



## **Trillingen in woningen**

### **normeringen – grenzen en ambities**

*Hans Huizer*

*Peutz bv, vestiging Zoetermeer (079 – 3470347)*

*h.huizer@zoetermeer.peutz.nl*

### **Inleiding**

Trillingen in woningen kunnen tot hinder leiden. Enerzijds gaat het dan om trillingen die als geluid door wanden, vloeren en plafonds worden afgestraald en anderzijds om trillingen die door de mens als voelbaar worden ervaren. Dit artikel gaat over normeringen voor voelbare trillingen. Voelbare trillingen worden door de mens ervaren door (indirect) contact via voeten, zitvlak of het gehele lichaam met de trillende constructie te hebben; geluid, eveneens een trillingsvorm maar dan met de lucht als voortplantingsmedium, wordt zoals bekend door de oren waargenomen. In het algemeen worden voelbare trillingen waargenomen in het frequentiegebied tussen 1 en 80 à 100 Hz.

Onderzoek toont aan dat 10% van de bevolking in ernstige mate gehinderd wordt door trillingen, waarvan trillingen door wegverkeer leiden tot de meeste hinder (5 %)<sup>1</sup>. Bij trillingbronnen waar naast trillingen ook geluid ontstaat, is de hinder door geluid meestal dominant ten opzichte van trillinghinder.

Voor het voorkomen of beperken van trillinghinder in woningen of andere gevoelige bestemmingen is slechts beperkte wet- en regelgeving voor handen. De regelgeving die er is heeft alleen betrekking op industriële bedrijven. Zo kunnen voor inrichtingen (bedrijven) in milieuvergunningen normen worden opgenomen of zijn er bij Algemene Maatregel van Bestuur voor niet vergunningplichtige inrichtingen normen van toepassing. De normen die in dit kader gesteld worden, zijn vanuit de initiatieven vanuit de ‘markt’ tot stand gekomen. De overheid zelf heeft hier geen bemoeienis in gehad.

In dit artikel wordt nader ingegaan op het beoordelingskader voor trillingen en de achtergronden ervan.

---

<sup>1</sup> bron: RIVM rapport 815120001 / 2004, TNO rapport 2004-34: ‘Hinder door milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland, Inventarisatie verstoringen 2003’

## SBR-richtlijn B

Bij gebrek aan wet- en regelgeving zijn er vanuit de ‘markt’ initiatieven ontplooid om richtlijnen op te stellen. Doel ervan was om handvatten aan te reiken om, daar waar partijen met verschillende belangen tegenover elkaar kunnen staan, de omvang van mogelijke trillingproblematiek objectief te kunnen vaststellen en criteria te hebben voor wat wel en niet acceptabel is.

In Nederland zijn de richtlijnen van de Stichting Bouwresearch (SBR) inmiddels wijd verspreid een begrip. Deze richtlijnen zijn in vele situaties in de jurisprudentie genoemd als de ‘huidige meest recente milieuhygiënische inzichten’. De richtlijnen kunnen dan ook als toelaatbaar beoordelingskader worden gehanteerd. Door SBR zijn drie richtlijnen opgesteld. Dit betreft richtlijnen uit augustus 2002, als tweede uitgave van de eerdere uitgave uit 1993

- Deel A: Schade aan gebouwen;
- Deel B: Hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: Storing aan apparatuur.

De delen A, B en C zijn alle meet- en beoordelingsrichtlijnen.

Dit artikel richt zich op trillinghinder, waarvoor SBR-richtlijn B van toepassing is.

## Achtergronden

De wijze van beoordelen van een trillingsituatie in SBR-richtlijn B wijkt af van de beoordeling van geluid. Bij geluid wordt beoordeeld op equivalente (gemiddelde) geluidniveaus en (voor industriële geluidbronnen) maximale geluidniveaus. Een ander verschil tussen de beoordeling van de geluid- en de trillingsituatie is dat de trillingsituatie altijd in de gevoelige bestemmingen gebeurt en geluid (veelal) alleen buiten vóór de gevel. Het beoordelen van de situatie binnen heeft het nadeel dat de trillingveroorzaker mede afhankelijk is van de wijze waarop de gevoelige bestemming is gebouwd<sup>2</sup>, waarop de trillingveroorzaker geen invloed op heeft.

De beoordelingsmethodiek uit SBR-richtlijn B sluit vrijwel volledig aan bij de Duitse richtlijn DIN 4150, deel 2.

In de commissie die de richtlijn heeft opgesteld is nadrukkelijk stilgestaan bij de keuze van beoordelen, analoog aan geluid of analoog aan de Duitse norm. Uiteindelijk is gekozen om voort te borduren op de eerdere uitgave van de SBR-richtlijnen uit 1993 die al waren gebaseerd op de Duitse richtlijnen.

---

<sup>2</sup> Optredende trillingniveaus zijn afhankelijk van de bron (bij weg- of railverkeer het type voertuig, rijsnelheid, wegdek(on)effenheid), van de overdracht (afstand, bodemtype) en van de ontvanger (type fundering, vloertype (beton, hout), vloeroverspanningen). Kortom vele factoren zijn bepalend voor de optredende trillingniveaus.

Eenduidige hinder-effect relaties zijn niet voorhanden. Enerzijds zijn er nog te weinig onderzoeken gedaan naar deze relaties, anderzijds volgt uit de onderzoeken dat er weinig correlatie in hinderbeleving en trillingniveaus is vast te stellen.

Een bloemlezing uit een aantal onderzoeken:

Uit een omvangrijk onderzoek, uitgevoerd door Zeichart et al (1993, 1994), naar trillinghinder door railverkeer wordt o.a. geconcludeerd:

- de hinder door geluid als gevolg van railverkeer is in het algemeen groter dan de hinder door trillingen;
- de correlatie tussen de resultaten van de enquêtes en de objectief vastgestelde trillingsterkten is verhoudingsgewijs zwak;
- hinder door trillingen treedt al op bij betrekkelijk lage trillingsterkten. Bij hogere trillingsterkten neemt de mate van hinder minder dan evenredig toe;
- het absolute aantal passages correleert slecht met de mate van hinder
- de mate van hinder is bij tram- en metroverkeer aanzienlijk geringer bij gelijke trillingsterkten dan bij railverkeer op het landelijke railnet.

Door de commissie voor de DIN norm is o.a. gebruik gemaakt van deze gegevens voor het opstellen van de huidige van toepassing zijnde DIN 4150, deel 2 uit 1999, voorzover deze norm betrekking heeft op trillingen ten gevolge van railverkeer.

In 1995 en 1997 zijn door TNO Preventie en Gezondheid bureaustudies uitgevoerd naar de beleving van trillingen door personen in gebouwen. Daarbij zijn o.a. gegevens in een aantal databases betreffende onderzoek in Nederland en in het buitenland naar hinder door geluid, nader onderzocht op het aspect trillingen.

Uit het onderzoek wordt geconcludeerd:

- er blijkt een redelijke nauwkeurige relatie gelegd te kunnen worden tussen geluidhinder en trillinghinder
- er is geen duidelijke relatie vastgesteld tussen persoonlijke omstandigheden en de waarneming of hinder door trillingen;
- er is een hoge correlatie tussen het waarnemen van of hinder hebben door trillingen en gevoelens van angst.

Dit laatste ondervinden wij ook in onze adviespraktijk. Als mensen hinder (zeggen te) ondervinden van trillingen wordt ook vaak de relatie gelegd met schade aan woningen en zelfs de angst dat woningen kunnen beschadigen of zelfs kunnen instorten. Echter in het algemeen zijn normen om hinder in woningen te beperken/voorkomen veel strenger dan de grenswaarden om schade aan woningen te voorkomen, zelfs bij monumentale panden. Mensen zijn dus 'gevoeliger' voor trillingen dan dat gebouwen dat zijn. Het wegnemen van de angst, leidt op zich al tot minder hinderbeleving.

Tenslotte is in 1997 door TNO Preventie en Gezondheid in samenwerking met Obermayer Planen + Beraten een studie uitgevoerd op basis van de database gebruikt in het onderzoek van Zeichart. Het onderzoek zou o.a. een antwoord moeten geven welke grootheden gebruikt zouden moeten worden om de trillinghinder te beschrijven.

De conclusies uit het onderzoek waren:

- het aantal voelbare trillingen correleert niet met de ondervonden hinder. De trillingsterkte is dus een betere maat voor trillinghinder dan het aantal voelbare trillingen;
- zelfs dit volledig op railverkeer toegesneden onderzoek resulteert in een verhoudingsgewijs lage correlatie tussen trillinghinder en trillingsterkte;
- de hoogste correlatie tussen hinder en trillingsmaat wordt bereikt bij een gecombineerde effectieve trillingsnelheid in de woonkamer overdag en in de slaapkamer 's nachts.

Daarnaast volgt uit Noors onderzoek dat vanaf een trillingsterkte (zijnde de frequentie gewogen grootheid; zie verderop in dit artikel) 30% van de ondervraagden een trillingsterkte van 0,1 als voelbaar ervaren en dat 18% hier *enige* mate van hinder van ondervinden. In de Duitse DIN 4150 wordt 0,1 als de grens van voelbaarheid gegeven.

Samenvattende conclusie van de genoemde onderzoeken zijn:

- de onderzoeken leveren geen goede correlatie tussen trillingsterkte en mate van hinder;
- de effectieve trillingsnelheid (combinatie woonkamer/slaapkamer) lijkt de beste trillingsmaat te zijn;
- het aantal gebeurtenissen heeft een slechte correlatie met de ondervonden hinder;
- als voorkeurswaarde kan worden uitgegaan van de grens van voelbaarheid van 0,1.

In SBR-richtlijn B en DIN 4150, deel 2 zijn uiteindelijk de volgende relaties opgenomen, waarbij nogmaals op basis van de slechte correlatie tussen dosis en effect, geen harde conclusies aan verbonden kunnen worden.

$V_{\max}$	Waarneming	Hinderkwalificatie
< 0,1	niet voelbaar	geen hinder
0,1 – 0,2	juist voelbaar	weinig hinder
0,2 – 0,8	juist voelbaar tot goed voelbaar	matige hinder
0,8 – 3,2	goed voelbaar tot sterk voelbaar	hinder
> 3,2	zeer sterk voelbaar	ernstige hinder

In de SBR-richtlijn B zijn bovenstaande relaties verwerkt tot objectieve normen (streefwaarden).

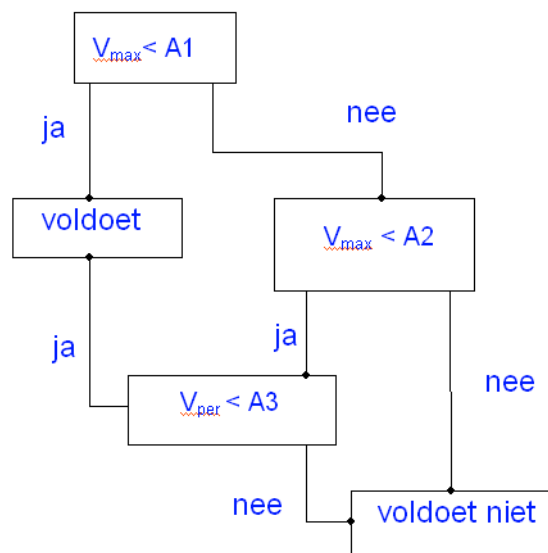
## Streefwaarden uit SBR-richtlijn B

In SBR-richtlijn B worden streefwaarden gegeven die van toepassing zijn voor alle trillingbronnen: weg- en railverkeer, industrie en bouwwerkzaamheden.

De streefwaarden zijn afhankelijk van het type trillingbron (continu, herhaald voorkomend, kortdurend, incidenteel), de bestemming (woning, onderwijs, kantoor, bijeenkomstgebouw), de locatie (op of buiten een industrieterrein) en van nieuwe of bestaande situaties. Kortom een scala aan streefwaarden. Daarnaast wordt dit aantal nog eens verhoogd doordat de beoordeling op een drietal niveaus plaatsvindt. Er zijn namelijk een drietal streefwaarden van toepassing per te beoordelen situaties.

Deze streefwaarden worden uitgedrukt als  $A_1$ ,  $A_2$  en  $A_3$ . Trillingen in gevoelige bestemmingen zijn toelaatbaar indien voldaan is aan één van de volgende voorwaarden (zie ook stroomschema):

- De waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ( $V_{max}$ ) is kleiner dan  $A_1$ .
- De waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ( $V_{max}$ ) is kleiner dan  $A_2$  waarbij de trillingsterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte ( $V_{per}$ ) kleiner is dan  $A_3$ .



Benadrukt wordt dat de SBR-richtlijn streefwaarden bevat en dus geen grenswaarden. Er kan worden aangenomen dat in situaties waarbij voldaan wordt aan de streefwaarden er normaal gesproken geen hinder optreedt. Echter tegenover mogelijke hinder staan ook altijd andere belangen. Belangen dienen derhalve zorgvuldig te worden afgewogen. Grenswaarden kunnen derhalve afwijken van streefwaarden. In juridisch opzicht is het onderscheid tussen streef- en grenswaarden een relatief zwaar onderscheid. Het onderscheid is echter door de begeleidingscommissie bewust vanwege genoemde belangenafweging zo bedoeld.

Bij voelbare trillingen wordt de hinder veelal ook bepaald door secundaire effecten zoals laagfrequent geluid en geluid ten gevolge van bijvoorbeeld het rammelen van servies, ramen e.d. en zichtbare verschijnselen als trillende blaadjes van kamerplanten. Op de beoordeling van dergelijke effecten voorziet SBR-richtlijn B niet.

## Trillinggrootheden

Het toelaatbare trillingniveau wordt uitgedrukt in een gewogen trillinggrootheid  $v(t)$ . Indien de trillingen zijn gekwantificeerd door middel van de momentane waarde van de snelheid in mm/s geldt voor de weegfunctie  $H_v(f)$ :

$$|H_v(f)| = \frac{1}{v_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}},$$

waarin:

$f$  = frequentie in Hz;

$f_0$  = 5,6 Hz;

$v_0$  = 1 mm/s.

Daarmee wordt dus een frequentieafhankelijke waardering voor trillingen in de beoordelingsgrootheid verwerkt, net zoals dat voor geluid met de A-weging gebeurt.

Voor de voortschrijdende effectieve waarde  $v_{eff}(t)$  die wordt bepaald uit de gewogen momentane waarde  $v(t)$ , geldt:

$$v_{eff}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^t g(\xi) v^2(t - \xi) d\xi},$$

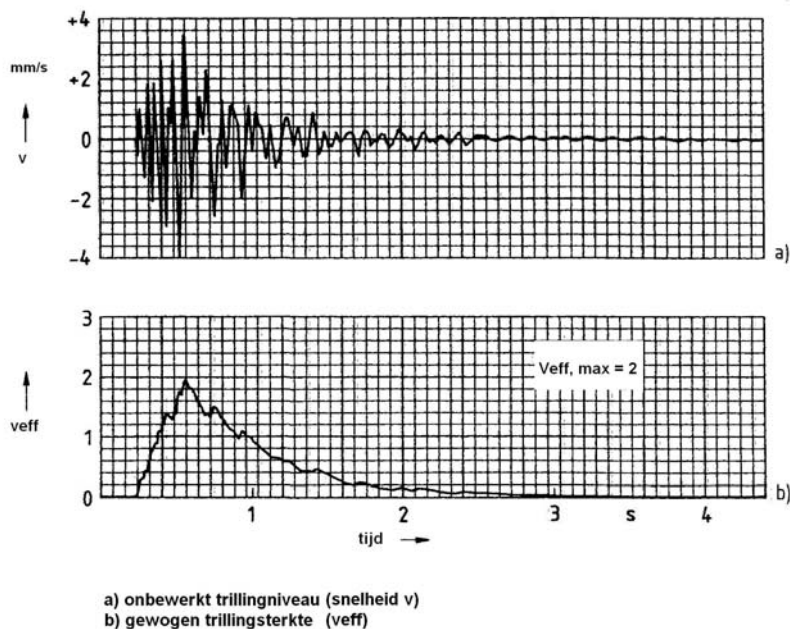
waarin:

$g(\xi) = \exp(-\xi/\tau)$ ;

$\tau = 0,125$  s.

De tijdconstante van 0,125 s gelijk aan de tijdconstante volgens de meterstand 'fast' bij geluidmeters.

In figuur 1 is een voorbeeld gegeven van een gewogen trillingsterkte (als effectieve waarde) van een onbewerkt tijd-trillingniveau verloop.



**Figuur 1** Voorbeeld tijdverloop gewogen effectieve trillingsterkte van een onbewerkt tijd-trillingniveau verloop

Onder de trillingsterkte over de beoordelingsperiode  $V_{per}$  wordt verstaan: het kwadratisch gemiddelde van de grootste effectieve waarde per interval van 30 seconden in de desbetreffende beoordelingsperiode. De berekening van  $V_{per}$  vindt plaats in twee stappen. Eerst wordt de kwadratisch gemiddelde effectieve waarde van de maxima over de meetperiode berekend:

$$V_{per,meet} = \sqrt{\left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{eff,max,30,i}^2 \right]}$$

waarin:

- $V_{per,meet}$  = de kwadratisch gemiddelde waarde van de maxima over de meetperiode;
- $n$  = aantal gehele tijdsintervallen van 30 seconden binnen de duur van een meting;
- $v_{eff,max,30,i}$  = de grootste waarde van  $v_{eff}(t)$  in een tijdsinterval van 30 seconden, dimensieloos;
- $i$  = de variabele welke het interval van 30 seconden aangeeft waarin  $v_{eff,max,30,i}$  is gemeten.

Vervolgens wordt de effectieve waarde over de beoordelingsperiode berekend. Hierbij wordt de verhouding tussen de bedrijfsduur van de trillingsbron en de duur van de beoordelingsperiode in de berekening betrokken:

$$V_{per} = V_{per,meet} \cdot \sqrt{\frac{T_b}{T_0}},$$

waarin:

- $V_{per}$  = de effectieve waarde van de maxima  $v_{eff,max,30,i}$  bepaald per beoordelingsperiode over  $N$  aaneensluitende tijdsintervallen van 30 seconden, dimensieloos;
- $T_b$  = de totale tijdsduur van de trilling in desbetreffende beoordelingsperiode, in seconden;
- $T_0$  = duur van de beoordelingsperiode, in seconden (dag: 43.200 seconden).

De beoordelingsgrootheid  $V_{max}$  is de grootste waarde van  $v_{eff,max}$  in de beschouwde ruimte in de desbetreffende beoordelingsperiode (dag-, avond- en nachtperiode).

Indien herhaald gemeten is (zowel bij continue trillingen als bij herhaald kortdurende trillingen) kan uit een aantal waarden van  $v_{eff,max,i}$  door middel van een statistische bewerking  $v_{eff,max,stat}$  bepaald worden. Deze statistische benadering is noodzakelijk in verband met de kans dat tijdens de metingen een hogere  $v_{eff,max}$  gemist is. De grootheid  $v_{eff,max,stat}$  geeft de trillingsterkte aan waarvoor een overschrijdingskans van 5% geldt. De statistische verwerking vindt plaats volgens de formule:

$$v_{eff,max,stat} = \mu \cdot e^{\beta\sigma/\mu},$$

waarin:

- $v_{eff,max,stat}$  = de per meetpunt en meetrichting statistisch berekende waarde  $v_{eff,max}$  ;
- $\mu$  = de gemiddelde waarde bepaald over maximaal  $n = 15$  hoogste waarden van  $v_{eff,max,30,i}$  waarbij  $v_{eff,max,30,i}$  minimaal 50% van de gemeten waarde van  $v_{eff,max}$  moet bedragen;
- $\beta$  = factor gelijk aan 1,76 (dit komt overeen met een kans van overschrijden van 5%). Indien minder van 15 waarden van  $v_{eff,max,30,i}$  in de bepaling van het gemiddelde zijn meegenomen, dan heeft  $\beta$  een hogere waarde ( $\beta = 2,92$  indien 3 meetwaarden zijn gebruikt voor de bepaling van het gemiddelde).
- $\sigma$  = de standaardafwijking bepaald over de maximaal  $n=15$  hoogste waarden van  $v_{eff,max,30,i}$ . De standaardafwijking dient berekend te worden volgens:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_{eff,max,30,i} - \mu)^2}{n-1}}$$

Indien zekerheid bestaat dat onder maximale omstandigheden gemeten is, behoeft deze statistische bewerking niet te worden toegepast.



## **Conclusie**

- De correlatie tussen de mate van hinder en de trillingsterkte is beperkt;
- De trillingsterkte is een betere maat voor voelbare trillingen dan het aantal gebeurtenissen;
- Als voorkeurswaarde geldt de grens van voelbaarheid van 0,1 (gewogen effectieve trillingsterkte);
- SBR-richtlijn 2 is van toepassing voor alle trillingbronnen;
- De normen in SBR-richtlijn B betreffen streefwaarden en geen absolute grenswaarden;
- Blijven de trillingsterkten onder de streefwaarden dan treedt er normaal gesproken geen hinder op;
- Veelal wordt de hinderbeleving door trillingen vergroot door angst voor schade en door secundaire effecten. Het wegnemen ervan vergroot de acceptatie voor voelbare trillingen.