

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

AKOESTIEK : ONTWERP EN REALISATIE

LENTE 2024

Geluidisolatie van gevels

Debby WUYTS



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



SUSTAINABLE BUILDING INNOVATION



Buildwise



- ▶ Kennis van de **prestatiegrootheden en normatieve doelstellingen** om de bescherming van de gebouwschil ten aanzien van buitenlawaaai
- ▶ Idee van **grootteorde** van akoestische prestaties van gevelelementen
- ▶ Detecteren van **prioritair aan te pakken** gevelelementen bij de akoestische sanering van gevels
- ▶ Afleiden van de noodzakelijk akoestische prestaties van lichte gevelelementen om te voldoen aan de normatieve eisen
- ▶ Inschatting van de te verwachten **gevelgeluidisolatie in situ** uitgaande van de samenstellende gevelelementen
- ▶ Beheersen van richtlijnen voor het **akoestisch optimaliseren** van vensters en andere lichte gevelelementen
- ▶ **Correcte interpretatie en kritische beschouwing** van de akoestische gegevens op de technische fiche van vensters, beglazingen, rolluiken en ventilatieroosters



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

- ▶ **Buitenlawaai**
- ▶ **Prestatiegrootheid D_{Atr}**

NORMEISEN VOOR DE GEVELGELUIDISOLATIE

- ▶ Woongebouwen
- ▶ Schoolgebouwen

AKOESTISCHE DIMENSIONERING

- ▶ Prognosemethode
- ▶ Rekenvoorbeeld
- ▶ Tool woongebouwen

AKOESTISCHE OPTIMALISATIE

- ▶ Vensters
- ▶ Ventilatioorosters
- ▶ Rolluikkasten



Integratie van het akoestische comfort in gebouwen

- Globale akoestische benadering van een type-gebouw



Vijf te behandelen thema's

- Installatielawaai
- Luchtgeluidisolatie
- **Gevelgeluidisolatie**
- Contactgeluidisolatie
- Beheersing van de nagalm

De **bescherming** van de gebouwschil ten aanzien van buitenlawaai is van primordiaal belang voor het **welzijn** van de gebruikers. De laagfrequente prestaties van **lichte gevelelementen** en de uitvoeringskwaliteit spelen hierbij een cruciale rol, temeer bij hoge lawaai blootstelling.



Bescherming tegen buitenlawaai

- Beperking van geluidniveaus binnen



Geluidniveau buiten
65 dB(A)

Isolatie
30 dB

Geluidniveau binnen
 $65 - 30 = 35 \text{ dB(A)}$



Bron : Le SNFA publie le premier guide de l'acoustique des façades rideaux à ossature aluminium - Verre & protections.com (verreetprotections.com)

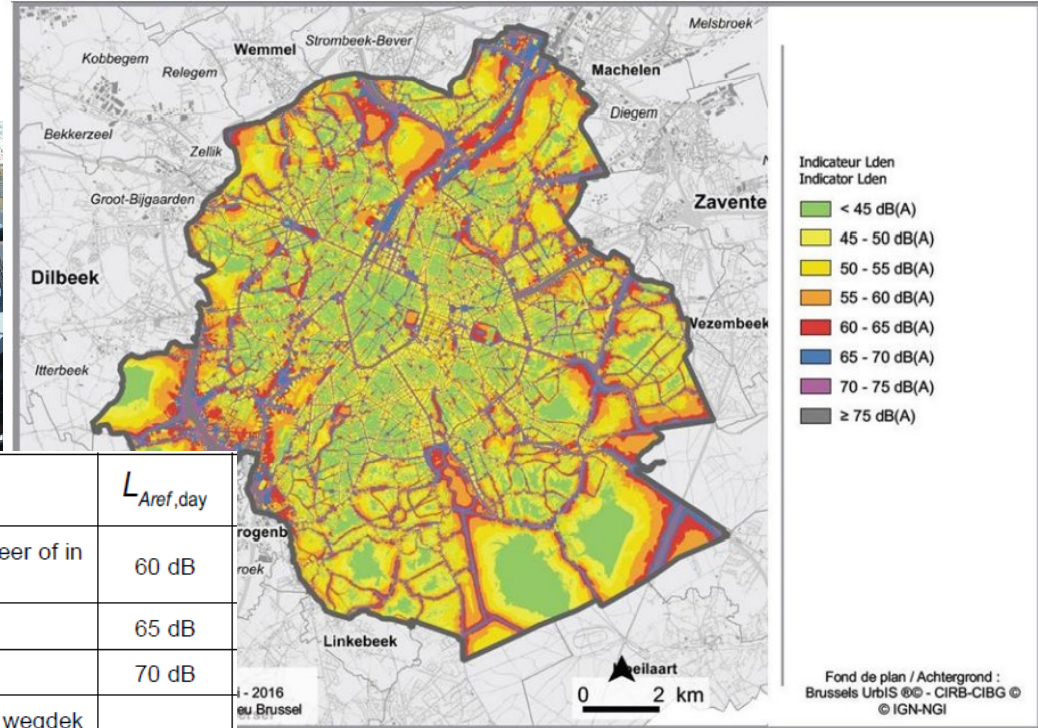


Wegverkeerslawaaï

- Brussels Hoofdstedelijk gewest

Kaart 8.2: Kadaster van het wegverkeerslawaaï – Indicator L_{den} voor het jaar 2016

Bron: Leefmilieu Brussel, 2018 op basis van ASM Acoustics & Stratec, 2018



Typebeschrijving	$L_{Aref, day}$
Veelal bij rustige, landelijk wegen, rustige verkaveling met lokaal verkeer of in stadstraten met lokaal, beperkt verkeer	60 dB
Stadstraten met normaal verkeer op asfalt, 1 rijvak per rijrichting	65 dB
Druk, traagrijdend verkeer	70 dB
Veelal bij stadstraten met zeer intens verkeer, bij wegen met betonnen wegdek en met druk verkeer, langs nationale wegen, bij invalswegen naar grotere steden en bij verbindingswegen met regelmatig zwaar verkeer naar industrieterreinen	≥ 77 dB

Bron : 8. KADASTER VAN HET WEGVERKEERSGELUID IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST (leefmilieu.brussels)

Beschrijving van buitenlawaaiklassen volgens NBN S 01-400-1:2022



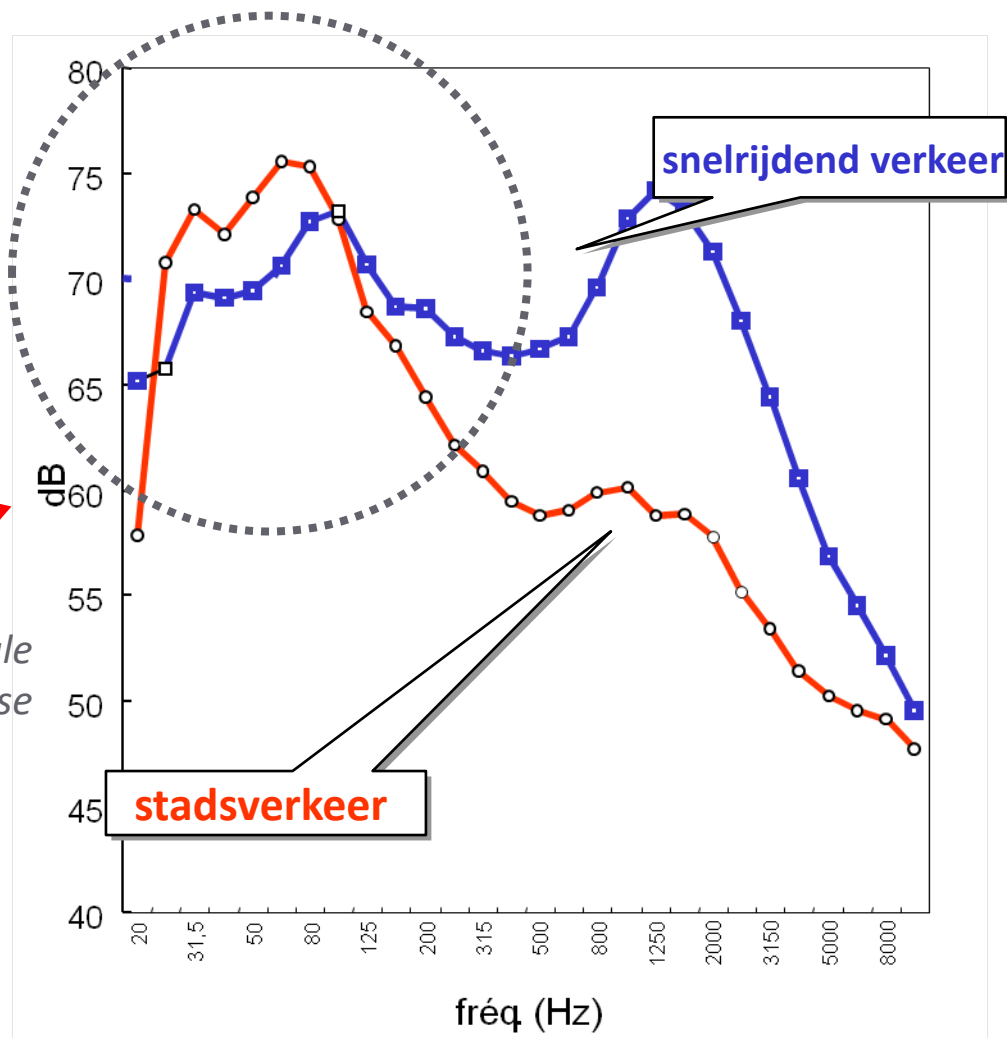
7 GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

Typisch laagfrequent lawaai

Belang van **aard geluidbron**
waartegen men zich wenst te
beschermen ...

Globaal
geluidniveau

Spectrale
analyse



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

Stapsgewijze aanpak

- Bescherming door het gebouw
 - Planschikking (bufferruimten, stille gevels)
 - **Geluidisolatie van de gebouwschil**



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

Gestandaardiseerd niveauverschil $D_{2m,nT}$

- meting volgens EN ISO 16283-3

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10\log(T/T_0)$$

$L_{1,2m}$: Zendniveau **buiten** op 2 m vóór het gevelvlak

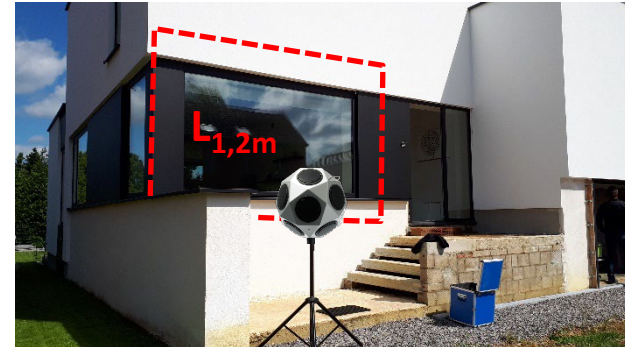
L_2 : Ontvangstniveau **binnen** [dB]

Herleiden naar “standaard bemeubelde kamer”

T : **Nagalmtijd** binnen [s]

T_0 : Referentie-nagalmtijd = 0.5 s ($V \geq 30\text{m}^3$); 0.3 s ($V \leq 20\text{ m}^3$)

geluidbron = luidspreker onder 45° (roze ruis)



Meting van het zendniveau op 2 m vóór het gevelvlak



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

Eengetalswaarde D_{atr}

- Berekening volgens EN ISO 717-1

$D_{2m,nT}$
[100Hz-3150Hz]

$D_{2m,nT,w} (C; C_{tr})$

$D_{Atr} = D_{2m,nT,w} + C_{tr}$
= specifieke laagfrequente
geluidisolatie
(cf. verkeerslawaai)

f [Hz]	$D_{Is,2m,nT}$ [dB]	
50	22.7	1/3oct
63	26.6	oct
80	25.0	
100	31.6	
125	25.6	
160	20.3	
200	22.6	
250	22.7	
315	27.6	
400	25.8	
500	29.2	
630	28.3	
800	29.2	
1000	30.7	
1250	34.8	
1600	35.8	
2000	33.5	
2500	32.8	
3150	33.8	
4000	37.9	
5000	36.3	

* minimal value (due to background noise)

$D_{Is,2m,nT,w} (C; C_{tr}) =$

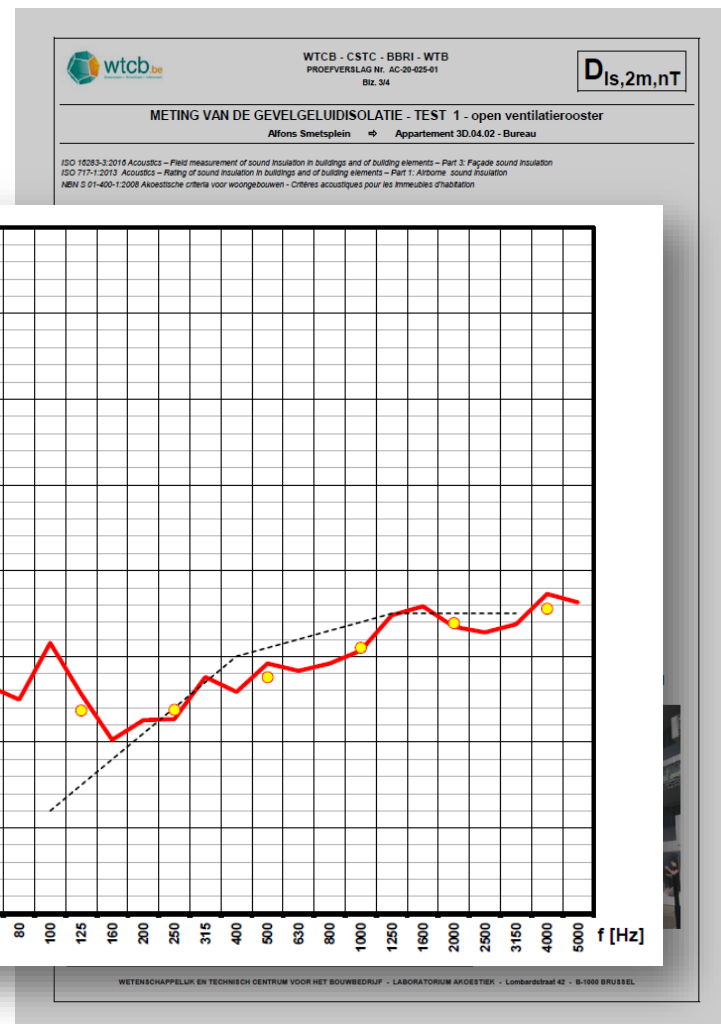
31 (0;-2) dB

[31.8 (-1.2;-3.0) dB]

$D_{Atr} = 29$ dB

--- shifted ISO 717-1 reference curve

31 -2



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

- ▶ Buitenlawaai
- ▶ Prestatiegrootheid D_{Atr}

NORMEISEN VOOR DE GEVELGELUIDISOLATIE

- ▶ **Woongebouwen**
- ▶ **Schoolgebouwen**

AKOESTISCHE DIMENSIONERING

- ▶ Prognosemethode
- ▶ Rekenvoorbeeld
- ▶ Tool woongebouwen

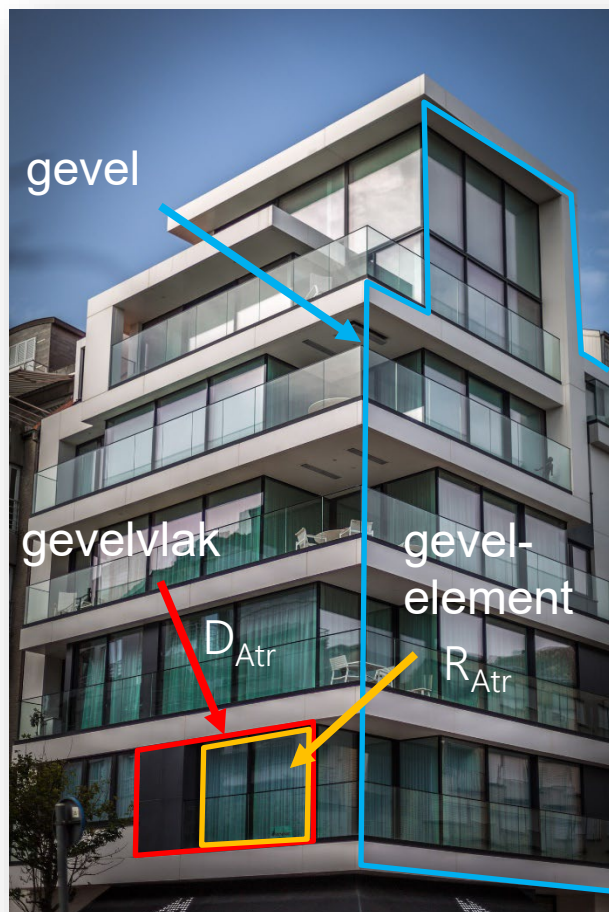
AKOESTISCHE OPTIMALISATIE

- ▶ Vensters
- ▶ Ventilatioorosters
- ▶ Rolluikkasten



NBN S 01-400-1:2022

- Enkele belangrijke noties

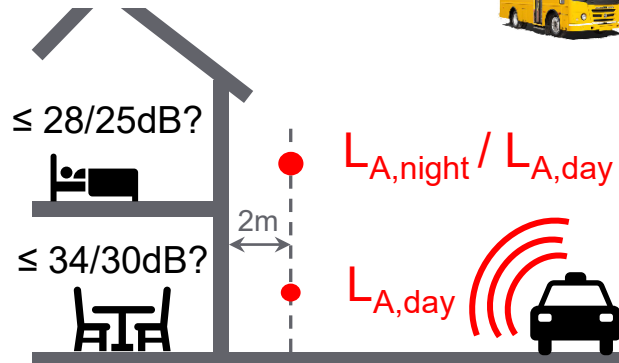


NBN S 01-400-1:2022

- Eis voor het gevelvlak
 - Afhankelijk van geluidniveau buiten ($L_{A,day}$, $L_{A,night}$)



Te beschermen ruimte	A	B	C
woonkamer, eetkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 30 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 32 \text{ dB}$	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 34 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 28 \text{ dB}$	
slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 25 \text{ dB}^a$	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 28 \text{ dB}^a$	$D_{Atr} \geq 34 \text{ dB}^c$



2008

Minimumeis: $D_{Atr} \geq 26 \text{ dB}$ 

NBN S 01-400-1:2022

► Nieuw in 2022

- Alternatieve vereenvoudigde evaluatiemethode gebaseerd op de **controle van het geluidniveau binnen** tijdens de piekuren
- Duidelijk onderscheid tussen **dag- en nachtlokalen met aparte eisen**
- Geluidbelasting van het gevelvlak mag berekend worden door **akoestische studie**.
- Nieuwe eisen voor **galerijen en buitentrappen**

Te beschermen ruimte	A	B	C
extra eis voor gemeenschappelijk gebruikte buitengalerijen of buitentrappen naar bovenstaand vermelde ruimten ^b	$D_{2m,A} \geq 44 \text{ dB}$		$D_{2m,A} \geq 40 \text{ dB}$

$$D_{2m,A} = D_{2m,nT,w} + C$$



NBN S 01-400-1

- Per lokaal : D_{Atr} per gevelvlak (blootstelling dag/nacht)



Geluidniveau vóór elk
gevelvlak

L_{Aday} / L_{Anight}



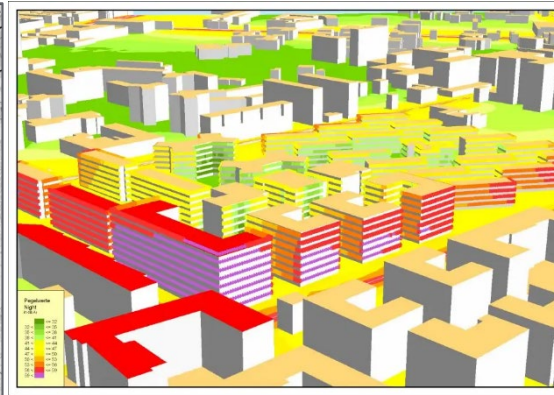
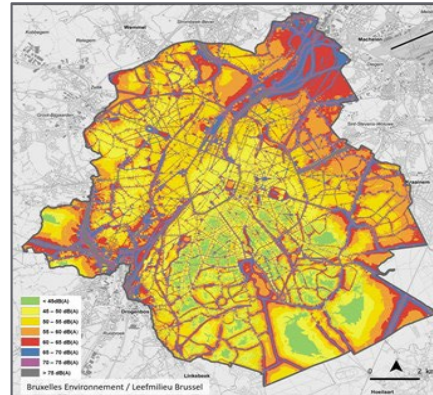
Eis voor elk gevelvlak

D_{Atr}



NBN S 01-400-1:2022

- Bepalen van de geluidniveaus buiten : 2 methodes (bijlage C)
 - **Methode 1 : Akoestische studie** (meting en/of berekening)

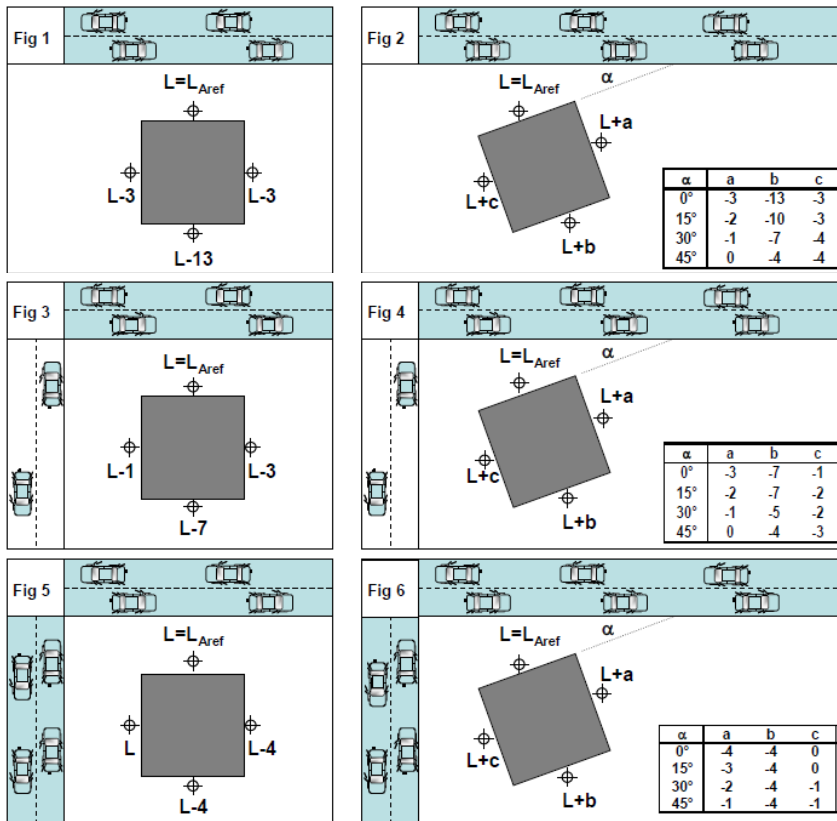


Bron: SoundPLAN



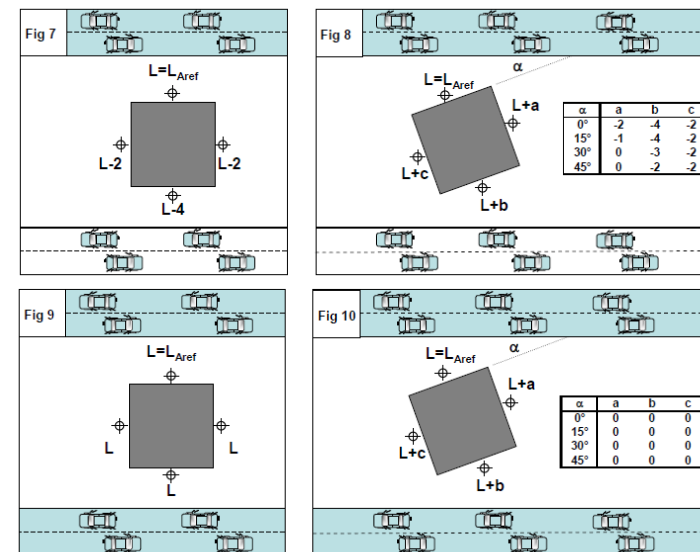
NBN S 01-400-1:2022

- Bepalen van de geluidniveaus buiten : 2 methodes (bijlage C)
 - **Methode 2** : Berekening op basis van **referentiewaarde L_{Aref}**



Ligging van het gebouw ten opzichte van 2 type-verkeersassen (wit = 5 dB lager)

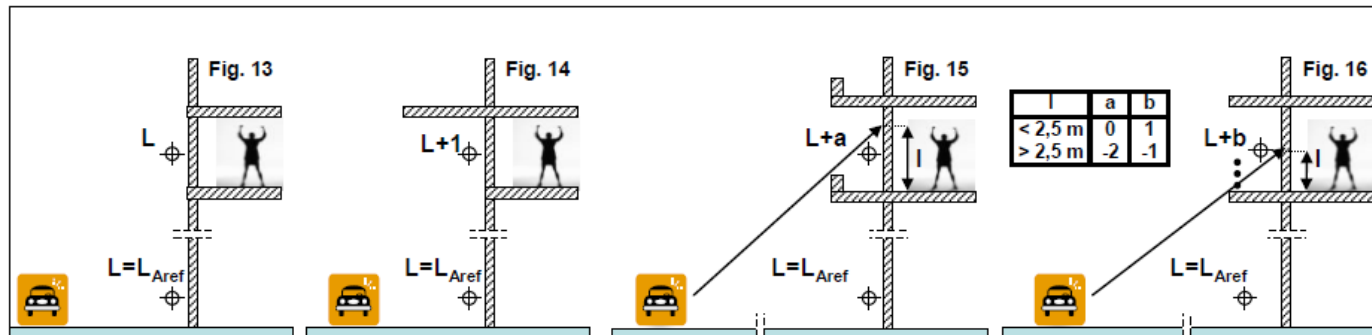
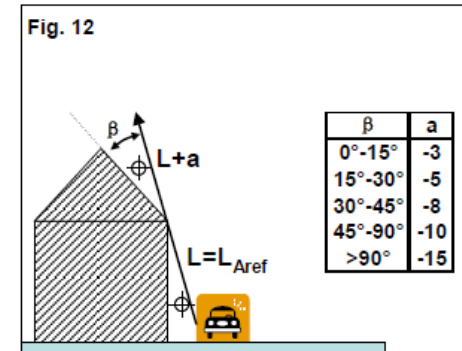
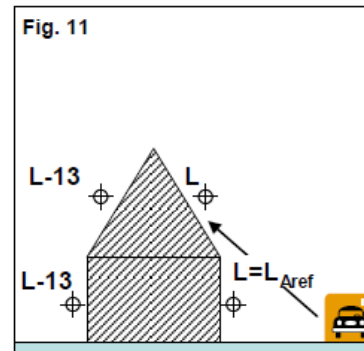
Bruikbaar voor omgevingslawaai vanwege weg- of spoorverkeer



NBN S 01-400-1:2022

- Bepalen van de geluidniveaus buiten : 2 methodes (bijlage C)
 - **Methode 2** : Berekening op basis van **referentiewaarde L_{Aref}**

*Situatie op de **verdieping**,
afhankelijk van de **afstand** tot
de verkeersas en de invloed
van de **vorm van de gevel***



NBN S 01-400-1:2022

- Bepalen van de geluidniveaus buiten : 2 methodes (bijlage C)
 - **Methode 2** : Berekening op basis van **referentiewaarde L_{Aref}**

OPTIE 1 Meting van L_{Aref} op 2m vóór meest blootgestelde gevel



Toekomstig gebouw
naakt terrein, + 3 dB



Bestaand gebouw
(renovatie)

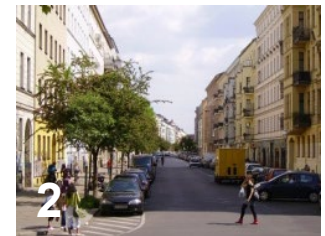


NBN S 01-400-1:2022

- Bepalen van de geluidniveaus buiten : 2 methodes (bijlage C)
 - **Methode 2** : Berekening op basis van **referentiewaarde** L_{Aref}

OPTIE 2 **Inschatting van L_{Aref}** op basis van typebeschrijvingen

Klasse	Typebeschrijving	$L_{Aref,day}$	$L_{Aref,night}$
1	Veelal bij rustige, landelijk wegen, rustige verkaveling met lokaal verkeer of in stadstraten met lokaal, beperkt verkeer	60 dB	55 dB
2	Stadstraten met normaal verkeer op asfalt, 1 rijvak per rijrichting	65 dB	60 dB
3	Druk, traagrijdend verkeer	70 dB	65 dB
4	Veelal bij stadstraten met zeer intens verkeer, bij wegen met betonnen wegdek en met druk verkeer, langs nationale wegen, bij invalswegen naar grotere steden en bij verbindingswegen met regelmatig zwaar verkeer naar industrieterreinen	≥ 77 dB	≥ 72 dB

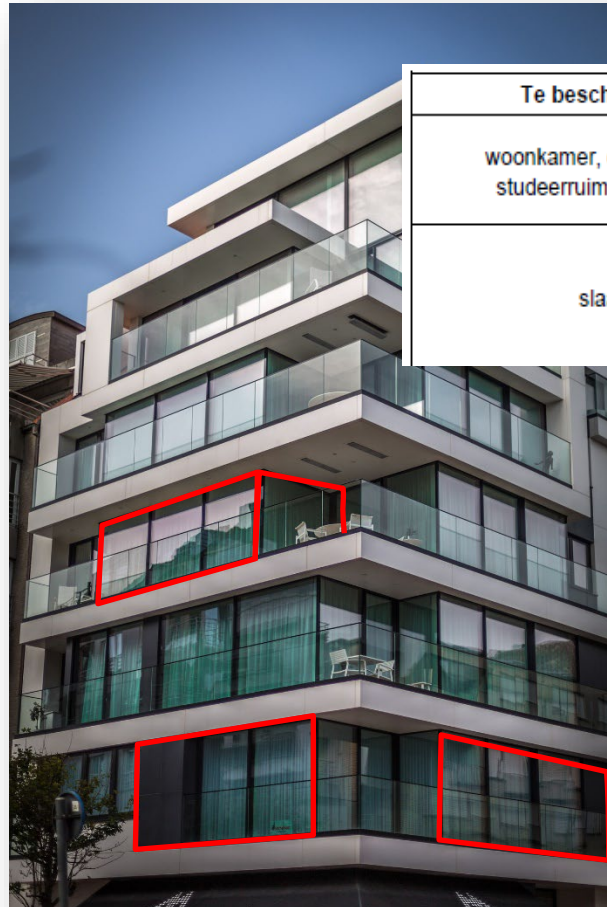


Lawaaiklassen zijn **minder nauwkeurig**, enkel toepasbaar voor *wegverkeerslawaai* (*slechts één weg*)



NBN S 01-400-1:2022

- Per lokaal : D_{Atr} per gevelvlak (blootstelling dag/nacht)



Te beschermen ruimte	A	B	C
woonkamer, eetkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 30 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 32 \text{ dB}$	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 34 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 28 \text{ dB}$	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 34 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 28 \text{ dB}$
slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 25 \text{ dB}^a$	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 28 \text{ dB}^a$	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 28 \text{ dB}^a$
	 $D_{Atr} \geq 34 \text{ dB}^c$		

In functie van de gewenste comfortklasse (A/B of C)

Voor slaapkamers :

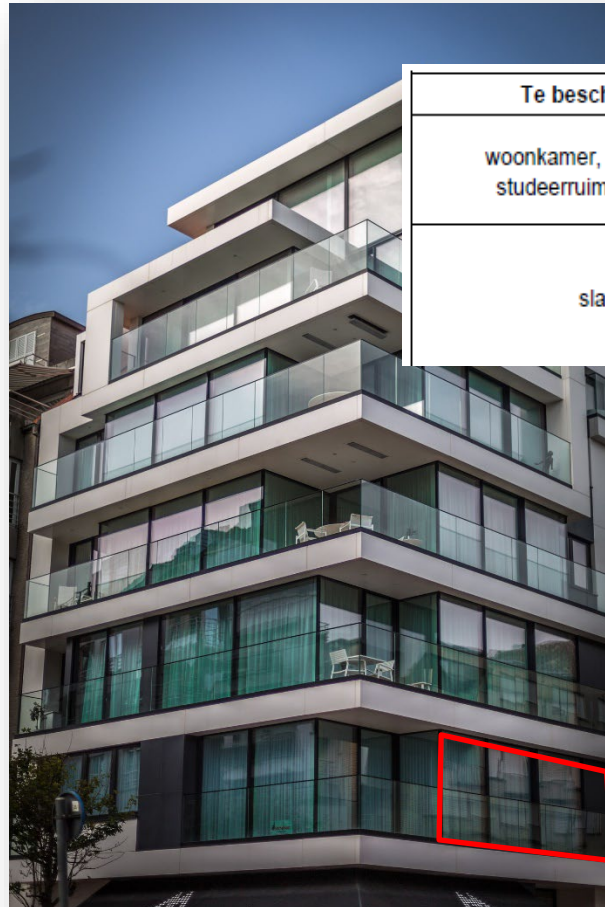
- zowel dag- als nachteis ($L_{A,day}$, $L_{A,night}$)
- bijkomend criterium indien $L_{Amax,3x,night} \geq 70 \text{ dB}$

Voor lokalen met twee gevelvlakken blootgesteld aan geluid : eis + 3 dB (per gevelvlak)



NBN S 01-400-1:2022

- Voorbeeld 1 : woonkamer, 2 gevelvlakken



Methode 1 : meting van $L_{A,day} = 65 \text{ dB}$

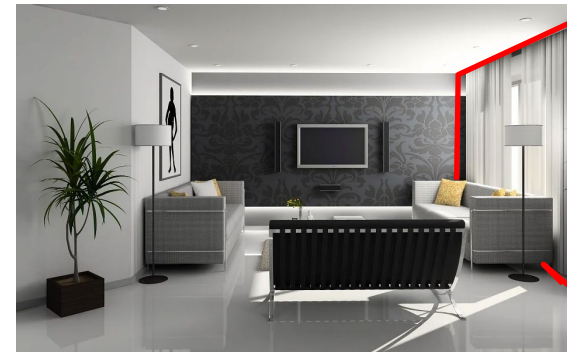
Te beschermen ruimte	A	B	C
woonkamer, eetkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 30 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 32 \text{ dB}$		$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 34 \text{ dB}^a$ en $D_{Atr} \geq 28 \text{ dB}$
slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 25 \text{ dB}^a$		$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 28 \text{ dB}^a$
 $D_{Atr} \geq 34 \text{ dB}^c$			



→ Klasse A/B : $D_{Atr} \geq 38 \text{ dB}$ ($=65-30+3$)

→ Klasse C : $D_{Atr} \geq 34 \text{ dB}$ ($=65-34+3$)

$L_{A,day} = 65 \text{ dB}$
(naakt terrein : 62 dB)



NBN S 01-400-1:2022

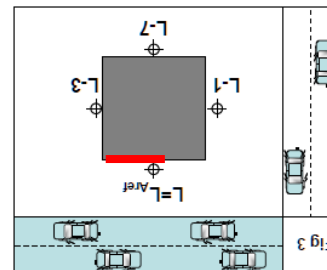
- Voorbeeld 2 : slaapkamer, 1 gevelvlak ($L_{Amax,3x,night} < 70$ dB)



Methode 2 : inschatting $L_{A,day}$ op basis van figuren

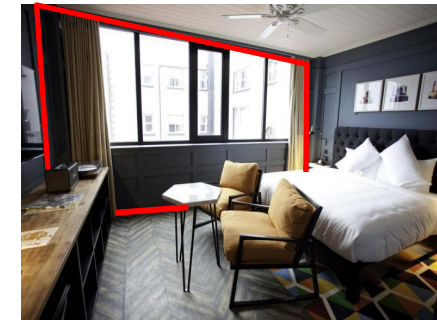
Klasse	Typebeschrijving	$L_{Aref,day}$	$L_{Aref,night}$
1	Veelal bij rustige, landelijk wegen, rustige verkaveling met lokaal verkeer of in stadstraten met lokaal, beperkt verkeer	60 dB	55 dB
2	Stadstraten met normaal verkeer op asfalt, 1 rijvak per rijrichting	65 dB	60 dB
3	Druk, traagrijdend verkeer	70 dB	65 dB
4	Veelal bij stadstraten met zeer intens verkeer, bij wegen met betonnen wegdek en met druk verkeer, langs nationale wegen, bij invalswegen naar grotere steden en bij verbindingswegen met regelmatig zwaar verkeer naar industrieterreinen	≥ 77 dB	≥ 72 dB

- ✓ $L_{Aref,day}$ & $L_{Aref,night}$ uit typebeschrijvingen (= optie 2)
 ✓ $L_{A,day}$ & $L_{A,night}$ uit figuren



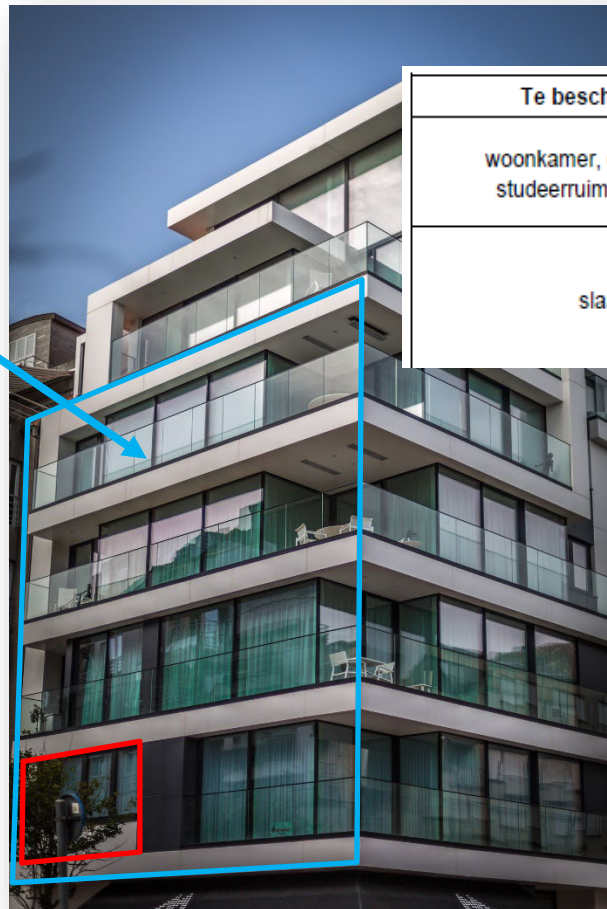
$$L_{A,ref,day} = 70 \text{ dB} = L_{A,day}$$

$$L_{A,ref,night} = 65 \text{ dB} = L_{A,night}$$



NBN S 01-400-1:2022

- Voorbeeld 2 : slaapkamer, 1 gevelvlak ($L_{Amax,3x,night} < 70$ dB)



Methode 2 : inschatting $L_{A,day}$ op basis van figuren

Te beschermen ruimte	A	B	C
woonkamer, eetkamer, keuken, studeerruimte en slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 30$ dB ^a en $D_{Atr} \geq 32$ dB		$D_{Atr} \geq L_{A,day} - 34$ dB ^a en $D_{Atr} \geq 28$ dB
slaapkamer	$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 25$ dB ^a		$D_{Atr} \geq L_{A,night} - 28$ dB ^a
	 $D_{Atr} \geq 34$ dB ^c		

- ✓ Eis dag (klasse C) : $D_{Atr} \geq 36$ dB (=70-34)

→ op basis van meting :

$$L_{A,ref,day} = 68 \text{ dB}$$

$$D_{Atr} \geq 34 \text{ dB} (=68-34)$$

→ 2 dB minder streng

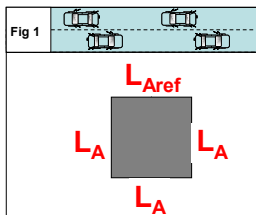
- ✓ Eis nacht (klasse C) : $D_{Atr} \geq 37$ dB (=65-28)

Strengste eis = bepalend



NBN S 01-400-2:2012

- Voor lokalen met een geluidgevoeligheid normaal tot zeer hoog



Normale eis	Verhoogde eis
$D_{Atr} \geq L_A - L_{Aeq,nT,stat} + m \quad (1)$ en $D_{Atr} \geq 26 \text{ dB} \quad (2)$	$D_{Atr} \geq L_A - L_{Aeq,nT,stat} + 4 + m \quad (1)$ en $D_{Atr} \geq 30 \text{ dB} \quad (2)$

$m = 3 \text{ dB}$ indien meerdere
"zwakke" gevelvlakken

Berekend buitenlawaai uit L_{Aref} volgens
verplichte rekenregels

"Richtwaarde installatielawaai"
(gewenst comfortniveau binnen)

- Naast speelplaatsen gebruikt tijdens lesuren

	Normale eis	Verhoogde eis
speelplaatsen	$D_{Atr} \geq 34 \text{ dB}$	$D_{Atr} \geq 38 \text{ dB}$
Overdekte speelplaatsen	$D_{Atr} \geq 38 \text{ dB}$	$D_{Atr} \geq 42 \text{ dB}$



Woongebouwen

**NBN S 01-400-1 (2022)**

Norme belge	
NBN S 01-400-1:2022	
Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation	
Valable à partir de 08-07-2022	
Remplace NBN S 01-400-1:2008	
La période de coexistence entre cette norme et la norme qu'elle remplace est fixée à 6 mois.	

Schoolgebouwen

**NBN S 01-400-2 (2012)**

ICS: 17.140.01 ; 17.160	NBN S 01-400-2
Norme belge	1 ^{re} éd., octobre 2012
	Indice de classement: S 01
Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires	
Akoestische criteria voor schoolgebouwen	
Acoustic criteria for school buildings	

Andere gebouwen

**NBN S 01-401 (1987)**
(geluidniveaus)

NORME BELGE	
CDU : 534.69	ACOUSTIQUE
VALEURS LIMITES DES NIVEAUX DE BRUIT EN VUE D'EVITER L'INCONFORT DANS LES BATIMENTS	
NBN S 01-401	
2 ^e éd., novembre 1987	
Grenswaarden voor de geluidniveaus in gebouwen	
Zulässige Schallpegel in Gebäuden	
Maximal noise levels in buildings	

NBN S 01-400 (1977)
(geluidisolatie)

NORME BELGE — BELGISCHE NORM	
CDU : 534.69	ACOUSTIQUE
CRITERES DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE	
KRITERIA VAN DE ACOESTISCHE ISOLATIE	
NBN S 01-400	
2 ^e éd., février 1977	
Sound insulation	
Schalldämmung	
Documents à consulter :	
NBN S 01-008 (1975) — Acoustique — Mesure en laboratoire de l'isolation d'effluents	
NBN S 01-008 (1975) — Acoustical — Measurement of sound insulation in laboratory	

Herziening in draft
NBN S 01-400-3 (20xx)



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

- ▶ Buitenlawaai
- ▶ Prestatiegrootheid D_{Atr}

NORMEISEN VOOR DE GEVELGELUIDISOLATIE

- ▶ Woongebouwen
- ▶ Schoolgebouwen

AKOESTISCHE DIMENSIONERING

- ▶ **Prognosemethode**
- ▶ **Rekenvoorbeeld**
- ▶ **Tool woongebouwen**

AKOESTISCHE OPTIMALISATIE

- ▶ Vensters
- ▶ Ventilatioorosters
- ▶ Rolluikkasten



Berekening van de in situ geluidisolatie D_{Atr}

- Prognoseformule ISO 12354-3

$$D_{Atr} = \underbrace{R'_{Atr}}_{\text{SAMENGESTELDE GELUIDISOLATIE}} + \underbrace{\Delta L_{fs}}_{\text{VORM}} + \underbrace{10 \log \frac{V}{3S}}_{\text{OPPERVLAKTE van het gevelvlak
VOLUME van de ruimte}} = 0 \quad \text{voor vlakke gevel en } V/S = 3\text{m}$$

SAMENGESTELDE GELUIDISOLATIE

VORM

**OPPERVLAKTE van het gevelvlak
VOLUME van de ruimte**

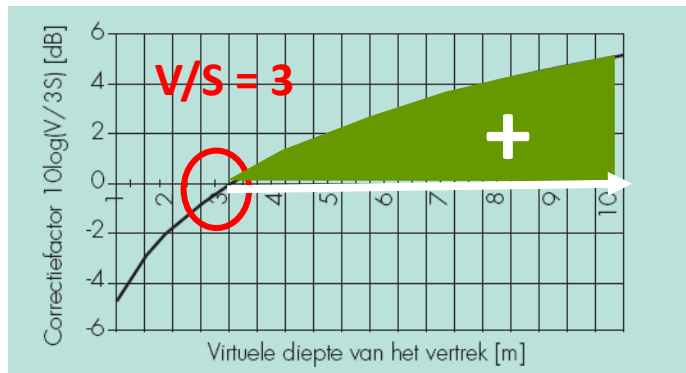


Berekening van de in situ geluidisolatie D_{atr}

- Invloed van het lokaal

$$D_{Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + \underbrace{10 \log \frac{V}{3S}}_{= 0 \text{ voor } V/S = 3m}$$

OPPERVLAKTE van het gevelvlak
VOLUME van de ruimte



Bij ondiepe lokalen ($V/S < 3m$) wordt de geluidisolatie kleiner

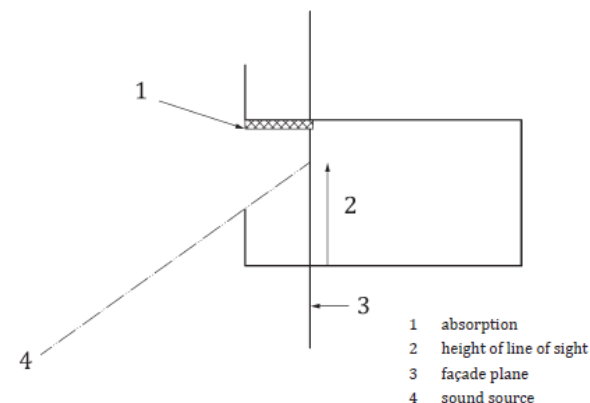


Berekening van de in situ geluidisolatie D_{atr}

- Invloed van de vorm van de gevel

$$D_{Atr} = R'_{Atr} + \boxed{\Delta L_{fs}} + 10 \log \frac{V}{3S}$$

$= 0$ voor vlakke gevel



Extra **afscherming** (>0) of **reflecties** (<0) vanwege vormgeving van de gevel, richting van het invallend geluid en absorptie van de onderzijde van balkons

ΔL_{fs} dB	1 plane	2 gallery			3 gallery			4 gallery			5 gallery		
absorption roof (α_w) $\Rightarrow$	does not apply	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
line-of-sight on façade: <1,5 m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	does not apply		
(1,5 to 2,5) m	0	does not apply			-1	0	2	0	1	3			
>2,5 m	0				1	1	2	2	2	3	3	4	6



Berekening van de in situ geluidisolatie D_{atr}

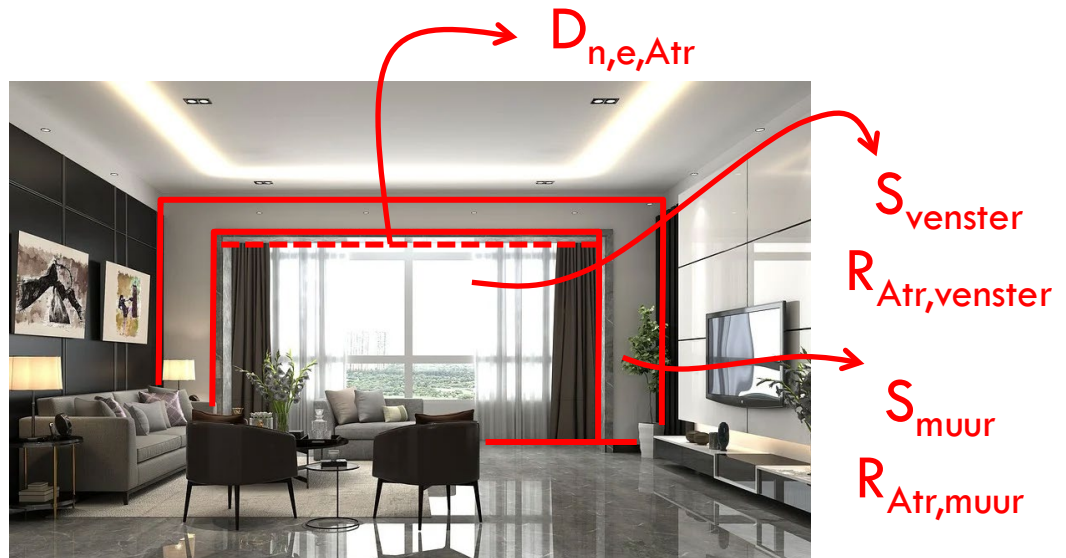
- Samengestelde geluidisolatie R'_{Atr}

$$D_{Atr} = R'_{Atr} \quad (\text{voor vlakke gevel en lokaal diepte } \approx 3 \text{ m})$$

$$R'_{Atr} = R_{Atr} = -10 \log \left(\sum \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{-\frac{R_{Atr,i}}{10}} + \sum \frac{10}{S_{tot}} n_j 10^{-\frac{D_{n,e,Atr,j}}{10}} \right)$$

“oppervlakte-gewogen som”
van de **geluidisolaties van de**
samenstellende gevelementen

“zwakste schakel” is bepalend



*Hypothese : flanking verwaarloosbaar



Samengestelde geluidisolatie R_{Atr}

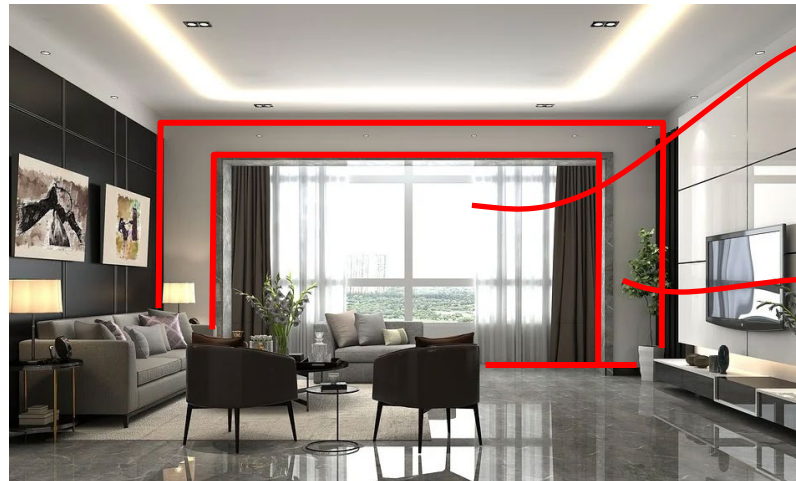
► Rekenvoorbeeld (zonder ventilatierooster)

- Muur : $R_w (C;C_{tr}) = 56 (-1;-5)$ dB, $R_{Atr} = 51$ dB ($S = 2$ m²)
- Venster : $R_w (C;C_{tr}) = 40 (-1;-3)$ dB, $R_{Atr} = 37$ dB ($S = 8$ m²)
- Totaal gevelvlak : $R_{Atr} = ?$

$$R_{Atr} = -10 \log \left[\frac{S_{muur}}{S_{gevelvlak}} 10^{-\frac{R_{Atr,muur}}{10}} + \frac{S_{venster}}{S_{gevelvlak}} 10^{-\frac{R_{Atr,venster}}{10}} \right]$$

	S	R_{Atr}
Muur	2 m ²	51 dB
Venster	8 m ²	37 dB
Gevelvlak	10 m ²	38 dB
(rekenkundig gemiddelde : 40 dB)		

Zwakste element weegt harder door dan in rekenkundig gemiddelde



$S_{venster}$
 $R_{Atr,venster}$
 S_{muur}
 $R_{Atr,muur}$



Samengestelde geluidisolatie R_{Atr}

► Rekenvoorbeeld (mét ventilatierooster)

- Muur : $R_w (C;C_{tr}) = 56 (-1;-5)$ dB, $R_{Atr} = 51$ dB ($S = 2$ m²)
- Venster : $R_w (C;C_{tr}) = 40 (-1;-3)$ dB, $R_{Atr} = 37$ dB ($S = 8$ m²)
- Ventilatierooster : $D_{n,e,w} (C;C_{tr}) = 38 (0;-1)$ dB, $D_{n,e,Atr} = 37$ dB ($n = 1$)
- Totaal gevelvlak : $R_{Atr} = ?$

$$R_{Atr} = -10 \log \left(\sum \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{-\frac{R_{Atr,i}}{10}} + \sum \frac{10}{S_{tot}} n_j 10^{-\frac{D_{n,e,Atr,j}}{10}} \right)$$

	S	R_{Atr}
Muur	2 m ²	51 dB
Venster	8 m ²	37 dB
Rooster	1 stuk	37 dB
Gevelvlak	10 m ²	34 dB

- 4 dB met ventilatierooster... Ondanks zelfde isolatiewaarde als venster, of niet?



Voorspelling van de geluidisolatie in situ (ISO 12354-3)

- Berekening per gevelvlak

$$D_{Atr} = R'_{Atr} + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{3S}$$

↑
samengestelde geluidisolatie uit de laboprestaties
voor de gevelelementen R_{Atr} en $D_{n,e,Atr}$

↓
≥ lastenboekeis?
≥ normeis?

↑
alternatieve keuze
gevelelementen

NOK

iteratief proces

OK



Ontwerptool NBN S 01-400-1 (woongebouwen)

- ▶ Vereenvoudigde methode (Annex A)
- ▶ R_{Atr} en $D_{ne,Atr}$ in functie van D_{Atr} -eis voor het gevelvlak (lastenboek, norm)
- ▶ Robuust, maar niet noodzakelijk meest optimale keuze...

Vensters : $R_{Atr} \geq ?$

Roosters : $D_{neAtr} \geq ?$

Bepaling van de akoestische prestaties van gevelelementen	
alle gevelelementen uitgezonderd buitenventilatioorosters:	$R_{Atr} \geq D_{Atr} + 3 + 10 \lg [3(S_{net} + 5n)/V] \text{ [dB]}$
buitenventilatioorosters indien aanwezig:	$D_{neAtr} \geq R_{Atr} + 3 \text{ [dB]}$

n = het aantal buitenventilatioorosters [-] of de (getalwaarde van de) totale lengte [m] van alle buitenventilatioorosters met gelijke akoestische prestatie in het gevelvlak. Wanneer er geen buitenventilatiooroster is, is $n = 0$.

D_{Atr} [dB] = de vereiste gevelgeluidisolatiewaarde voor het gevelvlak

$D_{2m,A}$ [dB] = de vereiste gevelgeluidisolatiewaarde voor het gevelvlak in het geval van gemeenschappelijk gebruikte buitengalerijen of buitentrappen

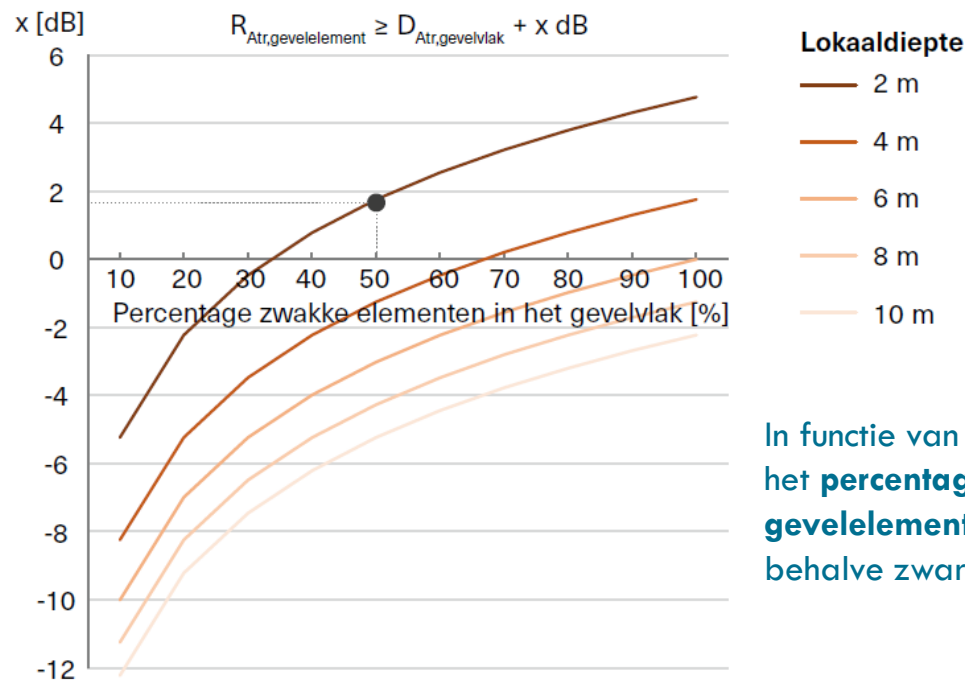
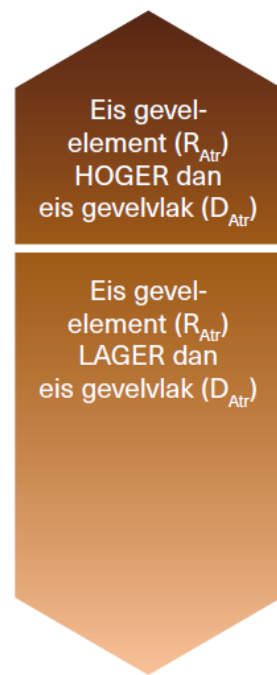
V [m³] = (getalwaarde van) het volume van de te beschermen ruimte

S_{net} [m²] = (getalwaarde van) de totale oppervlakte van de gevelelementen van het gevelvlak die een $R_{Atr} < 48 \text{ dB}$ hebben



Ontwerptool NBN S 01-400-1 (woongebouwen)

- ▶ Vereenvoudigde methode (Annex A)
- ▶ R_{Atr} en $D_{ne,Atr}$ **in functie van D_{Atr} -eis** voor het gevelvlak (lastenboek, norm)
- ▶ Robuust, maar niet noodzakelijk meest optimale keuze...
- ▶ Voor lokalen zonder ventilatieroosters :



In functie van de **lokaaldiepte** en het **percentage zwakke gevelementen** (d.i. alles behalve zware gevelwanden)



Ontwerptool NBN S 01-400-1 (woongebouwen)

Rekentool – Gevelgeluidsisolatie

De eisen voor de gevelgeluidsisolatie van woongebouwen zijn afhankelijk van de lawaaielasting voor de gevel. Met behulp van deze rekentool kan de lawaaielasting in eenvoudige situaties bepaald worden. Daarnaast helpt de rekentool bij de keuze van de gevelelementen (beglazingen en ventilatieroosters).

Alle mogelijkheden van de rekentool worden toegelicht in dit [document](#) aan de hand van enkele case studies.

Rekentool – Gevelgeluidsisolatie



ONLINE TOOL

[Bouwakoestiek :
normering in België
\(buildwise.be\)](#)



wat wenst u te doen (kies hieronder...)

Een bepaalde waarde DA_{Tr} is vereist voor het gevelvlak, ik wil de samenstellende bouwelementen kiezen om daaraan te voldoen

De akoestische prestaties van de samenstellende elementen van het gevelvlak zijn gegeven, ik wil de resulterende gevelgeluidisolatie DA_{Tr} en de samengestelde geluidverzwakkingsindex $R_{A_{Tr}}$, tot van het gevelvlak kennen

Een verkeersgeluidniveaumeting is beschikbaar, ik moet de verschillende bouwelementen van het gevelvlak akoestisch dimensioneren.

Er zijn geen metingen van omgevingsgeluid beschikbaar, maar ik ken het soort omgeving en ik wil voldoen aan de eisen van de akoestische norm NBN S 01-400-1:2022



GELUIDISOLATIE BUITEN-BINNEN

- ▶ Buitenlawaai
- ▶ Prestatiegrootheid D_{Atr}

NORMEISEN VOOR DE GEVELGELUIDISOLATIE

- ▶ Woongebouwen
- ▶ Schoolgebouwen

AKOESTISCHE DIMENSIONERING

- ▶ Prognosemethode
- ▶ Rekenvoorbeeld
- ▶ Tool woongebouwen

AKOESTISCHE OPTIMALISATIE

- ▶ **Vensters**
- ▶ **Ventilatieroosters**
- ▶ **Rolluikkasten**



Prioritair aanpakken van zwakste schakels

Belang van de zwakke schakels !

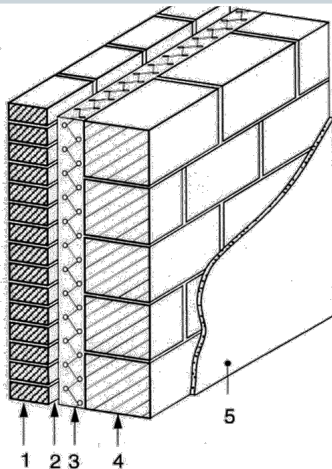
$$R'_{Atr} = -10 \log \left(\sum \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{-\frac{R_{Atr,i}}{10}} + \sum \frac{10}{S_{tot}} 10^{-\frac{D_{n,e,Atr,i}}{10}} \right)$$



R _w	BOUWELEMENTEN
< 20 dB	Lekken (Gedempte openingen) Niet akoestisch gedempte ventilatieroosters Lokale geluidsverzwakkingen bij aansluitingen tussen bouwelementen, voegen (dak/wand, Ventilatieroosters) Lichte vulpanelen en sandwichconstructies met stijve thermische isolatie
25 à 30 dB	Dakkoepels uit polycarbonaat Lichte invulpanelen (Lichte sandwichpanelen met stijve thermische isolatie) Lichte vensterconstructies met slechte voegdichting voor opendraaiende delen Lichte daken (Lichte sandwichpanelen met vulling van minerale wol)
30 dB	Traditionele dakconstructies met stijve thermische isolatie Traditionele vensters (Traditionele vensterconstructies waarvan meer dan 30 % van de dagopening ingenomen wordt door de raamconstructie) Gewone vensterconstructies met opendraaiende delen met goede voegdichting Traditionele daken (Traditionele daken met geluidsabsorberende eigenschappen)
30 à 35 dB	Ontdubbelde wanden met hout- en/of plaatmateriaal met starre koppeling en minerale wol in de Houten gevelwanden (Normale, geluidsdempende ventilatieroosters)
> 40 dB	Gewone akoestische beglazingen Akoestische ventilatieroosters (Ventilatoren met speciale akoestische beglazingen uit giethars of PVB(A)) Gewelwanden uit verlijmd celbetonblokken (licht en geringe dikte) Akoestische beglazingen (Akoestische beglazingen met hoge kwaliteit, grotere dikte)
> 50 dB	Suskasten met hoge prestaties, akoestische muurventilatieroosters Traditioneel metselwerk (Traditioneel metselwerk met hoge akoestische prestaties, zowel al of niet met thermische isolatie, Zwaar metselwerk) Betonwanden (Ontdubbelde vensterconstructies, Ontdubbelde dakconstructies)



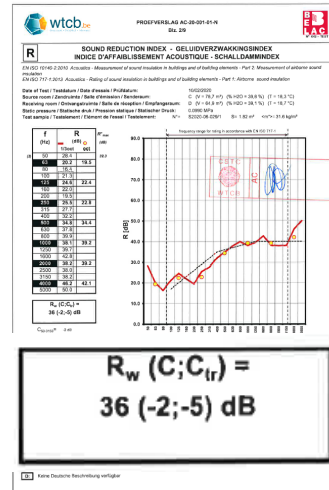
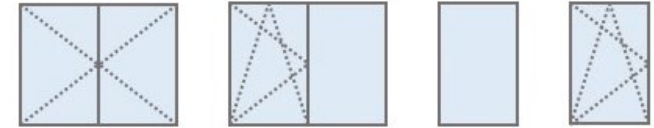
constructie	R_w	$(C;C_{tr})$	R_{Atr}
Volle baksteen 9 cm / niet-geventileerde luchtsponw 5 cm opgevuld met minerale wol/ holle betonblok 19 cm / bepleistering	55 dB	(-1;-5) dB	50 dB
Beglazing 4/15/4	29 dB	(-1;-4) dB	25 dB
Beglazing 4/16/6	35 dB	(-2;-5) dB	30 dB
Beglazing 6/15/44.2A	39 dB	(-2;-6) dB	33 dB
Enkel opendraaiend PVC-raam met stalen verzwaringen, beglazing 44.2A/20/66.2A	46 dB	(-1;-4) dB	42 dB



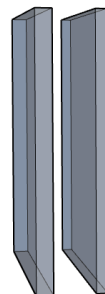
Zie ook : Akoestiek van de vensters | Gids Duurzame Gebouwen

Geluidisolatie R_{Atr} ?

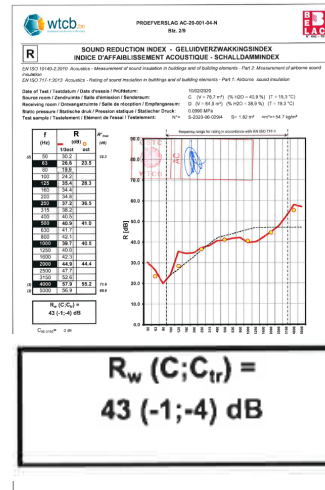
- Via fabrikant : technische fiche / proefrapport



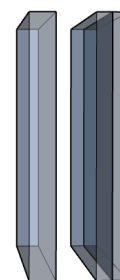
$R_{Atr} = 31 \text{ dB}$



6-15-4
 $R_{Atr} = 30 \text{ dB}$



$R_{Atr} = 39 \text{ dB}$



10-15-66.2A
 $R_{Atr} = 41 \text{ dB}$



Proefopstelling voor vensters 123x148



Geluidisolatie R_{Atr} : tot 34 dB

- ▶ Extrapolatieregels (EN 12351-1 : 2016)

Table B.2 — $R_w + C_{tr}$ for window based on $R_w + C_{tr}$ for IGU

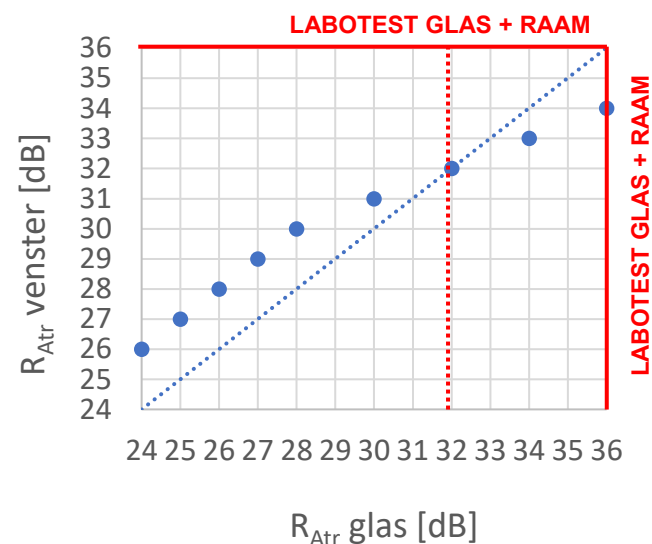
IGU $R_w + C_{tr}$ ^a [dB]	Single windows ^b		Single, sliding windows ^c	
	Window $R_w + C_{tr}$ [dB]	Number of seals re- quired ^d	Window $R_w + C_{tr}$ [dB]	Number of seals required ^d
24	26	1	24	1
25	27	1	25	1
26	28	1	26	1
27	29	1	26	1
28	30	1	27	1
30	31	1	27	1
32	32	2	28	1
34	33	2	N/A	N/A
36	34	2	N/A	N/A

^a Test according to EN ISO 140-3 (reference method) or generic data according to EN 12758 or EN 12354-3.

^b Fixed and openable (top/side/bottom-hung or pivoted) single windows fulfilling air permeability Class 3, see 4.14.

^c Single, sliding windows fulfilling air permeability Class 2, see 4.14.

^d Openable windows only.



Glas < 32 dB → positief raameffect

Glas > 32 dB → negatief raameffect



Geluidisolatie beglazingen

Enkelvoudig	$R_w(C;C_{tr})$	R_{Atr}
niet-gelaagd		
4	32(-1;-2) dB	30 dB
6	34(-1;-2) dB	32 dB
8	35(-1;-3) dB	32 dB
10	37(-1;-2) dB	35 dB
gelaagd (niet akoestisch)		
33.2	33(-1;-2) dB	31 dB
44.2	35(-1;-3) dB	32 dB
66.2	39(-1;-4) dB	35 dB
akoestisch gelaagd		
33.2A	36(0;-3) dB	33 dB
44.2A	37(0;-2) dB	35 dB
66.2A	40(-1;-3) dB	37 dB

$$R_{Atr} = R_w + C_{tr}$$

Dubbel	$R_w(C;C_{tr})$	R_{Atr}
symmetrisch		
4-15-4	29(-1;-4) dB	25 dB
4-16-4	30(-1;-3) dB	27 dB
6-16-6	33(-1;-4) dB	29 dB
asymmetrisch		
6-15-4	34(-1;-4) dB	30 dB
6-16-4	35(-2;-5) dB	30 dB
6-15-10	38(-1;-4) dB	34 dB
6-20-10	37(-1;-2) dB	35 dB
eenzijdig gelaagd		
6-15-55.2	39(-1;-4) dB	35 dB
4-16-44.2	37(-2;-6) dB	31 dB
6-20-55.2	42(-1;-5) dB	37 dB
eenzijdig akoestisch gelaagd		
8-15-66.2A	43(-2;-4) dB	39 dB
8-15-44.2A	41(-2;-6) dB	35 dB
10-20-44.2A	45(-1;-4) dB	41 dB
12-20-66.2A	45(-1;-3) dB	42 dB
tweezijdig akoestisch gelaagd		
66.2A-20-44.2A	50(-2;-8) dB	42 dB
66.2A-15-88.2A	51(-1;-4) dB	47 dB

Drievoudig	$R_w(C;C_{tr})$	R_{Atr}
niet gelaagd		
4-16-4-16-4	32(-2;-5) dB	27 dB
eenzijdig akoestisch gelaagd		
6-12-4-12-44.1A	42(-1;-5) dB	37 dB
tweezijdig akoestisch gelaagd		
44.1A-12-4-12-44.1A	47(-2;-6) dB	41 dB
66.1A-12-6-12-44.1A	50(-2;-6) dB	44 dB



Bronnen:

Round Robin tests

Richtwaarden op basis van recente labometingen Buildwise

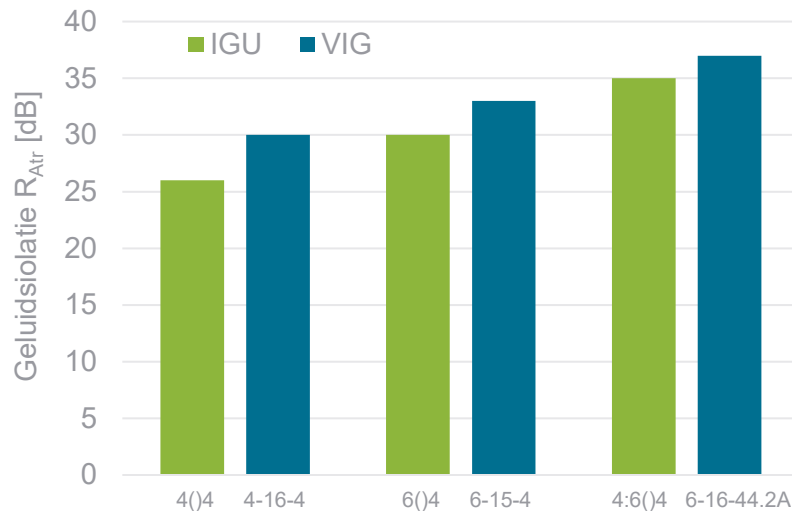
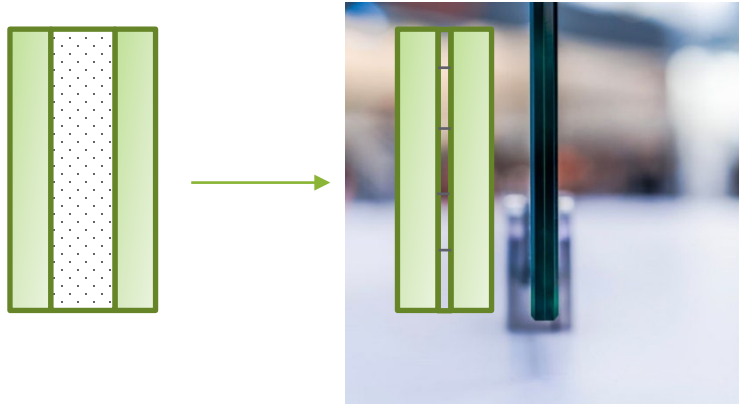
Technische documentatie glasfabrikanten

Generische tabel in EN 12354-3(2000) of in EN 12758-1(2011) (waarde daarin + 2 dB)

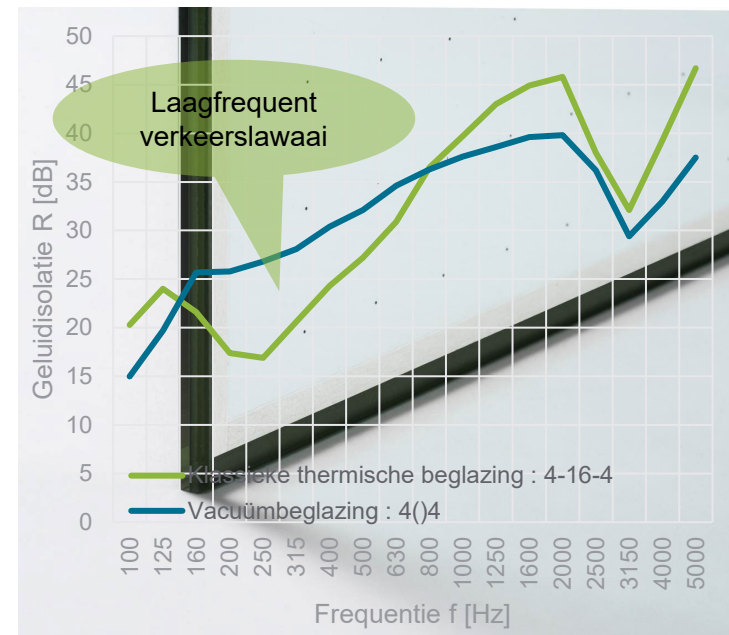


Geluidisolatie van beglazingen

► Vacuümbeglazingen



- ❖ Thermische isolatie $\approx$ drievoudige beglazingen
- ❖ Akoestische voordelen van enkele beglazingen (geen luchtsponw)
- ❖ Beperkte dikte en gewicht (behoud bestaande ramen mogelijk)



Invloed van de oppervlakte (EN 14351-1:2016)

Window size range		Sound insulation value for window
Test results (see B.2) for test specimen of any size	Tabulated values (see B.3) ^a	
-100% to +50% of test specimen overall area	Overall area $\leq 2,7 \text{ m}^2$	R_w and $R_w + C_{tr}$ according to B.2 or B.3
+50% to +100% of test specimen overall area	$2,7 \text{ m}^2 < \text{Overall area} \leq 3,6 \text{ m}^2$	R_w and $R_w + C_{tr}$ corrected by -1 dB
+100% to +150% of test specimen overall area	$3,6 \text{ m}^2 < \text{Overall area} \leq 4,6 \text{ m}^2$	R_w and $R_w + C_{tr}$ corrected by -2 dB
>+150% of test specimen overall area	$4,6 \text{ m}^2 < \text{Overall area}$	R_w and $R_w + C_{tr}$ corrected by -3 dB
^a The area intervals indicated for tabulated values are identical to the intervals for test results according to B.2 using the recommended test specimen size 1,23 m x 1,48 m.		

**Negatieve impact
(tot -3 dB)
voor grotere
oppervlakken**

→ Eis tot + 3 dB



Testoppervlakte in laboratorium
(meestal $1,23 \times 1,48 \text{ m} = 2,7 \text{ m}^2$)

≠

Geplaatste venster- of
glasoppervlakte

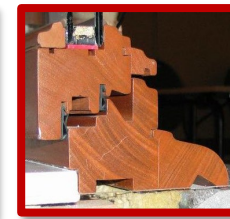


Aard van het raamprofiel

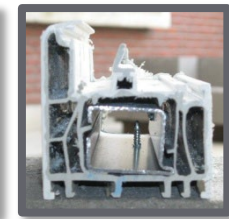
- ▶ Quasi gelijkwaardig :
 - Aluminium met th. onderbreking
 - Hout $\geq 60\text{mm}$ dikte
 - PVC met metalen versterking



alu



hout

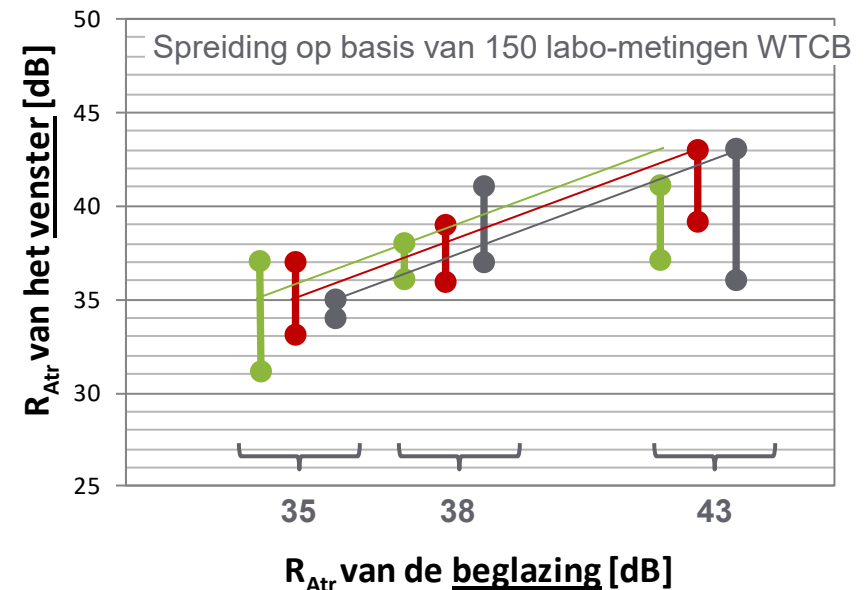


PVC



beglazing: 44.2A-20-66.2A ($R_{Atr}=42\text{ dB}$)

gewone vensters: vast, draai(-kip)



*Niet zozeer het materiaal, wel vormgeving, verzwaringen en dichtingen zijn van belang
Voor een optimale geluidisolatie wordt de oppervlakte profiel/venster best tot 30% beperkt*



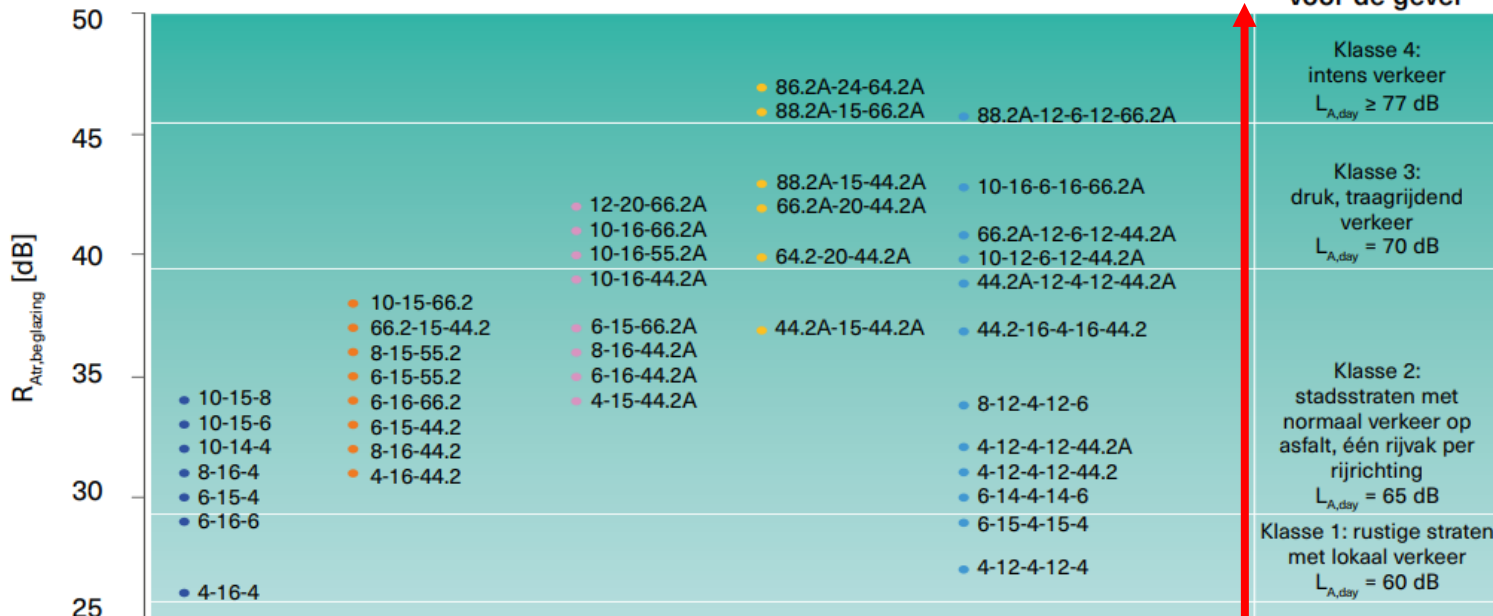
Keuze van de geschikte beglazing

- In functie van het buitenlawaai
- Voor woongebouwen (NBN S 01-400-1:2022)

- Eén gevelvlak
- Geen roosters
- Lokaaldiepte $\geq 4m$
- m^2 beglaasd $\leq 50\%$

Voor individuele glaspartijen $\leq 3.6m^2$

Geluidsniveau
vóór de gevel



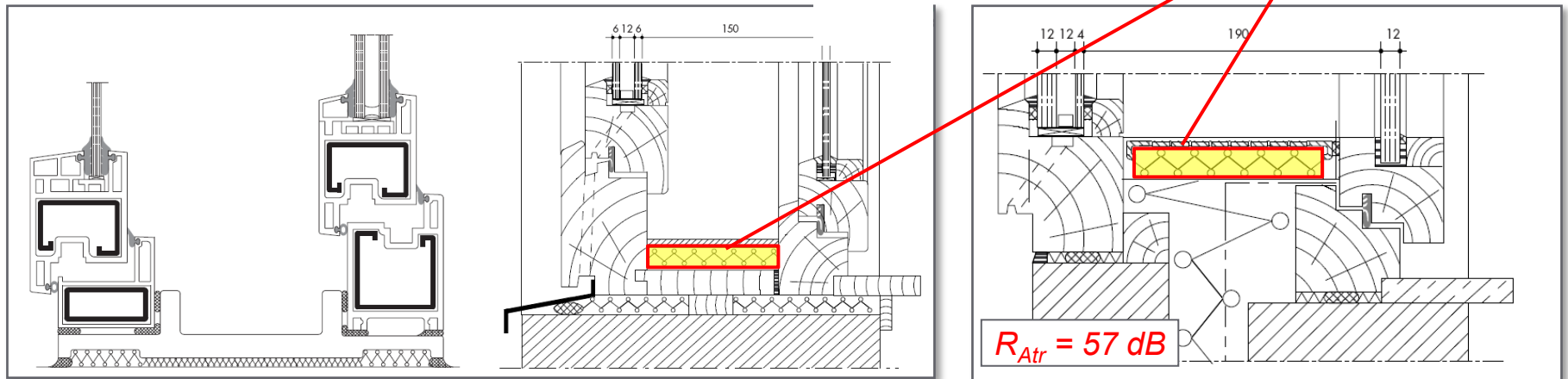
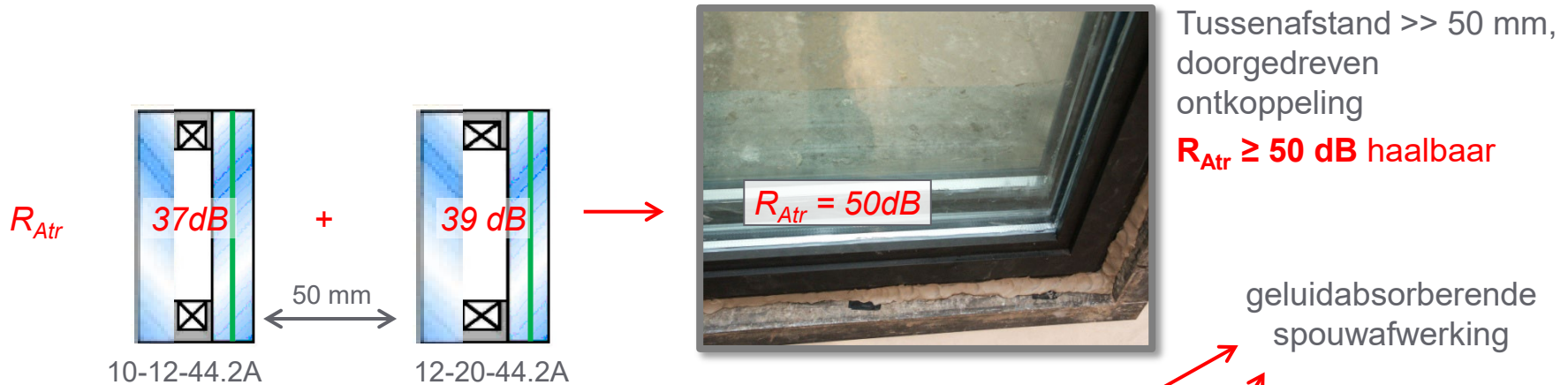
- Dubbele beglazing
- Dubbele, gelaagde, éénzijdig akoestische beglazing
- Drievoudige beglazing
- Dubbele, gelaagde beglazing
- Dubbele, gelaagde, tweezijdig akoestische beglazing

Nieuwe akoestische criteria voor beglazingen. (buildwise.be)

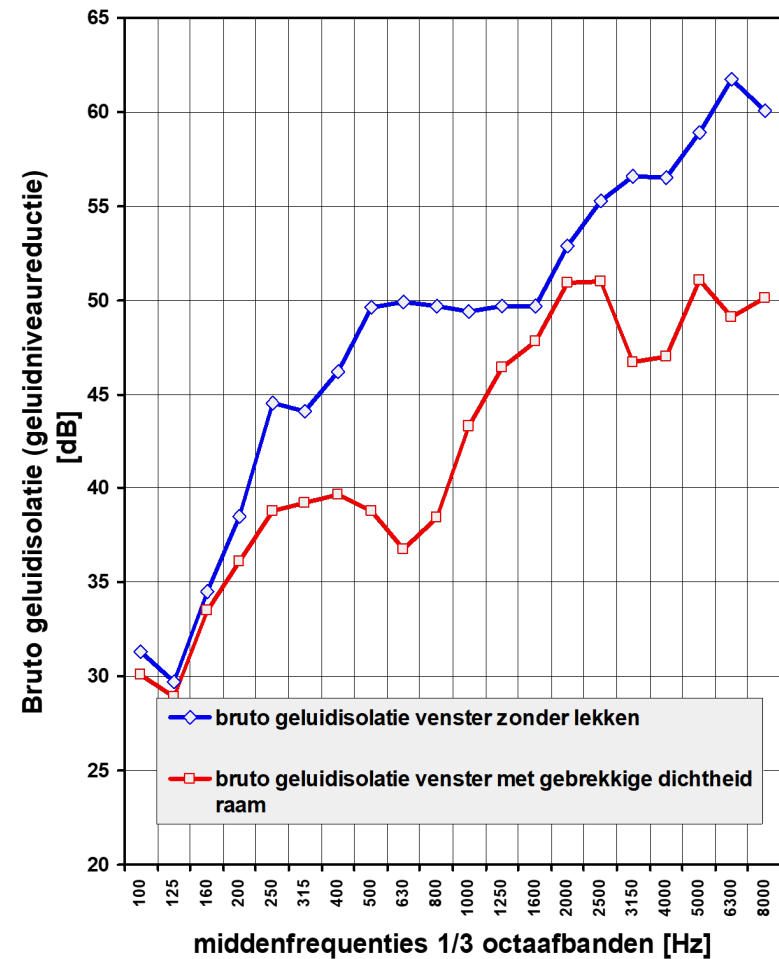


Speciale vensterconcepten

► Dubbele vensters



Dichtingen en aansluitingen



Dichtingen en aansluitingen

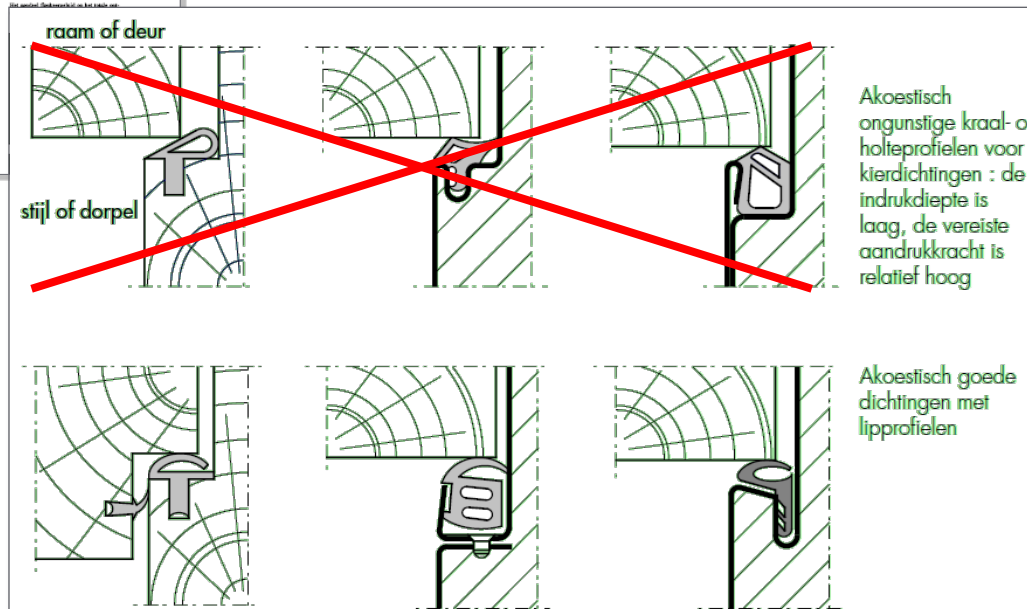


- Aansluiting raamvleugel

- soepelheid → lipprofielen
- voldoende sluitpunten
- meertrapsdichtingen
- perfecte aansluiting in hoeken



WT
Tijdschrift
2000/1



Dichtingen en aansluitingen

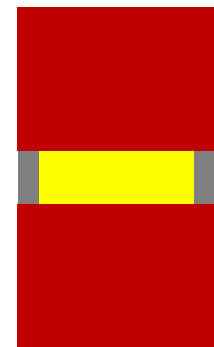
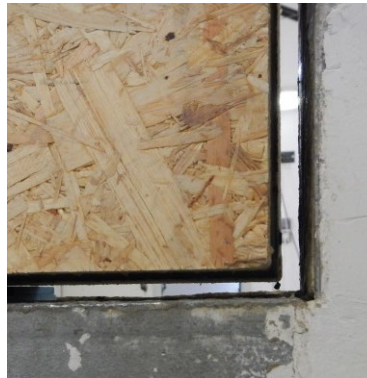
► Ruwbouwaansluitingen

✓ **Smalle voegen** (hoogfrequente verliezen)

- *tot 7 mm >>> siliconen*
- *tot 1.5 cm >>> oliehoudende stopverven, mastieken, rubber... (zwaardere opvullingen)*

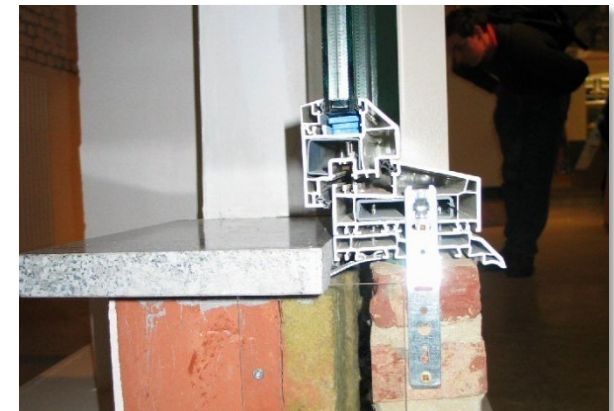
✓ **Brede voegen of gaten** (hoog- én laagfrequente verliezen)

- *zwaardere materialen (hout, pleisteren, cementeren, dubbele wand constructies...)*



Ruwbouwaansluitingen

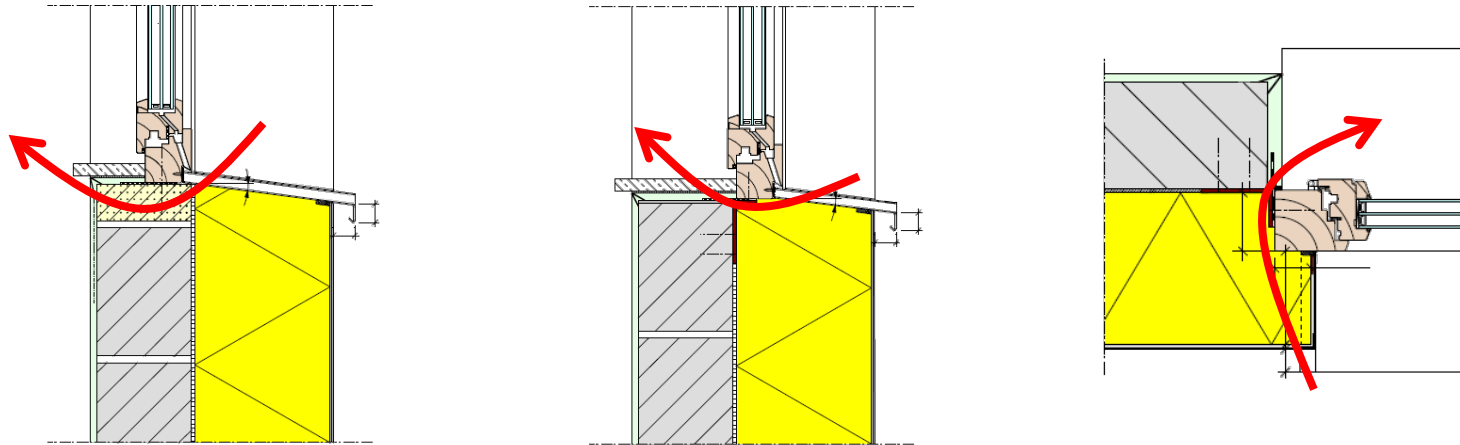
- ▶ Absorberend materiaal
- ▶ Wederzijdse afdichting (bi-bu)



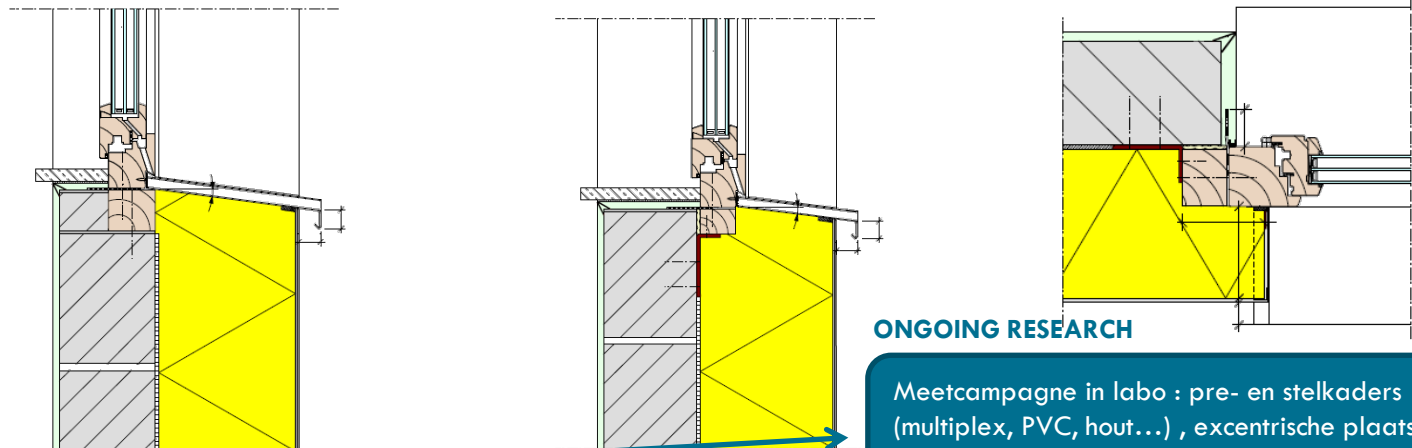
Ruwbouwaansluitingen

► Vensteraansluitingen met ETICS

Stijf isolatiemateriaal
heeft geen
akoestische waarde !



Mogelijke oplossing
(TV 257) : verzwarend
kader bevestigd aan
schrijnwerk, meestal in
hout ($\geq \text{kg/m}^2 \dots ?$)



ONGOING RESEARCH

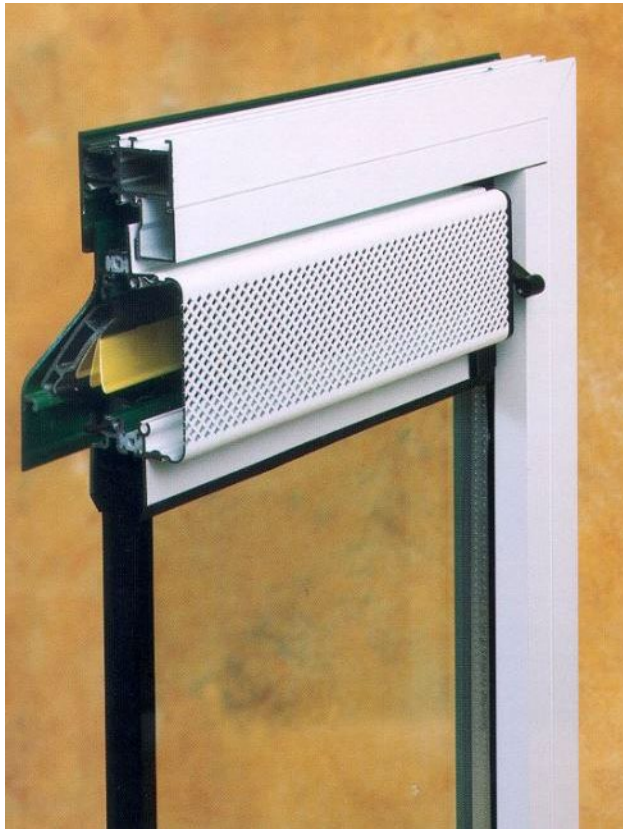
Meetcampagne in labo : pre- en stelkaders
(multiplex, PVC, hout...) , excentrische plaatsing
of tussen dagkanten, verschillende voegdichtingen



Veelal de zwakste schakels

- Klassieke ventilatieroosters : $D_{n,e,Atr} = \pm 25$ tot 30 dB

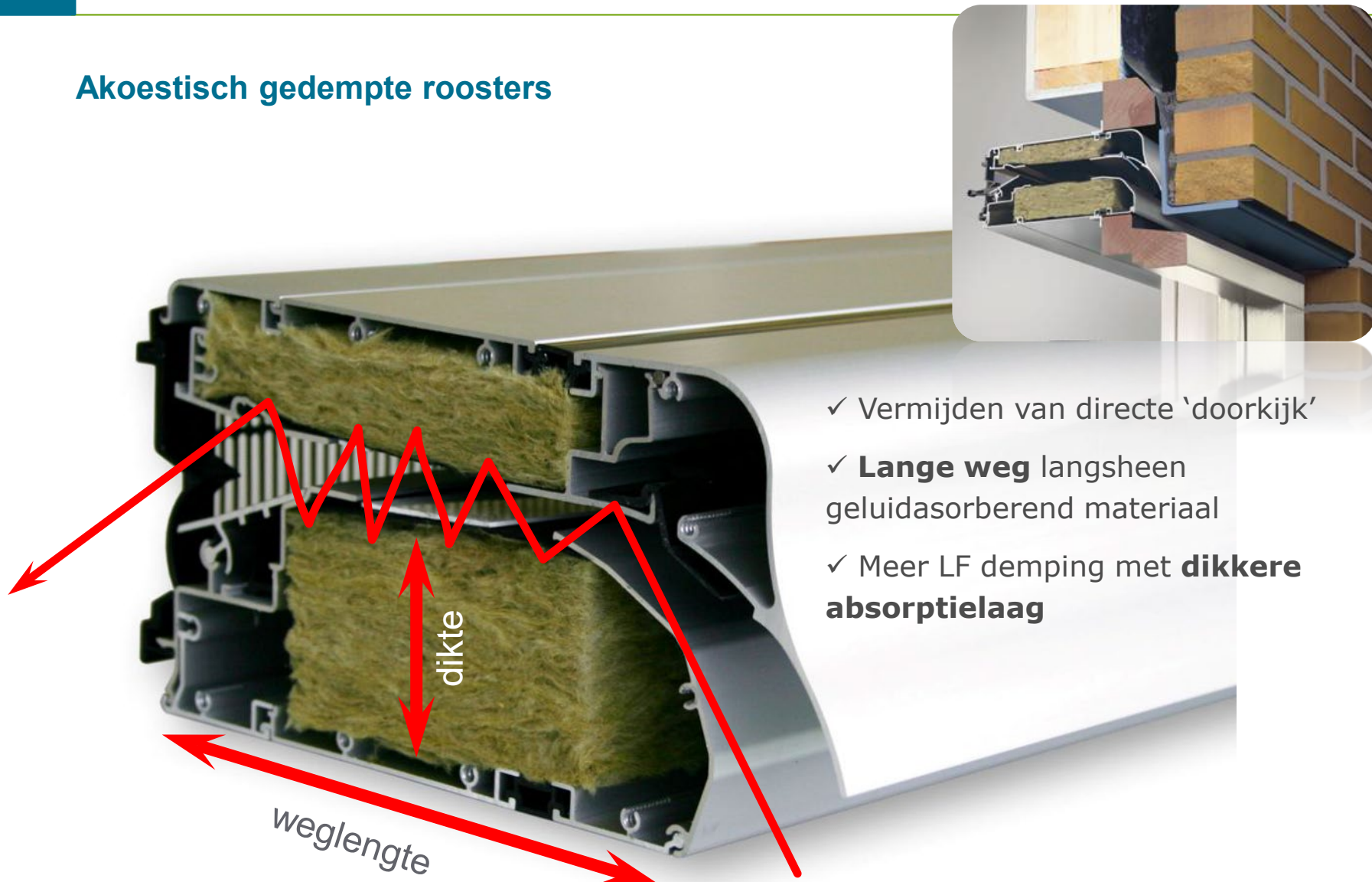
Technische fiche :
 $D_{n,e,w} + C_{tr}$ (**open** toestand)



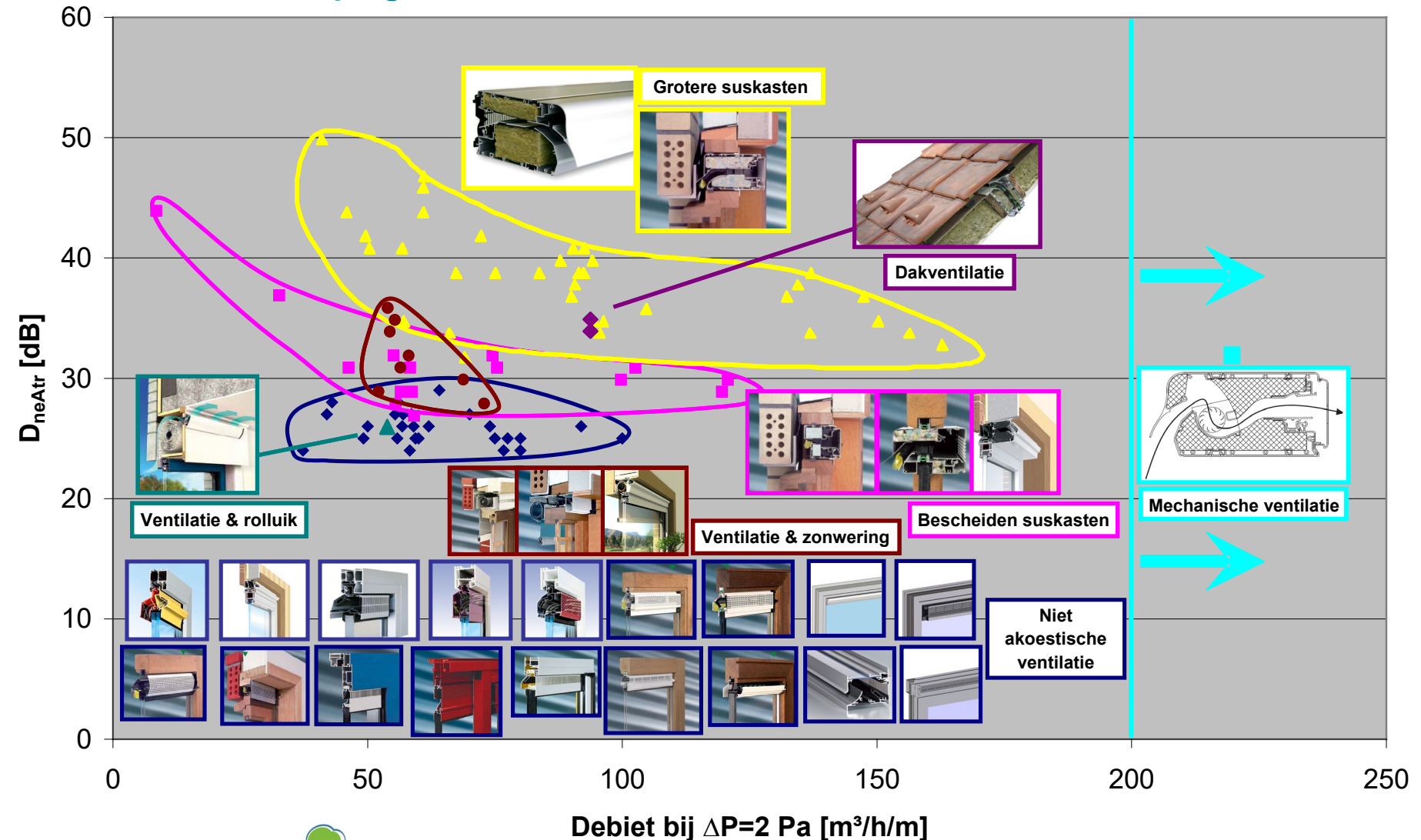
D_{ne} -waarde $\approx R$ -waarde + 10 dB



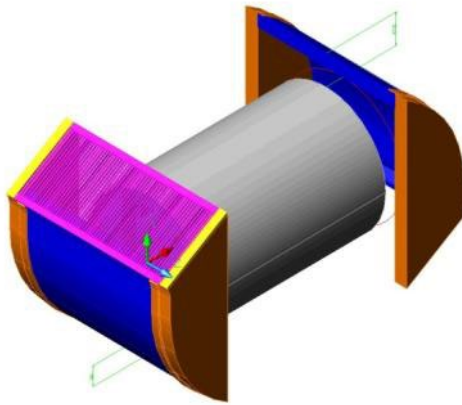
Akoestisch gedempte roosters



Geluidsdemping vs. luchtdebiet



Akoestische muurdempers

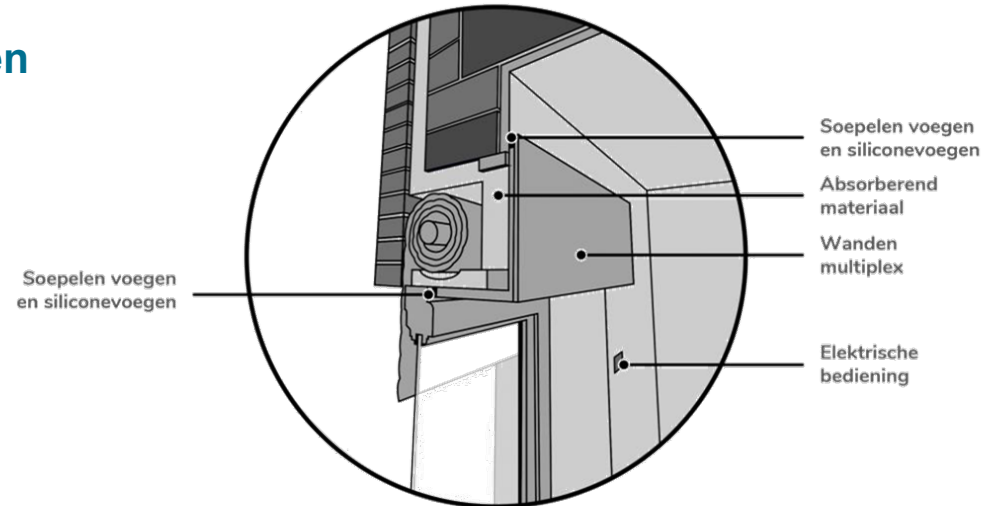
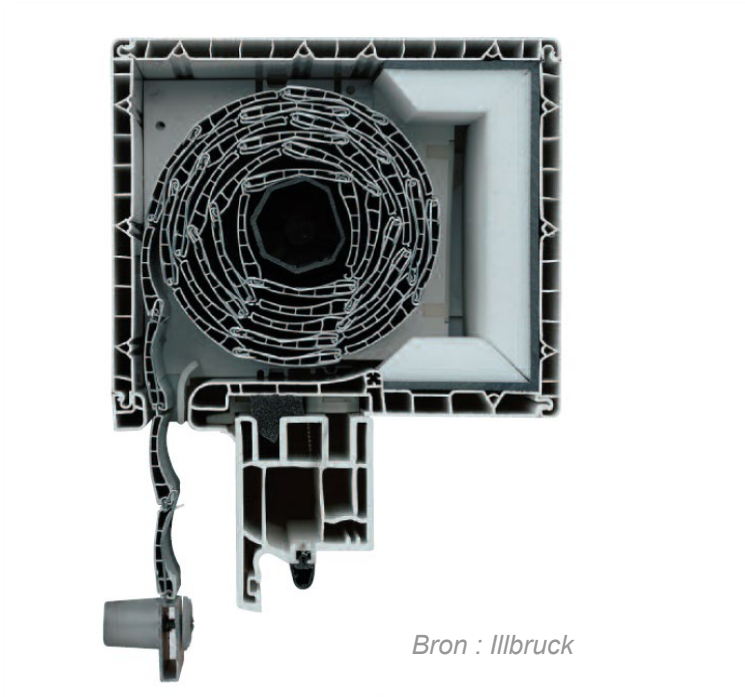


Aandachtspunten

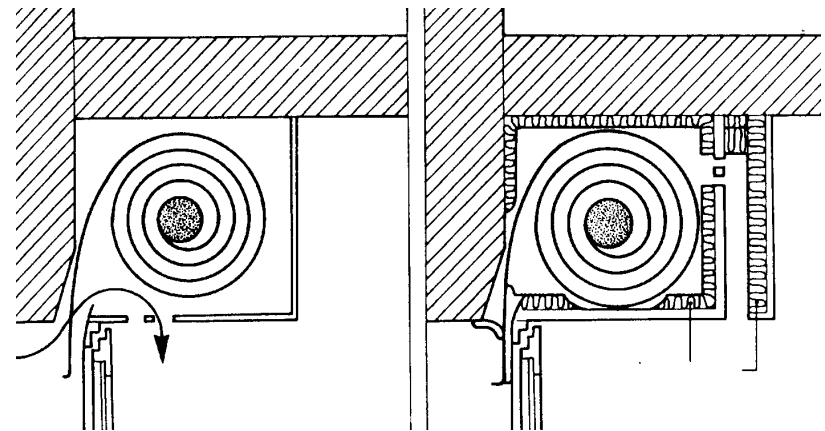
- ▶ Aansluitingen met venster en metselwerk
- ▶ Doorgangen van rolluik en lint



Akoestisch gedempte rolluikkasten



Bron : Akoestiek van andere gevelelementen | Gids Duurzame Gebouwen



Zelfde principes bij rolluik- of screenkast **met ventilatievoorziening** :
Wegverlenging, absorberend materiaal, verzwaren en lekdichte aansluitingen



Lichte gevelwanden

Belang van de zwakke schakels !

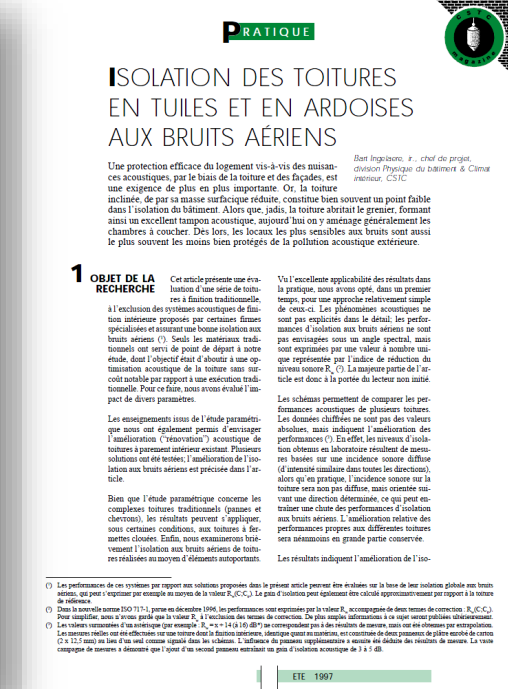
$$R'_{Attr} = -10 \log \left(\sum \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{-\frac{R_{Attr,i}}{10}} + \sum \frac{10}{S_{tot}} 10^{-\frac{D_{n,e,Attr,i}}{10}} \right)$$



R _w	BOUWELEMENTEN
< 20 dB	Lekken (openingen) Niet akoestisch gedempte ventilatieroosters Lokale geluidsverzwakkingen bij aansluitingen tussen bouwelementen, voegen (dak/wand, Ventilatieroosters Lichte vulpanelen en sandwichconstructies met stijve thermische isolatie Dakkoepels uit polycarbonaat
25 à 30 dB	Lichte invulpanelen (onderafwerking) uit lichte sandwichpanelen met stijve thermische isolatie Lichte vensterconstructies met slechte voegdichting voor opendraaiende delen Lichte daken (onafhankelijke onderafwerking) uit lichte sandwichpanelen met vulling van minerale wol Traditionele dakconstructies met stijve thermische isolatie Traditionele vensters waarvan meer dan 30 % van de dagopening ingenomen wordt door de raamconstructie Gewone vensterconstructies met opendraaiende delen met goede voegdichting Traditionele daken met stijve thermische isolatie (of andere thermische isolatie met geluidsabsorberende eigenschappen)
30 à 35 dB	Ontdubbelde wanden met hout- en/of plaatmateriaal met starre koppeling en minerale wol in de Houten gevelwanden Normale, geluiddempende ventilatieroosters Gewone akoestische beglazingen Akoestische ventilatieroosters Vensters met speciale akoestische beglazingen uit giethars of PVB(A) Gewelwanden uit verlijmd celbetonblokken (licht en geringe dikte) Akoestische beglazingen (kwaliteit, grotere dikte) Suskasten met hoge prestaties, akoestische muurventilatieroosters
> 40 dB	Traditioneel metselwerk (5 cm) met isolatie opbouw al of niet met thermische isolatie, (geen spouwkeuken) Traditioneel metselwerk Zwaar metselwerk Ontdubbelde vensterconstructies Betonwanden Betonwanden, betonnen dakconstructies
> 50 dB	



- ▶ Daken, skeletwanden
- ▶ Inherent gebrek aan massa
- ▶ Akoestisch optimalisatie dankzij dubbelwandig systeem





- ▶ Belang van de **lage frequenties** in een stedelijke omgeving (+ C_{tr})
- ▶ De geluidisolatie van de **gevel in situ** wordt uitgedrukt in D_{Atr}
- ▶ Akoestische prestaties van **gevelelementen**, bepaald in labo, worden uitgedrukt in R_{Atr} of D_{neAtr} ($< 1m^2$)
- ▶ De norm **NBN-S01-400-1** stelt eisen aan de gevelgeluidisolatie en de gevelelementen (ontwerptool) voor **woongebouwen**
- ▶ De **gevelopeningen** (vensters, roosters, rolluikkasten) zijn doorgaans bepalend voor de haalbare gevelgeluidwering
- ▶ Om zwakke gevelelementen te optimaliseren, is **verzwaring, ontkoppeling** en toevoeging van **absorptie** noodzakelijk (massa-veer-massa systeem)





Gids duurzame gebouwen

- ▶ [Akoestiek van de vensters | Gids Duurzame Gebouwen](#)
- ▶ [Akoestiek van andere gevelelementen | Gids Duurzame Gebouwen](#)
- ▶ [Akoestiek van een lichte metalen wand | Gids Duurzame Gebouwen](#)
- ▶ [Akoestiek van daken | Gids Duurzame Gebouwen](#)



Websites

- ▶ [Quiet.brussels: Plan voor de preventie en bestrijding van geluidshinder en trillingen in een stedelijke omgeving \(environnement.brussels\)](#)
- ▶ [Geluidsoverlast: stand van zaken | Leefmilieu Brussel voor professionals - Leefmilieu Brussel](#)
- ▶ [Akoestisch comfort binnen woningen : bescherming tegen vliegtuiglawaai. \(Uit de praktijk\). \(buildwise.be\)](#)
- ▶ [Update Vademecum voor wegverkeerslawaai in de stad | OCW \(brrc.be\)](#)
- ▶ [Bouwakoestiek : normering in België \(buildwise.be\)](#)
- ▶ [Nieuwe akoestische criteria voor beglazingen. \(buildwise.be\)](#)
- ▶ [Akoestische criteria voor beglazingen. \(buildwise.be\)](#)
- ▶ [Leakage detection with SoundCam – YouTube](#)
- ▶ [Akoestisch verbeterde oplossingen voor lichte gevelwanden. \(buildwise.be\)](#)
- ▶ [Geluidsisolatie van hellende daken. \(buildwise.be\)](#)
- ▶ [Luchtgeluidsisolatie bij pannen- en leidendaken. \(Uit de praktijk\). \(buildwise.be\)](#)





Normen & literatuur

- ▶ NBN S 01-400-1: 2022 Akoestische criteria voor woongebouwen
- ▶ NBN S 01-400-2: 2012 Akoestische criteria voor schoolgebouwen
- ▶ NBN S 01-400: 1977 Kriteria van de akoestische isolatie
- ▶ NBN EN 12354-3: 2000 Building acoustics - Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements - Part 3: Airborne sound insulation against outdoor noise
- ▶ NBN EN 14351-1:2006+A2:2016 Windows and doors. Product standard, performance characteristics Windows and external pedestrian doorsets
- ▶ Bouwakoestiek, Hogere Cursus Akoestiek, KVIV, G. Vermeir, 2003
- ▶ Noise and vibration control, L.L. Beranek, 1988



Guidance technologique Ecoconstruction en Région de Bruxelles-Capitale

Le confort acoustique dans les habitations: nouvelles exigences et concepts constructifs

Êtes-vous un professionnel du bâtiment à Bruxelles...

- Actif dans le domaine **de la construction durable et construction 4.0**
- Qui s'investi dans **les techniques de construction neuves et innovantes**
- Désireux d'augmenter **votre compétence, votre rendement et votre part de marché?**

Êtes-vous à la recherche ...

- d'un **support technologique** professionnel
- d'**informations** sur le marché **indépendantes et fiables**
- de possibilités de **financement** et de **subsidés**
- de **sessions d'informations** sur les nouvelles technologies au sein de votre secteur

pour développer et réaliser **votre idée innovante ?**



Votre partenaire
en innovation, la
construction 4.0 et la
construction durable

UN SERVICE DU

Buildwise

EN COLLABORATION AVEC


AVEC LE SOUTIEN DE




Guidance technologique Ecoconstruction en Région de Bruxelles-Capitale

Le confort acoustique dans les habitations: nouvelles exigences et concepts constructifs

Vous cherchez une réponse par exemple sur...

- Puis-je proposer les **toitures multidisciplinaires** et les **façades vertes** à mes clients en tant qu'alternative durable?
- Comment les **techniques numériques** telles que la numérisation 3D, l'impression 3D et les robots peuvent-elles améliorer la **productivité** de mon entreprise?
- Existe-t-il des **systèmes innovants de ventilation** qui garantissent une bonne qualité de l'air intérieur et de la santé lors de rénovations **en milieu urbain**?
- Comment adapter mes **techniques de rénovation** pour pouvoir proposer à mes clients, **en un temps record, une habitation presque zéro énergie**?
- Comment améliorer **acoustiquement** mes produits pour élargir mon segment de marché?
- Avec quels concepts et technologies puis-je **améliorer** aussi bien **le confort et la performance énergétique** des bâtiments?
- Quelle **technologie-SMART** pour la gestion de bâtiment puis-je offrir à mes clients comme service supplémentaire?
- Comment puis-je **diminuer l'impact environnemental** de mes matériaux?



SUSTAINABLE BUILDING INNOVATION



Votre partenaire
en innovation, la
construction 4.0 et la
construction durable

UN SERVICE DU

Buildwise

EN COLLABORATION AVEC

Comité d'action Construction
Bruxelles-Capitale
Construction, énergie & environnement

AVEC LE SOUTIEN DE

innoviris.brussels
empowering research



Guidance technologique Ecoconstruction en Région de Bruxelles-Capitale

Le confort acoustique dans les habitations: nouvelles exigences et concepts constructifs



Souhaitez-vous bénéficier gratuitement de cette assistance? Appelez ou écrivez-nous encore aujourd'hui!



C-TECH c/o CSTC

Guidance Technologique "Ecoconstruction" Bruxelles

Rue Dieudonné Lefèvre 17
1020 Bruxelles



Téléphone : 02 655 77 11

E-mail : c-tech.brussels@bbri.be
www.c-tech.brussels



Votre partenaire
en innovation, la
construction 4.0 et la
construction durable

UN SERVICE DU



EN COLLABORATION AVEC



AVEC LE SOUTIEN DE



Debby WUYTS

Hoofd Laboratorium Akoestiek

Buildwise Limelette

☎ + 32 2 655 77 11

✉ dw@buildwise.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

