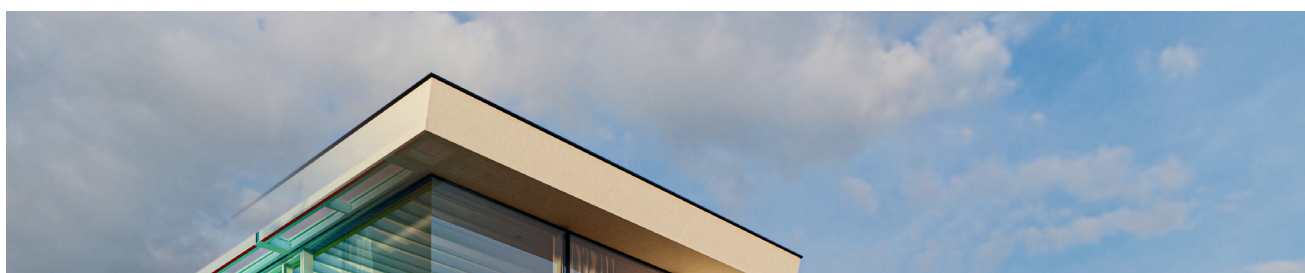




HANDBOEK STAALFRAMEBOUW



Handboek Staalframebouw

Bouwen met Staal
Louis Braillelaan 80
2719 EK Zoetermeer
tel. (088) 353 12 12
www.bouwenmetstaal.nl/themas/staalframebouw
www.lichterbouwen.nl

Ontwerp: Bane Design, Rotterdam

© Bouwen met Staal 2025
4e herziene druk

Alle rechten voorbehouden. Aan de totstandkoming van deze publicatie is de uiterste zorg besteed. Desondanks zijn eventuele (druk)-fouten niet uit te sluiten. De uitgever sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, elke aansprakelijkheid uit voor directe en indirecte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van deze publicatie.

Voorwoord

Dit geheel geactualiseerde handboek (v. 4) geeft inzicht in de algemene facetten van het bouwen met staalframebouw. Waar dient men rekening mee te houden met het (constructief) detailleren, voor en tijdens de uitvoering? Hoe gedraagt staalframebouw zich bij brand? En welke bouw fysieke prestaties zijn mogelijk en op welke manier? Het handboek gaat in op deze vragen, en biedt handvatten bij de keuze voor staalframebouw.

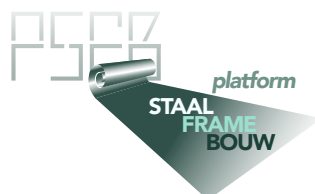
Over deze publicatie

Deze publicatie verschijnt eerst als gratis pdf op gratis-publicaties.bouwenmetstaal.nl in een reeks van vier. Dit is deel 3. Als het laatste deel is gepubliceerd kan het gehele Handboek Staalframebouw *on demand* tegen betaling worden geprint.

Platform Staalframebouw

Om de bekendheid van staalframebouw in Nederland te vergroten en de praktijk ervan te ondersteunen, is binnen Bouwen met Staal het Platform Staalframebouw (PSFB) opgericht, met een stuur-/werkgroepstructuur. In deze formaties zijn de diverse disciplines in staalframebouw vertegenwoordigd: ontwerpers, constructeurs, (bouw fysieke) adviseurs, staalframebouwers, toeleveranciers enzovoort. Gezamenlijk ontplooiën zij kennisoverdrachtsactiviteiten om het marktaandeel en de kwaliteit van staalframebouw te verhogen. Aan deze versie van het handboek hebben de volgende personen bijgedragen (in alfabetische volgorde van bedrijfsnaam).

Roy van Hoorn (voorz. PSFB) en Martijn Jansen, BAAS Architecten • Marco Pauw (secr. PSFB), Henk Orsel en Mic Barendsz, Bouwen met Staal • Ralph Hamerlinck, Bouwen met Staal en Adviesbureau Hamerlinck • Jan-Pieter den Hollander, Bouwen met Staal • Frank van Herk, C3 Staalframebouw • Cor van Zandwijk, CFP Engineering • Kristiaan Flierman, Construsoft • Gert van den Berg, DGMR • Michiel van Dijk, Easyhousing • Martin Boot, Etex • Nico Bresser, FeNB2 Montage • Dennis Eikenboom, Finish Profiles • Gerard Nieuwenhuizen[†], GenieConsult & Partners • Wim Beentjes, LBP | Sight • KeesJan Nieuwenhuis, Leebo Intelligente Bouwsystemen • Sven Lentsen en Suzanne Bron-Van der Jagt, Level Acoustics & Vibration • Robert Platje, Mei Architects & Planners • Gerrit Kerkdijk, Mframe • Erik Oostveen, Oostveen Engineering • Pascal van de Heuvel, Rockwool • Herbert Hofstad, Saint-Gobain Construction Products • Ad Maas, Saint-Gobain Solutions • Hèrm Hofmeyer, TU/e • Corné van Weert, Verhoeven en Leenders • Sven Geers, Vervest Constructief Ontwerp & Advies



DEEL 3

HANDBOEK STAALFRAMEBOUW

HANDBOEK STAALFRAMEBOUW

DEEL 3



Foto: Karel Ley/fig84 - Reclamestudio

INHOUDSOPGAVE

5	Bouwfysica (2): geluid en trillingen.....	H5-1
5.1	Basisbegrippen akoestiek.....	H5-1
5.2	Luchtgeluidisolatie wanden.....	H5-1
5.3	Ankerloze spouwmuur.....	H5-2
5.4	Contactgeluidisolatie	H5-2
5.5	Flankerende geluidoverdracht.....	H5-2
5.6	Eisen aan en richtlijnen voor geluidwering tussen en binnen woningen.....	H5-3
5.7	Akoestisch ontwerp.....	H5-3
5.8	Akoestisch ontwerp van woongebouwen.....	H5-4
5.9	Woningscheidende vloeren.....	H5-4
5.10	Akoestisch ontwerp eengezinswoningen	H5-5
5.11	Aandachtspunten geluidpaden.....	H5-6
5.12	Geluidisolatie in de lage tonen.....	H5-6
5.13	Geluidisolatie en stabiliteit van de woningen.....	H5-7
5.14	Geluidwering van de gevel	H5-7
5.15	Installatiegeluid.....	H5-8
5.16	Trillingen.....	H5-9
6	Brandveiligheid	H6-1
6.1	Wat is 'hoofddraagconstructie'?	H6-1
6.2	Eisen brandwerendheid 'hoofd'-draagconstructies utiliteitsgebouwen.....	H6-2
6.3	Eisreductie: lage permanente vuurbelasting utiliteitsgebouwen.....	H6-2



6.4	Brandwerendheidseisen overige draagconstructies utiliteitsgebouwen.....	H6-2
6.5	Eisen brandwerendheid 'hoofd'-draagconstructies woningen en woongebouwen.....	H6-3
6.6	Eisen aan (lichte) staalframebouw vanaf vier bouwlagen.....	H6-3
6.7	Eisreductie: lage permanente vuurbelasting woningen en woongebouwen.....	H6-4
6.8	Verbouw.....	H6-4
6.9	Functies.....	H6-5
6.10	Brandwerendheid	H6-5
6.11	Classificatie en bepaling van de brandwerendheid van staalframebouw onderdelen....	H6-6
6.12	Wanden met brandwerendheidseisen	H6-8
6.13	Elektrische installaties in wanden	H6-8
6.14	Staalframebouw vloeren met brandwerendheidseisen.....	H6-8
6.15	Brand van onder.....	H6-9
6.16	Brand van boven.....	H6-11
6.17	Dakconstructies	H6-12
6.18	Brandwerende bekledingen op dragende wanden en stabiliteitswanden	H6-12
6.19	Brandwerende eigenschappen holle wandconstructies.....	H6-12
6.20	Aansluitdetails en leidingverloop.....	H6-12

5 Bouwfysica (2): geluid en trillingen

Gerard Nieuwenhuizen*, Wim Beentjes en Mic Barendsz, met dank aan Susanne Bron-Van der Jagt, Lars Courage, Ruud Geerligs, Sven Lentzen, Robert Platje en Cor van Zandwijk.

In de voorgaande hoofdstukken hebben we gezien hoe staalframebouw wanden, -vloeren, -gevels en -daken zijn opgebouwd. Hoofdstuk 4 beschreef hoe deze bouwdeelen kunnen voldoen aan de bouwfysische eisen met betrekking tot thermische isolatie, vochtwering en luchtdichtheid. In dit hoofdstuk richten we de blik op twee andere bouwfysische aspecten: geluid(wering) en (in mindere mate) trillingen.

De eerste paragrafen van hoofdstuk 4 ('Basisframe aangekleed' en 'Isolatie') gaven al een globale beschrijving hoe de constructie is samengesteld en welke onderdelen een rol spelen bij bouwfysica. Hier kwamen al enkele akoestische maatregelen aan de orde. In dit hoofdstuk volgt een overzicht van de belangrijkste kengetallen, normen en richtlijnen voor het bepalen van de bouwfysische waarden voor geluid en trillingen. En er wordt dieper ingegaan op bepaalde aspecten van contactgeluidisolatie, luchtgeluidisolatie, geluidwering van de gevel, installatiegeluid en vloertrillingen, die speciale aandacht verdienen. Geluid en trillingen zijn specialistische vakgebieden. Het ontwerp moet worden opgesteld door een bouwkundige en een constructeur in samenspraak met een akoestisch adviseur en trillingsdeskundige. Verder is het van belang om te zorgen voor de juiste vertaling van het ontwerp naar de uitvoering en toe te zien op de juiste uitvoering tijdens de bouw.

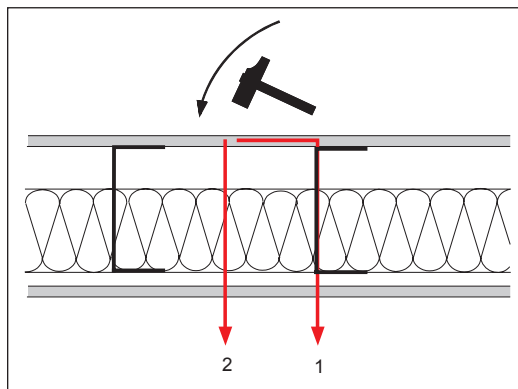
5.1 Basisbegrippen akoestiek

Staalframebouw is een lichtgewicht bouwstelsel. Dat biedt vele voordelen, maar vraagt wel om een andere benadering dan bij zwaardere, traditionele, steenachtige bouwsystemen als het gaat om geluid en trillingen. Dit is ook het uitgangspunt van NPR 5070. Door met lichte, buigslappe materialen te bouwen en uit te gaan van lichte spouwconstructies, kunnen constructies worden gemaakt met een hoog comfort. De aandachtspunten zijn hierbij: luchtgeluid, contactgeluid en constructiegeluid.

Bij *luchtgeluid* wordt de lucht in de zendruimte direct in trilling gebracht door bijvoorbeeld spreken en audio. Het luchtgeluid brengt de constructie in trilling. De constructie geeft vervolgens in de ontvangruimte luchtgeluid af en bereikt het oor van de ontvanger.

Bij *contactgeluid* wordt de vloerconstructie in de zendruimte direct in trilling gebracht, voornamelijk door lopen. De constructie geeft dit als luchtgeluid af in de ontvangruimte. De *contactgeluidisolatie* wordt vooral bepaald door de vloerconstructie.

Bij *installatiegeluid* wordt meestal gesproken over *constructiegeluid*. De installatie is dan star of via trillingsisolerende materialen (bijv. rubberen mantels of plaatsing op rubberen voetjes) verbonden



5.1. Contactgeluid in staalframevloeren. Het 'aanslaan' van de 'bron', in dit geval op de bovenkant vloer (met een hamer of door voetstappen). Vervolgens 'overdracht' via ligger (1) en holle ruimte die deels met minerale wol is gevuld (2) naar de ruimte eronder (de 'ontvanger') via het plafond.

invloeden	goed	slecht
profieltype		
h.o.h.-afstand		
wand-/vloerdikte		
enkele wand of dubbele wand		
bekleding		
isolatie		

aan de constructie, die dan vervolgens het geluid overdraagt naar de ontvangruimte. Bij staalframebouw treedt de geluidoverdracht op via de spouw en via de koppeling van de C-profielen (afb. 5.1).

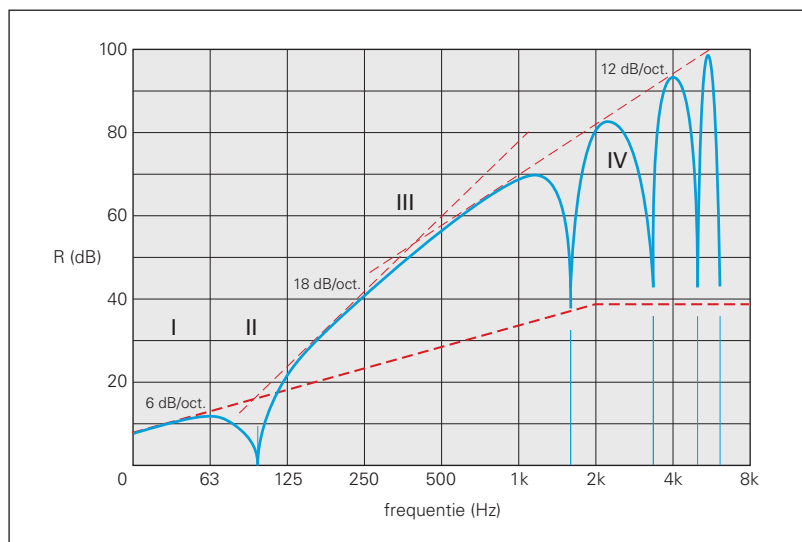
5.2. Algemene principes om geluidprestaties te verhogen bij gipskartonplaatwanden.

5.2 Luchtgeluidisolatie wanden

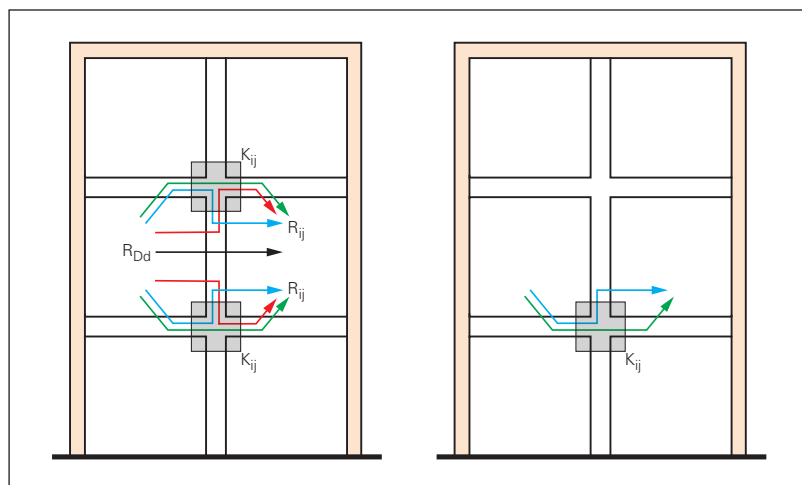
De volgende drie onderdelen zijn van invloed op de luchtgeluidisolatie van wanden met een enkelvoudig regelwerk en aan beide zijden een bekleding.

- Buigslappe bekleding met een hoge massa.
- Geluidabsorptie in de spouw (meestal aangevuld met isolatiemateriaal, maar hier heeft het de functie van geluidabsorptie).
- Ontkoppeling.

Voor een goede geluidisolatie moet de bekleding een geringe buigstijfheid bezitten. Zulke 'buigslappe' platen zijn bijna alle gangbare platen met een dikte tot 20 mm, zoals gipskartonplaten, gipsvezelplaten en houtvezelplaten. Ook de massa per m² van de beplating heeft invloed op de geluidisolatie van een wand. Hoe hoger de massa van de beplating, hoe beter de geluidisolatie van de wand (afb. 5.2).



5.3. Principe van de geluidisolatie van een ankerloze spouwconstructie. De meetwaarden horen bij een constructie bestaande uit een spouw van 100 mm met aan beide zijden een enkele gipsplaat van 9 mm.



5.4a en b. De belangrijkste geluidpaden bij naast elkaar gelegen ruimten voor luchtgeluid (4a) en contactgeluid (4b). In de afbeeldingen zijn alleen de paden bij de aansluiting van vloeren en woningscheidende wanden aangegeven. Er zijn ook overdrachtswegen via de gevel en binnenwanden.

De platen kunnen aan één zijde of aan beide zijden van het element (enkel- of dubbelzijdig) worden aangebracht. Afhankelijk van de uiteindelijke functie, kunnen deze elementen worden gevuld met geluidabsorberend materiaal. Het is van belang dat dit materiaal goed aansluit tegen de staalprofielen en dat het tijdens het transport van de werkplaats naar de bouwplaats en ook tijdens het gebruik niet uitzakt – dus intact en standzeker blijft. Anders kunnen lucht- en geluidlekken ontstaan. In de praktijk betekent dit minerale wol in de vorm van plaatmateriaal en stabiele deksen. De wanden dienen volledig met wol gevuld te worden. Verblijfscheidende vloeren – vloeren tussen twee verblijfsgebieden binnen een woning – moeten minimaal voor 50% met minerale wol zijn gevuld om aan de geluidseisen te voldoen. Meer informatie over gipskartonplaatwanden: zie [Literatuurlijst](#).

5.3 Ankerloze spouwmuur

Bij staalframebouw wordt gebruik gemaakt van buigslappe plaatmaterialen en grote spouwen tus-

sen deze plaatmaterialen. Omdat de C-profielen los van elkaar staan, noemen we dit ankerloze spouwmuur. De luchtgeluidisolatie van een ankerloze spouwmuur kent vier gebieden. De betekenis van de vier gebieden in [afbeelding 5.3](#) is als volgt.

I De massawet, waarbij de massa's van de spouwbladen mogen worden opgeteld en een toename van 6 dB per frequentieverdubbeling optreedt.

II Massa-veer-massa-systeem: massa's gescheiden door een luchtspouw maken een massa-veer-massa-systeem en veroorzaken een resonantiefrequentie en daarmee een sterke verlaging van de geluidisolatie ter plaatse van de resonantiefrequentie.

III Na de resonantiefrequentie stijgt de geluidisolatie met 18 dB per frequentieverdubbeling.

IV In het gebied waar de golflengte past op de spowdiepte, treedt ook een inbreuk op in de geluidisolatie: de toename is dan nog maar 12 dB per frequentieverdubbeling en er treden dips op.

De geluidisolatie kan worden verbeterd door de spouwbladen te verzwaren met extra beplatingen en/of door de spouw te vergroten.

Om de negatieve effecten in de gebieden II en IV tegen te gaan, moet de spouw worden gevuld met geluidabsorberend materiaal, zoals minerale wol. Deze constructie wordt toegepast bij woningscheidende wanden. Bij kamerscheidende constructies wordt veelal een enkel staalprofiel toegepast. De eisen zijn dan minder hoog en de verbinding via het staalprofiel beperkt de geluidisolatie. Zo kan bij staalframebouw de opbouw in de ontwerpfase worden afgestemd op de gevraagde functie en geluidprestatie.

5.4 Contactgeluidisolatie

Voor contactgeluid gelden in eerste instantie dezelfde principes. Verschil is dat de vloer door lopen direct wordt aangestoten. Dit betekent dat de vloerconstructie relatief zwaar moet worden uitgevoerd, bijvoorbeeld door verzwaring met beton, anhydriet of zandcement. Ook moet de plafondconstructie ontkoppeld worden van de vloerconstructie, zodat voor het contactgeluid ook min of meer een ankerloze constructie ontstaat.

5.5 Flankerende geluidoverdracht

Naast de directe geluidoverdracht treedt ook indirecte geluidoverdracht op via constructies die direct met de directe scheidingsconstructie zijn verbonden. Men spreekt dan van flankerende geluidoverdracht. In [afbeeldingen 5.4a en b](#) worden voor de horizontale geluidoverdracht de flankerende overdrachtswegen aangegeven. Belangrijk hierbij is de *verbindingdemping*, aangeduid met K_{ij} . Voor boven elkaar gelegen ruimten kunnen vergelijkbare schema's worden opgesteld.

Verbindingsdemping K_{ij} is de reductie van trillingsenergie die optreedt wanneer trillingen door een bouwknoop van het ene bouwdeel naar een ander bouwdeel worden overgedragen ([afb. 5.4](#)). De geluidspaden zijn bij staalframebouw identiek aan die van massieve bouwsystemen. De verbindingsdem-

aspect	luchtgeluidisolatie D_{nTAK} (dB)	contactgeluidisolatie L_{nTA} (dB)
naar verblijfsgebieden van andere woningen	≥ 52	≤ 54
tussen onbenoemde ruimten	≥ 47	≤ 59
tussen gemeenschappelijke verkeersruimte en onbenoemde ruimte	geen	geen
tussen verblijfsruimten binnen de woning	≥ 32	≤ 79

5.5. Tabel met eisen aan de lucht- en contactgeluidisolatie volgens het Besluit bouwwerken en leefomgeving.

ping werkt wel anders. In de massieve bouw zijn de (vooral de constructief belangrijke) bouwknoepen buigstijf. De massa van een bouwdeel hindert de beweging van het andere bouwdeel. De hoogte van de verbindingsdemping bij massieve bouw hangt af van de massa's en de massaverhoudingen van de bouwdeelen.

Bij staalframebouw zijn de scheidende en flankerende bouwdeelen akoestisch gezien scharnierend (flexibel of 'buigslap') verbonden. De trillings-overdracht en de overdracht van (rotatie)energie worden bepaald door:

- flexibiliteit van de verbinding;
- doorlopen van beplating voorbij de bouwknoop;
- massaverhoudingen;
- de lijnlast op de flexibele verbindingen.

De flexibiliteit in de bouwknoop betekent niet dat het flankerende geluid bij staalframebouw minder van belang is dan bij massieve bouwsystemen. Dat wordt veroorzaakt door het lage eigengewicht van de bouwdeelen, waardoor de trillingsniveaus hoog zijn. Staalframebouw biedt uitgekiende standaard-detaileringen (afb. 5.6) om hoge trillingsniveaus te voorkomen.

Voor massieve constructies zijn theorieën en rekenregels voor de verbindingsdemping van bouwknoepen opgesteld die met metingen worden gecontroleerd. Voor staalframebouw zijn de rekenregels nog beperkt beschikbaar, maar de principes van de verbindingsdemping zijn wel bekend. De verbindingsdemping bij staalframebouw is hierdoor goed empirisch te beschrijven en te onderbouwen op basis van metingen. Het door TNO uitgevoerde project rondom lichte bouwknoepen heeft veel nieuwe inzichten opgeleverd (zie [Literatuur](#)). Met de juiste maatregelen voor de bouwdeelen en bouwknoepen, zijn in de praktijk geluidisolaties te realiseren die 10 dB hoger liggen dan de wettelijke eisen, zowel verticaal als horizontaal: D_{nTAK} en L_{nTA} . De keuze van de verbindingsmaterialen is daarbij van belang en moet in samenspraak met de toeleverancier van de tussenlagen worden bepaald. De eigen trillfrequentie van de vloer bepaalt de gevoelswaarde. Door enkele slimme constructies en het toepassen van (net) voldoende massa, ontstaat toch het gevoel van een zware, monolietvloer, maar dan wel met een kwart van het traditionele gewicht. Ook dit aspect moet in overleg met de constructeur en akoestisch adviseur worden ontworpen.

5.6 Eisen aan en richtlijnen voor geluidwering tussen en binnen woningen

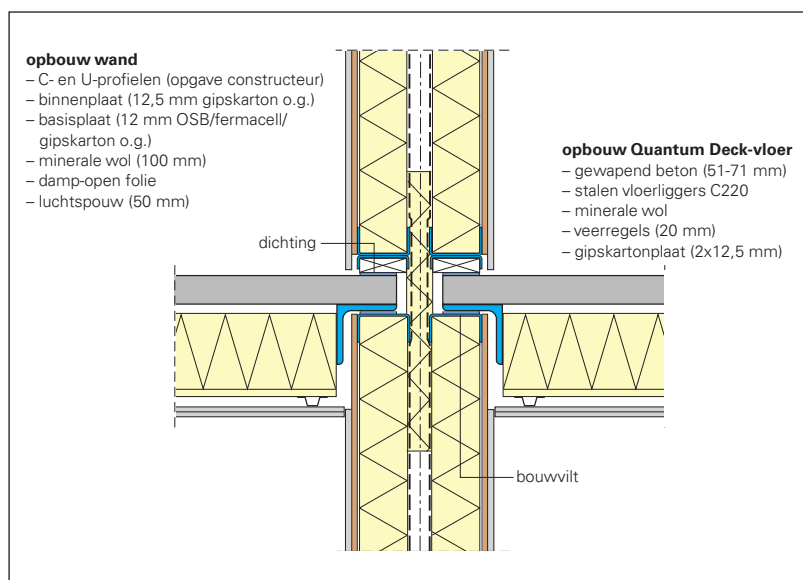
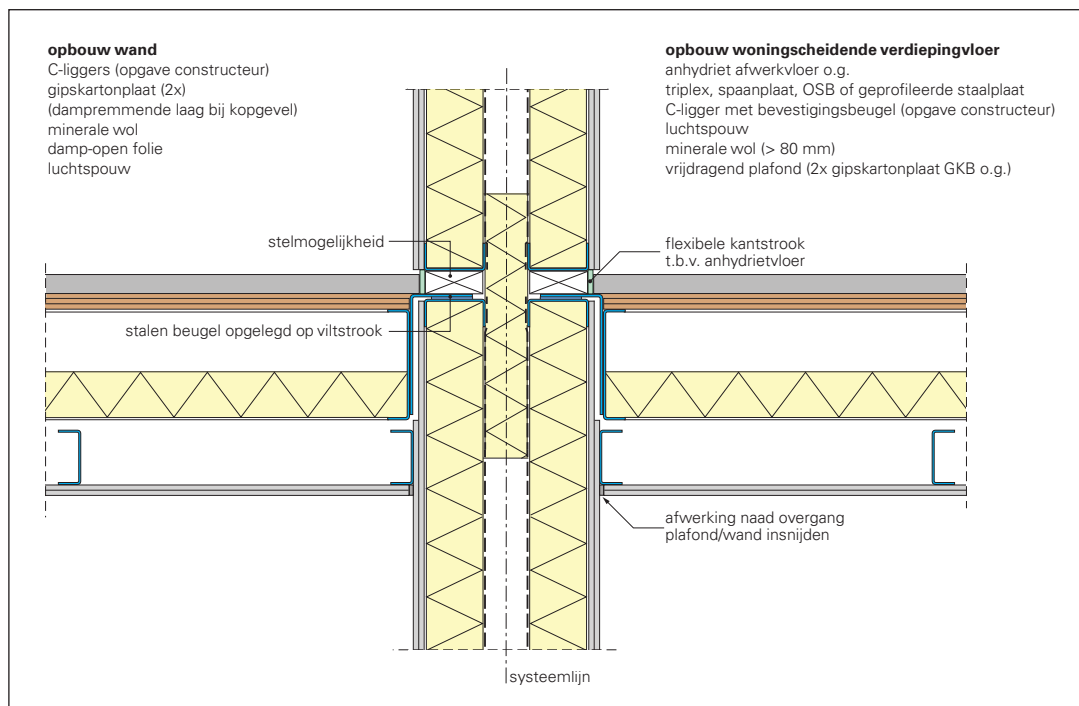
Het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl, vooreen Bouwbesluit) stelt minimumeisen aan het karakteristieke luchtgeluidniveauverschil (D_{nTAK}), het contactgeluidniveau (L_{nTA}), installatiegeluid (L_{IAK}) en aan de karakteristieke geluidwering van de gevel (G_{AK}). De eisen voor de lucht- en contactgeluidisolatie zijn weergegeven in [afbeelding 5.5](#). Deze waarden worden bepaald conform NEN 5077, 'Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidniveaus veroorzaakt door installaties'. Dit is een meetmethode om bij het opgeleverde gebouw te kunnen vaststellen of aan het Bbl wordt voldaan. Bij het ontwerp voor lichte bouwconstructies zijn er onvoldoende nauwkeurige ontwerpmethoden voorhanden voor niet-akoestisch deskundigen. Het strekt tot aanbeveling om te allen tijde een akoestisch deskundige in de arm te nemen.

5.7 Akoestisch ontwerp

Afzonderlijke componenten van staalframebouw vormen samen een akoestisch systeem. De geluidisolatie wordt niet uitsluitend bepaald door de individuele componenten, maar ook door de manier waarop die componenten samenwerken. De totale geluidisolatie is niet beter dan de zwakste schakel. Een akoestisch ontwerp begint bij de akoestische mogelijkheden van de draagconstructie. Daar worden de andere componenten op afgestemd om tot optimale prestaties te komen. Met staalframebouw kan aan vrijwel alle eisen op het gebied van geluid en trillingen worden voldaan.

Bij staalframebouw ga je na welke weg het geluid door de constructie aflegt in zogenaamde geluidpaden. Door op specifieke plaatsen te koppelen of juist te ontkoppelen of materiaal toe te voegen, is de samenstelling af te stemmen op de gewenste prestatie ([afb. 5.4](#)). Hier onderscheidt staalframebouw zich van vele andere systemen: door slim met detailleringprincipes en uitvoeringsaspecten om te gaan, kunnen goede prestaties worden behaald. Maar let op: de wens van de akoestisch adviseur voor een akoestische ontkoppeling, kan haaks staan op de wens van de constructeur en de brandweer om een robuuste en brandveilige constructie te ontwerpen. De adviseurs moeten in goed onderling overleg met elkaar én met de bouwkundig ontwerper tot een gezamenlijke oplossing komen.

5.6. Woningscheidend detail verticaal en horizontaal. Met natte dekvloer (bijv. anhydriet op houten vloerplaat) en ontkoppeld plafond met C-profielen aan de onderzijde. Prestaties bouwknop zijn minimaal Bbl.



5.8. Door de plafondplaten flexibel op kruislings gemonteerd regelwerk te monteren, gaan de geluidprestaties sterk omhoog. Type vilt en aantal steunpunten zijn afhankelijk van de massa van de beplating (foto: Wim Beentjes).

5.7. Woningscheidend detail verticaal en horizontaal bij een Quantum Deck-vloer.

5.8 Akoestisch ontwerp van woongebouwen

In afbeeldingen 5.6 en 5.7 worden op basis van de uitgangspunten in paragraaf 5.3, 5.4 en 5.7 de basisprincipes weergegeven van een horizontale en verticale woningscheidende constructie. Belangrijk zijn:

- gescheiden stijl- en regelwerk 100 mm;
- aan weerszijden een dubbele beplating van gipskarton- of gipsvezelplaten;
- minerale wol in en tussen de C-profielen;
- afstand tussen de beplatingen aan weerszijden van de constructie in de orde van grootte van 25 cm;
- massa op de vloerbeplating met anhydriet, zandcement in een dikte van zo'n 60 mm (afb. 5.6). Ook kan worden gekozen voor een Quantum Deck-vloer (afb. 5.7);
- een vrijdragend plafond met vrijdragende C-profielen of flexibele ont koppelingen (afb. 5.9).

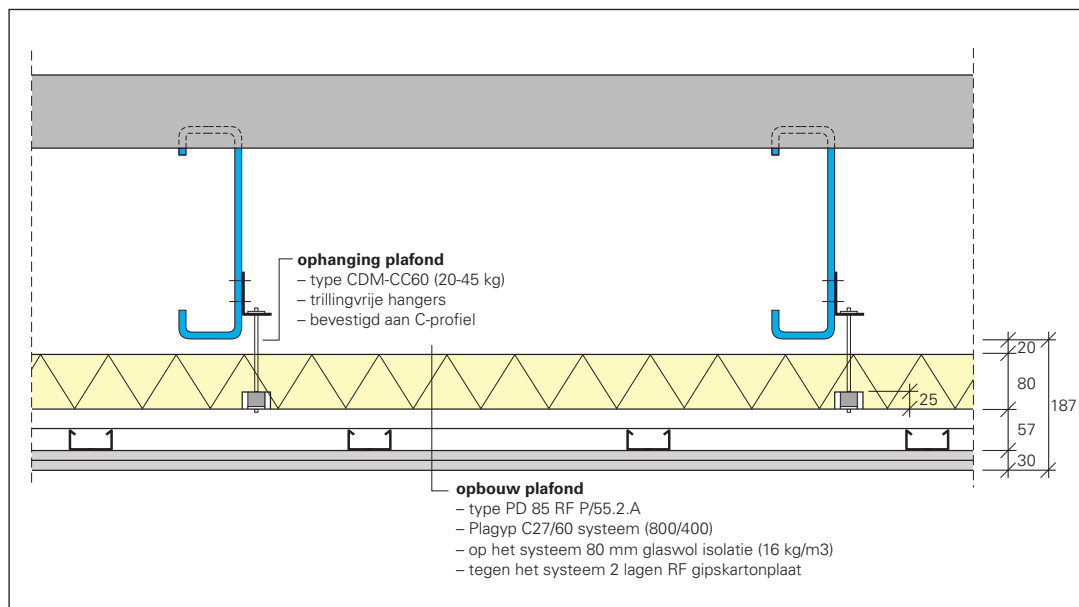
De ont koppelingsmaterialen tussen de vloeren en de wanden moeten in overleg met de constructeur en de akoesticus worden bepaald.

5.9 Woningscheidende vloeren

Extra aandacht is nodig voor de contactgeluidisolatie van woningscheidende vloeren.

Voor het verhogen van de contactgeluidisolatie van vloeren gelden dezelfde principes als bij wanden. Het contactgeluid is echter maatgevend voor de vloeropbouw. De eisen voor contactgeluid zijn namelijk moeilijker te behalen dan de eisen voor luchtgeluid, omdat de vloer door het lopen direct in trilling wordt gebracht. Overigens mag men ervan uitgaan dat er bij voldoende contactgeluidisolatie ook automatisch voldoende luchtgeluidsisolatie is. Om een hoge contactgeluidisolatie in staalframebouw te bereiken, moet de directe geluidoverdracht via de vloer worden beperkt. Er is ten minste aan één zijde van de vloer massa nodig van 80 kg/m² of hoger. Dat is te bereiken door de vloer te verzwaren met anhydriet of een zandcementdekvloer op de beplating van de vloer (afb. 5.6) of met een prefab aangebrachte betonnen (dek)vloer toe te passen, zoals bij de Quantum Deck-vloer (afb. 5.7).

Bij renovaties is het aanbrengen van een volledig



5.9. Detaillering met CDM-flexibele plafondhangers (Delta L) en dubbele Plagyp-profielen. Ook andere leveranciers (bijv. Regupol en Mavotrans Plaka) kunnen dergelijke flexibele hangers leveren.

geluidpaden	aandachtspunten
door de scheidingswand	• Via onderbrekingen in de wand, zoals tegenover elkaar liggende wandcontactdozen of sanitaire installaties. Wandcontactdozen moeten dan luchtdicht worden aangebracht (zie ook <i>paragraaf 5.15, Installatiegeluid</i>). • Via verzwakkingen in de wandafbouw, zoals voegen of kierende afdeklijsten. Aansluitingen van wanden op vloeren dienen luchtdicht te worden afgewerkt met afdichtband of elastisch blijvende kit.
door de vloer	• Via doorlopende vloerliggers; plafonds en vloeren zoveel mogelijk van elkaar scheiden. Via 'lichte' vloerafwerkingen, zoals een enkele plaat. Vloeren verzwaren met anhydriet of beton. • Via een doorlopende vloerbekleding of ondervloer. • Via holle ruimten (tussen de vloerliggers). • Door het aanbrengen van geluidabsorberende materialen in de spouw.
aansluiting vloer-wand	• De beplating van de onderliggende woningscheidende wand mag geen contact maken met de vloerconstructie van de bovenliggende woning.
via flankerende wanden en vloeren	• Door het aanbrengen van ontkoppelingsmateriaal. • Door rekening te houden met belasting op de voeg (aantal verdiepingen). • Via een doorlopende isolatie.
door andere doorlopen-de bouwdelen, zie ook paragraaf 5.15 Installatiegeluid	• Sanitaire installaties. • Leidingen. • Elektrische installaties.

5.10. Aandachtspunten bij de verschillende geluidpaden.

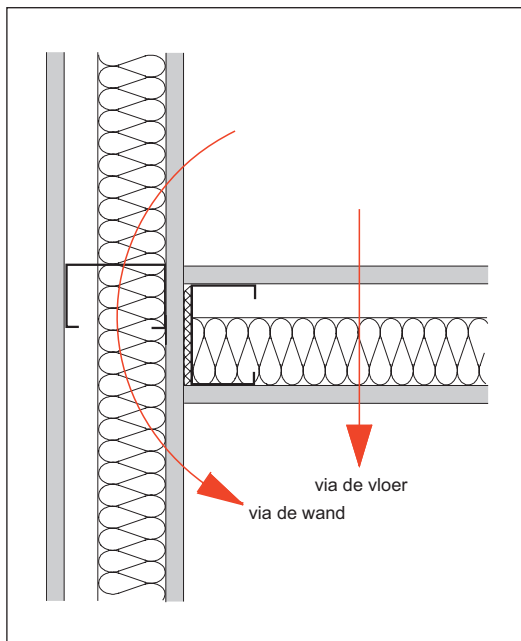
prefab vloersysteem niet altijd mogelijk. Dan wordt gekozen voor het ter plaatse storten van beton of anhydriet/zandcement op zwaluwstaart- of houtplaat. Behalve massa, is extra ontkoppeling tussen de vloerprofielen en de beplating nodig. Afhankelijk van het vloersysteem zijn er verschillende mogelijkheden. Bij het gebruik van een steenachtige dekplaat moet deze zo dicht mogelijk op de beplating worden aangebracht. Een verende laag tussen de steenachtige laag en een houten bekleding veroorzaakt in de constructie extra resonanties met een averechts effect. Aan de plafondzijde kan worden gevarieerd in de opbouw, afhankelijk van de situatie (zie hierna bij *Voorbeelden*). Belangrijk hierbij is dat het plafond zoveel mogelijk wordt gescheiden van de dragende vloerprofielen. Het is in alle gevallen raadzaam om van meet af aan een akoestisch adviseur bij de gewenste uitvoering te betrekken.

Voorbeelden zijn:

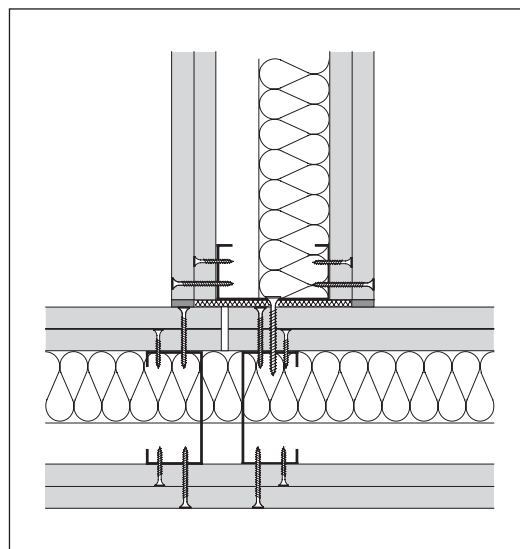
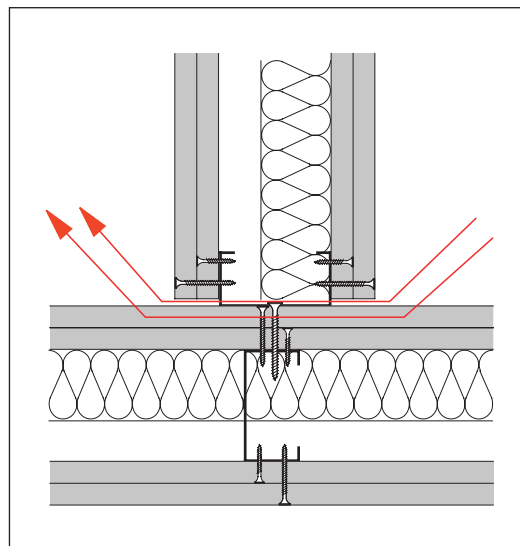
- met een plafond op eigen C-profielen (*afb. 5.6*)
- plafondplaten op veerregels (*afb. 5.7*)
- het plafond flexibel bevestigen op de C-profielen van de vloer (*afb. 5.8 en 5.9*)

5.10 Akoestisch ontwerp eengezinswoningen

Voor de woningscheidende wand geldt in principe hetzelfde als bij woongebouwen. De eisen voor de contactgeluidisolatie tussen verblijfsruimten binnen de woning zijn echter lager dan tussen woningen, wat meestal aanleiding geeft tot minder grote spouwen in de vloerconstructies. In verband met de beleving van contactgeluid wordt ofwel de verzwaring aan de bovenzijde of de ontkoppeling van de vloer en het plafond gehandhaafd, om het dreunen bij lopen te verminderen en op die manier de geluidhinder binnen de woning te beperken. De



5.13. Lip waarmee de vloer op de wand steunt, op ontkoppelingsmateriaal leggen. Naast het effect op de verbindingdemping, wordt het kraken van staal op staal voorkomen.



5.12. Akoestische lekken bij wandaansluiting (boven) en juiste detaillering om lekken te voorkomen (onder). Belangrijk is een scheiding, zodat de platen niet doorlopen. En het sluiten van de voegen tussen beide wanden met dichtingsmateriaal en flexibele kit.

wettelijke eisen geven dan onvoldoende bescherming. Voor kamerscheidende wanden wordt veelal uitgegaan van een enkel C-profiel van 75 mm, gevuld met minerale wol en aan beide zijden een enkele beplating van 12,5 mm gipskartonplaat.

5.11 Aandachtspunten geluidpaden

Bij het ontwerp dient extra gelet te worden op de aspecten in de tabel in [afbeelding 5.10](#).

Bij lichte bouwmethoden verdient de uitvoering van de aansluitingen extra aandacht om geluidlekken te voorkomen ([afb. 5.11](#)). Dat sluit goed aan bij de wens om vanuit energieoverwegingen luchtdicht te bouwen. Openingen in de aansluitingen beïnvloeden de luchtdichtheid van het gebouw en werken als geluidlekken ([afb. 5.12](#)). Let bij de uitvoering op de volgende punten:

- scheiding van flankerende bouwdelen (verbindingdemping);
- scheiding van aan elkaar grenzende bouwdelen met flexibele kit (of gelijkwaardig) (geluidlekken). Dit geldt met name bij de aansluiting van een ver-

laagd plafond op de woningscheidende wand;

- aansluiting met isolatiestrips, isolatiematerialen (ontkoppelen, verbindingdemping);
- toepassing van speciale profielen met dichtingstrips.

5.12 Geluidisolatie in de lage tonen

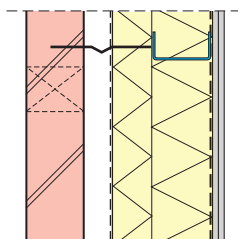
Het Bbl gaat uit van eisen aan het frequentiegebied vanaf 100 Hz. Maar bij lichte constructies kan bij frequenties vanaf 50 Hz extra geluidhinder optreden door de lage tonen van bijvoorbeeld geluidinstallaties en het dreunen door lopen op de vloer. Ook internationaal wordt hier steeds meer aandacht aan besteed in ontwerpnormen en er wordt steeds meer kennis verzameld op dit gebied. Belangrijk zijn dan de massa van de vloer en de grootte van de spouwconstructies. Indien men ook in dit gebied een verbeterde geluidisolatie wil bereiken, raadpleeg dan een akoestisch adviseur die in overleg met de constructeur een ontwerp daarvoor kan maken.

staalframebouw binnenspouwblad en metselwerk buitenspouwblad (conform *afb. 4.9* uit hoofdstuk 4: *Bouw fysica (1)*); $R_{tr} = 48$ dB

5.15. Gevelopbouwen met
bijbehorende R_{tr}

opbouw wand (van rechts/binnen naar links (buiten))

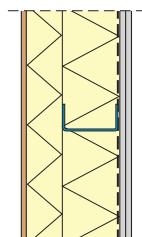
gipskartonplaat (2x)
dampremmende laag
stijl- en regelwerk C-profielen
minerale wol tussen C-profielen
extra isolatie/koudebrugonderbreking
waterwerende en dampdoorlatende laag
luchtsponw (min. 40 mm)
metselwerk



stucwerk op houtvezelplaat isolatielaag (conform *afb 4.5.b* uit hoofdstuk 4: *Bouw fysica (1)*) die voldoet aan R_c -eis uit het Bbl; $R_{tr} = 38$ dB

opbouw wand (van rechts/binnen naar links (buiten))

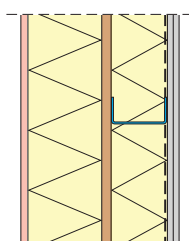
gipskartonplaat GKF (2x)
dampremmende laag
stijl- en regelwerk C-profielen
minerale wol tussen C-profielen
extra isolatie minerale wol
houtvezelplaat (gelijmd op mineral;e wol)
stucwerk



stucwerk op eps, OSB, minerale wol, C-profielen en dubbele 12,5 mm gipskartonplaat; $R_{tr} = 33$ dB

opbouw wand (van rechts/binnen naar links (buiten))

gipskartonplaat (2x 12,5 mm)
dampremmende laag
stijl- en regelwerk C-profielen
minerale wol tussen C-profielen
OSB plaat 18 mm (exterieur kwaliteit)
isolatieplaat (140 mm, gelijmd op OSB plaat)
minerale steenstrips gelijmd op isolatieplaat



5.14. Flexibele akoestische ontkoppeling en constructieve koppeling (Delta L).

5.13 Geluidisolatie en stabiliteit van de woningen

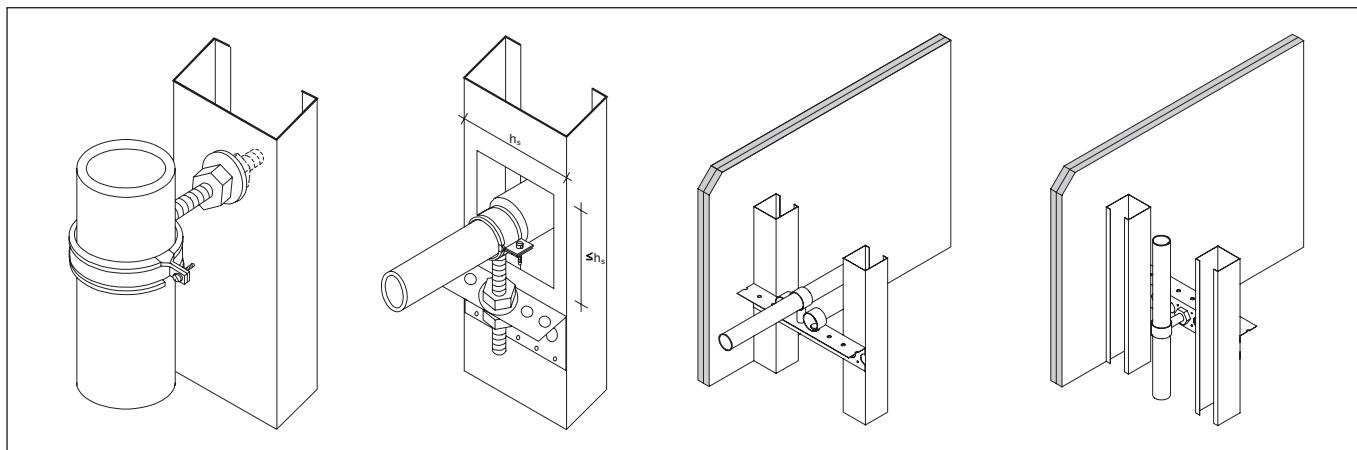
Woningen moeten zodanig worden gebouwd dat zij stabiel zijn en de windbelasting kunnen dragen. Om dat te bewerkstelligen, zullen bij woningscheidingen daarom altijd koppelingen nodig zijn. Hiervoor kunnen flexibele koppelingen worden gebruikt die wel de stabiliteit doorgeven, maar niet de trillingen (*afb. 5.14*). Ook dit aspect moet in overleg met een constructeur worden ontworpen.

5.14 Geluidwering van de gevel

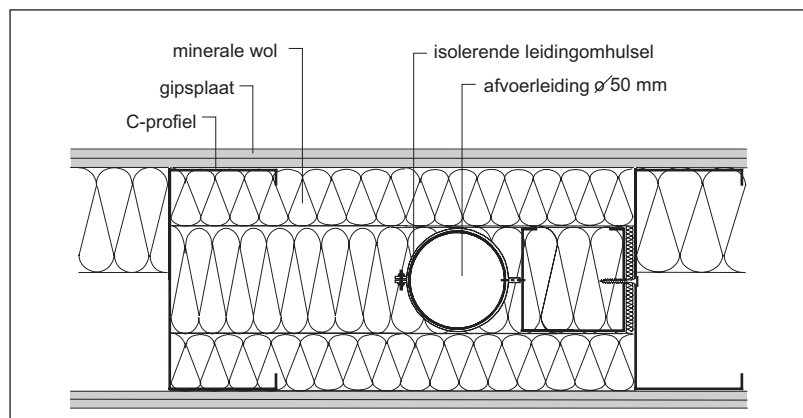
De eisen aan de geluidwering van de gevel zijn afhankelijk van de geluidbelasting L_{DEN} ter plaatse. De gegevens daarvan worden aangeleverd door de milieudienst van de gemeente of berekend door een akoestisch adviesbureau. Bij de geluidwering van de gevel bepalen de samenstellende delen van de gevel samen de geluidwering. Voor beglazing, ventilatie-roosters, suskasten en kier- en naaddichting zijn in de literatuur voldoende gegevens beschikbaar. Ook kunnen deze met speciale computerprogramma's worden berekend op basis van NPR 5272. De eis aan de geluidwering van de gevel is conform het Bbl.

$$G_{AK} \geq L_{DEN} - 33 \text{ dB met een minimum van } 20 \text{ dB}$$

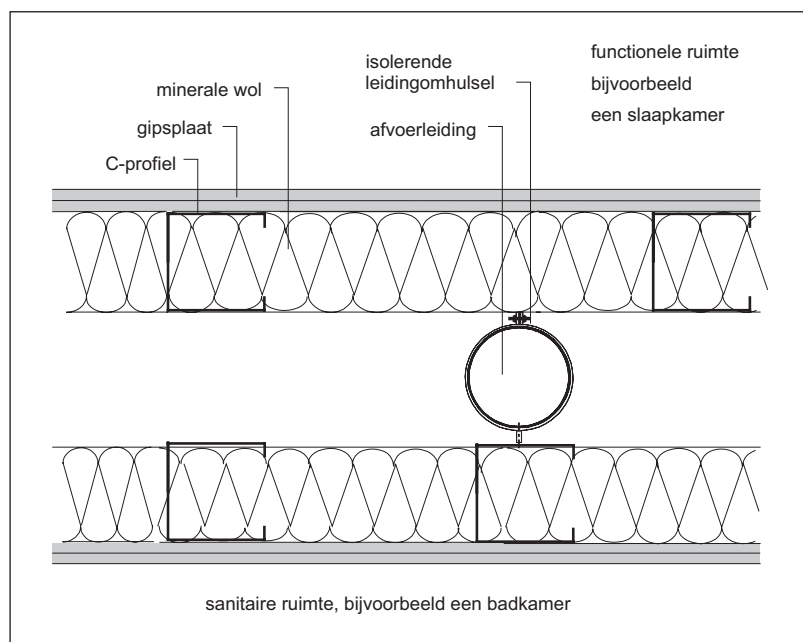
Van de gevelelementen opgebouwd uit staalframebouw elementen zijn nog weinig gegevens beschikbaar. Voor de geluidwering voor wegverkeer wordt internationaal een aparte grootte aangehouden, namelijk R_{tr} . *Afbeelding 5.15* toont drie gevelopbouwen met de waarde voor R_{tr} . Voor overige gevelconstructies in staalframebouw dient men een akoestisch adviseur te raadplegen. Bij de aansluiting van een woningscheidende vloer op een binnenspouwblad gelden dezelfde uitgangspunten als bij de aansluiting op een spouwblad van een woningscheidende wand.



5.17. Akoestische, verende ont koppeling bij horizontale en verticale leidingdoorvoeren.



5.18. Verticale leiding bevestigd in een kamerscheidende wand via een isolerend leidingomhulsel, verend profiel en isolatielaag.



5.19. Verticale leiding in de spouw via een isolerend leidingomhulsel aan de draagconstructie bevestigd bij woningscheidende wand.



Foto: Karel Ley/fig84 - Reclamestudio

5.16. Voorkom koppelingen tussen (stand)leidingen en schachtwanden. Bij voorkeur (stand)leidingen van vloer naar vloer monteren.

monteren (afb. 5.16). Als een leiding toch aan een stijl moet worden bevestigd, kan dat het beste via een akoestische, verende ont koppeling en niet direct aan de draagconstructie (afb. 5.17, 5.18 en 5.19). Voor doorvoeren van ventilatie- en/of rioleringsleidingen (afb. 2.20) tussen brandcompartimenten of woningen zijn in overleg met een akoestisch adviseur en een adviseur brandveiligheid speciale brandwerende manchetten toe te passen. Bij het plaatsen van wandcontactdozen moet erop worden gelet dat deze doorbrekingen van de wand niet ten koste gaan van de geluidwering en de brandwerendheid. Uit geluidmetingen blijkt dat wandcontactdozen niet recht tegenover elkaar moeten worden geplaatst, maar bij voorkeur versprongen, ook bij dubbele bouwmuren. De eisen voor brandwerendheid vragen om een extra barrière van minerale wol en beplating achter de wandcontactdozen. Voor hogere eisen dan 60 minuten zijn er speciale brandwerende wandcontactdozen verkrijgbaar. In NTR 5076:2015 worden aanwijzingen gegeven met betrekking tot installatiegeluid. Deze gelden

5.15 Installatiegeluid

Het Bbl stelt eisen aan installatiegeluid ($L_{I,A,K}$). Bij alle bouwsystemen vragen de leidingschachten extra aandacht. Dit is met name het geval bij de verticale standleiding van de binnenriolering. Koppelingen tussen de (stand)leidingen en de wanden van de leidingschacht moeten worden vermeden. Het heeft de voorkeur om leidingen van vloer naar vloer te



5.20. Om leidingen door te voeren, kunnen de vloerprofielen met de nodige sparingen worden uitgevoerd. Maak de sparingen groot genoeg dat de leidingen niet klem zitten. Let erop dat de sparingen niet in het dwarskrachtgebied (vaak dicht bij de oplegging) worden gemaakt.



5.21. Om hinder van trillingen van een verdiepingvloer te verlagen, wordt de bovenzijde relatief zwaar uitgevoerd. In plaats van een lichte spaanplaat wordt vaak een staalplaat-betonvloer van zwaluwstaartplaat toegepast, of verzwareningen met anhydriet, zandcement of beton.

Foto Karel Ley/fig.84 - Reclamestudio



Home	Waarom lichter bouwen?	Prestatiebepaling	Referentieprojecten	Activiteiten	Partners
------	------------------------	-------------------	---------------------	--------------	----------

GELUID- EN TRILLINGSCOMFORT

Traditionele bouwmethoden in de meerlaagse woningbouw maken plaats voor moderne elementenbouw, zoals staalskeletbouw, houtskeletbouw en staalframebouw. Dit zijn lichtgewicht bouwsystemen, waarbij ook de wand- en vloerelementen en dak- en gevelelementen licht zijn uitgevoerd. Lichtgewicht bouwsystemen bestaan in het algemeen uit meerdere lagen en zijn twee- tot driemaal zo licht als de steenachtige en betonnen systemen.

Of een woning als comfortabel wordt ervaren, wordt voor een groot deel bepaald door het geluid- en trillingsniveau in de woning. Lichtgewicht bouwsystemen kennen naast doorgave van geluid en trillingen door de vloeren en de wanden nog een overdrachtspad: de knoop waar de wanden en vloeren samenkomen. TNO heeft samen met een aantal partners onderzoek gedaan naar de overdracht van geluid en trillingen via de bouwknoop. Op deze website treft u de resultaten aan.

REFERENTIEPROJECTEN



[Bekijk referentieprojecten »](#)

ACTIVITEITEN

[Alle evenementen »](#)

5.22. Meer informatie op lichtbouwen.nl onder andere ook over rekenmodellen en voorbeeldprojecten.

in principe ook voor staalframebouw. Denk hierbij met name aan ventilatie, verwarming/koeling en standleidingen.

Voor liften wordt geadviseerd om deze te plaatsen in een aparte draagconstructie, eventueel in staalframebouw, en deze constructie zo veel mogelijk te scheiden van de woningen. Dit geldt ook ter plaatse van de fundering. Vermijd daarbij het plaatsen van de lift naast verblijfsruimten. Bij de keuze voor een zogenaamde spindellift, kan deze relatief eenvoudig worden geplaatst.

5.16 Trillingen

Ook met lichte bouwsystemen zoals staalframebouw, zijn hoge comforteisen mogelijk. Wel is speci-

fieke aandacht nodig voor geluidisolatie in de lage frequenties (zoals dreungeluiden) en voor voelbare trillingen (bijvoorbeeld door lopen en springen). Dit speelt in het bijzonder bij de appartementenbouw waar wasmachinegeluiden of looptrillingen van de burens als bijzonder storend worden ervaren. Toepassing van een zware afwerklaag in de vloerconstructie (bijvoorbeeld een – al dan niet gewapende – betonnen of anhydriet dekvloer van minimaal 60 mm dik) is een relatief eenvoudige oplossing (afb. 5.21). Andere ontwerp oplossingen, zoals het verhogen van de eigenfrequentie, het variëren van de stijfheid en het voorkomen van resonantie, worden beschreven op de website lichtbouwen.nl (afb. 5.22). Om trillingsoverdracht van vloeren te beoordelen

zijn praktijkrichtlijnen ontwikkeld. In Nederland is dat de SBR-praktijkrichtlijn 'Trillingen van vloeren door lopen'. Deze methodiek is opgenomen in Europese HIVOSS-richtlijn ('Human induced Vibrations of Steel Structures'). Deze gebruiken de grootheid $ES-RMS_{90}$. Dit is de 90%-bovengrens van alle voorkomende looptrilling-niveaus ten gevolge van een (voet)stap. De term RMS_{90} staat voor de 90%-bovengrens van de effectieve waarde (in het Engels: 'Root Mean Square' of RMS) van de snelheid in een punt van de vloer als gevolg van lopen op die vloer. Omdat de effectieve waarde wordt berekend over de duur van een enkele stap wordt de beoordelingsgrootheid als de één-stap RMS_{90} (kort: $ES-RMS_{90}$) aangeduid. De $ES-RMS_{90}$ houdt rekening met verschillende loopfrequenties en gewichten van mensen.

Bij het analyseren van de $ES-RMS_{90}$ -waarde gaat het in eerste instantie om het bepalen van de overdrachtsadmittanties $Y(f)$. De overdrachtsadmittantie beschrijft het volledige dynamische gedrag van de constructie tussen twee punten. Het is de verhouding tussen de snelheid op de responsiepositie en de kracht op de excitatiepositie ($Y = v/F$). De admittantie kan worden gemeten of numeriek worden bepaald.

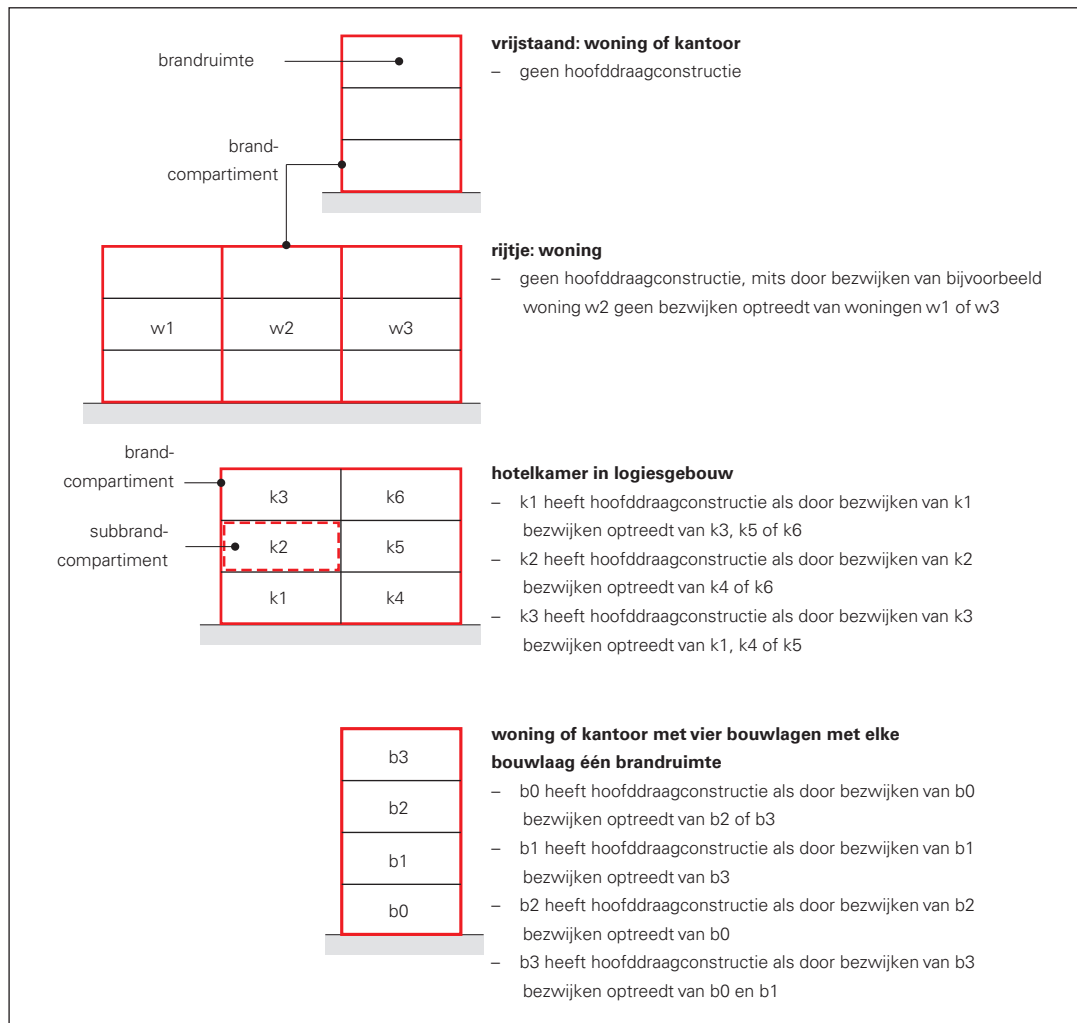
Als alternatief bieden de richtlijnen een handrekenmethode aan. De handrekenmethode verlangt als input de modale massa (m), de eigenfrequentie (f) en de demping (ζ). De handrekenmethode moet theoretisch voor elke trilmode uitgevoerd worden, zodat deze drie invoerparameters voor elke mode nodig zijn. De handrekenmethode heeft als uitgangspunt dat in het midden van de vloer wordt geëxciteerd en dat daar ook de trillingen beoordeeld worden. Wil men de waarde tussen twee arbitraire punten berekenen, dan is theoretisch ook de beschrijving van de modale trilmode (ϕ) nodig. Voor het bepalen van de dynamische eigenschappen is het nodig om informatie te hebben over de elasticiteitsmodulus (E), de Poisson-verhouding (ν), de massa van de vloer per vierkante meter (m^2), de lengte van een zijde van de vloer (L) en de totale massa van de vloer (M_{tot}). Meer uitleg over deze beoordelingsmethodiek en hoe hiermee om te gaan in het ontwerp is te vinden op lichtbouwen.nl en de genoemde richtlijnen (zie [Literatuur](#)).

Literatuur

- W.G.M. Beentjes, *Licht Bouwen in Houtskeletbouw, Staalframebouw en Rockzero systeem* [lezing]. Lezingenochtend 'Licht Bouwen', Nederlands Akoestisch Genootschap, 2020. Geraadpleegd op 16 december 2024.
- *Besluit bouwwerken leefomgeving*, Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening (VRO), Den Haag 2023. Geraadpleegd op 16 december 2024.
- G.S. Bron-Van der Jagt, E. Gerretsen en S.S.K. Lentzen, 'Lichtgewicht (woon)gebouwen, Deel 1: Voorspelling van lucht- en contactgeluidisolatie tussen ruimten', *Bouwfysica* 2010-4, Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging, 2011.
- G.S. Bron-Van der Jagt, E. Gerretsen en S.S.K. Lentzen, 'Lichtgewicht (woon)gebouwen Deel 2: Voorspelling van de geluidreductie in bouwkundige bouwknoten', *Bouwfysica* 2011-1, Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging, 2011.
- F. Galanti (e.a.), *Trillingen van vloeren. Ontwerprichtlijn, Human induced Vibrations of Steel Structures (HiVoSS)*, Research Fund for Coal & Steel 2008. Geraadpleegd op 16 december 2024.
- F. Galanti (e.a.), *Achtergronddocument voor Human induced Vibrations of Steel Structures (HiVoSS)*, Research Fund for Coal & Steel 2008. Geraadpleegd op 16 december 2024.
- E. Gerretsen en G. Vermeir, *Eénduidige geluidisolatie van gipskartonplaatwanden*, NBVG, BLGV en ABLG 1995.
- S.S.K. Lentzen, F. Galanti, en A. Koopman, 'Berekenen, meten en beoordelen van vloertrillingen door lopen', *Bouwfysica* 2012-1, Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging 2012.
- *NEN 5077* (Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidniveaus veroorzaakt door installaties), 2019.
- *NPR 5272* (Ontwerpaspecten van de geluidwering van gevels op basis van NEN-ISO 12354-3), 2024.
- *NTR 5076* (Installatiegeluid in woningen en woongebouwen, Richtlijnen voor integraal ontwerp en realisatie), 2015.
- E. Reynders, *Bouwakoestiek*, Acco Learn, 2021.
- C. van Bentum (e.a.) *Lichtbouwen.nl, geluid- en trillingscomfort*, TNO (e.a.), Delft 2012. Geraadpleegd op 16 december 2024.
- P. van Deelen, G.S. Bron-Van der Jagt en E. Gerretsen, *Kansen voor lichte verdiepinggebouwen*, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2004.
- P.H. Waarts (e.a.), *Trillingen van vloeren door lopen. Richtlijn voor het voorspellen, meten en beoordelen*, SBR Rotterdam, 2005.

6 Brandveiligheid

Ralph Hamerlinck (Bouwen met Staal en Adviesbureau Hamerlinck) met dank aan Gert van den Berg (DGMR), Martin Boot (Etex), Nico Bresser (FeNB2 Productie), Pascal van den Heuvel (Rockwool), Herbert Hofstad (Saint-Gobain Gyproc/Isover) en Martijn Jansen (BAAS Architecten.)



6.1. Brandruimte, brandcompartimenten en subbrandcompartimenten.

Zowel voor utiliteitsgebouwen, bijvoorbeeld kantoren, als woongebouwen geeft het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) eisen voor veiligheid, onderverdeeld in ‘afdelingen’ over de sterkte van de constructie, sterkte bij brand, gebruiksveiligheid, en (een groot aantal) eisen voor brandveiligheid.

Bij elk gebruiksfunctie maakt het Bbl onderscheid tussen nieuwbouw (Hfst. 4), verbouw (Hfst. 5) en bestaande bouw (Hfst. 3). De eisen voor nieuwbouw zijn het hoogst.

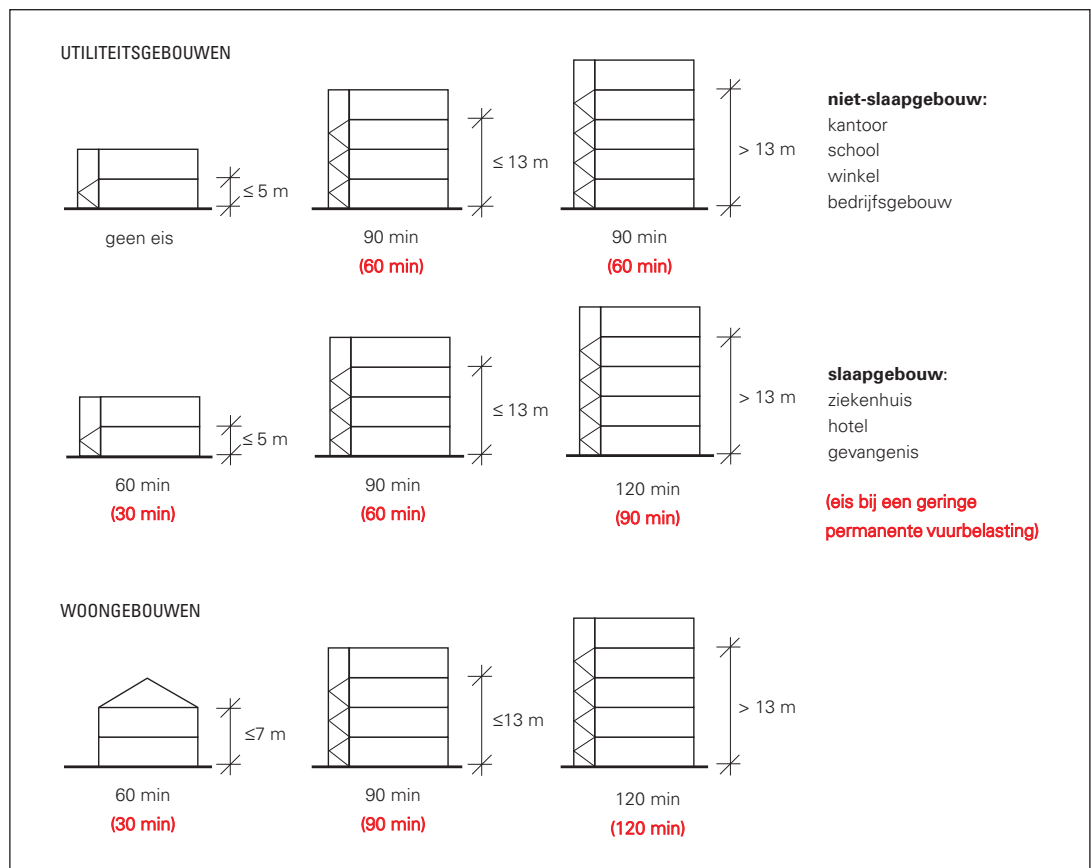
De afdelingen over ‘brandveiligheid’ bevatten de eisen voor vluchtroutes, de bijdrage aan brandvoortplanting door materialen, de rookproductie van materialen en de brand- en rookcompartimentering. De afdeling ‘sterkte bij brand’ beschrijft de (prestatie)eisen voor de brandwerendheid van draagconstructies. Het gaat dan om de ‘brandwerendheid met betrekking tot bezwijken’ (aangeduid met de letter R). Daarnaast kennen we de brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie, die van belang is voor de weerstand tegen branddoorslag en -overslag (wdbdo) voor het beperken van de

uitbreiding van brand (aangeduid met de letters EI). De brandwerendheid tegen bezwijken is de tijd waarbinnen een constructie-onderdeel weerstand kan bieden aan de daarop werkende (thermische en mechanische) belasting. Gebruikelijk is om hierbij verhitting volgens de standaardbrandkromme te beschouwen. De standaardbrandkromme beschrijft het verondersteld verloop van de temperatuur in de tijd. Maar de Eurocodes, waar het Bbl voor de bepaling van de brandwerendheid naar verwijst, maakt het ook mogelijk andere (fysische) brandcurven toe te passen, die met Fire Safety Engineering (FSE) zijn te bepalen, wat echter bij staalframebouw niet gebruikelijk is. Bij de eisen aan de brandwerendheid van draagconstructies wordt onderscheid gemaakt tussen ‘hoofddraagconstructie’ en ‘overige draagconstructies’.

6.1 Wat is ‘hoofddraagconstructie’?

Evenals het Bouwbesluit 2012 gebruikt het Bbl de term hoofddraagconstructie niet meer, maar beschrijft welke brandwerendheidseis geldt voor een constructiedeel waarvan het bezwijken in de buitengewone belastingcombinatie ‘brand’ leidt

Brandwerendheidseisen draagconstructies utiliteitsbouw en woningbouw die bij brand leiden tot bezwijken van andere brandcompartimenten (nieuwbouw), met in rood na aftrek van 30 minuten vanwege een geringe permanente vuurbelasting.



tot het voortschrijdend instorten van het gebouw of andere brandcompartimenten van het gebouw ('kaartenhuiseffect'). Er wordt dus iets anders onder verstaan dan bij andere 'buitengewone belastingen', zoals explosies.

De constructeur is geneigd vrijwel de gehele constructie tot 'hoofddraagconstructie' bij brand te rekenen. Bij brand moet echter worden gekeken naar het effect van bezwijken op het niveau van brandcompartimenten (afb. 6.1). Een brandcompartiment mag bezwijken, zolang andere brandcompartimenten maar overeind blijven. Is dit niet het geval, dan gelden voor de constructie de hogere brandwerendheidseisen (bijvoorbeeld R 90, terwijl REI 60 geldt voor de constructie van de brandscheiding). Dit kan betekenen dat gebouwen met maar één brandcompartiment – bijvoorbeeld vrijstaande woningen, kleine kantoorgebouwen of hallen – géén hoofddraagconstructie hebben en daarmee ook niet aan de hiervoor geldende (hogere) brandwerendheidseisen hoeven te voldoen. Dit geldt ook voor rijtjeswoningen waarvan het bezwijken van één woning beperkt blijft tot die ene woning.

6.2 Eisen brandwerendheid 'hoofd'-draagconstructies utiliteitsgebouwen

De eisen voor de brandwerendheid van draagconstructies van utiliteitsgebouwen zijn afhankelijk van gebruiksfunctie en gebouwhoogte. Voor kantoren en andere 'niet-slaapgebouwen' (bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen, scholen en winkels) liggen de eisen lager dan voor 'slaapgebouwen' (waaronder hotels, ziekenhuizen en gevangenissen). Hoe hoger het gebouw, hoe hoger de eisen. De eisen gaan steeds met 30 minuten omhoog bij de 5 en 13 m hoogtegrens. Het gaat hierbij om het hoogteverschil (h)

tussen de hoogste vloer van een verblijfsgebied van de beschouwde gebruiksfunctie en het aansluitende terrein ter plaatse van de toegang van het gebouw (doorgaans het maaiveld). Bij nieuwbouw met verdiepinghoogten van 3,3 à 4,2 m gelden de brandwerendheidseisen voor de 'hoofd'-draagconstructie volgens afbeelding 6.2, boven.

6.3 Eisreductie: lage permanente vuurbelasting utiliteitsgebouwen

De brandwerendheidseisen zijn 30 minuten lager, als de permanente vuurbelasting lager is dan 500 MJ per m² vloeroppervlak. De permanente vuurbelasting is de verbrandingswaarde van alle vergunningsverplichtige brandbare bouwdeelen. Afbouwdeelen als plafonds, niet-dragende scheidingswanden en binnendeuren horen daar niet bij. De waarde 500 MJ komt overeen met 26 kg vurenhout. Met onbrandbare bouwmaterialen als beton en staal wordt vrijwel altijd voldaan aan dit criterium. De bepaling van de permanente vuurbelasting volgens NEN 6090 is sinds 2016 vereenvoudigd, zie [1]. De variabele vuurbelasting wordt in deze berekening niet meegenomen; deze zit al in het eisenniveau verwerkt.

Eventueel verdere reductie van de eisen is afhankelijk van de gekozen brandveiligheidsoplossing(en), mogelijk in het kader van gelijkwaardigheid, zie www.brandveiligmetstaal.nl, onder 'kantoren, draagconstructies', bij 'sprinklerinstallaties', onder 'tools', bij 'sprinklers en staalconstructies' en [2].

6.4 Brandwerendheidseisen overige draagconstructies utiliteitsgebouwen

Naast eisen voor de 'hoofddraagconstructie' die verband houden met het voortschrijdend bezwijken

subbc		– eenlaags gebouw; 1 brandcompartiment; 1 subbrandcompartiment; geen 30-minuten eis i.v.m. vluchten
subbc 1	subbc 2	– eenlaags gebouw; 1 brandcompartiment; 2 subbrandcompartimenten; geen 30-minuten eis i.v.m. vluchten als de constructie ontkoppeld is bij scheiding tussen subbc 1 en subbc 2; wel 30-minuten eis i.v.m. vluchten voor de constructie als bezwijken leidt tot bezwijken ander subbrandcompartiment
subbc 1	subbc 2	– tweelaags gebouw; 1 brandcompartiment; 2 subbrandcompartimenten; verdiepingvloer < 4 m geen 30-minuten eis i.v.m. vluchten als de constructie ontkoppeld is bij scheiding tussen subbc 1 en subbc 2; wel 30-minuten eis i.v.m. vluchten voor de constructie als bezwijken leidt tot bezwijken ander subbrandcompartiment
subbc 1	subbc 2	
subbc 3	subbc 4	– tweelaags gebouw; 1 brandcompartiment; 4 subbrandcompartimenten; verdiepingvloer < 4 m geen 30-minuten eis i.v.m. vluchten voor de dakdragende constructie als deze ontkoppeld is bij scheiding tussen subbc 3 en subbc 4 en bij bezwijken de verdiepingvloer intact blijft; wel 30-minuten eis i.v.m. vluchten voor de verdiepingvloerdragende constructie, omdat bezwijken leidt tot bezwijken bovengelegen subbrandcompartiment
subbc 1	subbc 2	

| 20 minuten brandwerende wand
— 20 minuten brandwerende vloer
— niet-brandwerende wand, vloer of dak

buiten het brandcompartiment, kunnen er eisen gelden voor de draagconstructie in algemene zin. Er kunnen eisen worden gesteld voor het instandhouden van een vluchtroute (bij een brand in een ander (sub)brandcompartiment) of voor weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdb). Constructiedelen die hierbij een functie vervullen, moeten doorgaans 30 minuten brandwerend zijn. In twee gevallen moeten de constructiedelen 60 minuten brandwerend zijn:

- als ze een functie vervullen bij een brandscheiding in een gebouw met drie of meer bouwlagen (een hoogste vloer van een verblijfsgebied op meer dan 5 m);
- als ze een zogenaamde veiligheidsvluchtroute tegen branddoorslag moeten beschermen.

Dit aanvullende eisenpakket kan ertoe leiden dat voor lage gebouwen toch eisen gelden, terwijl er geen eisen zijn voor de draagconstructie in verband met voortschrijdend bezwijken buiten het brandcompartiment. Of dit het geval is, hangt af van de vluchtafstanden, de indeling in brandcompartimenten en de afstand tot de perceelgrens. In een relatief klein tweelaags gebouw is het vaak mogelijk te vluchten vanuit elk punt binnen de vereiste afstand van 30 of 45 m, eventueel via noodtrappen. Dan is het gehele gebouw één subbrand- en brandcompartiment en is er geen sprake van het bezwijken van vluchtroutes in een ander subbrandcompartiment. Voor ontvluchting en compartimentering geldt dan geen eis van 30 minuten. Bij grotere tweelaagse gebouwen is dat vaak wel het geval.

6.5 Eisen brandwerendheid 'hoofd'-draagconstructies woningen en woongebouwen

De eisen voor de brandwerendheid van de draagconstructie zijn afhankelijk van de gebouwhoogte en de functie van het beschouwde onderdeel van de draagconstructie. Als het bezwijken door brand beperkt blijft tot de woning zelf, geldt geen eis. Dit is het geval bij vrijstaande woningen en vaak ook bij rijtjeswoningen.

Er geldt wel een eis voor constructies waarvan het bezwijken leidt tot bezwijken buiten het brandcompartiment (de woning). Daarnaast kan een eis van 30 minuten worden gesteld in verband met het in stand houden van de vluchtroutes buiten het

subbrandcompartiment van de woning. Ook kan 30 minuten zijn vereist, wanneer delen van de gevel brandwerend moeten zijn in verband met een te korte afstand tot de perceelgrens of in verband met brandoverslag naar hoger gelegen woningen, beide bij een wbdb-eis van 60 minuten.

Nogmaals: hoe hoger het woongebouw, hoe hoger de eisen. De eisen gaan hier steeds met 30 minuten omhoog bij de 7 en 13 m hoogtegrens. Bij nieuwbouw van woningen met een verdiepinghoogte van circa 3 m geldt de volgende brandwerendheidseis voor de draagconstructie (die bij brand leiden tot bezwijken van andere woningen), zie [afbeelding 6.2, onder](#):

- drie bouwlagen: 60 minuten;
- vier en vijf bouwlagen: 90 minuten;
- zes of meer bouwlagen: 120 minuten.

6.6 Eisen aan (lichte) staalframebouw vanaf vier bouwlagen

Bij meerlaagse woningbouw is het vaak mogelijk om slechts de onderste bouwlagen uit te voeren volgens een (hogere) eis van 90 of 120 minuten en bij de bovenste twee bouwlagen te volstaan met 60 minuten brandwerendheid als bij deze bovenbouw een lichte bouwmethode zoals staalframebouw is ingezet. De vereiste 60 minuten brandwerendheid voor de bovenbouw dient dan alleen voor het in stand houden van de brandscheiding tussen de woningen.

De hogere eisen van 90 of 120 minuten worden gesteld om het voortschrijdend bezwijken (buiten het brandcompartiment) te voorkomen. Zo'n hogere eis is bij een woonfunctie niet van toepassing op het bezwijken van een subbrandcompartiment dat grenst aan een brandcompartiment. In de toelichting bij artikel 4:17, lid 2 van het Bbl staat hierover: 'Dit betekent praktisch gezien dat bij brand in een woning de bouwconstructie bij de aangrenzende burens mag bezwijken, maar niet bij de burens van de burens. Het bezwijken bij brand mag namelijk niet tot een voortschrijdende instorting leiden.'

Daarom geldt een eis van 60 minuten brandwerendheid als het bezwijken van een woningscheidende wand, vloer/plafond of constructie in een woning slechts resulteert in het bezwijken van de woning eronder, erboven of ernaast. Deze eis is de eis voor wbdb tussen brandcompartimenten aan

6.3 Rookvrije vluchtwegen.

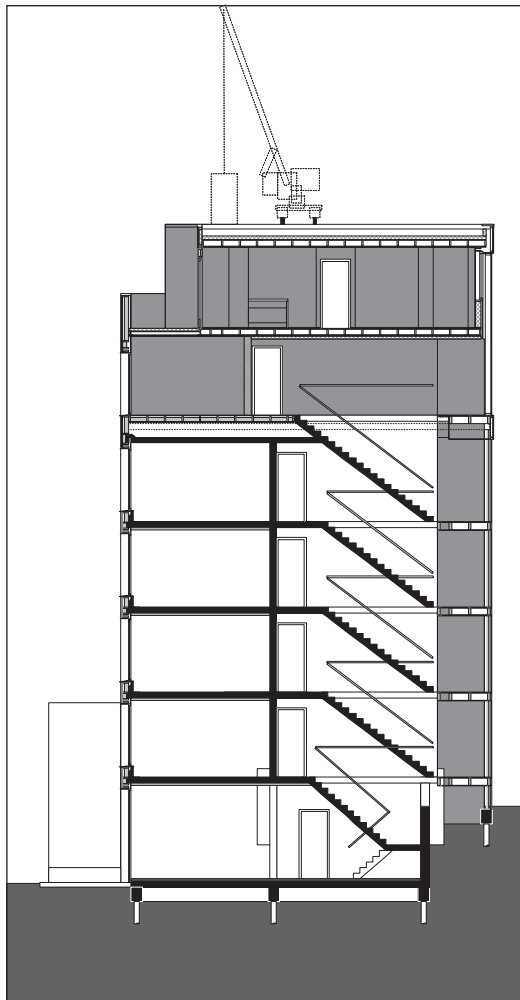


Foto: Luuk Kramer

6.4. Leeuw van Vlaanderen, Amsterdam. Doorsnede met zeven lagen, waarvan de onderste vijf lagen in zware (beton)bouw en de bovenste twee in lichte staalframebouw. De zesde verdiepingvloer (en daarmee hoogstgelegen vloer in een verblijfsgebied) bevindt zich op 17 m boven maaiveld (en daarmee boven de 13 m-grens). Voor de vijf eerste lagen van dit gebouw geldt een brandwerendheidseis bij nieuwbouw van 120 minuten, voor de bovenste twee bouwlagen 60 minuten. Bij verbouw geldt het 'rechtens verkregen niveau', dus alles 60 minuten.

beide zijden van de wand/vloer (volgens artikel 4.53 van het Bbl). Indien méér bezwijkt dan alleen de woning eronder, erboven of ernaast, dan is de eis 90 of 120 minuten (afhankelijk van het niveau van de hoogstgelegen vloer van een verblijfsgebied).

Als de bovenste twee bouwlagen van de woning

een lichtgewicht bouwconstructie hebben, dan is het voortschrijdend bezwijken van deze verdiepingen niet aan de orde. Op de 'bovenbouw' is dan een brandwerendheid van 'slechts' 60 minuten brandwerendheid van toepassing. Voorwaarde is wel, dat de onderbouw het gewicht van de geheel of gedeeltelijk ingestorte bovenbouw kan dragen. Daarnaast dient te zijn voorzien in een horizontale ontkoppeling tussen de draagconstructies van de naastgelegen woningen van de bovenbouw (ten opzichte van elkaar) dan wel in voldoende capaciteit van de constructie van de andere woningen van de bovenbouw om horizontale instortkrachten uit de bovenbouw op te nemen.

Bij een zwaar dak, bijvoorbeeld van (prefab) beton, kan voortschrijdend bezwijken naar beneden optreden. Dan moet zelfs de dakdragende constructie 90 of 120 minuten brandwerend zijn.

Bij een middelzwaar dak is de onderbouw in staat om de (deels) ingestorte bovenste laag te dragen. Voor de bovenste laag blijft de vereiste brandwerendheid dan beperkt tot 60 minuten. De hogere eis van 90 of 120 minuten geldt dan alleen voor de andere bouwlagen onder de bovenste laag.

6.7 Eisreductie: lage permanente vuurbelasting woningen en woongebouwen

De brandwerendheidseisen voor woningen met een hoogste vloer van een verblijfsgebied tot 7 m hoogte zijn 30 minuten lager, als de permanente vuurbelasting lager is dan 500 MJ per m² vloeroppervlak (op woongebouwen met een hoogste vloer van een verblijfsgebied boven 7 m is deze reductie niet van toepassing).

De permanente vuurbelasting is de verbrandingswaarde van alle vergunningsplichtige brandbare bouwdeelen. Afbouwdeelen als plafonds, niet-dragende scheidingswanden en binnendeuren horen daar niet bij.

De waarde 500 MJ komt overeen met 26 kg vuren-hout. Met onbrandbare bouwmaterialen als beton en staal wordt vrijwel altijd voldaan aan dit criterium. De bepaling van de permanente vuurbelasting volgens NEN 6090 is sinds 2016 vereenvoudigd, zie [1].

Eventueel verdere reductie van de eisen is afhankelijk van de gekozen brandveiligheidsoplossing(en).

6.8 Verbouw

Bij verbouw van bestaande woningen (of andere gebouwen) en/of uitbreiding via bijvoorbeeld optoppen, aanhangen of uitplinten (geen volledige nieuwbouw), geldt het 'rechtens verkregen niveau'.

Dit is het toenmalige vergunde niveau van veiligheid voor het bestaande gebouw (afb. 6.4). Als dit niveau niet bekend is, vereist het Bbl in artikel 5.5 als minimum het niveau 'bestaande bouw'. Hierbij gelden bij woningbouw de volgende eisen voor constructies waarvan het bezwijken leidt tot bezwijken buiten het brandcompartiment (de woning):

- 60 minuten als de hoogste vloer van een verblijfsgebied in een woning hoger ligt dan 13 m;
- 30 minuten als de hoogste vloer van een verblijfsgebied hoger ligt dan 7 m, maar lager dan 13 m.

Een brandwerendheidseis van 20 minuten kan gelden in verband met het in stand houden van de vluchtroutes buiten het subbrandcompartiment van de woning. Ook kan een wdbbo-eis van 20 minuten gelden als delen van de gevel brandwerend moeten zijn vanwege brandoverslag naar bovengelegen woningen of naar een ander perceel. Wordt een brandscheiding tijdens de verbouw veranderd of nieuw aangebracht, dan geldt de verbouweis van 30 minuten.

6.9 Functies

De sterkte en elasticiteitsmodulus van staal nemen bij temperaturen vanaf 400 °C af. Dunwandige en lichte staalconstructies, staan, zonder bescherming, direct bloot aan de hoge temperaturen die tijdens een brand ontstaan. Daarom worden ze tegen de hoge temperatuur beschermd door koelende of isolerende beplating. Zo kunnen sterke thermische vervormingen en het bezwijken van de bouwdelen worden voorkomen. Bij staalframebouw worden de staalprofielen vanwege de constructieve toepassing opgenomen in (woningscheidende) wanden, gevels en vloeren met specifieke brandwerendheidseisen. Op die manier vervult de wand een dubbele functie (brandscheiding (EI-criterium) plus bescherming van de dunne, koudgeformde staalprofielen (R-criterium)) en wordt effectief omgegaan met de (brandwerende) bekleding.

6.10 Brandwerendheid

De totale brandwerendheid van de staalframebouw wanden en vloeren wordt verzorgd door de verschillende componenten waarmee de elementen zijn opgebouwd (afb. 6.5). De staalprofielen zijn onbrandbaar en dragen dus niet bij aan de vuurbelasting. Ze moeten echter wel brandwerend worden bekleed/bescherm. Voor deze bekleding zijn de volgende materialen te gebruiken:

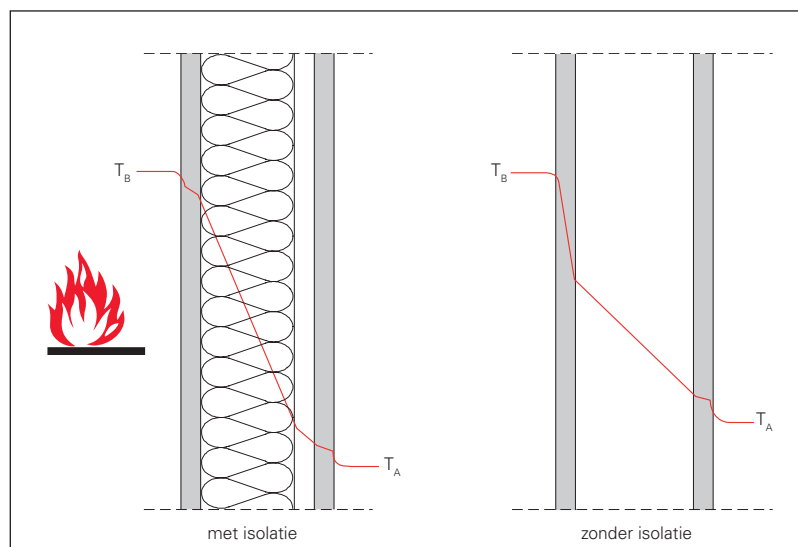
- gipskarton- of vezelplaten;
- glasvlies versterkte gipsplaten;
- calciumsilicaatplaten;
- steenwolplaten.

Deze materialen zijn brandveilig en beschermen de achterliggende constructie tegen de directe brandhaard en dienen tegelijkertijd als wand-, plafond- en vloerafwerking.

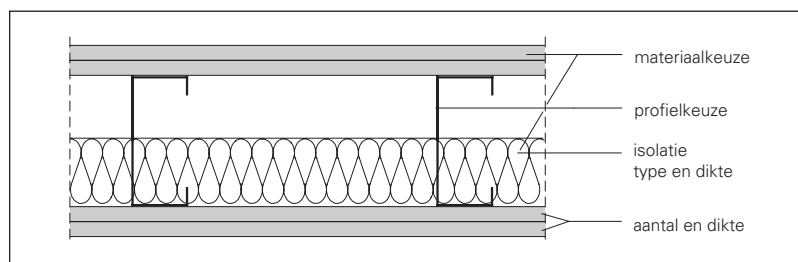
De verschillende plaatmaterialen beschermen het staal tegen de brand, waarbij naast de doorbrandtijd zaken als vervormingen, scheur- en naadvorming en de plaats waar de isolatie wordt toegepast, bepalend zijn voor de brandwerendheid. Als de holle ruimtes van de wanden worden gevuld met (minerale wol) isolatie, is het van belang of de wand dragend of niet-dragend is. In een niet-dragende wand kan de isolatie de brandwerendheid van de constructie verhogen. Hierdoor reduceert de warmtestroom naar de niet-verhitte zijde. Wanneer de (brandwerende) bekleding aan de vuurzijde er af valt, vertraagt de isolatie de doorslag naar de andere zijde. In een dragende wand is de kritieke temperatuur van de staalprofielen doorgaans 500 °C en bepalend voor de draagkracht van de wand. De isolatie in de holle ruimtes van de constructie

functie	onderdeel
draagconstructie onderslagconstructie	staalprofielen (koudgeformde profielen en warmgewalste kolommen en liggers)
plaatmateriaal, bekleding	gipsplaten (gipsvezel- en gipskartonplaten en glasvlies versterkte gipsplaten)
	calciumsilicaatplaten
	platen van mineraalgebonden vezels
	glasvlies versterkte cementplaten
	houtachtige platen
isolatie	minerale wol
	organische isolatie
aansluit-/ afdichtingsmaterialen	afdichtingsband/minerale vezels minerale afsmeermiddelen

6.5. Verdeling van de in staalframebouw gebruikte materialen naar functie en onderdeel.

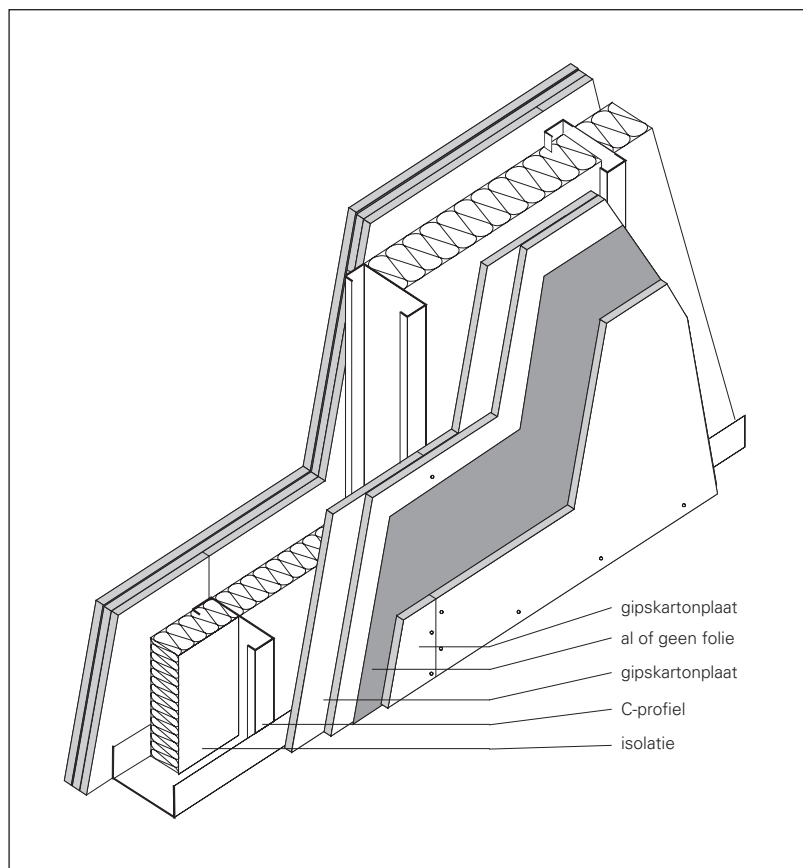


6.6. Temperatuurverloop in een scheidingswand met en zonder isolatie bij een eenzijdige brandhaard.



6.7. Onderdelen om de brandwerendheid te beïnvloeden/verbeteren.

verhindert de warmteafgifte naar de niet-verhitte zijde, waardoor aan de brandzijde de kritieke temperatuur van de beplating sneller wordt bereikt dan wanneer geen isolatie aanwezig is (afb. 6.6). Ook als voor de brandwerendheid geen isolatie nodig is of zelfs nadelig werkt, dan kan evengoed isolatie nodig zijn om bouw fysieke redenen. De voor- en nadelen zijn in elk geval de moeite waard om af te wegen. Moet de isolatie om akoestische of thermische redenen worden toegepast, dan moet de constructie zijn doorgerekend op de mogelijke invloeden van de isolatie (afb. 6.7). Aan een constructie getest zonder isolatie mag niet zonder meer isolatie toegevoegd worden. Andersom geldt hetzelfde. Dampremmende lagen of folies beïnvloeden het brandgedrag niet.



6.8. Een oplossing voor de brandwerendheid van een stabiliteitswand.

6.11 Classificatie en bepaling van de brandwerendheid van staalframebouw onderdelen

Bij brand moet uitbreiding naar andere brandcompartimenten (andere woningen of andere verdiepingen) worden vermeden/verkomen. Het Bbl stelt daarom eisen aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdbo) tussen brandcompartimenten. Voor alle gebouwonderdelen die een brandscheidende functie hebben, resulteren deze wbdbo-eisen in eisen aan de brandwerendheid met betrekking tot de scheidende functie. Hierbij gelden de volgende criteria:

- vlammen of hete gassen mogen niet worden doorgelaten (E-criterium);
- de temperatuur aan de niet-verhitte zijde mag niet te hoog oplopen (gemiddeld minder dan 140 °C stijging met een maximum van 180°C op een enkel punt) (geldt voor binnenwanden en vloeren) (I-criterium);
- de straling aan de niet-verhitte zijde mag niet te hoog oplopen (minder dan 15 kW/m² op 1 m) (geldt voor buitenwanden) (W-criterium);
- er mag geen bezwijken optreden (let hierbij op de hierboven besproken hogere eisen bij voortschrijdend bezwijken) (R-criterium). Dragende wanden moeten daarbij worden beoordeeld op de aanwezige gebruiksbelasting voor het belastinggeval brand.

De brandwerendheid van de staalframebouw onderdelen is afhankelijk van:

- de thermische belasting (eenzijdig bij woningscheidende wand);
- de afmetingen (van het bouwdeel);
- het type constructie (de afzonderlijke componen-

ten en wijze waarop ze samenwerken);

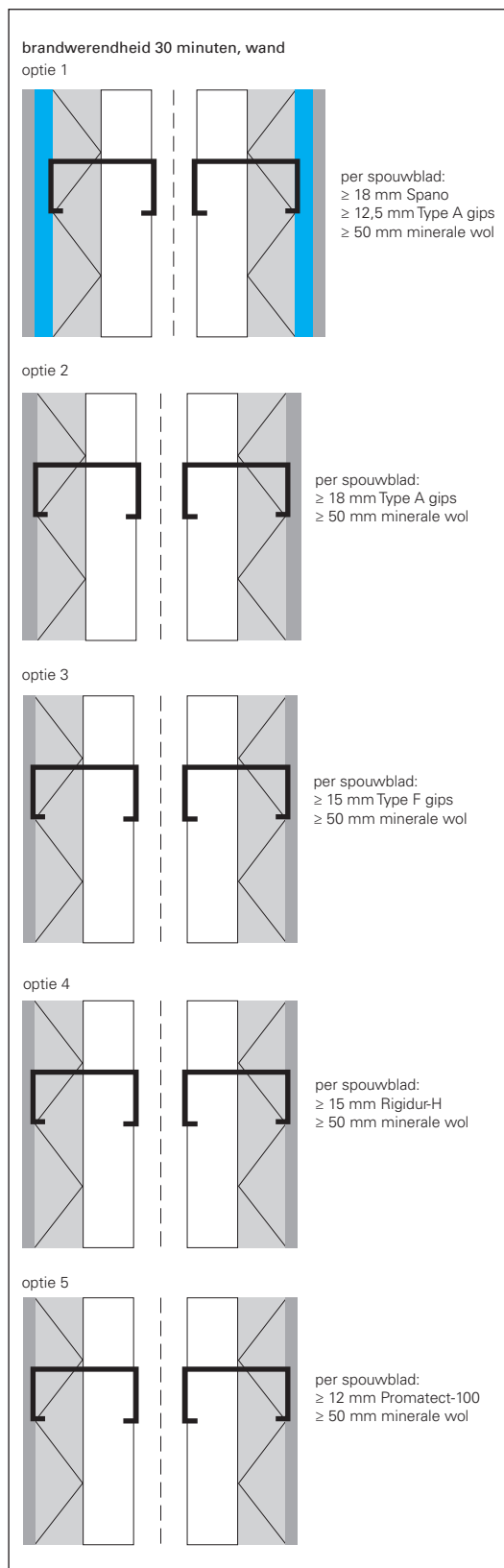
- het statisch systeem;
- de belasting op het bouwdeel;
- de brandwerende bekledingen.

Het Bbl stelt, naast eisen aan de brandwerendheid, ook eisen aan de weerstand tegen rookdoorgang, uitgedrukt in R_a (koude rook) en R_{200} (rook van 200 °C). Daarnaast zijn er eisen ter beperking van de bijdrage aan de brand- en rookontwikkeling van de bouwmaterialen (brand- en rookklasse). Doordat staalframebouw elementen (aan de brandzijde) vrijwel volledig bestaan uit (vrijwel) onbrandbare onderdelen (brandwerende beplating, minerale wol en stalen profielen) wordt automatisch voldaan aan deze materiaal- en producteisen. Dit geldt ook voor de strengere eisen die voor (extra) beschermde vluchtroutes gelden. Wat de weerstand tegen rookdoorgang betreft, voldoen de staalframebouw elementen op zichzelf, maar is de detaillering en naadaansluiting van aansluitende elementen bepalend of aan de eisen in het Bbl voldaan wordt.

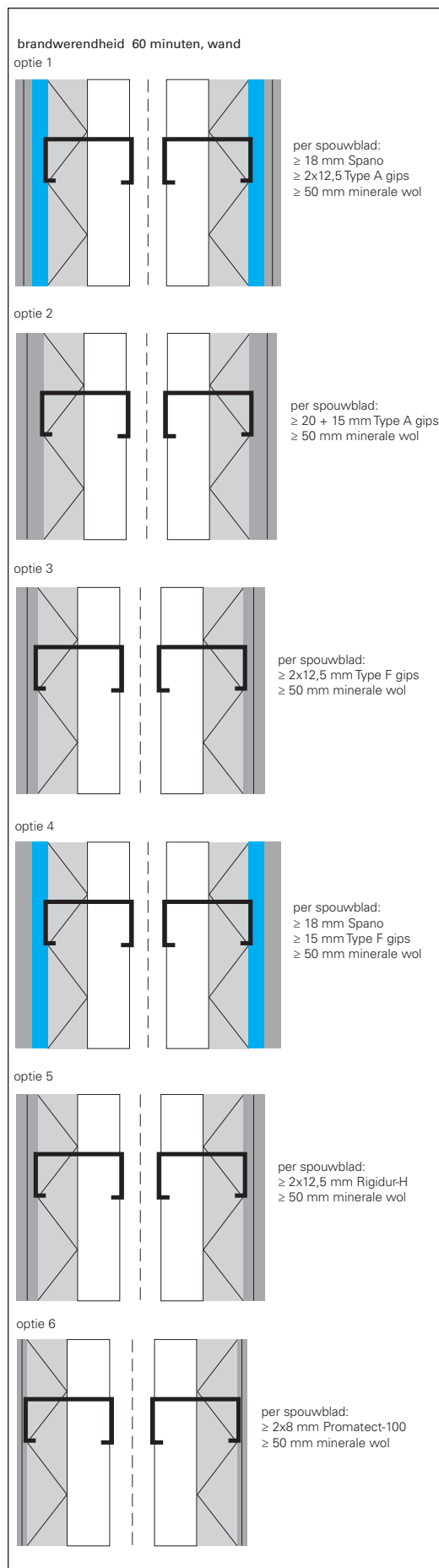
De verschillende onderdelen samen en voornamelijk de bekleding, bepaalt de brandwerendheid van het staalframebouw element: het soort plaatmateriaal, de plaatafmetingen, de dikte, het aantal lagen van de bekleding en de dikte van de isolatie. Een bekleding van platen met extra brandwerende eigenschappen kan de totale brandwerendheid tot op de hoogste eis brengen. De brandwerende bekledingen voor staalconstructies worden bepaald met de profielfactor (omtrek-doorsnede-verhouding van de profielen) en de kritieke staaltemperatuur. Brandwerende bekledingen voor staalconstructies hebben in het algemeen een toepassingsgebied tot een profielfactor van 300 m⁻¹. Omdat de profielen in staalframebouw deze waarde te allen tijde overstijgen, kan hiervan geen gebruik worden gemaakt. De waarden voor de brandwerendheid van de staalframebouw onderdelen (opbouw en detaillering) zijn bepaald uit brandproeven en ze zijn eventueel vastgelegd in erkende classificatierapporten en/of kwaliteitsverklaringen (KOMO-attesten, productcertificaten enz.).

Het maatgevende criterium bij brandproeven is vaak het overschrijden van de gemiddelde temperatuurstijging of de maximale temperatuurstijging van 180°C ter plaatse van een plaatnaad of bovenaansluiting van de wand aan de niet-verhitte zijde. Wordt aan dit criterium voldaan, dan kan evenwel die constructie niet zonder meer worden gebruikt als bescherming voor stalen profielen. Er dient daarnaast aangetoond te worden dat de temperatuur in de wand, gedurende de brandwerendheidstijd niet boven de kritieke staaltemperatuur van ongeveer 350 °C uitkomt waarmee draagkracht van het bouwdeel kan worden gewaarborgd. Let op dat de thermokoppels die daarvoor tijdens een brandproef moeten worden toegevoegd op de juiste plaats zitten, dus aan de juiste zijde van de isolatie. Het is ook van belang dat de brandwerende beplating gedurende de verhittingsduur 'intact' blijft. Voor de onderbouwing van de brandwerende prestaties van een staalframebouw element moet

6.9.a-b. Indicaties staalframebouw elementsamenstelling voor de brandwerende prestaties. Plaatdiktes zijn ondergrenzen. Definitieve onderbouwing geschiedt door de leverancier op basis van beschikbare testdata. Dit zijn voorbeelden. Voor de te gebruiken oplossing moet bij de fabrikant worden gevraagd naar de juiste invulling met de juiste onderbouwing.



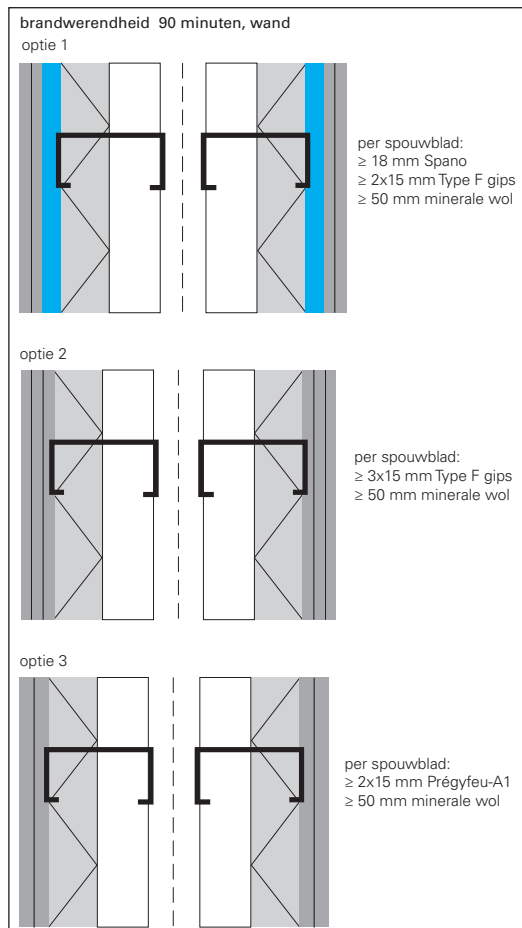
de ontwerper/bouwer in overleg treden met de plaatleverancier/-producent. Deze is voor hun producten op basis van volgens de betreffende normen uitgevoerde testen op de hoogte hoe de gevraagde prestatie bereikt kan worden. In [afbeeldingen 6.9a-g](#) staan overzichten van diverse mogelijkheden (voorbeelden) met verschillende producten. Dit geldt zowel voor de dragende/stabiliserende wanden en gevels, maar ook voor de plafonds van vloeren/daken. Ook niet-dragende leidingschachten kunnen in staalframebouw worden uitgevoerd en ook hiervoor geldt analoog: raadpleeg de plaatpro-



ducent hoe deze leidingschachten verantwoord en met de juiste onderbouwing kunnen worden uitgevoerd. Dit geldt ook voor wanddoorvoeringen van leidingen die vanuit een ruimte af- of aanvoeren via de leidingschacht.

6.9c en d.

Indicaties staalframebouw elementsamenstelling voor de brandwerende prestaties. Plaatdiktes zijn ondergrenzen. Definitieve onderbouwing geschiedt door de leverancier op basis van beschikbare testdata. Dit zijn voorbeelden. Voor de te gebruiken oplossing moet bij de fabrikant worden gevraagd naar de juiste invulling met de juiste onderbouwing.



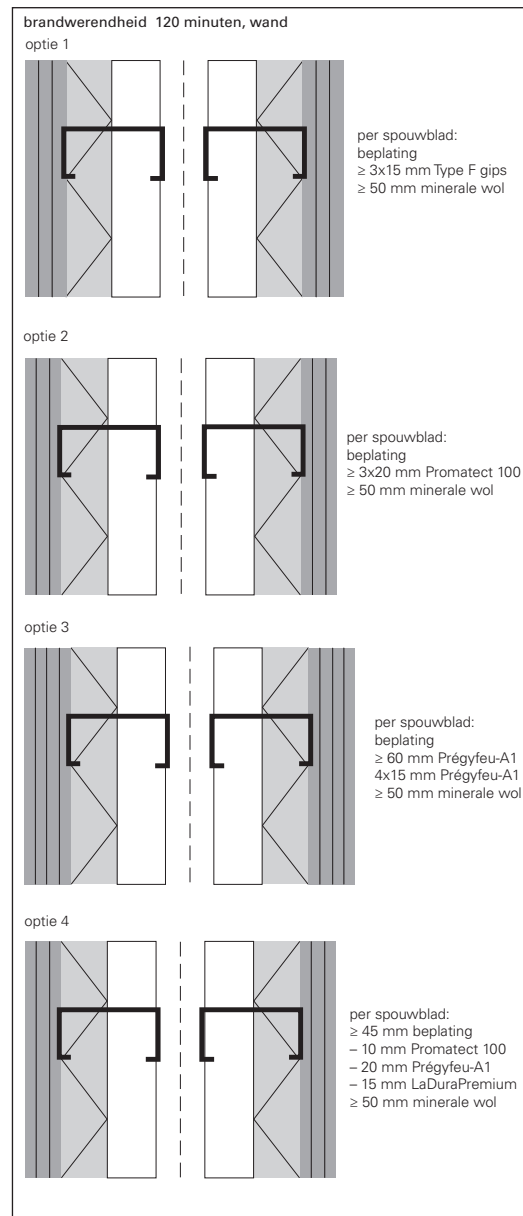
6.12 Wanden met brandwerendheidseisen

De opbouw van dragende en niet-dragende wanden is met het oog op brandwerendheid gelijk. Maatgevend voor de brandwerendheid is het type bekleding, de isolatie, de wandhoogte en de dikte ervan. Een niet-dragende wand moet zijn scheidende functie gedurende de geëiste brandduur behouden (EI-criterium). Een dragende wand of stabiliteitswand moet daarbij ook zijn constructieve functie blijven vervullen in de belaste toestand tijdens de test (tevens R-criterium). Dat houdt in dat alle dragende stalen onderdelen tegen brand beschermd moeten worden. Dat geldt voor de stijlen en vloerprofielen, maar ook voor de stabiliserende onderdelen zoals windverbanden of constructief meewerkende bekleding. Bijzondere aandacht is, naast een vakbekwame montage, ook geboden bij de volgende punten:

- verticale en horizontale voegen van de wandelementen;
- aansluitingen op aangrenzende wanden en vloeren;
- inbouw van kozijnen en ramen
- inbouw van deuren;
- (leiding)doorvoeren.

6.13 Elektrische installaties in wanden

Hollewandcontactdozen kunnen op elke willekeurige plek in een dragende of niet-dragende wand worden ingebouwd. De brandwerendheidseis is gelijk aan die voor de wand waarin deze worden toegepast. Er moet rekening worden gehouden met de in [afbeelding 6.11](#) weergegeven aandachtspunten. Ook bestaat de mogelijkheid de hollewandcontact-



doos (hwd) te voorzien van een brandwerende ‘pad’ waarmee de prestatie verhoogd wordt. Ook voor ‘luchtdichting’, of ‘rookafdichting’ bestaan er ‘inserts’ die de hwd-prestatie tot op een bepaald niveau verbeteren. Behalve de hwd te omkleden met brandwerend plaatmateriaal, is er ook de mogelijkheid de hwd in het element te omkleden met steenwol, met een smeltpunt > 1000 °C. In alle gevallen moet aangetoond worden dat de leveranciers achter de gekozen toepassing staan en deze kunnen onderbouwen. Er moet namelijk aangetoond worden dat de inbouwdozen geen te hoge temperaturen op de stalen stijlen toelaten.

Als gebruik wordt gemaakt van een brandrapport moet de betreffende rapporteigenaar aangeven of het rapport nog geldig is en toestemming geven om hiervan gebruik te maken. Brandwerende inbouwdozen die in een lichte scheidingswand voldoen, kunnen niet zonder meer in een dragende wand opgenomen worden.

6.14 Staalframebouw vloeren met brandwerendheidseisen

De brandwerendheid van staalframebouw vloersystemen verloopt op analoge wijze als bij wanden.

brandwerendheid 30 minuten, vloer

basisconstructie:

- 35-50 mm anhydriet;
- OSB, spaanplaat of Spano
- staalframe, C- en U-profielen;
- minerale wol ≥ 50 mm.



optie 1: plafondconstructie
 $\geq 2 \times 12,5$ mm Type A gips
 op veeregels/rachels



optie 2: plafondconstructie
 ≥ 175 mm Type F gips
 op veeregels/rachels



optie 3: plafondconstructie
 ≥ 15 mm Rigidur-H



55 mm betonvloer met
 C220-15 meegestort.

optie 4: plafondconstructie
 getest op 60/27 frame
 h.o.h. 600 mm.
 - stroken Promatect-100
 12x100 mm
 tegen profielen.
 - 12 mm Promatect-100.

**brandwerendheid 60 minuten, vloer**

basisconstructie:

- 35-50 mm anhydriet;
- OSB, spaanplaat of Spano
- staalframe, C- en U-profielen;
- minerale wol ≥ 50 mm.



optie 1: plafondconstructie
 $\geq 37,5$ mm Type A gips



optie 2: plafondconstructie
 $\geq 27,5$ mm Type F gips



optie 3: plafondconstructie
 ≥ 25 mm Rigidur-H



optie 4: plafondconstructie
 ≥ 18 mm Promatect-100



6.9e en f.

Indicaties staalframebouw
 elementsamenstelling
 voor de brandwerende
 prestaties. Plaatdiktes
 (meerlaags) zijn
 ondergrenzen, niet
 perse op handelsmaat.
 Definitieve onderbouwing
 geschiedt door de
 leverancier op basis van
 beschikbare testdata. Dit
 zijn voorbeelden. Voor de
 te gebruiken oplossing
 moet bij de fabrikant
 worden gevraagd naar
 de juiste invulling met de
 juiste onderbouwing.

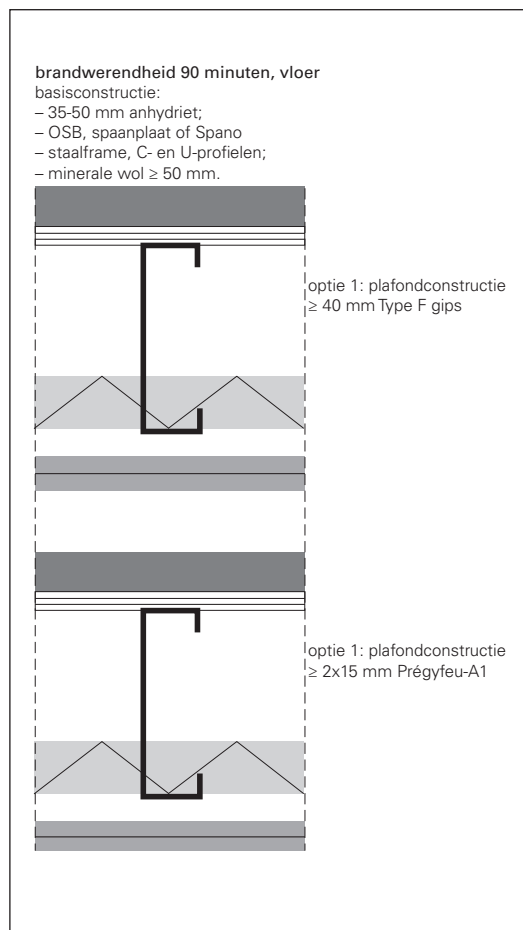
Daarbij moeten vloeren altijd als een totaal van vloer-plafond constructie beschouwd worden. De vloerprofielen worden door de brandwerende bekleding aan de onderzijde (plafond) tegen brand beschermd en aan de bovenzijde door de afwerkklaag.

De brandwerendheidseis, bijvoorbeeld 90 minuten, wordt feitelijk bepaald door de materialen van de ruwbouwvloer en de plafondbekleding. De belangrijke onderdelen daarvan zijn alle dragende en stabiliserende onderdelen die bijdragen aan de sterkte (en stijfheid) van de vloer. Dat geldt voor vloeren met directe bekleding aan de onderzijde en voor 'opgehangen' plafonds.

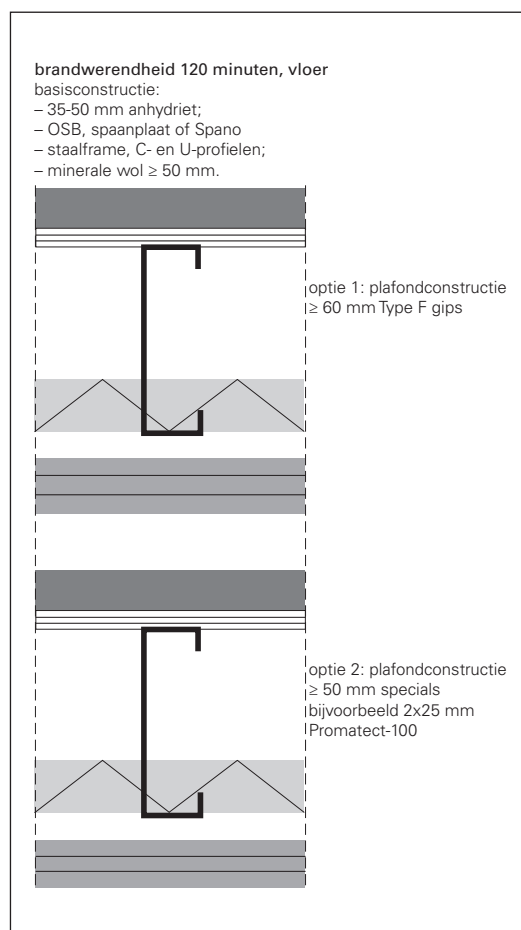
6.15 Brand van onder

Net als bij de wanden zijn voor de staalframebouw vloeren geen specifieke rekennormen voorhanden en wordt voor de bepaling van de brandwerendheid gebruik gemaakt van proeven op het staalframebouw systeem in een specifieke opbouw. Daarbij wordt hoofdzakelijk teruggegrepen naar de plafondsysteem die bij brand zelfstandig een bepaalde brandwerendheid hebben (zelfstandig brandwerende plafondsysteem), getest conform EN 1364-2.

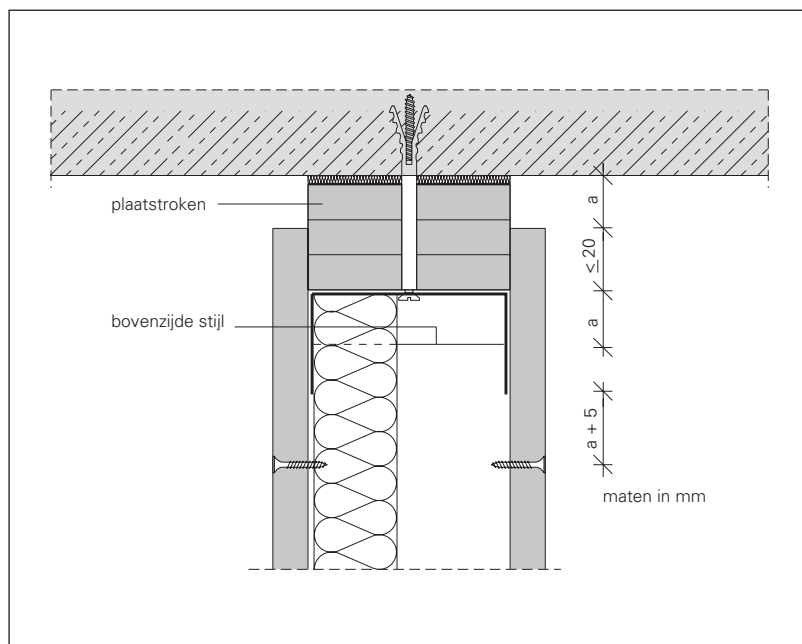
De draagprofielen van de plafonds worden (kruislings) aangebracht. De h.o.h.-afstand ervan wordt bepaald door de afstanden uit de brandproef of



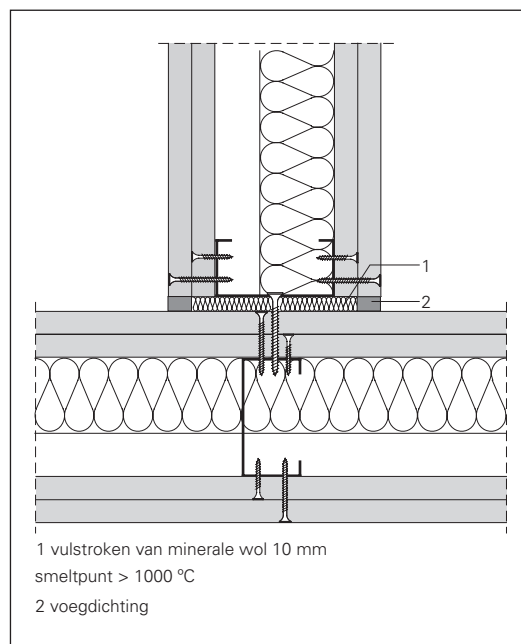
6.9g Indicaties staalframebouw elementsamenstelling voor de brandwerende prestaties. Plaatdiktes (meerlaags) zijn ondergrenzen, niet perse op handelsmaat. Definitieve onderbouwning geschiedt door de leverancier op basis van beschikbare testdata. Dit zijn voorbeelden. Voor de te gebruiken oplossing moet bij de fabrikant worden gevraagd naar de juiste invulling met de juiste onderbouwning.



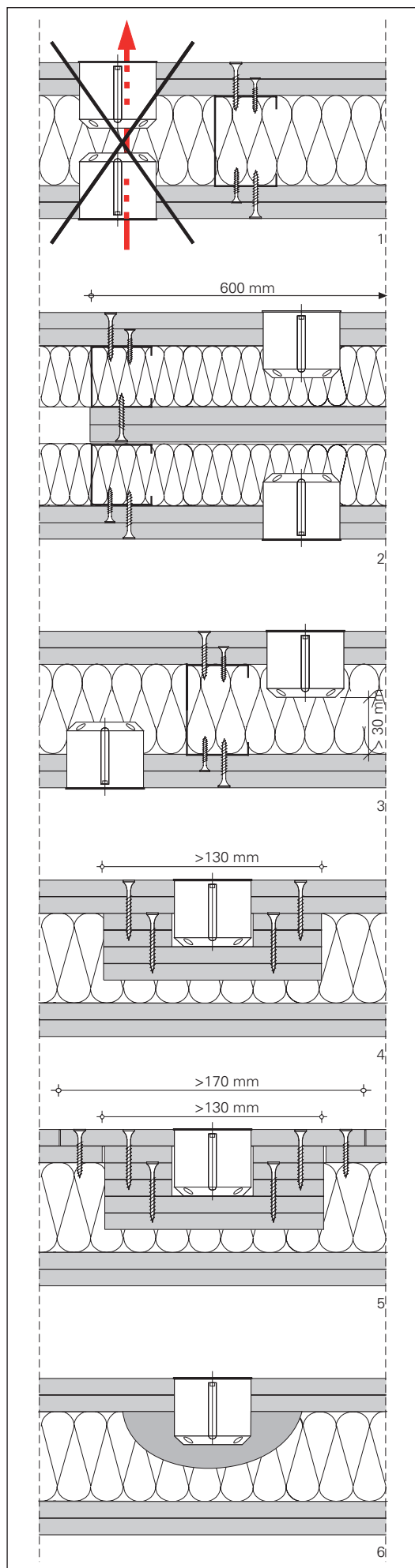
6.9g Indicaties staalframebouw elementsamenstelling voor de brandwerende prestaties. Plaatdiktes (meerlaags) zijn ondergrenzen, niet perse op handelsmaat. Definitieve onderbouwning geschiedt door de leverancier op basis van beschikbare testdata. Dit zijn voorbeelden. Voor de te gebruiken oplossing moet bij de fabrikant worden gevraagd naar de juiste invulling met de juiste onderbouwning.



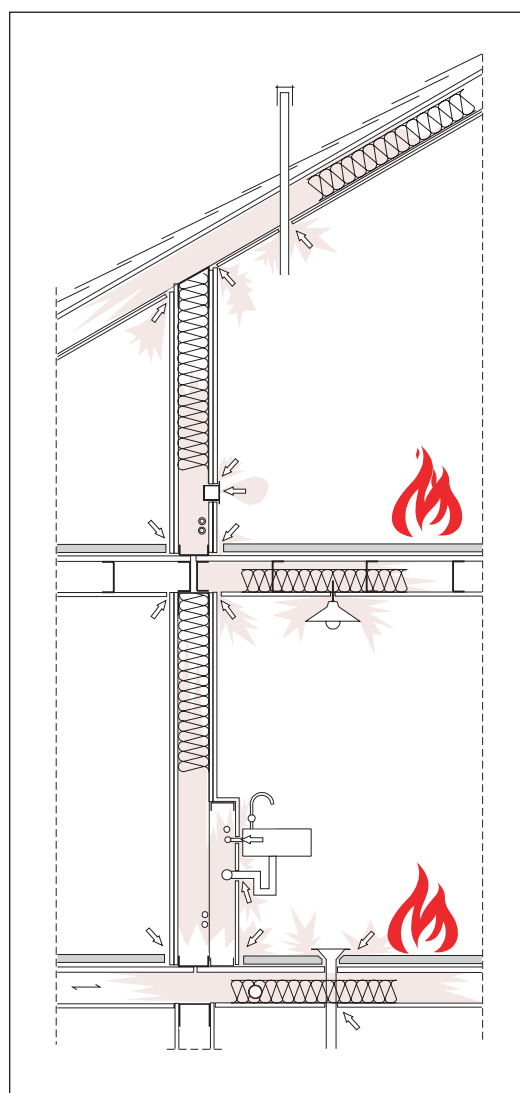
6.10. Glijdende vloeraansluiting van een niet-dragende wand met een brandwerende functie.



6.12. Brandwerende uitvoering van een wand-op-wand aansluiting.



6.11. Vuistregels voor het inbouwen van wandcontactdozen in wanden met een brandwerende functie.



6.13. Specifieke details moeten al in de ontwerpfase worden beoordeeld op rookontwikkeling en brandvoortplanting.

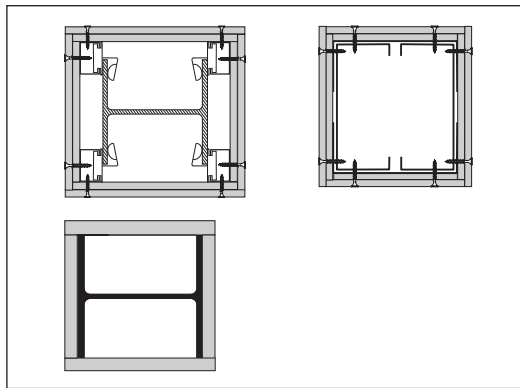
een kleinere afstand voor de draagkracht van de plaat. Bij staalframebouw kunnen de vloerprofielen geen dienstdoen als plaatdragende profielen. De vloerprofielen zijn vervaardigd van dikker staal waardoor deze anders reageren dan de profielen die voor plafonds gebruikt worden. Ook zal de doorbuiging van de vloer een veel directere belasting op de brandwerende platen geven dan wanneer het plafond op plafondprofielen is gemonteerd. De vloerconstructie dient daarom getest te worden volgens de NEN-EN 1365-2 zoals deze in de praktijk wordt gebouwd.

Er is ook nog een methode volgens NEN-EN 13381-1 (*protective membrane*) voorhanden. De temperatuur in het plenum mag dan niet boven de 370 °C komen. De profielen mogen niet warmer worden dan 350 °C. Hiermee is alleen het draagvermogen (R) van de vloer te onderbouwen.

6.16 Brand van boven

In de Nederlandse norm (NEN 6069) en de Europese norm (EN 1365-2) worden vloeren niet beoordeeld op een brand van boven. Wel is het mogelijk om een test uit te voeren op basis van NEN-EN 1365-2 met een brand van boven volgens de standaardbrandcurve. Er wordt met een vloerbelasting getest. De criteria R, E en I worden beschouwd. Hiervan is dan geen classificatie mogelijk maar het geeft wel de best mogelijke benadering van

6.14. Brandwerende bekledingen voor staalprofielen.



de brandwerendheid. Bij staalframebouw vloeren met een brandwerendheid van 30 minuten is daar de gebruikelijke (zwevende) afwerklaag of extra afwerkplaat al voldoende. Deze beschermt de dragende vloerbeplating op de staalprofielen tegen brand en verhindert een vroegtijdig bezwijken. Bij brandwerendheid van de staalframebouw vloer is het type en de dikte van de vloerafwerking aan de bovenzijde en die van de isolatie maatgevend. Voor 60 minuten brandwerendheid kunnen zandcement- en anhydrietlagen, maar ook gipskartonplaten, gipsvezelplaten en spaanplaten worden ingezet.

6.17 Dakconstructies

Daken die qua afbouw met vloeren vergelijkbaar zijn, worden op brandwerendheid gelijkgesteld. De genoemde bepalingen voor de 'brand van onder' gelden ook. Over het algemeen moeten daken tegen brand van buiten voldoende weerstand kunnen bieden tegen vliegvluur (vergelijkbaar met een zekere brandklasse), maar hoeft niet brandwerend te zijn van boven naar beneden.

6.18 Brandwerende bekledingen op dragende wanden en stabiliteitswanden

Wanneer in de staalframebouw constructie vrijstaande kolommen of liggers worden toegepast die niet in een wand of vloer vallen, dan moeten maatregelen worden genomen voor de vereiste brandwerendheid. De meest logische en economische manier is om de kolommen en liggers eerst brandwerend te bekleden. Daarnaast kan ook een brandwerende spuitapplicatie of verf worden toegepast. De functionaliteit hiervan moet wel aangetoond kunnen worden. Er moet ook aan EI worden voldaan (geldt voor alle oplossingen). Stalen onderdelen kunnen ook een brandwerende bekleding nodig hebben zelfs als ze reeds door integratie in een vloer of wand gedeeltelijk (maar nog onvoldoende) tegen brand zijn beschermd, zoals een hoofddragconstructie tussen twee wanden. Om de vereiste brandwerendheid te waarborgen moet met de volgende criteria rekening worden gehouden:

- eisen aan de bouwdelen (30, 60, 90 of 120 minuten);
- geldende normen;
- verhitting van de constructie-elementen (1-, 2-, 3-, of 4-zijdig);
- geometrie van de profielen: profielfactor (omtrek-doorsnede verhouding);
- keuze van de bekleding en de bekledingsdikte;

– bescherming van de bekleding daar waar ze de meeste kans op beschadiging oplopen (bijvoorbeeld de zijanten);

De volgende plaattypen worden als brandwerende bekleding gebruikt:

- gipsvezelplaten;
- glasvlies versterkte gipsplaten;
- cementgebonden platen;
- calciumsilicaatplaten;
- vermiculietplaten;
- steenwolplaten.

Bij de uitvoering is de bevestiging van de bekleding (in overeenstemming met de geteste uitvoering) van groot belang. Deze waarborgt dat de bekleding bij brand er niet afvalt ([afb. 6.14](#)).

6.19 Brandwerende eigenschappen hollewandconstructies

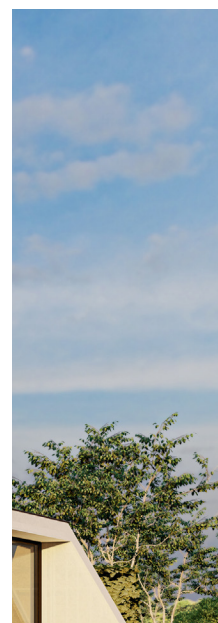
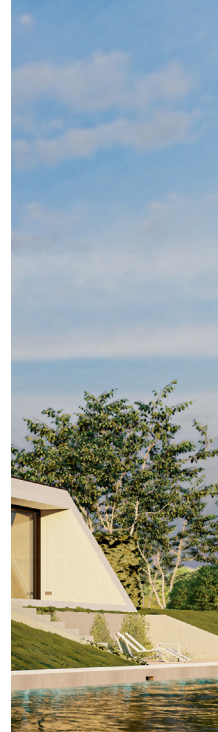
Staalframebouw is een hollewandsysteem. Brand kan zich in de holle ruimtes van het systeem uitbreiden en rook en schadelijke gassen kunnen terechtkomen in bouwdeelen waar geen brand is. Om branduitbreiding in gebouwen te verhinderen en de weerstand tegen rookdoorgang van detaileringen te verzekeren, moet op verschillende punten worden gelet, zie [afbeelding 6.13](#).

6.20 Aansluitdetails en leidingverloop

In de eerste plaats moet er worden gelet op de kierafdichting in de aansluiting tussen horizontale en verticale bouwdeelen. Deze dienen gedicht te worden met een geteste oplossing volgens NEN-EN 1366-4. Dit geldt wanneer bouwkundige onderdelen en/of leidingen een wand kruisen. Deze punten verzwakken namelijk de brandwerende bekleding en hierdoor zou de brand toegang kunnen krijgen tot de holle ruimte van een wand. Doorvoeringen door wanden waarbij aangetoond moet worden of ze de wand niet nadelig beïnvloeden, moeten met de wand mee worden getest volgens NEN-EN 1364-1 (onbelast) of NEN-EN 1365-1 (belast). Voor vloeren/plafonds is dat NEN-EN 1364-2 (plafond) en NEN-EN 1365-2 (vloeren). NEN-EN 1366-3 zegt uitsluitend iets over de doorvoering.

Literatuur

1. A.F. Hamerlinck en A. Dolsma, 'Brandwerendheidseisen 30 minuten reduceren?', *Bouwen met Staal* 259 (oktober 2017), p. 54.
2. J.C. Hoogeweg, R.J.M. van Mierlo en A.D. Lemaire, *Sprinklerinstallaties en brandwerendheid op bezwijken van staalconstructies*, DGMR/Efectis, Arnhem/Bleiswijk 2017.
3. *Woningbouw van 6 of meer bouwlagen op basis van staalframebouw, Beoordeling brandwerendheid* (rapport 2022.1843), Adviesbureau Hamerlinck, Roosendaal 2022.
4. *Beoordeling brandwerendheid - StarFrame Bouwsysteem en het Quantum Deck-systeem* (deskundigenverklaring), DGMR, Den Haag 2023.



bouwen met
staal!

Handboek Staalframebouw
Bouwen met Staal
Louis Braillelaan 80
2719 EK Zoetermeer
tel. (088) 353 12 12
www.bouwenmetstaal.nl/themas/staalframebouw
www.lichterbouwen.nl

