



Stieltjesweg 1
Postbus 155
2600 AD Delft

www.tno.nl

T +31 15 269 20 00
F +31 15 269 21 11
info@tpd.tno.nl

TNO-rapport

MON-RPT-033-DTS-2008-00537

**Verbetering van de contactgeluidisolatie door het
Akoestiflex-16 vloersysteem onder ceramische
tegels**

Datum	18 februari 2008
Auteur(s)	ing. F.J.W. Biegstraaten
Opdrachtgever	Pelt & Hooykaas-Elcerno B.V. T.a.v. de heer S. Vermaas Postbus 59064 3008 PB Rotterdam
Projectnummer	033.14639/01.50.01
Aantal pagina's	11 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Meetprocedure	4
2.1	Meetmethode	4
2.2	Gebruikte apparatuur	5
2.3	Meetnauwkeurigheid	5
3	Meetresultaten.....	6
4	Ondertekening.....	7

Bijlage(n)

A Gerelateerde normen

1 Inleiding

In opdracht van Pelt & Hooykaas-Elcemo B.V. is de verbetering van de contactgeluidisolatie bepaald van het Akoestiflex ondervloersysteem onder ceramische tegels. Het vloersysteem bestaat uit ondervilt, Akoestiflex-16 plaat en vliesfolie. Hierop zijn 10 x 10 ceramische tegels aangebracht in 8 mm B02-zetmortel. De afmeting van de tegels bedraagt 31 x 31 cm met een dikte van 7 mm en een gewicht van 20,5 kg/m².

De vloerconstructies is gemeten overeenkomstig de voorschriften uit de Beoordelingsrichtlijn contactgeluidisolatieverbetering vloerafwerking i.v.m. het TNO Produktlabel (BRL: MON-MEM-033-DTS-2007-01522). Dit houdt onder andere in dat de vloerconstructie is belast met circa 22 kg/m².

De vloerconstructie, met een oppervlakte van 10 m², is aangebracht op de standaard proefvloer van gewapend grindbeton conform NEN-EN-ISO 140-8 met een massa van 260 kg/m² tussen de isolatie meetruimten 4 en 1 (zie blad 8). Onderstaande foto toont de onbedekte standaard betonvloer.

Het meetonderzoek is uitgevoerd op 9 januari 2008 in de speciale meetruimten van TNO te Delft. Dit rapport presenteert de resultaten.



2 Meetprocedure

2.1 Meetmethode

De metingen zijn uitgevoerd volgens de voorschriften die zijn gegeven in de Nederlandse norm NEN-EN-ISO 140-8:1997: "Laboratoriummeting van de vermindering van de geluidoverdracht door lopen op vloerbedekking op een massieve standaard vloer". De contactgeluidtransmissie L_n is berekend met behulp van de volgende formule:

$$L_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

waarin:

L_i = het geluiddrukkniveau in dB t.o.v. 20 μ Pa, opgewekt door de genormaliseerde hamermachine geplaatst op de vloer boven het ontvangvertrek;

A = het equivalent geluidabsorptie-oppervlak in m^2 , met als referentiewaarde $A_0 = 10 m^2$.

De hamermachine is achtereenvolgens op vier verschillende plaatsen op de vloer opgesteld. Het signaal in het ontvangvertrek wordt opgevangen met een in 64 s ronddraaiende microfoon en geanalyseerd en verwerkt met behulp van een digitale frequentieanalysator type 2133 van het fabrikaat Brüel & Kjær. De integratietijd is ingesteld op 64 s. Het equivalent geluidabsorptie-oppervlak (A) in het ontvangvertrek wordt bepaald met de nagalmformule van Sabine:

$$A = 0,16 \frac{V}{T}$$

waarin:

V = het volume van het ontvangvertrek in m^3 ;

T = de nagalmtijd in s.

De nagalmtijd is gemeten met stoten breedbandruis waarvan het uitklinken wordt bemonsterd en in de resultaten verwerkt door dezelfde analysator.

De verbetering van de contactgeluidisolatie is bepaald uit het gemiddelde van metingen met vier bronposities op de kale vloer en het gemiddelde van de meetresultaten op dezelfde vier bronposities met vloerafwerking.

2.2 Gebruikte apparatuur

De bij de metingen gebruikte apparatuur is in onderstaande tabel opgenomen.

Tabel 2: Apparatuur

apparaat	fabrikaat	type	ser. nr.	TNO nr.
geluidniveaucalibrator	Bruël & Kjær	4231	1858995	11887
electreetmicrofoon	Bruël & Kjær	4155	1148015	08068/1
voorversterker	Bruël & Kjær	2639	1414648	07080
microfoonvoeding	Bruël & Kjær	2804	1584581	08072
microfoonrotor	Bruël & Kjær	3923	779877	3882
hamermachine	Bruël & Kjær	3207	2168683	16338
bolbron	Bruël & Kjær	4296	2096221	15171
bolbron	Bruël & Kjær	4296	2103342	15168
2x100W versterker	Quad	405	22553	03488
real-time-frequentie-analysator	Bruël & Kjær	2133	1469056	15131

2.3 Meetnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van bouwakoestische metingen wordt getalsmatig uitgedrukt in termen van herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid.

De herhaalbaarheid is het maximaal te verwachten verschil (95% betrouwbaarheid) tussen twee metingen aan één object, in hetzelfde laboratorium met in essentie dezelfde meetopstelling en hetzelfde meetsysteem. De reproduceerbaarheid is het maximaal te verwachten verschil (95% betrouwbaarheid) tussen twee metingen aan één object in verschillende laboratoria met elk hun eigen meetopstelling en meetsysteem. In ISO 140-2 worden aan deze beide grootheden eisen gesteld (zie ISO 140-2, annex A). Voor de ééngetalsaanduidingen resulteert een vereiste herhaalbaarheid van 1 dB en een vereiste reproduceerbaarheid van 3 dB.

Uit diverse - nationale en internationale - vergelijkingsonderzoeken ten aanzien van luchtgeluidisolatie blijkt, dat met de meetmethode zoals beschreven in NEN-EN-ISO 140-3 en zoals uitgevoerd bij de TNO aan de eisen voor de herhaalbaarheid wordt voldaan.

De genoemde onderzoeken geven tevens aan dat ook aan de vereiste reproduceerbaarheid tussen de diverse (Europese) laboratoria, waaronder de TNO, wordt voldaan, zij het voor sommige typen meetobjecten slechts marginaal.

Voor contactgeluid hebben dergelijke onderzoeken nog niet plaats gevonden, doch het is aannemelijk dat daarvoor globaal hetzelfde geldt.

3 Meetresultaten

Het meetresultaat is gegeven op de blad 9.

In de grafieken is de verbetering van de contactgeluidisolatie door de vloerafwerking als functie van de middenfrequentie van 1/3 octaafbanden gegeven. De 1/1 octaafbandwaarden zijn met een cirkeltje (o) aangeduid. De verbeteringen staan tevens in tabelvorm naast de grafieken vermeld, samen met de meetresultaten voor de onbedekte standaard vloer.

Onder de grafiek is een aantal ééngetalsaanduidingen samengevat, die zijn bepaald volgens NEN-EN-ISO 717-2:1997. In appendix A wordt op de ééngetalsaanduidingen een nadere toelichting gegeven.

In onderstaande tabel zijn de ééngetalsaanduidingen samengevat. Naast de ééngetalsaanduidingen die op het meetblad zijn gegeven zijn hierbij ook de resultaten vermeld volgens de tot 2000 in Nederland gehanteerde verbetering van de isolatie-index voor contactgeluid (ΔL_{co-lab}), volgens de Franse norm (NF S 31-053) en volgens de Amerikaanse norm IIC (ASTM E 989-89).

Tabel 2: Samenvatting van de ééngetalsaanduidingen voor de verbetering van de contactgeluidisolatie.

ondervloerconstructie	vloerafwerking	ΔL_w	ΔL_{jin}	ΔL_{co-lab}	Franse norm	IIC	
						kaal	bedekt
ondervilt, Akoestiflex-16 plaat, vliesfolie	ceramische tegels in B02-zetmortel	24	10	12	23	26	49

4 Ondertekening

Delft, 18 februari 2008

TNO Industrie en Techniek

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Hendriksen', enclosed within a light blue oval shape.

Ing. P. Hendriksen
Afdelingshoofd

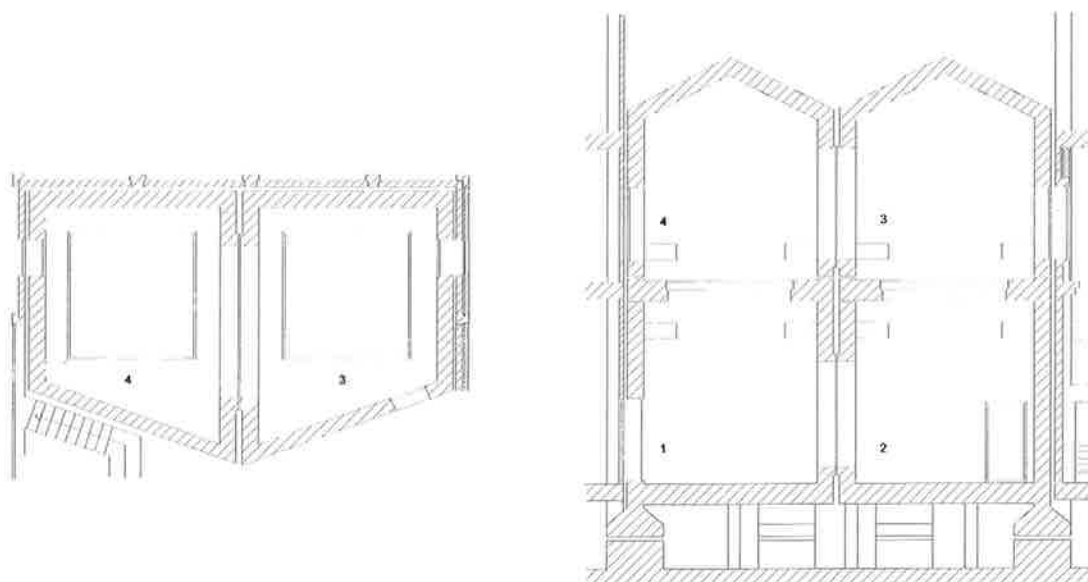
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F.J.W. Biegstraaten', with a long horizontal line extending to the right.

ing. F.J.W. Biegstraaten
Auteur

ISOLATIEMEETRUIMTEN TNO DELFT

De isolatiemeetruimten van TNO te Delft vormen een blok van vier kamers, elk met een volume van ca. 100 m³. De kamers zijn onderling constructief gescheiden. De kamers hebben een hard afgewerkte vloer en hard afgewerkte wanden, waarvan tenminste twee onderling niet parallel zijn geplaatst. In elke kamer zijn 4 diffusoren opgehangen met een totale eenzijdige oppervlakte van 5,7 m².

Tussen meetruimten 1 en 2 bevindt zich een testopening voor wandconstructies van 3,75 x 2,65 m²; tussen meetruimte 3 en 4 bevindt zich een dubbele draagconstructie met een testopening voor glasmetingen met afmetingen 1,500 x 1,250 m². Tussen meetruimte 1 en 4 bevindt zich een standaard beton vloer van 100 mm (ca. 260 kg/m²) en tussen meetruimten 2 en 3 een testopening voor vloerconstructies van 3,15 x 3,15 m².



De isolatiemeetruimten voldoen aan ISO 140-1:1997. De testopening voor glas voldoet aan ISO 140-3:1995 en de standaard vloer voldoet aan ISO 140-8:1997. De meetprocedure met 2 luidsprekerposities en een roterende microfoon voldoet aan ISO 140-3:1995 en de meetprocedure met vier posities voor de hamermachine en een roterende microfoon voldoet aan ISO 140-6:1998. Er wordt hiermee voldaan aan de eisen voor herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid van ISO 140-2:1991.

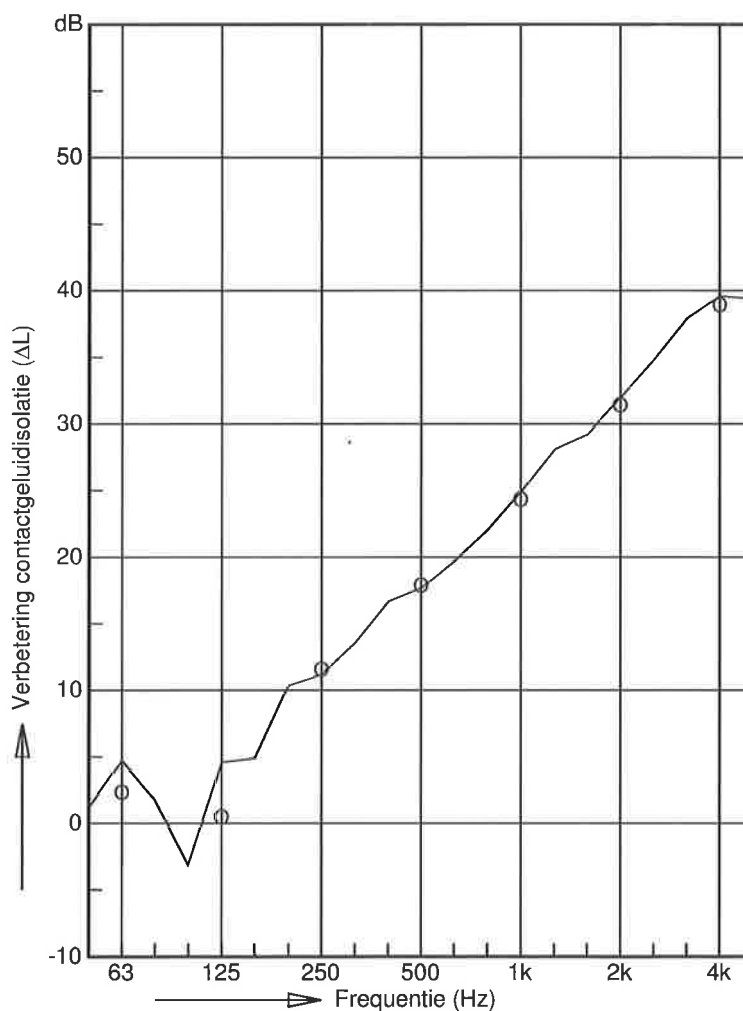
VERBETERING CONTACTGELUIDISOLATIE VLOERAFWERKING**Laboratorium metingen volgens NEN-EN-ISO 140-8**

Opdrachtgever : Pelt & Hooykaas-Elcemo B.V. Product : Akoestiflex/ceramische tegels
 Projectnummer : 033.14639/01.50 Testruimte : TNO Delft kamer 4-1
 Gemonteerd door : Pelt & Hooykaas Testdatum : 2008-01-09
 Beschrijving object : ondervilt, akoestiflex-16 plaat, vliesfolie, 8 mm B02-
 zetmortel, 10 x 10 ceramische tegels 31 x 31 cm
 7 mm dik, 20,5 kg/m², 10 m², belast met 22 kg/m²

Massa draagvloer : 260 kg/m²
 Oppervlakte : 10 m²

Volume ontvangruimte : 104 m³

Frequentie (Hz)	Draagvloer		Verbetering	
	$L_{n,0}^{1/3}$ oct (dB)	$L_{n,0}^{1/1}$ oct (dB)	ΔL 1/3 oct (dB)	ΔL 1/1 oct (dB)
50	55,1		1,2	
63	61,0	64,0	4,7	2,3
80	59,8		1,8	
100	66,0		-3,1	
125	75,2	77,5	4,6	0,4
160	72,8		4,9	
200	76,4		10,4	
250	76,1	81,1	11,2	11,5
315	76,4		13,6	
400	75,8		16,7	
500	76,2	81,2	17,7	17,9
630	77,1		19,7	
800	77,8		22,0	
1000	78,3	83,0	24,9	24,3
1250	78,6		28,1	
1600	78,8		29,2	
2000	78,6	83,0	32,0	31,4
2500	76,9		34,8	
3150	74,3		37,9	
4000	70,6	76,4	39,6	38,9
5000	67,3		39,4	

**Eéngetalsaanduiding volgens NEN-EN-ISO 717-2**

ΔL_w ; $\Delta L_{lin} = 24$; 10 dB

$C_{IA} = -14$ dB;

$C_{IA50-2500} = -16$ dB

A Gerelateerde normen

De akoestische prestatie van bouwelementen wordt bepaald met genormaliseerde meetmethoden gebaseerd op internationale normen (ISO 140) en werden veelal uitgedrukt in één getal volgens nationale (NEN 5079, DIN 52 210 etc.) en internationale (ISO 717) normen. Sinds 2000 zijn Europese normen van kracht geworden waarin dit wordt geregeld (EN-ISO 140 en EN-ISO 717); deze Europese normen zijn in alle Europese landen ook als nationale norm overgenomen. In Nederland zijn alle delen van de norm voor laboratoriummetingen overgenomen (NEN-EN-ISO 140); ook de norm voor de bepaling van de ééngetalsaanduiding (NEN-EN-ISO 717:1997). Op het gebruiken en toepassen van deze laatste norm geeft NPR 5079:1999 een toelichting.

De aanpassingen in de serie meetnormen betreffen vooral het aanscherpen van de meetprocedure op diverse punten ter bevordering van de reproduceerbaarheid; wezenlijke veranderingen hebben echter niet plaatsgevonden. Wel wordt aanbevolen het frequentiegebied uit te breiden tot lagere frequentiebanden (t.m. 50 Hz tertsbands). Aangezien de metingen bij die lage frequenties minder betrouwbaar zijn, moeten deze resultaten vooralsnog als globale indicatie worden beschouwd.

Veel groter is op het eerste gezicht de verandering in de wijze waarop de gemeten prestaties in één getal worden uitgedrukt. De wijze waarop de akoestische prestatie van bouwelementen wordt weergegeven is een samenvoeging van twee verschillende systemen. De productprestaties dienen altijd volgens beide systemen te worden gegeven, teneinde de volledige informatie te verstrekken, op de voorgeschreven wijze. Daarbij wordt als referentie altijd de oorspronkelijke gewogen grootheid volgens de oude ISO 717 aangegeven met spectrum-aanpassingstermen C die aangeven in welke mate de A-gewogen grootheid voor een bepaald referentiespectrum hiervan afwijkt. Voor de verschillende akoestische prestaties wordt dit als volgt weergegeven.

- luchtgeluidisolatie bouwelementen, gemeten volgens NEN-EN-ISO 140-3:
 $R_w(C; C_{tr})$, bijvoorbeeld $R_w(C; C_{tr}) = 52 (-1; -5)$
- luchtgeluidisolatie kleine elementen, gemeten volgens NEN-EN-ISO 140-10:
 $D_{n;w}(C; C_{tr})$, bijvoorbeeld $D_{n;w}(C; C_{tr}) = 34 (-2; -7)$
- contactgeluidisolatie vloeren, gemeten volgens NEN-EN-ISO 140-6:
 $L_{n;w}(C_1)$, bijvoorbeeld $L_{n;w}(C_1) = 65 (-9)$
- verbetering contactgeluidisolatie door vloerafwerking of vloerbedekking, gemeten volgens NEN-EN-ISO 140-8:
 $\Delta L_w; \Delta L_{lin}$, bijvoorbeeld $\Delta L_w; \Delta L_{lin} = 18; 8$
Opmerking: Als alternatief mag ook $\Delta L_w(C_{1A})$ worden gebruikt

Het bij deze spectrum-aanpassingstermen beschouwde frequentiegebied betreft de tertsbands van 100 Hz tot en met 2500 Hz (contactgeluid) of 3150 Hz (luchtgeluid). In NEN-EN-ISO 717 wordt daarnaast de mogelijkheid geboden om ter informatie ook een breder frequentiegebied in de ééngetalsaanduiding te betrekken. Daartoe kunnen aanvullend spectrum-aanpassingstermen worden gegeven waarin ook lagere frequentiebanden (tot en met 50 Hz) en/of hogere frequentiebanden (tot en met 5000 Hz) zijn betrokken. Ook deze spectrum-aanpassingstermen kunnen worden gebruikt om

vanuit de gewogen grootheid een A-gewogen grootheid voor het betreffende frequentiegebied te bepalen.

Bij de toepassing van de gegevens kan (nationaal) gekozen worden voor één van beide systemen. In Nederland is die keuze gemaakt en verwerkt in de vernieuwde norm NEN 1070:1999 'Geluidwering in gebouwen'. Daarbij is gekozen voor het A-gewogen systeem met referentiespectra. En hoewel de berekeningswijze en benamingen van de grootheden hiermee in de meeste gevallen sterk is gewijzigd, is de feitelijke frequentieweging in grote lijnen gelijksoortig gebleven. Hierdoor bestaan er vrij eenduidige relaties tussen de 'oude' en de 'nieuwe' grootheden (binnen ± 1 dB(A)). De grootheden die relevant zijn voor de Nederlandse situatie en de relaties die bestaan met de tot nu toe gehanteerde grootheden zijn als volgt:

luchtgeluidisolatie van bouwelementen, tot nu I_{lu-lab} of $R_{A,verkeer}$:

- A-gewogen luchtgeluidisolatie voor kenmerkend buurgeluid R_A van bouwelementen: $R_A = R_w + C \approx I_{lu-lab} + 51$
- A-gewogen luchtgeluidisolatie voor kenmerkend buitengeluid R_{Atr} van bouwelementen: $R_{Atr} = R_w + C_{tr} \approx R_{A, \text{wegverkeer}}$
- A-gewogen geluidniveauverschil voor kenmerkend buurgeluid $D_{ne;A}$ van kleine bouwelementen: $D_{ne;A} = D_{ne;w} + C$
- A-gewogen geluidniveauverschil voor kenmerkend buitengeluid $D_{ne;Atr}$ van kleine bouwelementen: $D_{ne;Atr} = D_{ne;w} + C_{tr} \approx D_{ne;A} \text{ (wegverkeer)}$

contactgeluidisolatie, tot nu I_{co-lab} of verbetering in I_{co-lab} (ook wel ΔI_{co-lab}):

- A-gewogen genormeerd contactgeluidrukniveau voor kenmerkend contactgeluid $L_{n;A}$ van bouwelementen: $L_{n;A} = L_{n;w} + C_1 \approx 59 - I_{co-lab}$
- A-gewogen contactgeluidisolatie-verbetering voor kenmerkend contactgeluid ΔL_{jin} van vloerafwerkingen: $\Delta L_{jin} = \Delta L_w + C_{IA} \approx \Delta I_{co-lab}$

In NPR 5079:1999 wordt ook toegelicht welke relatie er bestaat tussen de op deze nieuwe wijze aangegeven productprestatie en de op overeenkomstige wijze aangegeven prestaties in gebouwen, zoals die in NEN 1070:1999 worden gehanteerd. Daarbij wordt uitgegaan van praktijkmetingen volgens NEN 5077, waarvan de versie uit 2006 inmiddels verwijst naar de betreffende delen van EN-ISO 140 en tevens de ééngetalsaanduidingen bepaalt volgens NEN-EN-ISO 717. Naar verwachting zal ook het Bouwbesluit deze Europese ééngetalsaanduidingen gaan hanteren; vooralsnog worden daaruit via vaste relaties de $I_{lu;k}$ en I_{co} van het Bouwbesluit afgeleid. Op deze praktijkmeetnormen wordt een toelichting gegeven in NPR 5097:2006.