

UCC 502
P20 2)

W. Passchier-Vermeer

GEHOORSCHADE DOOR LAWAAI

I

Analyse van onderzoekgegevens ter bepaling van de
relatie tussen lawaai en gehoorschade door lawaai.



IRISSPAMBOEKNUMMER: 2722/000

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO

Leiden

augustus 1986

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56 Leiden

Postadres:
Postbus 124
2300 AC Leiden

Telefoon: 071 - 178 888

© 1987 Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Publicatienummer 870 32

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt, en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NIPG-TNO.

INHOUD

blz.

VOORWOORD	
SAMENVATTING	I
1. INLEIDING	1
2. BEWERKING	3
3. DISCUSSIE	7
3.1 H-waarden	7
3.2 Effect van lawaai met een lawaaiexpositieniveau van 75 dB(A)	7
3.3 Vergelijking met uitkomsten uit ISO/DIS 1999	9
4. VERANTWOORDING	12
REFERENTIES	13
FIGUREN17 t/m 47
BIJLAGE51 t/m 58
RAPPORTEN EN PUBLIKATIES IN HET KADER VAN HET PROJECT	59

VOORWOORD

Zoals bekend vindt blootstelling aan lawaai in de arbeidssituatie op grote schaal plaats. Ondanks de bekendheid van dit probleem worden nog onvoldoende maatregelen getroffen, gericht op preventie van gezondheidsschade als gevolg hiervan. Dit geldt zowel voor maatregelen gericht op lawaaibestrijding als voor maatregelen gericht op bescherming en bewaking van de gezondheid van de werkende mens. Het NIPG/TNO houdt zich vanuit de invalshoek van preventie bezig met de relatie lawaai en gezondheid. Hierbij wordt getracht door middel van wetenschappelijk onderzoek en het beproeven en helpen toepassen van de resultaten hiervan in de bedrijfsgezondheidszorg een bijdrage te leveren aan de oplossing van dit probleem. In het kader van het Project Preventie Gehoorschade wordt gewerkt aan de ontwikkeling van in de praktijk toepasbare integrale gehoorbeschermingsprogramma's. Dit project wordt uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma Lawaai op de Arbeidsplaats van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder, in opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

In het kader van het project zijn in de periode 1982 tot 1987 een 30-tal Nederlandstalige publicaties en rapporten uitgebracht, waarvan dit rapport er één is. Een overzicht van de publicaties treft u aan het eind van dit rapport aan. Tevens is, op basis van de rapporten, een handleiding over integrale gehoorbeschermingsprogramma's, bestemd voor de bedrijfsgezondheidszorg, opgesteld.

Deze handleiding is vooral van belang voor diegenen die in de praktijk betrokken zijn bij de preventie van gehoorschade door lawaai.

Dr. C.L. Ekkers
onderdirecteur
NIPG-TNO

SAMENVATTING

In het rapport wordt de relatie opgesteld tussen lawaai en de tengevolge van lawaai ontstane gehoorverliezen. Daarbij wordt uitgegaan van een door ISO/DIS 1999 gepresenteerd model, waarbij de gehoordrempel (H) van een aan lawaai geëxponeerde populatie als volgt van het normale ouderdomsgehoorverlies (A) en van het gehoorverlies (N) door expositie aan lawaai afhangt:

$$H=A+N-\frac{A N}{120}$$

Deze formule geldt voor overeenkomstige fractielen van de verdeling van de gehoordrempels.

De analyse berust op de audiometrische en geluidgegevens van 1325 mannen, die hebben deelgenomen aan een integraal gehoorbeschermingsprogramma.

Uit een analyse van het resultaat blijkt dat er een verwaarloosbare kans op gehoorschade door lawaai is bij lawaaiexpositieniveaus van 75 dB(A) en lager. Over het algemeen blijkt er bij lawaaiexpositieniveaus tussen 85 en 90 dB(A) een goede overeenkomst tussen de resultaten uit het huidige onderzoek en de gegevens uit ISO/DIS 1999. Bij lawaaiexpositieniveaus tussen 80 en 85 dB(A) is er bij de lagere frequenties (500, 1000 en 2000 Hz) een goede overeenkomst, terwijl bij de hogere frequenties (3000, 4000 en 6000 Hz) het huidige onderzoek hogere gehoorverliezen door lawaai voorspelt dan gegeven in ISO/DIS 1999. Bij lawaaiexpositieniveaus tussen 90 en 95 dB(A) is er over het algemeen in het huidige onderzoek minder gehoorschade door lawaai geconstateerd dan wordt aangegeven in ISO/DIS 1999, met uitzondering van de grootste gehoorverliezen door lawaai bij lange expositietijden (40 jaar), waarbij de gehoorschade door lawaai uit het huidige onderzoek groter is dan door ISO/DIS 1999 wordt gegeven.

Met betrekking tot een voorspelling van de gehoorschade bij populaties die thans aan lawaai worden geëxponeerd worden de resultaten uit het huidige onderzoek meer relevant geacht dan die uit ISO/DIS 1999.

1. INLEIDING

Volgens de opeenvolgende Draft International Standards ISO/DIS 1999.1 en ISO/DIS 1999.2 (hierna aangegeven met ISO/DIS 1999) is de totale gehoordrempel (H), zoals gemeten in populaties die aan lawaai zijn geëxponeerd tijdens werkuren, als volgt samengesteld:

$$H=A+N-\frac{A N}{120} \quad ((1))$$

waarbij A de gehoordrempel is die verband houdt met veroudering en N de permanente gehoordrempelverschuiving tengevolge van expositie aan lawaai op de arbeidsplaats.

Formule ((1)) geldt voor overeenkomstige percentielen van A, H en N.

Werkt een populatie niet in lawaai dan is N gelijk aan nul en A gelijk aan H voor alle percentages.

De term $-\frac{A N}{120}$ in formule ((1)) is aan de relatie $H=A+N$ toegevoegd omdat als zowel A als N zeer groot zijn (b.v. elk 80 dB) H niet gelijk kan zijn aan de som van A en N (in het voorbeeld 160 dB), omdat gemeten gehoordrempels niet hoger kunnen liggen dan het maximale output-niveau van een audiometer, d.w.z. niet hoger dan 100 tot 120 dB. Bij hoge waarden van A en N treedt er een nivellerend effect in H op door de term $-\frac{A N}{120}$. Immers, als A en N beide gelijk zijn aan 60 dB, dan is H gelijk aan 90 dB, terwijl de som van A en N gelijk is aan 120 dB.

Bij lage waarden van A en N is H bij benadering gelijk aan de som van A en N. Immers, stel dat de som van A en N gelijk is aan 40 dB, dan is $\frac{A N}{120}$ maximaal 3 dB (als $A=N=20$ dB). Daaruit volgt dat H in dat geval minimaal 37 dB is. Bij niet al te grote waarden van A en N is de correctieterm $\frac{A N}{120}$ derhalve verwaarloosbaar.

In ISO/DIS 1999 zijn waarden van N gegeven voor lawaaiexpositieniveaus van 75 tot 100 dB(A) en voor expositietijden tot 40 jaar. Deze waarden van N zijn afgeleid uit onderzoeken (Baughn (1973), Passchier-Vermeer (1968), Robinson (1977)), waarbij het effect van expositie aan lawaai op

de gehoordrempel is bepaald als het verschil tussen de gemeten gehoordrempel H van geëxponeerde populaties en de gehoordrempel A van overeenkomstige niet-geëxponeerde populaties. D.w.z. in de onderzoeken, die ten grondslag lagen aan de in ISO/DIS 1999 gepresenteerde waarden van N' is uitgegaan van de relatie

$$H=A+N' \quad ((2))$$

Vervolgens zijn de aldus bepaalde N'-waarden gelijk gesteld aan N door de creatie van formule ((1)). Daarbij is over het hoofd gezien dat bij grote waarden van A N zeker niet gelijk is aan N'. Immers als A b.v. gelijk is aan 60 dB, dan is N gelijk aan 2N'. Het gebruik van de in ISO/DIS 1999 gepresenteerde N-waarden met de daaraan toegevoegde formule ((1)) zal dan ook voor hoge waarden van A veel geringere H-waarden opleveren dan de H-waarden uit de originele publikaties. Op deze discrepantie zal in de discussie worden teruggekomen.

In het TNO-rapport B 626 (Passchier-Vermeer, 1984, Groepsaudiogram en lawaaioxpositieniveau) is een analyse gerapporteerd, gebaseerd op de gegevens van 1325 mannen, die in lawaaioxpositieniveaus tot 95 dB(A) werken. Daarbij is eveneens uitgegaan van een lineaire relatie tussen H, A en N' zoals gegeven in formule ((2)). Uitgaande van de H-waarden van de in deelgroepen ingedeelde groep van 1325 mannen en van de A-waarden volgens data base A uit ISO/DIS 1999 is daarbij N' bepaald als functie van het lawaaioxpositieniveau en de expositietijd. Uit N' kan op eenvoudige wijze N berekend worden, aangezien N gelijk is aan $N' \frac{1}{1 - \frac{A}{120}}$.

In het hiernavolgende wordt N uit N' (gegeven in B 626) berekend. We beschikken dan over twee theoretische modellen, waarbij in het ene geval H beschouwd wordt als som van A en N' en in het andere geval als de som van A, N en $-\frac{A N}{120}$. Omdat N' gelijk is aan $N - \frac{A N}{120}$ is H bij een bepaalde groep bij $\frac{A N}{120}$ gekozen expositietijd en $\frac{120}{120}$ lawaaioxpositieniveau onafhankelijk van de gekozen beschrijvingswijze.

2. BEWERKING

In TNO-rapport B 626 is bij de bepaling van N' uitgegaan van formule ((2)). Daarbij is N' bepaald als functie van het lawaaiexpositieniveau $L(EX)$ en de expositietijd T . Als representatief lawaaiexpositieniveau voor de gehele expositietijd T is gekozen voor het lawaaiexpositieniveau, zoals dit ten tijde van het onderzoek bij de werknemers bepaald is. Duidelijk is dat voor een aantal werknemers het lawaaiexpositieniveau vroeger (eventueel in andere situaties) lager of hoger gelegen zal hebben. Deze variatie in het lawaaiexpositieniveau in het verleden zal in principe een spreiding in de ontstane gehoorschade (N') door lawaai ten gevolge gehad hebben, maar verwacht mag worden dat er gemiddeld geen effect merkbaar is. Slechts voor één groep wordt er bij deze redenering een systematische fout gemaakt en wel voor de groep die thans niet in lawaai werkt en vroeger wel in lawaai gewerkt heeft. Bij deze groep is er een onderschatting van de totale geluidbelasting als het huidige lawaaiexpositieniveau als maat gekozen wordt voor de totale expositietijd. Voor elke groep is het derhalve noodzakelijk een correctie aan te brengen om de gehoorschade uit vroegere exposities in rekening te brengen. Deze correctie is berekend in het TNO-rapport B 610 (Passchier-Vermeer, Audiometrie en anamnese; het effect van een selectie naar een schone lawaai-anamnese en een schone gehooranamnese van de onderzochten op het groepsaudiogram, 1984). De betreffende waarden zijn gegeven in tabel B.1 van de bijlage. Daarbij zijn de in B 610 berekende waarden voor huidige lawaaiexpositieniveaus van minder dan 80 dB(A) gekoppeld aan een niveau van 75 dB(A). Bij 80 dB(A) ontstaat dan een overgangssprong. Immers, boven 80 dB(A) zijn geen correcties nodig en beneden 80 dB(A) is correctie met de in tabel 1 gegeven waarden nodig. Bij 80 dB(A) wordt derhalve aangenomen dat de correctiewaarden de helft zijn van die bij 75 dB(A).

In dit rapport worden de relaties van N' gebruikt, die betrekking hebben op groepen werknemers met een schone gehooranamnese. In concreto houdt dit in dat de waarden van N' met de variabelen c en d uit B 610, en niet met de variabelen c' en γ , gebruikt zullen worden.

In TNO-rapport B 626 is het mediane gehoorverlies door lawaai ($N'_{0,50}$) als volgt als functie van het lawaaiexpositieniveau ($L(EX,T)$) en de expositietijd (T) gegeven:

$$N'_{0,50} = (u+v \lg T) * (L(EX,T) - L(o))^2 + c \quad ((3))$$

Daarbij zijn u, v, c en L(o) afhankelijk van de frequentie en is T groter dan 10 jaar.

In tabel 1 zijn de waarde van u, v, c en L(o) opgenomen.

Tabel 1. De waarden u, v, L_o en c als functie van de frequentie, behorend bij de formule $N'_{0,50} = (u+v \lg T) * (L(EX,T) - L(o))^2 + c$; c is gegeven voor $L(EX) \geq 80$ dB(A) en $L(EX) \leq 75$ dB(A).

Frequentie in hertz	u x 10 ³	v x 10 ³	L(o)	c	
				(≥80 dB(A))	(<75 dB(A))
500	- 33	110	93	2,0	0,9
1000	- 20	70	89	0,7	0,0
2000	- 22,5	31,2	80	0,8	0,0
3000	- 15,4	26,7	77	1,0	0,0
4000	- 8,7	19,2	75	2,8	0,5
6000	- 22,5	31,2	77	5,2	2,9

Het mediane gehoorverlies ($N'_{0,50}$) door lawaai geeft slechts de centrale tendens van het effect van lawaai op de gehoorscherppte.

In TNO-rapport B 626 zijn ook gegevens over de spreiding in de N'-waarden rond $N'_{0,50}$ berekend. Daartoe zijn de volgende formules gebruikt:

$$\text{Voor } Q < 0,50: N'_Q = N'_{0,50} + k (x_u + y_u \lg T) * [(L(EX,T) - L(o))]^2 + d \quad ((4))$$

$$\text{Voor } Q > 0,50: N'_Q = N'_{0,50} - k (x_l + y_l \lg T) * [(L(EX,T) - L(o))]^2 + d \quad ((4))$$

waarbij voor Q = 0,10 en 0,90 : k = 1,282

Q = 0,25 en 0,75 : k = 0,675

x_u, y_u, x_l en y_l zijn afhankelijk van de frequentie.

De waarden van x_u, y_u, x_l en y_l zijn gegeven in tabel 2.

Tabel 2. De waarden van kx_u , ky_u , kx_l en ky_l als functie van de frequentie, voor de fractielen 0,10 en 0,90, volgens formule ((4)).

Frequentie in hertz	$N'_{0,10} - N'_{0,50}$		$N'_{0,50} - N'_{0,90}$	
	$kx_u \times 10^3$	$ky_u \times 10^3$	$kx_l \times 10^3$	$ky_l \times 10^3$
			$d \leq 75 \text{ dB(A)}$	$d \geq 80 \text{ dB(A)}$
500	0	0	0,9	1,6
1000	0	0	0,0	0,5
2000	- 30	44	0,0	0,8
3000	- 59	51	0,0	0,7
4000	- 36	41	0,5	1,6
6000	- 59	67	0,9	0,9

In de bijlage is een aantal werktabellen opgenomen. Tabel B2 geeft de N' -waarden zoals berekend in TNO-rapport B 626, waarbij geen rekening is gehouden met een correctie van N' bij lage lawaaioxpositieniveaus (beneden 80 dB(A)) ten gevolge van vroegere expositie aan lawaai van de betrokken werknemers. In tabel B3 is deze correctie (zie tabel B1) wel toegepast. In tabel B4 zijn de getallen uit tabel B3 afgerond op gehele getallen. In tabel B5 zijn de N -waarden opgenomen berekend volgens $N=N' \frac{1}{1-A/120}$ waarbij A gekozen is uit data base A en het verschil tussen expositietijd T en leeftijd L gelijk gekozen is aan 20 jaar d.w.z.

$$T = L - 20 \quad (T, L \text{ in jaren}) \quad ((5))$$

Tabel B6 geeft de N -waarden waarbij rekening is gehouden met een correctie voor vroegere expositie in het geval van lawaaioxpositieniveaus beneden 80 dB(A). Tabel B7 geeft de afgeronde getallen uit tabel B6.

In de figuren 1 tot en met 12 zijn de N - en N' -waarden uitgezet voor expositietijden van 10 en 40 jaar en voor de fractielen 0,90, 0,50 en 0,10.

Vergelijken we N' met N (bijvoorbeeld tabel B7 met tabel B4) dan blijkt het verschil tussen N' en N bij een expositietijd van 10 jaar maximaal 2 dB te zijn. Voor een expositietijd van 40 jaar is het verschil tussen N' en N in vele gevallen veel groter, vooral bij de hogere frequenties en lagere fractielen. In tabel B8 zijn de verschillen tussen N en N' opgenomen, die groter zijn dan 2 dB. Ter illustratie van het verschil tussen N en N' is in figuur 13 zowel $N_{0,10}$ als $N'_{0,10}$ uitgezet voor een expositietijd van 40 jaar.

3. DISCUSSIE

3.1 H-waarden

In het voorgaande zijn, om het effect van expositie aan lawaai op de gehoorscherpthe te kunnen beschrijven, twee beschrijvingswijzen nader uitgewerkt. Bij de ene beschrijvingsmethode is uitgegaan van een additieve relatie tussen H, A en N' en in de andere beschrijvingsmethode is er gebruik gemaakt van een meer ingewikkelde relatie tussen H, A en N. Het beschikbare materiaal is helaas niet geëigend om na te gaan welke beschrijvingswijze de meest juiste is. Daartoe zou het nodig zijn om over gegevens van voldoende grote deelgroepen te beschikken, waarbij bijvoorbeeld bij onderling gelijke expositietijd de leeftijd sterk zou verschillen. Dan zou vastgesteld kunnen worden of een correctieterm zoals $\frac{A \cdot N}{120}$ bijdraagt tot een nauwkeuriger beschrijving. Helaas is dat met het beschikbare materiaal niet mogelijk.

Zoals reeds is opgemerkt is H onafhankelijk van de gekozen beschrijvingswijze. Immers, bij gekozen waarden van L(EX) en T (en daarbij van L en A) is N' steeds gelijk aan $N - \frac{A \cdot N}{120}$ en volgens formule ((1)) en ((2)) is

H in het ene geval dan gelijk aan H in het andere geval. In de figuren 14 tot en met 17 is H uitgezet als functie van de frequentie voor lawaaiexpositieniveaus van 75 en 95 dB(A) en voor expositietijden van 10 en 40 jaar. In de figuren 14 en 16 is A eveneens uitgezet. In deze figuren is ervan uitgegaan dat het verschil tussen leeftijd en expositietijd gelijk is aan 20 jaar. Het betreft derhalve leeftijden van 30 en 60 jaar.

3.2 Effect van lawaai met een lawaaiexpositieniveau van 75 dB(A)

Uit de figuren 14 en 16 blijkt dat er vrijwel geen verschil is tussen de gehoordrempels van personen geëxponeerd aan 75 dB(A) en die van niet geëxponeerde referentiegroepen (A-waarden). De verschillen zijn gelijk aan de N-waarden, gegeven in tabel B4 voor 75 dB(A). Hieronder zijn deze verschillen nogmaals in tabelvorm opgenomen.

Tabel 3. Verschil tussen de H-waarden van aan 75 dB(A) geëxponeerde werknemers en de A-waarden van referentiegroepen (volgens data base A van ISO/DIS 1999). Verschillen onafhankelijk van de expositietijd voor expositietijden van tenminste 10 jaar.

Frequentie in hertz	Fractiel, waarbij de H- en A-waarden bepaald zijn		
	0,90	0,50	0,10
500	0	1	2
1000	0	0	1
2000	0	0	1
3000	0	0	0
4000	0	1	0
6000	2	3	1

De vraag, die zich daarbij voordoet is of de in de tabel 3 weergegeven verschillen berusten op systematische afwijkingen bij de bewerking van het materiaal, of dat er bij niveaus van 75 dB(A) nog effecten optreden op de gehoorscherpthe. Hoogstwaarschijnlijk is het eerste het geval. Immers, de in de tabel gegeven waarden zijn gehoordrempels ten opzichte van het nulniveau van de audiometer, omdat $A_{0,50}$ bij een leeftijd van 18 jaar gelijk aan nul gekozen is. Uit de onderzoeken echter waarop de ISO-A-curven berusten (Robinson, 1978), bleek $A_{0,50}$ bij een leeftijd van 18 jaar gelijk te zijn aan 11,9 dB bij 6000 Hz. Wellicht zijn derhalve de afwijkingen bij 6000 Hz het gevolg van een niet geheel correct gestandaardiseerd nulniveau van de audiometers. Ook kunnen kleine afwijkingen optreden tengevolge van een geringe variatie in de nulniveaus van de gebruikte audiometers in de loop van de jaren van onderzoek. Hoewel bij de analyse rekening is gehouden met de gemiddelde afwijking van de audiometers (zie TNO-Rapport B610) kunnen toch gehoordrempels wat hoger of lager gemeten worden door een geringe afwijking van de audiometer van het gemiddelde calibratieniveau, aangezien de calibratierange bij lagere frequentie + en - 3 dB van de referentiewaarde is en bij 6000 Hz zelfs + en - 5 dB. Een en ander overwegend is het verantwoord te stellen dat een lawaaiexpositieniveau van 75 dB(A) geen effect heeft op de gehoorscherpthe, ook al is men daar een arbeidsleven lang aan geëxponeerd. Deze conclusie is echter wel gebaseerd op dat gedeelte van de verdeling van de gehoordrempels, die liggen boven het fractiel 0,10 (de beste 90% der gehoordrempels). Niet uit te sluiten is dat er bij de 'gevoeligste' 10% van de oren toch enige gehoorschade door lawaai met een lawaaiexpositieniveau van 75 dB(A) ontstaat, doch de omvang van het basismateriaal laat geen conclusie toe over deze range van gehoordrempels.

Overigens zijn de gevonden verschillen dermate klein, dat ze voor de praktische situatie volstrekt irrelevant zijn. Slechts voor een theoretische beschouwing over een eventueel effect van lawaai met lage niveaus zijn de gevonden verschillen relevant. In vervolgrapporten zullen dan ook de waarden zoals gegeven in tabel 3 gelijk aan nul gesteld worden.

3.3 Vergelijking met uitkomsten uit ISO/DIS 1999

In de Inleiding is reeds gesteld dat bij het opstellen van ISO/DIS 1999 de uit onderzoeken bepaalde N'-waarden gelijkgesteld zijn aan N met de daarbij behorende formule ((1)). Daarbij is over het hoofd gezien dat bij grote waarden van A, N zeker niet gelijk is aan N'. Bij vergelijking van de resultaten van het huidige onderzoek met die uit ISO/DIS 1999 is het derhalve de enig juiste handelwijze om de N-waarden uit ISO/DIS 1999 te beschouwen als N'-waarden en te vergelijken met de N'-waarden uit het huidige onderzoek. In de figuren 18 tot en met 23 kunnen beide sets gegevens vergeleken worden. Daaruit blijkt voor T=10 jaar (figuur 18, 19, 20) dat bij de hoogste lawaaiexpositieniveaus (95 dB(A)) de N'-waarden uit het huidige onderzoek bij de drie hoogste frequenties veel geringer zijn dan volgens ISO/DIS 1999. In het gebied tussen 80 en 85 dB(A) zijn de N'-waarden uit het huidige onderzoek iets groter dan volgens ISO/DIS 1999, terwijl er een redelijke overeenstemming is bij niveaus tussen 85 en 90 dB(A). Voor een expositietijd van 40 jaar (figuur 21, 22, 23) is er een goede overeenkomst voor de 10%-waarden en zijn de $N'_{0,50}$ - en $N'_{0,90}$ -waarden uit het huidige onderzoek geringer dan uit ISO/DIS 1999. Resumerend dient gesteld te worden dat de op grond van het huidige onderzoek opgestelde relaties het effect van lawaai op de gehoorscherppte bij hogere niveaus geringer is dan blijkt uit de onderzoeken die ten grondslag lagen aan ISO/DIS 1999. In de range van 85 tot 90 dB(A) is er een redelijker overeenkomst, en in het gebied van 80 tot 85 dB(A) is er volgens de relaties uit het huidige onderzoek een enigszins groter effect op de 10%-waarde dan blijkt uit de onderzoeken, waarop ISO/DIS 1999 is gebaseerd. De voornaamste drie verklaringen hiervoor zijn:

- De huidige relaties zijn opgesteld met betrekking tot zeer uiteenlopende geluidssituaties, van constante exposities gedurende 8 uur tot kortdurende exposities, onderbroken exposities, exposities aan impulsgeluid en alle mogelijke combinaties. Daarbij is het lawaaiexpositieniveau als maat voor de geluidbelasting

gekozen. Als deze maat niet de juiste is, kunnen discrepanties ontstaan omdat de onderzoeken waarop ISO/DIS 1999 is gebaseerd slechts betrekking hebben op exposities gedurende 8 uur aan constant geluid.

De in het huidige onderzoek onderzochte situaties zijn niet gekozen vanwege een gelijke belasting van de werknemers gedurende hun arbeidsleven, zoals het geval is bij de onderzoeken waarop ISO/DIS 1999 berust. Van de onderzoeken waarop ISO/DIS 1999 is gebaseerd kan met redelijke betrouwbaarheid worden gesteld dat de exposities gedurende het gehele arbeidsleven ongeveer gelijk geweest zijn. Heden ten dage treden steeds sneller wijzigingen op in de productieprocessen, machines e.d. Daardoor kunnen werknemers, die het ene jaar in een niveau van 95 dB(A) werken, in andere jaren aan andere lawaaiexpositieniveaus blootstaan. Veelal zullen dit dan lagere niveaus zijn omdat niveaus beneden 95 dB(A) epidemiologisch gezien veel vaker voorkomen dan hogere niveaus. Dit geldt relatief het sterkst voor de kortere expositietijden. Bij de langste expositietijden (40 jaar) mag verondersteld worden dat de exposities relatief gedurende het arbeidsleven wel minder variaties hebben vertoond, omdat er in het begin van de arbeidstijd nog weinig variaties in de geluidssituaties optraden.

De lawaaiexpositieniveaus in het huidige onderzoek zijn bepaald uit metingen met voornamelijk geluidsdosimeters, terwijl in de onderzoeken waarop ISO/DIS 1999 is gebaseerd de geluidmetingen zijn verricht met niet-integrerende geluidniveaumeters, die op statief werden geplaatst of door de geluidtechnicus in de hand gehouden werden. Daardoor is het mogelijk dat de met de geluidsdosimeter bepaalde niveaus hoger liggen dan met geluidniveaumeters het geval zou zijn. Daardoor kunnen dosis-effect relaties ten opzichte van elkaar verschoven zijn. Uit een daarop gerichte analyse is gebleken dat lawaaiexpositieniveaus bepaald uit metingen met geluidsdosimeters, gemiddeld 1 dB hoger liggen dan de lawaaiexpositieniveaus bepaald uit metingen met integrerende geluidmeters, die door een geluidmeettechnicus gedragen worden (van den Berg, Evaluatie geluidmetingen in gehoorbeschermingsprogramma's, NIPG-TNO, 1986).

In de figuren 24 tot en met 29 is N uit het huidige onderzoeken en uit ISO/DIS 1999 uitgezet. De consequenties van de verschillen tussen beide sets N-waarden zijn te zien in de figuren 30 en 31 voor een lawaaiexpositieniveau van 95 dB(A). Daaruit blijken in grote lijnen dezelfde groepsaudiogrammen. Het groepsaudiogram, gebaseerd op de ISO-gegevens, vertoont bij 4000 Hz en de hogere fractielen een groter gehoorverlies dan het groepsaudiogram, gebaseerd op het huidige onderzoek.

Voor een lawaaiexpositieniveau van 75 dB(A) is het groepsaudiogram, gebaseerd op de ISO-gegevens, identiek aan de A-waarden in de figuren 14 en 16. Bij dit lawaaiexpositieniveau blijkt een zeer goede overeenstemming tussen de groepsaudiogrammen, gebaseerd op de ISO-gegevens en op het huidige onderzoek.

Aangezien de uitvoering van het huidige onderzoek zeer uitvoerig en nauwgezet is, is het aannemelijk dat de resultaten geldig zijn voor de huidige situatie en bij uitvoering van het geluidonderzoek, waarbij geluiddosimeters en integrerende geluidmeters worden gebruikt als meetinstrumenten en voor situaties waarin van zeer uiteenlopende geluidssituaties sprake is. Bij herhaling van het onderzoek in de huidige tijd mag dan ook verwacht worden dat er gehoorverliezen worden geregistreerd die meer overeenkomst vertonen met de in het huidige onderzoek afgeleide waarden dan met de waarden uit ISO/DIS 1999. In een vervolgrapport (Passchier-Vermeer, Gehoorschade aan lawaai. Methoden om op individueel en groepsniveau gebruik te maken van het verband tussen lawaai en gehoor schade door lawaai. NIPG-TNO, 1986) wordt dan ook een schema voor het voorspellen van gehoor schade gegeven, dat berust op de in het huidige onderzoek afgeleide relaties.

4. VERANTWOORDING

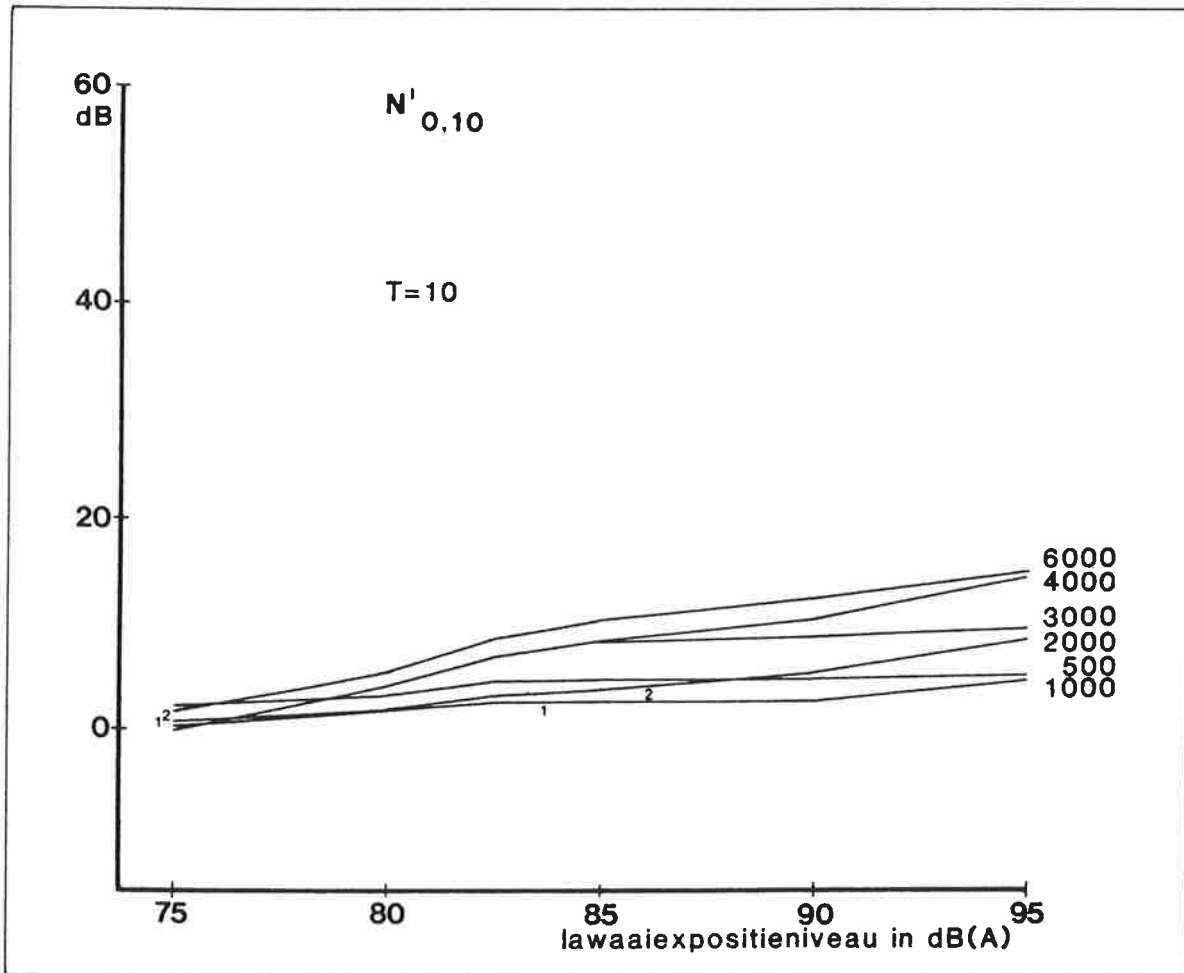
Dit rapport is opgesteld in het kader van het project LA-06-01 van het onderzoekprogramma Lawaai op de Arbeidsplaats van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder.

REFERENTIES

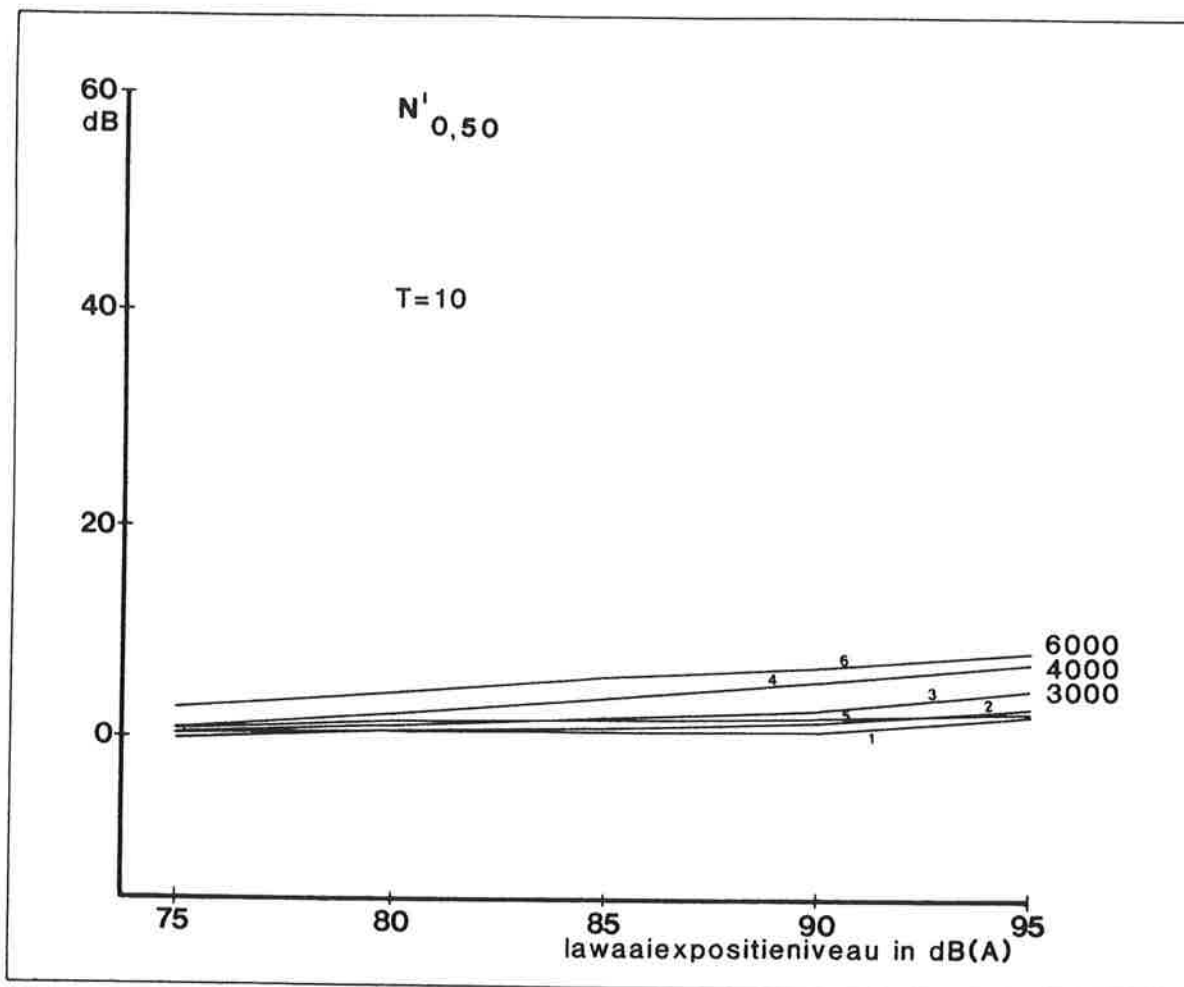
1. BAUGHN, W.L. Aerospace Medical Research Laboratory Report AMRL-TR-73-53 (AD 767204). Relation between daily noise exposure and hearing loss based on the evaluation of 6835 industrial noise exposure cases (1973).
2. VAN DEN BERG, R. e.a. NIPG-TNO. Evaluatie geluidmetingen in gehoorbeschermingsprogramma's.
3. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO/DIS 1999.1, 1982, en ISO/DIS 1999.2, 1985. Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment (1985).
4. PASSCHIER-VERMEER, W. TNO-Report 35. Hearing loss due to exposure to steady-state broadband noise (1968).
5. PASSCHIER-VERMEER, W. en medewerkers/sters. TNO-Rapport B 610. Audiometrie en anamnese (1984).
6. PASSCHIER-VERMEER, W., en medewerkers/sters. TNO-Rapport B 626. Groepsaudiogram en lawaaiexpositieniveau (1984).
7. PASSCHIER-VERMEER, W. NIPG-TNO. Gehoorschade door lawaai. Methoden om op individueel en groepsniveau gebruik te maken van het verband tussen lawaai en gehoorschade door lawaai (1986).
8. ROBINSON, D.W., M.S. SHIPTON. National Physical Laboratory Report Ac.61. Tables for estimation of noise-induced hearing loss (1977).

FIGUREN

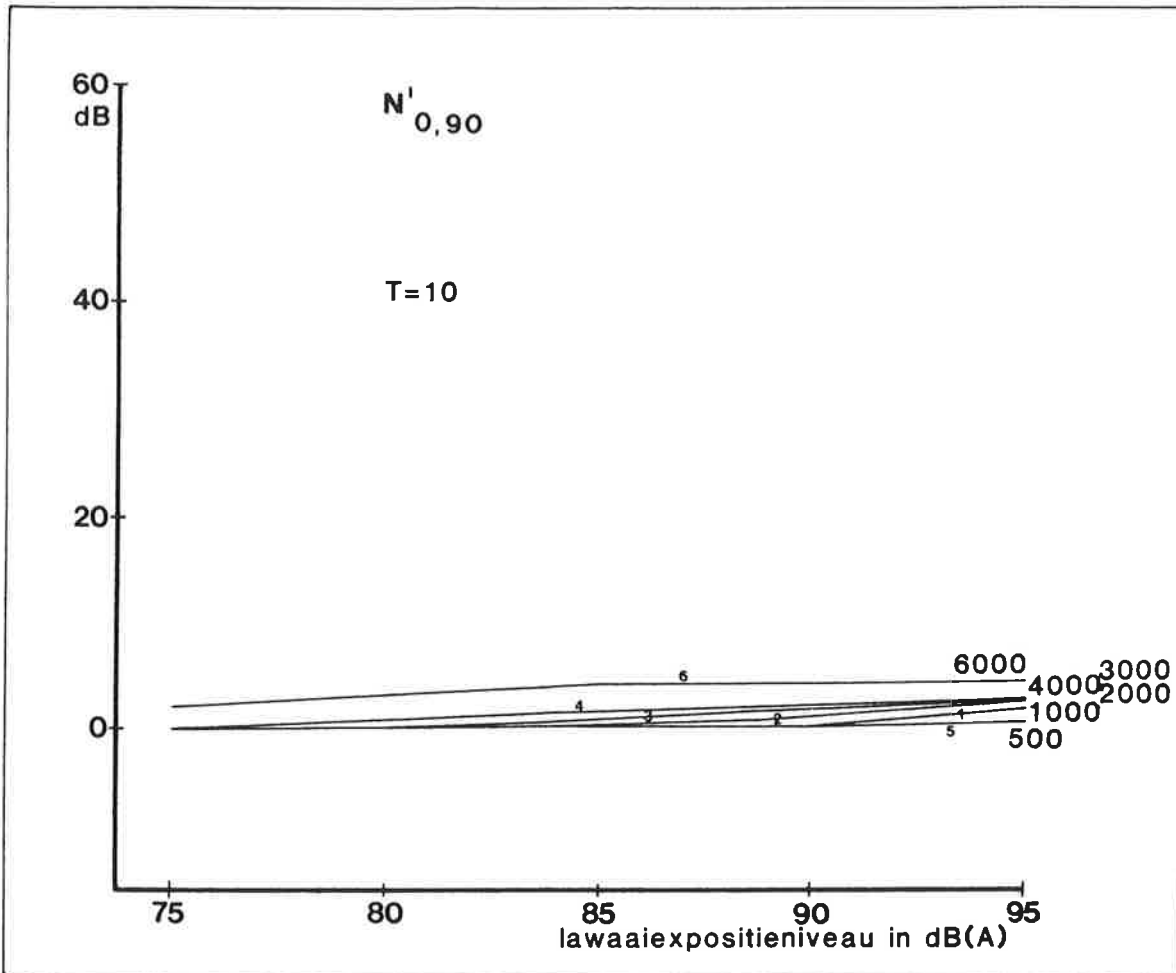
Figuur 1. $N'_{0,10}$ als functie van het lawaaioxpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar.



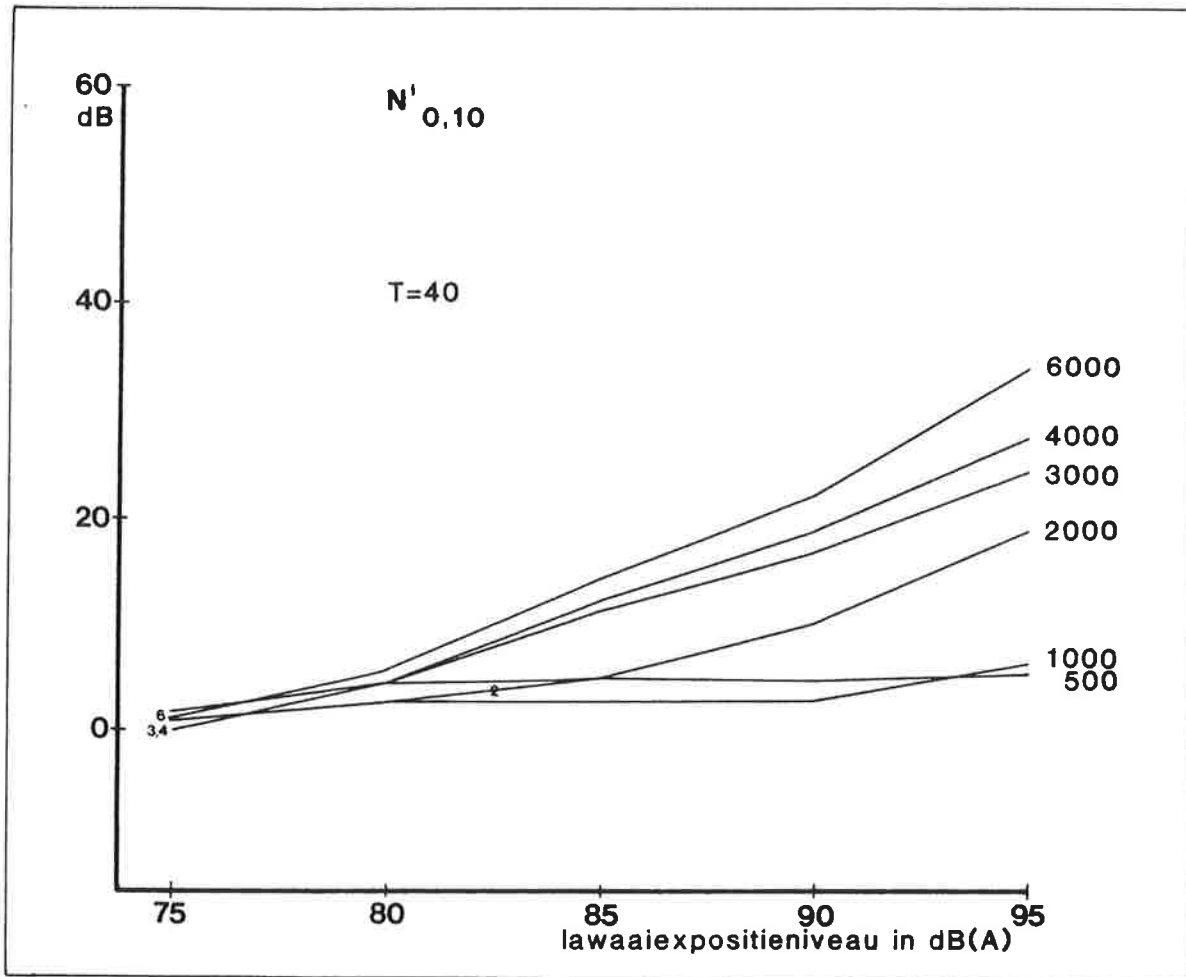
Figuur 2. $N'_{0,50}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,50}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar.



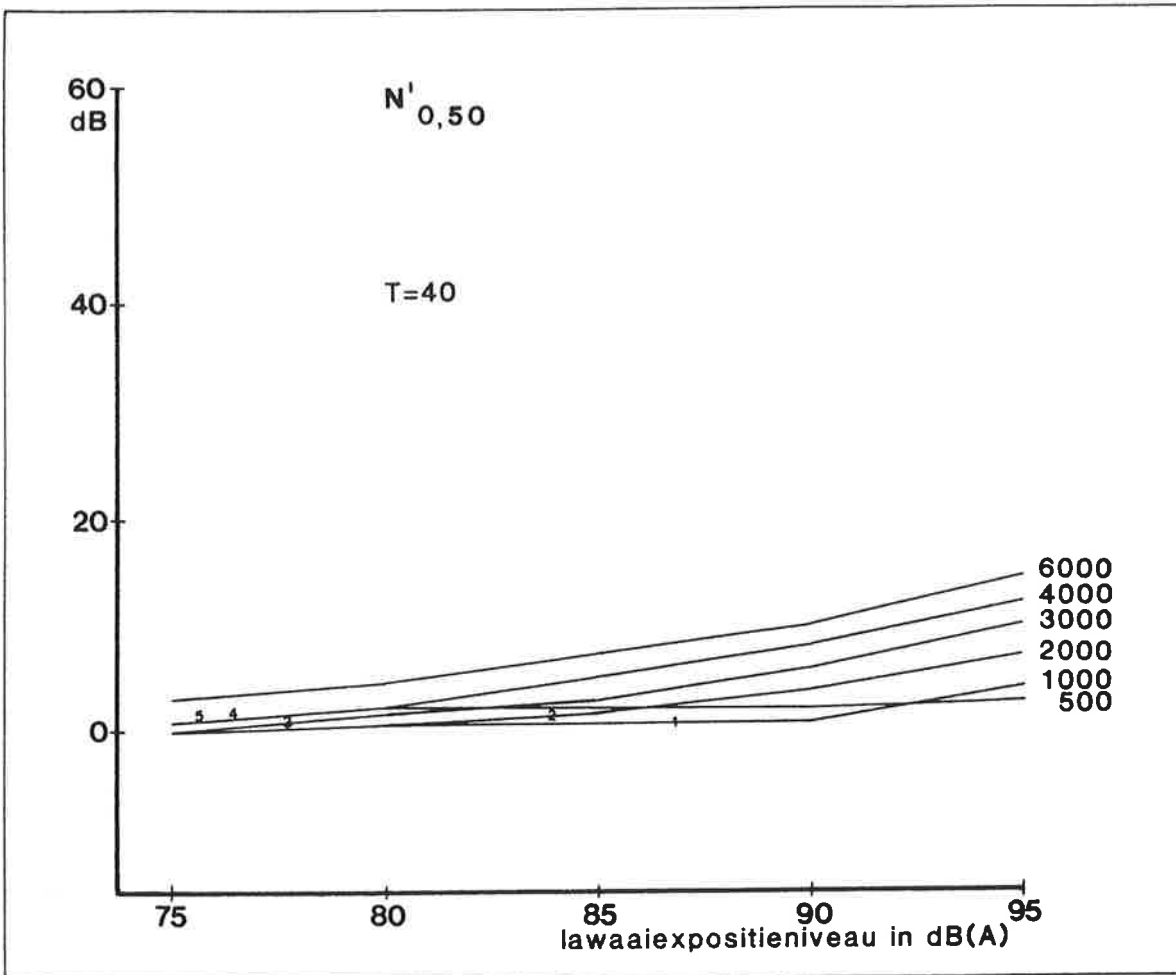
Figuur 3. $N'_{0,90}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,90}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar.



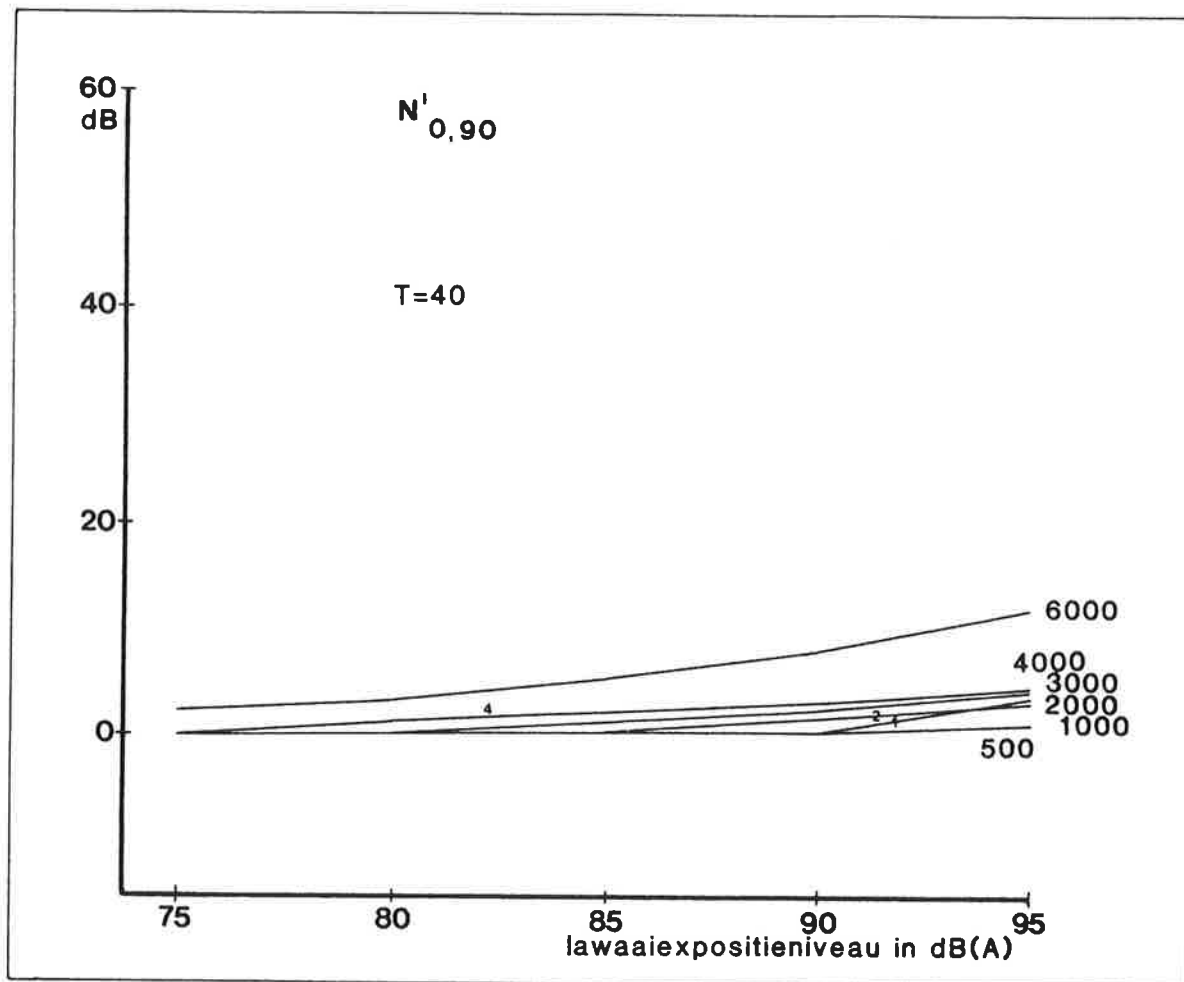
Figuur 4. $N'_{0,10}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar.



Figuur 5. $N'_{0,50}$ als functie van het lawaaiepositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,50}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar.

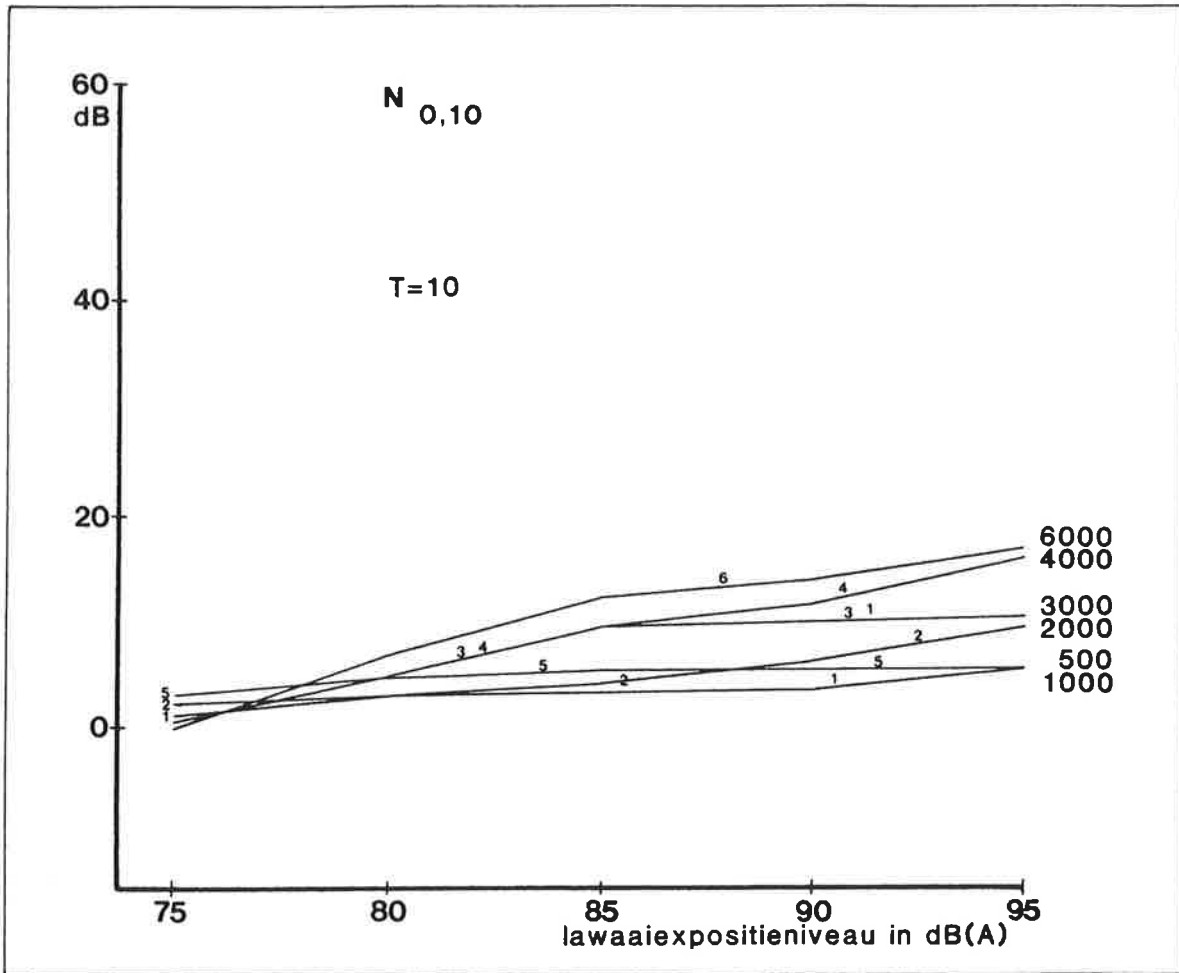


Figuur 6. $N'_{0,90}$ als functie van het lawaaioxpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,90}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar.

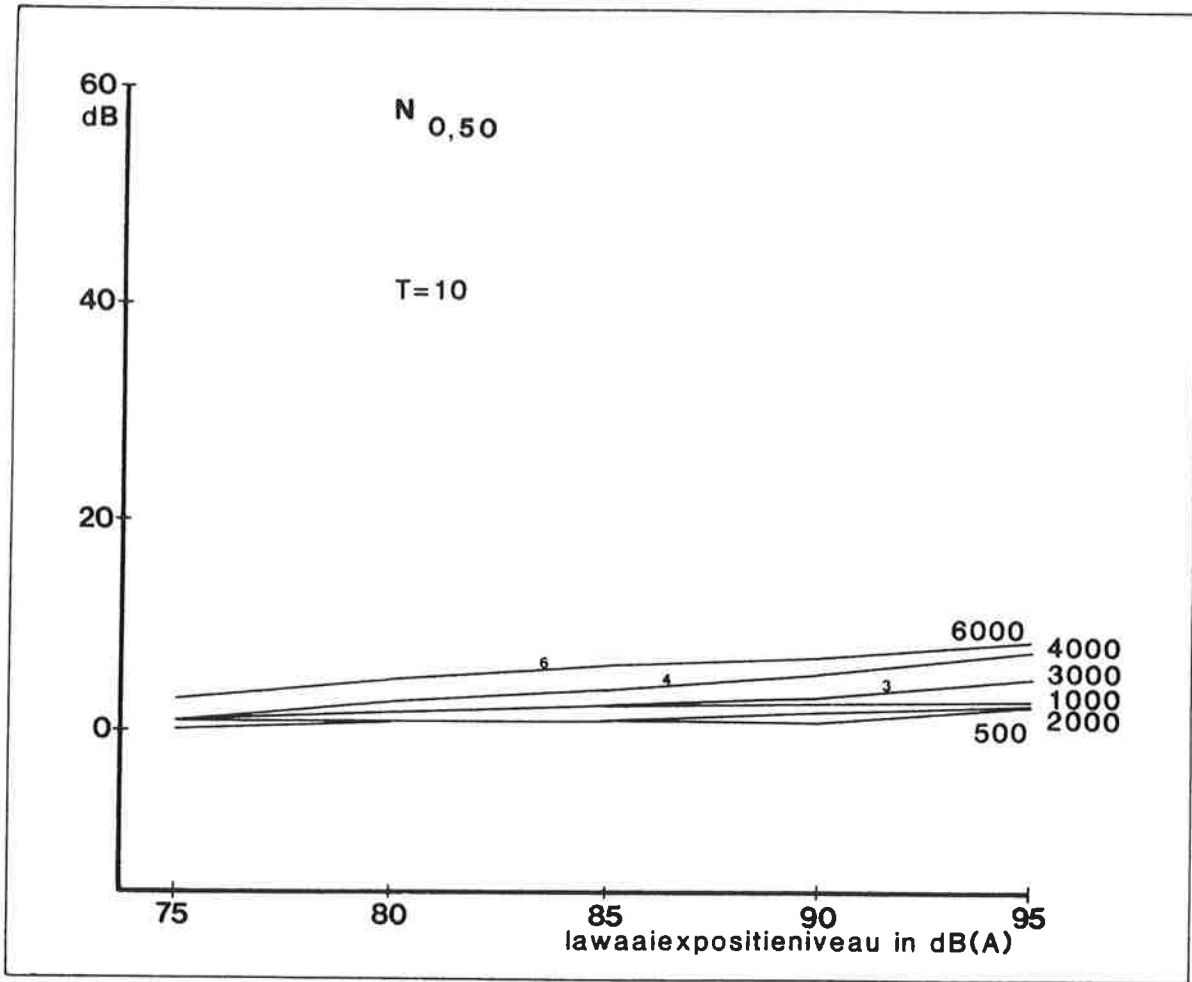


Figuur 7. $N_{,10}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz)

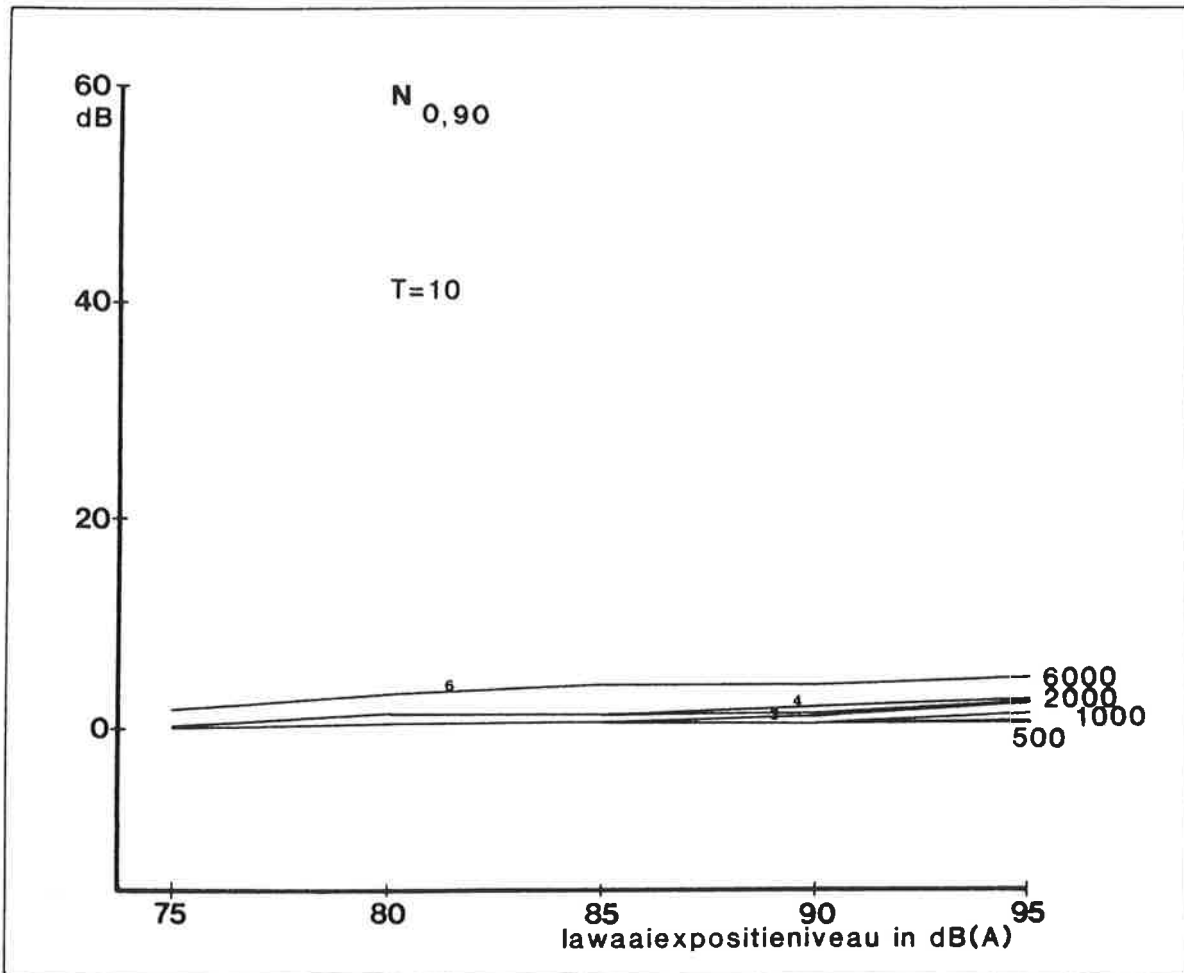
waarbij $N_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar.



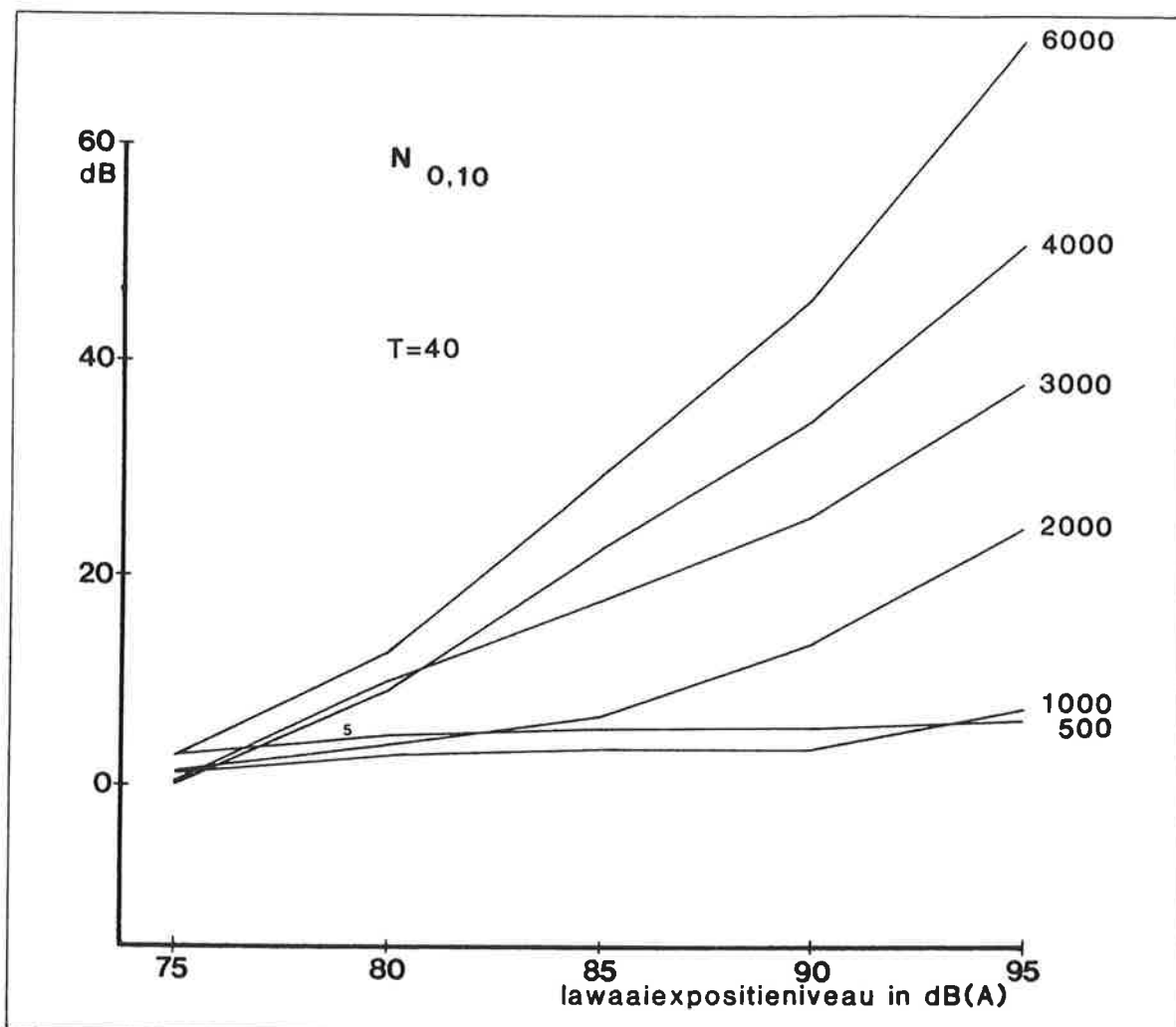
Figuur 8. $N_{0,50}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,50}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar.



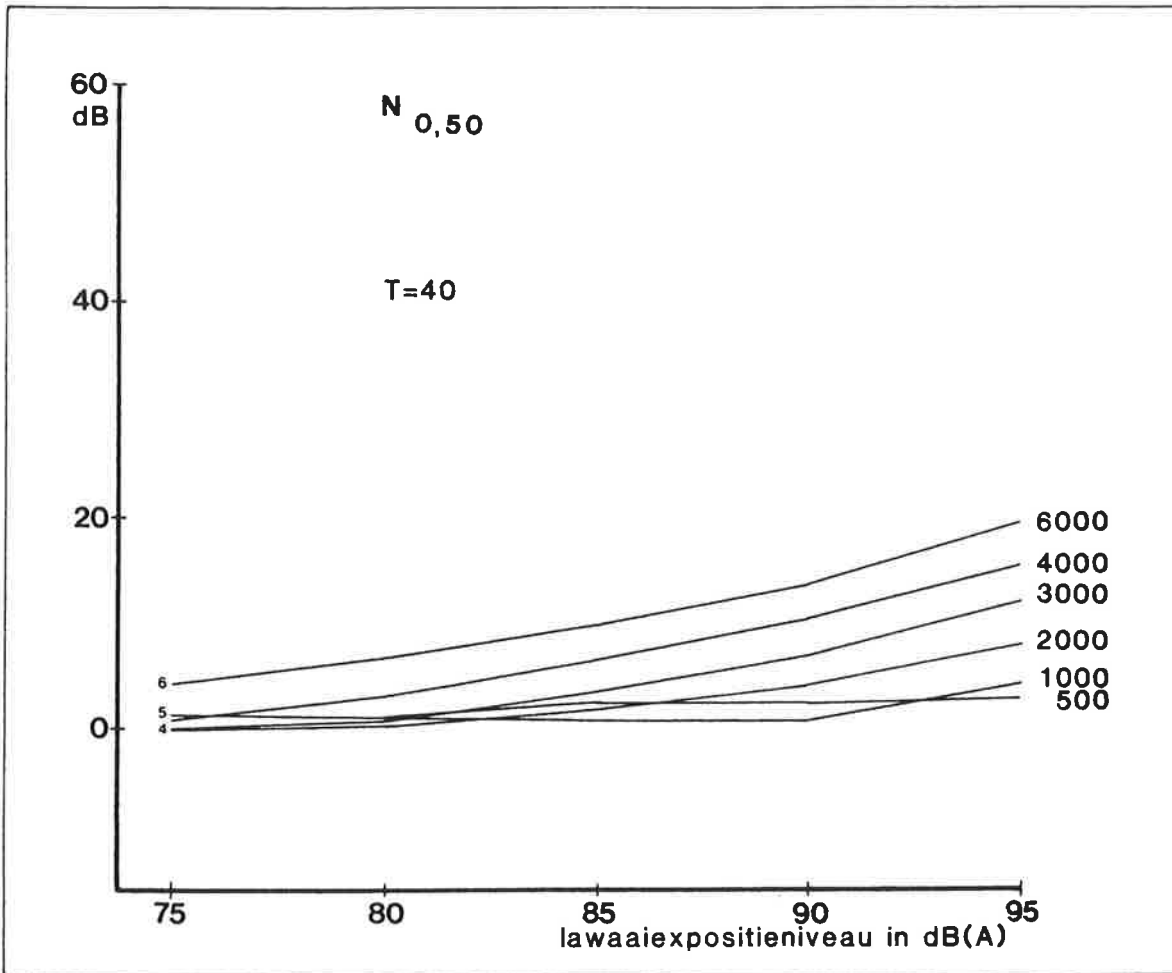
Figuur 9. $N_{0,90}$ als functie van het lawaaiepositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,90}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar.



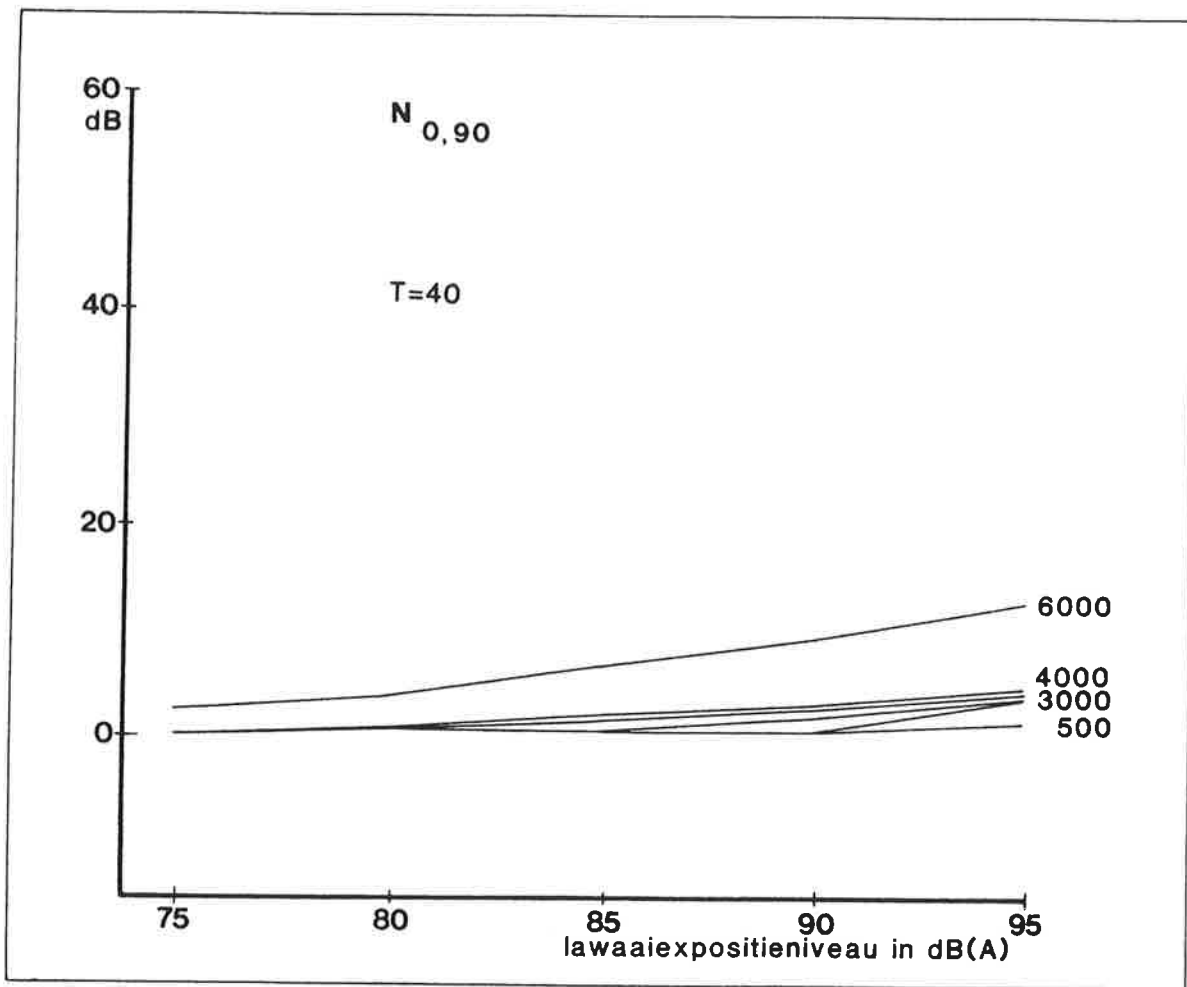
Figuur 10. $N_{0,10}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar.



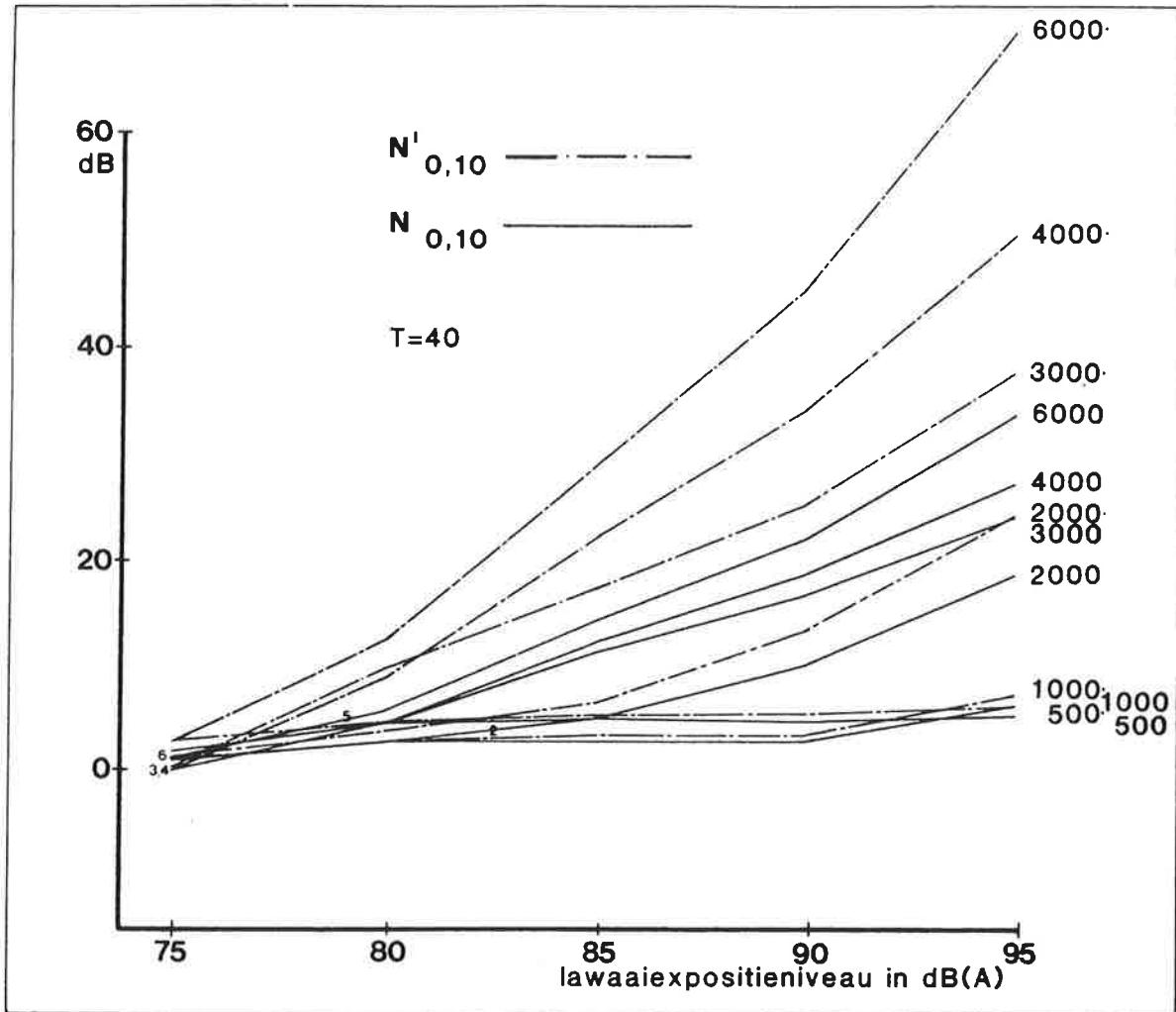
Figuur 11. $N_{0,50}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,50}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar.



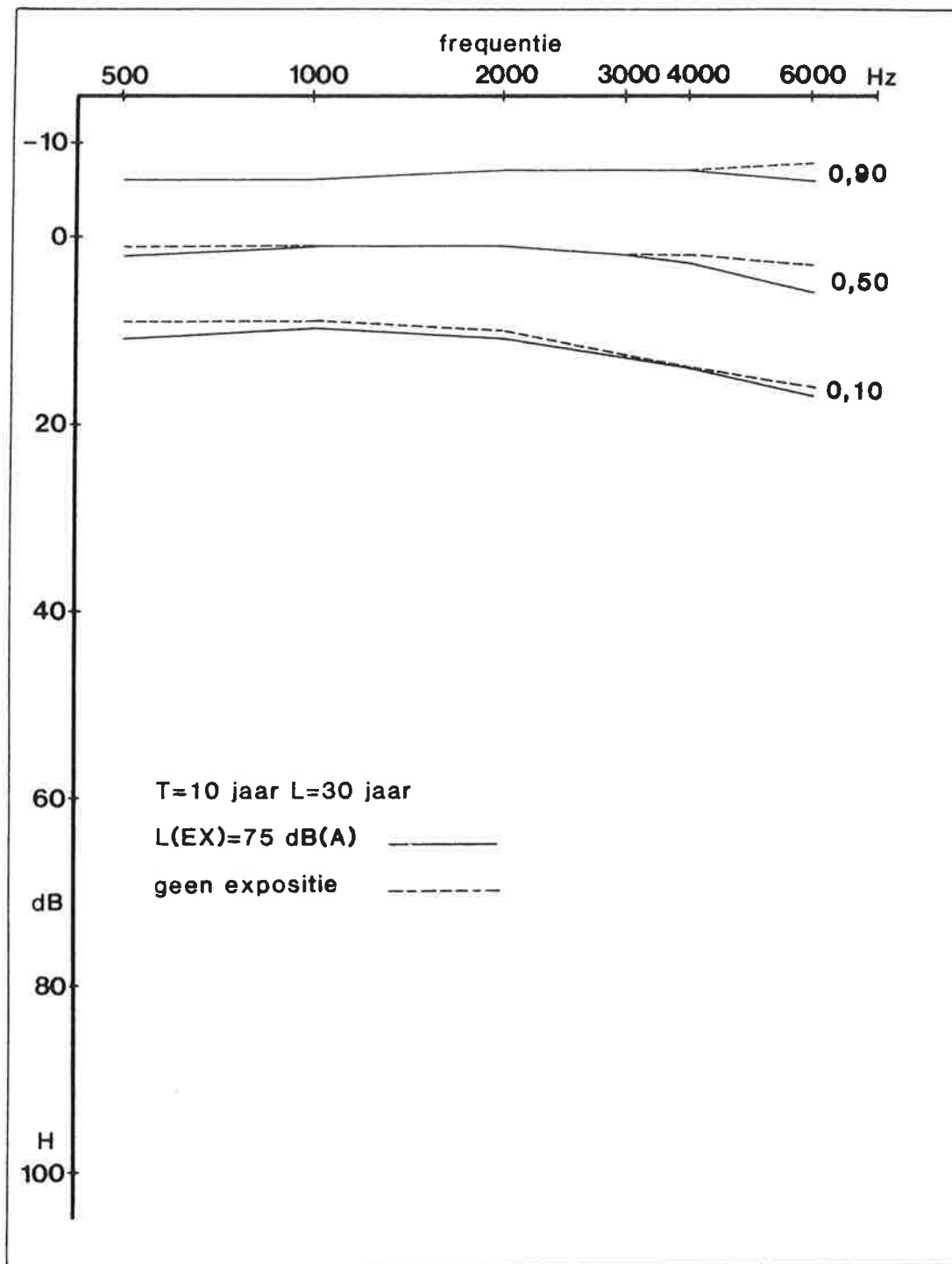
Figuur 12. $N_{0,90}$ als functie van het lawaaiepositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,90}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar.



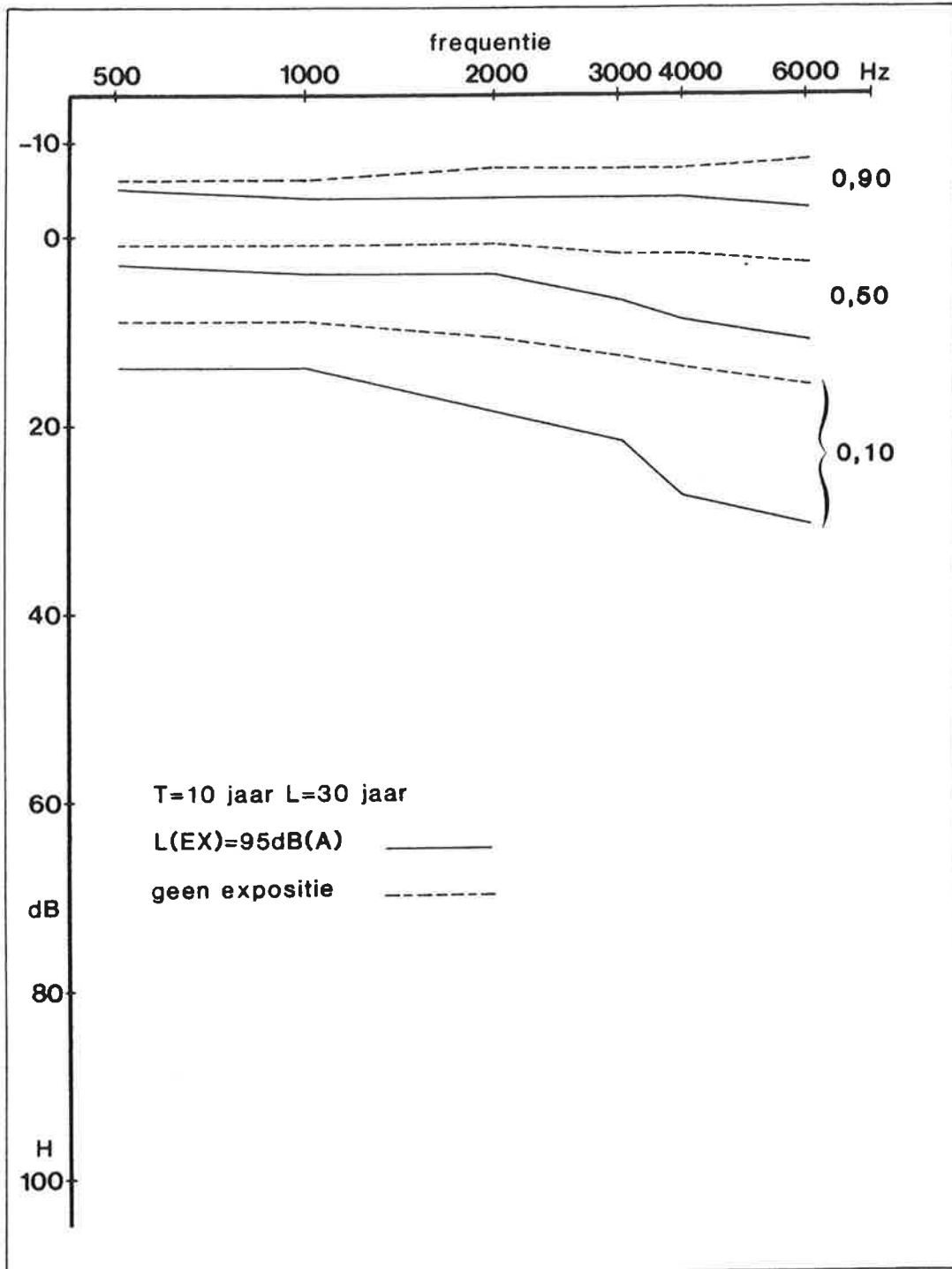
Figuur 13. $N'_{0,10}$ en $N_{0,10}$ als functie van het lawaaioxpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,10}$ en $N_{0,10}$ bepaald zijn als parameter, voor een exposi-
tietijd van 40 jaar.



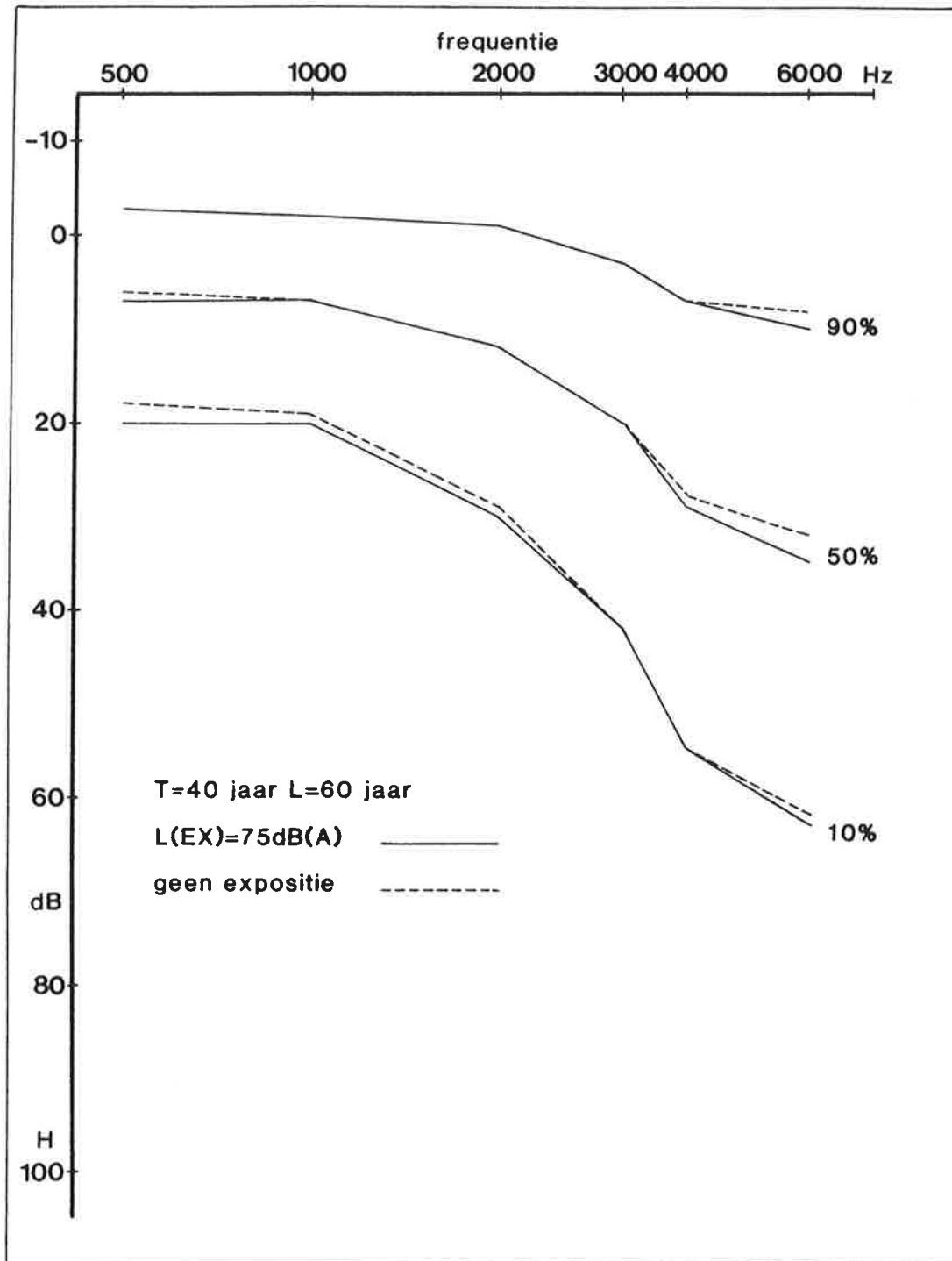
Figuur 14. De verdeling van de gehoordrempels van groepen werknemers die 10 jaar in een lawaalexpositieniveau van 75 dB(A) werken en gemiddeld 30 jaar oud zijn. De onderbroken curve betreft een overeenkomstige niet aan lawaai geëxponeerde groep.



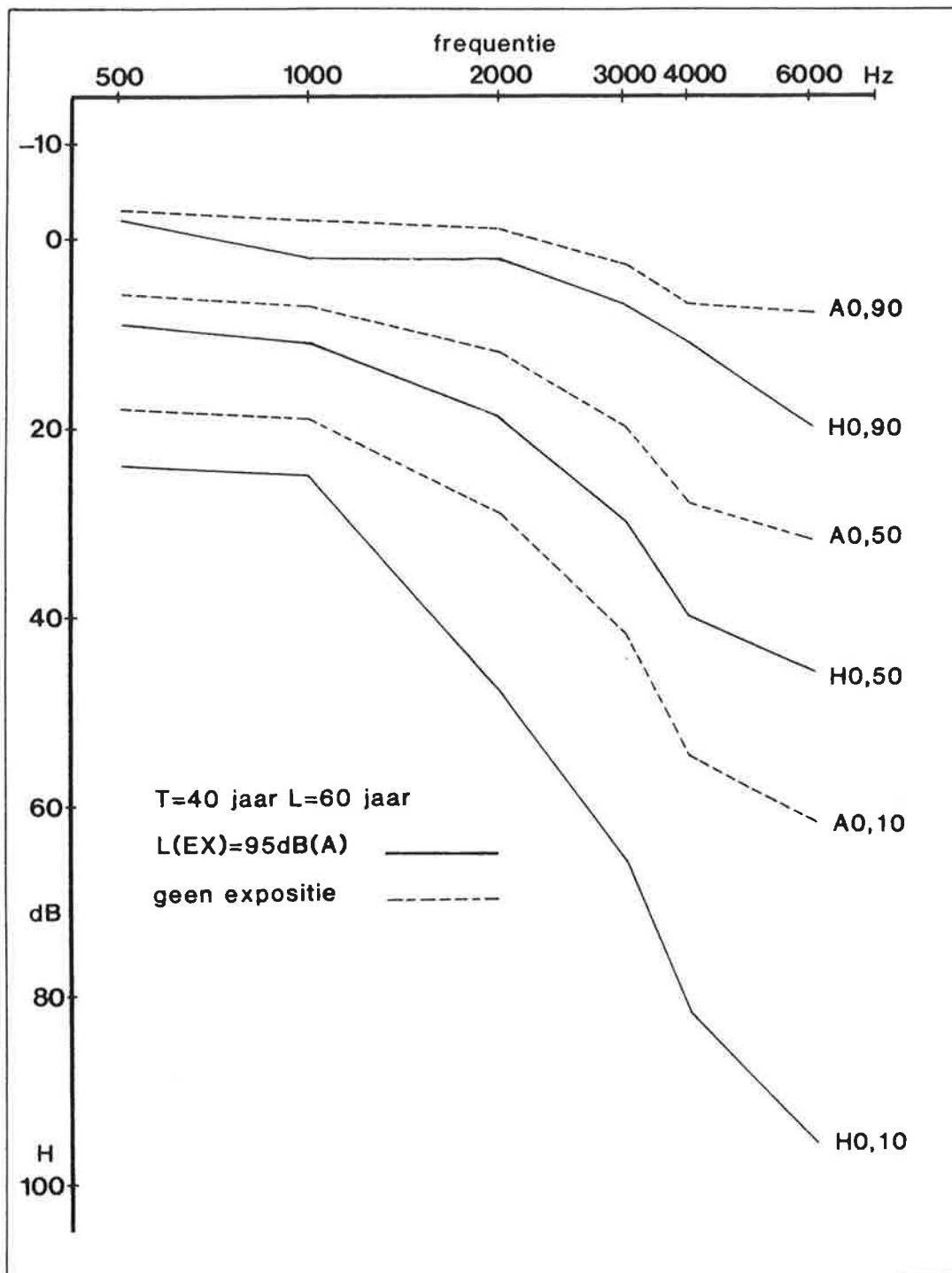
Figuur 15. De verdeling van de gehoordrempels van groepen werknemers die 10 jaar in een lawaalexpositieniveau van 95 dB(A) werken en gemiddeld 30 jaar oud zijn. De onderbroken curve betreft een overeenkomstige niet aan lawaai geëxponeerde groep.



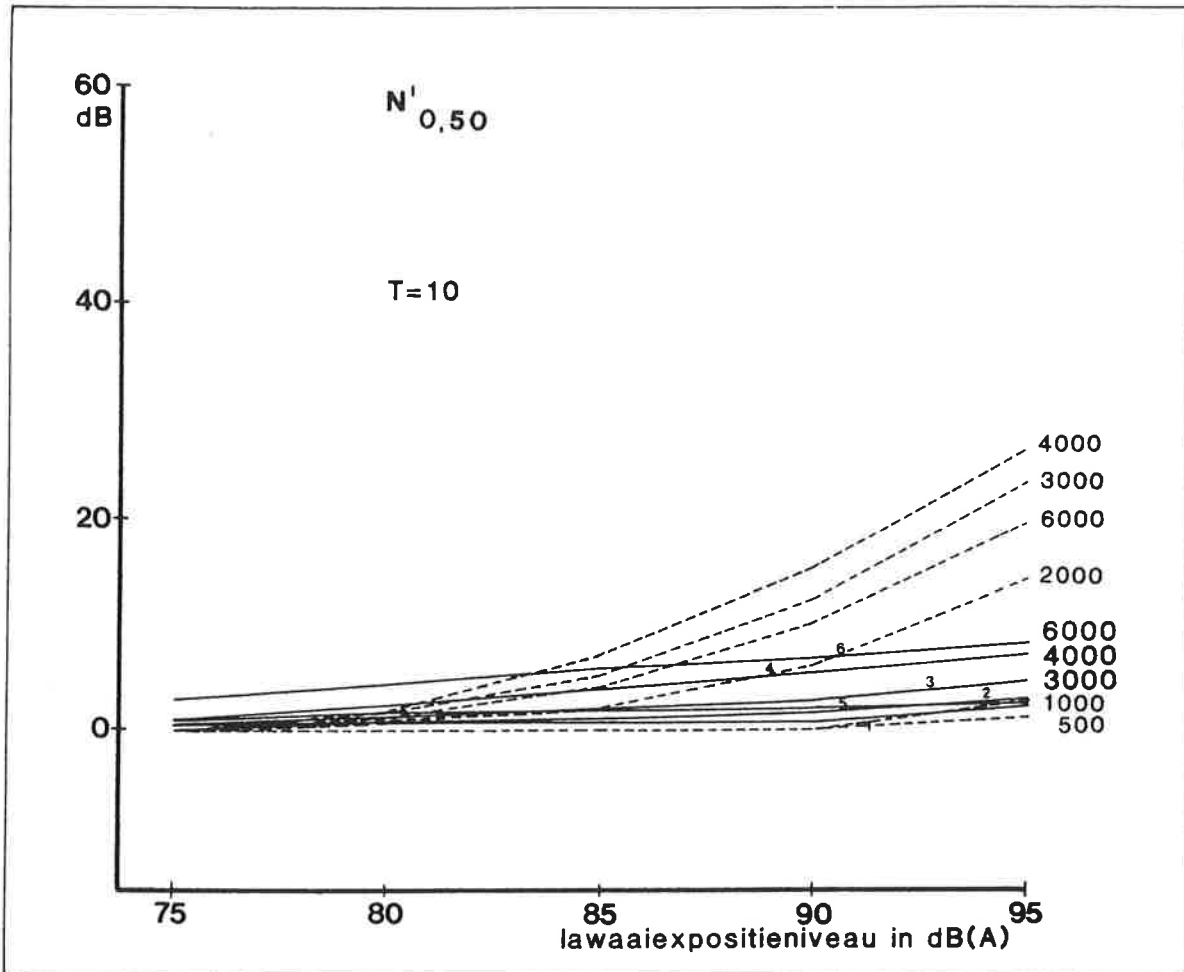
Figuur 16. De verdeling van de gehoordrempels van groepen werknemers die 40 jaar in een lawaaiexpositieniveau van 75 dB(A) werken en gemiddeld 60 jaar oud zijn. De onderbroken curve betreft een overeenkomstige niet aan lawaai geëxponeerde groep.



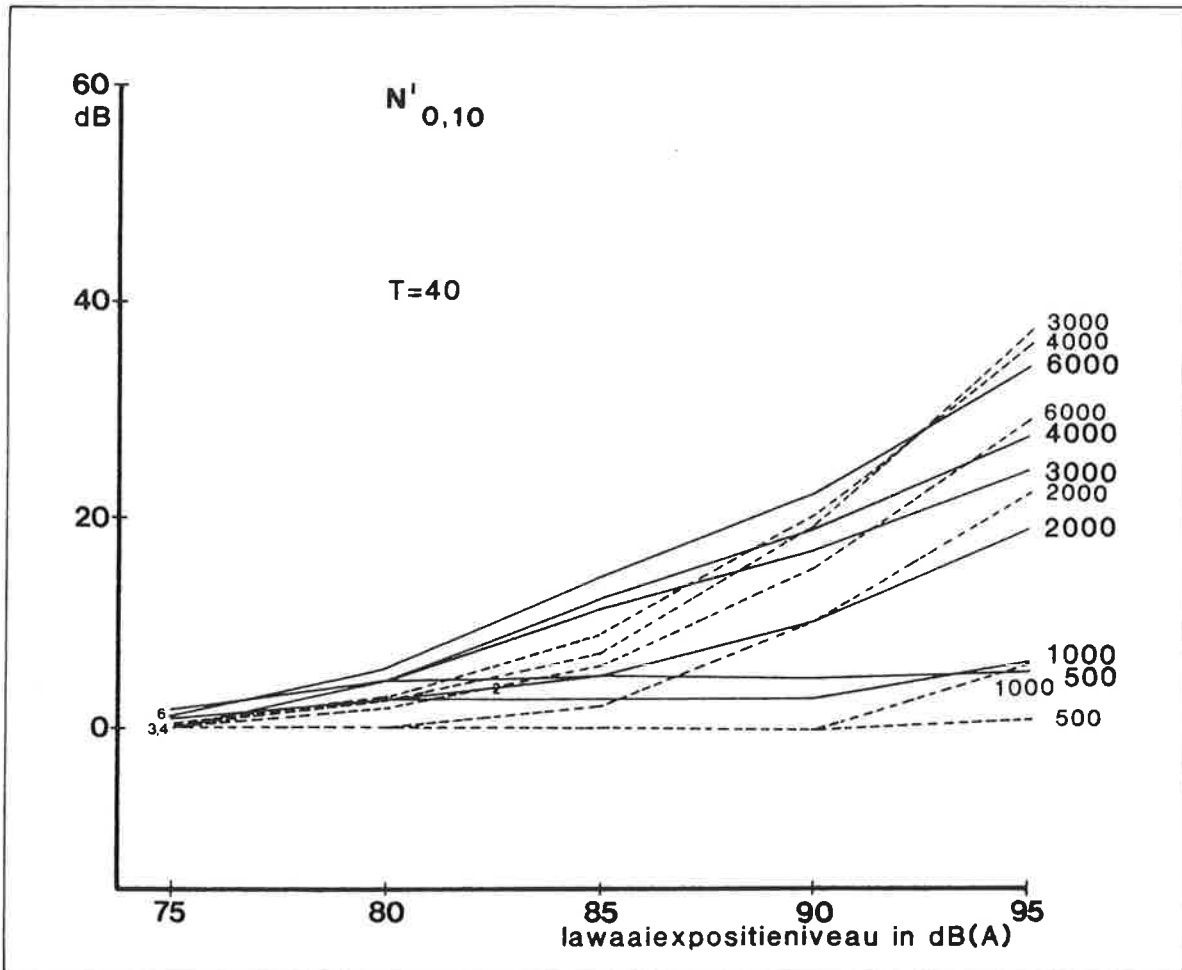
Figuur 17. De verdeling van de gehoordrempels van groepen werknemers die 40 jaar in een lawaaiexpositieniveau van 95 dB(A) werken en gemiddeld 60 jaar oud zijn. De onderbroken curve betreft een overeenkomstige niet aan lawaai geëxponeerde groep.



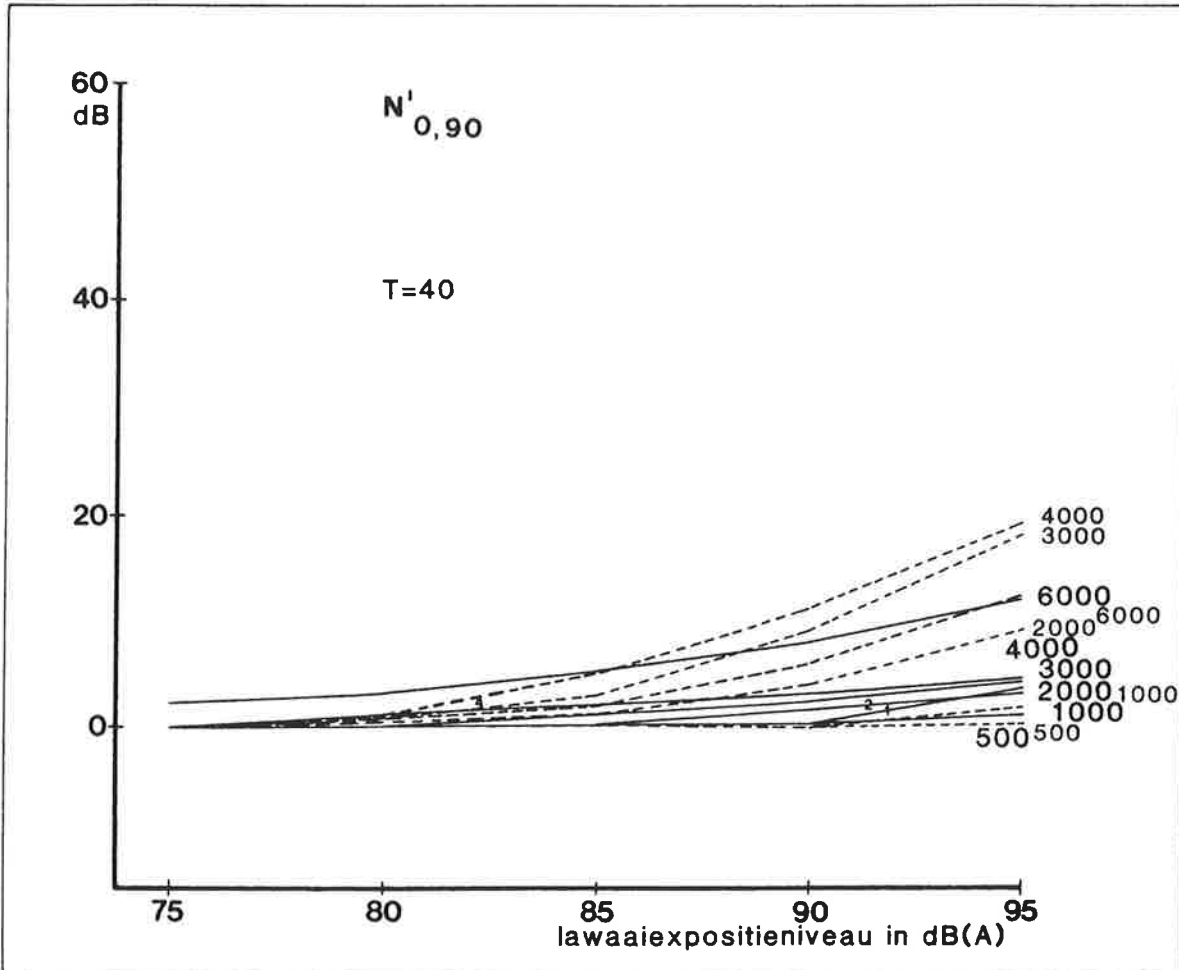
Figuur 19. $N'_{0,50}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,50}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



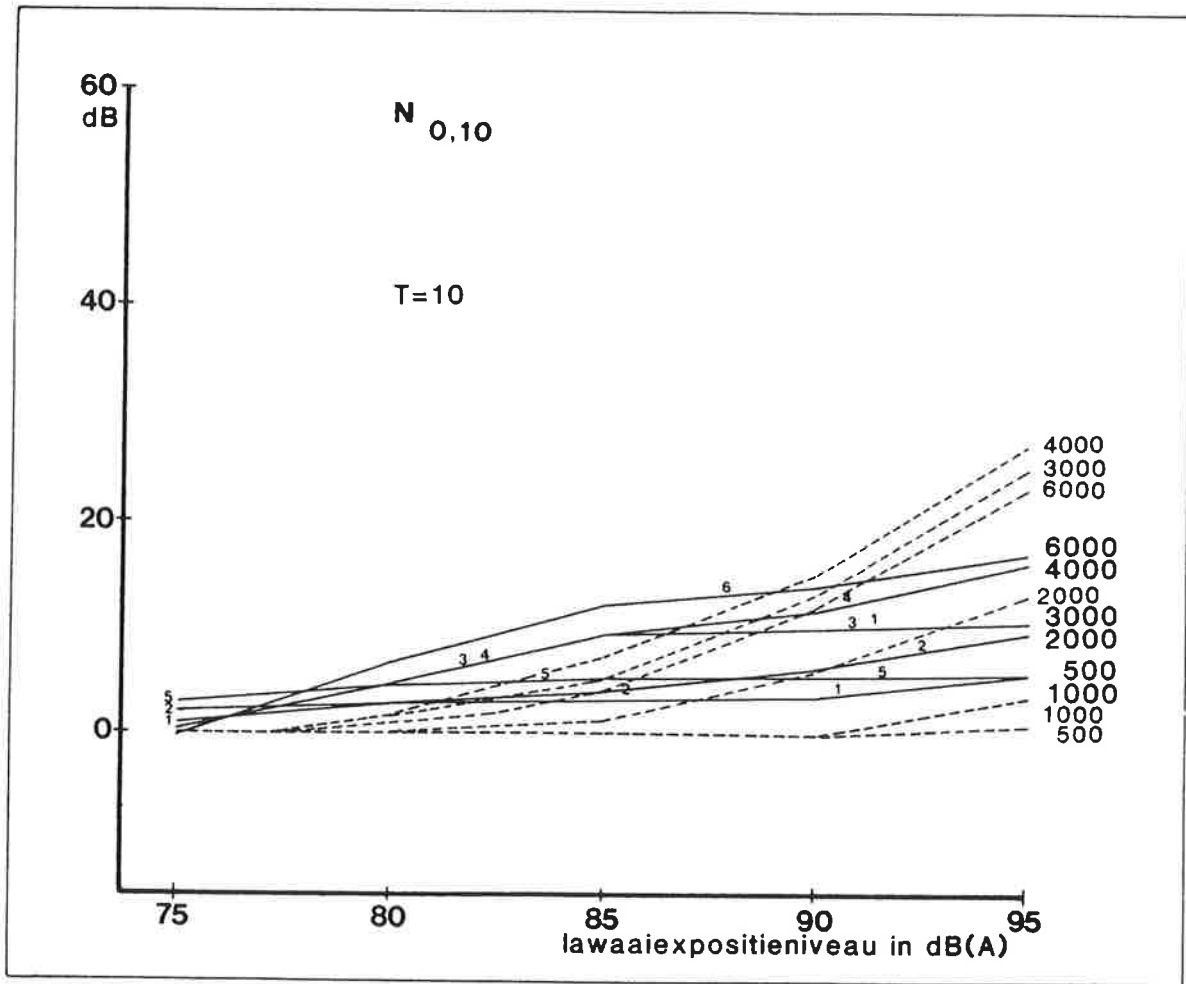
Figuur 21. $N'_{0,10}$ als functie van het lawaaiepositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



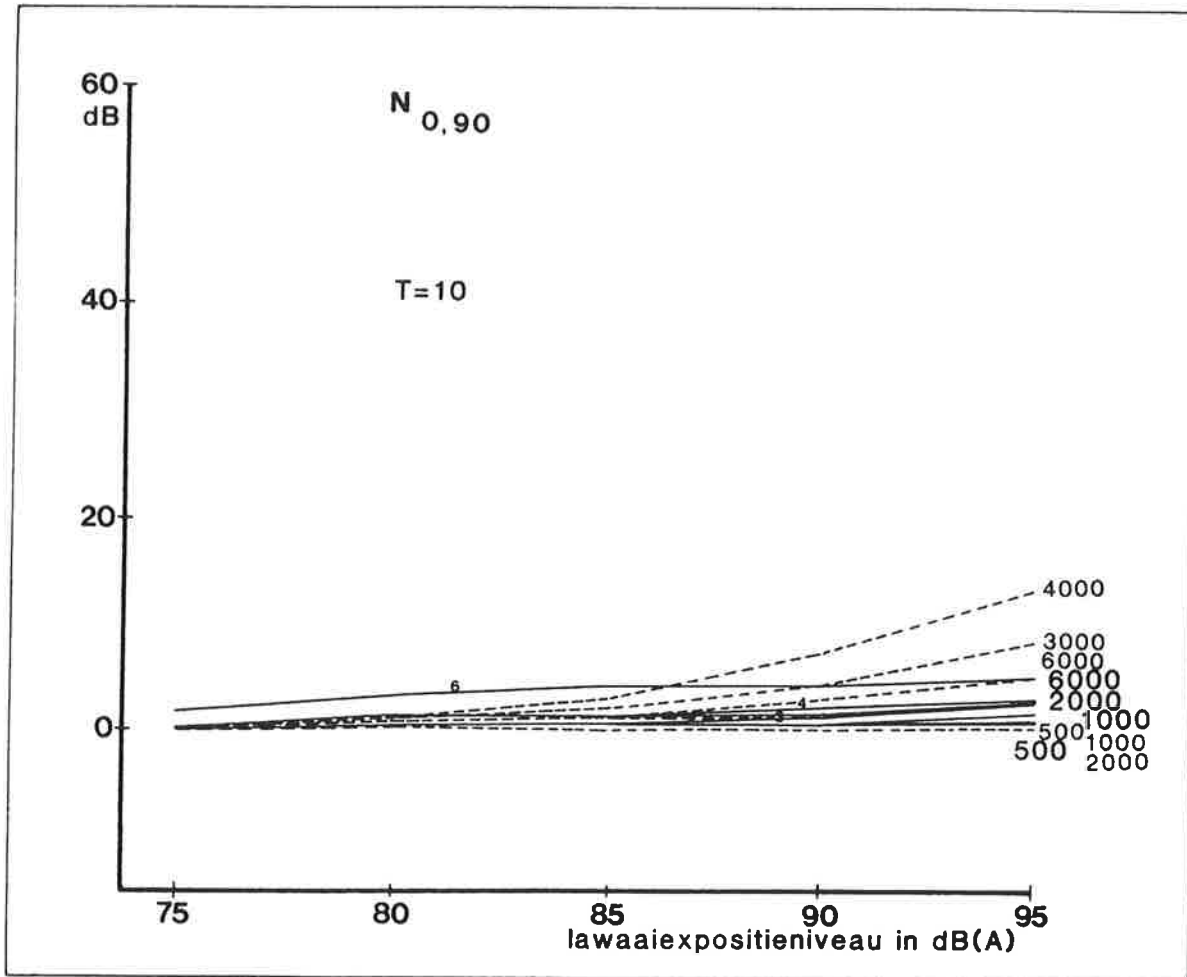
Figuur 23. $N'_{0,90}$ als functie van het lawaaioxpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N'_{0,90}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



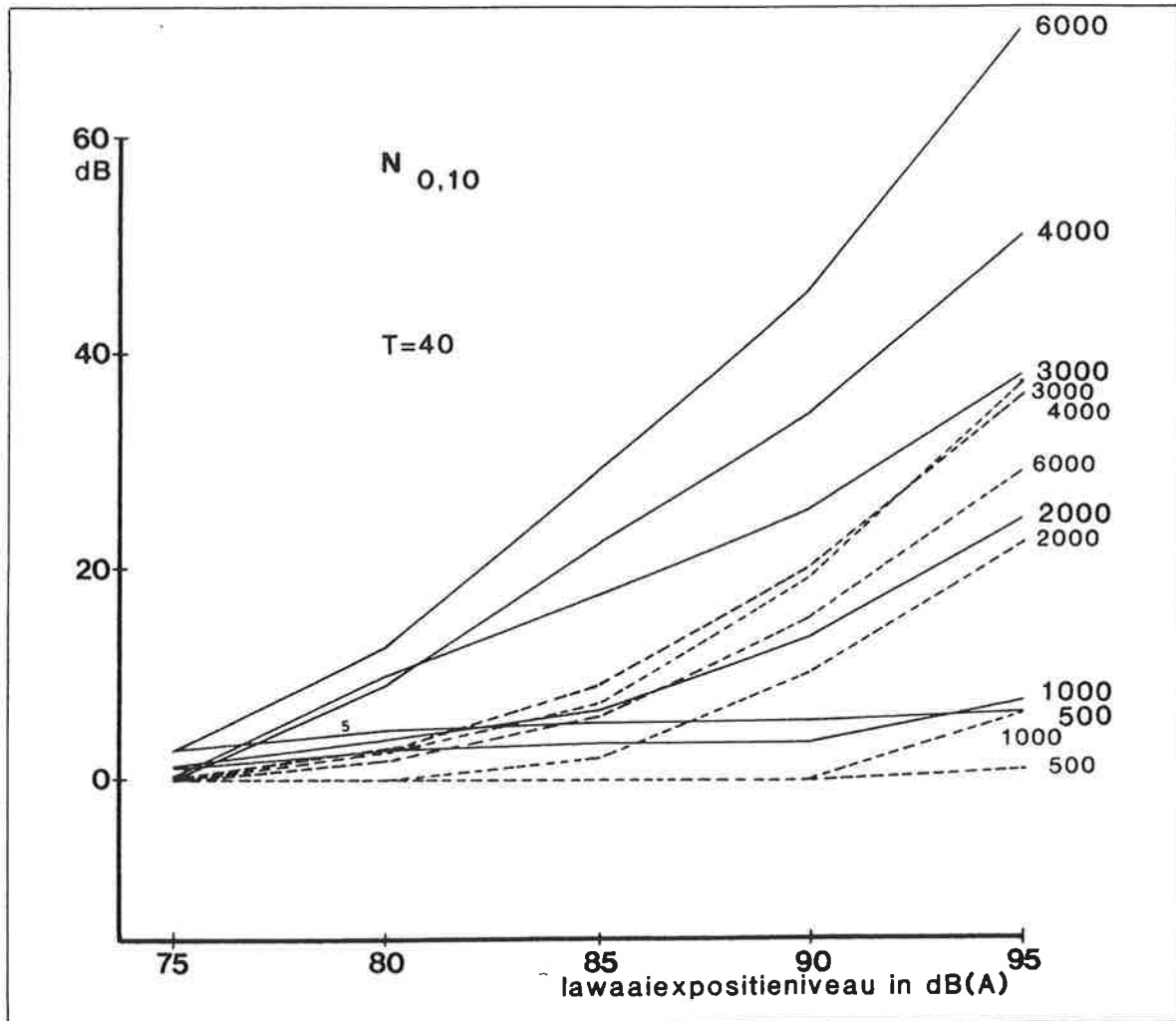
Figuur 24. $N_{0,10}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



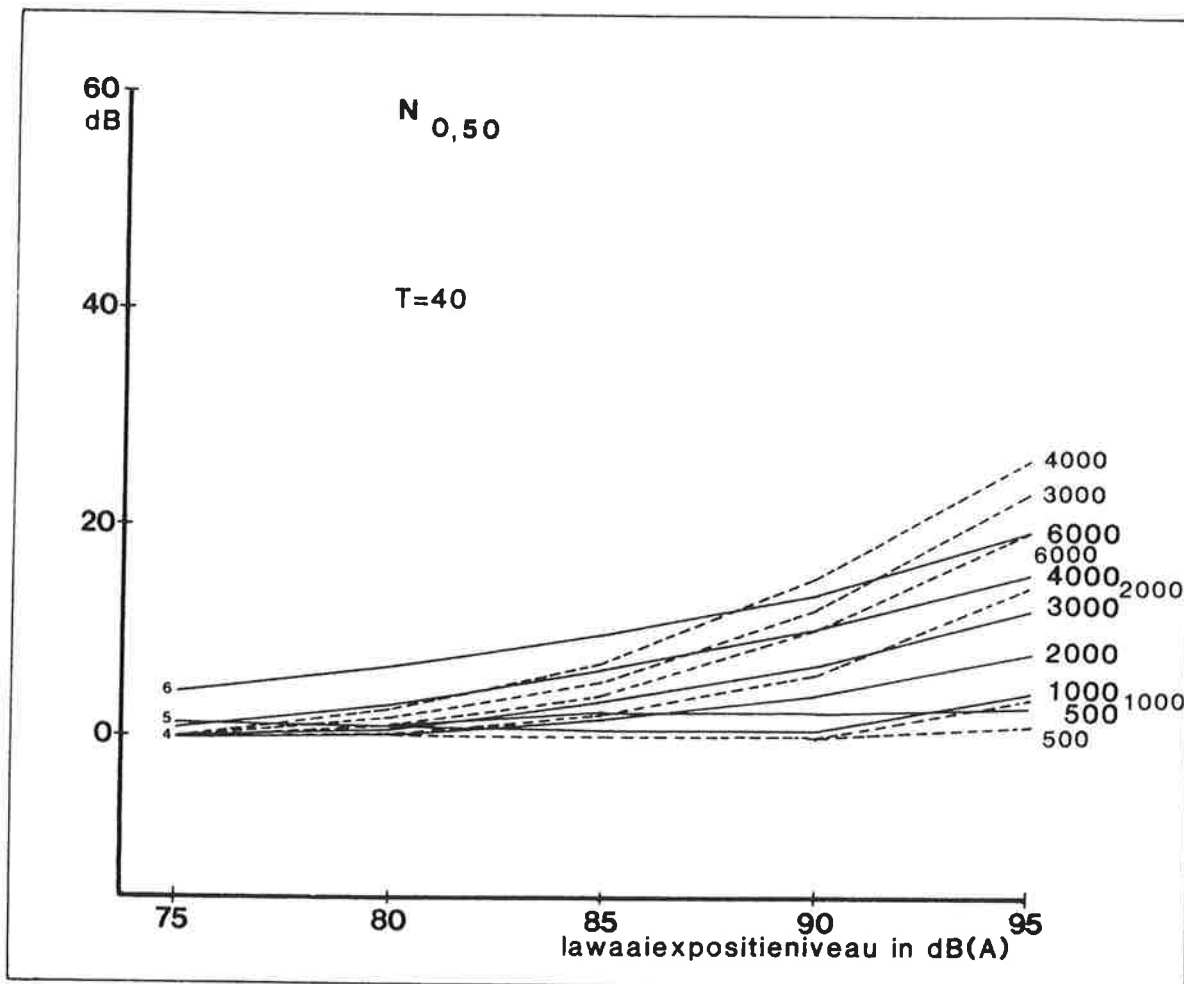
Figuur 26. $N_{0,90}$ als functie van het lawaaiexpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,90}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 10 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



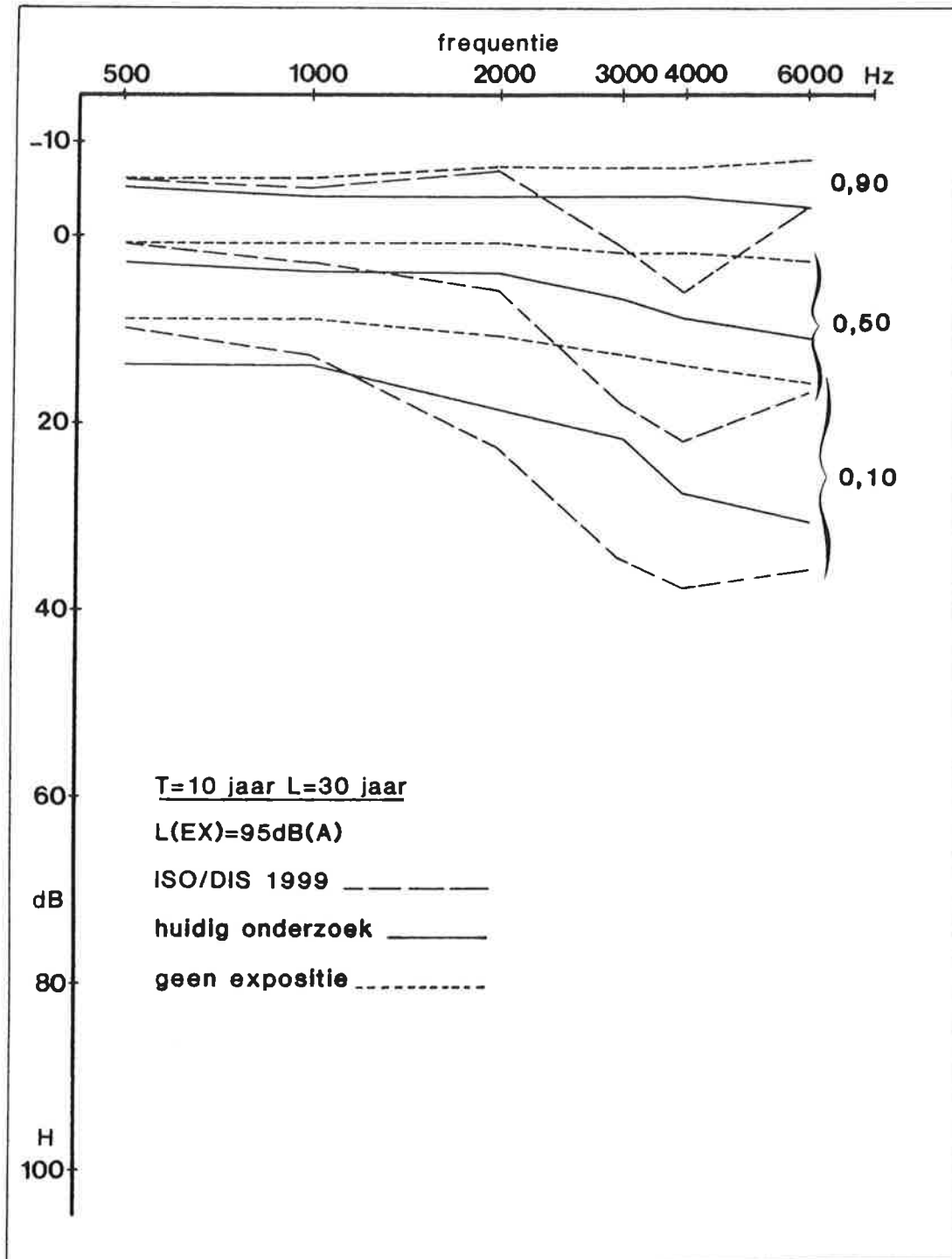
Figuur 27. $N_{0,10}$ als functie van het lawaaioxpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,10}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



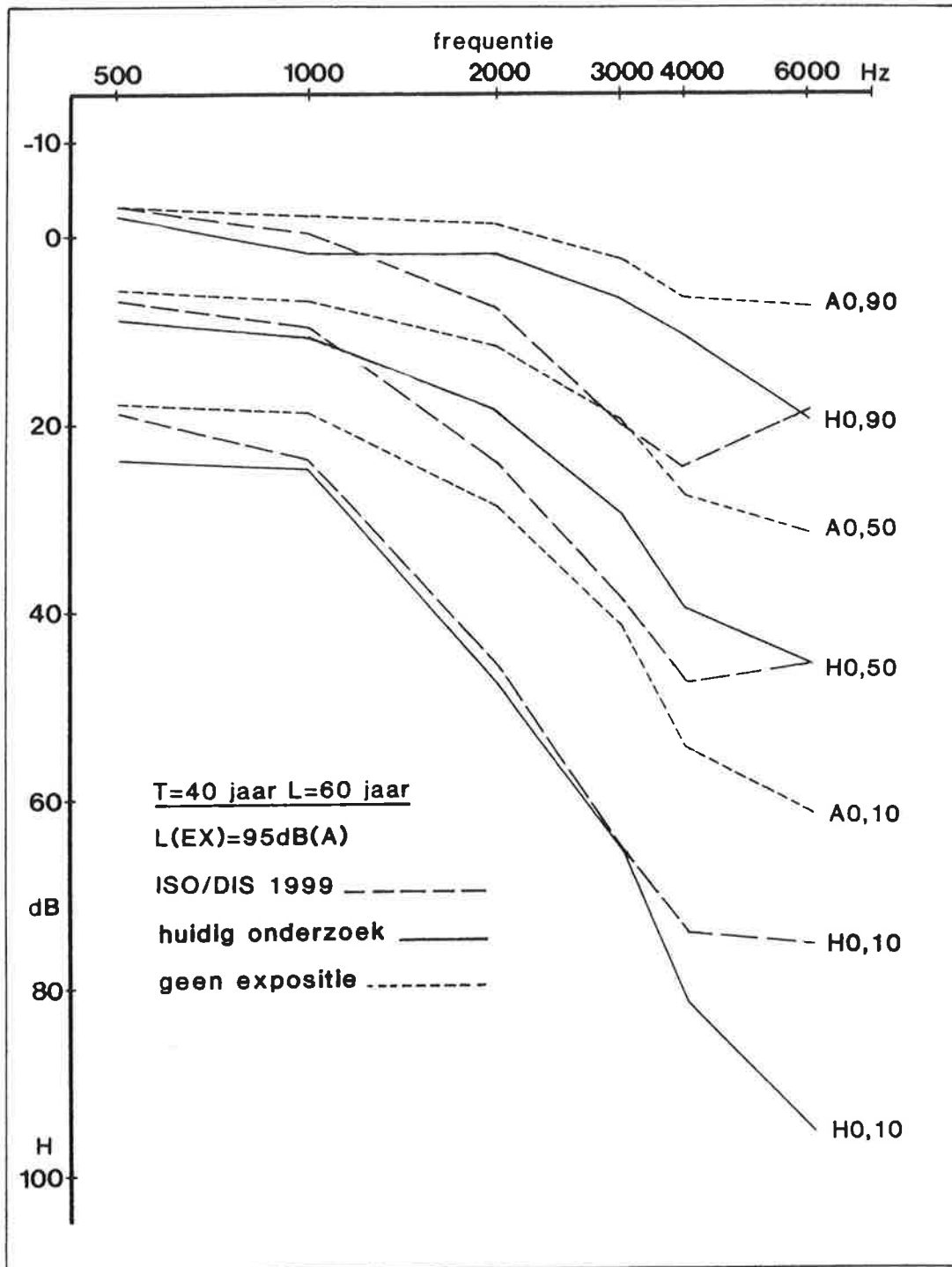
Figuur 28. $N_{0,50}$ als functie van het lawaaioxpositieniveau, met de frequentie (in hertz) waarbij $N_{0,50}$ bepaald is als parameter, voor een expositietijd van 40 jaar. De onderbroken curven zijn afgeleid uit ISO/DIS 1999.1.



Figuur 30. De verdeling van de gehoordrempels van groepen werknemers die 10 jaar in een lawaalexpositieniveau van 95 dB(A) werken en gemiddeld 30 jaar oud zijn volgens het huidige onderzoek (—) en volgens ISO/DIS 1999 (— — —). De onderbroken curven betreffen een overeenkomstige niet aan lawaai geëxponeerde groep (-----).



Figuur 31. De verdeling van de gehoordrempels van groepen werknemers die 40 jaar in een lawaaiexpositieniveau van 95 dB(A) werken en gemiddeld 60 jaar oud zijn volgens het huidige onderzoek (—) en volgens ISO/DIS 1000 (---). De onderbroken curven betreffen een overeenkomstige niet aan lawaai geëxponeerde groep (-----).



BIJLAGE

Tabel B1. Verschillen (in dB) in het groepsaudiogram, van groepen mannen die in de huidige werkring in lawaaiexpositieniveaus van 75 dB(A) en 80 dB(A) werken, tengevolge van vroegere expositie aan lawaai.

Frequentie in hertz	Fractiel, waarbij het verschil is bepaald				
	0,90	0,75	0,50	0,25	0,10
	L(EX) = 75 dB(A)				
500, 1000, 2000	1,1	1,1	1,1	1,9	2,6
3000, 4000, 6000	2,3	2,3	2,3	5,1	8,0
	L(EX) = 80 dB(A)				
500, 1000, 2000	0,5	0,5	0,5	1,0	1,3
3000, 4000, 6000	1,1	1,1	1,1	2,5	4,0

Tabel B2: $N'_{0,90}$, $N'_{0,50}$ en $N'_{0,10}$ (in dB) voor lawaaiepositieniveaus van 75 tot en met 95 dB(A), waarbij $N'=H-A$, en voor expositie-tijden van 10 en 40 jaar.

Frequentie in hertz	T=10 jaar					T=40 jaar				
	L(EX) in dB(A)					L(EX) in dB(A)				
	75	80	85	90	95	75	80	85	90	95
	$N'_{0,90}$					$N'_{0,90}$				
500	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0
1000	0,2	0,2	0,2	0,2	2,0	0,2	0,2	0,2	0,2	3,5
4000	0,0	0,0	0,3	1,2	2,7	0,0	0,0	0,4	1,5	3,3
3000	0,3	0,4	0,8	1,7	3,0	1,3	1,4	1,8	2,5	3,5
6000	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	5,8	8,0	11,6
	$N'_{0,50}$					$N'_{0,50}$				
500	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,6
1000	0,7	0,7	0,7	0,7	2,5	0,7	0,7	0,7	0,7	4,0
2000	0,8	0,8	1,0	1,7	2,8	0,8	0,8	1,5	3,6	7,0
3000	1,0	1,1	1,7	2,9	4,7	1,1	1,3	2,8	5,6	9,9
4000	2,8	3,1	3,9	5,2	7,0	2,9	3,4	5,0	7,8	11,6
6000	5,2	5,3	5,8	6,7	8,0	5,3	5,5	7,0	9,8	14,1
	$N'_{0,10}$					$N'_{0,10}$				
500	4,7	4,7	4,7	4,7	5,0	4,7	4,7	4,7	4,7	5,3
1000	2,9	2,9	2,9	2,9	4,7	2,9	2,9	2,9	2,9	6,2
2000	3,2	3,2	3,8	5,5	8,4	3,2	3,2	4,9	10,0	18,5
3000	8,1	8,1	8,3	8,7	9,2	8,2	8,6	11,4	16,5	24,3
4000	6,9	7,2	8,4	10,3	14,1	6,9	8,1	12,0	18,5	27,4
6000	9,3	9,4	10,3	12,1	14,6	9,3	9,9	14,1	22,0	33,7

Tabel B3: $N'_{0,90}$, $N'_{0,50}$ en $N'_{0,10}$ (in dB) voor lawaaiepositieniveaus van 75 tot en met 95 dB(A), waarbij $N'=H-A$, en voor expositietijden van 10 en 40 jaar. Er is rekening gehouden met vroegere lawaaieposities bij groepen werknemers die in het huidige beroep lawaaiepositieniveaus van minder dan 80 dB(A) hebben.

Frequentie in hertz	T=10 jaar					T= 40 jaar				
	L(EX) in dB(A)					L(EX) in dB(A)				
	75	80	85	90	95	75	80	85	90	95
	$N'_{0,90}$					$N'_{0,90}$				
500	0,0	0,0	0,4	0,4	0,7	0,0	0,0	0,4	0,4	1,0
1000	0,0	0,0	0,2	0,2	2,0	0,0	0,0	0,2	0,2	3,5
2000	0,0	0,0	0,3	1,2	2,7	0,0	0,0	0,4	1,5	3,3
3000	0,0	0,0	0,8	1,7	3,0	0,0	0,0	1,1	2,4	4,3
4000	0,0	0,1	1,7	2,2	3,0	0,0	0,3	1,8	2,5	3,5
6000	2,0	3,2	4,4	4,4	4,5	2,1	3,2	5,8	8,0	11,6
	$N'_{0,50}$					$N'_{0,50}$				
500	0,9	1,6	2,0	2,0	2,3	0,9	1,5	2,0	2,0	2,6
1000	0,0	0,2	0,7	0,7	2,5	0,0	0,2	0,7	0,7	4,0
2000	0,0	0,3	1,0	1,7	2,8	0,0	0,3	1,5	3,6	7,0
3000	0,0	0,0	1,7	2,9	4,7	0,0	0,0	2,8	5,6	9,9
4000	0,5	2,0	3,9	5,2	7,0	3,0	4,2	7,0	9,8	14,1
	$N'_{0,10}$					$N'_{0,10}$				
500	2,1	3,4	4,7	4,7	5,0	2,1	3,4	4,7	4,7	5,3
1000	0,3	1,6	2,9	2,9	4,7	0,3	1,6	2,9	2,9	6,2
2000	0,6	1,9	3,8	5,5	8,4	0,6	1,9	4,9	10,0	18,5
3000	0,1	4,1	8,3	8,7	9,2	0,2	4,6	11,4	16,5	24,3
4000	0,0	3,2	8,4	10,3	14,1	0,0	4,1	12,0	18,5	27,4
6000	1,3	5,4	10,3	12,1	14,6	1,3	5,9	14,1	22,0	33,7

Tabel B4: N'-waarden, identiek aan die in tabel B3, waarbij de waarden zijn afgerond op gehele getallen.

Frequentie in hertz	T=10 jaar					T=40 jaar				
	L(EX) in dB(A)					L(EX) in dB(A)				
	75	80	85	90	95	75	80	85	90	95
	N' _{0,90}					N' _{0,90}				
500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1000	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
2000	0	0	0	1	3	0	0	0	2	3
3000	0	0	1	2	3	0	0	1	2	4
4000	0	0	2	2	3	0	0	2	3	4
6000	2	3	4	4	5	2	3	6	8	12
	N' _{0,75}					N' _{0,75}				
500	0	1	1	1	2	0	1	1	1	2
1000	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
2000	0	0	0	1	3	0	0	1	3	5
3000	0	0	1	2	4	0	0	2	4	7
4000	0	1	3	4	5	0	2	3	5	8
6000	2	4	5	6	6	3	4	6	9	13
	N' _{0,50}					N' _{0,50}				
500	1	2	2	2	2	1	2	2	2	3
1000	0	0	1	1	3	0	0	1	1	4
2000	0	0	1	2	3	0	0	2	4	7
3000	0	0	2	3	5	0	0	3	6	10
4000	1	2	4	5	7	1	2	5	8	12
6000	3	4	6	7	8	3	4	7	10	14
	N' _{0,25}					N' _{0,25}				
500	1	3	3	3	4	1	3	3	3	4
1000	0	1	2	2	4	0	1	2	2	5
2000	0	1	2	4	6	0	1	3	7	13
3000	0	2	5	6	7	0	3	7	11	17
4000	0	3	6	8	1	0	3	9	13	20
6000	2	4	8	9	11	2	5	11	16	24
	N' _{0,10}					N' _{0,10}				
500	2	3	5	5	5	2	3	5	5	5
1000	1	2	3	3	5	1	2	3	3	6
2000	1	2	4	6	8	1	2	5	10	19
3000	0	4	8	9	9	0	5	11	17	24
4000	0	3	8	10	14	0	4	12	19	27
6000	1	5	10	12	15	1	6	14	22	34

Tabel B5. $N_{0,90}$, $N_{0,50}$ en $N_{0,10}$ (in dB) voor lawaaioxpositieniveaus van 75 tot en met 95 dB(A), waarbij $H=A+N-\frac{A N}{120}$, en voor expositie-tijden van 10 en 40 jaar.

Frequentie in hertz	T=10 jaar					T= 40 jaar				
	75	L_{EX} in dB(A)		90	95	75	L_{EX} in dB(A)		90	95
		80	85				80	85		
		$N_{0,90}$				$N_{0,90}$				
500	0.4	0.4	0.4	0.4	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0
1000	0.2	0.2	0.2	0.2	1.9	0.2	0.2	0.2	0.2	3.4
2000	0.0	0.0	0.3	1.1	2.6	0.0	0.0	0.4	1.5	3.3
3000	0.3	0.4	0.8	1.6	2.8	0.4	0.5	1.1	2.3	4.2
4000	1.1	1.2	1.6	2.1	2.8	1.4	1.5	1.9	2.7	3.7
6000	4.1	4.1	4.2	4.2	4.3	4.5	4.8	6.2	8.6	12.4
		$N_{0,50}$				$N_{0,50}$				
500	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.1	2.1	2.1	2.1	2.7
1000	0.7	0.7	0.7	0.7	2.5	0.7	0.7	0.7	0.7	4.3
2000	0.8	0.8	1.0	1.7	2.8	0.9	0.9	1.7	4.0	7.8
3000	1.1	1.2	1.8	3.0	4.8	1.3	1.6	3.4	6.7	11.9
4000	2.9	3.2	4.0	5.3	7.1	3.1	4.1	6.5	10.2	15.1
6000	5.3	5.3	6.0	6.9	8.2	6.4	7.6	9.6	13.4	19.2
		$N_{0,10}$				$N_{0,10}$				
500	5.1	5.1	5.1	5.1	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	6.2
1000	3.2	3.2	3.2	3.2	5.1	3.5	3.5	3.5	3.5	7.4
2000	3.5	3.5	4.2	6.0	9.2	3.8	4.8	6.5	13.2	24.4
3000	8.4	8.9	9.1	9.6	10.1	8.4	13.3	17.5	25.4	37.4
4000	7.6	8.0	9.3	11.4	15.7	8.0	12.5	22.2	34.2	50.6
6000	10.5	11.0	11.7	13.7	16.5	10.7	16.2	29.2	45.5	69.7

Tabel B6. $N_{0,90}$, $N_{0,50}$ en $N_{0,10}$ (in dB) voor lawaaiexpositieniveaus van 75 tot en met 95 dB(A), waarbij $H=A+N-\frac{A N}{120}$, en voor expositietijden van 10 en 40 jaar. Er is rekening gehouden met vroegere lawaaiexposities bij groepen werknemers die in het huidige beroep lawaaiexpositieniveaus van minder dan 80 dB(A) hebben.

Frequentie in hertz	T=10 jaar L(EX) in dB(A)					T= 40 jaar L(EX) in dB(A)						
	75	80	85	90	95	75	80	85	90	95		
		$N_{0,90}$						$N_{0,90}$				
500	0,0	0,0	0,4	0,4	0,7	0,0	0,0	0,4	0,4	1,0		
1000	0,0	0,0	0,2	0,2	1,9	0,0	0,0	0,2	0,2	3,4		
2000	0,0	0,0	0,3	1,1	2,6	0,0	0,0	0,4	1,5	3,3		
3000	0,0	0,0	0,8	1,6	2,8	0,0	0,0	1,1	2,3	4,2		
4000	0,0	0,2	1,6	2,1	2,8	0,0	0,4	1,9	2,7	3,7		
6000	1,8	3,1	4,2	4,2	4,3	2,2	3,6	6,2	8,6	12,4		
		$N_{0,50}$						$N_{0,50}$				
500	0,9	1,5	2,0	2,0	2,3	1,0	1,5	2,1	2,1	2,7		
1000	0,0	0,2	0,7	0,7	2,5	0,0	0,7	0,7	0,7	4,3		
2000	0,0	0,3	1,0	1,7	2,8	0,0	0,3	1,7	4,0	7,8		
3000	0,0	0,1	1,8	3,0	4,8	0,0	0,5	3,4	6,7	11,9		
4000	0,6	2,0	4,0	5,3	7,1	0,8	3,0	6,5	10,2	15,1		
6000	3,2	4,2	6,0	6,9	8,2	4,1	6,5	9,6	13,4	19,2		
		$N_{0,10}$						$N_{0,10}$				
500	2,5	3,8	5,1	5,1	5,4	2,9	4,2	5,5	5,5	6,2		
1000	0,6	1,9	3,2	3,2	5,1	0,9	2,2	3,5	3,5	7,4		
2000	0,9	2,3	4,2	6,0	9,2	1,6	3,5	6,5	13,2	24,4		
3000	0,4	5,0	9,1	9,6	10,1	0,4	9,3	17,5	25,4	37,4		
4000	0,0	4,1	9,3	11,4	15,7	0,0	8,5	22,2	34,2	50,6		
6000	2,5	7,0	11,7	13,7	16,5	2,7	12,2	29,2	45,5	69,7		

Tabel B7. N-waarden, identiek aan die in tabel B6, waarbij de waarden zijn afgerond op gehele getallen.

Frequentie in hertz	T=10 jaar L(EX) in dB(A)					T= 40 jaar L(EX) in dB(A)				
	75	80	85	90	95	75	80	85	90	95
	N _{0,90}					N _{0,90}				
500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1000	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3
2000	0	0	0	1	3	0	0	0	2	3
3000	0	0	1	2	3	0	0	1	2	4
4000	0	0	2	2	3	0	0	2	3	4
6000	2	3	4	4	4	2	4	6	9	12
	N _{0,75}					N _{0,75}				
500	0	1	1	1	2	0	1	1	1	2
1000	0	0	1	1	2	0	0	1	1	4
2000	0	0	1	1	3	0	0	1	3	6
3000	0	0	1	2	4	0	0	2	5	8
4000	0	1	3	4	5	0	2	4	7	9
6000	2	4	5	6	6	4	5	8	11	16
	N _{0,50}					N _{0,50}				
500	1	2	2	2	2	1	2	2	2	3
1000	0	0	1	1	3	0	0	1	1	4
2000	0	0	1	2	3	0	0	2	4	8
3000	0	0	2	3	5	0	0	3	7	12
4000	1	2	4	5	7	1	3	7	10	15
6000	3	4	6	7	8	4	7	10	13	19
	N _{0,25}					N _{0,25}				
500	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4
1000	0	1	2	2	4	0	1	2	2	6
2000	0	1	2	4	6	1	2	4	9	16
3000	0	3	5	6	7	0	5	10	16	25
4000	0	3	7	8	11	0	6	14	22	33
6000	3	6	9	10	12	3	10	19	29	44
	N _{0,10}					N _{0,10}				
500	3	4	5	5	5	3	4	6	6	6
1000	1	2	3	3	5	1	2	4	4	7
2000	1	2	4	6	9	2	4	7	13	24
3000	0	5	9	10	10	0	9	18	25	37
4000	0	4	9	11	16	0	9	22	34	51
6000	3	7	12	14	17	3	12	29	46	70

Tabel B8. Het verschil ($N'-N$) tussen N' en N (in dB), als dit meer dan 2 dB is, voor lawaaioxpositieniveaus van 75 tot en met 95 dB(A) en een expositietijd van 40 jaar.

Frequentie in hertz	Fractiel	Lawaaoxpositieniveaus in dB(A)				
		75	80	85	90	95
6000	0,75					3
4000	0,50					3
6000	0,50			3	3	5
2000	0,25					3
3000	0,25			3	5	8
4000	0,25			5	9	13
6000	0,25			8	13	20
2000	0,10				3	5
3000	0,10		3	7	8	13
4000	0,10		3	10	15	24
6000	0,10		4	15	24	36

RAPPORTEN EN PUBLIKATIES IN HET KADER VAN HET PROJECT

- BERG, R. VAN DEN, Hearing Conservation Programs in the Netherlands Industry. Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem, Turin, 1983. Vol 1, Pp. 321 -324.
- BERG, R. VAN DEN, W. PASSCHIER-VERMEER. Geluidmetingen op de arbeidsplaats in het kader van gehoorbeschermingsprogramma's. Meetprotocol ter bepaling van geluidexpositieniveaus. Leiden, NIPG-TNO, 1985.
- BERG, R. VAN DEN. Lawaaibestrijding: Achtergronden, aanpak en methoden; praktijkvoorbeelden. Leiden, NIPG-TNO, 1985 (publ. 85027)
- BERG, R. VAN DEN. Geluidmetingen op de arbeidsplaats in het kader van gehoorbeschermingsprogramma's -meetprotocol ter bepaling van geluidexpositieniveaus. In: W. PASSCHIER-VERMEER, R. VAN DEN BERG, A.J.M. ROVEKAMP, A.H. GRUNDEL, D. VAN DER REE. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. Leiden, NIPG-TNO, 1985. Pp. 51-64
- BERG, R. VAN DEN. Lawaaibestrijding als onderdeel van een gehoorbeschermingsprogramma. In: W. PASSCHIER-VERMEER, R. VAN DEN BERG, A.J.M. ROVEKAMP, A.H. GRUNDEL, D. VAN DER REE. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. Leiden, NIPG-TNO 1985. Pp. 83-106
- BERG, R. VAN DEN , A.J.M. ROVEKAMP & D. VAN DER REE. Evaluatie van resultaten van geluidmetingen in gehoorbeschermingsprogramma's. Leiden, NIPG-TNO, 1986.
- BERG, R. VAN DEN, A.H. GRUNDEL & W. PASSCHIER-VERMEER. De effectiviteit van in de gehoorgang gedragen gehoorbeschermingsmiddelen in praktijksituaties. Leiden, NIPG-TNO, 1986.
- BLOK, J.A.M. Projekt Preventie Gehoorschade. Beleidsvoornemens op korte termijn. Ned. Ver. Arb. Bedrijfsgeneeskunde. NVAB Info, 16 (1985) Pp. 19-21.
- BUMA, S. Projekt Preventie Gehoorschade. Waarom een projekt preventie gehoorschade? Ned. Ver. Arb. Bedrijfsgeneeskunde. NVAB Info, 16 (1985) Pp. 17-18.
- GRUNDEL, A.H. & D. VAN DER REE. Voorlichting in het kader van een gehoorbeschermingsprogramma. In: W. PASSCHIER-VERMEER, R. VAN DEN BERG, A.J.M. ROVEKAMP, A.H. GRUNDEL, D. VAN DER REE. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. Leiden, NIPG-TNO, 1985. Pp. 27-50
- GRUNDEL, A.H. & D. VAN DER REE. Gehoorbeschermingsmiddelen: effectiviteit en gebruiksproblematiek. In: W. PASSCHIER-VERMEER, R. VAN DEN BERG, A.J.M. ROVEKAMP, A.H. GRUNDEL, D. VAN DER REE. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. Leiden, NIPG-TNO, 1985. Pp. 107-124.
- GRUNDEL, A.H. & D. VAN DER REE. Voorlichting bij gehoorbeschermingsprogramma's. Leiden, NIPG-TNO, 1986.

- PASSCHIER-VERMEER, W. Bedrijfsgeneeskundige inbreng bij de voorkoming van gehoorschade door lawaai op de arbeidsplaats. Geluid en Omgeving 5 (1982) 85-87
- PASSCHIER-VERMEER, W. Measurement and rating of impulse noise in relation to noise-induced hearing loss. Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem, Turin, 1983. Vol 1, Pp. 143-158.
- PASSCHIER-VERMEER, W. Bedrijfsaudiometrie en presbycusis. Delft, IMG-TNO, 1983. (rep. B 548)
- PASSCHIER-VERMEER, W. Audiometrie en Anamnese. Delft, IMG-TNO, 1984. (rep. B 610)
- PASSCHIER-VERMEER, W. Groepsaudiogram en Lawaaiexpositieniveau. Delft, IMG-TNO, 1984. (rep. B 626)
- PASSCHIER-VERMEER, W., D. GRUNDEL & A.J.M. ROVEKAMP. Reproduceerbaarheid en leereffect bij toondrempelaudiometrie. Leiden, NIPG-TNO, 1985.
- PASSCHIER-VERMEER, W. De relatie tussen gehoorverlies en leeftijd. Leiden, NIPG-TNO, 1985.
- PASSCHIER-VERMEER, W., R. VAN DEN BERG, A.J.M. ROVEKAMP, A.H. GRUNDEL, D. VAN DER REE. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. Leiden, NIPG-TNO 1985.
- PASSCHIER-VERMEER, W. Integrale gehoorbeschermingsprogramma's en de rol van de bedrijfsaudiometrie. In: W. PASSCHIER-VERMEER et al. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA, 1985. Pp. 1-26
- PASSCHIER-VERMEER, W. & A.H. GRUNDEL & A.J.M. ROVEKAMP. Reproduceerbaarheid drempelaudiometrie en de beoordeling van gehoorscherpere veranderingen in de loop der jaren bij aan lawaai geëxponeerde werknemers. In: W. PASSCHIER-VERMEER, et al. Preventie gehoorschade door lawaai. Voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. 1985. Pp. 125-144
- PASSCHIER-VERMEER W. & A.J.M. ROVEKAMP. Verband tussen gehoorschade en de sociale handicap door een verminderd hoorvermogen bij groepen personen die tijdens hun werk aan lawaai zijn geëxponerd. In: W. PASSCHIER-VERMEER, et al. Preventie gehoorschade door lawaai. Voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. 1985. Pp. 185-202
- PASSCHIER-VERMEER, W. Projekt Preventie Gehoorschade. Tijdschr. Soc. Gezondheid 63 (1985) Pp. 120-123.
- PASSCHIER-VERMEER, W. Projekt Preventie Gehoorschade. Resultaten van het projekt ten behoeve van de bedrijfsgezondheidszorg. Ned. Ver. Arb. Bedrijfsgeneeskunde. NVAB Info, 16 (1985) Pp. 21-27.
- PASSCHIER-VERMEER, W., A.H. GRUNDEL & R. VAN DEN BERG, et al. Achtergrondinformatie bij de rapportering van een gehoorbeschermingsprogramma. Leiden, NIPG-TNO, 1986 (publ. 86004)

- PASSCHIER-VERMEER, W. Gehoorschade door lawaai, I. Analyse van onderzoekgegevens ter bepaling van de relatie tussen lawaai en gehoorschade door lawaai. Leiden, NIPG-TNO, 1986.
- PASSCHIER-VERMEER, W. Gehoorschade door lawaai, II. Methoden om op individueel en groepsniveau gebruik te maken van het verband tussen lawaai en gehoorschade door lawaai. Leiden, NIPG-TNO, 1986.
- PASSCHIER-VERMEER, W., A.J.M. ROVEKAMP. De relatie tussen de gehoordrempels aan het linker- en het rechteroor. Leiden, NIPG-TNO, 1986.
- PASSCHIER-VERMEER, W. The effects of age, otological factors and occupational noise exposure on hearing threshold levels of various populations. In: R.J. Salvi, D. Henderson et al (eds). Basic and applied aspects of noise-induced hearing loss. New York (etc.), Plenum Press, 1986. Pp. 571-581.
- PASSCHIER-VERMEER, W., R. VAN DEN BERG & A.J.M. ROVEKAMP. The effects of age and occupational noise exposure on hearing threshold levels of various populations. In: Proceedings Inter Noise '85. s.l., s.n., 1986 Pp. 1395-1398.
- PASSCHIER-VERMEER, W., R. V.D. BERG, A.J.M. ROVEKAMP, D. V.D. REE. Integrale gehoorbeschermingsprogramma's. Handleiding voor de bedrijfsgezondheidszorg. Studiereeks nr S 36, Directoraat Generaal van de Arbeid, Voorburg, 1987.
- PASSCHIER-VERMEER, W. Personele consequenties van de uitvoering van integrale gehoorbeschermingsprogramma's. Leiden, NIPG-TNO, 1987.
- PASSCHIER-VERMEER, W. Analyse van audiometrische gegevens ten behoeve van gehoorbeschermingsprogramma's. Leiden, NIPG-TNO, 1987.
- ROVEKAMP, A.J.M. Automatische verwerking van gegevens bij de uitvoering van een gehoorbeschermingsprogramma. In: W. PASSCHIER-VERMEER, et al. Preventie gehoorschade door lawaai; voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA, 1985. Pp. 145-184
- ROVEKAMP, A.J.M. & R. VAN DEN BERG. Reproduceerbaarheid van geluiddosimetrie. In: W. PASSCHIER-VERMEER, et al. Preventie gehoorschade door lawaai. Voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA, 1985. Pp. 65-82
- ROVEKAMP, A.J.M. & W. PASSCHIER-VERMEER, Anamnese tijdens gehooronderzoek bij de uitvoering van een gehoorbeschermingsprogramma. NIPG-TNO, Leiden, 1987.
- WOLVETANG, H. Projekt Preventie Gehoorschade. Een model-projekt?! Ned. Ver. Arb. Bedrijfsgeneeskunde NVAB Info, 16(1985) Pp. 28-30.