



wtcb.be
Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Contact

EEN UITGAVE VAN HET WETENSCHAPPELIJK & TECHNISCH CENTRUM VOOR HET BOUWBEDRIJF

2013/1

Speciale uitgave: houtbouw

CE-markering
p8

**Energie-
prestaties**
p10

Brandveiligheid
p19

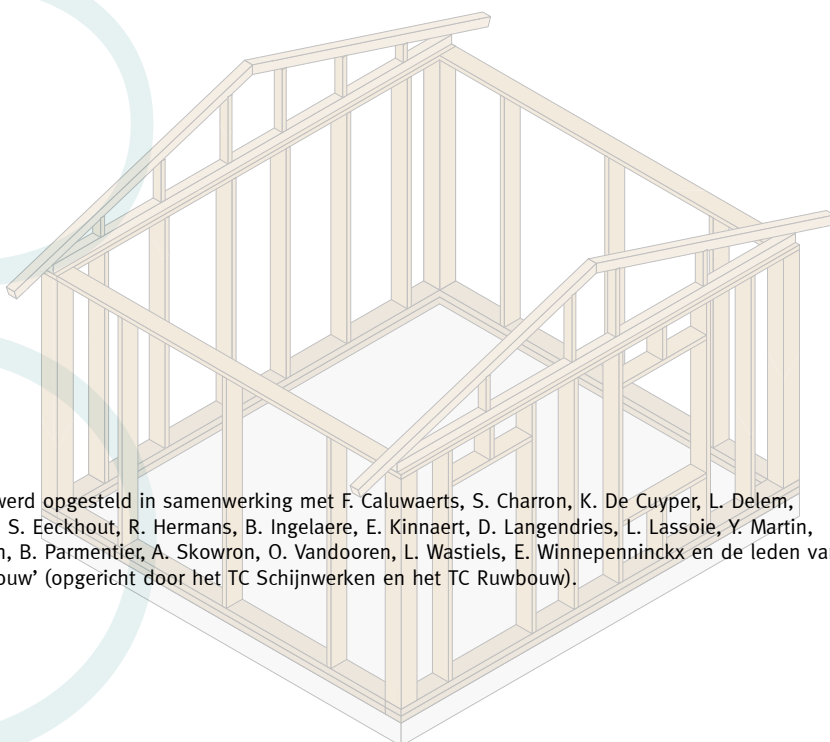
**Dimensionering
en verbindingen**
p22



Inhoud 2013/1

Speciale uitgave: houtbouw

Een veelbelovend en hoogperformant systeem	3
CE-markering van houten bouwelementen	8
Energieprestaties van houtconstructies	10
Vochtbeheersing bij houtbouw	12
Akoestische isolatie in houtskeletbouw	16
Brandveiligheid bij houtbouw	19
Dimensionering en verbindingen	22
Plaatsingswijzen en toegankelijkheidseisen voor schrijnwerk	28
Milieu-impact van houtskeletbouw	29



Deze speciale editie werd opgesteld in samenwerking met F. Caluwaerts, S. Charron, K. De Cuyper, L. Delem, G. Depret, F. Dobbels, S. Eeckhout, R. Hermans, B. Ingelaere, E. Kinnaert, D. Langendries, L. Lassoie, Y. Martin, B. Michaux, E. Nguyen, B. Parmentier, A. Skowron, O. Vandooren, L. Wastiels, E. Winnepenninckx en de leden van de werkgroep 'Houtbouw' (opgericht door het TC Schijnwerken en het TC Ruwbouw).

Een veelbelovend en hoogperformant systeem



Hout wordt van oudsher toegepast in de bouwsector. Door de vele vooroordelen en de opkomst van gebouwen uit zwaar metselwerk raakte hout echter in onbruik en werd het structureel nog enkel gebruikt voor dak-timmerwerk. De herwaardering van hout voor de draagconstructie van het gebouw ging van start na de oliecrisis van de jaren zeventig, werd verdergezet tijdens de Top van de Aarde te Rio in 1992 en werd een feit aan het begin van de eenentwintigste eeuw.

De populariteit van hout in de bouwsector neemt gestaag toe in zowat alle Europese landen. Dit succes is onder meer te danken aan de maatregelen die de overheden troffen om de energetische voetafdruk van gebouwen te verminderen en het duurzame gebruik van natuurlijke grondstoffen te bevorderen. Houtbouw biedt een aantal voordelen op het vlak van duurzaam bouwen: hout is een hernieuwbare grondstof met een positieve milieubalans die slechts een beperkte hoeveelheid bouwafval creëert op de bouwplaats en die bovendien weinig energie vergt om te produceren.

Hout biedt ook pragmatische voordelen

ten opzichte van andere materialen: het heeft een beperkt eigengewicht, het maakt geen gebruik van water, het leent zich voor systeembouw, het heeft een hoge assemblagesnelheid, het beantwoordt aan de nieuwe architecturale tendensen en het biedt de mogelijkheid om de dikte van de thermische isolatielagen op te drijven zonder daarom de totale dikte van de buitenwanden wezenlijk te moeten verhogen (het isolatiemateriaal vult de beschikbare ruimte tussen het stijl- en regelwerk volledig op).

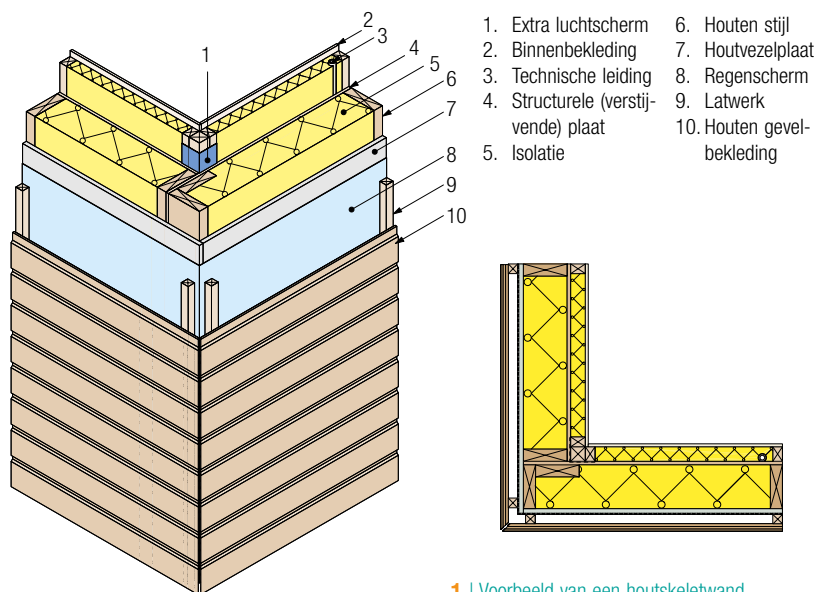
Deze aspecten verklaren de groeiende interesse en aandacht van zowel bouwprofessionals als particulieren voor het gebruik van hout in tertiaire, residentiële en zelfs multi-residentiële gebouwen. 15 tot 20 % van de nieuwbouwprojecten die elk jaar in België gezet worden, bestaat uit hout of heeft een houten skelet. Deze cijfers zijn opmerkelijk indien men weet dat houtbouw aan het begin van de jaren tweeduizend slechts goed was voor 8 tot 10 % van de nieuwe bouwvragen.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat ook het WTCB meer aandacht schenkt aan dit bouw-

systeem. Zo publiceerde het Centrum onder meer de Technische Voorlichting nr. 243 'Gevelbekledingen uit hout en plaatmaterialen op basis van hout' – die opgesteld werd in nauwe samenwerking met de sector en op vraag van de Technische Comités Schijnwerken en Ruwbouw –, riep het diverse onderzoeksprojecten in het leven (zie p. 31 van deze WTCB-Contact) en organiseert het uiteenlopende opleidingen en informatieavonden (voor de komende data kan men de rubriek 'Agenda' raadplegen op www.wtcb.be).

Zoals bij elk bouwsysteem dient ook elk houtbouwproject goed overdacht te worden. Daarnaast moeten ook alle gebruikte materialen (isolatietype, aard van het lucht- en dampscherm, ...) en systemen oordeelkundig geselecteerd worden om de duurzaamheid en de prestaties van het gebouw te garanderen.

Deze thematische WTCB-Contact schetst de evolutie van de houtbouwprestaties doorheen de jaren en geeft weer hoe men met deze bouwwijze kan voldoen aan de huidige eisen voor nieuwe gebouwen.



1 | Voorbeeld van een houtskeletwand

1 Houtbouwsystemen

We onderscheiden vier grote soorten houtbouwsystemen:

- houtskeletbouw
- houtstapelbouw
- palen-balkensysteem
- massieve meerlagige houtplaten.

We geven hierna de eigenschappen van al deze systemen weer maar zullen het in deze WTCB-Contact voornamelijk hebben over houtskeletbouw.

1.1 Houtskeletbouw

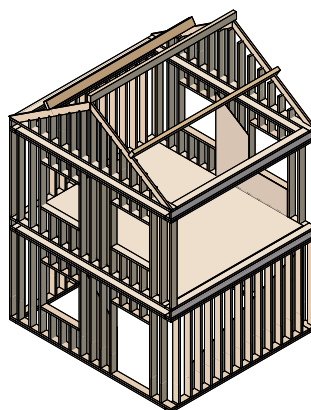
Dit systeem vormt een moderne versie van de vroegere vakwerkbouw. De bouwstructuur bestaat uit een skelet van verticale elementen met een geringe doorsnede (de stijlen) die op regelmatige afstand van elkaar geplaatst worden, onderling verbonden worden door horizontale elementen met dezelfde doorsnede (de regels) en die samen kaders vormen. Rekening houdend met de standaardafmetingen van de gebruikte windverbandplaten (120 cm) worden de stijlen van het skelet meestal om de 40 of 60 cm geplaatst.

Bij dit constructietype speelt elk samenstellend element van de wanden een eigen rol. Het skelet vangt de verticale belastingen van het dak en van de verdiepingvloeren op. De windverbandplaten die aan het stijl- en regelwerk genageld worden, vangen op hun beurt de horizontale belastingen op van de wind, seismische krachten, enz.

De thermische isolatie wordt verzekerd door het aanbrengen van een isolatiemateriaal tussen de stijlen. De isolatie kan nog verhoogd worden langs de binnen- en buitenzijde om betere thermische prestaties te behalen en de thermische verzwakkingen die eigen zijn aan het stijl- en regelwerk uit te vlakken. Voor de buitenbekleding bestaat er een brede waaier aan mogelijkheden: bakstenen, steen, hout, ...

Houtskeletbouw is momenteel de meest gebruikte techniek in België dankzij zijn grote vormvrijheid en ongeëvenaarde aanpasbaarheid.

De fabrieksmatige systeembouw en snelle plaatsing kunnen de bouwtijd bovendien aanzienlijk verkorten. Deze bouwmethode kan gebruikt worden voor de oprichting van zowel woningen als tertiaire gebouwen.



2 | Schema van houtskeletbouw

1.2 Houtstapelbouw

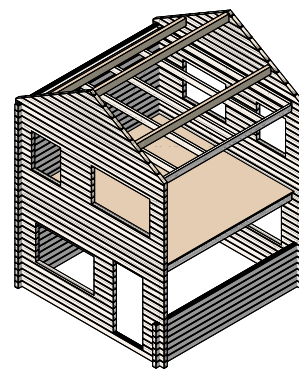
Er bestaan momenteel twee plaatsingsmethoden voor geprofileerde balken (rondhout/baddings):

- systeem met horizontaal opeengestapelde balken
- systeem met verticaal naast elkaar geplaatste balken.

Zoals de naam laat veronderstellen, worden de houtelementen bij de eerste techniek horizontaal op elkaar geplaatst tot ze een muur van massief hout vormen. Men moet bij deze techniek bijzondere aandacht schenken aan de bouwdetails omwille van de onvermijdelijke krimp en zetting van de houtelementen opzichte van elkaar. Deze fenomenen treden tijdens de eerste jaren op, met name tijdens het drogen van het hout en als gevolg van de belastingen waaraan de structuur onderhevig is. Men dient deze dimensionale variaties in aanmerking te nemen en de nodige voorzieningen te treffen voor de assemblage op de bouwplaats (aanpasbare voegen, een grotere speling, het voorlopig vastzetten van elementen, ...). Het zettingsfenomeen kan vermeden worden door de balken verticaal naast elkaar te plaatsen zoals boeken in een bibliotheek. Bij deze configuratie loopt de belasting van het gebouw in de richting van de vezels (de richting waarin het hout het sterkst is).

Volle en doorlopende muren moeten daarom opgebouwd worden uit een relatief grote hoeveelheid massief of gelamelleerd hout. Hoewel gelamelleerd hout ook onderhevig is aan krimp, bezit het niettemin een grote weerstand en stabiliteit.

De wanden kunnen op diverse manieren gerealiseerd worden waardoor men uiterlijk verschillende wanden met uiteenlopende energieprestaties kan bekomen.



3 | Schema van houtstapelbouw

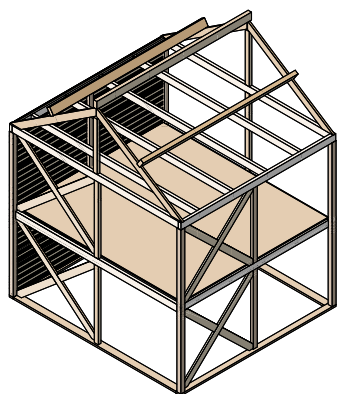
Omwille van haar bijzondere eigenschappen is deze bouwmethode enkel geschikt voor woningen en lichte constructies met hoogstens één verdieping. Elke aanpassing na afloop van de werken is bovendien quasi onmogelijk. De integratie van diverse uitrustingen (elektriciteit, watertoevoer en -afvoer, domotica, verwarming) in de balken vergt ten slotte een complete en nauwkeurige voorafgaandelijke studie.

1.3 Palen-balkensysteem

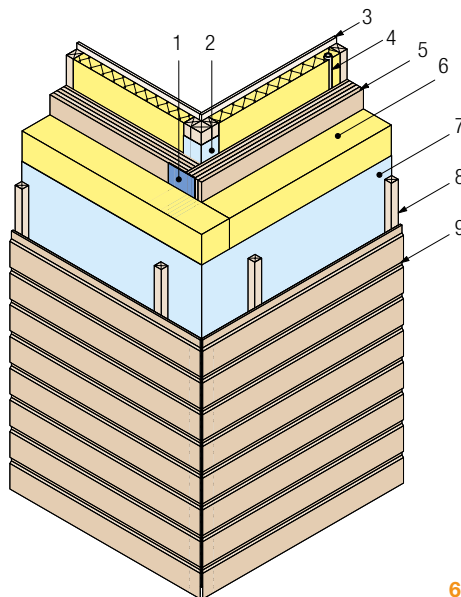
Bij dit systeem wordt er een grote open structuur gebouwd die bestaat uit een beperkt aantal dragende elementen met een grote doorsnede: de verticale elementen (palen) worden volgens een raster op regelmatige en relatief grote afstand (van 0,9 m tot enkele meters) van elkaar geplaatst en worden horizontaal met elkaar verbonden door middel van horizontale elementen (balken). De belastingen van de vloeren en daken komen samen op deze twee elementen die optimaal samengesteld en gedimensioneerd moeten worden.

De palen en balken bestaan uit massief of gelamelleerd hout. Net zoals bij houtstapelbouw wordt steeds vaker gelijmd-gelamelleerd hout gebruikt omdat dit toelaat om kleinere doorsneden te combineren met een grotere dimensionale stabiliteit. Met dit houttype kunnen tevens grotere overspanningen verwezenlijkt worden. De hoofdstructuur wordt vervolledigd met vulwanden die ofwel deels tussen de palen geplaatst worden, ofwel aangebracht worden langs zowel de binnen- als buitenzijde.

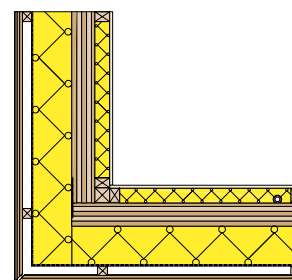
De windbelasting wordt opgevangen door de stijfheid van de verbindingen, door het aanbrengen van Sint-Andrieskruisen of door



4 | Schema van het palen-balkensysteem



1. Extra luchtscherm
2. Alternatieve plaatsing van 1
3. Binnenbekleding
4. Technische leiding
5. Massieve meerlagige houtplaat
6. Isolatie
7. Regenscherm
8. Latwerk
9. Houten gevelbekleding



6 | Voorbeeld van een wand uit meerlagige platen

het opvullen van sommige wanden. Hoewel deze wanden geen draagwanden zijn, kunnen ze het geheel niettemin verstijven. De palen kunnen zich tot een verdiepingshoogte beperken of zich over de volledige gebouwhoogte uitstrekken. De palen en balken kunnen al dan niet continu zijn, uit één sectie bestaan of uit twee of zelfs drie secties. Dankzij deze verschillende mogelijke opbouwen kan men talrijke bevestigingswijzen hanteren (hout op hout of met metalen koppelingen).

Omwille van haar grote volumes en openingen is deze bouwmethode vooral gegeerd voor (soms complexe) industriële, tertiaire en educatieve gebouwen.

1.4 Massieve meerlagige houtplaten

Dit constructietype maakt gebruik van meer-

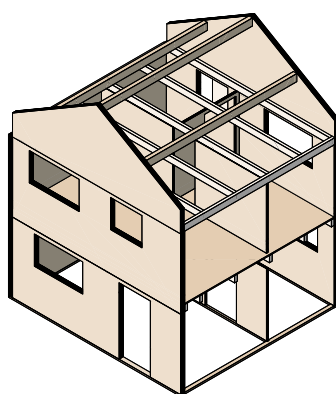
lagige platen die opgebouwd zijn uit kruislings op elkaar gelijmde of genagelde platen die op hun beurt bestaan uit onderling verlijmde massieve houten planken. Het aantal gebruikte planken hangt af van de gewenste toepassing en dikte. De geprefabriceerde platen bieden dankzij hun opbouw talrijke voordelen zoals:

- een beperking van de dimensionale vervormingen
- een verhoogde stijfheid waardoor ze, in tegenstelling tot het palen-balkensysteem, belastingen in alle richtingen kunnen opvangen (men noemt dit het 'zeileffect' van de plaat)
- een brandweerstand afhankelijk van het aantal lagen.

De afmetingen van de platen werden zorgvuldig gekozen om zo weinig mogelijk verticale voegen te moeten realiseren in de wand- en gevelelementen. Alle voorziene deur- en raamopeningen worden fabrieksmatig uit de platen gezaagd.

De muurhoeken worden opgebouwd uit platen die haaks tegen elkaar gezet worden en vervolgens aan elkaar geschroefd worden in de richting van de plaatsnede. Bij de realisatie van de vloeren verbindt men twee platen in hetzelfde vlak door middel van langs de bovenzijde aangebrachte houten deklatten, een losse-veerverbinding of een verbinding op halve houtdikte.

Deze bouwmethode laat een grote creatieve vrijheid en diversiteit toe en maakt gebruik van eenvoudige samenstellende delen. Ze



5 | Schema van massieve meerlagige houtplaten



komt bovendien in aanmerking voor de realisatie van grote overkragingen.

Door de grote plaatafmetingen hoeft men op de bouwplaats minder elementen samen te voegen en kan de opbouw sneller verlopen. Deze platen moeten momenteel echter nog geïmporteerd worden in België en kunnen omwille van hun afmetingen enkel geplaatst worden met behulp van hefwerktuigen.

Dit bouwsysteem is zowel geschikt voor woningbouw als voor commerciële en sociaal-educatieve gebouwen.

2 Van conformiteit tot perfectionering

Houtbouw kon de laatste jaren de prestaties van systemen uit zwaar metselwerk evenaren en hielp zo de talrijke vooroordelen en misvattingen de wereld uit. Dit constructie-type evolueerde sindsdien onophoudelijk. Vooral het ontwerp en de plaatsing ervan gingen drastisch vooruit en werden een stuk complexer, waardoor beide handelingen tegenwoordig een grote technische deskundigheid vergen. Ook de veiligheid en de betrouwbaarheid van houtbouw kregen een sterke duw in de rug. De akoestische isolatie en het zomercomfort, twee zwakke punten die hoofdzakelijk te wijten waren aan de bouwmassa, werden aangepakt.

Deze twee prestaties werden, samen met een aantal andere prestaties, vastgelegd in de nieuwe Europese Verordening nr. 305/2011 voor het verhandelen van bouwproducten (ook de Bouwproductenverordening genoemd, zie p. 8-9). Deze Verordening legt zeven fundamentele eisen vast die hierna systematisch aan bod zullen komen. We bespreken in deze WTCB-Contact hoe men deze verschillende eisen moet combineren bij de oprichting van bijvoorbeeld een scheidingmuur.

2.1 Mechanische weerstand en stabiliteit (zie p. 22-27)

Dit artikel legt zich toe op de dimensionering van balkenvloeren enerzijds en de afstandsregels en de minimaal te respecteren afstanden voor lopende verbindingen anderzijds (bv. nagels, houtschroeven, schroefbouten, nieten, ...). Beide regels worden samengevat in een tabel en praktische schema's die de eisen van Eurocode 5 verduidelijken.

2.2 Brandveiligheid (zie p. 19-21)

Het is niet meer uitzonderlijk om, naast vrijstaande eengezinswoningen, ook rijhuizen, appartementen of kantoorgebouwen op te trekken uit hout. Deze gebouwen moeten echter aan strenge brandweerstandeisen en -regelgeving voldoen. Dit artikel geeft een overzicht van de nieuwe wettelijke voorschriften (van kracht sinds 1 december 2012) en meer bepaald van de eisen in verband met de brandreactie en de brandweerstand. Het artikel sluit af met een aantal aanbevelingen voor de uitvoering en een reeks ontwerpdetails waarmee men aan de eisen kan voldoen.

2.3 Hygiëne, gezondheid en milieu (zie p. 8-9 en 12-15)

De materialen die bij de verschillende bouwsystemen gebruikt worden, kunnen een rechtstreekse invloed uitoefenen op het milieu en op onze gezondheid. Om deze invloeden te beperken, zijn een aantal maatregelen aangewezen. De CE-markering verplicht de fabrikanten van multiplexplaten om hun producten strenger te controleren

op de emissie van schadelijke stoffen uit de toegepaste verlijming naar de binnenlucht (meer bepaald formaldehyde, pentachloorfenol of PCP en vluchtige organische stoffen of VOS in het algemeen).

De duurzaamheid van hout kan soms enkel gegarandeerd worden indien het een verduurzamingsbehandeling kreeg. Hierbij dient men zowel het verduurzamingsproduct als de behandelingsmethode oordeelkundig te kiezen. Het productgamma waaruit men kan kiezen, werd echter sterk gereduceerd sinds de invoering van de REACH-reglementering die het gebruik van bepaalde producten in Europa verbiedt. De kans is bovendien zeer groot dat deze lijst met verboden producten in de toekomst nog uitgebreid zal worden.

2.4 Gebruiksveiligheid en toegankelijkheid (zie p. 28)

Het is niet vanzelfsprekend om een deurdorpel met goede energieprestaties te realiseren die ook vlot toegankelijk is voor personen met een beperkte mobiliteit. Doordat de buitenvuren alsmaar dikker worden, vergroot



ook de afstand tot de raamkrukken waardoor deze moeilijker bereikbaar worden. Dit artikel reikt mogelijke denkpistes aan.

2.5 Geluidswering (zie p. 16-18)

In de meeste Europese landen werden de akoestische eisen opgesteld aan de hand van de prestaties van gebouwen uit zwaar metselwerk. Deze werden vastgelegd op basis van de beoordeling van akoestische prestaties hoger dan 100 Hz. Tegenwoordig zou men echter ook lagere akoestische prestaties in aanmerking moeten nemen. Geluiden van minder dan 100 Hz zijn minstens even hoorbaar voor de gebouwgebruikers en zeker bij houtbouw. Bij dit constructietype is het immers niet evident om bij lage frequenties even goede akoestische prestaties te halen als bij gebouwen uit zwaar metselwerk.

2.6 Energiebesparing en thermische isolatie (zie p. 10-11 en 28)

We bespreken de bouwknopen in houtbouw en de manier om deze EPB-aanvaardbaar te

maken. De artikels kaarten daarnaast ook het zomercomfort in deze constructies aan en wijzen op het belang van de uitvoeringsdetails van schrijnwerkelementen (bv. ramen). Indien men in het gehele gebouw goede prestaties wil behalen (vooral voor de lucht- en waterdichtheid en de thermische isolatie) dient men de verbindingen tussen het raam en de houten constructie met de nodige zorg uit te voeren.

2.7 Duurzaam gebruik van natuurlijke grondstoffen (zie p. 29-30 en 12-15)

Ondanks zijn vele ecologische voordelen (lage-energieconstructie, gebruik van een hernieuwbare grondstof, ...) dient men de toepassing van houtbouw niettemin goed te overdenken om de voordelen ervan maximaal te kunnen benutten.

Het artikel op pagina's 29 en 30 geeft de resultaten weer van een volledige levenscyclusanalyse waarbij de voordelen van houtbouw afgewogen worden tegen deze van een constructie uit zwaar metselwerk. Wie houtbouw duurzaam wenst toe te passen,

dient het gebruik van hout uit een plaatselijke en duurzame ontginning te overwegen evenals een behandeling en onderhoud die aangepast zijn aan het voorziene gebruik van het gebouw.

Vocht vormt de oorzaak van een groot aantal schadegevallen bij houtbouw. Het is daarom onontbeerlijk om het gebouw optimaal te ontwerpen en een efficiënte regendichting en vochtscherm te voorzien om condensatie in de kern van de wanden uit te sluiten. Men dient daarom te kiezen voor performante materialen en verduurzamingsbehandelingen, te zorgen voor een goede coördinatie van de werken en te beschikken over een grondige kennis van de technologieën.

Met de toevoeging van deze zevende en laatste eis prijst de Bouwproductenverordening hout nog meer aan als structuurmateriaal. Door de invoering van de CE-markering (zie p. 8-9) zal de gebruiker er zich bovendien van kunnen verzekeren dat de houtelementen voldoen aan de eisen uit de Europese normen.

De houtbouwsector heeft deze conformiteit met de fundamentele eisen echter niet afgewacht om de materialen en uitvoeringstechnieken te laten evolueren. Er bestaat tegenwoordig geen enkele technische beperking meer om hout in constructies te gebruiken. Beter nog: houtbouw is niet langer louter 'conform' deze eisen, het overstijgt ze en kan zeer hoge prestaties leveren op het gebied van temperatuur, akoestisch comfort, stabiliteit en brandgedrag, ...

3 Een blik op de toekomst

De steeds strengere eisen op het gebied van energiebesparing (zero energy building) en duurzame ontwikkeling voorspellen een rooskleurige toekomst en een verdere groei voor houtbouw. Deze ontwikkeling zal bovendien welvaren bij de demografische groei die zich aan het voordoen is op een onveranderde beschikbare woonoppervlakte.

Doordat het reliëf van de ondergrond amper een rol speelt bij houtbouw, kan het ook toegepast worden in zones die zo goed als onbereikbaar zijn voor andere bouwmethoden. In drukbevolkte zones kan houtbouw ten slotte gebruikt worden voor de toevoeging van verdiepingen aan bestaande gebouwen zonder versteviging van de onderliggende structuur.





CE-markering van houten bouwelementen

Implicaties van de BPV

De Bouwproductenverordening legt niet langer zes, maar wel zeven fundamentele eisen op voor bouwproducten. Deze eisen betreffen voorschriften voor de mechanische sterkte, de brandveiligheid, de gezondheid en de veiligheid van personen, de bescherming van het milieu, de bescherming tegen geluidshinder, de energiebesparing en de duurzaamheid.

De BPV heeft een bijzondere eigenschap: terwijl haar toepassingsgebied enkel bouwproducten betreft, zijn de fundamentele voorschriften van toepassing op het afgewerkte bouwwerk en niet op de bouwproducten zelf. De toegepaste bouwproducten moeten met andere woorden steeds aangepast zijn aan hun voorziene gebruik binnen het afgewerkte gebouw. Bij het op de markt brengen van bouwproducten moet de fabrikant deze voorzien van:

- een prestatieverklaring die de overeenkomstigheidsverklaring van de BPR vervangt en die de prestaties van het bouwproduct weergeeft voor elk van de fundamentele eigenschappen (mechanische sterkte, brandreactie, ...)
- een CE-markering waarmee de fabrikant te kennen geeft dat zijn product voldoet aan de verklaarde prestaties.

Voor meer informatie kan u terecht op de WTCB-website (www.wtcb.be/go/ce).

Specifiek voor houtbouw zouden de BPV – en de CE-markering die ermee gepaard gaat – het vrije verkeer van houtproducten moeten bevorderen door op elk label duidelijk en eenduidig de technische prestaties aan te geven. Zo vormt de CE-markering als het ware een paspoort voor houtproducten. Deze informatie, die gemeenschappelijk is voor alle ondernemingen uit de sector, moet zowel de voorschrijvers als de professionele en particuliere gebruikers referenties en ga-



1 | Voorbeeld van een CE-markering die aangebracht werd op het element zelf

ranties bieden zonder afbreuk te doen aan de concurrentiegeest. Deze eenduidig uitgedrukte eigenschappen zouden ook de toepassing van de Eurocodes moeten vereenvoudigen en meer bepaald van Eurocode 5 die het ontwerp en de dimensionering van houtconstructies beschrijft.

Vanaf wanneer is de CE-markering verplicht?

De BPV, die in april 2011 in werking trad, voorziet in een aantal overgangsmaatregelen om de sector de tijd te geven zich aan te passen. Bepaalde artikelen en bijlagen zullen hierdoor pas vanaf 1 juli 2013 van toepassing zijn.

De datum waarop de CE-markering van houten elementen verplicht wordt, zal bijgevolg variëren volgens de duur van de overgangsperiode. Afbeelding 2 (p. 9) geeft de data weer waarop de CE-markering verplicht werd voor de belangrijkste houtelementen en elementen op basis van hout die gebruikt worden bij houtbouw. Houten elementen die men ook kan terugvinden in metselwerkconstructies, werden niet opgenomen in dit schema.

CE-markering van structuurhout met rechthoekige doorsnede

De verscheidenheid aan beschikbare houtsoorten en -kwaliteiten zorgt ervoor dat

Bouwwerken moet zodanig ontworpen worden dat ze noch de veiligheid van de bewoners in gevaar brengen, noch schade berokkenen aan het milieu. Ze moeten daarom voldoen aan een nationale regelgeving die een rechtstreekse invloed oefent op de voorschriften voor bouwproducten. Om een wildgroei aan nationale bepalingen te voorkomen en de mogelijke belemmering van het handelsverkeer binnen de Europese Unie te vermijden, vaardigde de Raad in december 1988 de Richtlijn 89/106/CEE uit (algemeen de Bouwproductenrichtlijn of BPR genoemd). Deze Richtlijn werd in april 2011 vervangen door de Verordening nr. 305/2011 (algemeen de Bouwproductenverordening of BPV genoemd).

men talrijke houtsoorten met uiteenlopende sterktes kan combineren. Deze mogelijke combinaties zullen bovendien stuk voor stuk verschillende mechanische eigenschappen vertonen waardoor de ontwerpberekeningen voor houtstructuren een stuk bemoeilijkt worden.

Dankzij een systeem van sterktekassen kan men houtsoorten met gelijkaardige mechanische sterktes groeperen waardoor ze op mechanisch vlak onderling uitwisselbaar worden. De ontwerper kan op die manier een specifieke sterkteklasse voorschrijven en vervolgens de karakteristieke sterktewaarden van deze klasse (buigweerstand, trekweerstand, ...) gebruiken bij zijn ontwerpberekeningen.

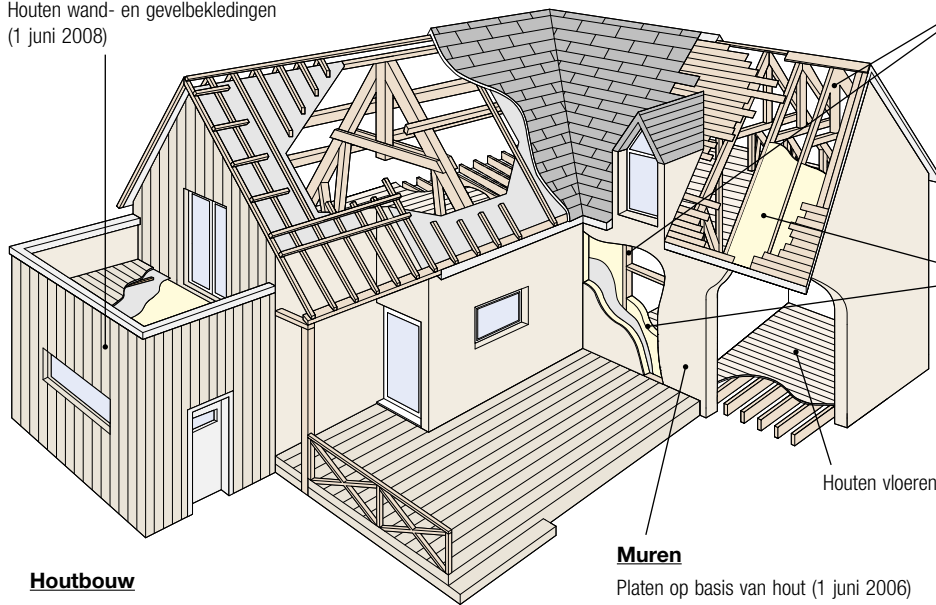
De norm NBN EN 338 geeft de sterkteklassen weer voor structuurhout met rechthoekige doorsnede (zie tabel). Zo geeft de letter C naalddhout aan en de letter D loofhout. Het getal na de letters heeft betrekking op de karakteristieke buigspanning. Wanneer een loofhoutsoort niet voldoet aan de laagste sterkteklasse (de klasse D30), wordt het hout in de klasse C ondergebracht (dit is bijvoorbeeld het geval voor populieren).

Men gebruikt twee methoden om de sterkteklasse van een houtsoort te bepalen volgens de norm NBN EN 14081:

- de visuele methode. Deze deelt structuurhout afkomstig van naaldbomen in volgens een eigen visuele classificatie



Houten wand- en gevelbekledingen
(1 juni 2008)



Draagstructuur

Gelijmd-gelamelleerd hout (1 december 2012)
Structuurhout met rechthoekige doorsnede
(1 januari 2012)
Geprefabriceerde dragende delen met
metalen hechtplaten (1 november 2010)
Lichte samengestelde balken en kolommen
op basis van hout (16 oktober 2004)

Isolatie

Thermische-isolatieproducten uit houtvezels
(1 september 2010)
Thermische-isolatieproducten uit houtwol
(1 september 2009)

Houten vloeren en parketten (1 maart 2010)

Houtbouw

Houtskeletbouwpakketten
(24 mei 2004)
Houtstapelbouwpakketten
(28 februari 2005)

Muren

Platen op basis van hout (1 juni 2006)
LVL (*Laminated Veneer Lumber*) (1 september 2006)
Lichte zelfdragende platen (1 november 2006)
Geprefabriceerde dragende wanden uit houtskelet (1 november 2007)

2 | Data waarop de CE-markering verplicht werd voor verschillende houten elementen

die uit de volgende klassen bestaat: S4, S6, S8 en S10 (volgens de norm NBN B 16-520). Deze stemmen respectievelijk overeen met de sterkteklassen C16, C18, C24 en C30. We willen erop wijzen dat de Duitse klasse S10 overeenstemt met de Belgische klasse S8. Om fouten te vermijden, is het raadzaam om de overeenstemmende C en D klassen te hanteren (klassen die vermeld worden bij de CE-markering). In België bestaat er geen visueel classificatiesysteem voor inheemse en tropische loofhoutsoorten die gebruikt worden voor structuurhout

- de automatische controlemethode die de sterkteklasse rechtstreeks aangeeft.

De CE-markering van structuurhout is noodzakelijk om op ondubbelzinnige en zichtbare wijze de sterkte van het hout te herkennen en om, in geval van betwisting, te kunnen achterhalen wie verantwoordelijk was voor de toekenning van deze prestaties.

Er zijn twee markeermethoden mogelijk: een markering per stuk of per pak (*). Structuurhout dat visueel geïnclassificeerd wordt, mag volgens de ene of de andere methode gemarkeerd worden (behalve bij eventuele nationale beperkingen in het land waar de klant zich bevindt). Structuurhout dat automatisch geïnclassificeerd wordt, moet daarentegen steeds per stuk gemarkeerd worden.

De CE-markering van structuurhout met rechthoekige doorsnede is, zoals vermeld wordt in de norm NBN EN 14081, verplicht sinds 1 januari 2012. Volgens deze norm dient men de volgende essentiële productkenmerken te vermelden: de mechanische sterkte (sterkteklasse), de stabiliteit, de duurzaamheid (natuurlijke duurzaamheid of vereiste verduurzamingsbehandeling) en de brandreactie.

Voor meer informatie over de CE-markering van structuurhout verwijzen we naar de brochure 'CE-markering en sterktesortering van structuurhout met rechthoekige doorsnede' van F. Deneufbourg, M. Defays en H. Frère (te downloaden op www.houtinfobois.be).

Voorbeeld van sterkteklassen voor structuurhout volgens de norm NBN EN 338

Eigenschap	Sterkteklasse									
	Naaldhout					Loofhout				
	C16	C18	C24	C30	C40	D30	D40	D50	D60	D70
Buigweerstand [N/mm ²]	16	18	24	30	40	30	40	50	60	70
Axiale druksterkte [N/mm ²]	16	18	21	23	26	23	26	29	32	34
Gemiddelde axiale elasticiteitsmodulus [kN/mm ²]	8	9	11	12	14	10	11	14	17	20
Gemiddelde volumieke massa [kg/m ³]	370	380	420	460	500	640	700	780	840	1080
Visuele klasse	S4	S6	S8	S10	–	–	–	–	–	–

(*) De norm NBN EN 14081 bepaalt het begrip pak als 'hout van een welbepaalde sterkteklasse, van een welbepaalde houtsoort of combinatie van houtsoorten, en van een welbepaalde sectie of combinatie van secties, bestemd voor gebruik in een welbepaalde structuur, geïnclassificeerd door een welbepaald team en te leveren aan een welbepaalde klant'.



Energieprestaties van houtconstructies

Gebouwen met houten wanden bieden een aantal voordelen op het vlak van energieprestaties. We lichten de mogelijke winst in dit artikel toe in het licht van de voortdurend evoluerende thermische regelgeving. We geven daarnaast ook een aantal concrete voorbeelden van EPB-aanvaarde bouwknoten en gaan dieper in op het zomercomfort.

Sinds 2006 hebben de verschillende Gewesten van ons land een regelgeving ingevoerd voor de energieprestaties en het binnenklimaat van nieuwe gebouwen (EPB). Om aan deze regelgeving te voldoen, mag de U-waarde (warmtedoorgangscoefficiënt) van de wanden niet hoger zijn dan een limietwaarde ($U_{\max}$ -waarde) die door elk Gewest afzonderlijk vastgelegd werd en terug te vinden is op hun respectievelijke websites (zie www.normen.be, rubriek 'Energie en binnenklimaat'). Deze limietwaarden zijn aan evolutie onderhevig. Op het moment van publicatie van dit nummer situeert de limietwaarde voor gevels en daken zich rond $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (zie tabel A voor de exacte waarden). In navolging van de Europese regelgeving zullen de thermische reglementeringen in ons land in de toekomst verder aangescherpt worden. Zo zullen tegen 2020 enkel nog bijna-nulenergiegebouwen toegelaten worden voor nieuwbouw. Ook op het vlak van renovatie zal de lat steeds hoger gelegd worden.

Vermits de regelgeving in verband met de energieprestaties steeds strenger wordt, zullen de nodige isolatiediktes vermoedelijk nog sterk toenemen. Zo is het niet onwaarschijnlijk dat de limietwaarde voor de warmtedoorgangscoefficiënt van opake buitenwanden de komende tien jaar nog verder zal dalen tot een grootteorde van $0,15$ tot $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (i.e. dezelfde waarden als voor passieve gebouwen). In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest worden vanaf 2015 zelfs prestatieniveaus vergelijkbaar met de passiefstandaard verplicht voor alle nieuwbouwprojecten.

Kenmerken en voordelen van houtconstructies

In het kader van de hiervoor geschetste snelle verhoging van het globale thermische isolatieniveau van gebouwen wordt, zowel bij nieuwbouw als renovatie, steeds meer aandacht besteed aan de prestaties van de

bouwschil. Gezien hout een relatief zwakke warmtegeleider is ($\lambda \approx 0,13$ tot $0,17 \text{ W/mK}$) en de meeste houtconstructies gekenmerkt worden door een holle structuur, leent deze bouwwijze zich uitstekend voor de realisatie van hoogwaardig thermisch geïsoleerde gebouwen. In het geval van houtskeletbouw kan de ruimte tussen de stijlen zelfs volledig opgevuld worden met isolatiemateriaal.

Soepele isolatiematerialen (zoals minerale wol, houtwol of cellulose) die geplaatst worden in de vorm van halfstijve platen of ingeblazen vlokken, kunnen de holtes tussen de houten elementen in principe het beste opvullen. Door een extra isolatielaag aan te brengen aan de binnen- en/of buitenzijde van de wand, kan de thermische weerstand nog verder opgedreven worden en kunnen de thermische zwakke punten ter hoogte van de stijlen beperkt worden. Deze extra lagen kunnen bovendien op een eenvoudige wijze ononderbroken uitgevoerd worden.

Men kan de warmteverliezen via de stijlen verminderen door elementen met een I-vormige doorsnede te gebruiken. Op die manier wordt de houtfractie in de wand beperkt (het percentage hout t.o.v. het percentage isolatie). Voor extra isolatie kan gebruik gemaakt worden van stijve isolatieplaten met relatief goede λ -waarden (bv. polyurethaan (PUR) of resol (RF): grootteorde $0,020 \text{ W/mK}$).

Bij de keuze van de materialen voor de buitenwanden dient men rekening te houden met de waterdampdiffusieweerstand van de respectievelijke lagen en zo nodig aan de warme zijde van de isolatie een gepast dampscherm aan te brengen om inwendige condensatie te vermijden. Door middel van simulatiemodellen (bv. de methode van Glaser voor de berekening van de waterdampdruk) kan onderzocht worden of er een risico op condensatie door dampdiffusie bestaat en kan eventueel de aard van het dampscherm bepaald worden. Er bestaan ook dynamische simulatiemodellen waarmee men het hygrothermische gedrag van wanden kan onderzoeken. We merken hierbij op dat de luchtdichtheid van de wand een bepalende factor is, gezien de meeste vochtproblemen te wijten zijn aan luchtstromen doorheen de bouwschil. Indien men de voornoemde maatregelen treft (en eventuele combinaties ervan), kan men met houtskeletbouw vrij eenvoudig U-waarden rond $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ behalen en globale K-waarden van om en bij de K_{30} .

A | Maximale U-waarden voor opake wanden en daken volgens de actuele thermische regelgeving in de verschillende Gewesten

Gewest	$U_{\max} [\text{W/m}^2\text{K}]$	
	Opake buitenwanden	Dak
Vlaams Gewest	$0,32$ (vanaf 01/01/14: $0,24$)	$0,27$ (vanaf 01/01/14: $0,24$)
Brussels Hoofdstedelijk Gewest	$0,4$	$0,3$
Waals Gewest	$0,32$	$0,27$

Bij eenzelfde isolatieniveau zal de dikte van een draagstructuur uit metselwerk of beton echter steeds groter zijn dan bij houtskeletbouw.

Houtskeletbouw wordt bij renovatie ook steeds vaker toegepast in de vorm van bijvoorbeeld geprefabriceerde platen die tegen een bestaande gevel geplaatst worden en die zelfs fabrieksmatig voorzien kunnen worden van buitenschrijnwerk en/of technieken.

Ten slotte vormt ook de combinatie van een zware draagstructuur (die een extra thermische inertie verschaft die voordelig is voor het zomercomfort) met goed geïsoleerde, lichte houten platen als buitenwand een interessante optie. Deze hybride bouwwijze wordt steeds vaker toegepast, in het bijzonder voor tertiaire gebouwen zoals kantoorgebouwen.

Bouwknope

Volgens de EPB-regelgeving moeten ook de warmteverliezen door bouwknope in rekening gebracht worden bij de bepaling van de K- en E-peilen. Bouwknope zijn plaatsen in de bouwschil waar verschillende wanden samenkomen (verbinding tussen een venster en het metselwerk, verbinding aan de muurvoet) en waar de isolatielaag plaatselijk onderbroken wordt (kolom, puntveranker, balkon, ...).

In de EPB-regelgeving werd vastgelegd hoe men de invloed van bouwknope op de warmtedoorgangscoefficiënt door transmissie dient te bepalen. Hierbij heeft men de keuze uit drie methoden. De meest courante methode (optie B: de methode van de EPB-aanvaarde bouwknope) voor houtskeletbouw voorziet in een kleine forfaitaire toeslag op het K-peil voor koudebrugarme (EPB-aanvaarde) bouwknope.

Een bouwknoop is EPB-aanvaard wanneer hij aan minstens een van deze voorwaarden voldoet:

- de energieprestaties van de knoop zijn hoger dan een bepaalde limietwaarde ($\psi \leq \psi_{e,lim}$)
- de knoop beantwoordt aan minstens een van de basisregels voor een koudebrug-arm detail.

Men zal in eerste instantie trachten om de bouwknoop EPB-aanvaard te maken door hem te laten voldoen aan een van de basisregels. Voor meer informatie hierover kan men het [WTCB-dossier nr. 2010/3.16](#) raadplegen.

B | Thermische karakteristieken van mogelijke isolatielagen in houtskeletbouw en courante bouwmaterialen

Eigenschap	ρ [kg/m³]	c [J/kg.K] (¹)	λ [W/mK]	C [J/m²K] (²)
Isolatiematerialen				
Minerale wol	30	1.030	0,035 (³)	4326
Cellulosevlokken	45	1.600	0,040 (³)	10.080
Houtvezelplaat	55	2.000	0,039 (³)	15.400
Bouwmaterialen (⁴)				
Hout	500	1.600	0,13	112.000
(Volle) baksteen	2.100	1.000	0,81	294.000
Beton (gewapend)	2.500	1.000	1,7	350.000

(¹) Waarden afkomstig uit de norm NBN EN ISO 10456.

(²) De waarden voor C werden berekend voor een veronderstelde laagdikte van 14 cm.

(³) Indicatieve waarden.

(⁴) Deze waarden zijn afkomstig uit het EPB-transmissiereferentiedocument.

Zomercomfort

Het zomercomfort van gebouwen met lichte buitenwanden, zoals houtskeletbouw, wordt soms in vraag gesteld. Door de relatief geringe massa van de wanden en de vloeren hebben deze gebouwen immers een lagere thermische inertie dan massieve constructies. Dit hoeft echter niet noodzakelijk aanleiding te geven tot een verhoogd risico op oververhitting. Indien het gebouw correct ontworpen en opgericht werd en men rekening houdt met de basisprincipes die hieronder opgesomd worden, kan men ook met houtskeletbouw perfect een goed zomercomfort realiseren.

Hoewel de opbouw en de uitvoeringskwaliteit van de buitenmuren een zekere invloed uitoefenen op het zomercomfort, zijn vooral de beglaasde oppervlakte in de bouwschil en de aan- of afwezigheid van een zonnewering doorslaggevende factoren. Grote beglaasde oppervlakken zorgen immers – in vergelijking met opake wanden – voor een veel grotere toetreding van warmte (zonnestraling) in de binnenruimten die vervolgens niet meer langs dezelfde weg kan ontsnappen (serre-effect). De eerste en voornaamste maatregel voor een goed zomercomfort is dan ook de beperking van de beglaasde oppervlakte tot het noodzakelijke minimum voor een voldoende daglichttoetreding en het voorzien van een performante, bij voorkeur aanpasbare, zonnewering. Deze zonnewering heeft een dubbel doel: ze laat zonne-energie toe in de winter en in de tussenseizoenen (benutting van de passieve zonnewinsten, beperking van het verbruik van fossiele brandstoffen) en herleidt de warmtetoetreding tijdens de zomer tot een minimum.

De resterende warmte die de ruimte binnendringt tijdens de zomer (doorheen de beglaasde delen of doorheen de wanden) moet zoveel mogelijk afgevoerd worden door middel van een nachtelijke ventilatie. Hiervoor moeten de nodige voorzieningen getroffen worden (bv. opengaand schrijnwerk, toepassing van inbraakwerende roosters).

Ten slotte speelt ook de warmtecapaciteit van de omliggende elementen (bv. muren, vloeren, ...) een rol. Deze parameter beïnvloedt immers de binnentemperaturevolutie. Hoe hoger de warmtecapaciteit van een gebouw is, hoe trager de temperatuur in de ruimten zal stijgen en hoe trager deze temperatuur zal dalen na een warme periode. De warmtecapaciteit van een wand wordt bepaald door zijn volumieke massa en de warmtecapaciteit c van de samenstellende materialen. Houtskeletwanden zullen omwille van hun beduidend lagere massa een minder goede prestatie leveren op dit vlak dan zware massieve metselwerk- of betonwanden.

Hoewel de toepassing van materialen met een hoge warmtecapaciteit en een grote densiteit een gunstig effect heeft op het zomercomfort, moet de impact ervan genuanceerd worden. Deze is immers beperkt in vergelijking met de andere bovenvermelde factoren. Het is bijgevolg belangrijker om de warmte buiten te houden (beglaasde oppervlakte beperken en zonnewering voorzien) en de warmte die binnenkomt zo snel mogelijk te evacueren (nachtelijke ventilatie).

Voor meer informatie over het zomercomfort in lichte constructies zoals hellende daken verwijzen we naar het [WTCB-Dossier nr. 2010/3.16](#).

Vochtbeheersing bij houtbouw

Vocht kan in zowat alle bouwtypes aan de basis liggen van een groot aantal schadegevallen. In het geval van houtskelbouw is het echter nog belangrijker om het vocht binnen de perken te houden indien men een goede duurzaamheid wenst te garanderen.

Indien hout een vochtgehalte hoger dan 20 % heeft, kunnen er zich schimmels op ontwikkelen. Deze zorgen voor een drastische verzwakking van de mechanische prestaties van het hout en kunnen zelfs leiden tot het falen van het element.

Ook bij isolatiematerialen kan een te hoog vochtgehalte de thermische prestaties verminderen en zorgen voor aantasting door schimmels of bacteriën. Bij bepaalde isolatiematerialen, en in het bijzonder bij ingeblazen cellulosevlokken, kan een te hoog vochtgehalte leiden tot aanzienlijke zettingen die koudebruggen kunnen vormen in het bovenste gedeelte van de wanden.

Vocht dat opgesloten wordt in opencellige, poreuze, vezelhoudende of hygroscopische materialen (zoals hout), zorgt bovendien voor verminderde thermische prestaties. Zo zal de warmtegeleidbaarheid van naaldhout 0,12 W/mK bedragen bij een vochtgehalte van 15 %. Het isolatievermogen zal 15 tot 40 % dalen wanneer het vochtgehalte van het materiaal hoger is dan 20 %. Een overmaat aan vocht in een poreus of vezelhoudend element kan daarnaast ook aanzienlijke zwellingen veroorzaken. Dit kan leiden tot mechanische verzwakkingen die bijvoorbeeld aanleiding kunnen geven tot doorponning ter hoogte van de bevestigingen van de platen (*).

Vocht zorgt ten slotte voor een extra belasting op gelijmde elementen (bv. ter hoogte van de verbindingen en in gelijmd-gelamelleerd hout). Het is dan ook belangrijk dat men bij de keuze van de verlijmingstypes rekening houdt met de verwachte blootstelling van het element. Men kan indien nodig opteren voor een hogere lijmqualiteit (WBP: weather & boil proof).

Men kan constructies met goede langetermijnprestaties realiseren door rekening te houden met enkele ontwerp- en uitvoeringsprincipes voor houtbouw die hierna aan bod komen.

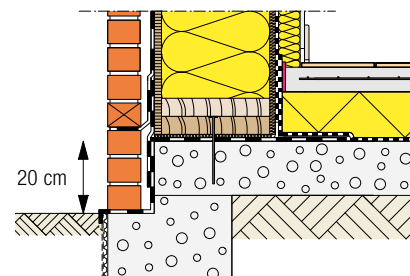
1 Muurvoeten beschermen tegen opstijgend vocht

Men dient een capillair membraan aan te brengen tussen de houten delen en de andere elementen van de ruwbouw (bv. tussen een funderingsplaat uit gewapend beton en de houten onderregel). De continuïteit van dit membraan (dat meestal uit meerdere delen bestaat) moet verzekerd worden door middel van een 10 cm brede lijmverbinding of een overlapping van 20 cm. Men dient bijzondere aandacht te besteden aan deze overlappingen in de hoeken, onder de dekvloeren, aan de muurvoeten, aan de aansluitingen met de deuren, enz. Dit membraan is doorgaans een bitumineus membraan van 2 tot 3 mm dik, een polyethyleen- of polypropyleenfolie of elastomeerfolie van het type EPDM. Men kan ook andere materialen gebruiken voor zover deze voldoen aan de waterdichtheidsseisen (minstens 10 kPa volgens de norm NBN EN 1928), de duurzaamheid (volgens de normen NBN EN 1296 en 1928) en de scheursterkte (volgens de norm NBN EN 12310-1).

Men dient een veiligheidshoogte van minstens 20 cm te voorzien tussen het afgewerkte buitenvloerpeil en de onderregel (zie afbeelding 1). In bepaalde gevallen kan het niettemin raadzaam zijn om deze hoogte aanzienlijk uit te breiden (bv. in overstroomingsgebieden). Het is in ieder geval streng verboden om houten wanden uit te voeren onder het afgewerkte buitenvloerpeil.

2 Voldoende bescherming bieden tegen weersinvloeden

De geveldichting wordt verzekerd door middel van een systeem met gedraineerde spouw (bv. een bakstenen buitengevel, een houten gevelbekleding, ...) of door een dichtings-scherm aan te brengen langs de buitenzijde (bv. bij gelijmde bekledingen zonder spouw, bepleistering op buitenisolatie, ...). Bij dit laatste systeem mag het water in geen ge-



1 | Vereiste veiligheidshoogte tussen het afgewerkte buitenvloerpeil en de onderregel

val het dichtingsscherm kunnen doordringen. Laboratumproeven moeten kunnen aantonen dat de waterdichtheid verzekerd is bij luchtdrukverschillen van minstens 600 Pa (volgens methode A uit de norm NBN EN 12865). Bij gevels die langdurig blootstaan aan slagregen (afhankelijk van de gevelhoogte en -orientatie) moet de dichtheid ook bij grotere luchtdrukverschillen verzekerd worden.

We willen erop wijzen dat het buitenste scherm (bv. het gevelmetselwerk) van een spouwstelsel nooit volledig dicht kan zijn. Het water dat door het buitenspouwblad dringt, zal afdruppelen langs de rugzijde van dit spouwblad. Men moet er bijgevolg voor zorgen dat dit water naar buiten afgevoerd wordt ter hoogte van elke spouwonderbreking (gevelvoeten, boven schrijnwerkelementen, ...). Bij houtbouw is het raadzaam om de spouw te ventileren. De verbindingen tussen de buitengevel en het houtskel moeten bovendien elke wateroverdracht naar deze laatste verhinderen. Hiertoe plaatst men de spouwaken in een (lichte) helling ten opzichte van de gevel en/of gebruikt men haken voorzien van een druiprand. Wanneer de buitengevel openingen bevat (bv. opengewerkte beplating), dient het regenscherm voldoende UV-bestendig te zijn en de nodige overlapping te vertonen (10 of 15 cm) of over een waterdichte verbinding te beschikken (bv. voldoende diepe tand en groef).

Hoewel de platen die doorgaans als regenscherm aangewend worden, bestand zijn

(*) Voor meer informatie over doorboringen kan men het WTCB-Dossier nr. 2009/3.8 'Plaatmaterialen en hun toepassingen' raadplegen dat aangeeft welk plaattype aangewezen is afhankelijk van het vochttracé.

tegen afstromend water en dankzij hun samenstelling ook een afdoende bescherming tegen vocht vertonen, bieden ze geen enkele bescherming tegen slagregen. Het is dan ook belangrijk dat de buitengevel en/of het bijkomende waterdichtingsscherm zo snel mogelijk geplaatst worden. Het is eveneens raadzaam om eventuele vochtgevoelige isolatiematerialen pas aan te brengen na de plaatsing van de buitengevel.

3 Interne condensatie in de wand vermijden

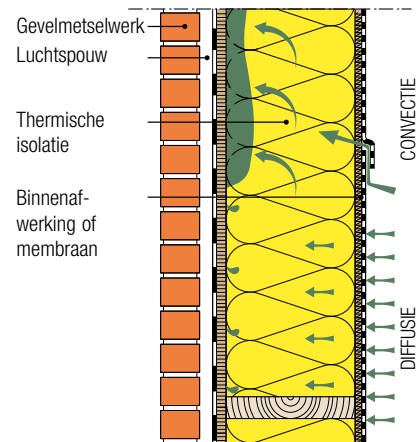
Een woningbezetting van vier personen is goed voor een waterdampproductie van 5 tot

15 kg vocht per dag. Bij woonruimten zal de dampoverdracht in koude periodes van binnen naar buiten plaatsvinden. Deze overdracht gaat gepaard met een intern-condensatierisico in de wand (zie afbeelding 2). Om dit risico te beperken, kan men een aantal maatregelen treffen die hierna besproken worden.

3.1 Damptransport door convectie vermijden

De schade die voortkomt uit het damptransport door convectie is doorgaans aanzienlijk groter dan bij het damptransport door diffusie. De luchtdichtheid van de wand is met andere woorden primordiaal.

2 | Risico op condensatie in een houtskeletwand bij een gebrekkige luchtdichtheid



WATERDAMPDOORLATENDHEID

A | Voorbeelden van grootteorden voor μ en μ_d van enkele frequent aangewende materialen

Materiaal	Dikte	μ	μ_d of S_d
Lucht (referentie)	1 m	1	1 m
Gipsplaat	13 mm	4 tot 10	0,05 tot 0,13 m
OSB	1,2 cm	30 tot 170	0,4 tot 2 m
Multiplex	–	50 tot 250	–
Glaswol	40 cm	1	0,4 m
Houtvezelplaat	1,2 cm	5 tot 10	0,06 tot 0,12 m
Cellulose (bulk)	20 cm	2	0,4 m
Baksteen	20 cm	10 tot 16	2 tot 3,2 m
Polyethyleen	0,15 mm 0,15 mm	100.000	15 m
Scherm met variabele dampdoorlatendheid	0,2 mm	–	0,25 tot 10 m
Bitumen	4 mm	50.000	200 m

Men kan de waterdampdiffusie van materialen karakteriseren met twee grootheden:

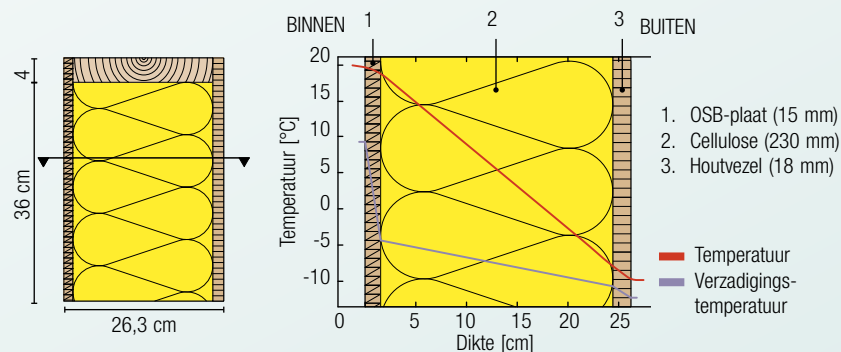
- de μ -waarde die aangeeft in welke mate het materiaal weerstand biedt tegen waterdampdiffusie. Dit is een grootheid zonder eenheid die eigen is aan het materiaal. Platen op houtbasis hebben doorgaans een μ -waarde tussen 30 en 250 terwijl polyethyleenschermen (kunststoffolie die dienst doet als dampscherm) een μ -waarde van 100.000 hebben
- de μ_d - of S_d -waarden die de weerstand van een bepaalde laag tegen waterdampdiffusie kwantificeren. Deze waarden houden niet alleen rekening met het materiaal, maar ook met de laagdikte. Zo zal een polyethyleenfolie van 0,1 mm dik bijvoorbeeld een dampdiffusieweerstand van 10 m ($100.000 \times 0,0001 \text{ m} = 10 \text{ m}$) hebben terwijl een houtplaat van 18 mm dik een μ_d - of S_d -waarde tussen 0,9 en 3,6 zal hebben. Hoe hoger de waarden voor μ_d en S_d zijn, hoe hoger de waterdampdoordringbaarheid is. De aanwezigheid van discontinuïteiten (bv. niet vastgelijmde verbindingen) zal de reële μ_d - of S_d -waarde echter sterk beïnvloeden. Tabel A geeft de grootteorden voor de μ - en μ_d -waarden weer van frequent aangewende materialen.

Sommige materialen vertonen sterk uiteenlopende waterdampremmendheidsprestaties. Deze variaties hangen niet alleen af van het product maar ook van de relatieve vochtigheid van de lucht waarin het bewaard wordt. Om het hygrothermische gedrag van een wand te controleren of een goede materiaalkeuze te maken in het algemeen, is het raadzaam om een veiligheidsmarge te hanteren voor μ_d en S_d of gecertificeerde waarden op te vragen bij de materiaalleverancier. Men moet er in de eerste plaats voor zorgen dat de waterdampdoorlatendheid van de samenstellende delen van de wand in stijgende lijn gaat van binnen naar buiten. Daarnaast geeft een vuistregel aan dat de verhouding tussen de waterdampdiffusieweerstand van de lagen aan de warme zijde van het isolatiemateriaal en deze aan de koude zijde, best minstens 6 en liefst 15 bedraagt. Zo mag men bijvoorbeeld enkel een OSB-plaat van 15 mm dik aanbrengen aan de buitenzijde (koude zijde van het isolatiemateriaal) indien men een dampscherm plaatst met een μ_d - of S_d -waarde hoger dan 13,2 of zelfs 33 m. Dit zal echter moeilijk te realiseren vallen met de gebruikelijke dampschermen voor houtskeletbouw.

Afbeelding 3 op de volgende pagina geeft een voorbeeld van een wandsamenstelling waarbij de stijgende waterdampdoorlatendheid van binnen naar buiten gerespecteerd werd, evenals de aangeraden verhouding (6 tot 15).

Indien de vermelde criteria niet gerespecteerd worden, dient men een volledige hygrothermische studie uit te voeren die rekening houdt met de exacte samenstelling van de wand, de hygrothermische eigenschappen van de materialen, het binnen- en buitenklimaat, ...

3 | Voorbeeld van een wandsamenstelling waarbij de stijgende waterdampdoorlatendheid van binnen naar buiten gerespecteerd werd, evenals de aangeraden verhouding tussen 6 en 15



Een dergelijke studie is ook noodzakelijk wanneer een bepleistering op isolatie gecombineerd wordt met houtskeletbouw. Er bestaat voorsnog geen Belgische technische goedkeuring voor ETICS op houtskeletbouw. Deze technieken vereisen verdere onderzoeken, een goede opvolging van de uitvoering en een dergelijke materiaalcontrole.

Ten slotte vereist ook de opbouw van een compactdak een doorgedreven hygrothermische studie en strikte uitvoeringsvoorwaarden (zie [WTCB-Dossier nr. 2012/2.6](#)).

3.2 Damptransport door diffusie vermijden

Men moet een dampscherm aanbrengen langs de binnenzijde van de wand (i.e. aan de warme zijde van het isolatiemateriaal). Idealiter zorgt men ervoor dat de waterdampdoorlatendheid van de verschillende samenstellende lagen van de wand stelselmatig oploopt van binnen naar buiten. Hierdoor kan de waterdamp die door een laag gedrongen is, haar migratie naar buiten verderzetten met slechts een beperkt risico op interne condensatie.

3.3 Een zo gunstig mogelijk binnenklimaat creëren

Het binnenklimaat is bepalend voor de dampdruk op de wand. Bij residentiële gebouwen is het raadzaam om een binnenklimaatklasse 1 of 2 aan te houden (temperatuur rond 20 °C en een relatieve vochtigheidsgraad tussen 30 en 60 %). Deze klimaattypen zijn eenvoudig te realiseren indien de ruimten voldoende verwarmd en permanent geventileerd worden.

3.4 Het initiële vochtgehalte van de houtconstructie zoveel mogelijk beperken

Men kan dit vochtgehalte beperken door de bouwfasen zodanig op elkaar af te stemmen dat het houten skelet geen kans krijgt om vochtig te worden door de weersomstandigheden. Prefabricatie kan op dit vlak een goede oplossing vormen. Men moet er ook op toezien dat de gebruikte materialen een min of meer evenwichtige vochtigheidsgraad hebben om enerzijds te vermijden dat de wanden reeds tijdens de bouwphase bevochtigd zouden worden en anderzijds dimensionale-instabiliteitsproblemen te vermijden (zwellen, krimpen, vervorming, ...) (bv. voor parket $H_{\text{hout}} : 10 \pm 2 \%$, voor gevelbekledingen $H_{\text{hout}} : 17 \pm 1 \%$, voor ramen: $H_{\text{hout}} : 15 \pm 3 \%$ en voor het skelet $H_{\text{hout}} < 18 \%$).

Om de vochtigheidsgraad van de producten te kunnen beheersen, zijn een strikte organisatie (opslag, transport, ...) en productcontrole vóór de plaatsing onontbeerlijk.

4 De duurzaamheid van de elementen tegen schimmels en insecten verzekeren

We maken een onderscheid tussen de duurzaamheid van hout tegen schimmels en de duurzaamheid tegen insecten.

Het risico op aantasting door insecten is niet alleen afhankelijk van de houtsoort, maar ook van de geografische zone waarin het hout zal toegepast worden. Aangezien dit risico in onze regio's reëel is, dient men ofwel een houtsoort met een voldoende weerstand toe te passen, ofwel het hout te voorzien van een verduurzamingsbehandeling. Aangezien de naaldbhoutsoorten die doorgaans gebruikt worden voor houtbouw niet over de nodige natuurlijke weerstand beschikken, moeten ze steeds een verduurzamingsbehandeling krijgen volgens de STS 04.3 (behandeling van type A1).

Om de duurzaamheid van het hout (of het materiaal op basis van hout) tegen schimmelaantastingen te evalueren, moet men het vochtgehalte ervan bekijken (evenals de drogings- en onderhoudseigenschappen, ...). Dit gehalte is afhankelijk van de omgeving waarin het hout bewaard zal worden. De norm NBN EN 460 definieert vijf gebruiksklassen waarvan de vijfde de minst goede klasse is (zie tabel C).

Afbeelding 4 geeft de gebruiksklassen weer die het meest gebruikt worden voor residentiële gebouwen.

Aan de hand van deze gebruiksklassen kan men de houtsoorten met de juiste weerstandsklasse tegen schimmels selecteren of kan men andere houtsoorten voorzien van een behandeling. Tabel D geeft weer hoe men de keuze van de natuurlijke duurzaam-

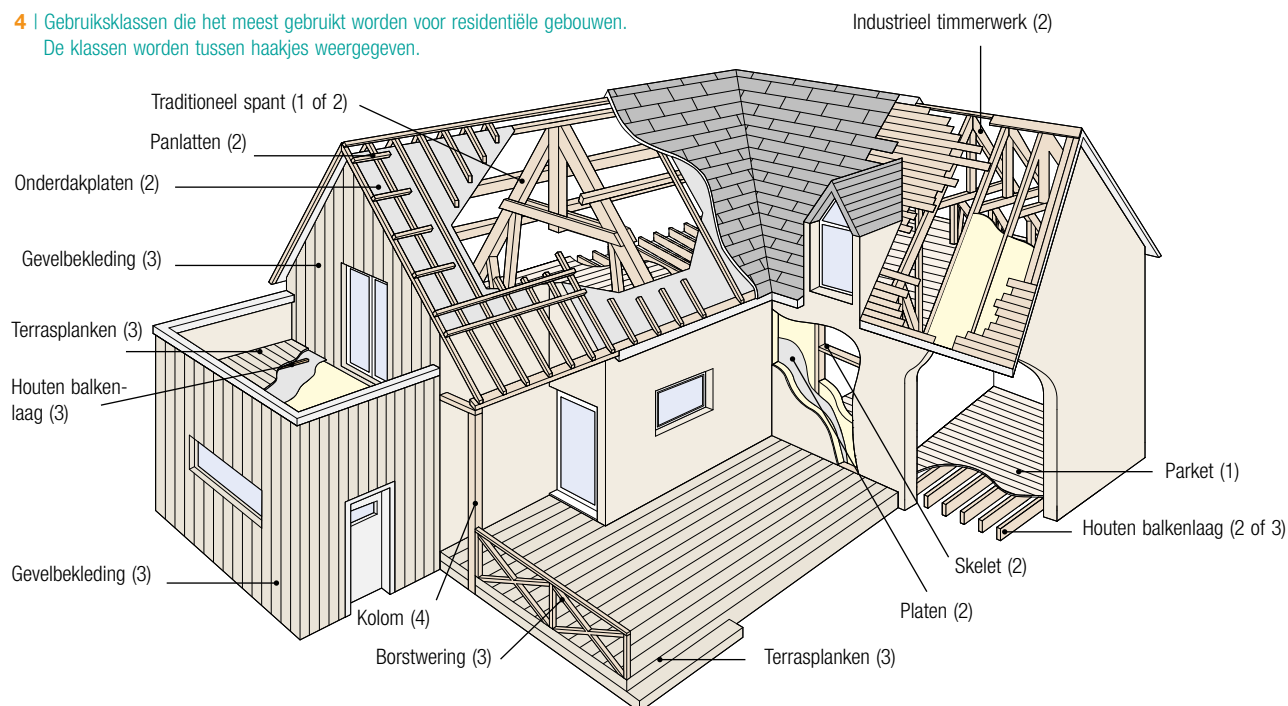
C | Gebruiksklassen voor hout afhankelijk van de duurzaamheid tegen biologische risico's

Gebruiksklasse	Situatie	Biologische risico's	
		Insecten	Schimmels
1	Binnen ($H_{\text{hout}} < 20 \%$) (*)	Ja	Nee
2	Niet blootgesteld (soms $H_{\text{hout}} > 20 \%$) (*)	Ja	Zwak
3	Blootgesteld aan weersomstandigheden (vaak $H_{\text{hout}} > 20 \%$) (*)	Ja	Ja
4	Contact met zoet water	Ja	Ja
5	Contact met zout water	Ja	Ja

(*) Het vochtgehalte van het hout (H_{hout}) wordt bepaald met de formule $\left(\frac{\text{vochtige massa} - \text{droge massa}}{\text{droge massa}} \right) \times 100$

4 | Gebruiksklassen die het meest gebruikt worden voor residentiële gebouwen.

De klassen worden tussen haakjes weergegeven.



heidsklasse kan afstemmen op de gebruiksklasse (volgens de norm NBN EN 460). De natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout is bepalend voor zijn weerstand tegen schimmelaantastingen. Deze klasse is voor elke houtsoort verschillend en kan onderverdeeld worden in vijf categorieën waarvan de eerste de gunstigste is (zie tabel E).

De stijlen en dwarsregels van een houtskelet moeten bijvoorbeeld vervaardigd worden uit hout met een natuurlijke duurzaamheidsklasse van minstens 3. De onderregel moet op zijn beurt een duurzaamheidsklasse van minstens 1 of 2 hebben.

De meeste houtsoorten die bij houtbouw gebruikt worden, zijn naaldhoutsoorten (bv. vuren) die een natuurlijke duurzaamheidsklasse van 4 of 5 hebben. Deze moeten bijgevolg steeds een schimmelwerende behandeling krijgen van type A2 (zie STS 04.3) of, beter nog, van type A3. Men moet er bijgevolg rekening mee houden dat het naaldhout dat doorgaans gebruikt wordt voor houtbouw steeds een verduurzamingsbehandeling moet krijgen. Deze moet minstens een bescherming tegen insecten omvatten (gebruik langs de binnenzijde van verwarmde ruimten). In de meeste gevallen zal echter ook een schimmelwerende behandeling noodzakelijk zijn. Zonder verduurzamingsbehandeling is dit hout vatbaar voor allerhande aantastingen.

D | Duurzaamheidsklasse van hout afhankelijk van de gebruiksklasse

Gebruiksklasse	Duurzaamheidsklasse van hout (weerstand tegen schimmelaantasting)				
	1	2	3	4	5
1					
2				Volgens houtsoort	Volgens houtsoort
3			Volgens houtsoort		
4		Volgens houtsoort			
5					
Behandeling niet noodzakelijk					
Behandeling aangeraden					
Behandeling noodzakelijk					

E | Houtsoorten gerangschikt volgens hun duurzaamheidsklasse

Duurzaamheidsklasse	Houtsoort (kernhout)	
1	Afzelia doussié, bilinga, padoek	Afromosia, azobé, merbau Eiken, framiré, sipo Curupixa, grenen
2	Jatoba, wengé, WRC	
3	Lorken, douglas, movingui, sapelli	
4	Vuren, dennen	
5	Populieren, beuken	

Ook natuurlijke isolatiematerialen moeten een bescherming krijgen tegen schimmels, insecten en bacteriële groei. Isolatiematerialen op basis van cellulose kunnen deze duurzaamheid verkrijgen na een behandeling met boorzouten (mag eventueel vervangen worden door andere producten voor zover deze de vereiste prestaties vertonen en voldoen aan de eisen uit de REACH-reglementering voor chemische producten die men kan raadplegen op http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_en.htm).

Akoestische isolatie in houtskeletbouw

Het is relatief eenvoudig om met houtskeletbouw te voldoen aan de Belgische bouwakoestische norm NBN S 01-400-1 voor woongebouwen. Dit wil echter niet zeggen dat men met deze constructiemethode meteen een even degelijke akoestische bescherming en een even hoog akoestisch comfort zal kunnen behalen als met zware constructies. Om deze doelstelling te verwezenlijken, zullen akoestisch doordachte constructies zich opdringen. Bij boven elkaar gelegen appartementen zal het zelfs met dergelijke relatief complexe oplossingen niet altijd eenvoudig zijn om een goed akoestisch comfort te creëren.

1 Voldoende geluidisolatie in de lage frequenties

Bewoners van houtskeletbouwconstructies die niet optimaal ontworpen werden, klagen vaak dat ze hinderlijke dreungeluiden (loopgeluid), laagfrequente 'beats' (muziek) en ander lawaai (muziek en tv) horen van bij de burens. De hinder blijkt zich vooral voor te doen bij de laagste frequentiebanden (< 100 Hz) die in de huidige bouwakoestische normen (ook de Belgische) buiten beschouwing gelaten worden. Voor zware constructies vormen deze zeer lage frequenties immers geen probleem.

Om een goede geluidisolatie te garanderen bij hogere frequenties, past men vaak de 'akoestische dubbele-wandtechnologie' toe. Deze techniek gaat echter gepaard met een sterke afname van de geluidisolatie door de massa-veer-massaresonantie. De frequentie waar rond dit verschijnsel optreedt, heet de massa-veer-massaresonantiefrequentie (verder kortweg resonantiefrequentie genoemd). Bij een goed ontworpen houtskeletbouwconstructie zorgt men ervoor dat deze resonantiefrequentie zo laag mogelijk ligt in een frequentiegebied waar het geluid nog nauwelijks waarneembaar zal zijn voor het menselijke gehoor (< 50 Hz). In vergelijking met middenfrequent geluid moet het geluidssignaal in het laagfrequente gebied immers aanzienlijk krachtiger zijn om waarneembaar te zijn voor het menselijke gehoor. Eenmaal deze signalen de gehoordrempel overschrijden, worden kleine geluidsstrekte stijgingen in laagfrequent geluid echter als veel luider en hinderlijker ervaren.

Er zullen in de toekomst nieuwe eengetalsaanduidingen van kracht worden die de glo-

bale geluidisolatie (normaal weergegeven door een geluidsisolatiespectrum) in kaart brengen, rekening houdend met de lage frequenties. Dit wil zeggen dat de Belgische prestatie-eisen uit de normen een belangrijke wijziging zullen ondergaan. In afwachting van deze eengetalsaanduidingen geven we hieronder een aantal maatregelen weer die men kan treffen om het akoestische comfort van verticale scheidingswanden uit houtskeletbouw gevoelig te verbeteren bij lage frequenties.

2 Geluidisolatie tussen rijwoningen

2.1 Akoestische en brandwerende criteria voor gemene muren tussen rijwoningen

In afbeelding 1 worden twee structuren met elkaar vergeleken. De structuur in afbeelding 1a scoort daarbij aanzienlijk zwakker (17 dB!) dan de structuur in afbeelding 1b en dit in het bijzonder voor de lage frequenties (bv. geluid veroorzaakt door muziekbeats). Dit is vooral te wijten aan de opeenvolgende kleine spouwbreedtes tussen de platen van de deelwanden en de hiermee gepaard gaande spouwresonanties in het gebied tussen 50 en 200 Hz (zie afbeelding 3).

Om de massa-veer-massaresonanties te doen dalen tot onder de 50 Hz, is een brede centrale spouw nodig en moeten de platen van de spouwzijde naar de binnenzijde verplaatst worden (zie afbeelding 1b).

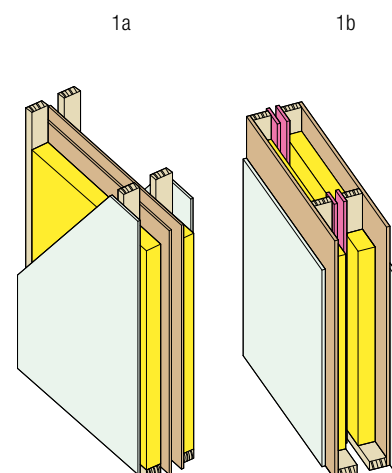
Met de wand 1b kan men een zeer hoge geluidisolatie bekomen die nagenoeg overeenstemt met deze van een 30 cm dikke

gegoten betonwand. Deze verbeterde houtskeletwand werd nochtans opgebouwd uit evenveel en identiek dezelfde materialen als wand 1a.

De gemene muur tussen twee individuele woningen moet daarnaast ook voldoen aan een aantal brandeisen om de verspreiding van de brand in het gebouw te verhinderen (zie afbeelding 2, p. 17). Zo moet hij – ook bij het bezwijken van de aan de brand blootgestelde constructie – een brandweerstand REI 60 vertonen (*).

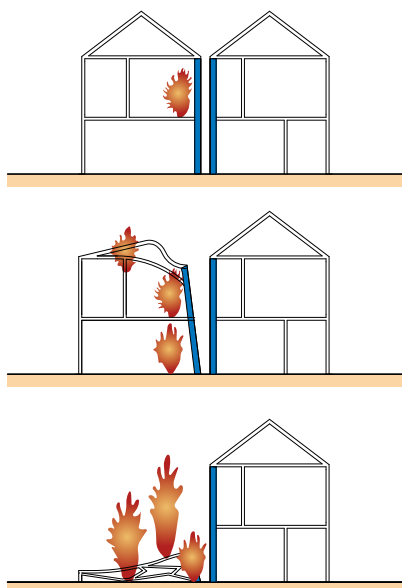
Elk deel van de gemene muur moet met andere woorden een brandweerstand REI 60 vertonen tegen een brand in een naburige woning. Indien er zich geen platen bevinden aan weerszijden van de spouw, zijn de wandstijlen onbeschermd en zullen ze snel-

1 | Traditionele houtskeletwand (1a) en mogelijke oplossing om de geluidisolatie van de gemene muur te verbeteren (1b)



(*) Suggestie van de Hoge Raad voor beveiliging tegen brand en ontploffing 'CS/1352/10/04 – Eengezinswoning', mei 2010.

2 | Opeenvolgende bezijking van een eengezinswoning die opgebouwd is uit structurele elementen met een verschillende brandweerstand

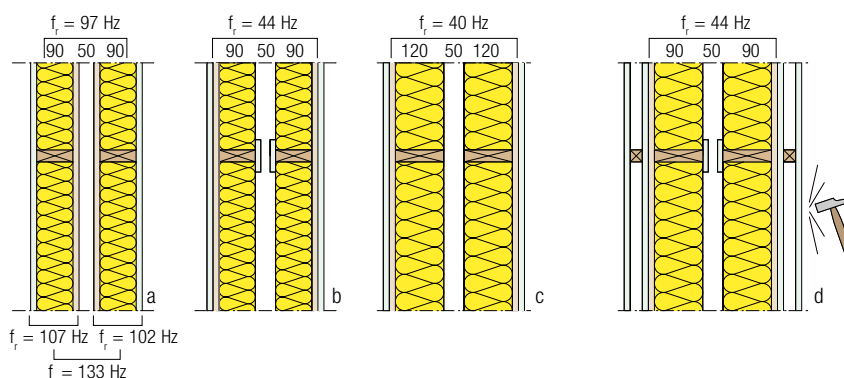


ler carboniseren (zie p. 19-21). Hierdoor kan de wand zijn draagvermogen sneller verliezen bij brand.

Een manier om de akoestische criteria te verenigen met de brandweerstandseisen kan eruit bestaan om de platen die zich aan weerszijden van de spouw bevinden, te verplaatsen naar de binnenzijde van de woning (zie afbeeldingen 3b en 3c) en de ruimten tussen de stijlen van elke wand op te vullen met rotswol om te vermijden dat de stijlen zouden carboniseren (rotswol heeft een smelttemperatuur van zo'n 1100 °C). Daarnaast dient men ook een van de volgende maatregelen te treffen:

- de stijlen voorzien van beschermingsplaten (bv. vezelcementplaten) die de carbonisatie van de stijlen via hun aan de spouwzijde blootgestelde zijde vertragen (en tegelijkertijd de rotswol op zijn plaats houden) (zie afbeelding 3b)
- de houten stijlen overdimensioneren. Op die manier zullen de stijlen na de carbonisatie van hun zichtbare zijde na 60 minuten brand nog een voldoende doorsnede behouden (zie afbeelding 3c). Brandweerstandspoeven hebben aangetoond dat een wand die opgebouwd is uit 600 mm van elkaar geplaatste stijlen met een doorsnede van 120 x 45, aan de REI 60-eis voldoet onder bepaalde omstandigheden (aangebrachte belasting, spouwvulling met rotswol, gebruik van

3 | Resonantiefrequentie en opbouw van een aantal gemene muren uit houtskeletbouw

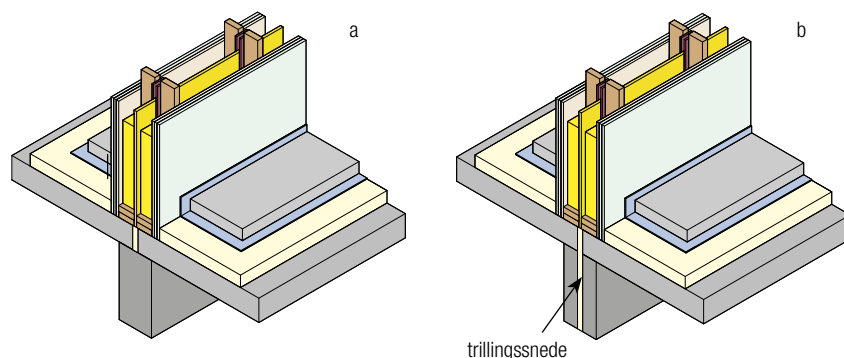


gipsplaten van het juiste type en met de juiste dikte, ...).

2.2 Het vermijden van impactgeluiden op de gemene muur

Hoewel het gebruik van een technische voorzetwand (zie afbeelding 3d) – omwille van de brede centrale spouw – geen noemenswaardige invloed zal uitoefenen op de ervaren geluidisolatie, zal hij daarentegen wel een bijkomende bescherming bieden tegen het impactgeluid op de gemene muur.

Bij het dichtslaan van de deuren van kasten die tegen de wand opgehangen zijn of staan, zal een deelwand van de gemene muur beginnen te trillen en zal ze geen geluidsisolerend effect meer hebben maar als lawaai-bron functioneren. Zonder toepassing van een technische voorzetwand zal de andere deelwand dit lawaai enkel kunnen isoleren met zijn eigen massa (die eerder gering is) en met de poreuze-isolatievulling in de spouw (ook geen grote winst). Een technische voorzetwand zou in dit geval dan ook een goede oplossing kunnen vormen.



4 | Verbindingen tussen de gemene muur, de vloer van de gelijkvloerse verdieping en de funderingen

Om het impactgeluid te beperken, bevestigt men wastafels, douches en andere installaties beter niet aan de gemene muur en brengt men er beter ook geen leidingen in aan. Ook trappen mogen nooit bevestigd worden aan of tegen de gemene muur. Als alternatief kan men de trap trillingsontkoppeld bevestigen aan de verdiepingsvloer of, beter nog, een zelfdragende trap voorzien die volledig losstaat van de gemene muur.

2.3 Het voorzien van een trillingssnede ter hoogte van de gemene muur en van de zwevende vloeren op het gelijkvloers

Om de verbinding tussen een (betonnen) fundering en een (houten) gemene muur akoestisch te optimaliseren, brengt men ter hoogte van de spouw een trillingssnede aan in de betonplaat (zie afbeelding 4b). Daarnaast voorziet men een zwevende vloer op elke verdieping om iedere vorm van contactgeluidstransmissie te vermijden. Het gebruik van een eenvoudige 5 mm dikke trillingsdempende tussenlaag kan hierbij al volstaan.

2.4 Verzorgde uitvoering van geveldetails, dakaansluitingen en aansluitingen met de gemene muur

Geluid dringt niet enkel doorheen de gemene muur van de ene buur naar de andere door, maar kan ook als omloopgeluid via de gevelconstructie of het dak het naburige gebouw binnendringen. Omloopgeluid wordt erg belangrijk wanneer harde geslotencellige thermische isolatie gebruikt wordt. Dit type thermische isolatie heeft immers geen akoestisch absorberende eigenschappen, waardoor het geluid zich vrij kan voortplanten in de spouw (zie afbeelding 5).

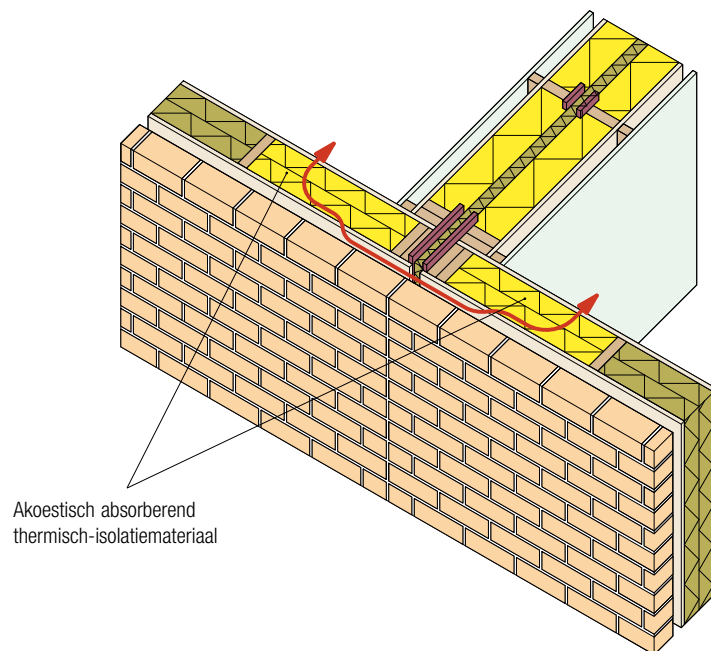
Om dit verschijnsel te vermijden, is het aanbevolen om in elk 'veld' van minstens 60 cm aan beide zijden van de gemene muur een poreuze en opencellige thermische isolatie te plaatsen met akoestisch absorberende eigenschappen (zie afbeelding 5). Om thermische redenen kan het interessant zijn om

de ruimte tussen de wanden van de gemene muur op te vullen met een samendrukbare isolatieplaat die de bewegingen van buitenlucht in de spouw beperkt. Deze plaat kan ook bijdragen tot de brandveiligheid van de wand. In dit geval kiest men uiteraard voor een onbrandbaar isolatiemateriaal.

De dakaansluitingsdetails voor houtskelbouw kunnen op dezelfde manier uitgevoerd worden als de details voor ankerloze spouwmuren. Omloopgeluid kan zich ten slotte ook voortplanten via niet-akoestisch gedempte ventilatieroosters. Het verdient dan ook aanbeveling om ook in rijwoningen, zelfs indien deze zich in een rustige omgeving bevinden, correct akoestisch dempende roosters toe te passen.

3 Problematiek bij appartementsgebouwen

Een aantal recent opgerichte Europese con-



5 | Om omloopgeluid via de gevel te vermijden, dient men in elk veld van minstens 60 cm aan elke kant van de gemene muur een poreuze en opencellige thermische isolatie aan te brengen die beschikt over akoestisch absorberende eigenschappen.

E-BOEK

Voor meer informatie over akoestiek en houtskelbouw kan men terecht in hoofdstuk 4 van het e-boek 'Net-Acoustics for Timber based lightweight buildings and elements' dat u kan downloaden op: http://extranet.cstb.fr/sites/cost/ebook/EBOOK_%20Chapter%204.pdf

structies tonen aan dat men met houtskelbouw evenwaardige akoestische prestaties kan behalen als met constructies uit zwaar metselwerk. De geluidsisolatie in horizontale richting werd in deze gebouwen uitstekend gerealiseerd met gemene muren (zoals hierboven beschreven voor rijwoningen).

We bespreken in dit artikel de akoestische problematiek van appartementsbouw met houtskel niet in detail, maar beperken ons tot de grote lijnen. De grote moeilijkheid zit vooral in de uitvoering van de contactgeluidsisolatie in verticale richting. Het blijkt immers bijzonder moeilijk om met houtachtige vloeren een afdoende contactgeluidsisolatie te realiseren en een gelijkwaardige akoestische bescherming te behalen als bij traditionele zware vloeren. Daarenboven blijkt er ook iets mis te zijn met de eengegelsaanduidingen die dit comfort moeten evalueren. Men moet immers een aanzienlijk hogere waarde hanteren voor houtachtige vloeren dan voor zware constructies opdat de bewoner een evenwaardig comfort zou ervaren. Dit zou onder meer te wijten zijn aan het meer diffuus afgestraalde loopgeluid bij zware constructies, in tegenstelling tot het plaatselijk afgestraalde geluid bij houten vloeren (men kan horen welk traject de persoon aflegt op de houten vloer).

Binnen het onderzoekproject DO-IT Houtbouw (zie p. 31) wordt verder gezocht naar een economische en technische optimalisatie van appartementsconstructies.

Houten nieuwbouwconstructies waren in ons land tot voor kort hoofdzakelijk voorbehouden voor eengezinswoningen en, meer bepaald, open bebouwingen (vrijstaande eengezinswoningen). De brandveiligheid vormde sinds jaar en dag een uitgelezen argument tegen de oprichting van houten rijwoningen en/of gebouwen met meerdere verdiepingen. Dit artikel geeft een overzicht van de in ons land geldende brandweerstandseisen en geeft een aantal aanbevelingen voor het ontwerp en de uitvoering van houtskeletconstructies die voldoen aan de eisen voor multiresidentiële-, kantoor- en schoolgebouwen, ...

Brandveiligheid bij houtbouw

1 Basisprincipes

De brandreactie van een bouwproduct is het geheel van eigenschappen van dit product die het ontstaan en de ontwikkeling van een brand kunnen beïnvloeden. Het brandreactieclassificatiesysteem voor bouwproducten wordt beschreven in de norm NBN EN 13501-1. Hierin worden zeven hoofdklassen gedefinieerd (A1, A2, B, C, D, E en F) en worden twee bijkomende aanduidingen voorzien voor de rookontwikkeling (s1, s2 en s3) en de vorming van brandende druppels en deeltjes (do, d1 en d2).

Tot de klassen A1 en A2 behoren de onbrandbare producten (bv. beton, staal, ...), terwijl de klasse F van toepassing is voor niet-beproefde producten of producten die faalden bij de minst strenge proef voor klasse E. Deze Europese classificatie vervangt de Belgische classificatie (Ao, A1, A2, A3 en A4).

Hout is van nature een brandbaar materiaal

door zijn opbouw (hoofdzakelijk koolstof). Zonder brandvertragende behandeling wordt hout doorgaans geklasseerd in klasse D onder specifieke voorwaarden.

De brandweerstand kan omschreven worden als het vermogen van een bouwelement om gedurende een bepaalde tijdsduur zijn dragende en/of scheidende functie te blijven vervullen. Het brandweerstandsclassificatiesysteem voor bouwelementen staat beschreven in de norm NBN EN 13501-2, waarin de brandweerstand uitgedrukt wordt in minuten, voorafgegaan door een of meerdere letters die betrekking hebben op de hoofdcriteria (zie tabel). We onderscheiden onder meer de criteria stabiliteit bij brand (R), vlamdichtheid (E) en thermische isolatie (I).

In tegenstelling tot de heersende opvatting is hout, naast een brandbaar materiaal, ook een materiaal met een goede brandweerstand. De relatief trage en constante carbonisatie van hout vormt immers een soort bescherm laag voor de resterende doorsnede

die hierdoor haar mechanische eigenschappen kan behouden.

2 Regelgeving en brandweerstandseisen voor bouwelementen

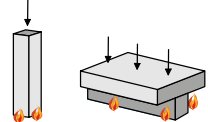
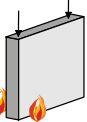
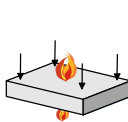
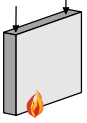
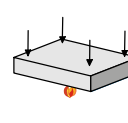
Het Koninklijk Besluit van 7 juli 1994 en haar wijzigingen (*) leggen de brandveiligheidseisen vast waaraan nieuwe gebouwen moeten voldoen. Bij dit KB horen zeven bijlagen, waaronder bijlage 2 voor lage gebouwen ($h < 10$ m), bijlage 3 voor middelhoge gebouwen ($10 \text{ m} \leq h \leq 25$ m), bijlage 4 voor hoge gebouwen ($h > 25$ m) en bijlage 6 specifiek voor industriële gebouwen.

De recente herziening van het Koninklijk Besluit (in voege sinds 1 december 2012) bracht enkele belangrijke aanpassingen aan in de Belgische reglementering. De brandweerstandseisen worden voortaan uitgedrukt volgens de Europese klassen. De oude Belgische classificatie (Rf) is niet langer van toepassing (na een overgangperiode van 4 jaar zal de Belgische classificatie overbodig worden).

In België variëren de opgelegde brandweerstandseisen voor structurele elementen en compartimenteringswanden doorgaans van 30 tot 120 minuten. In de meeste praktijk-situaties in houten gebouwen van meerdere verdiepingen (tot middelhoge gebouwen) zal een brandweerstand van 60 minuten (R 60 of REI 60) volstaan voor de houten bouwelementen.

Daarnaast kunnen de Gewesten, de Gemeenschappen en de Federale Overheidsdiensten (FOD) bijkomende teksten uitvaardigen die dit KB basisnormen aanvullen en dit om rekening te houden met het specifieke karakter van bepaalde gebouwen. Voor de voorschriften uit het KB van 7 juli 1994, de regelgeving en de geldende teksten, verwijzen we naar de website van de Normen-Antenne

Classificatie van de brandweerstand afhankelijk van het type bouwelement

Functie	Kolommen en balken	Verticale wanden	Vloeren
Niet-scheidend dragend element: criterium R			
Scheidend niet-dragend element: criterium EI			
Scheidend en dragend element: criterium REI			

(*) De Koninklijke Besluiten van 19/12/1997, 04/04/2003, 13/06/2007, 01/03/2009 en 12/07/2012.

Brandpreventie van het WTCB (www.normen.be/brand).

3 Ontwerp en uitvoering van brandwerende houten bouwelementen

3.1 Brandweerstand van houten vloeren en wanden

De brandweerstandsprestaties van houten bouwelementen moet geattesteerd worden aan de hand van:

- ofwel een classificatieverslag volgens de norm NBN EN 13501-2 na een of meerdere laboratoriumproeven
- ofwel een berekening volgens de Eurocodes en meer bepaald volgens de norm NBN EN 1995-1-2 ANB voor houtconstructies.

Om een brandweerstand REI 60 te behalen, maakt men gebruik van beschermingsplaten (aantal en dikte afhankelijk van het type) die de carbonisatie van de houten stijlen of balken vertragen. Deze platen worden zodanig aan het houtskelet bevestigd dat ze gedurende de vereiste duur ter plaatse blijven. De norm NBN EN 1995-1-2 ANB geeft een aantal aanbevelingen afhankelijk van het plaattype (maximale tussenafstand van de bevestigingen, minimale indringingsdiepte, ...).

De afbeelding geeft bij wijze van voorbeeld de samenstelling weer van een houten vloer en verticale wand met brandweerstand REI 60. De toepassing van gipsplaten moet kunnen steunen op classificatierapporten van brandproeven. Andere, geoptimaliseerde samenstellingen, zijn mogelijk op voorwaarde dat ze gebaseerd zijn op berekeningen en/of proeven volgens de bovenvermelde normen. De breuktijd van de beschermingsplaten en de start van de carbonisatie van de houten stijlen of balken worden in aanmerking genomen. Tijdens de uitvoering dient men ofwel de strikte aannames die voortkomen uit de rekenmethode op te volgen, ofwel de voorwaarden uit de proeven te respecteren.

3.2 Hoe kan men de vereiste brandweerstand van de geplaatste houtelementen in situ garanderen?

De brandweerstand van vloeren en wanden vertraagt de verspreiding van een brand via de 'directe weg' (pijljes A op de afbeelding). Naast het ontwerp en de toepassing van brandwerende vloeren en wanden, dient men om de brandweerstand in situ te garanderen, ook bijzondere aandacht te schenken aan de verbinding tussen deze elementen (cirkel B), de plaatselijke verzwakkingen zoals kabeldoorvoeren, verlichtingsarmatu-

ren, ... (pijlje C) en het risico op brandverspreiding via de holten van de houtconstructie (pijlje D).

Brandweerstand van de verbindingen tussen de elementen

De verbinding tussen brandwerende elementen moet over een even lange brandweerstandsduur beschikken dan deze die vereist is voor de afzonderlijke elementen. De intrinsieke weerstand van verschillende soorten zichtbare houtverbindingen is doorgaans beperkt tot 15 of 20 minuten of iets langer zonder evenwel 30 minuten te overschrijden.

De verbinding zelf staat meestal niet rechtstreeks bloot aan een brand aangezien ze voorzien is van beschermingsplaten om het brandweerstandsniveau van de wanden en vloeren te verzekeren. Men dient hierbij de volgende regel uit de norm NBN EN 1995-1-2 ANB op te volgen in het geval van beschermingsplaten zoals houten platen of gipsplaten van type A of H: de som van de helft van de intrinsieke weerstand van de verbinding (bv. 15 of 20 minuten gedeeld door 2) en van de duur tot de aanvang van de verbranding (afhankelijk van het type beschermingsplaat) moet minstens gelijk zijn



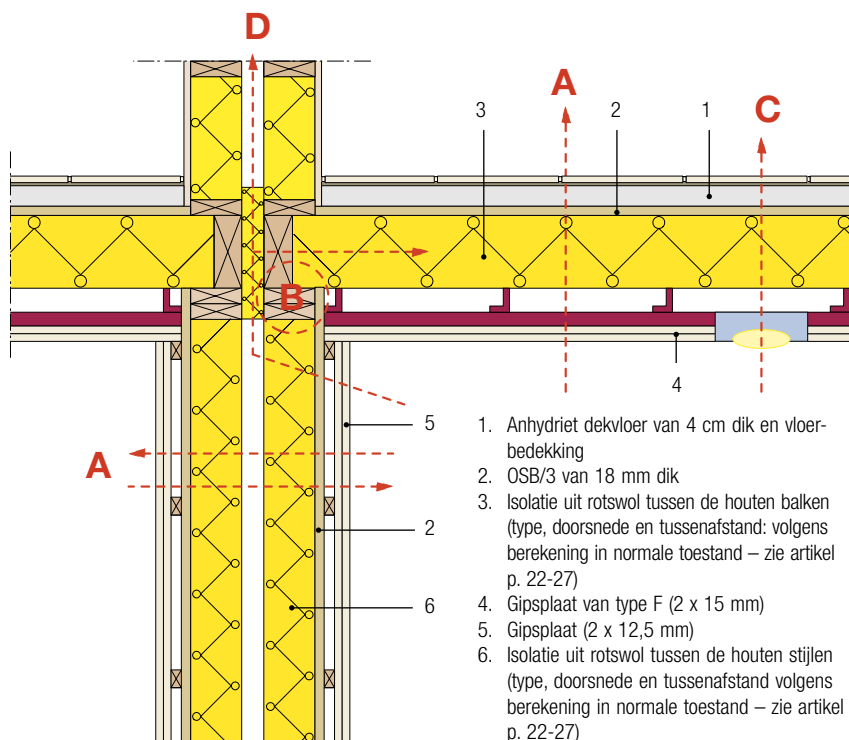
aan de vereiste brandweerstand (bv. R 60).

Voor een verbinding met een metalen voor- gevormd element (bv. balkschoen) dient men een berekening volgens de norm NBN EN 1993-1-2 ANB uit te voeren. Hierbij gaat men ervan uit dat de oppervlakken van de verbinding die in contact staan met het hout beschermd zijn (bij de berekening van de massiviteitsfactor van de metalen plaat gaat men ervan uit dat deze oppervlakken niet blootstaan aan brand).

Doorvoeringen en verzwakkingen in brandwerende wanden en vloeren

Indien een bouwelement een voldoende brandweerstand moet vertonen, geldt dit ook voor zijn verzwakkingen en doorvoeren. Men zal dan ook zoveel mogelijk vermijden om openingen te maken in brandwerende elementen (verlichtingsarmaturen, schakelaars, stopcontacten, ...). Indien doorboringen onvermijdelijk zijn, dient de uitvoering en afdichting ervan te gebeuren met de daartoe bestemde middelen en volgens de voorschriften van de fabrikanten (op basis van een proef- of classificatierapport). Hetzelfde geldt voor wand- en vloerdoorvoeren voor leidingen, elektrische kabels, kanalen, ... (zie [Infofichereeks nr. 39](#)).

Vloer en wand REI 60 en brandvoortplantingswegen (A: directe weg, B: bezwijken van de verbindingen, C: via plaatselijke verzwakkingen en D: via de holtes)



Risico op brandoverslag via de holten

Houtskeletbouw biedt een specifiek probleem: de brand- en rookoverslag via de holten in de wanden, vloeren en daken. Een gebrek aan zorg of nauwkeurigheid bij het ontwerp of bij de uitvoering kan leiden tot een zeer snelle brandverspreiding met alle dramatische gevolgen vandien.

Men moet er dus zoveel mogelijk voor zorgen dat de brand niet kan doordringen tot in de afgesloten holten. Zo dient men de beschermingsplaten, hun onderlinge verbindingen en hun verbindingen aan de uiteinden zorgvuldig uit te voeren. Eens een brand doorgedrongen is tot in een holte, moet men zijn snelle verspreiding verhinderen. Zoals de afbeelding hierboven aangeeft, dient men 'brandstoppen' te voorzien ter hoogte van de verbindingen tussen de bouwonderdelen. Deze barrières kunnen opgebouwd worden uit platen (bv. gipsplaten of calciumsilicaatplaten) of onbrandbare isolatieplaten (bv. uit rotswol). Men geeft een voorkeur aan isolatieplaten indien er akoestische eisen gesteld werden aan

de ruimte. Men dient deze barrières over een voldoende hoogte aan te brengen (bv. een hoogte van minstens 400 mm die zich minstens uitstrekt van de onderzijde van de bovenregel van de wand onder de vloer tot aan de bovenzijde van de onderregel van de wand boven de vloer, zie afbeelding hierboven) en er zeker van te zijn dat ze standhouden bij brand (door bijvoorbeeld een isolatielaag aan te brengen die dikker is dan de holte of die mechanische bevestiging is).

4 Besluit

Onze jarenlange ervaring in de bouw van houten constructies van meerdere verdiepingen in Europa en de lessen die we konden trekken uit enkele tragische branden, leren ons dat een goed ontwerp en een zorgvuldige uitvoering onontbeerlijk zijn voor de brandveiligheid in deze gebouwen. De kernwoorden hierbij zijn nauwkeurigheid, professionalisme en bijzondere aandacht voor de bouwknopen tijdens het ontwerp, de uitvoering en de opvolging op de bouwplaats.



Dit artikel bespreekt de dimensionering van de balkenvloeren en dragende muren in residentiële houtskeletgebouwen. Het reikt bovendien handige dimensioneringstabellen aan die gebaseerd zijn op de berekeningsnorm NBN EN 1995-1-1 (Eurocode 5) en zijn Belgische Nationale Bijlage (ANB). Ten slotte zullen aan het einde van dit artikel ook de technologische regels voor houtverbindingen aan bod komen.

Dimensionering en verbindingen

Dit artikel werd opgesteld in het kader van de Normen-Antenne Eurocodes die gesubsidieerd wordt door de FOD Economie.

1 Dimensionering van vloeren en wanden in houtskeletbouw

De in dit artikel opgenomen tabellen geven de maximale overspanningen van de vloeren alsook de aanbevolen doorsneden en de hart-op-hartafstanden van de stijlen van de dragende muren weer. Ze zijn zowel van toepassing op eengezinswoningen als op appartementsgebouwen tot drie verdiepingen.

In een artikel dat in 2001 verscheen in het WTCB-Tijdschrift werden reeds vergelijkbare tabellen voor vloeren voorgesteld ([Dimensioneren van houtconstructies. Deel 1: draagvloeren in woningen](#)). Naar aanleiding van de aanpassing van de berekeningsnormen leek het ons opportuun om de waarden van deze tabellen bij te werken.

1.1 Dimensioneringscriteria

De dimensionering van constructies is gebaseerd op de berekening bij de grenstoestanden en houdt rekening met alle belastingen en ontwerpsituaties. In de uiterste grenstoestanden (UGT) moet met name de sterkte van de houten constructie-elementen gecontroleerd worden. In de bruikbaarheids-grenstoestanden (BGT) moeten de vervormingen ⁽¹⁾ alsook de trillingsgevoeligheid

van vloeren gecontroleerd worden.

Aangezien de criteria bij de BGT doorgaans doorslaggevend zijn voor vloeren, zullen we ons voornamelijk hierop focussen. Men dient niettemin voor elke vloerconstructie ook de buigsterkte, de dwarskrachtweerstand en de eventuele perforatieweerstand van de houten draagbalken te controleren. Daarnaast moet ook de doorbuiging van de bekleding gecontroleerd worden. De berekeningsprincipes worden uitvoeriger beschreven in Eurocode 5.

Voor houtskeletwanden zijn over het algemeen de criteria bij de UGT bepalend, meer bepaald de druk die uitgeoefend wordt loodrecht op de vezels van de onderregel op de benedenverdieping. Men moet niettemin ook de andere breukpatronen en vervormingen controleren.

1.2 Dimensioneringstabellen voor vloeren

De tabellen werden opgesteld op basis van de volgende parameters:

- gebruikte houtsoort voor de balken: naaldhout
- sterkteklasse: C18
- gebruiksbelasting: 200 kg/m² (categorie A: woongebouw)
- vochtgehalte van het hout bij levering op de bouwplaats: ± 22 %
- klimaatklasse: 1 (geldt niet voor vloeren boven een kruipruimte of kelder)
- aantal steunpunten: (doorgaans) twee
- vloerbreedte: ± 4 m ⁽²⁾.

Er werden twee standaardvloeropbouwen onderzocht (zie afbeeldingen 1 en 2, p. 23).

De afwerking bestaat respectievelijk uit een lichte parketvloer (eigengewicht vloeropbouw 70 kg/m²) en een zware tegelvloer (eigengewicht vloeropbouw 170 kg/m²).

We hanteerden de volgende beoordelingscriteria bij de UGT en BGT:

- controle van de buigsterkte en de dwarskrachtweerstand van de draagbalken en de beplating (UGT)
- controle van de vervorming van de draagbalken naargelang de sterkte van de lichte vloerbekleding (L/350 karakteristieke combinatie, BGT) voor vloeropbouw 1
- controle van de vervorming van de draagbalken naargelang de sterkte van de zware vloerbedekking (L/500 karakteristieke combinatie, BGT) voor vloeropbouw 2
- controle van de vlakheid van de beplating voor een 'normale' uitvoering (tolerantie van 3 mm onder een lat van 1 m (zie [TV nr. 218](#)))
- controle van het trilcomfort (BGT) voor de vloeropbouwen 1 en 2.

De maximale overspanningen bij de BGT en UGT worden in tabel A vermeld voor vloeropbouw 1 (parket) en in tabel B voor vloeropbouw 2 (tegels). De kleinste overspanningen worden in het rood weergegeven voor elke hart-op-hartafstand en balkafmeting.

We merken op dat het trilcomfort doorgaans het doorslaggevende criterium is voor vloeropbouw 1 omwille van de lage oppervlaktemassa van de vloer (lichte vloer met parket). Voor vloeropbouw 2, met een dekvloer en tegels, vormt de vervorming van de draagbalken het doorslaggevende criterium. Door de bijkomende massa van de dekvloer zijn de trillingen immers zwakker. Bij vloeren met een grote overspanning

MEER INFO

De windweerstand van houtskeletwanden kwam reeds aan bod in het WTCB-artikel, 'Houtskeletbouw. Deel 1: windverband van dragende muren' ([WTCB-Dossier nr. 2011/3.2](#)).

⁽¹⁾ De norm NBN B 03-003 levert de vervormingsgrenswaarden aan die bij de BGT in acht moet worden genomen, afhankelijk van de afwerking of het te controleren constructie-element.

⁽²⁾ Deze parameter is belangrijk voor de controle van het trilcomfort.

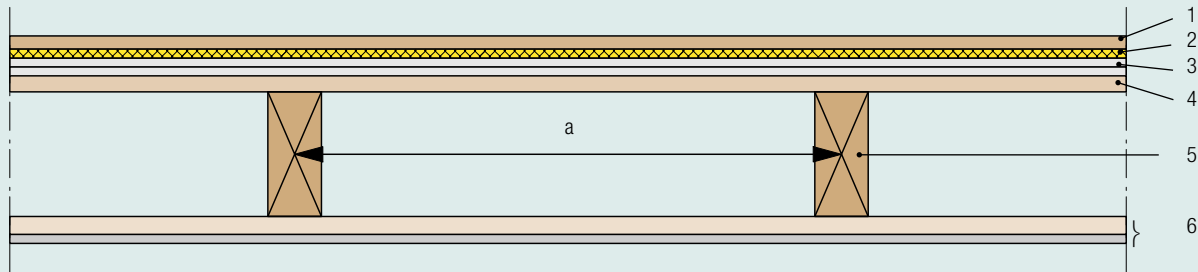


VOORBEELDEN

Voorbeeld 1

Vloeropbouw met parket, onderafwerking met gipskartonplaten, balken 75 x 225 mm² met een hart-op-hartafstand van 0,6 m (eigengewicht vloeropbouw: 70 kg/m²):

- trillingscriterium: de maximale overspanning ligt in de buurt van 4 m (zie tabel A).



1 | Principeschema van vloeropbouw 1 met parket (eigengewicht vloeropbouw: ± 70 kg/m²)

1. Eiken parket van 15 mm dik (11 kg/m²)
2. Geluidsisolerende plaat met hoge dichtheid van 10 mm dik
3. Twee vezelversterkte gipskartonplaten 2 x 10 mm (25 kg/m²)
4. OSB-plaat van 18 mm dik (11 kg/m²)
5. Draagbalk (afmetingen in tabel A)
6. Verlaagd plafond waarvan de afwerking bestaat uit een gipskartonplaat van 15 mm dik (15 kg/m²)

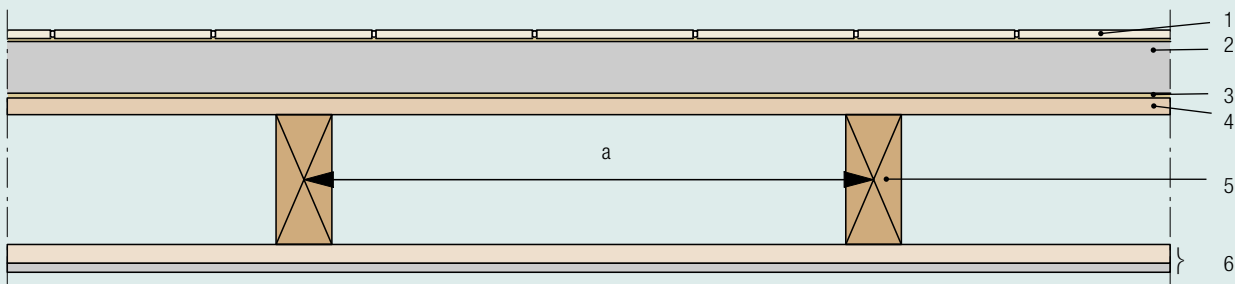
A | Maximale overspanning van vloeropbouw 1 [m]

Hart-op hart-afstand 'a' [m]	Balken 63 x 175 mm²		UGT	Balken 75 x 225 mm²		
	BGT			BGT		UGT
	L/350	Trillingscriterium		L/350	Trillingscriterium	
0,3	3,9	3,5	3,9	5,3	5,3	6,7
0,4	3,5	2,9	3,8	4,8	4,8	5,9
0,5	3,3	2,7	3,7	4,5	4,5	5,3
0,6	3,1	2,5	3,6	4,2	4,0	4,8

Voorbeeld 2

Vloeropbouw met grote tegels, onderafwerking met gipskartonplaten, balken 63 x 175 mm² met een hart-op-hartafstand van 0,3 m (eigengewicht vloeropbouw: 170 kg/m²):

- maximale doorbuiging L/500: de maximale overspanning bedraagt om en bij de 2,9 m (zie tabel B).



2 | Principeschema van vloeropbouw 2 met dekvloer en tegels (eigengewicht vloeropbouw: ± 170 kg/m²)

1. Tegels (20 kg/m²)
2. Dekvloer van 6 cm dik (120 kg/m²)
3. Akoestische ontkoppellingslaag
4. OSB-plaat van 18 mm dik (11 kg/m²)
5. Draagbalk (afmetingen in tabel B)
6. Verlaagd plafond waarvan de afwerking bestaat uit een gipskartonplaat van 15 mm dik (15 kg/m²)

B | Maximale overspanning van vloeropbouw 2 [m]

Hart-op hart-afstand 'a' [m]	Balken 63 x 175 mm²		UGT	Balken 75 x 225 mm²		
	BGT			BGT		UGT
	L/500	Trillingscriterium		L/500	Trillingscriterium	
0,3	2,9	4,1	3,3	4,0	5,7	5,5
0,4	2,7	3,8	3,1	3,6	5,3	5,0
0,5	2,5	3,6	3,0	3,4	5,0	4,5
0,6	2,3	3,4	2,8	3,2	4,8	4,1



C | Doorsnede en hart-op-hartafstand van de stijlen afhankelijk van het aantal verdiepingen voor een residentieel gebouw waarbij de overspanning van de vloeren beperkt is tot 5 m (zie kadertje hiernaast)

Aantal verdiepingen	Lichte vloer (afbeelding 1)		Zware vloer (afbeelding 2)	
	Doorsnede van de stijlen [mm ²]	Hart-op-hartafstand [mm]	Doorsnede van de stijlen [mm ²]	Hart-op-hartafstand [mm]
0	≥ 38 x 89	≤ 600	≥ 38 x 89	≤ 600
1	≥ 38 x 89	≤ 600	≥ 38 x 89	≤ 400
			≥ 38 x 140 of 45 x 120	≤ 600
2	≥ 38 x 140 of 45 x 120	≤ 600	≥ 38 x 140	≤ 400
			≥ 50 x 140	≤ 500
3	≥ 38 x 140 of 45 x 120	≤ 400	≥ 50 x 140	≤ 400

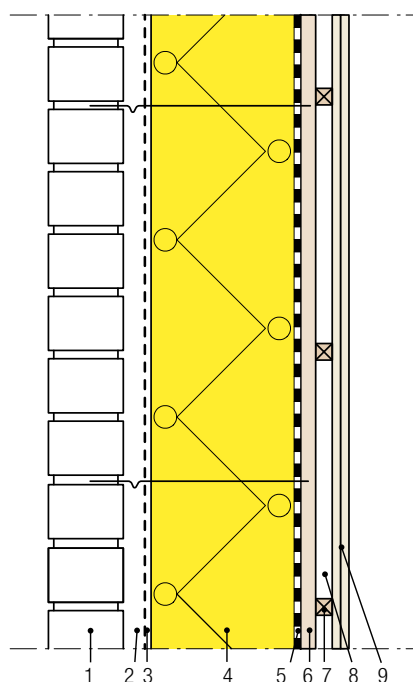
VOORBEELD

We beschouwen een appartementsgebouw van twee verdiepingen waarbij de overspanning van de (zware) vloeren maximaal 5 m bedraagt.

In dit voorbeeld mag de doorsnede van de stijlen van de dragende wanden in geen geval kleiner zijn dan:

- 38 x 140 mm met een hart-op-hartafstand van ten hoogste 400 mm
- 50 x 140 mm met een hart-op-hartafstand van ten hoogste 500 mm (zie tabel C).

3 | Samenstelling van een houtskeletgevel (eigengewicht: ± 100 kg/m)



1. Gevelmetselwerk
2. Geventileerde spouw
3. Regenscherm
4. Isolatiemateriaal + stijl- en regelwerk
5. Dampscherm
6. OSB-plaat van 12,5 mm dik
7. Latwerk
8. Technische ruimte
9. 1 of 2 gipskartonplaten van 12,5 mm dik

(met grote oplegreacties en een beperkt draagvlak) moet bovendien gecontroleerd worden of de loodrechte druksterkte niet overschreden wordt ter hoogte van de steunpunten.

1.3 Dimensioneringstabel voor dragende wanden

Tabel C geeft de doorsneden en hart-op-hartafstanden van de stijlen weer, afhankelijk van het aantal verdiepingen.

We hanteerden een standaardopbouw voor de dragende muur voor een veronderstelde verdiepingshoogte van 2,8 m (zie afbeelding 3). De massa van de muur per lopende meter bedraagt ongeveer 100 kg/m.

We namen daarnaast de volgende parameters in aanmerking:

- gebruikte houtsoort voor de draagbalken: naalddhout
- sterkteklasse: C18
- klimaatklasse: 2
- vochtgehalte van het hout bij levering op de bouwplaats: ± 22 %
- overspanning van de vloeren: maximaal 5 m
- eigengewicht van de vloeren: 70 kg/m² voor de lichte vloer (zie afbeelding 1, p. 23) en 170 kg/m² voor de zware vloer (zie afbeelding 2, p. 23)
- eigengewicht van het dak: 50 kg/m²
- gebruiksbelasting op de vloeren: 200 kg/m² (categorie A: woongebouw)
- gebruiksbelasting op het dak: 80 kg/m² (ontoegankelijk dak, behalve voor herstellingswerken)
- sneeuwbelasting op een plat dak: 60 kg/m² (gebouwen tot op 300 m hoogte boven het zeeniveau).

De wind- en sneeuwbelastingen op het platte dak werden gecombineerd om de meest ongunstige ontwerpsituatie in rekening te brengen. De tabel mag bijgevolg eveneens toegepast worden op hellende daken (veilige methode).

De technologische voorschriften voor de verbindingen werden nageleefd (zie § 2).

De beoordelingscriteria bij de UGT en BGT zijn de volgende:

- controle van de axiale druk van de stijlen (UTG)
- controle van de loodrechte druk op de onderregels (BGT).

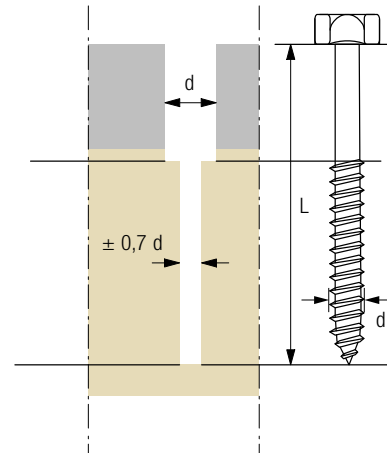


2 Technologische regels voor stiftvormige verbindingsmiddelen

Met deze verbindingen, die tot stand gebracht worden door ronde cilindrische staven, duiden we hoofdzakelijk verbindingen aan met pinnen, nagels, houtschroeven, schroefbouten⁽²⁾, stiften en bouten. Deze verbindingsmiddelen laten toe om de trek- en afschuifkrachten over te brengen door het samendrukken van het hout en de afschuiving en buiging van de stiften. De sterkte van deze verbindingen kan analytisch bepaald worden met de desbetreffende rekenmethoden uit Eurocode 5 (NBN EN 1995-1-1). Elk verbindingstype heeft zijn eigen rekenmethode die afhankelijk is van talrijke parameters zoals de afmetingen en de sterkteklasse van de twee samen te voegen houtelementen, de diameter van de verbinding, de indringingsdiepte, ... Het is dan ook niet eenvoudig om dimensioneringstabellen op te stellen voor elk verbindingstype. Het is niettemin zeer belangrijk om een aantal technologische regels te respecteren om het voortijdige falen van de verbinding te vermijden (bv. door scheurvorming).

De drie belangrijkste technologische regels werden samengevat in het kadertje hieronder. Ze worden ook in beeld gebracht in afbeelding 5 op de volgende pagina op basis van drie voorbeeldverbindingen die men vaak aantreft bij houtskeletbouw. In tabellen E en F geven we ten slotte voor elke voorbeeldverbinding de minimale tussenafstand weer tussen twee verbindingen en tussen een verbinding en de uiteinden van de verbonden elementen, alsook de indringingsdiepte in het laatste houtelement.

4 Voorboring van houtelementen voor de plaatsing van houtschroeven met $d > 6$ mm



DE DRIE BELANGRIJKSTE TECHNOLOGISCHE REGELS

Plaatsing van de stiften

Om het risico op scheurvorming in het hout te vermijden, geeft Eurocode 5 voor elk stifttype de minimaal te respecteren (tussen)afstanden weer afhankelijk van het verbindingstype, de nominale diameter d van de stift en de richting van de uitgeoefende krachten ten opzichte van de vezeloriëntatie van de houtelementen (evenwijdig met of loodrecht op de vezels). Indien de vezelrichting van de samen te voegen houtelementen niet identiek is, dient men de elementen afzonderlijk te beoordelen en de grootste minimale tussenafstand te hanteren. De tabellen E en F die bij afbeelding 5 horen, geven de (tussen)afstanden weer voor de drie verbindingstypes.

Indringingsdiepte in het laatste element

Men dient minimale indringingsdieptes te respecteren om gebruik te kunnen maken van de in Eurocode 5 vermelde restweerstand van de verbindingen (zie p-waarden in de tabellen bij afbeelding 5).

Plaatsing met of zonder voorboren

Men moet voorboren bij het gebruik van stiften met een diameter groter dan 6 mm en voor verbindingen met loofhout. De diameter van het voorgeboorde gat hangt af van het verbindingstype (zie tabel D hieronder).

D Afmetingen van de voorgeboorde gaten volgens Eurocode 5

Bevestigingstype	Eis	Diameter van het voorgeboorde gat
Pinnen en nagels	Geen voorboring vereist tot $d \leq 6$ mm	$\leq 0,8 d$
Schroef $d \leq 6$ mm	Vorboring niet vereist	$\leq 0,8 d$
Schroef $d > 6$ mm	Vorboring vereist	d voor het gladde deel en $0,7 d$ voor het deel met schroefdraad (zie afbeelding 4)
Stiften	Vorboring vereist	$\leq d$
Bouten	Vorboring vereist en verplicht gebruik van een sluitring met een: - diameter $\geq 3 d$ - dikte $\geq 0,3 d$	- In hout : $\leq d + 1$ mm - In een staalplaat: $\max(d + 2 \text{ mm}; 1,1 d)$

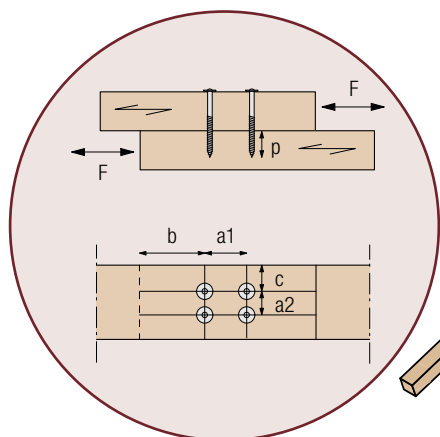
NOMINALE DIAMETER 'd'

Voor schroeven is 'd' de maximale diameter van het deel met schroefdraad en voor nagels en pinnen is 'd' de minimale diameter van het gladde deel van de stift.

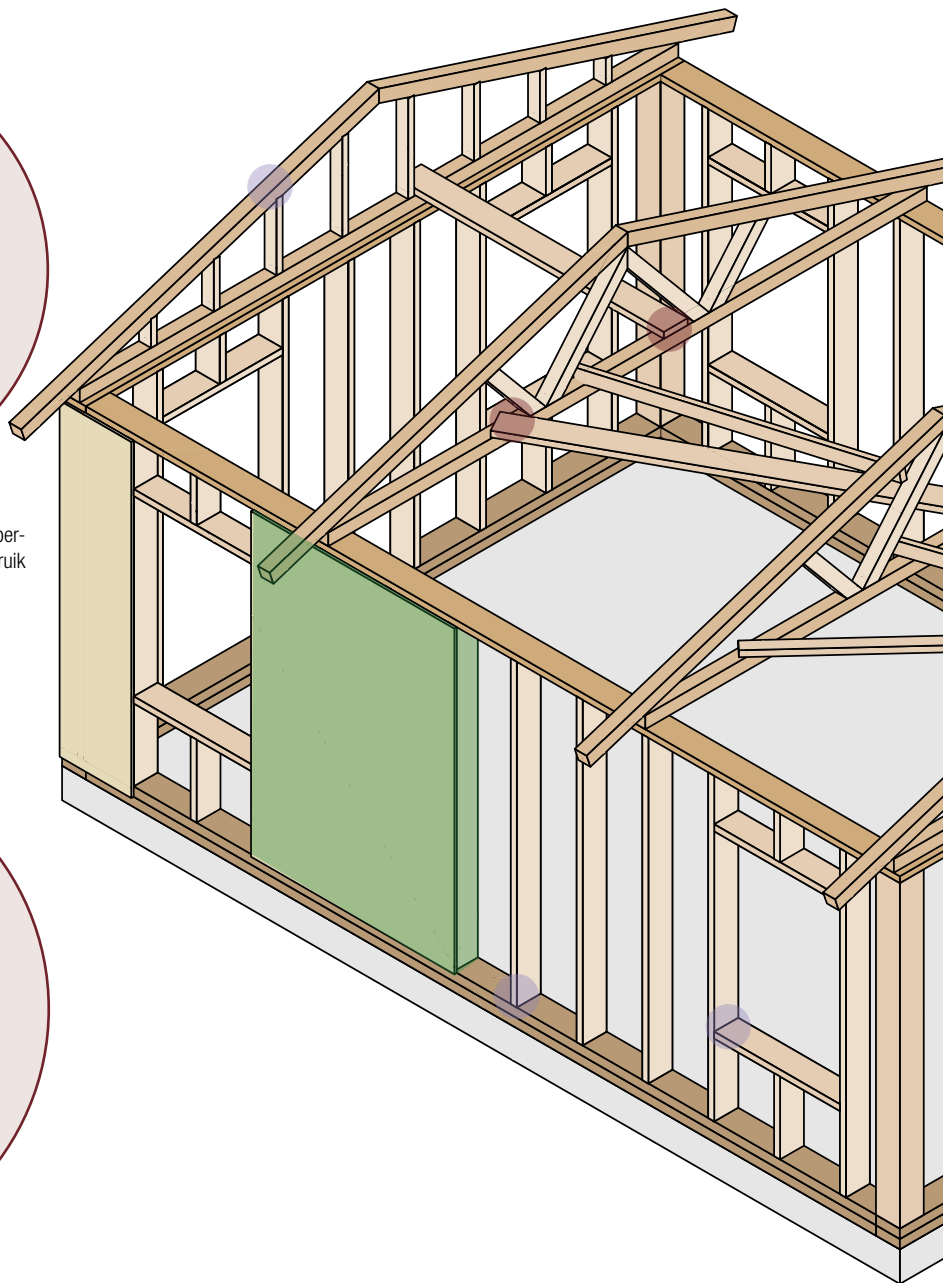
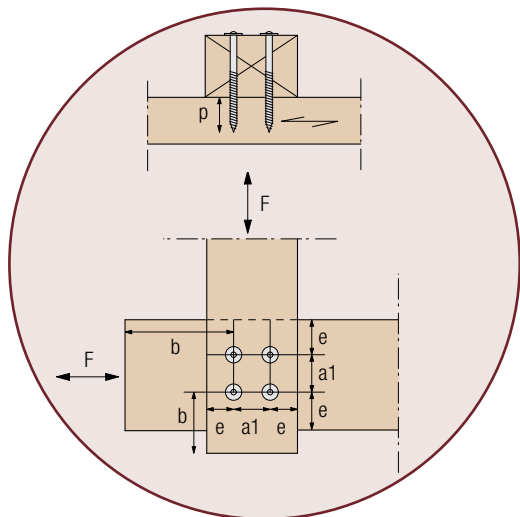
⁽²⁾ Schroefbouten zijn houtschroeven met een bredere stift en een vierkante of zeshoekige kop. We duiden schroefbouten in de rest van dit artikel dan ook aan met de term 'houtschroeven'.

**E** | Minimumafstanden en -dieptes voor de bevestiging van het skelet, afhankelijk van de bevestigingswijze

Bevestigingstype	Minimum(tussen)afstand					Minimale indringingsdiepte in het laatste element
	a1	a2	b	c	e	p
Pin/nagel/schroef $d \leq 6$ mm zonder voorboring	10 d	5 d	15 d	5 d	7d	6 d (8 d bij gladde nagels)
Schroef $d \leq 6$ mm met voorboring	5 d	4 d	12 d	3 d	5d	
Schroef $d > 6$ mm	5 d	4 d	max(7 d; 80 mm)	3 d	4d	



Loodrecht op de houtvezel kunnen enkel niet-gladde pinnen permanente of langdurige trekbelastingen opvangen. Het gebruik van gladde pinnen is bijgevolg verboden.

**5** | Typeverbindingen in houtskeltbouw

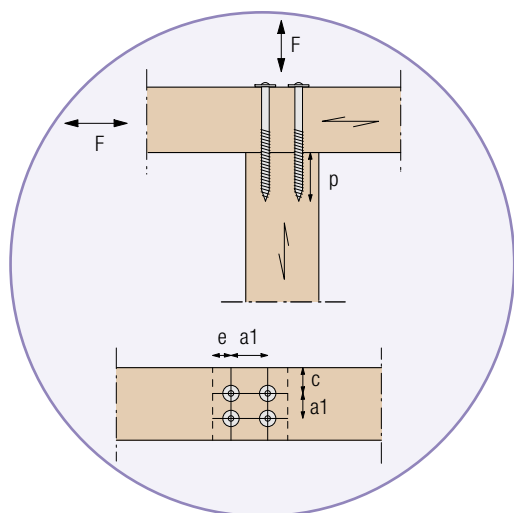
Hout-op-houtverbinding loodrecht op de houtvezel



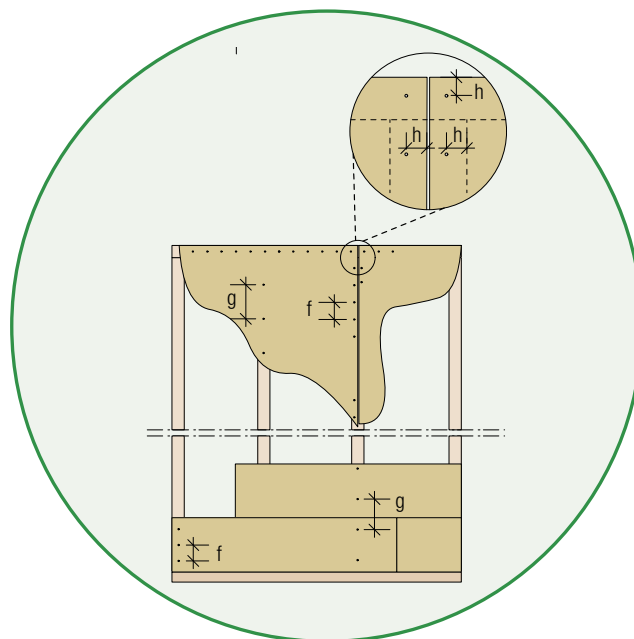
Hout-op-houtverbinding in kops hout



Verbinding tussen de platen en het skelet



Stiften in het kopse vak van de kepers (evenwijdig met de houtvezelrichting) kunnen noch de axiale krachten, noch de krachten in de dwarsrichting van een dragende structuur overdragen.



Bij platen met rechte randen moeten de tussenstijlen waarop de twee plaatranden genageld worden een minimumbreedte van 20 d hebben. De andere tussenstijlen en de buitenste stijlen moeten een minimumbreedte van 10 d hebben. Zo moet de minimumbreedte van een stijl op de naad tussen twee platen 20 d ofwel 56 mm bedragen voor nagels met een diameter d van 2,8 mm. De andere stijlen moeten een minimumbreedte van 10 d of 28 mm hebben.

Indien men tand- en groefplaten gebruikt, moeten alle randen genageld worden of moeten de tand- en groefvoegen verlijmd worden. Voor deze platen bedraagt de minimumbreedte van de stijlen 10 d.

F | Minimumafstanden en -dieptes voor de bevestiging van de platen, afhankelijk van het bevestigingstype

Bevestigingstype	h		f	g	p
	Minimumafstand van de rand van de stijl of plaat		Maximale tussenafstand aan de plaatranden	Maximale tussenafstand op de tussenstijlen	Minimale indringingsdiepte
	OSB of andere	Multiplex			
Pin/nagel	5 d	3 d	150 mm	min(300 mm; 2f)	6 d
Schroef	5 d	3 d	200 mm		6 d
Nieten	5 d	3 d	150 mm		14 d

Plaatsingswijzen en toegankelijkheidseisen voor schrijnwerk

We halen in dit artikel de moeilijkheden aan die men kan ondervinden bij de plaatsing van buitenschrijnwerk in houtbouw. We bespreken onder meer de problemen in verband met de bevestiging, de aanwezigheid van rolluiken en zonneweringen, de lucht- en waterdichtheid en de toegankelijkheid en reiken mogelijke oplossingen aan.

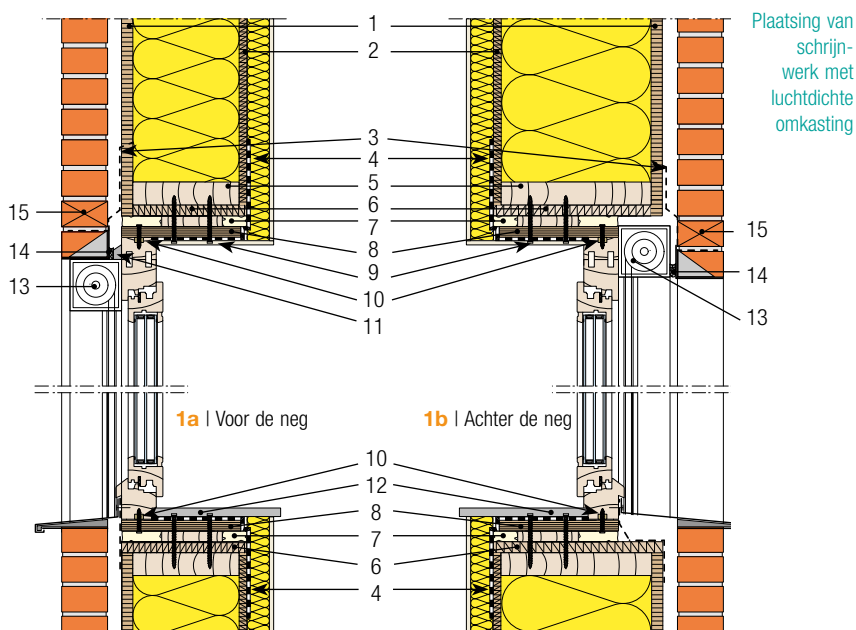
In houtskeletwanden met houten I-liggers waarvan de diepte kan oplopen van 300 tot 400 mm, kan men twee plaatsingswijzen voor buitenschrijnwerk overwegen:

- plaatsing met behulp van schroeven en steunblokje of afstandschroeven
- plaatsing met een luchtdichte omkasting.

Bij een plaatsing met schroeven brengt men een dampdichte luchtdichtheidsfolie aan over de volledige omtrek van het raamkader. Voor thermisch onderbroken aluminium kaders of PVC kaders bestaan er luchtdichtheidsfolies die aan het vaste raamkader geklikt worden. Het vrije gedeelte van de luchtdichtheidsfolie mag in geen geval doorboord worden.

De plaatsing kan ook uitgevoerd worden met behulp van een luchtdichte omkasting (zie afbeelding 1), opgebouwd uit luchtdicht met elkaar verbonden luchtdichte platen (hier multiplexplaten van 22 mm met een kwaliteit volgens de norm EN 636-2). Om de luchtdichtheid van de (geïsoleerde) zone van ongeveer 2 cm tussen de omkasting en de houtskeletwandopening te waarborgen, zal men – vóór de uitvoering van de leidingspouw en de dagkantaftwerking rondom het venster – een lucht- en dampdichte folie aanbrengen langs de binnenzijde. Bij gebruik van een omkasting moet de neg minstens 8 cm en soms zelfs 10 cm bedragen om de ‘traditionele’ overlapping van het vaste profiel door de neg van 4 cm te behouden. Bij een houtskeletmuur met houten I-liggers dienen deze laatste in de houtskeletwandopening te worden voorzien van een versterking in hout, LVL (gelamineerd fineertimmerhout, zie NBN EN 14279) of multiplex. De I-liggers kunnen ook vervangen worden door LVL-platen of massiefhouten regels.

Eventuele zonnewering- of rolluikkasten worden bij voorkeur in voorbouw geplaatst vóór het raamkader in de dagopening (zie afbeelding 1a). Indien men niet wenst dat deze kasten zichtbaar zijn van buitenaf, kan men ze in voorbouw plaatsen achter de neg (zie afbeelding 1b). Als alternatief kan men ook opteren voor een geïsoleerde inbouw-rolluikkast (met of zonder zonnewering).

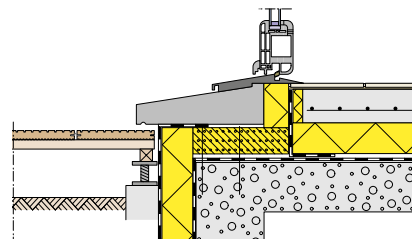


- | | | |
|--|---|--------------------------------|
| 1. Dampopen bitumineuze houtvezelplaat | van een versterking in hout, LVL of multiplex | 10. Lichtdichte lijm of kit |
| 2. Lucht- en dampdichte plaat | 6. Bitumineuze houtvezelplaat | 11. Voorgecomprimeerde PE band |
| 3. Waterscherm | 7. Dampopen isolatie of gespoten PUR | 12. Venstertablet |
| 4. Dampdichte luchtdichtheidsfolie | 8. Omkasting | 13. Voorzetzonnewering |
| 5. LVL-plaat of I-liggers voorzien | 9. Gipsplaat | 14. Gevelkit |
| | | 15. Open stootvoeg |

Om de goede luchtdichtheid van de deuren te garanderen in constructies met een hoge thermische isolatie, dient de cilinder meerdere sluitpennen te bedienen en moet de ophanging verzekerd worden met meer dan drie scharnieren. Er worden haken of sluitpunten geplaatst tussen de scharnieren om te voorkomen dat de deurprofielen buitensporig zouden vervormen. In het onderste gedeelte moeten zowel de continuïteit als de samendrukking van de dichtingsvoegen efficiënt zijn. Hiertoe kan men onderaan een vast profiel aanbrengen dat evenwel de toegankelijkheid van het gebouw zal beperken.

Bij de plaatsing van venster- en schuifdeuren waarbij het raamkader op de isolatie steunt, dient dit kader een drukweerstand van meer dan 1 N/mm² te hebben (NBN EN 826). De positionering van de (venster)deuren in houtbouw wordt bemoeilijkt door het feit dat de

onderregel van de houtstructuur zich meer dan 20 cm boven het afgewerkte buitenvloerpeil moet bevinden (zie p. 12-15). Om het gebouw toch vlot toegankelijk te maken, dient men het buitenplatform voor de ingang te voorzien van een draineringsrooster ter hoogte van de dorpel (zie [WTCB-Dossiers nr. 2006/4.4](#) en [2007/1.12](#)). Indien het peil van de onderregel te hoog is voor deze oplossing, dient men deze te onderbreken en de dorpel op een isolatiemateriaal te plaatsen.



Een van de redenen waarom bouwheren steeds vaker voor houtbouw kiezen, is omdat dit de meest ecologische bouwwijze zou zijn. We voeren in dit artikel een levenscyclusanalyse uit van een houtskeletbouwbuitenmuur en een vergelijkbare metselwerkmuur om de milieu-impact van beide bouwwijzen te vergelijken. We geven daarnaast ook enkele aanbevelingen om deze impact zo laag mogelijk te houden.

Milieu-impact van houtskeletbouw

1 Levenscyclusanalyse van een buitenmuur

1.1 Methode

We vergeleken de milieu-impact over een levensduur van 60 jaar van twee soorten buitenmuren van 1 m² met een gelijkaardig thermisch isolatieniveau ($U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$):

- de eerste muur bestaat uit een houten skelet met stijlen van 220 x 45 mm uit behandeld Belgisch vuren hout die zich op een afstand van 60 cm van elkaar bevinden. Het skelet werd aan de binnenzijde afgewerkt met een OSB-plaat en aan de buitenzijde met een houtvezelplaat. De ruimte tussen de stijlen werd opgevuld met cellulosevlokken. De buitengevel

werd opgebouwd uit bakstenen en de binnenaafwerking bestaat uit een damp- en luchtscherm en gipskartonplaten op een houten latwerk

- de tweede muur is een traditionele spouwmuur die opgebouwd is uit bakstenen van 14 cm dik en geïsoleerd werd met polyurethaanplaten. De buitengevel bestaat uit bakstenen en de binnenaafwerking uit gipspleister.

De analyse werd uitgevoerd op basis van enerzijds de ReCiPe-methode en anderzijds de zeven indicatoren voor de milieu-impact uit de norm NBN EN 15978. De ReCiPe-methode biedt het voordeel dat ze meer criteria in aanmerking neemt en toelaat om de resultaten te groeperen tot een eengetalsaandui-

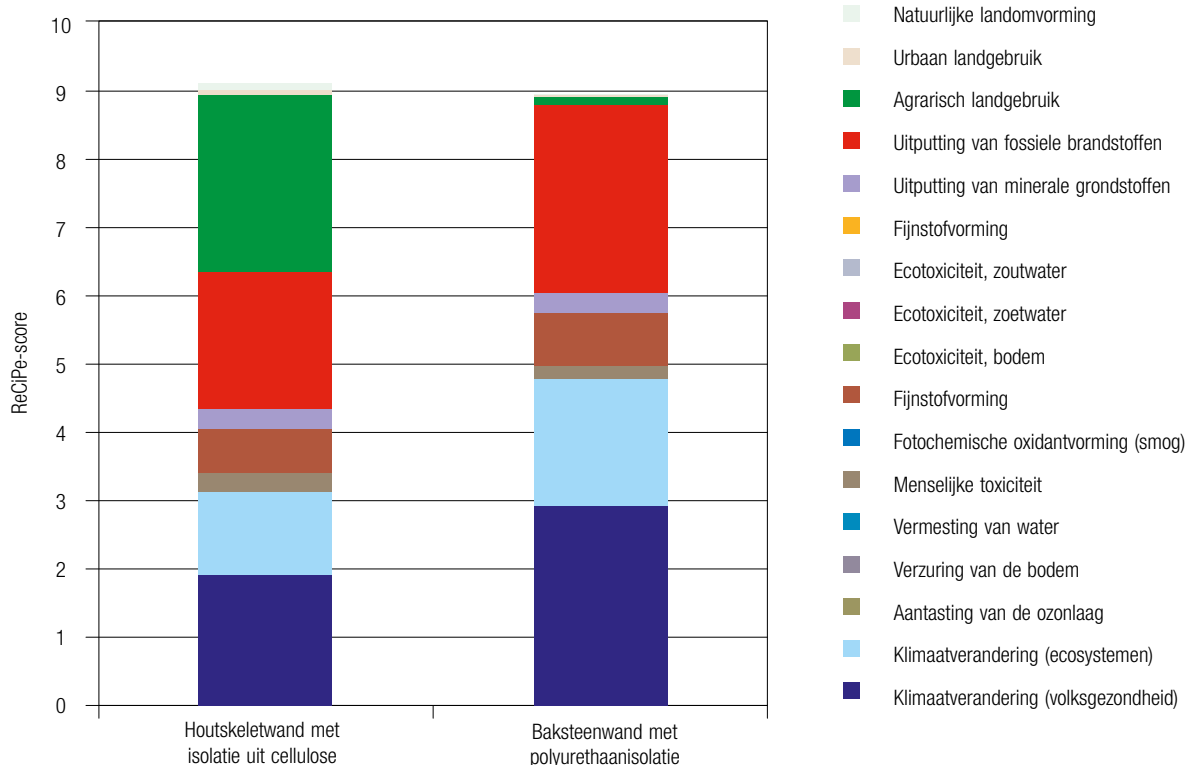
ding (hoe hoger deze score, hoe groter de milieu-impact).

1.2 ReCiPe-indicator

De geaggregeerde ReCiPe-score wijst geen duidelijk verschil aan tussen beide bestudeerde muuropbouwen. De scores liggen immers zo dicht bij elkaar dat de resultaten in het voordeel van het ene of het ander alternatief kunnen zijn, afhankelijk van de hypothesen die men aanneemt (bv. in verband met de afvalverwerking van de materialen en de levensduur van de binnenaafwerkingen).

Verdere studie toont aan dat voor elke wand ongeveer evenveel individuele milieu-indica-

Milieu-impact van twee buitenmuren met een verschillende draagstructuur en isolatie



toren positief zijn (volgens ReCiPe) en dat het verschil bij de meeste indicatoren relatief klein is (minder dan 25 %).

Van alle indicatoren waaraan de bestudeerde wanden een relatief belangrijke bijdrage leveren (zie diagram), vertonen er slechts drie een belangrijk verschil: de klimaatverandering, het (agrarische) landgebruik en de uitputting van fossiele brandstoffen.

Impact op de klimaatverandering

De houtskeletwand heeft een kleinere impact op de klimaatverandering dan de traditionele wand, hoewel het verschil kleiner is dan verwacht en niet enkel te wijten is aan de keuze van de draagstructuur, maar ook gedeeltelijk aan de keuze van het isolatiemateriaal (polyurethaan en cellulose). De positieve invloed van de absorptie van CO₂ tijdens de groei van de boom en de opslag ervan tijdens zijn levensduur is immers niet zichtbaar op de grafiek aangezien men ervan uitgaat dat deze opnieuw zal afgegeven worden aan het einde van de levenscyclus van

het hout. Daarnaast leveren ook de andere levenscyclusfasen van het hout en van de samenstellende wanddelen hun eigen bijdrage tot de totale CO₂-uitstoot van de wand.

Uitputting van fossiele brandstoffen

De houtskeletwand draagt volgens deze studie minder bij tot de uitputting van fossiele brandstoffen dan de traditionele spouwmuur. Dit is echter eerder te wijten aan de keuze van het isolatiemateriaal dan aan de keuze van de draagstructuur. Indien men het isolatiemateriaal in beide muuropbouwen vervangt door rotswol (met dezelfde U-waarde), wordt het verschil tussen beide wanden voor deze indicator immers bijna onbestaand (minder dan 10 %) en zal de voorkeur voor de ene of de andere wand verschillen volgens het in acht genomen transport (lokaal of geïmporteerd hout). Bij een gelijke U-waarde zal de traditionele muur met rotswol niettemin een stuk dikker zijn dan de houtskeletmuur en zal hij bijgevolg een bijzondere fundering vergen (niet bestudeerd in dit artikel).

Impact op het agrarische landgebruik

Gezien men een grotere oppervlakte nodig heeft voor bossen, oefent de houtskeletwand logischerwijs een veel grotere impact uit op het agrarische landgebruik dan de traditionele wand. Het is trouwens vooral deze factor die in het nadeel van de houtskeletwand speelt. Er bestaat echter geen wetenschappelijke consensus rond deze parameter die om dezelfde reden niet opgenomen is in de Europese norm (CEN-indicatoren).

1.3 Resultaat met CEN-indicatoren

Van alle Europese indicatoren spelen er vier in het voordeel van houtskeletwand (klimaatverandering, uitputting van fossiele brandstoffen, verzuring van de bodem en de fotochemische oxidantvorming), twee in het voordeel van de baksteenmuur (vermesting van water en uitputting van minerale abiotische grondstoffen)

en is er eentje identiek voor beide methoden (aantasting van de ozonlaag). Met uitzondering van de klimaatverandering, de uitputting van de fossiele brandstoffen en de fotochemische oxidantvorming, zijn de verschillen echter opnieuw relatief klein (minder dan 20 %) en hangen ze voornamelijk af van de beginhypothesen (bv. het gebruik van hoekijzers i.p.v. nagels voor de bevestiging van de houten stijlen kan een invloed uitoefenen op de conclusies in verband met de uitputting van minerale grondstoffen).

2 Duurzame houtbouw

Zoals hierboven reeds aangehaald werd, heeft elke structuur zijn voor- en nadelen. Wie voor houtskeletbouw opteert, kan de milieu-impact ervan echter reduceren door rekening te houden met enkele basisregels:

- de duurzaamheid van de structuur is bepalend: een structuur met een korte levensduur leidt immers tot de vroegtijdige vervanging van andere materialen. Het is met andere woorden belangrijk om een houtsoort en/of behandeling te kiezen die aangepast is/zijn aan het voorziene gebruik om de goede langetermijnprestaties van het gebouw te garanderen
- kies zoveel mogelijk voor hout dat afkomstig is van duurzaam beheerde bossen (met FSC- of PEFC-certificatie)
- voor bepaalde materialen op houtbasis (zoals OSB) kan het interessant zijn om te opteren voor producten met een ecolabel (bv. Blaue Engel) om het negatieve effect van de lijm te beperken
- het is moeilijker om een basisregel te geven voor het transport: het is logisch dat men de impact van het transport voor elke houtsoort kan verminderen door voor plaatselijk hout te kiezen. Men moet echter iets verder kijken en naast de herkomst en transportwijze van het hout ook de duurzaamheid ervan en de eventuele – aan het gebruik aangepaste – behandeling. Zo zou een exotische houtsoort afkomstig uit een duurzaam beheerd bos voor bepaalde toepassingen (bv. gevelbekledingen) een even grote of zelfs lagere milieu-impact kunnen hebben dan een lokale houtsoort met een lagere weerstandsklasse.



(*) Een FSC-label of PEFC-label dat aangebracht werd op een houtproduct of dat vermeld wordt op een document bij het product, geeft aan dat dit product afkomstig is van duurzaam beheerde bossen en/of hiertoe bijdraagt. Het gebruik van deze labels is strikt gereguleerd en gecontroleerd.

WTCB-projecten

Om te beantwoorden aan de noden van de bouwsector lopen er momenteel verschillende onderzoeken over houtbouw binnen het WTCB. We vestigen graag uw aandacht op de volgende projecten:



- AH+ – Akoestische optimalisatie van houtskeletbouw
- DO-IT HOUTBOUW – Duurzame innovatie op het vlak van technologie en leefcomfort voor houttoepassingen in de bouw (gecoördineerd door het TCHN)



Wallonie



- DREAM – Durabilité de l'étanchéité à l'air des produits, parois et des assemblages : impact sur les règles de mises en œuvre
- DURAPERF – Durabilité des performances des éléments menuisés en bois énergétiquement améliorés
- CIMEDE – Constructions industrielles de maisons évolutives durables et économiques
- STABILAME – Etude de fabrication d'un panneau de construction en bois structurel isolant pour les constructions en bois
- Evaluatie van de prestaties en duurzaamheid van hoogperformante vensters en hun aansluiting op de ruwbouw
- Vervorming van isolatiematerialen in gebouwen: evaluatie en criteria
- de Normen-Antennes Akoestiek, Brandpreventie, Energie en binnenklimaat, 'Eurocodes, Afwerkingen en Gevelementen



- OPTIMBERQUAKE – Optimization of Timber Multi-Storey Buildings Against Earthquake Impact (CORNET)
- STAR – Sustainable Thermal Acoustic Retrofit (ERACOBUILD)

Deze thematische WTCB-Contact kwam tot stand in samenwerking met de volgende Technologische Dienstverleningen:



Service public
de Wallonie

- Construction durable en bois



- Ecobouwen en duurzame ontwikkeling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Publicaties

De WTCB-publicaties zijn beschikbaar:

- op onze website:
 - gratis voor aannemers die lid zijn van het WTCB
 - via abonnementsformule voor andere bouwprofessionelen (registratie op www.wtcb.be)
- in gedrukte vorm en op usb-stick.

Voor bijkomende inlichtingen kan u ons telefonisch bereiken op het nummer 02/529.81.00 (van 8u30 tot 12u00). U kan ook steeds bij ons terecht per fax (02/529.81.10) of per mail (publ@bbri.be).

Opleidingen

- Voor meer informatie met betrekking tot de opleidingen kan u zowel per telefoon (02/655.77.11), per fax (02/653.07.29) als per e-mail (info@bbri.be) contact opnemen met J.-P. Ginsberg.
- Nuttige link: www.wtcb.be (rubriek 'Agenda').



Publicatie van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Verantwoordelijke uitgever: Jan Venstermans,
WTCB, Lombardstraat 42, B-1000 Brussel

Dit is een tijdschrift van algemeen informatieve aard. De bedoeling ervan is de resultaten van het bouwonderzoek uit binnen- en buitenland te helpen verspreiden.

Het, zelfs gedeeltelijk, overnemen of vertalen van de teksten van dit tijdschrift is slechts toegelaten mits schriftelijk akkoord van de verantwoordelijke uitgever.

www.wtcb.be

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

Het WTCB vormt al meer dan vijftig jaar hét wetenschappelijke en technische middelpunt van de bouwsector. Het Centrum wordt hoofdzakelijk gefinancierd met het lidgeld van 85.000 aangesloten Belgische bouwbedrijven. Dankzij deze heterogene ledengroep zijn bijna alle bouwberoepen vertegenwoordigd en kan het WTCB bijdragen tot de kwaliteits- en productverbetering.

Onderzoek en innovatie

Een industrietak zonder innovatie is als cement zonder water. Het WTCB heeft er daarom voor gekozen om zijn onderzoeksactiviteiten zo nauw mogelijk te laten aansluiten bij de noden van de sector. De Technische Comités die de WTCB-onderzoeken sturen, zijn samengesteld uit bouwprofessionelen (aannemers en experts) die dagelijks op het terrein staan.

Met de hulp van verschillende officiële instanties stimuleert het WTCB bedrijven om steeds verder te innoveren. De begeleiding die we aanbieden, is afgestemd op de actuele maatschappelijke uitdagingen en van toepassing op diverse domeinen.

Ontwikkeling, normalisatie, certificering en goedkeuring

Op vraag van overheden of privébedrijven werkt het WTCB ook mee aan diverse ontwikkelingsprojecten (contractresearch). Zo is het Centrum niet alleen nauw betrokken bij de activiteiten van de nationale (NBN), Europese (CEN) en internationale (ISO) normalisatie-instituten, maar ook bij instanties zoals de Belgische unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb). Al deze projecten geven ons meer inzicht in de bouwsector, waardoor we sneller kunnen inspelen op de noden van de verschillende bouwberoepen.

Informatieverspreiding en steun aan bedrijven

Om de kennis en ervaring die op deze manier vergaard wordt op een efficiënte manier te delen met de bedrijven uit de sector, kiest het Centrum resoluut de weg van de informatica. Onze website is zo opgesteld dat elke bouwprofessioneel met slechts enkele muisklikken de gewenste WTCB-publicatiereeksen of bouwnormen terugvindt.

Goede informatieverspreiding kan echter niet enkel elektronisch. Een persoonlijk contact is vaak nog steeds de beste aanpak. Jaarlijks organiseert het Centrum ongeveer 650 informatiesessies en themadagen voor bouwprofessionelen. Ook de aanvragen voor onze dienst Technisch Advies blijven binnenstromen, met meer dan 26.000 verstrekte adviezen per jaar.

MAATSCHAPPELIJKE ZETEL

Lombardstraat 42, B-1000 Brussel
tel. 02/502 66 90
fax 02/502 81 80
e-mail: info@bbri.be
website: www.wtcb.be

KANTOREN

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
tel. 02/716 42 11
fax 02/725 32 12

- technisch advies – publicaties
- beheer – kwaliteit – informatietechnieken
- ontwikkeling – valorisatie
- technische goedkeuringen – normalisatie

PROEFSTATION

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette
tel. 02/655 77 11
fax 02/653 07 29

- onderzoek en innovatie
- vorming
- bibliotheek

DEMONSTRATIE- EN INFORMATIECENTRUM

Marktpl  in 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder
tel. 011/22 50 65
fax 02/725 32 12

- ICT-kenniscentrum voor bouwprofessionelen (ViBo)
- Digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector (Betonica)

BRUSSELS MEETING CENTRE

Poincarélaan 79, B-1060 Brussel
tel. 02/529 81 00
fax 02/529 81 10