

Akoestisch comfort in houtbouw

Vanwege duurzaamheid en gewenste vermindering van de CO₂-uitstoot zal bij woningbouw in Nederland steeds vaker in hout gebouwd gaan worden. Dit geldt zowel voor 2D-prefab, zoals houtskeletbouw en massieve houtbouw, als voor 3D-prefab (modulebouw). Omdat hout aanzienlijk lichter is dan beton en minder massa in principe meer geluid betekent, brengt dat de nodige uitdagingen met zich mee qua geluidisolatie. In dit artikel gaan we nader in op welke geluidaspecten extra aandacht behoeven ten opzichte van traditionele bouw en lichten we toe hoe in houtbouw een goed akoestisch comfort kan worden gerealiseerd.

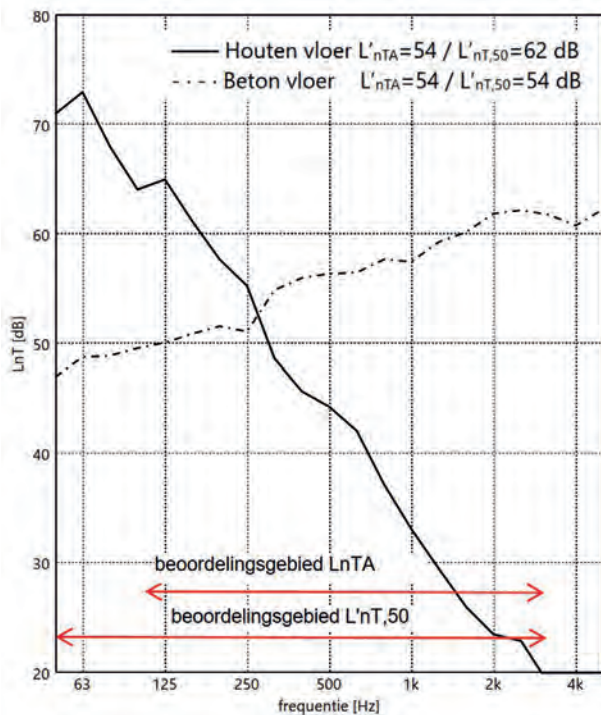
Tekst en beeld: Ir. Maarten Luykx (Peutz BV)

NEN1070		ISO/TS 19488:2021	
klasse	Prestatie (dB)	Class	Limits (dB)
I	$D_{nTA} \geq 62$ $L_{nTA} \leq 43$	A	$D_{nT,50} \geq 58$
			$L'_{nTW} \leq 46$
II	$D_{nTA} \geq 57$ $L_{nTA} \leq 48$	B	$L'_{nT,50} \leq 50$
			$D_{nT,50} \geq 54$
			$L'_{nTW} \leq 50$
III	$D_{nTA} \geq 52$ $L_{nTA} \leq 53$	C	$D_{nTA} \geq 52$
			$L'_{nTW} \leq 54$
IV	$D_{nTA} \geq 47$ $L_{nTA} \leq 58$	D	$D_{nTA} \geq 48$
			$L'_{nTW} \leq 58$
			E
$L'_{nTW} \leq 62$			
V	$D_{nTA} \geq 42$ $L_{nTA} \leq 63$	F	$D_{nTA} \geq 40$
			$L'_{nTW} \leq 66$

Tabel 1 Geluidisolatieklassen lucht- en contactgeluidisolatie conform ISO/TS 19488:2021 vs. NEN 1070:1999. $Bbl \approx$ klasse C/III. $D_{nT,50} = D_{nTW} + C_{50-3150}$
 $L'_{nT,50} = L'_{nTW} + C_{i,50-2500}$

De huidige regelgeving en normering (Besluit bouwwerken leefomgeving Bbl) qua geluidisolatie voor woningbouw in Nederland stamt feitelijk nog uit het tijdperk van zware bouwconstructies, waarop destijds ook de praktijkrichtlijn NEN 1070:1999 is gebaseerd. Deze richtlijn omschrijft vijf geluidisolatieklassen voor woningbouw met bijbehorende grenswaarden voor luchtgeluidisolatie (D_{nTA}) en A-gewogen contactgeluidniveau (L_{nTA}), als ook het overeenkomstig te verwachten percentage aan gehinderden. Daarbij komen de huidige wettelijke eisen ongeveer overeen met geluidisolatieklasse 3 'matig' met 10-25% gehinderden.

Mede op basis van grootschalig Europees onderzoek (2008-2013) naar akoestische verbeteringen van houtbouw is in 2021 een nieuwe richtlijn ISO/TS 19488 uitgekomen voor de akoestische classificaties van woningbouw. Het betreft een enigszins vergelijkbare klasse-indeling als in de oude NEN 1070, maar dan met 6 klassen (A t/m F) in stappen van 4 dB én - voor de klassen met een verhoogd akoestisch comfort (A/B) - met een aanvullende

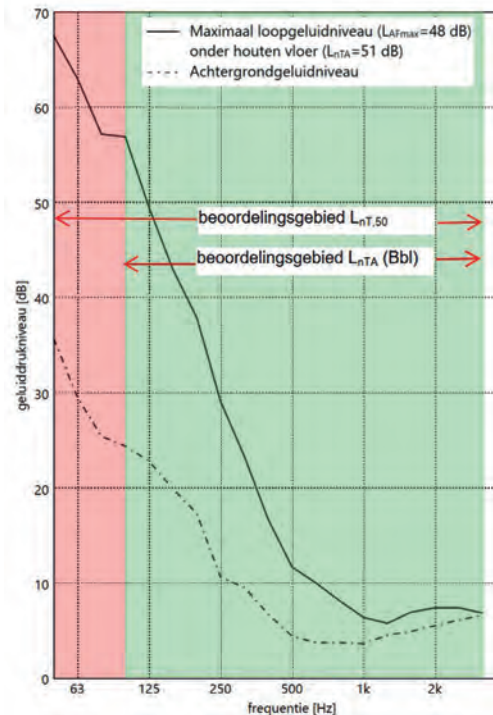


Afbeelding 2. Contactgeluidniveau van een houten vloer en een betonvloer met eengetalswaarden in L_{nTA} en $L_{nT,50}$ ($L_{nTW} + C_{1,50-2500}$) en het bijbehorende spectrale wegingsgebied.

toetsing voor bijdrage bij de lage tonen (50-80 Hz). Met name dit laatste is een belangrijke aanvulling en reden waarom deze richtlijn beter aansluit op situaties met lichte bouwconstructies dan de NEN 1070 en Bbl, die beide een standaard ondergrens van 100 Hz hanteren. In tabel 1 zijn ter onderlinge vergelijking de grenswaarden uit NEN 1070 en ISO/TS 19488 opgenomen.

VERSCHIL IN GELUIDISOLATIE

Door het lagere gewicht van bouwconstructies in houtbouw ten opzichte van traditionele bouw in beton zijn in houtbouw altijd spouwconstructies vereist bestaande uit massa-veer-massa opbouwen. Vanwege de massa-veer-resonantie hebben dergelijke constructies inherent een relatief slechte geluidisolatie bij de lage tonen en relatief goede geluidisolatie bij de hoge tonen. Dit geldt

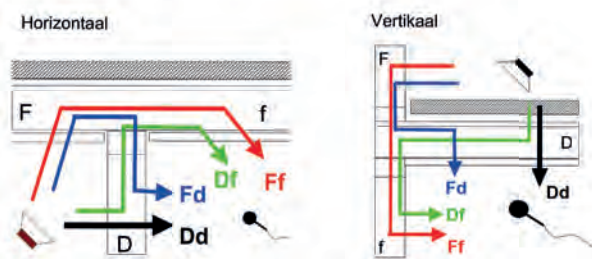


Afbeelding 3. Schematisch spectraal verloop van maximaal looppiegelniveau onder een houten vloerconstructie. In groen het standaard beoordelingsgebied voor contactgeluid cf. Bbl (L_{nTA}), en in rood het extra beoordelingsgebied bij laagfrequente uitbreiding tot 50 Hz.

zowel voor lucht- als voor contactgeluidisolatie. In afbeelding 2 is als voorbeeld de contactgeluidisolatie van een houten woningscheidende vloer en van een massieve woningscheidende betonvloer (ca. 800 kg/m²) spectraal weergegeven, die uitgedrukt als ééngetalswaarde beide juist voldoen aan de minimale wettelijke eis (Bbl) en hetzelfde A-gewogen contactgeluidniveau hebben ($L_{nTA}=54$ dB). Ze zouden in eerste instantie dus als gelijkwaardig gezien kunnen worden.

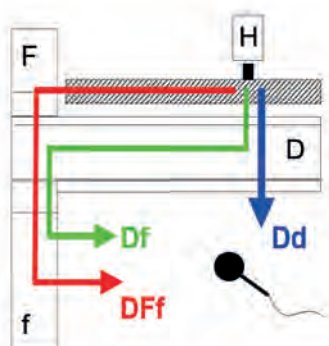
Uit de figuur is duidelijk waarneembaar dat de contactgeluidmeting van de houten vloer gedomineerd wordt door de lage tonen en die van de betonvloer door de hoge tonen. Het laatste is relatief eenvoudig te verbeteren door toepassing van een verende vloerafwerking, maar dat heeft op de lage tonen bij houten vloeren nauwelijks effect. Ook bij het daadwerkelijk belopen van hou-

Bijdragen luchtgeluidisolatie



Afbeelding 4. Schematische weergave van overdrachtswegen bij luchtgeluid in houtbouw: Direct pad (Dd), drie flankerende paden (Fd, Df, Ff).

Bijdragen contactgeluid



Afbeelding 5. Schematische weergave van overdrachtswegen bij contactgeluid in houtbouw: Direct pad (Dd), twee flankerende paden (DFf en Df).

ten vloeren blijken de hoorbare (loop-)geluiden bij de onderburen met name door frequenties onder 100 Hz bepaald te worden, waarvan afbeelding 3 een voorbeeld geeft.

LAGE TONEN MEENEMEN

Uit Duits onderzoek blijkt dat wanneer de bijdrage van de lage tonen (50-80Hz) wél wordt meegenomen bij de toetsing van het contactgeluidniveau - middels de ééngetalswaarde $L_{nT,50}$ ($=L_{nTw} + C_{1,50-2500}$), die ook is opgenomen in de ISO/TS 19488 - deze waarde een véél betere indicator is voor de ervaren mate van hinder vanwege

loopgeluiden bij houten vloeren dan de in Nederland (nog) gebruikelijke L_{nTA} -waarde. Hoewel de eerder genoemde houten vloer en betonvloer uit afbeelding 2 vanwege een gelijke L_{nTA} -waarde op het eerste oog gelijkwaardig lijken te zijn, blijkt dit bij nadere beoordeling inclusief de lage tonen toch niet zo te zijn, en bedraagt het verschil dan maar liefst 8 dB in $L_{nT,50}$ -waarde.

Vergelijkbare verschillen treden op bij de beoordeling van de luchtgeluidisolatie, vanwege de inherent lagere luchtgeluidisolatie van houten vloerconstructies bij de lage tonen ten opzichte van betonvloeren. Voor een houten vloer en een betonvloer met dezelfde luchtgeluidisolatiewaarde uitgedrukt in ééngetalswaarde $D_{nTA,k}$ (Bbl) kan, wanneer de lage tonen (50-80 Hz) wél worden meegewogen (middels beoordelingswaarde $D'_{nT,50}$ ($=D'_{nTw} + C_{50-3150}$)), het verschil tussen beide vloeren zo maar 8 tot 12 dB bedragen.

RELEVANT VOOR BEOORDELING

Voor een goede beoordeling van het akoestisch comfort in houten gebouwen is het daarom relevant om geluid vanaf 50 Hz in de beoordeling en evaluatie van ééngetalswaarden mee te nemen en daarom ook bij het stellen van eisen en streefwaarden. Dit geldt overigens niet alleen voor lucht- en contactgeluidisolatie maar eigenlijk ook voor de geluidwering van de gevel en installatiegeluid. Qua installatiegeluid is dat overigens al wel in de Nederlandse meetnorm (NEN 5077:2019) opgenomen.

In tegenstelling tot Nederland is in meerdere andere Europese landen, waar de houtbouw verder ontwikkeld is, al wél een aanvullende toetsing voor de geluidisolatie bij lage tonen in de wet vastgelegd (Zweden, Finland, België) of in nationale bouwrichtlijnen opgenomen (Noorwegen, Denemarken, Duitsland, Oostenrijk, IJsland). Hoewel bovengenoemde laagfrequente uitbreiding voor de lucht- en contactgeluidisolatie (zowel qua meetmethode als qua eisen) nog niet in de Nederlandse wetgeving is opgenomen, zou je



Artist impression van woongebouw Klaproos in Boxmeer.

hiermee om klachten te voorkomen bij elk houtbouwproject eigenlijk al wel rekening mee moeten houden. Vaak wordt daarbij nog volstaan met het stellen van een 5 of 10 dB strengere eis dan de standaardwaarden (Bbl) met de bedoeling om een verhoogd akoestisch comfort te realiseren. Door de relatief vaak hoge bijdrage van de lage tonen in houtbouw blijkt dit echter niet altijd toereikend om hinder vanwege lage tonen voldoende te voorkomen. Wij adviseren daarom de criteria conform klasse A of B (ISO/TS 19488) te hanteren inclusief bijbehorende toetsing van de lage tonen.

INVLOED VLOERAFWERKING

In een traditioneel gebouw met een massieve woningscheidende betonvloer die in de opleversituatie qua contactgeluidniveau juist voldoet aan het Bbl (min. 800 kg/m^2 , $L_{nTA} \leq 54 \text{ dB}$; klasse III NEN 1070 'matig') kan de bewoner zélf in de gebruikssituatie relatief eenvoudig voor een 10 dB lager (=beter) contactgeluidniveau ($L_{nTA} \leq 44 \text{ dB}$, klasse I NEN 1070 'zeer goed') zorgen, zelfs ook zónder tapijt te hoeven toepassen! Dit kan namelijk door een goede combinatie te kiezen van harde vloerafwerking met verende ondervloer die samen tenminste voldoen aan klasse 3 NTA 5098:2017 ($\Delta L_{in} \geq 10 \text{ dB}$ contactgeluidverbetering). Bij houtbouw echter is het behalen van eenzelfde verbetering qua contactgeluid middels het verend

leggen van harde vloerafwerking níet mogelijk. Dit komt omdat er bij houtbouw vanwege de lichtere vloerconstructies altijd al een verend opgelegde dekvloer (VOD) in de bouwkundige vloeropbouw nodig is om te voldoen aan de minimale waarde conform Bbl bij oplevering én omdat wij het daarop toepassen van een verend gelegde harde vloerafwerking altijd áfraden. Akoestisch treden namelijk anders ongunstige dubbele massa-veer resonanties op die vrijwel altijd zorgen voor een verslechtering van de contactgeluidisolatie in plaats van een verbetering. Indien je kopers/huurders in de gebruikssituatie van houtbouw dus een verhoogde contactgeluidisolatie wenst te geven moet je er dus voor zorgen dat deze prestatie al in de opleversituatie (dus ook zonder vloerafwerking) wordt behaald! Voor een kwaliteitsniveau met vrije vloerafwerkingskeuze in een houten gebouw zonder risico op laagfrequente hinder adviseren wij voor de opleversituatie van de woningscheidende vloeren de geluidisolatie-eisen uit klasse A (ISO/TS 19488) te hanteren. Dit stelt de nodige eisen aan het ontwerp en de opbouw.

FLANKERENDE GELUIDOVERDRACHT

Recent zijn twee meerlaags woongebouwen in hout (CLT) opgeleverd waarin met voorgaande zoveel mogelijk rekening is gehouden. Daarbij hebben wij als akoestisch adviseur al in de



Ir. Maarten Luykx is hoofdmedewerker bij Peutz en specialist bouwakoestiek.

ontwerpfase uitgebreide controleberekeningen qua geluidisolatie uitgevoerd om de benodigde opbouwen en ontkoppelingen en flexibele bevestigingsmiddelen te bepalen. Behalve de lucht- en contactgeluidisolatie van de directe woningscheidende vloer- of wandconstructie, zijn daarbij ook alle relevante flankerende overdrachtswegen beschouwd. In afbeelding 4 en 5 wordt geïllustreerd welke overdrachtswegen je qua luchtgeluid en qua contactgeluid bij geluidoverdracht in houtbouw in principe allemaal zou moeten berekenen.

Omdat elke wand- of vloerscheiding in principe aan vier zijden aansluit op omliggende flankerende constructies moet je daarbij voor elke woningscheidende geluidisolatieberekening naast het direct pad (Dd) voor luchtgeluidoverdracht twáálf afzonderlijke flankerende paden meerekenen en voor contactgeluidoverdracht ácht. Gezien de relatief grote invloed van flankerende geluidoverdracht in houtbouw moet bij de eerste geluidberekeningen voor houtbouw in de vroege ontwerpfase eigenlijk al tot op constructieniveau bekend zijn hoe een en ander wordt geconstrueerd en ook waar eventuele voorzetwanden mogelijk en/of nodig zijn. Dat geldt ook voor de eventuele ontkoppelingen of dilataties en voor akoestische opleggingen en voor de daarbij te gebruiken verbindingsmiddelen, waarbij een balans gezocht moet worden tussen enerzijds voldoende con-

structieve sterkte en anderzijds voldoende effectieve akoestische ontkoppeling. Al deze variabelen dien je bij de flankerende geluidberekeningen in de ontwerpfase al mee te nemen, waardoor dit al met al behoorlijk omvangrijke rekenexercities zijn voor de akoestisch adviseur, zeker indien meerdere varianten beschouwd moeten worden.

UITVOERING

Controle tijdens de uitvoeringsfase is bij houtbouw nog belangrijker dan bij traditionele bouw, met name omdat bij houtbouw veelal sprake is van noodzakelijke dilataties, akoestische opleggingen en ontkoppelde verbindingen, die inherent uitvoeringsgevoelig zijn met name met betrekking tot de mate van ontkoppeling. In deze twee houtbouwprojecten is daaraan dan ook de nodige aandacht besteed.

Mede dankzij een uitgekiend akoestisch ontwerp met toepassing van ballast en verend opgelegde dekvloeren in combinatie met de nodige akoestische ontkoppelingen bij de CLT-knooppunten en de nodige uitvoeringscontroles, zijn in beide recent gerealiseerde woongebouwen (Boxmeer, Noordwijkerhout) in de opleversituatie voor na genoeg alle woningscheidende vloeropbouwen hoge lucht- en contactgeluidisolaties gerealiseerd (klasse A (ISO/TS 19488); Bbl +10 dB) met een overeenkomstig zeer goed akoestisch comfort voor de bewoners.

CONCLUSIE

Om een voldoende akoestisch comfort in houtbouw te realiseren moet je de lage tonen ook mee beschouwen. De Nederlandse wetgeving houdt daar nog geen rekening mee. De Europese standaard ISO/TS 19488 houdt hier wel rekening mee bij de nieuwe klasse-indeling. In verschillende houtbouwprojecten is dit door Peutz al toegepast, waarbij mede dankzij uitgebreid rekenonderzoek aan flankerende bijdragen in combinatie met zorgvuldige uitvoeringsbegeleiding aan de hoogste prestatieklassen qua geluidisolatie wordt voldaan.