

Deze lezing handelt over de rekenmethodes NBN EN 12354-1&2 voor de lucht- en contactgeluidisolatie in gebouwen: hun achtergrond, de mogelijkheden die ze bieden bij het ontwerp, en enkele besluiten die er uit volgen voor de bouwpraktijk.

Het doel van de lezing is enerzijds de rekenmethodes te leren kennen: de achterliggende principes, de nodige gegevens, de mogelijkheden en de beperkingen; en anderzijds door rekenvoorbeelden vertrouwd te geraken met de toepassingsmogelijkheden en met de beperkingen.

Deel I geeft als inleiding enkele overwegingen inzake het akoestisch comfort in woningen en de manier waarop hiermee in het ontwerp (best) wordt omgegaan.

Deel II presenteert de rekenmethodes.

Deel III geeft enkele rekenvoorbeelden.

I Ervaringen inzake akoestisch comfort

De onderstaande tabel toont de eisen voor de luchtgeluidisolatie en het contactgeluidniveau volgens de huidige Belgische Norm NBN S 01-400, en volgens het ontwerp van een nieuwe norm. De eisen hebben betrekking op de meest courante situatie tussen woningen. De eisen volgens de huidige Belgische Norm NBN S 01-400 zijn (benaderend) omgerekend tot een eengetalsgrootheid volgens NBN EN ISO 717.

tussen woonvertrekken	NBN S 01-400		ontwerp nieuwe norm	
	minimaal	aanbevolen	basis comfort	hoog comfort
luchtgeluidisolatie	$D_{nT,w} \cong 47$ dB	$D_{nT,w} \cong 52$ dB	$D_{nT,w} = 54$ dB	$D_{nT,w} = 58$ dB
contactgeluidisolatie	$L'_{nT,w} \cong 64$ dB	$L'_{nT,w} \cong 61$ dB	$L'_{nT,w} = 58$ dB	$L'_{nT,w} = 50$ dB

Met de courante woningscheidende constructies in België, gebeurt het eerder zelden dat men slechts een categorie III bereikt, en dus niet voldoet aan de Belgische Norm. Meestal zijn er dan duidelijke fouten gemaakt. Voor de luchtgeluidisolatie gaat het veelal om geluidlekken ten gevolge van doorvoer van leidingen, omloopgeluid via ventilatiekanalen, of plaatselijke verzwakkingen van de woningscheidende constructie. Voor de contactgeluidisolatie gaat het vaak om het ontbreken van een zwevende vloer, of een om een foutieve uitvoering.

De ervaring leert dat in situaties waar klachten optreden, vaak toch voldaan is aan de categorie IIb van de Belgische Norm. De houding die de bewoners aannemen, verschilt naargelang de ouderdom van de woning en naargelang de inspanningen die zij geleverd hebben om ze te verwerven.

Betreft het een bestaande situatie, een wat oudere woning of appartement, dan zijn de meeste bewoners geneigd om de beperkte geluidisolatie te aanvaarden als een gebrek eigen aan de woning. Er is ook geen tegenpartij betrokken die men verantwoordelijk kan stellen voor een geluidisolatie die men ervaart als ontoereikend. In een aantal gevallen voeren de bewoners verbeteringswerken uit op eigen kosten, meestal bij een uitbreiding of een verbouwingen van de woning.

Bij nieuwbouw of bij de aankoop van een recente woning of appartement, zijn bewoners minder meegaand. Bij klachten argumenteren zij dat een categorie IIb slechts de 'minimale' vereiste is, en dat een categorie IIa 'aanbevolen' wordt. Bewoners gaan er van uit dat recente, moderne woningen moeten voldoen aan de aanbevolen categorie IIa. De ouderdom van de Belgische Norm wordt ingeroepen om de minimale categorie IIb als voorbijgestreefd te beschouwen. En in sommige gevallen beschouwt men de min of meer vage beloften uit de

folders of verkoopovereenkomsten ('uitstekende geluidisolatie', 'hoog geluidscomfort'...) als een aanwijzing dat minimaal de aanbevolen categorie IIa werd nagestreefd.

Bij betwistingen neemt de tegenpartij (aannemer, architect of vastgoedkantoor) steeds de positie in dat categorie IIb volstaat volgens de letter van de Belgische Norm.

De geschetste situatie komt zo vaak voor, dat ze een duidelijk bewijs vormt van de noodzaak om de eisen van de Belgische Norm te verstrengen. Wat in de Belgische Norm geformuleerd wordt als 'aanbevolen eis', moet in feite de status van 'minimale eis' krijgen. En om tegemoet te komen aan hogere comfortwensen, moet een duidelijk betere 'aanbevolen eis' of 'verhoogd comfort' ingevoerd worden.

Minstens even belangrijk is dat het thema geluidisolatie uitdrukkelijk aan bod komt tijdens het ontwerp van de woning. Nu gaat men al te vaak uit van ervaring met vorige ontwerpen, 'waar geen problemen waren', ook al weet men niet welke geluidisolatie daadwerkelijk werd gerealiseerd. Het lijkt ons noodzakelijk om tijdens het ontwerp duidelijk aan te geven welke akoestische eisen aangehouden worden, en welke bouwkundige voorzieningen genomen zijn om ze te realiseren. Naar analogie van de berekening van het peil van thermische isolatie, zou men bij de bouwaanvraag een rekennota kunnen voegen van de geluidisolatie met de aanpalende woongelegenheden. De rekenmethodes NBN EN 12354-1&2 zijn hiervoor geschikte instrumenten: zij zijn eenvoudig, en geven duidelijk aan met welke materialen, wandpakketten en detaillering gerekend werd. Zelfs indien er achteraf geen systematische controlemetingen van de geluidisolatie gebeuren, liggen de vooropgestelde eisen en de voorziene maatregelen toch schriftelijk vast. Dit biedt een minimale garantie voor de eigenaar.

Een toetsing van de gerealiseerde eisen achteraf zal meestal gebeuren op initiatief van de bewoner of van de eigenaar, en vaak enkel in geval van klachten. De rekennota van de geluidisolatie is dan de basis voor de beoordeling van de klacht, en voor het vaststellen van de verantwoordelijkheden. Ontoereikende voorzieningen zijn de verantwoordelijkheid van de ontwerper. Een ontoereikende geluidisolatie ondanks juiste voorzieningen wijst eerder op een foute uitvoering, al dan niet door gebrek aan werfcontrole.

We hopen dat een duidelijker uitgangssituatie uiteindelijk leidt tot een beter eindresultaat, en in geval van problemen tot een snellere minnelijke schikking tussen de partijen.

II Rekenmethodes volgens NBN EN 12354

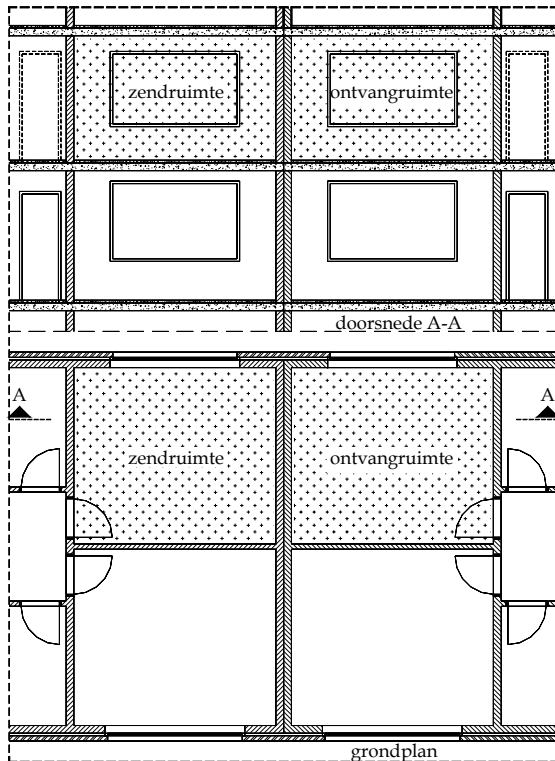
Het doel van de rekenmethodes is de voorspelling van de geluidisolatie in een gebouw uit de eigenschappen van de gebouwdelen. Met een minimum aantal eenvoudige gegevens van de gebouwdelen, bekomt men een voorspelling van de geluidisolatie van het gebouw.

II.1 Luchtgeluidisolatie (NBN EN 12354-1)

Overzicht

De methode berekent de luchtgeluidisolatie tussen twee aanpalende ruimten. In de onderstaande schema's zijn de belangrijkste stappen aangegeven:

- De zendruimte en de ontvangruimte worden afgebakend.
- De scheidingswand en de (maximaal 8) flankerende wanden worden aangeduid
- De (maximaal 4) verbindingen worden aangeduid
- De (maximaal 13) overdrachtswegen worden aangeduid en berekend
- De globale geluidisolatie wordt berekend.



Stap 1. Zend- en ontvangruimte.

De zend- en ontvangruimte grenzen aan elkaar met de scheidingswand.

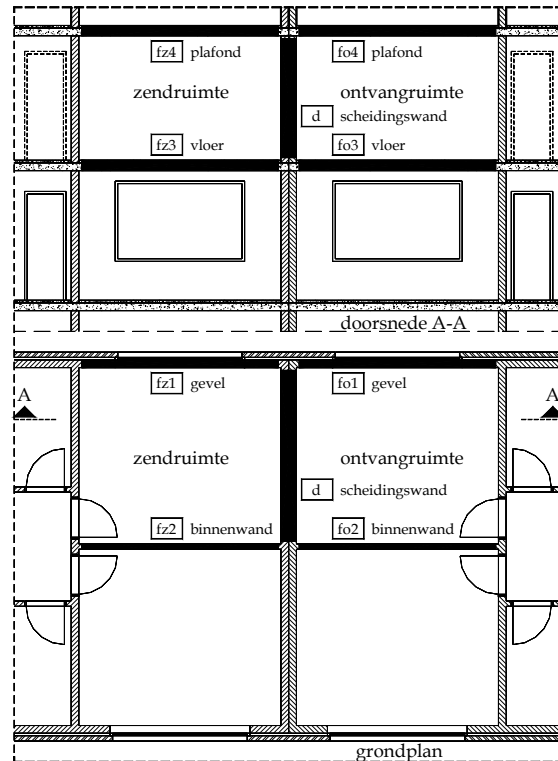
De methode beschreven in NBN EN 12354-1 laat niet toe om de geluidoverdracht tussen ruimten die verschoven zijn ten opzichte van elkaar, en die bijgevolg geen gemeenschappelijke scheidingswand hebben, volledig te modelleren. Dit volgt uit de beperking dat enkel flankerende geluidoverdracht wordt ingerekend met tussenkomst van 1 knooppunt.

Noodzakelijke gegevens:

- volume van de ontvangruimte
- oppervlakte van de scheidingswand

De zend- en ontvangruimte kunnen horizontaal of verticaal liggen ten opzichte van elkaar.

De luchtgeluidisolatie wordt gekenmerkt door het gestandaardiseerde niveauverschil tussen de zend- en ontvangruimte: D_{nT} .



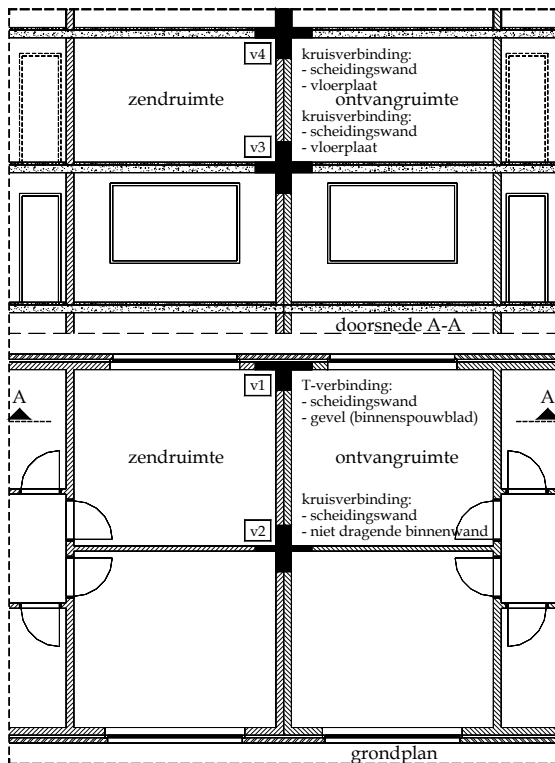
Stap 2. Wanden.

Een standaard situatie omvat de scheidingswand en 8 flankerende wanden:

- d: scheidingswand
- fz1: wand aan verbinding 1, zendzijde
- fo1: wand aan verbinding 1, ontvangzijde
- fz2: wand aan verbinding 2, zendzijde
- fo2: wand aan verbinding 2, ontvangzijde
- fz3: wand aan verbinding 3, zendzijde
- fo3: wand aan verbinding 3, ontvangzijde
- fz4: wand aan verbinding 4, zendzijde
- fo4: wand aan verbinding 4, ontvangzijde

Noodzakelijke gegevens:

- afmetingen van de wanden
- massa van de wanden
- geluidverzwakkingsindex van de wanden, of de materiaaleigenschappen om de geluidverzwakkingsindex te kunnen berekenen



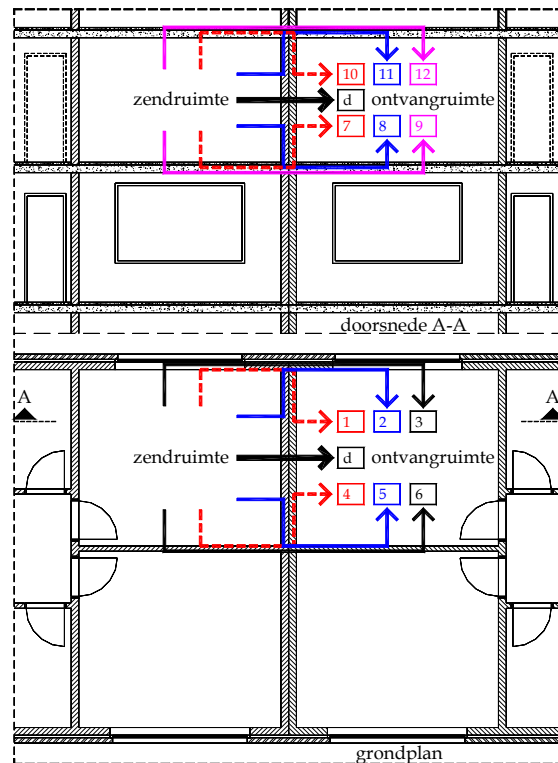
Stap 3. Verbindingen

Een standaard situatie omvat 4 knooppunten, 1 langs elke rand van de scheidingswand:

- v1: knooppunt tussen de scheidingswand en de gevel
- v2: knooppunt tussen de scheidingswand en de binnenwand of andere gevel
- v3: knooppunt tussen de scheidingswand en de vloerplaat
- v4: knooppunt tussen de scheidingswand en de plafondplaat

Noodzakelijke gegevens:

- aard van de knooppunten
- lengte van de verbindingen
- massaverhouding van de wanden



Stap 4. Overdrachtswegen

Een standaard situatie omvat de directe geluidoverdracht door de scheidingswand geluidoverdracht via 12 flankerende wegen:

- d: door de scheidingswand
- 1: via verbinding 1: fz1 → d
- 2: via verbinding 1: d → fo1
- 3: via verbinding 1: fz1 → fo1
- 4: via verbinding 2: fz2 → d
- 5: via verbinding 2: d → fo2
- 6: via verbinding 2: fz2 → fo2
- 7: via verbinding 3: fz3 → d
- 8: via verbinding 3: d → fo3
- 9: via verbinding 3: fz3 → fo3
- 10: via verbinding 4: fz4 → d
- 11: via verbinding 4: d → fo4
- 12: via verbinding 4: fz4 → fo4

Naast de getoonde overdrachtswegen laat de rekenmethode ook geluidoverdracht toe via:

- kleine elementen, bijvoorbeeld roosters, doorvoer van leidingen,...
- omloopgeluid, bijvoorbeeld via een gemeenschappelijke gang

Berekening

Mits een aantal aannamen wordt de geluidoverdracht van 1 overdrachtsweg gegeven door de onderstaande uitdrukking:

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \Delta R_i + \frac{R_j}{2} + \Delta R_j + K_{ij} + 10 \log \left(\frac{S_s}{l_0 l_{ij}} \right)$$

waarin:

- R_{ij} : de schijnbare geluidverzwakkingsindex van de overdrachtsweg van wand i aan de zenzijde naar wand j aan de ontvangzijde
- R_i : de geluidverzwakkingsindex (voor vrije golven) van wand i aan de zenzijde
- ΔR_i : de verbetering van de geluidverzwakkingsindex van wand i aan de zenzijde, door een voorzetwand of een zwevende vloer
- R_j : de geluidverzwakkingsindex (voor vrije golven) van wand j aan de ontvangzijde
- ΔR_j : de verbetering van de geluidverzwakkingsindex van wand j aan de ontvangzijde, door een voorzetwand of een zwevende vloer
- K_{ij} : de trillingsverzwakkingsindex tussen wand i en wand j bij het doorlopen van het knooppunt
- l_{ij} : de koppellengte tussen wand i en wand j in het knooppunt
- l_0 : de referentielengte: 1 m
- S_s : de oppervlakte van de scheidingswand

De termen uit het rechterlid zijn gekend of kunnen berekend worden. De diverse annexen van de rekenmethode geven hiertoe aanwijzingen.

De geluidverzwakkingsindex R en de verbetering van de geluidverzwakkingsindex ΔR door een voorzetwand of door een zwevende vloer kunnen productgegevens zijn, gemeten in het laboratorium. De rekenmethode laat ook toe deze te berekenen met een theoretisch model uit de afmetingen en de materiaaleigenschappen van de constructiedelen.

De trillingsverzwakkingsindex K_{ij} wordt in de regel berekend uit de massaverhouding van de wanden die samenkomen in het knooppunt. Het is evenwel mogelijk om deze grootheid in het laboratorium of in situ te meten. Ook een ander theoretisch model is toegelaten.

De schijnbare geluidverzwakkingsindex R_d van de directe overdrachtsweg is de geluidverzwakkingsindex van de scheidingswand zelf.

De totale geluidoverdracht is som van de schijnbare geluidverzwakkingsindices R_d van de scheidingswand en R_{ij} van alle flankerende overdrachtswegen:

$$R' = -10 \log_{10} \left\{ 10^{-\frac{R_d}{10}} + \sum_{ij=1}^{12} 10^{-\frac{R_{ij}}{10}} \right\}$$

waarin:

- R_{ij} : de schijnbare geluidverzwakkingsindex van de overdrachtsweg van wand i aan de zenzijde naar wand j aan de ontvangzijde
- R_d : de geluidverzwakkingsindex van de scheidingswand

Het gestandaardiseerde niveauverschil tussen de zend- en ontvangruimte wordt hieruit berekend als volgt:

$$D_{nT} = R' + 10 \log_{10} \left\{ \frac{0.32V}{S_s} \right\}$$

waarin:

- R' : de schijnbare geluidverzwakkingsindex tussen zend- en ontvangruimte
 S_s : de oppervlakte van de scheidingswand
 V : het volume van de ontvangruimte

De berekeningen worden uitgevoerd in tertsbanden of in octaafbanden. Het eindresultaat wordt omgerekend tot een gewogen waarde volgens NBN EN ISO 717-1.

Er is een vereenvoudigde formulering om onmiddellijk met gewogen geluidisolaties te rekenen.

Bijzonderheden en aandachtspunten

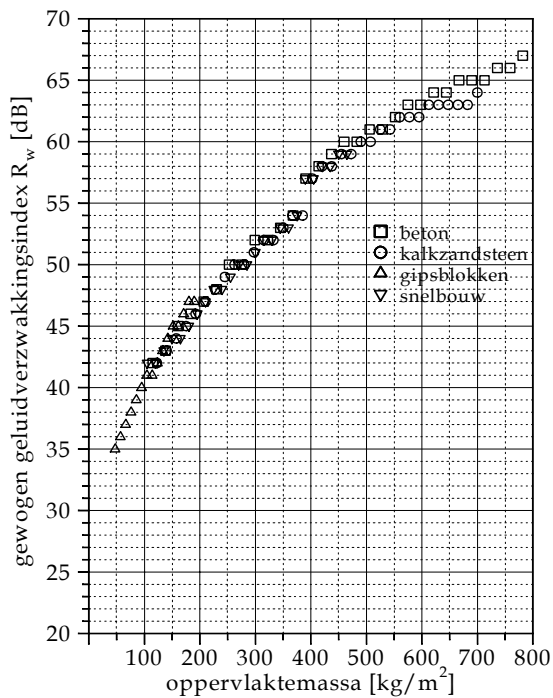
De nauwkeurigheid van de rekenmethode hangt in grote mate af van de nauwkeurigheid waarmee de invoergegevens gekend zijn.

Het is vooreerst van belang om de precieze afmetingen, de materialen en de detaillering van de constructiedelen (wanden, vloeren en knooppunten) te kennen.

Indien mogelijk, baseert men zich voor de schijnbare geluidverzwakkingsindex van de wanden op meetresultaten van de geluidverzwakkingsindex in het laboratorium. Er is echter een correctie nodig, die berust op het verschil in demping, en op het al dan niet inrekenen van de gedwongen transmissie.

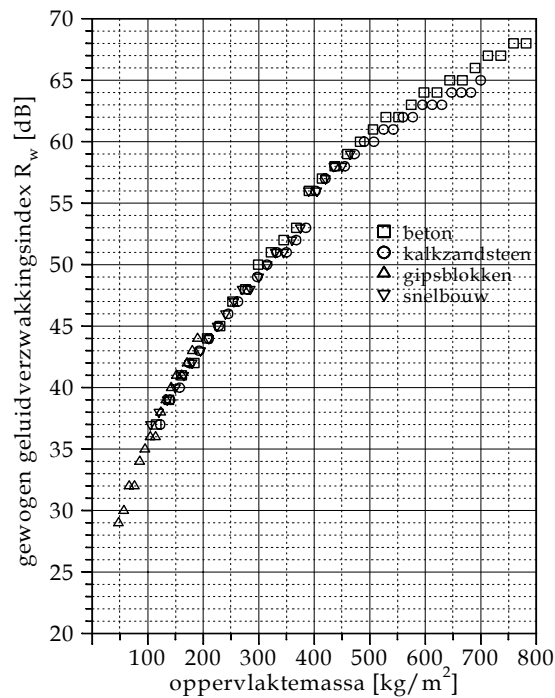
Bij de gebruikelijke steenachtige wanden en vloeren is de grensfrequentie laag, en is de geluidverzwakkingsindex afhankelijk van de demping over het grootste deel van het frequentiegebied. De rekenmethode voorziet in een nauwkeurige en een benaderende omzetting van de demping in het laboratorium naar de demping in situ. Ter illustratie van de invloed van de demping, tonen de figuren 1 en 2 de gewogen geluidverzwakkingsindex van massieve wanden in functie van hun oppervlakttemassa. Figuur 1 geldt voor een eerder hoge demping. Figuur 2 geldt voor een eerder lage demping. De verschillen kunnen oplopen tot 5 dB, het is bijgevolg nodig om de demping in situ correct te berekenen.

Gedwongen transmissie treedt slechts op voor de directe geluidoverdracht door de scheidingswand. Bij de flankerende wanden mag de gedwongen transmissie in principe niet inbegrepen worden. Metingen van de geluidverzwakkingsindex in het laboratorium geven echter geen informatie over het aandeel van de gedwongen transmissie. Met berekende waarden van de geluidverzwakkingsindex kan men wel het onderscheid maken. De figuren 3 en 4 geven een rekenvoorbeeld van het onderscheid. De geluidverzwakkingsindex voor vrije golven wijkt af van de globale geluidverzwakkingsindex onder de grensfrequentie. Het onderscheid is bijgevolg enkel belangrijk voor lichte flankerende wanden. Indien men steeds rekent met de geluidverzwakkingsindex voor gedwongen+vrije golven, rekent men aan de veilige kant.



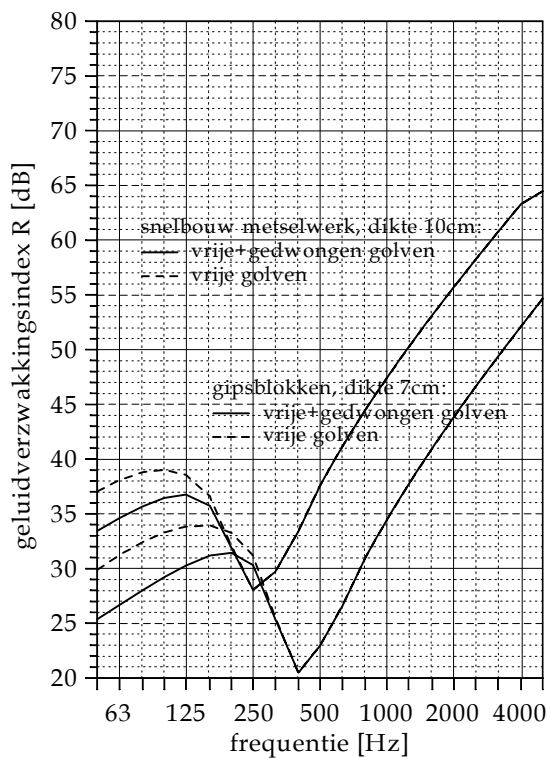
Figuur 1. Gewogen geluidverzwakkingsindex van massieve wanden.
Damping volgens [Craik]:

$$\eta_{tot} = 0.015 + \frac{1}{\sqrt{f}}$$

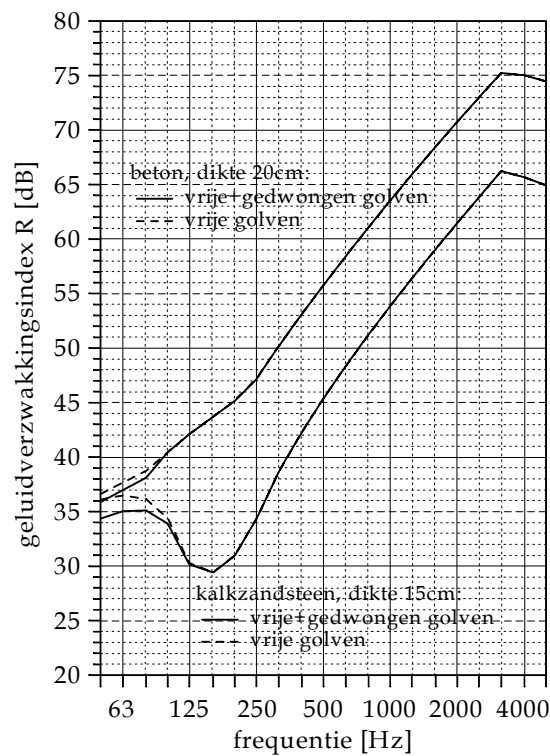


Figuur 2. gewogen geluidverzwakkingsindex van massieve wanden.
Damping volgens NBN EN 12354-1:

$$\eta_{tot,lab} = \eta_{int} + \frac{m''}{485\sqrt{f}} \text{ met } \eta_{int} = 0.01$$



Figuur 3. Geluidverzwakkingsindex voor vrije en vrije+gedwongen transmissie:
- gipsblokken wand dikte 7 cm;
- snelbouw metselwerk dikte 10 cm.



Figuur 4. Geluidverzwakkingsindex voor vrije en vrije+gedwongen transmissie:
- kalkzandsteen wand dikte 15 cm;
- betonwand dikte 20 cm.

II.2 Contactgeluidisolatie (NBN EN 12354-2)

Dit rekenmodel wordt besproken tijdens de voordracht.

III Rekenvoorbeelden

III.1 Rijwoning

Figuur 5 toont het grondplan en de doorsnede van twee aanpalende rijwoningen. Dit voorbeeld is kenmerkend voor vele minder recente rijwoningen, waarin geen ankerloze spouwmuur is toegepast. De scheidingswand is een enkelvoudige wand, en andere wanden en vloerplaten zijn min of meer star met de scheidingswand verbonden.

Luchtgeluidisolatie

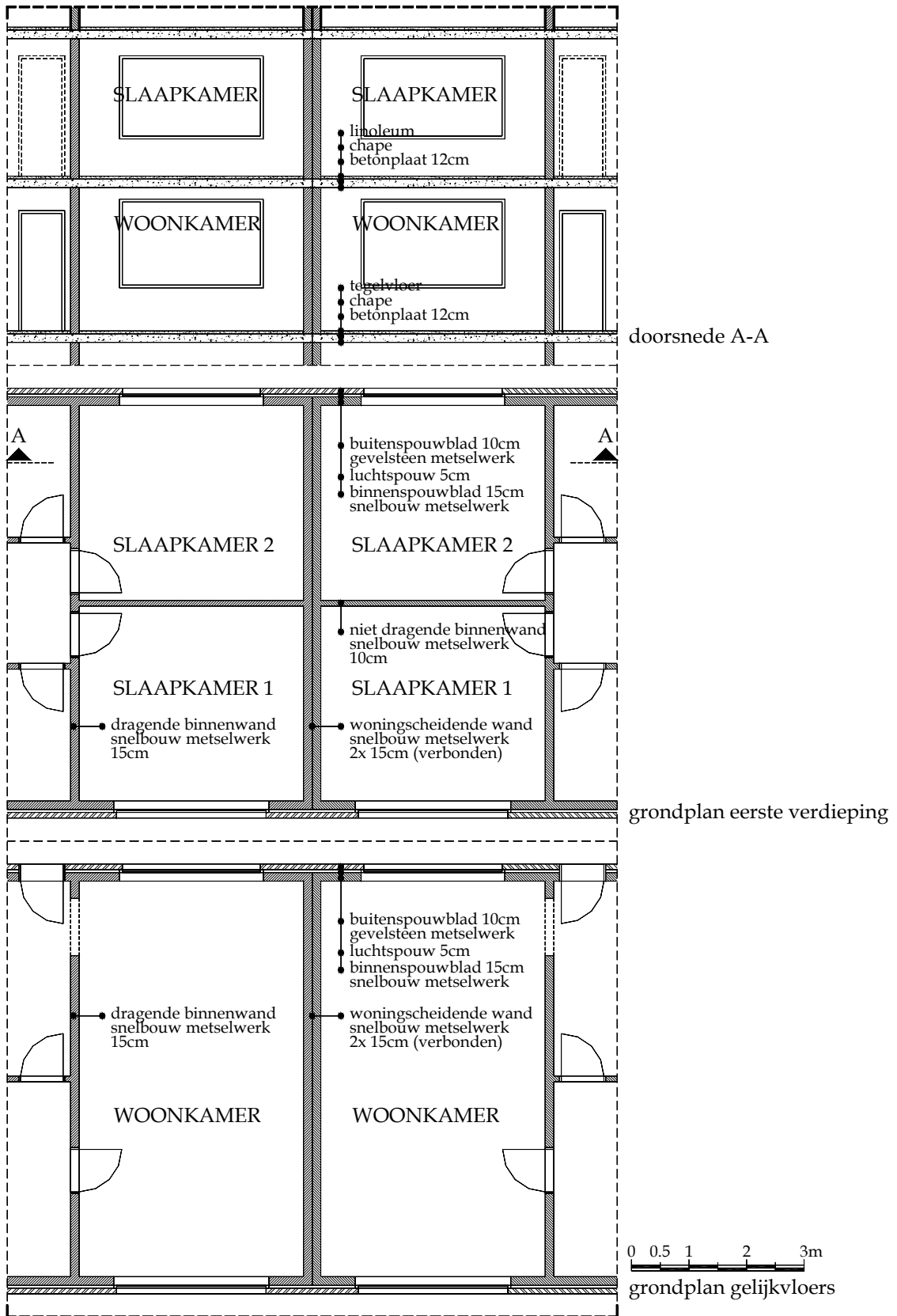
Figuur 6 toont het gemeten en het berekende gestandaardiseerde niveauverschil D_{nT} tussen de woonkamers op het gelijkvloers. De overeenkomst is goed, de gewogen waarde bedraagt in beide gevallen $D_{nT,w} = 53$ dB. Hoewel deze waarde voldoet aan de Belgische Norm, het is een categorie IIb, vinden de bewoners de prestatie ondermaats.

Figuur 7 toont een eerste mogelijkheid om de geluidisolatie te verbeteren, door het gebruik van voorzetwanden. De globale prestaties die bereikt worden, zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

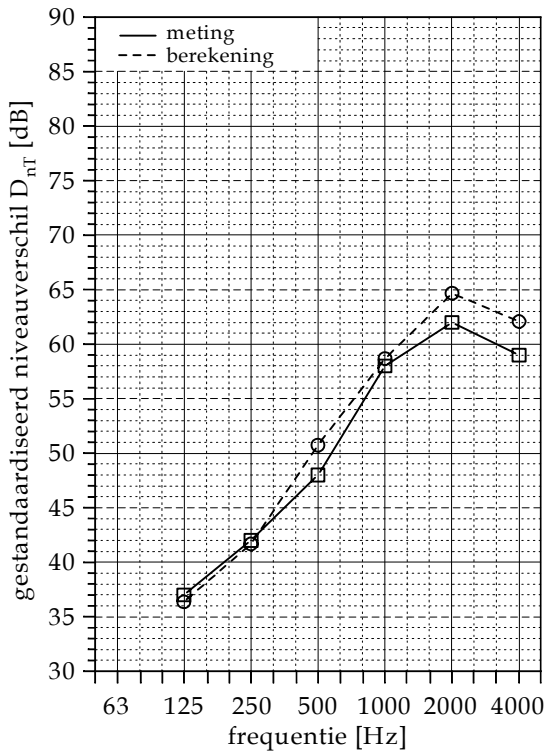
situatie		luchtgeluidisolatie
0	basissituatie zonder voorzetwanden	$D_{nT,w} = 53$ dB
1	1 voorzetwand op de scheidingswand	$D_{nT,w} = 57$ dB
2	2 voorzetwanden op de scheidingswand (langs weerszijden)	$D_{nT,w} = 59$ dB
3	2 voorzetwanden op de scheidingswand (langs weerszijden) 1 voorzetwand op een gevel	$D_{nT,w} = 60$ dB

De verbetering met een voorzetwand in situ is steeds veel geringer dan de verbetering in het laboratorium, waar geen invloed is van flankerende transmissie. Het beoogde 'basis akoestisch comfort' van het nieuwe normvoorstel, $D_{nT,w} = 54$ dB, wordt bereikt met een voorzetwand op de scheidingswand. In de meeste omstandigheden zal dit zo zijn. Moeilijker wordt het om een 'hoog akoestisch comfort' volgens het nieuwe normvoorstel, $D_{nT,w} = 58$ dB, te bereiken. Dit vereist een voorzetwand langs weerszijden van de scheidingswand. Bij kleinere ruimten en lichtere flankerende wanden, is het soms nodig ook een voorzetwand op de gevel of op een binnenwand te voorzien.

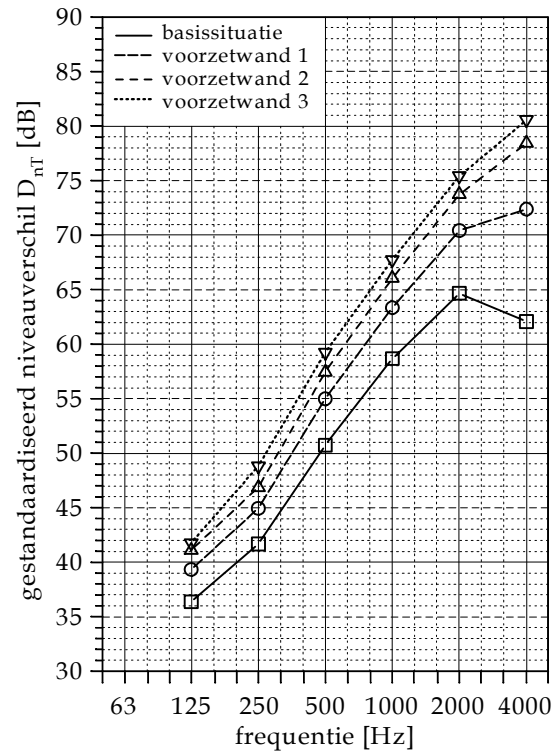
Figuur 8 toont een tweede mogelijkheid om de geluidisolatie te verbeteren, door het gebruik van zwaardere scheidingswand. Dit is enkel toepasbaar in een nieuwbouw situatie. In het gegeven voorbeeld vereist een 'basis akoestisch comfort' een scheidingswand met een massa van 450-500 kg/m². Voor een 'hoog akoestisch comfort' is in deze situatie een scheidingswand met een massa van 750-800 kg/m² vereist.



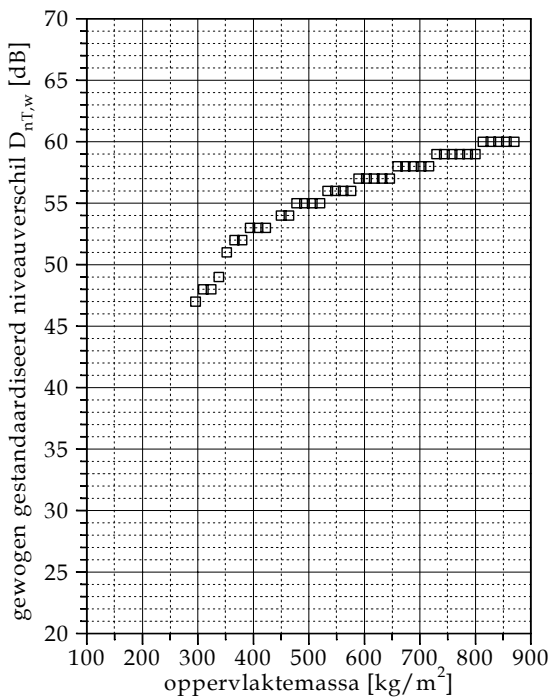
Figuur 5. Grondplan en doorsnede van twee aanpalende rijwoningen.



Figuur 6. Luchtgeluidisolatie tussen de woonkamers: vergelijking tussen berekening en meting.



Figuur 7. Luchtgeluidisolatie tussen de woonkamers: verbetering met voorzetwanden.



Figuur 8. Luchtgeluidisolatie tussen de woonkamers: invloed van de massa van de scheidingswand.

Contactgeluidisolatie

Deze rekenresultaten worden besproken tijdens de voordracht.

Ervaringen van de bewoners

Men hoort nogal wat geluiden van de burens tussen woonkamers en tussen slaapkamers, zowel luchtgeluid als contactgeluid. Muziek en televisie zijn goed hoorbaar wanneer ze wat luider staan. De geluiden van de slaapkamers die niet aan de scheidingswand grenzen, dringen veel minder door. Contactgeluiden zijn goed hoorbaar. Niet enkel loopgeluiden, maar ook het sluiten van deuren en het slaan van een klok die tegen de scheidingswand hangt, bijvoorbeeld.

Beide bewoners zijn niet tevreden met de geluidisolatie, maar hebben zich aangepast. Zo zorgt men er voor dat de kinderen 's avonds op tijd stoppen met muziek spelen. En ook zijn sommige burengeluiden tot het normale verwachtingspatroon gaan behoren. Men is ongerust als men een tijdlang werkelijk niets hoort.

III.2 Appartement

Deze rekenresultaten worden besproken tijdens de voordracht.

IV Besluiten

Er is nood aan een bijstelling van de eisen van de Belgische Norm NBN S01-400, zowel voor de luchtgeluidisolatie als voor de contactgeluidisolatie.

Gelijktijdig moet men er over waken dat de geluidisolatie daadwerkelijk een punt van aandacht wordt tijdens het ontwerp: de opdrachtgever of de bouwheer moet goed op de hoogte zijn van de kwaliteit die hij kan verwachten, en de ontwerper moet bewuste beslissingen nemen om die kwaliteit in het ontwerp te realiseren.

De rekenmodellen volgens NBN EN 12354-1&2 bieden een uitstekend kader om de beslissingen tijdens het ontwerpproces te sturen. Zij laten toe om scenario's te onderzoeken, verbeteren het inzicht in de invloed van diverse parameters, en kunnen zo beslissingen in de meest zinvolle richting helpen sturen. In bestaande situaties zijn deze rekenmodellen een hulpmiddel om eventuele gebreken op te sporen en om de meest efficiënte ingrepen voor te stellen.

De belangrijkste beperkingen van de rekenmodellen zijn op dit ogenblik de beschikbaarheid van betrouwbare gegevens voor de geluidisolatie en de trillingsverzwakkingsindex van lichte, samengestelde wanden en vloeren. Hierdoor zijn de voorspellingen van de geluidisolatie in lichte bouwwijzen (houtskeletbouw, lichte staalbouw) vooralsnog minder betrouwbaar.