

Directoraat-Generaal Milieu

Verkeer

Directie Lokale Milieukwaliteit en

www.vrom.nl

Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai

internet uitgave 2004

→

Colofon Handleiding meten en rekenen Industrielawaai

Begeleidingscommissie

Ir. A.W. Bezemer – Ministerie van VROM

Ing. E.J.L. Niehoff – Ministerie van VROM

Ir. F.H.A. van den Berg – TNO Technisch Fysische Dienst TU Delft

Ing. J. Bijl – Akzo Nobel Engineering (namens BMRO VNO-NCW)

Ir. J.H. Granneman – Adviesbureau Peutz & Associés B.V.

Ir. A.I. Koffeman – Lichtveld Buis & Partners B.V.

Ing. C.A. Nierop – M+P Raadgevende Ingenieurs B.V.

Ing. R.P.A. Ros – Hoogovens Staal Infrastructuur & Services (namens BMRO VNO-NCW)

Ir. R. Witte – dgmr Raadgevende Ingenieurs B.V.

H. Wolfert – DCMR Milieudienst Rijnmond (namens IPO)

Samengesteld door:

TNO Technisch Fysische Dienst TU Delft

M+P Raadgevende Ingenieurs B.V., Aalsmeer

Adviesbureau Peutz & Associés B.V., Zoetermeer

In opdracht van:

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)

Directoraat Generaal Milieubeheer

Directie Geluid en Verkeer

Dit is de elektronische uitgave van 2004 en bevat de errata van 1999. Verwijzingen naar bladzijnummers zijn helaas niet meer exact.

Er zijn 5 bestanden: module A, module B, **Module C1**, Module C2, en Module D

→

MODULE C METHODE II

- 1 **Inleiding**

- 2 **Meet- en rekenmethode industrielawaai voor complexe situaties (methode II)**
- 2.1 **Structuur**
- 2.2 **Toepassingsgebied**
- 2.3 **Vereist kennisniveau**
- 2.4 **Relatie met ISO-, EN- en NEN-normen**
- 2.5 **Nauwkeurigheid van methode II**
 - 2.5.1 **Vereiste nauwkeurigheid**
 - 2.5.2 **Verwaarloozingscriterium**
 - 2.5.3 **Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen**
 - 2.5.4 **Afrondingen**

- 3 **Immissiemetingen (methode II.1)**
- 3.1 **Algemeen**
- 3.2 **Toepassingsgebied**
- 3.3 **Meetapparatuur**
- 3.4 **Vaststelling van de meetcondities**
 - 3.4.1 **Brongeometrie en bedrijfssituatie**
 - 3.4.2 **Keuze van de meetlocatie**
 - 3.4.3 **Weersomstandigheden**
- 3.5 **Uitvoering van de geluidsmetingen**
 - 3.5.1 **Meetduur**
 - 3.5.2 **Aantal metingen**
 - 3.5.3 **Stoorgeluidscorrectie**
- 3.6 **Bijzondere bewerkingen**
 - 3.6.1 **Extra- en/of interpolatie**
 - 3.6.2 **Directe bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau**
 - 3.6.3 **Gestandaardiseerde meteorologische omstandigheden**
- 3.7 **Bepaling beoordelingsgrootheden**
- 3.8 **Rapportage**
- 3.9 **Immissiemeetmethode windturbines**

- 4 **Bronsterktebepaling 111**
- 4.1 **Algemeen 111**
 - 4.1.1 **Immissierelevante bronsterkte L_{WR}**
 - 4.1.2 **Relevant frequentiegebied**
 - 4.1.3 **Indeling emissiemeetmethoden**
 - 4.1.4 **Aansluiting bij overdrachtsberekeningen**
- 4.2 **Geconcentreerde bronmethode (methode II.2)**
 - 4.2.1 **Algemeen**
 - 4.2.2 **Toepassingsgebied**
 - 4.2.3 **Meetapparatuur**
 - 4.2.4 **Vaststelling van de meetcondities**
 - 4.2.4.1 **Brongeometrie en bedrijfssituatie**
 - 4.2.4.2 **Keuze van de meetlocatie**
 - 4.2.4.3 **Weersomstandigheden**
 - 4.2.5 **Uitvoering van de geluidsmetingen**
 - 4.2.5.1 **Algemeen**
 - 4.2.5.2 **Meetduur**
 - 4.2.5.3 **Aantal metingen**
 - 4.2.6 **Berekening van de bronsterkte L_{WR}**
 - 4.2.7 **Rapportage**

-
- 4.3 **Aangepast meetvlakmethode (methode II.3)**
 - 4.3.1 **Algemeen**
 - 4.3.2 **Toepassingsgebied**
 - 4.3.3 **Meetapparatuur**
 - 4.3.4 **Vaststelling van de meetcondities**
 - 4.3.4.1 **Brongeometrie en bedrijfssituatie**
 - 4.3.4.2 **Keuze van de meetlocatie**
 - 4.3.4.3 **Weersomstandigheden**
 - 4.3.5 **Uitvoering van de geluidsmetingen**
 - 4.3.5.1 **Algemeen**
 - 4.3.5.2 **Meetduur**
 - 4.3.5.3 **Aantal metingen**
 - 4.3.6 **Berekening van de bronsterkte L_{WR}**
 - 4.3.6.1 **Meetvlakniveau $<L_s>$**
 - 4.3.6.2 **Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F**
 - 4.3.6.3 **Richtingsindex DI**
 - 4.3.6.4 **Berekening bronsterkte L_{WR}**
 - 4.3.7 **Rapportage**
 - 4.4 **Rondommethode (methode II.4)**
 - 4.4.1 **Algemeen**
 - 4.4.2 **Toepassingsgebied**
 - 4.4.3 **Meetapparatuur**
 - 4.4.4 **Vaststelling van de meetcondities**
 - 4.4.4.1 **Brongeometrie en bedrijfssituatie**
 - 4.4.4.2 **Keuze van de meetlocaties**
 - 4.4.4.3 **Weersomstandigheden**
 - 4.4.5 **Uitvoering van de geluidsmetingen**
 - 4.4.5.1 **Algemeen**
 - 4.4.5.2 **Meetduur**
 - 4.4.5.3 **Aantal metingen**
 - 4.4.6 **Berekening van de bronsterkte L_{WR}**
 - 4.4.7 **Rapportage**
 - 4.5 **Intensiteitsmetingen (methode II.5)**
 - 4.5.1 **Algemeen**
 - 4.5.2 **Toepassingsgebied**
 - 4.5.3 **Meetapparatuur**
 - 4.5.4 **Uitvoering van intensiteitsmetingen**
 - 4.5.5 **Rapportage**
 - 4.6 **Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)**
 - 4.6.1 **Algemeen**
 - 4.6.2 **Toepassingsgebied**
 - 4.6.3 **Meetapparatuur**
 - 4.6.4 **Uitvoering van de snelheidsmetingen**
 - 4.6.5 **Berekening van het geluidsvermogen L_w**
 - 4.7 **Uitstraling gebouwen (methode II.7)**
 - 4.7.1 **Algemeen**
 - 4.7.2 **Aanvullende metingen**
 - 4.7.3 **Berekening van de bronsterkte L_{WR}**
 - 4.7.4 **Overdrachtsberekening**
 - 4.8 **Internationale standaarden en/of andere meetmethoden**
 - 4.8.1 **Algemeen**
 - 4.8.2 **Beknopt overzicht normen en voorschriften**
 - 4.8.3 **Rapportage**
 - 5 **Overdrachtsmodel (methode II.8)**
 - 5.1 **Algemeen**



5.2	Bronbeschrijving
5.2.1	Samenvoegen van bronnen
5.2.2	Splitsen van bronnen
5.3	Basisformule
5.3.1	D_{geo}
5.3.2	D_{lucht}
5.3.3	D_{refl}
5.3.4	D_{scherm}
5.3.5	D_{veg}
5.3.6	D_{terrein}
5.3.7	D_{bodem}
5.3.8	D_{huis}
6	Substitutiemethode (methode II.9)
7	Hybride methoden (methode II.10)
8	Bepaling beoordelingsgrootheden
8.1	Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{\text{Aeq,LT}}$
8.2	Bepaling beoordelingsniveau $L_{\text{Ar,LT}}$
8.3	Bepaling beoordelingsniveau L_{elmaai}
8.4	Maximaal geluidsniveau L_{Amax}
9	Definities
	Literatuurlijst

→

1 Inleiding

Methode II van de Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (Handleiding) is een methode ter bepaling van geluidsimmissieniveaus in complexe situaties. De geluidsimmissieniveaus betreffen het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{A,r,LT}$ en het maximale geluidsniveau $L_{A,max}$.

Methode II omvat een immissiemeetmethode en een groot aantal emissiemeetmethoden gecombineerd met een uitgebreid overdrachtsrekenmodel.

Deze metingen en berekeningen worden spectraal uitgevoerd.

De methode wordt met name toegepast bij:

- inrichtingen die in het kader van de Wet milieubeheer (Wm) vergunningplichtig zijn en waar sprake is van een complexe situatie met vele geluidsbronnen en/of meerdere bedrijfstoestanden. Een akoestisch onderzoek kan noodzakelijk zijn voor een Wm- vergunning of uit het oogpunt van handhaving;
- inrichtingen waarvoor vergunningverlening of handhaving in het kader van het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer (Ivb) ex artikel 2.4 van toepassing is;
- bestaande of nieuwe inrichtingen op een gezoneerd industrieterrein. Een akoestisch onderzoek kan verricht worden in het kader van zonering en sanering van een industrieterrein.

Voor minder complexe situaties kan gebruik gemaakt worden van methode I. Deze methode I kan worden toegepast voor eenvoudige situaties; metingen en berekeningen worden hierbij uitsluitend in dB(A) uitgevoerd.

→

2 Meet- en rekenmethode industrielawaai voor complexe situaties (methode II)

2.1 Structuur

Meet- en rekenmethode II omvat de diverse methoden ter bepaling van bronsterkten en beoordelingsgrootheden op beoordelingspunten. In tabel C.2.1 is een overzicht gegeven van de methoden.

In paragraaf 4.1.3 worden de diverse emissiemeetmethoden verder toegelicht.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op het toepassingsgebied, het vereiste kennisniveau en de nauwkeurigheid van de methode. Hoofdstuk 3 omschrijft op welke wijze het immissieniveau bepaald kan worden met de immissiemeetmethode. In hoofdstuk 4 zijn diverse emissiemeetmethoden beschreven waarmee in combinatie met het overdrachtsmodel uit hoofdstuk 5 het immissieniveau kan worden berekend. In hoofdstuk 6 en 7 zijn aanvullende methoden opgenomen en in hoofdstuk 8 wordt aangegeven op welke wijze de beoordelingsgrootheden kunnen worden bepaald uit de immissieniveaus. Voor achtergrondinformatie over grootheden en aspecten bij de uitvoering van metingen en beoordeling wordt verwezen naar module A.

Hoofdstuk	Methode II voor complexe situaties	Aanduiding
3	Immissiemetingen	II.1
4	Bronsterktebepaling:	
	- geconcentreerde bronmethode	II.2
	- aangepast meetvlakmethode	II.3
	- rondommethode	II.4
	- intensiteitsmetingen	II.5
	- snelheidsmetingen	II.6
	- bepaling geluidsuitstraling gebouwen	II.7
5	Overdrachtsmodel	II.8
6	Substitutiemethode	II.9
7	Hybride methoden	II.10

TABEL C.2.1 *Structuur methode II met diverse methoden*

2.2 Toepassingsgebied

De methode II kent, in tegenstelling tot methode I, geen algemene beperkingen met betrekking tot afstand, beoordelingshoogte, omvang van de inrichting en spectrale inhoud van het geluid. De specifieke randvoorwaarden worden bij iedere submethode gegeven.

2.3 Vereist kennisniveau

→

Van de gebruikers van methode I wordt een gedegen kennis van akoestische begrippen, meettechnieken en theorie geëist, bijvoorbeeld blijkend uit het met goed resultaat hebben doorlopen van een cursus akoestiek op HBO-niveau alsmede adequate praktijkervaring.

Ook is enige kennis van het productieproces en de werkcyclussen van de bron vereist, teneinde de representatieve bedrijfstoestanden en -perioden te kunnen vaststellen. Zelfstandig toepassen van de methode vergt gedegen ervaring, opgedaan door samenwerking met meer ervaren deskundigen.

2.4 Relatie met ISO-, EN- en NEN-normen

De ISO-, EN- en NEN-normen zijn een bruikbaar alternatief, echter:

- het meten van de immissierelevante bronsterkte prevaleert boven het bepalen van het geluidsvermogen. In de bovengenoemde normen wordt over het algemeen uitgegaan van het geluidsvermogen en er is dus geen richtinginformatie bekend. Tevens wordt in de normbladen meestal geen rekening gehouden met het geometrische nabijheidsveld (zie paragraaf 4.4.6);
- relevant gebruik prevaleert boven omschreven gebruik in ISO of EN;
- het Nederlandse overdrachtsmodel prevaleert boven ISO 9613.

2.5 Nauwkeurigheid van methode II

2.5.1 Vereiste nauwkeurigheid

In tabel C.2.2 zijn de richtwaarden gegeven voor de minimale nauwkeurigheid die vereist is bij de vaststelling van de verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden bij het bepalen van 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 kunnen met name optreden bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand.

Grootheid	Vereiste nauwkeurigheid
afstand	5%
oppervlak	10%
tijdsperioden	10%
gemiddelde windsnelheid	30% of 1 m/s
gemiddelde windrichting	20°
afleesnauwkeurigheid bij geluidsniveaubepalingen	0,5 dB

TABEL C.2.2 *Minimaal vereiste nauwkeurigheid*

2.5.2 Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidsniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB mag worden beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidsbijdragen:

- 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
Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde frequentiebanden meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, mogen deze worden verwaarloosd. 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 via reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidsniveau ligt, mag deze worden verwaarloosd.

2.5.3 Nauwkeurigheidsmarge meten en rekenen

Als algemene regel kan worden gesteld dat de immissiemeetmethode nauwkeuriger is dan de emissie-overdrachtmethode, mits de representatieve bedrijfssituatie op de juiste wijze in de uitwerking is verdisconteerd. Met de emissie-overdrachtmethode wordt immers de werkelijke geluidsemisatie en overdracht gemodelleerd.

De onnauwkeurigheid van meten en rekenen volgens methode II is over het algemeen bij deskundige toepassing < 2 dB. Indien noodzakelijk kan deze onnauwkeurigheid in veel situaties worden teruggebracht tot ± 1 dB door een verhoging van het aantal metingen.

De emissie-overdrachtmethode van methode II kan voor de meest voorkomende situaties binnen een onnauwkeurigheid van ± 2 dB worden uitgevoerd.

Bij methode II geldt dat in complexe situaties waar de nauwkeurigheid van de submethoden van methode II onvoldoende wordt geacht, gebruik kan worden gemaakt van een voor de betreffende situatie meer geëigende methode mits deze keus gemotiveerd wordt.

2.5.4 Afrondingen

De rekenkundige tussenresultaten worden gepresenteerd tot één cijfer achter de komma. De beoordelingsgrootheden worden opgegeven in hele dB's. Deze getallen worden afgerond conform NEN 1047. Hierbij geldt dat indien het af te ronden getal op een 5 eindigt deze wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde gehele even getal.

Dit betekent bijvoorbeeld dat 40,5 dB(A) wordt afgerond naar 40 dB(A) en 45,5 dB(A) naar 46 dB(A). Indien het eindresultaat een etmaalwaarde betreft (zie paragraaf 8.3) vindt afronding plaats voor de toepassing van de toetsing van 5 dB op het beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor de avondperiode.

→

3 Immissiemetingen (methode II.1)

3.1 Algemeen

De immissiemeetmethode is in principe eenvoudig doordat de beoordelingsgrootheid, het langtijdgemiddeld geluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$, direct gemeten wordt zonder aanvullende berekeningen. Om deze reden zal de methode vaak nauwkeuriger zijn dan de emissiemethoden waarbij een overdrachtsberekening wordt uitgevoerd. De immissiemetingen kunnen ofwel in de octaafbandfrequenties 31,5 Hz – 8000 Hz of smalbandiger worden uitgevoerd. Indien stoorgeluid niet van belang is en de bedrijfstoestand van de bron eenduidig is, verdient de immissiemeetmethode de voorkeur boven andere methoden.

3.2 Toepassingsgebied

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 (zie paragraaf 3.6.3).

Methode II.1 kan ook gevolgd worden, indien voor het bepalen van de bronsterkte metingen moeten worden uitgevoerd op grotere afstand van de bron.

Er zijn geen algemene beperkingen aan het toepassingsgebied. Wel kan stoorgeluid en/of de mogelijkheid om de representatieve bedrijfssituatie eenduidig vast te stellen, de toepassing bemoeilijken c.q. onmogelijk maken.

3.3 Meetapparatuur

Voor het verrichten van metingen dient men minimaal te beschikken over:

- een precisie geluidsniveaumeter volgens de specificaties van IEC-publicatie 651: 1979, type I met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidsniveau 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);
- 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 meteogegevens 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 dienen overeenkomstig de eisen van de genoemde IEC-publicatie te zijn.

Voor vele meetsituaties is het gewenst te beschikken over:

- een integrerende geluidsniveaumeter volgens IEC-publicatie 804: 1992;
- een (band)recorder (analoog of digitaal zoals bijvoorbeeld DAT of PCM). Tijdens de opname dient bij voorkeur tevens het geluidsniveau (in dB(A)) te worden afgelezen en te worden geregistreerd;
- een hoofdtelefoon voor het afluisteren van het signaal tijdens de metingen;
- een microfoonstatief tot 10 m hoogte;
- octaafbandfilters volgens de specificatie van IEC-publicatie 1260: 1995. De middenfrequenties van de octaafbanden dienen gekozen te worden overeenkomstig ISO 266: 1975 en de banden 31,5 Hz tot en met 8000 Hz te omvatten.

→

Voor en na iedere serie metingen dient het gehele meetsysteem, inclusief microfoons en kabels, op de voor de apparatuur voorgeschreven wijze te worden gekalibreerd met een akoestische ijkbron, die binnen een marge van 0,5 dB een constant signaal geeft. Indien na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat de meetsysteem niet betrouwbaar is (de afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), dienen de desbetreffende metingen opnieuw uitgevoerd te worden. Bij langdurige metingen is het aan te raden om ook tussendoor nog eens het meetsysteem te kalibreren.

Bij gebruik van een (band)recorder dient het goed functioneren van het systeem over het gehele frequentiegebied regelmatig gecontroleerd te worden.

Voorts dient het gehele systeem, inclusief ijkbron(nen), tenminste iedere twee jaar uitgebreid en controleerbaar te worden getest.

3.4 Vaststelling van de meetcondities

3.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

Van de te onderzoeken inrichting dient allereerst het gebied met de relevante bronnen te worden vastgesteld. Dit is het brongebied. De grootste afmeting binnen het brongebied is de brondiameter d . Vervolgens dient het broncentrum en de bronhoogte h_b bepaald te worden. 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 dient de meetafstand r_i te worden 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 representatieve bedrijfssituatie wordt opgebouwd.

Vastgesteld moet worden of de bedrijfssituatie c.q. bedrijfstoestanden representatief zijn voor het doel van de meting.

Indien het in een bepaalde situatie niet mogelijk is een representatieve bedrijfssituatie vast te stellen, dan wel voor de metingen representatieve bedrijfstoestanden te definiëren, kan het zinvol zijn de meetperiode te verlengen. In uitzonderingsgevallen zal de meetperiode gelijk moeten 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.

3.4.2 Keuze van de meetlocatie

De gekozen meethoogte dient zoveel mogelijk overeen te komen met de beoordelingshoogte. Indien de beoordelingshoogte niet nader wordt gespecificeerd in een vergunning of anderszins, geldt voor de meethoogte uit het oogpunt van reproduceerbaarheid de volgende uitgangspunten.

Meetafstand r_i [m]	Meethoogte h_m [m]
≤ 50	$\geq 1,5$ (voorkeur: 5)
> 50	$\geq 5^*$

→

* Om het geluidsimmissieniveau ter hoogte van woongebouwen te bepalen moet voor de gevel van de hoogste verdieping waar zich geluidsgevoelige ruimten bevinden, worden gemeten op 2/3 verdiepingshoogte. Als echter aannemelijk kan worden gemaakt dat het geluidsniveau niet relevant met de hoogte zal toenemen, kan met een meting op 5 m hoogte worden volstaan. Voor eenlaagsbebouwing kan de meethoogte kleiner zijn dan 5 m.

TABEL C.3.1 Meethoogte h_m (bij ontbreken van specificaties)

Reflecties

Tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven wordt zo mogelijk het *invalend* geluidsniveau gemeten. Indien 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. Indien de elevatie minder dan 70° is, wordt er procedureel van uitgegaan dat er geen reflectie plaatsvindt en wordt geen gevelcorrectieterm toegepast (zie paragraaf 8.1).

De aanwezige reflecterende vlakken worden in het meetrapport vermeld.

Indien 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 indien het geluidsniveau gedomineerd wordt door componenten in de onderste vier octaafbanden (31,5 t/m 250 Hz band) deze zwaaietechniek aan te bevelen is.

3.4.3 Weersomstandigheden

Door meteorologische invloeden kan de geluidsoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden $r_i > 50$ m. Bij afstanden die voldoen aan het criterium $r_i \leq 50$ m en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$ 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. Metingen tijdens heldere dagen met hoge temperaturen dienen vermeden te worden vanwege onbekende temperatuurseffecten op de geluidsoverdracht 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 dienen echter onder specifieke meteorologische omstandigheden verricht te worden. Deze omstandigheden worden 'meteoraamcondities' genoemd en de randvoorwaarden hierbij zijn in tabel C.3.2 gedefinieerd.

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

TABEL C.3.2 Meteoraam industrielawaai

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 moet met 1,4 en die op 5 m 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;
 - *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.

3.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

3.5.1 Meetduur

De meetduur wordt enerzijds bepaald door de variatie van de geluidsemisatie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden en anderzijds door variaties in de geluidsoverdracht.

Voorwaarde is: de meetduur moet zodanig lang zijn dat het equivalente geluidsniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Teneinde over overdrachtsvariaties te middelen dienen de in tabel C.3.3 aangegeven *minimale* tijden te worden 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. Een en ander hangt af van de situatie, maar ook van de deskundigheid van de uitvoerder.

Bij de vaststelling van stoorgeluid dient gedurende een relatief lange periode gemeten te worden.

Meetafstand r_i [m]	Meetperiode T_m
$r_i \leq 50$ en $r_i \leq 10 (h_b + h_m)$	15 seconden
$r_i \leq 150$	1 minuut
$r_i \leq 1000$	2 minuten
$r_i > 1000$	5 minuten

TABEL C.3.3 *Minimale meetduur bij constant emissieniveau*

3.5.2 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.

Meetafstand r_i [m]	Minimum aantal metingen
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2
$150 < r_i \leq 1000$	3
$r_i > 1000$	4

TABEL C.3.4 *Minimum aantal metingen*

→

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 conclusies zullen geven, kan met minder metingen worden volstaan. De meetresultaten worden na stoorgeluidscorrectie (zie de volgende paragraaf) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. Indien als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de betreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

3.5.3 Stoorgeluidscorrectie

De stoorgeluidscorrectie is beperkt tot maximaal 3 dB op het totale niveau of 7 dB in een octaafband. 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 meer manieren kwantitatief worden vastgesteld, bijvoorbeeld op de volgende manieren (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):

- de te onderzoeken bron tijdens de metingen, bij voorkeur intermitterend, aan en uit te zetten;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld verder langs de storende verkeersweg);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de overdracht te berekenen.

Het berekende geluids(druk)niveau van de bron L_i wordt bepaald uit het ongecorrigeerde gemeten geluids(druk) niveau L_i^* en het gemeten dan wel berekende niveau van het stoorgeluid L_{stoor} .

$$L_i = L_i^* - C_{stoor} \quad (3.1)$$

$$C_{stoor} = -10 \log \left(1 - 10^{\frac{(L_{stoor} - L_i^*)}{10}} \right) \quad (3.2)$$

3.6 Bijzondere bewerkingen

3.6.1 Extra- en/of interpolatie

Indien het geluidsniveau op een andere plaats (beoordelingspunt) moet worden bepaald dan waar gemeten is (referentiepunt), 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 4.2).
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) bronsterkte per octaafband aangenomen, genormeerd op 0 dB. Indien een normering op 0 dB met rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook gekozen worden voor een bronsterkte van 100 dB per octaafband.
6. Met het overdrachtsmodel wordt, uitgaande van deze bronsterkte, op het referentiepunt en het beoordelingspunt per octaafband het geluidsdruk niveau $L'_{i,ref}$ en L'_i berekend.
7. Per octaafband wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i op het beoordelingspunt bepaald uit:

$$L_i = L'_i - (L'_{i,ref} - L_{i,ref})$$

→

8. Het geluidsniveau in dB(A) op het beoordelingspunt wordt bepaald door de energetische optelling van de berekende A-gewogen octaafbandwaarden.

Het kan voor bepaalde doeleinden gewenst zijn een indicatie te hebben van het A-gewogen geluidsniveau op grotere afstand dan het meetpunt. In deze situatie kan een bovengrens van het geluidsniveau worden verkregen door gebruik te maken van de methode die in paragraaf 3.7.2 van methode I is aangegeven.

3.6.2 Directe bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau

Indien op een bepaalde meetpunt op willekeurige momenten zeer veel geluidsmetingen zijn verricht bij dezelfde representatieve bedrijfsomstandigheden onder allerlei weersomstandigheden, dan mogen deze resultaten direct energetisch worden gemiddeld. Er vindt dan geen meteocorrectie plaats.

Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan geluidsbewakingssystemen rond grote continu-industrieën. De volgende randvoorwaarden gelden hierbij:

- aantal metingen is groter dan 10;
- tenminste 20% van de metingen vond plaats bij weersomstandigheden die aan het meteoraam industrielawaai voldeden;
- de windrichtingen tijdens de metingen zijn gelijkmatig over de windroos verspreid;
- stoorgeluid heeft de metingen niet beïnvloed.

Uitdrukkelijk wordt gesteld dat deze benadering niet kan worden gebruikt om over duidelijk herkenbare emissievariëaties te middelen. Van seizoenbedrijven bijvoorbeeld wordt de geluidsemissie bij vol bedrijf in het seizoen als maatgevend gekozen of worden beide (of meerdere) situaties beschouwd.

3.6.3 Gestandaardiseerde meteorologische omstandigheden

In specifieke gevallen kan het gewenst zijn de resultaten om te rekenen naar een standaard atmosfeer. De geluidsniveaus 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 [C.1]. Deze correctie is van belang als frequenties boven de 500 Hz het geluidsniveau bepalen en er sprake is van (zeer) grote afstanden.

3.7 Bepaling beoordelingsgrootheden

Op basis van de (voor stoorgeluid gecorrigeerde) gestandaardiseerde immissieniveaus L_i dient het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau te worden bepaald. Hier wordt in hoofdstuk 8 op ingegaan.

3.8 Rapportage

In het meetrapport, waarin immissiemetingen behandeld worden, moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- het doel en karakter van de toepassing;
- verwijzing naar dit meetvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- plattegrond van de meetsituatie met daarin aangegeven de positie van de bronnen, de meetplaats, eventuele stoorbronnen, reflecterende vlakken, het type bodem;
- opgave van het beoordelingspunt en -hoogte h_o ;
- de afstand r_i en microfoonhoogte h_m ;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de representatieve bedrijfssituatie, de geometrische afmetingen d en h_b en de bedrijfsperiodes T_b ;
- beschrijving van het karakter van het geluid (tonaal, impulsachtig, muziek);
- meetperiode T_m en wijze van L_i -bepaling;
- eventueel: wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de -correctie;
- weersomstandigheden;
- aantal metingen, tijdstip van de metingen en meetresultaten;

→

- berekening L_i per bedrijfstoestand en de daarop toegepaste correcties;
- beoordelingsgrootheden;
- andere relevante gegevens zoals een korte omschrijving van het geluidsklimaat, die voor een verdere bewerking of beoordeling van de meetdata relevant kunnen zijn;
- conclusies.

3.9 Immissiemeetmethode windturbines

Voor metingen aan windturbines moet het geluid van de turbine worden bepaald bij een windsnelheid van 7 ± 2 m/s op 10 m hoogte.

Windsnelheidsbepaling

De volgende omrekeningsformules van een windsnelheid op respectievelijk 2 m en 5 m naar die op 10 m kunnen worden gebruikt bij immissiemetingen.

$$U_{10m} = 1,4 \cdot U_{2m} \quad (3.3)$$

$$U_{10m} = 1,2 \cdot U_{5m}$$

Verdere beoordeling

Door de hoge windsnelheid bij in werking zijnde windturbines en relatief lage geluidsniveaus, zijn directe immissiemetingen alleen onder bepaalde randvoorwaarden mogelijk. Indien hieraan niet wordt voldaan, dient er gebruik te worden gemaakt van een emissiemeetmethode (bijvoorbeeld IEC 1400-11 [C.2]) en een overdrachtsberekening.

→

4 Bronsterktebepaling

4.1 Algemeen

4.1.1 Immissierelevante bronsterkte L_{WR}

Het doel van de emissiemeetmethoden is de immissierelevante bronsterkte van geluidsbronnen zo goed mogelijk te bepalen.

Deze immissierelevante bronsterkte L_{WR} is een rekgrootheid. De bronsterkte is gelijk aan het vermogen van een rondom afstralende puntbron die op de plaats van de echte geluidsbron c.q. het broncentrum van een stelsel geluidsbronnen staat en op het immissiepunt hetzelfde geluidsniveau geeft als deze geluidsbron(nen).

De immissierelevante bronsterkte is wezenlijk een andere grootheid dan het geluidsvermogen van de bron. Het geluidsvermogen L_W is een maat voor de totale geluidsenergie die per seconde door de bron wordt geproduceerd. Tussen beide grootheden geldt het volgende verband:

$$L_{WR} = L_W + DI \quad (4.1)$$

Met DI = richtingsindex (zie paragraaf 4.3.6.3)

Voor geluidsoverdracht 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 geluidsbronnen richtingsafhankelijk af. Het is daarom van belang dat alleen in de immissierelevante richting de bronsterkte wordt bepaald. Bij grotere industriële inrichtingen kan het totaal opgestelde geluidsvermogen tot wel 5 dB hoger zijn dan de immissierelevante bronsterkte.

De internationale normen (bijvoorbeeld ISO 3740 tot en met ISO 3747) en buitenlandse (DIN-45635) hebben vrijwel alle betrekking op het bepalen van het geluidsvermogen van de geluidsbronnen. Voor toepassing in het kader van berekening van het geluidsimmissieniveau in de omgeving zijn deze normen dan ook veelal niet zonder aanvullingen bruikbaar.

4.1.2 Relevant frequentiegebied

De geluidsmetingen voor het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte 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. Indien kan worden aangetoond dat de bronsterkte in bepaalde frequentiebanden een verwaarloosbare bijdrage geeft tot het immissieniveau behoeft in deze banden geen waarde te worden vastgesteld. Voor rekendoeleinden ten behoeve van vergunningprocedures kan een arbitrair lage waarde in deze frequentiebanden worden ingevoerd.

4.1.3 Indeling emissiemeetmethoden

In dit voorschrift worden de volgende emissiemeetmethoden beschreven:

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 geluidsvermogen van de geluidsbron 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 geluidsafstraling naar boven in de geluidsvermogenbepaling 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 geluidsuitstraling 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 geluidsvermogen wordt bepaald uit de geluidsintensiteit die uit een omsloten oppervlak rond een geluidsbron stroomt. Deze methode stelt in principe geen beperkingen aan de geluidsbronnen.

5. Snelheidsmetingen (trillingsmetingen) – methode II.6

Het geluidsvermogen 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 geluidstransmissie door wanden en daken worden berekend.

Het bepalen van de geluidsvermogens kan met verschillende meettechnieken plaats vinden. Dit geeft ook consequenties voor de toepassing van de voorschriften. Deze worden daarom afzonderlijk behandeld. Het zijn met name deze methoden die in internationaal verband zijn vastgelegd (ISO 3740 serie (geluidsdrukmetingen), ISO 9614 (intensiteitsmetingen), DIN-45635 en vervolgbladen (geluidsdrukmetingen)).

Voor industriële inrichtingen zijn er geluidsbronnen als deuropeningen, leidingbruggen die niet direct binnen de toepassingsgebieden liggen van de meer apparaatgeoriënteerde internationale (en in Nederland overgenomen) normen.

Verder is er een groot aantal normen dat per apparaatsoort specifieke aanwijzingen geeft over de omstandigheden waaronder gemeten moet worden. De gegevens kunnen bruikbaar zijn, mits de in de methode voorgeschreven bedrijfsomstandigheden dezelfde zijn als bij het werkelijk gebruik.

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 immisierelevante bronsterkte bij min of meer ongericht afstralende bronnen beter benaderd dan met een aangepast meetvlakmethode.

4.1.4 Aansluiting bij overdrachtsberekeningen

De grens tussen bron en overdracht is in sommige gevallen niet eenduidig aan te geven en hangt af van de benadering van de situatie door de akoesticus. Indien de immisierelevante bronsterkte wordt bepaald, kunnen effecten van afscherming en reflecties hierin worden betrokken. Deze effecten kunnen echter ook bij de overdracht worden betrokken. In het kader van deze methode geldt de volgende richtlijn.

De afschermende en reflecterende objecten die in de bronbeschrijving, en dus in de bronsterkte, zijn opgenomen maken deel uit van de 'vervangende bron' en worden bij de overdrachtsberekening buiten beschouwing gelaten (zie tevens module A, paragraaf 7.1.4).

Een uitzondering vormt de bodem die altijd in de overdrachtsberekening wordt opgenomen. Zo nodig dienen de metingen van de geluidsemissie te worden opgeschoond van bodeminvloeden, c.q. dienen de metingen zodanig te worden ingericht dat deze invloed verwaarloosbaar is.

→

FIGUUR C.4.1 *Voorbeeld van scheiding bron-overdracht*

In bovenstaand voorbeeld kunnen twee situaties worden onderscheiden. Indien 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'.

4.2 Geconcentreerde bronmethode (methode II.2)

4.2.1 Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte in een bepaalde richting vanuit een geluidsbron of een stelsel van geluidsbronnen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

4.2.2 Toepassingsgebied

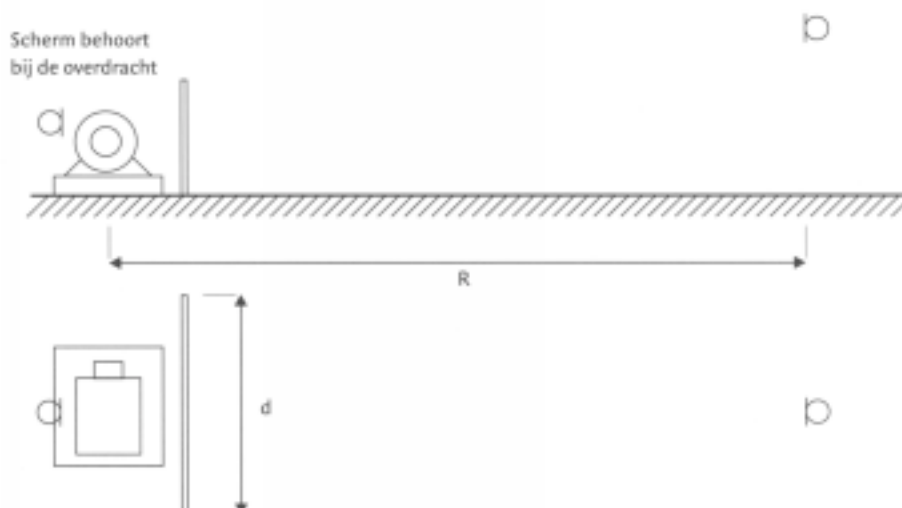
De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R tussen het meetafstand en broncentrum als klein te beschouwen zijn (geconcentreerde bronnen). Voorwaarde is dat $R \geq 1,5 d$.

4.2.3 Meetapparatuur

De meetapparatuur dient te voldoen aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (paragraaf 3.3).

4.2.4 Vaststelling van de meetcondities

4.2.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie



De metingen dienen te worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Indien de bron meer bedrijfstoestan den kent die voor de representatieve situatie van

→

belang zijn dienen deze allemaal te worden gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluidsuitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden dienen te worden bepaald:

- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b ;
- de brondiameter d .

4.2.4.2 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 dienen telkens in de richting van een beoordelingspunt c.q. immissiepunt te liggen. Indien 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 bronsterkte.

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 richting worden volstaan (bijvoorbeeld bij metingen aan een verticaal uitstromende schoorsteen).

In het onderstaande is een aantal voorwaarden gegeven waaraan de meetposities dienen te voldoen.

Meetpunten op hele bol

Rond hoog geplaatste 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 boven de grond of het dakvlak is.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindinglijn tussen het broncentrum en het meetpunt dient 3° tot 12° te bedragen. Het meetpunt dient vanuit de bron gezien in de richting van het immissiepunt te liggen.

Bij situaties waar sprake is van zeer hoog gelegen bronnen en laag gelegen immissieposities, dienen tevens metingen in de immissierelevante richting te worden verricht.

Meetpunten op halve bol

Indien 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: bestraatte en grasachtige bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1,5 d$.

De meetpunten liggen dan op het oppervlak van de halve bol op een hoogte h_m waarvoor geldt dat $h_b + 0,05 R \leq h_m \leq h_b + 0,2 R$ (dit komt overeen met de reeds genoemde 3° tot 12°).

Er mag een meethoogte van 10 m worden gebruikt indien $h_b + 0,05 R > 10$ en indien aannemelijk gemaakt kan worden dat op de gewenste meethoogte hetzelfde geluidsniveau optreedt als op dezelfde afstand op de gewenste hoogte.

Reflecties en afschermingen

Er mogen geen afschermende objecten tussen de meetpunten en de bronnen aanwezig zijn (vrij zicht van meetpunt naar bron).

Daarnaast dienen, voor zover mogelijk, de meetpunten zodanig te worden gekozen, dat het geluidsniveau 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 afschermdende objecten als behorend bij de bron kunnen worden beschouwd (zie paragraaf 4.1).

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.

4.2.4.3 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. Indien dit niet het geval is moet aan het meteoraam industrielawaai worden voldaan (zie paragraaf 3.4.3).

4.2.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.2.5.1 Algemeen

Indien het geluid hoorbare zuivere tonen bevat, dient 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 te worden bewogen.

Door een geschikte keuze van meettijdstip en meetplaats dient de invloed van stoorgeluid te worden 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, dient er zorg voor te worden gedragen dat stoorgeluidscorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidsniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met de te berekenen geluidsniveaus 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.

Voor de toepassing van stoorgeluidscorrecties gelden de regels zoals gesteld voor de immissiemeetmethode (zie paragraaf 3.5.3).

4.2.5.2 Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidsemisatie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden.

Voorwaarde is dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidsniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Indien 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 paragraaf 3.5.1).

4.2.5.3 Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen minimaal één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. In tabel C.4.1. is het een en ander samengevat.

Meetafstand R [m]	Minimum aantal metingen
$R \leq 50$	1

→

$50 < R \leq 150$	2
$R > 150$	3

TABEL C.4.1 *Minimum aantal metingen*

De meetresultaten worden na stoorgeluidscorrectie per bedrijfsperiode energetisch gemiddeld. Indien 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.

4.2.6 **Berekening van de bronsterkte 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 bronsterkte wordt voor meetafstanden kleiner dan 20 m met de volgende formule bepaald.

Voor afstanden $R < 20$ m:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 \quad (4.2)$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 - 2$$

Voor afstanden $R \geq 20$ m:

$$\text{Hele bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + a_{lu} R \quad (4.3)$$

$$\text{Halve bol: } L_{WR} = L_{Aeq,T} - L_{fictief}$$

met a_{lu} = luchtabSORPTIECOEFFICIENT (zie paragraaf 5.3.2)

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 bronsterkte $L_{WR,fictief}$ aangenomen van 0 dB. Indien een normering van 0 dB met de gebruikte rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook worden gekozen voor een bronsterkte van 100 dB per octaafband.
3. Met het overdrachtsmodel wordt op het meetpunt per octaafband het geluidsdrukniveau $L_{fictief}$ berekend.
4. Per octaafband wordt de bronsterkte bepaald uit: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + (L_{WR,fictief} - L_{fictief})$. Hierin is $L_{Aeq,T}$ het op het meetpunt gemeten geluidsniveau 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 stralensberekeningen 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 hoofdstuk 7: Hybride methoden).

→

4.2.7 Rapportage

In het rapport moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassing;
- verwijzing naar dit meet- en berekeningsvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- situatieschets waarin de bron en het meetpunt(en) met de bijbehorende hoogten zijn aangegeven, alsmede de positie van eventuele stoorbronnen voor zover deze tot de te meten niveaus bijdragen;
- de reflecterende vlakken en het type bodem;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de bedrijfssituatie, de brondiameter d en de bedrijfsperiode T_b ;
- weersomstandigheden indien aan meteoraam industrielawaai moet worden voldaan;
- meetperiode T_m ;
- indien van toepassing: beoordeling van het stoorgeluid, wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de stoorgeluidscorrectie;
- aantal metingen, tijdstippen van de metingen en gemeten niveaus;
- andere relevant geachte gegevens;
- berekende immissierelevante bronsterkte.

4.3 Aangepast meetvlakmethode (methode II.3)

4.3.1 Algemeen

Het doel van deze methode is de bepaling van het geluidsvermogen van een bron uit geluidsmetingen die op korte afstand van de bron zijn verricht.

Het oogmerk hierbij is veelal om het geluidsvermogen van (kleine) apparaten te bepalen. Dit maakt dat deze methoden vaak niet direct toepasbaar zijn voor in situ metingen in de industrie (zie paragraaf 4.5). In dit hoofdstuk wordt een afzonderlijke meetmethode beschreven, die een wijder toepassingsgebied heeft.

Omdat met deze methode het geluidsvermogen 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.

4.3.2 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.

4.3.3 Meetapparatuur

De meetapparatuur dient te voldoen aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (zie hoofdstuk 3.3).

4.3.4 Vaststelling van de meetcondities

4.3.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen dienen te worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Indien de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, dienen deze allemaal te worden gemeten.

→

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie te maken van de bedrijfstoestanden van bronnen die voor de geluidsuitstraling van belang zijn. Onder bronnen worden alleen de geluidsafstralende onderdelen van machines, apparaten en gebouwen verstaan. Alle onderdelen waarvan op basis van een beoordeling ter plaatse duidelijk is dat hun geluidsafstraling 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 geclassificeerd zoals in tabel C.4.2 is aangegeven.

Soort	Omschrijving/referentievlak	Voorbeeld
Vlakke bronnen	het referentievlak is een plat vlak	gevels, grote openingen in gebouwen
Lijnbronnen	het referentievlak is een cilinder of als de lijnbron nabij de grond staat, een halve cilinder	pijpleidingen, spleetvormige openingen, transportbanden
	ook een reeks langs een lijn gesitueerde identieke puntbronnen zijn te beschouwen als lijnbron	pompenstraten, rij ventilatoren, rij branders van een fornuis, vracht-wagenroutes
Overige bronnen	alle bronnen die noch als vlakke, noch als lijnbronnen kunnen worden geclassificeerd	apparaten, koelbanken, etc.

TABEL C.4.2 *Classificatie van bronnen voor aangepast meetvlak*

Het referentielichaam voor de overige bronnen omsluit de bron zo nauw mogelijk, waarbij uitstekende onderdelen die geen geluid afstralen buiten beschouwing worden gelaten. Bij de keuze van het referentielichaam dient men zich te beperken tot de (combinaties van de) volgende vormen (zie figuur C.4.2):

- blok (rechthoekig parallellepipedum);
- halve cilinder;
- cilinder;
- halve bol.

Het referentielichaam mag niet inspringen of inkepingen vertonen. Tevens 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 dienen te 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.

→

a. Blok

$$S_{ref} = ab + 2c(a + b)$$

(bijvoorbeeld bij open procesinstallaties, motoren en compressoren)



b. Halve cirkelcilinder

$$S_{ref} = \frac{1}{4} \pi a l (2 + a/l)$$

(bijvoorbeeld bij generatoren)



c. Cilinder

$$S_{ref} = \pi a l (1 + a/4l)$$

(bijvoorbeeld bij procesinstallaties)



d. Halve bol

$$S_{ref} = 2 \pi R^2_{ref}$$

(bijvoorbeeld bij kleinere apparaten en machines)



FIGUUR C.4.2 Vormen van referentielichamen

N.B. Het oppervlakte van het meetvlak S_m kan op analoge wijze worden berekend.

4.3.4.2 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 geluidsafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

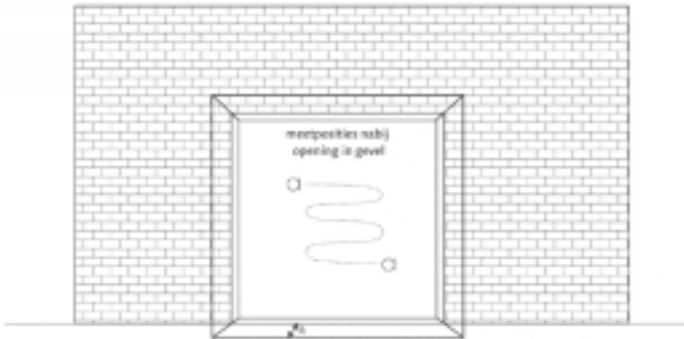
Per type bron worden specifieke eisen geformuleerd.

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 verder buiten beschouwing blijft.



Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m . In figuur C.4.3 is een voorbeeld gegeven.

FIGUUR C.4.3 Bronsterktemeting van een open deur van een bedrijf. De bron wordt als een vlakke bron beschouwd.

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak gelden de afstanden uit tabel C.4.3.

Soort vlakbron	Meetafstand R [m]
Openingen in wanden	$0 \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidsafstralende wanden, platen	$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{ref}}$

TABEL C.4.3 Afstand R afhankelijk van de soort bron

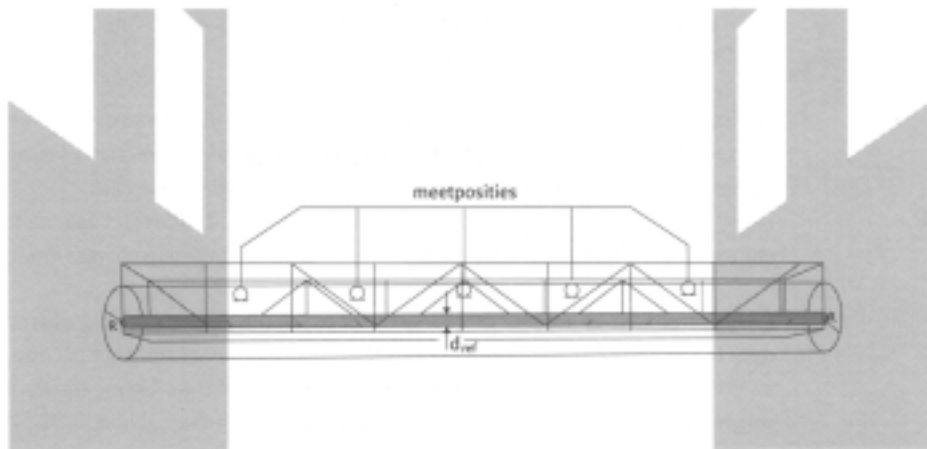
Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is met het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

$$\begin{aligned} R &< 0,2 l \\ R &\geq 0,8 d_{ref} \\ R &\geq 0,5 d_{ref} + 0,5 \end{aligned}$$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam (in dit geval gelijk aan de compressorleiding) en l de lengte van de cilinder. In figuur C.4.4 is een voorbeeld gegeven.

→



FIGUUR C.4.4 Voorbeeld van een bronsterktemeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:

$$\text{Hele cilinder: } S_m = 2\pi RI \quad (4.4)$$

$$\text{Halve cilinder: } S_m = \pi RI$$

Overige bronnen

Het meetvlak is gelijkvormig aan het referentielichaam. 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:

$$0,5 \text{ m} \leq R \leq 0,2\sqrt{S_{\text{ref}}}$$

4.3.4.3 Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan in paragraaf 3.4.3 is aangegeven.

4.3.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.3.5.1 Algemeen

Indien het geluidsniveau 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 geluidsniveau van enige punten meer dan 10 dB *boven* het gemiddelde niveau uitkomen dient een andere brondefinitie te worden 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 stoorgeluidscorrectie zoals beschreven bij de algemene immissiemeetmethode (paragraaf 3.5.3) 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. Indien vooral in het lage frequentiebereik grote nauwkeurigheid wordt gevraagd, wordt aangeraden uit te wijken naar de intensiteitsmethode, danwel 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.

4.3.5.2 Meetduur

Bij cyclische processen dient op alle meetpunten tenminste een cyclus te worden gemeten.

Bij zwaaien dient de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen te omvatten.

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.

4.3.5.3 Aantal metingen

De meetpunten worden gelijkmatig verdeeld over het meetvlak.

Discrete meetpunten

Het aantal meetpunten N dient aan de volgende voorwaarden uit tabel C.4.4 te voldoen.

Betreft	Aantal meetpunten
Geluidsafstralende objecten	$N \geq S_m / (4R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m}$ (S_m in m^2)

TABEL C.4.4 *Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron*

Indien 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 $200 m^2$ $N \geq 10$. Bovendien moet de standaarddeviatie van het gemiddelde (Σn) voldoen aan $\Sigma n \leq 1$ met:

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(L_{pA}(i) - L_{pA})^2}{N(N-1)} \quad (4.5)$$

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 C.4.5

Betreft	Afstand d_z [m]
Geluidsafstralende objecten	$d_z \leq 2 R$
Openingen	$d_z \leq 1 \text{ m}$

TABEL C.4.5 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Bij voorkeur dient een scan over een oppervlak drie maal te worden herhaald waarbij zo mogelijk ook andere zwaailijnen gekozen worden.

4.3.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

4.3.6.1 Meetvlakniveau $\langle L_s \rangle$

Van het aangepast meetvlak wordt het oppervlak S_m bepaald. Vervolgens wordt per deelvlak (met oppervlak S_k) het geluidsniveau L_k per frequentieband gemeten. Vervolgens wordt hiermee het meetvlakniveau bepaald volgens:

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \cdot S_k \right) \quad (4.6)$$

Indien de oppervlakken van de deelvlakken minder dan 20% van het gemiddelde deelvlak- oppervlak verschillen mag direct over de meetpunten worden gemiddeld.

$$\langle L_s \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (4.7)$$

4.3.6.2 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 referentieveld en het meetvlak. De bodem, de muren en ook andere niet afstralende zijvlakken worden niet meegeteld bij de bepaling van het meetvlak.

$Q = S_{ref}/S_m$	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	

TABEL C.4.6 Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

4.3.6.3 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 vaak gebouwen als een afzonderlijk item. Als de richting is vastgelegd, brengt het rekenmodel de richtingsindex in rekening (zie paragraaf 4.7.3). In het geval dat het rekenmodel geen gebouwen kent, dienen de vlakke bronnen als puntbronnen te worden gemodelleerd, die in kritische situaties voor de verschillende richtingen voorzien zijn van verschillende richtingindices (een en ander ter deskundige beoordeling). Ten behoeve van het overdrachtsmodel dient te worden opgemerkt dat de betreffende DI slechts in een bepaalde richtingssector geldig is.

Overige bronnen

- indien de bron gelijkmatig in alle richtingen straalt, is de richtingsindex $DI = 0$;
- indien de bron vrij opgesteld staat maar richtingsafhankelijk uitstraalt, zal de DI door metingen bepaald moeten worden;
- indien de bron richtingsafhankelijk uitstraalt, maar temidden van verstrooiende objecten staat, zal het richteffect verloren gaan. Meestal zal dan een term D_{terrein} (zie paragraaf 5.3.6) bij de overdracht in rekening moeten worden gebracht;
- indien de bron is opgesteld voor één of meer verticale reflecterende vlakken die deel uitmaken van de bron wordt een richtingsindex vastgesteld:

$$DI = 10 \log (4\pi/\Omega) \quad (4.8)$$

met Ω : de niet afgeschermdde ruimtehoek

DI houdt geen rekening met de bodem, waardoor deze bodem buiten beschouwing blijft.

Ten behoeve van het overdrachtsmodel dient te worden aangegeven dat deze DI in een bepaalde richtingssector geldig is.

4.3.6.4 Berekening bronsterkte L_{WR}

De immissierelevante bronsterkte wordt berekend volgens:

$$L_{WR} = \langle L_s \rangle + 10 \log S_m + \Delta L_F + DI \quad (4.9)$$

De berekening vindt per octaafband plaats of in smallere banden, waarna de A-gewogen bronsterkte uit de bijdrage van de diverse frequentiebanden wordt berekend.

Indien in bepaalde gevallen alleen een schatting van de A-gewogen bronsterkte is vereist, kan de procedure in zijn geheel direct op A-gewogen geluidsniveaus worden toegepast.

4.3.7 Rapportage

In het rapport moeten de volgende gegevens worden vermeld:

→

- de beoogde toepassing;
- verwijzing naar dit meet- en berekeningsvoorschrift;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- plattegrond en zij-aanzicht van de bron, alsmede de positie van eventuele stoorbronnen en reflecterende vlakken voor zover deze tot de te meten niveaus bijdragen;
- type bron aangevuld met een beschrijving van het referentielichaam, meetvlak en de gekozen meetpunten;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de representatieve bedrijfssituaties en de bedrijfsperiodes T_b ;
- opgave bronhoogte h_b ;
- beschrijving van het karakter van het geluid;
- meetperiode T_m , wijze van L_{eq} -bepaling;
- indien van toepassing: de beoordeling van het stoorgeluid, de wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de -correctie;
- berekening van de bronsterkte L_{WR} ;
- andere relevant geachte gegevens;
- conclusies.

4.4 Rondommethode (methode II.4)

4.4.1 Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante bronsterkte van uitgestrekte installaties, waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale afmetingen. Deze bronnen dienen min of meer gelijkmatig afstralen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

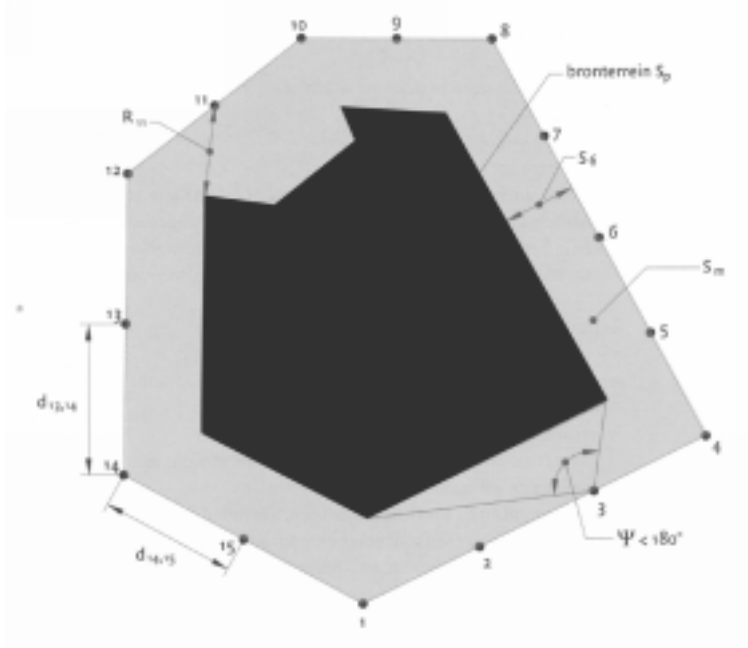
De metingen vinden in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de 31,5 Hz tot en met 8000 Hz octaafband omvat.

De metingen en berekeningen worden verricht volgens ISO: 8297 [C.3]. Deze methode kan als volgt worden beschreven.

FIGUUR C.4.5 *Toelichting bij de keuze van de meetpunten*

→

Ter bepaling van de bronsterkte wordt allereerst het geluidsdrumniveau gemeten op een aantal punten op een meetlijn, die op kleine afstand rond het brongebied ligt (zie figuur C.4.5). Met de resultaten van de metingen kan met de formules uit paragraaf 4.4.6 de bronsterkte bepaald worden. Bij het bepalen van de bronsterkte wordt uitgegaan van $D_{b,br} = -1$. De bepaalde bronsterkte 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 dient te worden overwogen dat indien 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.

4.4.2 Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor installaties en industrieën die in horizontale richtingen veel uitgestrekter zijn dan in verticale. De horizontale afmetingen van het door de bronnen ingenomen oppervlak zijn beperkt door de voorwaarde:

$$16 \leq \sqrt{S_p} \leq 320 \text{ m}$$

Hierin is S_p gelijk aan de grootte van het bronterrein.

→

De methode kan niet worden toegepast indien de bron sterk richtingsafhankelijk afstraalt. De vastgestelde bronsterkte kan worden gebruikt als het immissiepunt op een afstand R van het bron-centrum ligt, waarvoor geldt:

$$R \geq 1,5\sqrt{S_p}$$

4.4.3 Meetapparatuur

Bij gebruik van een omnidirectionele microfoon moet worden voldaan aan het gestelde bij de immissiemeting (zie paragraaf 3.3).

4.4.4 Vaststelling van de meetcondities

4.4.4.1 Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen dienen te 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.

4.4.4.2 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:

$$d_{k,k+1} \leq 2R_m$$

Hierin is R_m de gemiddelde afstand tussen de meetpunten en het bronterrein en wordt berekend volgens:

$$R_m = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N R_K \quad (4.10)$$

→

De meetpunten moeten op gelijke afstand (binnen een foutenmarge 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:

$$h_m = h_b + 0,025 \sqrt{S_m} \text{ en minimaal } h_m = 5 \text{ m} \quad (4.11)$$

Als een grotere hoogte dan 5 m wordt gewenst en de meethoogte is praktisch niet realiseerbaar, dient zo hoog mogelijk te worden 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 dient men ernaar te streven dat wordt voldaan aan de volgende eisen:

- geen reflecterende vlakken buiten de meetlijn, die van invloed zijn op het te meten geluidsdrukniveau;
- geen afscherpende objecten tussen meetlijn en bronterrein (b.v. bronnen op daken, zoals dakventilatoren, koelaggregaten e.d. mogen niet door de dakrand worden afgeschermd).

4.4.4.3 Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan is aangegeven in paragraaf 3.4.3. Het meteoraam is niet van toepassing.

4.4.5 Uitvoering van de geluidsmetingen

4.4.5.1 Algemeen

De geluidsmetingen worden uitgevoerd in octaafbanden van 31,5 Hz tot en met 8000 Hz.

Indien stoorgeluid de meting beïnvloedt, mag een stoorgeluidscorrectie worden toegepast. Deze correctie mag volgens de ISO-norm niet meer dan 1 dB op het totale niveau bedragen.

Indien de signaal/stoorverhouding minder dan 6 dB bedraagt moet er rekening mee worden gehouden dat de berekende bronsterkte te hoog is. Een aanvullende foutenanalyse moet dan deel uitmaken van de rapportage.

4.4.5.2 Meetduur

Op iedere meetplaats moet tenminste 1 minuut worden gemeten. Bij cyclische processen wordt aangeraden enige malen een geheel proces te meten.

4.4.5.3 Aantal metingen

Hoewel in principe voor elke bedrijfstoestand een complete rondommeting dient te worden uitgevoerd, kan, indien aannemelijk is dat de emissievariëaties de niveaus op alle meetpunten nagenoeg gelijk beïnvloeden, worden volstaan met een meting van die variëaties op vier meetpunten rondom het bronterrein.

In ieder geval dient één complete rondommeting te worden uitgevoerd.

Indien op het bronterrein zeer hoge en immisseriesrelevante bronnen aanwezig zijn, waarvan de bijdragen door de rondommeting niet meegenomen worden (in verband met afscherming en/of richtwerking van deze bronnen), dient de bronsterkte van deze bronnen afzonderlijk te worden bepaald.

4.4.6 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

De berekening van de bronsterkte verloopt volgens het onderstaande schema:

Stap 1

Het gemiddelde meetlijnniveau $\langle L_p \rangle$ wordt uit het gemeten geluidsniveau L_k op punt k per octaafband berekend volgens:

→

$$\langle L_p \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_k}{10}} \right) \quad (4.12)$$

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 bronsterktebepalingsmethode worden toegepast.

De octaafbandniveaus van het geluidsniveau 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:

$$\langle L_p^* \rangle = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^n 10^{\frac{L_k^*}{10}} \right) \quad (4.13)$$

Stap 4

Een oppervlakteterm ΔL_s wordt bepaald volgens:

$$\Delta L_s = 10 \log \frac{2S_m + h_o l}{S_o} \quad (4.14)$$

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

Een nabijheidsveldcorrectie ΔL_f wordt bepaald volgens:

$$\Delta L_f = \log \left(\frac{R_m}{4\sqrt{S_p}} \right) \quad (4.16)$$

Stap 6

Indien van een richtmicrofoon gebruik wordt gemaakt, moet een microfooncorrectie ΔL_M toegepast worden.

$$\Delta L_M = 3 \left(1 \text{B} \frac{\theta}{90} \right) \quad (4.16)$$

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_{li} 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 5.3.2). De luchtabsorptieterm kan worden bepaald volgens:

$$\Delta L_{\alpha} = 0,5 a_{lu} \sqrt{S_m} \quad (4.17)$$

Stap 8

De bronsterkte L_{WR} wordt per octaafband bepaald volgens:

$$L_{WR} = \langle L_p \rangle + \Delta L_S + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_{\alpha} \quad (4.18)$$

Stap 9

Indien nodig kan het A-gewogen geluidsniveau berekend worden uit de energetische som van de A-gewogen octaafbandresultaten.

4.4.7 Rapportage

In het rapport moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassing;
- verwijzing naar dit meet- en berekeningsvoorschrift of ISO 8297;
- naam, type en fabrikaat van de gebruikte meetapparatuur;
- toegepaste kalibratiemethode;
- plattegrond van het bronterrein met daarop aangegeven de meetlijn, de meetpunten, de meethoogte, de positie van eventuele stoorbronnen en reflecterende vlakken voor zover deze tot de te meten niveaus bijdragen en type bodem. Tevens dienen de posities van bronnen te worden opgegeven, die volgens andere emissiemeetmethoden zijn gemeten;
- beschrijving van de bron met betrekking tot de representatieve bedrijfssituatie en de bedrijfstoestand;
- opgave van de gemiddelde bronhoogte h_b , de bedrijfsperiode T_b , het oppervlak van het bronterrein S_p , de lengte van de meetlijn l en het oppervlak binnen meetlijn S_m ;
- bespreking van de te verwachten effecten van afschermingen en reflecties op de meetpunten;
- beschrijving van het karakter van het geluid;
- weersomstandigheden;
- tijdstip van de metingen;
- meetperiode en wijze van L_{eq} -bepaling;
- indien van toepassing: de beoordeling van het stoorgeluid, de wijze van bepaling van het stoorgeluidsniveau en de -correctie;
- de berekening van de bronsterkte, opgave (in octaafbanden) van L_{WR} c.q. L_{WR} tezamen met de bronsterkten, die volgens andere emissiemeetmethoden zijn gemeten;
- conclusies.

4.5 Intensiteitsmetingen (methode II.5)

4.5.1 Algemeen

Het totale akoestische geluidsvermogen L_w wordt bepaald uit de geluidsintensiteit die uit een gesloten oppervlak rond een geluidsbron stroomt. Wiskundig is dit het product van de intensiteitsvector I_s en de normaalvector n op het oppervlak dS .

$$L_w = 10 \log \left[\frac{|W|}{W_0} \right] \quad (4.19)$$

met W_0 = referentie geluidsvermogen ($= 10^{-12}$ W)

→

$$|W| = \int_s I_s \cdot n dS$$

Bij metingen op punten wordt deze integraal door de discrete som benaderd:

$$|W| = \left| \sum_{i=1}^N \langle I_s \rangle_i n S_i \right| \quad (4.20)$$

4.5.2 Toepassingsgebied

De intensiteitsmethode stelt in principe geen beperking aan de geluidsbronnen, 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 geluidsniveau ligt, de toepassing van de zogenaamde 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.

4.5.3 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.

4.5.4 Uitvoering van intensiteitsmetingen

De bepaling van het geluidsvermogen 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 geluidsvermogen van een geluidsbron nog nauwkeurig is vast te stellen. Als vuistregel geldt dat indien stoorgeluid 10 dB meer bijdraagt op een meetvlak dan de te meten bron, met enige inspanning nog betrouwbaar kan worden gemeten. Bij hogere stoorgeluidsniveaus 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 geluidsdrumniveaus gemeten.

Intensiteitsmetingen dienen bij voorkeur door ervaren en goed opgeleide meettechnici plaats te vinden. Beide standaarden bevatten een goede literatuurlijst.

4.5.5 Rapportage

Naast de eisen die in paragraaf 4.3.7 en door de ISO-standaard zijn gesteld, dienen ook in de rapportage te worden opgenomen:

- beschrijving van de afwijkingen ten opzichte van de ISO 9614;
- het geluidsvermogenniveau in octaafbanden;
- berekening van de bronsterkte L_{WR} en toelichting op DI in de formule (4.1).

→

4.6 Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)

4.6.1 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 geluidsvermogen L_{wk} .

$$L_{wk} = L_v + 10 \log S_k + 10 \log \sigma - 34 \quad (4.21)$$

Hierin is:

$$L_v = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{v(t)}{v_0} \right)^2 dt \right] \quad (4.22)$$

met $v(t)$ = snelheid van het oppervlak in m/s
 v_0 = referentiesnelheid (= 10^{-9} m/s)

4.6.2 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 [C.4], [C.5] en [C.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

4.6.3 Meetapparatuur

Bij snelheidsmetingen wordt gebruik gemaakt van versnellingsopnemers. De mechanische bevestiging van deze versnellingsopnemers is aangegeven in ISO DIS 5348.

Er dient in ieder geval aandacht besteed te worden aan de door de fabrikant gegeven specificaties en eigenschappen (stijfheid van de bevestiging, eigenfrequentie opnemer, invloed eigen massa op trillingsgedrag object). Het gebruik van zogenaamde tasters wordt voor deze toepassingen niet toegelaten.

4.6.4 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 dient dan over de meetpunten energetisch gemiddeld te worden (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 bronsterktebepaling dient te worden opgelet dat deze pieken niet worden meegenomen. Hierdoor zou een te hoge bronsterkte 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.

4.6.5 Berekening van het geluidsvermogen L_w

Het totale geluidsvermogen van alle deelopervlakken wordt vervolgens als volgt bepaald:

→

$$L_w = 10 \log \sum_i^n 10^{\frac{L_{wi}}{10}} \quad (4.23)$$

De daadwerkelijke geluidsemissie ten gevolge van de trillingen is sterk afhankelijk van de afstralingsgraad Σ . Doorgaans wordt uitgegaan van $10 \log \Sigma = 0$. Met deze waarde zal het werkelijk afgestraalde vermogen veelal redelijk met het berekende geluidsvermogen overeenkomen.

Het werkelijk afgestraalde vermogen kan duidelijk kleiner zijn dan het berekende geluidsvermogen indien:

- de kleinste afmeting van het oppervlak kleiner is dan een halve golflengte;
- en/of
- het uitstralend vlak over afstanden groter dan een halve golflengte homogeen is en de frequentie beneden de grensfrequentie ligt.

Gebruikers worden aangemoedigd voor het bepalen van de afstralingsgraad theoretische of empirische modellen te gebruiken. Een samenvatting van bevindingen is onder andere vermeld in ICG-rapport IL-HR-13-04 [C.7].

4.7 Uitstraling gebouwen (methode II.7)

4.7.1 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 geluidsdrukniveau L_p aan de binnenzijde van de wand (of dak). De bronsterkte wordt vervolgens bepaald via:

$$L_{wi} = L_p + 10 \log S_i - R_i - C_d \quad (4.24)$$

met	L_{wi}	= geluidsvermogen van wanddeel i.
	L_{pi}	= het geluidsdrukniveau op 1 à 2 meter aan de binnenzijde voor het wanddeel i.
	S_i	= het oppervlak van wanddeel i in m ² .
	R_i	= luchtgeluidsisolatie 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 geluidsvelden en
- $C_d = 3$ dB: sterk gedempte ruimten, weinig diffuse geluidsvelden.

Een voorbeeld van een situatie met een sterk diffuus geluidsveld 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 geluidsveld 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 geluidsisolatie waarde R_i van wand-, gevel- en dakconstructies zijn er diverse tabellen in omloop.

Belangrijk daarbij is:

→

- door openingen en geluidstechnisch zwakke aansluitdetaileringen 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 module D (bijlage 4) is een tabel gegeven met enkele isolatiewaarden.

4.7.2 Aanvullende metingen

In bestaande situaties is het zinvol om de berekeningen van de geluidsisolatie van wanddelen te combineren met aanvullende metingen.

Een luchtgeluidsisolatiemeting 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 geluidsveld in de hal veroorzaken;
- het geluidsniveau 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:

$$R_i = \Delta L - 3 \quad (4.25)$$

waarbij ΔL het verschil in gemeten geluidsniveau aan beide zijden van de wand is. Indien wanddeel i volledig absorberend is, geldt:

$$R_i = \Delta L \quad (4.26)$$

Een contactgeluidsisolatiemeting

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 luchtgeluidsisolatie 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 luchtgeluidsisolatiemeting worden bepaald;
- relatief lichte wandbeplating kan enkele dB's sterker trillen dan de zwaardere vloer- en constructiedelen die deze wandbeplating aanstoten;

Indien in een prognosestadium voor wanden hoge luchtgeluidsisolatiewaarden worden voorspeld en zware machines worden opgesteld in de bedrijfsruimte, is het van belang de contactgeluidsisolatie te berekenen. Deze berekeningswijze valt buiten het kader van methode II.

4.7.3 Berekening van de bronsterkte L_{WR}

In het algemeen geldt voor de wanden van een gebouw:

$$L_{WR} = L_W + DI \quad (4.27)$$

Hierbij zijn L_{WR} respectievelijk L_W de immisierelevante bronsterkte c.q. het geluidsvermogen van de wand en DI de richtingsindex. Voor wanden van een gebouw geldt een richtingsindex volgens tabel C.4.7.

β [°]	DI [dB]
0-85	3

→

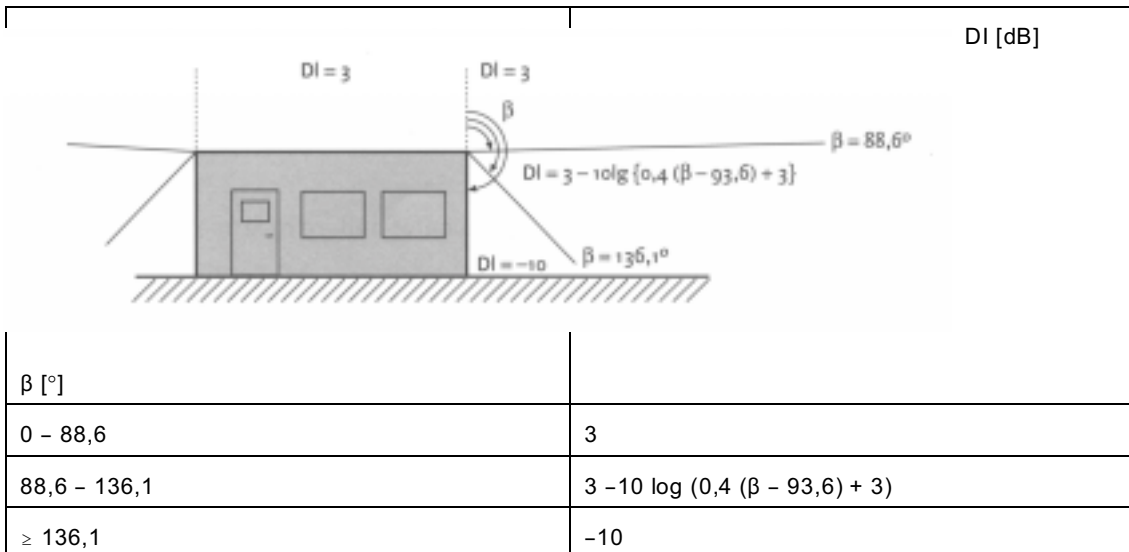
85 - 132,5	$3 - 10 \log (0,4 (\beta - 90) + 3)$
$\geq 132,5$	-10

TABEL C.4.7 Richtingsindex bij wanden voor een hoek β

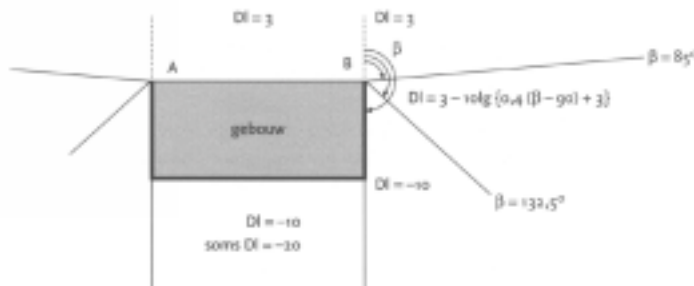
Hierin is β de hoek tussen de normaal en de immissierichting in graden (zie figuur C.4.6). Naar de achterzijde van het gebouw kan de afscherming veel groter zijn, als er geen (zwakke) storende reflecties optreden. In die situatie mag als maximale afscherming $DI = -20$ dB worden aangehouden, waarbij deze keuze in de rapportage gemotiveerd moet worden.

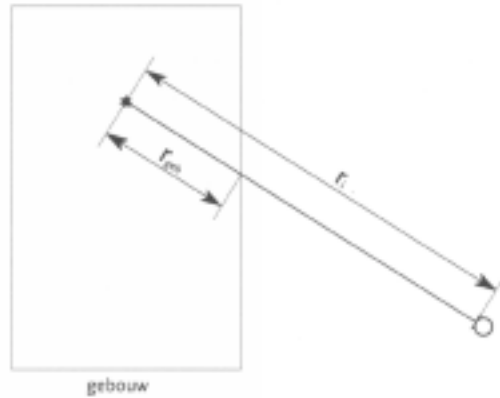
FIGUUR C.4.6 De richtingsindex bij uitstraling van gevel (bovenaanzicht)

Voor de afstraling van daken moet rekening gehouden worden met de kromming van de geluidspaden tengevolge van meteorologische invloeden. Hierbij wordt een kromtestraal van $8r$ aangenomen (zie paragraaf 5.3.4). Voor horizontale vlakke daken geldt dan een richtingsindex volgens tabel C.4.8.



TABEL C.4.8 Richtingsindex bij daken voor een hoek β





FIGUUR C.4.7 De richtingsindex bij afstraling van horizontale vlakke daken (zij-aanzicht)

4.7.4 Overdrachtsberekening

De overdrachtsberekening kan zowel voor de afzonderlijke wanddelen als voor een combinatie van wanddelen worden uitgevoerd. Combineren is alleen toegestaan als de wanddelen in het zelfde vlak liggen en de overdrachtssituatie voor de wanddelen vergelijkbaar is.

Bronopdeling

In verband met afscherming kan het gewenst zijn het gebouw in een of meer bronnen op te delen.

Bodemverzwakking

Voor horizontale dakvlakken geldt ten aanzien van de bodemfactor van het brongebied het volgende: Indien het immissiepunt op een afstand groter dan 10 keer de gebouwhoogte ligt wordt de bodem rond het gebouw als uitgangspunt voor de berekening gekozen.

Indien het immissiepunt op kleinere afstand ligt, wordt het dakvlak als maaiveld voor de bron gezien. De bodemfactor B_b voor het brongebied wordt dan als volgt berekend: (vooralsnog)

$$B_b = \left(1 - \frac{r_{geb}}{r_i}\right) B \quad (4.28)$$

met r_i =afstand van bron naar immissiepunt

r_{geb} =dat deel van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven het gebouw ligt (zie figuur C.4.8)

FIGUUR C.4.8 Bodemverzwakking boven dakvlakken (bovenaanzicht)

→

4.8 Internationale standaarden en/of andere meetmethoden

4.8.1 Algemeen

Er is een groot aantal methoden in omloop waarmee een bronsterkte kan worden bepaald.

Belangrijke aspecten die mogelijk leiden tot fouten bij de bepaling van de immissierelevante bronsterkte zijn:

- omdat vaak alleen het geluidsvermogen wordt gegeven, is het moeilijk informatie te verkrijgen over richtingsafhankelijkheid;
- het toepassen van de term voor het geometrisch nabijheidsveld ontbreekt;
- de bedrijfstoestanden waarin het apparaat in de praktijk wordt gebruikt, wijken af van de toestanden waaronder is gemeten.
Vooral bij de zogenaamde typekeuringen, waarbij groepen soortgelijke apparaten onder specifieke bedrijfstoestanden worden vergeleken, treedt dit op. Bij deze typekeuringen waar het totale geluidsvermogen wordt vastgesteld, wordt grote nadruk gelegd op het onderling vergelijken van apparaten.

Tevens zijn voor bepaalde categorieën bronnen 'emissie-kengetallen' bekend, waaruit het geluidsvermogen direct kan worden afgeleid. De emissie-kengetallen zijn globaal en de nauwkeurigheid is dan ook duidelijk minder goed dan de geluidsvermogens die door metingen zijn vastgesteld.

4.8.2 Beknopt overzicht normen en voorschriften

Van belang zijn de volgende normen:

- **ISO 3740: 1980** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Guidelines for the use of basic standards and for the preparation of noise test codes.
- **ISO 3741: 1988** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for broad-band sources in reverberation rooms.
- **ISO 3742: 1988** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for discrete-frequency and narrow-band sources in reverberation rooms.
- **ISO 3743-1: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms.
- **ISO 3743-2: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 2: Methods for special reverberation test rooms.
- **ISO 3744: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane.
- **ISO 3745: 1977** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms.
- **ISO 3746: 1995** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane.
- **ISO 3747: 1987** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Survey method using a reference sound source.
- **ISO 8297: 1994** Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method.
- **ISO 9613-1: 1993** Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.
- **ISO 9614-1: 1993** Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points.

ISO 3743 en 3746 zijn delen van een serie van tot nu toe zes basisnormen (de nummers 3741 t/m 3746) die betrekking hebben op het meten van het geluidsvermogeniveau van machines en werktuigen. De verschillende delen hebben betrekking op verschillende meetsituaties (galmveld, vrije veld, in situ) en op verschillen in meetnauwkeurigheid (precision, engineering, survey).

Een overzicht van de inhoud van deze normen wordt gegeven in ISO 3740, waarin tevens aanwijzingen worden gegeven voor de wijze waarop deze basisnormen dienen te worden verwerkt in meetnormen voor specifieke machines en werktuigen.

→

Van de ISO standaarden zijn overzichtsboeken beschikbaar en zijn titels van standaarden op internet beschikbaar.

EG EN-normen

Binnen de Europese Gemeenschap worden in het kader van opheffing van handelsbelemmeringen besprekingen gevoerd over typekeuringseisen voor diverse machines en apparaten.

De Europese normen (EN) zijn in principe niet bindend. CEN probeert waar mogelijk ISO te volgen. Indien een EN in een Europese richtlijn wordt genoemd, zijn nationale regeringen verplicht deze als wetgeving in te voeren. Dat is bijvoorbeeld het geval voor typekeuringsmeetmethoden en normen die worden toegepast in het kader van de Machinerichtlijn.

DIN (DIN-normen)

Van belang zijn de volgende normen:

DIN-45635, Blatt I 'Geräuschmessung an Maschinen. Luftschallmessung, Hüllflächen – Verfahren. Rahmen – Messvorschrift', januari 1972).

DIN-45635, Blatt 10 en verder Vervolgbladen met betrekking tot diverse categorieën machines.

In Blatt I wordt de basisopzet van de meetmethode gegeven. Deze is in essentie gelijk aan de opzet van de reeds besproken ISO-(ontwerp)normen. De norm is in principe geldig voor alle technische geluidsbronnen, zoals machines, werktuigen, installaties en complete fabrieken. Dit alles is toepasbaar boven een reflecterende of absorberende bodem en waar een (redelijk) vrij veld aanwezig is. Er wordt zowel in het meten van dB(A)-waarden als in octaaf- of tertsbandsniveaus voorzien. Voor de onderhavige toepassing in het kader van methode II worden metingen in octaafbanden aangehouden.

Het meetvlak dient een eenvoudige geometrische vorm te hebben en ruwweg parallel te lopen aan het buitenoppervlak van de machine. De meetafstand is in de regel 1 m. In het algemeen wordt per vierkante meter meetoppervlak één meetpunt gekozen.

Bij kleine machines moet men echter minstens 5 meetpunten nemen, terwijl men bij grote machines naar ongeveer 10 meetpunten moet streven.

Bij grote 'machines' zal een geluidsdruk-niveaumeting over een gesloten oppervlak vaak niet mogelijk zijn. Voor zulke gevallen raadt de norm aan het geluidsdruk-niveau te meten op een of meer meetlijnen in een horizontaal vlak ('Rundummessung'); in het algemeen zal ook hierbij de meetafstand 1 m bedragen. Daarnaast wordt aangeraden op diverse plaatsen in de omgeving geluidsmetingen te doen om een indruk te krijgen van de geluidsuitbreiding.

De hoofdzaak van Blatt 10, Blatt 11 en de overige tweecijferige vervolgbladen van DIN-45635 is de specifieke definitie van het meetvlak dat bij de betreffende machines moet worden toegepast.

Daarnaast bestaan nog enkele driecijferig genummerde bladen, die aanvullingen op eerder verschenen bladen bevatten.

Overige

Naast de boven vermelde standaardmeetvoorschriften bestaan er nog diverse andere (meestal buitenlandse of internationale) meetvoorschriften. Ter wille van de vergelijkbaarheid van de verkregen resultaten dienen deze alleen dan te worden toegepast indien zij in overeenstemming of tenminste niet in tegenspraak zijn met de eerstgenoemde normvoorschriften.

Genoemd kunnen worden:

- De VDI-voorschriften (VDI-3730 en vervolgbladen), 'Emissionskennwerte technischer Schallquellen', waarin emissie-kengetallen voor diverse categorieën machines worden gegeven.
- VNCI (Vereniging van Nederlandse Chemische Industrie) SCPI-51501.

→

- CONCAWE (Specifiek voor petrochemische industrie).
- PNEUROP (Specifiek voor pneumatische toestellen).

Voor de berekening van de geluidsoverdracht naar het immissiepunt wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

4.8.3 Rapportage

In het rapport, behorend bij de verrichte metingen volgens bovengenoemde normen en voorschriften, moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- de beoogde toepassingen;
- verwijzing naar de toegepaste standaardmeetvoorschriften;
- motivering waarom de betreffende methode is toegepast;
- beschrijving van de afwijkingen van de standaardmeetvoorschriften ten opzichte van deze Handleiding;
- berekening van de bronsterkte L_{WR} .