



1

2

3 **Kwaliteitsnorm NVKF**

4 **voor meetruimten en spreekkamers Audiologische Centra**

5

aan Commissie Kwaliteit NVKF

opgesteld door Dr.ir. W. Soede
Ir. G. Dingemanse
Dr.ir. R. Houben

CC
bijlagen 5

datum 23 december 2021
kenmerk Kwaliteitsnorm NVKF voor
meetruimten en spreekkamers
ACs_v4



1 **Introductie**

2
3 Deze kwaliteitsnorm voor meetruimten en spreekkamers van Audiologische Centra is
4 opgesteld door een werkgroep van audiologen onder auspiciën van de NVKF. De
5 kwaliteitsnorm is een vervolg op de KKAu aanbeveling van 27 maart 2008 over de
6 wenselijkheid om te komen tot normen voor de akoestiek in de audiologische
7 onderzoeksruimten binnen Audiologische Centra.

8 9 **Doel**

10 Het doel van de kwaliteitsnorm is tweeledig: 1. dat de meetruimten van de Audiologisch Centra
11 een zodanige geluidsisolatie en akoestiek hebben dat audiometrische testen op adequate
12 wijze kunnen worden uitgevoerd; 2. dat spreekkamers een zodanige geluidsisolatie en
13 akoestiek hebben dat gesprekken met slechthorenden zonder geluidsbelemmering mogelijk
14 zijn en de privacy van gesprekken gegarandeerd wordt.

15 16 **Uitwerking**

17 Deze kwaliteitsnorm is deels gebaseerd op (inter)nationale kwaliteitsnormen (NEN- en ISO-
18 normen), kwaliteitsdocumenten van de British Society of Audiology en bouwfysische
19 kwaliteitsnormen. Waar nodig is dit aangevuld op basis van literatuuronderzoek en simulaties.
20 Consensus over de inhoud van de kwaliteitsnorm binnen werd als volgt bereikt:

21
22 <consensustraject beschrijven>. P.m.

23 24 **Vaststelling en geldigheid**

25 Deze kwaliteitsnorm is vastgesteld op basis van consensus binnen de NVKF.
26 De kwaliteitsnorm is geautoriseerd door: <, aanvullen >
27 Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica (NVKF)

28
29 Deze kwaliteitsnorm is geldig vanaf <datum>. Evaluatie van de kwaliteitsnorm is gepland in
30 <jaar>.

31



1 **Afkortingen**

2		
3	AC	Audiologisch Centrum
4	ASSR	Auditory Steady-State Response
5	BERA	Brainstem Evoked Response Audiometry
6	DRR	Direct-to-Reverberant Ratio
7	ICRA	International Collegium of Rehabilitative Audiology
8	ISO	International Organization for Standardization
9	ISTS	International Speech Test Signal
10	HL	Hearing Level
11	LTASS	Long-term Average Speech Spectrum
12	NEN	Nederlandse Norm
13	NVA	Nederlandse Vereniging voor Audiologie
14	NVKF	Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica
15	OAE	Oto-akoestische emissies
16	REM	Real Ear Metingen
17	SPL	Sound Pressure Level
18	SRT	Speech Reception Threshold
19	STI	Speech Transmission Index
20		



1	Inhoud	
2		
3		
4	1 Eisen aan ruimten.....	5
5	1.1 Eisen aan ruimten voor toonaudiometrie.....	5
6	1.2 Eisen aan ruimten voor vrije-veld toonaudiometrie en Visual Reinforcement Audiometry	5
7	1.3 Eisen aan ruimten voor spraaudiometrie en spraak-in-ruistesten	6
8	1.4 Eisen aan ruimten voor vrije-veld spraaudiometrie en spraak-in-ruistesten	6
9	1.5 Eisen aan ruimten voor BERA en ASSR.....	7
10	1.6 Eisen aan ruimten voor meting van Oto-akoestische emissies.....	7
11	1.7 Eisen aan ruimten voor Real Ear Metingen.....	8
12	1.8 Eisen aan spreekkamers	8
13	2 Uitvoering en beoordeling geluidsmetingen.....	10
14	2.1 Uitvoering geluidsmeting	10
15	2.2 Basisbeoordeling geluidsmetingen.....	11
16	2.3 Uitgebreide beoordeling geluidsmetingen en nader onderzoek.....	11
17	2.4 Uitvoeren metingen akoestische eigenschappen.....	12
18	3 Kwaliteitscriteria.....	14
19	3.1 Specifieke kwaliteitseisen aan de uitvoerende van het onderzoek.....	14
20	3.2 Specifieke apparatuur t.b.v. genoemde audiologisch onderzoek.....	14
21	3.3 Initiële meting en herhaling van beoordeling.....	14
22	3.4 Bij afwijking van de gestelde normen	14
23	Bijlage 1 Maximale geluidsdrukniveaus NEN-EN-ISO 8253-1	16
24	Bijlage 2 Quasi-vrij geluidsveld definitie NEN-EN-ISO 8253-2	17
25	Bijlage 3 Toelichting bij eisen voor vrije-veld spraaudiometrie.....	19
26	Maximale toegestane geluidsdrukniveaus voor spraakverstaanstesten	19
27	Vereisten geluidsveld voor spraakverstaanstesten	20
28	Bijlage 4 Toelichting bij eisen voor spreekkamers	23
29	Vereisten geluidsveld spreekkamers	23
30	Speech privacy methode van Young	24
31	Bijlage 5 Qualified tester definitie NEN-EN-ISO 8253-1	25
32		



1 Eisen aan ruimten

Voor ieder type onderzoek dat uitgevoerd wordt in een Audiologisch Centrum, wordt in dit hoofdstuk vastgesteld wat de ondergrens is van het meetbereik, welke eisen op grond daarvan gelden voor het maximaal toelaatbaar geluidsdrukniveau voor achtergrondgeluid en welke eisen er zijn aan het geluidsveld en de akoestische eigenschappen van een ruimte. Deze vereisten zijn zodanig gekozen, dat de uitkomsten van audiologische onderzoeken die in de ruimte afgenomen kunnen worden, niet beïnvloed worden door omgevingsgeluid of afwijkende akoestiek van ruimte.

1.1 Eisen aan ruimten voor toonaudiometrie

Vereist meetbereik

- Luchtgeleidingsaudiometrie per oor (125-8000 Hz), drempel van 0 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB, gemeten met een hoofdtelefoon of insert phone.
- Beengeleidingsaudiometrie per oor (125-8000 Hz), drempel van 0 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB.

Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

NEN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 8 dB geeft het maximaal toegestaan geluidsdrukniveau, zie bijlage 1.

Eisen voor de geluidsdrukniveaus in de ruimte voor toonaudiometrie zijn in de norm NEN-EN-ISO-8253-1 beschreven per 1/3-octaaftand. De maximaal toegestane geluidsdrukniveaus voor beengeleidingsaudiometrie zijn lager (strenger) dan de eis voor luchtgeleidingsaudiometrie. Vanwege de door ons gewenste meetnauwkeurigheid van 5 dB (i.p.v. van 2 dB) mag, conform NEN-ISO-8253-1, de eis worden verlicht met 8 dB¹ over het gehele geluidsspectrum.

Vereist geluidsveld

Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte, conform norm NEN-ISO-8253-1.

1.2 Eisen aan ruimten voor vrije-veld toonaudiometrie en Visual Reinforcement Audiometry

Vereist meetbereik

Audiometrie met (warble)tonen en andere smalbandige signalen (250-8000 Hz), drempel van 20 dB(HL) meetbaar met nauwkeurigheid van 5 dB.

Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

NEN-ISO-8253-2, tabel 2, kolom 3 + 28 dB geeft het maximaal toegestaan geluidsdrukniveau.

Eisen voor de uitvoering van vrije veld audiometrie zijn beschreven in de norm NEN-EN-ISO-8253-2. Op basis van het vereiste meetbereik en vanwege de door ons gewenste meetnauwkeurigheid van 5 dB (i.p.v. van 2 dB) mag de eis worden verlicht met 28 dB over het gehele geluidsspectrum. NEN-ISO-8253-2, tabel 2, kolom 3 + 28 dB is equivalent met NEN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 25 dB, dus 17 dB hoger dan de norm voor beengeleidingsaudiometrie, zij bijlage 1.

¹ In de NVKF-KKau aanbeveling is uitgegaan van +10 dB. In deze kwaliteitsnorm wordt uitgegaan van de waarde zoals genoemd in de norm, namelijk + 8 dB.



1 Vereist geluidsveld

2 De minimumnorm van deze kwaliteitsnorm is, dat moet zijn voldaan aan de eisen voor een
3 **quasi-vrije-veld** situatie, zie bijlage 2.

4 **1.3 Eisen aan ruimten voor spraaudiometrie en spraak-in-ruistesten**

5 Vereist meetbereik

- 6 • Spraaudiometrie op basis van foneemcores met NVA-woordenlijsten, gemeten met een
7 supra-aurale hoofdtelefoon. Spraakdetectie-drempels bij 10 dB(SPL) moeten gemeten
8 kunnen worden.
9 • Spraak-in-ruistesten, gemeten met een supra-aurale hoofdtelefoon. De SRT50% in stilte
10 moet gemeten kunnen worden. Daarbij kan het niveau zakken tot 10 dB(SPL).

11 Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

12 Eisen voor de uitvoering van spraaudiometrie zijn beschreven in de norm NEN-EN-ISO-
13 8253-3. In deze norm wordt geen maximaal toegestaan geluidsniveau geëist, maar er wordt
14 gesteld dat ruimtes geschikt zijn als ze voldoen aan de maximaal toegestane niveaus die NEN-
15 ISO-8253-1 voor toonaudiometrie voorschrijft.

16 Het maximaal toegestaan geluidsdrukniveau voor spraaktesten is daarom: NEN-ISO-8253-1,
17 tabel 2, kolom 2 + 8 dB, zie bijlage 1.

18 Vereist geluidsveld

19 Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte, conform
20 norm NEN-ISO-8253-3.

21 **1.4 Eisen aan ruimten voor vrije-veld spraaudiometrie en spraak-in-
22 ruistesten**

23 Vereist meetbereik

- 24 • Spraaudiometrie op basis van foneemcores met NVA-woordenlijsten, waarbij het
25 signaal uit een luidspreker komt. Foneemcores moeten gemeten kunnen worden voor
26 spraakniveaus van 55 dB(SPL) en hoger.
27 • Spraak-in-ruistesten, waarbij het signaal uit een luidspreker komt. De SRT50% moet
28 gemeten kunnen worden voor spraakniveaus van 55 dB(SPL) en hoger.

29 Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

30 Eisen voor maximaal toegestane achtergrondgeluidsdrukniveaus zijn niet vermeld in NEN-EN-
31 ISO-8253-3. De norm van deze kwaliteitsnorm is dat het maximaal toegestane achtergrond-
32 geluidsdrukniveau **15 dB lager is dan de 1/3-octafbandniveaus van ieder van de
33 gebruikte spraakmaterialen, aangeboden op het laagste niveau van 55 dB(SPL)** voor de
34 1/3-octafbanden van 200Hz tot en met 6300Hz, zie bijlage 3.

35 Bijlage 3 laat ook zien dat ruimten die voldoen aan de eis voor beengleidingstoonaudiometrie,
36 NEN-ISO-8253-1, tabel 4, kolom 2 + 8 dB, ook voldoen voor spraaudiometrie via een
37 luidspreker.

38 Vereist geluidsveld

39 In de norm NEN-ISO-8253-3 wordt uitgegaan van dezelfde typen geluidsvelden als in NEN-
40 ISO-8253-2 en er wordt alleen gezegd dat het type geluidsveld genoteerd moet worden.

41 De aanbeveling van deze kwaliteitsnorm is dat de ruimte voldoet aan de eisen voor een **quasi-
42 vrije-veld** situatie, met een positieve Direct-to-Reverberant Ratio, zie bijlagen 2 en 3. Maar
43 omdat vroege reflecties het spraakverstaan niet verminderen, kan de minimale eis lager
44 gekozen worden.



1 Er wordt minimaal vereist dat de verhouding tussen de vroege geluidsenergie (direct geluid en
2 vroege reflecties $\leq 50\text{ms}$) en de late reflecties ($> 50\text{ms}$) **$C50 \geq 15 \text{ dB}$** is², zie bijlage 3.

3 **1.5 Eisen aan ruimten voor BERA en ASSR**

4 Vereist meetbereik

- 5 • Luchtgeleidingsmeting met mogelijkheid om een drempel van 20 dB eHL te meten met
6 nauwkeurigheid van 5 dB, gemeten met een hoofdtelefoon of insert phone.
- 7 • Beengeleidingsmeting met mogelijkheid om een drempel van 20 dB eHL te meten met
8 nauwkeurigheid van 5 dB.

9 Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

10 Als alleen **luchtgeleidingsmetingen** gedaan worden is het maximaal toegestaan geluidsdruk-
11 niveau: **NEN-ISO-8253-1, tabel 2 kolom 2 + 28 dB**.

12 Als ook **beengeleidingsmetingen** gedaan worden is het maximaal toegestaan geluidsdruk-
13 niveau: **NEN-ISO-8253-1, tabel 4 kolom 2 + 28 dB**, zie bijlage 1.

14 Hierbij is dus uitgegaan van dezelfde eisen als voor toonaudiometrie³.

15 Vereist geluidsveld

16 Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte.

17 **1.6 Eisen aan ruimten voor meting van Oto-akoestische emissies**

18 Vereist meetbereik

19 Mogelijkheid om opgewekte Oto-akoestische emissies (OAE's) te meten in een met een probe
20 afgesloten oor in een bereik van 1 t/m 6kHz.

21 Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

22 **Het maximaal toelaatbare geluidsdrukniveau is 30 dB(SPL) voor elke 1/2-octaf**
23 **frequentieband afzonderlijk, in het frequentiegebied 500Hz t/m 8000Hz.**

24 Dit is een aanbeveling en geen harde eis, omdat er geen (inter)nationale norm voor het
25 maximaal toegestaan geluidsdrukniveau is en er onvoldoende data beschikbaar is over de
26 verzwakking van geluid door OAE-probes in het individuele oor. De hier geformuleerde
27 aanbeveling is gebaseerd op data van Kreisman et al. waaruit is af te leiden dat de OAE-
28 meting bij 1kHz het meest gevoelig is voor stoorruis (t.o.v. meten bij hogere frequenties) en
29 een gemiddelde verzwakking door de gebruikte dopjes van 30 dB (Kreisman et al., 2011)⁴. In
30 de praktijk zullen er ook oren zijn die minder dan gemiddeld afgesloten worden door het OAE-
31 dopje, maar de 'noise rejection threshold' die in de software voor een OAE meting wordt
32 gebruikt, houdt eventuele pieken in achtergrondgeluid buiten de meting, ten koste van de
33 meettijd.

34 Vereist geluidsveld

35 Er worden **geen eisen** gesteld aan het geluidsveld of de akoestiek van de ruimte.

² Deze eis geldt voor spraaktesten (in ruis) die als doel hebben om de effectieve hoeveelheid beschikbare spraakinformatie te kwantificeren. Voor spraaktesten die als doel hebben om in een meer ecologisch valide testsituatie het auditief functioneren te bepalen, kan een nagalmtijd gewenst zijn die past bij alledaagse situaties, zoals een huiskamer of kantoorruimte.

³ Deze eis is in overeenstemming met de aanbeveling in de 'Recommended Procedure Auditory Brainstem Response (ABR) testing Post-newborn and Adults', 2019, British Society of Audiology, Downloadlocatie: <https://www.thebsa.org.uk/wp-content/uploads/2020/03/OD104-84-FINAL-RP-ABR-post-newborn-and-Adult-Nov2019b.pdf>

⁴ Kreisman, B. M., & Kreisman, N. V. (2011). Effects of Noise Attenuation Devices on Screening Distortion Product Otoacoustic Emissions in Different Levels of Background Noise.



1 1.7 Eisen aan ruimten voor Real Ear Metingen

2 Vereist meetbereik

3 De metingen worden uitgevoerd met signalen die spraakkenmerken hebben en een spectrum
4 volgens het International Long-term Average Speech Spectrum (ILTASS, Byrne et.al. 1994),
5 zoals ISTS en ICRA. Het minimaal vereiste spraakniveau is 55 dB(SPL). Het signaal hoeft niet
6 verstaanbaar te zijn.

7 Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

8 Probe microfoonmetingen mogen niet substantieel beïnvloed worden door achtergrondlawaai,
9 en moeten daarom gedaan worden in een rustige ruimte.

10 Het **maximum toegestaan stoorgeluidsdrukniveau per 1/3-octaaftband is gelijk aan het**
11 **Long-term Average Speech Spectrum (LTASS) voor 55 dB(SPL)**. Pieken in het
12 stoorsignaal mogen dus niet boven het long-term spectrum uitkomen. Deze eis voorkomt dat
13 pieken in het achtergrondgeluid de meting van het long-term average spectrum beïnvloeden^{5,6}.
14 Een tweede eis is dat het **Long-term ruisniveau per 1/3-octaaftband 10 dB onder het Long-**
15 **term Average Speech Spectrum voor 55 dB(SPL)** blijft, gedurende de meettijd die in het
16 REM-protocol gebruikt wordt⁷. In bijlage 3 is het LTASS van het International Speech Test
17 Signal gegeven.

18 Vereist geluidsveld

19 Het geluidsveld moet een nauwkeurige stimuluskalibratie en meting mogelijk maken, zodanig
20 dat het **LTASS van het meetsignaal ter plaatse van de referentiemicrofoon** van de
21 meetapparatuur per 1/3-octaaftband **niet meer dan 3 dB afwijkt** van het gewenste LTASS.
22 Voor de meetmethode, zie hoofdstuk 2.

23 1.8 Eisen aan spreekkamers

24 Vereisten

25 Voor patiënten/cliënten is het van belang dat een intake- of adviesgesprek in de spreekkamer
26 zo min mogelijk nadelig beïnvloed wordt door de akoestische omstandigheden.
27 Slechthorenden hebben betere akoestische omstandigheden nodig dan normaalhorenden.
28 Daarnaast is het van belang dat gesprekken, die vanwege de slechthorendheid soms met
29 stemverheffing gepaard gaan, kunnen plaatsvinden met voldoende privacy.

30 Maximaal toegestaan geluidsdrukniveau van achtergrondgeluid

31 Gezien de clientèle van het AC is het **maximaal toelaatbare gemiddelde**
32 **achtergrondgeluidsdrukniveau** in de ruimte door omgevingsgeluid of geluidsbronnen in de
33 ruimte **35 dB(A)**⁸.

34 Vereiste akoestische eigenschappen

35 Er is een nagalmtijd **T60**, gemiddeld over octaafbanden van 250 – 2000 Hz ⁹, **≤ 0.3** seconden
36 vereist. Zie bijlage 4 voor een onderbouwing. Voor de meetmethode, zie hoofdstuk 2.

⁵ Criterium gebaseerd op simulaties van het effect van ruispieken op het long-term gemiddelde (15s).

⁶ Voor percentielmetingen met percentielen onder het long-term average is een strengere eis nodig.

⁷ Criterium gebaseerd op simulaties van het effect van continue ruis op het long-term gemiddelde (15s). Het komt overeen met de eis die de British Society of Audiology stelt aan ruimten voor Real Ear Metingen

⁸ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, v2.3., 2018, Downloadlocatie: <https://nvbv.org/publicaties/handboek-bouwfysische-kwaliteit-gebouwen>

⁹ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, v2.3., 2018, Downloadlocatie: <https://nvbv.org/publicaties/handboek-bouwfysische-kwaliteit-gebouwen>. Voor ruimten ≤ 25 m², geldt daarnaast volgens dit handboek een eis voor de 125 Hz octaafband: de nagalmtijd voor deze band bedraagt maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd.



- 1 Vereiste privacy
2 Voor voldoende privacy naar aangrenzende ruimten, wachtkamers en gangen, moet de
3 geluidsisolatie naar een aangrenzende ruimte voldoen aan de volgende eisen:
4 • Voor gangen waar alleen gelopen wordt (verkeersruimtes) $> 33 \text{ dB}^{10}$
5 • Voor verblijfsruimtes (aangrenzende kamers en wachtkamers) minimaal $> 48 \text{ dB}^{11}$ of
6 als de waarde die volgt uit schema van Young (bijlage 4) voor speech privacy categorie
7 'goed' en het gemeten achtergrondgeluidsniveau hoger is dan 48 dB, de waarde
8 volgens het schema van Young.
9 Voor de meetmethode, zie hoofdstuk 2.
- 10 Aanvullende aspecten t.b.v. spreekkamers
11 Beschrijf bij de akoestische rapportage in welk opzicht de ruimte geschikt is voor de beoogde
12 doelgroep (normaal- en slechthorenden). Betrek daarbij ook de lichtval op het gezicht van de
13 onderzoeker/behandelaar, omdat dit belangrijk is voor het spraakafzien.

¹⁰ Het betreft een $D_{nT,A,k}$ waarde, bepaald volgens NEN 5077. Zie Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, A.W.

¹¹ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen ,A.W. Bij een speech privacy categorie 'goed' en het maximaal toegestane achtergrondgeluidsniveau van 35 dB(A) is de vereiste een $D_{nT,A,k}$ waarde 48 dB.



1 2 Uitvoering en beoordeling geluidsmetingen

2 2.1 Uitvoering geluidsmeting

3 Bij de uitvoering van de geluidsdrukmetingen in de te beoordelen audiometrieruimte dient het
4 volgende in acht te worden genomen:

- 5 i. De microfoon van de geluidsmeter wordt geplaatst op de positie van de luisteraar op
6 oorhoogte.
- 7 ii. De meting wordt uitgevoerd onder representatieve omstandigheden:
 - 8 a. De standaard audiometrieapparatuur (inclusief PC/laptop) staat aan.
 - 9 b. De (optionele) vrije veldluidspreker(s) in de ruimte staat aan.
 - 10 c. De luchtbehandeling voor de ruimte staat aan.
 - 11 d. De verlichting van de ruimte staat aan.
- 12 iii. De metingen worden uitgevoerd tijdens representatieve openingsuren van het AC.
- 13 iv. Er worden twee metingen uitgevoerd met een minimale tijdsduur van 15 minuten en
14 een pauze tussen de metingen van minimaal 30 minuten.
- 15 v. Luister mee met het geluid van de meetmicrofoon, zodat stoorgeluiden kunnen worden
16 geïdentificeerd. Overweeg om het geluid digitaal op te nemen.
- 17 vi. Geluidsmeter en ijkbron dienen te voldoen aan klasse I conform IEC 61672-1 en IEC
18 61620. De geluidsmeter en ijkbron moeten periodiek officieel zijn gecontroleerd door
19 een bevoegde instantie¹².
- 20 vii. Tijdens het uitvoeren van de geluidsmetingen dient te worden vastgelegd welke
21 activiteiten/geluiden er in de directe omgeving van de ruimte visueel of auditief
22 waarneembaar zijn.
- 23 viii. Voor de meting van het maximaal toegestaan geluidsniveau wordt de geluidsmeter
24 ingesteld op de integratietijd Slow, frequentieweging lineair (vlak), aflezing L_{max},
25 beoordeling L_{max} per frequentieband¹³. De geluidsmeter staat bij voorkeur zodanig
26 ingesteld dat de meetwaarden per tijdseenheid van 1 of 10 s (afhankelijk beschikbaar
27 geheugen) worden vastgelegd.
- 28 ix. Voor de meting van long-term average geluidsniveaus wordt de geluidsmeter ingesteld
29 op de integratietijd Slow. Afhankelijk van de weging die in de norm vereist is, wordt
30 gekozen voor frequentieweging lineair (vlak) of A-weging, met aflezing Leq of LAeq,
31 beoordeling Leq of LAeq per frequentieband.

32
33 Bij de metingen wordt aanbevolen om de ruimte te verlaten en de meter op afstand te bedienen
34 dan wel automatisch te laten starten nadat de ruimte is verlaten.

¹² Er is geen norm die de tijd tussen controles voorschrijft. Aanbevolen wordt om de ijkbron jaarlijks te laten controleren en de geluidsmeter 3-jaarlijks.

¹³ De piekwaarde wordt vaak beoordeeld op basis van het totale geluidsniveau. De ISO 8253 norm eist beoordeling per frequentieband.



1 **2.2 Basisbeoordeling geluidsmetingen**

2 De gemeten geluidsniveaus (per frequentieband) worden getoetst aan de normwaarden zoals
3 geformuleerd in Hoofdstuk 1.

4 5 Basis beoordeling

6 Indien de (frequentie-specifieke) meetresultaten van beide metingen van 15 minuten volledig
7 voldoen aan de eis zoals geformuleerd in hoofdstuk 1 dan worden de uitkomsten van de
8 metingen en de visuele/auditieve waarnemingen vastgelegd in een meetrapport dat voldoet
9 aan de standaard conform Bijlage 6.

10 11 Uitgebreide beoordeling en onderzoek

12 Indien de (frequentie-specifieke) meetresultaten van één of beide metingen van 15 minuten
13 niet voldoen aan de eis zoals geformuleerd in hoofdstuk 1 dan dient een uitgebreide
14 beoordeling van de meetresultaten plaats te vinden en een nader onderzoek te worden
15 ingesteld conform paragraaf 2.3.

16 **2.3 Uitgebreide beoordeling geluidsmetingen en nader onderzoek**

17 Bij een geconstateerde overschrijding van de normwaarde dient een uitgebreide beoordeling
18 plaats te vinden van de meetresultaten. Deze beoordeling bestaat uit het inventariseren van
19 de overschrijdingen per vastgesteld incident, de mate van overschrijding en de oorzaak. Deze
20 beoordeling moet worden vastgelegd in het meetverslag.

21
22 Vervolgens wordt een nader onderzoek ingesteld of maatregelen mogelijk zijn om de
23 overschrijding te voorkomen of de mate van overschrijding te reduceren, zowel in decibellen
24 als in aantal overschrijdingen, zie ook paragraaf 3.4.

25
26 Vervolgens dient de verantwoordelijk klinisch-fysicus voor elk incident te bepalen op welke
27 wijze de overschrijding van invloed is op de uit te voeren audiometrische testen en welke
28 technische en organisatorische maatregelen redelijkerwijs kunnen worden getroffen.
29 Gestreefd dient te worden naar het treffen van maatregelen waarmee het aantal en de impact
30 van de overschrijding zodanig beperkt is dat minimaal 99% van de audiometrietijd voldaan kan
31 worden aan de norm.

32
33 Na het uitvoeren van de mogelijke maatregelen wordt een nieuwe meetserie uitgevoerd
34 conform paragraaf 2.1. Deze meting dient óók te worden uitgevoerd indien besloten wordt om
35 geen technische of organisatorische maatregelen te nemen. Op basis van deze tweede serie
36 van metingen¹⁴ zal dan moeten worden aangetoond dat minimaal 99% van de audiometrietijd
37 voldaan kan worden aan de norm. Omdat de twee sets van 15 minuten representatief waren,
38 mogen de verstoringen gezamenlijk dus maximaal 9 sec duren per meetsessie van 15 minuten
39 (=1% van 15 minuten).

¹⁴ Bij de toetsing van de 99%-waarde kan bij sommige geluidsmeters gebruik worden gemaakt van een ingebouwde statistische meetfunctie waarmee bepaald wordt wat de statistische 1%-waarde is.



1 2.4 Uitvoeren metingen akoestische eigenschappen

2 Voor de bepaling van de akoestische eigenschappen van de ruimte wordt de volgende
3 werkwijzen gebruikt:

4 i. **Direct-to-Reverberant Ratio (DRR) meting:**

5 Aanbieden van roze ruis als meetsignaal via de vrije veld luidspreker van het
6 audiometriesysteem. Meten op oorhoogte van de geluidsniveaus op 25, 50, 75, 100,
7 150, 200 en 300 cm afstand van de luidspreker. Meting van Leq (zonder weging, 10s)
8 in octaafbanden 500, 1000, 2000 en 4000 Hz. Voor iedere frequentieband het gemeten
9 geluidsniveau uitzetten tegen de afstand. Uit de verkregen curves kan de DRR ter
10 plaatse van de audiometriemeting worden geschat.

11 ii. **Nagalmtijd T60**

12 De nagalmtijd T60 wordt berekend als gemiddelde nagalmtijd over octaafbanden 250
13 – 2000 Hz. Deze is gerelateerd aan de normaal gesproken aanwezige geluidproductie
14 in kantooromgevingen en de relatief eenvoudige configuraties van dergelijke
15 omgevingen. Voor ruimten ≤ 25 m², geldt daarnaast een eis voor de 125 Hz octaafband
16 die maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd bedraagt.

17 Voor de meting van T60 kan een externe partij ingeschakeld worden. Als de geluids-
18 meter is uitgerust met een akoestiekmodule en de juiste aanvullende apparatuur en
19 kennis is aanwezig dan kan het ook in eigen beheer gedaan worden. Een derde optie
20 is om de meting te doen met behulp van software die de impulsresponsie van de ruimte
21 kan meten en daaruit akoestische parameters kan berekenen.

22 iii. **Bepaling C50**

23 De Clarity 50 is een maat voor de verhouding tussen de vroege geluidsenergie (direct
24 geluid en vroege reflecties ≤ 50 ms) en de late geluidsenergie (late reflecties > 50 ms).
25 Voor deze kwaliteitsnorm wordt die ingezet om de duidelijkheid van spraak in de
26 meetopstelling te kunnen vaststellen. De C50 kan worden berekend uit een
27 impulsresponsmeting met behulp van daarvoor beschikbare software. Daartoe wordt
28 de luidspreker uit de testopstelling aangesloten op de geluidskaart van de computer
29 waarmee de C50-meting wordt gedaan. De vrije-veld microfoon wordt op de positie van
30 de luisteraar geplaatst. De C50 maat wordt in octaafbanden bepaald en voor de
31 octaaffrequenties 250 t/m 4kHz beoordeeld of die > 15 dB is.

32 iv. **Meting nauwkeurigheid stimulusspectrum bij Real Ear Metingen**

33 Plaats de probeslang voor de referentiemicrofoon en plaats de microfoons op de positie
34 van de geteste, samen met de microfoon van de geluidsmeter (alle microfoons op gelijke
35 afstand tot de luidspreker). Voer een meting uit met het test signaal en meet tegelijkertijd
36 met de geluidsmeter het 1/3-octaafband spectrum (Leq over de duur van het test signaal
37 met instellingen Slow en vlakke frequentieweging). De output van de meting moet nu voor
38 iedere 1/3-octaafband binnen $-3/+3$ dB overeenkomen met het ILTAS-spectrum gegeven
39 in bijlage 3. De meting veronderstelt een correct uitgevoerde, jaarlijkse ijking van de
40 referentiemicrofoon en een probeslangkalibratie vooraf aan deze meting van het
41 stimulusspectrum.

42 v. **Geluidsisolatiemeting**

43 In de naastliggende ruimte wordt eerst het geluidsdruk niveau (Leq) van het
44 achtergrondgeluid gemeten per octaafband (125 – 4000 Hz) en tevens breedbandig in
45 dB(A) ten behoeve van de speech privacy methode van Young. Vervolgens wordt roze
46 ruis als meetsignaal afgespeeld op een hoog geluidsdruk niveau, via twee luidsprekers:
47 één luidspreker op de positie van de patiënt die gericht is naar de positie van de
48 onderzoeker/behandelaar (dus in de kijk richting van de patiënt/cliënt) én één
49 luidspreker op de positie van de onderzoeker/behandelaar die gericht is op de positie



1 van de patiënt¹⁵. Dus in de kijkrichting van de onderzoeker. In de naastliggende ruimten
2 wordt het geluidsdrukkniveau op drie posities gemeten per octaafband en ook
3 energetisch gemiddeld. Het geluidsniveau van het testsignaal in de gestimuleerde
4 ruimte (de gespreksruimte) dient zodanig hoog te zijn dat in de naastgelegen ruimte
5 (de meeluister ruimte) de meetwaarde voor de relevante frequentiebanden minimaal 7
6 dB boven het omgevingsgeluid uitkomt. Het octaafbandspectrum wordt in de ruimte
7 gemeten op drie posities en dan energetisch gemiddeld. Het verschil tussen de
8 metingen in de ruimte en in de naastliggende ruimte is de geluidsisolatie, waaruit de
9 $D_{nT,A,k}$ waarde bepaald wordt volgens NEN 5077.

¹⁵ Deze opstelling is specifiek voor deze kwaliteitsnorm. Bij formele controlemetingen wordt een diffuse aanstraling met een rondom luidspreker gebruikt.



1 **3 Kwaliteitscriteria**

2
3 De volgende kwaliteitscriteria zijn bedoeld om de kwaliteit van de vereiste metingen en
4 daarmee de kwaliteit van de audiologische onderzoeken te waarborgen.

5 **3.1 Specifieke kwaliteitseisen aan de uitvoerende van het onderzoek**

6 De metingen moeten worden uitgevoerd door iemand met kennis van akoestiek en
7 aantoonbare ervaring in het uitvoeren van geluidsmetingen (o.b.v. een specifieke akoestische
8 opleiding of werkervaring).

9 **3.2 Specifieke apparatuur t.b.v. genoemde audiologisch onderzoek**

10 De metingen moeten worden uitgevoerd met een type 1 meter met statistische meetmodule,
11 bij voorkeur met mogelijkheden om het geluid op te nemen en achteraf te beoordelen.

12 **3.3 Initiële meting en herhaling van beoordeling**

13 Bij een nieuwe ruimte of een ruimte waarvoor nog geen rapportage beschikbaar is, wordt een
14 initiële set metingen gedaan, volgens de eisen in hoofdstuk 1. Aanvullend wordt het
15 luchtverversingsventilatiegeluid gemeten op 25cm vanaf de ventilatie-opening
16 (octaafbandwaarden, geen weging, Leq 30s). De luchtverversing moet hierbij representatief
17 operationeel zijn. Naast een verslag van de metingen wordt ook het gebruik van naastgelegen
18 ruimten vastgelegd

19 Bij iedere verandering van een ruimte, luidspreker of luisterpositie dient de beoordeling
20 opnieuw gedaan te worden.

21 Jaarlijks wordt ruimten beoordeeld op de volgende aspecten:

- 22 i. of er veranderingen zijn in gebruik van naastgelegen ruimtes.
- 23 ii. of de ventilatie nog stil genoeg door op 25 cm vanaf de ventilatie-opening te meten
24 en te vergelijken met de initiële meting¹⁶.
- 25 iii. of de kierdichting van de deuren voldoende is (d.m.v. visuele inspectie).

26 Deze beoordeling wordt gedocumenteerd. Zolang er niets in de omgeving of het gebouw
27 verandert, hoeft er niet opnieuw gemeten te worden. Als er wel een verandering geconstateerd
28 wordt, worden metingen gedaan die door de verandering beïnvloed kunnen worden.

29 **3.4 Bij afwijking van de gestelde normen**

30 Stap 1: Aanpassing van de audiometrie-opstelling. Dit is vooral mogelijk voor vrije-veld
31 testen. Gebruik luidsprekers met grotere directionaliteit of verklein de afstand (maar
32 niet kleiner dan 75cm).

33 Stap 2: Aanpassing van de ruimte, tenzij dit (technisch en/of financieel) onhaalbaar is.

34 Stap 3: Gebruik in de ruimte alleen die testen, transducers, signalen of aanbiedingsniveaus
35 waarvoor de ruimte voldoet volgens de gestelde eisen. Deze beperkingen worden
36 zichtbaar aangegeven in de ruimte en waar mogelijk worden niet geschikte testen,
37 transducers, signalen en aanbiedingsniveaus verwijderd of uitgeschakeld (onklaar
38 gemaakt).

39 Stap 4: Als er periodiek stoorgeluid op bepaalde tijdstippen is (bijvoorbeeld tijdens de lunch),
40 bekijk dan of er in de bedrijfsvoering omheen gepland kan worden. In de meetruimte

¹⁶ Het ventilatiesysteem veroudert, maakt meer herrie bij vervuiling en onvoldoende onderhoud.



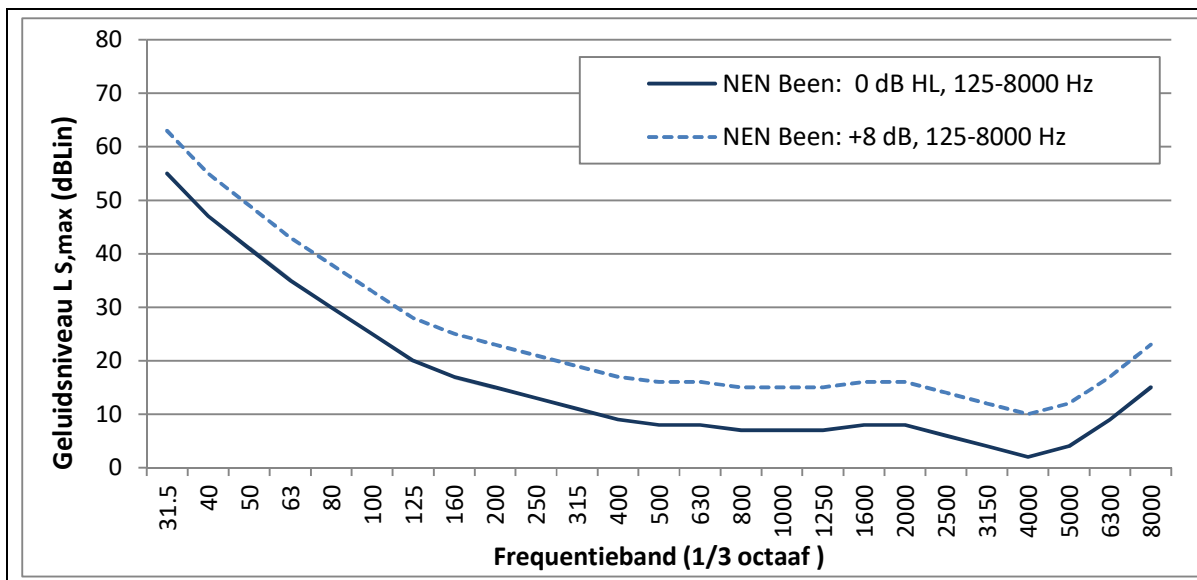
- 1 wordt dan duidelijk zichtbaar aangegeven dat op deze tijdstippen de ruimte niet
- 2 geschikt is voor audiometrie.
- 3 **Stap 5:** Als er na het doorlopen van de vorige stappen onvoldoende meetruimtes overblijven
- 4 en sprake is van wisselende stoorgeluidniveaus, dan kan worden overwogen om te
- 5 werken met qualified testers (zie bijlage 5 voor een definitie) die alert zijn op
- 6 beïnvloeding door omgevingslawaai en daar bij de testuitvoering rekening mee
- 7 houden. De betrouwbaarheid van de testen wordt gegarandeerd d.m.v. een toetsbaar
- 8 lokaal, protocol, waarin beschreven wordt hoe de testuitvoering wordt aangepast in
- 9 geval van omgevingslawaai. Leg per ruimte vast wat het stoorgeluid is, hoe er toch
- 10 betrouwbaar kan worden gemeten, en wie een qualified tester is.



1 Bijlage 1 Maximale geluidsdrukniveaus NEN-EN-ISO 8253-1

2
3 De NEN-EN-ISO 8253-1 van november 2010 beschrijft in hoofdstuk 11 van de norm het
4 toegestane omgevingsgeluidsniveau L_{max} voor het bepalen van audiometrische drempels.
5 Tabel 2 van de norm geeft de maximale geluidsniveaus per 1/3 octaafband om
6 luchtgeleidingsgehoordrempels te meten met supra-aurale hoofdtelefoons en tabel 4 voor
7 beengeleidingsgehoordrempels genoemde waarden voor luchtgeleiding- en
8 beengeleidingsaudiometrie zijn samengevat in figuur 1. De norm gaat primair uit van
9 grenswaarden voor beengeleidingsmetingen tussen 125 en 8000 Hz. (zie figuur 1).

10
11 De NEN-EN-ISO 8253-1 geeft bij de gestelde grenswaarden¹⁷ aan dat deze het mogelijk
12 maken om de drempel met een nauwkeurigheid van +2 dB te bepalen. Indien een grotere
13 onnauwkeurigheid van +5 dB toelaatbaar is dan stelt de norm dat de gegeven waarden met 8
14 dB mogen worden verhoogd.
15



16 Figuur B1.1. Overzicht L_{max} waarden beengeleidingsaudiometrie verhoogd met 8 dB¹
17 conform NEN-EN-ISO 8251-1.

¹⁷ Zie Norm, pagina 17, NOTE bij tabel 2 "Using the values given, the lowest hearing threshold level to be measured is 0 dB, with a maximum uncertainty of +2 dB due to ambient noise. If a maximum uncertainty of +5 dB due to ambient noise is permitted, the values may be increased by 8 dB.



1 Bijlage 2 Quasi-vrij geluidsveld definitie NEN-EN-ISO 8253-2

2
3 In de norm NEN-ISO-8253-2 worden eisen gesteld aan de akoestische eigenschappen van
4 de ruimte voor vrije-veld audiometrie. Volgens NEN-ISO-8253-2 zijn geluidsvelden onder te
5 verdelen in drie typen: een echte vrije-veld situatie, een quasi-vrije-veld situatie en een
6 diffuus-veld situatie. De diffuus-veld situatie wordt uitgesloten, omdat in die situatie de
7 invloed van eventueel stoorgeluid in de ruimte groter is. Voor klinisch gebruik is een quasi-
8 vrije-veld eis voldoende.

9
10 In NEN-EN-ISO 8253-2 wordt omschreven wanneer een geluidsveld een quasi-vrij geluidsveld
11 genoemd mag worden:

12 *To establish quasi-free sound field conditions, the following requirements shall be complied*
13 *with.*

14 a) *The loudspeaker shall be arranged at the head height of a seated listener, the reference*
15 *axis being directed through the reference point. The distance between the reference point*
16 *and the loudspeaker's reference point shall be at least 1 m.*

17 b) *With the test subject and the subject's chair absent and all other normal working conditions*
18 *maintained, the sound pressure levels produced by the loudspeaker at positions 0,15 m*
19 *from the reference point on the left-right and up-down axis shall deviate by no more than*
20 *± 2 dB from the sound pressure level at the reference point for any of the test signals.*

21 c) *With the test subject and the subject's chair absent, the difference in sound pressure levels*
22 *produced by the loudspeaker at points on the reference axis 0,10 m in front of and 0,10 m*
23 *behind the reference point shall deviate from the theoretical value given by the inverse*
24 *sound pressure distance law by no more than ± 1 dB for any of the test signals.*

25 *The usable frequency range of the quasi-free sound field is defined by the frequency range*
26 *within which these requirements are complied with.*

27
28 De ruimte moet dus beoordeeld worden op deze vereisten voor **iedere stimulus** (warbles,
29 smalle-bandruis, etc) en **iedere frequentie** waarbij die stimulus gebruikt wordt. Tabel B2.1
30 geeft bovenstaande vereisten kort weer:

31
32 Tabel B2.1. Vereisten voor een quasi-vrij geluidsveld. Het stimulusniveau van het directe
33 geluid is S. S_{voor} is het geluidsniveau 10cm voor de positie van de luisteraar en S_{achter} is het
34 geluidsniveau 10cm achter de positie van de luisteraar.

Afstand (cm)	Stimulusniveau S (dB)
15cm links (b)	$-2 \leq S \leq 2$
15cm rechts (b)	$-2 \leq S \leq 2$
15 cm omhoog (b)	$-2 \leq S \leq 2$
15 cm omlaag (b)	$-2 \leq S \leq 2$
10 cm naar voren (c)	$-1 \leq S_{\text{voor}} \leq 1$
10 cm naar achteren (c)	$-1 \leq S_{\text{achter}} \leq 1$

35
36 De vereisten van lid c moeten voor iedere opstelling berekend worden. Een voorbeeld: de
37 luidspreker is een puntbron en de afstand tussen luidspreker en luisteraar is **1 meter**. Dan is
38 het relatieve niveau op 0.1m voor de positie van de luisteraar 0.9 dB
39 ($-6 \cdot \log_2(0.9)$) hoger en het relatieve niveau 0.1m achter de positie van de luisteraar is 0.8 dB
40 ($-6 \cdot \log_2(1.1)$) lager. Deze waarden worden afgerond op respectievelijk 1 en -1 dB.

41
42 Als de luidsprekerbox bestaat uit meerdere luidsprekercones die samen een benadering van
43 een vlakke golf produceren, geldt de inverse sound pressure distance law niet. Dan is met een



- 1 Direct-to-Reverberant Ratio (DRR) meting te bepalen wat de S_{voor} en S_{achter} van het directe
- 2 geluid is.
- 3 Om goed aan de eis van lid c van de NEN-EN-ISO 8253-2 te kunnen voldoen, moet de afstand
- 4 tussen de luidspreker en de luisteraar kleiner of gelijk aan de galmstraal zijn, ofwel de DRR is
- 5 ≥ 0 . Uit figuur B3.3 blijkt de DRR afhankelijk is van het kamervolume en van de gemiddelde
- 6 absorptie. In een wat grotere ruimte is deze DRR vereiste makkelijker te bereiken.



1 Bijlage 3 Toelichting bij eisen voor vrije-veld spraakaudiometrie

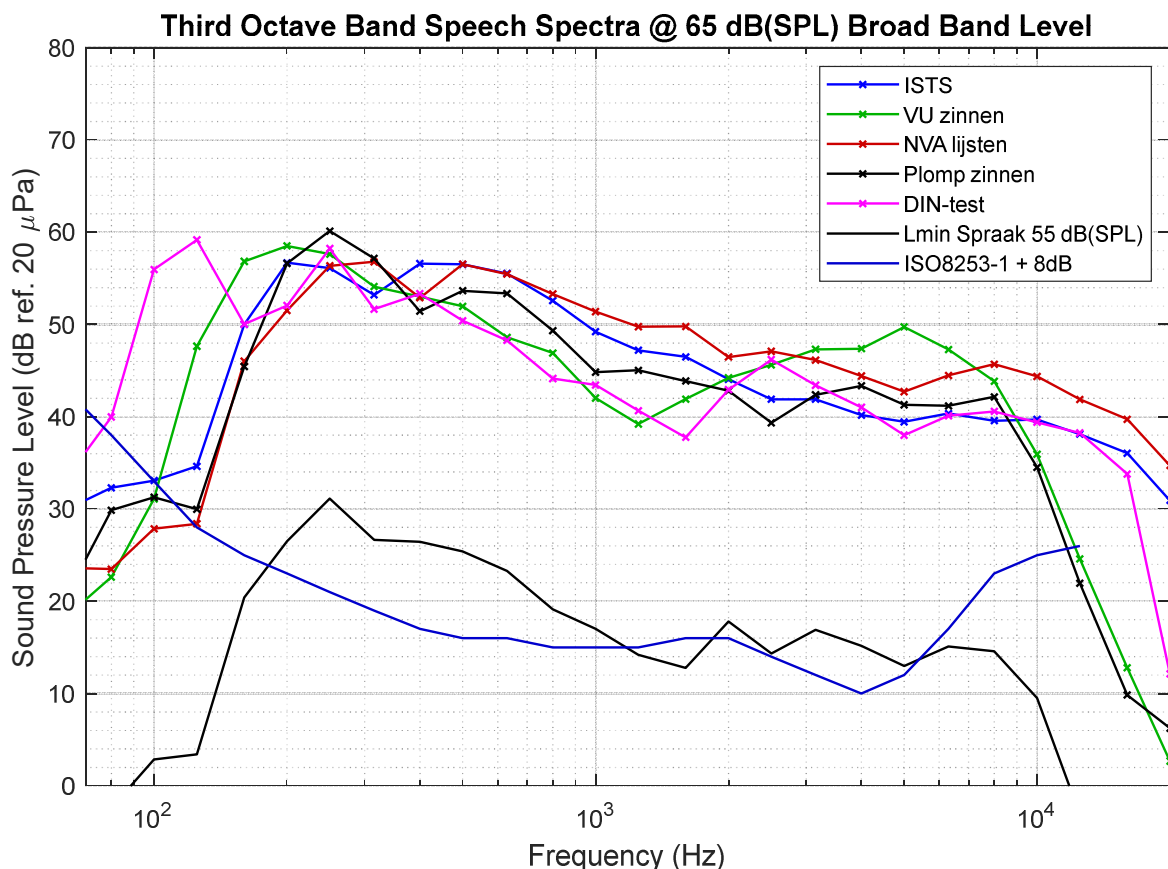
2 Maximale toegestane geluidsdrukniveaus voor spraakverstaanstesten

3 In figuur B3.1 zijn de 1/3-octafband spectra van veel gebruikte spraakmaterialen
4 weergegeven voor een breedbandig gemeten niveau van 65 dB(SPL).

5 Van deze spectra is per 1/3-octafband het minimum bepaald. Vervolgens is hier 10 dB vanaf
6 getrokken, omdat de spraak minimaal bij 55 dB(SPL) aangeboden moet kunnen worden.
7 Daarna is er nog eens 15 dB vanaf getrokken, omdat de zachte delen van de spraak tot 15 dB
8 onder de RMS-waarde liggen, resulterend in 'Lmin spraak 55 dB(SPL)'. De normcurve voor
9 foneemcores van NVA-woorden in ruis laat ook zien dat het verstaan pas bij 15 dB SNR
10 vrijwel 100% is.

11 De 'Lmin spraak 55 dB(SPL)' is in principe de Lmax norm voor omgevingslawaai voor
12 spraakmetingen. Voor 1 t/m 6 kHz liggen deze waarden dicht bij de eis voor de
13 toonaudiometrie met beengeleider, ISO 8253-1, tabel 4+8 dB. In een ruimte waar de
14 toonaudiometrie met beengeleider gedaan mag worden, kan dus ook bij 55 dB(SPL) spraak in
15 het vrije-veld aangeboden worden. Deze eis is strenger dan voor toonaudiometrie in het vrije-
16 veld.

17



18

19 **Figuur B3.1.** Spraakspectra (in 1/3-octafband geluidsdrukniveaus) voor spraakmaterialen
20 die het meest gebruikt worden in de Audiologische Centra.



1 Het 1/3-octaaftandspectrum van het International Long-term Average Speech Spectrum
2 (ILTASS) (voor vrouwenstem) wordt gegeven in tabel B3.1¹⁸.

3
4 Tabel B3.1. Long-term Average Speech Spectrum (ILTASS) (vrouw) in dB(SPL) per 1/3-
5 octaafband voor een breedbandig geluidsniveau van 65 dB(SPL).
6

Freq	ILTASS
200	57,2
250	55,9
315	53,1
400	56,7
500	56,7
630	55,4
800	53
1000	49,3
1250	47,3
1600	46,7
2000	43,8
2500	42,3
3150	41,7
4000	40,3
5000	39,6
6300	40,2
8000	39,9

7

8 Vereisten geluidsveld voor spraakverstaanstesten

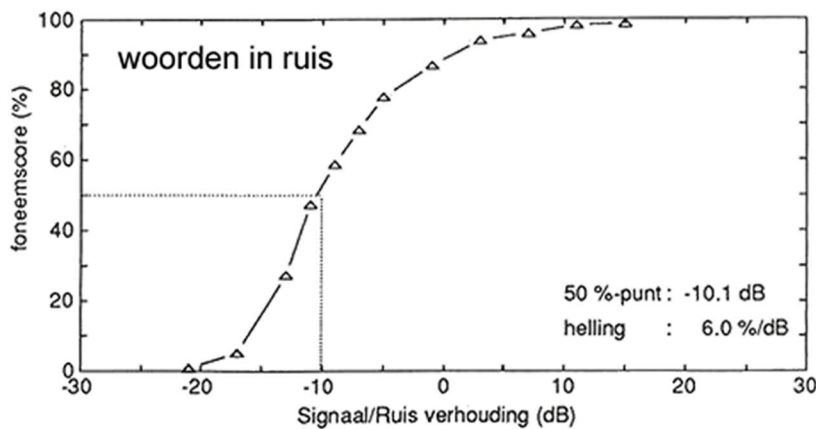
9 Om in het vrije-velde spraakverstaanstesten goed uit te kunnen voeren moet de invloed van de
10 akoestiek op de spraakverstaanscores verwaarloosbaar zijn voor alle client-doelgroepen. Uit
11 de normaalcurve voor NVA-woorden in ruis, is voor 100% foneemverstaan een spraak-
12 ruisverhouding > 12 dB nodig, zie figuur B3.2. Dit correspondeert met een STI-waarde > 0.9¹⁹,
13 zie figuur B4.1. Ook volgens Steeneken en Houtgast is een Speech Transmission Index (STI)
14 van bijna 1 nodig om CVC fonemen 100%^{20,21}. Ook voor spraak-in-ruis metingen met
15 fluctuerende ruis is galm ongewenst, omdat daarmee de dips in de ruis snel gevuld worden
16 met de nagalm.

¹⁸ Byrne, D., Dillon, H., Tran, K., Arlinger, S., Wilbraham, K., Cox, R., ... & Ludvigsen, C. (1994). An international comparison of long-term average speech spectra. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96(4), 2108-2120.

¹⁹ Duquesnoy, A., & Plomp, R. (1980). Effect of reverberation and noise on the intelligibility of sentences in cases of presbycusis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(2), 537-544.

²⁰ Houtgast, T., Steeneken, H. J., Ahnert, W., Braid, L., Drullman, R., Festen, J., ... & van Wijngaarden, S. (2002). Past, present and future of the Speech Transmission Index (pp. 14-16). Soesterberg: TNO.

²¹ Xia, J., Xu, B., Pentony, S., Xu, J., & Swaminathan, J. (2018). Effects of reverberation and noise on speech intelligibility in normal-hearing and aided hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(3), 1523-1533.



1
2 Figuur B3.2. Normaalcurve voor NVA-woorden in ruis.

3
4 Als al het gereflecteerde geluid gezien wordt als storruijs, is een direct-to-reverberant ratio
5 (DRR) > 12 dB nodig. Dit is in de praktijk lastig haalbaar in kleine ruimtes. De benodigde
6 gemiddelde absorptie moet dan erg hoog zijn, zoals is te zien in figuur B3.3.

7 Voor spraakverstaan zijn echter de vroege reflecties niet storend, want die worden in het
8 auditieve systeem geïntegreerd met het directe geluid, zowel bij normaal- als
9 slechthorenden²². De grens tussen bruikbare vroege reflecties en storende ligt tussen de 30
10 en 80ms²³. Vaak wordt als grens 50ms gekozen, bijvoorbeeld in de U50 maat, die de
11 verhouding tussen de vroege geluidsenergie (direct geluid en vroege reflecties ≤ 50ms)
12 enerzijds en de late reflecties (> 50ms) plus ruis anderzijds weergeeft²⁴.

13 De STI blijkt heel sterk gecorreleerd met de U50²⁵. Een STI van (bijna) 1 blijkt overeen te
14 komen met een U50-waarde van 15 tot 20 dB. In de vorige paragraaf zijn eisen aan de
15 maximale ruis gesteld, zodanig dat die geen invloed heeft op de spraak. Als er geen storruijs
16 is die invloed heeft op het spraakverstaan, valt de U50 maat samen met de C50 maat, die de
17 verhouding tussen de vroege spraakenergie (direct geluid en vroege reflecties ≤ 50ms) en de
18 late reflecties (> 50ms) weergeeft.

19 Op grond van bovenstaande wordt in deze kwaliteitsnorm voor C50 is een waarde ≥ 15 dB
20 vereist ter voorkoming van negatieve invloed van late reflecties op het spraakverstaan bij vrije-
21 veld spraakaudiometrie.

22
23 Het voordeel van de C50 maat ten opzichte van de nagalmtijd T60 is dat C50 gevoelig is voor
24 de directionaliteit van de luidspreker en de afstand tussen de luidspreker en de luisteraar en
25 T60 niet.

26 Uit figuur B3.3 blijkt dat C50 ook afhankelijk is van het kamervolume en van de gemiddelde
27 absorptie. In een kleinere ruimte is het aandeel van de late reflecties relatief kleiner, waardoor
28 de C50 eis makkelijker wordt gehaald in een kleinere ruimte dan in een grotere ruimte.

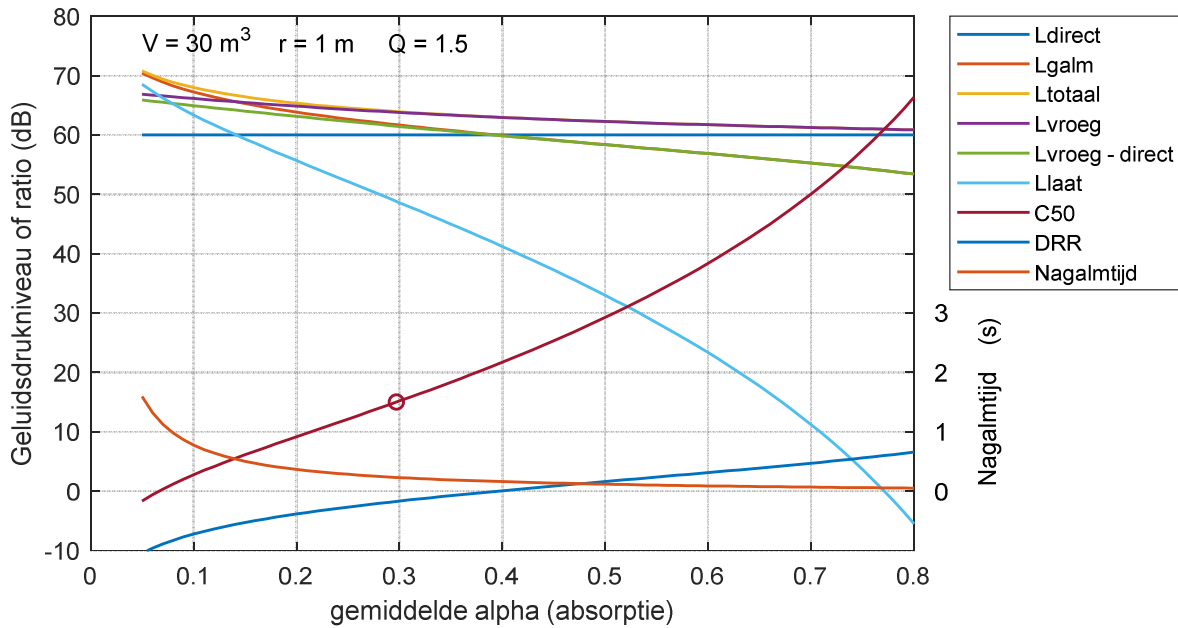
29 Let wel: figuur B3.3 geeft slechts een indicatie van de verschillende geluidscomponenten,
30 berekend onder verschillende aannamen, zoals exponentiële afname van de geluidsenergie
31 van de galm na uitschakeling van de bron, aanwezigheid van een diffuus galmveld enzovoort.

²² Bradley, J. S., Sato, H., & Picard, M. (2003). On the importance of early reflections for speech in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(6), 3233-3244.

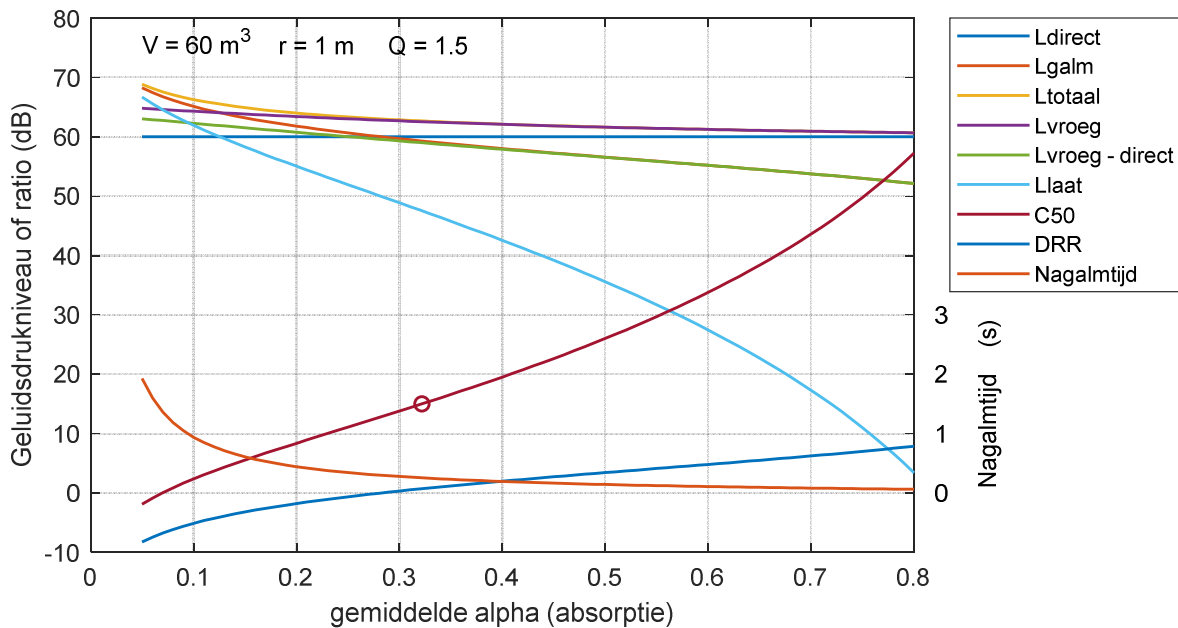
²³ Bradley, J. S. (1986). Predictors of speech intelligibility in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 837-845.

²⁴ Bradley, J. S. (1986). Speech intelligibility studies in classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 80(3), 846-854.

²⁵ Bistafa, S. R., & Bradley, J. S. (2000). Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107(2), 861-875.



1



2

3
 4 Figuur B3.3 Geluidsdrumniveaus van verschillende geluidscomponenten, namelijk het directe
 5 geluid (L_{direct}), de nagalm (L_{galm}), het totale geluid (L_{totaal} , de energetische som van L_{direct}
 6 en L_{galm}), de vroege component van het geluid (L_{vroeg} , de energetische optelling van L_{direct}
 7 en de eerste 50ms van de reflecties), de late component van de galm (L_{laat} , de geluidsenergie
 8 in de reflecties > 50ms), de ratio's C50 (L_{vroeg} min L_{laat}) en Direct-to-Reverberant-Ratio
 9 (DRR , L_{direct} min L_{galm}) en de nagalmtijd als functie van de gemiddelde absorptie coëfficiënt
 10 alpha. De geluidsdrumniveaus worden weergegeven op de linker as in dB SPL, de ratio's C50 en
 11 DRR worden weergegeven op de linker as in dB en de nagalmtijd wordt weergegeven op de
 12 rechter as in seconden. Bovenaan zijn deze geluidsniveaus gegeven voor een kleinere ruimte
 13 van 30 m^3 en onderaan voor een wat grotere kamer van 60 m^3 . In beide grafieken is de afstand
 14 tussen bron en ontvanger 1m en is de directionaliteit (de Q-factor) op 1.5 gesteld. Het datapunt
 in de C50 curve is het criterium van 15 dB voor C50.

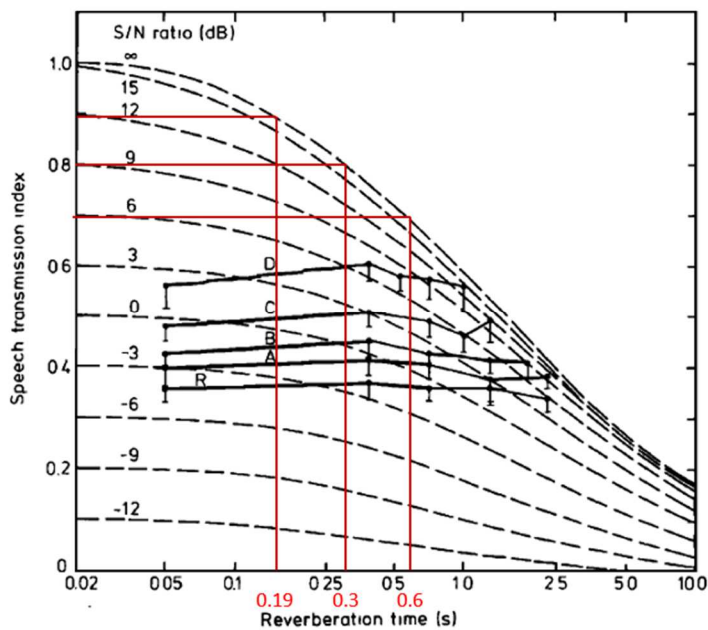
1 Bijlage 4 Toelichting bij eisen voor spreekkamers

2 Vereisten geluidsveld spreekkamers

3 Volgens het Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen mag de nagalmtijd T60 van een
 4 ingerichte kamer niet meer te bedragen dan 0.6 s (of 0.8s in een lege kamer)²⁶. Dit komt
 5 overeen met een STI-waarde van 0.7 en is equivalent aan de S/N ratio van 6 dB, zoals is af te
 6 lezen in figuur B4.1²⁷. Het is dan voor personen met een normaal gehoor mogelijk om zinnen
 7 100% te verstaan²⁸. Voor slechthorenden is, ook met goed ingestelde hoortoestellen, de
 8 benodigde S/N ratio hoger, net zoals de spraakreceptiedrempel (SRT50) in een spraak-in-
 9 ruïstest slechter is. Die SRT50 is met goed ingestelde hoortoestellen naar schatting 3 tot 5 dB
 10 slechter dan de normaalwaarde, zolang de maximale spraakdiscriminatie nog (vrijwel) 100%
 11 is. Als de benodigde S/N ratio 3 dB hoger is, dan is een STI van 0.8 vereist en de bijbehorende
 12 nagalmtijd is dan 0.3 seconden.

13 Als norm voor de spreekkamers wordt T60 <0.3 seconde gesteld, omdat dit voor veel situaties
 14 toereikend zal zijn en in de praktijk goed haalbaar is.

15



16

17 Figuur B4.1 De stippellijnen tonen de Speech Transmission index (STI) als functie van de
 18 nagalmtijd voor spraak-in-ruis in verschillende spraak-ruis verhoudingen (S/N ratio). De rode
 19 lijnen geven de maximale nagalmtijd voor STI-waarden van 0.7, 0.8 en 0.9 voor spraak in stilte.
 20 De zwarte horizontale lijnen geven de STI-waarden voor verschillende
 21 spraakreceptiedrempels (SRT) voor groepen luisteraars die verschillen in mate van
 22 gehoorverlies. Deze figuur is afkomstig uit: Duquesnoy, A., & Plomp, R. (1980)²⁶.

²⁶ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, v2.3., 2018, Downloadlocatie: <https://nvbv.org/publicaties/handboek-bouwfysische-kwaliteit-gebouwen>. Voor ruimten ≤ 25 m², geldt daarnaast volgens dit handboek een eis voor de 125 Hz octaafband: de nagalmtijd voor deze band bedraagt maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd.

²⁷ Duquesnoy, A., & Plomp, R. (1980). Effect of reverberation and noise on the intelligibility of sentences in cases of presbycusis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 68(2), 537-544.

²⁸ Houtgast, T., Steeneken, H. J., Ahnert, W., Braid, L., Drullman, R., Festen, J., ... & van Wijngaarden, S. (2002). Past, present and future of the Speech Transmission Index (pp. 14-16). Soesterberg: TNO.



1 Speech privacy methode van Young

2 Onderstaande tabel geeft op basis van het aanwezige omgevingsgeluid/achtergrondgeluid
3 (25-45 dB(A)) de benodigde isolatie voor een marginale tot zeer goede privacy.

4 Voor het stemvolume kan aangehouden worden²⁹:

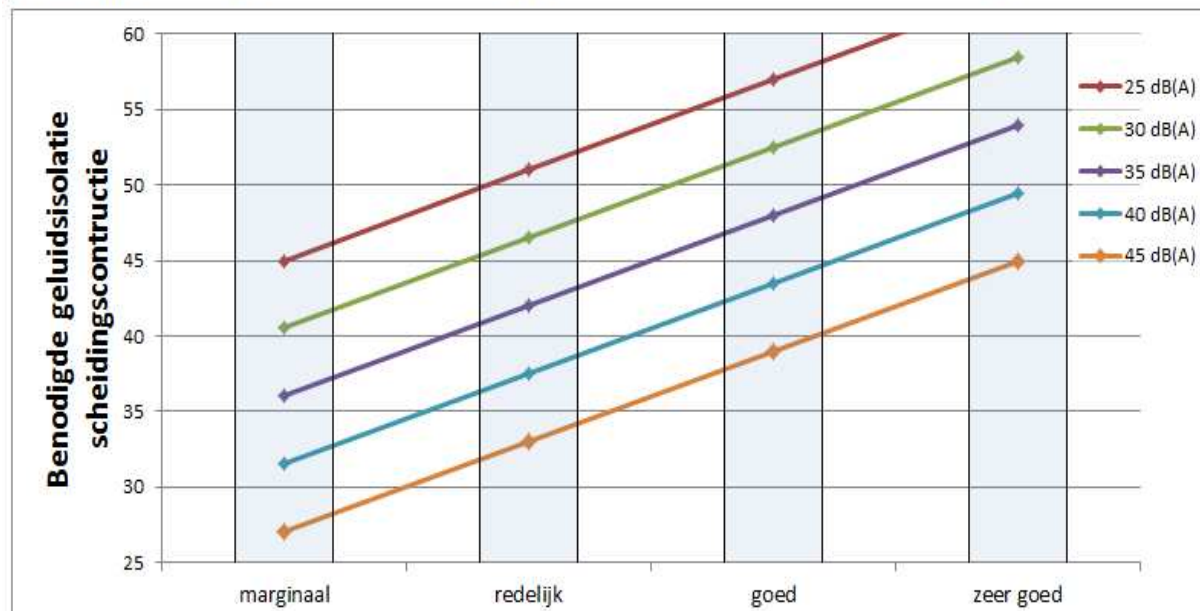
- 5 • Luid: 70 dB(A).
- 6 • Verhoogd: 65 dB(A).
- 7 • Normaal: 55-60 dB(A).

8 De tabel geeft een vereiste geluidswering als DnT,A,k waarde in decibel. De DnT,A,k waarde
9 is een geluidsisolatie waarde, omgerekend naar een referentie nagalmtijd (nT) in de
10 aangrenzende ruimte (de meeluister ruimte), A-gewogen en volgens een privacy karakteristiek
11 k.

12
13 Figuur B4.1 De benodigde geluidsisolatie die nodig is om een mate van privacy te garanderen.
14 De benodigde verzwakking door een scheidingsconstructie is weergegeven als DnT,A,k
15 waarde in decibel, bepaald volgens NEN 5077, voor verschillende mate van hoorbaarheid en
16 verstaanbaarheid van gesprekken in een naastliggende ruimte en voor verschillende
17 geluidsniveaus van het achtergrondgeluid in de ruimte.

18

Stemvolume	Hoorbaarheid gesprekken			
Luid	duidelijk verstaanbaar	duidelijk verstaanbaar	met moeite verstaanbaar	hoorbaar, niet verstaanbaar
Verhoogd	duidelijk verstaanbaar	met moeite verstaanbaar	hoorbaar, niet verstaanbaar	onhoorbaar
Normaal	met moeite verstaanbaar	hoorbaar, niet verstaanbaar	onhoorbaar	onhoorbaar
Speech privacy	marginaal	redelijk	goed	zeer goed



19

20

²⁹ Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen, v2.3., 2018, Downloadlocatie: <https://nvbv.org/publicaties/handboek-bouwfysische-kwaliteit-gebouwen>



1 **Bijlage 5 Qualified tester definitie NEN-EN-ISO 8253-1**

2 Paragraaf 4.4 van de NEN-EN-ISO 8253-1 van november 2010 beschrijft de rol en de taak
3 van degene die het audiogram afneemt. De norm gaat uit van een gekwalificeerd persoon die
4 beslissingen zou moeten maken met betrekking tot: “there is any external noise event or
5 behaviour of the test subject that might invalidate the test” en “to interrupt, terminate or repeat
6 all part of the test”. De norm verwacht dus van de gekwalificeerde persoon dat hij/zij actie
7 onderneemt en zo nodig pauzeert of de meting herhaalt, indien externe geluiden de meting
8 beïnvloeden.