

# ONDERZOEK GELUIDSBELASTING VOOR BEIAARDIERS

Ing. Kees Doornhein ©



*Boudewijn Zwart aan het klavier van de Grote Kerk te Dordrecht*

## INLEIDING

In de jaren 2016 en 2017 is een uitgebreid audiologisch onderzoek uitgevoerd dat als hoofddoel had de geluidsbelasting voor organisten te bepalen.

Omdat verschillende organisten tevens beiaardier zijn, bleek vanuit beide professies, in zowel Nederland als Vlaanderen, hier een toenemende belangstelling voor te bestaan.

Daarom is op beperkte schaal eveneens geluidsonderzoek uitgevoerd voor beiaardiers.

Het doel was inzicht te verkrijgen in diverse soorten geluidsbelasting en na te gaan of bij geluidsoverschrijding de kans bestaat op beschadiging van het gehoor en tevens te komen tot adviezen. Op grond van de brede belangstelling voor deze onderzoeken is in maandblad *Het Orgel* een uitgebreide publicatie verschenen waarbij tevens in het kort werd ingegaan op de geluidsbelasting van beiaardiers. (Tijdschrift *Het Orgel*, Jaargang 113 nummer 3, mei 2017)

Dit onderzoek betreft de beiaarden in de Bakenessertoren Haarlem, de Grote Kerk Dordrecht, de Sint-Catharinakerk Eindhoven, het stadhuis Etten-Leur en Ridderkerk en de dorpskerk Spijkenisse.

In de beschrijving van het onderzoek worden decibelwaarden alsmede theorie zoveel mogelijk vermeden. Voor praktisch inzicht in de geluidsbelasting zal hier wel kort op worden ingegaan. Dit betreft onder meer normen om gehooraantasting te voorkomen en daarbij behorende randvoorwaarden. Enerzijds is het de bedoeling dat meetgegevens zodanig weergegeven worden dat een objectief, maar ook eenvoudig inzicht ontstaat in de te verwachten geluidsbelasting tijdens beiaardconcerten en bespelingen van oefenbeiaarden.

Anderzijds wil dit artikel bijdragen aan de bewustwording bij beiaardiers die regelmatig blootgesteld kunnen worden aan relatief hoge geluidsbelastingen. In de praktijk blijkt vaak dat beiaardiers de geluidsniveaus in de speelcabines als stevig tot erg luid ervaren.

Het gehoor is onvoorstelbaar mooi gemaakt en kan heel wat verdragen. De aantasting van het gehoor verloopt als regel dan ook langzaam en ongemerkt en kan lang duren, omdat de grenzen van het gehoor een enorm grote dynamiek hebben. Als gevolg van extra hoge geluidsbelasting van musici zijn in de orkestwereld onderzoeken gedaan en waar nodig maatregelen genomen voor bescherming van het gehoor. Dit artikel wil tegemoetkomen in de bestaande lacune op het gebied van beiaarden.



*Klokken in de beiaard van de Grote Kerk te Dordrecht*

*Op deze plaats wil ik graag de betrokken beiaardiers, speciaal Rien Donkersloot, alsmede Peter Huysmans (ARBO) en assistent Johan Dekker, die altijd bereid was door weer en wind mee te gaan voor metingen in de torens, hartelijk danken voor hun medewerking.*

## TOELICHTING EENHEID VAN GELUIDSSTERKTE

De eenheid van geluidssterkte wordt uitgedrukt in decibels (dB). De meest gebruikte eenheid is de dB (A) die direct gerelateerd is aan de frequentieafhankelijke waarneming van het menselijk gehoor bij gemiddeld geluidsniveau. Bij hogere geluidsniveaus wordt de waarneming van lage frequenties sterker en klopt de A-weging niet goed meer met de waarneming. De dB (A) is wel een goede maat ter beoordeling van eventuele schadelijkheid door geluid. In een geluidsniveaumeter is een A-filter ingebouwd die zorgt dat de meetwaarden 'gewogen' worden, afhankelijk van de toonhoogte (frequentie) conform de gevoeligheid van het gehoor voor de frequenties van hoog tot laag.

### *Dynamiek van het gehoor*

Een verdubbeling van de geluidssterkte wordt bereikt bij 3 dB; 10 dB meer betekent dat het geluidsniveau 10x sterker is geworden.

Een zachte orgelklank bedraagt circa 50 dB(A), terwijl tijdens een hardere orgelklank bij de speeltafel 95 tot 100 dB(A) voorkomt. Op het eerste gezicht lijkt een stijging van het geluidsniveau van 50 naar 100 dB(A) een verdubbeling. In werkelijkheid is het 50x hoger.

De waarneming van ons gehoor is ongeveer een verdubbeling per 10 dB. Voor ons gehoor is dus de verhouding van de sterkte van een geluid van 50 dB(A) en een van 100 dB(A) factor 32 ( $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ). Dit illustreert nogmaals de enorme dynamiek van het gehoor.

## TOELICHTING MEETMETHODES EN ANALYSES

De ervaringen met audiologische orgelonderzoeken bleken ontoereikend voor beiaardonderzoek.

Dit wordt onder meer veroorzaakt door:

- De verschillende soorten van aanspraak
- De continuïteit van de toon
- De extra boventoonsterkte van beiaarden
- De impulseffecten vooral bij herhaalde noten
- De invloed van langzaam en snel spelen bij beiaarden



### *Beiaardier Donkersloot aan het Bakenesser-klavier te Haarlem*

Hoogstwaarschijnlijk vormen deze factoren de reden dat er niet of nauwelijks is gepubliceerd aangaande beiaarden over dit onderwerp.

Bepaling van de werkelijke geluidsbelasting in de speelcabine bleek geen sinecure.

Daarom is er overleg geweest met de audiologische afdeling van Het Leids Universitair Medisch Centrum Leiden, alsmede met de heer Peter Huisman, voorheen audioloog bij de ARBO-afdeling muziek. Al spoedig bleek de noodzaak van eigen onderzoek met metingen en analyses daarvan, om

de juiste meetmethode vast te stellen.

Gemeten kon worden als volgt:

1. Fast (totaal van vele korte momentopnames),
2. Slow (idem met langere meetduren),
3. Leq60; Equivalent (idem met opnameduren 60 sec)
4. Leq over de hele tijdsduur van de werken.

Allen in de variaties van dB(A) en dB(C).

De 4e meetmethode op basis van dB(A) metingen bleek de meest objectieve methode te zijn, hetgeen overeenkwam met de inschatting van de ARBO-afdeling muziek.

In tegenstelling tot een orgelpijp die een gelijkmatig geluid voortbrengt heeft een klokkenklank een afnemende sterkte na aanslag. Bovendien geeft het beiaardklavier meer geluid bij snel spelen. Vooral bij historiserende klavieren kan deze factor zwaar wegen voor de beiaardier. Het bleek dat langzaam spelen minder geluidsenergie levert bij hetzelfde toucher dan snel spelen; dus langzaam spelen geeft minder geluidsbelasting (Leq) dan snel spelen als het toucher hetzelfde is.

### ***Verskil tussen werkelijke geluidsbelasting en door het oor waargenomen belasting***

Dit verschil bleek uiterst relevant tijdens de onderzoeken in de beiaardcabines.

De werkelijke geluidsbelasting bleek in het algemeen minder dan de door het oor waargenomen belasting. Aanvankelijk was dit onverwacht, en mede aanleiding voor de noodzakelijke bepaling van de meetmethode.

Later bleek het verschil te verklaren en een gevolg te zijn van:

- Veel pulseffecten (aanslagklanken) van klokken geven de indruk van een hoge belasting
- Klokken hebben een extra boventoonrijke intonatie omdat over de afstand naar de luisteraars beneden het verlies van hoge tonen meer is dan van lage tonen. Deze hoge, helderdere tonen worden als extra belasting waargenomen, maar vormen minder werkelijke geluidsbelasting.

## **INVLOED VAN PLAATSELIJKE SITUATIES**

Naast de reeds genoemde effecten zijn de plaatselijke situaties eveneens van invloed op de geluidsbelasting van de beiaardier. Hierbij kan onder meer gedacht worden aan:

- De grootte en uitvoering van de beiaard
- De plaats en de vorm van een opgehouden luik of raam van de speelcabine
- De plaats van de cabine bij de beiaard
- Het type klavier (modern of historiserend)



*Details van de tractuur van de Hemony beiaard*

De genoemde invloeden spreken voor zich. Bij een lage toren is het geluid directer en relatief luider. Werkt de omgeving dempend of juist versterkend bij hoge gebouwen op een beperkte afstand tegenover een lage toren? Hoever is het raam of luik open?

Deze opsomming is niet compleet. Diverse andere invloeden kunnen nog worden onderzocht zoals de vorm en het oppervlak van de klepel bij het aanraken van de klok, etc.

## **RELATIEVE GELUIDSBELASTING ONDERZOCHE BEIAARDEN.**

De relatieve geluidsbelasting geeft in procenten de ondervonden geluidsbelasting tijdens een beiaardconcert in relatie tot de maximaal toegestane belasting volgens normen van de ARBO-afdeling Muziek en de EU. Hierbij is uitgegaan van een drukke muziekpraktijk waarbij dagelijks veelvuldig geluid wordt ondervonden van meerdere concerten, studeren, muziek doceren, etc. Uit de normen blijkt dat naarmate er minder geluid wordt ondervonden (bijvoorbeeld slechts twee dagen per week in plaats van vijf) de toegestane (relatieve) belasting per dag hoger mag zijn. De relatieve belastingen kunnen worden berekend vanuit de maximale toegestane belasting per tijdseenheid.

Deze zijn gebaseerd op de oorspronkelijke Nederlandse Criteria Schadelijk Geluid en de EG-richtlijn 2003/10/EG, die sinds 2006 is geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving. De Nederlandse criteria komen bij lagere geluids-drukken overeen met genoemde EG-richtlijn en geven in de hogere niveaus de mogelijkheid van terugberekening, uitgaande van (sterk) verkorte maximum blootstellingsduur. Criteria en beoordeling zijn voornamelijk bepaald door de z.g. specifieke Dagbelasting.

In de EG-wetgeving wordt onderscheid gemaakt tussen de toegestane dagbelasting bij 5 dagen van 8 uur per week, alsmede 1 dag per week van 8 uur. Voor dit onderzoek is ook een interpolatie voor 2 dagen per week berekend.

Voor 5 dagen, 2 dagen en 1 dag per week zijn de maximale daggemiddelden dan respectievelijk 80, 82 en 85 dB(A). Hogere belastingen worden in een tabel teruggerekend naar het maximum toegestane daggemiddelden. Uitgangspunt is uiteraard de veiligheid van het gehoororgaan.

Boven een momentane geluidsdruk van 85 dB is bij de ARBO-geluidsbescherming verplicht waarbij is uitgegaan van een standaard werkdag.

Kortere blootstellingstijden geven de mogelijkheid om de maximale geluidsdruk en belasting te verhogen. Hiertoe heb ik ten behoeve van deze soort audiologische onderzoeken de relatieve geluidsbelasting ontwikkeld, waarbij ook een berekening is gemaakt voor situaties van meer dan 5 dagen per week professionele geluidsbelasting als gevolg van muziek.

## **CONCLUSIES**

1. Zwaardere beiaarden in hogere torens geven een hogere relatieve geluidsbelasting dan beiaarden in kleinere torens.
2. Er wordt gespeeld met een raam of luik van de speelcabine iets geopend hetgeen de geluidsbelasting duidelijk kan verhogen.
3. De relatieve geluidsbelasting kan per beiaard en per bespeling sterk verschillen.
4. Snelle werken (veel aanslagen per minuut) geven een hogere geluidsbelasting dan langzame werken (bij gelijkblijvend toucher).
5. Bij grote(re) beiaarden kan de relatieve geluidsbelasting oplopen tot ongeveer 25 – 30 % per uur. Dit betekent dat na 4 respectievelijk 3 beiaardbespelingen op een dag het maximum bereikt is.
6. Ter vergelijking: grote concertorgels geven per uur een relatieve geluidsbelasting, die afhankelijk van het type orgel (plaats speeltafel t.o.v. pijpwerk) en intonatie kan variëren van

- 15 – 40 % per uur. (Zie korte voorbeeldberekening in de bijlage).
7. De geluidsbelasting van oefenbeiaarden varieert nogal. Een groot exemplaar (bijvoorbeeld Grote Kerk Dordrecht) kan een flinke geluidsdruk geven.
  8. Zoals reeds vermeld blijkt voor beiaarden de werkelijke relatieve belasting lager dan de door het oor waargenomen belasting mede door de impulsaanspraak van de klokken.
  9. Ook de piekniveaus blijken per beiaard te verschillen. Overschrijdingen van de grenswaarden zijn tijdens de metingen niet waargenomen.
  10. Zeer globaal blijkt er een overeenstemming tussen piekniveaus in de cabine en geluidsniveaus daarbuiten.

## TENSLOTTE

Als reeds aangegeven gaat de aantasting van het gehoor meestal langzaam en ongemerkt. Bij onder meer musici bleek dit na jaren inderdaad te zijn gebeurd. Voorkomen van regelmatige en/of langdurige overbelasting moet dus voorkomen worden. Een aangetast gehoor is niet te herstellen. Gehoorbescherming zoals oordopjes of een oorkap met beugel is aan te bevelen maar voor musici heeft dit het nadeel van minder duidelijkheid en een zekere vervorming door verschillen in dempingskarakteristieken bij variërende frequenties. Pluggers oordopjes, type Music, geven een effectieve maar beperkte demping en zijn economisch in gebruik.

*Voor o.a. de meetgegevens en de berekende relatieve geluidsbelastingen wordt verwezen naar onderstaande bijlagen.*

## NAWOORD

Binnen het kader van dit artikel is geen volledigheid nagestreefd, wel praktische bruikbaarheid. *Aan dit artikel kunnen dan ook geen rechten worden ontleend.* Een kleine verlaging van de speelsterkte of het gebruik van genoemde oordopjes geeft een aanmerkelijke verlaging van de dag c.q. weekbelasting.

*ing. Kees Doornhein ©  
's-Gravendeel; januari 2018*

[www.keesdoornhein.nl](http://www.keesdoornhein.nl)



*Boudewijn Zwart, Kees Doornhein (auteur) en Johan Dekker bij het klavier van de Dordtse beiaard*

## BIJLAGEN

### *Beiaardbespeling door Boudewijn Zwart, Grote Kerkstoren, Dordrecht, 7 december 2016*

	<u>Leq</u>
1. Bach, gemiddeld tempo, gemiddelde luidheid	82,5.
2e werk, <i>op verzoek</i> , Snel/hard:	90 korter gerekend, 3 (4) min
3e werk	80.
4e werk	85,5
Faure, zacht en langzaam	80.
6e werk	80.
Schumann, zeer zacht en langzaam	73 (niet meegerekend)
Improvisatie psalm 86, snel en luid	87.
Improvisatie psalm 77	84,5

Totale tijdsduur 52 minuten (netto)

*Totale relatieve belasting per uur speeltijd 25%*

Geluidsniveaus direct naast de speelcabine gemeten; 90 – 107 dB(A).

### *Beiaardbespeling door Rien Donkersloot, Bakenessertoren, Haarlem, 18 november 2016*

	Gem. dB(A)	Max. dB(A)	Rel. bel. %
Luik dicht	78,5	88 ')	< 5 %
Luik iets open	84	89 ')	15 % ")
Luik open	88	92	38 % ")



*Beiaardier Donkersloot aan het Bavo-klavier te Haarlem*

Tijdens een half uur durende bespeling was het ronde luik boven de speeltafel, iets open. Vanuit de metingen zijn de gemiddelde, maximale en equivalente geluidsniveaus bepaald waaruit de relatieve belasting van 15% is berekend.

Metingen met het luik dicht c.q. zover mogelijk open gaven de mogelijkheid van de berekening van de relatieve belasting in deze situaties.

Maatgevend is met het luik iets geopend, omdat zo normaliter wordt gespeeld. Opgemerkt kan worden dat de aanslaggeluiden van een historiserende speeltafel duidelijk forser zijn dan van een moderner klavier.

') Klein verschil mogelijk door relatief stevig geluid van de speeltafel.

") Percentage van max. dagbelasting uitgaande van 30 minuten effectieve speeltijd en geen

gebruik van oorbescherming. (Bij 60 min. effectieve speeltijd verdubbelt dit percentage.)

### ***Kleinere beiaarden in lagere torens***

Tijdens bespelingen in de stadhuizen van Etten-Leur en Ridderkerk, alsmede de dorpskerk te Spijkenisse door respectievelijk Michel Gottmer, Rien Donkersloot en Bas de Vroome, bleken de geluidsniveaus vrijwel steeds onder de 82 dB(A) te blijven.

De relatieve geluidsbelasting is daarmee laag te noemen.

### ***Oefenbeiaarden***

a. Gemeentehuis Etten-Leur : Lfast 78 – 80 dB(A)

b. Grote Kerk Dordrecht : Lfast meestal 80 – 90 dB(A) met uitschieters 78 en 92 dB(A)

### ***Piekmetingen (in speelcabine)***

Grote kerk Dordrecht 95 – 110 dB(A)

Bakenessertoren Haarlem 100 – 110 dB(A)

Stadhuis Ridderkerk 90 – 100 dB(A)

Dorpskerk Spijkenisse 100 – 110 dB(A)

### ***Geluidsniveau buiten speelcabine***

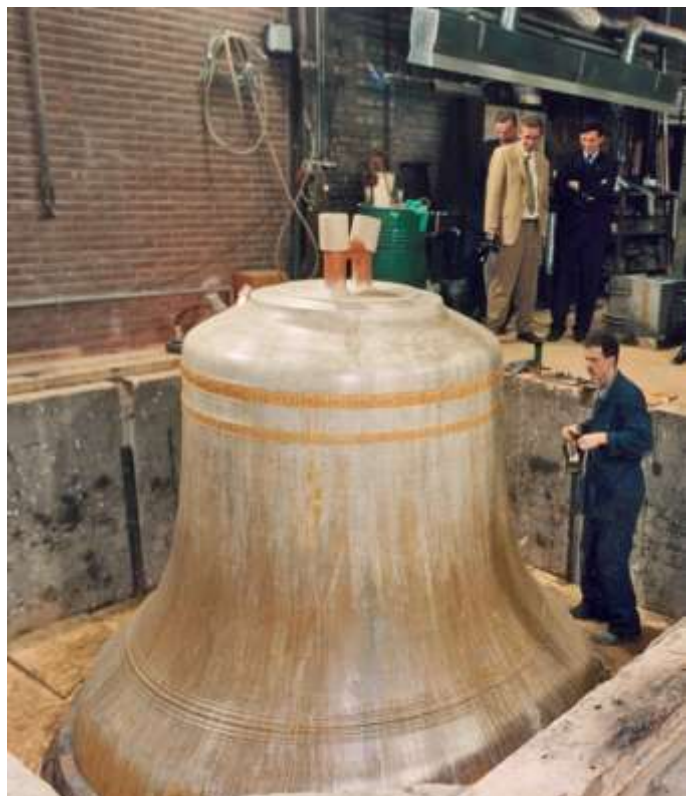
Het geluidsniveau direct buiten (naast) de cabine van de Dordtse beiaard was tijdens een van de metingen bij stevig spel 105 dB(A).

### ***Voorbeeldberekening***

Op één dag wordt een uur de beiaard bespeeld met 30%, twee uur les gegevens à 15% en twee uur orgel gestudeerd à 20% relatieve geluidsbelasting.

Totaal;  $30 + 2 \times 15 + 2 \times 20\% = 100\%$  relatieve geluidsbelasting.

Vanuit de aanvaardbare geluidsnormen betekent dit dat overschrijding hiervan een overbelasting kan vormen en daarmee een aantasting van het gehoor.



*Grote Kerk Dordrecht:*



*Links: inhijzen Bourdon, gewicht 6.000 kg (1965) – Rechts: wassen mal voor klok van 10.000 kg (1999).*



