschreven in:

- **ISO 9614-1:1993** Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 1: Measurements at discrete points
- **ISO 9614-2:1996** Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 2: Measurements by scanning

Het grote voordeel van de intensiteitsmeetmethoden is dat in situaties met veel stoorgeluid het geluidvermogen van een geluidbron nog nauwkeurig is vast te stellen. Als vuistregel geldt dat als stoorgeluid 10 dB meer bijdraagt op een meetvlak dan de te meten bron, met enige inspanning nog betrouwbaar kan worden gemeten. Bij hogere stoorgeluidniveaus verliezen de engineering methoden sterk aan nauwkeurigheid.

In elk van de in de standaarden genoemde methoden is een procedure opgenomen om een schatting te maken van de nauwkeurigheid van de methoden. Hiertoe worden naast de intensiteit ook de geluiddrukkniveaus gemeten.

Intensiteitsmetingen worden bij voorkeur verricht door ervaren en goed opgeleide meettechnici. Beide standaarden bevatten een goede literatuurlijst

2.3.3.5 Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)

Algemeen

De methode is gebaseerd op het gegeven dat er een relatie is tussen het snelheidsniveau L_v van het oppervlak en het afgestraalde geluid. Deze relatie wordt gegeven door de afstralgraad σ of door de stralingsindex $10 \log \sigma$.

Per deelopervlak S_k (waarvoor σ constant mag worden verondersteld) geldt voor het afgestraalde geluidvermogen L_{wk} volgens de formule:

$$L_{wk} = L_v + 10 \log S_k + 10 \log \sigma - 34 \quad (2.31)$$

Hier is:

$$L_v = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{v(t)}{v_o} \right)^2 dt \right] \quad (2.32)$$

Met: $v(t)$ = snelheid van het oppervlak in m/s
 v_o = referentiesnelheid (=10⁻⁹ m/s)

Toepassingsgebied

De methode kan worden toegepast als er door stoorgeluid geen mogelijkheden zijn het afgestraalde geluid direct te meten.
 De methode is vanwege de onzekerheid in de afstraalfactor niet erg nauwkeurig. Combinatie met of aanvulling van andere methoden wordt daarom aanbevolen.
 In literatuur [L.4], [L.5] en [L.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

Meetapparatuur

Bij snelheidsmetingen wordt gebruik gemaakt van versnellingsopnemers. De mechanische bevestiging van deze versnellingsopnemers is aangegeven in ISO 5348.
 Er moet in ieder geval aandacht worden besteed aan de door de fabrikant gegeven specificaties en eigenschappen (stijfheid van de bevestiging, eigenfrequentie opnemer, invloed eigen massa op trillingsgedrag object). Het gebruik van zogenoemde tasters wordt voor deze toepassingen niet toegelaten.

Uitvoering van de snelheidsmetingen

Bij de uitvoering van de metingen moet gelet worden op het meten van een voldoende aantal meetpunten. Bij kleine deelopervlakken kan het snelheidsniveau op één meetpunt worden gebaseerd. In de praktijk zullen in het algemeen meer punten vereist zijn. Het snelheidsniveau wordt dan over de meetpunten energetisch gemiddeld (indicatie: 3 per oppervlakelement);
 Afhankelijk van de bevestigingsmethode wordt een eigenfrequentie bij de metingen geïntroduceerd. In het verkregen spectrum wordt dit opgemerkt als een piek. Bij de geluidvermogenbepaling moeten deze pieken niet worden meegenomen. Hierdoor zou een te hoge geluidvermogen bepaald worden. Bij het in de hand vasthouden van trillingafnemers bedraagt de eigenfrequentie 1000-2000 Hz. Bij het vastschroeven van de opnemer bedraagt de eigenfrequentie circa 3000 Hz.
 Aanbevolen wordt de trillingsopnemers op voetjes te schroeven die vooraf op het oppervlak worden gelijmd.

Berekening van het geluidvermogen L_w

Het totale geluidvermogen van alle deelopervlakken wordt vervolgens als volgt bepaald:

$$L_w = 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{L_{wi}}{10}} \quad (2.33)$$

De daadwerkelijke geluidemissie ten gevolge van de trillingen is sterk afhankelijk van de afstralgraad σ . Doorgaans wordt uitgegaan van $10 \log \sigma = 0$. Met deze waarde zal het werkelijk afgestraalde vermogen veelal redelijk met het berekende geluidvermogen overeenkomen.
 Het werkelijk afgestraalde vermogen kan duidelijk kleiner zijn dan het berekende geluidvermogen als:

- de kleinste afmeting van het oppervlak kleiner is dan een halve golflengte; of
- het uitstralend vlak over afstanden groter dan een halve golflengte homogeen is en de frequentie beneden de grens frequentie ligt.

Gebruikers worden aangemoedigd voor het bepalen van de afstralgraad theoretische of empirische modellen te gebruiken. Een samenvatting van bevindingen is onder andere vermeld in ICG -rapport IL-HR-13-04 [L.7].

2.3.3.6 Uitstraling gebouwen (methode II.7)

Algemeen

Ten behoeve van prognoses en als aanvulling op emissiemetingen in bestaande situaties, kan de transmissie door wanden en daken van gebouwen berekend worden.
 Er wordt uitgegaan van een bekend geluiddrukkniveau L_p aan de binnenzijde van de wand (of dak). Het geluidvermogen wordt vervolgens bepaald via:

$$L_{wi} = L_{pi} + 10 \log S_i - R_i - C_d \quad (2.34)$$

met L_{wi} = geluidvermogen van wanddeel i.

L_{pi} = het geluiddrukkniveau op 1 à 2 meter aan de binnenzijde voor het wanddeel i.

S_i = het oppervlak van wanddeel i in m².

R_i = luchtgeluidisolatie van wanddeel i.

C_d = correctieterm voor de diffusiteit van het veld in de ruimte.

N.B. Wanddelen worden afzonderlijk doorgerekend.

De correctieterm C_d kan in theorie waarden aannemen tussen 0 dB, in het directe veld met een volledig absorberende achterliggende wand, tot 6 dB, in ideaal diffuse ruimten. Binnen industriële gebouwen zal in veel situaties het geluid in belangrijke mate bepaald worden door het directe veld en slechts gedeeltelijk door het galmveld. De correctieterm C_d varieert in de praktijk daarom meestal tussen:

- $C_d = 5$ dB: galmende ruimten, sterk diffuse geluidvelden en
- $C_d = 3$ dB: sterk gedempte ruimten, weinig diffuse geluidvelden.

Een voorbeeld van een situatie met een sterk diffuus geluidveld is een grote hal met weinig opslag, enkele verspreide machines, geen extra absorptie en weinig openingen ($C_d = 5$ dB).

Voorbeelden van een situatie met een weinig diffuus geluidveld zijn:

- een hal met veel dicht op elkaar staande machines en/of veel opslag;
- een hal waarin een goed absorberend plafond is aangebracht;
- een hal waarbij de belangrijkste bron nabij de wand is opgesteld ($C_d = 3$ dB).

Voor het bepalen van de geluidisolatiewaarde R_i van wand-, gevel- en dakconstructies zijn er diverse tabellen in omloop.

Belangrijk daarbij is:

- door openingen en geluidtechnisch zwakke aansluitdetailleringen zijn de optredende isolatiewaarden in veel praktijksituaties veel lager dan de aangegeven waarden;
- bij lichte wandconstructies is de isolatie in de praktijk aanzienlijk lager dan op basis van laboratoriummetingen verwacht mag worden. Deze afwijking wordt alleen niet veroorzaakt door constructiefouten, maar ook door het feit dat in het laboratorium de randeffecten een veel grotere rol spelen dan bij industriehallen en dergelijke waar veel grotere oppervlakken worden toegepast;
- ten gevolge van de variaties in het wandmateriaal, de wijze van bevestiging en meettechnische verschillen, zal de werkelijke isolatie kunnen afwijken van die in de tabel.

In de toelichting (hoofdstuk 6) is een tabel gegeven met enkele isolatiewaarden.

Aanvullende metingen

In bestaande situaties is het zinvol om de berekeningen van de geluidisolatie van wand delen te combineren met aanvullende metingen.

Een luchtgeluidisolatiemeting met een kunstbron

Hierbij moet op het volgende worden gelet:

- de bron moet een groot oppervlak aanstralen onder een representatieve invalshoek of moet een diffuus geluidveld in de hal veroorzaken;
- het geluidniveau moet aan beide zijden van de wand op minimaal 1 m, en bij voorkeur op wat grotere afstand van de wand worden gemeten. In het algemene geval waarbij de wand als akoestisch hard mag worden beschouwd geldt:

$$R_i = \Delta L - 3 \quad (2.35)$$

waarbij ΔL het verschil in gemeten geluidniveau aan beide zijden van de wand is. Als wanddeel i volledig absorberend is, geldt:

$$R_i = \Delta L \quad (2.36)$$

Een contactgeluidisolatiemeting

Een snelheidsmeting op de hoofdondersteuningsconstructie (de vloer en de wand zelf) kan worden verricht om na te gaan of door contactgeluid een bijdrage aan de afstraling van het gebouw wordt geleverd. Deze meting wordt meer van belang als de luchtgeluidisolatie van de wand hoog is (boven 25 dB bij 500 Hz). Men moet onder meer met het volgende rekening houden:

- het luchtgeluid veroorzaakt ook trillingen in de bouwkundige constructie. De mate waarin, kan door combinatie met een luchtgeluidisolatiemeting worden bepaald;

- relatief lichte wandbeplating kan enkele dB's sterker trillen dan de zwaardere vloer- en constructiedelen die deze wandbeplating aanstoten;

Als in een prognosestadium voor wanden hoge luchtgeluidisolatiewaarden worden voorspeld en zware machines worden opgesteld in de bedrijfsruimte, is het van belang de contactgeluidisolatie te berekenen. Deze berekeningswijze valt buiten het kader van methode II. Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

De geluiduitstraling van verticale vlakke gebouwdelen wordt gemodelleerd door puntbronnen die zijn gesitueerd direct voor een afschermd (zie paragraaf 3.2.3.4) object dat de hele betreffende wand van het gebouw representeert.

In het algemeen geldt voor de wanddelen van een gebouw:

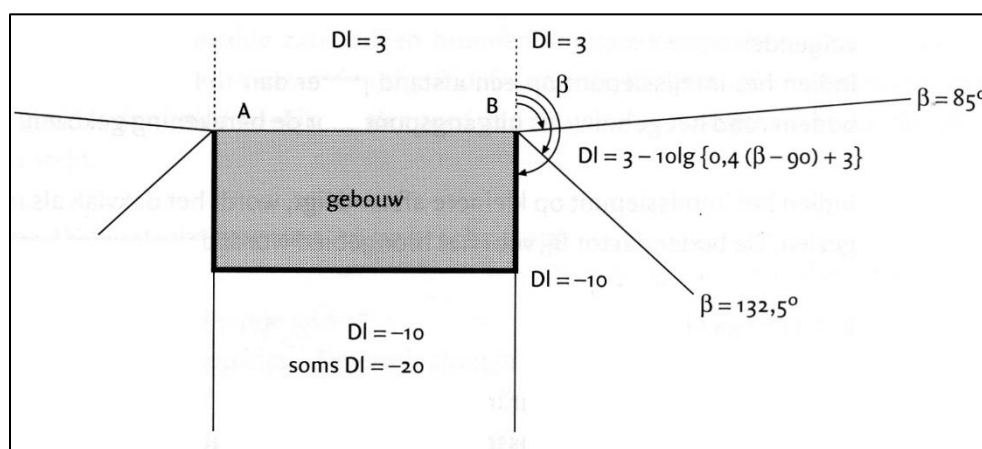
$$L_{WR} = L_W + DI \quad (2.37)$$

Hierbij zijn L_{WR} respectievelijk L_W de immissierelevante geluidvermogen en het geluidvermogen van het wanddeel, en is DI de richtingsindex gezien vanuit het broncentrum van het betreffende wanddeel. Voor wanddelen van een gebouw geldt een richtingsindex volgens Tabel 2-18.

Tabel 2-18 Richtingsindex bij wanden voor een hoek β

$\beta [^\circ]$	DI [dB]
0-85	3
85 - 132,5	$3 - 10 \log(0,4(\beta - 90) + 3)$
$\geq 132,5$	-10

Hierin is β de hoek tussen de normaal en de immissierichting in graden (zie Figuur 2.16). Naar de achterzijde van het gebouw kan de afscherming veel groter zijn, als er geen (zwakke) storende reflecties optreden. In die situatie mag als maximale afscherming $DI = -20$ dB worden aangehouden, waarbij deze keuze in de rapportage gemotiveerd moet worden.



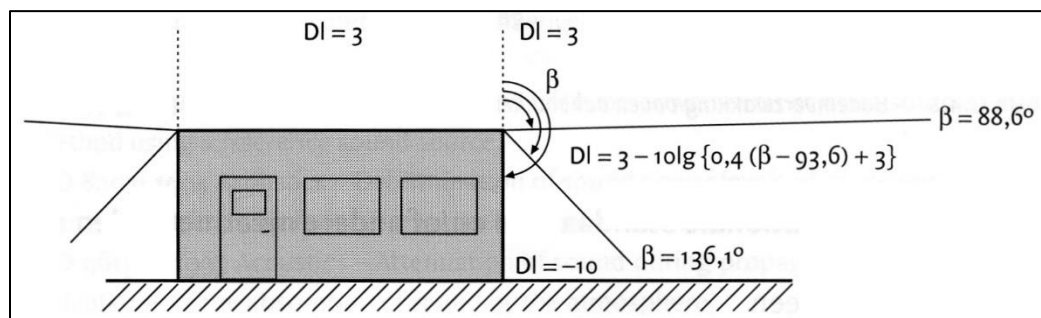
Figuur 2.16 De richtingsindex bij uitstraling van gevel (bovenaanzicht)

Voor de afstraling van daken moet rekening gehouden worden met de kromming van de geluidpaden ten gevolge van meteorologische invloeden. Hierbij wordt een kromtestraal van 8r aangenomen (zie paragraaf 3.2.3.4). Voor horizontale vlakke daken geldt dan een richtingsindex volgens

Tabel 2-1.

Tabel 2-19 Richtingsindex bij daken voor een hoek β

$\beta [^\circ]$	DI [dB]
0 - 88,6	3
88,6 - 136,1	$3 - 10 \log(0,4(\beta - 93,6) + 3)$
$\geq 88,6$	-10



Figuur 2.17 De richtingsindex bij afstraling van horizontale vlakke daken (zij-aanzicht)

Voor schuine gebouwdelen, zoals schuine dakvlakken en schuine gevelvlakken, kan een schuine normaal worden gedefinieerd. Voor kleine dakhellingshoeken, waarbij de hoek tussen de normaal van het schuine dakdeel en de verticaal minder dan 10° bedraagt, wordt de richtingsindex van horizontale daken gebruikt, in alle andere gevallen de richtingsindex van wanddelen.

3 Bepaling overdracht

3.1 Methode I

3.1.1 Basisformule

Het doel van de overdrachtsberekening is de bepaling van het gestandaardiseerd immissieniveau uit de (gemeten) geluidvermogen. Het gestandaardiseerd immissieniveau L_i per bron wordt berekend volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - D_o - D_s \quad (3.1)$$

Met: D_o = geluidverzwakking bij vrije uitbreiding
 D_s = geluidverzwakking door afscherming

D_o

De geluidverzwakking bij vrije uitbreiding wordt bepaald door de geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking. Rekening houdend met deze factoren kan de overdrachtdemping voor een beoordelingspunt op een harde bodem of $h_o \geq 2,5$ m boven een absorberende bodem worden berekend volgens de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0,005 r_i + 9,1 \quad (3.2)$$

of voor een beoordelingspunt op $h_o < 2,5$ m boven een absorberende bodem volgens de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0,01 r_i + 10,1 \quad (3.3)$$

De maximale afstand van broncentrum tot beoordelingspunt tot waar de overdracht binnen de vereiste nauwkeurigheid kan worden bepaald, is $r_i = 150$ m (zie ook paragraaf 1.2.1). Voor grotere afstanden kan de nauwkeurigheid van de methode sterk verslechteren. Wanneer deze afname in nauwkeurigheid acceptabel wordt geacht, bijvoorbeeld voor een indicatieve bepaling van de geluidssituatie, kan de methode ook voor afstanden tot 500 m worden toegepast, mits de beoordelingshoogte $h_o \geq 5$ m bedraagt.

D_s

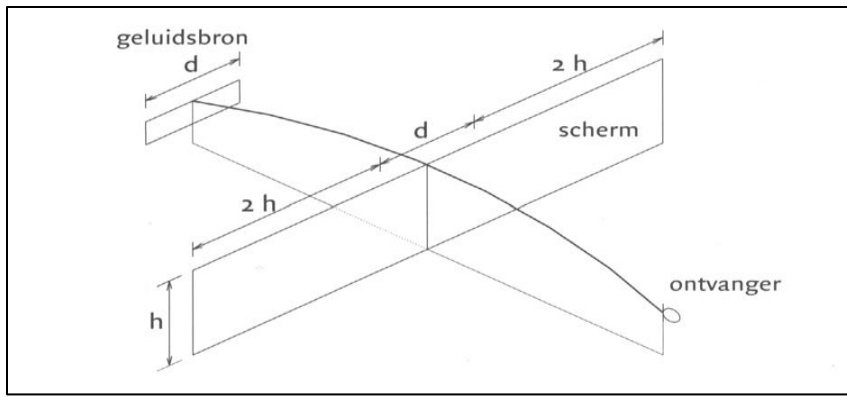
Met methode I kan geen exacte invloed van afschermingen worden berekend. Uitsluitend ter indicatie kan voor een eenvoudige bron-schermgeometrie met een plaatsvaste bron een te verwachten minimale afschermende werking worden bepaald (conservatieve schatting) en wel onder de volgende voorwaarden.

Verticale afschermingen

- de afscherming bestaat uit een geheel gesloten structuur (geen struiken, bomen, enzovoort);
- de massa van het scherm bedraagt tenminste 10 kg/m²;
- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- van uit het beoordelingspunt gezien is er geen reflecteren d vlak achter de brongelegen (gevels);
- er is sprake van een scherm en niet van een geluidswal. Een wal heeft namelijk een andere geluidafschermende werking dan een scherm.

Ook voldoet het scherm aan de volgende ruimtelijke specificaties:

- in het horizontale vlak loopt het scherm aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte van het scherm (zie Figuur 3.1);
- het scherm heeft een hoogte die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- het scherm is op een afstand van de bron van ten hoogste 25 m geplaatst.



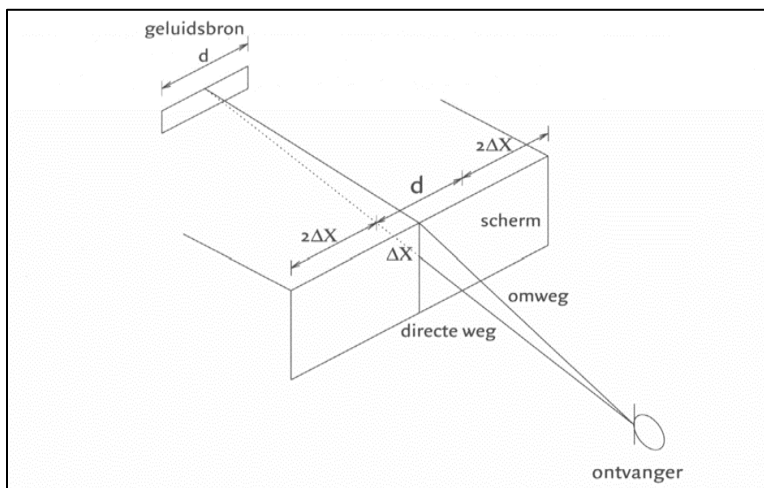
Figuur 3.1 Toelichting ruimtelijke specificatie verticale afschermingen

Afschermingen (dakranden)

- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- in het horizontale vlak loopt de dakrand aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte Δx . Deze hoogte komt overeen met de lengte van de verbindingslijn tussen de directe lijn en de omweg. De verbindingslijn staat hierbij loodrecht op de directe lijn (zie);
- de dakrand heeft een hoogte Δx die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- de afstand van het 'scherm' tot de bron bedraagt ten hoogste 25 m.

Als voldaan wordt aan deze condities is de term D_s gelijk aan 5 dB. Bij het niet voldoen aan deze condities is de term D_s gelijk aan 0 dB.

Voor een meer kwantitatieve benadering wordt verwezen naar methode II.



Figuur 3.2 Toelichting ruimtelijke specificatie afschermingen

3.1.2 Versterking door reflectie(s)

Algemeen

Randvoorwaarde voor de toepassing van resultaten van brongerichte geluidmetingen is dat er geen reflecties nabij de bron aanwezig zijn die het geluidvermogen zullen beïnvloeden. Bij een opgegeven geluidvermogen (vastgesteld uit metingen elders waarbij reflecties zijn geëlimineerd) kunnen overdrachtsberekeningen worden uitgevoerd voor situaties met een reflecterend vlak

achter het beoordelingspunt (gezien vanaf de bron) of met een reflecterend vlak achter de bron (gezien vanuit het beoordelingspunt). Voor andere situaties wordt verwezen naar methode II. Reflectievlak achter het beoordelingspunt

Onder een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt wordt verstaan een verticaal gevelvlak met afmetingen gelijk aan tenminste 2 x de afstand van het beoordelingspunt tot het gevelvlak. Als hieraan niet voldaan wordt, wordt een andere meetlocatie gekozen, zodanig dat eenduidig is vast te stellen of er sprake is van een situatie met of zonder reflectievlak.

De reflectie in het gevelvlak dat als reflectievlak te kenmerken is, wordt niet in de beoordeling meegenomen ($C_g = 0$ dB), tenzij dit uitdrukkelijk bij de grenswaarden of anderszins is geregeld. Wanneer de 'eigen gevelreflectie' moet worden verdisconteerd, kan dit op gelijke wijze geschieden als in paragraaf 4.4.1 is aangegeven. Reflectievlak achter de bron

Wanneer een reflecterend vlak achter een bron (gezien vanuit een beoordelingspunt) een afmeting heeft gelijk aan tenminste 2 x de projectie van die bron op dit vlak én de afstand van de bron tot dit vlak kleiner dan 10 m is, wordt het gestandaardiseerd immissieniveau ten gevolge van de betreffende bron met 2 dB verhoogd.

3.2 Methode II: overdrachtsmodel (II.8)

3.2.1 Algemeen

Het overdrachtsmodel voor methode II is ontwikkeld voor een zo nauwkeurig mogelijke berekening van de geluidoverdracht. Het model is vooral gemaakt voor het prognosticeren van immissieniveaus uit geluidvermogenmetingen en overdrachtsberekeningen in complexere situaties. Het model is getoetst op afstanden van enige tientallen meters tot één à anderhalve kilometer van de bron. Voor metingen en berekeningen over grotere afstanden wordt het overdrachtsmodel echter ook gebruikt.

De nauwkeurigheid van de berekening wordt in belangrijke mate door drie factoren bepaald:

- De nauwkeurigheid van de invoergegevens (schattingen van de bedrijfsduurcorrectie, de nauwkeurigheid van de metingen die ten grondslag liggen aan een geluidvermogenbepaling e.d.);
- Het ontwerp van het model (simplificaties die aangebracht zijn om de werkelijkheid te kunnen modelleren, keuze van bodemhardheden, schematisering van afschermende objecten e.d.).

De fouten nemen toe naarmate de situatie complexer is.

Bij de overdrachtsberekening worden de werkelijke geluidbronnen gerepresenteerd door puntbronnen of vlakke bronnen. Het geluidvermogen van deze bronnen is bepaald volgens de procedure zoals omschreven in hoofdstuk 2. Dit geluidvermogen kan per bedrijfstoestand en/of richting verschillen (immissierelevante geluidvermogen).

3.2.2 Bronbeschrijving

3.2.2.1 Samenvoegen van bronnen

Als voor een groep soortgelijke bronnen, die ongeveer gelijke hoogten hebben, ongeveer gelijke omstandigheden voor de overdracht naar het immissiepunt gelden, mag deze groep door één puntbron worden vervangen, als de afstand van het midden van de geluidbronnen tot het immissiepunt gelijk is aan of groter is dan anderhalf maal de grootste diameter van het betreffende brongebied, ofwel $R \geq 1,5 d$.

3.2.2.2 Splitsen van bronnen

Als op relatief korte afstand van geluidbronnen ($R < 1,5 d$) het geluidimmissieniveau berekend moet worden of als bij een uitgestrekte bron voor verschillende onderdelen andere overdrachtsomstandigheden gelden (met name voor afscherming), moet de bron worden opgedeeld in een aantal puntbronnen. Zeer sterke of uitzonderlijk hoog geplaatste bronnen worden steeds apart in de berekening betrokken.

Bij het opdelen van bronnen is het noodzakelijk om te weten of de deelbronnen incoherent of coherent zijn.

Incoherent

De verschillende geluidimmissieniveaus op het beoordelingspunt ten gevolge van de deelbronnen kunnen eenvoudig energetisch gesommeerd worden. Als er geen onderlinge afscherming van de deelbronnen optreedt, kan het geluiddrukkniveau hoog oplopen (voor monopolen in theorie tot

oneindig) als de afstand tot het vlak van de deelbronnen veel kleiner wordt dan de dimensies van het vlak.

Coherent

Op korte afstand $R < 1,5 d$ mag, als er sprake is van coherente bronnen, geen opdeling in deelbronnen worden uitgevoerd zonder dat de coherentie van de bronnen mede wordt beschouwd. Op korte afstand van wanden, openingen en machinedelen moet hiermee rekening worden gehouden. De eenvoudigste vorm is isotrope afstraling. (Dit is de grondslag voor de benadering, die voor het geometrisch nabijheidsveld in paragraaf 2.3.3.2 is gegeven.)

3.2.3 Basisformule

Voor het berekenen van de geluidimmissie wordt de immissierelevante geluidvermogen van de verschillende bronnen verminderd met de geluidoverdracht naar het immissiepunt, veelal het beoordelingspunt. Berekend wordt het invallend geluid.

De berekening van de geluidoverdracht wordt uitgevoerd per bron, per immissiepunt en per octaafband volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - \sum D \quad (3.4)$$

Met: L_{WR} = de immissierelevante geluidvermogen

L_i = het gestandaardiseerde immissieniveau bij het immissiepunt (veelal het beoordelingspunt)

$\sum D$ = verzamelterm van alle verzwakkingen. Deze term bestaat uit:

$$\sum D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{refl} + D_{scherm} + D_{verg} + D_{terrein} + D_{bodem} + D_{huis} \quad (3.5)$$

Met: D_{geo} = afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding

D_{lucht} = afname van het geluidniveau door absorptie in lucht

D_{refl} = afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)

D_{scherm} = afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen)

D_{verg} = afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie

$D_{terrein}$ = afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor

zover deze niet in de overige termen is begrepen

D_{bodem} = afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem

(deze term kan ook negatief zijn)

D_{huis} = afname door reflecties tegen bebouwing in de buurt van het immissiepunt. Ook de

invloed van geluidvoortplanting door de bebouwing (reflectie, buiging, verstrooiing)

wordt in deze term betrokken.

In de navolgende paragrafen wordt op verschillende dampingstermen nader ingegaan.

3.2.3.1 D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens de formule:

$$D_{geo} = 10 \log 4\pi r_i^2 = 20 \log r_i + 11 \quad (3.6)$$

Met: r_i = afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt. Deze afstand is de lengte van de rechte verbindingslijn tussen broncentrum en immissiepunt, en dus niet een projectie van die lijn op het horizontale vlak.

3.2.3.2 D_{lucht}

De luchtabsorptie wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{lucht} = a_{lu}(f) r_i \quad (3.7)$$

De waarden voor de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} zijn vermeld in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 De luchtabSORPTIECOëFFICIENT in dB/m in octaafbandwaarden en tertsbanden met aangegeven middenfrequenties in Hz (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10 °C en een relatieve vochtigheid van 80%)

Midden-frequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
a_{lu} [dB/m] octaafbanden	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$
a_{lu} [dB/m] tertsband f_{onder}	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$
a_{lu} [dB/m] tertsband f_{midden}	$3 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,97 \cdot 10^{-3}$	$3,57 \cdot 10^{-3}$	$8,76 \cdot 10^{-3}$	$2,87 \cdot 10^{-2}$	$1,03 \cdot 10^{-1}$
a_{lu} [dB/m] tertsband f_{boven}	$4 \cdot 10^{-5}$	$1,67 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$2,36 \cdot 10^{-3}$	$4,62 \cdot 10^{-3}$	$1,27 \cdot 10^{-2}$	$4,39 \cdot 10^{-2}$	$1,57 \cdot 10^{-1}$

In specifieke situaties kan beargumenteerd van de Tabel 3-1 gegeven waarden worden afgeweken.

3.2.3.3 D_{refl}

Als er geen reflecterende objecten zijn geldt: $D_{refl} = 0$ dB

Als er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidpad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid;
- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van tenminste 5° in het horizontale vlak;
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$\frac{h_b + r_{br}/16 \text{ of } h_o + r_{or}/16}{\quad} \quad (3.8)$$

Met: r_{br} = afstand van de bron tot het reflecterend object

r_{or} = afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten;
- het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie Figuur 3.3).

Geluidvermogen van de spiegelbron

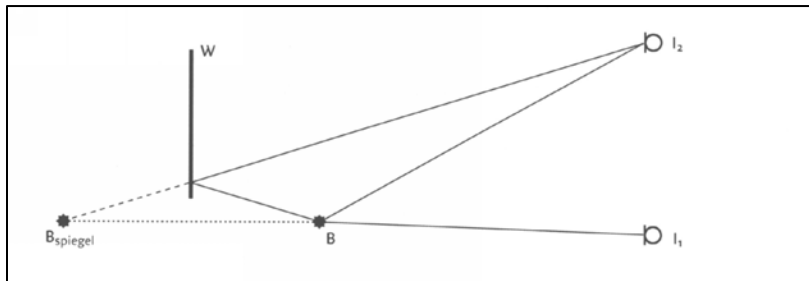
De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. De geluidbijdrage via de reflectie kan sterk verschillen van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming (). De spiegelbron wordt als een aparte bron berekend en in formule (3.5) is $D_{refl} = 0$ dB. Voor het geluidvermogen van de spiegelbron geldt:

$$(LWR)_{spiegel} = LWR + 10 \log p \quad (3.9)$$

Opmerkingen

- rekening moet worden gehouden met het feit dat het geluidvermogen in de richting van het immissiepunt kan verschillen van het geluidvermogen in de richting van het reflecterende object;
- reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
- spiegelbronnen mogen worden verwaarloosd als hun gezamenlijke bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidimmissieniveau van de bron ligt;
- enkele waarden voor p , de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie, worden gegeven in Tabel 3-2;
- in bovenstaande rekenwijze is berekening van D_{refl} ter bepaling van de verzamelterm van alle verzwakkingen volgens formule (5.2) niet nodig om het immissieniveau L_i te kunnen

berekenen. Is berekening van D_{refl} dat toch gewenst, bijvoorbeeld om het effect van reflecties inzichtelijk te maken, dan kan D_{refl} worden bepaald door in het immissiepunt de immissiegeluidniveaus vanwege alle spiegelbronnen energetisch op te tellen bij het immissiegeluidniveau via het directe geluidpad, en vervolgens het berekende totale immissiegeluidniveau rekenkundig af te trekken van het berekende immissiegeluidniveau via alleen het directe geluidpad. De resulterende waarde voor D_{refl} is dus negatief, of afgerond nul als reflecties geen bijdrage blijken te leveren.

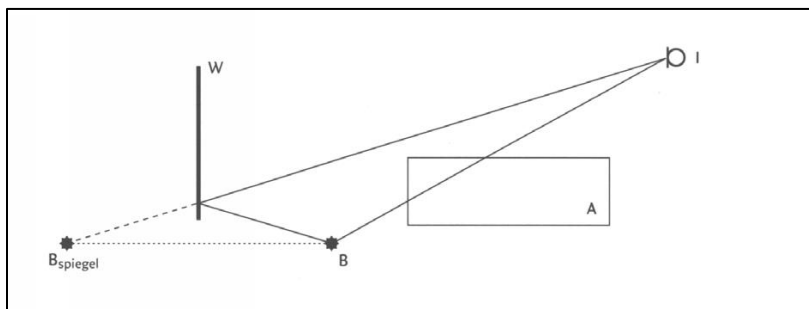


Figuur 3.3 Toelichting op optische spiegeling

Het pad van het gereflecteerde geluid wordt gelijk aan dat van een gereflecteerde lichtstraal gedacht. De bron B wordt gespiegeld in het vlak van de reflecterende wand W.

Naar I_1 zijn geen reflecties mogelijk: $D_{\text{refl}} = 0$ dB

Naar I_2 zijn wel reflecties mogelijk: D_{refl} is vooral afhankelijk van de reflectiecoëfficiënt van wand W en de afstand $B_{\text{spiegel}} - I_2$ ten opzichte van de afstand $B - I_2$.



Figuur 3.4 Situatie met verschillende overdrachten

De directe straal wordt afgeschermd door gebouw A en de gereflecteerde straal gaat langs het gebouw. De overdrachtseffecten langs de directe weg en langs de gereflecteerde weg verschillen sterk.

Tabel 3-2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt p

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt p
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin(\frac{\psi}{2})}{2r_{bm}}$
open installaties	0

d = diameter cilinder
 r_{BM} = afstand bron tot het midden van de cilinder M
 Ψ = supplement van de hoek tussen de lijnen B-M en I-M

Meervoudige reflecties

Gereflecteerd geluid kan opnieuw gereflecteerd worden. Daarvoor kan opnieuw de hierboven beschreven rekenwijze worden gehanteerd, waarbij de spiegelbron B_{spiegel} als bron B wordt gehanteerd. Op deze wijze kunnen niet alleen primaire reflecties worden berekend, maar ook secundaire en volgende.

In veel situaties volstaat het rekenen met enkelvoudige reflecties.

Als voor de modellering van de richtingsindex DI van de geluiduitstraling van gebouwdelen of vlakke bronnen gebruik wordt gemaakt van reflecties in een reflecterend scherm, dan worden van de primaire reflectie tegen dat "bron-gekoppelde" scherm nabij de bron ook de reflecties tegen andere objecten meegerekend.

Ook in andere specifieke situaties kunnen meervoudige reflecties een niet verwaarloosbare bijdrage leveren aan het totale geluidniveau in een beoordelingspunt.

Bij meervoudige reflecties is de kans groter dat zich meer afschermende objecten op het geluidpad bevinden dan bij enkelvoudige reflecties. De maximering van het afschermende effect op 20 dB, ingegeven door allerlei effecten waarmee in de HMRI geen rekening wordt gehouden, kan tot overschatting van de bijdrage van (meervoudige) reflecties leiden. Het rekenen met meervoudige reflecties wordt dus alleen toegepast voor specifieke situaties waarbij waarschijnlijk is dat die meervoudige reflecties een niet-verwaarloosbare bijdrage leveren op de totale geluidniveaus. Bij voorkeur wordt in een dergelijke situatie met niet meer dan tweevoudige reflectie gerekend. In ieder geval mag met niet meer dan drievoudige reflectie worden gerekend. Met andere woorden, er worden in ieder geval geen geluidpaden beschouwd waarin het geluid meer dan 3 maal tegen een object of objecten wordt gereflecteerd.

3.2.3.4 D_{scherm}

Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

- de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10 kg/m^2 bedraagt;
- het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht;
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte λ van het geluid. Ofwel (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en

– Figuur 3.7): $s_i + s_r > \lambda$

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule (3.15).
Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR' . De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken mogen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

Berekening D_{scherm}

Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Als één of meer schermen wordt doorsneden door lijn BI , worden op elk scherm drie punten bepaald (zie

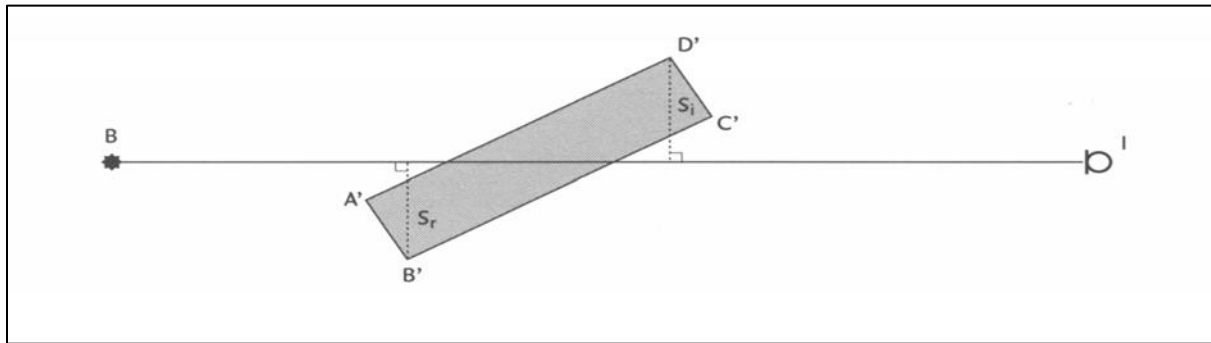
Figuur 3.6), te weten:

- K , het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
- T , de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
- Q , het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidstraal, die de geluidoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = $8r$).

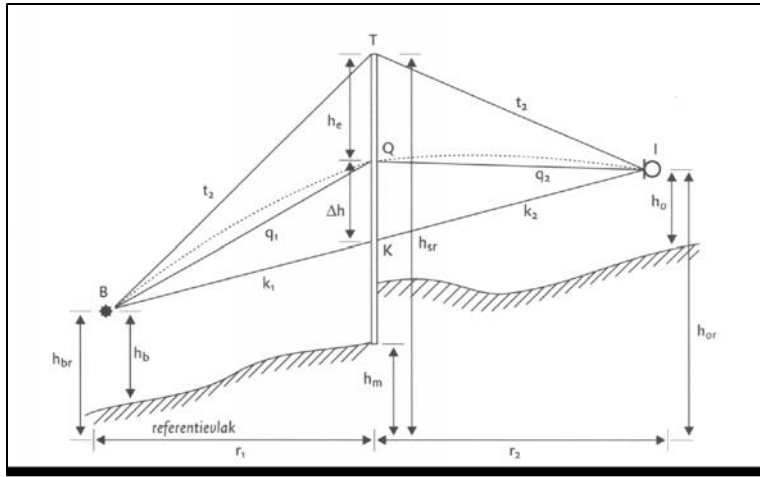
Het punt Q ligt altijd boven K en wel op een afstand Δh , die volgens onderstaande formule wordt berekend uit de horizontale afstand bron-scherm r_1 en de horizontale afstand immissiepunt-scherm r_2 volgens de formule:

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)} \quad (3.10)$$

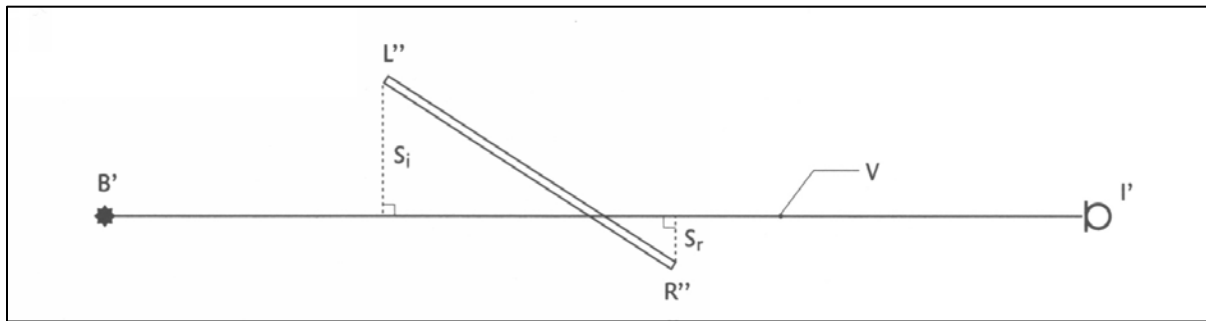
De afstand tussen Q en T is de effectieve schermhoogte h_e . Als Q boven T ligt is h_e negatief.



Figuur 3.5 Toelichting bij de bepaling van s_i en s_r bij een gebouw



Figuur 3.6 Toelichting op de geometrische parameters bij de berekening van D_{scherm}



Figuur 3.7 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens behandeld worden:

- V snijdt geen enkel scherm;
- V snijdt één scherm;
- V snijdt meer dan een scherm.

a. V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen slechts grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB}$$

(3.11)

Opmerking: door de splitsing van geluidbronnen in kleinere deelbronnen wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

b. V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingslijnen $k_1 = BK$, $k_2 = KI$, $q_1 = BQ$, $q_2 = QI$, $t_1 = BT$ en $t_2 = TI$ worden berekend (zie

Figuur 3.6).

Hieruit is de verticale omweg ε_v te bepalen volgens de formule:

Als T boven K ligt:

$$\varepsilon_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2$$

(3.12)

Als T onder K ligt:

$$\varepsilon_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$$

De horizontale omweg en worden berekend do or de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL' en RR' snijden het referentievlak in L' en R' (zie

Figuur 3.7).

De rechter omweg: $\varepsilon_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2$ (3.13)

De linker omweg $\varepsilon_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal N bepaald volgens de formule:

$N_v(f) = 0,0059 \varepsilon_v f$ (3.14)

$N_r(f) = 0,0059 \varepsilon_r f$

$N_l(f) = 0,0059 \varepsilon_l f$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsbands in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{oct}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsbands en de middenfrequentie van de betreffende tertsbands. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd als de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende de maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule (3.15).

Als $N_v \leq -0,1$

$D_{scherm} = 0 \text{ dB}$

Als $N_v > -0,1$

$D_{scherm} = 10H_f \left[\log \left(\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_l+3} \right)^{-1} \right] \Delta D$ (3.15)

Waarbij: $H_f = (h_{sr} - h_{ma}) f / 250$ als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 < 1$

$H_f = 1$ als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 \geq 1$

ΔD : zie

Tabel 3-3

Tabel 3-3 De waarden voor ΔD van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken

ΔD [dB]	Betreft
0	- alle gebouwen; - dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; - grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen
0	grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat tenminste even hoog is als het grondlichaam
2	- grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; - grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam
Als $D_{scherm} \leq 0 \text{ dB}$ van wordt $D_{scherm} = 0 \text{ dB}$	
Als $D_{scherm} \geq 20 \text{ dB}$ van wordt $D_{scherm} = 20 \text{ dB}$	

Opmerking: als het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule (3.16) over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$D_{scherm} = 10H_f \log (20N_v + 3)$ (3.16)

c. Vlak V snijdt twee of meer schermen

We onderscheiden hier twee situaties namelijk:

c.1 de algemene situatie;

c.2 het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm

staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c. 1 Algemene situatie

We onderscheiden:

– Voor geen of slechts één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.

In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat h_e kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).

– Meer schermen met $h_e \geq 0$.

Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermd object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen e.d. worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie Figuur 3.8) tussen de schermen voldoet aan:

$$\frac{r_{12}}{r_i} > 0,2$$

kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in Figuur 3.8 **De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt**

schematisch wordt aangegeven:

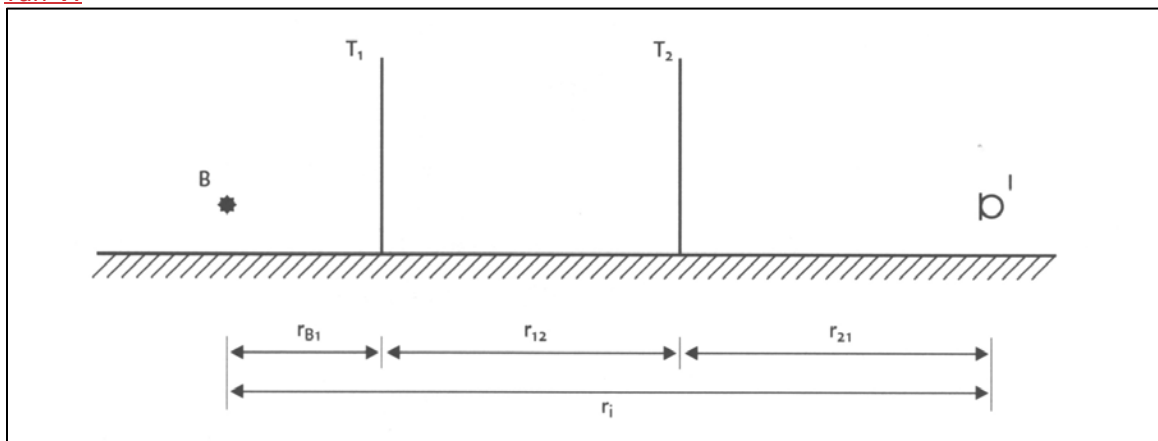
5. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.

6. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

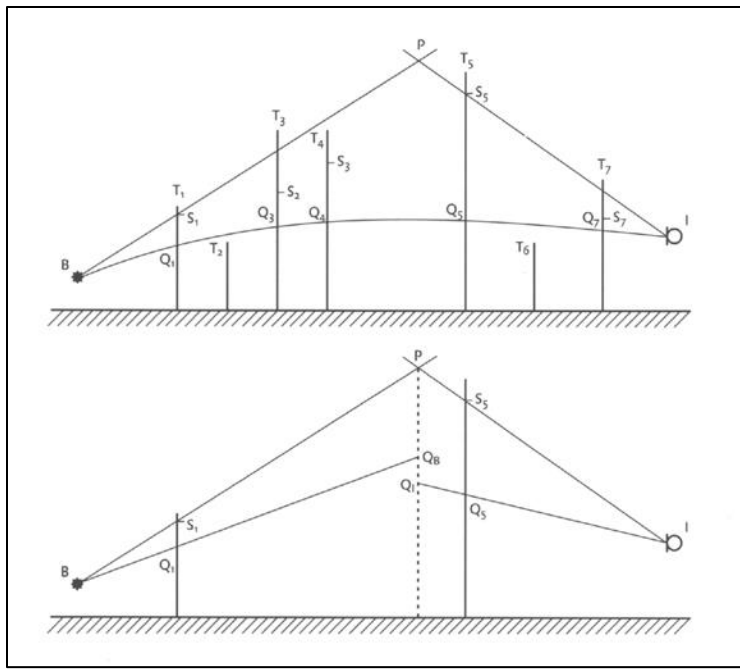
$$s = h_e \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_l} + \frac{h_e}{s_r}} \right]$$

(3.17)

s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



Figuur 3.8 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt



Figuur 3.9 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

7. De verbindinglijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald. Vervolgens wordt de lijn BS_i geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Ook wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
8. Als de lijnen BS_i en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen.
In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_i en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht.
Op p worden twee punten bepaald te weten:
 - Q_B , snijpunt p met de lijn BQ_i ;
 - Q_I , snijpunt p met de lijn IQ_k .

Bepaal de hypothetische omweg ϵ_h

$$\epsilon_h = BP + PI + - BQ_B - IQ_I$$

(3.18)

9. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend volgens de formule:

$$D_{\text{scherm}} = 10 \log (0,118 \epsilon_h f + 3)$$

(3.19)

met: f = de middenfrequentie van de laagste tertsbands in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsbands bij berekening in tertsbands.

Als de berekende waarde van D_{scherm} in deze situatie lager is dan 4,8 dB, dan moet voor D_{scherm} de waarde van 4,8 dB gehanteerd worden.

Als de berekende waarde van D_{scherm} in deze situatie hoger is dan 20 dB, dan moet voor D_{scherm} de waarde van 20 dB gehanteerd worden.

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie Figuur 3.10).

$$r_{B1} < 0,2 r_i$$

$$r_{i2} < 0,2 r_i$$

Dezelfde rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich zeer dicht bij de bron bevindt, in het geval dat met de bron een geluiduitstralend geveldeel is gemodelleerd met als scherm die gevel (het gebouw). Dan is voorwaarde dat:

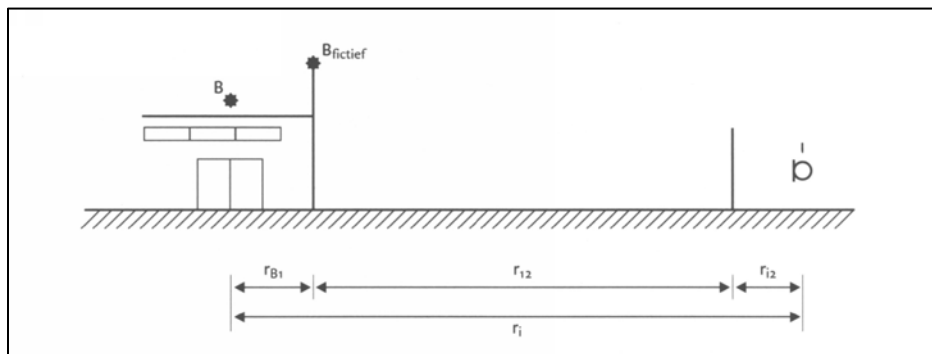
$$r_{B1} \leq 0,02 \text{ m}$$

$$r_{i2} < 0,8 \text{ m}$$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.

$$D_{\text{scherm}} = D_1 + D_2$$

$$0 \leq D_{\text{scherm}} \leq 40 \text{ dB}$$



Figuur 3.10 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Als voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor $(D_1 + D_2)$ gebruikt in de berekening.

3.2.3.5 D_{veg}

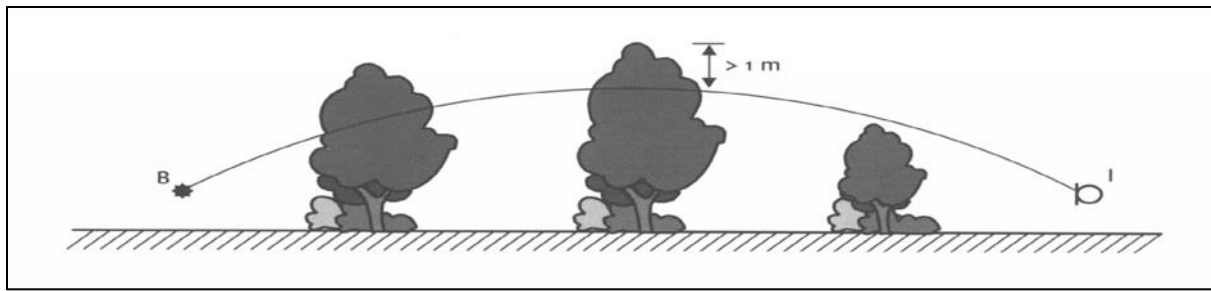
Als zich in het gekromde geluidpad (zie formule (3.10)) van geluidbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidreductie worden gehanteerd. Deze geluidreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in Tabel 3-4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie tenminste 1 m hoger is dan de hoogte van het gekromde geluidpad ter plaatse van de afscherming (zie Figuur 3.11).

In de praktijk zal slechts in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Als verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast. De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens

Tabel 3-4 te berekenen reductie mag dan slechts voor de helft in rekening worden gebracht. Voorts mag in geen geval met meer dan 4 beplantingsstroken worden gerekend.

Tabel 3-4 Geluidreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, welke meer dan 1 m boven het gekromde geluidpad van bron naar immissiepunt uitsteekt

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
D_{veg} [dB]	0	0	1	1	1	1	2	3



Figuur 3.11 Het gekromde geluidpad gaat door twee 'regels' vegetatie

3.2.3.6 D_{terrein}

Op industrieterreinen kan, door geluidverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term D_{terrein} . Als D_{terrein} in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. D_{terrein} is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling D_{terrein} door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

$$D_{\text{terrein}} = t(f) \cdot r_t$$

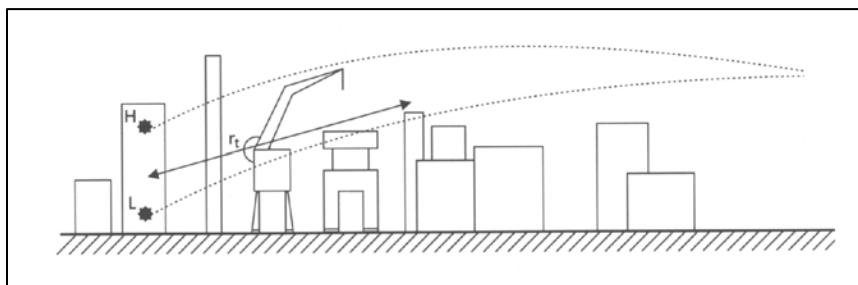
(3.20)

$$D_{\text{terrein}} \leq D_{\text{max}}$$

Met: $t(f)$ = frequentie-afhankelijke factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in Tabel 3-5.

r_t = het deel van de gekromde geluidstraal, dat door de 'open' installaties gaat (zie ook Figuur 3.3). Als de geluidstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.

D_{max} = maximale type-afhankelijke dempingswaarden voor iedere octaafband (zie Tabel 3-5).



Figuur 3.12 Toelichting r_t **Figuur 3.13 Toelichting r_t**

Tabel 3-5 Geluidverzwakking $t(f)$ in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)

Midden-frequentie octaaf banden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{max} [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tanken -parken	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

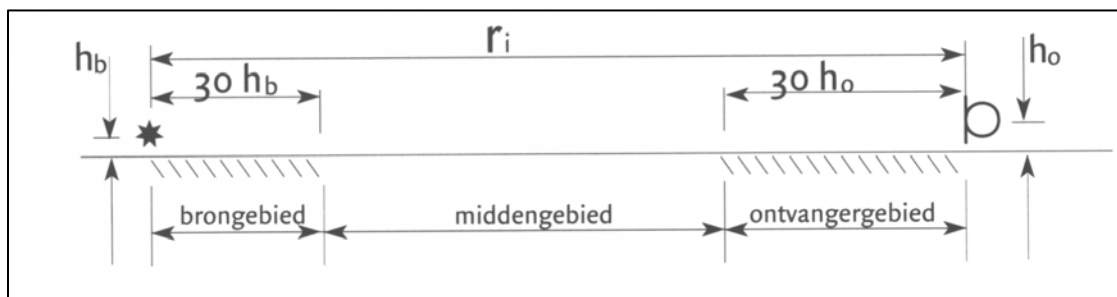
Bovengenoemde typen installaties kunnen gedefinieerd worden als:

- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel moeten met de nodige voorzichtigheid worden toegepast en gelden alleen ter indicatie. Als het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten, hebben de ze de voorkeur.

3.2.3.7 D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd.



Figuur 3.14 Onderverdeling van bodemgebieden

D_{bodem} wordt per octaafband bepaald. Het model is geschikt voor 'breedbandige' geluiden. Bij de berekening in tertsbanden wordt voor alle tertsband en binnen de octaafband dezelfde waarde voor D_{bodem} aangehouden als voor de octaafband.

Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b .

$$\begin{aligned} r_b &= 30 h_b & \text{als} & \quad r_i \geq h_b \\ r_b &= r_i & \text{als} & \quad r_i < 30 h_b \end{aligned}$$

(3.21)

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o .

$$\begin{aligned} r_o &= 30 h_o & \text{als} & \quad r_i \geq h_o \\ r_o &= r_i & \text{als} & \quad r_i < 30 h_o \end{aligned}$$

(3.22)

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B.

a.1. Harde bodems: $B = 0$

Dit zijn alle bodems met een geluidreflecterend oppervlak, zoals asfalt, bestrating, water en betonplaten, waarop geen of nauwelijks geluidverstrooiende objecten aanwezig zijn.

a.2. Harde bodems met veel objecten: $B = 0,3$

Dit zijn bodems met een geluidreflecterend oppervlak van terreindelen waarop een grote dichtheid aan (semi-)permanent aanwezige geluidverstrooiende en/of geluidabsorberende objecten. Dit

betreft bijvoorbeeld terreinen met (semi-)permanent aanwezige opslag van fust en/of kratten, opslag van bouw- of sloopmaterialen, sommige parkeer- en stallingsterreinen. Dit geldt alleen voor zover de damping ten gevolge van die objecten door hun aard en/of aantal niet anderszins in rekening kan worden gebracht, bijvoorbeeld door die objecten te modelleren als een scherm, wal, gebouw, tank of silo (verticaal cilindrisch object) of door toepassing van D_{terrein} (open procesinstallaties) of D_{huis} (dampingsterm voor woongebieden). Kunnen die objecten wel op de genoemde wijze gemodelleerd worden, dan wordt voor de ondergrond van die objecten een harde bodem gehanteerd.

b. Absorberende bodems: $B = 1$

Absorberende bodems zijn alle bodems zonder zichtbare verharding waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen, begroeide daken.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: $B = n/100$

Als een gebied voor n % uit absorberende bodem bestaat en voor het overige uit een harde bodem, dan is de bodemfactor

$$B = n/100 \quad (3.23)$$

Ook als er sprake is van een bodemsoort waarvan het oppervlak noch geheel geluidreflecterend, noch geheel geluidabsorberend is, kan een bodemfactor B tussen 0 en 1 worden ingevoerd.

Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het midden gebied aangeven.

$$D_{\text{bodem}} = D_{\text{b,br}} + D_{\text{b,ont}} + D_{\text{b,mid}} \quad (3.24)$$

De berekening van $D_{\text{b,br}}$ en $D_{\text{b,ont}}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Tabel 3-6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{\text{b,br}}$ of $D_{\text{b,ont}}$ [dB]
31,5	-3
63	-3
125	$-1 + B_b(a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b(b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b(c(h) + 1)$
1000	$-1 + B_b(d(h) + 1)$
2000	$-1 + B_b$
4000	$-1 + B_b$
8000	$-1 + B_b$
met:	$a(h) = 3,0^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5,7e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$ $b(h) = 8,6e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$ $c(h) = 14,0e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$ $d(h) = 5,0e^{-0,90h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$

Opmerking: voor $h = h_0 = 5$ m geldt:

$$a(5) = \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0,6 \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right) \quad (3.25)$$

$$b(5) = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(5) = 0,0$$

$$d(5) = 0,0$$

$D_{\text{b,br}}$

$D_{\text{b,br}}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodem factor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h . De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b .

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{\text{scherm}} \geq 4,8$) en bovendien de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

$$h = h_b \text{ als } h_b \geq 5 \text{ m of } h_e \leq 0 \quad (3.26)$$

$$h = h_b + \frac{r_i - r_{bs}}{r_i} h_e \text{ als } h_b < 5 \text{ m en } h_e > 0$$

N.B. Bij de rondommethode wordt bij bepaling van immissieniveaus uitgegaan van $D_{b,br} = -1$.

$D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie Tabel 3-6).

$D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie Tabel 3-7).

Tabel 3-7 De bodemverzwakking in het middengebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ [dB]
31,5 en 63	-3 m
125 en hoger	+3 m ($B_m - 1$)
met: $m = 0$	als $r_i \leq 30 (h_b + h_o)$
$m = 1 - 30 (h_b + h_o)/r_i$	als $r_i > 30 (h_b + h_o)$

Een bijzonder geval doet zich voor als bron en ontvanger zich op relatief korte afstand van elkaar bevinden ten opzichte van de bronhoogte en ontvangerhoogte. Als voor de verhouding tussen de lengte van het directe geluidpad r_i en het tegen de bodem spiegelbeeldig gereflecteerde geluidpad r_r (bron - bodem - ontvanger) geldt:

$$20 \log r_r/r_i \geq 10$$

dan wordt geen bodemeffect in rekening gebracht ($D_{bodem} = 0$ dB).

3.2.3.8 D_{huis}

In het geval dat meervoudige reflecties nabij het immissiepunt een rol spelen, wordt aangeraden voor deze situatie een hybride methode toe te passen (zie paragraaf 3.4). Bij enkelvoudige reflecties kan de bijdrage via de reflectie worden berekend. De reflecterende objecten moeten voldoen aan de criteria die in paragraaf 3.2.3.3 zijn genoemd, waarbij dan voor 'de bron' 'het immissiepunt' moet worden gelezen. De berekening gaat verder analoog (zie paragraaf 3.2.3.3). Voor het bepalen van een 'gemiddelde dampingsterm voor woongebieden' kan gebruik worden gemaakt van [L.8] en [L.9]. Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term ' D_{huis} ' worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

3.3 Methode II: Substitutiemethode (II.9)

Het doel van de substitutiemethode is het met een kunstbron (veelal een luidspreker) bepalen van de overdrachtsverzwakking tussen de locatie van een bestaande bron en de locatie van een immissiepunt. Bij deze methode moeten drie metingen worden verricht (meestal per octaafband):

- de immissierelevante geluidvermogen van de kunstbron;
- het geluiddrukkniveau op het immissiepunt, veroorzaakt door de kunstbron;
- óf het geluiddrukkniveau op het immissiepunt afkomstig van de echte bron óf de immissierelevante geluidvermogen van de echte bron.

Afhankelijk van de laatstgenoemde meting, kunnen de resultaten van de geluidmetingen als volgt gebruikt worden:

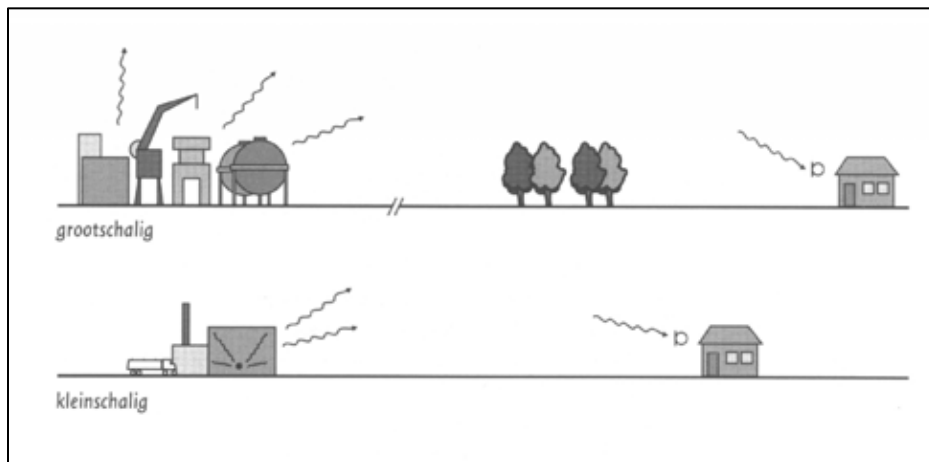
- als de immissie ten gevolge van de bestaande bron bekend is, kan de emissie van deze bron worden bepaald;
- als de emissie van een bron bekend is, kan de immissie ten gevolge van die bron worden bepaald.

Mogelijke fouten

In de praktijk treden bij toepassing de volgende problemen op:

- a. Als slechts één positie van de kunstbron wordt gehanteerd, kunnen zeer grote interferentie-effecten optreden. De meeste industriële bronnen hebben enige omvang en een diffuse uitstraling. Een kunstbron is klein van afmeting en vertoont een min of meer gerichte uitstraling. Hierdoor treedt ten aanzien van o.a. reflecties en bodemdemping een andere overdrachtsverzwakking op dan bij de te onderzoeken bron. In dat geval kan een beter resultaat verkregen worden door de bron op meerdere plaatsen en in verschillende richtingen te laten uitstralen en hierover te middelen.
- b. De kunstbron kan vaak niet exact op de plaats van de werkelijke bron staan. In plaats daarvan zal de kunstbron vaak vóór of boven de te onderzoeken bron moeten worden geplaatst. De substitutie is dan niet volledig.
- c. Door het combineren van de bovengenoemde drie metingen worden onnauwkeurigheden geïntroduceerd.
Allereerst is in die zin de reproduceerbaarheid van het zendvermogen van de kunstbron noodzakelijk. Vervolgens moeten de metingen zeer nauwkeurig uitgevoerd kunnen worden om in het eindresultaat, alleen al op basis van meetfouten, een nauwkeurigheid te kunnen bereiken die valt binnen enkele dB's. Deze nauwkeurigheid heeft betrekking op iedere octaafband die voor het eindresultaat van belang is.
- d. Stoorgeluid kan het resultaat van de geluidmetingen beïnvloeden. Zodoende moet het stoorgeluidniveau bij de drie metingen in het algemeen laag zijn (zie paragraaf 2.1.1), en de immissierelevante geluidvermogen van de kunstbron zeer hoog. Deze eisen blijken in veel praktijksituaties niet goed haalbaar. Een controle hierop kan worden uitgevoerd door de kunstbron intermitterend aan en uit te zetten.

Bij kleinschalige industriële situaties is de fout, genoemd onder punt d, veelal te vermijden door het kiezen van een krachtige kunstbron. Als rond de kunstbron, als gevolg van veelvuldige reflecties, een diffuus veld optreedt (afgesloten ruimte, binnenplaats e.d.) zijn de fouten onder punt a en b ook goed te onderdrukken, zodat dan het gebruik van de substitutiemethode tot betrouwbare resultaten kan leiden.



Figuur 3.15 De toepassing van een kunstbron in groot- en kleinschalige situaties

Toepassingen

Bij grootschalige industriële situaties is de methode zelden geschikt voor het meten van volledige, grote overdrachtstrajecten tussen bron en immissiepunt, in verband met de bovengenoemde oorzaken van systematische en toevallige fouten. Wel kunnen in een dergelijk geval de geluidverzwakking over delen van het overdrachtstraject worden gemeten en worden gecombineerd met berekeningen. Zie hybride methoden (paragraaf 3.4).

Substitutiemethoden kunnen veelvuldig worden toegepast bij het optreden van contactgeluid in de vorm van reciprociteitsmetingen. Dit wordt hier niet nader besproken doch er wordt verwezen naar [L.4], [L.5] en [L.6].

3.4 Methode II: Hybride methoden (II.10)

Onder hybride-methoden wordt verstaan:

- dat berekeningsresultaten worden gecontroleerd en bijgesteld op basis van meetresultaten, verkregen op gekozen punten tussen bron en immissiepunt (meest voorkomende vorm), óf;
- dat onbetrouwbaar geachte meetresultaten (stoorgeluid, instrumentatie, weersinvloeden) op basis van berekeningen worden gecontroleerd (zie toepassing 3).

Het verdient bijna altijd aanbeveling meet- en berekeningsresultaten met elkaar te vergelijken, ten einde fouten te vermijden. In complexe situaties wordt dit sterk aanbevolen. Deze vergelijking gebeurt op dB(A)-waarde, maar ook op spectraal niveau. Het kan voorkomen dat de dB(A)-waarde goed overeenkomt, maar dat spectraal zeer grote verschillen bestaan.

Hybride-methoden kunnen in vele vormen worden toegepast. Daarom wordt hier volstaan met enkele voorbeelden van toepassingen.

Toepassing 1

Een drietal bronnen is gelegen op 500 tot 700 m afstand van het immissiepunt. In dezelfde richting als het immissiepunt veroorzaakt de brongroep een bepaald geluidniveau in een woonwijk. Aan de rand van de wijk komt het op 10 m hoogte gemeten geluidniveau overeen met het berekende geluidniveau. In de bebouwing treden echter verschillen op tussen de meet- en berekeningsresultaten. De metingen tussen de bebouwing worden betrouwbaar geacht (er zijn meerdere metingen per meetpunt verricht). De berekening van de geluidoverdracht in de bebouwing is echter gebaseerd op bepaalde kengetallen. Deze overdrachtsberekening mag voor het traject in de bebouwing voor elk van de bronnen op dezelfde wijze worden bijgesteld.

Eenzelfde bijstelling mag plaatsvinden als de industrie ver van het immissiepunt verwijderd is, en de meet- en berekeningsresultaten op grote hoogte (bijvoorbeeld 10 m) overeenstemmen, terwijl op geringe hoogte (bijvoorbeeld 1,5 m) het niveau moet worden vastgesteld. Als door de specifieke aard van de bodem het bodemeffect niet nauwkeurig berekend kan worden, kan het bodemeffect worden bepaald met behulp van het gemiddelde meetresultaat verkregen op 1,5 m hoogte.

Toepassing 2

De geluidemissie van één of een aantal individuele bronnen kan in een immissierelevante geluidvermogen voor het hele bronterrein worden omgerekend door de overdrachtsweg op het terrein in rekening te brengen (bijvoorbeeld met behulp van een isolatieberekening (paragraaf 2.3.3.6), D_{refl} , $D_{terrein}$ en D_{scherm} (zie paragraaf 3.2.3)). Deze berekende immissierelevante geluidvermogen kan worden gecontroleerd door het bepalen van het geluidvermogen van het hele terrein op basis van:

- een rondom-meting (zie paragraaf 2.3.3.3);
- geluidimmissiemetingen rond het terrein en uit deze resultaten met de geconcentreerde bronmethode (zie paragraaf 2.3.3.1) het geluidvermogen van het hele terrein te bepalen.

Uit de vergelijking van de berekende en de gemeten resultaten kan een bijstelling van de berekende overdrachtsverzwakking plaatsvinden.

Toepassing 3

Metingen waarbij weersinvloeden een belangrijke rol hebben gespeeld, dan wel waarbij (mogelijk) stoorgeluid aanwezig was, kunnen worden gecontroleerd door een emissiebepaling aangevuld met een overdrachtsberekening of door metingen op een dicht bij de bron gelegen punt, waarbij een extrapolatieberekening wordt toegepast.

Deze controle wordt vooral aanbevolen bij geluidmetingen op grote afstand van de bron, omdat daar het spectrum van het omgevingsgeluid en het spectrum van de bron minder goed van elkaar zijn te onderscheiden. Vaak blijkt dat in bepaalde octaafbanden het stoorgeluid van invloed is, terwijl dit met het gehoor niet waarneembaar is.

Tot de Hybride methoden kunnen evenzeer gerekend worden de overdrachtsmodellen, gebaseerd op golffront extrapolatie en het gebruik van geavanceerde meetsystemen, gebaseerd op microfoon arrays. Met name in zeer complexe situaties waar de conclusies kunnen leiden tot grote gevolgen, kan het toepassen van andere technieken dan in methode II omschreven, leiden tot meer inzicht. In al deze gevallen gaat de rapportage vergezeld van een uitgebreide documentatie van de toegepaste techniek.

4 Geluid van activiteiten

4.1 Toepassingsbereik

Het geluid van activiteiten, niet zijnde het geluid van gezamenlijke activiteiten op een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds zijn vastgesteld, wordt beoordeeld op basis van een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,r,LT}$) voor de drie beoordelingsperioden van een etmaal. Deze beoordelingsperiode van een etmaal hebben betrekking op de volgende periode voor zover niet anders is voorgeschreven:

- Dagperiode, zijnde de periode tussen 07.00 en 19.00 uur;
- Avondperiode, zijnde de periode tussen 19.00 en 23.00 uur;
- Nachtperiode, zijnde de periode tussen 23.00 en 07.00 uur.

Het uitgangspunt voor de beoordeling van het geluid is het invallend geluidniveau. Het invallend geluid wordt door metingen en/of berekeningen nabij de ontvanger vastgesteld op de plaats en de hoogte waar hinder wordt of kan worden ondervonden (in het algemeen gevels die maatgevend zijn voor het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten), met dien verstande dat de beoordelingshoogte minimaal 1,5 m bedraagt.

Bij metingen en/of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam / meteocorrectieterm.

Daarnaast kan het geluid van activiteiten beoordeeld worden op basis van de optredende geluidpieken. De beoordeling van de geluidpieken vindt plaats op basis van het maximale geluidniveau ($L_{A,max}$). Bij metingen en/of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam / meteocorrectieterm.

Voor de bepaling van een jaargemiddelde geluidbelasting voor het geluid van een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds als omgevingswaarden moeten worden vastgesteld, wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

De in dit hoofdstuk beschreven wijze van bepaling van de beoordelingsgrootheden is voor methode I en II identiek, met dien verstande dat de wijze waarop de meteocorrectieterm van methode II enigszins in een groter toepassingsbereik voorziet dan de meteocorrectieterm van methode I.

4.2 Te beschouwen bedrijfssituatie

Onder het geluid van een activiteit wordt verstaan het gezamenlijke geluid van alle (deel)activiteiten die onderdeel zijn van een zogenoemde representatieve bedrijfssituatie (RBS). Een activiteit die niet op een industrieterrein wordt uitgevoerd heeft in beginsel één representatieve bedrijfssituatie. De representatieve bedrijfssituatie is hierbij de situatie waarbij de voor de geluidproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor de uitvoering van activiteiten bij volledige capaciteit in de te beschouwen etmaalperiode.

Voor de representatieve bedrijfssituatie kan worden aangesloten op de op 12 jaardagen na lawaaiigste jaardag (de zogenoemde 13^e dag). Naast de representatieve bedrijfssituatie kan ook een uitzonderlijke bedrijfssituatie (UBS) worden onderscheiden. Een uitzonderlijke bedrijfssituatie is een (deel)activiteit die geen onderdeel is van de representatieve bedrijfssituatie en meer geluid veroorzaakt dan de representatieve bedrijfssituatie. Aan dergelijke uitzonderlijke bedrijfssituatie kunnen separate geluidgrenswaarden worden gesteld, waarbij rekening wordt gehouden met het beperkt optreden van dergelijke bedrijfssituaties.

Metingen aan activiteiten moeten zoveel mogelijk mogelijk worden uitgevoerd bij een representatieve bedrijfssituatie, dat wil zeggen de resultaten van de meting/berekening moeten kenmerkend zijn voor de geluidssituatie over een beoordelingsperiode. Daarbij kan de representatieve bedrijfssituatie onderverdeeld zijn in verschillende doch eenduidig definieerbare bedrijfstoestanden. Bij elke meting per bedrijfstoestand hoort daarom ook een technische omschrijving van deze bedrijfstoestand. De gedetailleerdheid van deze beschrijving wordt bepaald door het doel van de meting en de beschikbare informatie.

De meetperiode is zodanig, dat het resultaat niet beïnvloed wordt door de keuze van het begin- of eindtijdstip van de metingen. De meetperiode is afhankelijk van het type geluid.

4.3 Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)

Bij het beoordelen van geluid van activiteiten moet rekening worden gehouden met bijzondere geluiden die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Het betreft tonaal geluid, geluid met een impulsachtig karakter en muziekgeluid. Als criterium geldt dat het bijzondere karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Als er bij een bedrijfstoestand sprake is van deze bijzondere geluiden, wordt een toeslag op het bij deze bedrijfstoestand gemeten

(of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau gehanteerd. Bij een combinatie van tonaal, impulsachtig geluid wordt die toeslag maar één keer toegepast.

De toeslag heeft betrekking op het gemeten (of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege een bedrijfstoestand van de activiteiten. De toeslag wordt nadrukkelijk niet alleen toegepast op de deelbijdrage van die geluidbron die de aanleiding vormt voor het hanteren van de toeslag. Uitzondering daarop zijn zeer complexe situaties waar vele bedrijfstoestanden te onderscheiden zijn of waar het niet bekend is wanneer de bron met het bijzondere geluid exact optreedt. Dan vindt de toeslag plaats op het emissieniveau van de specifieke geluidbron(nen). In het onderstaande is een nadere toelichting gegeven over bijzondere geluiden.

Tonaal geluid

Als criterium geldt dat het tonale karakter van het geluid duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van tonaal geluid als de geluidsbelasting op het beoordelingspunt wordt bepaald door bijvoorbeeld jankende tandwielkasten, brommende transformatoren, gierende ventilatoren, modelvliegtuigen en bepaalde trilapparatuur (betonindustrie). Herkenbaarheid van een specifieke geluidsbron hoeft geen aanwijzing te zijn van tonaliteit.

In geval van geluid met een tonaal karakter wordt er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 5 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt alleen toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van tonaal geluid.

In sommige gevallen kan een (smalbandige) spectrale analyse de aanwezigheid van een zuivere toon aantonen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van 'pieken' in het spectrum. De aanwezigheid van dergelijke "pieken" kan het waargenomen tonale karakter bevestigen; het is echter niet altijd een "bewijs" voor tonaal karakter. Het is namelijk mogelijk dat deze pieken in het spectrum ruim onder het equivalente geluidsimmissieniveau in dB(A) liggen, en door de maskering vanwege (breedbandig) geluid in het overige frequentiegebied het geluidsimmissieniveau geen tonaal karakter geven. Eventueel kan dan de kritische bandbreedtemethode conform ISO 1996-2:2017 bijlage J [L.10] als hulpmiddel dienen. Alleen als de grootheid K_t in genoemde norm tenminste 5 dB bedraagt, kan sprake zijn van tonaal geluid zoals bedoeld in deze reken- en meetmethode geluid industrie.

Een tertsbandanalyse geeft in de regel onvoldoende informatie.

Impulsachtig geluid

Bij impulsachtig geluid komen in het geluidbeeld geluidstoten voor die minder dan 1 seconde duren en een zekere repetitie kennen. Een bijzondere vorm is impulsachtig geluid met een continu (soms periodiek) karakter.

Als criterium geldt dat het impulsachtig karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van impulsachtig geluid als de geluidbelasting bij de ontvanger wordt bepaald door bijvoorbeeld geluid uit een constructiewerkplaats ten gevolge van hameren of bikken gedurende een zekere periode, het geluid van een stansmachine (continu en periodiek) of door blaffende honden.

In geval van impulsachtig geluid wordt er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 5 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van impulsachtig geluid. Voor een bijzondere vorm van impulsachtig geluid, het schietgeluid, wordt ten aanzien van inventarisatie en beoordeling verwezen naar de bijlagen XXIV, XXVII en XXVIII. Schietgeluid valt buiten het kader van deze reken en meetmethode geluid industrie.

Muziekgeluid

Als criterium voor het toekennen van een toeslag voor muziekgeluid geldt dat het muziekkarakter duidelijk hoorbaar moet zijn op het beoordelingspunt.

Als er sprake is van muziekgeluid wordt op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 10 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van muziekgeluid. Als een toeslag voor muziekgeluid wordt gehanteerd, vervallen eventuele toeslagen voor tonale of impulsachtige geluiden.

Laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid is geluid met frequenties beneden circa 100 Hz, waardoor het zich sterk van gewoon hoorbaar geluid onderscheidt. Tot op heden heeft dit evenwel niet geleid tot het op

gestandaardiseerde wijze toepassen van een toeslag. Om die reden wordt hieraan in dit kader geen bijzondere aandacht besteed.

4.4 Bepaling beoordelingsgrootheden

4.4.1 Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve of uitzonderlijke bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden (zie ook paragraaf 4.2). Bij metingen wordt het immissieniveau per bedrijfstoestand bepaald uit het energetisch gemiddelde van de gemeten (geldige) geluidsniveaus L_{Aeq,T_x} zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid.

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{x=1}^N 10^{\frac{L_x}{10}} \right) \quad (4.1)$$

Met: N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidsniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidsniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (4.2)$$

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule (4.2) ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b

De bedrijfsduurcorrectieterm brengt de periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht) blijft bestaan.

$$C_b = -10 \log \left(\frac{T_b}{T_o} \right) \quad (4.3)$$

Hierbij worden de volgende beoordelingsperiodes aangehouden, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld:

- dagperiode: 07.00 -19.00 uur; $T_o = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_o = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_o = 8$ uur

De meteocorrectieterm C_m

De meteocorrectieterm C_m wordt berekend uit:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad (4.4)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

Deze meteocorrectieterm is altijd positief of gelijk aan nul ($C_m \geq 0$)

Als bij toepassing van methode II de meting een bronterrein betreft dat onder een zichthoek $\psi > 120^\circ$ vanuit het immissiepunt wordt gezien en waarbij $r_i > 10(h_b + h_o)$, vinden de metingen plaats bij windrichtingen die gelijkmatig zijn verdeeld over deze zichthoek (zie figuur C.8.1).

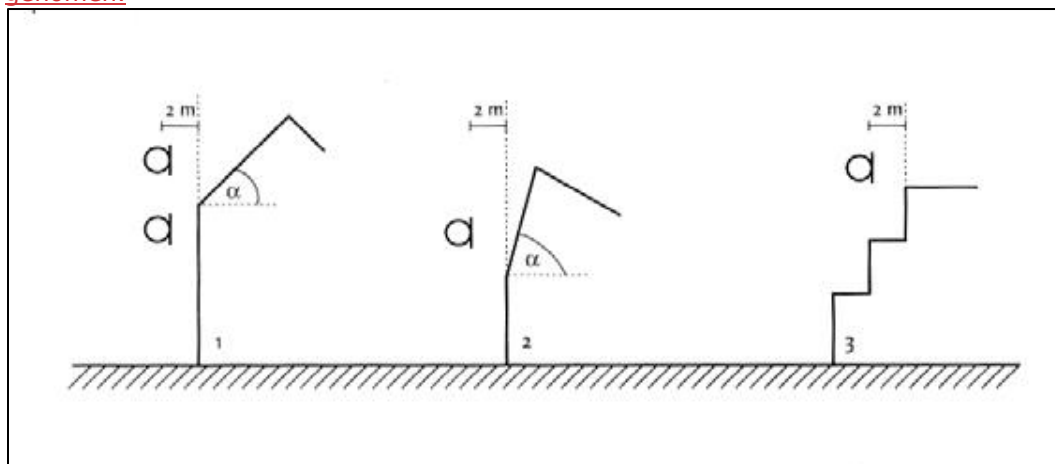
De meteocorrectieterm bedraagt dan:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad (4.5)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\psi}{180^\circ} \right) \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallend geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Als het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau L_i een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen (zie Figuur 4.1). De in Figuur 4.1 aangegeven afstand van 2 m voor de gevel wordt bij metingen in acht genomen.



Figuur 4.1 Toelichting op gevelreflectie

Dwarsdoorsnede huis 1: $C_g = 3$ dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie
 $C_g = 0$ dB voor de bovenste microfoon c.q. beoordelingspositie
 Dwarsdoorsnede huis 2: $C_g = 3$ dB ($\alpha \geq 70^\circ$)
 Dwarsdoorsnede huis 3: $C_g = 0$ dB

4.4.2 Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege een activiteit een geluid met duidelijk een tonaal of een impulsachtig karakter kan worden waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- tonaal: $K_1 = 5$ dB;
- impuls: $K_2 = 5$ dB.

Per bedrijfstoestand wordt maximaal één toeslag in rekening gebracht.

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege een activiteit geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, wordt het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de betreffende bedrijfstoestand een toeslag berekend van: $K_3 = 10$ dB.

Als deze toeslag wordt toegepast, wordt voor deze bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal of impulsgebied toegepast. De totale toeslag kan daarom niet groter zijn dan 10 dB.

Het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand (kortweg deelbeoordelingsniveau) $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode bepaald volgens de formule:

$$L_{Ar,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x \quad (4.6)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1 , K_2 of K_3 .

Het totale beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de deelbeoordelingsniveaus volgens de formule:

$$L_{Ar,LT} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ar,i,LT}}{10}} \quad (4.7)$$

4.4.3 Bepaling maximale geluidsniveau L_{Amax}

Het maximale A-gewogen geluidsniveau wordt onder meteoraamcondities gemeten in de meterstand 'fast'. Op het gemeten maximale geluidsniveau $L_{i,max}$ wordt de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 4.4.1) toegepast voor het verkrijgen van de beoordelingsgrootte L_{Amax} . Tot een afstand

van $r_i = 150$ m bedraagt de meteocorrectie C_m meestal minder dan 4 dB. De C_m -waarde heeft betrekking op de geluid bron die het maximale geluidniveau veroorzaakt.

5 Geluid van een industrieterrein

5.1 Toepassingsbereik

Het geluid van een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds zijn vastgesteld, wordt beoordeeld op basis van een jaargemiddelde geluidbelasting (L_{den} en L_{night}). Deze jaargemiddelde geluidbelasting kan uitsluitend worden bepaald op basis van gegevens die zijn vastgesteld conform methode II en heeft betrekking op alle activiteiten die behoren tot de geluidbronsoort industrieterrein.

Het uitgangspunt voor de beoordeling van het geluid op geluidgevoelige bestemmingen is het invallend geluidniveau. Bij metingen of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam / meteocorrectieterm.

5.2 Te beschouwen bedrijfssituatie

Onder het geluid van een industrieterrein wordt verstaan het gezamenlijke geluid van alle activiteiten die op een industrieterrein jaargemiddeld plaatsvinden. Hierbij wordt buiten beschouwing gelaten het geluid van:

- windturbines, windparken, civiele buitenschietbanen, militaire buitenschietbanen en militaire springterreinen;
- activiteiten waarvoor het omgevingsplan of een omgevingsvergunning voor een omgevingsplanactiviteit waarborgt dat het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{A,r,LT}$ van het geluid op 30 m afstand van de begrenzing van de locatie waar de activiteit wordt verricht, niet meer bedraagt dan 45 dB;
- het TT Circuit Assen en het Circuit Park Zandvoort gedurende ten hoogste 12 dagen per kalenderjaar; en
- spoorvoertuigen op spoorwegemplacementen en doorgaand verkeer op wegen, vaarwegen en spoorwegen.

Voor alle activiteiten die plaatsvinden op het industrieterrein wordt een zogenoemde jaargemiddelde bedrijfssituatie (JBS) vastgesteld. Deze jaargemiddelde bedrijfssituatie wordt voor alle activiteiten in zowel de dag- avond als nachtperiode vastgesteld. Hierbij worden ook incidentele verhogingen ten gevolge van uitzonderlijke bedrijfssituaties meegenomen.

5.3 Bijzondere geluiden (tonaal karakter/muziekgeluid)

Bij het beoordelen van geluid van de gezamenlijke activiteiten op een industrieterrein kan rekening worden gehouden met bijzondere geluiden die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Het betreft tonaal geluid en muziekgeluid. Situaties waarbij het geluid van een industrieterrein in een relevant deel van het aandachtsgebied als geluid met een impulsachtig karakter kan worden beoordeeld, komen in de praktijk niet voor. Als criterium geldt dat het bijzondere karakter duidelijk hoorbaar is in het geluidaandachtsgebied. Als in dit deel van het geluidaandachtsgebied bij een bedrijfstoestand sprake is dat het bijzondere karakter van het geluid hoorbaar is, wordt een toeslag (tonaal karakter of muziekgeluid) op deze bedrijfstoestand gehanteerd.

De toeslag heeft betrekking op het jaargemiddeld deelgeluidniveau vanwege een bedrijfstoestand van de activiteiten.

Voor een nadere toelichting over bijzondere geluiden wordt verwezen naar paragraaf 4.3.

5.4 Bepaling beoordelingsgrootheid

5.4.1 Bepaling jaargemiddeld deelgeluidniveau $L_{Aeqi, JM}$

Het jaargemiddeld deelgeluidniveau $L_{Aeqi, JM}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand of geluidbron i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$L_{Aeqi, LT} = L_i - C_b - C_m - C_g$$

(5.1)

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule (5.1) ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b

De bedrijfsduurcorrectieterm brengt de jaargemiddelde periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand (jaargemiddeld tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht) blijft bestaan.

$$C_b = -10 \log \left(\frac{T_b}{T_0} \right) \text{—} \quad (5.2)$$

Hierbij worden de volgende beoordelingsperioden aangehouden:

- dagperiode: 07.00 -19.00 uur; $T_0 = 12$ uur
- avondperiode: 19.00-23.00 uur; $T_0 = 4$ uur
- nachtperiode: 23.00-07.00 uur; $T_0 = 8$ uur

De meteocorrectieterm C_m

De meteocorrectieterm C_m wordt berekend volgens de formule:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \text{—} \quad (5.3)$$

$$C_m = 5 - 50 \frac{(h_b + h_o)}{r_i} \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

Deze meteocorrectieterm is altijd positief ($C_m \geq 0$)

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallende geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Als het beoordelingspunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau (L_i) een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen.

5.4.2 Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,JM}$

Wanneer binnen een groot deel van het aandachtsgebied het totaal aanwezige geluidniveau vanwege een betreffende bedrijfstoestand een geluid met een duidelijk tonaal of muziekgeluid karakter kan worden waargenomen, wordt op het jaargemiddeld deelgeluidniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- Tonaal: $K_1 = 5$ dB
- Muziek: $K_3 = 10$ dB

Per bedrijfstoestand wordt maximaal één toeslag in rekening gebracht.

Het jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand ($L_{Ari,JM}$) wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode bepaald volgens de formule:

$$L_{Ari,JM} = L_{Aeqi,JM} + K_x \text{—} \quad (5.4)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1 of K_3 .

Het totale jaargemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,JM}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de jaargemiddelde deelbeoordelingsniveaus volgens de formule:

$$L_{Ar,JM} = 10 \log \sum 10^{\frac{L_{Ari,JM}}{10}} \text{—} \quad (5.5)$$

5.4.3 Bepaling beoordelingsniveau L_{den} en L_{night}

Het geluid van een industrieterrein wordt beoordeeld op basis van een L_{den} en een L_{night} . Het jaargemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,JM}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperioden vastgesteld:

- Dagperiode : $L_{day} = L_{Ar,JM}$ (07.00-19.00 uur);
- Avondperiode: $L_{evening} = L_{Ar,JM}$ (19.00-23.00 uur);
- Nachtperiode: $L_{night} = L_{Ar,JM}$ (23.00-07.00 uur).

De L_{den} wordt bepaald uit de energetische sommatie van de jaargemiddelde beoordelingsniveaus voor de verschillende beoordelingsperioden waarbij de $L_{evening}$ en de L_{night} worden vermeerderd met een toeslag van respectievelijk 5 en 10 dB:

$$L_{den} = 10 \log \frac{10^{\frac{L_{day}}{10}} + 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{3} \text{—} \quad (5.6)$$

6 Toelichting

6.1 Lijst van definities

<u>Symbool</u>	<u>Eenheid</u>	<u>Omschrijving</u>
β	°	Hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
ϵ_h/ϵ_v	m	Horizontale of verticale omweg om scherm
θ	°	Hoek tussen de nul graden richting en de richting waarbij de gevoeligheid van een richtmicrofoon met 3 dB is teruggevallen
λ	m	Golflengte
ρ	-	Reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie
σ	-	Stralingsfactor of afstralingsgraad
σ_n	-	Standaarddeviatie van het gemiddelde
ψ	°	Hoek waaronder het brongebied vanuit de waarnemer wordt gezien
φ	°	Windhoek
φ_{max}	°	Maximale windhoek
Ω	steradianen	Ruimtehoek
a_{lu}	dB/m	Frequentie-afhankelijke dempingsfactor voor de luchtabsorptie
B	-	Bodemfactor
B_b	-	Bodemfactor van het brongebied
B_m	-	Bodemfactor van het middengebied
B_o	-	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_d	dB	Diffusiecorrectie
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{ref}	dB	Correctieterm voor de meetafstand bij extrapolaties
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidcorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
$d_{k,k+1}$	m	Afstand tussen punten gelegen op een meetlijn
d_{ref}	dB	Diameter van het referentie lichaam bij een lijnbron
d_z	m	Afstand tussen zwaailijnen
D_{xxx}	dB	Symbool voor verzwakkingsterm, voorzien van diverse indices, in het overdrachtsmodel
DI	m	Richtingsindex (directivity index)
ΔD	dB	Tophoekcorrectieterm
f	Hz	Frequentie
f_{onder}	Hz	Midden frequentie van de laagste tertsband in de aangegeven octaafband
f_{midden}	Hz	Middenfrequentie van de middelste tertsband in de aangegeven octaafband octaafband
f_{boven}	Hz	Middenfrequentie van de hoogste tertsband in de aangegeven octaafband
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{br}	m	Bronhoogte ten opzichte van referentieveld
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld

<u>Symbool</u>	<u>Eenheid</u>	<u>Omschrijving</u>
<u>h_{ma}</u>	<u>m</u>	<u>Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak</u>
<u>h_o</u>	<u>m</u>	<u>Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld</u>
<u>h_{sr}</u>	<u>m</u>	<u>Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak</u>
<u>I</u>	<u>z</u>	<u>Immissiepunt</u>
<u>I_s</u>	<u>W/m²</u>	<u>Intensiteitsvector op oppervlak S</u>
<u>K_x</u> <u>x = 1, 2 of 3</u> <u>Respectievelijk</u> <u>K₁, K₂ en K₃</u>	<u>dB</u>	<u>Toeslagen voor tonaal (x = 1), impulsachtig (x = 2) en</u> <u>muziekgeluid (x = 3)</u>
<u>K₄</u>	<u>dB</u>	<u>Correctiefactor voor bodeminvloed</u>
<u>l</u>	<u>m</u>	<u>Lengte van een lijnbron of meetlijn</u>
<u>L_{Aeqi,JM}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Jaartijdgemiddeld deelgeluidniveau</u>
<u>L_{Aeqi,LT}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Langtijdgemiddeld deelgeluidniveau</u>
<u>L_{Amax}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Maximale A-gewogen geluidniveau</u>
<u>L_{Ari,JM}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau</u>
<u>L_{Ari,LT}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau</u>
<u>L_{Ar,JM}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Jaargemiddeld beoordelingsniveau</u>
<u>L_{Ar,LT}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau</u>
<u>L_{Aeq,T}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>A-gewogen equivalent geluidniveau ten opzichte van een</u> <u>referentiedruk van 20 µPa over de periode T</u>
<u>L_{dag}/L_{avond}</u> <u>L_{nacht}/L_{etmaal}</u>	<u>dB(A)</u>	<u>Beoordelingsniveau L_{Ar,LT} voor respectievelijk de dag-, avond-,</u> <u>nachtperiode en etmaal</u>
<u>L_{day}/L_{evening}</u> <u>L_{night}/L_{den}</u>	<u>dB</u>	<u>Beoordelingsniveau L_{Ar,JM} voor respectievelijk de dag-, avond-,</u> <u>nachtperiode en etmaal</u>
<u>L_{eq,T}</u>	<u>dB</u>	<u>Equivalent geluid(druk)niveau ten opzichte van een</u> <u>referentiedruk van 20 µPa over de periode T</u>
<u>L_i</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Gestandaardiseerd immissieniveau</u>
<u>L_i*</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Het niet voor stoorgeluid gecorrigeerde gestandaardiseerd</u> <u>immissieniveau</u>
<u>L_{i,ref}</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Gestandaardiseerd immissieniveau op het alternatief punt</u>
<u>L_k</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Geluid(druk)niveau op punt k gelegen op een meetlijn bij</u> <u>rondommethode</u>
<u>L_{nT,i}</u>	<u>dB</u>	<u>Gestandaardiseerd op nagalmtijd genormeed immissieniveau</u> <u>(binnengeluidniveau)</u>
<u>L_p</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Geluid(druk)niveau op de denkbeeldige meetlijn</u>
<u><L_{sA}></u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Geluid(druk)niveau op het denkbeeldige meetvlak</u>
<u>L_{stoor}</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Geluid(druk)niveau van het stoorgeluid</u>
<u>L_v</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Snelheidsniveau</u>
<u>L_W</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Geluidvermoggenniveau van de bron</u>
<u>L_{WR}</u>	<u>dB/dB(A)</u>	<u>Immissierelevante geluidvermogen</u>
<u>ΔL_g</u>	<u>dB</u>	<u>Luchtabsorptieterm bij rondommethode</u>
<u>ΔL_F</u>	<u>dB</u>	<u>Nabijheidsveldcorrectieterm bij rondom- en aangepast</u> <u>meetvlak-methode</u>
<u>ΔL_M</u>	<u>dB</u>	<u>Richtmicrofooncorrectieterm bij rondommethode</u>
<u>ΔL_S</u>	<u>dB</u>	<u>Term die het uitstralende oppervlak in rekening brengt</u>
<u>n</u>	<u>z</u>	<u>Normaalvector op oppervlak S</u>
<u>N</u>	<u>z</u>	<u>Aantal meetpunten of metingen</u>

<u>Symbool</u>	<u>Eenheid</u>	<u>Omschrijving</u>
N_x	-	<u>Fresnelgetal</u>
$PA(t)$	<u>dB(A)</u>	<u>A-gewogen momentaan geluiddruk</u>
P_0	<u>dB</u>	<u>Referentiedruk van 20 μPa</u>
Q	-	<u>Verhouding tussen oppervlak referentievlak meetvlak</u>
r_{bm}	<u>m</u>	<u>Afstand tussen bron en het midden van cilinder m</u>
r_{br}	<u>m</u>	<u>Afstand tussen bron en reflecterend object</u>
r_{geb}	<u>m</u>	<u>Horizontale afstand van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven een gebouw ligt</u>
r_i	<u>m</u>	<u>Afstand tussen broncentrum en immissiepunt. Deze afstand is de lengte van de rechte verbindingslijn tussen broncentrum en immissiepunt, en dus niet een projectie van die lijn op het horizontale vlak. Het immissiepunt (de 'ontvanger') kan een beoordelingspunt of een meetpunt zijn.</u>
r_{im}	<u>m</u>	<u>Afstand tussen immissiepunt en het midden van cilinder m</u>
r_r	<u>m</u>	<u>Afstand van broncentrum via de spiegelbeeldig reflecterende bodem naar het immissiepunt</u>
r_{ref}	<u>m</u>	<u>Afstand tussen broncentrum en referentiepunt</u>
r_{or}	<u>m</u>	<u>Afstand tussen immissiepunt en reflecterend object</u>
r_t	<u>m</u>	<u>Lengte van het deel van de geluidstraal dat door 'open' installaties heen gaat</u>
R	<u>m</u>	<u>Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van geluidvermogenbepaling</u>
R_i	<u>dB</u>	<u>Geluidisolatie van wanddeel i</u>
R_m	<u>m</u>	<u>Gemiddelde afstand tussen het bron(terrein) en de meetlijn</u>
S_m	<u>m²</u>	<u>Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode c.q. het door de meetlijn omsloten grondoppervlak bij de rondommethode</u>
S_p	<u>m²</u>	<u>Oppervlak van het bronterrein</u>
S_{ref}	<u>m²</u>	<u>Oppervlak van het referentielichaam</u>
S_k	<u>m²</u>	<u>Oppervlak van deelvlak k</u>
S_i	<u>m²</u>	<u>Oppervlak van wanddeel i</u>
s_l, s_r	<u>m</u>	<u>Horizontale afmeting van afscherming dwars op de lijn van bron naar immissiepunt</u>
$t(f)$	-	<u>Factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen</u>
T_0	<u>s</u>	<u>Referentienagalmtijd (0,5 of 0,8 s)</u>
T_b	<u>uren</u>	<u>Bedrijfsperiode</u>
T_i	<u>s</u>	<u>Rekenkundig gemiddelde nagalmtijd</u>
$T_{i,j}$	<u>s</u>	<u>Gemeten nagalmtijd</u>
T_m	<u>minuten</u>	<u>Meetperiode</u>
T_o	<u>uren</u>	<u>Beoordelingsperiode</u>
U_x	<u>m/s</u>	<u>Windsnelheid op x m hoogte</u>
$v(t)$	<u>m/s</u>	<u>Snelheid als functie van de tijd</u>
v_0	<u>m/s</u>	<u>Referentiesnelheid (10^{-9} m/s)</u>
W_0	<u>W</u>	<u>Referentie geluidvermogen (10^{-12} W)</u>
W	<u>W</u>	<u>Geluidvermogen van een bron</u>

6.2 Isolatiewaarden

Enkele globale waarden voor de luchtgeluidsisolatie van diverse materialen en constructies, zoals deze door metingen zijn bepaald, worden gegeven in onderstaande tabellen. Hierbij wordt benadrukt dat bij deze waarden wordt uitgegaan van akoestisch goede randaansluitingen en afwezigheid van kieren.

Tabel 6-1 Isolatiewaarden van materialen

Materiaal, omschrijving		Dikte in mm	Oppervlakte-massa in kg/m ²	R _i per octaafband in dB					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Hout									
H1	Triplex	4	3,5	3	9	12	18	26	29
H2	Spaanplaat (zwaar), multiplex, meubelplaat	ca. 15	12	15	20	24	27	25	29
H3	Duims vurenhout	25	16	17	23	28	25	30	36
Steenachtige materialen									
S1	Drijfsteen, 1/2 steens, 2-zijdig stuc*	110	110	28	32	33	36	45	50
S2	Drijfsteen, 1/1 steens, 2-zijdig stuc*	200	210	31	34	37	45	52	55
S3	Kalkzandsteen, boerengrauw, e.d.: 1/2 steens, 2-zijdig stuc	120	210	31	35	40	46	55	55
S4	als S3, 1/1 steens, 2-zijdig stuc	240	420	35	38	45	52	55	55
S5	Betonstenen (licht poreus), ongestuct	100	180	25	27	25	26	30	40
S6	als S5, gestuct	120	220	32	36	38	47	54	55
Beton									
B1	Grindbeton, massief 8 cm	80	180	30	33	35	45	52	55
B2	Grindbeton, massief 15 cm	150	350	33	37	45	54	55	55
B3	Gasbeton, massief 9 cm	90	75	25	30	30	32	37	45
B4	Gasbeton, massief 15 cm	150	120	30	30	32	37	45	50
Metaal									
M1	Aluminium, vlakke plaat, dikte 4 mm	4	11	12	17	23	28	29	25
M2	Staal, vlakke plaat, dikte 1 mm	1	8	11	17	22	27	33	40
M3	Staal, vlakke plaat, dikte 3 mm	3	24	19	24	30	36	40	32

<u>M4</u>	<u>Staal, geprofileerd, dikte 0,7 mm</u>	<u>40</u>	<u>7</u>	<u>10</u>	<u>16</u>	<u>19</u>	<u>21</u>	<u>24</u>	<u>26</u>
<u>M5</u>	<u>Staal, geprofileerd, dikte 1 mm</u>	<u>45</u>	<u>11</u>	<u>14</u>	<u>16</u>	<u>20</u>	<u>25</u>	<u>29</u>	<u>23</u>
<u>Glas</u>									
<u>G1</u>	<u>4 mm</u>	<u>4</u>	<u>10</u>	<u>19</u>	<u>23</u>	<u>26</u>	<u>30</u>	<u>32</u>	<u>28</u>
<u>G2</u>	<u>8 mm</u>	<u>8</u>	<u>20</u>	<u>23</u>	<u>26</u>	<u>30</u>	<u>32</u>	<u>28</u>	<u>38</u>
<u>G3</u>	<u>4 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas</u>	<u>22</u>	<u>25</u>	<u>22</u>	<u>21</u>	<u>29</u>	<u>37</u>	<u>37</u>	<u>37</u>
<u>G4</u>	<u>6 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas</u>	<u>24</u>	<u>30</u>	<u>23</u>	<u>20</u>	<u>31</u>	<u>36</u>	<u>31</u>	<u>37</u>
<u>G5</u>	<u>8 mm glas, 12 mm spouw, 5 mm glas</u>	<u>25</u>	<u>33</u>	<u>24</u>	<u>22</u>	<u>31</u>	<u>36</u>	<u>36</u>	<u>38</u>
<u>G6</u>	<u>4 mm glas, 50 mm spouw, 8 mm glas</u>	<u>62</u>	<u>30</u>	<u>20</u>	<u>30</u>	<u>38</u>	<u>43</u>	<u>43</u>	<u>44</u>
<u>G7</u>	<u>6 mm glas, 75 mm spouw, 6 mm glas</u>	<u>87</u>	<u>30</u>	<u>26</u>	<u>33</u>	<u>41</u>	<u>46</u>	<u>41</u>	<u>47</u>
<u>Diversen</u>									
<u>D1</u>	<u>Asbestcement, vlak**</u>	<u>6</u>	<u>10</u>	<u>19</u>	<u>25</u>	<u>31</u>	<u>36</u>	<u>39</u>	<u>:</u>
<u>D2</u>	<u>Asbestcement, gegolfd**</u>	<u>6,5</u>	<u>14</u>	<u>23</u>	<u>27</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>31</u>	<u>:</u>
<u>D3</u>	<u>Polyester dakplaten, gegolfd, licht doorlatend</u>	<u>3</u>	<u>(3)</u>	<u>(4)</u>	<u>(5)</u>	<u>(8)</u>	<u>(11)</u>	<u>:</u>	<u>:</u>
<u>D4</u>	<u>Slagvast kunststof (toepassing bijv. lichtstraten)</u>	<u>4,5</u>	<u>5</u>	<u>9</u>	<u>15</u>	<u>21</u>	<u>27</u>	<u>33</u>	<u>39</u>
<u>D5</u>	<u>Openingen (d > l/2)</u>	<u>:</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
<u>* Dit materiaal wordt alleen nog aangetroffen in bestaande gebouwen en wordt niet meer toegepast bij nieuwbouw.</u>									
<u>** Asbestcement komt nog vrij veel voor, doch mag niet meer worden toegepast in de bouw en is vervangen door een asbest vrije variant. Dit materiaal heeft vergelijkbare isolatiewaarden als asbestcement.</u>									

Tabel 6-2 Isolatiewaarden van (samengestelde) constructies

Materiaal, omschrijving		Oppervlakte massa in kg/m ²	R _i per octaafband in dB					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Metseiwerk								
MW1	Steenachtige spouwmuur met minerale wol in spouw	400	41	46	52	59	64	64
MW2	1/2-steens buitenspouwblad, isolatie, binnenspouwblad van gasbeton (d=100 mm, 650 kg/m ³)	275	38	39	39	46	55	55
MW3	Glazen bouwstenen (d=80 mm)	200	26	32	38	48	38	38
Gevelconstructies								
GC1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	19	18	27	37	40	42	45
GC2	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm), staal geperforeerd 11% (d=0,7 mm)	16	13	18	29	35	37	40
GC3	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw (d=90 mm) gedeeltelijk gevuld met minerale wol (d=70 mm), staal geperforeerd 11% (d=0,7 mm)	16	15	20	31	37	37	40
GC4	idem, staal gesloten	17	17	29	39	42	42	45
GC5	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m ³), staal (d=1,0 mm)	15	16	26	35	40	42	45
GC6	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel	13	17	27	35	39	42	45

	<u>gevuld met minerale wol (d=90 mm, 16 kg/m³), staal (d=1,0mm)</u>							
<u>GC7</u>	<u>Stijf sandwichpaneel, kern van minerale wol (d=50-85 mm, 150 kg/m³)</u>	<u>20</u>	<u>23</u>	<u>22</u>	<u>17</u>	<u>33</u>	<u>43</u>	<u>> 43</u>
<u>GC8</u>	<u>Stijf sandwichpaneel, kern van PS-schuim (d=50-65 mm)</u>	<u>20</u>	<u>22</u>	<u>26</u>	<u>30</u>	<u>24</u>	<u>37</u>	<u>> 37</u>
<u>GC9</u>	<u>Stijf sandwichpaneel, kern van PUR-schuim (d=45-75 mm)</u>	<u>20</u>	<u>22</u>	<u>26</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>26</u>	<u>> 30</u>
<u>Dakconstructies</u>								
<u>DS1</u>	<u>Staal geprofileerd (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m²), dakleer 1-laags (vastgebrand)</u>	<u>24</u>	<u>21</u>	<u>27</u>	<u>34</u>	<u>37</u>	<u>44</u>	<u>55</u>
<u>DS2</u>	<u>Staal geprofileerd, perforatiegraad 10% (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m²), dakleer 1-laags (vastgebrand)</u>	<u>21</u>	<u>14</u>	<u>17</u>	<u>25</u>	<u>38</u>	<u>46</u>	<u>56</u>
<u>DS3</u>	<u>Houtvezelbetonplaat met 30 mm ballastgrind</u>		<u>28</u>	<u>29</u>	<u>40</u>	<u>42</u>	<u>47</u>	<u>55</u>
<u>DS4</u>	<u>Houten dakbeschot met isolatie (schuim) en 30 mm ballastgrind</u>		<u>21</u>	<u>27</u>	<u>27</u>	<u>29</u>	<u>34</u>	<u>40</u>

Bij de bovengenoemde waarden van dakconstructies met geprofileerde beplating is uitgegaan van cannelures die op een adequate wijze zijn gedicht bij de aansluiting op wanden of gevels.

Naast de in

Tabel 6-1 en Tabel 6-2 opgenomen isolatiewaarden van materialen en constructies kan verwezen worden naar de literatuur. In dit kader kunnen genoemd worden:

- 'Herziene rekenmethode geluidswering gevels' d.d. december 1989 van het ministerie van VROM.
- 'Rekenmethode GGG 97 voor het berekenen van de geluidswering van gevels' d.d. 15 mei 1997 van IWB (Intergemeentelijke werkgroep bouwfysica van grote gemeenten-).

6.3 Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de Handleiding meten en rekenen industrielawaai

De meet- en rekenmethode geluid industrie is gebaseerd op de Handleiding meten en rekenen industrielawaai 1999 (heruitgave 2010, uitgever Berghauser Pont Publishing, ISBN: 978-90-73875-95-1). Ten opzichte van deze Handleiding (hierna te noemen: HMRI) zijn de volgende belangrijkste wijzigingen doorgevoerd:

- Gewijzigde indeling en opzet. De meet- en rekenmethode geluid industrie kent thans een indeling waarbij in hoofdstuk 1 de methode I en II qua toepassingsgebied worden toegelicht. In hoofdstuk 2 worden voor zowel methode I als II alle meetmethoden en vaststellingsmethoden van geluidvermogens behandeld. In hoofdstuk 3 worden alle geluidoverdrachtsmethoden behandeld. Hoofdstuk 4 behandelt de bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten gebaseerd op representatieve bedrijfssituaties (RBS) en uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS). Hoofdstuk 5 behandelt de bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van industrieterrein, waarbij wordt uitgegaan van een jaargemiddelde bedrijfssituatie. Hierbij worden nieuwe beoordelingsgrootheden L_{den} en L_{night} geïntroduceerd.
- Daarnaast zijn diverse tekstuele wijzigingen doorgevoerd en zijn foutieve verwijzingen binnen de HMRI verbeterd.
- Controle en verbeteringen op actualiteit van externe verwijzingen naar norm, wet- en regelgeving. Ook zijn alle beleidsmatige overwegingen verwijderd.
- Aanpassing van HMRI formule 4.28: $B_b = (1 - r_{geb}/r_i)$ waarin ten onrechte bodemfactor B ontbrak.
- Definitie van bronhoogte voor geluidbronnen op een gebouw is verduidelijkt.
- De definitie van r_i (afstand tussen broncentrum en immissiepunt) is verbeterd.
- In de HMRI was niet aangegeven hoe om te gaan met meervoudige reflecties. Hierin is nu voorzien.
- LuchtabSORPTIECOëFFICIENT in de 200 Hz tertsband was in de HMRI abusievelijk aangegeven als $7,6 \cdot 10^{-3}$, dit is gewijzigd in $7,6 \cdot 10^{-4}$.
- De definities van f_{onder} , f_{midden} en f_{boven} zijn aangepast.
- Nuancering in de beschrijving van de bodemtypen.
- Het gebruik van ISO 1996-2:2017 bijlage J voor het bepalen van tonaliteit.
- Aanpassing het bodemeffect in situatie waarbij de bron en ontvanger zich op relatief korte afstand van elkaar bevinden ten opzichte van de bronhoogte en ontvangerhoogte.
- Verduidelijking van de begrenzing van D_{scherm} in situaties met twee of meer schermen.

6.4 Nadere toelichting hoofdstuk 2

In hoofdstuk 2 worden zowel geluidimmissie- als geluidemissiemetingen beschreven.

Stoorgeluid

Bij geluidmetingen is het voorkomen stoorgeluid of het corrigeren voor stoorgeluid altijd van groot belang. Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het meten op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen als zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Als lage geluidniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het

signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aanzienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjilp: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

Geluidemissiemethode

Voor de bepaling van de geluidemissie is alleen het geluid van belang dat door de bron in de richting van het immissiepunt wordt uitgestraald. Dit wordt aangeduid met het begrip immissierelevante geluidvermogen. Waar in het vervolg in deze Reken en meetmethode geluid industrie gesproken wordt over geluidvermogen, wordt daarmee steeds de immissierelevante geluidvermogen bedoeld. Dit geluidvermogen kan in volgorde van afnemende nauwkeurigheid worden bepaald uit:

- metingen in de betreffende situatie;
- metingen aan vergelijkbare installaties elders;
- karakteristieke gegevens van bepaalde typen installaties in combinatie met empirische formules;
- kengetallen die voor globale planologie worden gebruikt.

Hoofdstuk 2 richt zich vooral op de eerste en, in prognose-situaties, op de tweede categorie. De emissiemethoden zijn in een vijftal submethoden onderverdeeld:

Geconcentreerde bronmethode

Er is sprake van een geconcentreerde bron als de afstand R waar op gemeten wordt, groot is ten opzichte van de grootste afmeting, d, van de bron. In Reken en meetmethode geluid industrie wordt als criterium aangehouden dat $R > 1,5 d$.

Als aan deze voorwaarde is voldaan, kan uit een meting op één positie de immissierelevante geluidvermogen in de richting van die positie worden bepaald.

Fouten ten gevolge van het geometrische nabijheidsveld en het akoestische nabijheidsveld spelen bij deze methode in de praktijk geen rol van betekenis.

Als deze emissiemethode kan worden toegepast zonder dat stoorgeluiden de metingen beïnvloeden, heeft deze methode de voorkeur boven de andere emissiemethoden omdat deze eenvoudig en het meest nauwkeurig is.

Aangepast meetvlakmethode

Bij deze methode worden metingen verricht op een groot aantal posities, gelegen op een omhullend meetvlak dat aangepast is aan de vorm van de geluidbron. De afstand tot de bron bedraagt een halve tot enkele meters bij geluiduitstralende objecten. Bij openingen kan tot in het vlak van de opening worden gemeten, tenzij relatief hoge luchtstroomsnelheden in de opening optreden, die de geluidmeting verstoren.

Uit de grootte van het oppervlak van het aangepaste meetvlak en de gemeten niveaus kan het geluidvermogen worden bepaald. Soms kan met behulp van aannamen op basis van het type geluidbron een indicatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluiduitstraling worden verkregen. Het grote voordeel van deze methode is dat in een situatie waarin de bronnen dicht bij elkaar staan de afzonderlijke geluidvermogens van deelbronnen kunnen worden bepaald. Vooral bij het treffen van maatregelen zal daarom deze methode worden toegepast.

Toegepast op relatief grote installaties is deze methode veel bewerkelijker dan de rondommethode. Voor fouten ten gevolge van het geometrisch nabijheidsveld wordt voor een deel gecorrigeerd. Op een afstand van circa 1 meter of meer zijn de fouten ten gevolge van het akoestische nabijheidsveld veelal verwaarloosbaar.

De mogelijke invloed van stoorgeluid is bij deze metingen tot een minimum teruggebracht doch de nauwkeurigheid wordt beperkt door de onzekerheid over de richtingskarakteristiek van de bronnen. Rondommethode (alleen methode II)

De rondommethode heeft als kenmerk dat de geluidvermogen wordt afgeleid uit geluidniveaus die op een voorgeschreven aantal posities op een voorgeschreven meetlijn rondom de bron zijn gemeten waarbij de meetpunten relatief dicht bij de bron liggen.

Met de rondommethode kan slechts een over de horizontale richtingen gemiddelde geluidvermogen worden afgeleid.

Alleen met behulp van aannamen over de positie van de belangrijkste bronnen kan enige richtingsinformatie worden verkregen. In het algemeen zal echter geen informatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluiduitstraling in het horizontale vlak beschikbaar komen. Het

geluid dat naar boven wordt uitgestraald en dus geen bijdrage geeft tot de geluidimmissie, blijft bij deze methode buiten beschouwing.

De rondommethode is daarom geschikt voor geluidbronnen die:

- in horizontale richting veel uitgestrekter zijn dan in verticale richting;
- zelf niet gericht uitstralen of opgesteld staan in een omgeving met veel geluidreflecterende en - verstrooiende objecten.

Door de geometrie die bij de rondommethode is vereist, is het akoestische nabijheidsveld niet van belang. Het effect van het geometrische nabijheidsveld is in de methode verwerkt.

De nauwkeurigheid van de methode hangt sterk van de situatie af. Een voordeel van deze meetmethode is dat de onderlinge afscherming op het fabrieksterrein in de geluidvermogen kan worden verwerkt.

Intensiteitsmetingen (alleen methode II)

Bij deze methode wordt met behulp van een speciale intensiteitsmeetprobe de geluidintensiteit bepaald die door een omsloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Uit het product van intensiteit en oppervlak is het geluidvermogen van de bron te bepalen. Deze methode leent zich goed bij situaties met stoorgeluid, doch vereist bijzondere deskundigheid.

Snelheidsmetingen (alleen methode II)

Van bepaalde (delen van) constructies of machines kan het geluidvermogen afgeleid worden uit de door snelheidsmetingen (ook wel trillingmetingen genoemd) vast te stellen snelheidsniveaus, de oppervlakte van de betreffende geluidafstralende onderdelen en de afstraalgraad. De afstraalgraad is de verhouding tussen de trillingenergie van een object en de daardoor afgestraalde geluidenergie. De mate van nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van de betrouwbaarheid van de afstraalgraad.

Welke emissiemeetmethode ook wordt gekozen het verdient de voorkeur om een situatie met behulp van verschillende metingen vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog wel eens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, moet er zorg voor worden gedragen dat stoorgeluidcorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de te berekenen geluidniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

In literatuur [L.4], [L.5] en [L.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

6.5 Nadere toelichting hoofdstuk 3

De geluidoverdracht wordt in het algemeen door middel van berekeningen bepaald. Een overdrachtsberekening bevat elementen die altijd optreden, zoals verzwakking door geometrische uitbreiding en luchtabsorptie, en elementen die sterk van de situatie afhangen zoals bodemeffecten, afscherming, enzovoort. Bij complexe overdrachtssituaties is vooral de invloed van deze laatste elementen belangrijk maar vaak ook moeilijk te berekenen.

In een groot aantal situaties zal een voldoende nauwkeurige berekening kunnen worden uitgevoerd met het overdrachtsmodel van methode I, dat wil zeggen als de bron-ontvangerafstand klein is en geen afscherming optreedt.

Het overdrachtsmodel van methode I kan ook toegepast worden voor een eenvoudige situatie met afscherming. De rekenresultaten zijn evenwel indicatief en conservatief, en kunnen afwijken van de resultaten die met methode II gevonden zouden worden. In complexe situaties waarbij ingewikkelde en/of meervoudige afschermingen en reflecties een rol spelen, zullen de verzwakkingen met methode I niet nauwkeurig berekend kunnen worden. Het overdrachtsmodel van de specialistische methode II kan dan worden gebruikt.

De geluidniveaus berekend met het overdrachtsmodel van methode II zijn meestal nagenoeg gelijk met de geluidniveaus die volgen uit de berekeningen met het overdrachtsmodel van methode I, mits laatstgenoemde methode onder de gestelde randvoorwaarden wordt toegepast.

Methode I kan niet worden toegepast voor de vaststelling van geluid ten gevolge van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een activiteit op een dergelijke industrieterrein inpasbaar is binnen het geluidproductieplafond.

De nauwkeurigheid van toepassing van de methode voor het berekenen van lage schermen wordt beperkt door reflecties in het bron- of immissiegebied. Ook voor hoog gelegen schermen en grote afstanden tussen bron en immissiepunt neemt de betrouwbaarheid van de methode zoals

omschreven in paragraaf 3.2.3.4 af ten gevolge van atmosferische invloeden. Spreidingen van + 5 dB in het niveau kunnen optreden. In uiterst kritische situaties kan het gewenst zijn de resultaten te verifiëren met behulp van daarvoor meer geëigende overdrachtsrekenmodellen zoals het golffrontextrapolatiemodel. Deze modellen zijn echter niet eenvoudig toepasbaar en vragen veelal lange rekentijden en zijn niet algemeen toegankelijk.

6.6 Nadere toelichting hoofdstuk 4

Het geluid van activiteiten, niet zijnde het geluid van een industrieterrein, moet worden beoordeeld op basis van een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,F,LT}$). Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau wordt vastgesteld op basis van een representatieve bedrijfssituatie (RBS) een activiteit. Dit is de gangbaar maximale bedrijfssituatie van een activiteit. Uitsluitend uitzonderlijke bedrijfssituaties die beperkt voorkomen kunnen bij de representatieve bedrijfssituatie buiten beschouwing worden gelaten. Voor de uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS) van een activiteit kan afzonderlijk het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{A,F,LT}$) dat separaat kan worden beoordeeld. Deze systematiek komt in belangrijke overeen met de HMRI. Ten opzichte van de oude HMRI is voor de bepaling van een toeslag vanwege tonaal geluid (K_1) de mogelijkheid gegeven om gebruik te maken van ISO 1996-2:2017 bijlage J. In het verleden heeft het wel of niet toepassen van de toeslag vanwege tonaal geluid voor veel discussie gezorgd. Met behulp van ISO 1996-2:2017 bijlage J kan op kwantitatieve wijze de mate van tonaliteit worden vastgesteld. Deze mate van tonaliteit wordt uitgedrukt middels de grootheid K_t . Uitsluitend bij een K_t van 5 of meer kan de toeslag K_1 van 5 dB worden toegepast bij de bepaling van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau.

6.7 Nadere toelichting hoofdstuk 5

De beoordeling van het geluid van een industrieterrein moet plaatsvinden op basis van een jaargemiddelde geluidbelasting. Deze geluidbelasting wordt uitgedrukt in een L_{den} en een L_{night} . Voor alle activiteiten die plaatsvinden op het industrieterrein, behoudens enkele in paragraaf 5.2 genoemde activiteiten, moet aldus de jaargemiddelde bedrijfssituatie worden vastgesteld. Een jaargemiddelde bedrijfssituatie kan sterk afwijkend zijn ten opzichte van een representatieve bedrijfssituatie. Echter indien vergunning is verleend voor een bepaalde activiteit zonder beperkingen qua aantal dagen per jaar en/of uitsluiting van specifieke weekdays dan zal de jaargemiddelde bedrijfssituatie voor deze activiteit gelijk zijn aan de representatieve bedrijfssituatie. Bij de vaststelling van jaargemiddelde bedrijfssituatie dienen eventuele incidentele verhogingen zoals het afblazen of affakkelen in de petrochemische industrie of andere uitzonderlijke activiteiten worden meegenomen.

In de oude HMRI was uitdrukkelijk vermeld dat toeslagen voor bijzondere geluiden niet gebruikt moesten worden in het kader beoordeling van het geluid van gezonde industrieterreinen. Dit heeft in het verleden echter niet altijd op deze wijze plaatsgevonden. In enkele situaties waarbij er sprake is van geluid met een sterk tonaal karakter (bijvoorbeeld: industrieterreinen met een groot solitair transformatorstation of industrieterreinen voor een motorcrossterrein) is toch een toeslag voor tonaal geluid toegepast. De reden hiervoor was dat het niet toepassen van een toeslag vanwege tonaal geluid bij tonale activiteiten tot een onderschatting zou leiden van de hinderbeleving bij geluidgevoelige bestemmingen en niet in lijn zou zijn met de beoordeling van tonale activiteiten buiten een industrieterrein.

In de nieuwe systematiek moet per jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau worden bepaald of er sprake is van waarneembaar tonaal geluid of muziekgeluid binnen een groot deel van het geluidaandachtsgebied. Als er sprake is van waarneembaar tonaal geluid of muziekgeluid binnen een groot deel van het geluidaandachtsgebied moet een toeslag K_1 voor tonaal geluid en K_3 voor muziekgeluid worden toegepast. Het is niet aannemelijk dat er in de praktijk situaties zullen optreden waarbij er sprake is van waarneembaar impulsachtig geluid binnen een groot deel van het geluidaandachtsgebied. Indien slechts op een beperkt aantal locaties op korte afstand het industrieterrein sprake is van waarneembaar tonaal geluid of muziekgeluid en in grote delen van het geluidaandachtsgebied geen sprake is van waarneembaar tonaal geluid of muziekgeluid dient geen toeslag te worden toegepast.

6.8 Literatuurlijst

- [L.1] NEN-EN-ISO 3382-2:2008 'Akoestiek - Meting van de ruimte akoestische parameters - Deel 2: Nagalmtijd in gewone ruimtes'
- [L.2] ISO 8297: 1994 'Acoustics B Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment - Engineering method'
- [L.3] ISO 9613-1: 1993 'Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere'

- [L.4] L. Cremer, M. Heckl en E. E. Ungar, 'Structure-Borne Sound', Springer Verlag 1973 Berlin, blz. 506 e.v.
- [L.5] H. F. Steenhoek, T. ten Wolde, 'The reciprocal measurements of mechanical- acoustical transfer functions', Acustica 23 (1970), 301
- [L.6] K. J. Buhler en J. Feldmann, 'Ein Messverfahren zur Bestimmung von Körperschallanregung und -übertragung', Acustica 42 (1979) p. 108-113
- [L.7] Ir. M.L.S. Vercammen en ir. P.H. Heringa 'Berekening afstralgraad verschillende constructies' ICG rapport IL-HR-13-04,1989
- [L.8] Dr. Ing. A. von Meier en Dr. G.J. van Blokland, 'Uitbreiding van industriegeluid in woonwijken met betrekking tot sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-03 (1989)
- [L.9] Ir. A. Moerkerken, 'Handleiding ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-05 (1989)
- [L.10] ISO 1996-2:2017 'Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 2: Determination of sound pressure levels'

BIJLAGE IVg BIJ DE ARTIKELEN 3.2, EERSTE LID, ONDER B EN D, EN 3.6, ONDER B VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GELUID OP EEN GELUIDREFERENTIEPUNT)

1. Algemeen

Berekeningen voor het bepalen het geluid op een geluidreferentiepunt worden uitgevoerd volgens bijlage IVd voor wegverkeer, IVe voor railverkeer en IVf voor industrie. Bij het gebruik van deze bijlagen voor de berekeningen gelden de aanvullende en afwijkende bepalingen zoals genoemd in deze bijlage.

2. Beschrijving van de bron

2.1. Geluidbronregisterlijnen

2.1.1. Voor wegen

Voor wegen wordt gebruik gemaakt van ten minste één geluidbronregisterlijn per rijbaan. Als wordt uitgegaan van één geluidbronregisterlijn ligt deze in het midden van de rijbaan en bevat de horizontale positie en de hoogteligging. Als wordt uitgegaan van meer geluidbronregisterlijnen, liggen deze op een positie die representatief is voor de rijstroken waarop zij betrekking hebben. Bij verbindingen (o.a. klaverbladen), parallelrijbanen van wegen en toe- en afritten ligt een extra geluidbronregisterlijn op de rijbaan die fysiek gescheiden is van de hoofdrijbaan.

2.1.2. Voor spoorwegen

Voor spoorwegen wordt gebruik gemaakt van één geluidbronregisterlijn per spoor. Deze geluidbronregisterlijn ligt in het midden van dat spoor en bevat de horizontale positie en hoogteligging.

2.3. Verkeersgegevens

2.3.1. Algemeen

De verkeersgegevens bestaan uit de verkeersintensiteit en de snelheid zoals deze zijn gedefinieerd in artikel 2.1 van bijlage IVd en artikel 1.1 van bijlage IVe.

De verkeersgegevens worden gekoppeld aan de geluidbronregisterlijnen.

Tijdelijke snelheidsverlagingen vanwege bijvoorbeeld werkzaamheden worden niet meegenomen in berekeningen van de geluidproductie.

2.4. Correcties op de geluidemissie

2.4.1. Voor wegen

Correcties voor de emissieverhoging ten gevolge van een weghelling en ten gevolge van optrektoeslagen in de omgeving van kruispunten en snelheidsbeperkende obstakels worden niet toegepast.

2.4.2. Voor spoorwegen

De brugemissietoeslag voor stalen kunstwerken is gebaseerd op een volgens bijlage IVe bepaalde waarde. Als een dergelijke waarde niet voorhanden is, wordt de brugemissietoeslag voor stalen kunstwerken bepaald door een berekening met behulp van het rekenmodel van paragraaf 4.2 van bijlage IVe, waarbij invoerwaarden worden gebruikt die zijn afgeleid van metingen van vergelijkbare stalen kunstwerken. In bijzondere gevallen kunnen voor de brugemissietoeslag de volgende standaardwaarden worden gebruikt voor de volgende typen bovenbouwconstructies:

- a. directe bevestiging zonder ballastbed (voegloos): toeslag 10 dB;
- b. directe bevestiging zonder ballastbed (voegenspoor): toeslag 12 dB;
- c. houten dwarsligger zonder ballastbed: toeslag 10 dB;
- d. ballastspoor met dwarsliggers (voegloos): toeslag 5 dB;
- e. ingegoten spoorstaaf zonder ballastbed (voegloos): toeslag 8 dB;
- f. ingegoten spoorstaaf (stille brugontwerp): toeslag gelijk aan voegloos ballast-spoor met

houten dwarsliggers.

Deze toeslagen gelden voor alle spoorvoertuigcategorieën en voor elke octaafband.
Voor een betonnen brug kan de volgende modellering gebruikt:

1. Betonnen kunstwerken korter dan 50 meter worden als plaatbrug gemodelleerd, waarbij wordt uitgegaan van de werkelijke bovenbouw. Een opstaande rand wordt niet gemodelleerd.
2. Bij betonnen kunstwerken die langer zijn dan 50 meter wordt de constructie en bovenbouwcorrectie gebruikt die hoort bij het type kunstwerk. Een opstaande rand wordt gemodelleerd als (een enkel stomp) scherm op 2,5 meter ten opzichte van het buitenste spoor op het kunstwerk.
3. In afwijking van bijlage IVe, paragraaf 3.3.9, worden schermen die hoger zijn dan 2 meter gemodelleerd met de werkelijke hoogte zonder dat nader akoestisch onderzoek vereist is.

3. Beschrijving van de overdracht

3.1. Sectorhoek

Voor de indeling van de sectoren wordt uitgegaan van een vaste openingshoek van 2°.

3.2. Rekenafstanden

Voor wegen en spoorwegen worden alleen rijlijnsegmenten of bronlijnsegmenten meegenomen die gelegen zijn binnen 1000 meter, gemeten in het horizontale 2D vlak, van het te beschouwen referentiepunt. Voor industrie wordt het gehele industrieterrein dat hoort bij het referentiepunt beschouwd en is er geen beperking in rekenafstand.

3.3. Reflecties

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van maximaal 1 reflectie per overdrachtspad.

3.3.1. Voor wegen

Voor geluidschermen en geluidwallen langs wegen wordt het absorptiespectrum vereenvoudigd tot $\alpha_{i=5}$, de waarde bij 1000 Hz.

- a) Bij schermen waarvan het reflecterende oppervlak loodrecht, of onder een helling die kleiner is dan 5 graden, op het aardoppervlak staat wordt de niveaureductie ΔL_R als volgt berekend:

$$\Delta L_{R,i} = -10 \lg (1 - \alpha_{i=5}) \quad \text{voor } \alpha_{i=5} \leq 0,2$$

$$\Delta L_{R,i} = -10 \lg [0,8 * (1 - (\alpha_{i=5} - 0,2) / 0,6)] \quad \text{voor } 0,2 < \alpha_{i=5} < 0,8$$

Voor reflecterende objecten waarvoor geldt dat $\alpha_{i=5} \geq 0,8$ wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

Voor reflecterende objecten die zijn opgebouwd uit onderdelen met verschillende absorptie-eigenschappen wordt de waarde $\alpha_{i=5}$ oppervlakte-gewogen gemiddeld.

- b) Bij geluidwallen en bij schermen die onder een helling van meer dan 5 graden ten opzichte van de loodrecht op het aardoppervlak staan en waarvan uit nader onderzoek is gebleken dat deze als absorberend kunnen worden beschouwd, wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

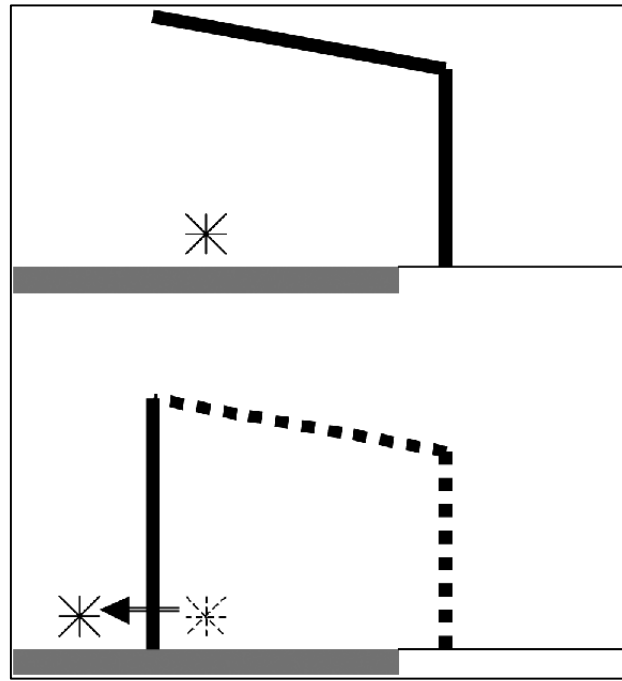
3.3.2. Voor spoorwegen

Voor schermen langs spoorwegen wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

3.4. Afscherming

3.4.1. Voor wegen

Gekromde schermen of luifels langs wegen worden gemodelleerd door middel van een vervangend verticaal scherm, waarvan de top overeenkomt met de top van het gekromde scherm of het uiteinde van de luifel. Als dit punt, gezien vanuit de voet van de luifel, voorbij de rijlijn ligt, wordt de rijlijn plaatselijk verschoven. De nieuwe positie van de bron is dan halverwege de binnenste wegrand en het vervangende verticale scherm zoals in onderstaande figuren is weergegeven.



Figuur 2.1. Modelleren van een luifelscherm

3.4.2. Voor spoorwegen

Geluidschermen en geluidwallen worden bij spoorwegen met de werkelijke hoogte gemodelleerd. Het afschermende effect van een overkapping met dichte zijwanden wordt gemodelleerd overeenkomstig een tunnel. Van een overkapping zonder dichte zijwanden wordt geen afschermende werking in rekening gebracht.

3.5. Bodemdemping

3.5.1. Voor wegen

Behoudens de verharding van de weg wordt, voor het bepalen van de bodemdemping van wegen, uitgegaan van een akoestisch zachte bodem. Ook (berm)sloten, pech- en vluchthavens, verzorgingsplaatsen met toe- en afritten en andere wegen, parkeerplaatsen en pleinen worden als akoestisch zacht bodemgebied beschouwd. De bodemdemping van de verharding van de weg wordt bepaald overeenkomstig de methode uit bijlage IVd.

3.5.2. Voor spoorwegen

Voor het bepalen van de bodemdemping van spoorwegen wordt uitgegaan van een akoestisch zachte bodem.

3.5.2. Voor industrieterreinen

Behoudens de bodem op het industrieterrein, wordt voor het bepalen van de bodemdemping van industrieterreinen uitgegaan van een akoestisch zachte bodem.

3.6. Modelleren talud

Ten behoeve van het berekenen van geluidproductieplafonds mag een vereenvoudigde modellering van het talud toegepast worden.

3.7. Tunnels

Bij ingangen en uitgangen van tunnels voor wegen en spoorwegen mag het afschermend effect van de tunnelwanden worden verwaarloosd.

4. Bepaling van de hoogtes van de referentiepunten

Bij het bepalen van de hoogte van referentiepunten kan worden uitgegaan van een gemiddelde maaiveldhoogte rond een referentiepunt. Voor het bepalen van een gemiddelde maaiveldhoogte wordt het maximale gebied bepaald door een cirkel met straal 10 meter rond het referentiepunt. Ten opzichte van dat gemiddelde mag de hoogte maximaal 10% af te wijken van 4.0 meter hoogte.

5. Regels voor berekening geluidproductie voor het jaarlijks verslag

Bij het opstellen van het verslag, bedoeld in 10.42ab, tweede, derde en vierde lid, van het Omgevingsbesluit, wordt de geluidproductie voor het betreffende kalenderjaar en de vergelijking met het geldende geluidproductieplafond als omgevingswaarde berekend op basis van:

- a. de voor dat kalenderjaar representatief te achten verkeersgegevens;
- b. de afscherpende geluidbeperkende maatregelen die op de laatste dag van het kalenderjaar zijn opgenomen in het geluidregister voor zover deze daadwerkelijk aanwezig zijn;
- c. de laatste dag van het betreffende kalenderjaar voor de overige gegevens.

6. Toelichting

Algemeen

Uit het stelsel omgevingswet volgt dat geluidproductieplafonds de maximaal toegestane geluidproductie op referentiepunten bepalen. Bovendien volgt uit de regelgeving ook dat de geluidproductie de berekende geluidbelasting op referentiepunten is. De referentiepunten liggen aan weerszijden van de weg of spoorweg en zijn opgenomen in het geluidregister. Om te voorkomen dat kleine wijzigingen in het maaiveld tot verplaatsing van een referentiepunt leiden is de bepaling opgenomen dat van een gemiddelde maaiveldhoogte in een gebied mag worden uitgegaan en dat er een marge van 10% rond de 4 meter kan worden aangehouden voor het plaatsen van de referentiepunten.

De methode van het berekenen van de geluidproductie is grotendeels gelijk aan die voor het berekenen van geluidbelastingen op woningen. Maar er geldt een aantal aanvullende en afwijkende regels. Deze regels zijn in deze bijlage opgenomen. Deze regels hebben als doel een heldere scheiding in verantwoordelijkheden tussen beheerder en gemeente te bewerkstelligen en daarnaast het bereiken van meer eenduidigheid en het vergroten van de uitvoerbaarheid. Dat laatste is van belang omdat bijvoorbeeld voor het verslag van de monitoring de omvang van het onderzoeksgebied zeer groot is. Dit behelst dan namelijk vrijwel het hele Nederlandse netwerk van rijkswegen, hoofdspoorwegen en provinciale wegen samen met een groot aantal industrieterreinen, eventueel aangevuld met delen van het lokaal spoor.

Daarnaast geldt dat de geluidproductieplafonds altijd berekend worden. De standaardmeetmethode uit bijlagen IVd en IVe wordt niet gebruikt. Binnen de GPP systematiek valt alles onder het toepassingsbereik van de rekenmethode.

Het systeem met geluidproductieplafonds moet bijdragen aan een goede, heldere en logische

scheiding tussen verantwoordelijkheden van de beheerder en die van gemeenten. Voor deze scheiding is het noodzakelijk om bij de berekening van de geluidproductie geen rekening te houden met allerlei specifieke kenmerken van de omgeving. Gebouwen, harde bodemgebieden en andere obstakels in de omgeving worden daarom genegeerd in de berekening. Dit is een wezenlijke afwijking van berekeningen van de geluidbelasting op geluidgevoelige objecten. Hierdoor is de geluidproductie onafhankelijk van wijzigingen in de omgeving. Dit is logisch omdat een weg- of spoorbeheerder geen invloed heeft op dergelijke wijzigingen. Zijn nalevingstaak inzake het geluidproductieplafond is gericht op wijzigingen van de bron. Dat zijn immers de zaken waar de beheerder wel over gaat. Voor industrie kan een gemeente wel zowel verantwoordelijke zijn voor de omgeving als vergunningverlener zijn. Om de geluidproductie van een industrieterrein te monitoren is het echter ook relevant om de omgeving buiten beschouwing te laten. Anders zou het kunnen dat geluidruimte zowel kleiner als groter kan worden zonder enige aanpassing van vergunde situaties.

Een gemeente is verantwoordelijk voor de wijzigingen in de omgeving van de bron. Zoals bijvoorbeeld de sloop van een pand dat geluidafscherming biedt aan de daar achter gelegen woningen. Of de aanleg van een groot hard bodemoppervlak (parkeerterrein) waardoor geluidniveaus toenemen. Een ander voorbeeld is de bouw van een hoog gebouw langs de bron waardoor door reflecties de geluidniveaus aan de overzijde toenemen. Al deze wijzigingen in de omgeving hebben geen invloed op de berekende geluidproductie. Aan de andere kant hebben wijzigingen in de verkeersomvang, de snelheid van het verkeer, en de geografische ligging van de bron of andere industriële activiteiten wel direct invloed op de geluidproductie.

De aanvullende regels uit deze bijlage leiden ertoe dat de geluidbelasting op een referentiepunt in werkelijkheid anders kan zijn dan de berekende geluidproductie. In open gebieden, zoals weiland, landbouwgebied of natuurgebied zal de afwijking klein zijn. Maar het is bijvoorbeeld ook mogelijk dat een referentiepunt zich binnen een gebouw bevindt of op een plek waar gebouwen op een andere wijze van grote invloed zijn op de geluidbelasting. Dan zal de afwijking tussen de werkelijke geluidbelasting en de berekende geluidproductie groot kunnen zijn. Deze afwijking heeft geen effect op de werking van het systeem met geluidproductieplafonds. Het gaat in dat systeem namelijk om verschillen in plaats van absolute waarden. Het effect van gebouwen wordt zowel bij de vaststelling van geluidproductieplafonds als bij de monitoring ervan niet meegenomen. Daardoor werkt het systeem in alle situaties als begrenzing van de groei van geluidbelastingen. De vereenvoudigingen bij berekeningen van de geluidproductie hebben voor omwonenden verder ook geen nadelige consequenties omdat ze niet van invloed zijn bij de berekening van geluidbelastingen van geluidgevoelige objecten. Voor dergelijke berekeningen gelden alle regels uit de bijlagen IVd, IVe en IVf. De maatregelen die uit zo'n onderzoek voortvloeien zullen vervolgens worden opgenomen in het geluidregister om de nieuwe geluidproductieplafonds vast te stellen volgens de vereenvoudigde systematiek.

Geluidbrongegevens

De geluidproductieplafonds zijn gebaseerd op bijbehorende geluidbrongegevens. Het gaat om gegevens over de ligging, technische kenmerken en het gebruik van de bron, de afschermende objecten, de plafondcorrectiewaarde en het hoogteverloop tussen bron en referentiepunt. De geluidbrongegevens die behoren bij de geldende geluidproductieplafonds zijn opgenomen in het geluidregister. De geluidbrongegevens uit het geluidregister vormen samen met de ligging van de referentiepunten de belangrijkste gegevens die nodig zijn voor berekening van de maximaal toegestane geluidproductie op de referentiepunten.

Geluidbronregisterlijnen

Een belangrijk onderdeel van de berekening vormen de geluidbronregisterlijnen. Dit zijn de lijnen die de bron van het geluid in de berekeningen vormen. Deze lijnen krijgen bij het berekenen van het geluid op een geluidreferentiepunt bij een weg de functie van rijlijn uit bijlage IVd en bij een spoor de functie van onderste bronlijn uit bijlage IVe. Aan de geluidbronregisterlijnen worden gegevens over het verkeer gekoppeld. Bij wegen wordt er per rijbaan over het algemeen slechts één geluidbronregisterlijn gedefinieerd die in het midden van de verharding van de betreffende rijbaan ligt. Een rijsweg zal dus meestal twee geluidbronregisterlijnen hebben: voor elke rijrichting één geluidbronregisterlijn die ligt in het midden van de betreffende verharding. Bij fysiek gescheiden rijbanen voor dezelfde richting, zoals bijvoorbeeld bij de hoofd- en parallelbanen op de A12 bij Utrecht of de A2 bij den Bosch, bezit de weg dus vier geluidbronregisterlijnen. Bij knooppunten zoals klaverbladen en bij op- en afritten liggen extra geluidbronregisterlijnen voor de

weggedeelten die fysiek gescheiden zijn van de hoofdrijbanen. In afwijking van bovenstaande kan er in bijzondere situaties gebruik gemaakt worden van meer dan één geluidbronregisterlijn per rijbaan. Daarmee kan dan de situatie nauwkeuriger worden vastgelegd.

Bij een fysieke verbreding van de wegverharding verschuift de ligging van bestaande geluidbronregisterlijnen. Als echter de bestaande verharding anders gebruikt gaat worden, wijzigt de positie van de geluidbronregisterlijn niet. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld het gebruik van een bestaande vluchtstrook als spitsstrook. De beheerder kan in beide gevallen ook aanleiding zien om geluidbronregisterlijnen toe te voegen om daarmee het register nader te detailleren.

Bij spoor is de situatie anders dan bij rijkswegen. Bij de rijksweg kan immers het verkeer op één rijbaan vrijwel overal van rijstrook wisselen. Bij spoor is het verkeer in principe gebonden aan het fysieke spoor waar het zich op bevindt. Daarom wordt bij spoorwegen voor ieder spoor een afzonderlijke geluidbronregisterlijn gedefinieerd. Zeer weinig bereden sporen kunnen achterwege blijven. Bij complexe spoorbundels kunnen vereenvoudigingen worden toegepast waarbij echter steeds wordt gezorgd dat al het relevante spoorverkeer wordt meegenomen in de berekeningen.

Verkeersgegevens

Bij vaststelling en wijzigingen van geluidproductieplafonds, bij fysieke wijzigingen aan de weg of spoorweg en voor het verslag met betrekking tot monitoring moet de geluidproductie in de referentiepunten worden bepaald. Daarbij worden meestal gedeeltelijk andere gegevens gehanteerd dan de geluidbrongegevens uit het geluidregister. Voor het verslag zal bijvoorbeeld met actuele verkeersgegevens worden gerekend.

De gehanteerde verkeersgegevens zullen afkomstig zijn uit systemen van de beheerder. Daar waar deze systemen niet dekkend of onvoldoende gedetailleerd zijn, worden uit de wel beschikbare gegevens betrouwbare gegevens afgeleid of aanvullende gegevens toegevoegd. Het betreffen dan bijvoorbeeld gegevens voor op- en afritten en verbindingen tussen hoofdroutes bij knooppunten.

Voor spoor kan worden gedacht aan de koppeling van verkeersgegevens aan de verschillende sporen van een (complexe) spoorbundel en bij spoorwegknooppunten. Ook het verwerken van de opening van nieuwe stations en de sluiting van oude, vergt aanpassing van verkeersgegevens volgens vuistregels. Daarnaast gaat het bijvoorbeeld ook om de vertaling van maximale snelheden naar snelheden die representatief zijn voor de situatie op een gemiddelde weekdag. Daarbij kan het nodig zijn om onderscheid te maken tussen de verschillende dagdelen en categorieën van motorvoertuigen en spoorvoertuigtypen. Met name bij een regime met dynamische maximale snelheden of situaties waarbij door de verkeersdrukke overdag de maximale snelheid niet realistisch is, kan het nodig zijn per etmaalperiode te differentiëren.

Reflecties

Voor de berekening van de geluidproductie in het referentiepunt is het rekenen met één reflectie voldoende. Dit sluit overigens aan bij standaardwerkwijze bij toepassing van bijlagen IVd, IVe en IVf.

Modellering

Bij de modellering van de bron en de omgeving worden vereenvoudigingen doorgevoerd. Dit is gedaan om het systeem werkbaar te houden. Daarnaast is er rekening mee gehouden dat zoveel mogelijk gebruik kan worden gemaakt van reeds beschikbare digitale gegevens. Voorbeelden van vereenvoudigingen zijn:

- het weglaten van 'details' bij de modellering van kunstwerken, overwegen, perrons, tunnelmonden, etc.;
- het weglaten van (kleine) correcties op de emissie (bijv. van kruispunten);
- het gebruiken van standaard brugemissietoelagen;
- vereenvoudiging van de modellering van het talud.

Bij de modellering van het talud mag uitgegaan worden van standaardprofielen van taluds. Hiermee wordt onnodige en foutgevoelige detaillering voorkomen, zonder dat dit de werking van het stelsel in de weg staat.

Gekromde schermen en luifels

De bepaling van de schermwerking bij gekromde schermen (en luifels) kan (grotendeels) gedaan worden volgens de methoden zoals die in akoestische onderzoeken gebruikelijk zijn.

Afscherming

Geluidschermen kunnen bij wegen leiden tot verhoging van geluidniveaus aan de overzijde. Dit komt door reflecties van het geluid tegen het scherm. Sommige schermen zijn zo ontworpen dat de effecten van deze reflecties zo klein mogelijk zijn. Dit zijn zogenoemde absorberende schermen, of hellend geplaatste reflecterende schermen. Voor deze schermtypen wordt het effect van reflecties naar de overzijde bij het berekenen van de geluidproductie verwaarloosd. Dat is gedaan om te voorkomen dat schermen die de beheerder plaatst vanuit zijn saneringstaak, of een gemeente voor woningbouw, leiden tot overschrijdingen van geluidproductieplafonds aan de overzijde. Het systeem zou dan namelijk de uitvoering van maatregelen die een grote milieuwinst opleveren blokkeren. Op deze wijze wordt ook aangesloten bij de huidige praktijk bij de voorbereiding van geluidschermen voor sanering of nieuwbouw van woningen. Daarbij wordt het effect van reflecties naar de overzijde ook verwaarloosd. Met deze nieuwe regels geldt dit echter alleen voor schermen die zo zijn uitgevoerd dat het effect van dergelijke reflectie minimaal is. Daardoor staat er druk op de beheerder dit type schermen te realiseren zodat de gevolgen voor de overzijde ook zeer beperkt zullen zijn. Bij het bepalen van de geluidbelasting van objecten, geldt deze vereenvoudiging niet. Dan worden voor alle schermen bij rijkswegen reflecties meegenomen. Bij een wijziging van een geluidproductieplafond is dus geborgd dat bij bescherming van geluidsgevoelige objecten, ook reflecties tegen absorberende schermen en hellend geplaatste schermen worden meegenomen.

Voor spoor hebben reflecties tegen schermen voor de overzijde vrijwel geen invloed. Dat komt doordat de trein als een soort barrière verhindert dat het tegen het scherm gereflecteerde geluid woningen aan de andere zijde bereikt. Daarom wordt bij spoor, conform bijlage IVe, bij schermen geen rekening gehouden met reflecties naar de overzijde. Bij toepassing van bijlage IVe wordt voor een reflecterend scherm echter wel rekening gehouden met een verminderde schermwerking door reflecties tussen het scherm en de trein. Deze detaillering wordt niet meegenomen in de berekening van de geluidproductie omdat de benodigde informatie van bestaande schermen hiervoor niet voorhanden is.

BIJLAGE IVh BIJ ARTIKEL 3.17 VAN DEZE REGELING (MAATREGELPUNTEN RIJKSINFRASTRUCTUUR)

In deze bijlage wordt verstaan onder D: de lengte van het deel van de loodlijn vanuit een geluidgevoelig gebouw naar een weg, respectievelijk een spoorweg, dat eindigt op de dichtstbijzijnde rand van de wegdekverharding, respectievelijk de dichtstbijzijnde spoorstaaf.

Tabel 1 Bronmaatregelen, randvoorwaarden en maatregelpunten

<u>Omschrijving bronmaatregel</u>	<u>Randvoorwaarden</u>	<u>Maatregelpunten</u>
<u>Weg</u>		
<u>Wegdek: 2-laags zeer open asfaltbeton</u>	<u>– Voldoende verkeersintensiteit.</u> <u>– Geen wringend of remmend verkeer.</u> <u>– Snelheid meer dan 70 km per uur.</u>	<u>22 per 10 m²</u>
<u>Wegdek: Dunne deklaag</u>	<u>– Niet op kruisingen met afslaand verkeer, rotondes of verkeerspleinen.</u>	<u>9 per 10 m² ten opzichte van ZOAB</u>
<u>Spoorweg</u>		
<u>Raildemper</u>	<u>– Niet tegen wissels of voegen.</u> <u>– Bij houten dwarsliggers indien instemming is verkregen van de beheerder.</u> <u>– De afstand waarover raildempers worden aangelegd is ten minste 50 m per spoor.</u> <u>– Onverminderd het derde gedachtestreepje is de afstand per spoor waarover raildempers worden aangelegd ten minste twee maal D, berekend vanuit het in het geluidgevoelige cluster, bedoeld in artikel 3.46 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, waarvoor de raildempers worden overwogen, gelegen geluidgevoelige gebouw dat het dichtst bij een spoorstaaf ligt. Van deze eis kan in bijzondere omstandigheden worden afgeweken.</u>	<u>29 per meter enkel spoor</u>

Tabel 2 Overdrachtsmaatregelen, randvoorwaarden en maatregelpunten

<u>Omschrijving overdrachtsmaatregel</u>	<u>Randvoorwaarden</u>	<u>Maatregelpunten</u>
<u>Weg</u>		
<u>Geluidscherm</u>		<u>Per strekkende meter bij een hoogte van:</u>

		<u>1 m</u> <u>53</u> <u>2 m</u> <u>93</u> <u>3 m</u> <u>133</u> <u>4 m</u> <u>173</u> <u>5 m</u> <u>212</u> <u>6 m</u> <u>251</u> <u>7 m</u> <u>289</u> <u>8 m</u> <u>327</u> <u>elke m</u> <u>44</u> <u>hoogte</u> <u>boven 8 m</u>
<u>Geluidwal</u>	– <u>Ruimtebeslag.</u> – <u>Grondgesteldheid.</u>	<u>Gelijk aan het aantal maatregelpunten van een geluidscherm</u>
<u>Middenbermscherm</u>		<u>Per strekkende meter bij een hoogte van:</u> <u>1 m</u> <u>64</u> <u>2 m</u> <u>112</u> <u>3 m</u> <u>160</u> <u>4 m</u> <u>207</u> <u>5 m</u> <u>254</u> <u>6 m</u> <u>301</u> <u>7 m</u> <u>347</u> <u>8 m</u> <u>392</u>
<u>Schermtop (T-top)</u>	– <u>Op bestaand scherm passend.</u> – <u>Passend in het profiel.</u>	<u>Per strekkende meter:</u> <u>44</u>
<u>Spoorweg</u>		
<u>Geluidscherm met uitzondering van een geluidscherm bij een spoorweg dat is gelegen op een kortere afstand dan 2,5 m uit het hart van het spoor (minischerm)</u>		<u>Per strekkende meter bij een hoogte van:</u> <u>1 m</u> <u>83</u> <u>1,5 m</u> <u>87</u> <u>2 m</u> <u>92</u> <u>3 m</u> <u>122</u> <u>4 m</u> <u>148</u> <u>5 m</u> <u>173</u> <u>6 m</u> <u>198</u> <u>7 m</u> <u>223</u> <u>8 m</u> <u>248</u> <u>elke m</u> <u>25</u> <u>hoogte</u> <u>boven 8 m</u>
<u>Geluidwal</u>	– <u>Ruimtebeslag.</u> – <u>Grondgesteldheid.</u>	<u>Gelijk aan het aantal maatregelpunten van een geluidscherm</u>
<u>Scherm tussen sporen met uitzondering van een geluidscherm bij een spoorweg dat is gelegen op een kortere afstand dan 2,5 m uit het hart van het spoor (minischerm)</u>	– <u>Niet bij wissels.</u>	<u>Per strekkende meter bij een hoogte van:</u> <u>1 m</u> <u>83</u> <u>1,5 m</u> <u>87</u> <u>2 m</u> <u>92</u> <u>3 m</u> <u>122</u>

4 m
5 m

148
173

BIJLAGE XIX BIJ ARTIKEL 8.2 VAN DEZE REGELING (DOSIS-EFFECTRELATIES VOOR ACTIEPLANNEN GELUID)

Dosis-effectrelaties voor industrielawaai

Geluidsbelastingklasse (L_{den})	Gehinderden per 100 bewoners	Ernstig gehinderden per 100 bewoners
55-59 dB	26	11
60-64 dB	35	17
65 dB of hoger	40	24

Geluidsbelastingklasse (L_{night})	Slaapgestoorden per 100 bewoners
50-54 dB	7
55-59 dB	10
60-64 dB	13
64-69 dB	18
70 dB of hoger	20

Dosis-effectrelaties voor verkeerslawaaai

Geluidsbelastingklasse (L_{den})	Gehinderden per 100 bewoners	Ernstig gehinderden per 100 bewoners
55-59 dB	21	8
60-64 dB	30	13
65-69 dB	41	20
70-74 dB	54	30
75 dB of hoger	61	37

Geluidsbelastingklasse (L_{night})	Slaapgestoorden per 100 bewoners
50-54 dB	7
55-59 dB	10
60-64 dB	13
64-69 dB	18
70 dB of hoger	20

Dosis-effectrelaties voor spoorweglawaai

Geluidsbelastingklasse (L_{den})	Gehinderden per 100 bewoners	Ernstig gehinderden per 100 bewoners
55–59 dB	12	3
60–64 dB	19	6
65–69 dB	28	11
70–74 dB	40	18
75 dB of hoger	47	23

Geluidsbelastingklasse (L_{night})	Slaapgestoorden per 100 bewoners
50–54 dB	3
55–59 dB	5
60–64 dB	6
64–69 dB	8
70 dB of hoger	10

BIJLAGE XXIV BIJ ARTIKEL 8.22, DERDE LID, VAN DEZE REGELING (REKEN- EN MEETMETHODE GELUID BINNENSCHIEDBANEN)

Beoordelingsmaten voor schietgeluid van binnenschietbanen

Voor de beoordeling van het geluid van binnenschietbanen wordt van twee beoordelingsgrootheden uitgegaan: het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) en het maximale geluidniveau (L_{Amax}) voor drie beoordelingsperiodes: de dag-, avond- en nachtperiode.

Voor het meten en berekenen van het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) wordt gebruik gemaakt van het geluidexpositieniveau L_{AE} van een enkel schot. L_{AE} wordt bepaald volgens zie ISO 17201. Het equivalente geluidniveau L_{Aeq} van een wapentype is gerelateerd aan het geluidexpositieniveau L_{AE} volgens:

$$L_{Aeq} = L_{AE} - 10\log(T) + 10\log(N) \quad (1)$$

met

L_{AE} het geluidexpositieniveau van een wapentype;

T de tijdsduur in seconden van een beoordelingsperiode;

N het aantal schoten binnen de beoordelingsperiode.

Het L_{Amax} niveau is het maximale A-gewogen geluidniveau van een enkel schot gemeten in de meterstand 'Fast'. Vier verschillende categorieën worden onderscheiden voor de wapentypen die op binnenschietbanen worden gebruikt:

- 1) KKP: klein kaliber pistool (tot en met .22 / 5.6mm);
- 2) KKG: klein kaliber geweer (tot en met .22 / 5.6mm);
- 3) GKP: groot kaliber pistool (groter dan .22 / 5.6mm);
- 4) GKG: groot kaliber geweer (groter dan .22 / 5.6mm).

Afhankelijk van de bedrijfssituatie, wordt voor de verschillende relevante beoordelingsperiodes voor elke categorie één representatief wapen vastgesteld. Dit wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

Het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor de verschillende relevante beoordelingsperiodes wordt bepaald met gebruikmaking van onderstaande formule. De toeslag K_2 van 5 dB wordt toegepast voor het impulsachtige schietgeluid:

$$L_{Ar,LT} = 10\log \sum N_{cat} 10^{0,1 \cdot L_{AE,cat}} - 10 \cdot \log T + 5 \quad (2)$$

Hierin is:

N_{cat} Het totaal aantal schoten per jaar per categorie gedurende de relevante beoordelingsperiode (dag, avond, nacht), dus niet alleen de schoten voor het representatieve wapen in de betreffende categorie;

$L_{AE,cat}$ Het gemiddeld gemeten geluidexpositieniveau voor het representatieve wapen;

T Het aantal seconden binnen de relevante beoordelingsperiode (voor de periode van 07.00 tot 19.00 uur is dit $365 \times 3600 \times 12 = 15.768.000$ seconden).

$$L_{Ar,LT} = 10\log (10^{0,1 \cdot L_{schiet}} + 10^{0,1 \cdot L_{overig}}) \quad (3)$$

Waarbij:

L_{schiet} het $L_{Ar,LT}$ is van het schietgeluid;

L_{overig} het $L_{Ar,LT}$ is van het overig geluid van de schietbaan.

Akoestisch representatieve bedrijfssituatie

De representatieve beoordelingsperiode kenmerkend voor de geluidssituatie van de schietbaan is een kalenderjaar.

Het representatieve gebruik in aantallen schoten wordt verdeeld over de genoemde vier wapencategorieën. Per categorie wordt ook een representatief wapen vastgesteld.

Een representatief wapen wordt bepaald door het wapen dat binnen een categorie de hoogste geluidniveaus geeft. Daartoe wordt het wapen gekozen dat binnen een categorie het hoogste kaliber heeft; het hoogste gewicht van de voortdrijvende lading; de hoogste uittredesnelheid van de kogel heeft en de kortste loop heeft. Het wapen dat op basis hiervan naar verwachting de

hoogste geluidemissie geeft en dat binnen de representatieve bedrijfssituatie in de betreffende categorie verantwoordelijk is voor meer dan 5 procent van het aantal schoten, wordt als representatief wapen aangemerkt.

Bepaling van beoordelingsgrootheden

Het geluid van een wapencategorie, uitgedrukt in het A-gewogen geluidexpositieniveau $L_{AE,cat}$, wordt bepaald uit metingen aan het wapentype dat representatief is voor de wapencategorie. De langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus ($L_{Ar,LT}$) voor de verschillende beoordelingsperioden worden vervolgens bepaald met behulp van formule (2).

Het maximale geluidniveau (L_{Amax}) wordt bepaald door het hoogste gemeten L_{Amax} niveau van één van de vier representatieve wapens.

Als de binnenschietbaan verschillende banen kent, moet deze procedure voor iedere baan apart worden doorlopen. Het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau is dan het energetisch gesommeerde beoordelingsniveau van de verschillende banen. Het maximale geluidniveau wordt bepaald door het niveau van de baan met het hoogste niveau.

Als de schietbaan behalve schietgeluid ook ander geluid produceert wordt dit toegevoegd middels formule (3). Ook voor dit geluid is de beoordelingsperiode 1 jaar.

Metten van de geluidimissie

Indicatieve metingen

Ter hoogte van de gevel van gevoelige gebouwen of in in- en aanpandige gevoelige gebouwen kunnen eerst indicatieve metingen worden uitgevoerd. Deze hebben als doel om te bepalen of de uiteindelijke metingen op de gevoelige bestemming betrouwbaar kunnen worden uitgevoerd en welke schietposities hiervoor relevant zijn.

De indicatieve meting wordt uitgevoerd door de variatie van het L_{Amax} niveau voor, tijdens en na een serie van 3 schoten af te lezen van de geluidniveau-meter. Als het niveau van de metingen met schietgeluid ten minste 5 dB of meer bedraagt dan zonder schietgeluid, dan kunnen de L_{AE} en L_{Amax} metingen betrouwbaar worden uitgevoerd. Directe communicatie met de schutter is van belang om de tijdstippen van de meting af te stemmen. Het is van belang om deze indicatieve metingen uit te voeren met zo min mogelijk stoorgeluid.

Als het bovengenoemde verschil minder dan 5 dB is kunnen de metingen alsnog worden uitgevoerd, maar deze zijn dan niet betrouwbaar en geven alleen een bovengrens van de optredende geluidniveaus. Het is echter niet de verwachting dat voor dit soort situaties hinder zal optreden.

Metingen

Ter hoogte van de gevel van gevoelige gebouwen of in in- en aanpandige gevoelige gebouwen worden de L_{AE} en L_{Amax} niveaus gemeten van de vier representatieve wapens. Voor het bepalen van de meetposities wordt verwezen naar paragraaf 3.7 van de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai.

Vanwege het kortdurende karakter van het schietgeluid en mogelijke variaties in de niveaus van achtereenvolgende schoten, moeten per positie ten minste 5 schoten van elk representatief wapentype worden gemeten. Als voor de L_{AE} waarden de standaarddeviatie van het energetisch gemiddelde (standaarddeviatie van de gemeten geluidniveaus gedeeld door $\sqrt{(N-1)}$) meer dan 1 dB bedraagt, dan moet het aantal schoten worden vergroot totdat de standaarddeviatie minder dan 1 dB bedraagt.

Voor de beoordeling is het invallende geluidniveau relevant. Als het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd moet, om het invallende geluidniveau te bepalen, de gevelcorrectieterm C_g worden toegepast zoals deze is gedefinieerd in de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai.

Metingen moeten worden uitgevoerd voor schietposities op het midden van baan en voor alle schietposities die ten opzichte van de kogelvanger relevant zijn. Het is mogelijk dat als gevolg van een akoestisch lek door de ventilatievoorziening de gemeten geluidniveaus hoger zijn als de schutter zich dichterbij de kogelvanger bevindt.

Voor het vaststellen van langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus worden de gemeten geluidexpositieniveaus per meetlocatie en per schietlocatie energetisch gemiddeld. Als voor een bepaalde beoordelingslocatie voor verschillende schietposities metingen zijn uitgevoerd, dan

worden, voor de bepaling van het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau, alleen die meetresultaten gebruikt van de schietpositie waar het hoogste gemiddelde geluidexpositieniveau is gemeten.

Ook moet per meetlocatie in een zo rustig mogelijke periode gedurende ten minste een minuut het L_{Aeq} niveau van het achtergrondgeluid worden bepaald.

Het meten van schietgeluid vraagt een aparte deskundigheid waarbij bijzondere aandacht moet worden geschonken aan het dynamisch bereik van het meetsysteem, invloeden van het achtergrondgeluidniveau en de meteorologie op het overdrachtpad van de schietbaan naar een geluidgevoelige bestemming. Voor de windrichting zijn de voorschriften uit de paragraaf 3.5.5 van de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai van toepassing. Als de afstand vanaf de schietbaan tot een meetlocatie minder dan 50 m is, dan hoeft er niet onder meteo-raamcondities te worden gemeten. De windsnelheid op 10 meter hoogte moet in alle gevallen beneden de 5 m/s zijn.

Apparatuur

De metingen moeten worden uitgevoerd met een 'type 1'- geluidniveaumeter zoals dit gedefinieerd is in NEN-EN-IEC 61672. Daarnaast is het aan te bevelen dat de geluidmeter voldoet aan de aanvullende voorwaarden voor het meten van impulsgeluid. Deze aanvullende voorwaarden zijn ook in deze norm gedefinieerd. In sommige oudere geluidmeters wordt het geluidexpositieniveau vastgesteld door een integratie van een beperkt aantal samples van het breedbandige instantane geluidniveau. Voor dit type geluidniveaumeters moet het sampling interval kleiner of gelijk zijn aan 100 μ s.

BIJLAGE XXV BIJ ARTIKEL 8.25, EERSTE EN TWEEDE LID, VAN DEZE REGELING (REKEN- EN MEETMETHODE GELUID WINDTURBINES)

1. Standaardmeetmethode

1.1. Principe van de meting

Het doel van de meting is het bepalen van het geluidvermogen per octaafband als functie van de windsnelheid op ashoogte. Om het jaargemiddelde geluidvermogen te bepalen moet de geluidemissie bij een uitgestrekt windsnelheidsgebied worden gemeten.

De geluidmetingen worden verricht in asrichting, benedenwinds van de turbine (referentierichting). In andere richtingen dan de referentierichting is de geluiduitstraling van windturbines doorgaans lager. Daarom wordt een (optionele) procedure geboden om een correctiefactor voor de richtwerking vast te stellen. Deze factor is relatief ten opzichte van het in referentierichting uitgestraalde geluidvermogen.

De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid uit het gemeten elektrisch vermogen van de turbine. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de vermogenscurve van de turbine. Deze curve geeft de relatie tussen de windsnelheid op ashoogte en het opgewekte elektrische vermogen. Deze methode is nauwkeuriger dan het extrapoleren van de windsnelheid, gemeten op relatief lage hoogte (bijvoorbeeld 10 meter).

De geluidmetingen worden verricht op betrekkelijk korte afstand van de turbine. Om verstoring met stromingsgeluid rond de microfoon en variërende bodemeffecten te voorkomen wordt de microfoon op een vlakke reflecterende plaat bevestigd, zodat er bij elke frequentie sprake is van drukverdubbeling en dus 6 dB toename van het geluidniveau.

De resultaten van de geluidmetingen worden aangevuld met meteorologische data en met gegevens die door de exploitant van de turbine moeten worden geleverd, zoals het opgewekte elektrische vermogen en de oriëntatie van de as van de turbine ten opzichte van de heersende windrichting.

1.2. Apparatuur

Bij de geluidmetingen wordt de volgende apparatuur gebruikt:

- a) Een rondomgevoelige microfoon met een diameter van ten hoogste 1/2".
- b) Een instrument waarmee de A-weging kan worden uitgevoerd.
- c) Een integrerende octaafbandanalysator.
- d) Een akoestische ijkbron, die geschikt is voor het gebruikte type microfoon.
- e) Een ronde geluidreflecterende plaat met een diameter van minstens 1 meter, vervaardigd van akoestisch hard materiaal; bijvoorbeeld 12 mm multiplex.
- f) Een voorziening om windgeruis te onderdrukken zonder daarbij het resultaat te beïnvloeden; bijvoorbeeld de helft van een akoestische windbol.

De functionaliteit van de onder b) en c) genoemde instrumenten is meestal samengevoegd in één apparaat. De meetketen moet voldoen aan de relevante specificaties voor klasse 1 apparatuur van de NEN-EN-IEC 61672 en de octaafbandfilters aan NEN-EN-IEC 61260. De akoestische ijkbron voldoet aan de norm voor klasse 1 apparatuur conform NEN-EN-IEC 60942. De specificaties van de instrumentatie moeten minstens iedere twee jaar worden gecontroleerd.

De meteorologische toestand wordt als volgt geregistreerd:

- g) Windsnelheid met een nauwkeurigheid van 0,2 m/s bij windsnelheden van 1 tot 15 m/s.
- h) Windrichting met een nauwkeurigheid van 6°.
- i) Luchtdruk met een nauwkeurigheid van 1 kPa.
- j) Temperatuur met een nauwkeurigheid van 1°C.

1.3. Meetprocedure

1.3.1. Geluidmetingen

Meetposities en meetopstelling

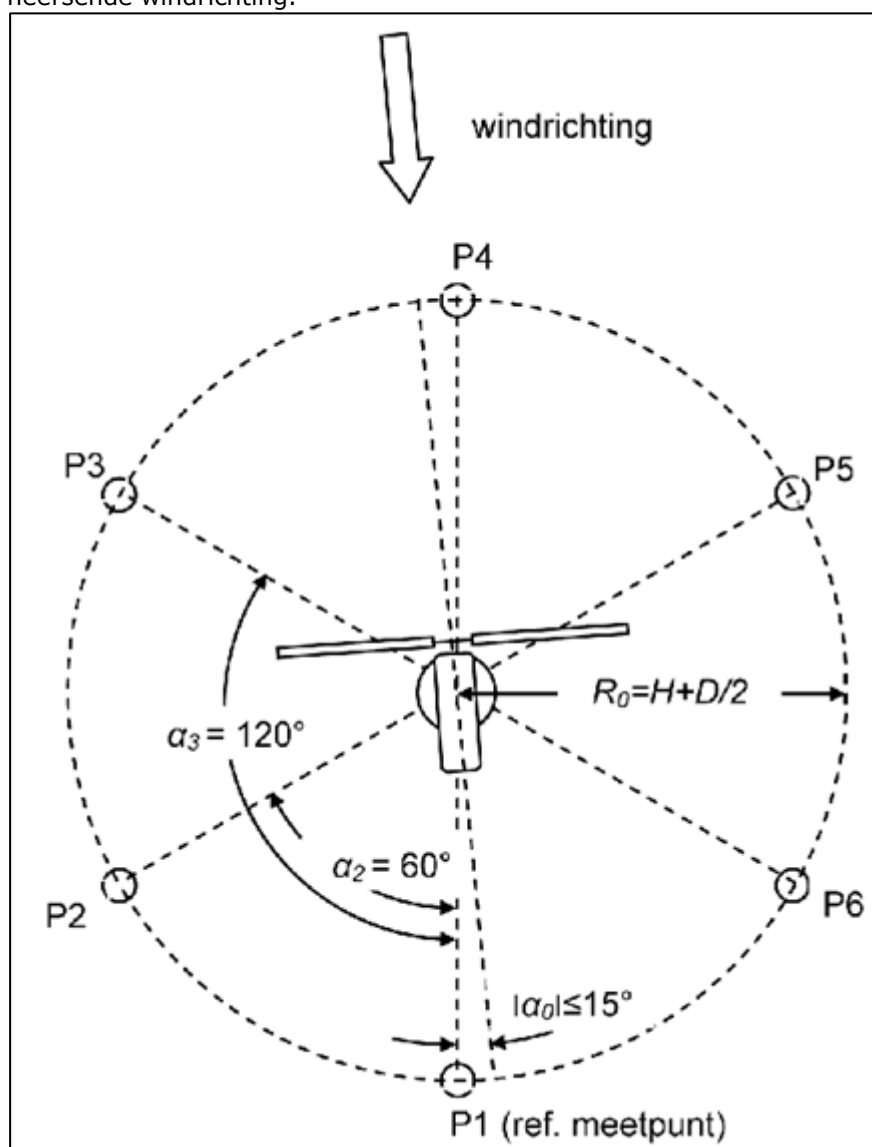
Het geluidniveau van de turbine wordt op één verplichte positie en optioneel op 6 posities bepaald. De optionele meetpunten zijn gelijkmatig verdeeld over een cirkel met straal R_0 , zoals weergegeven in figuur 1.1 en 1.2. Hierbij stelt R_0 de horizontale afstand voor tussen het meetpunt en de verticale hartlijn van de turbinemast. Deze afstand is circa:

1.1) $R_0 = H + D/2$

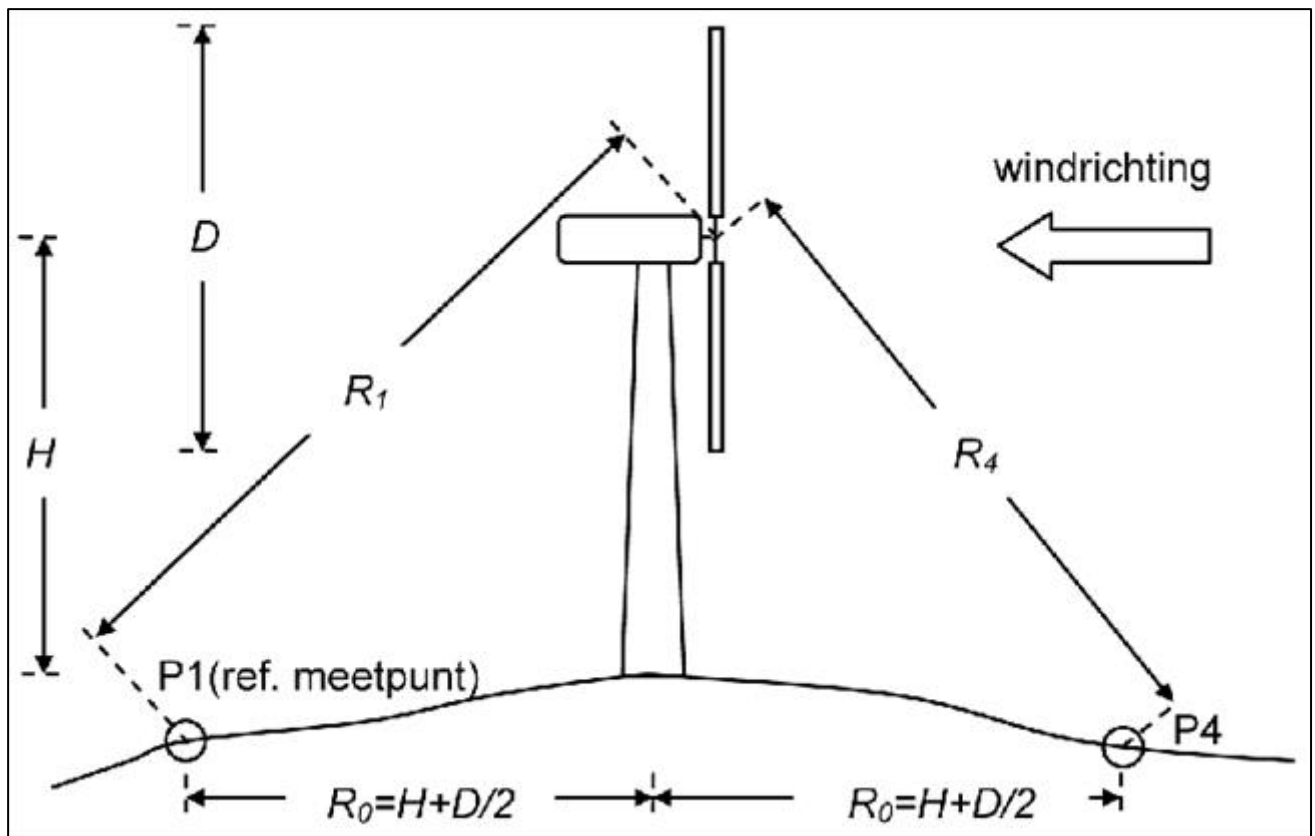
Waarin:

H	de verticale afstand tussen het maaiveld en de ashoogte
D	de diameter van de rotor.

Het verplichte referentiemeetpunt P1 bevindt zich benedenwinds van de windturbine en wordt gebruikt bij het bepalen van het geluidvermogen van de turbine. De meetpunten P2 t/m P6 worden gebruikt bij de vaststelling van de correctiefactor voor de richtwerking van de turbine (optioneel). Tijdens de metingen moet de as van de rotor parallel zijn met de op ashoogte heersende windrichting. Verder mag de richting van de as P1-P4 niet meer dan $\pm 15^\circ$ afwijken van de heersende windrichting.



figuur 1.1 bovenaanzicht van de geluidmeetposities

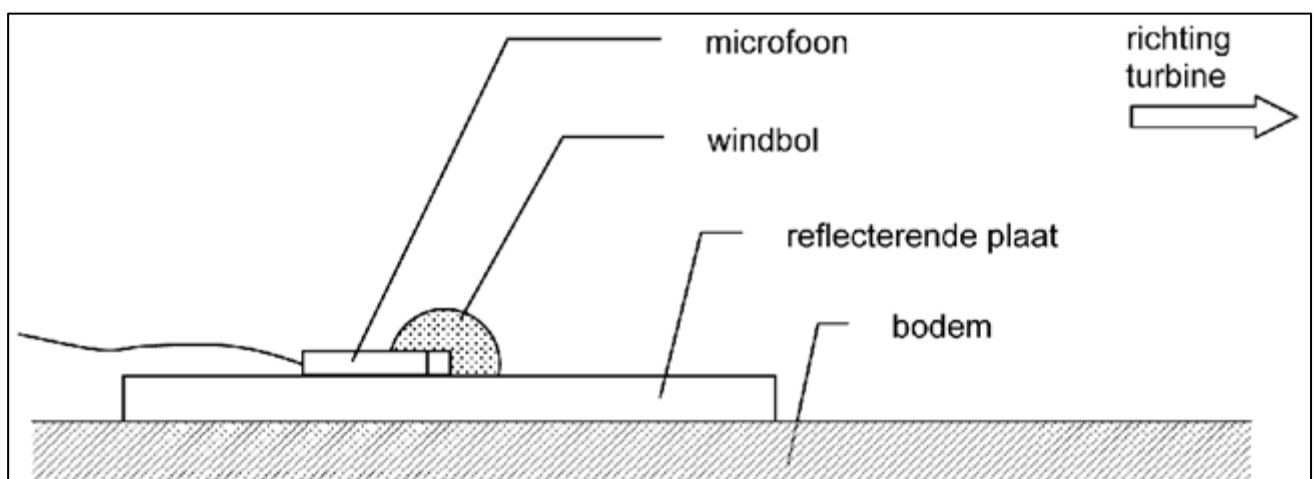


figuur 1.2 schematische weergave meetposities P1 (benedenwinds) en P4 (bovenwinds)

Doordat het middelpunt van de rotor niet samenvalt met het middelpunt van de mast zullen R_1 en R_4 (in geringe mate) verschillen.

De directe omgeving van de meetpositie en het gebied tussen de microfoon en de windturbine moet vrij zijn van obstakels die van invloed zijn op het resultaat.

Bij de metingen is de microfoon op de reflecterende plaat bevestigd met de hartlijn van de microfoon gericht op de windturbine, zoals aangegeven in figuur 1.3. Hierbij sluit de reflecterende plaat goed aan op de bodem.



Figuur 1.3 weergave van de meetopstelling

Meetcondities

Bij dichte mist of neerslag mag niet worden gemeten.

Voor en na iedere serie metingen moet het meetsysteem worden gekalibreerd met een akoestische ijkbron. Bij langdurige metingen moet het meetsysteem ook tussentijds worden gekalibreerd. Als de kalibratiewaarden meer dan 0,5 dB afwijken van de initiële waarden zijn de meetresultaten niet geldig.

Periodes waarin sprake is van stoorgeluid met een discontinu karakter (zoals incidentele voertuigpassages, vogels, vliegtuigen) worden niet meegenomen in de analyse. Wanneer er sprake is van stoorgeluid van continue aard (zoals windgeruis) wordt hiervoor gecorrigeerd.

Metingen voor het bepalen van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen

De metingen voor het bepalen van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen van de windturbine worden uitgevoerd op meetpunt P1. Bij de metingen worden de equivalente A-gewogen octaafbandspectra met middenfrequenties van 31,5 tot 8000 Hz vastgesteld over periodes met een duur van ten minste 1,0 minuut.

De metingen moeten worden uitgevoerd bij windsnelheden op ashoogte (V_H) die variëren tussen V_{ci} tot 95% van V_{rated} .

Waarin:

V_{ci}	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (cut in snelheid);
V_{rated}	windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert.

Bij iedere hele waarde van de windsnelheid V_H moeten binnen een bandbreedte van 1 m/s minstens drie metingen worden verricht. De totale meetset bedraagt ten minste 30 metingen van ten minste 1,0 minuut.

Om voldoende gegevens te verkrijgen bij alle relevante windsnelheidscondities kan het noodzakelijk zijn om meerdere meetsessies te organiseren. Bij controlemetingen voor handhaving kan het meetprogramma echter worden ingeperkt, zie paragraaf 1.6.

Rondometingen voor het bepalen van de richtingsindex (optioneel)

Ter bepaling van de richtingsindex van de windturbine worden simultaan metingen verricht op de meetpunten P1 tot en met P6. Volstaan wordt met het bepalen van het equivalente totale A-gewogen geluidniveau van de windturbine. De meetserie bestaat uit ten minste 10 metingen per positie met een duur van ieder ten minste 1,0 minuut. De windsnelheid op ashoogte ligt tijdens de metingen tussen $0,75V_{rated}$ en $0,95 V_{rated}$.

Geluidmetingen ter bepaling van stoorgeluid

De stoorgeluidcorrectie geschiedt op basis van metingen van het achtergrondgeluid bij uitgeschakelde windturbine. Tijdens de achtergrondmetingen moeten geluidmeetpositie, meetopstelling en omstandigheden overeenkomen met de situatie bij ingeschakelde turbine. Het bereik van de te bemeten windsnelheden moet overeenstemmen met de windtoestand op die hoogte bij ingeschakelde turbine.

1.3.2. Windsnelheid op ashoogte

De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid van het opgewekte elektrisch vermogen en de vermogenscurve van de installatie. De vermogenscurve moet zijn vastgesteld volgens een gangbare en controleerbare richtlijn. De periodes waarover het gemiddelde vermogen wordt vastgesteld, hebben een duur van 1,0 minuut en vallen samen met die van de geluidmetingen.

Bij sommige windturbines kan de geluidemissie softwarematig worden gestuurd door het verlagen van het rotortoerental (geluidmodus). Het rendement is dan wel lager dan bij het toerental dat voor energieopwekking het meest optimaal is. Voor een geluidmodus geldt daardoor een afwijkende vermogenscurve. Vanzelfsprekend moet de te hanteren vermogenscurve betrekking hebben op de modus die tijdens de metingen is ingesteld.

1.3.3. Windsnelheid voor achtergrondgeluidcorrectie

Voor het bepalen van de correctie voor stoorgeluid wordt de windsnelheid (V_A) gemeten op een afstand van $2D$ bovenwinds van de turbine, zowel bij ingeschakelde als bij uitgeschakelde turbine. Hierbij wordt een hoogte aangehouden van 5 tot 10 meter boven het plaatselijke maaiveld. De periodes waarover de gemiddelde windsnelheid wordt bepaald, komen overeen met die van de geluidmetingen.

1.3.4. Windrichting, temperatuur en luchtdruk

Informatie over de windrichting op ashoogte, de oriëntatie van de rotoras ten opzichte van de wind, temperatuur en luchtdruk kan worden overgenomen van het informatiesysteem van de turbine. Als alternatief kunnen de metingen worden uitgevoerd op de in paragraaf 1.3.3 aangegeven positie.

1.4. Verwerking van de meetgegevens

1.4.1. Correctie windsnelheid op ashoogte

In het algemeen is de vermogenscurve genormeerd op standaard atmosferische omstandigheden (veelal $p_{ref} = 101,3$ kPa en $T_{ref} = 288^\circ\text{K}$). Bij grote afwijkingen ten opzichte van de standaardcondities worden de met behulp van de vermogenscurveafgeleide windsnelheden gecorrigeerd voor de energie-inhoud van de heersende wind volgens:

$$1.2) \quad V_H = V_D \left(\frac{p_{ref} T}{p T_{ref}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Waarin:

V_H	gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte in m/s;
V_D	windsnelheid, afgeleid van de power curve in m/s;
p_{ref}	referentie luchtdruk;
T_{ref}	referentie luchttemperatuur;
p	luchtdruk in kPa;
T	luchttemperatuur in K.

1.4.2. Correctie voor stoorgeluid

Het niveau van het stoorgeluid L_{stoor} wordt berekend op basis van achtergrondmetingen op het betreffende geluidmeetpunt bij uitgeschakelde turbine. Hiertoe worden de geluidsniveaus op P1 (of P1-P6) uitgezet tegen de windsnelheid, gemeten op de in paragraaf 1.3.3 aangegeven positie. Vervolgens worden de coëfficiënten bepaald van het tweede graads polynoom dat zo goed mogelijk aansluit bij de meetwaarden.

$$1.3) \quad L_{stoor}(V_A) = a_0 + a_1 V_A + a_2 V_A^2$$

Waarin:

V_A	windsnelheid op 5 tot 10 meter hoogte boven het maaiveld, gemeten op een afstand van $2D$ bovenwinds van de turbine
-------	---

De 1-minuutgemiddelde geluidsniveaus, gemeten bij ingeschakelde turbine worden vervolgens gecorrigeerd voor stoorgeluid met:

$$1.4) \quad L_{eq} = 10 \lg \left[10^{\frac{L_{eq}^*}{10}} - 10^{\frac{L_{stoor}}{10}} \right] \text{ Waarin:}$$

L_{eq}	geluidniveau van de turbine;
L_{eq}^*	geluidniveau van de windturbine inclusief stoorgeluid;
L_{stoor}	niveau van het stoorgeluid, berekend met de op dat moment heersende windsnelheid (V_A) volgens formule 1.3.

Bij het bepalen van de geluidvermogens geschiedt stoorgeluidcorrectie met formule 1.3 en 1.4 per octaafband. Bij het bepalen van de correctiefactor voor de richtwerking kan worden volstaan met

correctie van totale A-gewogen niveaus. Het stoorgeluidniveau L_{stoor} wordt beperkt tot een waarde die ten minste 3,0 dB onder het niveau bij ingeschakelde turbine ligt.

1.4.3. Bepalen windsnelheidsafhankelijk geluidvermogen

De op P1 gemeten octaafbandniveaus bij ingeschakelde turbine worden uitgezet tegen de windsnelheid op ashoogte. Vervolgens wordt per octaafband de best passende derdegraads polynoom berekend van de relatie tussen het geluidniveau in de betreffende octaafband en de gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte V_H :

$$1.5) \quad L_{eq,i}(V_H) = b_{0,i} + b_{1,i}V_H + b_{2,i}V_H^2 + b_{3,i}V_H^3$$

Waarin:

i	1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8000 Hz)
-----	---

Hieruit worden vervolgens bij iedere hele waarde van de windsnelheid in m/s op ashoogte in het bereik van V_{ci} tot en met V_{rated} de equivalente octaafbandniveaus $L_{eq,i,j}$ berekend. Het geluidvermogen per octaafband wordt vervolgens berekend met:

$$1.6) \quad L_{W,i,j} = L_{eq,i,j} - 6 + 10 \lg(4 \pi R_1^2) = L_{eq,i,j} + 5 + 20 \lg R_1$$

Waarin:

$L_{W,i,j}$	geluidvermogen per octaafband i en per windsnelheidsklasse j
R_1	afstand tussen meetpunt P1 en het middelpunt van de rotor, zoals aangegeven in figuur 1.
j	integer, gelijk aan de windsnelheid in m/s vanaf V_{ci} tot en met V_{rated}
6	correctie voor drukverdubbeling als gevolg van meting op reflecterende plaat

1.4.4. Bepalen van de correctiefactor voor de richtwerking (optioneel)

Voor iedere meetwaarde op meetpunt k ($k = 1,2,...6$) wordt het verschil bepaald met het niveau dat simultaan is geregistreerd op referentiepositie P1. Hierbij wordt als volgt rekening gehouden met het verschil in afstand tot het middelpunt van de rotor:

$$1.7) \quad \Delta L_k = L_{Aeq,k} - L_{Aeq,1} + 20 \lg \left[\frac{R_k}{R_1} \right]$$

Waarin:

ΔL_k	richtingsindex in dB op meetpunt k , relatief ten opzichte van het referentiemeetpunt
$L_{Aeq,k}$	gemeten equivalente geluidniveau in dB(A) op meetpunt met index k
R_k	afstand van meetpunt met index k tot het middelpunt van de rotor
k	1,2...6

Vervolgens wordt de correctiefactor voor de richtwerking berekend uit:

$$1.8) \quad \Delta L = \frac{1}{6} \sum_{k=1}^6 \Delta L_k$$

Deze correctiefactor is relatief ten opzichte van het in referentierichting uitgestraalde geluidvermogen en neemt doorgaans een negatieve waarde aan.

1.5. Geluidvermogen bij windsnelheden hoger dan V_{rated}

De vaststelling van de windsnelheid op ashoogte op basis van de vermogenscurve geeft betrouwbare resultaten tot aan de windsnelheid V_{rated} waarbij de turbine het nominale vermogen (P_{rated}) levert. Als het windaanbod hoger is dan het nominale vermogen van de windturbine wordt de overtollige windenergie niet benut voor de opwekking van elektriciteit. De vermogenscurvemethode is daarom voor waarden boven P_{rated} niet direct bruikbaar en dientengevolge hoeven voor windsnelheden die uitstijgen boven V_{rated} geen metingen te worden verricht. Voor de berekening van het jaargemiddelde geluidvermogen is de informatie bij hoge windsnelheden echter wel nodig.

Vrijwel alle moderne turbines beschikken over een zogenaamde *pitch* regeling. Hierbij wordt het aandrijfvermogen boven het nominale vermogen gereduceerd door verkleining van de invalshoek van de rotorbladen. Bij dergelijke turbines is het geluidvermogen boven P_{rated} nagenoeg onafhankelijk van de windsnelheid. Daarom wordt voor dergelijke windturbines uitgegaan van:

$$1.9) \quad L_{W,i,j} = L_{W,i,V_{rated}}$$

bij $V_{rated} < j \leq V_{co}$

Hierbij stelt V_{co} de hoogste windsnelheid voor, waarbij de turbine in bedrijf is (cut out snelheid).

Bij een beperkte groep windturbines wordt het elektrisch vermogen boven P_{rated} passief gereduceerd, doordat de rotorbladen in overtrektoestand geraken (*stall* regeling). Bij *stall* geregelde turbines neemt de geluidemissie boven P_{rated} in de regel sterk toe met de windsnelheid. Voor dit type windturbines mag worden uitgegaan van formule 1.9 als de windsnelheid op ashoogte niet meer dan 10% van de tijd hoger is dan V_{rated} . Als niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, moet een specialistische meet- of rekenmethode worden gehanteerd voor het bepalen van het geluidvermogen in het betreffende windsnelheidsgebied.

1.6. Handhaving

Handhaving met metingen op geluidgevoelige gebouwen is door de invloed van stoorgeluid en problemen met representativiteit niet goed mogelijk. Daarom worden handhavingsmetingen toegespitst op controle van het geluidvermogen.

Het bepalen van het geluidvermogen bij alle voorkomende windsnelheden kan tijdrovend zijn en is in het algemeen niet nodig. Daarom kan – ter beoordeling van het bevoegd gezag – worden volstaan met steekproefsgewijze controle van het geluidvermogen. De uitvoering en uitwerking hiervan vindt plaats volgens de methode die in voorgaande paragrafen is beschreven, met uitzondering van het volgende:

- Bij de te onderzoeken hele waarde van de windsnelheid op ashoogte (index j) worden binnen een bandbreedte van 1 m/s minstens zes metingen verricht met een duur van ten minste 1,0 minuut per meting.
- De *totale A-gewogen niveaus* worden beschouwd in plaats van octaafbandniveaus.
- Op de gemeten totale A-gewogen niveaus wordt *lineaire regressie* uitgevoerd, waarna het geluidvermogen bij de hele waarde van de windsnelheid op ashoogte (index j) wordt berekend.

Bij het bepalen van de windsnelheid op ashoogte wordt in principe uitgegaan van door de exploitant aan te leveren productiegegevens. De gegevens kunnen in veel gevallen extern worden getoetst door registratie van het rotortoerental.

2. Standaardrekenmethode

2.1. Principe van de berekening

Het geluid wordt uitgedrukt in geluidbelasting L_{den} en L_{night} .

In algemene zin wordt het equivalente geluidniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) over een tijdvak T van t_1 tot t_2 als volgt bepaald

$$L_{A,eq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_{A,t}}{p_0} \right)^2 dt \right)$$

Waarin:

T	= $t_2 - t_1$
$p_{A(t)}$	= de A-gewogen momentane geluiddruk
p	= referentiedruk van 20 μ Pa

Het equivalente geluidniveau L_{eq} van een windturbine wordt berekend als de som van de jaargemiddelde geluidemissie L_E , de geluidoverdracht van de bron naar het beoordelingspunt bij gestandaardiseerde (gunstige) omstandigheden ΣD en de meteocorrectieterm C_{meteo} . De berekening wordt uitgesplitst per dag-, avond- en nachtperiode.

De emissie-term wordt bepaald uit de convolutie van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen en de langjaargemiddelde lokale windsnelheidsverdeling op ashoogte. Als de bron niet kan worden gekenmerkt door een zuivere monopool en dus niet in alle richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan de richtingsindex worden meegewogen.

De geluidoverdracht bij gestandaardiseerde omstandigheden wordt getypeerd door een positieve verticale geluidssnelheidsgradiënt. Dit betekent wind in de richting van het beoordelingspunt en een geringe invloed van de temperatuursgradiënt. De methode om de overdracht te berekenen is integraal overgenomen uit de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai (methode II.8). Deze methode wordt veelvuldig gebruikt bij andere geluidbronnen van industriële aard en behoeft om die reden geen nadere toelichting.

Met de meteorocorrectie-term wordt het verschil tussen de gestandaardiseerde en de gemiddelde overdrachtssituatie in rekening gebracht. De hier gebruikte term wijkt, zoals al aangegeven, af van de in de HMRI-1999 gedefinieerde term als gevolg van het meenemen van de windrichtingstatistiek. De correctie-term is daarom afhankelijk van de richting van de ontvanger ten opzichte van de bron.

2.2. Beschrijving van de bron

De geluiduitstraling van een windturbine kan worden gemodelleerd met één puntbron, als de horizontale afstand tussen de hartlijn van de mast en het immissiepunt ten minste gelijk is aan de ashoogte, vermeerderd met de helft van de rotordiameter, ofwel

$$r_{HOR} \geq H + D/2.$$

Waarin:

H	ashoogte
D	rotordiameter

De hoogte van de puntbron h_b ten opzichte van het maaiveld ter plaatse komt daarbij overeen met de hoogte van de rotoras:

$$h_b = H$$

2.3. De basisformules

De geluidbelasting van windturbines wordt uitgedrukt in de dosismaat L_{den} . Deze maat geeft de jaargemiddelde geluidbelasting weer, waarbij de avond- en nachtperiodes zwaarder wegen dan de dagperiode. De berekening van L_{den} en L_{night} gaat als volgt:

$$2.1) \quad L_{den} = 10 \lg \left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{dag}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{avond}+5}{10}} + \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{nacht}+10}{10}} \right)$$

Hierbij representeren L_{dag} , L_{avond} en L_{nacht} de equivalente A-gewogen geluidniveaus L_{eq} per dag-, avond- en nachtperiode. De beoordelingsperiodes zijn als volgt gedefinieerd:

dag	07:00–19:00 uur;
avond	19:00–23:00 uur;
nacht	23:00–07:00 uur.

Het jaargemiddelde equivalente A-gewogen niveau L_{eq} per beoordelingsperiode volgt uit:

$$2.2) \quad L_{A,eq} = 10 \lg \sum_{i=1}^9 \sum_{n=1}^N 10^{L_{eq,i,n}/10}$$

Waarin:

$L_{eq,i,n}$	bijdrage aan het equivalente niveau van één octaaf (index i) van één windturbine (index n) per beoordelingsperiode
--------------	--

i	1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8000 Hz)
n	1,2,... N (N is het aantal windturbines)

$L_{eq,i,n}$ wordt berekend uit het jaargemiddelde geluidvermogen van de windturbine, verminderd met de gemiddelde geluidoverdracht naar het immissiepunt. Berekend wordt het invallend geluid. De berekening gaat per octaafband, per beoordelingsperiode en per windturbine:

$$2.3) \quad L_{eq,i,n} = L_E - D_{geo} - D_{lucht} - D_{ref} - D_{scherm} - D_{veg} - D_{terrein} - D_{bodem} - C_{meteo}$$

Waarin:

L_E	jaargemiddeld geluidvermogen van de turbine in octaafband i in de betreffende beoordelingsperiode
D_{geo}	afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding
D_{lucht}	afname van het geluidniveau door absorptie in lucht
D_{refl}	afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
D_{scherm}	afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen)
D_{veg}	afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
$D_{terrein}$	afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen
D_{bodem}	afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn)
C_{meteo}	term die het verschil in rekening brengt tussen de gestandaardiseerde geluidoverdracht (meewind) en de gemiddelde meteorologische situatie

In de navolgende paragrafen wordt op de verschillende termen nader ingegaan.

2.4. De emissieterm L_E

2.4.1. De berekening

De emissieterm L_E representeert het jaargemiddelde geluidvermogen per octaafband dat door de turbine wordt uitgestraald. Het wordt berekend uit het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen van de installatie, de lokale langjaargemiddelde windsnelheidsverdeling op ashoogte en de correctiefactor voor de richtwerking. De berekeningen worden uitgesplitst per dag-, avond- en nachtperiode. De emissieterm wordt als volgt berekend:

$$2.4) \quad L_E = 10 \lg \left(\sum_{j=V_{ci}}^{V_{co}} \left(\frac{U_j}{100} 10^{L_{W,i,j}/10} \right) \right) + \Delta L$$

Waarin:

$L_{W,i,j}$	bronsterkte per octaafband i en per windsnelheidsklasse j in dB(A)
ΔL	correctiefactor voor de richtwerking van windturbines in dB
U_j	frequentie van voorkomen van windsnelheidsklasse j op ashoogte per beoordelingsperiode in procenten
j	windsnelheden in hele getallen op ashoogte in m/s, gelegen tussen V_{ci} en V_{co}
V_{ci}	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (ci = cut in)
V_{co}	hoogste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (co = cut out)

2.4.2. Bepalen van de bronsterkte

De broneigenschappen $L_{W,i,j}$ en ΔL volgen uit de in hoofdstuk 2 beschreven of een daaraan gelijkwaardige procedure. Als geen richtingsinformatie beschikbaar is, geldt $\Delta L = 0$ dB. In dat geval wordt het jaargemiddelde geluidvermogen van de turbine mogelijk in enige mate overschat, wat vanuit milieuhygiënisch oogpunt acceptabel wordt geacht.

2.4.3. Bepalen windsnelheidsverdeling

De windsnelheidsverdeling voor de dag-, avond- en nachtperiode is in tabellen beschikbaar op vaste roosterpunten in Nederland. De gegevens zijn afkomstig van het KNMI en zijn gebaseerd op langjarige windstatistiek van 2004 tot en met 2013.

De windverdelingen zijn beschikbaar in tabellen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de dag- (07-19 uur), avond- (19-23 uur) en nachtperiode (23-07 uur). De informatie heeft de vorm van frequentieverdelingen, waarbij per klasse wordt aangegeven hoe groot de waarschijnlijkheid van die klasse in de betreffende beoordelingsperiode is. De getalswaarden zijn gegeven in procenten, afgerond op twee decimalen. De windverdelingen zijn opgedeeld in 25 klassen. De middenwaarden van de klassen komen overeen met hele waarden van de windsnelheid. De klassenbreedte bedraagt 1 m/s.

Door het KNMI geleverde data is weergegeven in tabellen op vaste gridpunten. De gridpunten liggen op een equidistant en orthogonaal rooster. De afstand tussen de gridpunten is 2.5 km in beide richtingen. De coördinaten in het horizontale vlak zijn gedefinieerd volgens het Amersfoortse coördinatenstelsel (RDnew). Per roosterpunt zijn de histogrammen beschikbaar voor 14 hoogtes (10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260). De hoogte (z in meters) is relatief ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte. Indien de voet van de turbinemast uitsteekt boven het omringende terrein, dient dit te worden verdisconteerd in de ashoogte z.

2.4.4. Bijzondere situaties

Bij bepaalde typen windturbines kan de emissieterm worden beïnvloed door het tijdelijk programmeren van een zogenaamde geluidmodus. Hierbij wordt het rotortoerental actief lager ingesteld, wat resulteert in een lagere geluidemissie. In dat geval bestaan er dus meerdere relaties tussen het geluidvermogen en de windsnelheid op ashoogte. Dan wordt de geluidemissie berekend door energetische sommatie over alle voorkomende bedrijfsmodi, waarbij U_j naar rato over de bedrijfsmodi wordt verdeeld.

Een andere wijze van beperken van de geluidemissie is het tijdelijk stop zetten van de turbine, bijvoorbeeld bij harde wind tijdens de geluidgevoelige nachtelijke periode. In die situatie wordt U_j gebaseerd op de gemaximeerde tijdsduur waarbij de turbine bij die windsnelheid in bedrijf is.

2.5. De geometrische uitbreidingsterm D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens:

$$2.5) \quad D_{geo} = 10 \lg(4\pi r_i^2) = 20 \lg r_i + 11$$

Waarin:

r_i	afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt
-------	--

2.6. De luchtdemping D_{lucht}

De luchtabSORPTIE wordt bepaald uit:

$$2.6) \quad D_{lucht} = a_{lu}(f) r_i$$

De waarden voor de luchtabSORPTIECOEFFICIENT a_{lu} zijn vermeld in tabel 2.1.

tabel 2.1 De luchtabSORPTIECOEFFICIENT in dB/m in octaafbandwaarden (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10°C en een relatieve vochtigheid van 80%)									
middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
a_{lu} [dB/m]	$2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$6,7 \cdot 10^{-2}$

2.7. De term D_{refl}

Als er geen reflecterende objecten zijn geldt: $D_{refl} = 0$ dB.

Als er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidpad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid; en
- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van tenminste 5° in het horizontale vlak; en
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:
2.7) $h_b + r_{br}/16$ of $h_o + r_{or}/16$

waarin:

r_{br}	afstand van de bron tot het reflecterend object
r_{or}	afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object
h_o	ontvangerhoogte
h_b	bronhoogte

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten; ene. het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuren 2.1 en 2.2).

Bronsterkte van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. Als de overdrachtsomstandigheden voor bron en spiegelbron weinig verschillen, dan wordt geen aparte spiegelbron in rekening gebracht, en is:

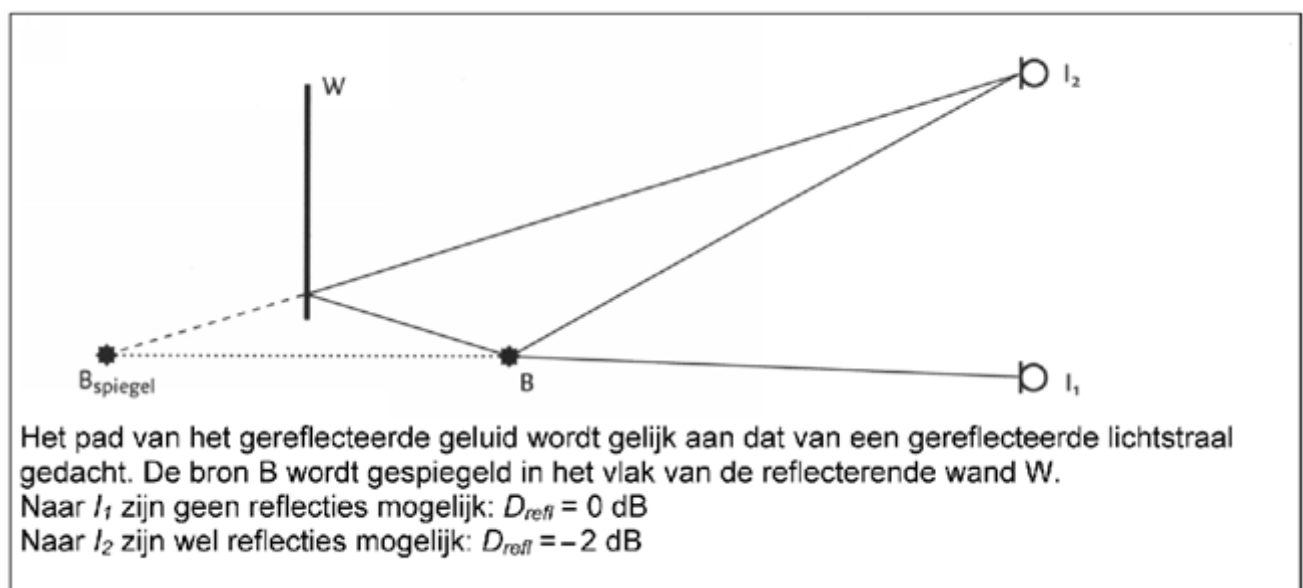
$$2.8) \quad D_{refl} = 10 \lg (1 + \rho)$$

Enkele waarden voor ρ , de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie, worden gegeven in tabel 2.2. Blijkt dat de geluidbijdrage via de reflectie sterk verschilt van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming (figuur 2.3), dan wordt deze spiegelbron als een aparte bron berekend en is $D_{refl} = 0$ dB. Voor de bronsterkte van de spiegelbron geldt:

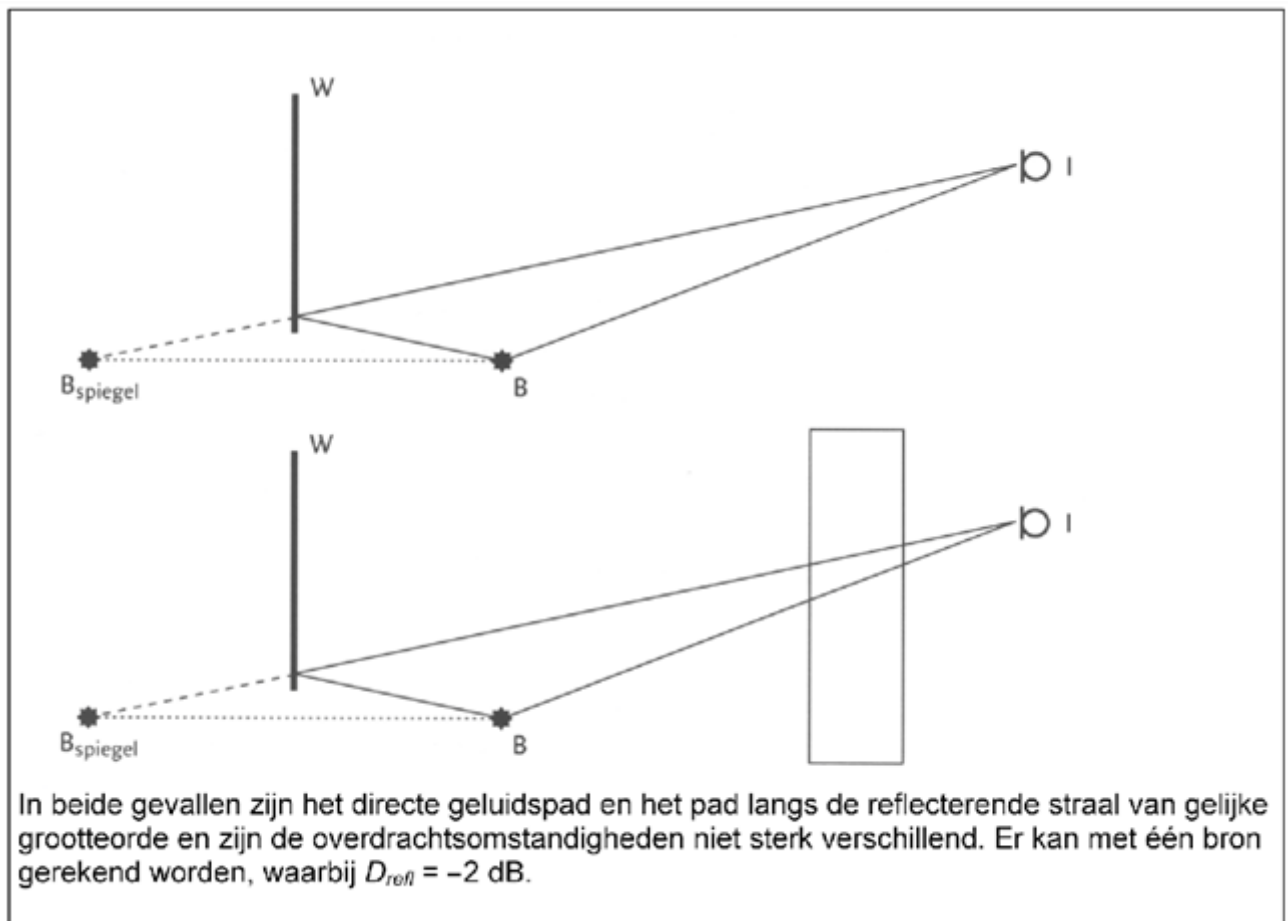
$$2.9) \quad (L_{W,i,m})_{spiegel} = L_{W,i,m} + 10 \lg \rho$$

Opmerkingen:

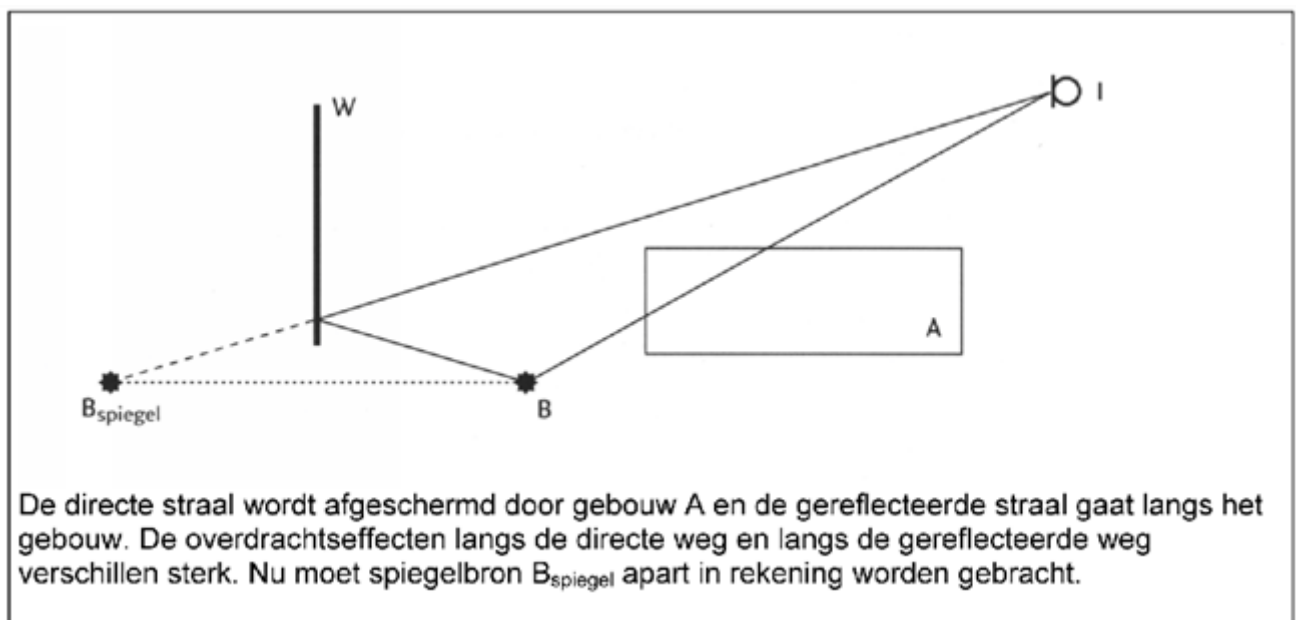
5. reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
6. spiegelbronnen mogen worden verwaarloosd als hun bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidimmissieniveau van de bron ligt.



figuur 2.1 Toelichting op optische spiegeling



figuur 2.2 Geen spiegelbron, $D_{refl} = -2$ dB



figuur 2.3 Wel spiegelbron in rekening brengen en $D_{refl} = 0$ dB

tabel 2.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt ρ

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt ρ
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin(\Psi / 2)}{2r_{bm}}$
open installaties	0

$d =$ diameter cilinder
 $r_{bm} =$ afstand bron tot het midden van de cilinder m
 $\Psi =$ supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en l-m

2.8. De schermwerking Dscherm

2.8.1. Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

- de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10 kg/m^2 bedraagt; enb. het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht; en
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte van het geluid. (in figuur 2.4 en 2.6: $s_l + s_r > \lambda$)

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule 2.15.

2.8.2. Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR' . De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

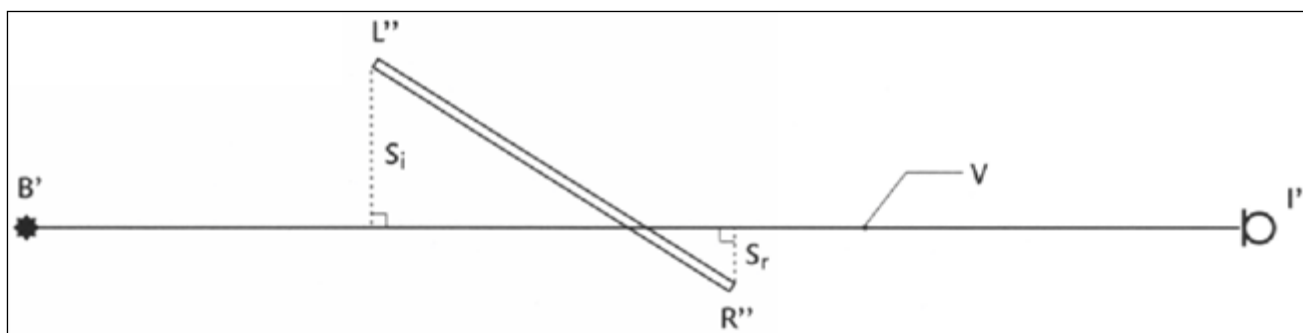
Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken mogen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

2.8.3. Berekening Dscherm

K	het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
T	de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
Q	het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidstraal, die de geluidsoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = $8r$).

$$2.10) \quad \Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)}$$

284



figuur 2.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens worden behandeld:

- V snijdt geen enkel scherm;
- V snijdt één scherm;
- V snijdt meer dan een scherm.

a. V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen slechts grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$2.11) \quad D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB}$$

Opmerking: in speciale gevallen kan het bronvermogen worden opgesplitst in kleinere deelbronnen. Zo wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

b. V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K , Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingen $k_1 = BK$, $k_2 = KI$, $q_1 = BQ$, $q_2 = QI$, $t_1 = BT$ en $t_2 = TI$ worden berekend (zie figuur 2.5). Hieruit is de verticale omweg ε_v te bepalen volgens:

$$2.12) \quad \begin{aligned} \text{Als } T \text{ boven } K \text{ ligt: } \varepsilon_v &= t_1 + t_2 - q_1 - q_2 \\ \text{Als } T \text{ onder } K \text{ ligt: } \varepsilon_v &= 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2 \end{aligned}$$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL' en RR' snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur 3.6).

$$2.13) \quad \begin{aligned} \text{De rechter omweg: } \varepsilon_r &= B'R'' + R''I' - r_1 - r_2 \\ \text{De linker omweg: } \varepsilon_l &= B'L'' + L''I' - r_1 - r_2 \end{aligned}$$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal N bepaald:

$$2.14) \quad \begin{aligned} N_v(f) &= 0,0059 \varepsilon_v f \\ N_r(f) &= 0,0059 \varepsilon_r f \\ N_l(f) &= 0,0059 \varepsilon_l f \end{aligned}$$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsband in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{\text{oct}}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsbanden de middenfrequentie van de betreffende tertsband. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd als de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule 2.15.

$$\text{Als } N_v \leq -0,1$$

$$D_{\text{scherm}} = 0 \text{ dB}$$

Als $N_v > -0,1$

$$2.15) D_{scherm} = 10H_f \left[\lg \left(\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_t+3} \right)^{-1} \right] - \Delta D$$

waarin:

H_f	$(h_{sr} - h_{ma}) f / 250$	als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 < 1$
H_f	1	als $(h_{sr} - h_{ma}) f / 250 \geq 1$
ΔD	zie tabel 2.3	

tabel 2.3 De waarden voor ΔD van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken	
ΔD [dB]	Betreft
0	– alle gebouwen; – dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; – grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen;
0	– grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat tenminste even hoog is als het grondlichaam
2	– grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; – grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam

Als $D_{scherm} \leq 0$ dB dan wordt $D_{scherm} = 0$ dB

Als $D_{scherm} \geq 20$ dB dan wordt $D_{scherm} = 20$ dB

Opmerking: als het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 2.15 over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$$2.16) D_{scherm} = 10H_f \lg (20N_v + 3)$$

c. Vlak V snijdt twee of meer schermen

We onderscheiden hier twee situaties namelijk:

c.1	de algemene situatie;
c.2	het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c.1 Algemene situatie

We onderscheiden:

- a: Voor geen of slechts één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat he kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).
- b: Meer schermen met $h_e \geq 0$.
Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermende object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen e.d. worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur 2.7) tussen de schermen voldoet aan:

$$r_{12} / r_i > 0,2$$

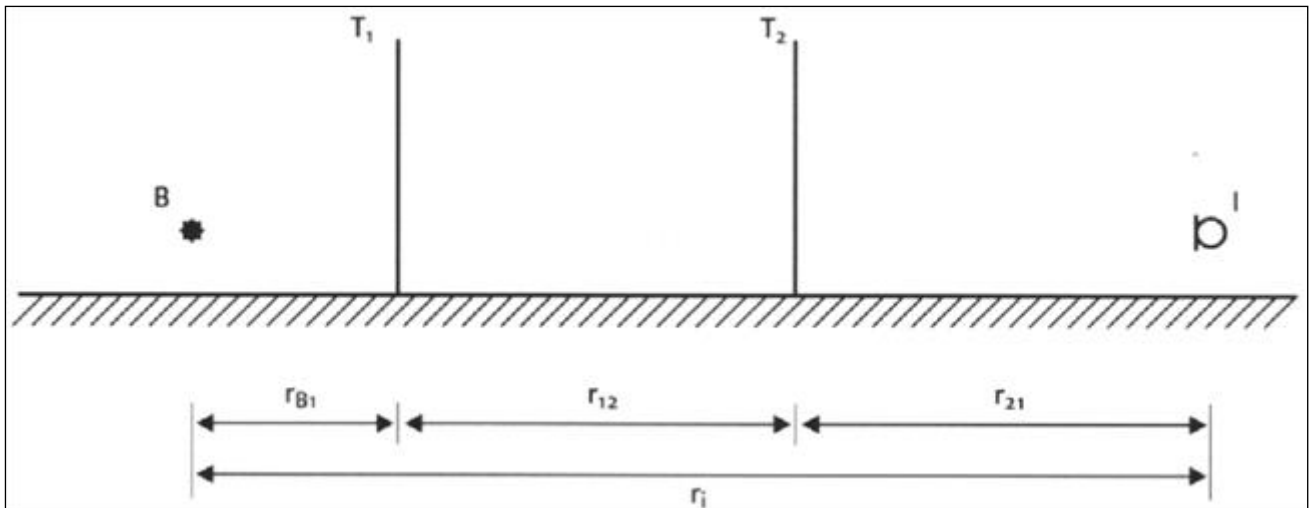
kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur 2.8 schematisch wordt aangegeven:

1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.

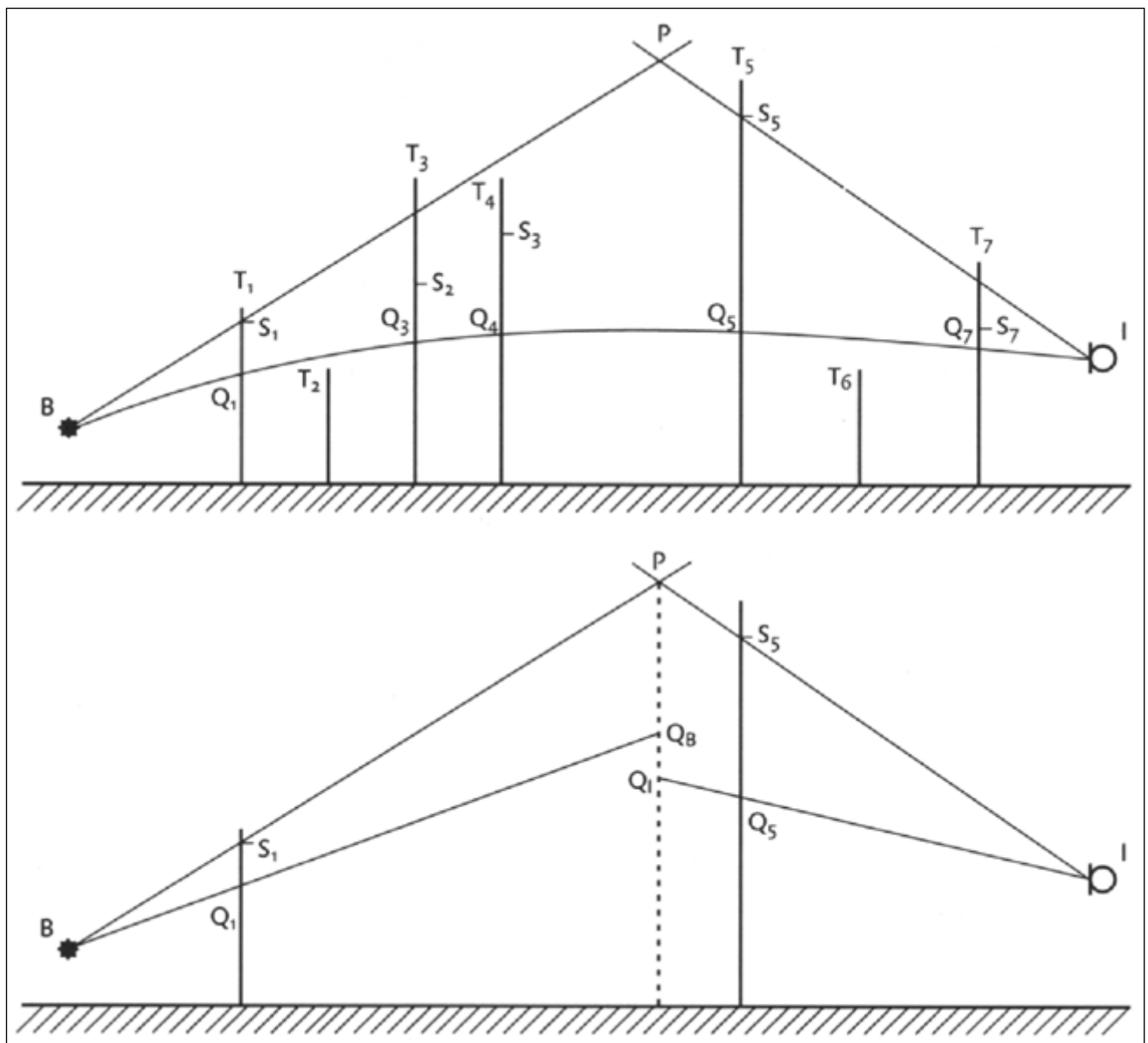
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

$$2.17) \quad S = h_e \left\{ 1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e + h_e}{s_i + s_r}} \right\}$$

s_i en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



figuur 2.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt



figuur 2.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

3. De verbindingslijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Tevens wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
4. Als de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen. In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht. Op p worden twee punten bepaald te weten:
 - Q_B , snijpunt p met de lijn BQ_j ;
 - Q_I , snijpunt p met de lijn IQ_k .

Bepaal de hypothetische omweg ε_h

$$2.18) \quad \varepsilon_h = BP + PI + - BQ_B - IQ_I$$

5. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend door

$$2.19) \quad D_{\text{scherm}} = 10 \lg (0,118 \varepsilon_h f + 3)$$

Met:

f	de middenfrequentie van de laagste tertsbands in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsbands bij berekening in tertsbanden.
-----	--

De waarde van D_{scherm} wordt in deze situatie als volgt begrensd:

$$4,8 \leq D_{\text{scherm}} \leq 20 \text{ dB}$$

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur 2.9)

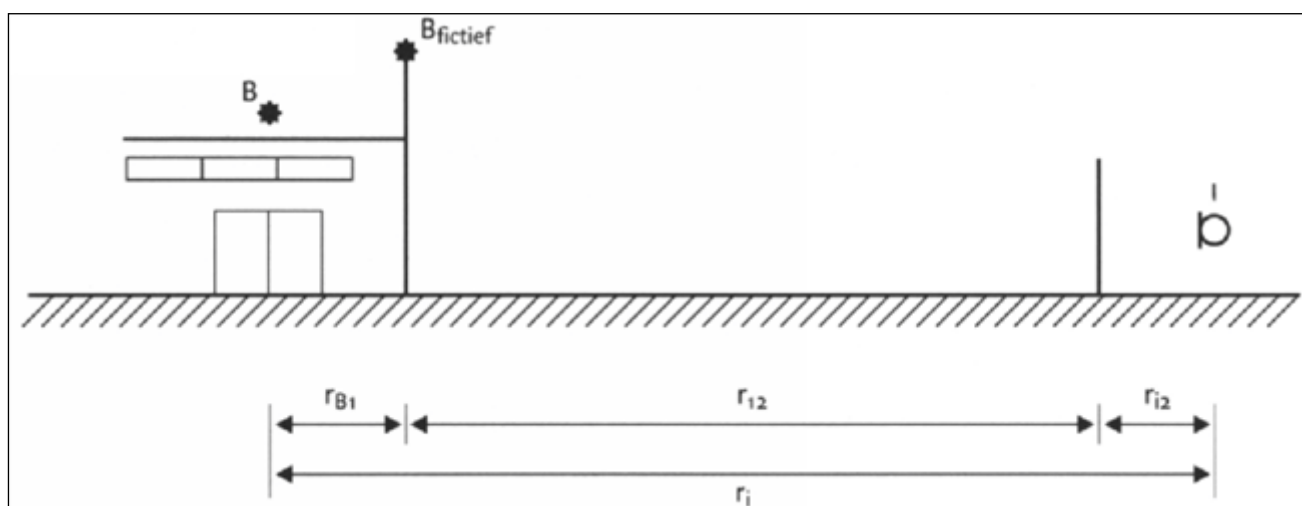
$$r_{B1} < 0,2 r$$

$$r_{i2} < 0,2 r$$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.

$$D_{\text{scherm}} = D_1 + D_2$$

Met dien verstande dat $0 \leq D_{\text{scherm}} \leq 40 \text{ dB}$



figuur 2.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Als voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor $(D_1 + D_2)$ gebruikt in de berekening.

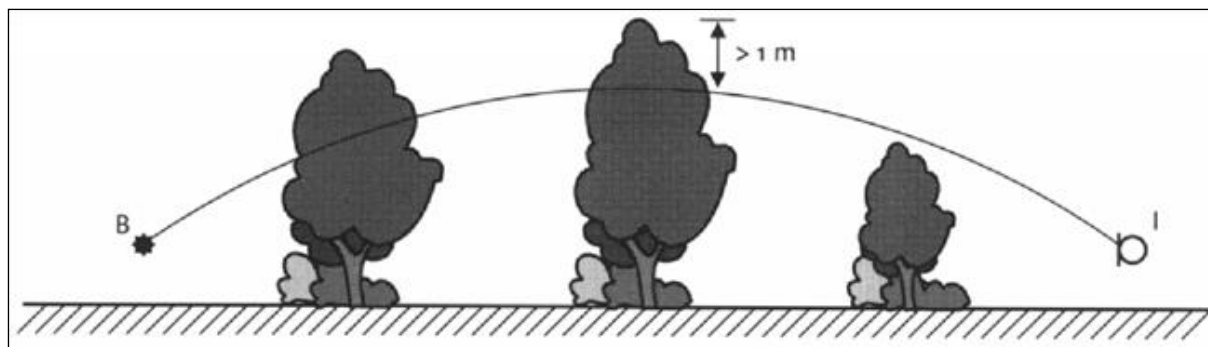
2.9. De term Dveg

Als zich in het gekromde geluidpad (zie formule 2.10) van geluidbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidreductie worden gehanteerd. Deze geluidreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel 2.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie tenminste 1 m hoger moet zijn dan de hoogte van het gekromde geluidpad ter plaatse van de afscherming (zie figuur 2.10).

In de praktijk zal in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Als verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast. De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt

voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel 2.4 te berekenen reductie mag dan voor de helft in rekening worden gebracht. Voorts mag in geen geval met meer dan vier beplantingsstroken worden gerekend.

tabel 2.4 Geluidreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, die meer dan 1 m boven het gekromde geluidpad van bron naar immissiepunt uitsteekt									
Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
D_{veg} [dB]	0	0	0	1	1	1	1	2	3



figuur 2.10 Het gekromde geluidpad gaat door twee 'regels' vegetatie

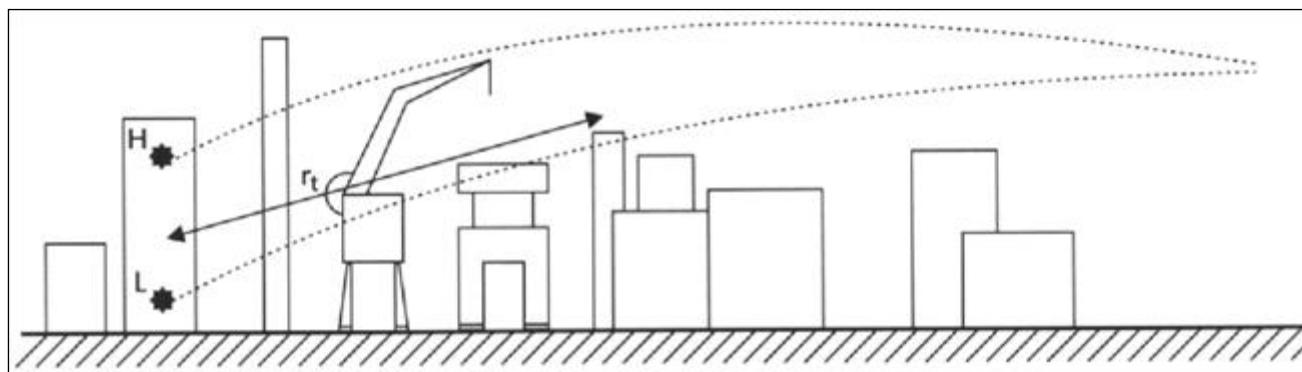
2.10. De term $D_{terrein}$

Op industrieterreinen kan, door geluidverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term $D_{terrein}$. Als $D_{terrein}$ in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. $D_{terrein}$ is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling $D_{terrein}$ door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermdende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

$$2.20) \quad D_{terrein} = t(f) r_t$$

$D_{terrein} \leq D_{max}$, met

$t(f)$	frequentie-afhankelijke factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in tabel 2.5.
r_t	het deel van de gekromde geluidstraal, dat door de 'open' installaties gaat (zie ook figuur 2.11). Als de geluidstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.
D_{max}	maximale type-afhankelijke dempingswaarden (zie tabel 2.5).



figuur 2.11 Toelichting r_t

tabel 2.5 Geluidverzwakking $t(f)$ in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)										
Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{max} [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tankenparken	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

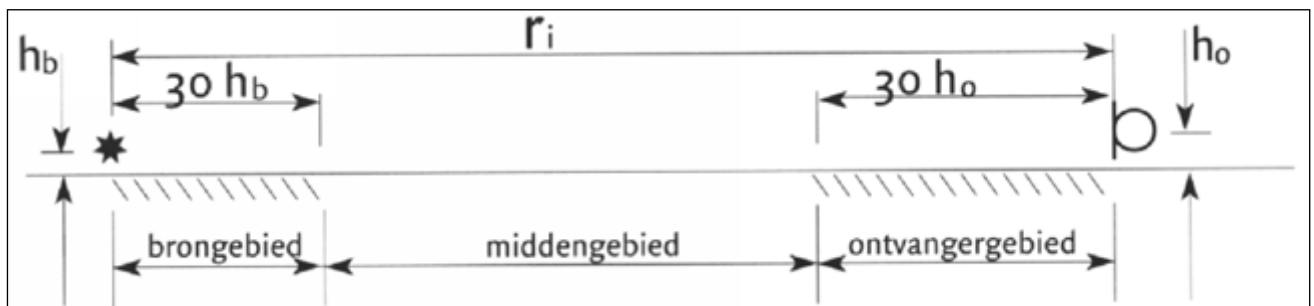
Bovengenoemde typen installaties kunnen worden gedefinieerd als:

- A:** Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- B:** Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- C:** Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel moeten met de nodige voorzichtigheid worden toegepast en dienen alleen ter indicatie. Als het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten, hebben deze de voorkeur.

2.11. De bodemdemping D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd. D_{bodem} wordt per octaafband bepaald.



figuur 2.12 Onderverdeling van bodemgebieden

2.11.1. Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie figuur 2.12).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b .

2.21)	$r_b = 30 h_b$	als $r_i \geq h_b$
	$r_b = r_i$	als $r_i < 30 h_b$

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o .

2.22)	$r_o = 30 h_o$	als $r_i \geq h_o$
	$r_o = r_i$	als $r_i < 30 h_o$

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

2.11.2. Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B .

a. Harde bodems: $B = 0$

Harde bodems zijn alle bodems die bestaan uit asfalt, bestrating, water, beton en alle bodems waarop veel reflecterende en geluidverstrooiende objecten staan zoals open procesinstallaties e.d. Vele industrieterreinen zijn als hard aan te merken.

b. Absorberende bodems: $B = 1$

Absorberende bodems zijn alle bodems waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: $B = n/100$

Als een gebied voor $n\%$ uit absorberende bodem bestaat, dan is de bodemfactor

$$2.23) \quad B = n/100$$

2.11.3. Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het midden gebied aangeven.

$$2.24) \quad D_{\text{bodem}} = D_{b,br} + D_{b,ont} + D_{b,mid}$$

De berekening van $D_{b,br}$ en $D_{b,ont}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

tabel 2.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied	
Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,br}$ of $D_{b,ont}$ [dB]
31,5	-3
63	-3
125	$-1 + B_b(a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b(b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b(c(h) + 1)$
1000	$-1 + B_b(d(h) + 1)$
2000	$-1 + B_b$
4000	$-1 + B_b$
8000	$-1 + B_b$

Waarin:

$$a(h) = 3,0e^{-0,12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5,7e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$$

$$b(h) = 8,6e^{-0,09h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(h) = 14,0e^{-0,46h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$d(h) = 5,0e^{-0,90h^2} \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

Opmerking: voor $h = h_o = 5$ m geldt:

2.25)

$$a(5) = 3,0 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0,6 \left(1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$$

$$b(5) = 0,9 \left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

$$c(5) = 0,0$$

$$d(5) = 0,0$$

De term $D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodemfactor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h . De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b .

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{scherm} \geq 4,8$) en bovendien de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

2.26)

$h = h_b$	als $h_b \geq 5$ m of $h_e \leq 0$
$h = h_b + (r_i - r_{bs})h_e / r_i$	als $h_b < 5$ m en $h_e > 0$

De term $D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie tabel 2.6).

De term $D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel 2.7).

tabel 2.7 De bodemverzwakking in het middengebied	
Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ [dB]
31,5 en 63	-3 m
125 en hoger	+3 m ($B_m - 1$)

Waarin:

$m = 0$ als $r_i \leq 30 (h_b + h_o)$

$m = 1 - 30 (h_b + h_o) / r_i$ als $r_i > 30 (h_b + h_o)$

2.12. Dampingsterm voor woongebieden Dhuis

Voor het bepalen van een gemiddelde dampingsterm voor woongebieden kan gebruik worden gemaakt van de ICG rapporten GF-HR-01-03 (1989) en GF-HR-01-05 (1989). Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term D_{huis} worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

2.13. De meteocorrectieterm C_{meteo}

De meteocorrectie voor windturbines wordt als volgt vastgesteld:

$$2.27) \quad C_{meteo} = 0 \text{ voor } r \leq 10(h_b + h_o)$$

$$C_{meteo} = 5 \left[1 - 10 \left(\frac{h_b + h_o}{r} \right) \right] \left[1 - \frac{1}{2} \cos (\beta - 45^\circ) \right] \text{ voor } r > 10(h_b + h_o)$$

Waarin:

β	hoek tussen het noorden en de verbindinglijn tussen bron en ontvanger (in graden)
h_b	bronhoogte met $h_b = H$
h_o	ontvangerhoogte
r	horizontale afstand tussen bron en ontvanger

3. Definities

3.1. Symbolen

symbool	eenheid	omschrijving
ΔL	dB	correctiefactor voor de richtwerking van windturbines
a_{lu}	dB/m	luchtabsorptiecoëfficiënt
B	–	bodemfactor
B_b	–	bodemfactor van het brongebied
B_m	–	bodemfactor van het middengebied
B_o	–	bodemfactor van het ontvangergebied
C_{meteo}	dB	meteocorrectieterm
D	m	rotordiameter
d	m	diameter cilinder
$D_{b,br}$	dB	bodemverzwakking in het brongebied
$D_{b,mid}$	dB	bodemverzwakking in het middengebied
$D_{b,ont}$	dB	bodemverzwakking in het ontvangergebied
D_{bodem}	dB	damping ten gevolge van de bodem
D_{geo}	dB	afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding
D_{lucht}	dB	afname van het geluidniveau door absorptie in lucht
D_{max}	dB	maximale type-afhankelijke dempingswaarden
D_{refl}	dB	afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
D_{scherm}	dB	afname ten gevolge van afscherming door obstakels
$D_{terrein}$	dB	afname door damping t.g.v. installaties op het industrieterrein
D_{veg}	dB	afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
f	Hz	frequentie
H	m	verticale afstand tussen het maaiveld en het middelpunt van de rotor
h_b	m	bronhoogte = H
h_e	m	effectieve schermhoogte
h_m	m	hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_o	m	beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak
i	–	1,2...9 (oktaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8000 Hz)
j	–	integer windsnelheden op ashoogte, gelegen tussen v_{ci} en v_{co}
$L_{Aeq,k}$	dB(A)	gemeten equivalente geluidniveau op meetpunt met index k
L_{eq}	dB(A)	geluidniveau van de turbine
L_{CUM}	dB(A)	gecumuleerd hinderequivalent geluidniveau
L_{eq}^*	dB(A)	geluidniveau van de windturbine inclusief stoorgeluid
L_{stoor}	dB(A)	stoorgeluid bij uitgeschakelde turbine (achtergrondgeluid)
L_E	dB(A)	jaargemiddeld geluidvermogen in octaafband i per beoordelingsperiode
$L_{W,i,j}$	dB(A)	bronsterkte per octaafband i en per windsnelheidsklasse j
L_{xx}^*	dB(A)	Hinderequivalente geluidbelasting, $xx=LL$ (luchtvaart), RL (railverkeer), VL (wegverkeer), IL (industrie), WT (windturbine)
N	–	Fresnelgetal
p	p	luchtdruk
p_{ref}	kPa	referentie luchtdruk; veelal $p_{ref} = 101,3$ kPa
R_0	m	horizontale afstand tussen P_k en de verticale hartlijn van de mast
R_1	m	kortste afstand tussen meetpunt P_1 en het middelpunt van de rotor
r_{bm}	m	afstand bron tot het midden van de cilinder m
r_{br}	m	afstand van de bron tot het reflecterend object
r_i	m	afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt
R_k	m	afstand van meetpunt met index k tot het middelpunt van de rotor
r_{or}	m	afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object
r_t	m	deel van de gekromde geluidstraal, dat door de 'open' installaties gaat
T	T	luchttemperatuur
$t(f)$	dB/m	factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen
T_{ref}	K	referentie luchttemperatuur; veelal $T_{ref} = 288$ K
U_j	%	frequentie van voorkomen van windsnelheid j op ashoogte per periode
V_A	m/s	windsnelheid op 5-10 meter hoogte boven het maaiveld
V_{ci}	m/s	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is
V_{ci}	m/s	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is
V_{co}	m/s	hoogste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is
V_D	m/s	windsnelheid, afgeleid van de power curve

symbool	eenheid	omschrijving
V_H	m/s	gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte
V_{rated}	m/s	windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert
α_k	°	hoek tussen windrichting/rotoras en de lijn tussen bron en ontvanger
β	°	hoek tussen het noorden en de verbindinglijn tussen bron en ontvanger
ΔD	dB	tophoekcorrectie
ε_h	m	horizontale omweg om scherm
ε_v	m	verticale omweg om scherm
ρ	–	reflectiecoëfficiënt
ψ	°	supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en l-m

3.2. Begrippen

Begrip	Omschrijving
Avondperiode	De beoordelingsperiode van 19.00 tot 23.00 uur
Beoordelingshoogte	De hoogte van het beoordelingspunt boven het maaiveld
Beoordelingspunt	Het punt waar de geluidbelasting wordt berekend en getoetst aan (eventuele) grenswaarden
Dagperiode	De beoordelingsperiode van 07.00 tot 19.00 uur
Equivalent geluidniveau	$L_{Aeq} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right\}$ Waarin: p_A A-gewogen momentane geluiddruk p_0 referentiegeluiddruk van 20 µPa
Invallend geluidniveau	Het geluidniveau dat op een gevel invalt zonder dat hierbij de eigen gevelreflectie betrokken wordt
Monopool	Rondom gelijk uitstralende puntbron
Nachtperiode	De beoordelingsperiode van 23.00 tot 07.00 uur
Referentierichting	Richting die samenvalt met de rotoras (benedenwinds)
Richtingsindex	Het in een bepaalde richting uitgestraalde geluidvermogen, verminderd met het geluidvermogen dat in referentierichting wordt uitgestraald
Stoorgeluid	Het op een emissiemeetpunt optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidbronnen dan de windturbine
Vermogenscurve	Het verband tussen het elektrisch vermogen en de windsnelheid op ashoogte bij standaard atmosferisch omstandigheden

~~BIJLAGE XXVI BIJ ARTIKEL 8.25, DERDE LID, VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE CUMULATIE GELUID)~~

~~Het geluid van de bronsoorten spoorwegverkeer, luchtvaart, industrie, wegverkeer en windturbines wordt eerst omgerekend naar een geluidbelasting door wegverkeer die evenveel hinder veroorzaakt volgens:~~

$$~~L_{RL}^* = 0,95 L_{RL} - 1,40~~$$

$$~~L_{LL}^* = 0,98 L_{LL} + 7,03~~$$

$$~~L_{IL}^* = 1,00 L_{IL} + 1,00~~$$

$$~~L_{VL}^* = 1,00 L_{VL} + 0,00~~$$

$$~~L_{WT}^* = 1,65 L_{WT} - 20,05~~$$

~~Waarin:~~

~~L_{RL} , L_{LL} en L_{WT} is uitgedrukt in L_{den} ; en~~

~~L_{VL} is uitgedrukt in L_{den} zonder de in artikel 110g van de Wet geluidhinder bedoelde aftrek; en het geluid van industrielawaai is uitgedrukt in L_{etmaal} .~~

~~Als het geluid van alle betrokken geluidbronnen is omgerekend in L^* -waarden, dan wordt de gecumuleerde waarde L_{cum} berekend met energetische sommatie. De rekenregel hiervoor is:~~

$$~~L_{cum} = 10 \lg \left(\sum_{n=1}^N 10^{L_n^*/10} \right)~~$$

~~waarbij gesommeerd wordt over alle N betrokken bronnen en de index n kan staan voor RL, LL, IL, WT en VL.~~

BIJLAGE XXXa BIJ ARTIKEL 12.71b VAN DEZE REGELING (REKENMETHODE GEMIDDELDE GELUIDEMISSION)

1. Regels voor het berekenen van de gemiddelde geluidemissie

1.1 Begrippen

rijlijn: lijn die de plaats van de geluidsafstraling van de motorvoertuigen representeert;

spoorbaandeel: spoorbaangedeelte die de geluidafstraling van spoorvoertuigen representeert;

GE_{weg} : Gemiddelde geluidemissie voor de geluidbronsoort wegen;

GE_{spoor} : Gemiddelde geluidemissie voor de geluidbronsoort lokale spoorwegen

1.2. Gemiddelde geluidemissie van wegen

1.2.1 Deelemissie lokale spoorwegen onderdeel van de weg

Per bronhoogte wordt de emissie bepaald aan de hand van de formules 2.1 van Bijlage IVd van deze regeling. De totale emissie van een spoorbaandeel k voor periode p (dag, avond en nacht) wordt berekend met de volgende formule:

$$L_{Rk,p} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^8 10^{L_{E,i}^{bs}/10} + 10^{L_{E,i}^{as}/10} + 10^{L_{E,i}^{2m}/10} + 10^{L_{E,i}^{4m}/10} + 10^{L_{E,i}^{5m}/10} \right)$$

1.2.2. Deelemissie wegverkeer

De emissie per rijlijn of weg k voor periode p (dag, avond of nacht) wordt bepaald aan de hand van formule 2.3 van bijlage IVc van deze regeling, waarbij C_{H_m} niet in deze berekening wordt meegenomen. De geluidemissie $L_{Rk,p}$ voor een rijlijn k wordt als volgt berekend:

$$L_{Rk,p} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{m=lv}^{zw} \sum_{i=1}^8 10^{L_{E,i,m}/10} \right)$$

1.2.3. Gemiddelde geluidemissie van een weg

De gemiddelde geluidemissie van een weg wordt bepaald door de energetische som van de individuele (uurgemiddelde) emissies van rijlijnen en/of spoorbaandelen (k) die tot één weg behoren. De berekening is als volgt:

$$GE_{weg} = 10 \cdot \log \left(\sum_{k=1}^n \left(\frac{12}{24} \cdot 10^{(L_{Rk,dag}/10)} + \frac{4}{24} \cdot 10^{((L_{Rk,avond}+5)/10)} + \frac{8}{24} \cdot 10^{((L_{Rk,nacht}+10)/10)} \right) \right)$$

1.3. Gemiddelde geluidemissie lokale spoorwegen geen onderdeel van de weg

Per bronhoogte wordt de emissie bepaald aan de hand van de formules 2.1 van Bijlage IVd van deze regeling. De totale emissie van een spoorbaandeel k voor periode p (dag, avond en nacht) wordt berekend met de volgende formule:

$$L_{Sk,p} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^8 10^{L_{E,i}^{bs}/10} + 10^{L_{E,i}^{as}/10} + 10^{L_{E,i}^{2m}/10} + 10^{L_{E,i}^{4m}/10} + 10^{L_{E,i}^{5m}/10} \right)$$

De totale gemiddelde geluidemissie van een spoorweggedeelte bestaat uit de som van de spoorbaandelen k per periode gewogen naar een L_{den} waarden.:

$$GE_{spoor} = 10 \cdot \log \left(\sum_{k=1}^n \left(10^{(L_{S_{k,dag}}/10)} + 10^{((L_{S_{k,avond}}+5)/10)} + 10^{((L_{S_{k,nacht}}+10)/10)} \right) \right)$$

2. Kwalitatieve bepaling verschillen gemiddelde geluidemissies

Voor het afschatten of een verschil tussen gemiddelde geluidemissie en een basisgeluidemissies kleiner is dan 1,5 dB wordt de volgende vuistregel worden gehanteerd.

Het verschil tussen beide emissie is kleiner dan 1,5 dB als de verkeersintensiteiten minder dan 40% verschillen voor ieder van de drie voertuigcategorieën bij minimaal gelijkblijvende omstandigheden (rijksnelheden en verhardingen). Het verschil in verkeersintensiteit van minder dan 40% kan kwalitatief worden onderbouwd door ruimtelijke ontwikkelingen te beschouwen.

3. Detaillering invoergegevens

Voor het bepalen van een gemiddelde geluidemissie wordt voor de modellering van wegdektypen en bovenbouwtype uitgegaan van de representatieve deklaag of bovenbouwconstructie voor dat weg of spoor gedeelte. Korte onderbrekingen in wegdek of bovenbouw type, zoals een drempel met klinkers in een asfaltweg, worden buiten beschouwing gelaten.

Voor de bepaling van de gemiddelde geluidemissie mag een vereenvoudigde modellering van kruisingen en rotondes worden toegepast.

Bij de bepaling van een gemiddelde geluidemissie mogen meerdere rijlijnen behorende bij een weg als één rijlijn worden beschouwd. Bij de bepaling van een gemiddelde geluidemissie mogen meerdere spoorbanen behorende bij een spoorweg of weg als één spoorbaan worden beschouwd.

Bij de berekening wordt uitgegaan van de werkelijke deklaagtypen, waarbij gebruik gemaakt kan worden van de standaard wegdektypes zoals gepubliceerd op www.infomil.nl. Er wordt verder geen gebruik gemaakt van standaard invoerwaarden of veronderstellingen, tenzij de verzameling van werkelijke gegevens met onevenredig hoge kosten gepaard gaat.

4. Toelichting

De gemiddelde geluidemissie wordt gebruikt om de basisgeluidemissie en de monitoringswaarde te berekenen. Alleen parameters die van invloed zijn op de emissie zijn hierbij van belang. Er geldt één gemiddelde geluidemissie voor een wegvak. Een wegvak kan bestaan uit een enkele rijlijn of spoorlijn, maar ook uit combinaties van meerdere rijlijnen en/of spoorlijnen. Voor het bepalen van een geluidemissie is het van belang uit te kunnen gaan van representatieve waarden voor een wegvak. Zo kunnen kleine onderbrekingen in wegdektype buiten beschouwing worden gelaten. Ook is het niet noodzakelijk in detail rotondes en kruisingen te beschouwen. Het bevoegd gezag heeft hiermee enige vrijheid in gewenst detailniveau bij het berekenen van een basisgeluidemissie.

In veel gevallen zal er bij het bepalen van een gemiddelde geluidemissie alleen een andere verkeersintensiteit zijn ten opzichte van de basisgeluidemissie (voertuigverdeling, snelheden en wegdekverharding blijven gelijk). Met een vuistregel kan onderbouwd worden dat de monitoringswaarde lager zal zijn dan de basisgeluidemissie + 1,5 dB. Bij gelijkblijvende omstandigheden komt een toename van 1,5 dB overeen met een toename van het verkeer met 40%. als kwalitatief onderbouwd kan worden dat deze toename in verkeer lager is dan 40% hoeft niet gekwantificeerd te worden wat deze toename is. Uitgangspunt voor de regel van 40% is dat rijksnelheden niet hoger zijn vergeleken met het basisjaar en de soort verharding moet dan minimaal even stil zijn als de soort verharding in het basisjaar.