

# OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

## AKOESTIEK : ONTWERP EN REALISATIE

LENTE 2025

**Luchtgeluidsisolatie**  
Praktijkoplossingen

Manuel VAN DAMME



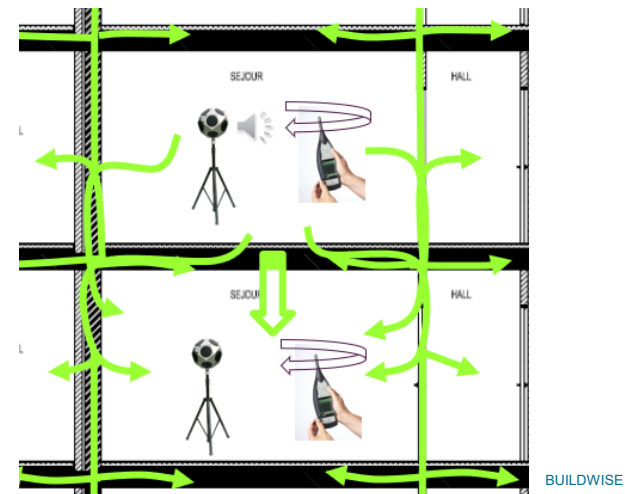
## Integratie van akoestisch comfort in bouwwerken

- Algemene akoestische benadering van een typegebouw



### Vijf te behandelen thema's

- Geluid van technische installaties
- **Isolatie tegen luchtgeluiden binnen**
- Isolatie van gevels tegen buitengeluiden
- Isolatie tegen contactgeluiden
- Beheersing van nagalm





- ▶ Beheersen van de parameters, ordes van grootte en normatieve doelstellingen waarmee de kwaliteit van de isolatie tegen luchtgeluiden van een gebouw kan worden bepaald overeenkomstig de bestemming.
- ▶ Kennismaken met de berekeningsmethode die te behalen normatieve prestaties voor een afgewerkt gebouw relateert aan de voorziene componenten.
- ▶ Gebruik kunnen maken van de dimensioneringstabellen van TV 281. Toepassing op appartementsgebouwen en rijwoningen.
- ▶ Een overzicht verkrijgen van de belangrijke technische punten waarover gewaakt moet worden bij uitvoering.
- ▶ Kennismaken met enkele voorbeelden van de toepassing van de behandelde principes, bij nieuwbouw, renovatie, traditionele bouwwijze en houtbouw.



## **DOELSTELLINGEN, ORDES VAN GROOTTE EN PARAMETERS**

DE BEPALING VAN DE PRESTATIES IN SITU

DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN APPARTEMENTEN

DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN RIJWONINGEN

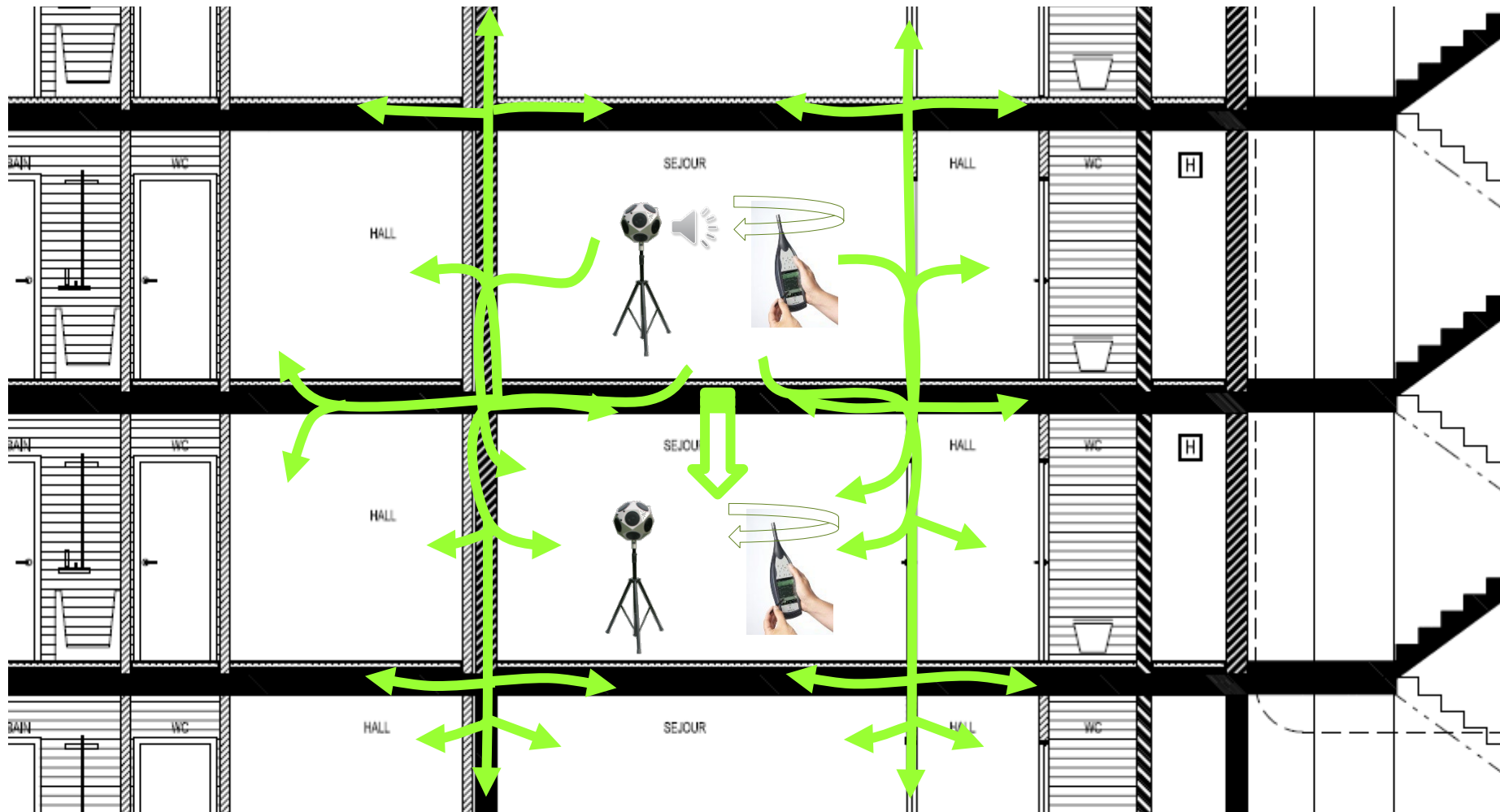


## Luchtgeluiden: definitie

- Definitie: in woongebouwen verstaan we onder een **normale geluidsomgeving** voor het luchtgeluid in een aangrenzende ruimte, A-gewogen geluidsdrukniveaus **lager dan 80 dB(A)**.



## Meting van de isolatie tegen luchtgeluiden: bron van roze ruis

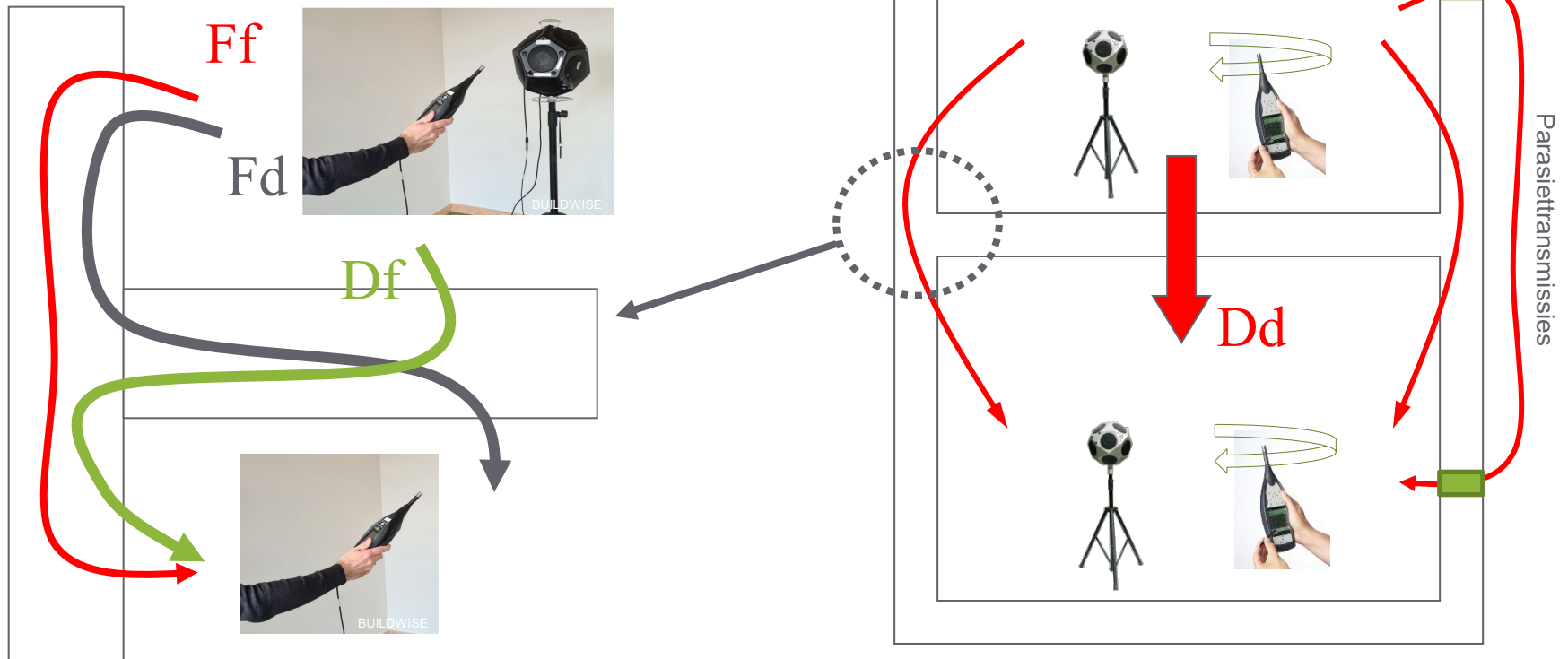




DE ISOLATIE TEGEN LUCHTGELUIDEN  $D_{nT}$ 

## Meting van de isolatie tegen luchtgeluiden: verschillende voortplantingswegen

- Rechtstreekse transmissieweg  $D_d$
- 4 x 3 laterale transmissiewegen
- Nevenwegtransmissies

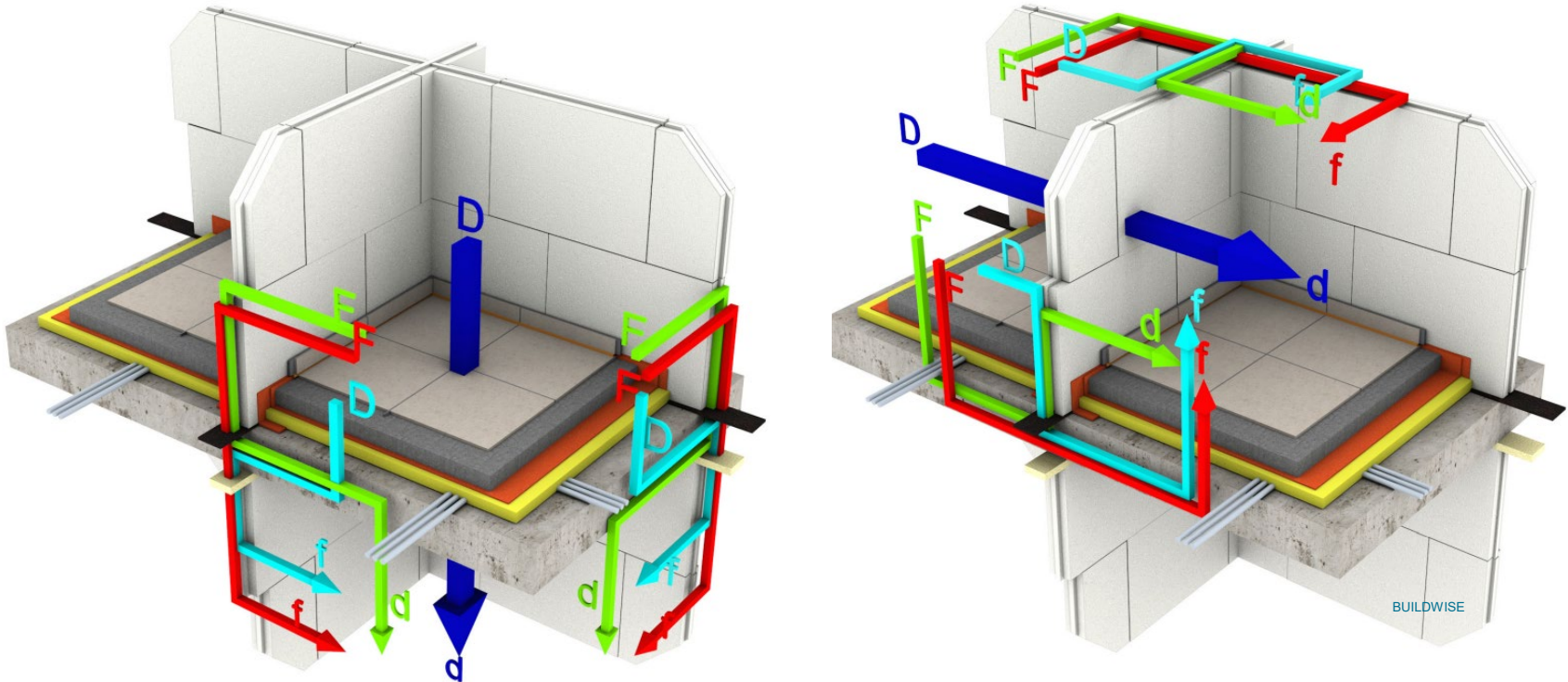


Globale transmissie = rechtstreekse transmissie + som van de laterale transmissies



## Meting van de isolatie tegen luchtgeluiden: verschillende voortplantingswegen

- Rechtstreekse transmissieweg  $D_d$
- 4 x 3 laterale transmissiewegen  $F_f$ ,  $F_d$  en  $D_f$



Globale transmissie = rechtstreekse transmissie + som van de laterale transmissies

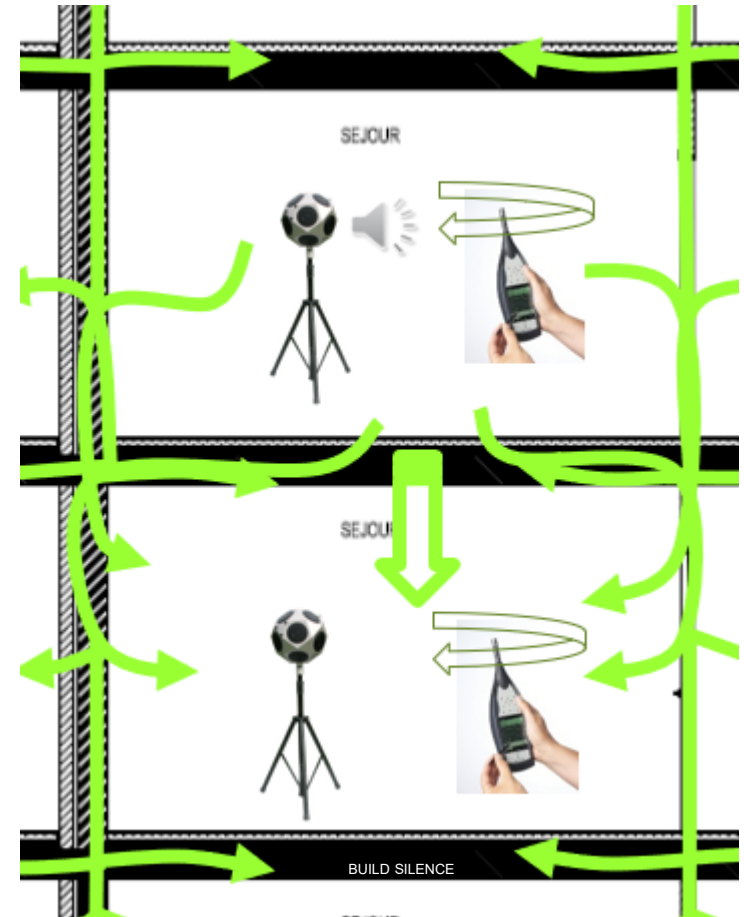


## Meting van de gestandaardiseerde geluidsisolatie tussen twee ruimtes

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0}$$

Met, gemeten in **tertsbanden**:

- $L_1$  (dB): Niveau van roze ruis in de zendruimte (2 pos. HP, min. 30 s),
- $L_2$  (dB): Niveau in de ontvangstruimte (2 pos. HP, min. 30 s),
- $T$  (s): Nagalmtijd in de ontvangstruimte (gemiddelde van min. 6 metingen),
- $T_0$  (s): Referentienagalmtijd in de ontvangstruimte, gelijk aan 0,5 s in woongebouwen,

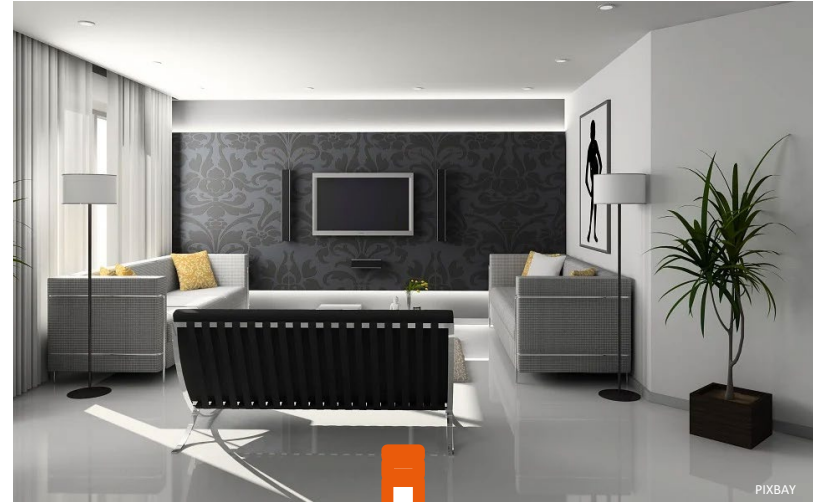
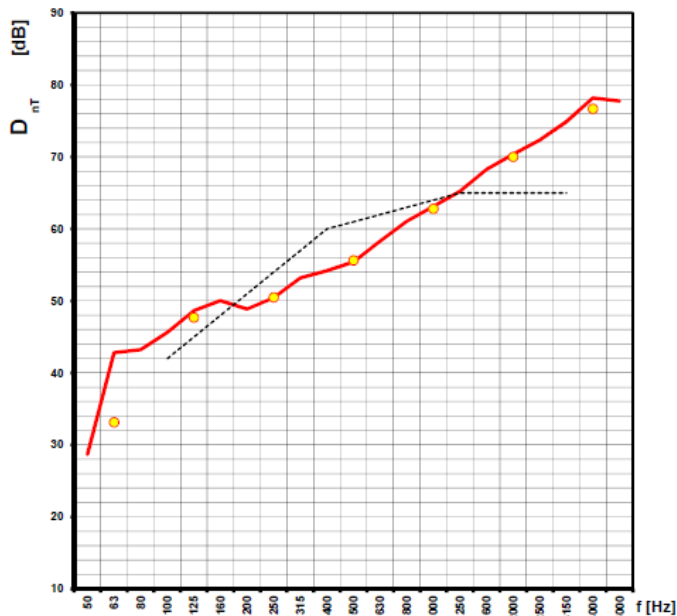


## Meting van de gestandaardiseerde geluidsisolatie tussen twee ruimtes

| f    | D <sub>nT</sub> |
|------|-----------------|
| [Hz] | [dB]            |
|      | 1/3oct          |
| 50   | 28.7            |
| 63   | 42.8            |
| 80   | 43.2            |
| 100  | 45.6            |
| 125  | 48.6            |
| 160  | 50.0            |
| 200  | 48.9            |
| 250  | 50.4            |
| 315  | 53.2            |
| 400  | 54.2            |
| 500  | 55.4            |
| 630  | 58.3            |
| 800  | 61.0            |
| 1000 | 63.1            |
| 1250 | 65.2            |
| 1600 | 68.3            |
| 2000 | 70.4            |
| 2500 | 72.3            |
| 3150 | 74.9            |
| 4000 | 78.2            |
| 5000 | 77.7            |

\* minimal value (due to background noise)

D<sub>nT,w</sub> (C;C<sub>tr</sub>) = 61 (-1;-4) dB  
[ 61.5 (-1.4;-4.7) dB ]



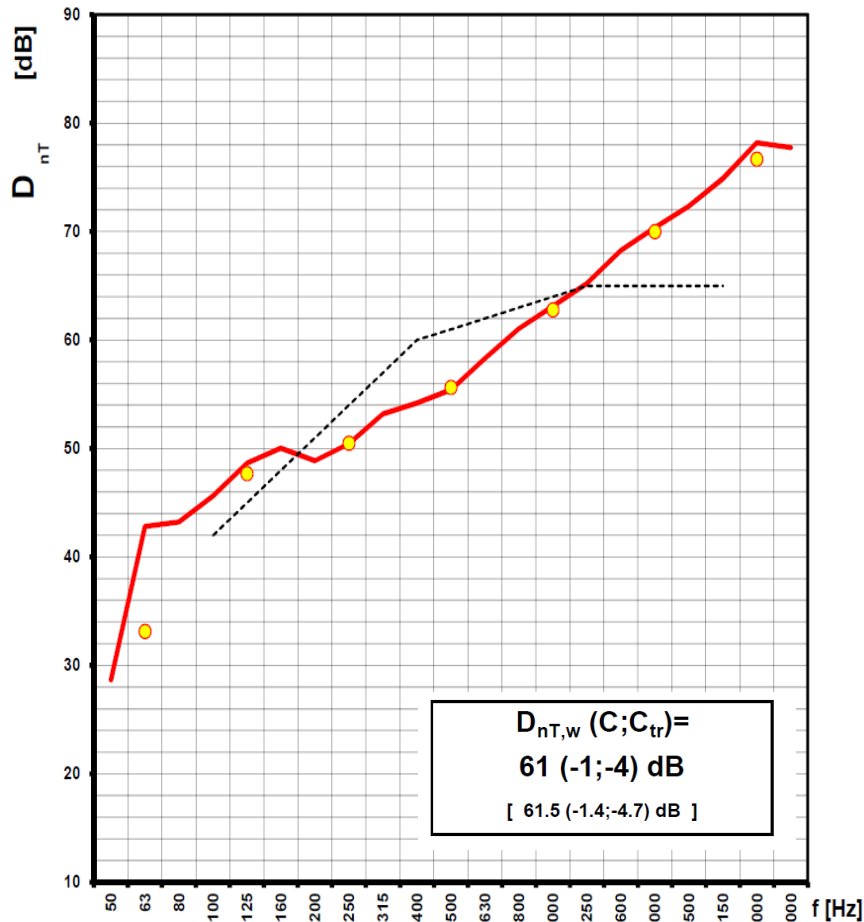
$$D_{nT,w} (C;C_{tr}) = 61 (-1;-4) \text{ dB}$$

$$[ 61.5 (-1.4;-4.7) \text{ dB} ]$$



# 12 DE ISOLATIE TEGEN LUCHTGELUIDEN $D_{nT}$

## Meting van de gestandaardiseerde geluidsisolatie tussen twee ruimtes



Berekening van de indicator met unieke waarde  $D_{nT,w}$  :

- Op basis van het spectrum  $D_{nT}$  tussen 100 en 3150 Hz
- Genormaliseerde procedure ISO 717-1 [2020]
- Waarde verkregen door verschuiving van een referentiecurve
- Twee berekende, complementaire termen  $C$  en  $C_{tr}$ .
- $D_{nT,w} + C (=D_A)$  vertegenwoordigt de isolatie tegen geluid met een spectrum rijk aan midden- en hoge frequenties (bijv.: de menselijke stem)
- $D_{nT,w} + C_{tr} (=D_{Atr})$  vertegenwoordigt de isolatie tegen geluid met een spectrum rijk aan lage frequenties (bijv.: verkeersgeluid)

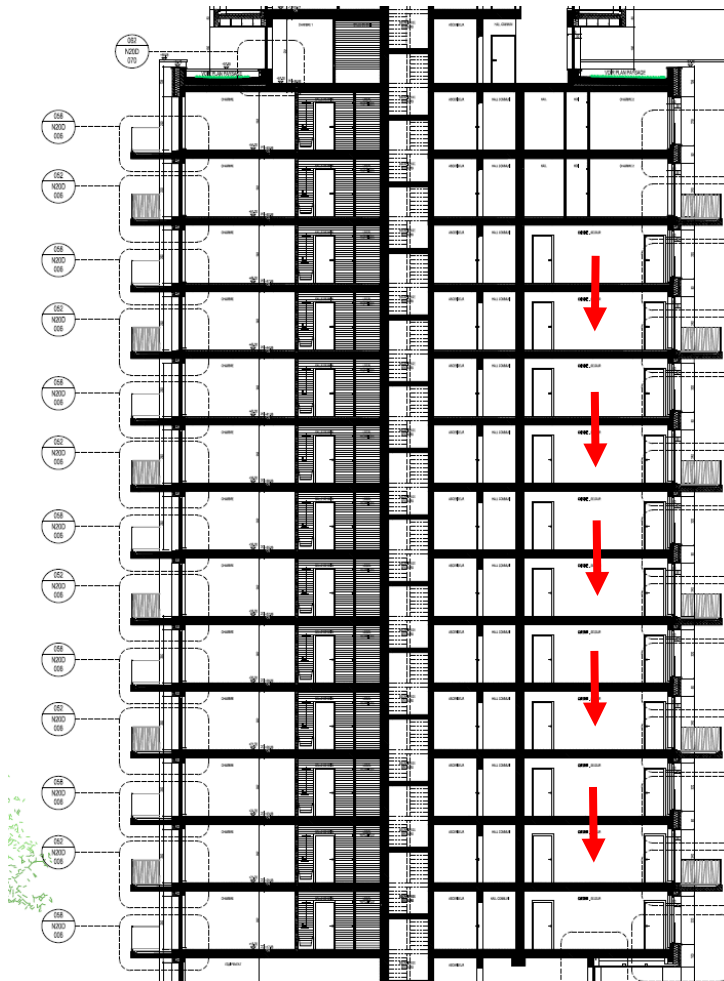
$$D_{nT,w} (C; C_{tr})$$

$$D_A = D_{nT,w} + C$$

$$D_{Atr} = D_{nT,w} + C_{tr}$$



## Ordes van grootte voor woongebouwen



Appartementsgebouw in België.

**Subjectieve** indruk van comfort volgens niveau van gestandaardiseerde geluidsisolatie

Indien  $D_A > 65$  dB:

is **een homecinema** (bij de burens) niet langer hoorbaar

Indien  $D_A > 58$  dB:

is **90 %** van de bewoners tevreden over de isolatie tegen luchtgeluiden van bij de burens

Indien  $D_A > 54$  dB:

is **70 %** van de bewoners tevreden over de isolatie tegen luchtgeluiden van bij de burens

Indien  $D_A > 45$  dB:

is **een gesprek** (bij de burens) hoorbaar



## DE GELDENDE NORMEN (LENTE 2023)

## Woongebouwen

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

| Norme belge                                                                                  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>NBN S 01-400-1:2022</b>                                                                   |  |
| <b>Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation</b>                                  |  |
| 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                                  | <b>NBN S 01-400-2</b>      |
| <b>Norme belge</b>                                       | 1e éd., octobre 2012       |
|                                                          | Indice de classement: S 01 |
| <b>Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires</b> |                            |
| Akoestische criteria voor schoolgebouwen                 |                            |
| Acoustic criteria for school buildings                   |                            |

## Andere gebouwen

**NBN S 01-401 (1987)**  
(grenswaarden voor geluidsniveaus)

| ACOUSTIQUE                                                                          |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| CDU : 534.69                                                                        | <b>NBN S 01-401</b>   |
| VALEURS LIMITES DES NIVEAUX DE BRUIT EN VUE D'ÉVITER L'INCONFORT DANS LES BATIMENTS | 2e éd., novembre 1987 |
| Grenswaarden voor de geluidsniveaus in gebouwen                                     |                       |
| Zulässige Schallpegel in Gebäuden                                                   |                       |
| Maximal noise levels in buildings                                                   |                       |

**NBN S 01-400 (1977)**  
(geluidsisolatiecriteria)

| ACOUSTIQUE                                                                                                       |                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CDU : 534.69                                                                                                     | <b>NBN S 01-400</b>                                                                                           |
| CRITÈRES DE L'ISOLATION ACOUSTIQUE                                                                               | KRITERIA VAN DE ACOESTISCHE ISOLATIE                                                                          |
| Sound insulation                                                                                                 | Regelgeving                                                                                                   |
| Schalldämmung                                                                                                    | Verordening                                                                                                   |
| Documents à consulter :                                                                                          | Te raadplegen documenten :                                                                                    |
| NBN S 01-008 (1975) - Acoustique - Mesure en laboratoire de l'isolation d'effluents acoustiques aux sons aériens | NBN S 01-008 (1975) - Akoestiek - Meten in het laboratorium van de geluidsoverbrengingsteden voor luchtgeluid |

**Momenteel in herziening**  
**NBN S 01-400-3 (20xx)**





### De norm NBN S 01-400-1, van toepassing op 01/01/23

- ▶ Voor (delen van) woongebouwen waarvoor de bouwvergunningsaanvraag wordt ingediend vanaf 1 januari 2023
- ▶ 3 klassen van akoestisch comfort



- ▶ Toepassingsgebied
  - Heeft betrekking op: rijwoningen, appartementen, studio's, serviceflats ...
  - Heeft geen betrekking op: hotels, koten, internaten, ziekenhuizen, vakantiehuizen ...
- ▶ Vrijstellingen/afwijkingen mogelijk



### Akoestische criteria voor woongebouwen

- Overeenkomstig de bestemming van de ruimtes, geeft onderstaande tabel de waarden weer die moeten worden weergegeven voor **de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie  $D_A$**  gemeten ter plaatse volgens de bepalingen van ISO 16283-1 [2014] en berekend overeenkomstig de norm NBN EN ISO 717-1 [2013].

| $D_A$ (dB) $\geq$                                                                    | Klasse A | Klasse B<br>min. voor<br>rijwoningen | Klasse C<br>min. voor<br>appartementen |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Tussen een ruimte buiten de woning en een ruimte in de betreffende woning            | 62       | 58                                   | 54                                     |
| Tussen een gemeenschappelijk circulatieruimte en een ruimte in de betreffende woning |          |                                      |                                        |
| - Gescheiden door een hal (twee opeenvolgende deuren)                                | 58       | 54                                   | 50                                     |
| - Gescheiden door één enkele deur                                                    | 44       | 44                                   | 40                                     |
| Binnen in dezelfde woning, in een andere ruimte dan een gang naar een slaapkamer     | 44       | 38                                   | 34                                     |

- Belangrijk - orde van grootte van de eisen inzake isolatie tegen luchtgeluiden:
  - Tussen twee appartementen  $\rightarrow D_A \geq 54$  dB (en 50 dB t.o.v. de gemeenschappelijke hal)
  - Tussen twee nieuwe rijwoningen  $\rightarrow D_A \geq 58$  dB



## WTCB-Contact 2/2022



Bouw fysica, comfort en veiligheid

### Een vernieuwde akoestische norm voor woongebouwen

Dit jaar zal er een nieuwe uitgave van de Belgische norm met akoestische criteria voor woongebouwen verschijnen. Wat zijn de belangrijkste nieuwigheden en hoe helpt het WTCB de sector om aan deze nieuwe eisen te voldoen?

L. De Geetere, dr. ir., afdelingshoofd, afdeling 'Akoestiek, gewijs en schrijfwerk', WTCB

#### Waarom deze herziening?

In België worden de akoestische eisen voor gebouwen vastgelegd in de normenreeks **NBN S 01-400-x**. Deze is opgedeeld per bouwtype: deel 1 voor woongebouwen (2008), deel 2 voor schoolgebouwen (2012) en deel 3 voor andere niet-residentieel gebouwen (nog in de ontwerpfase).

De herziening van de norm NBN S 01-400-1 komt voort uit de noodzaak om de akoestische vereisten beter aan te passen aan de **evoluerende geluidsbelasting** (zowel binnen als buiten), het **toenemende aandeel lichte bouw wijzen** en de **huidige verwachtingen** voor de akoestische kwaliteit. Gericht onderzoek in diverse pre-normatieve studies liet immers toe om enkele criteria bij te stellen en hiervoor constructieve oplossingen aan te reiken zonder significante bouwkostenverhoging.

Dankzij deze herziening zijn de drie normdelen bovendien **beter op elkaar afgestemd**, zowel qua toepassingsgebied als qua gebruikte akoestische indicatoren en meetprocedures, in lijn met de meest recente internationale normen.

#### Prestatieniveaus

Een belangrijke vernieuwing is de invoering van **drie prestatieniveaus** (zie tabel A), die afgestemd zijn op een

recent internationaal classificatiesysteem (ISO/TS 19488). Zo biedt de nieuwe klasse A een nog hogere akoestische bescherming tussen appartementen dan het zogenaamde 'verhoogd akoestisch comfort' uit de uitgave van 2008, terwijl klasse C een minimale akoestische bescherming garandeert. Het gebruik van bijhorende kleurcodes vereenvoudigt bovendien de communicatie tussen de verschillende bouwpartners.

#### Lucht- en contactgeluidsisolatie

De huidige in-situ criteria met betrekking tot de lucht- en contactgeluidsisolatie blijken ontoereikend te zijn om enkele vaak voorkomende **laagfrequente problemen** bij lichte bouw wijzen te vermijden. Daarom werden deze eisen voor woningscheidende constructies aangevuld met laagfrequente criteria. Een aantal voorbeelden van lichte scheidingenconstructies die hieraan voldoen, werden reeds voorgesteld in **WTCB-Dossier 2020/3.2**.

De luchtgeluidsisolatie-eisen worden in de nieuwe uitgave uitgedrukt door een **nieuwe grootheid** die beter afgestemd is op de typische geluiden in woongebouwen en op de frequentiegevoeligheid van onze oren. De luchtgeluidsisolatie-eis tussen gemeenschappelijke circulatieruimten en appartementen werd versoepeld, zodat deze haalbaar

**A** Overzicht van de akoestische prestatieniveaus uit de nieuwe uitgave van de norm NBN S 01-400-1 en hun overeenstemmende niveau uit de uitgave van 2008.

| Prestatieniveau uit de uitgave van 2022                    | Klasse C                | Klasse B                    | Klasse A                    |
|------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                                            | Laagste prestatieniveau | Middelste prestatieniveau   | Hoogste prestatieniveau     |
| Overeenstemmend beschermingsniveau uit de uitgave van 2008 | Tussen appartementen    | Verhoogd akoestisch comfort | –                           |
|                                                            | Tussen rijwoningen      | Normaal akoestisch comfort  | Verhoogd akoestisch comfort |



### Akoestische isolatie tussen woningen



nr. 281  
2022 Technische Voorlichting

TV 281 – maart 2022



## DE NORM NBN S 01-400-2 [2012]

Woongebouwen



NBN S 01-400-1 (2022)

Schoolgebouwen



NBN S 01-400-2 (2012)

Andere gebouwen

NBN S 01-401 (1987)  
(grenswaarden voor  
gebruik)

NBN S 01-400-1

Critères acoustiques

Valable à partir de 08-07-2012  
Remplace NBN S 01-400-1:2  
La période de coexistence est

ICS: 17.140.01 ; 17.160

**Norme belge****NBN S 01-400-2**

1e éd., octobre 2012

Indice de classement: S 01

**Critères acoustiques pour les bâtiments scolaires**

Akoestische criteria voor schoolgebouwen

Acoustic criteria for school buildings

NBN  
S 01-401  
2e éd., novembre 198700 (1977)  
tiecriteria)NBN  
S 01-400  
De 1e editie van 1977  
is vervangen door  
de 2e editie van 1987.  
De 1e editie van 1977  
is vervangen door  
de 2e editie van 1987.  
De 1e editie van 1977  
is vervangen door  
de 2e editie van 1987.

BUILDWISE



## Akoestische criteria voor schoolgebouwen

| $D_A = D_{nT,w} + C$ [dB]                         | Production de bruit aérien dans le local d'émission |         |        |             |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|--------|-------------|
| Sensibilité acoustique dans le local de réception | faible                                              | normale | élevée | très élevée |
| faible                                            | 28                                                  | 28      | 32     | 32          |
| normale                                           | 32                                                  | 40      | 44     | 52          |
| élevée                                            | 36                                                  | 44      | 48     | 56          |
| très élevée                                       | 40                                                  | 48      | 52     | 60          |

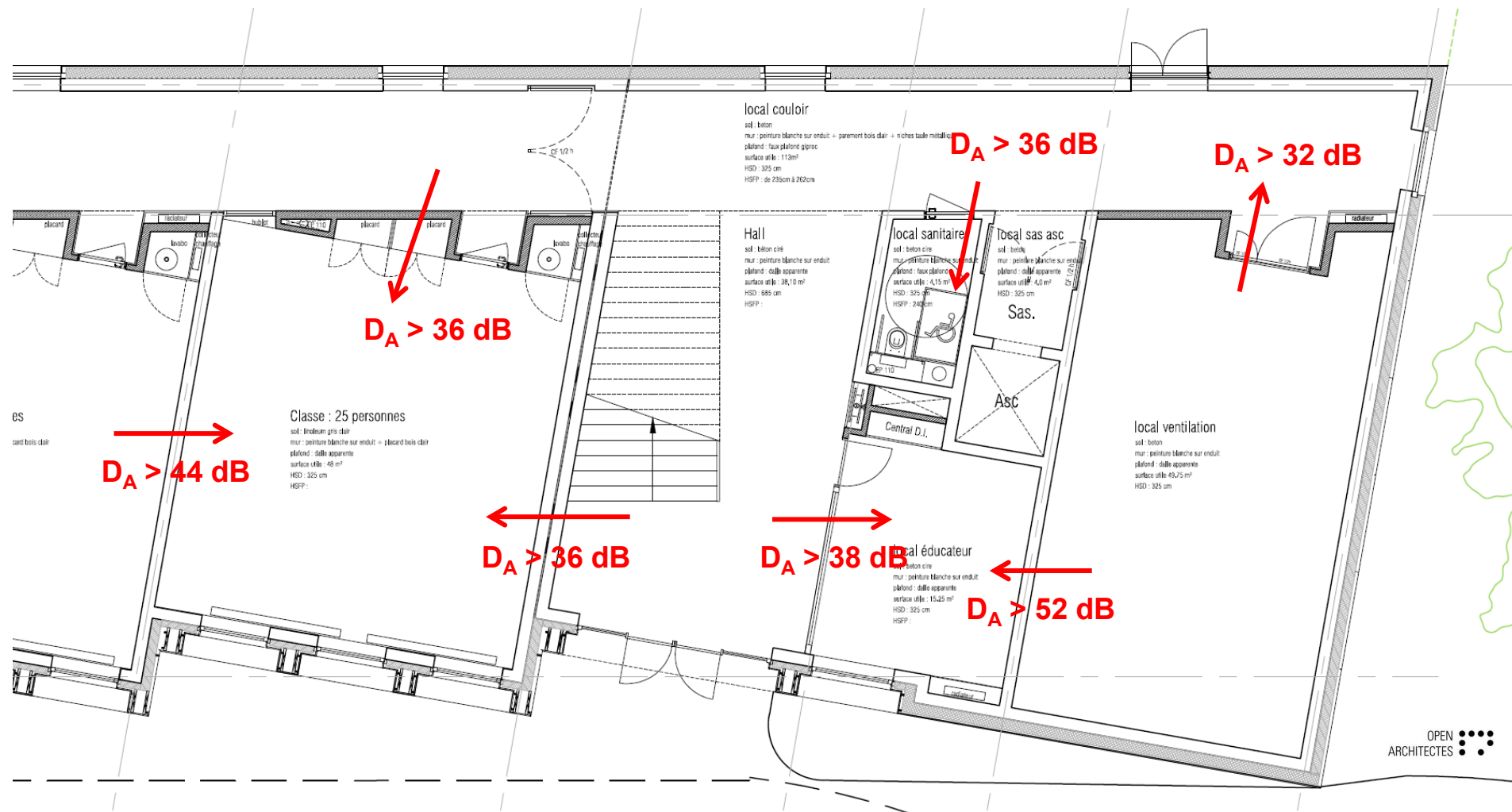
Voorbeeld (school):

- Inkomhal gebruikt tijdens de lessen: normale productie van luchtgeluiden
- Klaslokaal: hoge akoestische gevoeligheid

→  $D_A > 44$  dB te realiseren



## Akoestische criteria voor schoolgebouwen



## Criteria NBN S 01-400 [1977]: ziekenhuizen, kantoren, hotels ... → criteria overschreden!

Criteria voor kantoren uit 1977 → vandaag onbruikbaar

| IMMEUBLE DE BUREAUX<br>KANTOORGEBOUW   |                                                                             | Locaux peu peuplés<br>Weinig bevolkte vertrekken | Cadres<br>Kaders             | Locaux peuplés<br>Bevolkte vertrekken | Salle de mécanographie<br>Mekanografiezaal |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Murs<br>Muren                          | mitoyens<br>scheidingsmuren<br>escalier/ascenseur<br>trap/lift              | II <sup>a</sup> <sub>b</sub>                     | II <sup>a</sup> <sub>b</sub> | II <sup>a</sup> <sub>b</sub>          | II <sup>a</sup> <sub>b</sub>               |
| Murs extérieurs<br><br>Buitenmuren     | Cat. 2 - Kat. 2<br>55 dB(A) < L <sub>eq</sub> ≤ 65 dB(A)                    | V <sup>b</sup> <sub>c</sub>                      | V <sup>c</sup> <sub>d</sub>  | V <sup>d</sup> <sub>e</sub>           | -                                          |
|                                        | Cat. 3 - Kat. 3<br>65 dB(A) < L <sub>eq</sub> ≤ 75 dB(A)                    | V <sup>a</sup> <sub>b</sub>                      | V <sup>b</sup> <sub>c</sub>  | V <sup>c</sup> <sub>d</sub>           | -                                          |
|                                        | Cat. 4 - Kat. 4<br>L <sub>eq</sub> > 75 dB(A)                               | V <sup>a</sup> <sub>a</sub>                      | V <sup>a</sup> <sub>b</sub>  | V <sup>b</sup> <sub>c</sub>           | -                                          |
| Parois intérieures<br><br>Binnenwanden | Salle de mécanographie<br>Mekanografiezaal                                  | I <sup>a</sup> <sub>b</sub>                      | I <sup>a</sup> <sub>b</sub>  | II <sup>a</sup> <sub>b</sub>          | IV <sup>a</sup> <sub>b</sub>               |
|                                        | Locaux peuplés<br>Bevolkte vertrekken                                       | II <sup>a</sup> <sub>b</sub>                     | II <sup>a</sup> <sub>b</sub> | IV <sup>a</sup> <sub>b</sub>          |                                            |
|                                        | Locaux peu peuplés -<br>Cadres<br>Weinig bevolkte vertrekken -<br>Kaders    | III <sup>a</sup> <sub>b</sub>                    | IV <sup>a</sup> <sub>b</sub> |                                       |                                            |
|                                        | Locaux peu peuplés -<br>Direction<br>Weinig bevolkte vertrekken<br>Directie | III <sup>a</sup> <sub>b</sub>                    |                              |                                       |                                            |

Momenteel in herziening

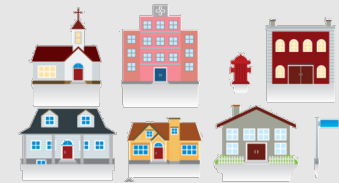
NBN S 01-400-3 (20xx)

Norm in herziening

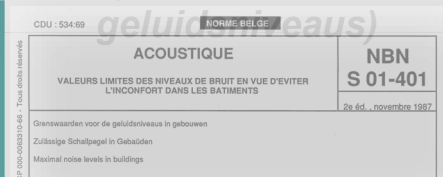
DRAFT STANDARD

NBN S01-400-3: Acoustic requirements in non-residential buildings

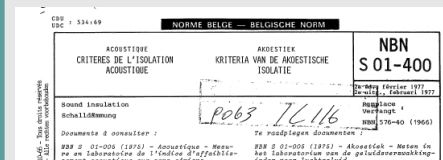
## Andere gebouwen



NBN S 01-401 (1987)  
(grenswaarden voor  
geluidseisen)



NBN S 01-400 (1977)  
(geluidsisolatiecriteria)



## Criteria NBN S 01-400 [1977]: ziekenhuizen, kantoren, hotels ... → criteria overschreden!

In afwachting van de herziening van de norm, de voor dit type gebouwen relevante in acht te nemen criteria op basis van eisen uit andere, meer recentere bronnen: buitenlandse normen of systemen voor duurzaamheidscertificering

**BREEAM®**[www.breeam.com](http://www.breeam.com)**GRO**

DOELSTELLINGEN, ORDES VAN GROOTTE EN PARAMETERS

## **DE BEPALING VAN DE PRESTATIES IN SITU**

DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN APPARTEMENTEN

DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN RIJWONINGEN



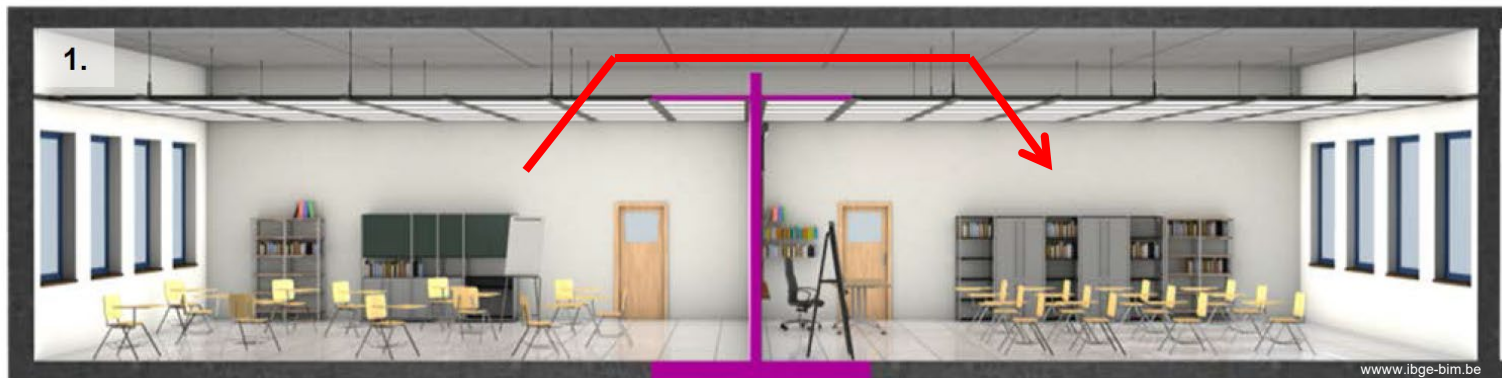
## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

Voorspelling van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie op basis van de gebouwplannen

Voor **lage isolatieniveaus**, zijn de geluidsisolatieprestaties tussen ruimtes  $D_A$  voornamelijk verbonden aan **de geluidsverzwakkingsindex  $R_A$**  van de elementen waaruit de scheidingswand bestaat en aan het **volume** van de ontvangstruimte.

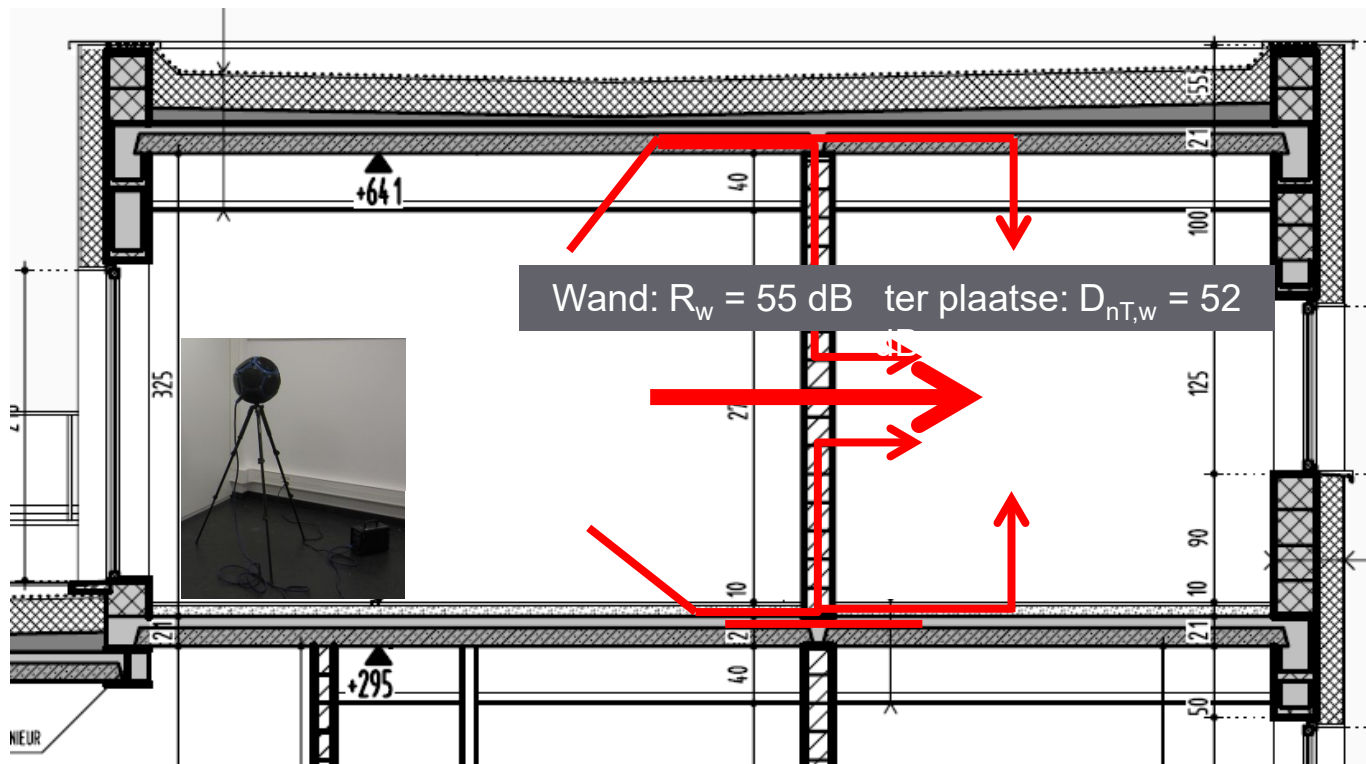
Maar risicopunten om rekening mee te houden:

- Verschil tussen prestaties in het laboratorium en ter plaatse (bijv. deuren)
- Samengestelde geluidsverzwakkingsindex: heterogeniteit van de wand
- Akoestisch zwakke punten (bijv. tegenoverliggende contactdozen)
- Nevenwegtransmissies



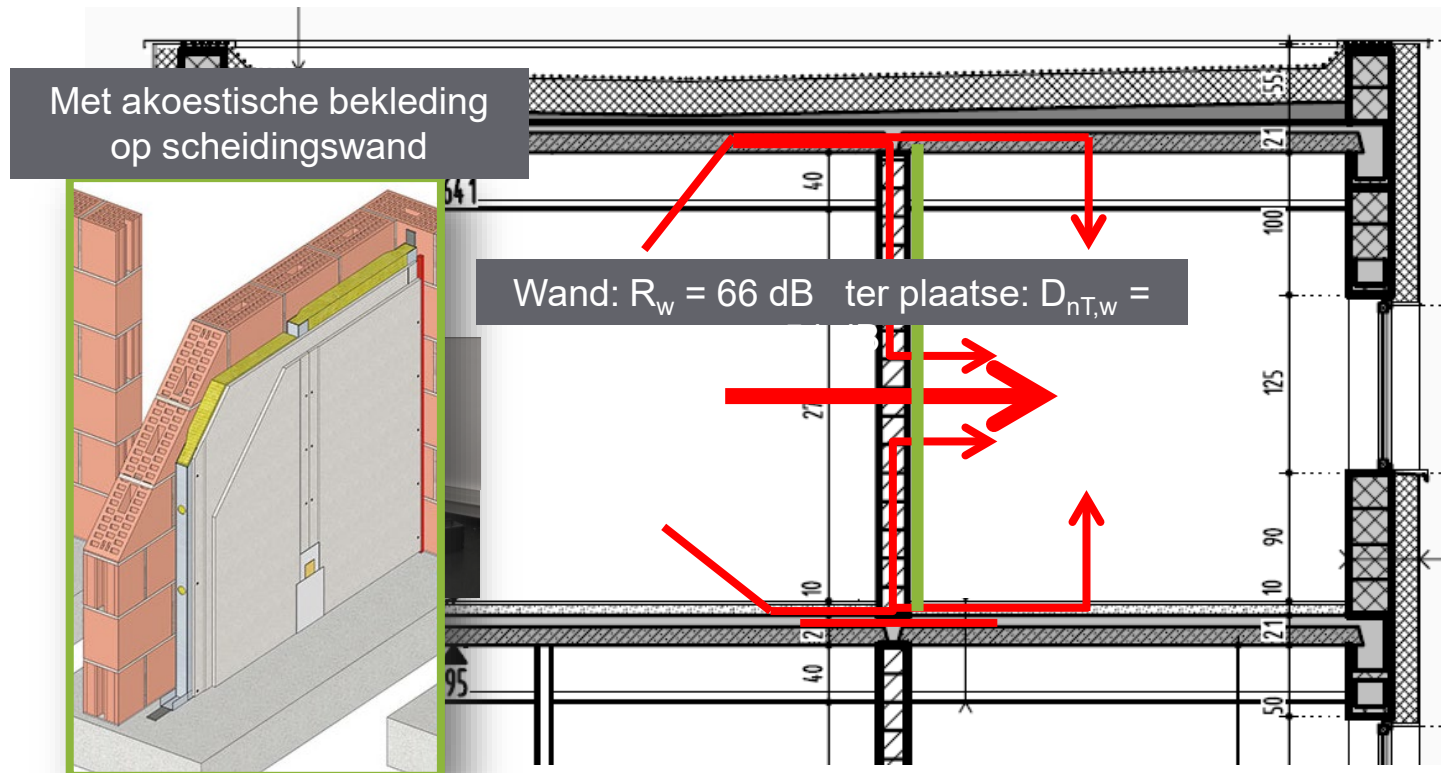
## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- Voor hoge geluidsisolatieniveaus tussen ruimtes, volstaat het niet rekening te houden met de geluidsverzwakkingsindex van de wand  $R_A$ . De prestaties van de isolatie tussen ruimtes hangen samen met **de scheidingswand** maar ook met **de laterale transmissies** → berekeningen volgens de EN 12354-methode zijn noodzakelijk.



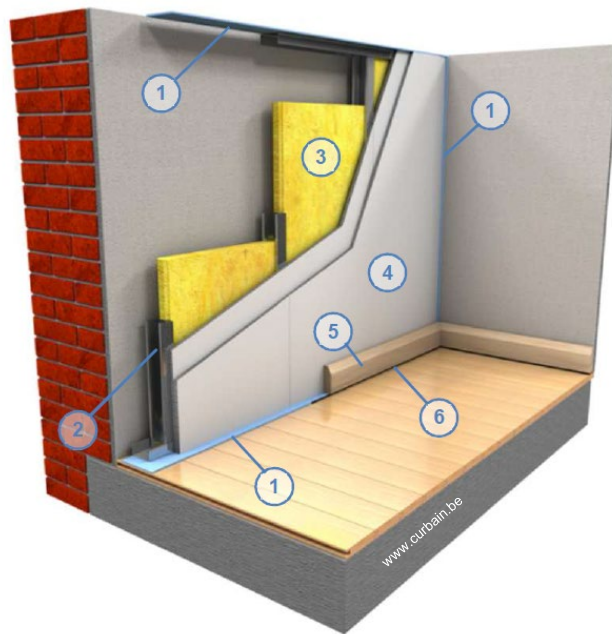
## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- Voor hoge geluidsisolatie-niveaus tussen ruimtes, volstaat het niet rekening te houden met de geluidsverzwakkingsindex van de wand  $R_A$ . De prestaties van de isolatie tussen ruimtes hangen samen met **de scheidingswand** maar ook met **de laterale transmissies** → berekeningen volgens de EN 12354-methode zijn noodzakelijk.



## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- Direct gevolg van laterale transmissies: soms teleurstellende toestand bij de akoestische renovatie van de massieve gemene muur tussen twee woongebouwen



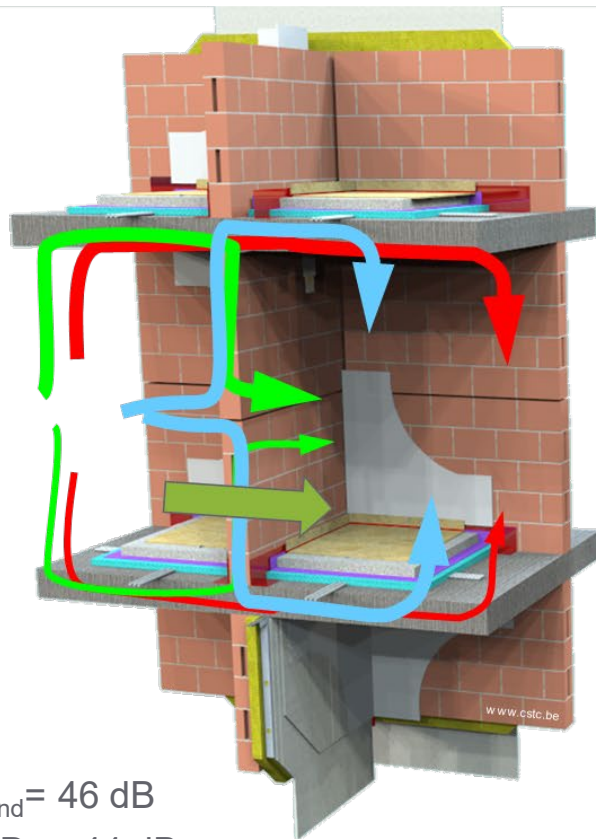
$$R_{A, \text{enkele\_wand}} = 46 \text{ dB}$$

$$R_{A, \text{wand\_met\_akoestische\_bekleding}} = 58 \text{ dB}$$



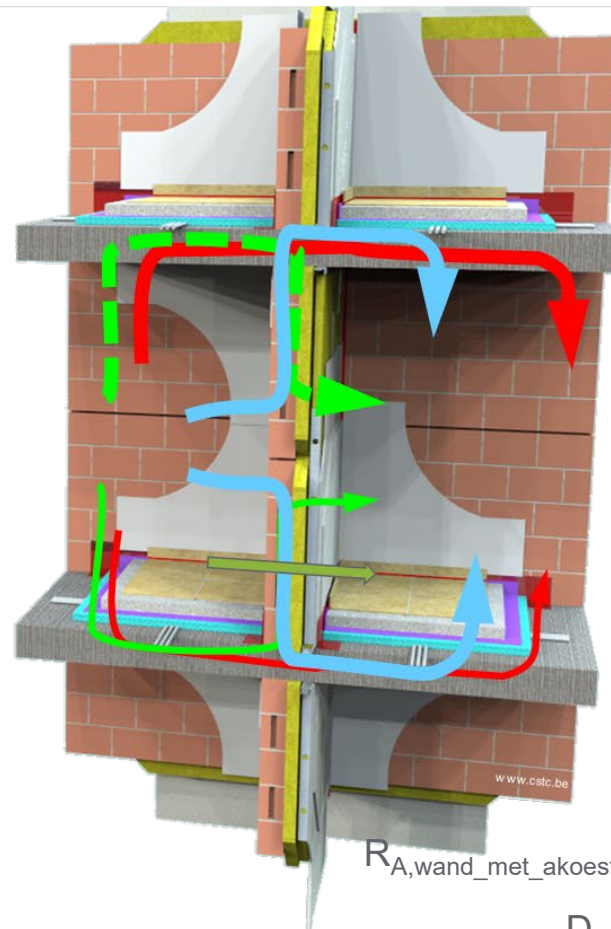
## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- Direct gevolg van laterale transmissies: soms teleurstellende toestand bij de akoestische renovatie van gemene muur tussen twee woongebouwen



$$R_{A, \text{enkele\_wand}} = 46 \text{ dB}$$

$$D_{nT,w} + C = D_A = 44 \text{ dB}$$



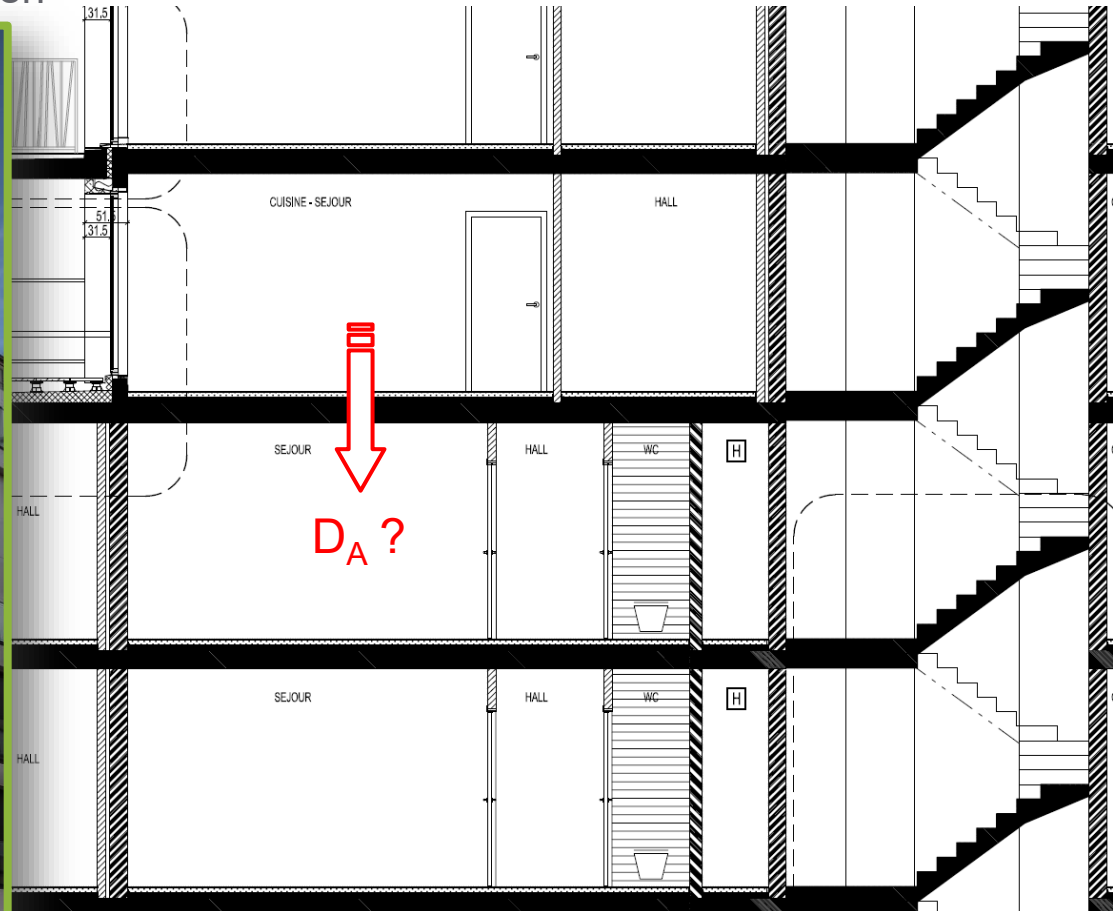
$$R_{A, \text{wand\_met\_akoestische\_bekleding}} = 58 \text{ dB}$$

$$D_{nT,w} + C = D_A = 50 \text{ dB}$$



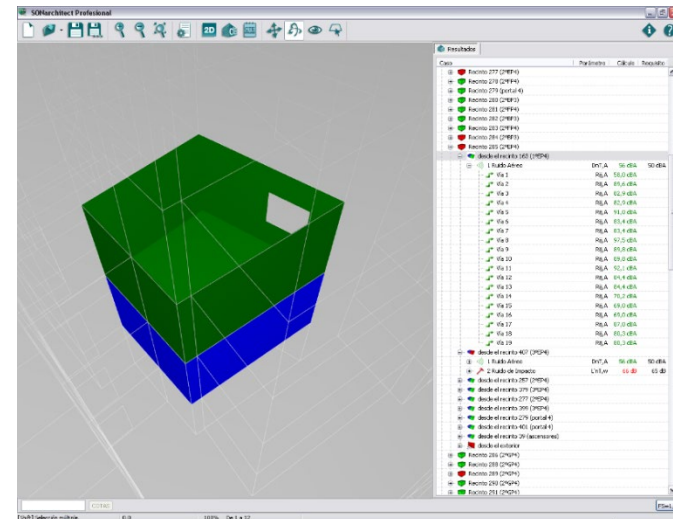
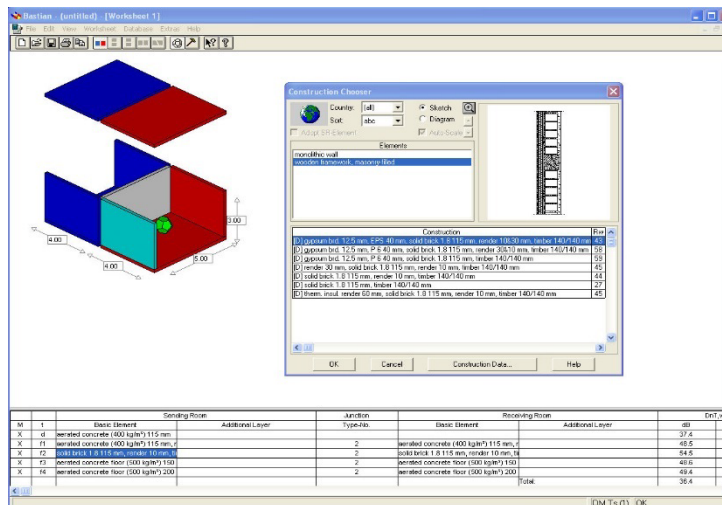
## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- EN 12354-methode: Voorspelling van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie op basis van de bouwplannen



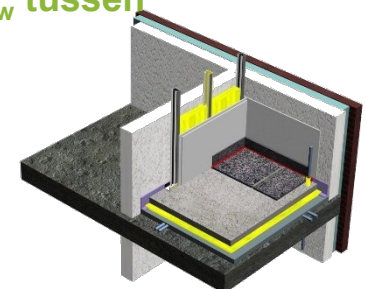
## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- EN 12354-1-methode: Voorspelling van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie op basis van de bouwplannen



De berekening volgens de EN 12354-methode van de prestaties ter plaatse  $D_{nT,w}$  tussen twee ruimtes zal rekening houden met:

- De geluidsverzwakkingsindex van de scheidingswand,
- De akoestische prestaties van de zijwanden (vloeren en muren),
- De invloed van het type aansluiting tussen elementen,
- De geometrie van de ontvangstruimte,

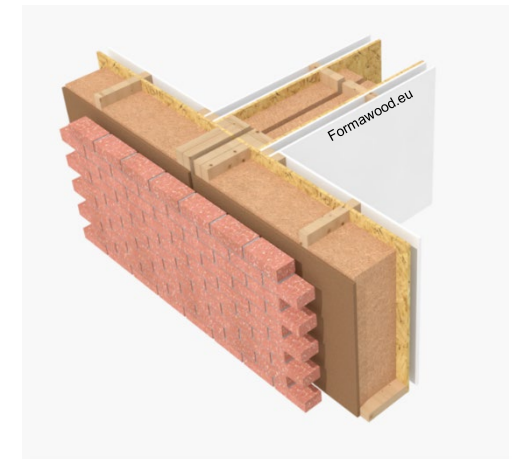
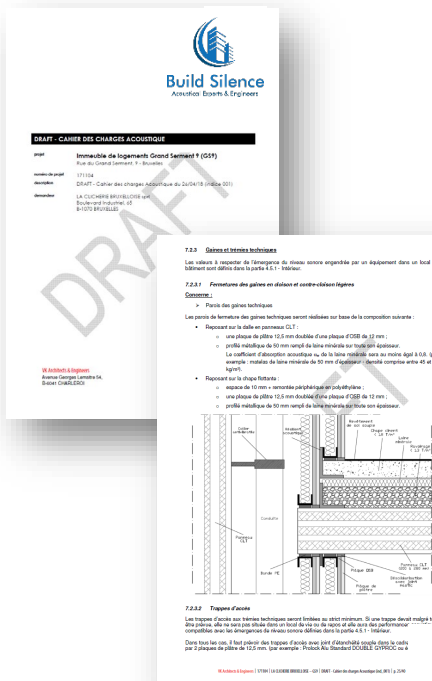
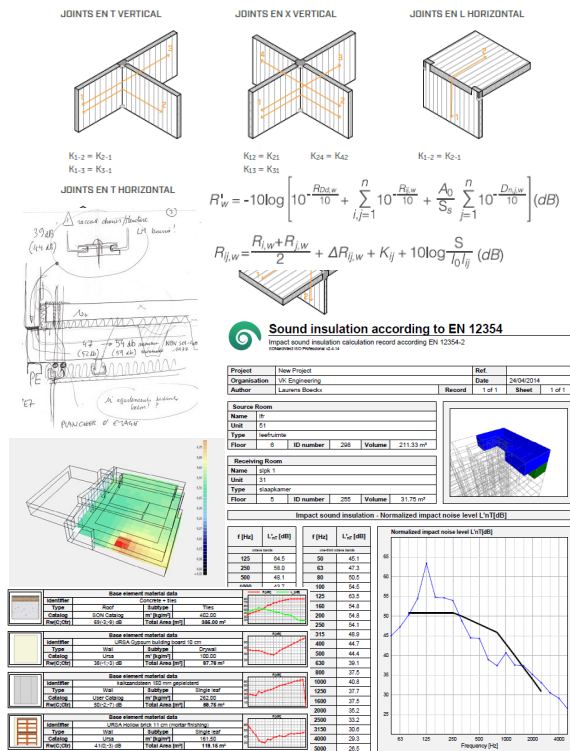


→ Beoordeling 3D-model



## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

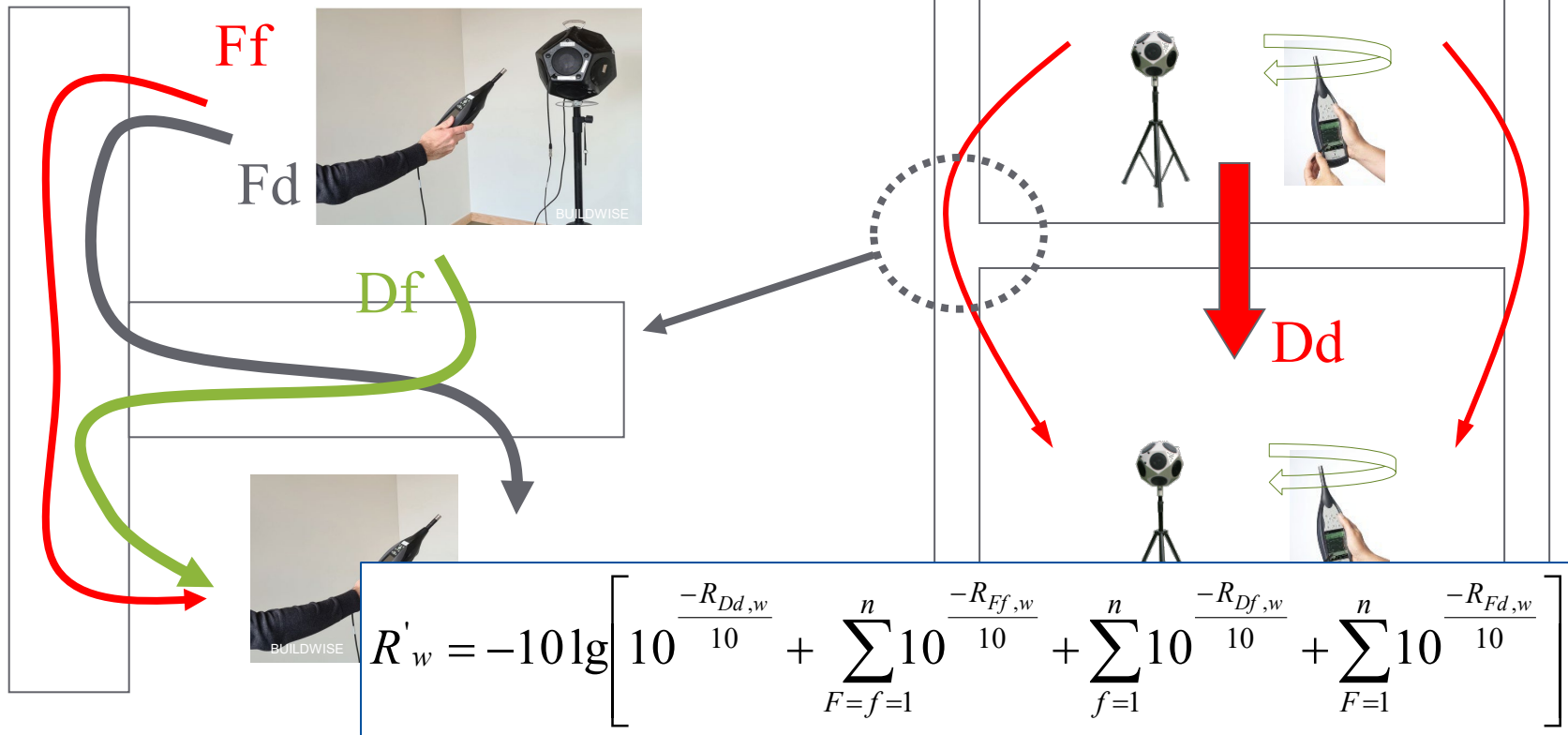
- ▶ EN 12354-1-methode: Voorspelling van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie op basis van de gebouwplannen = **rol van de ingenieur Akoestiek**.
- ▶ Studie van de technische oplossingen → bestek → uitvoering/oplevering.



32 DE ISOLATIE TEGEN LUCHTGELUIDEN  $D_{nT}$ **Het verband tussen de  $R_A$  van materialen & systemen en de uiteindelijke  $D_A$  tussen ruimtes**

= de som maken van de transmissies via:

- Rechtstreekse transmissieweg  $D_d$
- 4 x 3 laterale transmissiewegen



## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

Beoordeling van de bijdrage van de verschillende transmissies

$$R'_w = -10 \lg \left[ 10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} \right]$$

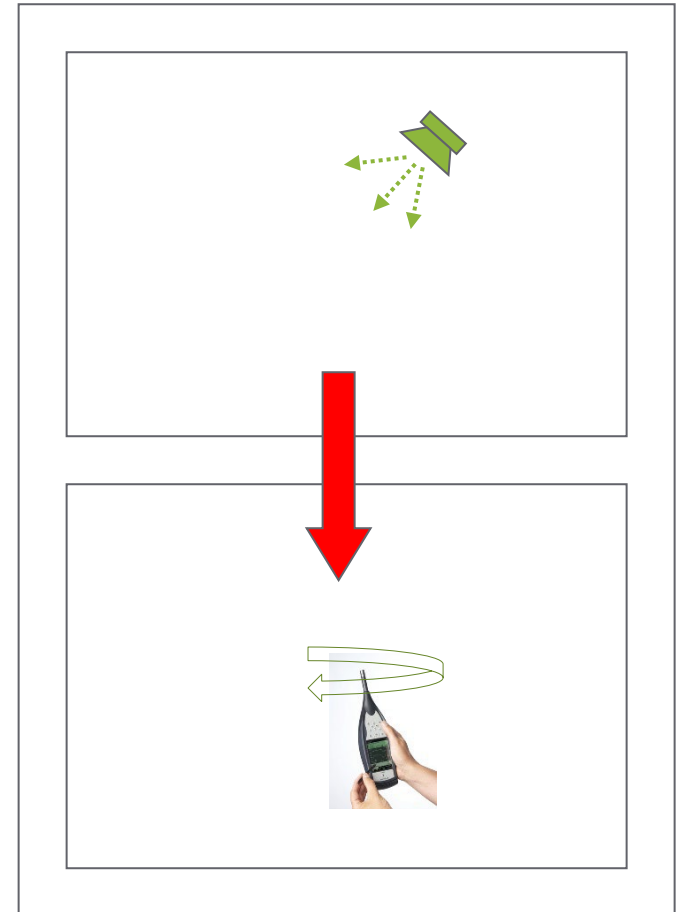
$R_{Dd,w}$  = gewogen geluidsverzwakkingsindex voor de rechtstreekse transmissie

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w}$$

Waarbij:

$R_{s,w}$  = geluidsverzwakkingsindex van het scheidingselement (meting in het laboratorium of berekening)

$\Delta R_{Dd,w}$  = verbetering door verdubbeling van het scheidingselement (aan emissie- of ontvangstzijde)



## Het verband tussen de R<sub>A</sub> van materialen & systemen en de uiteindelijke D<sub>A</sub> tussen ruimtes

Beoordeling van de bijdrage van de laterale transmissies

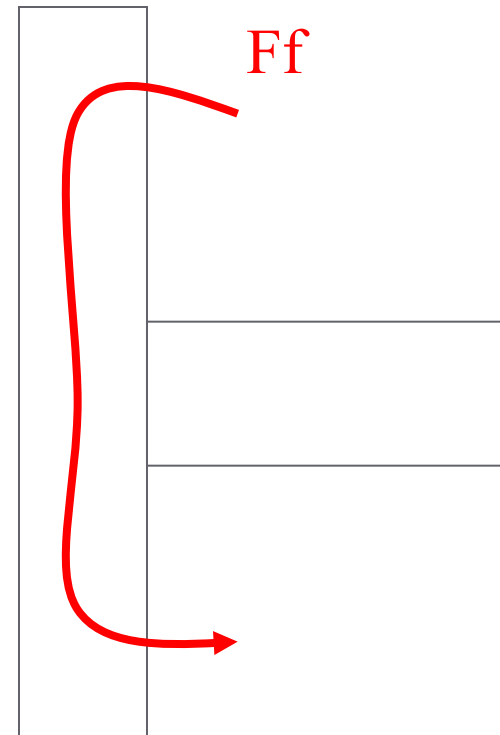
$$R'_w = -10 \lg \left[ 10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} \right]$$

Vereenvoudigd model

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \lg \frac{S_s}{l_0 l_f}$$

De isolatie via de weg Ff is afhankelijk van:

- de geluidsverzwakkingsindex R van de wand,
- de demping bij de aansluiting,
- de geometrie van de wand.



Het verband tussen de  $R_A$  van materialen & systemen en de uiteindelijke  $D_A$  tussen ruimtes

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \lg \frac{S_s}{l_0 l_f}$$

Voor een T-aansluiting:

$$K_{Ff} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2$$

$$M = \lg \frac{m'_{\perp F}}{m'_F}$$

Waarbij:

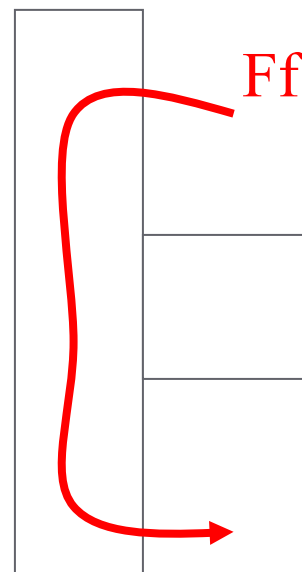
$m'_{\text{perp},F}$  = oppervlaktemassa van de wand haaks op  $F \rightarrow m'$  van de scheidingswand,

$m'_F$  = oppervlaktemassa van de zijwand  $F$ .

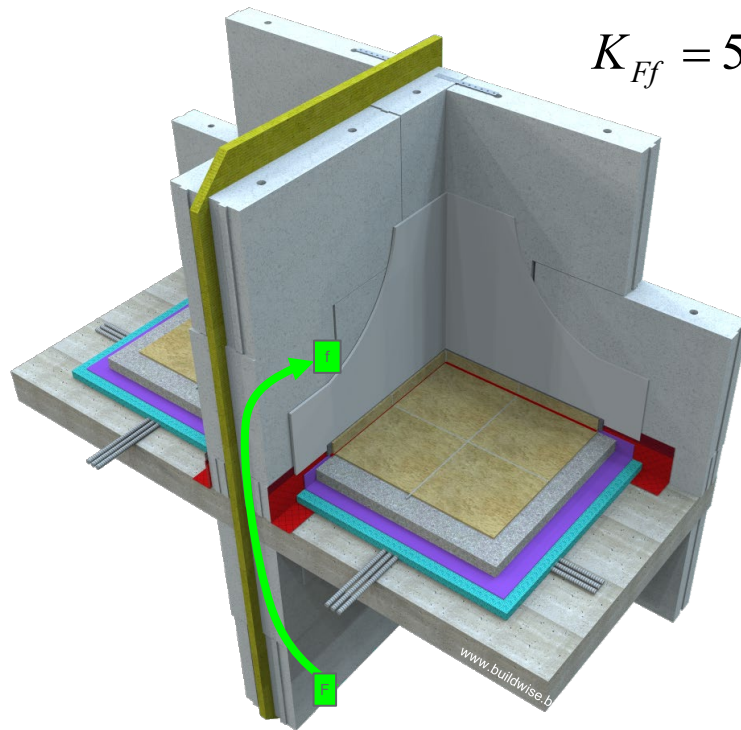
Voorbeeld: zijwand uit kalkzandsteenblokken van 10 cm,  $m' = 175 \text{ kg/m}^2$ , betonnen vloerplaat van 20 cm ( $460 \text{ kg/m}^2$ )

$$M = \lg \frac{m'_{\perp F}}{m'_F} = \lg \frac{460}{175} = 0.41$$

$$K_{Ff} = 5,7 + 14,1 \cdot 0.41 + 5,7 \cdot 0,41^2 = 12,6 \text{ dB}$$

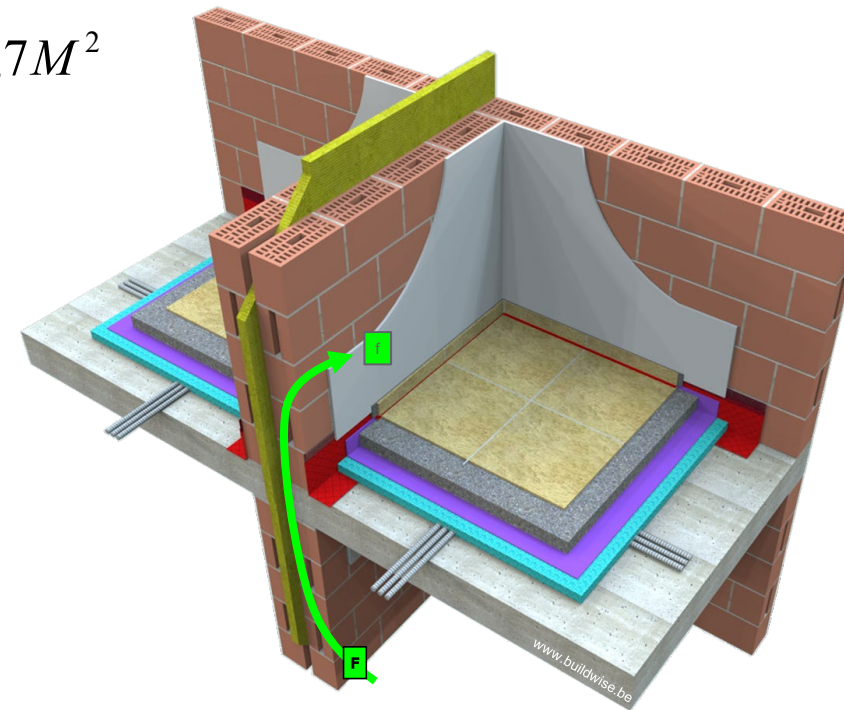


Het verband tussen de  $R_A$  van materialen & systemen en de uiteindelijke  $D_A$  tussen ruimtes



$$K_{Ff} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2$$

$$M = \lg \frac{m'_{\perp F}}{m'_F}$$



|               |               |        |                   |       |
|---------------|---------------|--------|-------------------|-------|
| kalkzandsteen | $m''_i$       | 260    | $R_A =$           | 48 dB |
| betonplaat    | $m''_{\perp}$ | 500    | $R_A =$           | 58 dB |
|               | $M =$         | 0.284  |                   |       |
|               | $K_{Ff} =$    | 10.164 | dB                |       |
|               | $R_{Ff} =$    | 58.1   | $+10\lg[S_s/I_f]$ | dB    |

|            |               |        |                   |       |
|------------|---------------|--------|-------------------|-------|
| baksteen   | $m''_i$       | 160    | $R_A =$           | 46 dB |
| betonplaat | $m''_{\perp}$ | 500    | $R_A =$           | 58 dB |
|            | $M =$         | 0.4949 |                   |       |
|            | $K_{Ff} =$    | 14.073 | dB                |       |
|            | $R_{Ff} =$    | 60.0   | $+10\lg[S_s/I_f]$ | dB    |

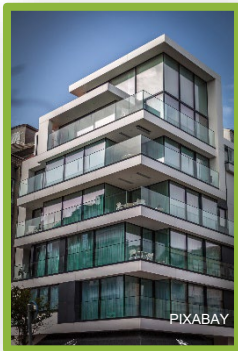


## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

$$R'_w = -10 \lg \left[ 10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} \right]$$

$$R'_w = -10 \lg \left[ 10^{\frac{-57}{10}} + 10^{\frac{-53,7}{10}} + 10^{\frac{-55,3}{10}} + 10^{\frac{-55,3}{10}} \right] = 49,2 = 49 \text{ dB}$$

Voorbeeld: reëel ter plaatse waargenomen isolatie, rekening houdend met alle transmissiewegen via de zware vloer en de wanden uit kalkzandsteenblokken

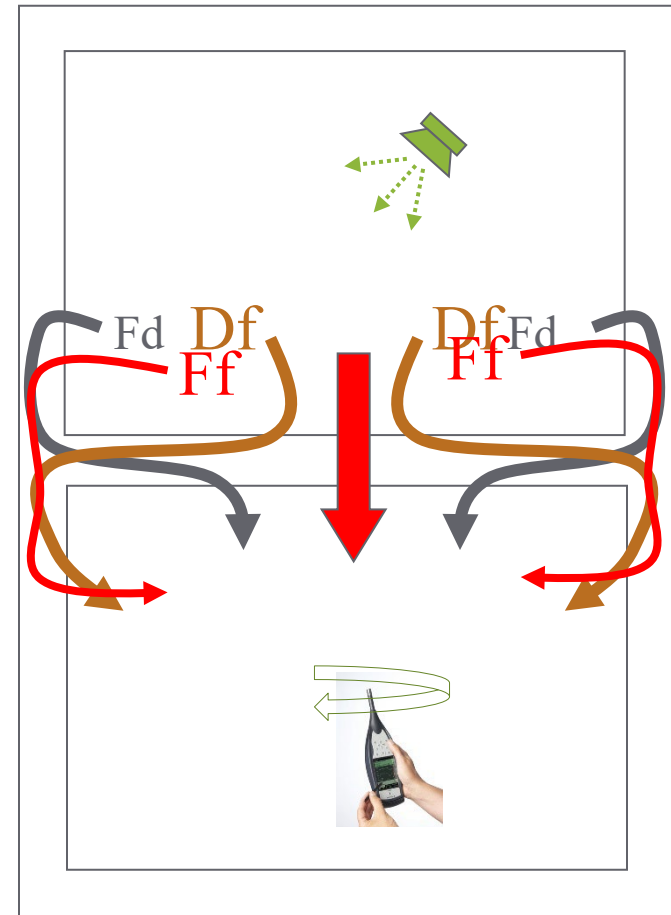


$$\rightarrow R'_w = 49 \text{ dB}$$

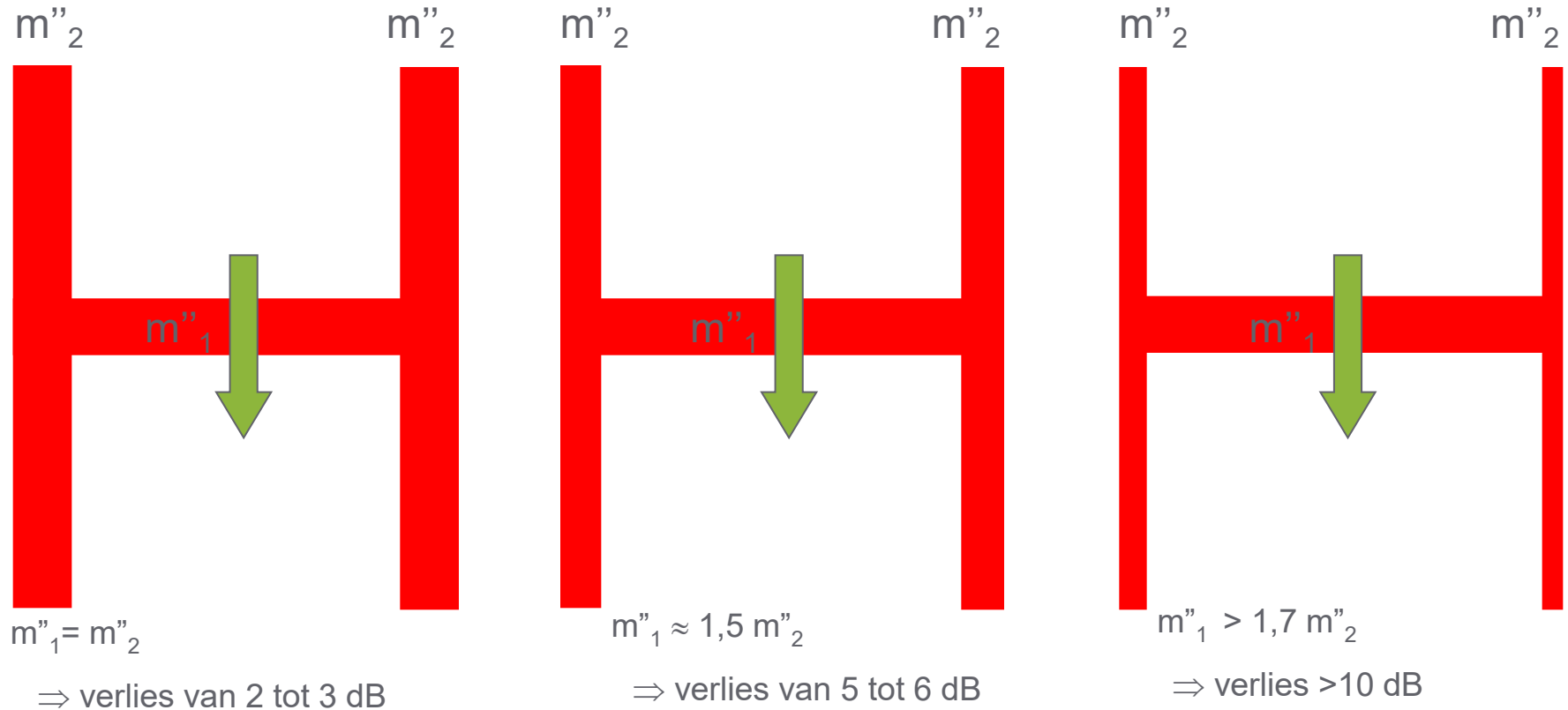
( $R_w$  van de vloer alleen = 57 dB)

Vereenvoudigd berekeningsmodel volgens EN 12354-1:

Totale transmissie = rechtstreekse transmissie + 12 laterale transmissiewegen



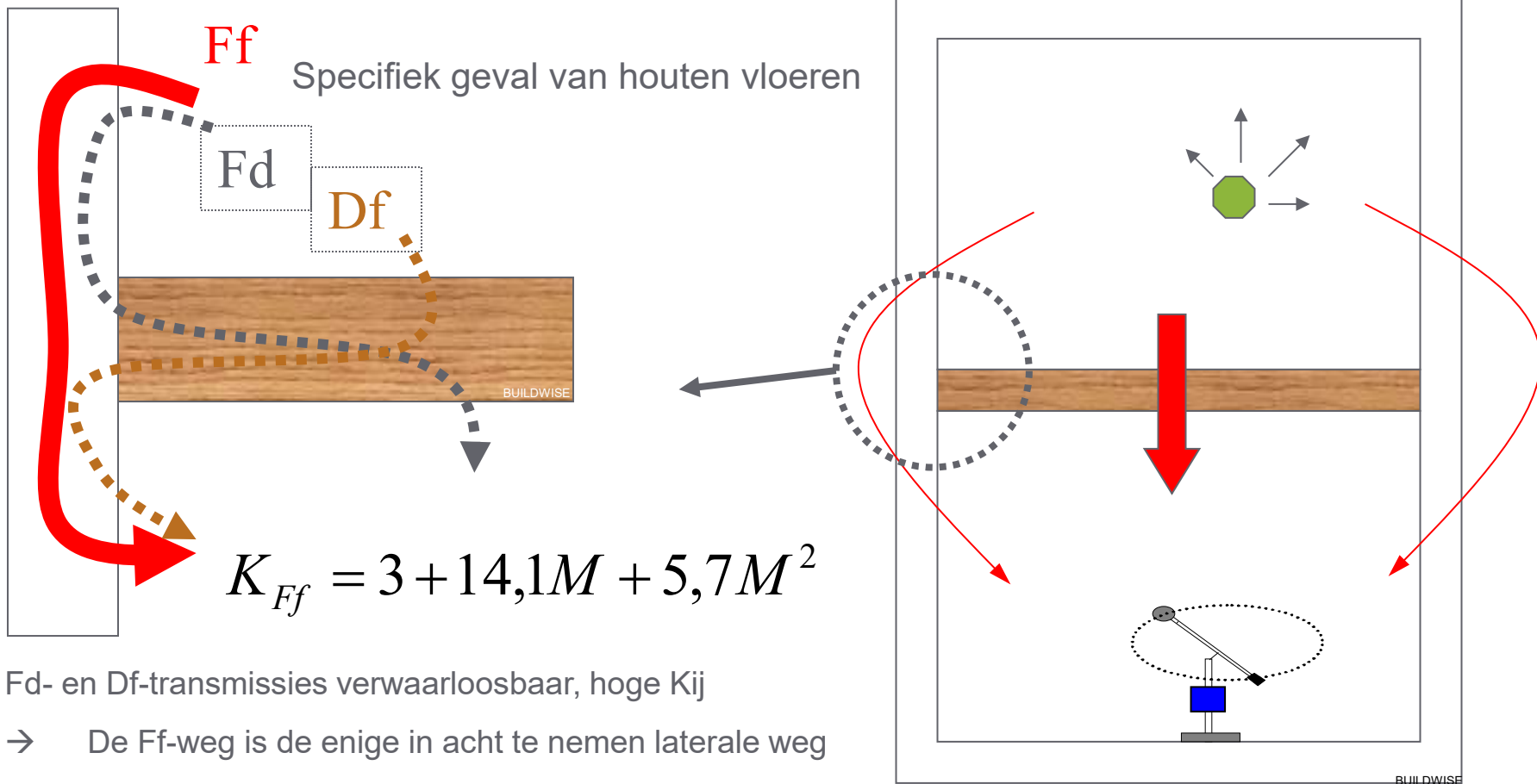
Het verband tussen de  $R_A$  van materialen & systemen en de uiteindelijke  $D_A$  tussen ruimtes



Verliezen ten opzichte van de directe isolatie  $R_w$  (of  $R_A$ )



## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes



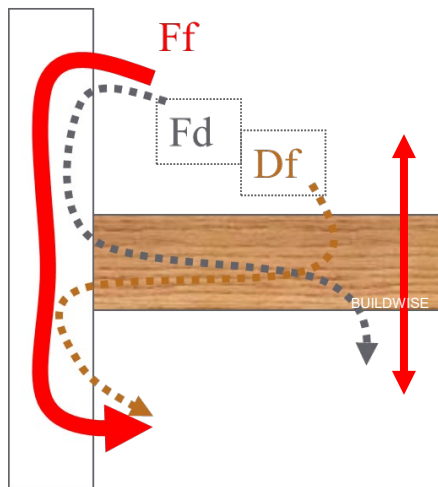
$F_d$ - en  $D_f$ -transmissies verwaarloosbaar, hoge  $K_{ij}$

- De  $F_f$ -weg is de enige in acht te nemen laterale weg
- Slechts 5 transmissiewegen (1 rechtstreekse weg en 4  $F_f$ -wegen)
- Maar de damping van de aansluiting van de  $F_f$ -weg is zeer beperkt



## Het verband tussen de $R_A$ van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- Direct gevolg: inrichting van appartementen in oorspronkelijke eengezinswoningen, met houten vloeren tussen de verdiepingen.
- Een goed akoestisch ontwerp van de vloer is noodzakelijk, maar niet noodzakelijk voldoende gezien de laterale transmissies via de Ff-weg → Passende akoestische voorzetwanden vereist voor een hoge isolatiewaarde.



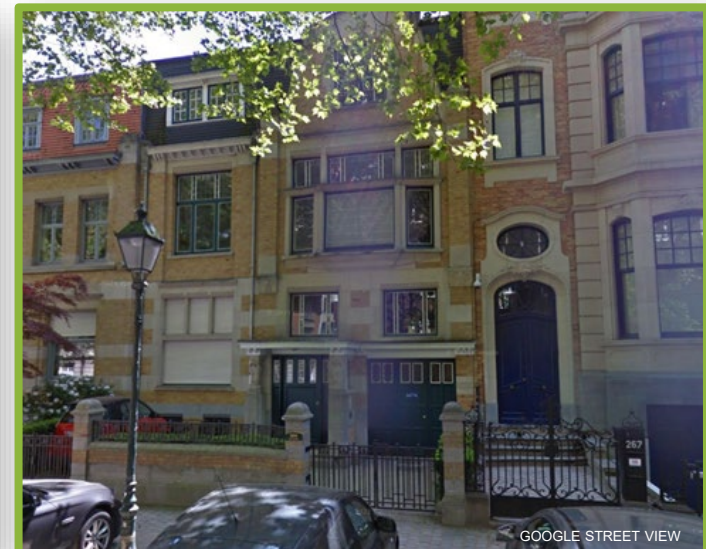
$$R_{A,vloer} = 61 \text{ dB}$$

$$D_{A,tussen\_verdiepingen} = 50 \text{ dB}$$



### Akoestische voorzetwanden type B: licht op onafhankelijk skelet

- ▶ Akoestische voorzetwanden type B bestaat uit een **onafhankelijk skelet** (veerprofielen, metalen profielen, losgekoppeld houten skelet), los van de basiswand.
- ▶ De dikte van de stijlen, vaak 50 mm, wordt gevuld met een absorberend materiaal over de volledige oppervlakte: MW **of ander poreus/vezelig ecologisch absorberend materiaal**.
- ▶ De afwerkingsplaten bestaan uit een dubbele dikte platen, bijvoorbeeld **twee gipsplaten van 12,5 mm**.



DOELSTELLINGEN, ORDES VAN GROOTTE EN PARAMETERS

DE BEPALING VAN DE PRESTATIES IN SITU

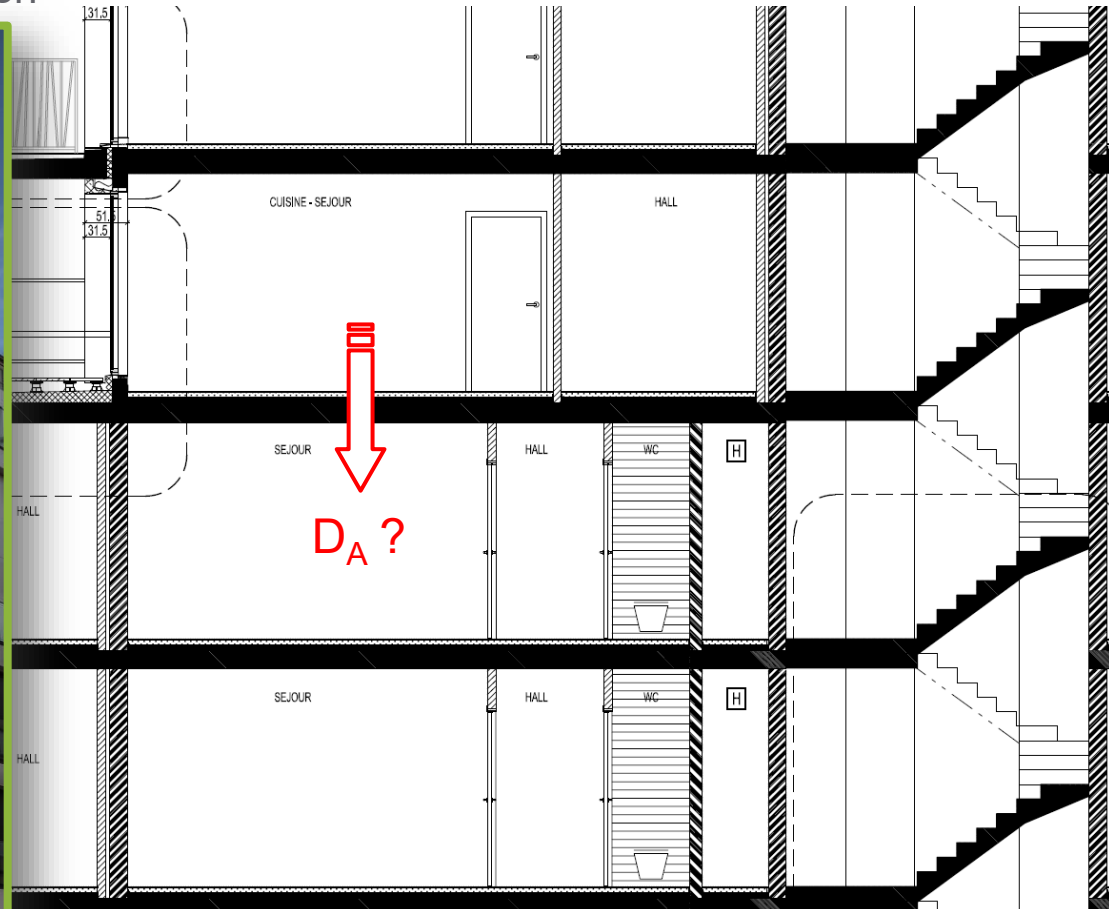
**DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN APPARTEMENTEN**

DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN RIJWONINGEN



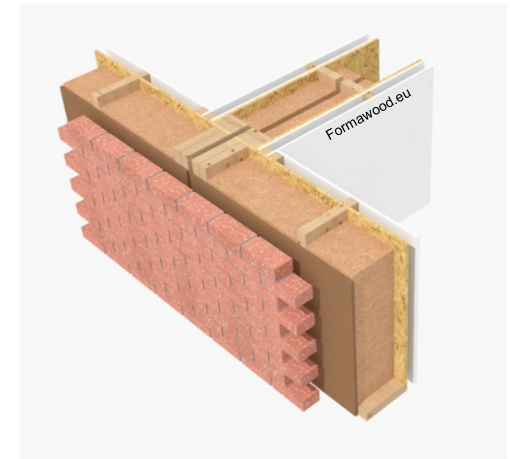
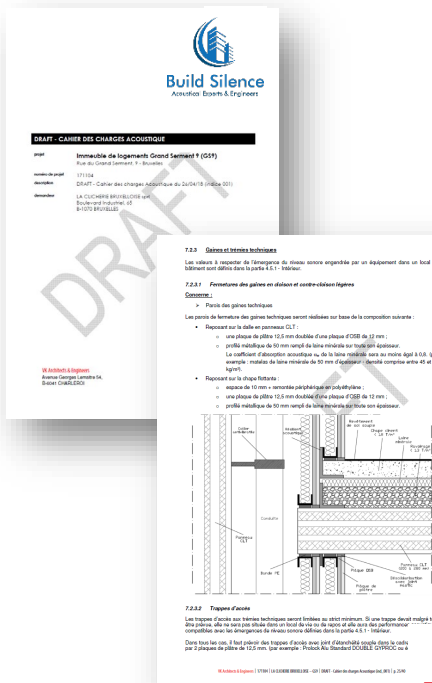
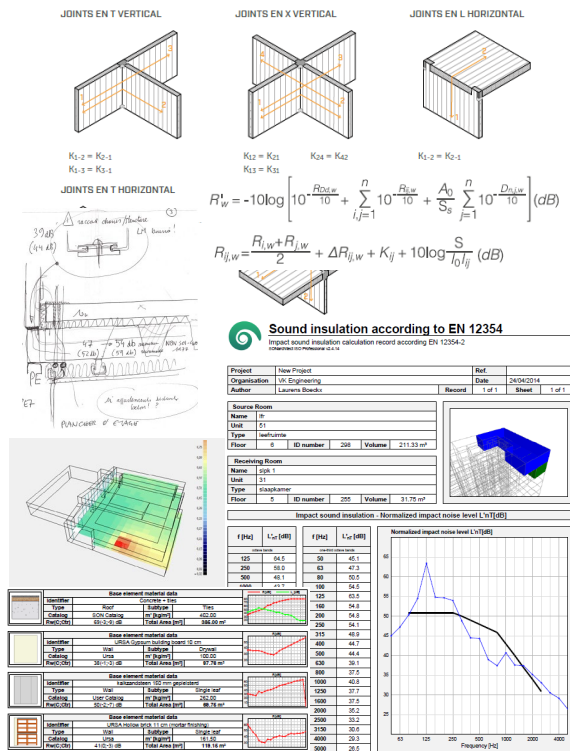
## Het verband tussen de R van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- EN 12354-methode: Voorspelling van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie op basis van de gebouwplannen



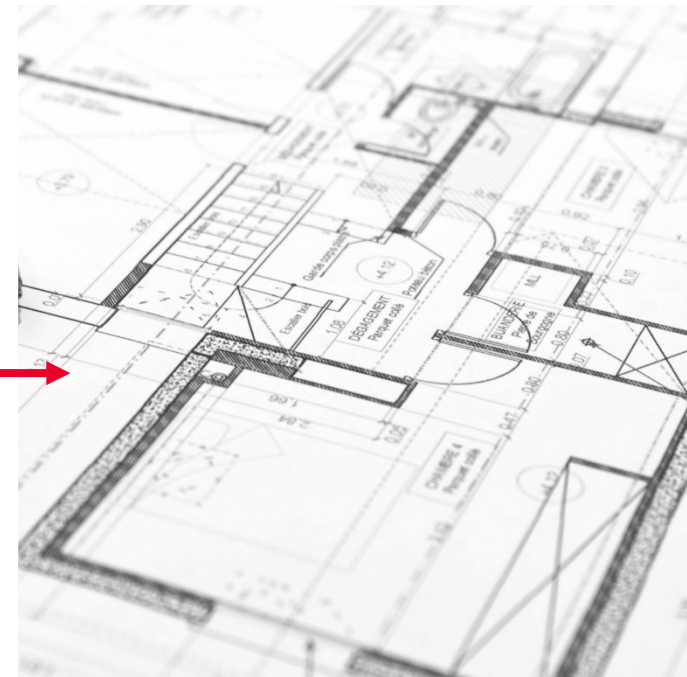
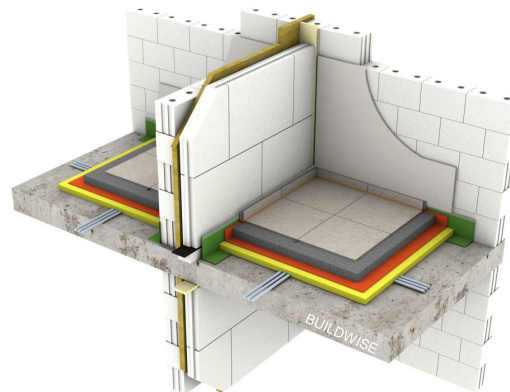
## Het verband tussen de R van materialen & systemen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- ▶ EN 12354-1-methode: Voorspelling van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie op basis van de gebouwplannen = **rol van de ingenieur Akoestiek**.
- ▶ Studie van de technische oplossingen → bestek → uitvoering/oplevering.



## Het verband tussen de materialen en de uiteindelijke $D_A$ tussen ruimtes

- ▶ TV 281 = (conservatief) overzicht van de berekeningsresultaten volgens de EN 12354-1-methode. Resultaten vertaald in bouwconcepten.
- ▶ In TV 281 vinden we bouwconcepten om aan de drie klassen van akoestisch comfort van NBN S 01-400-1 te voldoen.



## Vóór toepassing van de bepalingen van de TV, “passieve” benadering van de isolatie:

- ▶ **A** Beperken van contactoppervlakken tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **B** Gebruiken van bufferruimtes tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **C** Bundelen van gelijkaardige functies beperkt het risico van geluidshinder

A

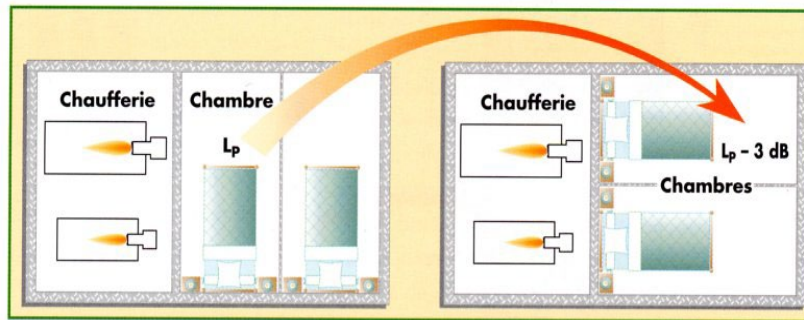


Figure 28 - Amélioration de l'isolement acoustique en réduisant la surface de contact avec la chaudière

B

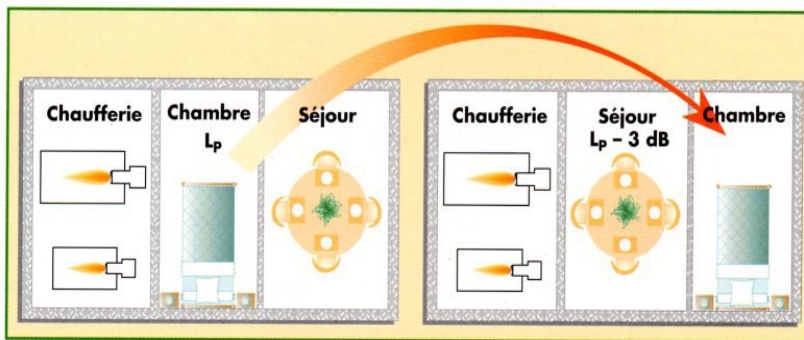
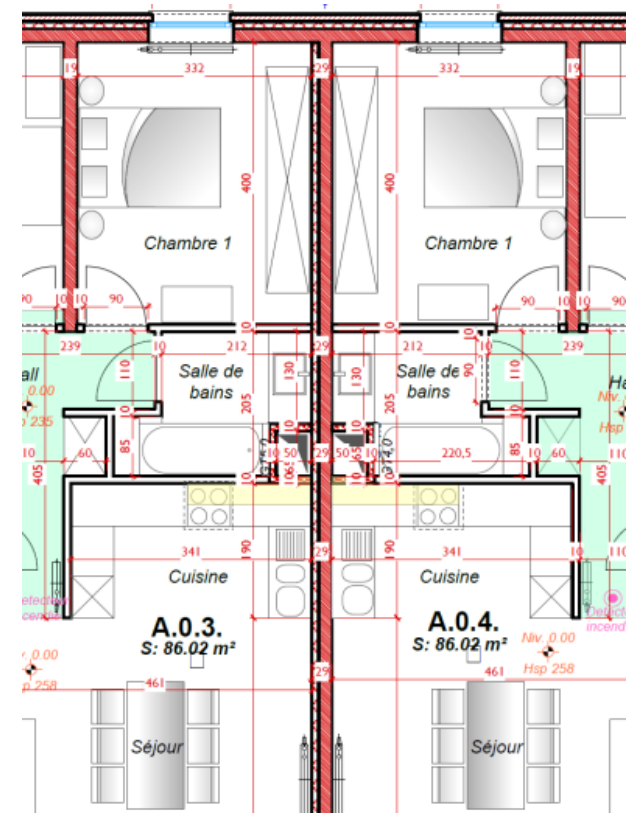


Figure 29 - Amélioration de l'isolement acoustique en augmentant la surface de la pièce mitoyenne à la chaudière

www.buildwise  
.be

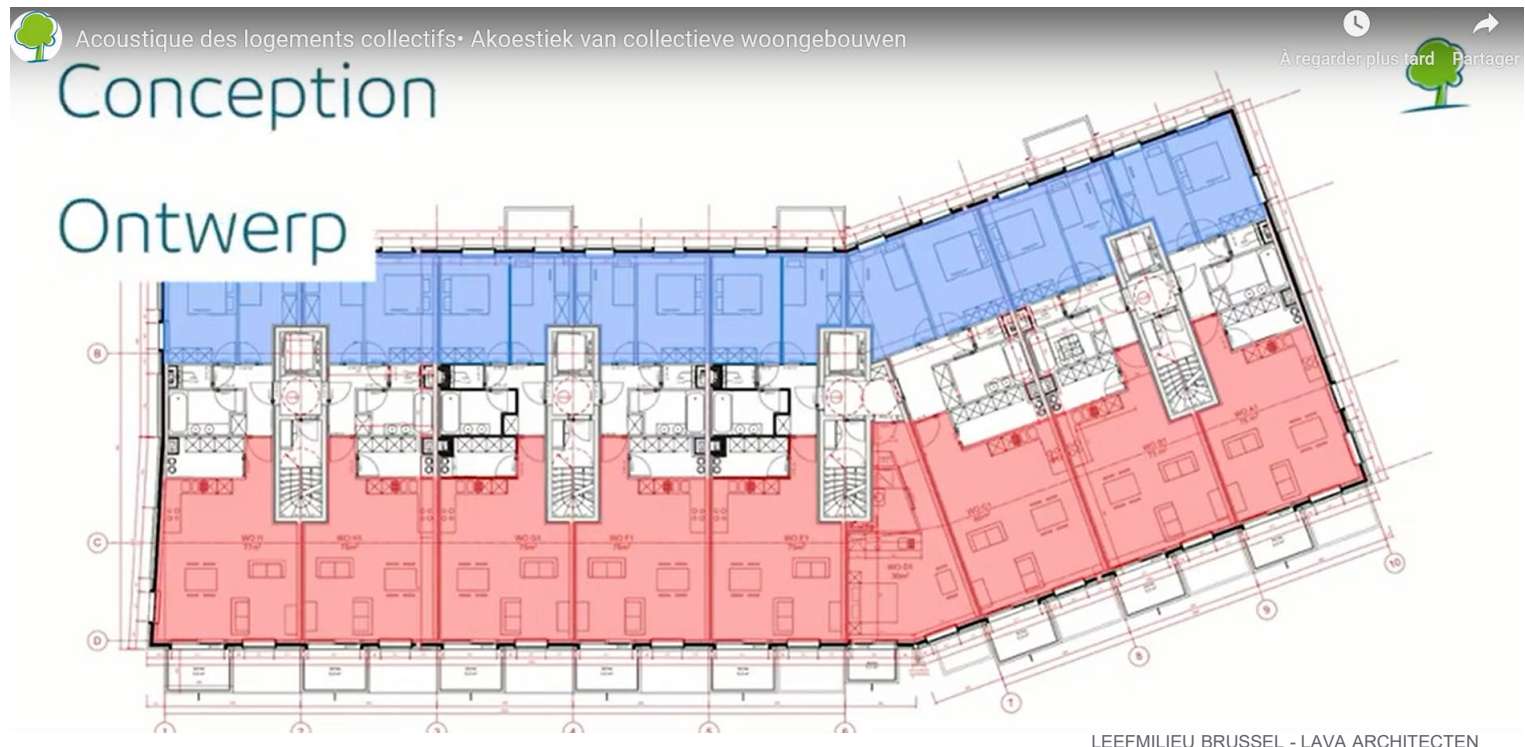


www.buildwise  
.be



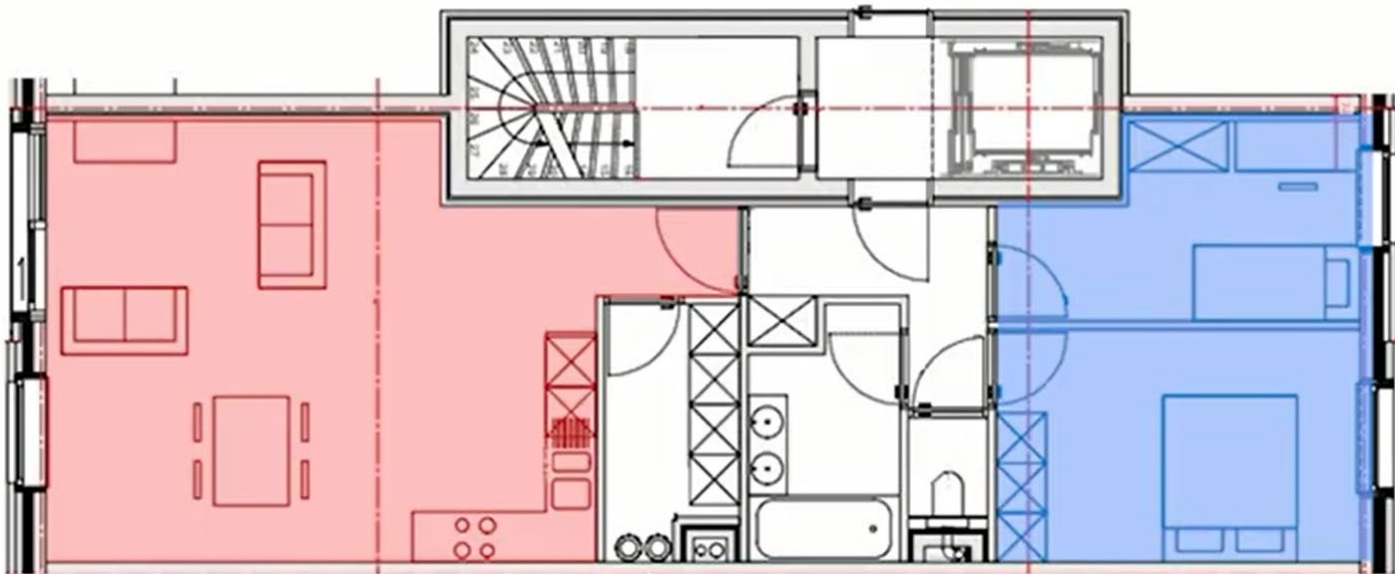
**Vóór toepassing van de bepalingen van de TV, “passieve” benadering van de isolatie:**

- ▶ **A** Beperken van contactoppervlakken tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **B** Gebruiken van bufferruimtes tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **C** Bundelen van gelijkaardige functies beperkt het risico van geluidshinder

**B**

**Vóór toepassing van de bepalingen van de TV, “passieve” benadering van de isolatie:**

- ▶ **A** Beperken van contactoppervlakken tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **B** Gebruiken van bufferruimtes tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **C** Bundelen van gelijkaardige functies beperkt het risico van geluidshinder

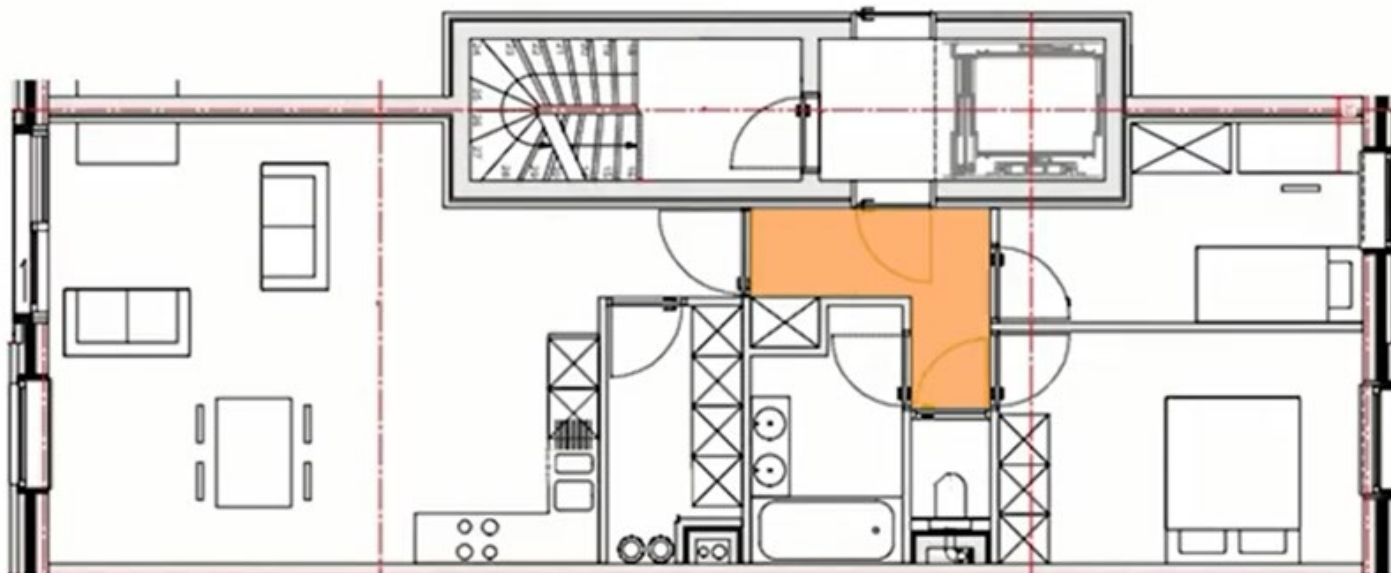
**B**

LEEFMILIEU BRUSSEL - LAVA ARCHITECTEN



**Vóór toepassing van de bepalingen van de TV, “passieve” benadering van de isolatie:**

- ▶ **A** Beperken van contactoppervlakken tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **B** Gebruiken van bufferruimtes tussen lawaaierige en gevoelige ruimtes
- ▶ **C** Bundelen van gelijkaardige functies beperkt het risico van geluidshinder

**B**

LEEFMILIEU BRUSSEL - LAVA ARCHITECTEN



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Bepalen van de beoogde comfortklasse overeenkomstig NBN S 01-400-1



- Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C**



Doelstellingen (akoestisch comfort van klasse C):

Gestandaardiseerde geluidsisolatie:  $D_A \geq 54 \text{ dB}$

Gestandaardiseerd contactgeluidsniveau:  $L'_{nT,w} \leq 52 \text{ dB}$

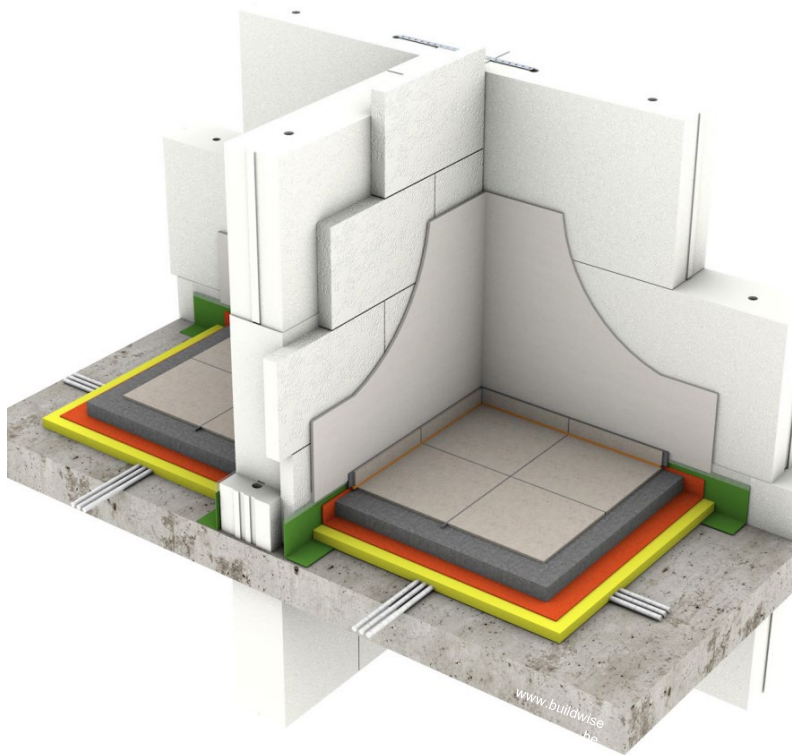
Geluidsniveau van installaties:  $L_{Aeq,nT} \leq 24-28 \text{ dB}$



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

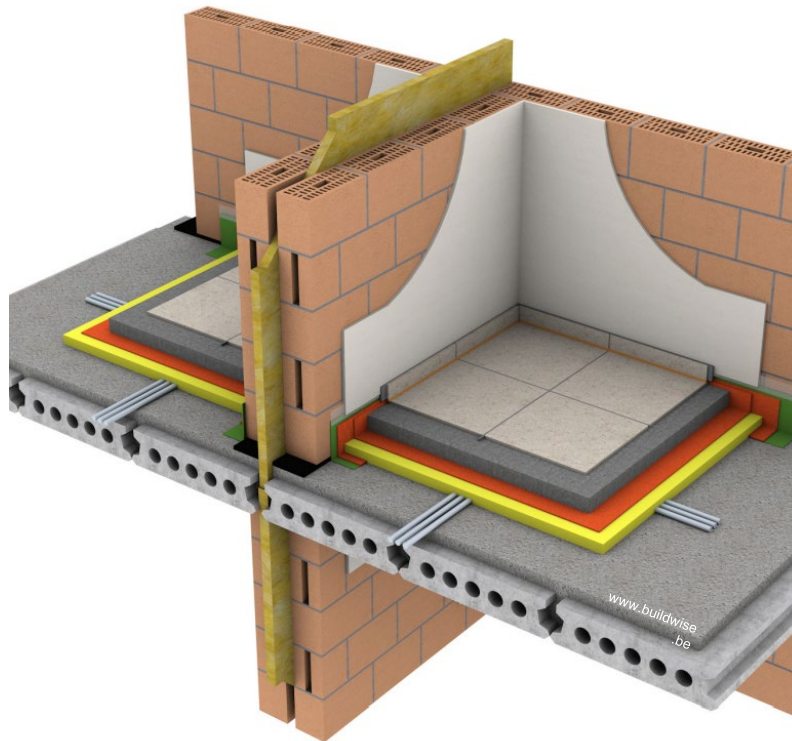
- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten:

- **M:** concepten met doorlopende vloerplaten en één enkele dragende gemene muur,



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

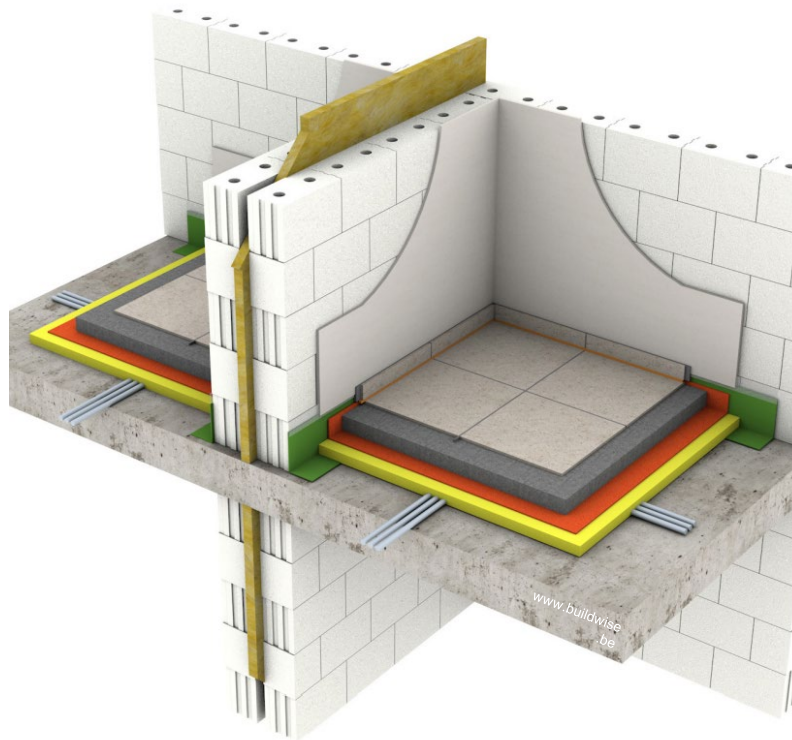
- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten:



- **M:** concepten met doorlopende vloerplaten en één enkele dragende gemene muur,
- **IF:** concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur,

## Toepassing van de bepalingen van TV 281

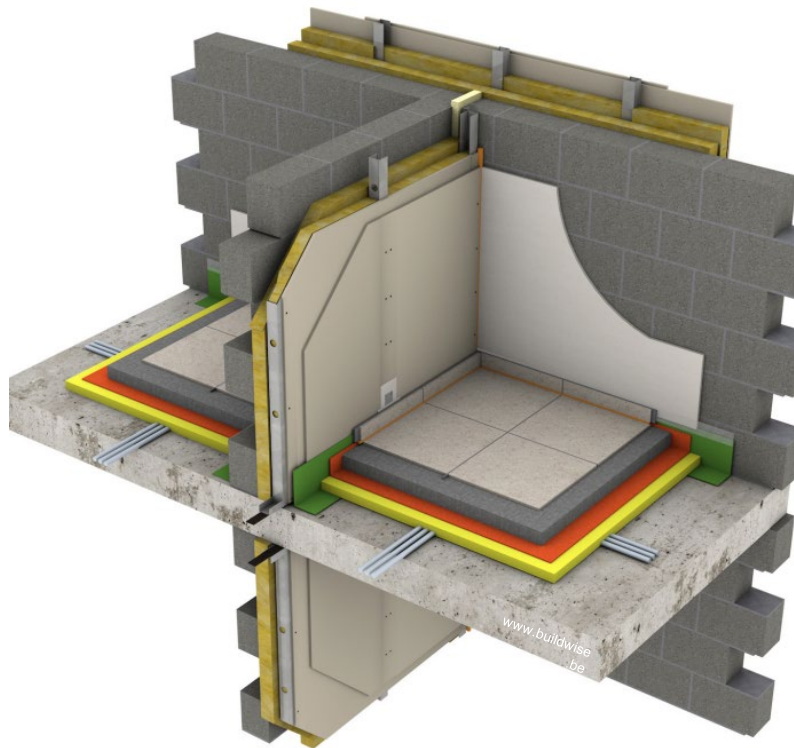
- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten:



- **M:** concepten met doorlopende vloerplaten en één enkele dragende gemene muur,
- **IF:** concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur,
- **CF:** concepten met doorlopende vloerplaten en dubbele dragende gemene muur,

## Toepassing van de bepalingen van TV 281

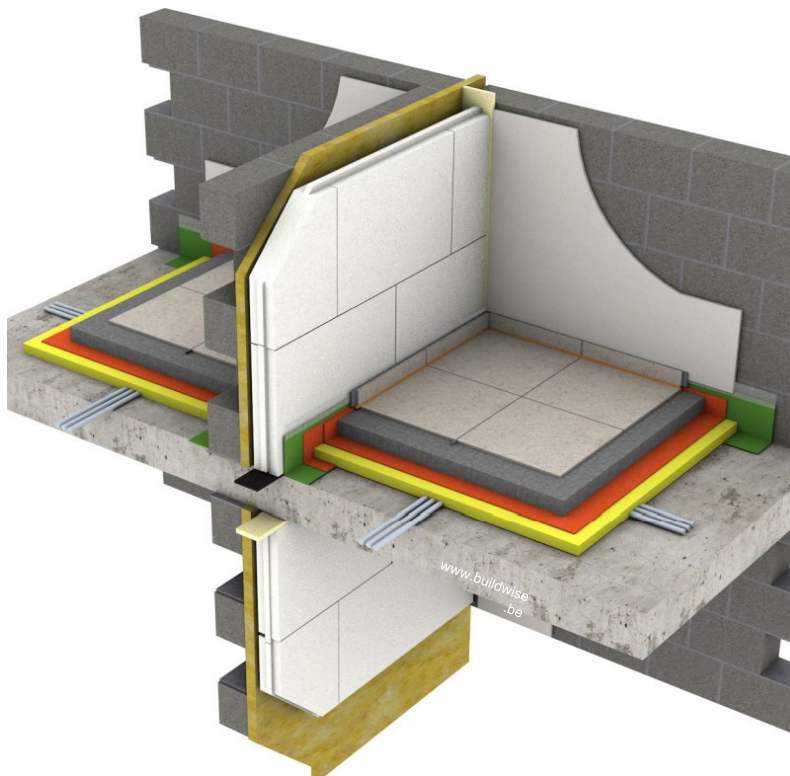
- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten:



- **M:** concepten met doorlopende vloerplaten en één enkele dragende gemene muur,
- **IF:** concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur,
- **CF:** concepten met doorlopende vloerplaten en dubbele dragende gemene muur,
- **LF:** concepten met doorlopende vloerplaten en een gemene muur bestaande uit een enkele draagmuur met akoestische voorzetwand met gipsplaten op skelet

## Toepassing van de bepalingen van TV 281

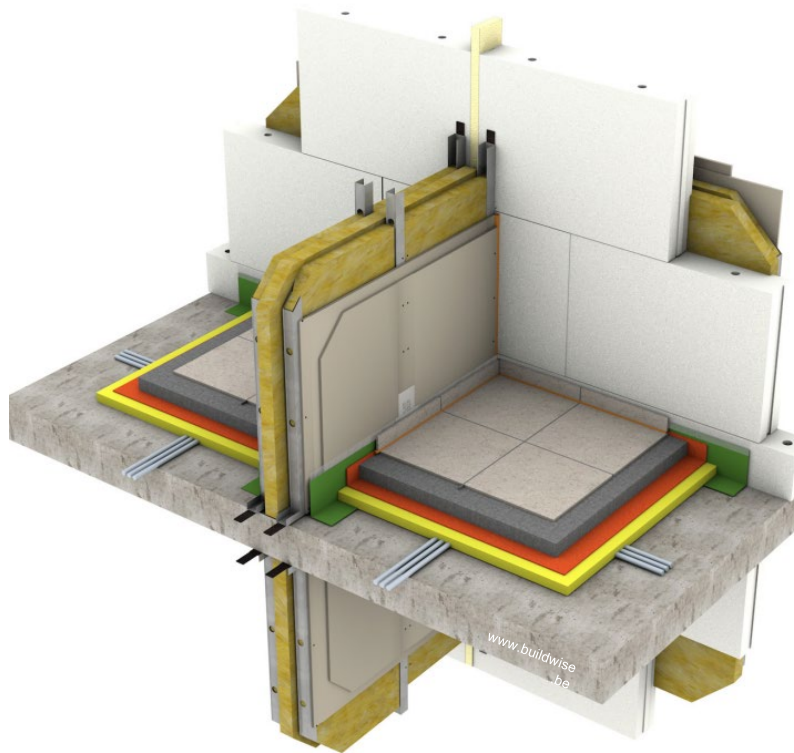
- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten:



- **M:** concepten met doorlopende vloerplaten en één enkele dragende gemene muur,
- **IF:** concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur,
- **CF:** concepten met doorlopende vloerplaten en dubbele dragende gemene muur,
- **LF:** concepten met doorlopende vloerplaten en een gemene muur bestaande uit een enkele draagmuur met akoestische voorzetwand met gipsplaten op skelet
- **LR:** concepten met doorlopende vloerplaten en een gemene muur bestaande uit een enkele draagmuur met akoestische voorzetwand uit verlijmd blokken

## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten:

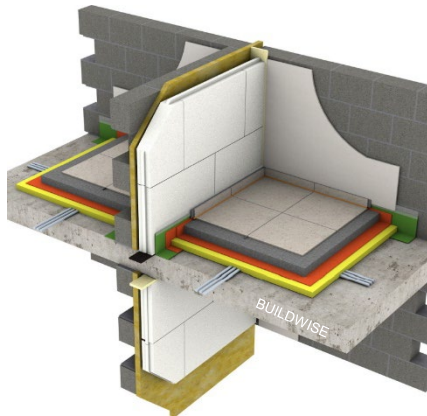


- **M:** concepten met doorlopende vloerplaten en één enkele dragende gemene muur,
- **IF:** concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur,
- **CF:** concepten met doorlopende vloerplaten en dubbele dragende gemene muur,
- **LF:** concepten met doorlopende vloerplaten en een gemene muur bestaande uit een enkele draagmuur met akoestische voorzetwand met gipsplaten op skelet
- **LR:** concepten met doorlopende vloerplaten en een gemene muur bestaande uit een enkele draagmuur met akoestische voorzetwand uit verlijmd blokken
- **NLB:** concepten met doorlopende vloerplaten en een niet-dragende gemene muur



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- ▶ Definiëren van het te gebruiken bouwsysteem
- ▶ Het is niet mogelijk TV 281 te gebruiken als basis voor houtbouw
- ▶ TV 281 reikt oplossingen aan op basis van zes bouwconcepten
- ▶ Voor elk bouwconcept vinden we een lijst van de verschillende mogelijke bouwsystemen overeenkomstig het type materiaal voor de structuur (bijv. baksteen, kalkzandsteen, beton, ...) en het type materiaal voor de binnenwanden.



- LR: concepten met doorlopende vloerplaten en een woningscheidende wand bestaande uit een enkele, dragende wand met voorzetwand uit gelijmde blokken
  - [LR1A: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\), binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\)](#)
  - [LR1B: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\), binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1C: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(175 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(175 mm breed\)](#)
  - [LR1D: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(175 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1E: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(214 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(214 mm breed\)](#)
  - [LR1F: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(214 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1G: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(240 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(240 mm breed\)](#)
  - [LR1H: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(240 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1I: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\) + cellenbetonwand, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\)](#)



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- ▶ Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C** op basis van een concept voor zware wanden uit kalkzandsteenblokken van 175 mm met akoestische voorzetwand uit gipsblokken

→ *Link naar checklist voor het beoogde concept*



- LR: concepten met doorlopende vloerplaten en een woningscheidende wand bestaande uit een enkele, dragende wand met voorzetwand uit gelijmde blokken
  - [LR1A: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\), binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\)](#)
  - [LR1B: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\), binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1C: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(175 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(175 mm breed\)](#)
  - [LR1D: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(175 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1E: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(214 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(214 mm breed\)](#)
  - [LR1F: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(214 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1G: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(240 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(240 mm breed\)](#)
  - [LR1H: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(240 mm breed\) + gipsblokken op muurstroken, binnenspouwblad uit cellenbeton](#)
  - [LR1I: wand uit volle kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\) + cellenbetonwand, binnenspouwblad uit kalkzandsteenblokken \(150 mm breed\)](#)

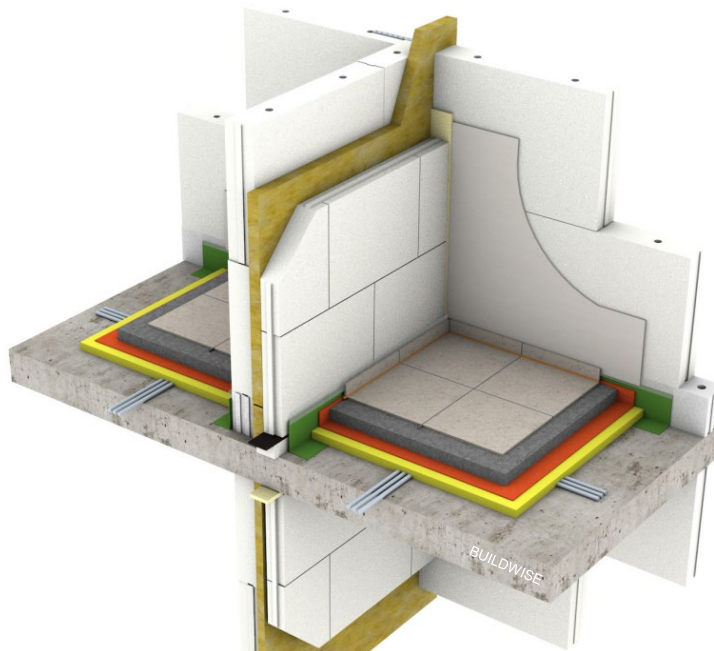


## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C** op basis van een concept voor zware wanden uit kalkzandsteenblokken van 175 mm met akoestische voorzetwand uit gipsblokken → pagina “checklist”

### Bouwconcepten LR1C

Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd + gipsblokwand (blokken van 100 mm breed), gebouwd op specifieke akoestische muurstroken, ontkoppeld bovenaan (bv. PU-voeg).



Beschrijving van het bouwconcept met vereiste oppervlaktet massa [kg/m<sup>2</sup>] en de gewogen geluidsverzwakkingsindex ( $R_A = R_w + C$ ) [dB] van de verschillende wanden.

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                  |       |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|
| Binnenspouwblad gevel            | Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd ( $R_A = 51$ dB, $m' = \text{ca. } 305 \text{ kg/m}^2$ ).                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                  |       |
| Dragende binnenwanden            | Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd ( $R_A = 51$ dB, $m' = \text{ca. } 310 \text{ kg/m}^2$ ).                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                  |       |
| Woningscheidende deelwand 1      | Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd ( $R_A = 51$ dB, $m' = \text{ca. } 305 \text{ kg/m}^2$ ).                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                  |       |
| Woningscheidende deelwand 2      | Gipsblokwand (blokken van 100 mm breed), gebouwd op specifieke akoestische muurstroken, ontkoppeld bovenaan (bv. PU-voeg) (zie <a href="#">Thema 9</a> (§ 3-9, p. 62)).                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |       |
| Akoestische muurstroken          | Specifieke akoestische muurstroken onder de gipsblokwand, bovenaan ontkoppelde afwerking (bv. PU). Zie voorschriften van de fabrikant.                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                  |       |
| Spouwvoorwaarden                 | Spouwbreedte $\geq 5$ cm, om thermische redenen kan een grotere thermische isolatiedikte nodig zijn. Enkel bij buigstijve en/of geslotencellige thermische isolatie is een extra 2 cm luchtlag nodig. Harde contacten zijn niet toegelaten, zelfs geen spouwankers, behalve bij de doorlopende vloerplaten. De kopse binnenwanden en de gevelwand moeten bij de woningscheidende wand onderbroken worden. |                                                                  |       |
| Voorwaarden gangwand             | Zie <a href="#">Thema 1</a> (§ 3-1, p. 27).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |       |
| Voorwaarden niet-dragende wanden | Zie <a href="#">Thema 2</a> (§ 3-2, p. 29).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |       |
| Scheidingswand buurgebouw        | Zie <a href="#">Thema 3</a> (§ 3-3, p. 33).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                  |       |
| Type fundering                   | Zie <a href="#">Thema 4</a> (§ 3-4, p. 34).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Minimale $\Delta L_w$ zwevende vloer laagste bewoonde draagvloer | 18 dB |
| Opleg draagvloer                 | De vloerplaat moet alle draagwanden onderbreken.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                  |       |
| Onderbreking draagvloer          | De vloerplaat loopt door tussen beide woningen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                  |       |
| Algemene aandachtspunten         | Zie <a href="#">§ 2.5</a> (p. 22) voor aandachtspunten (vaak voorkomende moeilijkheden).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                  |       |



## Toepassing van de bepalingen van TV 281– analyse checklist

- Analyse van de elementen van de checklist voor het geselecteerde concept LR1C

**Beschrijving van het bouwconcept met vereiste oppervlaktemassa [ $\text{kg/m}^2$ ] en de gewogen geluidsverzwakkingsindex ( $R_A = R_w + C$ ) [dB] van de verschillende wanden.**

### Binnenspouwblad gevel

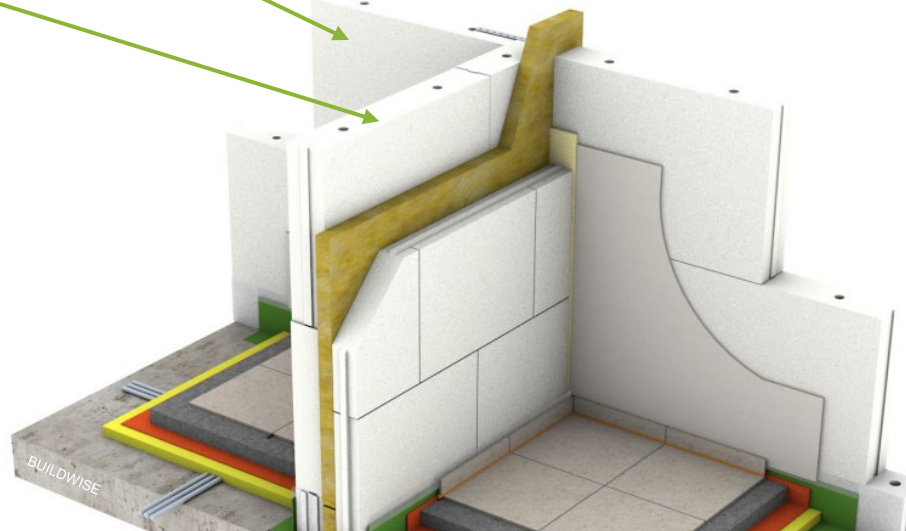
Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd ( $R_A = 51 \text{ dB}$ ,  $m' = \text{ca. } 305 \text{ kg/m}^2$ ).

### Dragende binnenwanden

Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd ( $R_A = 51 \text{ dB}$ ,  $m' = \text{ca. } 310 \text{ kg/m}^2$ ).

### Woningscheidende deelwand 1

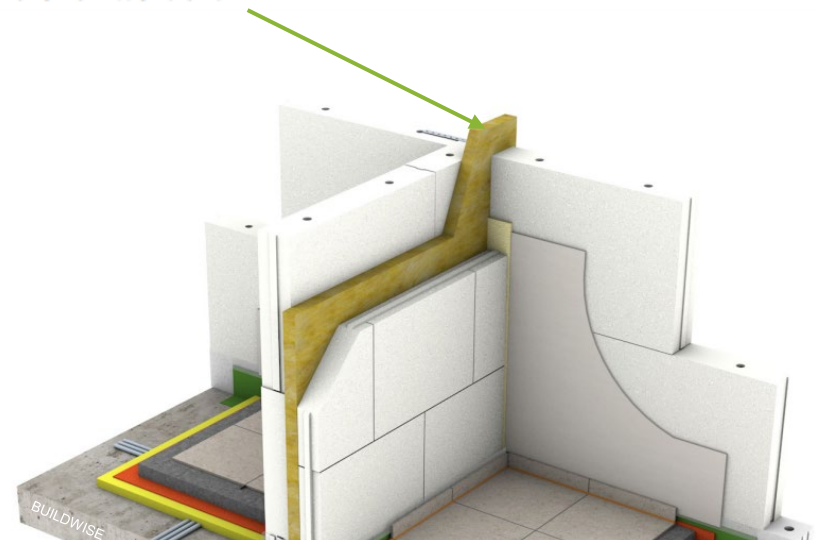
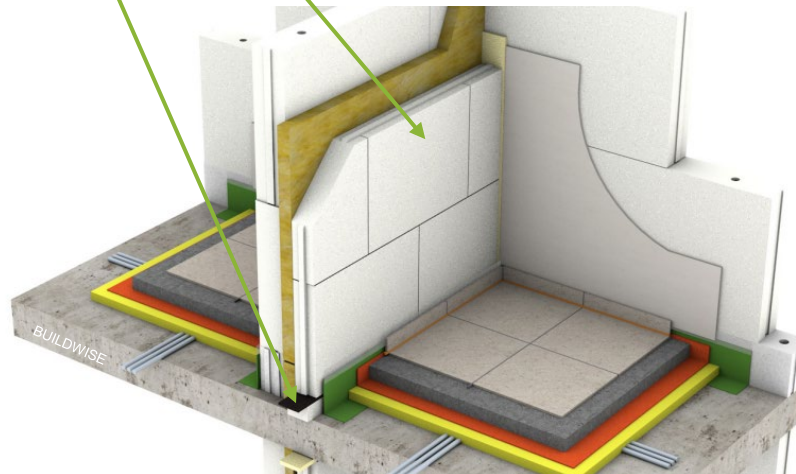
Wand uit volle kalkzandsteenblokken (175 mm breed), bepleisterd ( $R_A = 51 \text{ dB}$ ,  $m' = \text{ca. } 305 \text{ kg/m}^2$ ).



## Toepassing van de bepalingen van TV 281– analyse checklist

- Analyse van de elementen van de checklist voor het geselecteerde concept LR1C

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Woningscheidende deelwand 2 | Gipsblokwand (blokken van 100 mm breed), gebouwd op specifieke akoestische muurstroken, ontkoppeld bovenaan (bv. PU-voeg) (zie <a href="#">Thema 9</a> (§ 3.9, p. 62)).                                                                                                                                                                                                                                    |
| Akoestische muurstroken     | Specifieke akoestische muurstroken onder de gipsblokwand, bovenaan ontkoppelde afwerking (bv. PU). Zie voorschriften van de fabrikant.                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Spouwvoorwaarden            | Spouwbreedte $\geq 5$ cm, om thermische redenen kan een grotere thermische isolatiedikte nodig zijn. Enkel bij buigstijve en/of geslotencellige thermische isolatie is een extra 2 cm luchtlaag nodig. Harde contacten zijn niet toegelaten, zelfs geen spouwankers, behalve bij de doorlopende vloerplaten. De kopse binnenwanden en de gevelwand moeten bij de woningscheidende wand onderbroken worden. |





## Toepassing van de bepalingen van TV 281– analyse checklist

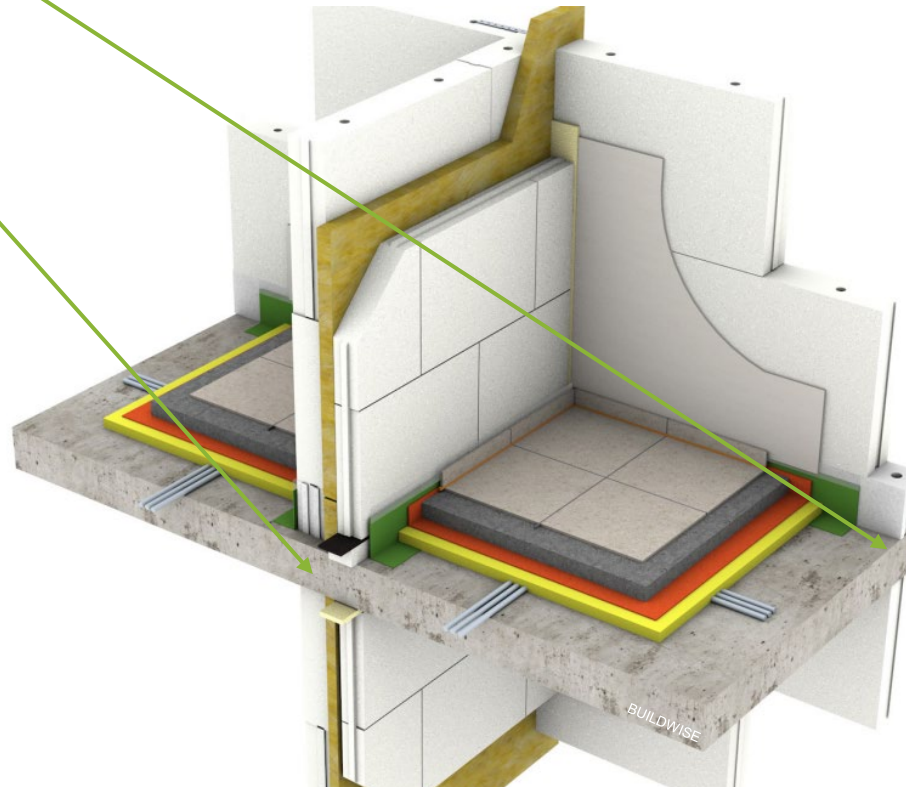
- Analyse van de elementen van de checklist voor het geselecteerde concept LR1C

Opleg draagvloer

De vloerplaat moet alle draagwanden onderbreken.

Onderbreking draagvloer

De vloerplaat loopt door tussen beide woningen.





## Toepassing van de bepalingen van TV 281– analyse checklist

- Analyse van de elementen van de checklist voor het geselecteerde concept LR1C
- In het voorbeeld wordt bijv. gekozen voor een vloer van 21 cm uit beton

**Akoestische prestaties in functie van de oppervlaktemassa [ $\text{kg/m}^2$ ] van de vloerplaat en de contactgeluidsisolatieverbetering ( $\Delta L_w$ ) [dB] van de zwevende vloer.**

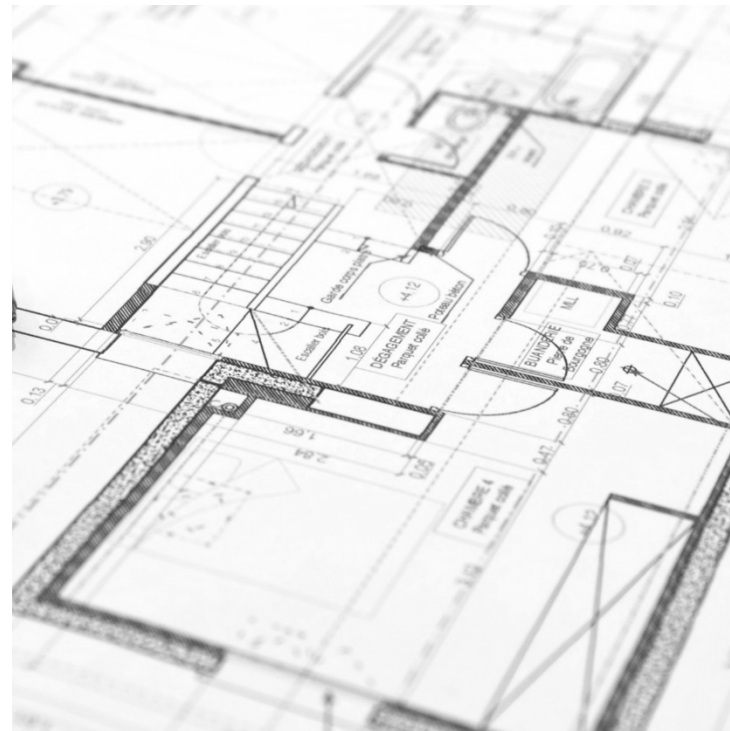
| Draagvloer + uitvullaag [ $\text{kg/m}^2$ ] | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 |
|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Equivalent (ca.) in betonplaatdikte [cm]    | 13  | 15  | 17  | 19  | 21  | 23  | 25  | 27  | 30  |
| Minimale $\Delta L_w$ zwevende vloer [dB]   | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  | 24  |
| Resultaat rijwoningen                       | /   | /   | B   | B   | B   | B   | B   | B   | B   |
| Resultaat appartementen                     | /   | /   | C   | C   | C   | C   | B   | B   | B   |
| Resultaat kolomwoningen                     | /   | /   | C   | C   | C   | C   | B   | B   | B   |

- Het geselecteerde concept is dus conform het beoogde criterium



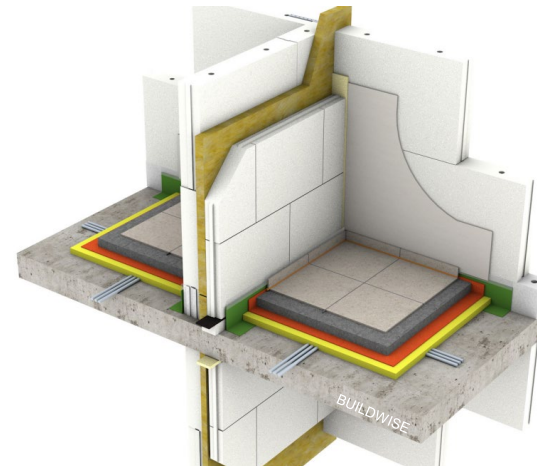
## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- ▶ Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C**
- ▶ Overzicht van technische bepalingen te integreren in de plannen



## Akoestisch concept voor een woongebouw overeenkomstig de NBN

- ▶ Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C**
- ▶ Overzicht van technische bepalingen te integreren in de plannen:  $D_A \geq 54$  dB

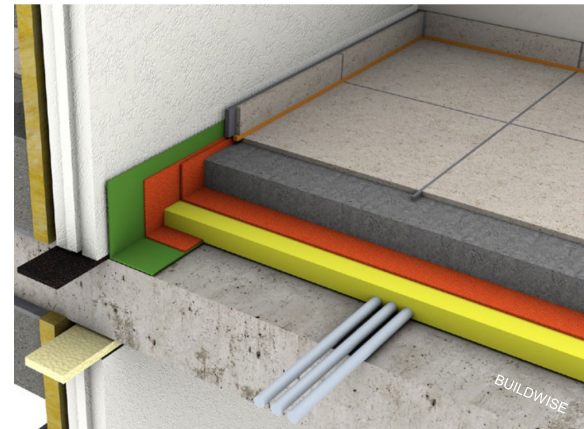


Structuur uit kalkzandsteenblokken en zware vloerplaten

- Zware wand: min. 305 kg/m<sup>2</sup> (blokken 17,5 cm)
- Spouw van 5 cm met absorberend materiaal
- Gipsblokken (dikte 10 cm) op soepele strook
- Vloeren: min. 500 kg/m<sup>2</sup> (vloerplaat 20 cm)

## Akoestisch concept voor een woongebouw overeenkomstig de NBN

- ▶ Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C**
- ▶ Overzicht van technische bepalingen te integreren in de plannen:  $L'_{nT,w} \leq 52$  dB



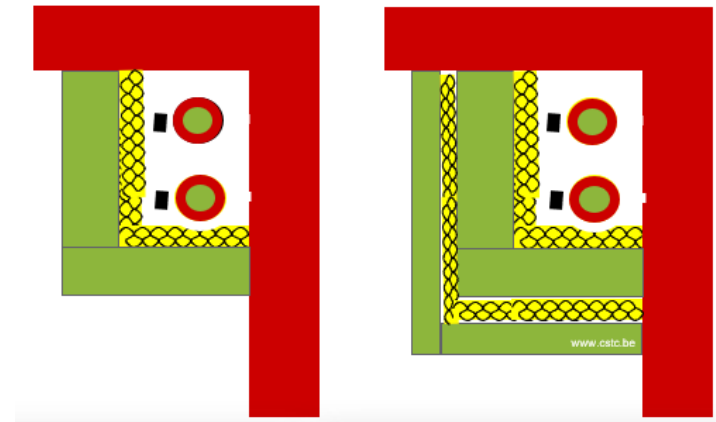
### Efficiënte zwevende dekvloer

- Vloerbekleding en dekvloer: 70 mm
  - Membraan met een  $\Delta L_w > 24$  dB: 10 mm
  - Licht betonnen egalatievloer: 80 mm
  - Vloeren: min. 500 kg/m<sup>2</sup> (vloerplaat 200 mm)
- & aanbevelingen behandeld in **sessie 01 deel 04**



## Akoestisch concept voor een woongebouw overeenkomstig de NBN

- ▶ Voorbeeld: akoestisch ontwerp van een gebouw dat voldoet aan **Klasse C**
- ▶ Overzicht van technische bepalingen te integreren in de plannen:  $L_{Aeq,nT} \leq 24-28$  dB



Richtlijnen voor technische kokers:

- Minerale wol op 50 % van de binnenwanden
- Gipsblokken van 10 cm indien niet erg gevoelige ruimtes
- Dubbele dikte 7+10 cm of zware wand indien doorkruiste ruimtes erg gevoelig

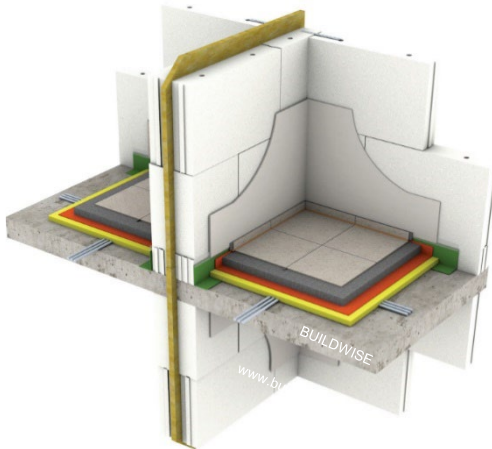
& aanbevelingen behandeld in **sessie 01 deel 05**



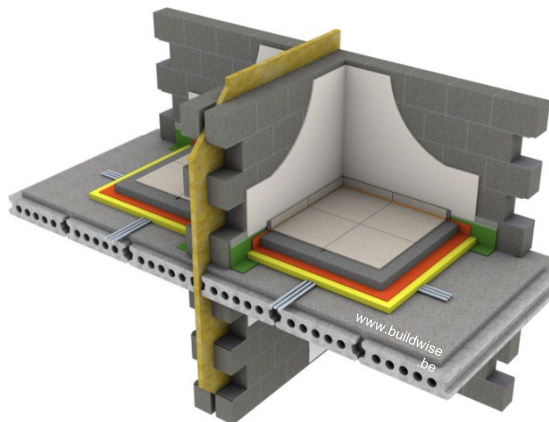
## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeelden op basis van andere bouwsystemen (Klasse C):

**IF:** concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur



- Structuur uit kalkzandsteenblokken en zware vloerplaten
  - Wanden: min.  $2 \times 265 \text{ kg/m}^2$  (blokken 15 cm)
  - Vloeren: min.  $500 \text{ kg/m}^2$  (vloerplaat 20 cm)
  - Zjevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24 \text{ dB}$



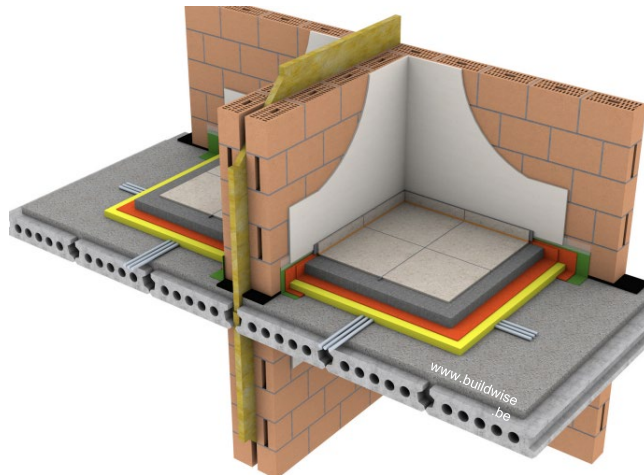
- Structuur uit holle betonblokken en holle vloerelementen
  - Wanden: min.  $2 \times 200 \text{ kg/m}^2$  (blokken 14 cm)
  - Vloeren: min.  $400 \text{ kg/m}^2$  (holle vloerelementen 16 cm + druklaag 5 cm)
  - Zjevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24 \text{ dB}$



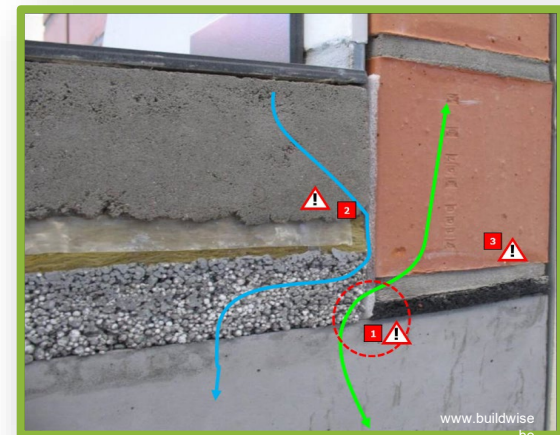
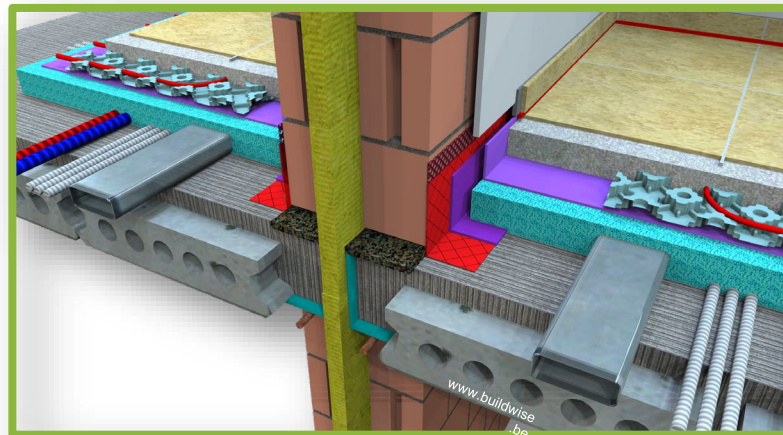
## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeelden op basis van andere bouwsystemen (Klasse C):

**IF: concepten met onderbroken vloerplaten en dubbele ankerloze muur**



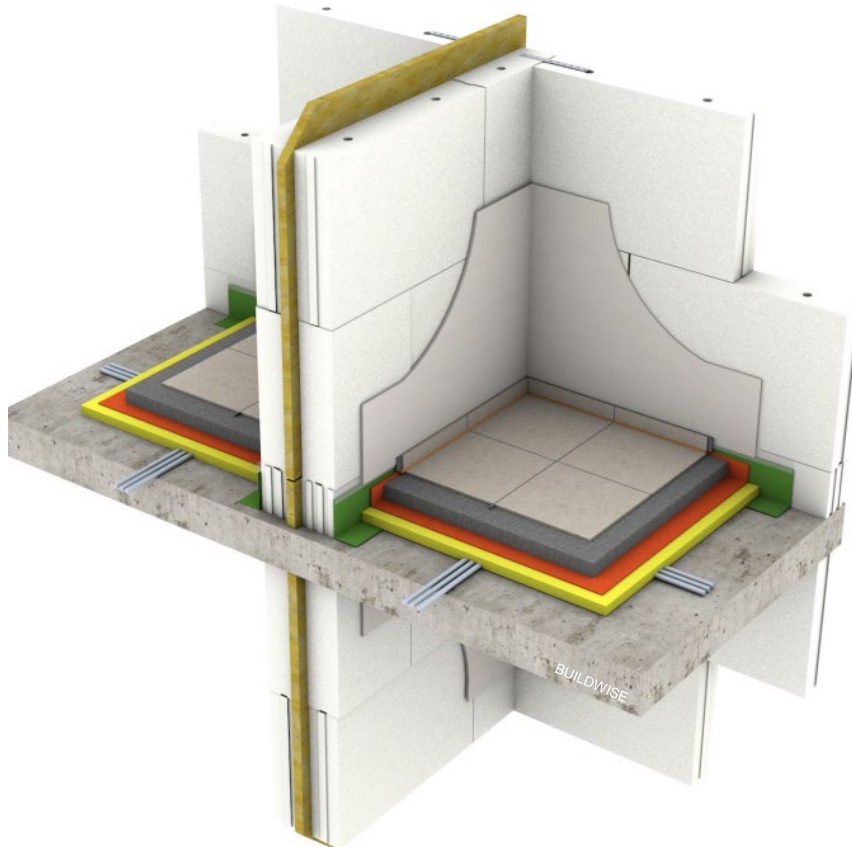
- Structuur uit baksteen en holle vloerelementen
  - Wanden: min.  $2 \times 125 \text{ kg/m}^2$  (blokken 14 cm)
  - Vloeren: min.  $450 \text{ kg/m}^2$  (holle vloerelementen 16 cm + 10 cm)
  - **Soepele membranen** onder de wanden
  - Zwevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24 \text{ dB}$



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeelden op basis van andere bouwsystemen (Klasse C):

**CF: concepten met doorlopende vloerplaten en dragende dubbele muur**



Structuur uit kalkzandsteen

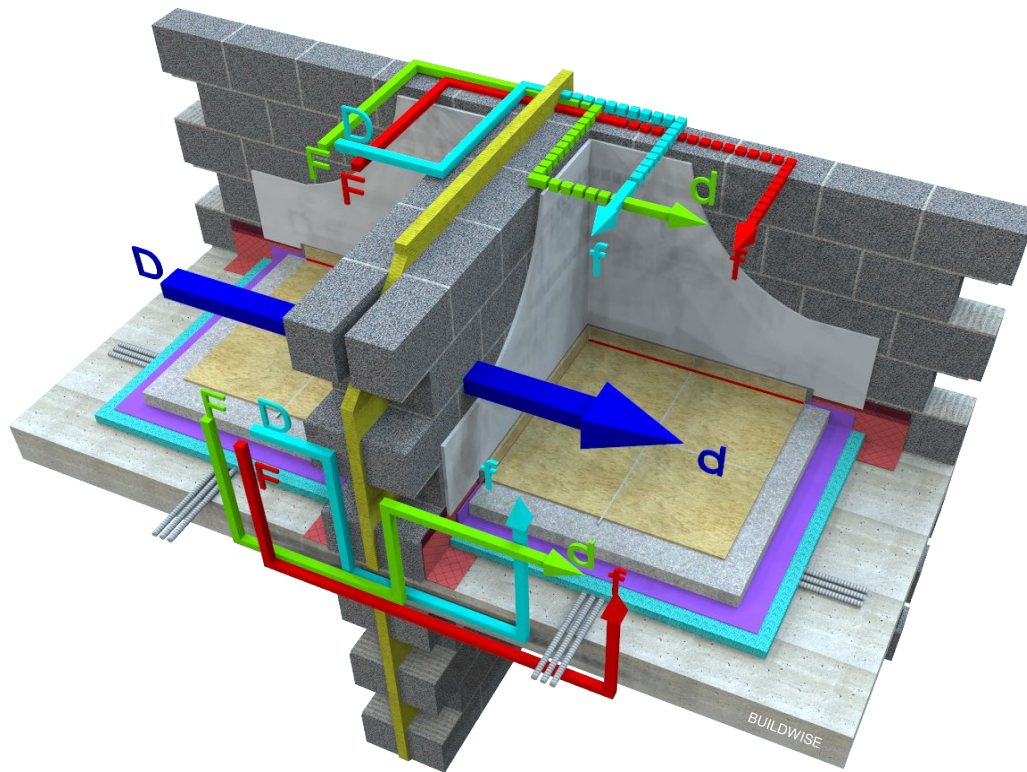
- Wanden: min. 2 x 250 kg/m<sup>2</sup> (blokken 15 cm)
- Vloeren: min. 500 kg/m<sup>2</sup> (betonnen vloerplaat 20 cm)
- Zwevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24$  dB



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeelden op basis van andere bouwsystemen (Klasse C):

**CF: concepten met doorlopende vloerplaten en dragende dubbele muur**

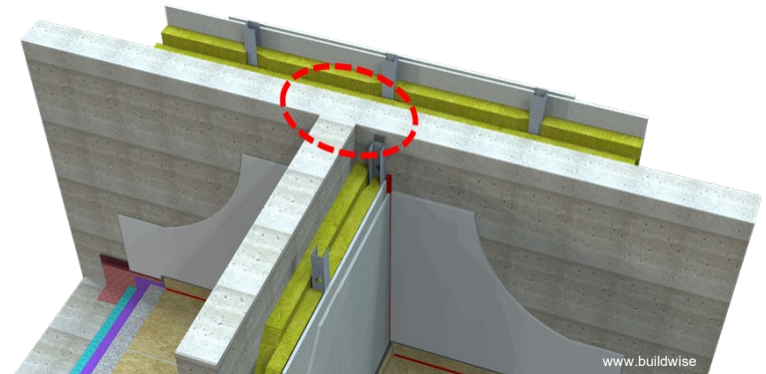
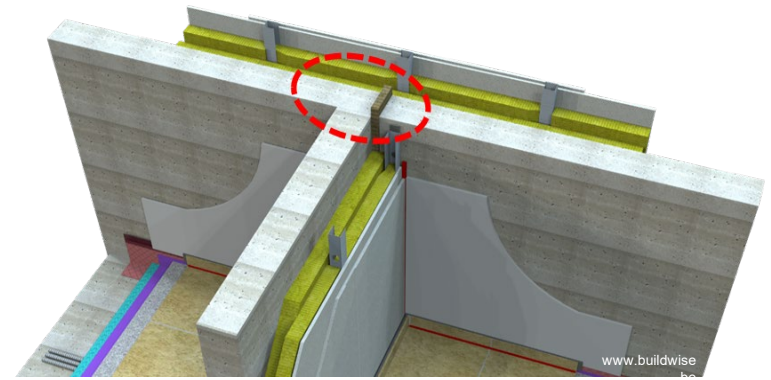
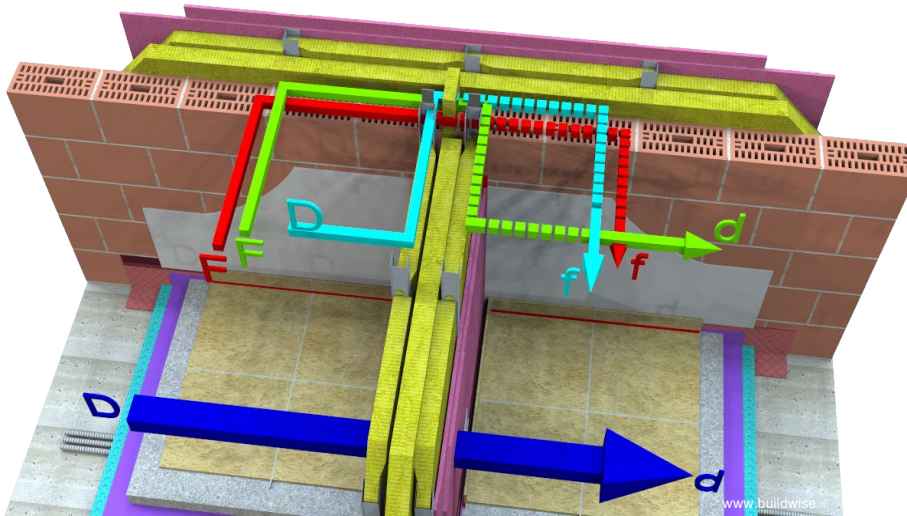


In vergelijking met een onderbroken vloer:

- Minder performante isolatie in horizontale richting
- Performantere isolatie in verticale richting

### Toepassing van de bepalingen van TV 281

- ▶ **Belangrijk aandachtspunt:** de onderbreking van de structurele gevelmuur
- ▶ Doorlopende gevelmuur = belangrijke laterale transmissieweg → indien de wand doorlopend is, is een beoordeling door de berekening van het effect van de continuïteit op de isolatie van het geheel vereist (EN 12354).



## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeelden op basis van andere bouwsystemen (Klasse C):

**NLB:** concepten met doorlopende vloerplaten en een niet-dragende gemene muur

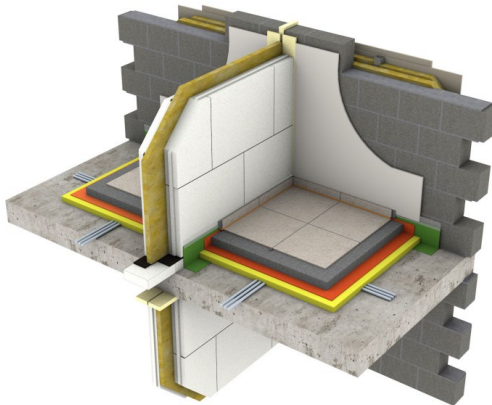


- Scheidingswand uit **gipsblokken**
  - Wand 01: gipsblok **100 mm** op membraan
  - Spouw: 50 mm absorberend materiaal
  - Wand 02: gipsblok **70 mm** op membraan
  - Vloeren: min. 500 kg/m<sup>2</sup> (vloerplaat 20 cm)
  - Zwevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24$  dB
- Gipsblokken: opgelet bij uitvoering, gevoelig
- Ter plaatse gemeten toestand met  $D_A$  van 48 tot 60 dB afhankelijk van de uitvoeringskwaliteit

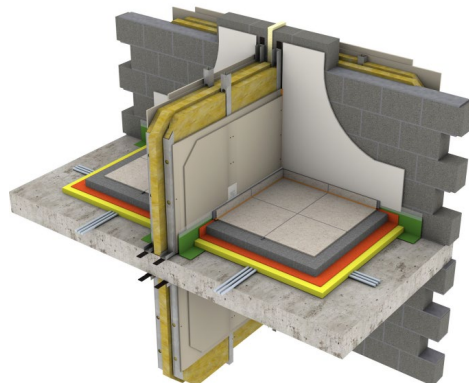
## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- Voorbeelden op basis van andere bouwsystemen (Klasse C):

**NLB:** concepten met doorlopende vloerplaten en een niet-dragende gemene muur



- Scheidingswand uit **gipsblokken**
  - Wand 01: gipsblok **100 mm** op membraan
  - Spouw: 50 mm absorberend materiaal
  - Wand 02: gipsblok **70 mm** op membraan
  - Vloeren: min. 500 kg/m<sup>2</sup> (vloerplaat 20 cm)
  - Zwevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24$  dB



- Scheidingswand uit **gipsplaten**
  - Wanden: 2 x 2 gipsplaten van 12,5 mm
  - Spouw: 210 mm absorberend materiaal
  - Vloeren: min. 500 kg/m<sup>2</sup> (vloerplaat 20 cm)
  - Zwevende dekvloer:  $\Delta L_w > 24$  dB

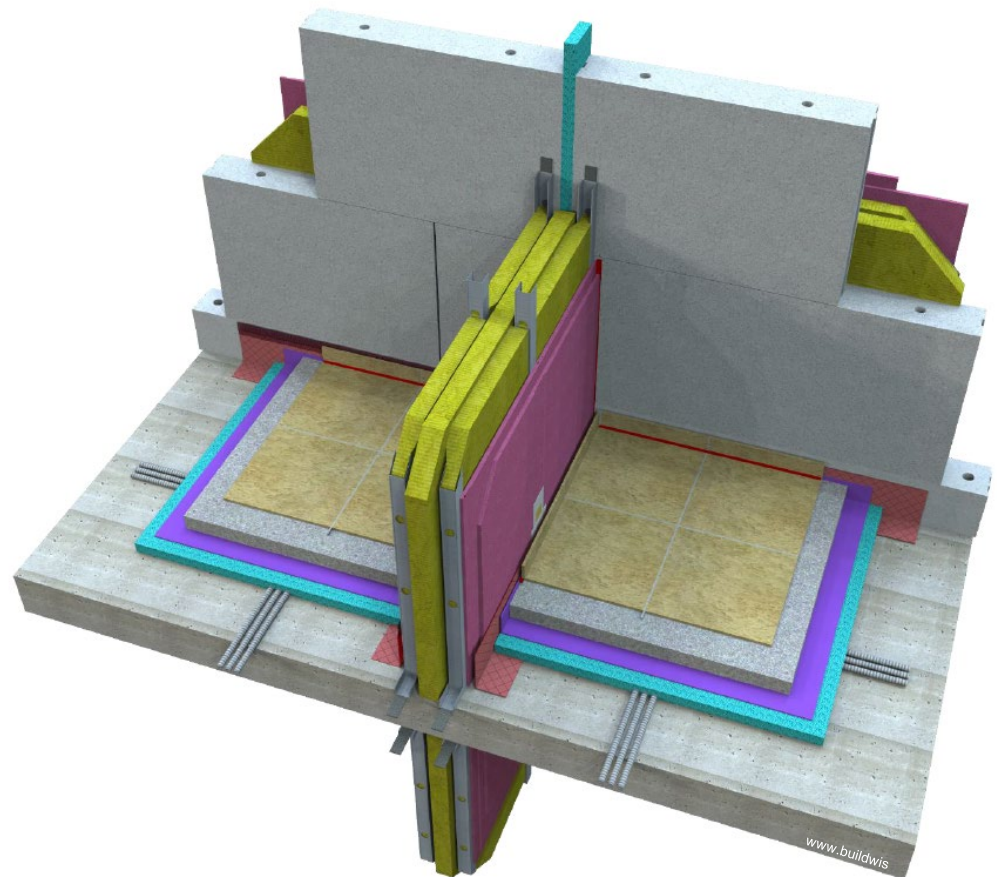
## Toepassing van de bepalingen van TV 281

- ▶ Lichte oplossingen op basis van gipsplaten zijn interessant voor renovatie of verbouwing van gebouwen (bijv. omvorming van kantoren tot woningen).
- ▶ Hogere kost
- ▶ Soms negatieve perceptie

Tabel 12 Bij zeer grote hoogten worden de ontdubbelde stijlen om constructieve redenen toch aan elkaar gekoppeld (zie afbeelding onderaan in de tabel).

| Afbeelding | Platen per zijde | Breedte profielen | Gekoppeld | Minerale wolvulling | R <sub>a</sub> (C;C <sub>0</sub> ) [dB] |
|------------|------------------|-------------------|-----------|---------------------|-----------------------------------------|
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 45 mm         | Ja        | 40 mm               | 52 (-5;-13)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 45 mm         | Nee       | 40 mm               | 57 (-6;-13)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 45 mm         | Ja        | 2 x 40 mm           | 55 (-5;-12)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 45 mm         | Nee       | 2 x 40 mm           | 61 (-4;-11)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 75 mm         | Ja        | 60 mm               | 54 (-3;-10)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 75 mm         | Nee       | 60 mm               | 61 (-4;-10)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 75 mm         | Ja        | 2 x 60 mm           | 57 (-4;-11)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 75 mm         | Nee       | 2 x 60 mm           | 63 (-4;-11)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 100 mm        | Ja        | /                   | 52 (-3;-8)                              |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 100 mm        | Nee       | /                   | 52 (-2;-7)                              |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 100 mm        | Ja        | 75 mm               | 55 (-3;-9)                              |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 100 mm        | Nee       | 75 mm               | 62 (-4;-10)                             |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 100 mm        | Ja        | 2 x 75 mm           | 57 (-3;-9)                              |
|            | 2 x 12,5 mm      | 2 x 100 mm        | Nee       | 2 x 75 mm           | 63 (-3;-10)                             |

BUILDWISE



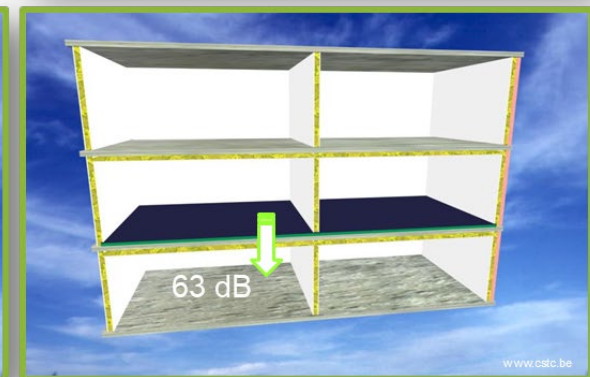
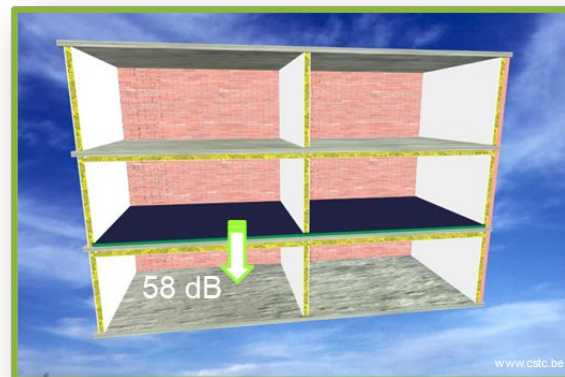
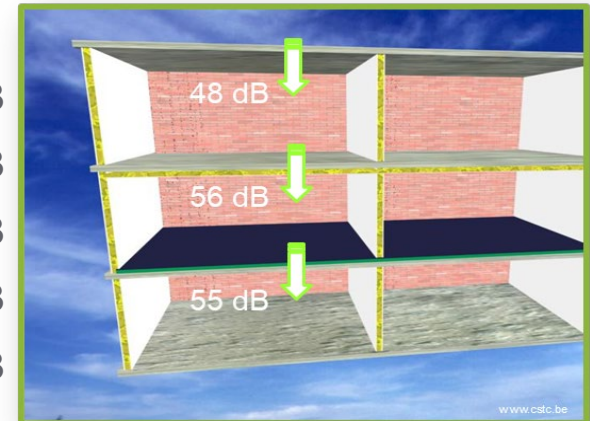
## Volledige doos-in-doos-systemen

- ▶ Lichte oplossingen op basis van gipsplaten zijn interessant voor renovatie of verbouwing van gebouwen (bijv. omvorming van kantoren tot woningen).
- ▶ Berekeningen volgens EN 12354-1-methode of metingen op modellen (mock-ups)



### Evolutie van verticale $D_{nT,w}$ :

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Oorspronkelijke toestand:  | 48 dB |
| Alleen verlaagd plafond:   | 56 dB |
| Alleen droge dekvloer:     | 55 dB |
| Combinatie VP + DD:        | 58 dB |
| + akoestische voorzetwand: | 63 dB |



## Volledige doos-in-doos-systemen

- Lichte oplossingen op basis van gipsplaten zijn interessant voor renovatie of verbouwing van gebouwen (bijv. omvorming van kantoren tot woningen).





## Woongebouwen met houten structuur

- ▶ Akoestisch comfort volledig gebaseerd op een goed ontwerp en een perfecte uitvoering van MVM-systemen → **akoestische studie sterk aanbevolen**



## Akoestisch comfort in houtbouw – meer informatie

### ► Artikel

Samenvattende technische  
fiche beschikbaar op  
[www.formawood.eu](http://www.formawood.eu)



### Opleiding

Houtbouw in Brussel

<https://leefmilieu.brussels/pro/agenda/houtbouw-brussel>





## Gids Duurzame Gebouwen – video



DOELSTELLINGEN, ORDES VAN GROOTTE EN PARAMETERS

DE BEPALING VAN DE PRESTATIES IN SITU

DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN APPARTEMENTEN

**DE GELUIDSISOLATIE TUSSEN RIJWONINGEN**



## Toepassing van de NBN-criteria op de rijwoningen

- Bepalen van de beoogde comfortklasse overeenkomstig NBN S 01-400-1



- NBN-doelstellingen voor rijwoningen



Doelstellingen (minimaal akoestisch comfort van klasse B):

Gestandaardiseerde geluidsisolatie:  $D_A \geq 58 \text{ dB}$

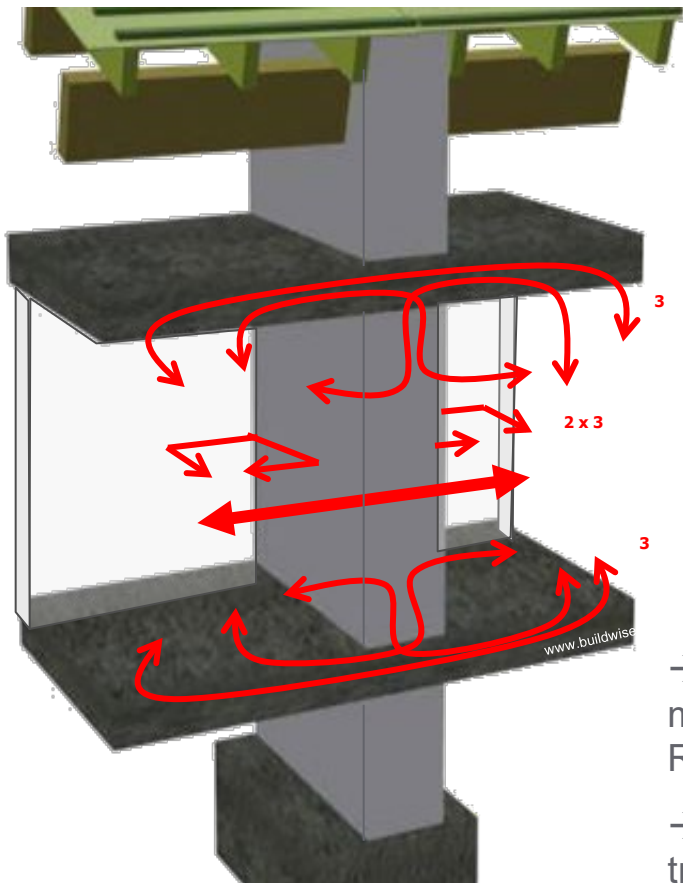
Gestandaardiseerd contactgeluidsniveau:  $L'_{nT,w} \leq 48 \text{ dB}$

Geluidsniveau van installaties:  $L_{Aeq,nT} \leq 24-28 \text{ dB}$



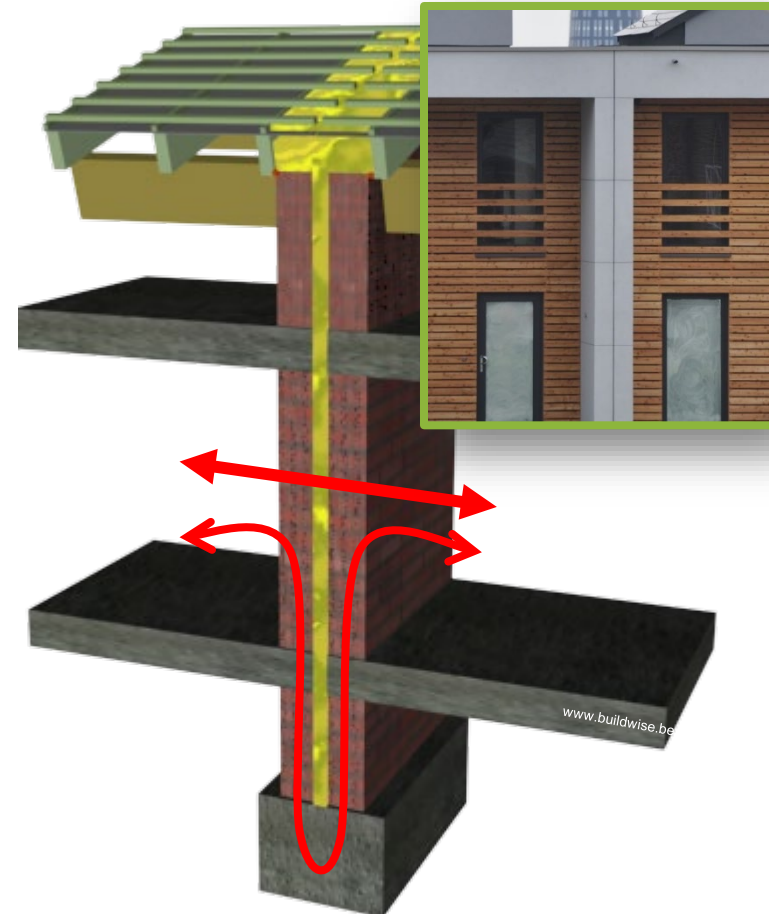
## Toepassing van de NBN-criteria op de rijwoningen

- Optimalisering van de scheidingswand: dubbele ankerloze muur



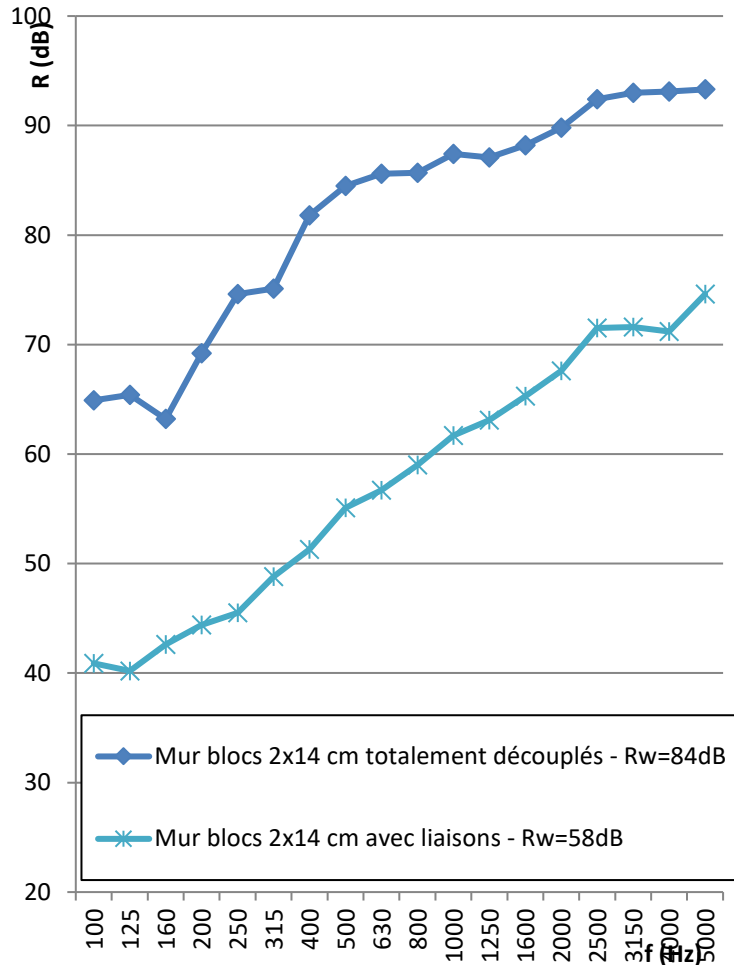
→ Zwaar “massa-veer-massa”-systeem = hoge  $R_w$  rechtstreekse weg

→ Beperkte laterale transmissies



## Toepassing van de NBN-criteria op de rijwoningen

- Optimalisering van de scheidingswand: dubbele ankerloze muur



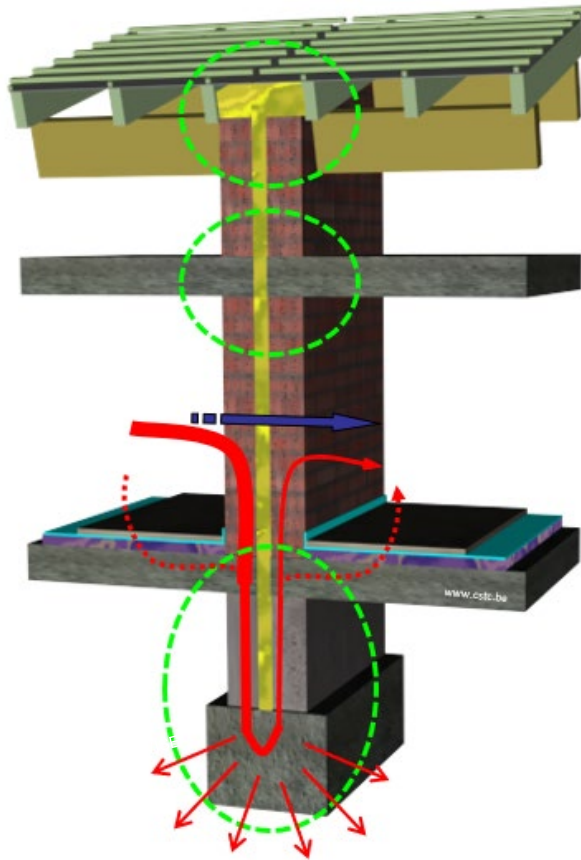
Moeilijke interpretatie van de resultaten van de metingen **in het laboratorium** op zware dubbele muren:

- continuïteit van de vloerplaat,
- energieverlies in de structuur van het laboratorium.



## Toepassing van de NBN-criteria op de rijwoningen

- Optimalisering van de scheidingswand: dubbele ankerloze muur



Bouwconcept:

- Oppervlaktemassa van de wanden van de dubbele muur:
  - Doelstelling 58 dB: min. 2 x 125 kg/m<sup>2</sup>
  - Doelstelling 62 dB: min. 2 x 150 kg/m<sup>2</sup>
- Vermijden van elke **structurele koppeling** tussen de twee woongebouwen:
  - Gescheiden funderingen/onderbroken funderingsplaat
  - Zwevende dekvloer op benedenverdieping.
  - Onderbroken vloeren
  - (Draag)muren van onderbroken gevels
  - Geen enkel toevallig contact tussen de wanden
  - Absorberend materiaal met open cellen in de spouw
  - Detail van de dakaansluiting
- Belang van een verzorgde uitvoering



## Uitvoering van concept voor dubbele holle muur zonder verankeringen

- Optimalisering van de scheidingswand: efficiënte dubbele MVM-wand

Oppervlakttemassa van de wanden van de dubbele muur:

- Doelstelling 58 dB: min.  $2 \times 125 \text{ kg/m}^2$
- Doelstelling 62 dB: min.  $2 \times 150 \text{ kg/m}^2$



## Uitvoering van concept voor dubbele holle muur zonder verankeringen

- Optimalisering van de scheidingswand: efficiënte dubbele MVM-wand

Oppervlakttemassa van de wanden van de dubbele muur:

- Doelstelling 58 dB: min.  $2 \times 125 \text{ kg/m}^2$
- Doelstelling 62 dB: min.  $2 \times 150 \text{ kg/m}^2$

Gemeten voorbeeld (gedeeltelijk conform):

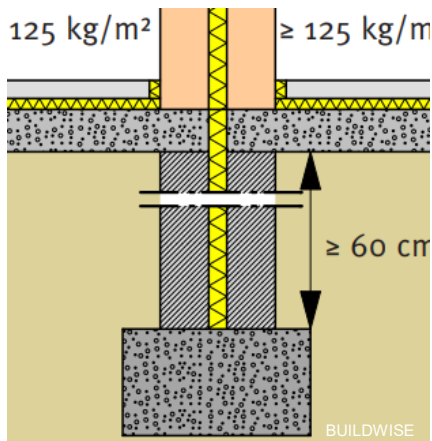
- Silikaatsteen van 175 mm
- Spouw van 50 mm
- Silikaatsteen van 175 mm

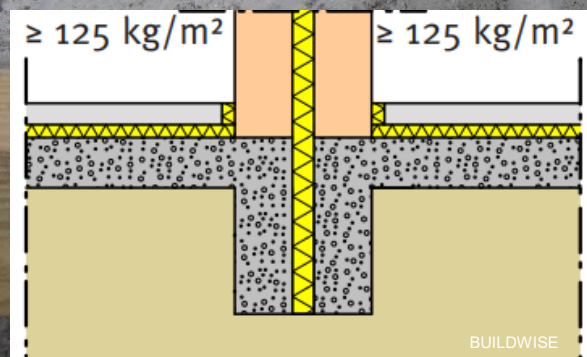
**Uitvoering:  $D_A$ : 54 tot 66 dB (doel. >58 dB)**



## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

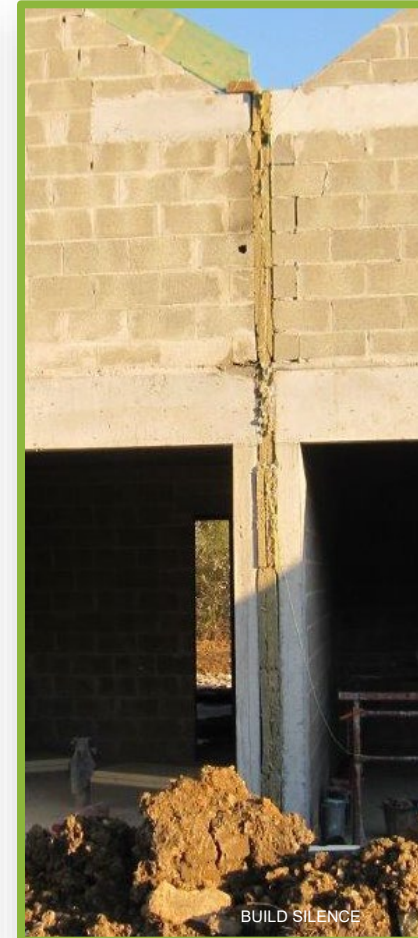
- ▶ Vermijden van elke **structurele koppeling** tussen de twee woongebouwen.
- ▶ Gescheiden funderingen/onderbroken funderingsplaat.





## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Aanwezigheid van absorberend materiaal met open cellen, doorlopend in de spouw



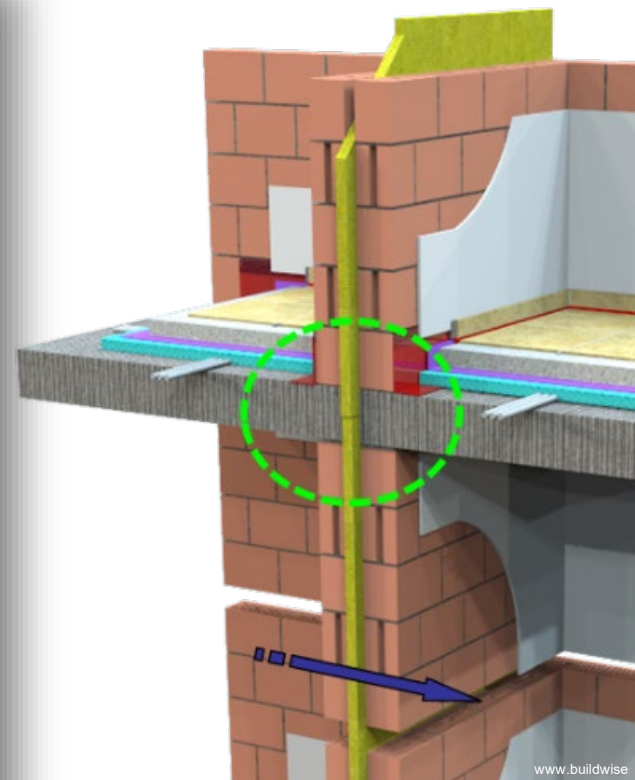
## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Aanwezigheid van absorberend materiaal met open cellen, doorlopend in de spouw



## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

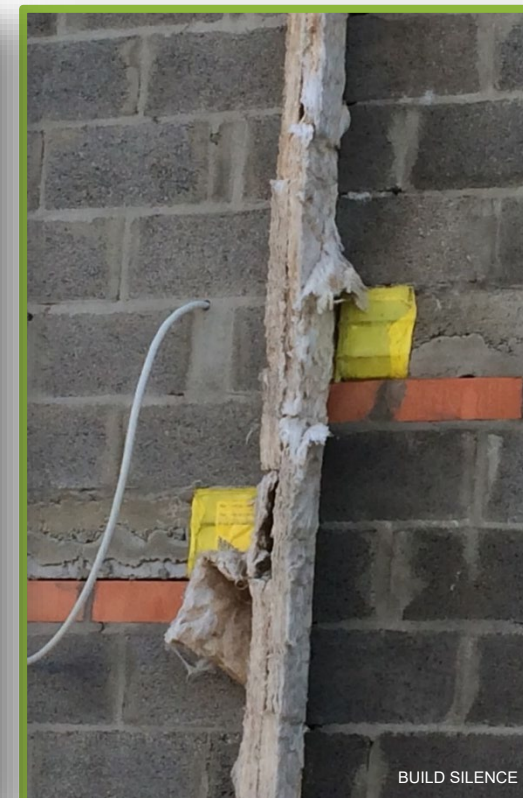
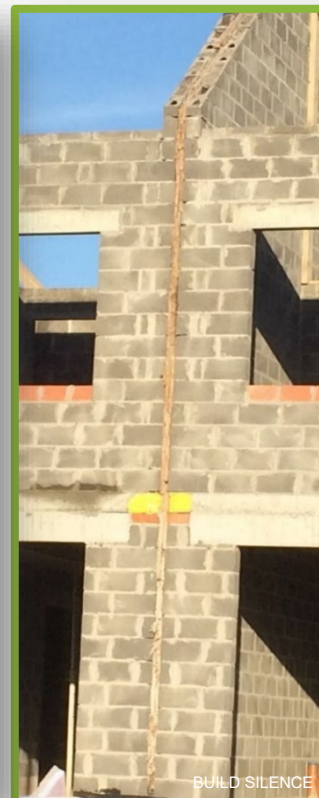
- Afwezigheid van contact tussen de structuren: **onderbreking** ter hoogte van de vloeren





## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Afwezigheid van contact tussen de structuren: **onderbreking** ter hoogte van de vloeren



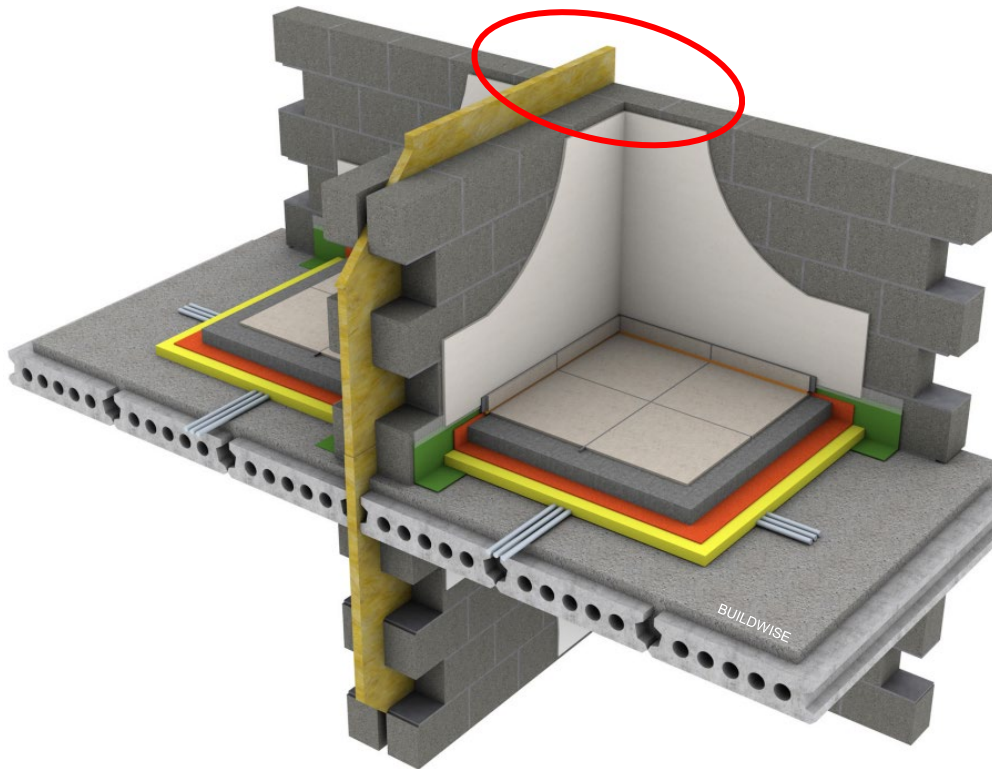
## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

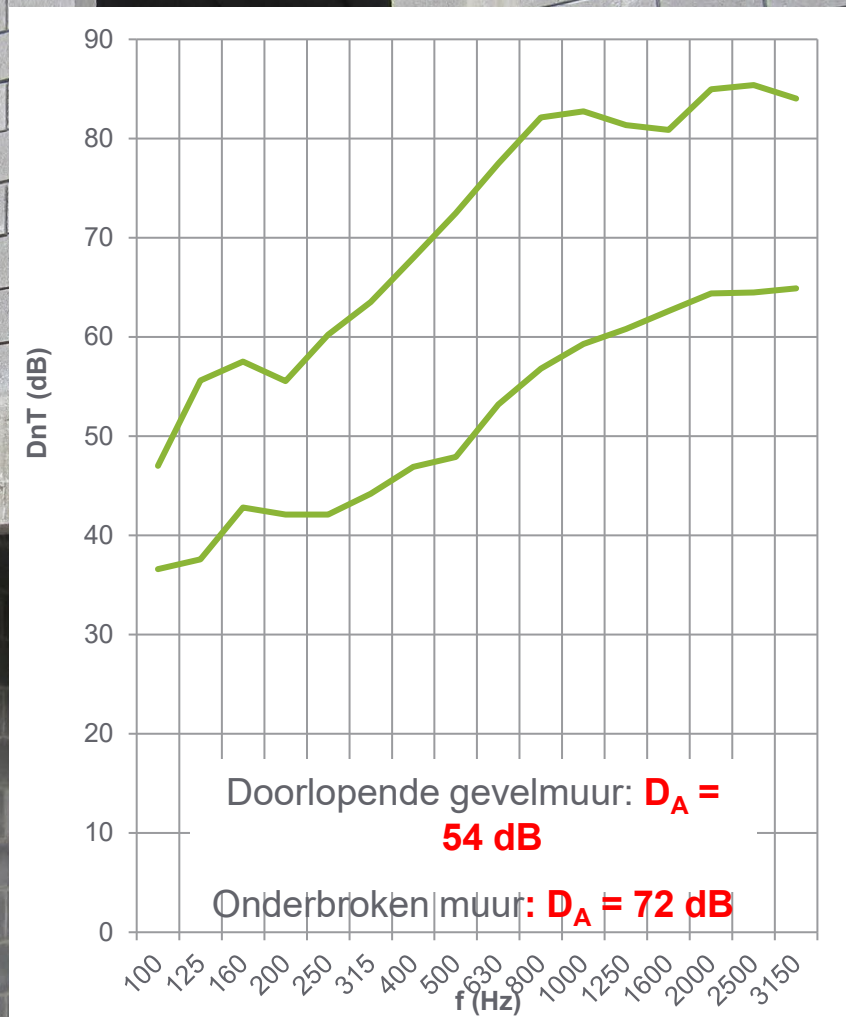
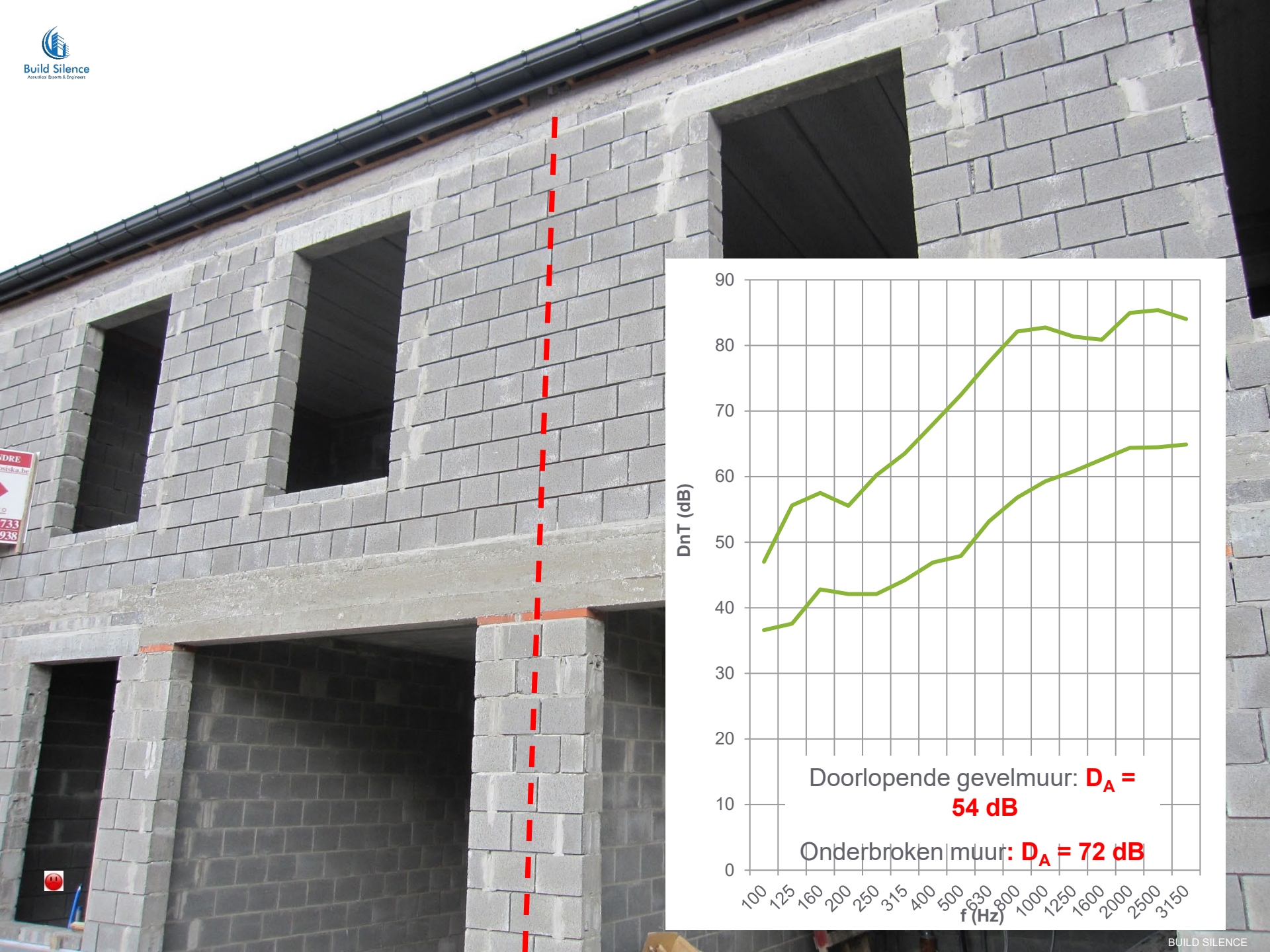
- Afwezigheid van contact tussen de structuren: **onderbreking** ter hoogte van de vloeren



## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Afwezigheid van contact tussen de structuren: **onderbreking** ter hoogte van de gevelmuur





## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Bouwdetail: akoestische transmissie via **gevelisolatie**

1. Mur mitoyen
2. Isolant thermique poreux souple
3. Fuite acoustique potentielle
4. Interruption du mur de parement

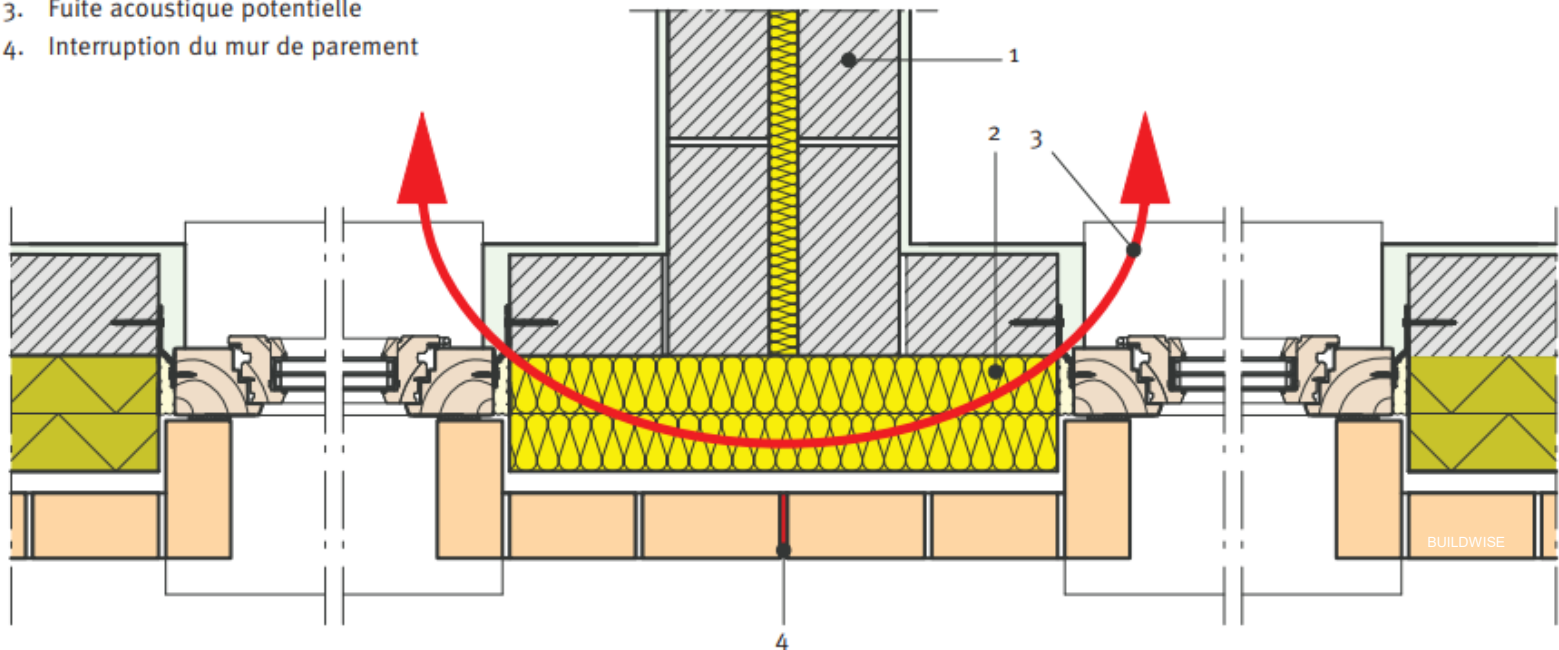
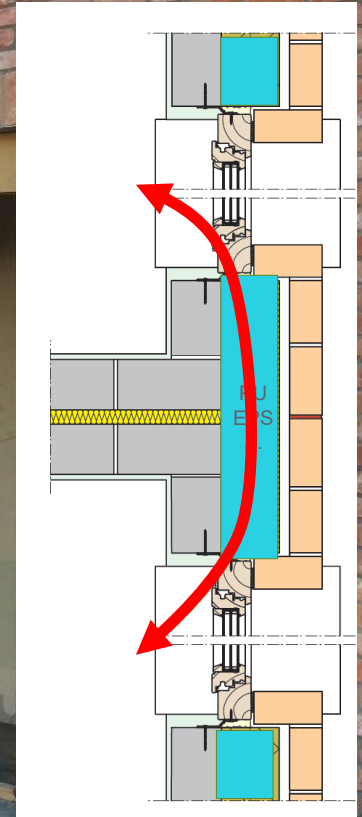
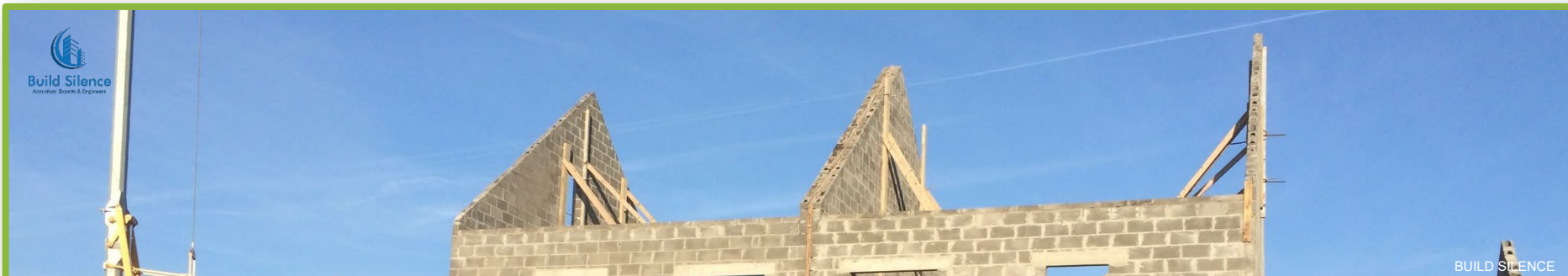
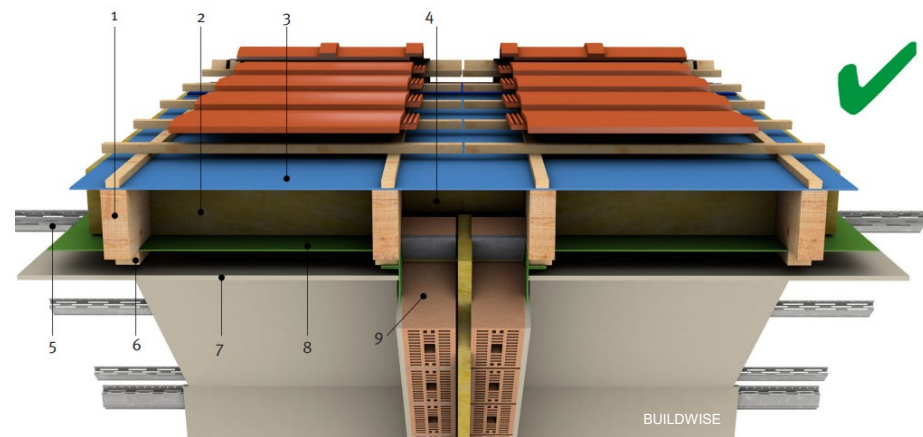
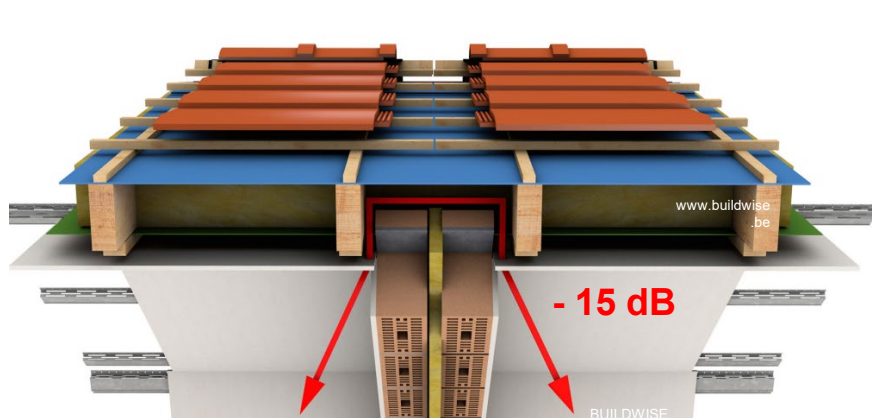


Fig. 74 Interruption du mur de parement et pose d'un isolant thermique poreux souple à proximité du mur mitoyen – schéma de principe.



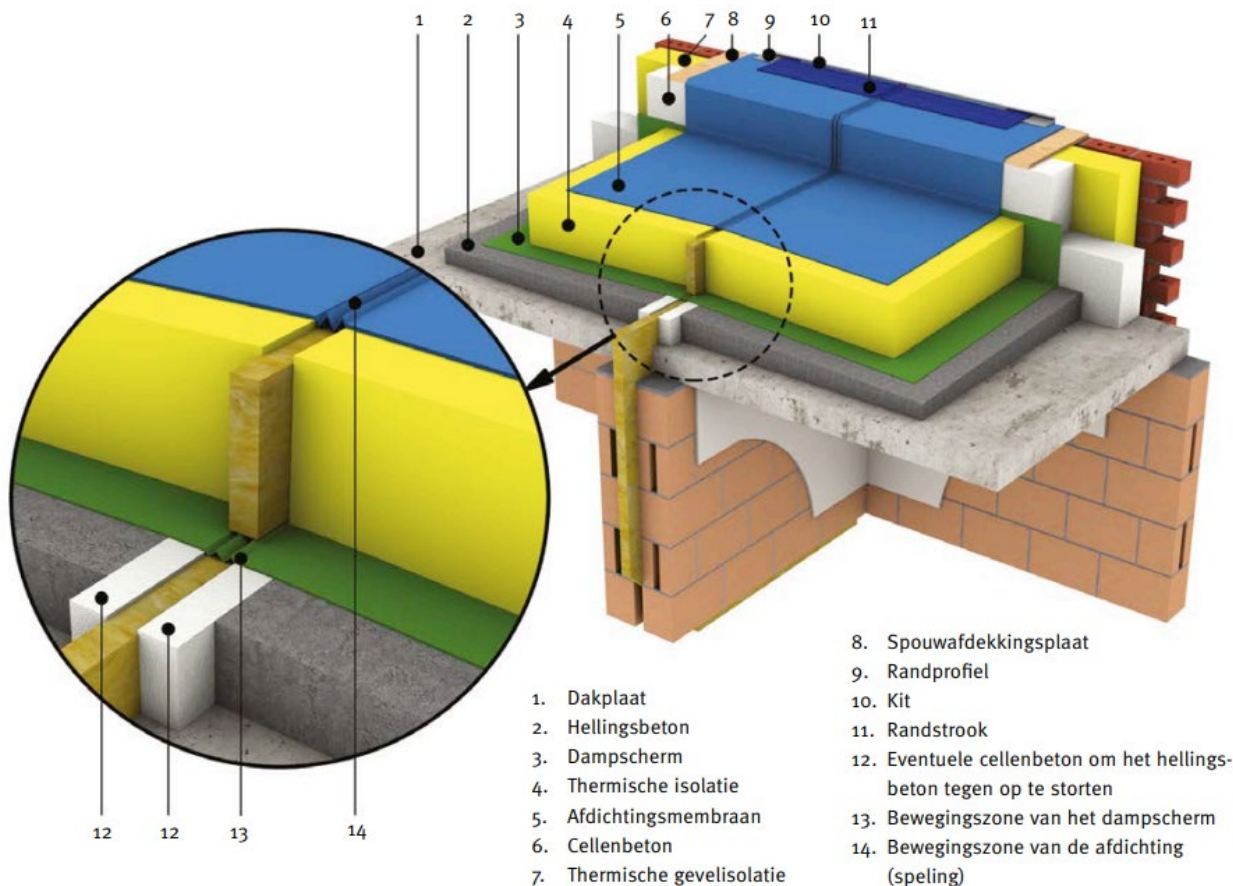
## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Bouwdetail: hellende daken



## Uitvoering van concept voor dubbele ankerloze muur

- Bouwdetail: platte daken





- ▶ Voor de isolatie tegen luchtgeluiden worden de eisen tussen woningen bepaald op basis van de gewogen gestandaardiseerde geluidsisolatie  $D_A$ .
- ▶ Voor appartementen wordt minimaal een  $D_A$  van 54 dB beoogd. Voor rijwoningen bedraagt de minimaal te realiseren isolatie 58 dB.
- ▶ Het is mogelijk een berekening te maken van de verwachte  $D_A$  op basis van de  $R_A$ -prestaties van de uitgevoerde elementen, de aansluiting ertussen en de geometrie van het project. De berekeningsmethode wordt beschreven in de norm EN 12354-1; in de praktijk is dit redelijk omslachtig.
- ▶ TV 281, in 2022 gepubliceerd door Buildwise, vat de akoestische prestaties samen van een groot aantal bouwsystemen. De TV bevat checklists waarmee het mogelijk is te verifiëren, afhankelijk van de geselecteerde samenstelling, welk comfortniveau kan worden gerealiseerd voor een toekomstig gebouw.
- ▶ Voor lichte of complexe structuren blijft een studie overeenkomstig EN 12354-1 de beste manier om de aard en dikte van materialen te optimaliseren.







## Gids Duurzame Gebouwen

[www.gidsduurzamegebouwen.brussels](http://www.gidsduurzamegebouwen.brussels)

- ▶ Dossier | [Het akoestisch comfort verzekeren](#)
- ▶ Voorziening | [Akoestiek van een massieve enkele wand](#)
- ▶ Voorziening | [Akoestiek van een massieve dubbele muur](#)
- ▶ Voorziening | [Akoestiek van een lichte gipskartonwand](#)
- ▶ [Overzicht van de voorzieningen](#)



## Websites

- ▶ BUILDWISE  
[www.buildwise.be](http://www.buildwise.be)



## Opleidingen

- ▶ Akoestiek van gebouwen  
[www.buildsilence.be](http://www.buildsilence.be)

Regelmatige opleidingen over de akoestiek van gebouwen



**Manuel VAN DAMME**

Acoustical Expert

Build Silence

[www.buildsilence.be](http://www.buildsilence.be)[mvd@buildsilence.be](mailto:mvd@buildsilence.be)

# BEDANKT VOOR UW AANDACHT

